

令和5年度  
脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業  
（地域の熱利用マッチングによる焼却施設からの  
エネルギー回収高度化実証）

報告書

令和6年3月

株式会社 エックス都市研究所  
国立研究開発法人国立環境研究所  
株式会社東海クリーン  
公益財団法人廃棄物・3R研究財団

## 概要

廃棄物処理施設における発電は一般的に行われているが、その発電効率は 20 数%に留まっており、最新のガス火力発電所の発電効率が 60%を越える発電効率であることを踏まえると、効率面では不利である。一方、廃棄物処理施設の蒸気を施設周辺工場で利用することで、熱需給のミスマッチが解消され、大きな CO<sub>2</sub> 削減効果と、高い経済性を期待することができる。

本実証事業は、「地域の熱供給需給管理システム実証」について、システム理論の検討・整理とフィールド実証とを直結させる構成で実施した。実証を通して廃棄物焼却施設からの熱回収の高度化に向けた普及シナリオを取りまとめ、廃棄物処理施設を核とした地域循環共生圏の実効性を具体的に高める方案を検討した。

実施体制としては、株式会社エックス都市研究所が代表事業者を務め、国立研究開発法人国立環境研究所、株式会社東海クリーン、及び公益財団法人廃棄物・3R研究財団の3者の共同事業者と、一般財団法人エネルギー総合工学研究所、アイフォーコム・スマートエコロジー株式会社、及び株式会社デザイナーズユニオンの3者の再委託者で構成した。

各参画事業者の特性を踏まえ、システム理論の検討・整理のパート、フィールド実証のパート、自治体への展開検討のパートに区分し、これらを互いに連携させる構成で実施した。この構成は、廃棄物処理施設を核とした地域循環共生圏の実効性を具体的に高めることを意図した。

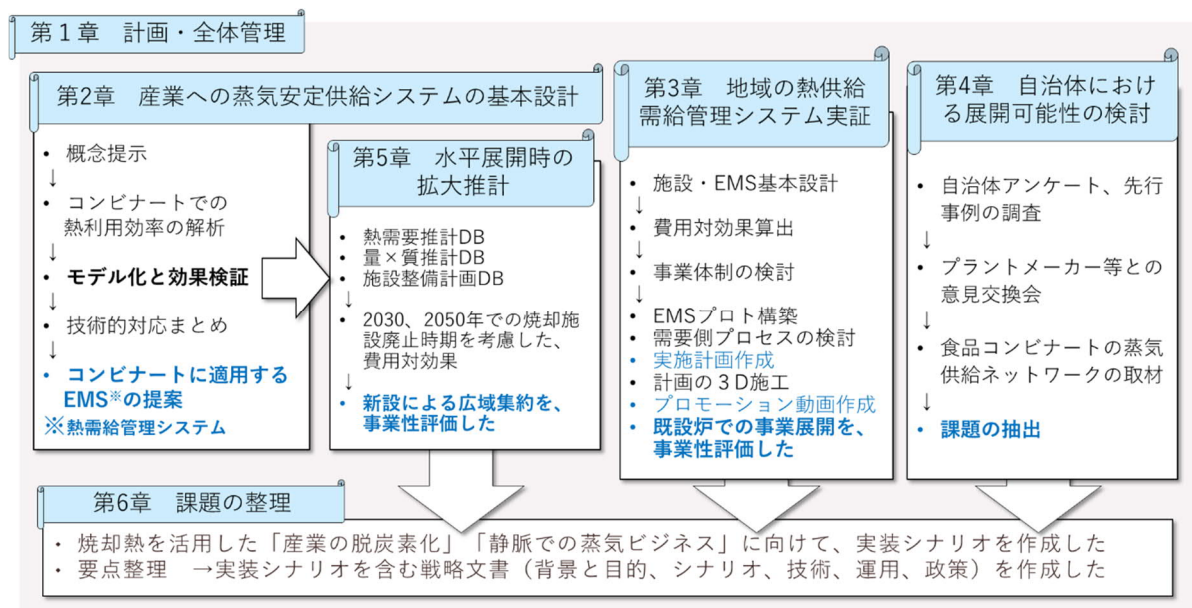


図 0-2 東海村実証における実施事項全体

各章では、3年間を通じて以下の取組を行った。

第1章では、事業実施計画の作成及び、事業の全体管理を行い、環境省と協議した。

第2章では、素材産業連携モデルでのケーススタディとして、国内に存在する、ある化学コンビナートの企業の協力を得て、実データを使ってモデル工場Xを設定し、各種ケースでのシステム概念を設計し、費用対効果・CO<sub>2</sub>削減効果で評価した。詳細な熱需要調査の結果を基に、蒸気の受け入れ効果を推計した。

第3章では、地域製造業連携モデルでのケーススタディとして、株式会社東海クリーンでの実証では、需要家調査により実データを用いて需要規模を調査するとともに、熱需給管理システム（Energy Management System、以下 EMS という。）を構築した。これらの結果より地域循環共生圏モデルとなりうる事業実施計画及びプロモーション動画を作成した。

第4章では、自治体への普及展開可能性の検討として、全国の自治体150箇所に焼却熱利用に関するアンケートを行い、一般廃棄物処理施設への普及展開方策に対する課題を抽出整理した。実証で得た知見を、プラントメーカー5社が参加する意見交換会で情報共有し、焼却炉側目線での議論を行い、普及展開に対する課題を整理した。茨城県の施設整備の計画を把握し、2030年、2050年時点での焼却施設の現行計画における集約状況を把握した。

第5章では、第2章の成果を基に、素材産業連携モデルを茨城県に適用した場合の費用対効果、CO<sub>2</sub>削減効果を拡大推計し、現行の広域化計画での焼却発電に比べて、2倍程度大きなCO<sub>2</sub>排出削減効果と経済性が得られることを確認した。

第6章では、2～5章で把握した課題を横断的に整理するとともに、議論のための論点整理を行った。上記のパート間の連携調整を行うとともに、各項目から得られた知見を整理して、廃棄物焼却施設からの熱回収の高度化に向けた普及シナリオに関する横断的な検討課題を取りまとめた。3年間の実証成果で得た焼却熱利用における要点を整理し、「Waste to Steamの手引き」を報告書別冊として編集した。

第7章～第10章では、検討会を年に2回開催し、論点について議論した。年に1回、実証審査会に参加し、審査委員に進捗及び成果を審査いただいた。年に2回程度、システム委員会からのヒアリング等へ協力した。共同実施事業者との打合せを定期的、個別に適宜実施した。

令和5年度は最終年度であり、各年度での実施事項や達成事項の概要は、各年度の報告書の冒頭に記載した。

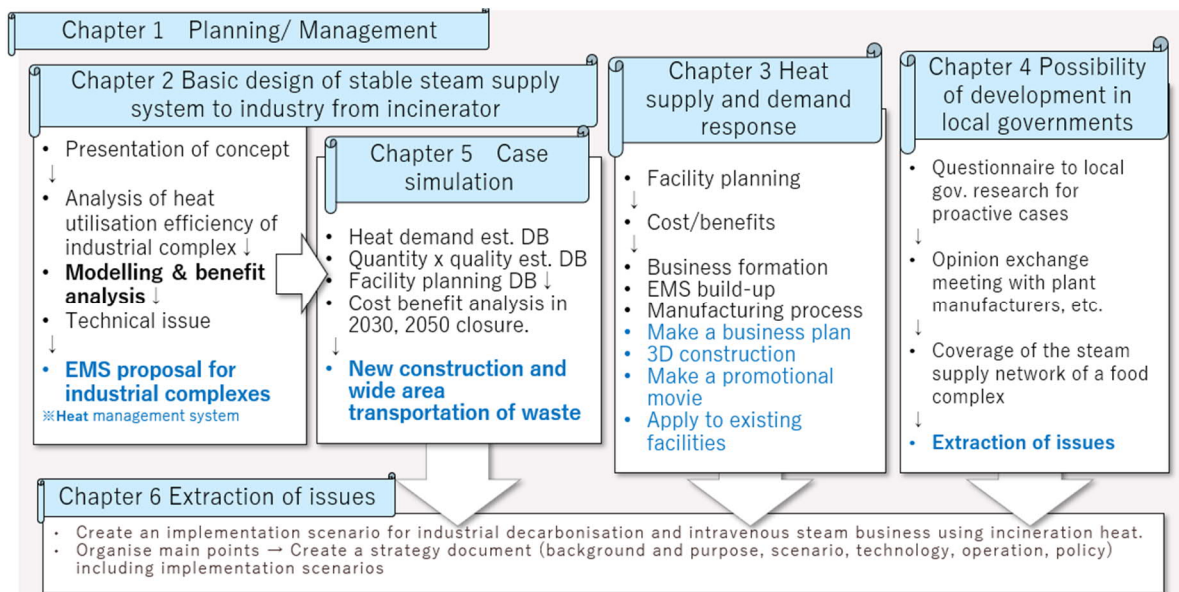
# Summary

Electricity is generated at waste treatment facilities, but the power generation efficiency is only approximately 20%, which is low in comparison to the more than 60% efficiencies of the latest gas-fired power plants, making it disadvantageous. However, using the steam from a waste treatment facility in factories surrounding the facility, the mismatch between heat supply and demand can be eliminated, and a large carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) reduction effect and high economic efficiency can be expected.

This demonstration project was implemented as a "Regional Heat Supply and Demand Management System Demonstration " within a structure that directly links the examination and organisation of system theory with field demonstration. Through demonstrations, we compiled a dissemination scenario for the advancement of heat recovery from waste incineration facilities and carried out the project with the goal of concretely increasing the effectiveness of a regional circulation and symbiosis zone centred on waste treatment facilities.

The implementation structure was organised by EX Research Institute Co., Ltd., as the representative operator, along with three joint venturers: the National Institute for Environmental Studies, Tokai Clean Co., Ltd., and the Waste and 3R Research Foundation (a public interest incorporated foundation). It consisted of three subcontractors: the Institute of Energy Engineering, iForcom Smart Ecology Co., Ltd., and Designers Union Co., Ltd.

Based on the characteristics of each participating business operator, the project was divided into a part for examining and organising the system theory, a part for field demonstration, and a part for considering deployment to local governments. It was structured so that these parts cooperated with each other. This configuration was intended to increase the effectiveness of the regional circulatory and symbiotic spheres centred on waste treatment facilities.



**Figure 0-2.** Overall implementation items for the Tokai Village demonstration.

Each chapter performed the following efforts through the three years.

### **Chapter 1**

We created a project implementation plan, managed the overall project, and held discussions with the Ministry of the Environment.

### **Chapter 2**

As a case study in the materials industry collaboration model, we established a model factory that was designed and evaluated in terms of cost-effectiveness and CO<sub>2</sub> reduction effect. The steam acceptance effect was estimated based on the results of a detailed heat demand survey.

### **Chapter 3**

As a case study of the regional manufacturing industry collaboration model, in the demonstration at Tokai Clean Co., Ltd., we investigated the scale of demand using actual data from a customer survey and installed a heat supply and demand management system (Energy Management System; hereafter EMS). Based on these results, we created a project implementation plan and a promotional video that could serve as a model for a regional circulatory and symbiotic sphere.

### **Chapter 4**

To examine the possibility of dissemination to local governments, we conducted a questionnaire survey on the use of incineration heat in 150 local governments across the country and identified and organised issues pertaining to measures for dissemination to general waste treatment facilities. The knowledge gained from the demonstration was shared at an opinion exchange meeting attended by five plant manufacturers. Discussions were held from the perspective of the incinerator personnel, and issues for widespread use were identified. We ascertained Ibaraki Prefecture's facility development plan and determined the current state of incineration facility consolidation for 2030 and 2050.

### **Chapter 5**

Based on the results of Chapter 2, we estimated the cost-effectiveness and CO<sub>2</sub> reduction effect attained when applying the material industry collaboration model to Ibaraki Prefecture and compared it with the incineration power generation in the current wide-area expansion plan. We confirmed that the CO<sub>2</sub> emission reduction effect and economic efficiency were approximately twice as large.

### **Chapter 6**

We organised the issues identified in Chapters 2–5 in a cross-sectional manner and also organised the points for discussion. In addition to coordinating the aforementioned parts, we organised the knowledge obtained from each item and compiled cross-sectional study issues regarding the dissemination scenarios for advanced heat recovery from waste incineration facilities. We organised the main points regarding the use of incineration heat obtained from the three years of demonstration results and compiled the "Waste to Steam Guide" as a separate volume of the report.

### **Chapters 7–10**

Review meetings to discuss these issues were held twice each year. Once each year, we participated in a demonstration review meeting, and the review committee reviewed our progress and results. Twice each year, we cooperated with hearings from the system committee. Meetings with the joint implementation operators were held regularly and individually as appropriate.

FY2023 was the final year. A summary of the implementation items and achievements for each year was provided at the beginning of each year.

表 0-1 タイトル及び業務項目の通称（番号は仕様書に沿う）

| タイトル及び業務項目の正式名称                                                          | 通称          |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業（地域の熱利用マッチングによる焼却施設からのエネルギー回収高度化実証）委託業務             | 東海村実証       |
| （１）事前準備、作業計画書の作成等                                                        | EX パート 1    |
| （２）産業への蒸気安定供給システムの基本設計                                                   | NIES パート 1  |
| （２）②ポテンシャルの拡大推計と課題の整理（熱需要側からの視点・化学コンビナート）                                | IAE パート     |
| （３）地域の熱供給需給管理システム実証                                                      | 東海 C パート    |
| （４）自治体における展開可能性の検討                                                       | 3R 財団パート    |
| （５）工業団地及び水平展開時の CO <sub>2</sub> 削減費用対効果拡大推計                              | NIES パート 2  |
| （６）まとめ及び今後の課題                                                            | EX パート 2    |
| （７）令和 3 年度脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業（地域の熱利用マッチングによる焼却施設からのエネルギー回収高度化実証）検討会の開催 | 実証検討会開催     |
| （８）「令和 3 年度脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業審査等委員会」への出席                              | 実証審査会出席     |
| （９）令和 5 年度廃棄物処理システムにおける脱炭素・省 CO <sub>2</sub> 対策普及促進方策検討委託業務ヒアリング等への協力    | システム委員会への協力 |
| （10）共同実施者との打ち合わせ                                                         | 関係者 MTG     |

# 目 次

|                                                      |     |
|------------------------------------------------------|-----|
| 第1章 事前準備、作業計画書（本書）の作成等 .....                         | 1   |
| 第2章 産業への蒸気安定供給システムの基本設計 .....                        | 7   |
| 2.1 蒸気供給システムの概念設計 .....                              | 8   |
| 2.2 ポテンシャルの拡大推計と課題の整理<br>（熱需要側からの視点・化学コンビナート） .....  | 11  |
| 第3章 地域の熱需給管理システム実証 .....                             | 45  |
| 3.1 三次元施工と課題の抽出 .....                                | 46  |
| 3.2 熱 EMS による検証 .....                                | 53  |
| 3.3 プロセスのリデザイン .....                                 | 58  |
| 3.4 CO <sub>2</sub> 削減・費用対効果の算出 .....                | 65  |
| 3.5 事業計画の更新 .....                                    | 76  |
| 3.6 まとめ .....                                        | 79  |
| 別添 3-1 東海クリーンでの熱供給事業でのエネルギーバランス .....                | 83  |
| 別添 3-2 一般的な熱供給事業でのエネルギーバランス .....                    | 87  |
| 別添 3-3 エネルギーバランス及び各種設計図面 .....                       | 88  |
| 別添 3-4 熱の需給管理システムの操作説明資料 .....                       | 99  |
| 第4章 自治体における展開可能性の検討 .....                            | 107 |
| 4.1 焼却施設からの蒸気利用の波及に向けた課題の整理 .....                    | 108 |
| 4.2 ポテンシャルの拡大推計と課題の整理<br>（熱供給側からの視点・一般廃棄物焼却施設） ..... | 121 |
| 第5章 工業団地及び水平展開時の CO <sub>2</sub> 削減費用対効果拡大推計 .....   | 125 |
| 5.1 利用データの整備 .....                                   | 126 |
| 5.2 供給側のシナリオ設定 .....                                 | 129 |
| 5.3 需要側の条件設定 .....                                   | 139 |
| 5.4 費用対効果の推計 .....                                   | 141 |
| 5.5 まとめ .....                                        | 152 |
| 5.6 課題 .....                                         | 153 |

|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 第6章 課題の整理 .....                                                               | 155 |
| 6.1 要点整理 .....                                                                | 157 |
| 6.2 要点整理集の作成 .....                                                            | 197 |
| 第7章 令和5年度脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業（地域の熱利用マッチングによる焼却施設からのエネルギー回収高度化実証）検討会の開催 ..... | 199 |
| 第8章 「令和5年度脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業 審査等委員会」への出席 .....                             | 205 |
| 第9章 令和5年度廃棄物処理システムにおける脱炭素・省CO <sub>2</sub> 対策普及促進方策検討委託業務ヒアリング等への協力 .....     | 207 |
| 第10章 共同実施者との打合せ .....                                                         | 207 |



## 第 1 章 事前準備、作業計画書の作成等

本業務の目的・内容を理解し、実施項目、実施体制、緊急時の連絡方法、結果の報告要領、その他の業務上の必要となる事項について記載した作業計画書を作成した。

### （１）目的及び発展性

廃棄物処理施設における発電は一般的に行われているが、その発電効率は 20 数％に留まっており、最新のガス火力発電所の発電効率が 60％を越えることを踏まえると、効率面では不利である。一方で、廃棄物処理施設の蒸気を施設周辺工場で利用することで、熱需給のミスマッチが解消され、大きな CO<sub>2</sub> 削減効果と、高い経済性を期待することができる。

本実証事業は、地域の熱供給需給管理システム実証について、システム理論の検討・整理とフィールド実証とを直結させる構成で実施するものとした。実証を通して廃棄物焼却施設からの熱回収の高度化に向けた普及シナリオを取りまとめ、廃棄物処理施設を核とした地域循環共生圏の実効性を具体的に高める方案を検討した。

本業務の構成と将来への発展性を図 1-1 に示す。

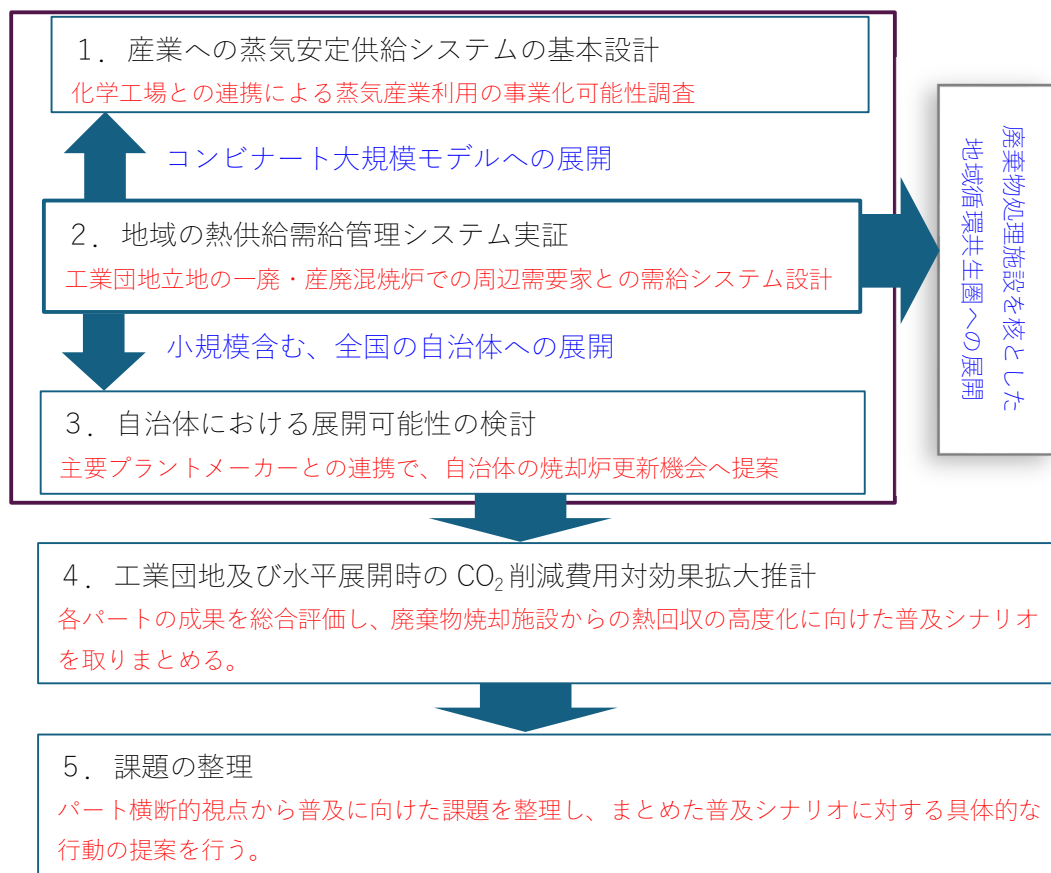


図 1-1 本業務の構成と将来への発展性

## （２）業務の基本方針と各パートの目標

業務の基本コンセプトを以下に示す。また、令和５年度脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業（地域の熱利用マッチングによる焼却施設からのエネルギー回収高度化実証）目標を表1-1に示す。

### ＜業務の基本コンセプト＞

現在、廃棄物処理施設における発電は一般的に行われているが、その発電効率は20数%に留まっている。最新のガス火力発電所の発電効率が60%を超えることを踏まえると、効率面では不利であるのが現状である。供給や燃焼が不安定になりがちな廃棄物の焼却熱を利用した蒸気供給を、安定・効率的に行え、焼却発電に比べて2倍程度以上大きなCO<sub>2</sub>排出削減効果が見込めるシステムの導入が必要である。我々は、このシステムの基本設計、工業団地における実証、及び自治体展開可能性の検討の各パートの検討を充実させ、これらを通じてCO<sub>2</sub>排出量削減費用対効果の拡大推計を行ってシステムを評価するとともに、全国への普及シナリオを取りまとめる。以下に、業務の基本コンセプトを示す。

- 共同事業実施体制内のコミュニケーションを双方向に行い、概念設計、実証、自治体浸透のそれぞれの検討パートの有機的な情報連携を担保する。
- 工業団地で実証を進めることで、地域連携に必要な条件や障害事項に関するリアリティのある課題を把握する。
- 現在において「蒸気利用をする認識が広まっていないのは何故か」といった踏み込んだ調査を行って、普及に向けた要件定義につなげる。
- 本事業を通じて関係者への普及啓発を同時に進める。

表 1-1 令和5年度脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業（地域の熱利用マッチングによる焼却施設からのエネルギー回収高度化実証）目標

|   | 項目                                          | 採択時の技術の状況                                                                              | 最終目標                                                                                                                                                                                | 令和5年度の目標                                                                                                          |
|---|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | 全体目標                                        | 廃棄物処理施設で発電が行われているが、その発電効率は20数%に留まっており、最新のガス火力発電所であれば60%を越える発電効率であることを踏まえると、効率面では不利である。 | 実証を通して廃棄物焼却施設からの熱回収高度化に向けた普及シナリオを取りまとめる。                                                                                                                                            | 全国の廃棄物焼却施設の更新や集約を検討する際に、自治体の特性にあわせた蒸気の産業利用モデル（自治体の廃棄物焼却施設、工業団地及び化学コンビナート）の形で熱回収高度化に向かうことができよう、普及シナリオを取りまとめる。      |
| 1 | 産業への蒸気安定供給システムの基本設計                         | 焼却炉の蒸気利用は、規模に応じて課題が異なるが、その適用性の情報が十分整理されていない。                                           | 大規模な蒸気需要が存在する化学コンビナートを対象に、蒸気供給を行う際の課題を整理し、課題が克服可能なシステム概念を示す。                                                                                                                        | 焼却施設から蒸気を工場へ供給するシステムについて、これまでに蓄積した検討結果から実証事業に反映させるために情報を整理する。<br>需給管理システムの機能検証を支援し、より実現可能な需給管理システムの概念設計を提供する。     |
| 2 | 地域の熱供給需給管理システム実証                            | 蒸気産業利用モデルの実証とCO <sub>2</sub> 削減効果定量把握と費用対効果の検証、他地域への展開に向けた技術的・制度的課題が整理されていない。          | 一廃・産廃混焼炉である東海クリーンを核とした廃棄物エネルギーの蒸気産業利用モデルの実証とCO <sub>2</sub> 削減効果定量把握と費用対効果の検証、他地域への展開に向けた技術的・制度的課題を明らかにする。「廃棄物処理施設を核とした地域循環共生圏」のモデルとなりうる構想を提示。                                      | 立地する平原南部工業団地における焼却炉からの需給事業のイメージを三次元で施工する。<br>熱需給管理システムのCO <sub>2</sub> 削減効果定量把握と費用対効果の検証を行う。                      |
| 3 | 自治体における展開可能性の検討                             | 自治体の次期廃棄物処理計画における焼却炉の位置づけに、蒸気利用をする認識が広まっていない。                                          | プラントメーカー及び自治体の視点を集約し、焼却施設からの蒸気利用に向けた技術・法制度・データ共有上の課題の整理を行う。                                                                                                                         | 産業への熱利用の具体策を自治体への施設整備オプションとして、2030年ごろの焼却施設更新時期を見据えたポテンシャルを把握し、自治体へ提供しうる焼却熱の産業利用に関する情報を作成する。それらを推進しうる、具体的な要件を提示する。 |
| 4 | 蒸気産業利用モデルの水平展開時のCO <sub>2</sub> 削減費用対効果拡大推計 | 焼却炉からの蒸気利用に関する実証データがないため、CO <sub>2</sub> 排出削減効果の推計が概算となっている。                           | 実証試験におけるCO <sub>2</sub> 排出削減効果を評価。化学コンビナートでの立地の場合、もしくは工業団地での立地の場合でのCO <sub>2</sub> 排出削減の費用対効果を示す。化学コンビナートへの大規模な蒸気供給を行うケースの場合、焼却発電に比べて2倍程度大きなCO <sub>2</sub> 排出削減効果と経済性が得られることを検証する。 | 各検討の成果をまとめ、平原南部工業団地の効果に加えて、蒸気の産業利用（自治体の廃棄物焼却施設、工業団地もしくは化学コンビナート）に対するCO <sub>2</sub> 排出削減効果を評価する。                  |

### (3) 業務全体の実施フロー

本業務の実施フローを図 1-2 に示す。

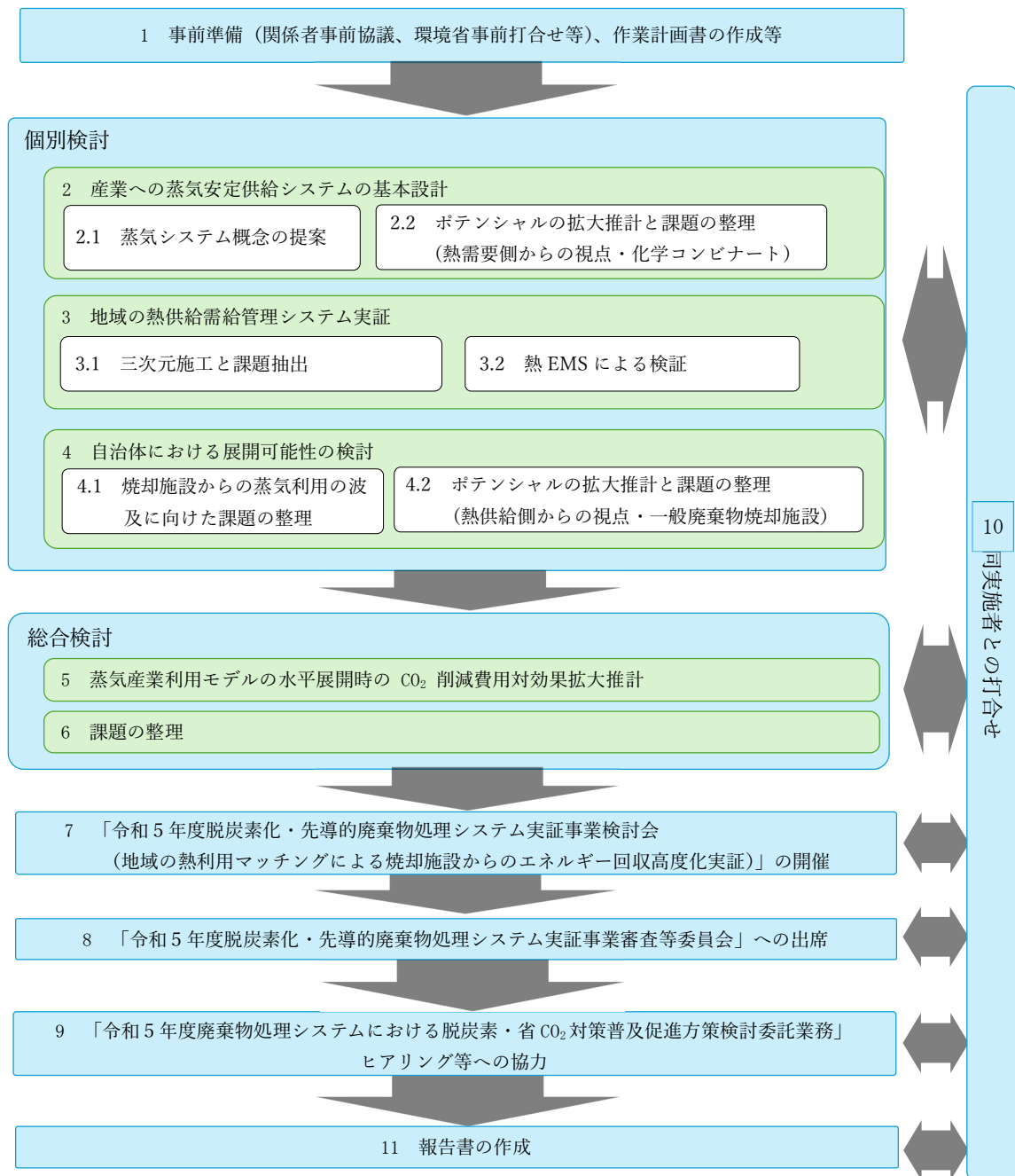


図 1-2 本業務の全体実施フロー

#### （４）業務実施体制

本業務は、株式会社エックス都市研究所を代表事業者、国立研究開発法人国立環境研究所、株式会社東海クリーン及び公益財団法人廃棄物・３Ｒ研究財団の３者を共同事業者として実施した（図 1-3 参照）。

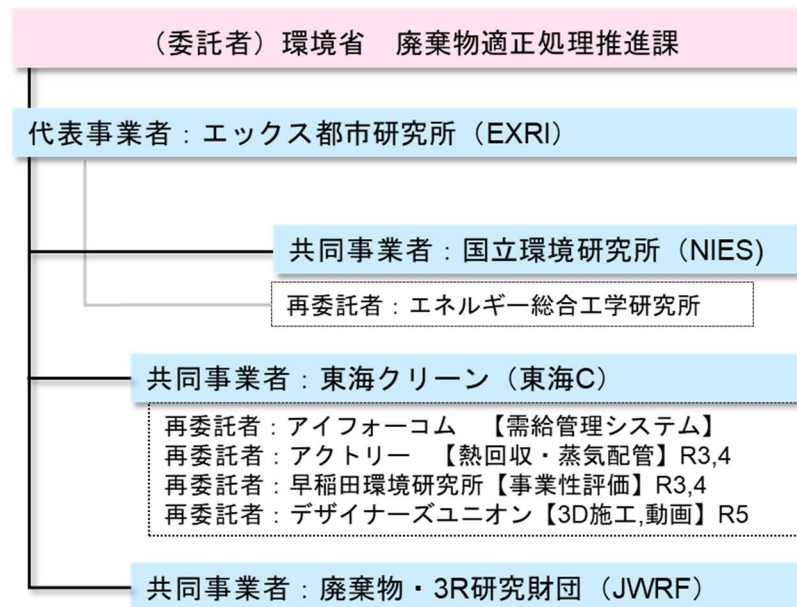


図 1-3 本業務の実施体制

## (5) 業務実施スケジュール

本業務の実施スケジュール及び結果を表 1-2 に示す。

表 1-2 業務実施スケジュール

| 工 程 表                                                                               |     |                                   |                        |     |       |                        |                          |                  |      |                      |                |     | 摘要 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------|------------------------|-----|-------|------------------------|--------------------------|------------------|------|----------------------|----------------|-----|----|
| 委託業務実施上の区分                                                                          | 4 月 | 5 月                               | 6 月                    | 7 月 | 8 月   | 9 月                    | 10 月                     | 11 月             | 12 月 | 1 月                  | 2 月            | 3 月 |    |
| (1) 事前準備、作業計画書の作成等                                                                  |     |                                   |                        |     |       |                        |                          |                  |      |                      |                |     |    |
| ・作業計画書の作成等                                                                          |     | →                                 |                        |     |       |                        |                          |                  |      |                      |                |     |    |
| ・環境省打合せ                                                                             |     | →                                 |                        |     | →     |                        |                          | →                | →    |                      |                |     |    |
| ・全体マネジメント                                                                           |     | →                                 | →                      | →   | →     | →                      | →                        | →                | →    | →                    | →              | →   |    |
| (2) 産業への蒸気安定供給システムの基本設計                                                             |     |                                   |                        |     |       |                        |                          |                  |      |                      | 報告作成<br>リバイス   | →   |    |
| ① 蒸気供給システムの概念設計                                                                     |     | 化学コンビナートに実装可能な係<br>給システムの具体化・評価   |                        |     |       |                        | CO <sub>2</sub> 削減コストの把握 |                  |      |                      |                |     |    |
| ② ポテンシャルの拡大推計と課題の整理等(熱<br>需要側からの視点・化学コンビナート)                                        |     |                                   | 異なる焼却施設・製造工場へ適用可能な形で整理 |     |       |                        |                          |                  |      | 需給管理システムの<br>機能検証を支援 |                |     |    |
| (3) 地域の熱供給需給管理システム実証                                                                |     | 前提整理                              | デザイン                   |     | 初回版完成 |                        | 意見収集                     | リバイス             |      |                      | 報告作成           |     |    |
| ① 三次元施工と課題の抽出                                                                       |     |                                   |                        |     |       |                        |                          |                  |      |                      |                |     |    |
| ② 熱EMSによる検証                                                                         |     | EMデモ版作成                           | 検討資料作成                 |     |       |                        |                          |                  |      |                      | 報告作成           | →   |    |
| (4) 自治体における展開可能性の検討                                                                 |     | 事例・データ収集と整理 ヒアリングの整理と考察           |                        |     |       |                        |                          | 活用推進             |      |                      | 報告作成           | →   |    |
| (5) 蒸気の産業利用モデルの水平展開時のCO <sub>2</sub><br>削減費用対効果拡大推計                                 |     | 工業団地モデルまたは化学コンビナートモデルにおける費用対効果の推計 |                        |     |       |                        |                          |                  |      |                      | 報告作成           |     |    |
| (6) 課題の整理                                                                           |     |                                   |                        |     |       | 横断的な課題の整理、普及シナリオのとりまとめ |                          |                  |      |                      |                |     |    |
| (7) 令和5年度脱炭素化・先導的廃棄物処理シ<br>ステム実証事業(地域の熱利用マッチングによる焼<br>却施設からのエネルギー回収高度化実証)検討会<br>の開催 |     | 委員レク、委嘱手続き                        |                        |     |       | 第1回                    |                          |                  | 第2回  |                      |                |     |    |
| (8) 「令和5年度脱炭素化・先導的廃棄物処理シ<br>ステム実証事業 審査等委員会」への出席                                     |     |                                   |                        |     |       |                        |                          |                  |      |                      | 審査会<br>出席      | →   |    |
| (9) 令和5年度廃棄物処理システムにおける脱炭<br>素・省CO <sub>2</sub> 対策普及促進方策検討委託業務ヒア<br>リング等への協力         |     | キックオフ                             |                        |     |       |                        |                          | 検討会出席<br>ヒアリング対応 |      | 検討会<br>シンポジウム出席      | 検討会出席<br>依頼はなし |     |    |
| (10) 共同実施者との打合せ                                                                     |     | →                                 | →                      | →   | →     | →                      | →                        | →                | →    | →                    | →              | →   |    |
| (11) 報告書の作成                                                                         |     |                                   |                        |     |       |                        |                          |                  |      |                      |                |     |    |
| ① 業務報告書の作成                                                                          |     |                                   |                        |     |       |                        |                          |                  |      |                      | 素案             | 案   | 完成 |
| ② 業務報告書の提出                                                                          |     |                                   |                        |     |       |                        |                          |                  |      |                      |                |     | 末日 |
| ③ 業務完了報告書の提出                                                                        |     |                                   |                        |     |       |                        |                          |                  |      |                      |                |     | 末日 |
| ④ 業務精算報告書の提出                                                                        |     |                                   |                        |     |       |                        |                          |                  |      |                      |                |     | 末日 |
| (12) 技術開発・実証の目標設定                                                                   |     |                                   |                        | →   |       |                        |                          |                  |      |                      |                |     |    |

凡例： → 計画  
→ 実績

## 第2章 産業への蒸気安定供給システムの基本設計

本業務では、大規模な蒸気需要が存在する化学コンビナートを対象に、蒸気供給を行う際の課題を整理し、課題が克服可能なシステム概念を示すことを目的として検討を行った。令和4年度の業務目標及び達成事項を表2-1に示す。

表2-1 令和5年度の業務目標及び達成事項

| 項目                  | 内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 採 択 時 の 技 術 の 状 況   | 焼却炉の蒸気利用は、規模に応じて課題が異なるが、その適用性の情報が十分整理されていない。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 本 実 証 の 最 終 目 標     | 大規模な蒸気需要が存在する化学コンビナートを対象に、蒸気供給を行う際の課題を整理し、課題が克服可能なシステム概念を示す。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| こ れ ま で の 達 成 事 項   | <p>蒸気供給システムを成立させる概念の基本設計を行った。また、システムの評価方法の検討を行い、設計した概念を評価した。評価指標は、費用対効果・CO<sub>2</sub>削減効果とし、特定のケースを設定した上で評価を実施するとともに、システム概念を提示した。</p> <p>化学コンビナートの蒸気利用状況調査を4つの工場で実施した。4工場のうち1工場の改善可能性を診断した。その結果、蒸気圧が高い方が蒸気共同利用の効果は大きくなるが、焼却施設で蒸気製造設備の初期投資や運転費用を勘案すると、中圧蒸気（1～2 MPaG）程度の蒸気供給でも十分な効果が期待できることが分かった。加えて、概念設計の一環として、配管敷設構想において検討すべき事項について、技術的課題と非技術的課題を整理した。</p>                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 令 和 5 年 度 の 業 務 目 標 | <p>焼却施設から蒸気を工場へ供給するシステムについて、これまでに蓄積した検討結果から実証事業に反映させるために情報を整理する。</p> <p>需給管理システムの機能検証を支援し、より実現可能な需給管理システムの概念設計を提供する。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 令 和 5 年 度 の 達 成 事 項 | <p>令和5年度は、廃棄物焼却熱を活用した素材産業側及び自治体における蒸気供給に関する社会情勢について検討し、課題を抽出した。</p> <p>焼却施設からの蒸気共同利用の検討として、モデル工場Xを設定し、中圧蒸気 50 t/h を受け入れた場合、10MW 級の LNG 焚きガスタービンシステムの導入に匹敵することが分かった。</p> <p>究極条件として、モデル工場Xが、ボイラを持たず、電力は外部からすべて購入し、工場の熱需要（高圧蒸気、中圧蒸気など）に対して、焼却施設から蒸気供給した場合、CO<sub>2</sub>削減効果は、55.9%と大きいことが分かった。さらに、中圧蒸気から低圧蒸気までの熱落差を利用して発電を行うと買電量を節減できるので、CO<sub>2</sub>削減成果は、58.4%となることが分かった。</p> <p>工場の廃棄物を、蒸気供給施設へ処理を移管した場合、廃棄物焼却による発生蒸気量は工場で化石燃料を用いたボイラによる発生蒸気量に比べて少量だが、廃棄物の CO<sub>2</sub> 排出係数がもともと高いことから、廃棄物処理の移管の効果はあった。</p> <p>熱需給管理システムの機能検証支援を通じ、運転情報が蓄積するに従い、より運転操作の精度が高まり、蒸気配管ループの平滑運転が可能となる仕組みについて概念提示を行った。</p> |
| 最 終 達 成 事 項         | 大規模な蒸気需要が存在する化学コンビナートを対象に、蒸気供給を行う際の課題を整理し、課題が克服可能なシステム概念を示すことができた。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

## 2.1 蒸気供給システムの概念設計

令和5年度は、廃棄物焼却熱を活用した素材産業への蒸気供給に関する社会情勢について検討した。表2.1-1に廃棄物を利用した素材産業への蒸気供給に関わる社会情勢を示す。

### (1) 廃棄物需要側状況（蒸気を利用する素材産業）の確認

廃棄物焼却熱を活用した蒸気供給について、化学産業や製紙産業等へのヒアリングや意見交換を集中的に実施してきた（約20社）。素材産業ではこれまで石油、天然ガス、石炭などの化石燃料がそのエネルギー源として利用されてきたが、カーボンニュートラル化への対応が求められる中、今後はカーボンニュートラルな形で生産されるアンモニアや水素、バイオマスへの燃料転換が進むことが想定される。プラスチックや紙などの素材産業では製造工程に電気と熱の両方が必要であるため、これまでは500℃以上かつ10MPa以上の高温高压の蒸気を製造して、まずタービンを回して発電を行い、タービンの排気蒸気や抽気蒸気をプロセスの熱源として利用する、コージェネレーションの設備が一般的に利用されてきたが、今後は再生可能エネルギー（以下、再エネ）の電力が主流化していくなかで、この電・熱バランスが崩れることが想定される。

コージェネレーションの仕組みでは、電力と熱供給の割合を自由に変化させることが難しくなるため、電気は再エネを中心に（グリーン水素・グリーンアンモニア等による高効率発電を含む）供給する仕組みとし、熱は低品位な廃棄物やバイオマス等で供給することが合理的な選択肢になるとの認識が、素材産業の関係者の間でも意識されつつある。そのため、大規模な素材産業が集積し、大量の蒸気需要が存在するコンビナートのような場所で、廃棄物焼却熱の利用について詳細な検討を行うケースが国内でも広がりを見せ始めており、海外では実例が増加しつつある。

カーボンニュートラルへの対応が現実的に求められる状況になり、また化学メーカーが実際にケミカルリサイクルやバイオマス原料の利用を試みる状況になり、リサイクルやバイオマス原料への転換だけでカーボンニュートラルを実現することは難しいとも認識されるようになってきている。そのため、回収したCO<sub>2</sub>を化学原料として活用する検討も始まっており、結果的にこれまで廃棄物の焼却に消極的だった化学メーカーも、CO<sub>2</sub>の回収・利用を前提に廃棄物の活用の可能性を考慮するところも増えている。計画に具体性がある段階ではないが、100万トン/年の規模での廃棄物の利用を目標に掲げるケースも出てきている。

しかし、素材産業ではアンモニアや水素を利用する計画を実施し始めており、どの程度の廃棄物が利用できるかがある程度明確でなければ、廃棄物の利用を前提とした計画を立てることが難しい。量的にも意味のあるCO<sub>2</sub>排出削減効果を得るには、まとまった量の廃棄物を広域から集めることが必要になるが、素材産業側がより多くの廃棄物を活用できるようにするためには、どの時点でどの程度の廃棄物量を収集できるのか、そのビジョンを早めに持つことが重要である。

コンビナート内の焼却炉の立地場所も課題として挙げられた。コンビナートでは車両や人の出入りを厳しく管理していることから、コンビナートの奥深い位置に焼却炉が立地す

ることは、管理上難しい。また、廃棄物を積載した車両の出入りがスムーズに行えるアクセスが確保できるかも課題となる。

## （２）廃棄物供給側（自治体等）状況の確認

複数の自治体の廃棄物担当者らと、化学コンビナートのような蒸気需要の大きな場所に廃棄物を集積し、焼却・蒸気供給を行う仕組みについて、意見交換を行ってきた。

### ①廃棄物搬出側の自治体

コンビナートが立地しない自治体は、廃棄物を搬出する側の候補となる。離島を含む地方部の自治体では、人口が密集していない状況であっても、焼却炉の建替えは住民の理解を得ることが難しい場合があること、人口減少等で焼却施設の維持が難しくなることや、焼却灰の埋立処分場が逼迫する地域もあることから、コンビナートでの廃棄物の集約的な焼却処理には肯定的な意見も多く見られた。都市部の自治体では、焼却炉の建替えが更に困難な状況にあり、また将来実施が必要になる可能性の高いCO<sub>2</sub>の回収・利用（または貯留）を実行するには、焼却炉の大きさに匹敵する大きな土地と、高さの高い吸収塔の設置が必要になるため、都市部では難易度が高い。回収したCO<sub>2</sub>の利用先が近隣にない場合は液化して輸送する必要がある、コストの増加にも繋がる。このような観点から、コンビナートに廃棄物を集約してCO<sub>2</sub>の回収・利用ができるのであれば、魅力的な選択肢になり、検討の遡上に乗せやすい意見も見られた。

ただし、輸送費も含めた処理費用が現状と同程度以下に収まるのかという点と、廃棄物処理の継続性が担保されるのかという点については、慎重な意見が多く見られた。20年といった長期に渡る廃棄物処理が、確実に行える仕組みを構築できるかが、実現に向けての鍵になると考えられる。その際、従来通り発電中心の設備で焼却炉を更新した場合には、再エネの電力が主流化する将来において、エネルギー利用効率や経済性が現在よりも悪化する可能性があることや、CO<sub>2</sub>の回収・利用には更に費用が掛かることも踏まえて、長期的な視点で集約するケースとの経済性を比較することが重要になる。

### ②コンビナートが立地する自治体

コンビナートが立地する自治体の場合、廃棄物がコンビナートで有効利用されることについては、好意的な意見が多く見られる。しかし、市町村の境界を越えて一般廃棄物を受け入れることに対する市民の理解が得られるかが大きな課題になるとの意見が目立った。広域に跨る複数の自治体からの廃棄物の受け入れについては、自治体単独ではその調整が困難であることから、県や国に調整の旗振りをしてもらいたいとの意見も出た。

以上、廃棄物を利用した素材産業への蒸気供給に関わる社会情勢を表 2.1-1 に示す。

表 2.1-1 廃棄物を利用した素材産業への蒸気供給に関わる社会情勢

| 廃棄物需要側（蒸気を利用する素材産業）の状況                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・石油・化学メーカー等へのヒアリング（約 20 社）を実施。各社ともリサイクル困難な廃棄物を利用した蒸気供給への期待が大きい。数年前に比べて、焼却を避ける傾向が低減している。</li> <li>・年間 100 万トン単位の廃棄物の収集を目標とするケースも。この場合、複数県を跨ぐ広域収集が前提となる。</li> <li>・将来のカーボンリサイクルの実施が視野にあることが重要との指摘も。蒸気供給事業の実現に、カーボンリサイクルの実施が大きな後押しになる可能性。</li> </ul>                                                                                              |
| 廃棄物供給側（自治体等）の状況                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・地方・離島に立地する小規模自治体に、将来の廃棄物処理の展望についてヒアリングを実施。先の話なので明確なビジョンはないが、海上輸送で廃棄物が効率的に輸送できるなら、コンビナートに廃棄物を集約・処理することは選択肢になり得るとの回答。</li> <li>・大都市圏に立地する自治体・組合に、今後の廃棄物処理についてヒアリングを実施（計 7 件）。いずれも関心は高いが、廃棄物が継続的に安定処理される体制が構築されることが最重要条件となる。</li> <li>・カーボンニュートラルの実現に向けて何らかの対応が求められているが、苦慮している状況。コンビナートでのカーボンリサイクルのように、新しい取り組み内容が含まれていると、検討の俎上に乗せやすい。</li> </ul> |

## 2.2 ポテンシャルの拡大推計と課題の整理(熱需要側からの視点・化学コンビナート)

### 2.2.1 他コンビナートの化学工場へ焼却熱供給システムを適用・展開するための情報整理

廃棄物の焼却施設から蒸気を工場へ供給するシステム(蒸気供給システム)について、過去2年間に、モデル工場4件(A～D)のエネルギーシステムを対象とした検討を行った。この結果を踏まえて、今年度は国内の他のコンビナートの化学工場に対しても蒸気供給システムを適用・展開するための情報を整理した。ここでは、コンビナートに立地する化学工場として仮想工場(以下、モデル工場Xと称す)のエネルギーシステムを設定して検討を進めた。

#### (1) モデル工場Xの設定

##### 1) モデル工場Xの設定の考え方

モデル工場Xのエネルギーシステム設定の考え方は、次の通りである。

- 1) 過去2年間検討したモデル工場A～Dの4件のエネルギーシステムのデータから合成する。
- 2) モデル工場Xのエネルギー消費量やボイラ・タービン容量などは、モデル工場A～Dの総和の1/4とする。
- 3) 高高压(HHP)、高压(HP)、中圧(MP)、低圧(LP)の蒸気ヘッダー条件はモデル工場A～Dから代表的な条件を採用する。
- 4) 蒸気ヘッダーからプロセスへの送気量は、蒸気ヘッダー毎に4工場分をまとめ、総和を該当工場数で割り設定する(送気がないモデル工場があるため)。
- 5) 上記により「初期値」を設定【後述2)参照】した後、収支計算を行い、ケーススタディの比較検討用の「ベースケース」を設定【後述3)参照】する。

#### 2) モデル工場Xの内容 (表2.2-1の初期値設定欄を参照)

- 1) モデル工場Xの初期値設定欄は、モデル工場A～Dの数値の平均値や代表的な条件から設定した値である。
- 2) 蒸気ヘッダーは、4段が一般的であるので、HHP, HP, MP, LPを採用した。
- 3) HHP、HP、MP、LPの条件は、コンビナートの化学工場のエネルギーシステムとして代表的な条件を採用した。
- 4) レットダウンは、ゼロ流量を想定。
- 5) タービンは、2基とし、いずれも2段抽気+復水とした。
- 6) タービンからの2段抽気は、MPとLPとした。MP抽気量とLP抽気量は、タービンごとに該当モデル工場数で割り設定した。
- 7) 復水量は、タービンごとに該当モデル工場数で割り設定した。
- 8) 発電量は、タービンごとに該当モデル工場数で割り初期値を設定した。
- 9) ボイラは3基とした。B1:石炭ボイラ、B2:C重油ボイラ、B3:廃棄物焼却ボイラとし、B1が古く、B2が新しいとした。B1、B2ボイラ蒸気発生量200t/h級とし

た。

- 10) ボイラの蒸気発生量は、B1、B2 は、ボイラごとに該当モデル工場数で割り初期値を設定した。B3 は該当工場の値を採用した。
- 11) ボイラ給水加熱器は、モデル工場A～Dと同じく、有りとし、給水温度は平均値を採用した。
- 12) 脱気器給水量は、モデル工場A～Dの平均値を初期値に設定した。
- 13) 脱気器の圧力・温度・蒸気条件は、代表的な条件を採用した。
- 14) プロセス送気量は、モデル工場A～Dの平均値を採用した。
- 15) 減温水は、タービン2基それぞれのMP、LP 抽気ラインの4か所に供給されると設定した。
- 16) 電力量について、T1、T2 の発電量は上記8)項の通り設定した。
- 17) コンビナートで蒸気販売ができるのは、エチレンプラントを持つ石油化学工場に限られるので、モデル工場Xでは、該当なし（蒸気販売ナシ）とした。
- 18) ボイラ燃料は、9)項で示す通り、B1 は石炭（専焼）、B2 はC重油（専焼）、B3 は廃棄物（専焼）とした。

表 2.2-1 モデル工場 X の内容

|                   | 初期値設定                                                                                                                   | ベースケース設定                                                        | 備考                                                       |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1. 蒸気ヘッダー         | HHP、HP、MP、LP 4段                                                                                                         | 初期値通り                                                           | 4 段が一般的                                                  |
| HHP               | 12.5MPaG、540℃(飽和328℃)                                                                                                   | 〃                                                               | 代表的な条件を採用                                                |
| HP                | 4.50MPaG、280℃ (飽和259℃)                                                                                                  | 〃                                                               | 〃                                                        |
| MP                | 1.20MPaG、220℃ (飽和184℃)                                                                                                  | 〃                                                               | 〃                                                        |
| LP                | 0.35MPaG、148℃ (飽和148℃)                                                                                                  | 〃                                                               | 〃                                                        |
| レットダウン            | —                                                                                                                       | HHP→HP 11.00t/h                                                 | 収支計算値を使用                                                 |
| 2. タービン           | 2基                                                                                                                      | 2基                                                              | 2 基が多く、運転に柔軟性                                            |
| 形態                | T1 : 2段抽気+復水<br>T2 : 2段抽気+復水                                                                                            | T1 : 2段抽気+復水<br>T2 : 2段抽気+復水                                    | 2 基とも同じパターンとする                                           |
| 抽背気量              | T1 : MP=76.62t/h (該当 3 工場の平均)<br>LP=133.24t/h (該当 4 工場の平均)<br>T2 : MP=43.99t/h (該当 2 工場の平均)<br>LP=100.00t/h (該当 1 工場の値) | T1:MP 37.33t/h<br>LP 75.20t/h<br>T2:MP 43.99t/h<br>LP 100.00t/h | T1は収支計算値を使用<br>T2は初期値通り                                  |
| 復水量               | T1 : 79.0t/h (該当 3 工場の平均)<br>T2 : 40.0t/h (該当 2 工場の平均)                                                                  | T1:79.0t/h<br>T2:40.0t/h                                        | 初期値通り                                                    |
| 発電量               | T1 : 33.80MW (該当 4 工場の平均)<br>T2 : 33.79MW (該当 3 工場の平均)                                                                  | T1: 41.15MW<br>T2: 34.92MW                                      | 計算値を使用                                                   |
| 3. ボイラー           | 3 基 (大型B x 2 基+廃棄物焼却B x 1基)                                                                                             | B1:石炭ボイラー<br>B2:C重油ボイラー<br>B3:廃棄物焼却ボイラ                          | B1が古く、B2が新しいとする<br>B3は廃棄物焼却ボイラ                           |
| 蒸気発生量             | B1 : HHP=217.38t/h (該当 4 工場の平均)<br>B2 : HHP=25.62t/h (該当 2 工場の平均)<br>B3 : MP 2.3t/h (1.8MPaG、284℃、該当 1 工場の値)            | B1 : HHP 191.52t/h<br>B2 : HHP 192.76t/h<br>B3 : MP 2.3t/h      | B1,B2は200t/hクラス、収支計算値を使用<br>B3は初期値通り                     |
| ボイラー給水加熱器         | あり                                                                                                                      | あり                                                              | 初期値通り                                                    |
| ボイラー給水温度          | 69.4℃ (該当 4 工場の平均)                                                                                                      | 69℃                                                             | 初期値通り                                                    |
| 4. 脱気器 給水量        | 204.6t/h (該当 4 工場の平均)                                                                                                   | 200.50t/h                                                       | 収支計算値を使用                                                 |
| 圧力・温度             | 0.35MPaG、148℃                                                                                                           | 0.35MPaG、148℃                                                   | 初期値通り                                                    |
| 脱気器用蒸気            | 0.35MPaG、148℃                                                                                                           | 0.35MPaG、148℃                                                   | 初期値通り、LP使用                                               |
| 5. プロセス送気量 (需要)   | HP 11.0t/h (該当 4 工場の平均)<br>MP 61.5t/h (該当 4 工場の平均)<br>LP 128.0t/h (該当 4 工場の平均)                                          | HP 11.0t/h<br>MP 61.5t/h<br>LP 128.0t/h                         | 初期値通り                                                    |
| 6. 減温水            | 4か所にあり                                                                                                                  | 5か所にあり                                                          | 4か所は、初期値通り<br>5か所目は、HHP→HPのレットダウン部へ                      |
| 7. 電力量 (8000hr/y) | 自家発電量 T1 : 45.98MW (該当 4 工場の平均)<br>T2 : 26.33MW (該当 2 工場の平均)<br>小売量 =24.45MW (該当 3 工場の平均)<br>買電量 =19.52MW (該当 2 工場の平均)  | T1: 41.15MW<br>T2: 34.92MW<br>小売量: ゼロ<br>買電量:19.52MW            | 工場は自家発電量を最大化、買電量最小限で運転。小売りと買電は、電力ループ回避の観点から併存不可→小売りナシとする |
| 8. 蒸気販売量          | なし                                                                                                                      | なし                                                              | 他社へ蒸気供給できる工場は少ない                                         |
| 9. ボイラ燃料          | B1 : 石炭(100%)<br>B2 : C重油(100%)<br>B3 : 廃棄物(100%) 4.21GJ/ton [HHV]                                                      | 初期値通り                                                           | ボイラ負荷は収支計算値使用                                            |

### 3) ベースケースの設定 (表 2.2-1 のベースケース欄及び備考欄を参照)

モデル工場 X のベースケースを設定した。これは、廃棄物焼却施設からの蒸気を受け入れないケースをベースケースと称し、ベースケースは、「(2) 確認と課題整理」での種々の検討において、比較評価の基礎として使用するものである。ベースケースは下記の考えのもとで収支計算を行い設定し、作成したエネルギーシステムフローを図 2.2-1 に示す。

図 2.2-1 には、収支計算結果も示している。

- 1) 蒸気ヘッダーは、初期値通り、HHP、HP、MP、LP を採用した。
- 2) HHP、HP、MP、LP の条件は、初期値通り、代表的な条件を採用した。

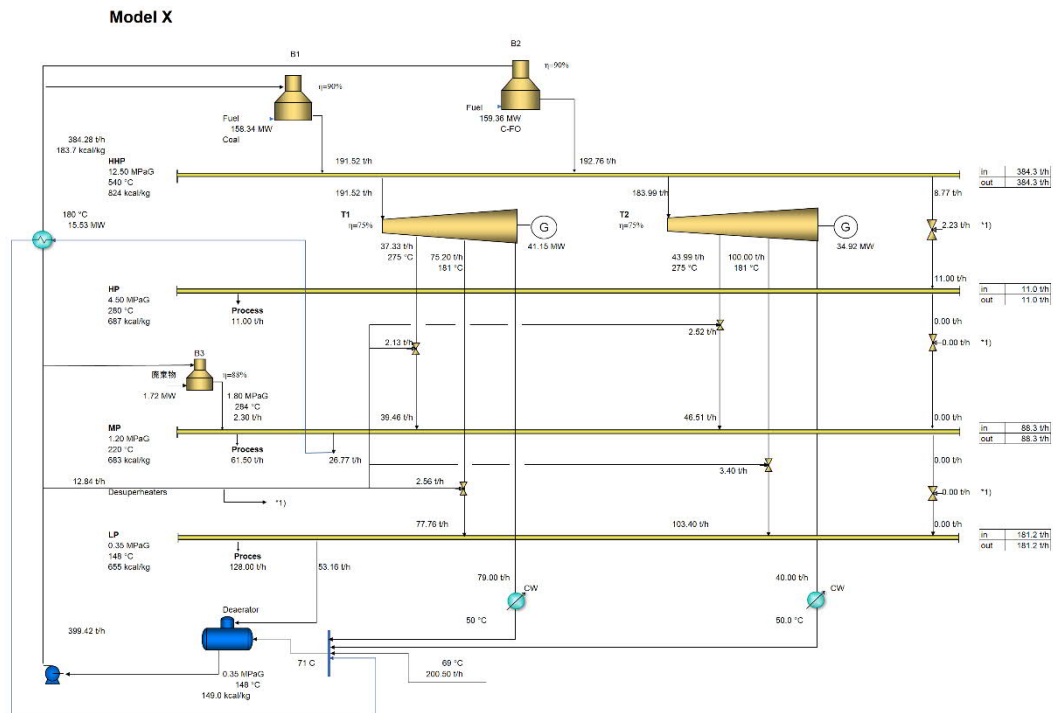


図 2.2-1 ベースケースのエネルギーシステムフロー（別図 2.2-3 に拡大版表示）

- 3) レットダウンは、初期値設定では、ゼロ流量を想定したが、プロセス送気量（HP 11.0 t/h）が存在するので、収支計算により、同量をレットダウンに設定した。
- 4) タービンは、初期値通り、2 基とし、いずれも 2 段抽気+復水 とした。
- 5) タービンからの 2 段抽気は、初期値通り、MP と LP とした。タービン 2（T2）の抽気量は初期値通りとし、タービン 1（T1）の抽気量は収支計算の結果から設定した。
- 6) 復水量は、初期値通りとした。
- 7) 発電量は、収支計算結果から設定した。
- 8) ボイラは初期値通り、3 基とした。B1: 石炭ボイラ、B2: C 重油ボイラ、B3: 廃棄物焼却ボイラ とし、B1 が古く、B2 が新しい とした。B1、B2 は大型で蒸気発生量 200 t/h 級とした。
- 9) ボイラの蒸気発生量は、収支計算結果から設定した。B3 は初期値通り、該当工場の値を設定した。
- 10) ボイラ給水加熱器は、初期値通り、有りとし、給水温度は平均値を採用した。
- 11) 脱気器給水量は、収支計算結果から設定した。
- 12) 脱気器の圧力・温度・蒸気条件は、初期値通り、代表的な条件を採用した。
- 13) プロセス送気量は、初期値通り、モデル工場 A～D の平均値を採用した。
- 14) 減温水は、タービン 2 基それぞれの MP, LP 抽気ラインの 4 か所に供給されることを

初期値として設定したが、ベースケース設定では、③項の通り HHP から HP へのレットダウン部にも供給が必要なため、計5か所とした。減温水量は、収支計算結果から設定した。

- 15) 電力量について、T1、T2 の発電量は収支計算結果から設定した。電力小売りと買電の併存は、電力ループを引き起こすため、併存は不可(現実的でない)と考え、モデル工場Xでは、小売りなしと設定した。
- 16) 蒸気販売量は、初期値通り、該当なし(蒸気販売ナシ)とした。
- 17) ボイラ燃料は、初期値通り、B1 は石炭(専焼)、B2 はC重油(専焼)、B3 は廃棄物(専焼)とした。
- 18) ボイラ負荷は、収支計算結果から設定した。

#### 4) ベースケースの評価

ベースケースのデータ(表 2.2-1)と図 2.2-1 のエネルギーシステムフローの内容を検証すると、化学コンビナート内に立地する一般的な大規模工場のエネルギーシステムフローとしても違和感がない適切なフローと評価した。

### (2) 確認と課題整理

#### 1) ピンチテクノロジー(Rカーブ解析)で効率改善の方向性把握

モデル工場Xのエネルギーシステムフロー(ベースケース)を対象に、エネルギー利用効率の解析を、有効な熱利用解析技術の中のひとつであるRカーブ解析を用いて行った。Rカーブ解析は、工場の省エネ余地や効率改善の方向性を把握するのに非常に有用である。(「別添 Rカーブ解析とは」を参照)

本調査でRカーブ解析を適用する目的は、工場のエネルギー効率改善の方向性を把握することである。すなわち、Rカーブ解析により、エネルギー効率最大化への改善効果を導く高効率機器の規模及びそれによるCO<sub>2</sub>削減の効果を把握しておき、その上で、焼却施設からの蒸気配給を受け入れた場合のCO<sub>2</sub>削減効果が、どの程度の規模の高効率機器導入に相当・匹敵するかを把握するものである。工場で省エネ・CO<sub>2</sub>削減を達成するためには、本来ならば、工場は、ある規模の高効率設備機器導入が必要であるが、焼却施設からの蒸気配給を受け入れることで、それを不要にできる。本検討では、そうした情報の確認と課題の整理を実施した。

#### ①現状把握(ベースケースの状況把握)

##### (1) 現状(ベースケース)の収支

現状(ベースケース)の熱物質収支を、図 2.2-1 のエネルギーシステムフロー内に示す。電力需要は、表 2.2-2 に示す。

表 2.2-2 電力需要

|              |         |
|--------------|---------|
| 自家発電量        | 76.07MW |
| 電力会社からの買電量   | 19.52MW |
| 電力需要合計       | 95.59MW |
| 近隣工場への電力小売り量 | 0.00MW  |
| 工場の正味の電力需要量  | 95.59MW |

## (2) R 値と統合エネルギー効率

R 値（熱電比率）と統合エネルギー効率の計算結果を表 2.2-3 に示す。計算に使用した熱電需要と燃料消費も併せて示す。エネルギーシステムフローに基づき、R カーブ解析図を作成し、図 2.2-2 に示す。図 2.2-2 には、『現状』として R 値と統合エネルギー効率の計算結果をプロットした。

表 2.2-3 R 値と統合エネルギー効率

| 電力需要    | 熱需要       | 統合燃料消費     | R 値   | 統合エネルギー効率 |
|---------|-----------|------------|-------|-----------|
| 95.59MW | 495.7GJ/h | 1310.5GJ/h | 0.694 | 64.1%     |

図 2.2-2 では、それぞれのラインは、システム上の理論効率の上限を示している。現状（ベースケース）のエネルギーシステムは、ボイラ＋抽気背圧復水タービン発電であり、電力需要の不足分は電力会社からの買電で賄っている。現状の位置は、一番下の赤線（ボイラ＋背圧復水タービンのシステム）とその上の破線（ボイラ＋背圧タービン＋買電）の間にある。これは、発電効率が高い電力会社からの電気を使用しているので、それによって、現状の位置（統合エネルギー効率）が一番下の赤線を超えることを示している。

## ②効率改善の方向性の把握

効率改善の方向性は、図 2.2-2 の「現状」で示すポイントから縦方向に統合エネルギー効率を上げることである。上向き赤矢印で記した通り、ガスタービンを用いたシステムの理論限界線（統合エネルギー効率 88.7%）まで理想的は上昇可能である。現状との差分は、24.6 ポイントである。この効率上昇分を達成するには、約 60MW の GT システム（排熱ボイラの追い焚き率は 48%）の導入が必要になる。

## ③CO<sub>2</sub>排出量

現状は、ボイラ燃料は石炭(B1)、C 重油 (B2)、廃棄物焼却ボイラを使用、電力購入はあり。表 2.2-4 に使用燃料に基づく CO<sub>2</sub>排出量を示す。

現状と理想的な天然ガス焚きガスタービンシステム（約 60MW）を導入した場合の CO<sub>2</sub>排出量を算定し、その結果を表 2.2-4 に示した。これにより、B1 と B2 を廃止し、代わりに理想的な天然ガス焚きガスタービンシステム（約 60MW）を導入した場合は、電力購入は不要となり、CO<sub>2</sub>排出量は半減できることが分かった。

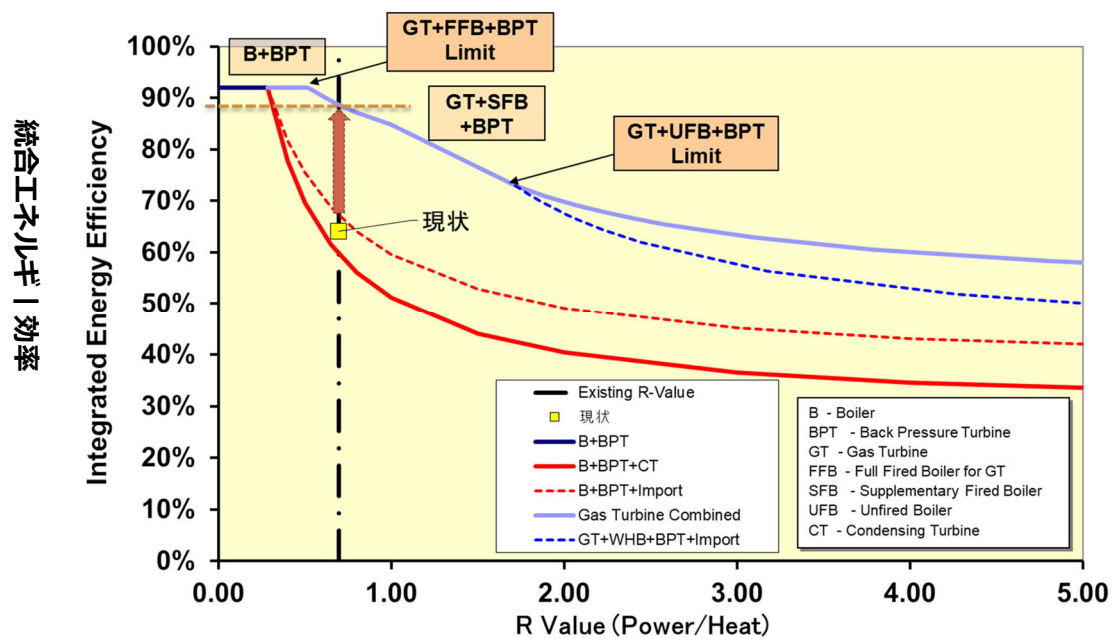


図 2.2-2 モデル工場 X の R カープ解析図

使用する石炭、C 重油、電力、LNG での CO<sub>2</sub> 排出係数は、次を用いた。

- ・ 石炭・・・ 92.9kg-CO<sub>2</sub>/GJ-LHV 【自動車工業会 2005 年の燃料定数】
- ・ C 重油・・・ 73.5kg-CO<sub>2</sub>/GJ-LHV 【自動車工業会 2005 年の燃料定数】
- ・ 廃棄物・・・ 263.7kg-CO<sub>2</sub>/GJ-LHV 【汚泥 60%、廃プラ 15%、廃油 10%、一般廃棄物 15%から計算】
- ・ 系統電力・・・ 0.470 t-CO<sub>2</sub>/MWh 【環境省指定】
- ・ LNG・・・ 54.9kg-CO<sub>2</sub>/GJ-LHV 【自動車工業会 2005 年の燃料定数】

表 2.2-4 使用燃料に基づく CO<sub>2</sub>排出量

| 項目                                              | 現状      | 改善後 (GT 導入) |
|-------------------------------------------------|---------|-------------|
| ボイラ燃料 (B1)                                      |         |             |
| 燃料                                              | 石炭      | 石炭          |
| 燃料使用量、GJ/h                                      | 570.0   | 0.0         |
| CO <sub>2</sub> 排出係数、kg-CO <sub>2</sub> /GJ LHV | 92.9    | 92.9        |
| CO <sub>2</sub> 排出量、t/h                         | 53.0    | 0.0         |
| ボイラ燃料 (B2)                                      |         |             |
| 燃料                                              | C 重油    | C 重油        |
| 燃料使用量、GJ/h                                      | 573.7   | 0.0         |
| CO <sub>2</sub> 排出係数、kg-CO <sub>2</sub> /GJ LHV | 73.5    | 73.5        |
| CO <sub>2</sub> 排出量、t/h                         | 42.2    | 0.0         |
| ガスタービン燃料                                        |         |             |
| 燃料                                              | --      | LNG         |
| 燃料使用量、GJ/h                                      |         | 943.8       |
| CO <sub>2</sub> 排出係数、kg-CO <sub>2</sub> /GJ LHV |         | 54.9        |
| CO <sub>2</sub> 排出量、t/h                         |         | 51.8        |
| 系統電力                                            |         |             |
| 買電量、kW                                          | 19,520  | 0           |
| CO <sub>2</sub> 排出係数、kg-CO <sub>2</sub> /kWh    | 0.470   | 0.470       |
| CO <sub>2</sub> 排出量、t/h                         | 9.2     | 0.0         |
| 廃棄物焼却ボイラ                                        |         |             |
| 燃料                                              | 廃棄物     | 廃棄物         |
| 燃料使用量、GJ/h                                      | 6.18    | 6.18        |
| CO <sub>2</sub> 排出係数、kg-CO <sub>2</sub> /GJ LHV | 263.7   | 263.7       |
| CO <sub>2</sub> 排出量、t/h                         | 1.6     | 1.6         |
| 合計 CO <sub>2</sub> 排出量、                         |         |             |
| 時間単位、t-CO <sub>2</sub> /h                       | 105.9   | 53.4        |
| 年間単位、t-CO <sub>2</sub> /yr                      | 847,200 | 427,200     |

## 2) 焼却施設からの蒸気配給による燃料削減効果と CO<sub>2</sub>削減効果の検討

廃棄物の焼却施設から中圧蒸気（10 t/h、20 t/h、50 t/h）をモデル工場 X へ送った場合の改善効果（エネルギー消費量削減、CO<sub>2</sub>排出量削減）を検証した。中圧蒸気とする理由は、令和 3～4 年度の 2 年間の調査業務において、モデル工場 4 件に対する廃棄物の焼却熱による蒸気供給システムの検討と CO<sub>2</sub>削減効果の検討を行った結果、供給蒸気圧は中圧程度で十分な効果が得られ、高圧の場合と比較しても、その効果に遜色ないことを確認したためである。本検討の要領を表 2.2-5 に示す。

### ①検討要領

表 2.2-5 検討事項と検討内容

| 検討事項                                   | 検討内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 蒸気条件                                   | 焼却施設からの供給蒸気の温度圧力は、受け入れ工場側の中圧蒸気の温度圧力と同じ。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| CO <sub>2</sub> 排出係数                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>各種燃料と買電などの CO<sub>2</sub>排出係数は、前記 1)、③項 CO<sub>2</sub>排出量の箇所で示す値を用いた。</li> <li>焼却施設からの供給蒸気は、CO<sub>2</sub>は含まれないとして、CO<sub>2</sub>排出係数はゼロとした。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                              |
| 電力収支の考え方                               | <p>蒸気受入に伴い蒸気タービンの抽気量が減少するため、抽気発電量が減少する。その減少分を補う電力収支の計算要領は、以下の 3 ケースとした。</p> <p>ケース 1・・・復水量を増やして現状の電力需要量を維持する。まずは T1 の復水量を増やして対応するが、上限を 100 t/h とし、それ以上復水量を増やす場合は T2 の復水量を増やして対応する。</p> <p>ケース 2・・・系統からの買電量を増やして現状の電力需要量を維持する。この時、復水量は現状を維持する。</p> <p>ケース 3・・・再エネ電力の買電量を増やして現状の電力需要量を維持する。この時、復水量は現状を維持する。</p>                                                                                                |
| ベースケースを最適化する<br>・ケーススタディの比較検討の基礎ケースとする | <p>図 2.2-1 で示すベースケースの運転条件（熱物質収支）は、初期値設定から収支計算を行い整合化したものであり、CO<sub>2</sub>の排出量を最小化した運転条件ではない。以降の検討（ケーススタディ）では、いずれも最適計算（CO<sub>2</sub>排出量の最小化）を行うため、それらと比較検討するベースケースも最適計算の結果であることが必要である。最適計算（CO<sub>2</sub>排出量の最小化）の検討要領は次の通り。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>石炭炊きボイラ（B1）と C 重油焚きボイラ（B2）では、蒸気量当たりの CO<sub>2</sub>排出量の少ない B2 の使用が優先される</li> <li>B1 と B2 の 2 つのボイラは、蒸気発生量の上限を 200 t/h とする</li> </ul> |

「最適化したベースケース」のエネルギーシステムフローを図 2.2-3 に示す。図 2.2-3 に示す通り、ベースケースを最適化（CO<sub>2</sub> 排出量を最小化）した結果、CO<sub>2</sub> 排出係数の大きい B1 の負荷が減り、B2 が上限 200 t/h になるまで負荷が移動した。その結果、図 2.2-1 のベースケースの CO<sub>2</sub> 排出量が 105.93 t/h であったのに対し、図 2.2-3 の「最適化したベースケース」では CO<sub>2</sub> 排出量が 105.51 t-CO<sub>2</sub>/h となり、0.42 t-CO<sub>2</sub>/h 低減する結果となった。

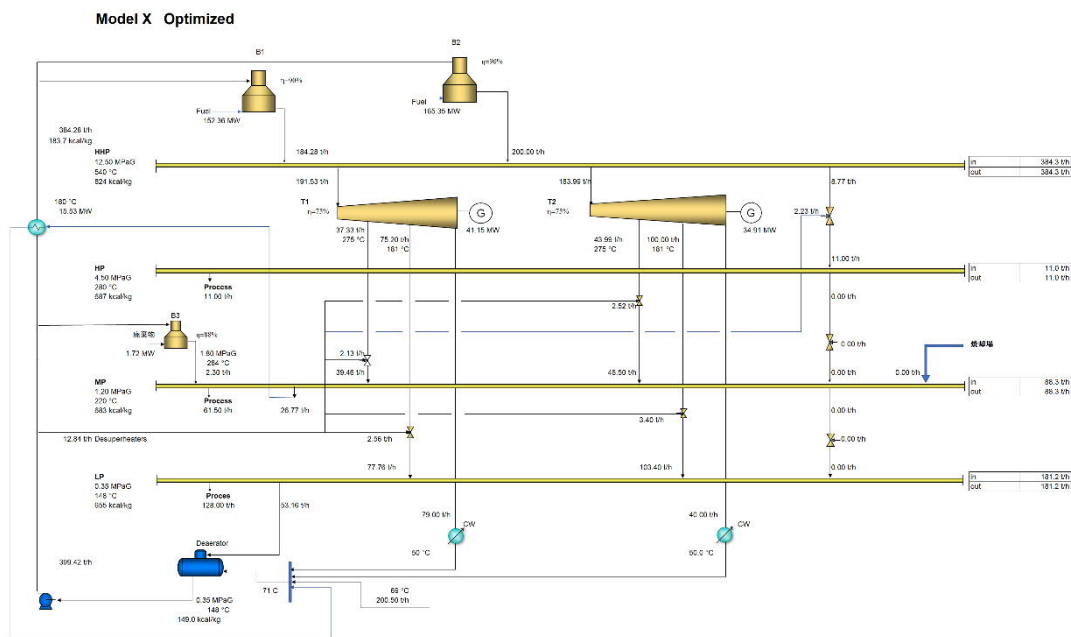


図 2.2-3 最適化したベースケースのエネルギーシステムフロー  
(別図 2.2-4 に拡大版表示)

## ②検討結果

化石燃料を用いるボイラを中心に構成される従来のエネルギーシステム（最適化したベースケース）に対して、焼却施設からの供給蒸気量（中圧）を徐々に増加した場合に、不足する電力量を前述の 3 ケースの場合について検討した。その結果（データ）を表 2.2-6 に示す。

表 2.2-6 ケーススタディでのエネルギーシステムの主要な結果

|                 | 焼却施設からの供給蒸気量 | B1 負荷<br>B2 負荷<br>MW | T1 発電量<br>T2 発電量<br>MW | 買電量 MW<br>系統から<br>再エネから | 買電の燃料<br>換算負荷<br>MW | ボイラと買電<br>(燃料換算)<br>合計 MW | T1 復水量<br>T2 復水量<br>t/h | CO <sub>2</sub> 排出量<br>t/h |
|-----------------|--------------|----------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|
| 最適化ベースケース       | —            | 152.36<br>165.35     | 41.15<br>34.91         | 系統 19.52                | 49.29               | 367.00                    | 79.00<br>40.00          | 105.51                     |
| ケース1<br>復水発電増加  | 10 t/h       | 147.56<br>165.35     | 41.90<br>34.17         | 系統 19.52                | 49.29               | 362.20                    | 83.66<br>40.00          | 103.91                     |
|                 | 20 t/h       | 142.77<br>165.35     | 42.61<br>33.45         | 系統 19.52                | 49.29               | 357.41                    | 88.33<br>40.00          | 102.30                     |
|                 | 50 t/h       | 128.40<br>165.35     | 43.79<br>32.27         | 系統 19.52                | 49.29               | 343.04                    | 100.00<br>42.32         | 97.50                      |
| ケース2<br>系統電力増加  | 10 t/h       | 142.68<br>165.35     | 45.19<br>29.31         | 系統 21.09                | 53.26               | 361.29                    | 79.00<br>40.00          | 103.01                     |
|                 | 20 t/h       | 133.00<br>165.35     | 43.62<br>29.31         | 系統 22.66                | 57.22               | 355.57                    | 79.00<br>40.00          | 100.51                     |
|                 | 50 t/h       | 103.97<br>165.35     | 40.21<br>28.01         | 系統 27.36                | 69.09               | 338.41                    | 79.00<br>40.00          | 93.01                      |
| ケース3<br>再エネ電力増加 | 10 t/h       | 142.68<br>165.35     | 40.89<br>33.61         | 系統 19.52<br>再エネ 1.57    | 系統 49.29<br>再エネ     | 357.32                    | 79.00<br>40.00          | 102.27                     |
|                 | 20 t/h       | 133.00<br>165.35     | 40.23<br>32.70         | 系統 19.52<br>再エネ 3.14    | 系統 49.29<br>再エネ     | 347.64                    | 79.00<br>40.00          | 99.04                      |
|                 | 50 t/h       | 103.97<br>165.35     | 38.08<br>30.14         | 系統 19.52<br>再エネ 7.84    | 系統 49.29<br>再エネ     | 318.61                    | 79.00<br>40.00          | 89.33                      |

注 1) 買電の発電効率は、39.6%

注 2) CO<sub>2</sub>排出係数は次を採用

- ・石炭・・・92.9kg-CO<sub>2</sub>/GJ-LHV 【自動車工業会 2005 年の燃料定数】
- ・C 重油・・・73.5kg-CO<sub>2</sub>/GJ-LHV 【自動車工業会 2005 年の燃料定数】
- ・廃棄物・・・263.7kg-CO<sub>2</sub>/GJ-LHV 【汚泥 60%、廃プラ 15%、廃油 10%、一般廃棄物 15%から計算】
- ・系統電力・・・0.470 t-CO<sub>2</sub>/MWh 【環境省指定】
- ・LNG・・・54.9kg-CO<sub>2</sub>/GJ-LHV 【自動車工業会 2005 年の燃料定数】
- ・焼却施設からの供給蒸気・・・0.0 kg-CO<sub>2</sub>/t
- ・再エネ電力・・・0.0 t-CO<sub>2</sub>/MWh

表 2.2-6 の結果に基づき、焼却施設からの供給蒸気による工場側の燃料削減効果と CO<sub>2</sub> 排出削減効果を表 2.2-7、図 2.2-4 に示す。

表 2.2-7 焼却施設からの蒸気配給による燃料削減効果と CO<sub>2</sub>排出削減効果

|                                                     | ケース           | 10 t /h | 20 t /h | 50 t /h |
|-----------------------------------------------------|---------------|---------|---------|---------|
|                                                     | 供給蒸気量         |         |         |         |
| 工場の燃料削減効果 MW<br>【ボイラ燃料＋買電の燃料換算量】                    | ケース 1 復水発電増加  | 4.80    | 9.59    | 23.96   |
|                                                     | ケース 2 系統電力増加  | 5.72    | 11.43   | 28.59   |
|                                                     | ケース 3 再エネ電力増加 | 9.68    | 19.36   | 48.39   |
| 工場の CO <sub>2</sub> 排出削減効果<br>t -CO <sub>2</sub> /h | ケース 1 復水発電増加  | 1.60    | 3.21    | 8.01    |
|                                                     | ケース 2 系統電力増加  | 2.50    | 5.00    | 12.50   |
|                                                     | ケース 3 再エネ電力増加 | 3.24    | 6.47    | 16.18   |

中圧蒸気 50 t/h を受け入れた場合の CO<sub>2</sub>排出削減効果 16.18 t/h である。前節 1) ピンチテクノロジー（Rカーブ解析）で効率改善の方向性把握の示唆から、この CO<sub>2</sub>排出削減効果 16.18 t/h を達成するためには、いかにどのサイズの LNG 焼きガスタービンシステムの導入に匹敵するかを検討した結果、10MW 級の導入に相当することが分かった。

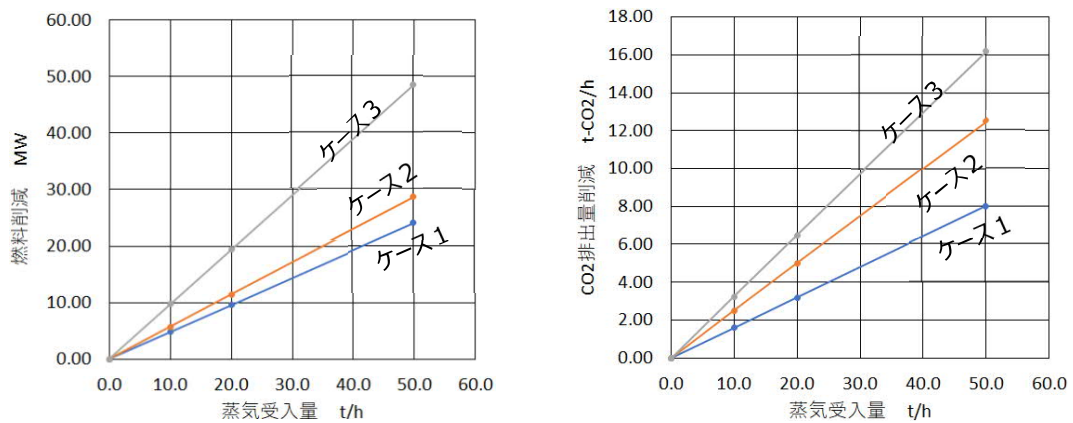


図 2.2-4 焼却施設からの蒸気配給による燃料削減効果と CO<sub>2</sub>排出削減効果

注 1) ケース 1 復水発電増加、ケース 2 系統電力増加、ケース 3 再エネ電力増加

### ③考察

焼却施設からの蒸気を受け入れた場合の、工場への影響を検討した。なお、中圧蒸気の受入れは、タービンからの中圧蒸気の抽気量を減らすことになり、その分、タービンの発電量が減少する。工場の電力需要量は変化しないと設定しているため、この発電量の減少分を、復水発電量を増加する場合（ケース1）、系統電力の買電量を増加する場合（ケース2）、再エネ電力の買電量を増加する場合（ケース3）、の3ケースによって補うことを検討した。その結果から以下のようなことが分かった。

- ・ 蒸気を受け入れは燃料削減（省エネ）効果や、CO<sub>2</sub>排出削減効果がある。
- ・ 蒸気を受け入れ量と省エネ効果は比例関係にある。
- ・ 工場の燃料削減効果（ボイラ負荷低減効果）について：復水発電の増加（ケース1）は、復水量を増加させ、ボイラ負荷が増加するので、他の2ケースの方が、ボイラ負荷の低減量が大きい。例えば、焼却施設からの中圧蒸気を50 t/h受け入れた場合、復水発電を増加する場合（ケース1）での燃料削減効果は6.5%、系統からの買電量を増加する場合（ケース2）では7.8%、再エネ電力で補う場合（ケース3）では13.2%となる。
- ・ 工場のCO<sub>2</sub>排出削減効果について：復水発電の増加（ケース1）に比べて、系統からの買電量を増加（ケース2）する方が、削減効果がある。そしてその発電量減少分を再エネ電力で補う（ケース3）方がさらに効果的である。例えば、焼却施設からの中圧蒸気を50 t/h受け入れた場合、復水発電を増加する場合（ケース1）でのCO<sub>2</sub>排出削減効果は7.6%、系統からの買電量を増加する場合（ケース2）では11.8%、再エネ電力で補う場合（ケース3）では15.3%となる。これは、（ケース1）はボイラでの化石燃料の燃焼に依存するが、（ケース2）は、CO<sub>2</sub>排出係数がボイラ燃料より低い系統電力で賄うことによる。（ケース3）は、CO<sub>2</sub>排出係数ゼロの再エネ電力で賄うため、さらにCO<sub>2</sub>排出削減効果が大きくなる。
- ・ 図2.2-4（左）における燃料削減効果のケース2のラインは、ケース1のラインに近く、ケース3のラインから遠い。これは、ケース2は、工場の燃料消費量として、ボイラ燃料の消費量に系統からの買電分を燃料換算した燃料消費量加算しており、買電増加分も燃料消費量の増加になるためである。しかし、ケース3は買電量を増加させず、再エネ電力で補うため、結果、燃料消費量の増加にならないためである。
- ・ 図2.2-4（右）におけるCO<sub>2</sub>排出削減効果のケース2のラインは、ケース3に近い。これは、ケース2の買電量を増加させた場合、買電電力のCO<sub>2</sub>排出係数（原単位）が、ボイラ燃料（石炭、C重油）のそれに比べて小さいためである。
- ・ ベースケースを最適化（CO<sub>2</sub>排出量を最小化）すると、CO<sub>2</sub>排出係数の小さい燃料を使用するボイラが優先されるため、わずかであるがCO<sub>2</sub>排出量は低減される。
- ・ 中圧蒸気50 t/hを受け入れた場合のCO<sub>2</sub>排出削減効果16.18 t/hは、LNG 焚きガスタービンシステム10MW級の導入に相当する。

### 3) 2050 年頃の究極条件での検討

2050 年頃を想定した究極条件を検討した。究極条件とは、モデル工場 X はボイラを持たず、電力は外部からすべて購入し、工場の熱需要（高圧蒸気、中圧蒸気など）に対して、焼却施設から蒸気供給するものである。表 2.2-8 に検討事項と検討内容を示す。

ここで、焼却施設からの供給蒸気は、工場の高圧蒸気ヘッダー条件に合わせ、供給蒸気量は、工場のプロセス送気（高圧蒸気、中圧蒸気、低圧蒸気）を賄える量とした。

#### ①検討要領

検討事項と検討内容を表 2.2-8 に示す。

表 2.2-8 検討事項と検討内容

| 検討事項                 | 検討内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 蒸気条件                 | 焼却施設からの供給蒸気の温度圧力は、受け入れ工場側の高圧蒸気の温度圧力と同じ（4.50MPaG・280℃、【飽和 259℃】）とする。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| CO <sub>2</sub> 排出係数 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・買電の CO<sub>2</sub> 排出係数は、前記 1）、③項 CO<sub>2</sub> 排出量の箇所で示す値を用いた。（0.470 t-CO<sub>2</sub>/MWh 【環境省指定】）ボイラを持たないので、燃料の使用はない。</li> <li>・焼却施設からの供給蒸気の CO<sub>2</sub> 排出係数はゼロとした。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 検討ケース                | <p>モデル工場 X の熱需要（プロセス送気量）は、高圧蒸気 11.0 t/h、中圧蒸気 61.5 t/h、低圧蒸気 128.0 t/h である。これに対して、焼却施設から高圧蒸気のみを工場の高圧蒸気ヘッダーへ供給する。その供給量は、工場の各（高圧、中圧、低圧）蒸気ヘッダーからプロセスの熱需要に応じて送る「プロセス送気量」の和となる。焼却施設からの蒸気は、工場の高圧蒸気ヘッダーに供給されるので、中圧蒸気や低圧蒸気でのプロセス送気量の確保の方法として、次の 3 ケースを設定した。なお、比較するデータは、前記（2）章で、ケーススタディを行った際に設定した「最適化したベースケース」を用いる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・究極ケース 1・・・減圧弁設置<br/>高圧—中圧蒸気ヘッダー間、及び中圧—低圧蒸気ヘッダー間にそれぞれ減圧弁を設けて、各蒸気ヘッダーへの蒸気量を確保する。すなわち、焼却施設からの高圧蒸気は、工場の高圧蒸気ヘッダーに入り、高圧蒸気のプロセス送気量を与え、残量が、減圧弁を通して、中圧蒸気ヘッダーに送られる。中圧蒸気ヘッダーでは、中圧蒸気のプロセス送気量を与え、残量が、減圧弁を通して、低圧蒸気ヘッダーに送られる。低圧蒸気ヘッダーでは、低圧蒸気のプロセス送気量を与える。</li> <li>・究極ケース 2・・・タービン設置し電力回収<br/>究極ケース 1 の減圧弁の設置は、有効エネルギー（エクセルギー）の損失であるので、減圧弁の代わりにタービンを設置し、電力回収を図る。電力回収した分だけ、買電量を節減する。</li> <li>・究極ケース 3（参考）・焼却施設から供給蒸気を高圧蒸気ヘッダーへ送る<br/>上記 2）章「焼却施設からの蒸気供給による燃料削減効果と CO<sub>2</sub> 削減効果の検討」では、中圧蒸気供給での検討を行っていた。焼却施設での高温蒸気製造による設備負担を抑える目的で、究極ケース 1、2 に比べ、蒸気発生条件を緩和し、圧力は高圧蒸気なみだが温度は飽和温度まで下げた蒸気を供給する場合を検討する。温度不足分は電気ヒーターで補う。</li> </ul> |

## ②検討結果

究極ケース 1（減圧弁設置）と究極ケース 2（電力回収）の結果を図 2.2-5、2.2-6 及び表 2.2-9 に示す。

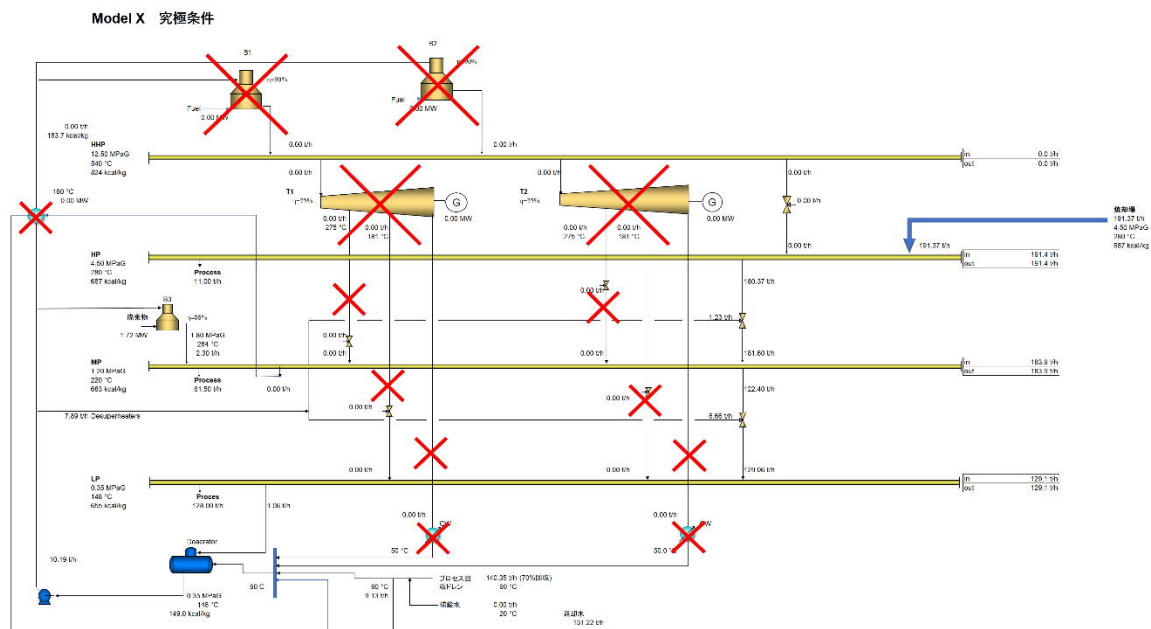


図 2.2-5 究極ケース 1・・・各蒸気ヘッダー間に減圧弁を設置（別図 2.2-5 に拡大版表示）

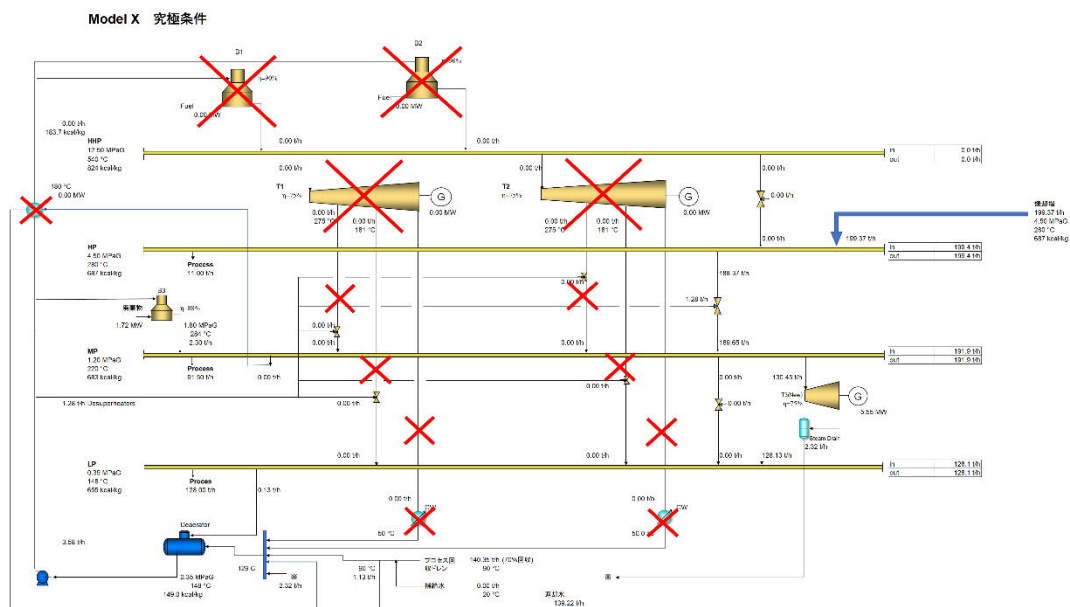


図 2.2-6 究極ケース 2・・・電力回収（別図 2.2-6 に拡大版表示）

図 2.2-7 (究極ケース 3) に、焼却施設からの供給蒸気の条件は、工場の高圧蒸気なみ、温度は高圧蒸気の飽和温度とした (4.50MPaG・259℃) 場合の検討結果を示す。温度不足分に対しては、電気ヒーターで加熱し昇温した。

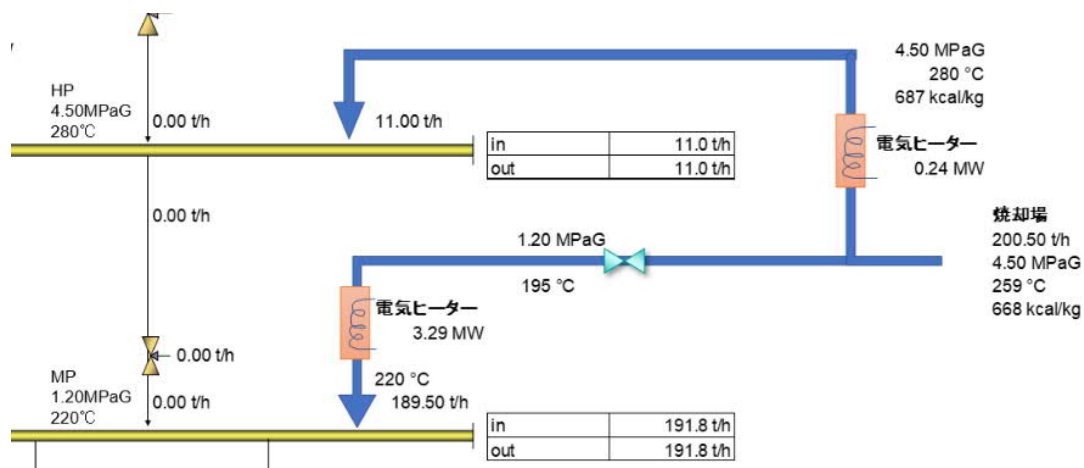


図 2.2-7 究極ケース 3・・・焼却施設から供給蒸気を圧力は高圧蒸気なみだが温度は飽和温度とする場合

上記、図 2.2-5 (究極ケース 1) では、電力回収せず、減圧弁を使用しており、供給蒸気の渴求度が高い状態となるので、蒸気ヘッダー条件を確保するため、減温水の注入が必要となる。

一方、究極ケース 2 (図 2.2-6) では、減温水の注入は不要となるが、タービンの排気露点を下回る、いわゆるウェット (凝縮) 状態になるために、フラッシュドラムを設置して気液分離が必要となる。排気がウェットになる理由は、蒸気ヘッダー間の熱落差を利用してタービンで仕事を取り出すので、タービン排気側のエンタルピーが、減圧弁使用 (仕事を取り出さない) の場合よりも下がるためである。なお、高圧ー中圧蒸気ヘッダー間は減圧弁を設置した。この理由は、当箇所タービンを設置し電力回収を行うと、気液分離するフラッシュドラムからの蒸気の温度が低く、中圧蒸気ヘッダーに送る際に、昇温用の電気ヒーターが必要になり、省エネルギーにはならないので不適とした。

究極ケース 3 (図 2.2-7) では、供給蒸気を高圧蒸気の需要に対して、高圧蒸気条件まで昇温するためには、0.24MW の電力が必要であった。他方、中圧蒸気の需要に対しては、中圧蒸気ヘッダーの手前で、圧力条件を一致させるために、減圧を行うが、それにより温度が中圧蒸気ヘッダーの温度以下に低下し、電気ヒーター (3.29MW) が必要となった。その結果、究極ケース 3 は、電気ヒーターが 2 か所に必要になり、その必要電力量も大きく、省エネルギーにはならないので不適とした。

究極ケース 1、2 で CO<sub>2</sub> 排出削減効果の比較を表 2.2-9 に示す。究極ケース 3 は、検討

ケースとして不適としたため、表 2.2-9 にデータは記載していない。表 2.2-9 で示す通り、最適化ベースケースに比較して、CO<sub>2</sub> 排出量が、究極ケース 1 では 56%削減、究極ケース 2 では電力回収分で買電量低減があるため 58%削減となった。

表 2.2-9 究極ケース 1, 2 での CO<sub>2</sub> 排出削減効果

|                                                 | 最適化ベースケース       | 究極ケース 1<br>(減圧弁使用) | 究極ケース 2<br>(電力回収) |
|-------------------------------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|
| ボイラ燃料 (B1)                                      |                 |                    |                   |
| 燃料                                              | 石炭              | 石炭                 | 石炭                |
| 燃料使用量、GJ/h                                      | 152.36MW=548.50 | 0.0                | 0.0               |
| CO <sub>2</sub> 排出係数、kg-CO <sub>2</sub> /GJ LHV | 92.9            | 92.9               | 92.9              |
| CO <sub>2</sub> 排出量、t/h                         | 51.0            | 0.0                | 0.0               |
| ボイラ燃料 (B2)                                      |                 |                    |                   |
| 燃料                                              | C 重油            | C 重油               | C 重油              |
| 燃料使用量、GJ/h                                      | 165.35MW=595.26 | 0.0                | 0.0               |
| CO <sub>2</sub> 排出係数、kg-CO <sub>2</sub> /GJ LHV | 73.5            | 73.5               | 73.5              |
| CO <sub>2</sub> 排出量、t/h                         | 43.7            | 0.0                | 0.0               |
| タービン発電量                                         |                 |                    |                   |
| T 1、MW                                          | 41.15           | 0.0                | 0.0               |
| T 2、MW                                          | 34.91           | 0.0                | 0.0               |
| T 3、MW (究極ケース 2)                                | --              | --                 | 5.55              |
| 系統電力                                            |                 |                    |                   |
| 買電量、kW                                          | 19,520          | 95,580             | 90,030            |
| CO <sub>2</sub> 排出係数、kg-CO <sub>2</sub> /kWh    | 0.470           | 0.470              | 0.470             |
| CO <sub>2</sub> 排出量、t/h                         | 9.2             | 44.9               | 42.3              |
| 廃棄物焼却ボイラ                                        |                 |                    |                   |
| 燃料                                              | 廃棄物             | 廃棄物                | 廃棄物               |
| 燃料使用量、GJ/h                                      | 6.18            | 6.18               | 6.18              |
| CO <sub>2</sub> 排出係数、kg-CO <sub>2</sub> /GJ LHV | 263.7           | 263.7              | 263.7             |
| CO <sub>2</sub> 排出量、t/h                         | 1.6             | 1.6                | 1.6               |
| 合計 CO <sub>2</sub> 排出量、                         |                 |                    |                   |
| 時間単位、t-CO <sub>2</sub> /h                       | 105.5           | 46.5               | 43.9              |
| 年間単位、t-CO <sub>2</sub> /yr                      | 844,000         | 372,000            | 351,200           |

注 1) CO<sub>2</sub>排出係数は次を採用

- ・石炭・・・92.9kg-CO<sub>2</sub>/GJ-LHV 【自動車工業会 2005 年の燃料定数】
- ・C 重油・・・73.5kg-CO<sub>2</sub>/GJ-LHV 【自動車工業会 2005 年の燃料定数】
- ・廃棄物・・・263.7kg-CO<sub>2</sub>/GJ-LHV 【汚泥 60%、廃プラ 15%、廃油 10%、一般廃棄物 15%から計算】
- ・系統電力・・・0.470 t-CO<sub>2</sub>/MWh 【環境省指定】
- ・焼却施設からの供給蒸気・・・0.0 kg-CO<sub>2</sub>/t

### ③考察

- ・究極条件では、CO<sub>2</sub>削減効果は、55.9%と大きいことが分かった。さらに、中圧蒸気から低圧蒸気までの熱落差を利用して発電を行うと買電量を節減できるので、CO<sub>2</sub>削減成果は、58.4%となることが分かった。
- ・焼却施設から高圧蒸気を工場の高圧蒸気ヘッダーへ供給し、工場では、ボイラやタービンを停止すること（究極ケース 1, 2）で、CO<sub>2</sub>排出量削減に大きな効果がある。これは、ボイラでの化石燃料を不要にしたことだけでなく、焼却施設からの供給蒸気の CO<sub>2</sub>排出係数がゼロであることが大きい。
- ・究極ケース 1（図 2.2-5）で、焼却施設からの高圧蒸気供給（191.37 t/h）にて賄われ

るプロセス送気は、需要先で熱が使われ凝縮水となる。その7割がプロセス回収ドレン（140.35 t/h）として、エネルギーシステムに戻ってくるとした。減温水や廃棄物焼却ボイラで消費される蒸気量分を差し引いた余剰のドレン（131.22 t/h）は、焼却施設へ送り返すことができる。

- 究極ケース2（図 2.2-6）で、中圧蒸気—低圧蒸気ヘッダー間にタービン T3 を設置し、電力回収することを検討した。これは、究極ケース1では、蒸気ヘッダー間の熱落差を、ただ単に減圧弁で処理しただけだったので、熱落差のエネルギーを有効利用するためである。その結果、5.55MW 分の買電量を低減できることが分かった。しかし、タービンの排気が露点を下回る（ウェット（凝縮）状態になる）ためにフラッシュドラムを設置し、気液分離することが必要になった。ただし、フラッシュドラムから回収する蒸気は、飽和蒸気状態であり、接続先の低圧蒸気ヘッダーも飽和蒸気条件であるので、そのまま供給できる利点がある。
- モデル工場 X のエネルギーシステムでは、図 2.2-1 や図 2.2-2 で示す通り、電力回収を行うために、タービンの吸気は高圧蒸気ヘッダー（12.5MPaG・540℃【飽和 328℃】）である。飽和温度より 212℃も高い過熱状態で、非常に乾き度が高いため、中圧蒸気ヘッダーや低圧蒸気ヘッダーまでの熱落差を利用してタービンで仕事を取り出して（電力回収して）も、タービンの排気側でウェットにならない状態を維持できる。究極ケース2の検討で明らかになった通り、高圧—中圧蒸気ヘッダー間にタービンを設置し電力回収を行うと、タービン排気がウェットになることや、また究極ケース3で、圧力は高圧蒸気並みだが温度は飽和温度まで下げた蒸気供給では、減圧弁出口でウェットになってしまう。こうしたウェット状態を避けるためには、供給蒸気の過熱度は相当高く設定することが必要であることが分かる。したがって、究極ケースのように、焼却施設からの供給蒸気に全量依存する場合は、その供給蒸気はできるだけ高い乾き度（過熱状態）を持つことが好ましい。なお、ボイラやタービンの運転を維持しながら、必要な高圧蒸気量や中圧蒸気量の一部を外部から受け入れ、それぞれ高圧蒸気ヘッダーや中圧蒸気ヘッダーに供給する場合は、タービンや減圧弁を通すことがないので、ウェット状態になることは避けられる。

#### 4) 工場の廃棄物焼却を廃棄物焼却施設に移管する場合の検討

モデル工場X側が、これまで廃棄物を焼却処理するために使用してきたボイラ (B3) を停止し、その廃棄物焼却を外部の廃棄物焼却施設へ移管し、同焼却施設からモデル工場Xが蒸気供給を受ける場合、この地域 (焼却施設とモデル工場X) に与える効果 (エネルギー消費量削減、CO<sub>2</sub> 排出量削減) を検討した。

##### ①検討要領

検討事項と検討内容を表 2.2-10 に示す。

表 2.2-10 検討事項と検討内容

| 検討事項                 | 検討内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 廃棄物焼却ボイラ B3          | <p>従来、廃棄物焼却ボイラ B3 では、廃棄物の熱量 1.72MW 相当を燃焼させ、中圧蒸気相当 (1.80MPaG・284℃) 2.30 t/h を中圧蒸気ヘッダーに供給していた (図 2.2-8 参照)。この時の CO<sub>2</sub> 排出量は 1.6 t/h であった。</p> <p>廃棄物焼却ボイラ B3 を停止し、廃棄物焼却を外部の廃棄物焼却施設へ移管することで、B3 からの蒸気発生と CO<sub>2</sub> 排出が消失するとした。</p>                                                                                                                                                                                           |
| 蒸気条件                 | <p>同焼却施設からの供給蒸気の温度圧力は、受け入れ工場 (モデル工場X) 側の中圧蒸気の温度圧力と同じとし、供給蒸気量は、10 t/h、20 t/h、50 t/h の 3 パターンを想定した。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| CO <sub>2</sub> 排出係数 | <ul style="list-style-type: none"> <li>各種燃料と系統電力からの買電などの CO<sub>2</sub> 排出係数は、前記 (2)、③) 項 CO<sub>2</sub> 排出量の箇所ですす値を用いた。</li> <li>同焼却施設からの供給蒸気は、CO<sub>2</sub> は含まれないとして、CO<sub>2</sub> 排出係数はゼロとした。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                        |
| ボイラからの蒸気発生量と電力収支の考え方 | <p>モデル工場Xの廃棄物焼却ボイラの運転停止により、同ボイラからの中圧蒸気発生量が 2.3 t/h 減少する。その減少分だけ、モデル工場Xの蒸気ボイラは、蒸気発生量を増加させる必要がある。一方、同焼却施設からの蒸気受入に伴い蒸気タービンの抽気量が減少するため、ボイラは蒸気発生量を減少させる必要がある。このように、廃棄物焼却ボイラの運転停止により、モデル工場Xの蒸気ボイラによる蒸気発生量は、増加と減少の両方が考えられる。</p> <p>蒸気タービンの抽気量が減少する時は、抽気発電量が減少するので、その電力減少分を補うため、復水発電量を増加させる必要がある。すなわち、復水量を増やして現状の電力需要量を維持する必要がある。まずは T1 の復水量を増やして対応するが、その上限を 100 t/h とし、それ以上復水量を増やす場合は 2 の復水量を増やして対応する。なお T1 および T2 については図 2.2-1 等を参照のこと。</p> |
| 比較対象ケースは、最適化ベースケース   | <p>前記 2) 「焼却施設からの蒸気配給による燃料削減効果と CO<sub>2</sub> 削減効果の検討」で示した図 2.2-3 「最適化したベースケース」を、検討の比較対象とした。図 2.2-8 に、最適化ベースケース内での廃棄物焼却ボイラの位置を示す。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

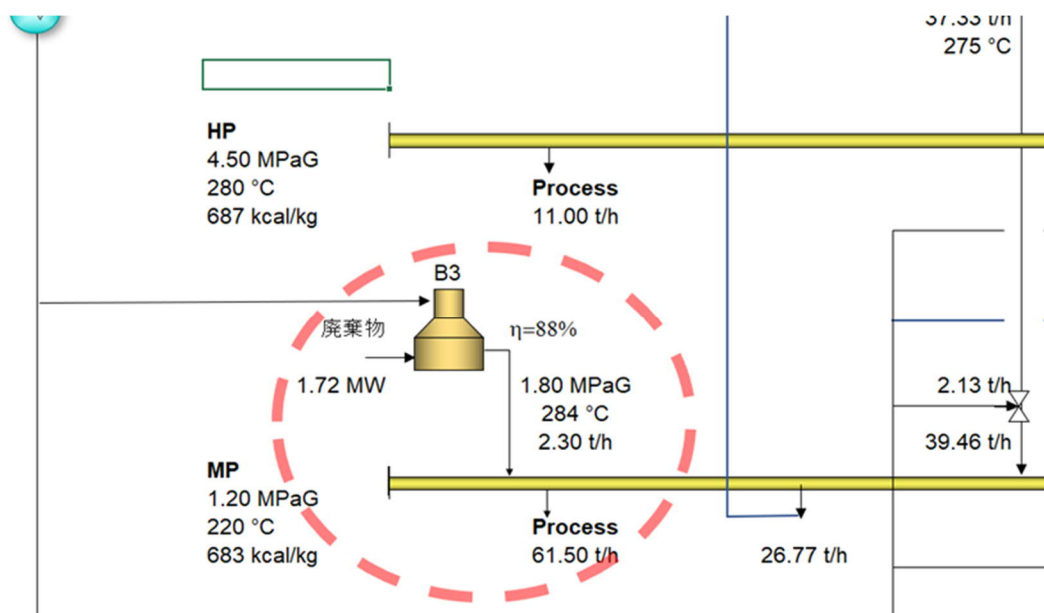


図 2. 2-8 廃棄物焼却ボイラの位置（図 2. 2-3 の最適化したベースケース内で）

## ②検討結果

工場が、焼却施設から中圧蒸気の供給を受ける中で、廃棄物焼却ボイラ B3 を停止し、廃棄物焼却を外部の焼却施設に移管する場合の工場に与える効果（工場側の燃料削減効果と CO<sub>2</sub> 排出削減効果）の検討結果を表 2. 2-11 に示す。図 2. 2-9 に、表 2. 2-11 の結果をグラフで示す。

表 2. 2-11 焼却施設からの蒸気配給及び廃棄物焼却移管による燃料削減効果と CO<sub>2</sub> 排出削減効果

|                                                     | ケース<br>供給蒸気量 | 0 t /h | 10 t /h | 20 t /h | 50 t /h |
|-----------------------------------------------------|--------------|--------|---------|---------|---------|
|                                                     |              |        |         |         |         |
| 工場の燃料削減効果 MW<br>【ボイラ燃料＋買電の燃料換算量】                    | ①最適化ベースケース   | --     | 4. 80   | 9. 59   | 23. 96  |
|                                                     | ②B3 停止       | ▲0. 99 | 3. 80   | 8. 59   | 22. 96  |
| 工場の CO <sub>2</sub> 排出削減効果<br>t -CO <sub>2</sub> /h | ①最適化ベースケース   | --     | 1. 60   | 3. 21   | 8. 01   |
|                                                     | ②B3 停止       | 1. 30  | 2. 90   | 4. 50   | 9. 31   |

注 1) CO<sub>2</sub> 排出係数は次を採用

- ・石炭・・・ 92. 9kg-CO<sub>2</sub>/GJ-LHV 【自動車工業会 2005 年の燃料定数】
- ・C 重油・・・ 73. 5kg-CO<sub>2</sub>/GJ-LHV 【自動車工業会 2005 年の燃料定数】
- ・廃棄物・・・ 263. 7kg-CO<sub>2</sub>/GJ-LHV 【汚泥 60%、廃プラ 15%、廃油 10%、一般廃棄物 15%から計算】
- ・系統電力・・・ 0. 470 t -CO<sub>2</sub>/MWh 【環境省指定】
- ・焼却施設からの供給蒸気・・・ 0. 0 kg-CO<sub>2</sub>/t

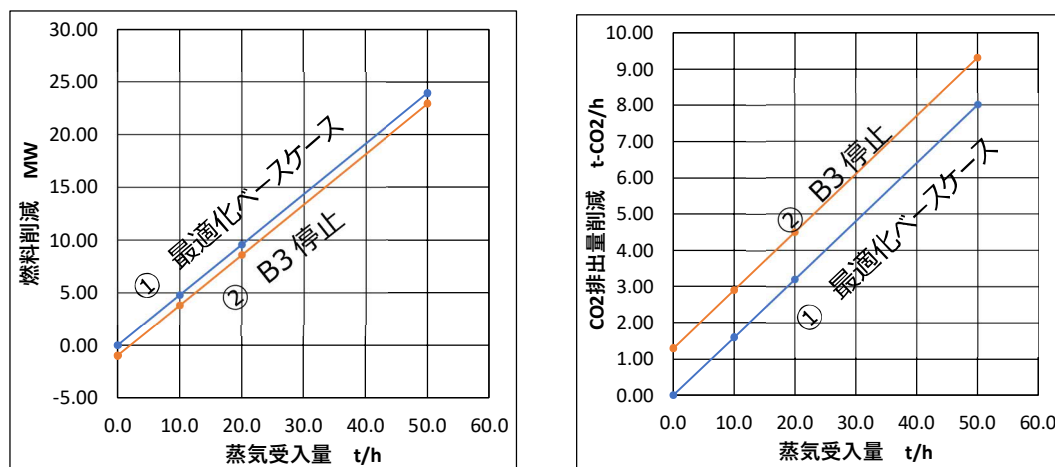


図 2.2-9 焼却施設からの蒸気配給及び廃棄物焼却移管による燃料削減効果と CO<sub>2</sub> 排出削減効果

### ③考察

モデル工場 X が、外部の焼却施設から中圧蒸気の供給を受けることを想定し、廃棄物焼却ボイラ B3 を停止し、廃棄物焼却を同焼却施設に移管することによる工場への影響（工場側の燃料削減効果と CO<sub>2</sub> 排出削減効果）は、次の通りである。

- (1) B3 からの中圧蒸気の発生 (2.3 t/h) が無くなるため、それを賄うため工場のボイラの負荷が 0.99MW 分増加する。しかし、B3 での CO<sub>2</sub> 排出係数が大きい廃棄物焼却が無くなることで、CO<sub>2</sub> 削減効果が 1.30 t-CO<sub>2</sub>/h が得られることが分かった。これらを最適化ベースケース（表 2.2-9 参照）と比較すると、ボイラの負荷は 0.3% 増加、CO<sub>2</sub> 削減効果は 1.2% に相当する。
- (2) 蒸気の受け入れは燃料削減（省エネ）効果や、CO<sub>2</sub> 排出削減効果があり、蒸気の受け入れ量と省エネ効果は比例関係にある。これに廃棄物焼却ボイラ B3 を停止し、廃棄物焼却を焼却施設に移管することが加わっても、この関係は維持される。
- (3) 表 2.2-11 で供給蒸気量が 0 t/h で、B3 停止時に、工場の燃料削減効果が ▲0.99MW となっている。これは、B3 からの中圧蒸気の発生 (2.3 t/h) が無くなるのに伴い、それを補うために、モデル工場 X 内の蒸気ボイラからの蒸気発生量を増加させたため、燃料消費量が増加したからである。一方、その場合でも、工場の CO<sub>2</sub> 排出削減効果は 1.30 t-CO<sub>2</sub>/h である。これは、CO<sub>2</sub> 排出係数の高い廃棄物焼却（ボイラ B3）を停止し、代わりにそれより CO<sub>2</sub> 排出係数が低い化石燃料（石炭）を使用する蒸気ボイラで蒸気を増産させたことによる。なお、最適化ベースケースでは、CO<sub>2</sub> 排出係数の低い C 重油焚きボイラ B2 を上限値で運転しているため、負荷変動できるのは、石炭焚きボイラ B1 であった。
- (4) 廃棄物焼却による発生蒸気量は、工場で化石燃料を用いたボイラによる発生蒸気量に比べて少量だが、廃棄物の CO<sub>2</sub> 排出係数がもともと高いことから、廃棄物の移管の効果はあった。

## 2.2.2 熱需給管理システムの機能検証の支援及び実現可能な熱需給管理システムの概念設計提供

### (1) 熱需給管理システムの機能検証支援

東海クリーンが行う「地域の熱供給受給管理システム実証」において、IAE が同システムの機能検証を支援した。この作業を通して、次項(2)「実現可能な熱需給管理システムの概念設計」における、廃棄物の焼却施設からの蒸気を化学コンビナートの複数工場へ送る場合の概念構築のための知見を得た。

#### 1) プロセスフローの説明

「地域の熱供給受給管理システム実証」において、東海クリーンが近隣工場へ熱を供給するシステムのプロセスフローシートを図 2.2-10 に示す。同シートは、東海クリーン、エックス都市研究所、IAE の三者で協議を行い、東海クリーンが熱供給ボイラで蒸気を製造し、それを3工場(A、B、C)へ分配輸送するシステムを想定して作図したものである。

東海クリーンの熱供給ボイラから、蒸気を工場A、B、Cの熱需要量に応じて、それぞれに送る。必要な蒸気量(熱需要量)の供給方法は、各工場での熱交換器を用いて各工場へ熱を供給するものである。ここで、各工場の特徴として、工場AとCは、必要な熱需要量は安定しており、経時変化量は少ない。工場Bの熱需要量は不定期に変動し、1回の変動は30分ほどで熱需要量が上下する。一方、熱供給側の東海クリーンの熱供給ボイラは、一定運転(一定の発生蒸気量による運転)を目指している。これは東海クリーンでの廃棄物の発生量が一定しているためである。しかし、工場からの熱需要量の変化に応じて、燃料源となる廃棄物の投入量(張り込み量)を増減させると、廃棄物の過不足が発生する。そのような事態に備えるには、廃棄物の貯蔵量に余裕を持たせる必要が生じるが、大きな貯蔵施設が必要になってしまう。熱供給側の東海クリーンと熱需要家の工場A、B、Cをまとめて、地域としてCO<sub>2</sub>削減の実現するためには、熱需要側全体での熱需要量の平滑化を行い、且つ、東海クリーンから供給される蒸気(熱)の利用率を高めることが重要と考える。そのためには、スチームアキュムレータを設置して、工場Bの熱需要量が少ないタイミングにスチームアキュムレータで蓄熱し、熱需要量が多いタイミングでスチームアキュムレータから熱を放出するようなディマンドシフトを行い、熱需要側の熱需要量の平滑化を行うことが必要である。

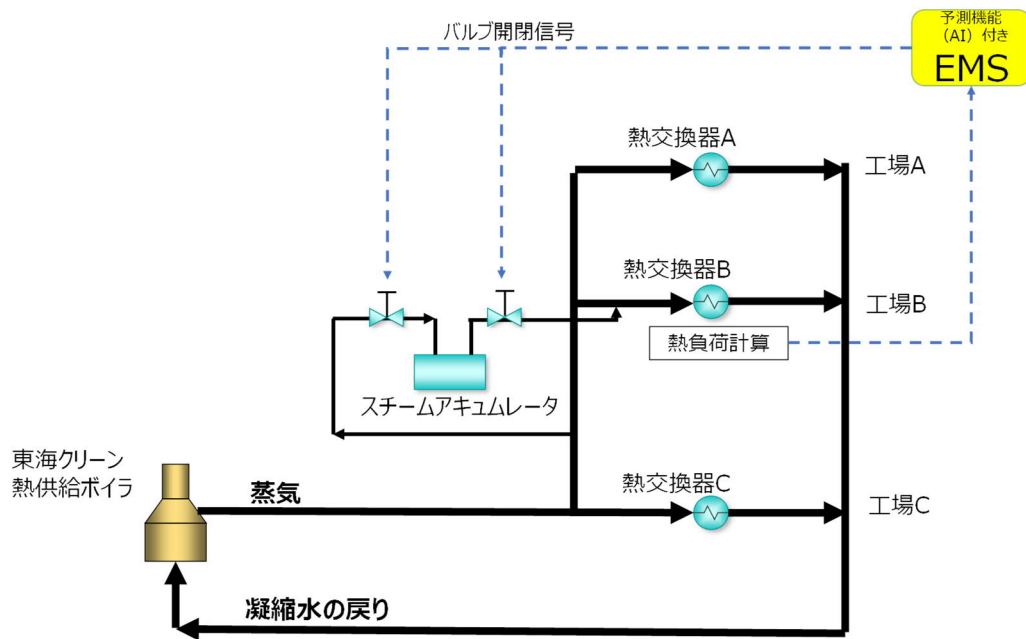


図 2.2-10 東海クリーンから需要家工場への熱供給システムのプロセスフロー

## 2）熱需給管理システム（EMS：Energy Management System）の機能検証支援

熱需給管理システム（EMS）の機能検証支援として、同システムの概念と、その適用要領を検討した。

一定運転する東海クリーンの熱供給ボイラから蒸気を複数工場が受けて、地域全体としてその蒸気（熱）の利用率を高めるために、熱需要側全体での熱需要量の平滑化が望まれる。そこでスチームアキュムレータの設置を提言した。熱需要量が増える工場Bでの変化時間は1変動当たり30分程度であることと、スチームアキュムレータは熱の保持時間が同程度であることから適用可能と判断した。

次に、熱需要側全体での熱需要量の平滑化を行うために、スチームアキュムレータをどのように運転するかが重要であるので、工場Bの熱需要量だけが不定期に振れることから、スチームアキュムレータを熱交換器Bへの熱供給側に設置する（図2.2-10参照）ことにした。しかし、工場Bの熱需要量が不定期に変動することと、その変動時間は1変動当たり30分ほどであるが、変動のピークへの到達時間が短いことから、瞬時にスチームアキュムレータの運転操作をしなければならない。すなわちオペレーターによる手動でこの操作を行うことは難しく、熱需要の平滑化は容易ではないと判断した。したがって、工場Bの熱需要量の変化を予測する機能を持つEMSを装備して、対応することを考えた。図2.2-10に示す通り、予測機能（AI）付きEMSは、工場Bの熱需要量（熱負荷）の変動の動きを常時ウォッチし、熱需要量が増える兆候からスチームアキュムレータの弁を適切なタイミングで開閉操作することで、熱需要量を平滑化するものである。また、予測機能（AI）が、これらの運転データを学習することで運転操作の精度が増し、平滑化の精度がより高まると考える。

## (2) 実現可能な熱需給管理システムの概念設計

### 1) 背景

石油化学コンビナートの化学工場が 2050 年までにカーボンニュートラルを実現するという将来の目標に向けて、まず実施しなくてはならないのは、自社でできることを率先して実施することである。すなわち、省エネルギーの取り組みによる CO<sub>2</sub> の排出削減である。次に、CO<sub>2</sub> 排出係数が大きい石炭や C 重油焚きのボイラを、CO<sub>2</sub> 排出係数が小さい天然ガス焚きに切り替えることである。天然ガスの導入に併せてボイラ・タービンシステムからガスタービンシステムへの切り替えも考えられる。また、CO<sub>2</sub> 排出係数が小さい電力への切り替えでは、太陽光発電など再生可能エネルギーの導入も有効である。これらは、個社で実施可能な取り組みであるが、特にガスタービンシステムの導入は効果が大きいものの、その導入費用が高額になるので実現は容易ではない。またエネルギー源が全て再生可能エネルギーに切り替わるには、再生可能エネルギーが潤沢で安価になる必要があり、2050 年頃には実現の期待が高まるものの、それより近い将来（2030 年頃）に実現することは非常に難しい。

したがって、コンビナート内の化学工場は、まず近い将来（2030 年頃）に向けてどのような対策を講じるべきかを考えることになる。そこで本事業で検討してきた廃棄物焼却施設からの蒸気の受け入れについては、その蒸気の CO<sub>2</sub> 排出係数がゼロであることから大変魅力的である。しかも従来、自社内の施設で焼却していた廃棄物を、外部の廃棄物焼却施設へ移管することも想定しており、廃棄物焼却施設からの蒸気の受け入れは、工場から十分に歓迎される。さらに複数の工場がそれを希望することも考えられる。なお、現状、大規模な化学工場のボイラから発生する蒸気量は、モデル工場 X の検討で示した通り約 400 t/h もの量があり、それを全て廃棄物焼却施設からの蒸気で賄うことは困難である。

したがって、廃棄物焼却施設からの蒸気は工場の必要量の一部を賄うことになる。

### 2) 蒸気配管ループと熱需給管理システム (EMS)

石油化学コンビナートの化学工場が廃棄物焼却施設からの蒸気を受け入れる絵姿を検討した。図 2.2-11 に示すように、複数の工場がその蒸気受け入れを希望するは十分考えられる。ただし、遠距離の蒸気供給は圧力損失の発生と自然放冷による温度降下があるので、これを避けるために、蒸気受け入れを希望する複数の工場の近くに廃棄物焼却施設を立地することが必要だと考えられる。

次に、廃棄物はその質と量が変動するので、廃棄物焼却施設での発生蒸気量も変動しやすい。一方、蒸気を受け入れる工場側は、当然安定した蒸気の供給を望む。この対策は、複数の焼却施設からの蒸気配管をループでつなぎ、システムボリュームを大きくして、変動の平滑化を図ればよい。そして、さらにスチームアキュムレータ設備を設け、同設備の蒸気の入出口の制御弁を適切に運転することで変動の抑制を図ることができる。

一方、蒸気を受け入れ側である工場自身も、その熱需要量（必要な蒸気量）は日々変動する。図 2.2-11 に示すように、複数の焼却施設から蒸気を複数の工場群へ安定して送る

には、それらを一体運用することで変動の平滑化を図れる。この複雑なシステムの中で焼却施設を高効率に運転するために、通常では、工場群からの熱需要量の変動情報を受け取った後に一体運用する焼却施設の運転条件を変更・操作する（スチームアキュムレータの制御弁の開閉をその都度操作する）ことになるが、人間の操作では、複雑な条件をウォッチしながら複数の制御点を同時に操作し、運転の平滑化を実現するのは困難である。したがって、工場群の熱需要量の変化を積極的に予測し、時間（応答）遅れがなく、無駄のない運転を実現する AI による予測機能付きエネルギーマネジメントシステム（EMS）の適用が効果的であると考えられる。

化学工場は、自社内の設備の運転状況を外部に開示することは避ける傾向にあることから、EMS は、化学工場内部の運転データを採取するのではなく、工場群に最も近いスチームアキュムレータの圧力データを収集することになる。廃棄物焼却施設の運転データは開示可能であるので、これらを直接収集する。EMS は、各廃棄物焼却施設で投入する廃棄物の質と量のデータに基づいて、発生蒸気量が安定するように、各廃棄物焼却施設に適切な運転を指示する。

次に、工場の運転変動（熱需要量の変化）に対しては、スチームアキュムレータの過去の運転圧力データに基づいて、AI による予測機能が運転圧力の変動を予測し、スチームアキュムレータの制御弁を適切に操作する指示を出す。AI による予測機能は学習機能を装備するので、運転情報が蓄積するに従い、より運転操作の精度が高まり、蒸気配管ループの平滑運転が可能となる。

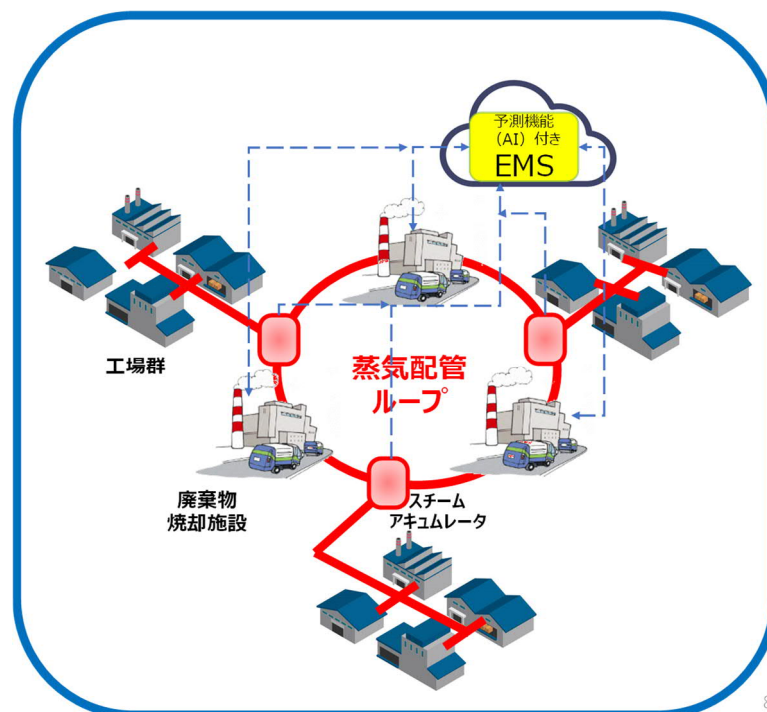


図 2. 2-11 多数の工場群へ複数の廃棄物焼却施設から蒸気供給 - 蒸気配管ループと EMS で運転変動を平滑化

## 第2章別添 Rカーブ解析とは

Rカーブ解析は、本文図 2.2-1 のようなエネルギーシステムフローを対象に、別図 2.2-1 のような線図を作成する。縦軸が統合エネルギー効率、横軸が R 値（熱電比率）である。この図中に 2 本の線がある。上の線（赤線）はガスタービンコンバインドシステムの理想的な限界線（統合エネルギー効率の理論上限）を示している。下の線（黄線）はボイラ・タービンで構成されるシステムの理想的な限界線を示している。

縦・横軸の統合エネルギー効率と R 値の定義を別図 2.2-2 にて説明する。ある工場は熱需要  $Q_{\text{heat}}$  と電力需要  $W$  にて操業しており、コジェネレーションシステムから必要な熱  $Q_{\text{heat}}$  が供給されている。またコジェネレーションから電力  $W$  の供給を受けているが、不足分があり、それは発電所からの買電で補っている。コジェネレーションシステムの運転に必要な燃料量は  $Q_{\text{fuel},1}$  である。当該買電分を発電所が供給するに必要な燃料量は  $Q_{\text{fuel},2}$  である。

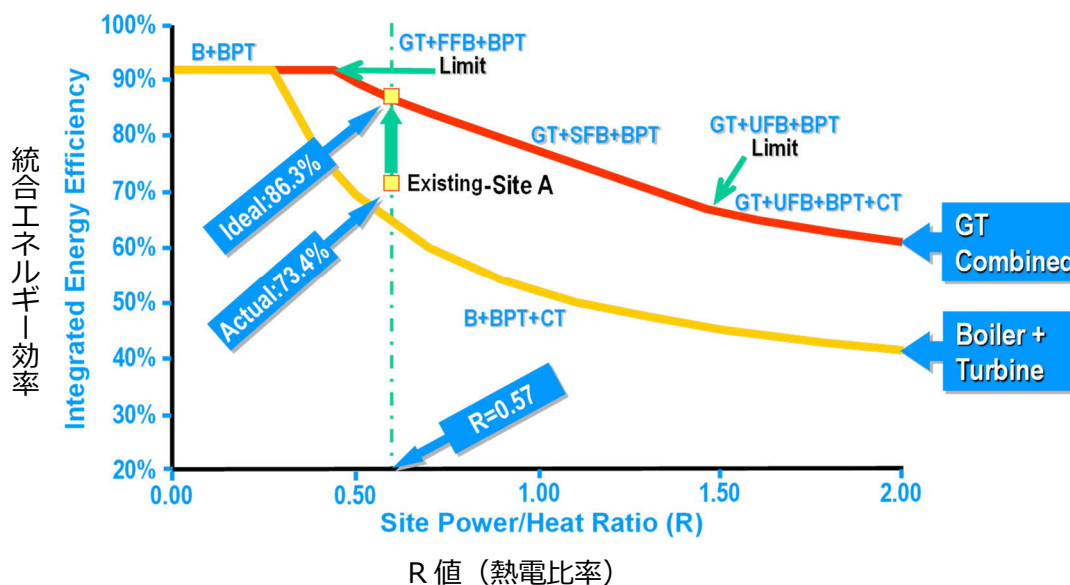
別図 2.2-1 の縦軸の統合エネルギー効率は、工場操業に必要なエネルギー消費量  $W+Q_{\text{heat}}$  をコジェネレーションシステムと発電所が必要とする燃料量の総計  $Q_{\text{fuel}}$ （ $=Q_{\text{fuel},1}+Q_{\text{fuel},2}$ ）で除したものである。次に、横軸の R 値とは、工場のエネルギー需要の熱電比率であり、 $W/Q_{\text{heat}}$  で示す。例えば、ある工場が熱需要のみで、電力需要がない場合は、R 値はゼロになる。概して、製油所や石油化学工場は熱需要が多く、R 値は 0.5～1.0 程度になる。しかし、近年、工場の電力需要は増加しており、R 値も 1.0 を超えるケースが増えている。統合エネルギー効率は、必ず 1.0 より小さくなる。これは、別図 2.2-2 内に示す通り、コジェネレーションシステムや発電所において熱ロス（排ガス熱  $Q_{\text{loss},1}$  や復水発電ロス  $Q_{\text{loss},2}$ ）が存在するからである。

別図 2.2-1 で、ガスタービンコンバインドシステムの理想的な限界線と、ボイラ・タービンで構成されるシステムの理想的な限界線はいずれも右方向へ下がっている。これを説明する。ボイラ・タービンで構成されるシステムの理想的な限界線において、R 値が 0～0.3 程度までは、熱需要が多いので、ボイラ効率 92%程度がそのまま適用できる。電力需要比率が高まる（R 値が増加する）と、ボイラで発生した熱（スチーム）を復水タービンで電力へ変換することが必要になる。復水タービンを使い始めることはいわゆる復水ロス発生と称する効率減少を引き起こすので、図中のカーブが右肩下がりとなる。ガスタービンコンバインドシステムは、化石燃料のもつエネルギーをまず燃焼でパワーに変換できることと、排ガス熱をボイラへ投入する際に残存酸素濃度をギリギリまで利用するフル追い焚きによる排気再燃ボイラ運転を行うので、R 値が 0.5 付近まで統合エネルギー効率を高く維持できる。電力需要が高まる（R 値が大きくなる）とガスタービンコンバインドシステムの排気再燃ボイラは運転負荷を落とす部分負荷運転となるので、統合エネルギー効率は、低下する。さらに電力需要が多くなると排気再燃ボイラの部分負荷運転も停止し、排熱回収ボイラ運転となりさらに効率が下がる。そしてさらに熱需要が下がり、電力需要が高まる（R 値が大きくなる）と、排熱ボイラからの回収スチームを復水タービンで電力へ変換する運転となり、復水ロスを引き起こす。こうして R 値が大きくなるに従い、統合エネルギー効率は低減する

(カーブは右肩下がりとなる)。なお、Rカーブ解析の2本の線の形状は工場のエネルギーシステムの構成(内容)毎に変化する。

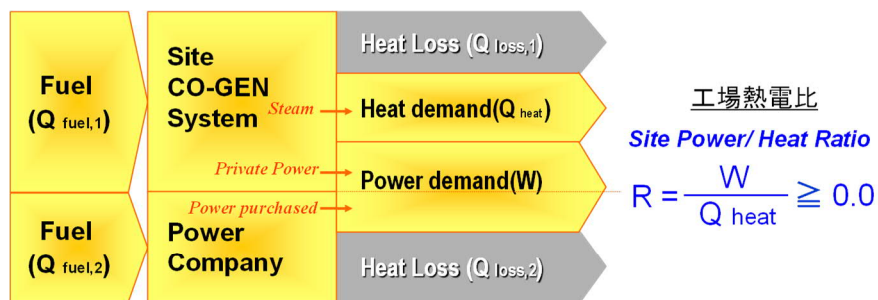
次に、別図2.2-1の使い方を工場での検討結果を用いて説明する。ある工場Site AのR値を計算すると、0.57である。これは電力需要より熱需要が大きい工場であることを示す。

次に、統合エネルギー効率を求めると、73.4%である。この工場はエネルギーシステム内にガスタービンを有しているが、ガスタービンコンバインドシステムの理想的な限界線に比べて、かなり下方に位置しているので、効率改善の余地があることが分かる。その余地の把握をするために、R値0.57で、統合エネルギー効率73.4%を通る一点鎖線を引き、上方へ進むとガスタービンコンバインドシステムの理想的な限界線と交差する点が求まる。その点は工場Aのエネルギーシステムの統合エネルギー効率の理論限界値86.3%である。したがって、この工場は、 $86.3 - 73.4 = 12.9$ ポイントだけ効率改善の理論的余地があることが分かる。但し、理論限界値までエネルギーシステムを改善するにはかなり大型サイズのガスタービンの導入が算定され、それは莫大な投資を招くので、実際には、経済性を考慮して、理論値より低い現実的な数値(統合エネルギー効率)を目標に設定し、導入するガスタービンのサイズを検討することになる。別図2.2-2に統合エネルギー効率とR値の定義を示す。



B : ボイラ、BPT : 背圧タービン、FBT : 排気再燃ボイラ (フル)、SFB : 部分排気再燃ボイラ、UFB : 排熱回収ボイラ、CT : 復水タービン、GT : ガスタービン

別図 2.2-1 Rカーブ解析



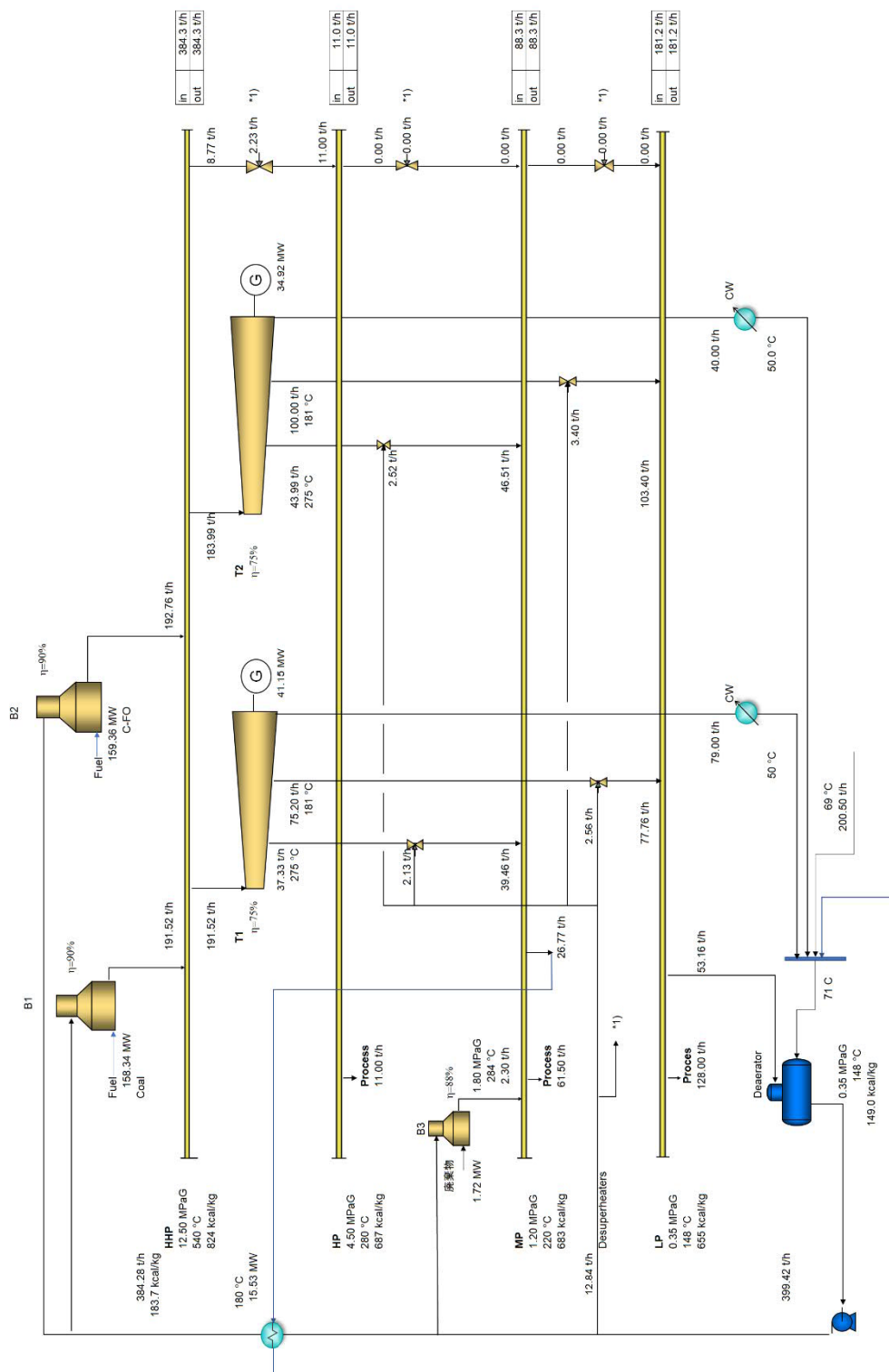
$$Q_{\text{fuel}} = Q_{\text{fuel},1} + Q_{\text{fuel},2} = Q_{\text{heat}} + W + Q_{\text{loss},1} + Q_{\text{loss},2}$$

$$\text{Integrated Energy Efficiency} = \frac{W + Q_{\text{heat}}}{Q_{\text{fuel}}} < 1.0$$

統合エネルギー効率

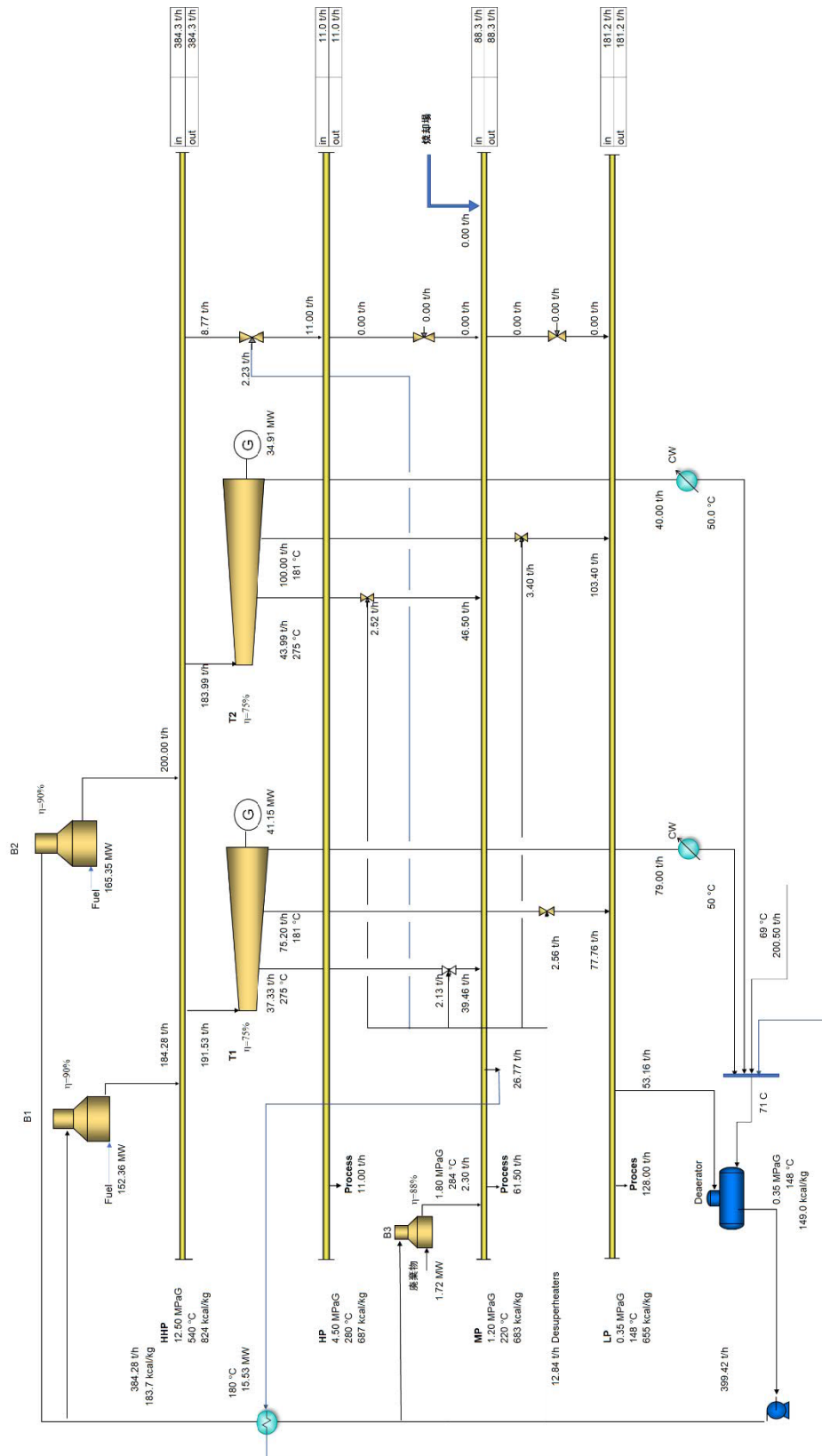
別図 2. 2-2 統合エネルギー効率と R 値の定義

# Model X

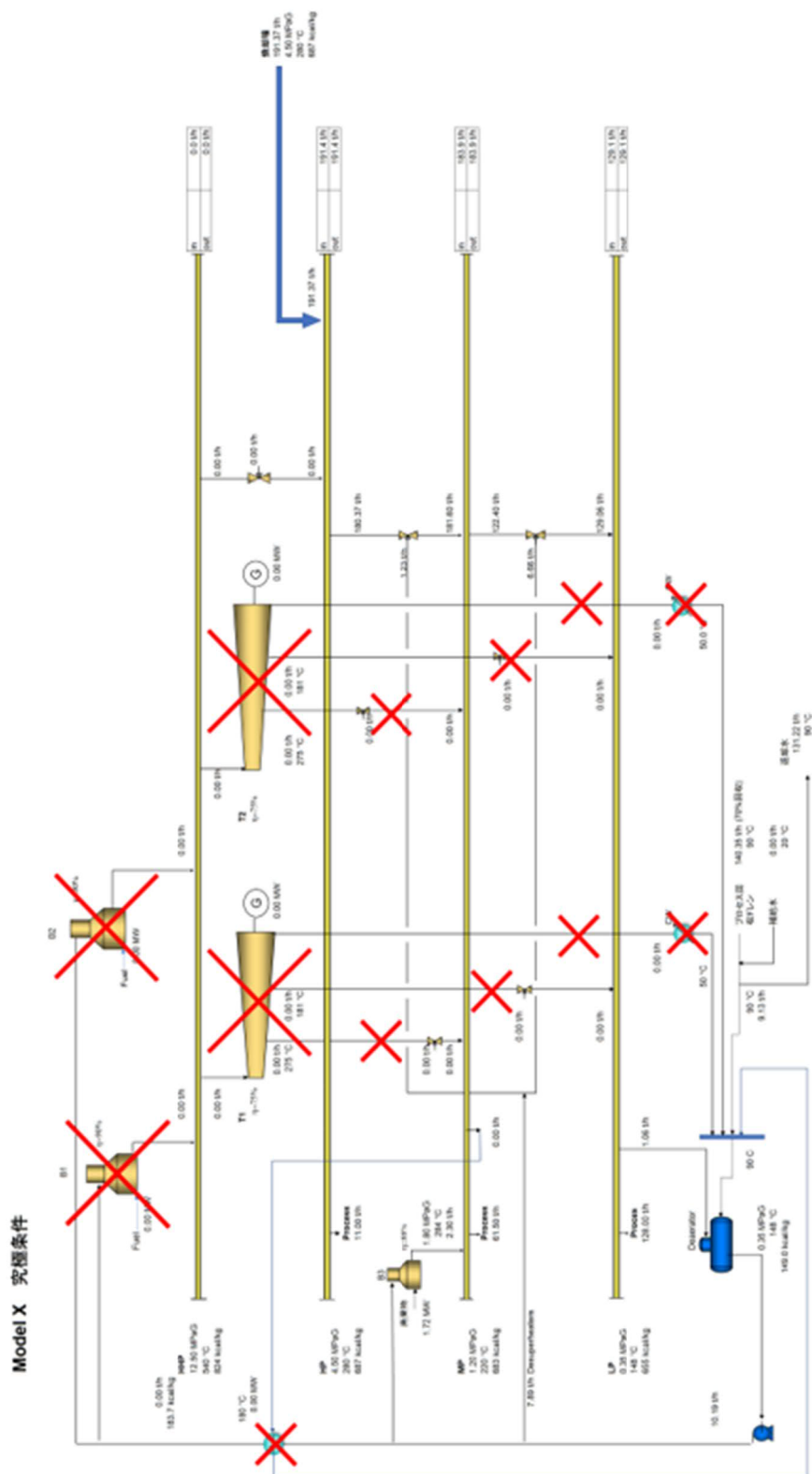


別図 2.2-3 ベースケースのエネルギーシステムフロー (図 2.2-1 の拡大図)

# Model X Optimized

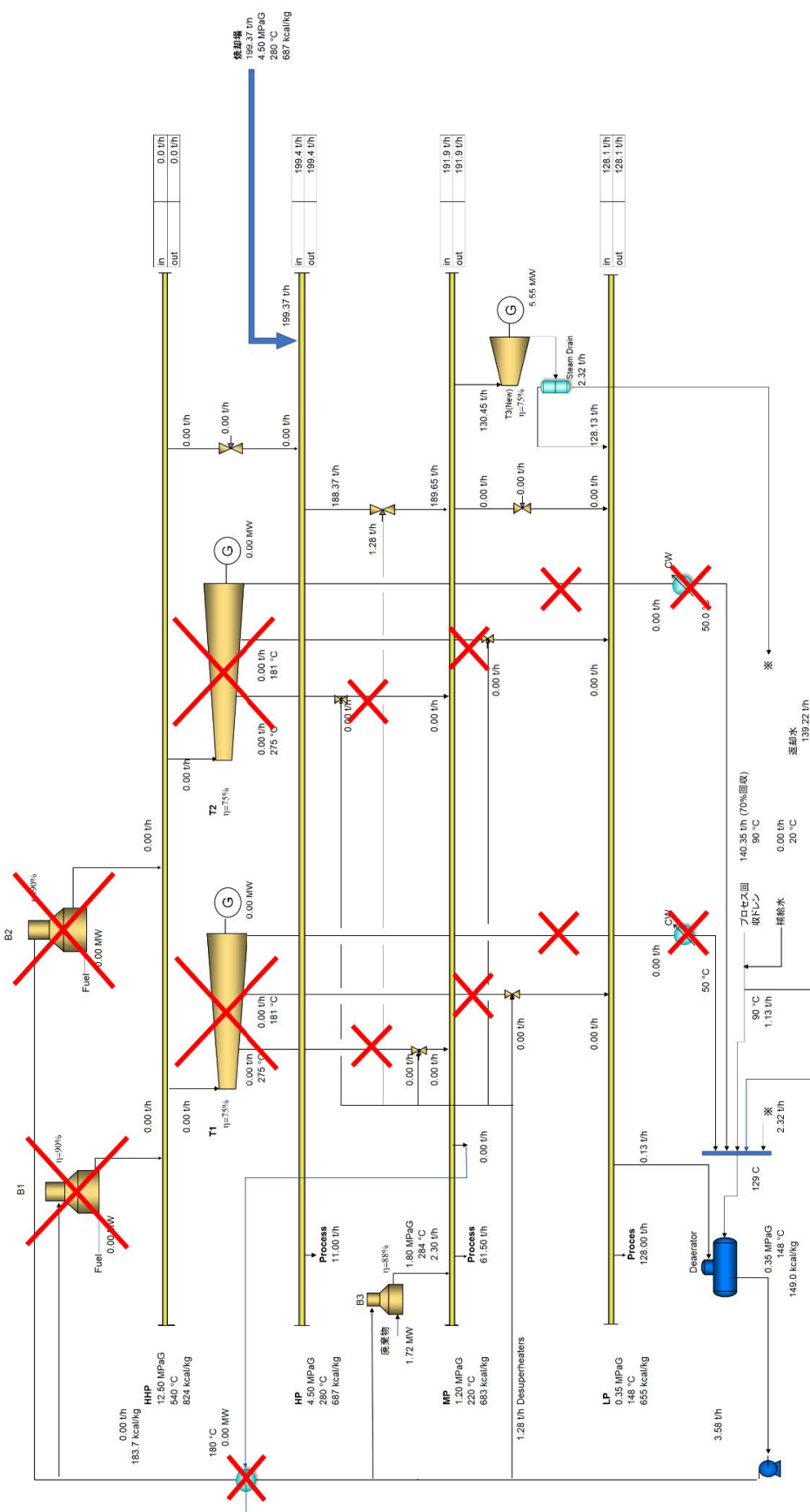


別図 2.2-4 最適化したベースケースのエネルギーシステムフロー (図 2.2-3 の拡大図)



別図 2.2-5 究極ケース 1・・・各蒸気ヘッダー間に減圧弁を設置 (図 2.2-5 の拡大図)

# Model X 究極条件



別図 2.2-6 究極ケース 2・・・電力回収 (図 2.2-6 の拡大図)



### 第3章 地域の熱需給管理システム実証

本業務では、焼却炉からの蒸気の産業利用を平原南部工業団地で実証し、工業団地等での関係者調整、CO<sub>2</sub>削減効果定量把握と費用対効果の検証を行い、他地域への展開に向けた技術的・制度的課題を明らかにするとした。その中で「廃棄物処理施設を核とした地域循環共生圏」の「地域製造業連携型」のモデルとなりうる構想として構築することを踏まえ、令和5年度は、三次元施工と課題の抽出（3.1項）及び3.2項 熱EMSによる検証（3.2項）を実施した。

表 3-1 令和5年度の業務目標及び達成事項

| 項目                  | 内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 採 択 時 の 技 術 的 状 況   | 蒸気産業利用モデルの実証と CO <sub>2</sub> 削減効果定量把握と費用対効果の検証、他地域への展開に向けた技術的・制度的課題が整理されていない。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 本 実 証 の 最 終 目 標     | 一廃・産廃混焼炉である東海クリーンを核とした廃棄物エネルギーの蒸気産業利用モデルの実証と CO <sub>2</sub> 削減効果定量把握と費用対効果の検証、他地域への展開に向けた技術的・制度的課題を明らかにする。「廃棄物処理施設を核とした地域循環共生圏」のモデルとなりうる構想を提示する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| こ れ ま で の 達 成 事 項   | <p><u>令和3年度</u><br/>工業団地に立地する焼却施設として、株式会社東海クリーンを実証フィールドとして選定した。周辺のアスファルトプラント、リサイクル施設、鋳造工場など3社の熱需要家の協力を得て、詳細調査を実施した。実証全体では、需要家調査を行って需要規模を調査するとともに、システム導入した場合の熱の需給予測を行って安定的に蒸気を供給できるようにするための、エネルギーマネジメントシステムを作成することを計画した。</p> <p><u>令和4年度</u><br/>IoT・AIによる熱需給管理システムの構築に向けた要件定義を完了させた。また、近隣の3つの工場の熱需要・電力需要を詳細調査し、実データに基づく熱需要解析を行い、傾向から課題を把握し、必要となる各種計画データを抽出した。また、どの種類の燃料計器からもデータを取得できるように方法の検討を行った。それらを基に、令和5年度のEMSの開発に向けて、システム機能の定義と仕様・設計を行った。<br/>詳細調査で得られた電力・熱需要の結果から、EMSを導入して熱需要を平準化させる場合と、EMSを導入せず計画調整がなされない場合の利用率を比較した。</p> |
| 令 和 5 年 度 の 業 務 目 標 | 立地する平原南部工業団地における焼却炉からの需給事業のイメージを三次元で施工する。熱需給管理システムのCO <sub>2</sub> 削減効果定量把握と費用対効果の検証を行う。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 令 和 5 年 度 の 達 成 事 項 | 立地する平原南部工業団地における焼却炉からの需給事業のイメージを三次元で施工し、課題を抽出するとともに、プロモーション動画を作成した。EMSのコンセプトを明確化し、計画調整、CO <sub>2</sub> 削減量が見える化し、精算機能のあるアプリケーションを完成させた。また、熱需給管理システムのCO <sub>2</sub> 削減効果定量把握と費用対効果の検証を行った。この検証では、単純焼却と、熱回収について熱風利用と蒸気利用の2パターンの合計3パターンを設定した。その結果、蒸気利用は単純焼却に比べて、年間4000トンのCO <sub>2</sub> を削減でき、CO <sub>2</sub> 1トン削減に対し約3.5万円の収益があると試算した。9年弱で投資回収でき、補助金を活用することで事業成立可能であることが分かった。これを基に地域循環共生圏モデルとして、東海クリーンのWaste to Steam計画を作成した。                                                                                                   |

|        |                                                                                                                                                   |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 最終達成事項 | 一廃・産廃混焼炉である東海クリーンを核とした廃棄物エネルギーの蒸気産業利用モデルの実証と CO <sub>2</sub> 削減効果定量把握と費用対効果の検証、他地域への展開に向けた技術的・制度的課題を明らかにした。「廃棄物処理施設を核とした地域循環共生圏」のモデルとなりうる構想を提示した。 |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 3.1 三次元施工と課題の抽出

#### (1) 三次元施工

実証の範囲である平原南部工業団地を、東海クリーンを中心とし蒸気供給先の各社も含めた範囲を 3D 化し、プラントや需給配管含めてモデリングした 3D マップを作成した。またコンテンツ上で任意に動かして閲覧したり、クリックアクションで詳細内容（アニメーション表示）を閲覧したりできる PC コンテンツを作成して実証事業の精査検証を行うとともに、コンテンツ素材を活用した事業広報映像を作成した。

##### 1) コンテンツの概要

3D 化する制作物は、実証エリアである工業団地内の平面展開と、主要機器であるボイラ、熱需給配管等とし、さらに詳細に紹介する項目についても演出や操作の手法について検討し、制作した。また、制作物に応じて、図面などの基礎資料を作成した。

モデリングした 3D マップ等はマウス操作によって任意の方向への移動、ズームイン・ズームアウトが可能なコンテンツとした。3D マップ上にはホットポイント（コンテンツ内で特に紹介する構造物が配置されている箇所）を設け、各所をクリックすると自動でズームされ、詳細な情報が閲覧できる仕様にした。図 3.1-1 にコンテンツの操作イメージを示す。

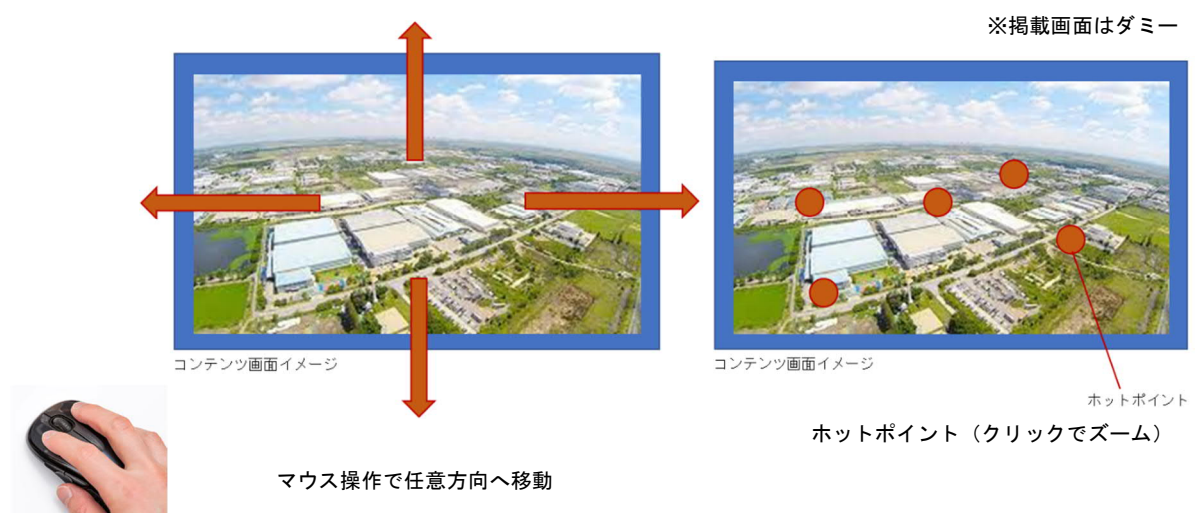


図 3.1-1 コンテンツの操作イメージ

## 2) コンテンツ制作の経緯

### ①企画立案開発ソフトウェア決定

令和4年5月に関係者打合せを行い、制作するコンテンツの検討を進めた。まず、実証を想定した東海クリーン施設及び蒸気供給先は現存するため、3D 化制作にあたってはリアリティが求められると判断し、実際撮影されている当該工業団地衛生写真画像と国土地理院が保有する地形標高データを活用し精緻な 3D マップを構築する必要があること、また、3D データを任意に動かすためのプラットフォームとして Unity (ゲームコンテンツ制作現場における代表的な開発ソフトウェア) を活用することを決定した。図 3.1-2 に 3D モデル化開発画面を示す。

### ②現地取材・打ち合わせ

令和4年5月に東海村(現地)に赴き、東海クリーン施設及び各蒸気供給先工場などの外観撮影を行った。この写真素材を制作する 3D オブジェクトに貼り合わせてリアリティある造形を作成した。また、制作するボイラ機器や埋設蒸気配管などの配置図面等を現地で参照しながら打合せを行い、制作物とその仕様を決定した。

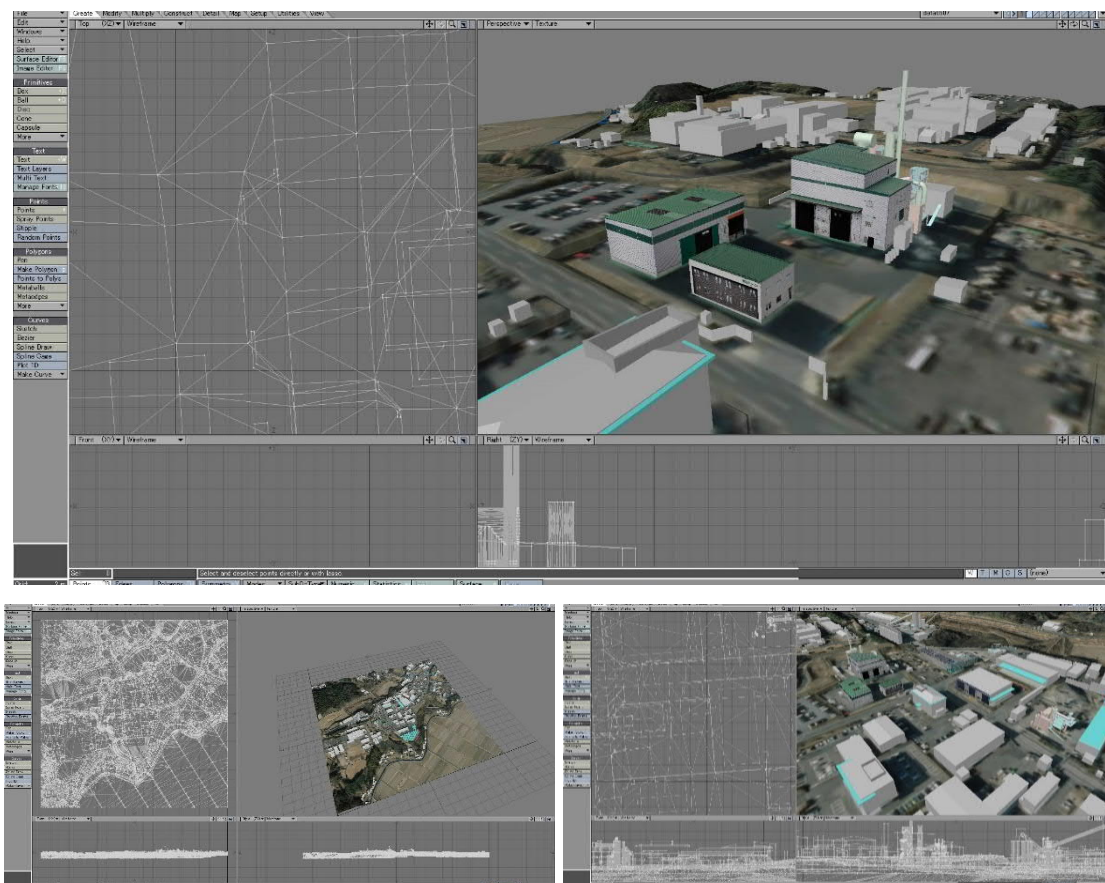


図 3.1-2 3D モデル化開発画面

### ③アルファ版コンテンツデータアップ

令和4年6月に第一弾となるアルファ版コンテンツを制作した。図 3.1-3 にアルファ版 3D モデル化開発画面を示す。平原南部工業団地及び東海クリーン施設とボイラ、埋設配管等を 3D マップ上に落とし込み、実際の団地や施設等の整合性の確認、配管敷設ルートの確認等を行った。細かい部分の修正を施した上で、6月28日環境省打合せ時に説明した。



図 3.1-3 アルファ版 3D モデル化開発画面

### 3) 課題の抽出

施工物を通して、施工、システム上の問題点を整理し、課題を抽出した。まず、アルファ版コンテンツを上映した上での各種改良点をフィードバックして再調整を図った。操作性においては、キーボードでの視点移動、またはゲームコントローラーによる操作を当初は計画していたが、P C上で簡易に操作が完結できるよう、マウス操作を主体とした操作方法に変更した。次に、蒸気供給先である各工場の取り上げ方として、供給元のボイラの情報を合わせて蒸気供給量のデータを同時に見せるよう修正を施した。図 3.1-4 にボイラと鑄造工場のスペック表示を示す。

#### ・ボイラ

| MPa | °C  | t/h | 蒸気量あたりの<br>熱量(MJ) | 所要時間<br>(h) | Co2削減量<br>tCO2/d |
|-----|-----|-----|-------------------|-------------|------------------|
| 3.3 | 240 | 6.8 | 19,170            | 24          | 43               |

#### ・鑄造工場

|                               | t/h | 蒸気量あたりの<br>熱量(MJ) | 所要時間<br>(h) | Co2削減量<br>tCO2/d | 調整温度 |
|-------------------------------|-----|-------------------|-------------|------------------|------|
| ・スクラップ予熱 (1500°Cのうちの220°Cを加熱) | 0.5 | 1,269             | 16          | 2                | 220  |
| ・型枠の焼締め (220°CMAX)            | 1.0 | 2,884             | 16          | 4                | 220  |
| ・塗装乾燥 (60°CMAX)               | 0.2 | 564               | 2           | 0                | 60   |
| ・割れ補修加熱 (600°Cのうちの220°Cを加熱)   | 1.0 | 2,819             | 4           | 1                | 220  |

図 3.1-4 ボイラと鑄造工場のスペック表示

## （２）映像作品の制作

３次元施工でのコンテンツ制作を経て出来上がった各種 CG を、素材として活用することを前提に、広報的映像作品の制作を行った。CG アニメーションやドローン空撮映像を駆使し、蒸気配管のイメージや蒸気供給システムの展開等を説明する啓発ツールとして活用が可能な５～６分程度の作品を制作した。これにより、ほしいも残渣を含め事業者誘致の際に活用できるようになった。また産業団地への誘致を普遍的に示す際の材料としても活用できるようになった。図 3.1-5 に映像作品イメージを示す。本作品は、手引きを作成する際の付録としても活用する。

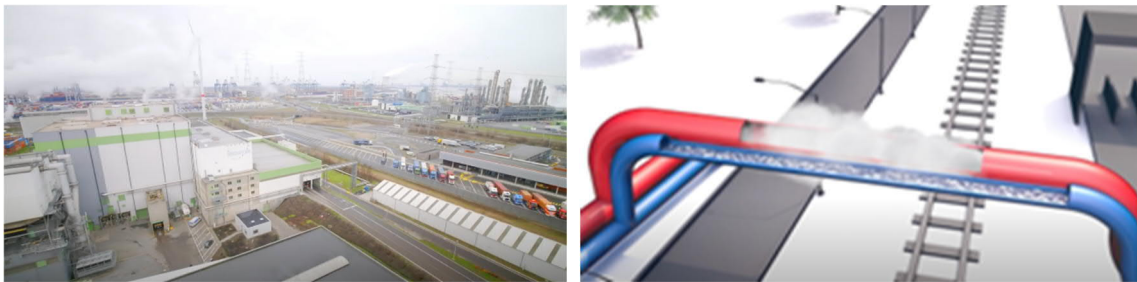


図 3.1-5 映像作品イメージ

### １）企画立案と制作

令和４年１１月に関係者と打合せを行い、映像作品のシナリオ作成に着手した。映像での趣旨の説明範囲などの検討を踏まえて、３次元施工で着手した東海クリーン実証事業を中心とした内容に決定した。

### ２）編集作業

上記シナリオに即して編集作業に着手した。

当初蒸気供給事業について「グリーンスチームソリューション」と仮定していたが、シナリオ精査の段階で「ウェイスト・トゥ・スチーム」とする方が適切という検討の結果、作品タイトル及び事業の名称を決定した。

シナリオ精査に伴い、映像上映時間はテンポ良く４分程度に収めるようい編集を進めた。図 3.1-6 にプロモーション動画のカット画像を示す。

(映像シナリオ)

私達の暮らす社会。

世界の平均気温は、工業化以前と比べて既に1度以上上昇していると言われています。この状況が続けば更なる気温上昇が予測され、それに伴う気象災害が頻発すると予測されているのです。これは、単なる気候変動ではなく、私たちの生存基盤を揺るがす危機的な状況に繋がることを意味します。

温室効果ガスの排出を全体的にゼロにする、カーボンニュートラル。

この取り組みに向けては、革新的な技術の開発と実装とともに、現時点の技術を最大限に活用する取り組みも必要不可欠です。そこで私たちは、廃棄物処理に着目しました。廃棄物の焼却時に発生する熱、その熱を利用して生成される蒸気に着目したのです。この蒸気の有効活用が、カーボンニュートラル社会の実現に向けた取り組みの一助となるかもしれません。

私たちの日々の社会生活から必ず排出される廃棄物。この廃棄物は主に焼却処理され、その際発生する熱エネルギーを蒸気に変えて熱供給、あるいは発電に利用されていますが、その発電効率がたった20%ほどだということを、みなさん知っていますか？しかし、この高温の蒸気を蒸気のまま熱源を求める供給先で条件を合わせて活用すれば、供給先での化石燃料の大量消費を効果的に抑制することができる。つまり産業の脱炭素と静脈での蒸気ビジネスが創出できるのです。この実証に取り組んでいるのが、茨城県にある東海クリーンです。

ここでは、焼却時に発生する熱、蒸気をそのまま供給先に供給する実証が今進められようとしています。近隣の供給先、つまり需要家はそれぞれアスファルト工場や鋳物工場など、製品製造時に熱エネルギーを必要としています。東海クリーンは、エネルギーの供給元として、まず廃棄物を焼却処理し、ボイラで排ガスの熱から蒸気を生成します。

その蒸気をそのまま地中に埋設された配管から近隣の需要家へ供給するのです。蒸気を受け取った各需要家は熱交換器を介して、蒸気を製造に活用。熱源を取り出された蒸気は還元水となって再び東海クリーンに戻され、再び蒸気となって活用される仕組みです。

東海クリーンで各需要家が求めるエネルギーの製造、分配を効率的に管理することで需要家が個別にエネルギーとして化石燃料消費を結果的に抑えることになります。これがスチームを使った事業誘致、ウェイスト・トゥ・スチーム事業なのです。こうした取り組みを進めることで資材の熱処理で資材の供給ビジネスが展開でき、新たな事業誘致が可能となり、結果的に高効率なエネルギーの回収とカーボンリサイクルの実現に繋がっていきます。

ウェイスト・トゥ・スチーム。

持続可能な社会や環境を目指すため、実現と普及を加速させていきます。

END



図 3.1-6 プロモーション動画のカット画像

### 3.2 熱 EMS による検証

需要予測と供給計画を用いた需給制御を目的とした「熱需給管理システム（熱 EMS）」について、蒸気量として想定した需要データを基に、CO<sub>2</sub> 削減効果定量把握と費用対効果等を検証した。検証にあたっては、熱需給管理システム（別添 3.5）を用いることとした。

そのシステム概念図を図 3.2-1 に示す。また、前述の第 2 章「（2）需給管理システムの機能検証支援とより実現可能な需給管理システムの概念設計提供」での検証結果を踏まえ、供給側で設定した供給目標値に対する効果検証を行った。熱需給管理システム全体処理概略を図 3.2-1 に示す。

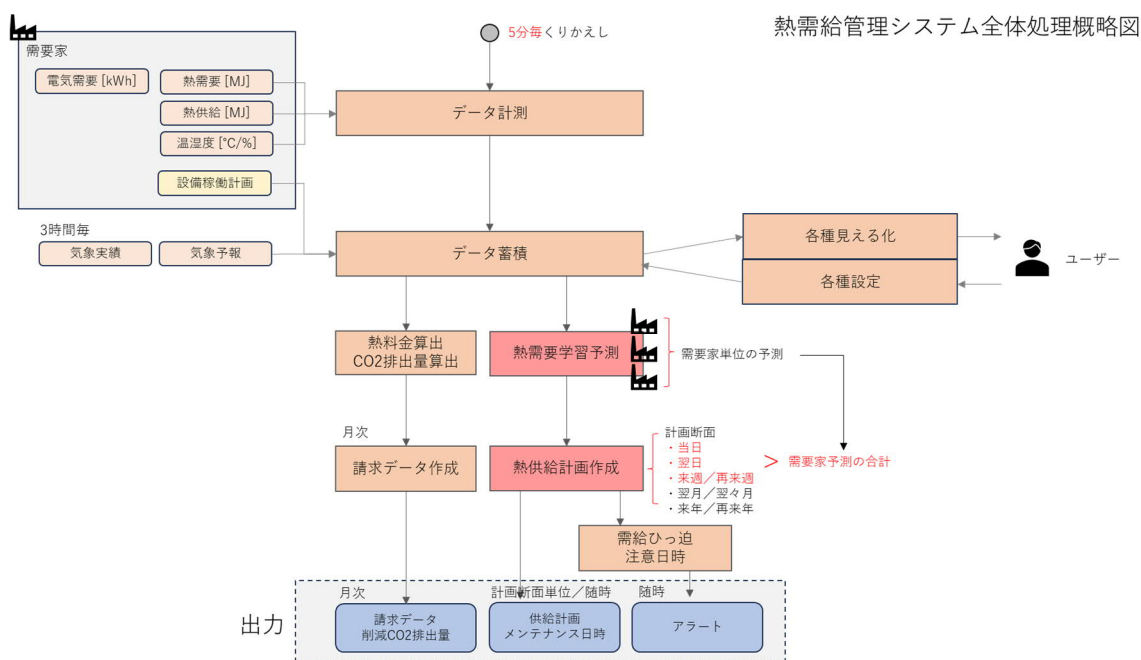


図 3.2-1 熱需給管理システム全体処理概略

### (1) 熱需給データの作成

検証に必要な需給データを、以下の要領で作成した。熱供給量は、東海クリーン熱供給システムの供給能力を 6.8 t/h として、24 時間稼働可能とした。

#### 1) 供給データ

東海クリーン熱供給能力: 6.8 t/h × 24 時間供給 (以下、t 単位は蒸気量を指す)。

検証に利用する需要については、現時点ですべて実測データが存在しないものであるため、運用実態から推測される必要量と時間帯に基づき、手作業で需要量データを作成した。

#### 2) 需要データ (作成データ)

- ・ほしいも残渣飼料化施設: 2.5 t/h × 24 時間需要
- ・砂乾燥工場 (アスファルト工場からの切り出し事業): 3.0 t/h × 24 時間需要
- ・鑄造工場
- ・スクラップ余熱: 0.5 t/h × 営業時間帯需要 (約 16 時間)
- ・型枠の焼締め: 1.0 t/h × 営業時間帯需要 (約 16 時間)
- ・塗装乾燥: 0.1 t/h × 1 時間需要 2 回 ※不定期タイミング
- ・割れ補修加熱: 0.5 t/h × 1 時間需要 2 回 ※不定期タイミング

これらのデータは後述の熱 EMS で扱うため、時間粒度 5 分データとして 13 ヶ月分作成することとし、需要家ごとに営業日、休業日の 2 つのパターンで作成した。休業日は週末 (土日)、祝日、特別休暇 (年末年始、夏季休暇) が対象となるが、需要家によって、どの日が休業日に該当するかは異なるため、ヒアリング結果に基づき設定した。また、本シミュレーションではアキュムレーター導入による蓄熱利用を考慮した。

#### 3) アキュムレーター能力

- ・蓄熱容量: 0.6 t

### (2) 最適運用のシミュレーション

前項で作成した需要データと需要条件、蓄熱容量をもとに、以下の 3 つのパターンで熱効率が最大となる運用のシミュレーションを行った。

#### 1) アキュムレーターなしの場合 (EMS なし): 熱利用率 85.8%

需要を満たす供給を行うと、需要ピーク以外の時間帯には常に未利用熱が発生することとなり、夜間に約 1.9 t/h、日中の営業行時間帯でも約 0.5 t/h の未利用熱が生じることとなる。(図 3.2-2)

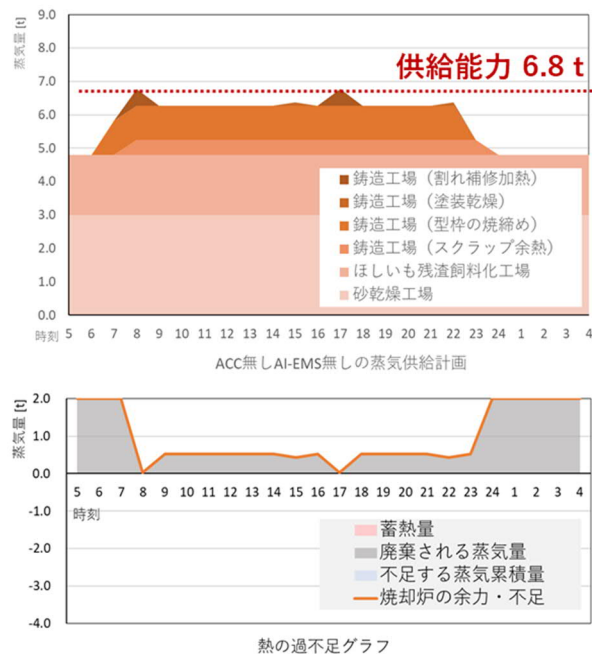


図 3.2-2 熱需給・過不足グラフ（アキュムレーターなし(EMS なし)の場合）

## 2) アキュムレーターあり/EMS による計画調整なしの場合：熱利用率 93.8%

蓄熱による負荷平準化を行うことで、日中の未利用熱を減少させることが可能となるが、夜間の熱余剰は依然として残る。また、日中の突発的な需要の発生タイミングの不確実性が残るため、熱量不足のリスクに備えベース需要量を低く設定する必要がある。（図 3.2-3）

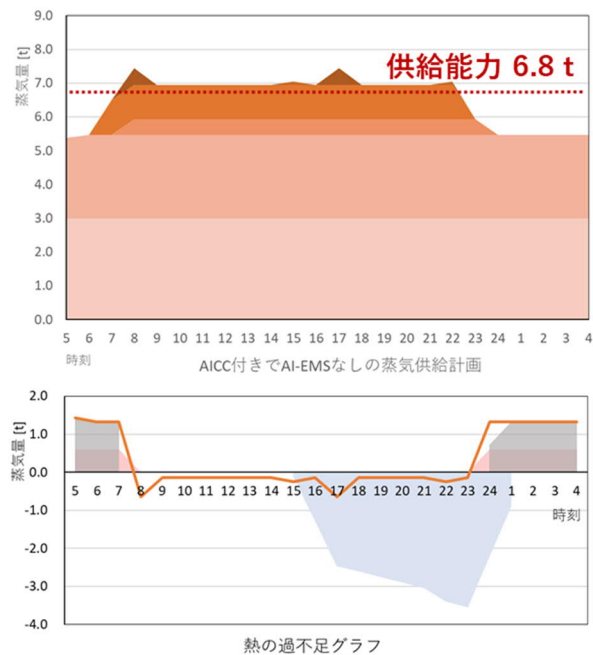


図 3.2-3 熱需給・過不足グラフ（アキュムレーターあり/EMS による計画調整なしの場合）

### 3) アキュムレーターあり/EMS による需要計画調整ありの場合：熱利用効率：100%

熱需要を予測することで、日中の余剰・不足熱量を発生させないアキュムレーターの運用が可能となる。また、スクラップ余熱と割れ補修加熱の熱利用時間を的確に考慮して、ほしいも残渣飼料化の熱需要を上昇させることで、夜間の廃棄もなくことができ、理論上では効率を 100% に近づけることが可能となる。(図 3.2-4)

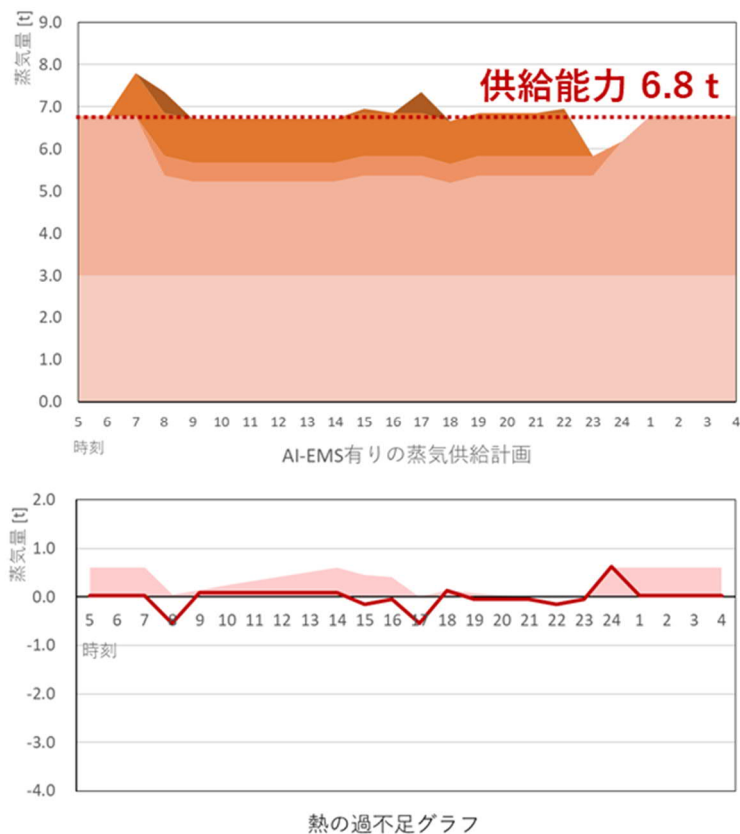


図 3.2-4 熱需給・過不足グラフ（アキュムレーターあり/EMS による計画調整ありの場合）

### (3) 熱 EMS の実装

前年度に実施した設計に基づき、EMS（エネルギーマネジメントシステム）の実装を行った。このシステムは、Web アプリケーションとして開発され、一般的な Web ブラウザから利用可能である。東海村に設置した計測器からデータを自動受信する機能を備えているが、今回のシミュレーションではこれらのデータは使用しなかった（アスファルト工場の重油量と消費電力量は実際に計測しているものの、蒸気利用の代替としては対象外であるため）。したがって、需要データに関しては、前述の作成されたデータを用いて効果検証を行った。

本システムの主要な機能は、未来の需要予測量と供給計画量を時系列データで比較し、供給が需要を超過する可能性のある時間帯や、供給と需要の大きな乖離により熱の余剰が発生する時間を検知することである。需給曲線はグラフによって可視化され、目視で把握が可

能である。特に緊急性を要する場合は、メールによる利用者への通知も行うことができる。この通知の送信先メールアドレスは、供給者と需要家それぞれが個別に設定可能である。需給超過のタイミングは、アキュムレーター制御のタイミングとなるため、将来的にはこれらが連動することを想定している。

この機能を支える需要予測は、投入された需要データと気象予報データを基に機械学習を用いて行われる。供給計画に関しては、事前に準備したデータをシステムに投入するが、現実の運用を考慮すると計画の変更は適時に実施されることが多い。このため、様々な計画断面（当日、翌日、週間、月間、年間）における計画値の変更がシステム上で可能である。

さらに、本システムは実際の運用時に必要になると想定される機能も備えている。これには、毎月の蒸気利用量を集計する機能、料金計算やCO<sub>2</sub>排出量の削減量を自動的に算出する機能、そして需給契約に必要な単価や最大需要量、検針日などの各種設定機能が含まれる。

#### （４）熱 EMS による運用シミュレーションの実現性の検証

作成した熱需給データをシステムに投入し、セクション（２）で述べた最適運用シミュレーションが実際に可能であることを検証した。需給データの時系列グラフ画面の確認やメール通知機能が想定通りに動作することが確認できたため、シミュレーションの実現可能性は高いと判断できた。

なお、今回のシミュレーションでは、実際のアキュムレーター制御や、ほしいも残渣飼料施設の生産量（熱需要量）の調整の試験には至っていないため、実際の設備と連動する際には、各種データや制御信号の伝達に生じるディレイ（時間遅れ）を考慮する必要があると考えられる。

### 3.3 プロセスのリデザイン

熱需要先の工場には、蒸気利用の熱交換機は設置されていない。視察と文献調査を通じて、現工程から蒸気利用する工程への変更について検討した。

#### 3.3.1 アスファルトプラント（AP）のリデザイン

##### （１）アスファルトプラントの蒸気利用可能性の確認

既往の知見では、アスファルトプラントで蒸気利用している実装事例は見つからなかった。しかし、産業廃棄物、または一般廃棄物焼却処理施設へのアスファルトプラントへの熱利用の有効性を提案する技術レポートが見つかった（AP 砂乾燥事業検討協力：日工株式会社技術本部 蓬萊秀人様 参考資料：NIKKO TECHNICAL REPORT2022, No.3）。

そのため、筆者である日工株式会社蓬萊理事への専門家ヒアリングを行った。ヒアリングと結果の概要を以下に示す。

日時：令和5年8月10日（金）10時～12時

場所：日工株式会社 テクノセンター2階

（〒674-8585 兵庫県明石市大久保町江井島1013-1）

参加：日工株式会社 理事／技術本部 蓬萊 秀人（ほうらい ひでと）様  
株式会社エックス都市研究所 主任研究員 土井麻記子

結果：1) 焼却炉から得た蒸気をアスファルトプラントの脱炭素に活用できる。

2) バージン骨材の含水率が10%程度あり、その乾燥のための燃料を削減することが有用。（図3.3-1）

3) 骨材の砂を乾燥させる工程を焼却炉に併設し、アスファルトプラントへ供給することで、脱炭素型の新たなビジネスモデルを創出できる。

4) 骨材用の砂乾燥事業は、採石場、ボイラ付き焼却施設、アスファルトプラントの立地をマッチングすれば、この脱炭素策は全国展開可能な仕組みとなる。砂乾燥事業の連携システムを図3.3-2に示す。

5) アスファルトプラントの脱炭素に資する、焼却炉の蒸気ビジネスのための仕組み変更であるため、採石場、輸送会社、アスファルトプラントそれぞれにメリットのある価格設定をする必要がある。

6) ファクトとして、以下の情報を得た。

- ・1トンのアスファルト製造に10Lの重油を使用し、そのうち乾燥工程に5L重油を使用している。
- ・砕砂は15%程度含水し、乾燥砂では5%まで落とす。1%の水分を蒸発させるのに1Lの重油を要する。

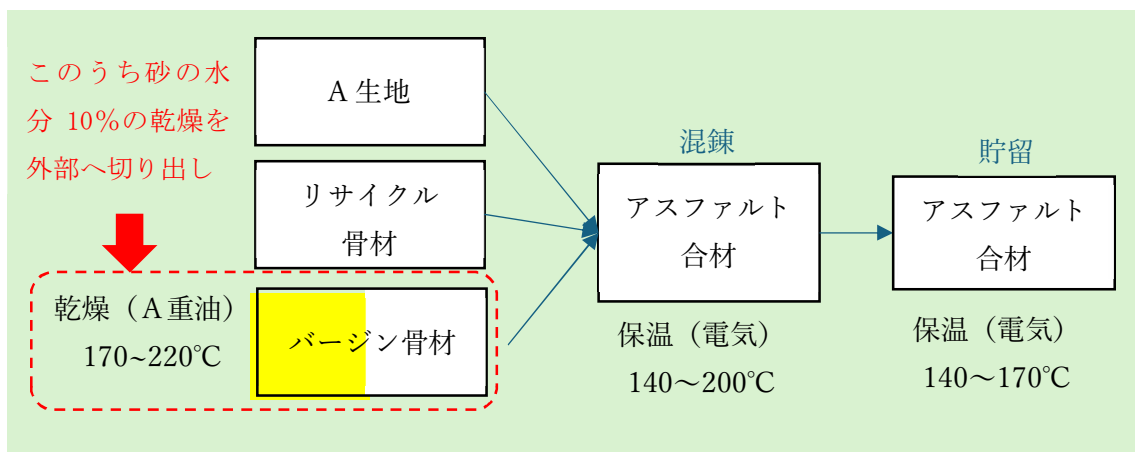


図 3. 3-1 アスファルトプラントの工程と燃料削減可能ポイント

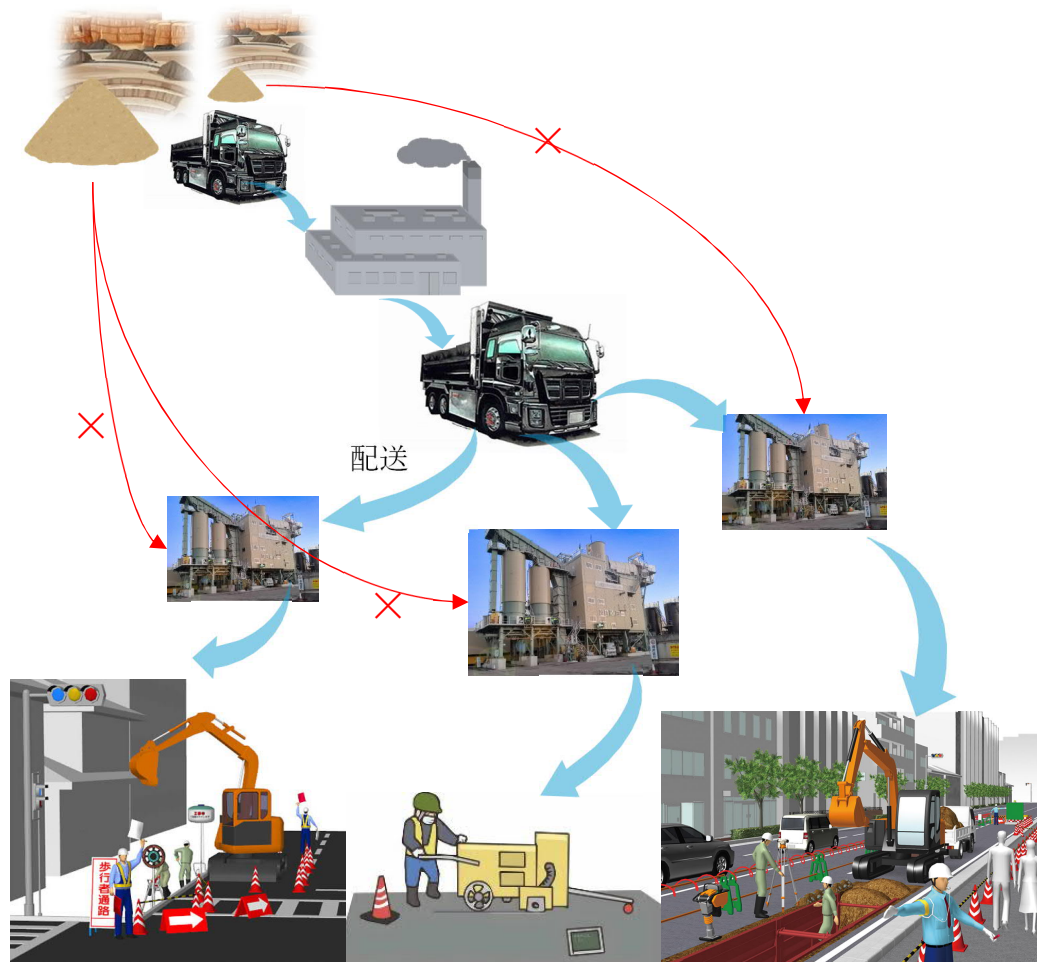


図 3. 3-2 砂乾燥事業の関係者連携システム

## （２）東海クリーンでの実現可能性の確認

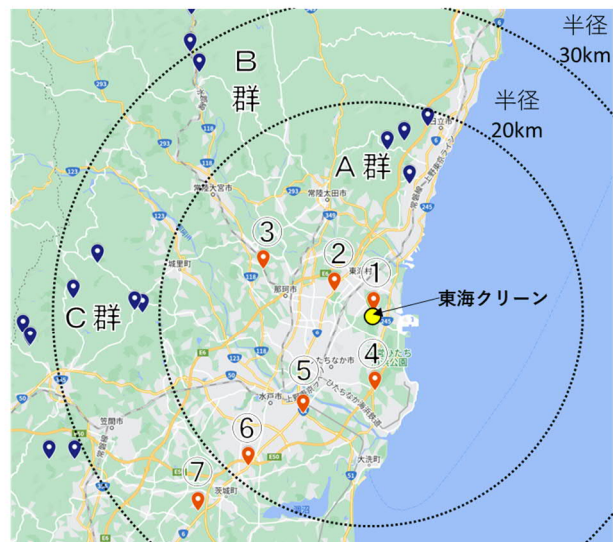
東海クリーンからアスファルトプラントへの乾燥砂供給マッチングの確認結果を図 3.3-3 に示す。東海クリーンの隣接地で砂乾燥事業を行った場合、輸送距離が 1 時間以内の範囲で砂を調達する採石場が 3 群存在した。輸送距離 30 分以内にアクセスできるアスファルトプラントが 7 件存在した。仮に事業者間で連携できれば、事業化は可能と考えられた。

### アスファルト骨材乾燥事業（計画案）

- ・ 20t/h 処理を 24 時間稼働、蒸気 3.4 t / h 供給の想定
- ・ 砂乾燥設備 1 基設置で概算 1.4 億円
- ・ 砂販売コストは輸送費込みで 2 千～3 千円 / t
- ・ 付加価値：燃料価格 燃料 100 円 / L × 10 L = 1,000 円 / t  
輸送効率 10% 向上
- ・ 運転コスト削減で、年間 1 千万円の増益

表 東海クリーンを起点とした  
採石場と AP との道のりと所要時間

| 出発地     | 到着地    | 道のり(km) | 所要時間(車) |
|---------|--------|---------|---------|
| 採石場 A 群 | 東海クリーン | 16.8    | 27 分    |
| 採石場 B 群 |        | 35.0    | 53 分    |
| 採石場 C 群 |        | 26.9    | 41 分    |
| 東海クリーン  | AP①    | 0.15    | 1 分     |
|         | AP②    | 5.3     | 11 分    |
|         | AP③    | 14.1    | 24 分    |
|         | AP④    | 9.4     | 15 分    |
|         | AP⑤    | 16.2    | 32 分    |
|         | AP⑥    | 26.2    | 25 分    |
|         | AP⑦    | 37.3    | 36 分    |



アスファルトプラント ①～⑦ 砕石場 A 群、B 群、C 群

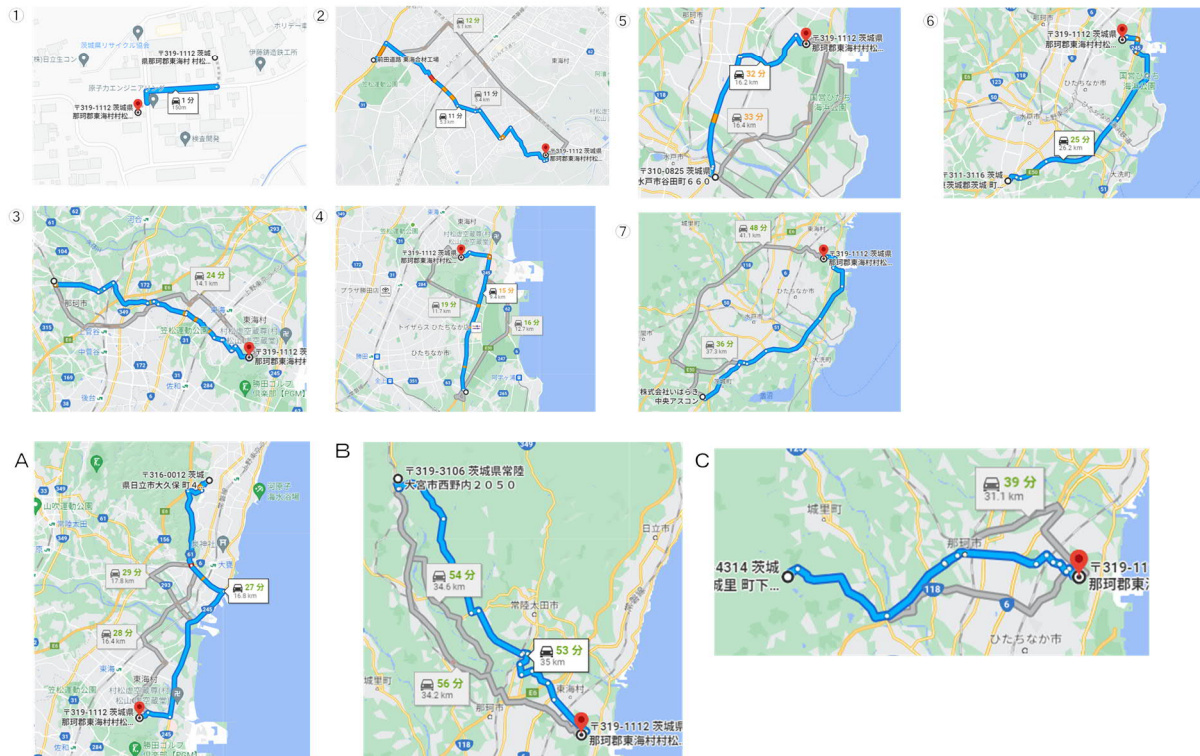


図 3.3-3 東海クリーンからアスファルトプラントへの乾燥砂供給マッチング

東海クリーンでは、蒸気価格を7千円/tとしているが、仮に自社事業として運営すれば原価で乾燥でき、その収益を投資回収に充てることも可能と考えられる。10 トントラック1台当たりの砂運搬に6,840 円の付加価値をつけることができる。年間の砂販売量が少なくとも10 万トン/年以上あれば、全体で6.8 億円以上の利益が生じる計算になる。

モデル化して普及展開する場合、焼却炉にもともとボイラがあれば追加の投資額が少なく運営できるため、蒸気原価は抑えることができ、東海クリーンでの簡易試算よりも利益が多くなると見込まれる（図 3.3-4）。

#### 現状（採石場から AP 直行）

- ・10 トントラック 1 台当たり 2～3 万円の資材・運搬で取引されている。



#### 新事業モデル（採石場から焼却炉経由で AP）

- ・10 t トラック 1 台当たりの砂運搬に、2.5 万円に対し、東海クリーンの場合では乾燥に蒸気代が2,160 円かかるものの（20 t/h 製造で3.4 t/h 蒸気供給）、9 千円の付加価値を生み出せる。
- ・事業者連携により、砂販売・輸送に付加価値を配分すれば関係者すべてが得する。

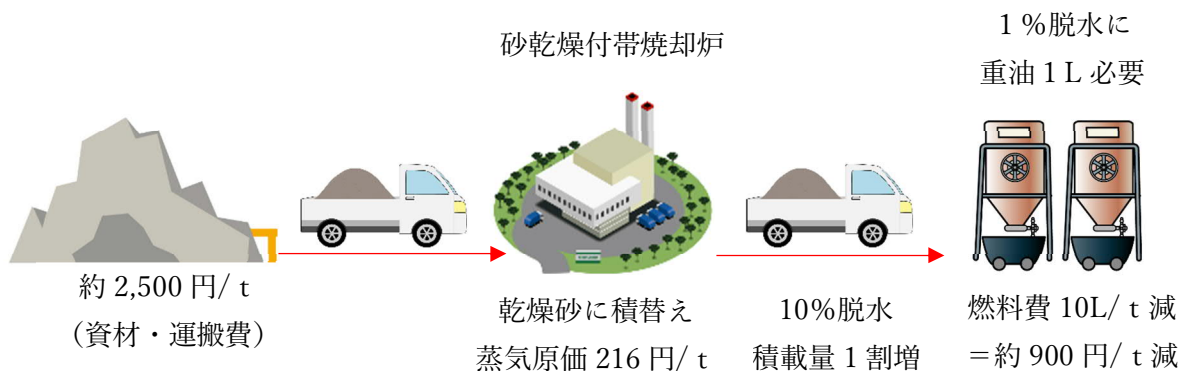


図 3.3-4 東海クリーンにおける砂乾燥事業の簡易 F/S

注 1) 東海クリーンの蒸気供給条件とアスファルトプラント製造に関する一般的な単価を想定して試算。

### （３）一般廃棄物処理施設とアスファルトプラントのマッチング

ヒアリング調査により、アスファルトプラント製造に必要な燃料の半分を焼却炉からのスチームで代用できるとの情報を得た。燃料削減は、アスファルト１ｔ製造につき、１０Ｌの重油を使用するため、乾燥砂を利用することにより、５Ｌの節約できることになる。

製造量は、２０２３年１０月時点、全国で３,３８０万ｔ製造している。つまり、１６９,０００ｋｌの重油削減であり、ＣＯ２排出量に換算するに４５.８万ｔである。

アスファルトプラントは全国に約１,０００箇所あるため、１つの焼却炉から５箇所のアスファルトプラントに供給できるとすれば、１,０００箇所の５分の１である２００箇所の乾燥資材供給ビジネスがあればよい。事業マッチングを考えると、一般廃棄物処理施設は１,０００箇所であるため、２００箇所の確保には十分な数である。ボイラ付きだが熱需要に遠い場所に位置する焼却施設は、発電と並行して資材乾燥ビジネスを行うことで、熱利用を最大化することができる。

全国のアスファルトプラントマップと茨城県における乾燥砂供給事業のマッチングポテンシャルを図３.３-５に示す。採石所から焼却炉を経由してアスファルトプラントへ輸送する。茨城県を例に組み合わせを線で結んだ。焼却炉とアスファルトプラントは立地が近いことが多く、マッチングポテンシャルは高いと考えられる。

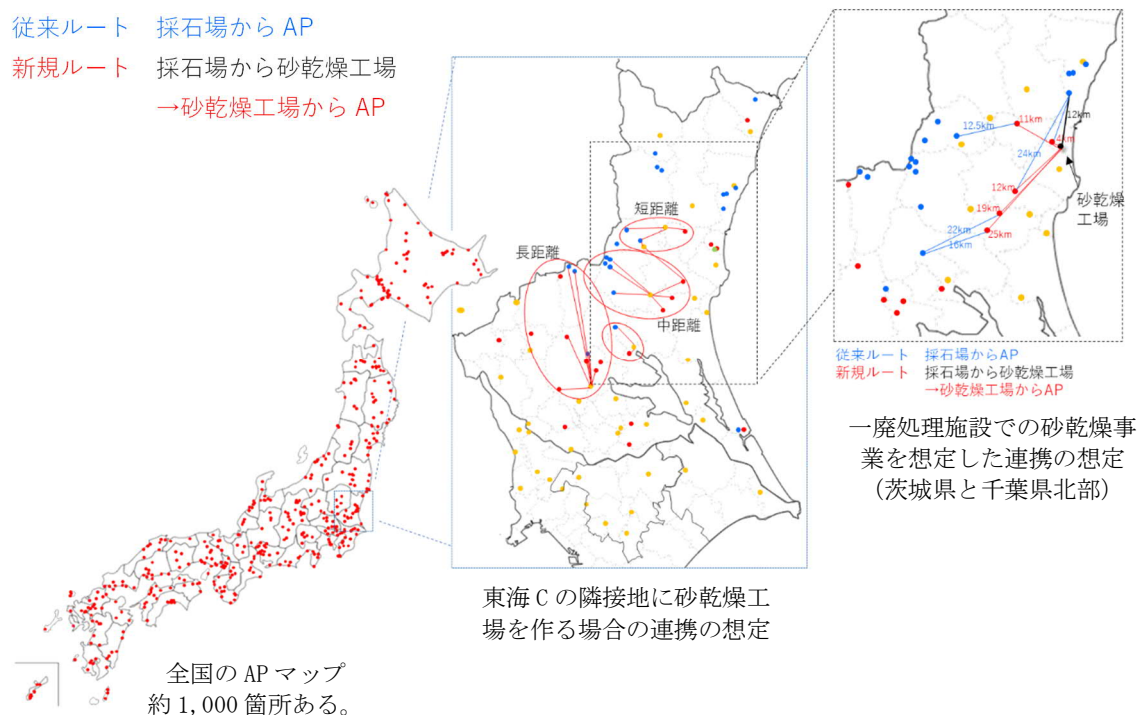


図 3.3-5 全国のアスファルトプラントマップと茨城県における乾燥砂供給事業のマッチングポテンシャル

### 3.3.2 鑄造工場への適用

#### (1) 鑄造工場での蒸気利用可能性の確認

既往の知見では、鑄造工場で蒸気利用の実装事例は見つからなかった。工場見学をさせていただいたところ、鑄造工場での燃料削減は、顧客のニーズも強く検討課題となっていた。もともと蒸気を利用していないが、熱が必要な業種であり、機器を工夫することで蒸気熱を利用することは可能と考えられる。過年度にも現地視察を行ってきたが、改めて全体の工程を踏まえつつ、蒸気の適用箇所を絞り込むスタイルでの検討を行うため、改めて、工場との意見交換及び現地視察を行った。その結果概要を以下に示す。

日時：令和5年10月2日（月）13時～15時

場所：株式会社東海クリーン（茨城県那珂郡東海村村松 3135-391）

参加：株式会社伊藤鑄造鉄工所 執行役員生産技術部長 三浦 様  
株式会社東海クリーン 営業部長 川野 様  
株式会社エックス都市研究所 土井、橋本、菅原

結果：1) 高温のプロセスには電気炉、乾燥には主に LPG 乾燥機を使用する。電気炉の予熱工程、乾燥機に蒸気配管と熱交換器を設置することが可能。  
2) 現在の設備をそのまま利用するのではなく、工場への設備投資が必要。投資額に見合った省エネ効果があると見込まれた。  
3) 成型、乾燥は蒸気の温度範囲での稼働、溶解の温度には、資材の予熱を行えば溶解での使用電力量を削減できるとのアイデアを得た。（図 3.3-6、図 3.3-7）

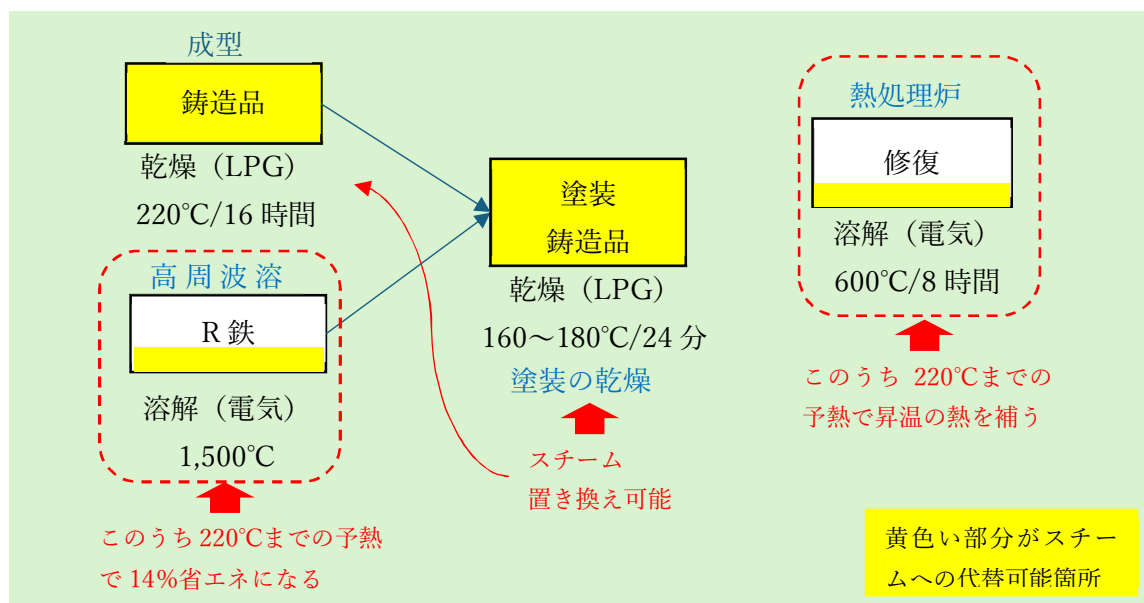
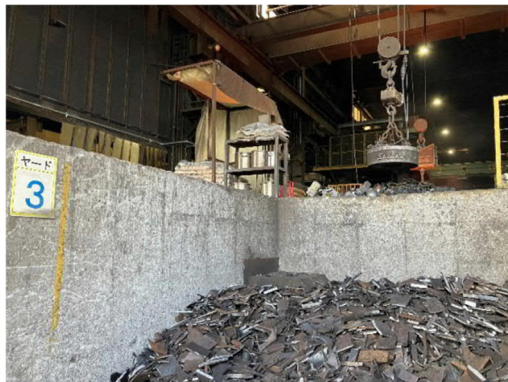


図 3.3-6 鑄造工程の蒸気利用可能箇所



高周波炉(電気炉)からの注湯の様子



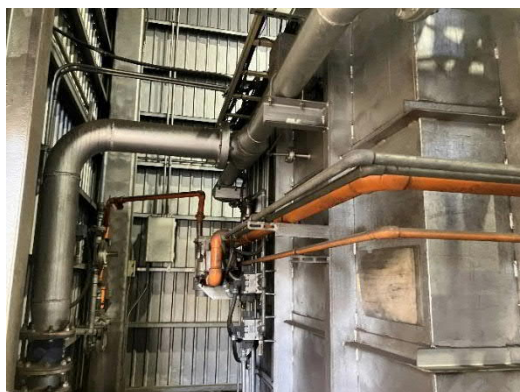
高周波炉の横の原料ストックヤード



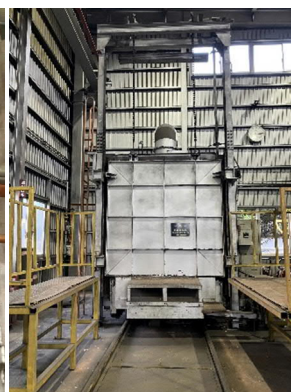
塗装乾燥炉の外観



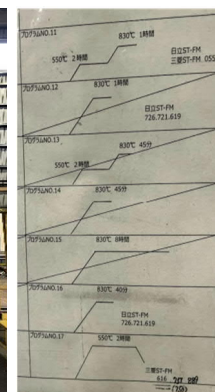
鑄造の型枠



熱処理炉の背面



熱処理炉の正面



熱処理プログラム

図 3.3-7 鑄造工場のスチーム転換可能なプロセス

### 3.4 CO<sub>2</sub>削減・費用対効果の算出

#### 3.4.1 評価ケースの設定

評価対象ケースを表 3.4-1 に示す。令和 5 年度は、需要家側での蒸気利用条件を詳細化し、需要家側での燃料消費量を計算し直した。また、これまで蒸気 t 当たりの価格で表記していたが、熱利用効率を評価の観点とした場合、蒸気トン当たりとすると、電力や熱風の場合と比較評価する際に分かりづらいため、熱量（ジュール：J）ベースで情報整理した。

表 3.4-1 評価対象ケース

| ケース  | Case 1        | Case 2         | Case 3                 |
|------|---------------|----------------|------------------------|
| 概要   | 単純焼却<br>(従来型) | 熱風供給<br>(提案 1) | 蒸気供給<br>(提案 2)         |
| 熱供給先 | —             | 飼料化施設          | 飼料化施設<br>砂乾燥工場<br>鋳造工場 |

#### 3.4.2 施設・運用・蒸気価格の設定

##### (1) 供給施設の諸元

供給施設に関する諸元を表 3.4-2～表 3.4-5 に示す。なお、プラスチックの年間消費量は、環境省指定により処理量の 10%とした。エネルギー回収施設は、蒸気需要家に配給する熱量や、需要家側で削減できる燃料の量を削減量として評価することから、廃棄物から回収できる熱量を決める処理量が 50 t/日では、他の計算条件において矛盾が生じる。そのため、環境省指定の廃棄物量は 50 t/日であったが、実証施設と同規模の 90 t/日として計算した。環境省指定の条件を以下に示す。

##### <CO<sub>2</sub>削減効果環境省指定の条件>

###### ①単純焼却、②従来式、③提案式の 3 パターン提示

3 パターンでの提示が難しい場合は、独自の計算方法により提示

###### 算出条件

- ・電力係数 0.429tCO<sub>2</sub>/MWh、プラ焼却に伴う CO<sub>2</sub> 排出係数 2.76 t CO<sub>2</sub>/t
- ・ごみの組成：生ごみ比率 40%、紙ごみ 31%、プラスチック 10%
- ・施設能力 50 t/日、稼働日数 280 日/年、稼働時間 24 h/日、焼却ごみ中のプラの割合：10%

①の算出にあたっては、プラスチック類の焼却と施設稼働に伴う電力に伴う CO<sub>2</sub> 発生量<sup>※2</sup>を足し上げ

※2 プラ焼却に伴う CO<sub>2</sub> 発生量は 50 t/日×280 日/年×10%×2.67 t CO<sub>2</sub>/t = 3,864 t CO<sub>2</sub>/年とする。

②の算出にあたっては、施設稼働に伴う電力使用量とプラスチック類の焼却に伴う CO<sub>2</sub> 発生量<sup>※2</sup>を足し上げたものから、現状のシステムに伴う CO<sub>2</sub> 削減量をマイナス。

③の算出にあたっては、施設稼働に伴う電力使用量とプラスチック類の焼却に伴う CO<sub>2</sub> 発生量<sup>※2</sup>を足し上げたものから、提案するシステムに伴う CO<sub>2</sub> 削減量をマイナス。

①、②、③について算出した数値をイメージでグラフ化するとともに、必要な情報を追記。

表 3.4-2 焼却施設の運転条件・送気条件・廃棄物組成

| 項目     |                       | 熱風<br>(提案 1)                    | 蒸気<br>(提案 2)                              |
|--------|-----------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|
| 熱伝達媒体  |                       | プロワ                             | ボイラ                                       |
| 年間稼働日数 |                       | 280 日/年                         |                                           |
| 廃棄物処理量 |                       | 90 t/日                          |                                           |
| 送気条件   | 温度                    | 250℃                            | 225℃-                                     |
|        | 安定供給可能な送気量            | 12,735N m <sup>3</sup> /h       | 6.8 t/h                                   |
|        | アスファルトプラント            | 0                               | 3.0 t/h (44%)                             |
|        | 鑄造所                   | 0                               | 1.4 t/h (21%)                             |
|        | 飼料化施設                 | 12,735N m <sup>3</sup> /h(100%) | 2.4 t/h (35%)                             |
|        | 圧力                    | 大気圧                             | 2.5 MPa                                   |
|        | 熱量 (電力表記)             | 1,074 kW                        | 潜熱 3,469 kW<br>顕熱 1,826 kW<br>全熱 5,295 kW |
|        | 送気 1 時間当たりの熱量 (ジュール)  | 3.86 GJ                         | 潜熱 12.5 GJ<br>顕熱 6.6 GJ<br>全熱 19.1 GJ     |
|        | 蒸気 1 t 当たりの熱量 (ジュール)  | -                               | 潜熱 1.8 GJ<br>顕熱 1.0 GJ<br>全熱 2.8 GJ       |
|        | 配管損失                  | 10%                             |                                           |
|        | 機器損失(設備効率)            | 15% (85%)                       |                                           |
| 廃棄物組成  | 生ごみ                   | 1,500 kg/h ( 40%)               |                                           |
|        | 紙ごみ                   | 1,162 kg/h ( 31%)               |                                           |
|        | プラスチック <sup>注1)</sup> | 375 kg/h ( 10%)                 |                                           |
|        | その他                   | 1,088 kg/h ( 29%)               |                                           |
|        | 総量                    | 3,750 kg/h (100%)               |                                           |

表 3.4-3 施設整備費<sup>注1)</sup>

| 項目             | 熱風<br>(提案 1)  | 蒸気<br>(提案 2)    |
|----------------|---------------|-----------------|
| 熱回収設備          | 312,548,387 円 | 1,845,000,000 円 |
| アキュムレーター       | 0 円           | 19,000,000 円    |
| 配管             | 56,773,145 円  | 303,550,000 円   |
| 合計             | 369,321,532 円 | 2,167,550,000 円 |
| 配管単価 (1 m 当たり) | 667,919 円     | 489,597 円       |
| GJ 当たりの施設整備費   | 790 円/GJ      | 940 円/GJ        |

注 1) メーカーから提示された情報を基に作成

表 3.4-4 熱風供給の運用費<sup>注1)</sup>

| 項目  |         | 値         | 係数  | h/D | 稼働<br>日数 | 年間<br>使用量  | 単価<br>円/kW | 費用<br>円/年  |
|-----|---------|-----------|-----|-----|----------|------------|------------|------------|
| 電力  | 予冷ポンプ   | 2.2 kW    | 0.6 | 24  | 280      | 8,870      | 13         | 115,315    |
|     | 熱交ファン   | 30 kW     | 0.6 | 24  | 280      | 120,960    | 13         | 1,572,480  |
|     | 灰出スクレパ  | 3.7 kW    | 0.6 | 24  | 280      | 14,918     | 13         | 193,939    |
|     | 制御電源    | 5 kW      | 0.6 | 24  | 280      | 20,160     | 13         | 262,080    |
|     | 予備電源    | 10 kW     | 0   | 24  | 280      | 0          | 13         | 0          |
|     | 需要家側ファン | 30 kW     | 0.6 | 24  | 280      | 120,960    | 13         | 1,572,480  |
|     | TOTAL   | -         | -   | -   | -        | 285,869    | 13         | 3,716,294  |
| 用水  | 予冷器     | 2889 kg/h | 1   | 24  | 280      | 19,414,080 | 0.05       | 970,704    |
| 運用費 |         |           |     |     |          |            |            | 12,000,000 |
| 合計  |         |           |     |     |          |            |            | 16,686,998 |

注1) メーカーから提示された情報を基に作成、作成当時の単価を使用。

表 3.4-5 蒸気供給の運用費<sup>注1)</sup>

| 項目    |               | 値             | 係数  | h/D | 稼働<br>日数 | 年間<br>使用量 | 単価<br>円 | 年間費用<br>円  |
|-------|---------------|---------------|-----|-----|----------|-----------|---------|------------|
| 電力    | ボイラ給水ポンプ      | 45 kW         | 0.6 | 24  | 280      | 181,440   | 13      | 2,358,720  |
|       | 脱気器給水ポンプ      | 11 kW         | 0.6 | 24  | 280      | 44,352    | 13      | 576,576    |
|       | 薬注ポンプ         | 0.4 kW        | 0.6 | 24  | 280      | 1,613     | 13      | 20,966     |
|       | 復水ファン         | 45 kW         | 0.6 | 24  | 280      | 181,440   | 13      | 2,358,720  |
|       | スートブロワ用ファン    | 3.2 kW        | 0.6 | 24  | 280      | 12,902    | 13      | 167,731    |
|       | スチームエアヒーターファン | 75 kW         | 0.6 | 24  | 280      | 302,400   | 13      | 3,931,200  |
|       | シールファン        | 0.4 kW        | 0.6 | 24  | 280      | 1,613     | 13      | 20,966     |
|       | クーリングタワー      | 3.7 kW        | 0.6 | 24  | 280      | 14,918    | 13      | 193,939    |
|       | 灰出コンベヤ        | 7.4 kW        | 0.6 | 24  | 280      | 29,837    | 13      | 387,878    |
|       | 需要家側ファン       | 30 kW         | 0.6 | 24  | 280      | 120,960   | 13      | 1,572,480  |
| 用水    | クーリングタワー      | 400 kg/h      | 1   | 24  | 280      | 2,688,000 | 0.05    | 134,400    |
|       | ブロー給水         | 200 kg/h      | 1   | 24  | 280      | 1,344,000 | 0.05    | 67,200     |
| 薬剤    | ボイラ処理剤        | 0.01583 kg/h  | 1   | 24  | 280      | 106       | 11,000  | 1,170,154  |
|       | 清缶剤           | 0.002375 kg/h | 1   | 24  | 280      | 16        | 1,100   | 17,556     |
| 運営コスト |               |               |     |     |          |           |         | 25,000,000 |
| 合計    |               |               |     |     |          |           |         | 37,978,487 |

注1) メーカーから提示された情報を基に作成、作成当時の単価を使用。

注2) 電力単位は、kWh/h であるため、h/h が相殺され kW と表記した。

20 年間の減価償却期間を想定し、GJ 当たりの施設整備費用と運営費用を計算した。その結果、GJ 当たりの施設整備費は、熱風供給の場合 790 円、蒸気供給の場合 940 円となった。GJ 当たりの運営費は、熱風供給の場合 714 円、蒸気供給の場合 329 円となった。GJ 当たりの固定費（施設整備費・運営費）の算出根拠を表 3.4-6 に示す。

表 3.4-6 GJ 当たりの固定費（施設整備費・運営費）の算出根拠

| 項目                           | 熱風<br>(提案 1)  | 蒸気<br>(提案 2)    |
|------------------------------|---------------|-----------------|
| 20 年当たりの販売熱量 <sup>注 1)</sup> | 467,501 GJ    | 2,305,740 GJ    |
| 施設整備費                        | 369,321,532 円 | 2,167,550,000 円 |
| GJ 当たりの施設整備費                 | 790 円/GJ      | 940 円/GJ        |
| 運用費                          | 16,686,998 円  | 37,978,487 円    |
| GJ 当たりの運用費                   | 714 円         | 329 円           |

注 1) 販売熱量は、配管損失、機器損失を除いた送気を基に積算。

## (2) 需要側の諸元

### 1) 燃料の原単位

蒸気供給施設は、飼料化事業、砂乾燥事業、需要側のエネルギー原単位を表 3.4-6 に示す。

燃料価格原単位を表 3.4-7、熱量原単位を表 3.4-8、CO<sub>2</sub> 排出係数の原単位を表 3.4-9 に示す。

表 3.4-7 燃料価格原単位

| 燃料種類 | 燃料価格       | 燃料価格の出典                                           |
|------|------------|---------------------------------------------------|
| 電気   | 14.2 円/kWh | FIT 価格(17 円/kWh) 60%とその他価格(10 円/kWh) 40%から算定      |
| A 重油 | 87.6 円/L   | A 重油(大型ローリー), 2022 年 3 月時点、一般社団法人エネルギー情報センター(EIC) |
| LPG  | 304 円/kg   | 日本 LP ガス協会ウェブサイト                                  |

表 3.4-8 熱量原単位

| 燃料種類   | 熱量単位         | 熱量原単位の出典                             |
|--------|--------------|--------------------------------------|
| 電気     | 8.64 MJ/kWh  | 熱量単位は、環境省ハード対策事業計算ファイル(省エネ設備用)より引用   |
| A 重油   | 38.9 MJ/L    |                                      |
| LPG    | 50.1 MJ/kg   |                                      |
| 原油換算係数 | 0.0258 kL/GJ | 資源エネルギー庁 2023 年/エネルギー消費量(原油換算値)簡易計算表 |

表 3.4-9 CO<sub>2</sub> 排出係数の原単位

| CO <sub>2</sub> 排出係数 |                              | CO <sub>2</sub> 排出係数の出典      |
|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| A 重油                 | 2.71 kgCO <sub>2</sub> /L    | 環境省ハード対策事業計算ファイル(省エネ設備用)より引用 |
| LPG                  | 3.00 kgCO <sub>2</sub> /kg   |                              |
| 電気                   | 0.429 kgCO <sub>2</sub> /kWh | 環境省令和 5 年度指定                 |

### 2) 需要家の運転条件

蒸気を配給する事業の運転条件を以下の表 3.4-10～表 3.4-16 に示す。

表 3. 4-10 ほしいも残渣飼料化事業の運転条件

| 項目           | 値               | 備考                |
|--------------|-----------------|-------------------|
| 年間稼働日数       | 300 日           | 平日と土曜日出勤、祝祭日休み    |
| 日稼働時間        | 24 時間/日         |                   |
| ほしいも残渣の処理量   | 2.1 t/h         |                   |
|              | 50.4 t/日        |                   |
|              | 15,000 t/年      |                   |
| 蒸気利用量        | 2.4 t/h         | 熱量換算で、6.72 GJ/h   |
| ほしいも残渣処理の電力量 | 353 kwh/t       |                   |
| 処理に係る年間の電力量  | 5,294,118 kwh/年 | 熱量換算で、45,741 GJ/年 |

表 3. 4-11 砂乾燥事業の運転条件

| 項目           | 値             | 備考                                                                                  |
|--------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 稼働日数         | 280 日         | 月曜日から金曜日まで、土日祝日休み                                                                   |
| 稼働時間         | 24 時間         |                                                                                     |
| 時間処理量        | 20 t/h        |                                                                                     |
| 年間処理量        | 134,400 t/年   |                                                                                     |
| 重油量          | 1,344,000 L/年 |                                                                                     |
| 重油量削減分 (50%) | 672,000 L/年   | アスファルト製造 1 t につき 10L の重油を使用する。そのうち 5L が砂を乾燥させるための燃料として使われる。アスファルト製造量 t × 10 L × 0.5 |

表 3. 4-12 鑄造工場の運転条件

| 設備                  | 値      | 備考                             |
|---------------------|--------|--------------------------------|
| 稼働日数                | 300 日  | 平日と土曜日出勤、祝祭日休み                 |
| 稼働時間                | 16 時間  |                                |
| 電炉量<br>・割れ補修        | 製造能力   | 2 t/h                          |
|                     | 消費電力量  | 560 kWh                        |
|                     | 熱量換算   | 4,838 MJ/h                     |
|                     | 予熱分    | 82 kWh /時<br>394,240 kWh /年    |
| LPG<br>・型枠<br>・塗装乾燥 | 消費量 kg | 91,601 kg/年<br>実測値、119,081 L/年 |

表 3.4-13 需要家での年間燃料利用量

| 事業者名            | 燃料種類 | 用途         | 燃料利用量（年間）       |
|-----------------|------|------------|-----------------|
| 砂乾燥事業           | A重油  | 乾燥         | 672,000 L/年     |
| 飼料化事業           | 電気   | 乾燥         | 5,294,118 kWh/年 |
| 鑄造工場            | LPG  | 乾燥         | 91,601 kg/年     |
|                 | 電気   | 予熱         | 394,240 kWh/年   |
| 地域暖房<br>(3 事務所) | 電気   | 暖房<br>(復水) | 38,826 kWh/年    |
| 合計              |      |            |                 |

注 1) 配管経路による損失を 1 割、熱交換における機器損失を 1.5 割とした。  
ただし暖房についてはロスではなく 4.5 割増とした（機器効率＝暖房力/消費電力）。

表 3.4-14 需要家での年間代替エネルギー量まとめ

| 事業者名        | 熱量<br>GJ/年 | 燃料費<br>万円/年 | 原油換算量<br>kL/年 | CO <sub>2</sub> 排出量<br>t-CO <sub>2</sub> /年 |
|-------------|------------|-------------|---------------|---------------------------------------------|
| 砂乾燥事業       | 26,141     | 5,887       | 674           | 2,271                                       |
| 飼料化事業       | 45,741     | 7,518       | 1,180         | 3,065                                       |
| 鑄造工場        | 4,589      | 2,780       | 118           | 275                                         |
|             | 3,406      | 560         | 88            | 169                                         |
| 地域暖房（3 事務所） | 3.45       | 55          | 9             | 17                                          |
| 合計          | 80,213     | 16,799      | 2,069         | 4,553                                       |

表 3.4-15 需要家側の買熱費（熱風）

| 事業・工場の種類 | 熱量<br>GJ/年 | 単価<br>円/GJ | 支出<br>円/年  |
|----------|------------|------------|------------|
| 砂乾燥事業    | 23.475     | 2,500      | 58,440,000 |

表 3.4-16 需要家側の買熱費（蒸気）

| 事業・工場の種類 |      | 熱量 GJ/年 | 単価 円/GJ | 支出<br>円/年   |
|----------|------|---------|---------|-------------|
| 飼料化事業    |      | 50,862  | 2,500   | 127,150,000 |
| 砂乾燥事業    |      | 40,690  |         | 101,720,000 |
| 鑄造工場     | 割れ補修 | 6,782   |         | 16,950,000  |
|          | 鋳炉予熱 | 16,954  |         | 42,380,000  |
| 合計       |      | 115,287 |         | 288,220,000 |

### （３）熱価格の設定

#### ①損益分岐点と利益率

損益分岐点は、熱風供給（ブロワ）では 1,504 円/GJ、蒸気供給（ボイラ）では 1,269 円/GJ となった。利益がなくては事業が成立しないため、投資回収が経営判断上許容範囲に収まるように蒸気価格を設定する必要がある。そのため、次に燃料価格から蒸気価値を検討した。（図 3.4-1、図 3.4-2）

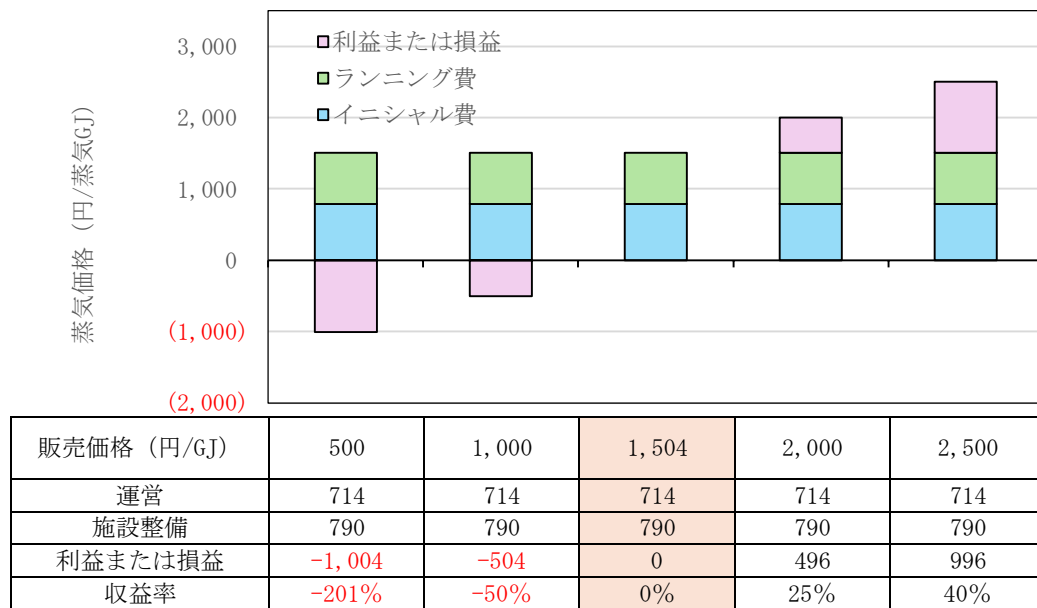


図 3.4-1 熱風供給（ブロワ）の場合の蒸気価格の損益分岐点（熱量ベース）

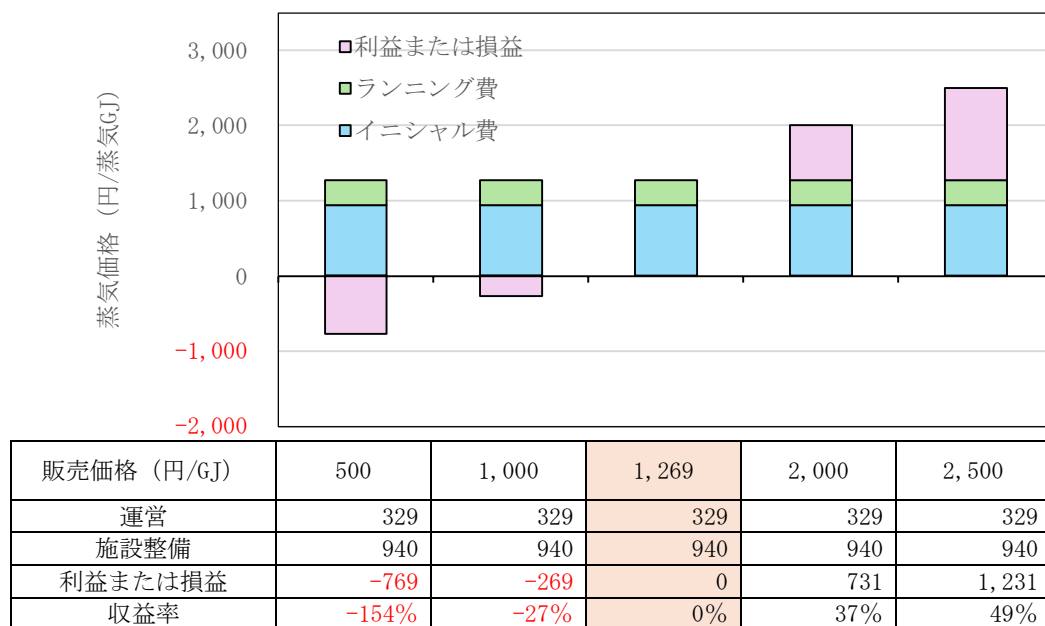


図 3.4-2 蒸気供給（ボイラ）の場合の蒸気価格の損益分岐点（熱量ベース）

## ②燃料価格の確認

熱量（GJ）当たりの燃料価格推移を図 3.4-3 に示す。LPG は比較的価格が安定しているが、円相場の変動に伴い燃料価格が大きく上下する。燃料で蒸気を製造する場合、燃料価格を踏まえて蒸気価格が決まる。蒸気供給は環境価値と燃料代替性を踏まえて、需要家が購入したいと思える価格に設定することが必要となる。

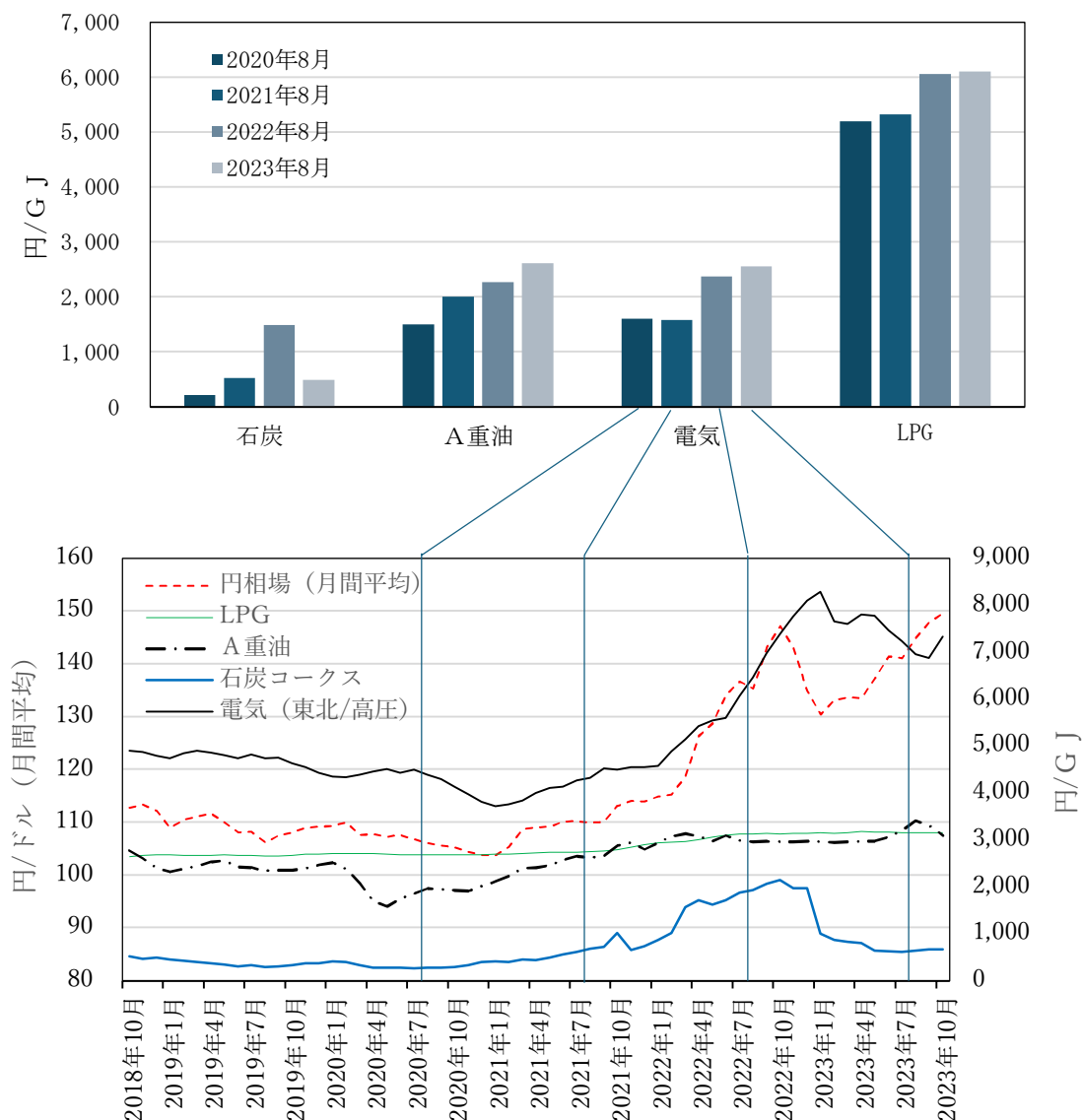


図 3.4-3 熱量（GJ）当たりの燃料価格推移

## ③熱価格の決定

上記、損益分岐点、利益の確保、燃料価格から見た蒸気の価値を考慮し、本評価では、石炭、重油、電気での現行の燃料代より高いが、LPG よりは安い価格として 2,500 円/GJ で設定することとした。なお、将来的には、二酸化炭素排出削減効果の環境価値を踏まえて価格が決まると考えられる。

### 3.4.3 環境性・経済性評価

#### (1) CO<sub>2</sub>削減量の算定

以上の条件より計算した、各ケースにおける CO<sub>2</sub> 排出量及び削減効果を表 3.4-17、図 3.4-4 に示す。

表 3.4-17 年間の CO<sub>2</sub> 削減量

| 熱利用形態 |                                                          | 単純焼却<br>(従来型) | 熱風<br>(提案 1) | 蒸気<br>(提案 2) |
|-------|----------------------------------------------------------|---------------|--------------|--------------|
| 投資設備  |                                                          | なし            | ブロワ          | ボイラ          |
| 年間    | 廃棄物焼却由来                                                  | 7,777         | 7,777        | 7,858        |
|       | 焼却炉での追加の買電由来                                             | 0             | 123          | 382          |
|       | 需要家での燃料代替由来                                              | 0             | -2,271       | -4,553       |
|       | 合計 (需給連携での CO <sub>2</sub> 排出量)                          | 7,777         | 5,629        | 3,688        |
|       | CO <sub>2</sub> 削減量 (t-CO <sub>2</sub> )                 | 0             | 2,149        | 4,090        |
|       | 熱量 (GJ)                                                  | 0             | 23,475       | 115,287      |
|       | 供給熱量 (GJ) 当たりの CO <sub>2</sub> 削減量 t-CO <sub>2</sub> /GJ | -             | 10.9         | 28.2         |

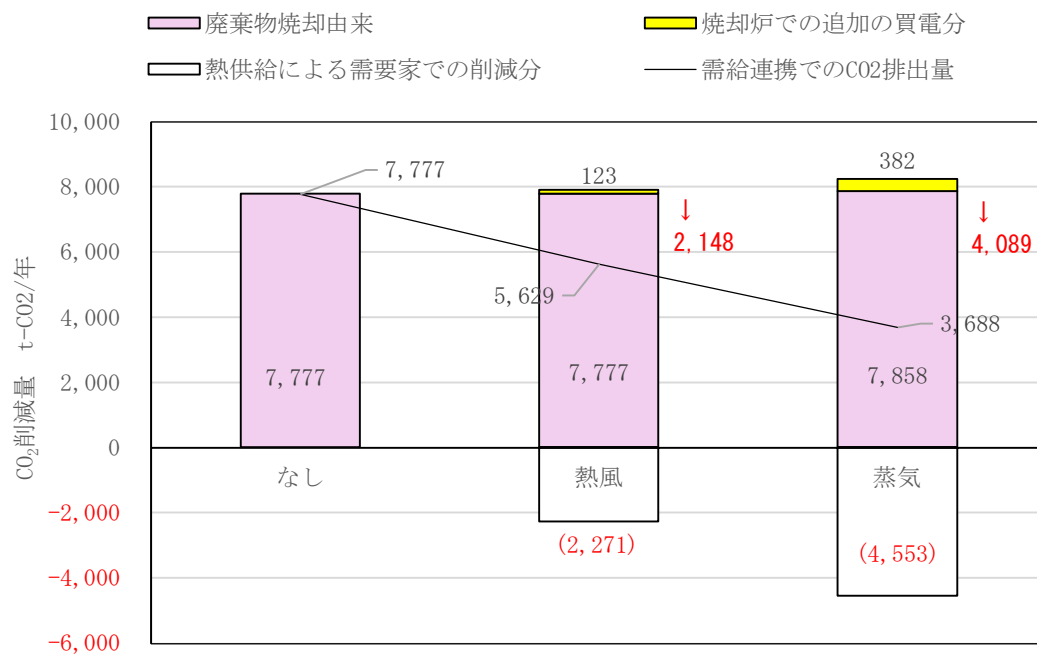


図 3.4-4 CO<sub>2</sub>削減効果 (環境省指定条件の廃棄物組成に基づき計算)

## (2) CO<sub>2</sub>削減コストの算定

続いて、CO<sub>2</sub>削減コストを算定した。CO<sub>2</sub>削減コストは、下式により算定した。

$$\text{CO}_2 \text{削減コスト (円/ t-CO}_2\text{)} = \text{費用 (円/20 年)} / (\text{CO}_2 \text{排出削減量 (t-CO}_2\text{/20 年)})$$

※耐用年数を 20 年としている。

各ケースの CO<sub>2</sub> 削減コストの算定結果を表 3.4-18、図 3.4-5 に示す。収支を計算すると、t-CO<sub>2</sub> 当たりの削減コストは熱風、蒸気いずれも黒字化する。熱風供給は蒸気供給に比べて投資額は小さいが収益も小さく、熱風供給では+10,837 円/ t-CO<sub>2</sub> であった。蒸気供給は熱風供給に比べて投資額は大きいが収益が大きく、削減によって得られる収益は+34,689 円/ t-CO<sub>2</sub> となる。

表 3.4-18 CO<sub>2</sub>削減コストの算定

| 熱利用形態                                         |                                       |                  | 単純焼却<br>(従来型) | 熱風<br>(提案 1) | 蒸気<br>(提案 2) |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------|------------------|---------------|--------------|--------------|
| 投資設備                                          |                                       |                  | なし            | ブロウ          | ボイラ          |
| 全期間<br>20 年                                   | CO <sub>2</sub> 削減量 t-CO <sub>2</sub> |                  |               | 42, 971      | 81, 790      |
|                                               | 費用<br>百万円                             | 施設整備 (ボイラ関係)     | -             | -313         | -1, 845      |
|                                               |                                       | 施設整備 (配管、ACC 関係) |               | -57          | -323         |
|                                               |                                       | 運営費              | -             | -3. 44       | -760         |
|                                               |                                       | 支出合計             | -             | -703         | -3, 026      |
|                                               |                                       | 収益               |               | 1, 169       | 5, 764       |
|                                               |                                       | 収支               |               | 466          | 2, 837       |
| CO <sub>2</sub> 削減コスト<br>円/ t-CO <sub>2</sub> | 施設整備 (ボイラ関係)                          |                  | -             | -7, 274      | -22, 558     |
|                                               | 施設整備 (配管、ACC 関係)                      |                  | -             | -1, 321      | -3, 944      |
|                                               | 運営費                                   |                  | -             | -7, 767      | -9, 287      |
|                                               | 支出合計                                  |                  | -             | -16, 362     | -35, 789     |
|                                               | 収益                                    |                  |               | 27, 199      | 70, 477      |
|                                               | 収支                                    |                  | -             | 10, 837      | 34, 689      |

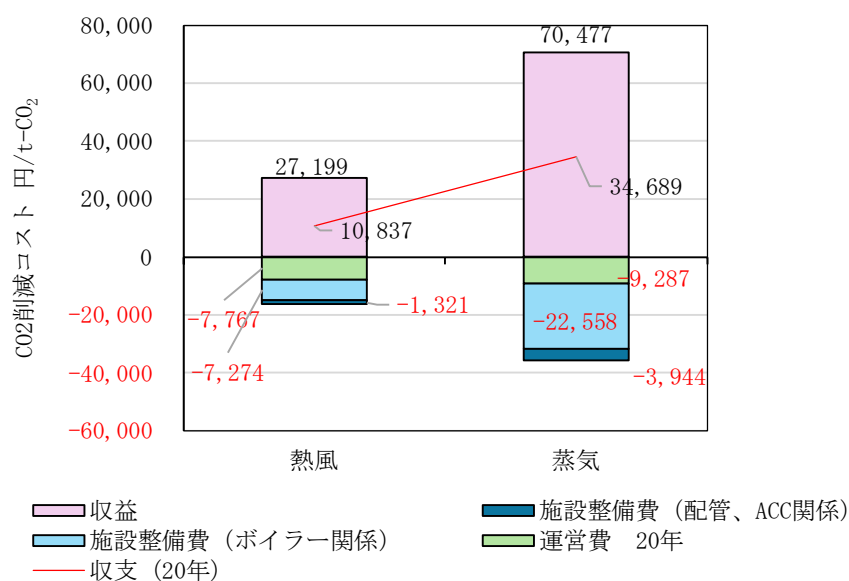


図 3.4-5 CO<sub>2</sub>削減コスト

### (3) 投資回収年数

各ケース総事業費負担の場合について、投資回収年数を算定した。蒸気の販売価格は、CO<sub>2</sub> 価値を踏まえ 2,500 円/GJ と設定した。投資回収年数は、下式により算定した。投資回収年数を表 3.4-19、実証地俯瞰図を図 3.4-6 に示す。その結果、単純投資回収年数は、熱風供給で 8.8 年、蒸気供給で 8.7 年となった。PIRR：プロジェクト IRR(20 年) は、熱風回収で 9.7%、蒸気回収で 10 %であり、同程度となった。

$$\text{投資回収年数 (年)} = \text{投資費用 (円)} / \text{投資によって得られる年間収益 (円/年)}$$

表 3.4-19 投資回収年数

| 投資項目             |               | 熱風<br>(提案 1) | 蒸気<br>(提案 2) |
|------------------|---------------|--------------|--------------|
| 蒸気価格             | 円 / t (2.8GJ) | —            | 7,000        |
|                  | 円/GJ          | 2,500        | 2,500        |
| 設備・工事費<br>百万円/年  | 熱回収設備         | 313          | 1,845        |
|                  | 配管・敷設         | 57           | 304          |
|                  | アキュムレーター      | 0            | 19           |
| 小計               |               | 369          | 2,168        |
| 年間運転管理費<br>百万円/年 | 支出            | 16.7         | 38           |
|                  | 収入            | 58           | 288          |
| 小計               |               | 41.8         | 250          |
| 単純投資回収年数         |               | 8.8          | 8.7          |
| PIRR(20 年)       |               | 9.7%         | 10 %         |



図 3.4-6 実証地俯瞰図

### 3.5 事業計画の更新

#### (1) 事業スキーム

本実証で検討した熱風による熱供給を行うと、砂乾燥事業が必要とする熱をすべて供給熱で賄うことが可能であった。投資回収年数は蒸気供給の場合と同じだが、熱風供給のCO<sub>2</sub>削減量は蒸気供給の約半分であった。

前述の検討結果から、現時点での事業モデルとしては、熱風利用であればほしいも飼料化工場のみ、蒸気供給であれば、地域循環共生圏の形成に向けて関係者連携を構築していく価値は十分あると考えられた。既存工場にとどまらず、茨城県、東海村、工業団地自治協議会と連携することによって、今度の周辺事業の誘致を検討することが有用である。「地域循環共生圏」東海クリーンのウェスト to スチーム事業計画を図 3.5-1 に示す。

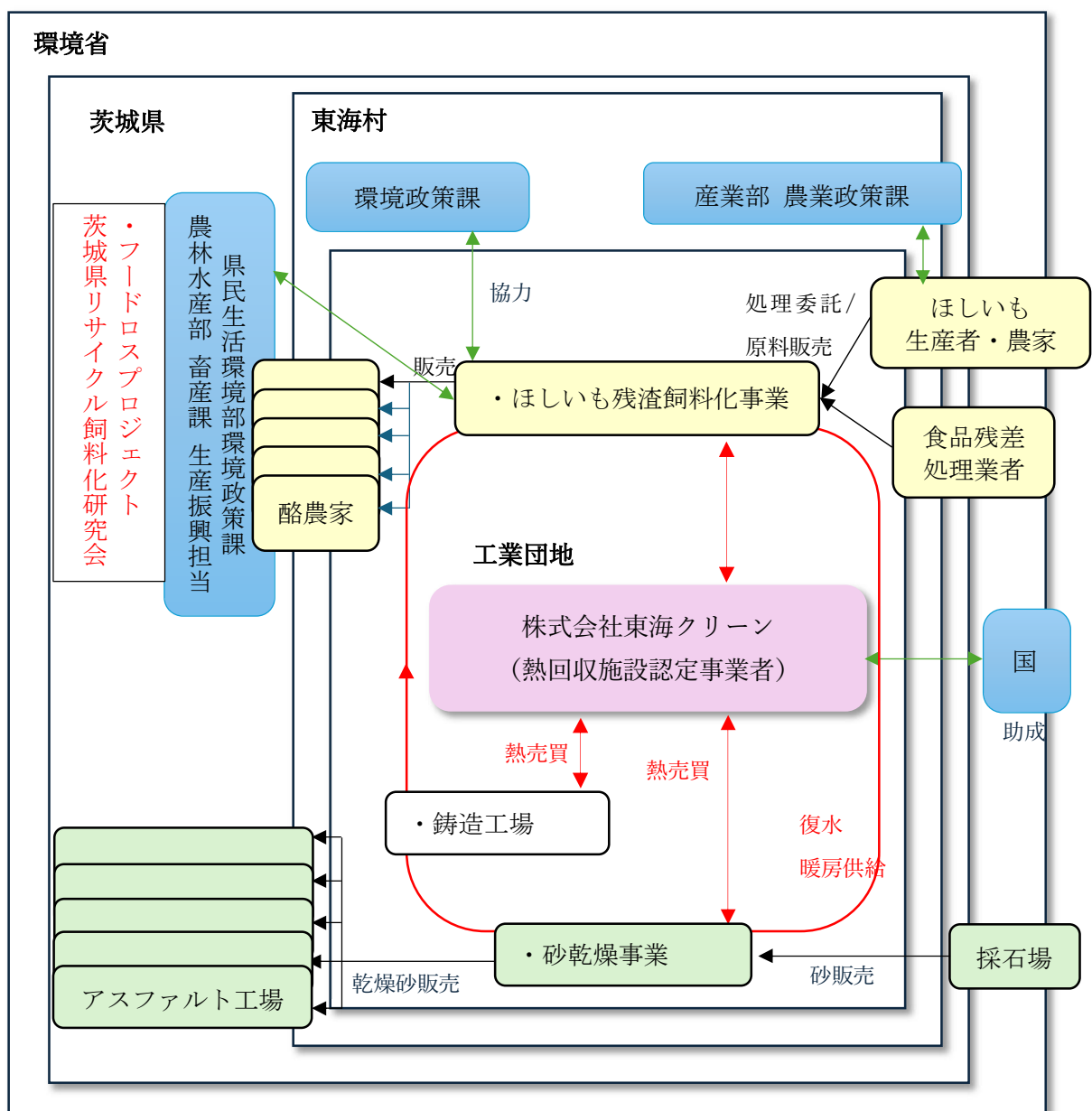


図 3.5-1 「地域循環共生圏」東海クリーンのウェスト to スチーム事業計画

## （２）補助事業の活用を検討

活用可能性のある補助事業として、以下の２事業が考えられた。

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><u>廃棄物処理施設を核とした地域循環共生圏構築促進事業</u></p> <p>目的：自立・分散型の「地域エネルギーセンター」の整備を支援する。</p> <p>①廃棄物処理施設で得られるエネルギーを有効活用し、エネルギー起源 CO<sub>2</sub> の排出抑制を図りつつ、当該施設を中心とした自立・分散型の「地域エネルギーセンター」の整備を進める。</p> <p>②廃棄物処理施設で生じた熱や電力を地域で利活用することによる脱炭素化や災害時のレジリエンス強化等にも資する取組を支援する。</p> <p>対象：付金・間接補助事業（交付・補助率 1/2、1/3、差額の 3/4、定額）</p> |
| <p><u>廃棄物処理×脱炭素化によるマルチベネフィット達成促進事業</u></p> <p>目的：廃棄物エネルギーの有効活用等により、地域循環共生圏構築に資する廃棄物処理事業を支援する。</p> <p>①廃熱を高効率で熱回収する設備（高熱量の廃棄物の受入量増加に係る設備を含む）の設置・改良（熱や電気を施設外でも確実に利用すること）</p> <p>②廃棄物から燃料を製造する設備（製造した燃料が確実に使用されること）及び廃棄物燃料を受け入れる際に必要な設備の設置・改良</p> <p>対象：民間事業者・団体、間接補助事業（補助率 1/3、1/10）</p>                       |

## （３）課題解決と産業への波及

本事業によって以下の課題解決と産業への波及が見込めると考えられる。東海クリーンの事業とその波及先との関係を図 3.5-2 に示す。

- ・廃棄物処理を通じて、鑄造とアスファルト製造における燃料消費を削減できる。
- ・干芋残渣の飼料化で、農家の産廃処理費が販売収入に換わる。
- ・産業利用の予熱により、地域の冷暖房を賄える。
- ・東海村の税収増、新事業の創出により以下の産業に波及する。
- ・自治体との連携に繋がり地域づくりに貢献。

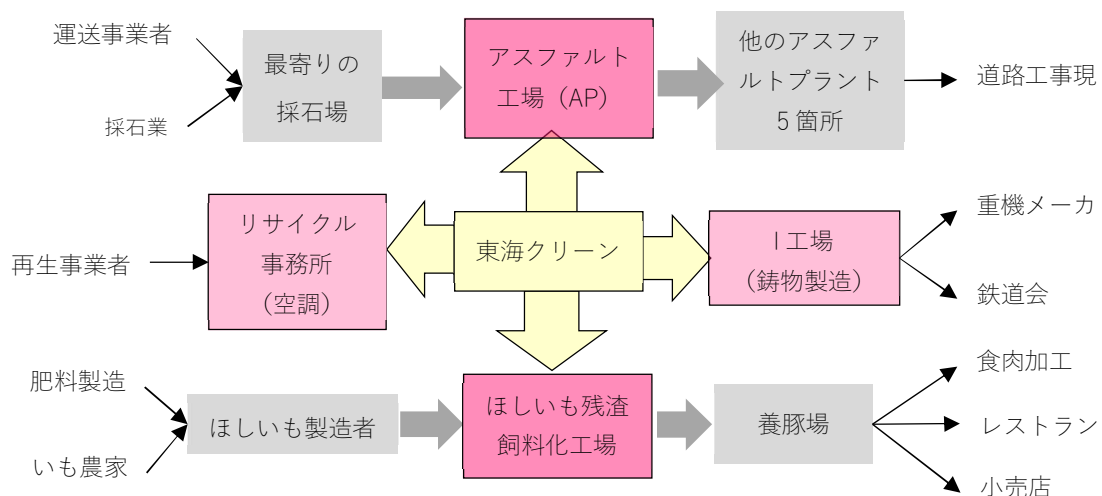


図 3.5-2 東海クリーン（案）の事業とその波及先との関係

#### (4) 事業実施要件

対象事業の事業化に向けた主要プロセス及びスケジュールを検討した。結果を表 3.5-1 に示す。

表 3.5-1 事業化に向けた主要プロセス及びスケジュール (案)

|                    | 株式会社東海クリーン                                                                                     | 地元関係者                                        |     |      |     |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----|------|-----|
| 年度                 | 蒸気の場合                                                                                          | 茨城県                                          | 東海村 | ほしいも | 砂乾燥 |
| 令和4年度<br>(今年度)     | <div>脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業</div> <div>地域の熱利用マッチングによる焼却施設からのエネルギー回収高度化実証実施中</div>               |                                              |     |      |     |
| 令和5年度<br>(2023年度)  |                                                                                                |                                              |     |      |     |
| 令和6年度<br>(2024年度)  | <div>・熱回収側の事業全体の実施判断（株式会社東海クリーンの経営判断含む）</div> <div>・地域説明会等</div> <div>・新規事業の誘致</div>           | <div>マッチング活動<br/>リサイクル産業等、<br/>事業の新規誘致</div> |     |      |     |
| 令和7年度<br>(2025年度)  | <div>補助金申請等<br/>マルチベネフィット<br/>地域循環共生圏</div> <div>県条例アセス<br/>産業廃棄物処理法15条施設としての<br/>変更許可取得</div> |                                              |     |      |     |
| 令和8年度<br>(2026年度)  |                                                                                                |                                              |     |      |     |
| 令和9年度<br>(2027年度)  |                                                                                                |                                              |     |      |     |
| 令和10年度<br>(2028年度) | <div>施工</div>                                                                                  |                                              |     |      |     |
| 令和11年度<br>(2029年度) | 試験開業                                                                                           |                                              |     |      |     |
| 令和12年度<br>(2030年度) | 本格開業                                                                                           |                                              |     |      |     |

### 3.6 まとめ

事業性・環境性評価をまとめると以下の通りであった。

事業収支：

蒸気価格 7 千円/ t (2,500 円/GJ) では、補助金充当で事業性ありと判断できる。

初期設備投資：21 億円

運転管理費：3,800 万円

蒸気販売収入：2.9 億円/年

投資回収年数：8.7 年

PIRR：10.0% (20 年)

脱炭素効果（需要家の燃料削減効果）：

廃棄物量：90 t / d

蒸気性状：225℃ 2.5MPa、6.8 t / h

蒸気販売量：6.12 t /h（配管ロス 10%考慮で）

CO2 削減効果：（本需給連携システムによる）-4,090 t -CO2/年

（需要家側での燃料削減による）-4,553 t -CO2/年

アスファルトプラント砂乾燥事業：-2,003 t -CO2/年

飼料化事業：-1,594 t -CO2/年

鑄造工場省エネ：-910 t -CO2/年

東海C設備増分：382 t -CO2/年

事業成立条件として以下を満たす必要がある。

- ・熱供給事業の初期投資を 22 億円以内とし、50%以上の補助金を活用すること。
- ・7 千円/蒸気 t の収入を確保すること。
- ・採算面から蒸気を全量シェアできること。
- ・焼却炉改修工事に 1 年間要することについて、経営判断上、許容できる期間での工期・工法があること。
- ・鑄造工場でスチーム利用の設備投資を行うこと。
- ・廃棄物を燃料として使用する為に、柔軟な貯留保管が可能となること。

事業実施主体の経営判断及び関係者間の協議により成立要件を満たした場合、下記のスケジュールで進める。令和 6 年に経営判断し、可能であれば、令和 7 年設計変更、アセス、施工に着手すると、試験開業は令和 9 年、本格開業は令和 12 年からとなる。



## 第3章 別添

別添 3-1 東海クリーンでの熱供給事業でのエネルギーバランス

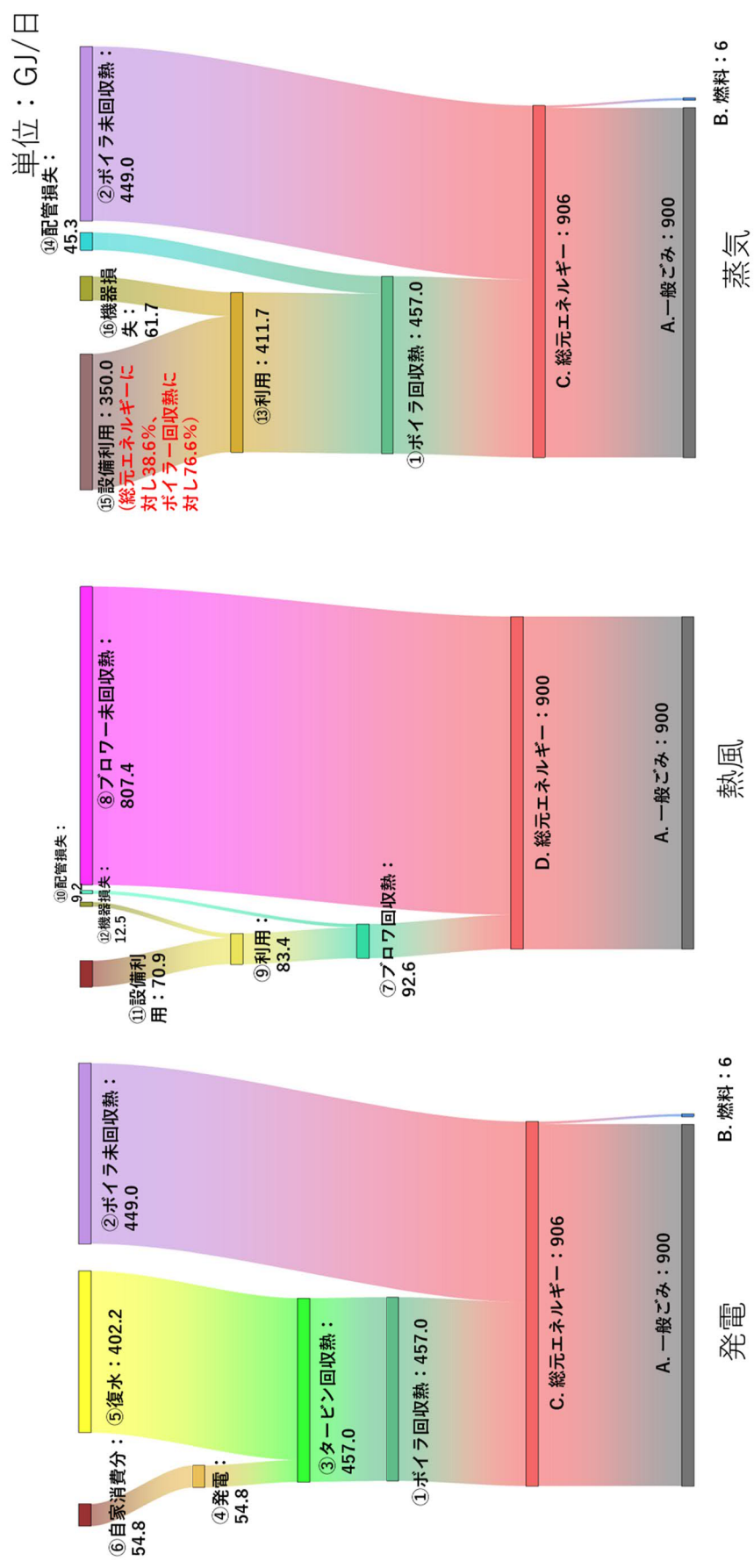
別添 3-2 一般的な熱供給事業でのエネルギーバランス

別添 3-3 エネルギーバランス及び各種設計図面

別添 3-4 熱の需給管理システムの操作説明資料



別添 3-1 東海クリーンでの熱供給事業に関するエネルギーバランス



別図 3-1-1 廃棄物焼却の熱利用エネルギーフロー図 発電・熱風・蒸気

廃棄物焼却の熱利用 発電・熱風・蒸気エネルギーフロー図の計算根拠を以下に示す。

### 【燃料に関する諸数値】

燃料の計算根拠となった諸数値を別表 3-1-1 に示す。

別表 3-1-1 燃料に関する諸数値

| 項目                 | 発電（単純焼却）                  | 蒸気（提案 2）                  |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|
| 年間稼働日数             | 337 日/年                   | 337 日/年                   |
| 1 年当たりの燃料 A 重油の量   | 49700 L/年 <sup>注 1)</sup> | 49700 L/年 <sup>注 1)</sup> |
| A 重油 1 L 当たりのジュール熱 | 38.9 MJ/L <sup>注 2)</sup> | 38.9 MJ/L <sup>注 2)</sup> |

注 1)（出典）東海クリーン 2021 年度 A 重油使用量

注 2)（出典）資源エネルギー庁 エネルギー源別標準発熱量・炭素排出係数（2018 年度改訂）の解説（2022 年 11 月 更新）

[https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total\\_energy/pdf/stte\\_028.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/pdf/stte_028.pdf)

燃料の算出方法を別表 3-1-2 に示す。

別表 3-1-2 燃料の計算根拠

| 出す項目  | 式（項目ごと）                                                                                                           | 結果（数値） |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
|       | 式（数値）                                                                                                             |        |
| B. 燃料 | $(1 \text{ 年当たりの燃料 A 重油の量}) \times (1 \text{ 年当たりの燃料 A 重油の量}) / (\text{年間稼働日数}) / (\text{MJ から GJ への換算係数 } 1000)$ | 6 GJ/日 |
|       | $49700 \text{ L/年} \times 38.9 \text{ MJ/L} / 337 \text{ 日/年} / 1000$                                             |        |
|       | $411.7 \text{ GJ/日} - 350.0 \text{ GJ/日}$                                                                         |        |

### 【施設に関する諸元数値】

焼却施設の運転条件・送気条件・廃棄物組成を別表 3-1-3 に示す。

別表 3-1-3 焼却施設の運転条件・送気条件・廃棄物組成

| 項目               | 発電（単純焼却）      | 熱風（提案 1）   | 蒸気（提案 2）      |
|------------------|---------------|------------|---------------|
| 熱伝達媒体            | ボイラ           | ブロワ        | ボイラ           |
| 年間稼働日数           | 337 日/年       |            |               |
| 1 日当たりの稼働時間      | 24 h/日        |            |               |
| 廃棄物処理量           | 90 t/日        |            |               |
| 1 トン当たりの廃棄物相当の熱量 | 10 GJ/ t      |            |               |
| 温度               | 225℃          | 250℃       | 225℃          |
| 安定供給可能な送気量       | 6.8 t/h       |            | 6.8 t/h       |
| 熱量               | 全熱 5,295 kw/h | 1,074 kw/h | 全熱 5,295 kw/h |
| 送気 1 時間当たりの熱量    | 全熱 19.1 GJ/h  | 3.86 GJ/h  | 全熱 19.1 GJ/h  |
| 蒸気 1 t 当たりの熱量（注） | 全熱 2.8 GJ/ t  | —          | 全熱 2.8 GJ/ t  |
| 廃棄物発電の発電効率       | 12%           |            |               |
| 配管損失             | 10%           |            |               |
| 機器損失（設備効率）       | 15%（85%）      |            |               |

注 1)（出典）TLV ホームページ <https://toolbox.tlv.com/ja/calculator/>（令和 6 年 1 月 29 日閲覧）  
通しての換算

別表 3-1-4 エネルギーフロー図の計算根拠【発電】

| 出す項目      | 式（項目ごと）                                                             | 結果（数値）     |
|-----------|---------------------------------------------------------------------|------------|
|           | 式（数値）                                                               |            |
| ①ボイラ回収熱   | $2.8 \text{ GJ/t} \times 6.8 \text{ t/h} \times 24 \text{ h/日}$     | 457.0 GJ/日 |
| ②ボイラ未回収熱  | (C. 総元エネルギー) - (①ボイラ回収熱)<br>$906 \text{ GJ/日} - 457.0 \text{ GJ/日}$ | 449.0 GJ/日 |
| ③タービン回収熱  | = (①ボイラ回収熱)                                                         | 457.0 GJ/日 |
| ④利用（発電）   | (③タービン回収熱) × (廃棄物発電の発電効率)<br>$457.0 \text{ GJ/日} \times 0.12$       | 54.8 GJ/日  |
| ⑤機器損失（発電） | (③タービン回収熱) - (④利用（発電）)<br>$457.0 \text{ GJ/日} - 54.8 \text{ GJ/日}$  | 402.2 GJ/日 |
| ⑥自家消費分    | = (④利用（発電）)                                                         | 54.8 GJ/日  |

別表 3-1-5 エネルギーフロー図の計算根拠【熱風】

| 出す項目      | 式（項目ごと）                                                          | 結果（数値）     |
|-----------|------------------------------------------------------------------|------------|
|           | 式（数値）                                                            |            |
| ⑦ブロワ回収熱   | $3.86 \text{ GJ/h} \times 24 \text{ h/日}$                        | 92.6 GJ/日  |
| ⑧ブロワ未回収熱  | (総元エネルギー) - (⑦ブロワ回収熱)<br>$900 \text{ GJ/日} - 92.6 \text{ GJ/日}$  | 807.4 GJ/日 |
| ⑨利用（熱風）   | (⑦ブロワ回収熱) × (100% - 配管損失)<br>$92.6 \text{ GJ/日} \times 0.9$      | 83.4 GJ/日  |
| ⑩配管損失（熱風） | (⑦ブロワ回収熱) - (⑨利用（熱風）)<br>$92.6 \text{ GJ/日} - 83.4 \text{ GJ/日}$ | 9.2 GJ/日   |
| ⑪設備利用（熱風） | (⑨利用（熱風）) × (設備効率)<br>$83.4 \text{ GJ/日} \times 0.85$            | 70.9 GJ/日  |
| ⑫機器損失（熱風） | (⑨利用（熱風）) × (機器損失)<br>$83.4 \text{ GJ/日} \times 0.15$            | 12.5 GJ/日  |

別表 3-1-6 エネルギーフロー図の計算根拠【蒸気】

| 出す項目      | 式（項目ごと）                                                              | 結果（数値）     |
|-----------|----------------------------------------------------------------------|------------|
|           | 式（数値）                                                                |            |
| ①ボイラ回収熱   | $2.8 \text{ GJ/t} \times 6.8 \text{ t/h} \times 24 \text{ h/日}$      | 457.0 GJ/日 |
| ②ボイラ未回収熱  | (C. 総元エネルギー) - (①ボイラ回収熱)<br>$906 \text{ GJ/日} - 457.0 \text{ GJ/日}$  | 449.0 GJ/日 |
| ⑬利用（蒸気）   | (①ボイラ回収熱) × (100% - 配管損失)<br>$457.0 \text{ GJ/日} \times 0.9$         | 411.7 GJ/日 |
| ⑭配管損失（蒸気） | (①ボイラ回収熱) - (⑬利用（蒸気）)<br>$457.0 \text{ GJ/日} - 411.7 \text{ GJ/日}$   | 45.3 GJ/日  |
| ⑮設備利用（蒸気） | (⑬利用（蒸気）) × (設備効率)<br>$411.7 \text{ GJ/日} \times 0.85$               | 350.0 GJ/日 |
| ⑯機器損失（熱風） | (⑬利用（蒸気）) - (⑮設備利用（蒸気）)<br>$411.7 \text{ GJ/日} - 350.0 \text{ GJ/日}$ | 61.7 GJ/日  |



## 別添 3-2 一般的な熱供給事業でのエネルギーバランス

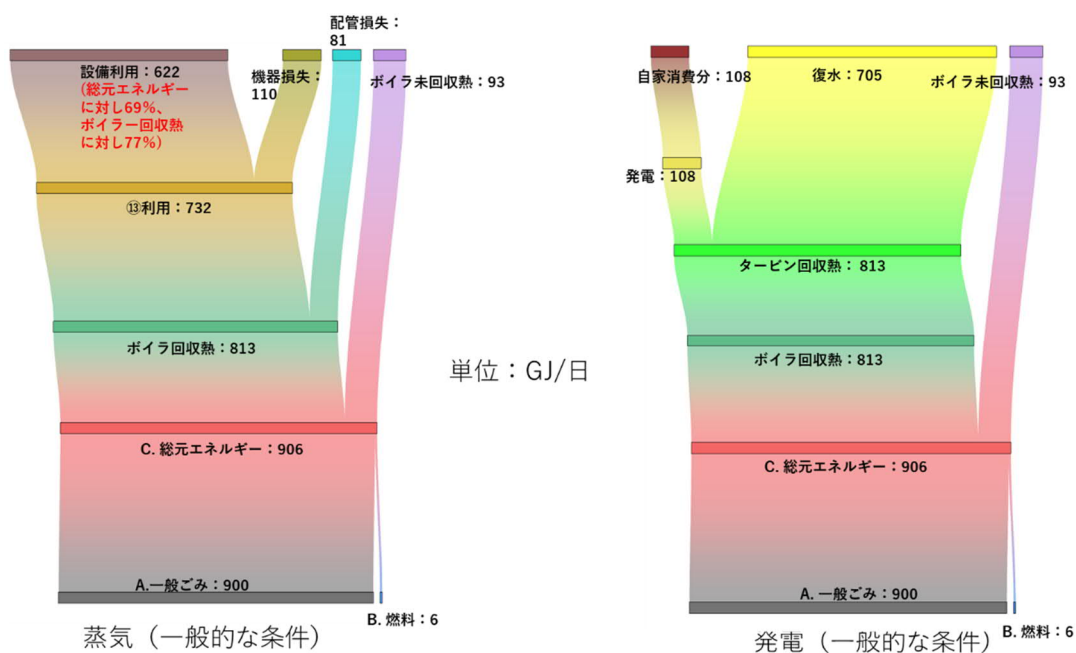
普通規模の施設の発電エネルギーフロー図との比較を別図 3-2-1 に示す。

## 【一般的な条件の蒸気の計算根拠】

- ・ボイラ回収熱（タービン回収熱）  
 $906 \times (67100/748200)$ （注：環境省データより））＝813
- ・利用  $813 \times 90\% = 732$
- ・設備利用  $732 \times 85\% = 622$

## 【一般的な条件の発電の計算根拠】

- ・ボイラ回収熱（タービン回収熱）  $906 \times (67100/748200)$ （注：環境省データより））＝813
- ・利用（自家消費分）  $900 \times 12\% = 108$

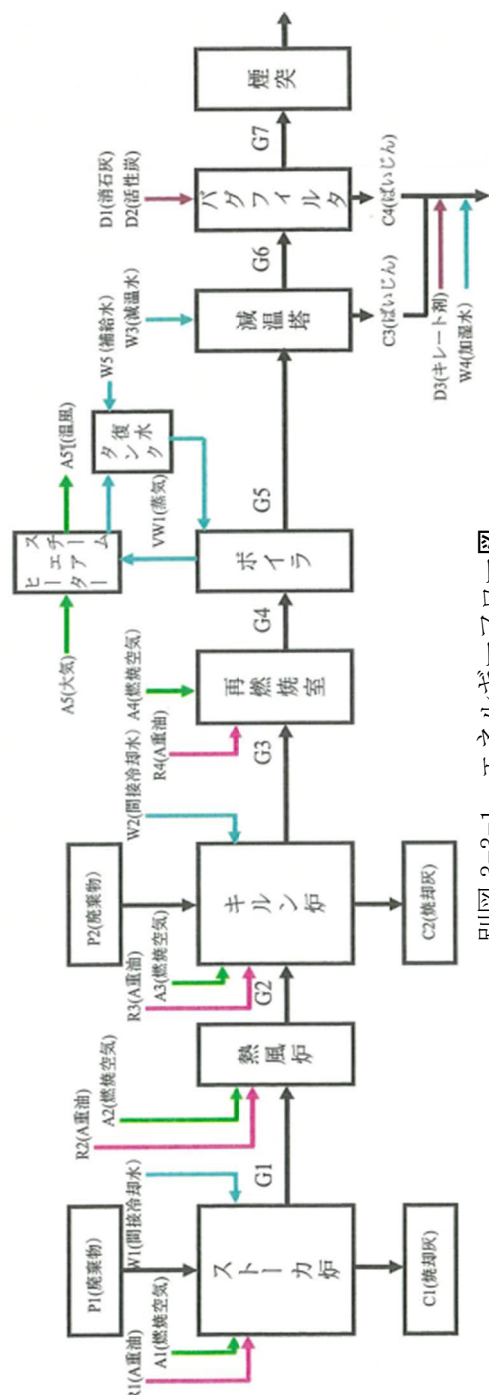
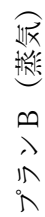
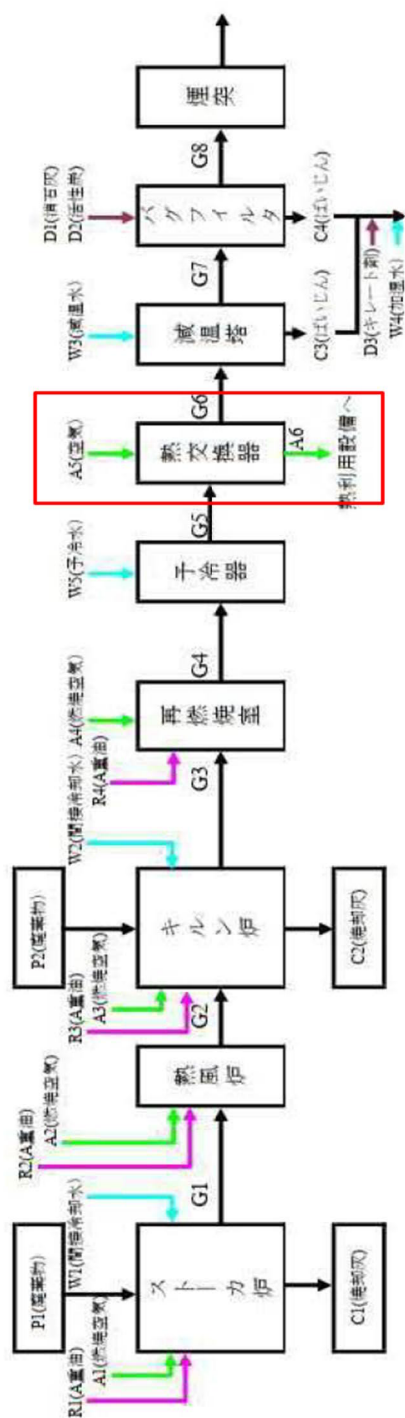


別図 3-2-1 一般的な条件の蒸気と発電エネルギーフロー図での比較

## 別添 3-3 東海クリーン焼却炉の設備設計

# 1. エネルギーフロー図

## プランA (熱風)

別図 3-3-1 エネルギーフロー図 

The diagram illustrates the energy flow within a power plant system. It shows the input of fuel (石炭) and water (水) into a boiler (ボイラ). The boiler produces steam (蒸気), which drives a turbine (タービン). The turbine is connected to a generator (発電機), which produces electricity (電力). The electricity is then transmitted through a power line (送電線) to a load (負荷). The load is represented by a light bulb (電球). The diagram also shows the flow of cooling water (冷却水) from a condenser (凝縮器) to a pump (ポンプ) and back to the condenser. The condenser is cooled by a river (川). The pump is driven by a motor (モータ).

2. エネルギーバランス及び各種設計図面

(1) プランA (熱風)

別表 3-3-1 需要側エネルギー仕様

| 事業会社名   | 熱仕様 | 温度補正後温風供給量 |         |       | 高温温風供給熱量 |        |         |      |
|---------|-----|------------|---------|-------|----------|--------|---------|------|
|         |     | °C         | N㎥/h    | KW    | 供給温度°C   | °C     | N㎥/h    | KW   |
| ③ 干し芋工場 | 温風  | 50         | 100,000 | 1,686 | 49       | 250    | 12,735  | 1074 |
|         |     |            |         | 20    |          | 87,265 | 589     |      |
| 計       |     |            |         | 1,686 |          |        | 100,000 |      |

別表 3-3-2 供給側エネルギー仕様

| 排熱回収熱交換器 | 熱仕様  |                        |
|----------|------|------------------------|
|          | 温度°C | 温風量N m <sup>3</sup> /h |
|          | 250  | 12,735                 |
|          |      | KW                     |
|          |      | 1,074                  |

別表 3-3-3 配管仕様

| 業種別      | 温度仕様 °C | 需要側必要<br>風量 N m <sup>3</sup> /h | ダクト仕様     |        |         |       | 参考風速<br>m/s |
|----------|---------|---------------------------------|-----------|--------|---------|-------|-------------|
|          |         |                                 | 材質        | 寸法     | 圧損 Pa/m | 距離(m) | 圧損 Pa       |
| 干し芋 単独利用 | 高温供給    | 12,735                          | ステンレス製ダクト | 800Φ   | 0.5     | 95    | 48          |
|          | 温度補正済   | 100,000                         |           | 1,800Φ | 0.5     |       |             |

計算式

$$d(\text{配管内径 m}) = \sqrt{4/\pi \times \text{ms} \cdot V / 3600 \cdot v}$$
$$\Delta p(\text{圧力損失 Pa}) = \mu \cdot l \cdot v^2 / 2d \cdot V$$

ms: 蒸気流量 kg/h  
l: 配管長さ m  
v: 蒸気流速 m/s  
μ: 摩擦係数

V: 比容積 m<sup>3</sup>/kg

ほしいも F/S から転用



配置図

別図 3-3-2 配置図案 (熱風ダクト)

(2) プランB (蒸気)

別表 3-3-4 需要側エネルギー仕様

| 事業会社名      | 熱仕様                         | 熱負荷 (潜熱) |         |                     | 蒸気供給熱量 (潜熱) |     |     | 復水 (ドレン) |           |
|------------|-----------------------------|----------|---------|---------------------|-------------|-----|-----|----------|-----------|
|            |                             | MPa      | ℃       | N m <sup>3</sup> /h | KW          | MPa | ℃   | ℓ/h      | 回収熱量 (KW) |
| 鑄造工場       | 熱風                          | 2.5      | 220     | 6,203               | 418         | 2.5 | 225 | 820      | 28.3      |
| アスファルトプラント | 熱風                          | 0.5      | 150     | 13,432<br>Kg/h      | 589         | 2.5 | 225 | 1,154    | 39.9      |
| 飼料工場       | 蒸気                          | 0.5      | 150     |                     | 576         | 2.5 | 225 |          |           |
|            |                             |          | (全熱)    | 982.7               | 750         |     | 全熱  | 983      | 33.9      |
| 事務所        | 空調 (200<br>m <sup>3</sup> ) | 0.3      | 80 (温水) |                     | 30          | 2.5 | 225 | 59       | 2.0       |
| 計          |                             |          |         |                     | 1,787       |     |     | 3,016    | 104.2     |

注1) 熱負荷については、除湿負荷は含まず  
注2) 緑色項目欄は潜熱量とする。

別表 3-3-5 供給側エネルギー仕様

| 排熱回収蒸気ボイラ | 熱仕様  |          |     |          | 熱量 (KW) |       |
|-----------|------|----------|-----|----------|---------|-------|
|           | 高圧蒸気 | 絶対圧力 MPa | 温度℃ | 蒸気量 Kg/h | 全熱      | 潜熱    |
|           |      | 2.5      | 225 | 6,800    | 5,295   | 3,469 |

別表 3-3-6 配管仕様

| 区間             | 品名  | 施工状態 | 管種           | 断熱仕様             | 寸法          | 外径<br>(mm) | 距離(m) | 備考              |
|----------------|-----|------|--------------|------------------|-------------|------------|-------|-----------------|
| 鋳造工場           | 蒸気管 | 架空配管 | STPG 黒 Sch80 | ロックウール 40 t      | 80A         | 180        | 120   | 引き管 32A+25A     |
|                | 還水管 | 架空配管 | STPG 黒 Sch40 | ロックウール 40 t      | 65A         | 160        |       |                 |
| アスファルト<br>プラント | 蒸気管 | 埋設配管 | プレハブ 2 重管    | けい酸カルシウム 40<br>t | 80A / 250   | 268        | 30    |                 |
|                | 還水管 | 埋設配管 | CASAFLEX     | PIR フォーム 160℃    | 65A 75/142  | 142        |       |                 |
| 飼料工場           | 蒸気管 | 埋設配管 | プレハブ 2 重管    | けい酸カルシウム 30<br>t | 50A / 200   | 216        | 130   |                 |
|                | 還水管 | 埋設配管 | CASAFLEX     | PIR フォーム 160℃    | 40A 48/111  | 111        |       |                 |
| 事務所            | 蒸気管 | 埋設配管 | プレハブ 2 重管    | けい酸カルシウム 30<br>t | 32A / 150   | 165        | 75    |                 |
|                | 還水管 | 埋設配管 | CASAFLEX     | PIR フォーム 160℃    | 25A 30 / 91 | 91         | 85    |                 |
| 引き込み管          | 蒸気管 | 埋設配管 | プレハブ 2 重管    | けい酸カルシウム 30<br>t | 32A/150     | 165        | 20×3  | 立ち上がり部バ<br>ルブ止め |
|                | 還水管 | 埋設配管 | CASAFLEX     | PIR フォーム 160℃    | 25A 30 / 91 | 91         | 3 か所  |                 |

計算式

$$d(\text{配管内径 m}) = \sqrt{4/\pi \times ms \cdot V / 3600 \cdot v} \quad \Delta p(\text{圧力損失 Pa}) = \mu \cdot l \cdot v^2 / 2d \cdot V$$

ms: 蒸気流量 kg/h

V: 比容積 m<sup>3</sup>/kg

l: 配管長さ m

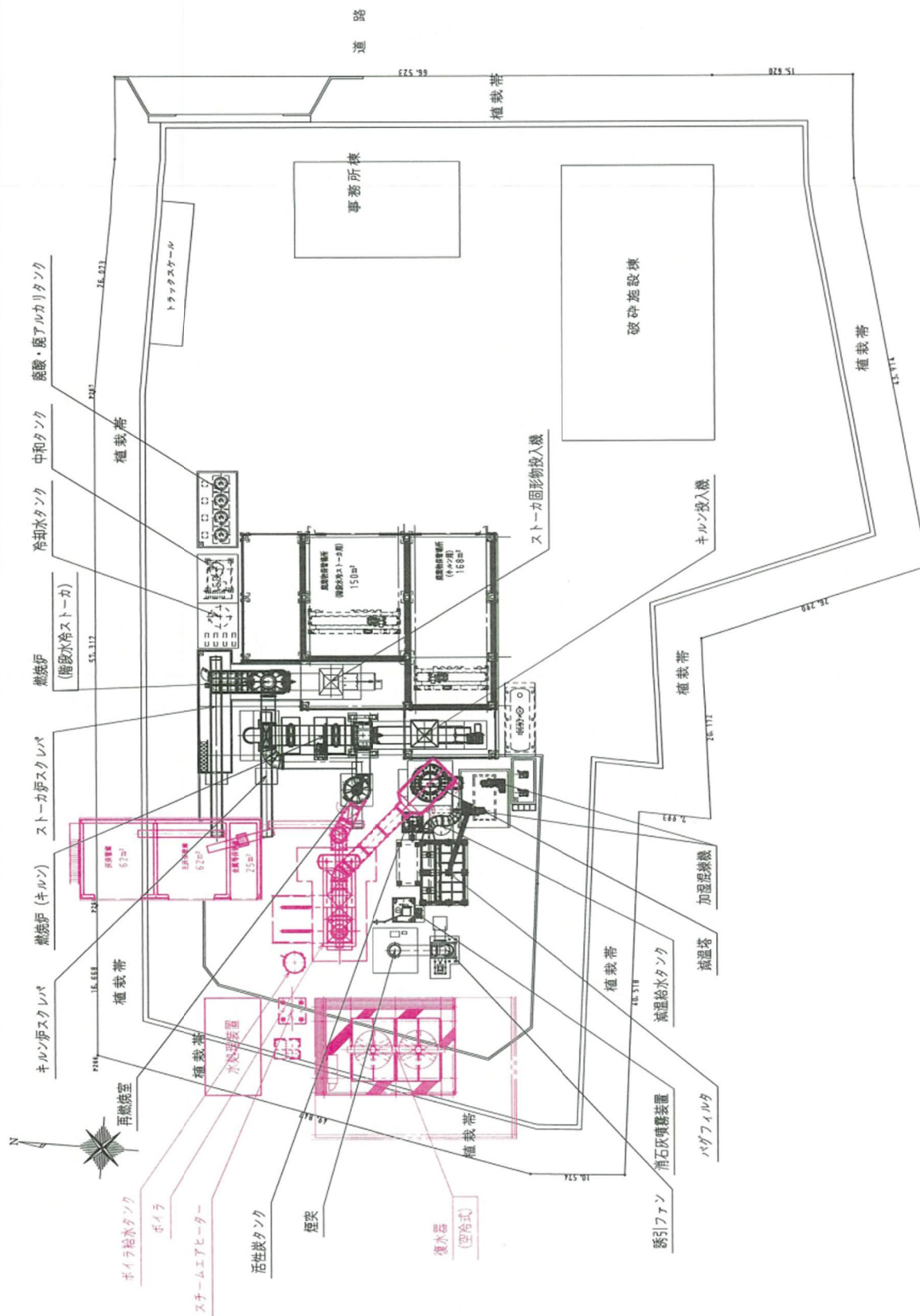
v: 蒸気流速 m/s

 $\mu$ : 摩擦係数

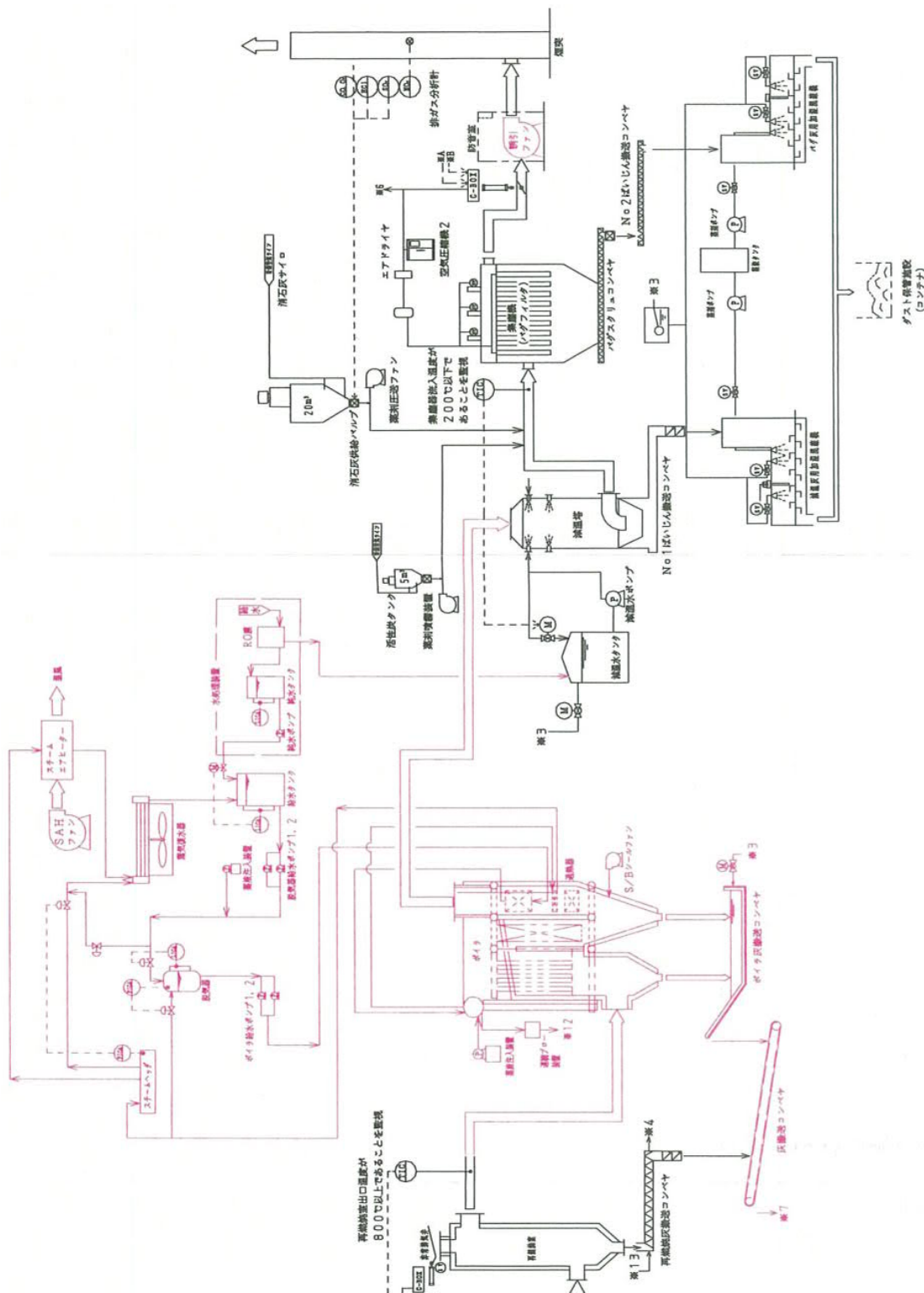


配置図

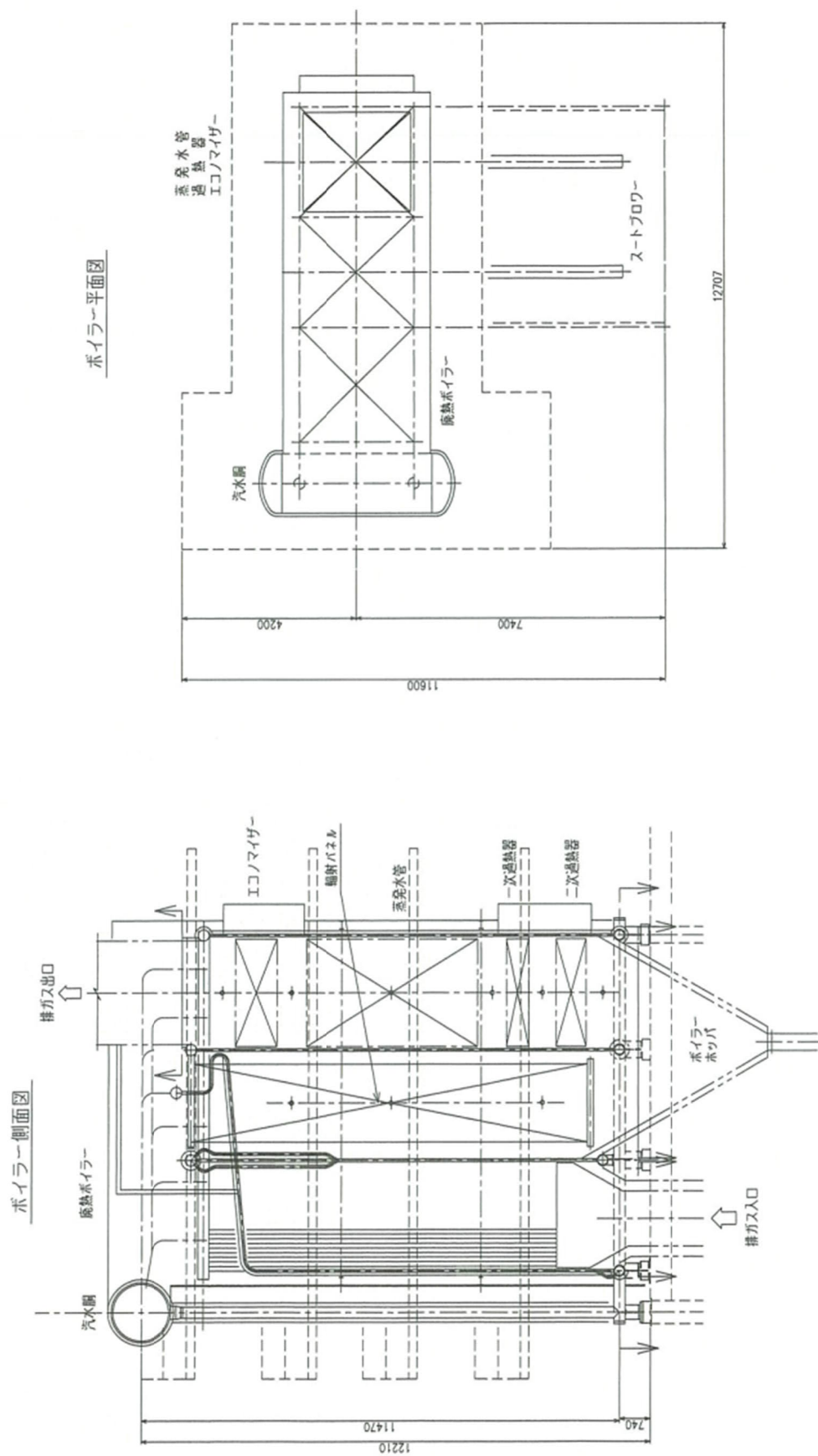
別図 3-3-3 配置図案 (蒸気管)



別図 3-3-4 蒸気回収設備の設備設計図



別図 3-3-5 蒸気供給設備の設計図



別図 3-3-6 蒸気供給設備の設計図 (ボイラ部分)

別添 3-5 熱の需給管理システムの操作説明資料



## 別添 3-4 熱の需給管理システムの操作説明資料

東海村実証実験

### 熱需給管理システム 説明資料

#### 目次

1. 画面起動
2. ログイン認証
  1. 認証成功
  2. 認証失敗
3. ユーザー権限
4. 画面操作
  1. 共通画面
    1. ヘッダー領域
    2. サイドメニュー領域
    3. ユーザーメニュー領域
    4. 画面個別領域
    5. メッセージ表示
  2. ログイン画面
  3. 熱需要実績・予測画面
4. 供給計画画面
  1. 当日・翌日
  2. 週間
  3. 月間
  4. 年間
5. 通知先メールアドレス設定画面
  1. 新規追加・編集
6. 請求金額一覧画面
7. 熱契約情報画面
8. パスワード変更画面



Copyright FORCOM Co., Ltd.

1

#### 1.画面起動

下記URLにアクセスすることによりログイン画面が表示されます。

URL : <https://heatdp.com/HeatEMS/>  
公開期間は2024年3月末までの予定



供給者（東海クリーン）  
ユーザーID : \_\_\_\_\_  
需要家（砂乾燥工場）  
ユーザーID : \_\_\_\_\_  
需要家（鑄造鉄工所）  
ユーザーID : \_\_\_\_\_  
需要家（干草残渣飼料化工場）  
ユーザーID : \_\_\_\_\_  
全ユーザー共通パスワード  
パスワード : \_\_\_\_\_

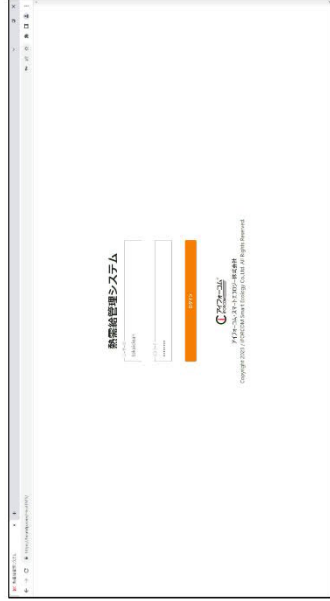


Copyright FORCOM Co., Ltd.

2

#### 2.ログイン認証

ユーザーIDとパスワードを入力しログインボタンを押下します。



Copyright FORCOM Co., Ltd.

3

## 2.ログイン認証

### 2-1.認証成功

認証に成功すると、熱需要実績・予測画面が表示されます。



### 2-2.認証失敗

認証に失敗すると、エラーメッセージが表示されます。正しい情報でログインしてください。



## 3.ユーザ権限

ユーザ権限には、「**需要家**」、「**供給者**」、「**システム管理者**」の3種類があります。

### 3-1.需要家

供給計画の閲覧が可能。

### 3-2.供給者

供給計画の編集が可能。

### 3-3.システム管理者

熱契約情報の編集が可能。

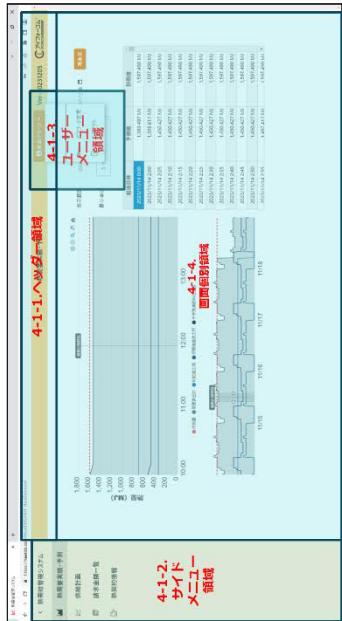
| 画面名          | 需要家 | 供給者 | 管理者 |
|--------------|-----|-----|-----|
| ログイン         | ○   | ○   | ○   |
| サイトメニュー      | ○   | ○   | ○   |
| パスワード変更      | ○※1 | ○※1 | ○※1 |
| ユーザーメニュー     | ○   | ○   | ○   |
| 熱需要実績・予測     | ○   | ○   | ○   |
| 供給計画(当日・翌日)  | ○   | ○※1 | ○※1 |
| 供給計画(週間)     | ○   | ○※1 | ○※1 |
| 供給計画(月間)     | ○   | ○※1 | ○※1 |
| 供給計画(年間)     | ○   | ○※1 | ○※1 |
| 通知先メールアドレス設定 | ○※1 | -   | ○※1 |
| 請求金額一覧       | ○   | ○   | ○   |
| 熱契約情報        | ○   | ○   | ○※1 |

※1：子午線のタイムゾーン設定が必須

## 4.画面操作

### 4-1.共通画面

各画面を以下4つの領域により構成されています。各領域に表示される内容を説明します。



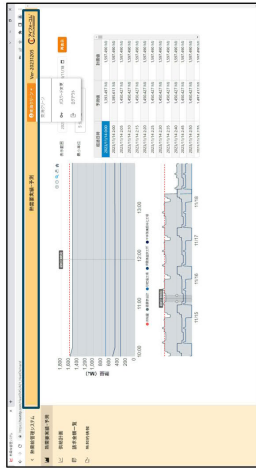
## 4.画面操作

### 4-1.共通画面

#### 4-1-1.ヘッダー領域

画面名称とログインユーザーが表示されます。

##### 【項目説明】



| 画面名称     | 入力 | 説明内容                                  |
|----------|----|---------------------------------------|
| ログインユーザー | -  | 表示されている画面名が表示されます。<br>例)熱線受発給・予測、供給計画 |

##### 【動作説明】

| ボタン名     | 動作説明               |
|----------|--------------------|
| ログインユーザー | ユーザーメニュー領域が表示されます。 |

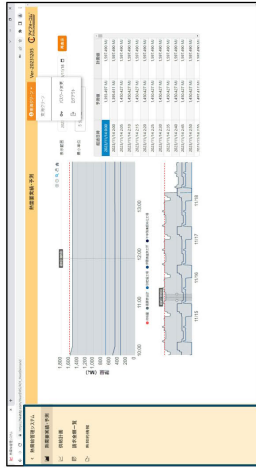
## 4.画面操作

### 4-1.共通画面

#### 4-1-2.サイドメニュー領域

供給計画画面や請求金額一覧画面等を表示するためのボタンが表示されます。

##### 【項目説明】



| 項目名    | 入力 | 説明内容                      |
|--------|----|---------------------------|
| システム名称 | -  | システム名称「熱線給排水システム」が表示されます。 |

##### 【動作説明】

| ボタン名         | 動作説明                   |
|--------------|------------------------|
| 熱線受発給・予測     | 熱線受発給・予測画面が表示されます。     |
| 供給計画         | 供給計画画面が表示されます。         |
| 通知先メールアドレス設定 | 通知先メールアドレス設定画面が表示されます。 |
| 請求金額一覧       | 請求金額一覧画面が表示されます。       |
| 熱線約情報        | 熱線約情報画面が表示されます。        |

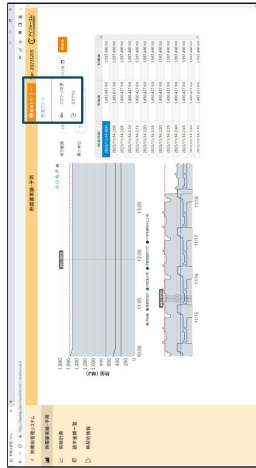
## 4.画面操作

### 4-1.共通画面

#### 4-1-3.ユーザーメニュー領域

パスワード変更、ログイン画面を表示するためのボタンが表示されます。

##### 【項目説明】



| 企業名 | 入力 | 説明内容                 |
|-----|----|----------------------|
| 企業名 | -  | ログインユーザーの企業名が表示されます。 |

##### 【動作説明】

| ボタン名    | 動作説明                    |
|---------|-------------------------|
| パスワード変更 | パスワード変更画面が表示されます。       |
| ログイン    | ログインが行われ、ログイン画面が表示されます。 |

## 4.画面操作

## 4.画面操作

### 4-1.共通画面

#### 4-1-5.メッセージ表示

各画面では処理時にエラーメッセージや確認メッセージおよび完了メッセージが表示されます。

#### エラーメッセージ

画面上部に赤枠で表示され、処理を中断します。

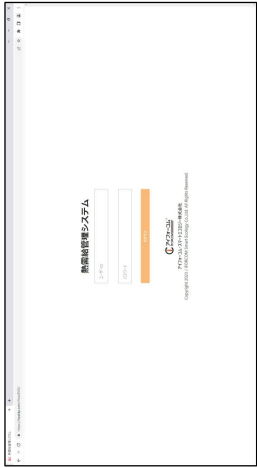
△. エラー No. (ID) の下は原因が記載されています。

#### 確認メッセージ

画面中央に表示され、OKを押下すると処理を開始します。キャンセルを押下すると戻ります。

#### 完了メッセージ

画面上部に処理が完了したことが表示されます。



【項目説明】

| 項目名    | 入力   | 説明内容                     |
|--------|------|--------------------------|
| ユーザーID | テキスト | 自身のユーザーIDを入力します。         |
| パスワード  | テキスト | 自身のパスワードを入力します。●で表示されます。 |

【動作説明】

| ボタン名 | 動作説明                         |
|------|------------------------------|
| ログイン | ログイン認証を行い、熱需要実績・予測画面が表示されます。 |

## 4.画面操作

## 4.画面操作

### 4-3.熱需要実績・予測画面①

供給量と需要量の実績値と予測値を表示し、需要と供給のバランスを表示します。



【項目説明】

| 項目名    | 入力    | 説明内容                                       |
|--------|-------|--------------------------------------------|
| 表示範囲   | カレンダー | システム日時の7日前～7日後の範囲で指定できます。                  |
| 最小単位   | フルダウン | データの表示単位を選択できます。<br>選択後は「15分単位」と「30分単位」です。 |
| <超過情報> |       |                                            |
| 超過日時   | -     | 需要予測値が供給計画値を超過する日時が表示されます。                 |
| 予測値    | -     | 需要予測値の合計が表示されます。                           |
| 計画値    | -     | 供給計画値が表示されます。                              |

【動作説明】

| ボタン名 | 動作説明                               |
|------|------------------------------------|
| 再表示  | 表示範囲で指定した範囲のデータを最小単位で設定した単位で表示します。 |

【項目説明】

| 項目名  | 入力 | 説明内容                                                                  |
|------|----|-----------------------------------------------------------------------|
| 供給量  | -  | 供給量の実績と計画が表示されます。                                                     |
| 需要実績 | -  | 需要量の実績と予測の合計値が表示されます。                                                 |
| 各需要家 | -  | 各需要家の需要量の実績と予測が表示されます。<br>※ログインユーザーの権限が「需要家」の場合は、<br>自己データのみの表示となります。 |

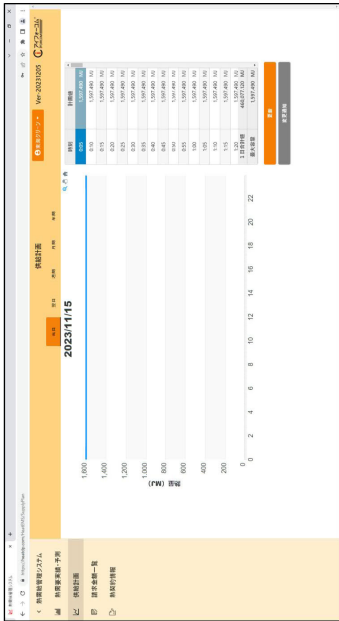
【動作説明】

| ボタン名    | 動作説明                         |
|---------|------------------------------|
| 各凡例(共通) | 表示と非表示が切り替わります。              |
| 需要実績    | 表示されている需要量の合計値が再計算され、表示されます。 |

## 4.画面操作

### 4-4.供給計画画面

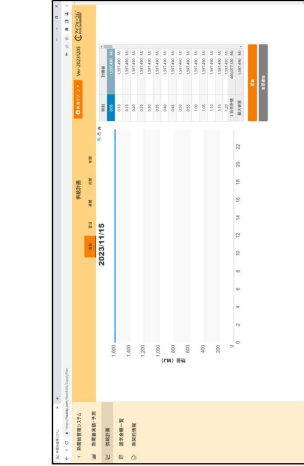
供給計画データが表示されます。  
ログインユーザーの権限が「供給者」のみ計画値の登録・更新が出来ます。



## 4.画面操作

### 4-4.供給計画画面

4-4-1.当日・翌日  
当日(翌日)の計画値が5分単位で表示されます。



#### 【項目説明】

| 項目名   | 入力 | 説明内容                                |
|-------|----|-------------------------------------|
| 時刻    | -  | 00:00~23:55までの時刻が5分単位で表示されます。       |
| 計画値   | 数値 | 整数10桁・小数3桁まで入力できます。 <b>必須入力</b> です。 |
| 1日合計値 | -  | 表示日の供給計画値の合計が表示されます。                |
| 最大容量  | -  | 計画値の最大値が表示されます。                     |

#### 【動作説明】

| ボタン名 | 動作説明                         |
|------|------------------------------|
| 更新   | 入力された内容を保存します。               |
| 変更通知 | 全ての供給計画で未通知の変更を通知先の宛先へ通知します。 |

## 4.画面操作

### 4-4.供給計画画面

4-4-2.週間  
翌週(翌々週)の計画値が1日単位で表示されます。  
土曜日を境に表示期間が変更されます。

#### 【項目説明】



| 項目名       | 入力    | 説明内容                               |
|-----------|-------|------------------------------------|
| <供給計画>    |       |                                    |
| 日付        | -     | 翌週(翌々週)の日付が表示されます。                 |
| 計画値       | 数値    | 整数7桁・小数3桁まで入力できます。 <b>必須入力</b> です。 |
| <メンテナンス日> |       |                                    |
| メンテナンス日   | カレンダー | メンテナンス日が表示されます。任意入力です。             |

【動作説明】

| ボタン名 | 動作説明                         |
|------|------------------------------|
| 更新   | 入力された内容を保存します。               |
| 変更通知 | 全ての供給計画で未通知の変更を通知先の宛先へ通知します。 |

## 4.画面操作

### 4-4.供給計画画面

#### 4-4-4.年間

翌年度(翌々年度の)計画値が月単位で表示されます。  
3月26日を境に表示期間が変更されます。

【項目説明】

| 項目名    | 入力 | 説明内容                                |
|--------|----|-------------------------------------|
| <供給計画> |    |                                     |
| 日付     | -  | 翌年度(翌々年度)の月が表示されます。                 |
| 月合計量   | 数値 | 整数10桁,小数3桁まで入力できます。 <b>必須入力</b> です。 |
| 月最大容量  | 数値 | 整数7桁,小数3桁まで入力できます。 <b>必須入力</b> です。  |

【動作説明】

| ボタン名 | 動作説明                         |
|------|------------------------------|
| 更新   | 入力された内容を保存します。               |
| 変更通知 | 全ての供給計画で未通知の変更を通知先の宛先へ通知します。 |



Copyright FORCOM Co., Ltd.

20



Copyright FORCOM Co., Ltd.

21

## 4.画面操作

### 4-5.通知先メールアドレス設定画面

#### 4-5-1.新規追加・編集

通知先名称・メールアドレスが表示され、登録することができます。

【項目説明】

| 項目名        | 入力   | 説明内容                           |
|------------|------|--------------------------------|
| 通知先名称      | テキスト | 20文字まで入力できます。 <b>必須入力</b> です。  |
| 通知先メールアドレス | テキスト | 100文字まで入力できます。 <b>必須入力</b> です。 |

【動作説明】

| ボタン名  | 動作説明           |
|-------|----------------|
| キャンセル | 入力された内容を破棄します。 |
| 更新    | 入力された内容を保存します。 |



Copyright FORCOM Co., Ltd.

22



Copyright FORCOM Co., Ltd.

23

## 4.画面操作

### 4-5.通知先メールアドレス設定画面

供給計画の変更や需要超過の通知先メールアドレスの一覧が表示されます。

【項目説明】

| 項目名        | 入力       | 説明内容                     |
|------------|----------|--------------------------|
| 通知先名称      | -        | 通知先メールアドレスに紐づく名称が表示されます。 |
| 通知先メールアドレス | -        | 通知先メールアドレスが表示されます。       |
| 削除         | チェックボックス | 削除用のチェックボックスが表示されます。     |

【動作説明】

| ボタン名 | 動作説明                                               |
|------|----------------------------------------------------|
| 必要署名 | ログインユーザーの所属署名が表示されます。<br>供給者であれば、紐づく全ての需要家が選択できます。 |
| 送信   | 押下した行のメールアドレス宛にテストメールを送信します。                       |
| 編集   | 押下した行の通知先名称・メールアドレスを編集します。                         |
| 新規追加 | 通知先名称・メールアドレスを登録します。                               |
| 更新   | 入力された内容(削除チェック)を保存します。                             |

### 4-6.請求金額一覧画面

請求対象月毎の請求額の一覧が表示されます。

【項目説明】

| 項目名      | 入力 | 説明内容                 |
|----------|----|----------------------|
| 請求対象月    | -  | YYYY/MMの形式で表示されます。   |
| 期間       | -  | 請求対象月の期間が表示されます。     |
| 請求額      | -  | 対象月の請求額が表示されます。      |
| 使用量      | -  | 対象月の使用量が表示されます。      |
| 最大デマンド   | -  | 対象月の最大デマンドが表示されます。   |
| CO2排出削減量 | -  | 対象月のCO2排出削減量が表示されます。 |
| コスト削減額   | -  | 対象月のコスト削減額が表示されます。   |

【動作説明】

| ボタン名 | 動作説明                                               |
|------|----------------------------------------------------|
| 必要署名 | ログインユーザーの所属署名が表示されます。<br>供給者であれば、紐づく全ての需要家が選択できます。 |



Copyright FORCOM Co., Ltd.

22



Copyright FORCOM Co., Ltd.

23

## 4.画面操作

### 4-7.熱契約情報画面

料金単価や検針日等の契約情報が表示されます。

【項目説明】

| 項目名      | 入力    | 説明内容                     |
|----------|-------|--------------------------|
| 基本料金単価   | 数値    | 整数7桁/小数2桁まで入力することができます。  |
| 使用料金単価   | 数値    | 整数7桁/小数2桁まで入力することができます。  |
| 契約最大瞬間熱量 | 数値    | 整数10桁/小数3桁まで入力することができます。 |
| 検針日      | プルダウン | 1~28日の中から選択できます。         |

【動作説明】

| ボタン名 | 動作説明                                                   |
|------|--------------------------------------------------------|
| 必要署名 | ログインユーザーの署名署名が表示されます。<br>印刷者・管理者であれば、紐づく全ての需要家が選択できます。 |
| 更新   | 入力された内容を保存します。                                         |

## 4.画面操作

### 4-8.パスワード変更画面

パスワードを変更することができます。

【項目説明】

| 項目名           | 入力   | 説明内容                                       |
|---------------|------|--------------------------------------------|
| 現在のパスワード      | テキスト | 20文字まで入力することができます。必須入力です。                  |
| 新しいパスワード      | テキスト | 20文字まで入力することができます。必須入力です。<br>※1 入力制限があります。 |
| 新しいパスワード(再確認) | テキスト | 20文字まで入力することができます。必須入力です。                  |

※1 新しいパスワードは以下の3つの条件を満たす必要があります。  
・12文字以上  
・大英字/小英字/数字/記号を全て含む  
・上記2点を満たす現在のパスワードと異なるパスワード

【動作説明】

| ボタン名 | 動作説明           |
|------|----------------|
| 更新   | 入力された内容を保存します。 |



## 第4章 自治体における展開可能性の検討

本業務では、自治体における展開可能性の検討を行った。具体的には、一般廃棄物処理施設整備の観点から蒸気利用の波及に向けた課題の整理として、熱供給普及の為に、現在外部熱供給を行っている事例をとりまとめた。また、過年度に行った自治体向けアンケート及びヒアリングから得られたデータを整理した課題を抽出し、課題解決に向けた考察を行った。本課題解決については有識者及び焼却炉プラントメーカー意見交換会のメンバーにも協力いただいた。また、先行事例から、焼却炉側からみた技術・法制度・データ共有上の課題を整理してとりまとめた。表4-1に業務目標及び達成事項を示す。

表4-1 業務目標及び達成事項

| 項目         | 内容                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 採択時の技術の状況  | 自治体の次期廃棄物処理計画における焼却炉の位置づけに、蒸気利用をする認識が広まっていない。                                                                                                                                                                                                             |
| 本実証の最終目標   | プラントメーカー及び自治体の視点を集約し、焼却施設からの蒸気利用に向けた技術・法制度・データ共有上の課題の整理を行う。                                                                                                                                                                                               |
| これまでの達成事項  | <p><u>令和3年度</u><br/>自治体向けアンケート調査を行い、ごみ焼却施設からの蒸気利用の事例を体系的に整理した。また、先行事例および有識者へのヒアリング調査等を通じてごみ焼却施設からみた技術・法制度・データ共有上の課題整理を行った。</p> <p><u>令和4年度</u><br/>自治体向けアンケート及びヒアリング内容から課題を整理した。先行事例として横浜市と恵庭市を対象としてヒアリング調査を行った。<br/>焼却施設メーカーが参加する「意見交換会」の場で発表し、議論した。</p> |
| 令和5年度の業務目標 | 産業への熱利用の具体策を自治体への施設整備オプションとして、2030年ごろの焼却施設更新時期を見据えたポテンシャルを把握し、自治体へ提供しうる焼却熱の産業利用に関する情報を作成する。それらを推進しうる、具体的な要件を提示する。                                                                                                                                         |
| 令和5年度の達成事項 | 展開可能性の具体的な検討として、第5章と連携して、各自治体の廃棄物処理施設の更新時期を廃止時期として集約シナリオのケーススタディのためのデータ収集・整理を行った。その対象地域は、東海クリーンが位置する茨城県とした。前年度に引き続き、自治体及び民間事業者へ、熱利用に関するヒアリング調査を行った。これら及び第2、3、6章の成果を、プラントメーカーとの意見交換会で共有し、熱利用の普及に関する課題について意見交換を実施し、焼却炉側目線での課題を把握した。                         |
| 最終達成事項     | 過年度から行った自治体及び民間事業者へ、熱利用に関するヒアリングを行い、熱利用の課題を抽出できた。その課題をプラントメーカー、有識者の協力により、普及に向けた課題を把握できた。その結果、本実証の最終目標である廃棄物焼却施設からの熱回収の高度化に向けた普及シナリオを取りまとめるための基礎的情報を把握することができた。                                                                                            |

#### 4.1 焼却施設からの蒸気利用の波及に向けた課題の整理

##### (1) 一般廃棄物処理施設整備の観点から蒸気利用の波及に向けた課題の整理

熱利用の先行事例実施機関を選定し、現地及びヒアリング調査し、情報収集した。

##### 1) 熱供給配管・システム制御・運営に関する事例

多数の場所に熱供給を行うには、配管やシステム制御、運営も重要である。ここでは、京葉ユーティリティでは廃棄物を燃料として扱っていない。しかし、コンビナートで熱供給を行っている事業者として参考になると考え、京葉ユーティリティのシステムを視察させていただいた。得られた情報を以下に示す。

事業者名：京葉ユーティリティ株式会社

場 所：千葉県船橋市

施設概要：船橋市の京葉食品コンビナート内にある京葉ユーティリティでは、食品関連企業に電力・工業用水・蒸気の供給、各工場からの排水処理や防災システム等、コンビナートの総合管理・運営を行っている。今回は当該施設で行われている蒸気供給について、経緯、システム、運用などを調査した。



図 4.1-1 京葉食品コンビナート航空写真(赤角部が京葉ユーティリティ)

沿 革：京葉食品コンビナート協議会の発足は、農林水産省の食品工業団地形成促進要綱（昭和 45 年 9 月 18 日付 45 農経 C 第 2903）、京葉地区食品工業団地マスタープラン（昭和 46 年）に基づき、三井物産株式会社が京葉食品コンビナート形成適正業種並びに適正参加企業の選定を行ない、昭和 48 年 7 月 5

日参加予定企業 11 社を以て「京葉食品コンビナート協議会創立総会」を開催し正式に発足しました。その後 10 月に京葉ユーティリティ株式会社を設立した。図 4.1-1 に京葉食品コンビナート航空写真、図 4.1-2 に京葉ユーティリティボイラー構成図、図 4.1-3 に京葉ユーティリティ写真を示す。京葉食品コンビナートの構内図や会員は、次の URL で確認できる。

[https://www.kfc230307.org/about\\_company\\_map.html](https://www.kfc230307.org/about_company_map.html)

- 情報：・ボイラを自社工場で操業する場合、ボイラ技士資格保有者、設置場所、配管、燃料、純水、薬剤、定期検査、維持管理、イニシャル、ランニング事務等の様々なことを考えねばならない。これを共同で行った場合、配管と使用量だけの心配だけでよいのはコストメリットがかなり大きいと思う。排水処理も工場単体で行うよりも効率的になっている。広域化、共同化の参考になる。
- ・京葉ユーティリティは蒸気を各所に供給するシステムができており、ここのガスボイラを廃棄物焼却ボイラに置き換えるのが一案である。しかし、ごみ焼却炉はごみを処理するのが第一の目的であり、ガスボイラのように負荷変動に応じて燃焼量を調整するのは困難である。ごみ焼却炉で負荷変動に応じた運転をするには、アキュムレータで貯留する等があるが、貯留できる量がしれている。負荷調整は炉の燃焼で行い、それが出来る炉にすること、ごみのマスを揃えて、燃料的な形に調整すればよいと考えられる。また、カロリーを均一化するために、異物はなるべく除去する方が良くと考えられる。現在の焼却炉を使用した熱供給も可能だが、よりフレキシブルな運転をするのであれば、そのような工夫がいと考えられる。

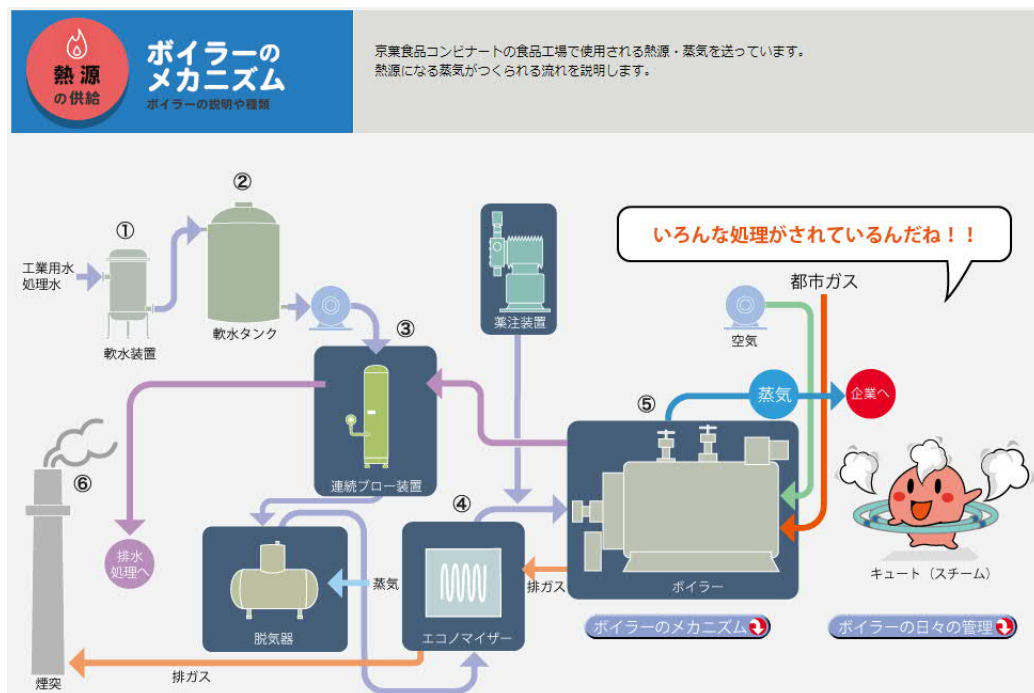


図 4.1-2 京葉ユーティリティのボイラー構成図

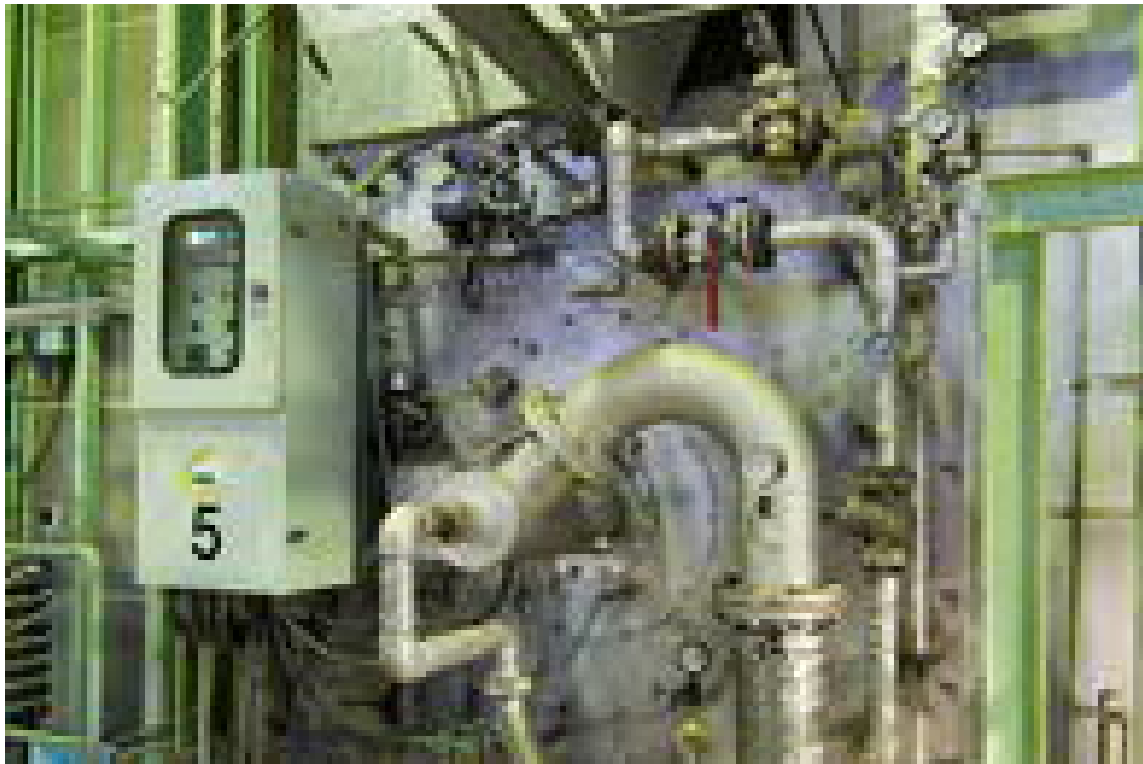


図 4.1-3 京葉ユーティリティ設備外観（上：ボイラ、下：配管ラック）

## (2) アンケート及びヒアリングの整理と考察

過年度に、自治体向けアンケート及びヒアリング及び、そのとりまとめを行い、課題と対策を検討した。今年度は、過年度作成したものに対し、新たに得られた情報を追加して更新した。アンケート・ヒアリングの結果を表 4.1-1 に示す。表中の「ア」はアンケート、「ヒ」はヒアリングを指す。

表 4.1-1 自治体向けアンケート、ヒアリングの課題と対策（令和5年度更新）

凡例 ア:アンケート、ヒ:ヒアリング

| 課題と対策                     | アンケート・ヒアリング結果<br>(現状、事実)                                                                           | 回答<br>件数                 | 課題(あるべき姿)                                                                                 | 解決方策(案)                                                                                                |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 技術面<br>↓<br>技術ガイド<br>ライン化 | 配管設計<br>・ 場外への高温高压な蒸気供給は安全性に気を遣う必要があり、蒸気配管の経路及び復水の扱いに関する安全性の確保面が連携の障壁になっていることがわかった。                | ア<br>【5】<br>ヒ<br>【4】     | 安全性を確保するための情報が、配管設計指針としてわかりやすく取りまとめられていて、入手しやすい状況にある。<br>・ 配管材質等の仕様の基本情報。<br>・ 安全性確保のコスト。 | ・ 安全性を確保するための情報を探して、必要な人に案内できるようにする。                                                                   |
|                           | トラブル対応<br>・ 焼却炉の故障や停電による稼働停止があった場合に需要家にどのような補償が必要になるか、対応ができるか不安があることが分かった。                         | 自治体<br>ヒア<br>リ<br>ン<br>グ | 不測の事態においても、稼働停止リスクのない設計をしておく。                                                             | ・ 30分程度の停止時間であればアキュムレータの導入で対策する。<br>・ それより長時間の場合は、既存ボイラがあるならばバックアップとして温存しておく。                          |
|                           | 安定供給<br>・ 廃棄物の性状によって、蒸気量が不安定になるのではないかと、需要家側が不安になることがある。                                            | 自治体<br>ヒア<br>リ<br>ン<br>グ | 需要側が、安定供給できると認識している。                                                                      | ・ 燃料のカロリーを把握し、一定を保てるよう運転する。その実績データを蓄積しておく。<br>・ 海外での成功事例を示し、日本の技術が使われていることを示す。<br>・ ピット内での廃棄物均一化を実践する。 |
|                           | 運転制御<br>・ 変動する需要に対し、既存の発電と追加する蒸気供給とのハイブリットを行う場合の運転操作について、どのような構成比で実施するのかの検討・実施が難しいと考えられていることが分かった。 | ア<br>【2】<br>ヒ<br>【3】     | 電気と蒸気の需給バランスを把握して、供給制御できる仕組みが構築されて、効率的な運用が行える。                                            | ・ 発電と蒸気のハイブリット事例の仕組みの解説資料を作る。                                                                          |

|                                  |                                                                                                                                |                       |                                                                                           |                                                                                 |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 運用面<br>↓<br>事例紹介コ<br>ンテンツの<br>作成 | 責任分界点の設定<br>・事業に必要な設備を定置する場合の責任分界点を、ごみ焼却施設の敷地境界に置く場合、熱供給先の敷地境界に置く場合など、責任分界点設定方法に多様性があることが分かった。                                 | ア<br>【21】<br>ヒ<br>【9】 | 事業実施時に問題が生じても適切に対処できるように、責任分界点を適正に設定し、需要側・供給側の全体設計を行うことができる。                              | 責任分界点の設定方向と事業実施状況を事例から、関係法令が求める条件等を整理する。                                        |
|                                  | 関係者調整コストの高騰<br>・制御盤やその電源確保の設置が、需給関係にない関係者の敷地に設置が必要となる場合の対処方法の情報を求めている。<br>・他部局を跨いだ調整を行う場合に、事業主体がすべて調整を図ることに苦労が多いと感じていることがわかった。 | 自治体<br>ヒアリング          | 熱利用の高度化により脱炭素が促進することが、関係者の共通認識になっている状況があること。（協力が得やすい）                                     | 事業予算を一般会計からではなく、特別会計として支出できるようにすることで、協力が得やすくなる可能性がある。                           |
|                                  | 既存立地と誘致<br>・自治体エリア内に熱供給先が無いという立地の問題が大きい現状がある。                                                                                  | ア<br>【11】<br>ヒ<br>【0】 | 焼却炉側では、自治体エリア内の熱利用可能事業者の存在と蒸気等需要の有無が把握出来ている。<br>新規に建設する場合には、熱供給の立地を考慮して建設することが当たり前になっている。 | 熱需要データベースやマッピングを行う。熱供給の検討に用いる情報を提供できるようにする。                                     |
|                                  | 稼働情報の共有<br>・年間の蒸気需要変動への対応、供給停止時のバックアップの考え方、需要側の現在の燃料条件など、事業採算性を算出するが、これをCO <sub>2</sub> 換算することが難しいとする自治体が多いことがわかった。            | ア<br>【43】<br>ヒ<br>【0】 | CO <sub>2</sub> 削減のインセンティブの課題と算出の方法が定まっており、それに基づき、事業採算とCO <sub>2</sub> 削減量の算出をすることができる。   | 事業実施前に事業採算性とCO <sub>2</sub> 削減量の算出を詳細に検討するツールを作成する。                             |
|                                  | 持続的経営の担保<br>・供給先の事業者が熱利用事業を中止及び倒産するリスクがあるなどの経営状況を不安視することが分かった。                                                                 | ア<br>【1】<br>ヒ<br>【0】  | 需要側、供給側間で密に情報共有することが必要であり、供給先の経営状況により供給停止に至るなどのリスクを回避して事業実施する。                            | 需要側と供給側が良好な関係性を構築している自治体のノウハウを調査する。                                             |
|                                  | 蒸気価格情報<br>・事業者への公平性の問題から、供給単価は秘密情報としており、アンケートやヒアリングでは、実態情報を取得できなかった。                                                           | ア<br>【0】<br>ヒ<br>【3】  | 自治体から事業者へホームページによる情報公開等、公平性を確保した事業であることが公開されている。                                          | ・熱供給事業を行っている自治体から住民、事業者への公表の手法について事例調査を行う。<br>・蒸気価格は秘密情報として取り扱い、統計的な値を出せるようにする。 |

|                                                    |                                                                                                                                                                         |                                 |                                                                             |                                                                                                                |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>政策面<br/>↓<br/>・交付金要件への盛り込み<br/>・啓発ウェブサイトの設置</p> | <p>熱供給事業の周知</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・焼却施設では、熱供給事業法があることが知られていない。</li> <li>・補助金があるが知られていない</li> <li>・自分たちの事業が補助金適用に該当することに気が付いていないことが分かった。</li> </ul> | <p>ア<br/>【83】<br/>ヒ<br/>【0】</p> | <p>熱供給を行おうとする自治体が、事業計画を作成する際に、把握すべき関係法を容易に知ることができる。</p>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・熱供給事業法など関係法令のリストを作成し、共有できるようにする。関心のある層での認知具合も確認する。</li> </ul>          |
|                                                    | <p>啓発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・アンケートで事業説明をしたところ、FS 及び設備導入等への補助金の要望が多いことがわかった。</li> </ul>                                                             |                                 | <p>熱供給事業（蒸気、気流、温水）の補助金が、自治体に認知されている状況になっている。</p>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>・補助金の適用要件をわかりやすい脱炭素シナリオとして、伝える。</li> </ul>                              |
|                                                    | <p>マッチング</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・現状の焼却施設の近傍に需要先が存在しないケースが多い。</li> <li>・需要先が存在しても、その更新計画に熱利用が盛り込まれていないケースが多い。</li> </ul>                             | <p>ア<br/>【82】<br/>ヒ<br/>【3】</p> | <p>自治体が焼却施設の更新計画を立てるときに、近傍の需要先が把握できること。現状が難しくとも、更新計画では熱利用が必ず盛り込まれていること。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・需要先が存在し、更新計画を策定する場合は、熱利用の可能性を確認することを、補助金交付要件に含め、マッチングを推進する。</li> </ul> |
|                                                    | <p>廃棄物の量と質の変化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・将来、人口減及び製品プラのリサイクルが進んだ場合にカロリーや量の減少がどの程度まで進行するか、に不安があることがわかった。</li> </ul>                                      | <p>自治体<br/>ヒアリング</p>            | <p>焼却物の性状が予測できる社会になること。</p>                                                 | <p>過度なリサイクルに偏らない処理を選択することで、リサイクル可能ではない低品位な廃棄物を特定できるようになる。</p> <p>バイオマス活用の推進により、カロリー低下を抑制できる。</p>               |
|                                                    | <p>需要先の選定</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・どのように需要先を選定すればよいか。</li> </ul>                                                                                     | <p>自治体<br/>ヒアリング</p>            | <p>公平性を担保する形で選定すべき。</p>                                                     | <p>周辺の対象範囲を決めて、焼却施設から一定の距離内にある工場すべてに事業を周知して関心企業を公募する。</p>                                                      |

### （３）熱融通の焼却炉側からみた技術・法制度・データ共有上の課題整理

一般廃棄物に関する現行の法制度等において、大規模熱利用や焼却熱の産業利用が廃棄物処理の広域化及び合理化、脱炭素に結びつくものとなっているかについて、各法令でどのような記載がみられるかについて調査した。

#### １）検討の枠組み

検討の枠組みは、公的文書の階層を、思想、戦略、法律、方針・計画、事業・ツールの５階層とした。概念社会浸透に向けた政策の階層を図 4.1-4 に示す。把握・整理では、思想・戦略・法令・制度・ツールを抽出し、それぞれにどのようにインセンティブが仕組まれているかを確認した。サーキュラーエコノミーの社会実装について整理した場合の整理方法を以下に示す。

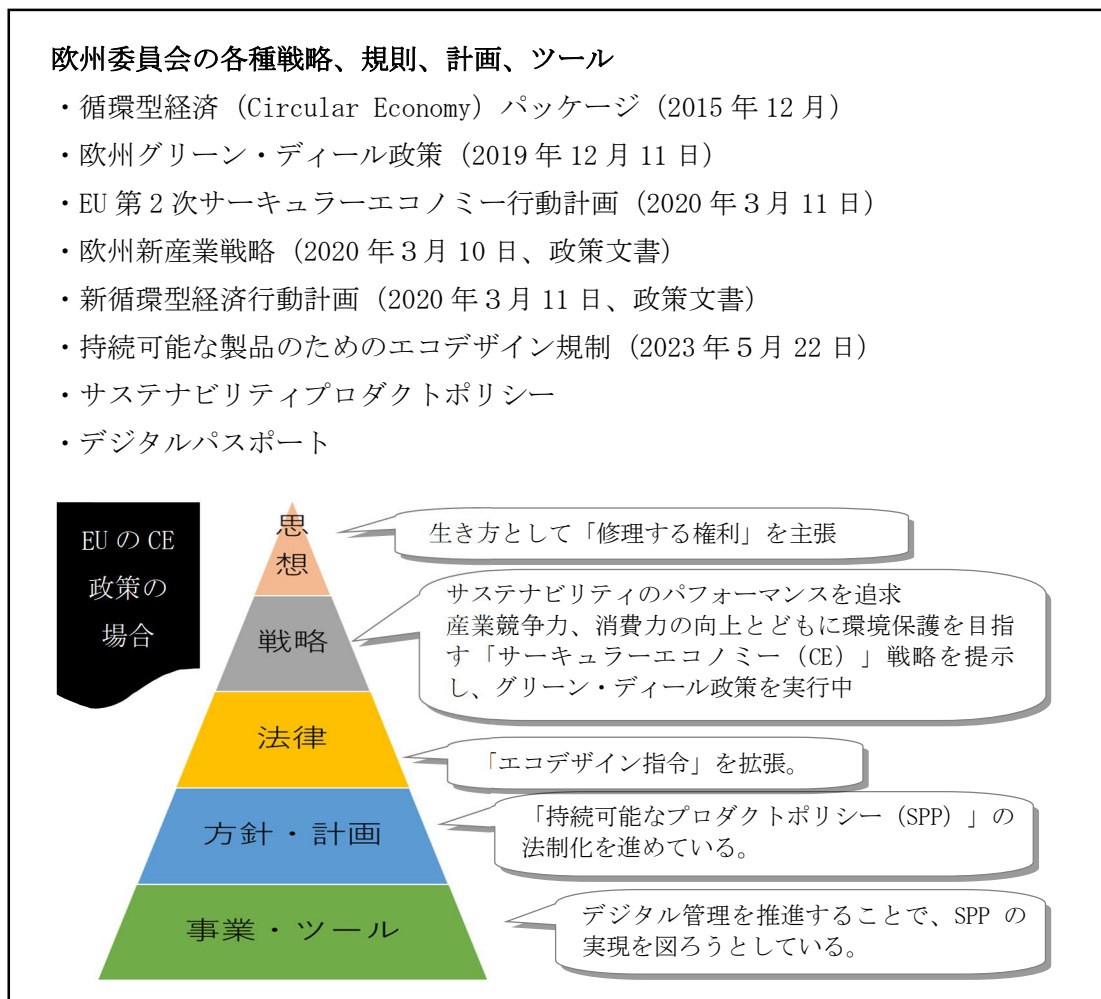


図 4.1-4 概念社会浸透に向けた政策の階層（EU サーキュラーエコノミーの場合）

## 2) 確認情報の収集

廃棄物熱利用や循環経済構築に関する主だった公的文書を収集した。表 4.1-2 に示す。  
また、循環型社会形成推進基本計画の改定スケジュールを図 4.1-5 に示す。

表 4.1-2 焼却熱の産業利用に関連する法令

| カテゴリ   | 文書                                               | 所管  | 備考                |
|--------|--------------------------------------------------|-----|-------------------|
| 思想     | 環境基本法                                            | 環境省 |                   |
| 戦略     | 自立志向型の資源自律型経済戦略                                  | 経産省 | R5 年 3 月策定        |
|        | 脱炭素成長型経済構造移行推進戦略 (GX 推進戦略)                       | 経産省 | R5 年 7 月閣議決定      |
|        | 企業内容等の開示に関する内閣府令等の改正                             | 金融庁 | R5 年 1 月策定        |
|        | 環境研究・環境技術開発の推進戦略                                 | 環境省 | R1 年 5 月環境大臣決定    |
| 法律     | 循環型社会形成推進基本法                                     | 環境省 |                   |
|        | 廃棄物の処理及び清掃に関する法律                                 | 環境省 |                   |
|        | 廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令                              | 環境省 |                   |
|        | 科学技術・イノベーション創出の活性化に関する法律                         | 内閣府 |                   |
|        | エネルギー供給構造高度化法                                    | 経産省 |                   |
| 方針・計画  | 第 6 次環境基本計画                                      | 環境省 | R6 年 4 月策定予定      |
|        | 第 5 次循環型社会形成推進基本計画                               | 環境省 | R6 年 6 月策定予定      |
|        | 廃棄物処理施設整備計画                                      | 環境省 | R5 年 6 月 30 日閣議決定 |
|        | 適正処理推進の基本的な方針                                    | 環境省 | R5 年 6 月 30 日閣議決定 |
|        | 第 4 次循環計画第 2 回点検<br>循環経済工程表                      | 環境省 | R4 年 9 月          |
|        | 廃棄物・資源循環分野における 2050 年温室効果ガス排出実質ゼロに向けた中長期シナリオ (案) | 環境省 | R3 年 8 月          |
|        | 第 6 期科学技術・イノベーション基本計画                            | 内閣府 | R3 年 3 月閣議決定      |
|        | 第 5 次社会資本整備重点計画                                  | 国交省 | R8 年改訂予定          |
| 事業・ツール | 循環型社会形成推進交付金要件                                   | 環境省 |                   |
|        | 各種・委託事業                                          | 環境省 |                   |
|        | 環境研究総合推進費                                        | 環境省 |                   |
|        | 脱炭素先行地域の交付要件                                     | 環境省 |                   |
|        | 廃棄物熱回収施設設置者認定制度                                  | 環境省 |                   |

注 1) 色付きの文書は、次項で内容を紹介する。

### 2023年

- 4月 : 循環型社会部会において検討のキックオフ
- 6月～ : 先進事例等のヒアリング
- 9～10月 : 具体的指針取りまとめ

### 2024年

- 2月 : 第五次循環基本計画原案取りまとめ
- 3月 : パブリックコメント
- 6月 : 第五次循環基本計画の閣議決定 (予定)

図 4.1-8 循環型社会形成推進基本計画の改定スケジュール

### 3) 内容確認

#### ①環境戦略・環境技術開発推進戦略

資源循環領域では、「廃棄物処理やリサイクル、エネルギー回収における最適なシステムの開発が期待される」とされている。焼却熱利用は、発電を中心に書かれてある。研究開発の方向性として、重点課題 10 にて、「リサイクルが困難な可燃性廃棄物の多段階での循環利用に関する効率化に向けた研究・技術開発」が必要、と例示されている。

【重点課題⑩】地域循環共生圏形成に資する廃棄物処理システムの構築に関する研究・技術開発

環基本計画における中長期的な方向性に基づき、「地域循環共生圏」を形成するためには、循環資源や再生可能資源などの地域資源を持続可能な形で最大限活用していくことが重要である。～中略～ 加えて、リサイクルが困難な可燃性廃棄物の多段階での循環利用に関する効率化も重要である。

#### ②新たな循環型社会形成推進基本計画の策定のための具体的な指針（案）

8 月開催の循環型社会部会において、動静脈連携の取組の拡大やそれによる脱炭素化に関する記述が追加された。以下に、10 月に閣議決定された内容を示す。

1. 循環型社会形成に向けた循環経済への移行による持続可能な地域と社会づくり
  - また、循環経済への移行を通じて、資源の効率的な使用、長期的利用や循環利用、ライフサイクル全体での化学物質や廃棄物の適正管理を進めることにより新たな天然資源の投入量・消費量の抑制等を図ることが資源の採取時等における生物多様性や大気、水、土壌などの保全、自然環境や水ストレスへの影響を低減するという観点からも重要であることを踏まえ、循環経済とネイチャーポジティブに関する統合的な施策についても示す。
2. 動静脈連携によるライフサイクル全体での徹底的な資源循環
  - 静脈側においては、企業や地域における先進的な事例を踏まえ、動静脈連携の取組を全国に広げていくための施策や、静脈側の資源循環に係る情報を活用し、動静脈連携や脱炭素化を促進するための施策など、循環型社会を実現するために必要な静脈産業の脱炭素型資源循環システムを構築するための施策について示す。
3. 多種多様な地域の循環システムの構築と地方創生の実現
  - (2) 循環システムづくりを支える広域的取組
    - 地域金融機関も含めた循環分野の経済活動による地域の活性化と地域の課題解決への貢献を両立する施策について示す。
    - 資源循環に関する施策の先行地域の取組について、広く情報収集するとともに、収集した情報を整理・共有し、取組を全国的に横展開していくための施策について示す。
    - 各地域における徹底的な資源循環や脱炭素、地域コミュニティづくり等の多様な目的を促進するため、分散型の資源回収拠点ステーションやそれに対応した施設の整備等の地域社会において資源循環基盤となる取組の構築に向けた施策や、生活系ごみ処理の有料化の検討・実施や廃棄物処理の広域化・集約的な処理、地域の特性に応じた効果的なエネルギー回収技術を導入する取組等を地域で実践するための施策について示す。

### ③廃掃法施行令/廃棄物熱回収施設設置者認定制度

ごみをエネルギーとして使うために必要な措置として設定されている。廃棄物熱回収施設設置者認定制度の特例を以下に示す。

#### 廃掃法（熱回収の機能を有する一般廃棄物処理施設に係る特例）

**第九条の二の四** 第八条第一項の許可に係る一般廃棄物処理施設であつて熱回収（廃棄物であつて燃焼の用に供することができるものを熱を得ることに利用することをいう。以下同じ。）の機能を有するもの（以下この条において「熱回収施設」という。）を設置している者は、環境省令で定めるところにより、次の各号のいずれにも適合していることについて、都道府県知事の認定を受けることができる。

- 一 当該熱回収施設が環境省令で定める技術上の基準に適合していること。
- 二 申請者の能力が熱回収を的確に、かつ、継続して行うに足りるものとして環境省令で定める基準に適合するものであること。

**2** 前項の認定は、環境省令で定める期間ごとにその更新を受けなければ、その期間の経過によつて、その効力を失う。

**3** 第一項の認定を受けた者（以下この条において「認定熱回収施設設置者」という。）が当該認定に係る熱回収施設において行う一般廃棄物の処分については、第七条第十三項の規定にかかわらず、政令で定める基準に従つて行うことができる。この場合において、第十九条の三第一号及び第十九条の四第一項中「一般廃棄物の収集、運搬又は処分」とあるのは、「一般廃棄物の収集、運搬又は処分（第九条の二の四第一項の認定に係る熱回収施設における一般廃棄物の処分にあつては、同条第三項に規定する基準に適合しない一般廃棄物の処分）」とする。

**4** 第八条の二の二の規定は、認定熱回収施設設置者については、適用しない。

**5** 都道府県知事は、認定熱回収施設設置者が第一項各号のいずれかに適合しなくなつたと認めるときは、その認定を取り消すことができる。

**6** 前各項に規定するもののほか、第一項の認定に関し必要な事項は、政令で定める。

#### 施行令（熱回収施設における産業廃棄物の処分等の基準）

**第七条の三** 法第十五条の三の三第三項の政令で定める基準は、次のとおりとする。一 第六条第一項に規定する産業廃棄物（ロにおいて単に「産業廃棄物」という。）の処分（埋立処分及び海洋投入処分を除く。以下この条において同じ。）又は再生に当たつては、次によること。

イ 第三条第一号イ及びロ、第五条の四第一号ロ並びに第六条第一項第二号ハ及びニの規定の例によること。

ロ 産業廃棄物の保管を行う場合には、次によること。

（１） 第六条第一項第二号ロ（１）及び（２）の規定の例によること。

（２） 保管する産業廃棄物（当該産業廃棄物に係る処理施設が同時に当該産業廃棄物と同様の性状を有する一般廃棄物として環境省令で定めるものの処理施設である場合にあつては、当該一般廃棄物を含む。）の数量が、当該産業廃棄物に係る処理施設の一日当たりの処理能力に相当する数量に二十一を乗じて得られる数量（環境省令で定める場合にあつては、環境省令で定める数量）を超えないようにすること。

二 第六条第二項に規定する産業廃棄物の処分又は再生に当たつては、第五条の四第一号の規定の例によること。

三 特別管理産業廃棄物の処分又は再生に当たつては、次によること。

イ 第三条第一号イ及びロ、第四条の二第一号イ（１）、第五条の四第一号ロ並びに第六条の五第一項第二号イからリまで（リ（３）を除く。）の規定の例によること。

ロ 保管する特別管理産業廃棄物（当該特別管理産業廃棄物に係る処理施設が同時に当該特別管理産業廃棄物と同様の性状を有する特別管理一般廃棄物として環境省令で定めるものの処理施設である場合にあつては、当該特別管理一般廃棄物を含む。）の数量が、当該特別管理産業廃棄物に係る処理施設の一日当たりの処理能力に相当する数量に二十一を乗じて得られる数量（環境省令で定める場合にあつては、環境省令で定める数量）を超えないようにすること。

#### ④補助・委託事業等

焼却熱の産業利用に関する補助事業等の一覧を表 4.1-3 に示す。

表 4.1-3 焼却熱野産業利用に関する補助事業等の一覧（令和6年3月時点公開情報）

| 環境省の所管                          | 対象        | 補助・委託事業等                                                                                                         | 委託・補助                                          | 実施年度   |
|---------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------|
| 地球環境局<br>地球温暖化対策課<br>地球温暖化対策事業室 | 公・民       | 脱炭素イノベーションによる地域循環共生圏構築事業<br>「地域の多様な課題に応える脱炭素型地域づくりモデル形成事業」                                                       | 上限 1,000 万円                                    | R1～5   |
|                                 | 民         | 脱炭素経営によるサプライチェーン全体での脱炭素化の潮流に着実に対応するための<br>工場・事業場における先進的な脱炭素化取組推進事業（SHIFT 事業）<br>A: 標準事業、B: 大規模電化燃料転換事業、C: 中小企業事業 | 1/3<br>A, B 上限 1～5 億円<br>C 0.5 億円              | R3～7   |
|                                 | 民         | 地域共創・セクター横断型カーボンニュートラル技術開発・実証事業<br>（CO <sub>2</sub> 排出削減対策浄化誘導型技術開発・事業）                                          | 1/2<br>上限 2.5 億円                               | R4～10  |
|                                 | 民<br>（静脈） | 廃棄物処理×脱炭素によるマルチベネフィット達成促進事業<br>（うち廃棄物エネルギーの有効活用によるマルチベネフィット達成促進事業）<br>廃棄物高効率回収事業                                 | 1/3                                            | R2～6   |
| 環境再生・資源循環局<br>廃棄物規制課            | 公・民       | 廃棄物焼却施設の余熱等を利用した地域低炭素化モデル事業（うち、実現可能性調査事業）                                                                        | 1/2                                            | H28～30 |
|                                 | 公・民       | 廃棄物処理施設を核とした地域循環共生圏構築促進事業<br>（うち、(2) 熱導管等の設備を運転制御するために必要な通信・制御設備等を導入する事業）                                        | 1/2                                            | H27～   |
|                                 | 公・民       | 廃棄物処理施設を核とした地域循環共生圏構築促進事業<br>（うち、(3) 廃棄物焼却熱を利用した蒸気供給事業の FS 調査）                                                   | 上限 1,500 万円                                    | H27～   |
|                                 | 民         | 脱炭素型循環経済システム構築促進事業（廃棄物処理システムにおける地域脱炭素・資源循環<br>モデル実証事業）①脱炭素化・先進的廃棄物処理システム実証事業                                     | 全採択案件<br>3 億円/年                                | R3～5   |
| 環境再生・資源循環局<br>廃棄物適正処理推進課        | 公         | 循環型社会形成推進交付金                                                                                                     | 1/3<br>ただし高効率ごみ<br>発電施設等の一部<br>の先進的な施設は<br>1/2 | H17～   |
|                                 |           | 廃棄物処理施設整備交付金<br>二酸化炭素排出抑制対策事業費交付金<br>・エネルギー回収型廃棄物処理施設整備事業<br>・廃棄物処理施設への先進的設備導入事業<br>・施設整備に関する計画支援事業              |                                                |        |
|                                 |           | 廃棄物処理施設整備交付金                                                                                                     | 上限 3,000 万円                                    |        |

#### 4) まとめ

WtSに関して、例えば欧州の資源循環での「修理する権利」といった直接関連する思想提示は日本では well-Being として提示。産業構造の転換、動静脈連携、炭素絡みのインセンティブ投入促進の戦略がとられている。資源循環は、法律、補助事業が整備されているが、立地変更や処理体制の変更が迫られる案件でもあり、あまり進んでいない現状がある。そこで、より一層の活用や今後の進展に向けて、廃棄物処理施設整備計画や第5次循環型社会形成推進基本計画の内容への反映が進められている状況であることが分かった。処理の広域化や需給マッチングを伴う困難な変革であるが、発想転換の潮流に後押しされて推進されることを期待する。焼却熱の産業利用に関連する法令等から見た戦略性まとめを図 4.1-5 に示す。

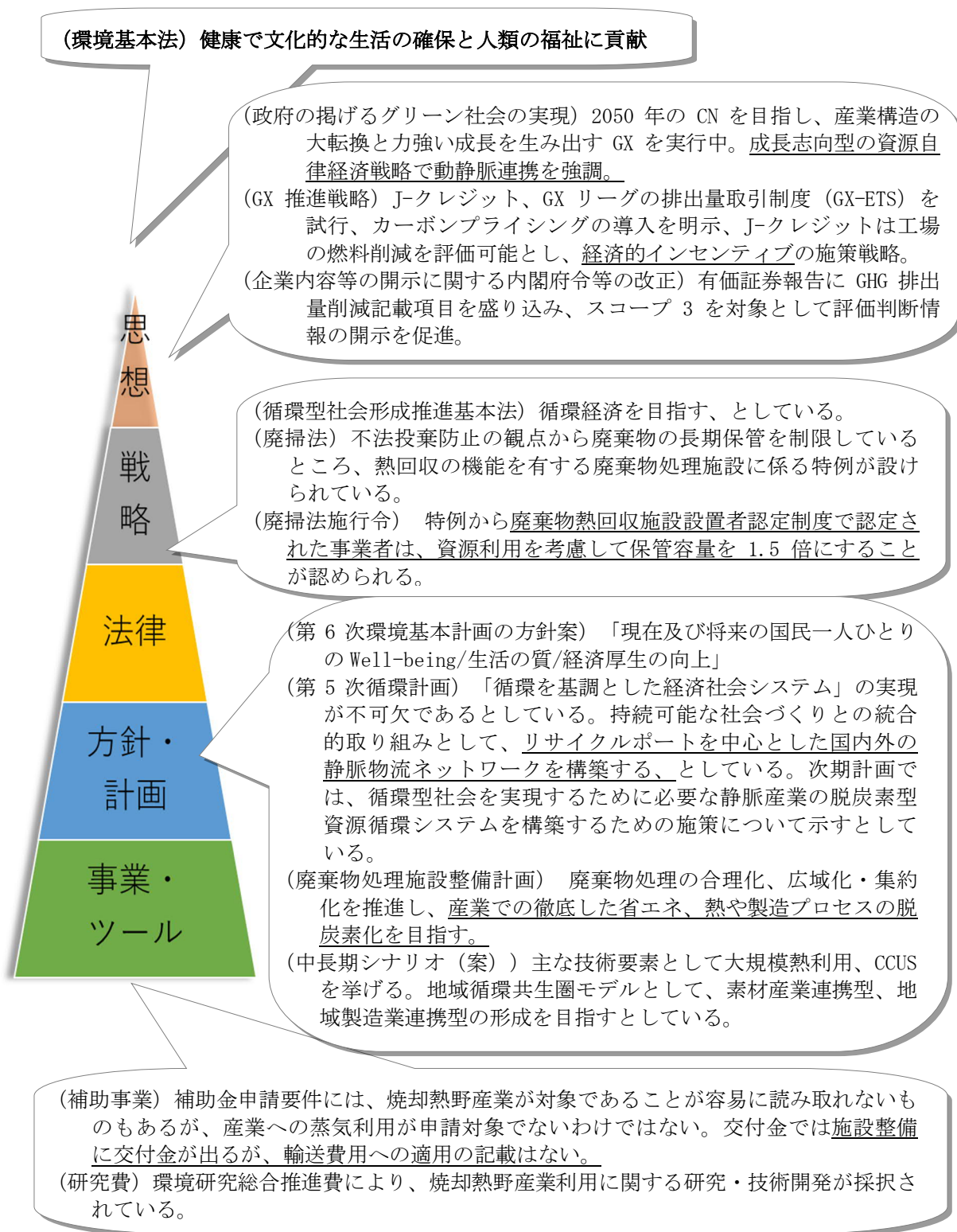


図 4.1-5 焼却熱の産業利用に関連する法令等から見た戦略性まとめ

## 4.2 ポテンシャルの拡大推計と課題の整理

廃棄物・3R研究財団(以下財団)が主催する研究会内で意見交換を2回行った。焼却施設メーカー5社の技術者と有識者2名が参加し、焼却施設からの蒸気利用について、熱供給側からの視点での課題の整理とポテンシャルの拡大推計を行うための課題の整理を行った。

本調査の最終目標である廃棄物焼却施設からの熱回収の高度化に向けた普及シナリオを取りまとめるための基礎的情報を把握することができた。なお、その会議には株式会社エックス都市研究所(以下 EXRI)、国立研究開発法人国立環境研究所(以下 NIES)も参加した。以下に結果の概要を示す。

### (1) 第1回意見交換会

第1回意見交換会を令和5年10月19日に実施した。令和3年度の成果(アンケート及びヒアリングで抽出した課題の解決に向けた考察)を報告した後、議題として EXRI 及び NIES より焼却熱の産業利用を基盤とした資源循環システムのモデル化と導入促進について説明・意見交換を行った。意見交換の内容を表4.2-1に示す。

#### 議 事 次 第

1. 本実証事業の昨年度成果と今年度計画
2. 意見交換
3. 現地調査結果の共有
4. 書籍掲載の情報

表 4.2-1 第1回意見交換会で出された意見

| No. | 議 題            | 有識者及び5社からの意見                                                                                                                                                                                                         |
|-----|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | 広域化集約化と熱利用について | <ul style="list-style-type: none"><li>・熱利用とCCUSは規模を確保しなければならないと考える。</li><li>・まず、規模に合わせて熱利用すればよい。</li></ul>                                                                                                           |
| 2   | 焼却処理場の規模について   | <ul style="list-style-type: none"><li>・コンビナートではエリア内で1,000～2,000 t/hの蒸気を使用している。欧州のエクルーゼは廃棄物の日処理量3,000トン規模の施設で、5社に蒸気を送っている。</li><li>・国内導入を検討する場合、現状、廃棄物を1,000トン/日集めるのは困難と考えられる。400 t/日×2 炉=800 t/日からの検討が現実的。</li></ul> |
| 3   | 廃棄物の輸送について     | <ul style="list-style-type: none"><li>・輸送距離は、イギリスからオランダや北欧まで廃棄物の船舶輸送をしている事例もある。</li><li>・広域輸送にて、リサイクルポートの活用は検討していくと良い。大きいコンセプトのものと、静脈物流を真剣に考えるというメッセージを出していくことが重要となる。現実的なところから話が出来ると良い。</li></ul>                    |
| 4   | 技術的課題について      | <ul style="list-style-type: none"><li>・蒸気温度400℃は発電向けであり、プロセス蒸気は300℃程度あれば十分。蒸気は復水利用もポイントに思う。発電ではFIT制度のため自治体の一定の売電収入があるので、熱利用に変えることで</li></ul>                                                                         |

|   |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |            | <p>発電よりも収入が得られる制度設計なり単価なりを設けることが必要。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・売電収入は自治体に帰属する事が多いが、運営事業者のメリットにもつながる方策があれば、連携がとられやすくなる。</li> <li>・多くは技術的には問題はない。立地がうまくいかないと CCU 技術があっても出口(CO<sub>2</sub>利用)がない。</li> <li>・廃プラ対応(バイオプラ含む)、炭素回収の方向性に不確実性があり、メーカーとしては待ち姿勢となりがち。不確実性に対応しながら地道に準備するものと理解している。</li> <li>・ごみは用途として製造業の燃料代替とするのが現実的。ここでもコスト面から規模があるほうがよい。</li> <li>・メーカーとして、需要側の蒸気仕様が厳しくなると、ケースに応じたバックアップの仕組みメニューの充実が求められると思う。</li> </ul> |
| 5 | 欧州との違いについて | <ul style="list-style-type: none"> <li>・背景をまとめる際、ごみ処理経緯には我が国の特徴として公衆衛生の話から入れた方がよい。</li> <li>・欧州では地域熱供給から始めて、動脈の燃料転換に廃棄物が活用されるという流れ。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 6 | 蒸気供給先について  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・蒸気供給は立地に左右される。その点では、アスファルトプラントへの熱供給は立地に縛られない可能性もあり、良いと思う。</li> <li>・いまだ多くの化石資源を燃料としている工場があるため、そこと結びつく産業とのマッチングが必要と思う。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 7 | 発電との比較について | <ul style="list-style-type: none"> <li>・FIT 制度等で現状発電の方が優先されているので、供給先のマッチング等が重要。</li> <li>・電気だと系統を通じ様々な人が使えるのに対し、蒸気となると、利用先が限られます。</li> <li>・規模が小さいほうが発電効率は小さいため、発電より熱利用が望ましい。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 8 | カーボン利用について | <ul style="list-style-type: none"> <li>・立地先への誘導施策、継続して使ってもらえるという保証が必要。</li> <li>・社会トータルとしてエネルギーを減らす方向性があるが、カーボンの削減をだれがカウントできるのかが大事な観点。</li> <li>・最終の蒸気利用が民間会社のみでは、持続性に懸念が残る。また、カーボン削減効果が需要側のみでのアドバンテージでは、清掃工場側で熱供給を導入しづらい。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                            |
| 9 | 施策について     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・焼却炉について、国は建設費の議論が中心であるが、カーボンニュートラルの議論に移っていく必要もある。</li> <li>・現在、動静脈連携は金属リサイクルに話が偏っているが、偏らずに全体視点でのまとめが必要。</li> <li>・自治体視点での問題としては、国が推進する話が現場に届いていないかもしれない。具体的な政策メニューに落とし込んで、実際に熱利用を進めていく必要がある。</li> <li>・熱利用できないという理由だけで、処理の広域化に舵をきれるか、ということも難しい。連携可能性を誘導施策として強化する必要がある。そうしなければ、自治体で従来通りの方針が採用されてしまう。</li> <li>・公民連携のメリットを活用するのがよい。自治体同士では縦割り行政に課題が残るだろう。公民連携事業は、民間機能の活用が相性がよい。</li> </ul>                 |

## (2) 第2回意見交換会

第2回意見交換会を令和6年2月5日に実施した。議題として EXRI より、産業での熱利用における脱炭素パッケージの在り方について、処理量に対し、ボイラの最適容量について、NIES より取組動向の共有について、JWRF より蒸気利用と発電のハイブリッド型の焼却炉熱利用運営について説明・意見交換を行った。意見交換の内容を表 4.2-2 に示す。

### 議事次第

#### 1. 意見交換

##### (1) 令和5度の成果報告

##### (2) 取組動向の共有

##### (3) プラントメーカー目線での焼却熱利用のトレンド

#### 2. 現地調査報告

#### 3. まとめ

表 4.2-2 第2回意見交換会で出された意見

| No. | 議 題                         | 有識者及び5社からの意見                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | 産業での熱利用における脱炭素パッケージの在り方について | <ul style="list-style-type: none"> <li>・熱利用は需給マッチングがポイントと思う。ケースバイケースでの検討になるが、焼却施設側は必要なら技術的に供給可能。</li> <li>・需給マッチングは、間に仲介者を立てるのが良いと思う。誰が事業主体になるかによって、マッチングが左右されると思う。</li> <li>・マッチングが難しいと思う。一廃を対象としてイメージしていたが、自治体が計画する際に、誰が仲介者になるのかが気になった。</li> <li>・自治体を実施するメリットを用意し、供給可能なら、新設だけでなく基幹改良のタイミングで検討してもらうのが良いと思う。</li> <li>・マッチングが気になる。民間の需要家では、日変動、時間変動があると思うが、その変動を飲み込むのは事業側なのか供給側なのかどちらなのかによって変動を飲み込む側のイニシャルコストが高くなるだろう。</li> <li>・大口需要家に対し、小口で供給できるスタイルがやりやすい。</li> <li>・一廃を集めて、不足分を産廃で埋めることになるのではと思う。</li> <li>・一廃は、誰がどのようにマッチングを調整するのか、更新や集約広域化の時期調整も必要であり、ハードルが高いと思う。ただ、少しでも試行する必要はあると思う。</li> </ul> |
| 2   | 施設規模に対する、ボイラの最適容量について       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・最近の焼却施設は発電重視で設定しているので、ボイラは必要蒸気の圧力・温度に応じて決めていく。</li> <li>・最適容量の指標はない。出来るだけ蒸気として熱を回収する発想。ボイラは、一つ作れば、多少の負荷変動はさほど影響しない。事情があって熱回収量を抑制する場合はある。後付けの場合は更新範囲次第で熱回収が不利になる。エコマイザーの種類で多少条件が変わる。</li> <li>・昔は熱風をとって給湯に使っていた。熱風回収は昔から行われているが、空気であるためダクトが巨大で、多く熱を回収しようとすると大変になる。</li> <li>・熱風がだめというわけでもないが、隣接する必要がある。コンシ</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                            |

|   |                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                        | <p>エルジュ事業の下水熱は話がシンプルである。焼却熱の場合の熱風供給では、かなり工夫をしないとマッチング事業の展開は難しいと思う。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 3 | プラントメーカー目線での焼却熱利用のトレンド | <ul style="list-style-type: none"> <li>・一廃焼却でも2系統あり、負荷変動に応じた運転は可能。アキュムレータの容量は長く持たないため、負荷調整は炉の方で調整することや、ごみを前裁きして、そもそも燃料的な形に調整すればよい。</li> <li>・熱需要が大きいところに設置すれば、電熱併給での細かいことを考えなくてよくなるため、焼却炉も蒸気供給に徹した方がよい。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 4 | 有識者からの講評               | <ul style="list-style-type: none"> <li>・大過剰の需要があるところへ供給するのが良い。予備の熱供給設備が不要。</li> <li>・動静脈連携の際、今回の成果をどう使うかを考えると良い。具体には、カーボンバジェット的な話題で、廃棄物エネルギーがどこまで使えるのか、インセンティブ設計をどう働かせるのかという話。</li> <li>・2030年に間に合うには、いま具体化されていなければ実現できない。各時点での達成状況が分かるように整理するとよい。</li> <li>・自治体の清掃工場の数には有限である。いっそ施設整備状況や計画を徹底的にデータ化すればよい。全体感をもっていかに計画にできるかを真剣に考えるべき。そのためには具体的なデータ化が必要。</li> <li>・自治体の計画が律速になると縛りになる。土地があり、結果的にリサイクルも含めて焼却炉の必要があれば話が早い。また、考えるパラメーターが少なく済むため、民間主導が早い。人口減少が進んでいる地域では、そこに焼却炉が存在していれば、そこに頼みたいという話になりやすい。</li> <li>・単純な熱需要だけの話ではなく、実施方式をよく検討しなければならない。必ず非技術的課題があり、それを極力少なくした状態で、成功確率を高める選択肢を選ぶ方法があり、その一つは立地条件があると思う。</li> <li>・蒸気供給する場合、供給側で全部自己完結してほしいと言われる可能性がある。責任分界として蒸気供給要素の全体を焼却炉が担わずという話にしないと進まないと思われる。</li> <li>・非技術課題を明確にすれば、このハードルを越えるのが難しいことが分かるのが現実だと思う。ハードルを低くするための計画や、成功確率を高めるために必要な検討が可能となるデータベースの内容を考えるのがよい。今回の事業成果に基づいて、それらを提言してもらえるとよい。</li> </ul> |

## 第5章 工業団地及び水平展開時の CO<sub>2</sub> 削減費用対効果拡大推計

需給マッチング最適化により、社会全体での「資源の量×質」の利用効率向上が理論上可能である。本業務では、実証で得られたデータや課題、理論検討の成果、及びプラントメーカーや自治体からの情報を踏まえ、CO<sub>2</sub>削減の費用対効果推計を行い、評価・検証を行った。

令和5年度は一般的な焼却施設と製造工場（工業団地）ペア及び工業団地及び化学コンビナートへの集約を想定し、CO<sub>2</sub> 排出削減効果とともに費用対効果を拡大推計した。令和5年度の業務目標及び達成事項を表 5-1 に示す。

表 5-1 令和5年度の業務目標及び達成事項

| 項目                     | 内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 採択時の技術の状況              | ・焼却炉からの蒸気利用に関する実証データがないため、CO <sub>2</sub> 排出削減効果の推計が概算となっていた。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 本実証の最終目標               | ・本実証における CO <sub>2</sub> 排出削減効果を評価。化学コンビナートで蒸気供給を行った場合の費用対効果を評価。また、一般的な焼却施設と製造工場（工業団地）ペアでの CO <sub>2</sub> 排出削減の費用対効果を示す。化学コンビナートへの大規模な蒸気供給を行うケースで、焼却発電に比べて2倍程度大きな CO <sub>2</sub> 排出削減効果と経済性が得られることを検証する。                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| これまでの達成事項              | <p><u>令和3年度</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・推計を行う上で必要なデータを収集した。今後の廃棄物の推移を予測するためのアプローチを検討するとともに、コンビナートや工業団地の基礎情報を整理し、それを基にコンビナート周辺需要家の情報を把握した。</li> </ul> <p><u>令和4年度</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・将来人口、廃棄物発生状況の整理を行い、廃棄物組成と家計消費の家計消費の紐づけを行った上で、これら2つのデータで推移予測を行った結果をデータベース化した。</li> <li>・実証で得られた理論検討の成果について、双方の妥当性を確認した。工業団地での拡大推計実施に向けた考え方・留意点を考察した。</li> <li>・化学コンビナートの熱需要の推計を行い、化学コンビナート別の熱需要量を示した。輸送コストの算定と、拡大推計に向けた質的・量的な推移シナリオを特定した。</li> </ul> |
| 令和5年度の業務目標             | ・各検討の成果をまとめ、平原南工業団地の効果に加えて、蒸気の産業利用（自治体の廃棄物焼却施設、工業団地及び化学コンビナート）に対する CO <sub>2</sub> 排出削減効果を評価する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 令和5年度の達成事項及び本実証の最終達成事項 | ・令和5年度は、実証で得たデータを用いて、茨城県の焼却施設を施設整備計画に沿った場合の2030年、2050年での集約状況を確認し、2050年時点での集約時の費用対効果及び CO <sub>2</sub> 削減効果を、工業団地4箇所に集約する場合と、化学コンビナート1箇所に集約する場合とで比較した。その結果、2050年時点の集約状況において、焼却発電に比べて2倍程度大きな CO <sub>2</sub> 排出削減効果と経済性が得られることを確認した。                                                                                                                                                                                                                                                       |

## 5.1 利用データの整備

拡大推計の実施にあたり、過年度までに廃棄物処理施設整備計画、熱需要、及び廃棄物から得られる熱量（量と質）に関するデータベースを作成した。各種データベースの概要を以下に示す。

### （１）廃棄物処理施設整備計画データベース（施設計画 DB）

施設整備の更新予定を把握し、シミュレーションに反映するため、対象エリアの施設整備計画をデータベース化した。各自治体の最新の施設整備計画等の情報を用いて、下記の項目について収載したものである。施設整備計画の実データ入力フォームを表 5.1-1 に示す。

環境省の焼却施設統計に追加する形で、中間処理及び最終処分の施設整備情報を追加して DB 化し、統廃合のタイミングがわかるようにした。推計を含まず、自治体公表値を収載した。フォームとしての大枠は 2 つあり、以下に示す。

①基本情報 施設名称や住所、都市規模

②集約判定 焼却施設の閉鎖時期の情報

一般公開や運用ができれば、広域化検討に有用であるため、このデータベースを漏れなく埋めることが望ましい。集約検討には、最終処分場や輸送ルートに関する情報も有用であり、その情報収集体制も今後の課題である。研究費を活用して作成するとともに、作成した DB を維持管理するには DB の維持管理を事業化する必要がある。

表 5.1-1 施設整備計画の実データ入力フォーム

| 分類   |      | 内容                    | 単位         |
|------|------|-----------------------|------------|
| 基本情報 |      | 都道府県名                 |            |
|      |      | 地方公共団体名               |            |
|      |      | 収集対象地域                |            |
|      |      | 収集対象地域の人口 (R3 年度データ)  |            |
|      |      | 地域特性【都市/田園】           |            |
|      |      | 施設名称                  |            |
|      |      | 施設_住所                 |            |
|      |      | 使用開始年度                | (年度)       |
|      |      | 日処理量                  | (t/日)      |
|      |      | 炉数                    |            |
|      |      | 施設全体の処理能力             | (t/日)      |
|      |      | 産業廃棄物の搬入の有無           |            |
|      |      | 一般廃棄物の割合              | (%)        |
|      |      | ごみ処理事業実施方式            | 公設公営/公設民営  |
|      |      | 運転管理体制                | 委託/直営/一部委託 |
| 集約判定 | 計画情報 | 施設_最終更新時期             | (年度)       |
|      |      | 施設_次回更新予定時期           | (年度)       |
|      |      | 施設の改廃                 |            |
|      |      | 施設_閉鎖時期が明記された公表データの有無 |            |
|      |      | 施設_(有)閉鎖時期            | (年度)       |
|      |      | 施設_(無)閉鎖時期(推計)        | (年度)       |
|      | 判定時期 | 2030 年時点(集約対象○、対象外×)  |            |
|      |      | 2050 年時点(集約対象○、対象外×)  |            |

## （２）熱需要推計データベース（熱需要推計 DB）

令和４年度に、国内 15 箇所の石油化学コンビナートの熱需要データベースを作成した。今年度は、茨城県での拡大推計を行うため、SHK 制度の特定排出事業者について推計対象を拡大した。昨年度のコンビナートの需要推計と同様に、推計方法は大西ら（2022）<sup>1)</sup>を参考に、「温対法における算定・報告・公開制度（以下、SHK 制度）」上のエネルギー起源燃料 CO<sub>2</sub> と、エネルギー消費統計を基に算定した産業中分類ごとの原単位（年間 CO<sub>2</sub> 排出量あたりのエネルギー需要量（GJ/ t -CO<sub>2</sub>））を掛け合わせることで熱電需要量（GJ/年）を求める手法を採用することとした。

図 5.1-1 熱電需要データベース見本

1) 大西悟他, 2022, 産業団地の熱電エネルギー需要の推計手法の開発と福島県地域でのケーススタディ, 第 50 回環境システム研究論文発表会講演集, p127-134

熱需要の推計については、公開請求 HP) <https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/reques>) で入手可能な「温対法における算定・報告・公開制度（以下、SHK 制度）」をもとに作成した。費用を払って請求すれば誰でも開示請求可能な「算定・報告・公表制度による排出量等データ」である。これを、個社の温室効果ガスの排出量から中分類ごとの燃料使用量から逆算したものである。

推計の原単位が中分類であることから個社の実態を把握するには限界がある。

特に、燃料の種類、ボイラーやコージェネの設備規模などは、現状の方法では推計ができない。

詳細の熱需要の把握には、個社への調査が必要になる。

本報告書では、概算を推計しつつも、こうした限界を考慮し、個別の工業団地の特定や個社の分析結果の記載はしていない。今後、これらの課題を認識し、実態との差異等を確認したうえで、熱需要の概算推計値が公開されていくことが望まれる。

なお、本結果の公開は可能である。ただし、推計に課題があることも理解した上で利用することが必要となることや、本報告書をもって公開することを趣旨としていないこともあり、具体的に特定したエリアや集約箇所の名称は明記しないこととする。

### （３）廃棄物の質的及び量的な推移予測データベース（廃棄物熱量 DB）

令和４年度業務では、廃棄物の質的及び量的な推移予測にあたり、データベースを構築し以下の２つの方策を取った。２つのアプローチでは、用いた推移予測結果をデータベース化した。

①将来の廃棄物発生状況のシナリオ（SSP シナリオ、図 5. 1-2）

②組成情報と家計消費の紐づけ

令和５年度業務では、費用対効果の分析に向けた質的及び量的時系列データの採用方針を検討した。

①については、複数の将来シナリオにそった５種の廃棄物の質的及び量的時系列データが存在している。そのうち、極端な人口減少や人口維持がなく、人口分布が極端に都市部に集中したシナリオではなく最も中庸な人口シナリオを基にした廃棄物の発生量、ここでいう廃棄物の量的時系列データを採用することとした。本シナリオは IPCC 提示の基本形であるが、本実証では、環境総合研究推進費（2-1805）の成果である地域 SS（日本版 SSP）による人口シナリオのうち、SSP2・移動率固定を採用しており、詳細は後述する。

| シナリオ                                                                                                | シナリオの概要                                                                                                                | 近い RCP シナリオ<br>(SSP245 未満のシナリオと<br>近しい RCP シナリオ) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|  <b>SSP1-1.9</b> | 持続可能な発展の下で<br>気温上昇を 1.5℃以下におさえるシナリオ<br>21 世紀前半までの気温上昇(工業化基準)を<br>1.5℃以下に抑える政策を導入<br>21 世紀後半に CO <sub>2</sub> 排出量ゼロの見込み | 該当なし                                             |
|  <b>SSP1-2.6</b> | 持続可能な発展の下で<br>気温上昇を 2℃未満におさえるシナリオ<br>21 世紀前半までの気温上昇(工業化基準)を<br>2℃未満に抑える政策を導入<br>21 世紀後半に CO <sub>2</sub> 排出量ゼロの見込み     | RCP2.6                                           |
|  <b>SSP2-4.5</b> | 中道的な発展の下で気候政策を導入するシナリオ<br>2030 年までの名目の期間削減目標(NDC)を<br>集計した排出量上限にほぼ位置する                                                 | RCP4.5<br>(2050 年まで)                             |
|  <b>SSP3-7.0</b> | 地域対立的な発展の下で<br>気候政策を導入しないシナリオ                                                                                          | RCP6.0と<br>RCP8.5の間                              |
|  <b>SSP5-8.5</b> | 化石燃料依存型の発展の下で<br>気候政策を導入しない最大排出量シナリオ                                                                                   | RCP8.5                                           |

出典: IPCC 第6次評価報告書における気候政策のシナリオと JCCCA による

図 5. 1-2 IPCC 第 6 次評価報告書における SSP シナリオの 5 分類

出典) 温室効果ガスインベントリオフィス／ 全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイト  
(<https://www.jccca.org/>) より

他方、②については、確立されれば有用であり、試行して利用可能性が確認されれば利用することとし、組成情報と家計消費の紐づけの分析をもとに、より精緻な推計を試みた。具体的には、単年度において焼却場にデータのある 6 組成を 1 km メッシュ単位の廃棄物発生量をもとに線形計画法による最小輸送距離を想定した発生地点と焼却場の接続関係の推定を実施し、1km メッシュにおける推定家計消費と焼却場の接続関係をもとに家計消費 1 単位から発生する各組成の廃棄物量を推計するとともに、1km メッシュにおける組成別廃棄物発生量の推計を行った。ただし、この結果では全国の焼却場における平均値から原単位の作成を行っているため、特定の地域を対象とした場合には発生量が過大もしくは過少になる。本事業の対象の茨城県では過大傾向になったため、上記組成別廃棄物発生量

推計モデルに基づくデータのうち組成比率を用い、量については別途実態調査からの推定を実施した。

以上より、現行データには②で計算した市町村レベルの廃棄物組成データを用い、将来データには、①の市町村別の廃棄物発生量の時系列データをシナリオ構築のデータベースとして用いることとした。

## 5.2 供給側のシナリオ設定

### (1) 基本的な条件の設定

工業団地及び水平展開時のCO<sub>2</sub>削減費用対効果拡大推計を実施するにあたり、基本的な前提条件を検討した結果を以下に示す。

対象地域は、東海村が含まれる茨城県とした。一般廃棄物行政において、市町村または一部事務組合が主体となり運営される。茨城県を基礎自治体として設定するとともに、空間的な範囲とした茨城県における集約シナリオの基本設定を表 5.2-1 に示す。

シナリオは、集約方法の違いによって、シナリオを作成した。茨城県現行の広域化計画茨城県の現行の広域化計画に従った収集区域に従って設定したものをシナリオ1とした。

(以下、シナリオ1 BaU という) とした。工業団地4箇所への集約したものを、シナリオ2 (以下、シナリオ2 工業団地、という。) とした。なお、シナリオ2では、コンビナート立地エリアのブロックでは、焼却炉は集約しないことにした。理由として、既存の施設はRDF化施設や小規模の施設のみであるためである。茨城県全域からコンビナート1箇所へ陸路で集約するものをシナリオ3とした (以下、シナリオ3 コンビナート、という。)

表 5.2-1 茨城県における集約シナリオの基本設定

| 情報の種類または条件 |                                | 情報源または設定内容                                                                                  |
|------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 対象地域       |                                | 茨城県                                                                                         |
| 対象年        |                                | 2021 年、2030 年、2050 年                                                                        |
| 廃棄物処理施設    |                                | 施設整備計画データベース (5.1 項)                                                                        |
| 廃棄物発生量及び組成 | 現行                             | 空間廃棄物排出量推計データベース (5.1 項)<br>環境省廃棄物統計の収載の情報を利用                                               |
|            | 将来                             | 地域 SSP2・移動率固定 (5.1 2))                                                                      |
| 将来のリサイクル率  |                                | プラスチック、紙、厨芥類において 5 % 増加 (2030 年)、<br>15% 増加 (2050 年)                                        |
| 集約ルール      |                                | 廃止時期を迎えた施設は、更新せず集約処理に参画する。<br>寿命を迎えていない施設は、現行の立地で運用し続ける。                                    |
| シナリオ       | シナリオ1 BaU<br>→茨城県現行の広域化計画      | 茨城県の現行の広域化計画に従った収集区域に従う。<br>施設整備計画データベースを利用。                                                |
|            | シナリオ2 工業団地<br>→工業団地4箇所への集約     | 県北 (IB-1)、県央 (IB-2)、県南 (IB-3)、県西 (IB-4) の4ブロック。鹿行エリアは、RDF 施設があることと、<br>一般廃棄物の量が少ないため検討から除外。 |
|            | シナリオ3 コンビナート<br>→コンビナート1箇所への集約 | 茨城県全域から各自治体が陸路で搬入。                                                                          |

注 1) SSP とは共通社会経済パスと訳され、複数ありうる世界の将来像を示すシナリオである。際的に共通の将来シナリオをもとに議論するための基盤情報である。環境研究総合推進費 2-1805 (気候変動影響・適応評価のための日本版社会経済シナリオの構築、H30-R2 年度) では、日本及び国内自治体における気候変動影響・適応策・緩和策の評価に利用可能な社会経済シナリオ (将来の代替的道筋) を提供してい

る。このうち、人口シナリオについて、SSP2（中庸）：これまでの社会的・経済的・技術的なトレンドが続き、世界と日本はこれまでの歴史的なパターンからそれほど大きく変化しない、シナリオを採用している。

現状の茨城県の廃棄物処理状況は、令和3年度一般廃棄物処理実態調査結果の記載情報等を基に作成した。5.1項で示す施設整備データベースとしてまとめている。現状の廃棄物の発生量及び組成情報は、令和3年度一般廃棄物処理実態調査結果の記載情報を基とした。

対象とした廃棄物は、茨城県から発生する一般廃棄物のうち、現状で焼却処理されている廃棄物とした。将来のリサイクル率は、プラスチック、紙、厨芥類において5%増加（2030年）、15%増加（2050年）と想定した。現状及び将来（2030年、2050年）において、茨城県から発生する一般廃棄物は、何かしらの形で処理またはリサイクルが担保されていることとした。

## （２）廃棄物集約エリア区分の設定

既存の茨城県広域化計画のブロック番号（Waste wide area Block: WB）、茨城県が規定する地域区分を基に、拡大推計における工業団地集約ブロック番号（Industrial aggregate Block: IB）分けを行った。茨城県の拡大推計におけるブロック分けと焼却施設分布（BaU 2021）を図5.2-1に示す。

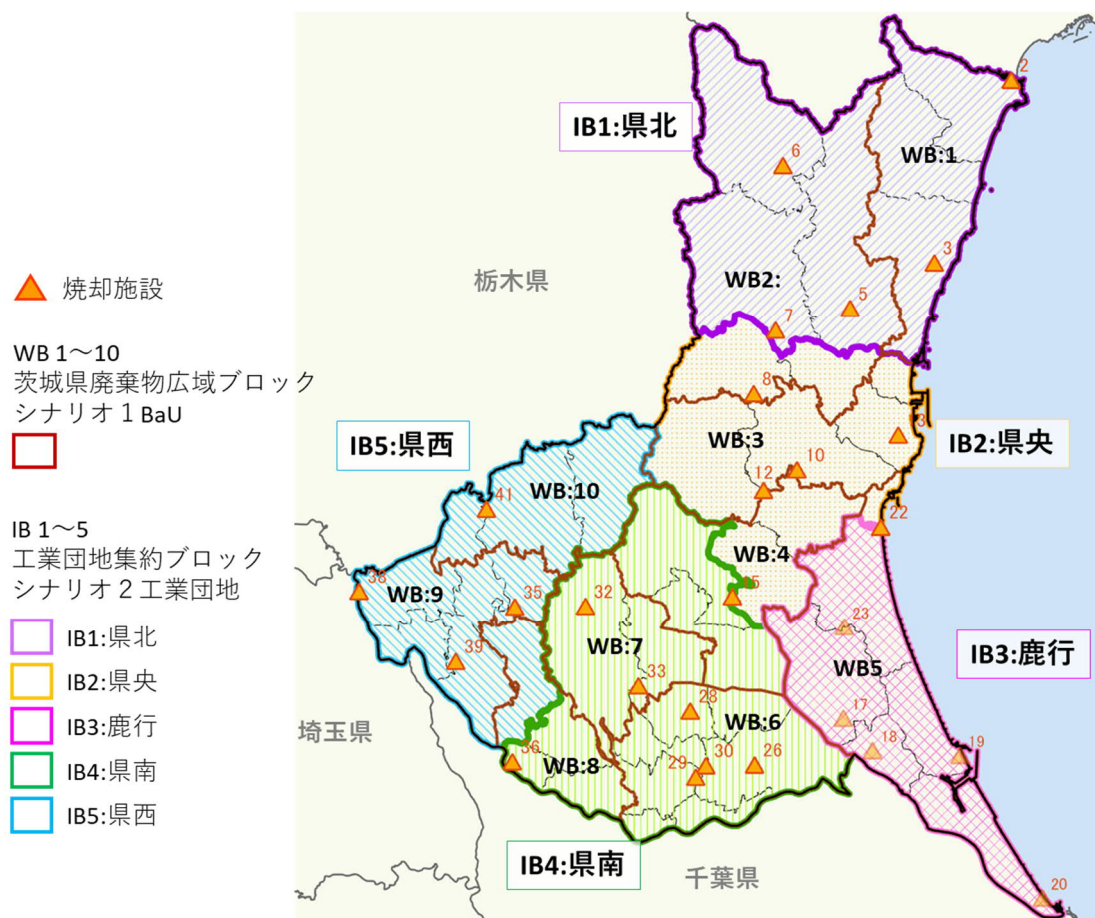


図 5.2-1 茨城県における拡大推計におけるブロック分けと焼却施設分布（BaU 2021）

### (3) 焼却処理施設の集約シナリオの設定

推計した現在、2030年、2050年の廃棄物の処理シナリオを設定する。シナリオ2工業団地、シナリオ3コンビナートで集約対象となる焼却施設は、建設時から30年経過したものとし、施設整備計画データベースを用いて2030年、2050年時点での対象焼却施設の稼働状況を把握し、シナリオに反映した。茨城県のブロックの空間分布を図5.2-1に示す。一般廃棄物処理施設の集約シナリオを表5.2-2に整理し、図5.2-2に図示した。

表 5.2-2 茨城県の一般廃棄物焼却施設の稼働状況とシナリオ2での集約状況 (1:稼働施設、0:稼働していない・廃止施設)

| IB | 地域<br>区分       | WB | 自治体名                        | No. | 施設名称              | 処理能力<br>(t/日) | 検討<br>対象 | 2021年<br>時点 |    | 2030年時点 |    | 2050年時点 |    |   |   |   |   |
|----|----------------|----|-----------------------------|-----|-------------------|---------------|----------|-------------|----|---------|----|---------|----|---|---|---|---|
|    |                |    |                             |     |                   |               |          | BaU         | 推計 | BaU     | 推計 | BaU     | 推計 |   |   |   |   |
| 総計 |                |    |                             |     |                   |               |          |             |    |         |    |         |    |   |   |   |   |
| 1  | 県北             | 1  | 北茨城市<br>高萩・北茨城広域事務組合<br>日立市 | 1   | 清掃センター            | 180           | 1        | 1           | 0  | 0       | 0  | 0       | 0  |   |   |   |   |
|    |                |    |                             | 2   | 高萩・北茨城広域ごみ処理施設    | 80            | 1        | 1           | 1  | 1       | 0  | 0       |    |   |   |   |   |
|    |                |    |                             | 3   | 日立市清掃センター         | 300           | 1        | 1           | 1  | 1       | 0  | 0       |    |   |   |   |   |
|    |                | 2  | 常陸太田市<br>大子町                | 4   | 新広域処理施設           | 210           | 1        | 0           | 0  | 0       | 1  | 0       | 0  |   |   |   |   |
|    |                |    |                             | 5   | 常陸太田市清掃センター 焼却施設  | 100           | 1        | 1           | 1  | 0       | 0  | 0       | 0  |   |   |   |   |
|    |                |    |                             | 6   | 大子町環境センター         | 16            | 1        | 1           | 1  | 0       | 0  | 0       | 0  |   |   |   |   |
| 小計 |                |    |                             |     |                   |               |          |             |    |         |    | 5       | 4  | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 2  | 県北             | 2  | 大宮地方環境整備組合<br>城里町           | 7   | 大宮地方環境整備組合 環境センター | 180           | 1        | 1           | 1  | 0       | 0  | 0       | 0  |   |   |   |   |
|    |                |    |                             | 8   | 城里町環境センター 熱回収施設   | 20            | 1        | 1           | 1  | 1       | 0  | 0       | 0  |   |   |   |   |
|    |                |    |                             | 9   | 新広域処理施設           | 150           | 1        | 0           | 0  | 0       | 0  | 1       | 0  | 0 |   |   |   |
|    |                | 3  | 水戸市<br>笠間市                  | 10  | 水戸市清掃工場焼却施設       | 330           | 1        | 1           | 1  | 1       | 1  | 1       | 1  | 1 |   |   |   |
|    |                |    |                             | 11  | 環境センター（笠間・水戸環境組合） | 105           | 1        | 1           | 1  | 0       | 0  | 0       | 0  | 0 |   |   |   |
|    |                |    |                             | 12  | 笠間市環境センター         | 80            | 1        | 1           | 1  | 1       | 1  | 0       | 0  | 0 |   |   |   |
| 県北 | ひたちなか・東海広域事務組合 | 13 | ひたちなか・東海クリーンセンター            | 220 | 1                 | 1             | 1        | 1           | 1  | 0       | 0  | 0       |    |   |   |   |   |
|    |                | 14 | 新広域処理施設                     | 520 | 1                 | 0             | 0        | 0           | 0  | 1       | 0  | 0       |    |   |   |   |   |
|    |                | 15 | 霞台厚生施設組合クリーンセンターごみ<br>焼却施設  | 215 | 1                 | 1             | 1        | 1           | 0  | 0       | 0  | 0       |    |   |   |   |   |
|    |                | 16 | 新広域処理施設                     | 160 | 1                 | 0             | 0        | 0           | 1  | 0       | 0  | 0       |    |   |   |   |   |
| 小計 |                |    |                             |     |                   |               |          |             |    |         |    | 7       | 7  | 0 | 4 | 1 | 1 |
| 3  | 鹿行             | 5  | 行方市                         | 17  | 行方市環境美化センターごみ焼却施設 | 40            | 0        | 1           | 1  | 1       | 1  | 1       | 1  |   |   |   |   |

|   |    |              |    |                      |     |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|----|--------------|----|----------------------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 県南 | 潮来市          | 18 | 潮来クリーンセンター           | 72  | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
|   |    |              | 19 | 広域鹿嶋 RDF センター        | 142 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|   |    |              | 20 | 広域波崎 RDF センター        | 135 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|   |    |              | 21 | (仮称) エネルギー回収廃棄物処理施設  | 230 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
|   |    |              | 22 | 大洗・銚田、水戸環境組合クリーンセンター | 70  | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|   |    | 銚田市          | 23 | 銚田クリーンセンター           | 40  | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|   |    |              | 24 | エネルギー回収型廃棄物処理施設      | 70  | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
|   |    |              | 25 | 新広域処理施設              | 220 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
|   |    | 小計           |    |                      | -   | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|   |    | 江戸崎地方衛生 土木組合 | 26 | 江戸崎地方衛生土木組合 環境センター   | 100 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
|   |    |              | 27 |                      | 70  | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
|   |    |              | 28 | 阿見町霞クリーンセンター         | 84  | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|   |    |              | 29 | くりーんプラザ・龍            | 180 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
|   |    |              | 30 | 牛久クリーンセンター           | 203 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|   |    |              | 31 | 新広域処理施設              | 280 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
|   |    |              | 32 | つくばステナスクエア           | 375 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
|   |    |              | 33 | 土浦市清掃センター            | 210 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|   |    |              | 34 | 新広域処理施設              | 430 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
|   |    | 小計           |    |                      | -   | - | 7 | 7 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 県西 | 下妻地方広域事務組合   | 35 | クリーンポート・きぬ           | 200 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|   |    |              | 36 | 常総環境センター ごみ焼却施設      | 258 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
|   |    |              | 37 | 新広域処理施設              | 220 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|   |    | 古河市 (古河地区)   | 38 | 古河クリーンセンター           | 90  | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|   |    |              | 39 | さしまクリーンセンター 寺久熱回収施設  | 206 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
|   |    |              | 40 | 新広域処理施設              | 250 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|   |    | 筑西広域市町村圏事務組合 | 41 | 筑西広域市町村圏事務組合環境センター   | 240 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
|   |    |              | 42 | 新広域処理施設              | 180 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|   |    |              | 小計 |                      | -   | - | 5 | 5 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 |

シナリオ別の廃棄物処理施設の集約状況は、以下のとおりとなった。2030 年時点での集約量はさほど集約が進んでいないため、費用対効果及び CO<sub>2</sub> 削減効果は 2050 年時点で比較する。茨城県の一般廃棄物焼却施設の集約シナリオを表 5.2-3、図 5.2-2 に示す。

表 5.2-3 茨城県の一般廃棄物焼却施設の集約シナリオ

| シナリオ          | 集約プロセス                                                                                                                                |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| シナリオ 1 BaU    | 24 清掃工場のうち、2030 年時点では、23 清掃工場が延命化及び基幹改良工事によって維持され、1 清掃工場が廃止される。2050 年時点では、新設工場を含む 13 清掃工場体制となる。                                       |
| シナリオ 2 工業団地   | 24 清掃工場のうち、2030 年時点では、10 の清掃工場が集約化され、14 の清掃工場が現状維持となる。2050 年時点では、さらに 12 清掃工場が集約化され、2 清掃工場が現状維持で運営される。廃止した施設で処理していた廃棄物は、4 清掃工場に集約化される。 |
| シナリオ 3 コンビナート | 2030 年、2050 年ともに対象清掃工場はシナリオ 2 と同じ。コンビナート近接地の 1 か所への集約化を想定する。                                                                          |

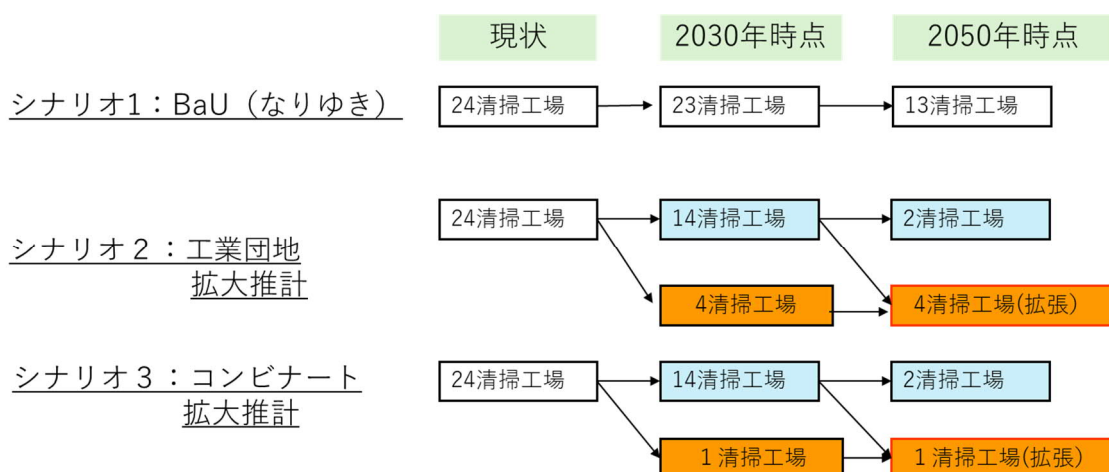


図 5.2-2 茨城県の一般廃棄物焼却施設の集約シナリオ

#### (4) 廃棄物熱量の設定

茨城県から発生する現在、2050 年の一般廃棄物量と質の推計法を記述する。現状については、令和 4 年度に作成した質と量のデータベースのうち、特定地域の将来廃棄物発生量を組成別に算出した結果を用いた。本推計では、将来推計については、SSP2 シナリオに基づいた人口推移結果を用い、その集計によって、将来の廃棄物量を推計している。式 5-2-1 は、茨城県の廃棄物発生量の推計式である。変数の一部を表 5.2-4 に示す。

$$WST_{IB}^T = \sum_{m=1}^{43} POP_m^T \cdot WST_m^T \cdot \frac{WST_m^{2020}}{POP_m^{2020} \cdot TYPE_{m,w}^{2020} \cdot REC_{m,w}^T} \quad \text{式 5-2-1}$$

ここで、

$m$ : 茨城県の自治体（43 市町村）

$T$ : シナリオ設定期年（現在は、2021 年、2030 年、2050 年）

$w$ : 廃棄物の種類（本報告では、プラスチック、紙、厨芥、その他に区分）

$POP_m^T$ :  $T$  年における市町村  $m$  の人口（2030 年、2050 年は、SSP2 シナリオ値を外挿的に代入する）（人）

$WST_m^T$ : 現在の自治体  $m$  の  $T$  期の廃棄物発生量(kg／年／人)

$TYPE_{m,w}^{2020}$ : 現在の自治体  $m$  の廃棄物の組成 (%)

$REC_{m,w}^T$ : 自治体  $m$  の廃棄物種類  $w$  の  $T$  期年のリサイクル率(%) 本報告では、2030 年 5%、2050 年 15%リサイクルが進んでいると想定している。

表 5.2-4 茨城県の焼却対象廃棄物の推計結果の一部

| 市町村<br>$m$ | Y2020<br>人口<br>$POP_m^{2020}$ | Y2050<br>人口<br>$POP_m^{2050}$ | Y2020 焼却炉<br>集積廃棄物量<br>$WST_m^{2020} / POP_m^{2020}$ | Y2020<br>焼却量<br>$WST_m^{2020}$ | 2050<br>焼却量<br>$WST_m^{2050}$ |
|------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
|            | 人                             | 人                             | kg/人/年                                               | t/年                            | t/年                           |
| 水戸市        | 270,557                       | 229,317                       | 309.7                                                | 83,782                         | 71,012                        |
| 日立市        | 176,167                       | 106,147                       | 322.8                                                | 56,871                         | 34,267                        |
| 土浦市        | 137,205                       | 102,903                       | 259.5                                                | 35,611                         | 26,708                        |
| 古河市        | 137,685                       | 103,144                       | 277.6                                                | 38,219                         | 28,631                        |
| 石岡市        | 72,418                        | 45,734                        | 307.9                                                | 22,295                         | 14,080                        |
| 結城市        | 50,227                        | 35,818                        | 355.1                                                | 17,836                         | 12,719                        |
| 龍ヶ崎市       | 75,981                        | 50,998                        | 302.8                                                | 23,006                         | 15,441                        |
| 下妻市        | 41,480                        | 28,201                        | 299.4                                                | 12,420                         | 8,444                         |
| 常総市        | 59,292                        | 41,923                        | 222.9                                                | 13,218                         | 9,346                         |
| 常陸太田市      | 48,349                        | 24,782                        | 284.6                                                | 13,759                         | 7,053                         |
| 高萩市        | 27,966                        | 15,622                        | 252.4                                                | 7,059                          | 3,943                         |
| 北茨城市       | 41,592                        | 22,318                        | 314.1                                                | 13,064                         | 7,010                         |
| 笠間市        | 73,775                        | 48,603                        | 295.4                                                | 21,795                         | 14,359                        |
| 取手市        | 102,595                       | 66,776                        | 213.0                                                | 21,852                         | 14,223                        |
| 牛久市        | 85,763                        | 78,820                        | 267.7                                                | 22,960                         | 21,102                        |
| つくば市       | 236,584                       | 237,333                       | 292.8                                                | 69,273                         | 69,492                        |
| ひたちなか市     | 153,006                       | 117,110                       | 314.3                                                | 48,092                         | 36,809                        |
| 鹿嶋市        | 68,161                        | 59,763                        | 288.8                                                | 19,683                         | 17,258                        |
| 潮来市        | 27,491                        | 16,398                        | 278.7                                                | 7,662                          | 4,570                         |
| 守谷市        | 66,290                        | 63,239                        | 198.8                                                | 13,177                         | 12,570                        |
| 常陸大宮市      | 39,994                        | 23,343                        | 284.9                                                | 11,396                         | 6,651                         |
| 那珂市        | 53,787                        | 42,528                        | 286.4                                                | 15,405                         | 12,180                        |
| 筑西市        | 100,046                       | 65,498                        | 271.9                                                | 27,204                         | 17,810                        |
| 坂東市        | 51,759                        | 34,122                        | 263.7                                                | 13,647                         | 8,997                         |
| 稲敷市        | 39,583                        | 20,330                        | 271.3                                                | 10,741                         | 5,516                         |
| かすみがうら市    | 40,610                        | 27,643                        | 308.0                                                | 12,510                         | 8,515                         |
| 桜川市        | 39,681                        | 21,673                        | 267.6                                                | 10,618                         | 5,799                         |
| 神栖市        | 93,214                        | 73,461                        | 232.3                                                | 21,658                         | 17,068                        |
| 行方市        | 32,303                        | 17,380                        | 273.1                                                | 8,823                          | 4,747                         |
| 鉾田市        | 45,913                        | 29,984                        | 221.3                                                | 10,159                         | 6,635                         |
| つくばみらい市    | 50,825                        | 52,550                        | 186.0                                                | 9,454                          | 9,775                         |
| 小美玉市       | 49,199                        | 33,833                        | 306.5                                                | 15,079                         | 10,369                        |
| 茨城町        | 31,362                        | 19,651                        | 277.7                                                | 8,711                          | 5,458                         |
| 大洗町        | 15,456                        | 7,440                         | 454.8                                                | 7,030                          | 3,384                         |

|      |        |        |       |        |        |
|------|--------|--------|-------|--------|--------|
| 城里町  | 18,291 | 9,433  | 275.4 | 5,037  | 2,598  |
| 東海村  | 37,543 | 30,303 | 257.0 | 9,647  | 7,787  |
| 太子町  | 16,209 | 6,832  | 300.9 | 4,877  | 2,056  |
| 美浦村  | 14,512 | 6,890  | 305.9 | 4,439  | 2,108  |
| 阿見町  | 46,752 | 36,158 | 321.7 | 15,039 | 11,632 |
| 河内町  | 8,324  | 3,828  | 274.4 | 2,284  | 1,050  |
| 八千代町 | 21,053 | 13,758 | 244.2 | 5,142  | 3,360  |
| 五霞町  | 8,241  | 4,519  | 356.8 | 2,940  | 1,612  |
| 境町   | 23,286 | 14,690 | 270.9 | 6,308  | 3,980  |
| 利根町  | 15,169 | 6,912  | 290.4 | 4,405  | 2,007  |

次に廃棄物の質、つまり低位発熱量の推計方法を式 5-2-2 に示す。表 5.2-5 に廃棄物の低位発熱量を示す。2030 年の市町村ごとの推計結果を表 5-2-4 に示す。

$$WST\_LHV_{IB}^T = \sum_{m=1}^{43} 1000 \cdot LHV_w \cdot POP_m^T \cdot WST_m^{2020} \cdot TYPE_{m,w}^{2020} \cdot REC_{m,w}^T \quad \text{式 5-2-2}$$

ここで、

$WST\_LHV_{IB}^T$ : 茨城県から発生し焼却処理される廃棄物の低位発熱量 [GJ]

$LHV_w$ : 廃棄物 w の低位発熱量 [MJ/t]

表 5.2-5 廃棄物の低位発熱量（湿ベース）

| 廃棄物種類 w | 低位発熱量 (MJ/t) $LHV_w$ |
|---------|----------------------|
| プラスチック  | 35,000               |
| 紙       | 15,000               |
| 厨芥      | 3,400                |
| その他     | 10,000               |

熱量の出典：藤井ら（2011）長期的視点からのプラスチック及び雑紙のリサイクルシステムの検討<sup>2)</sup>

推計は市町村別に算出し、それを集約する工業団地のブロック別及びコンビナートへの集約単位に集計した。2050 年時点での茨城県における一般廃棄物集約先に供給できる熱量の推計結果を表 5.2-6 に示す。

表 5.2-6 茨城県における一般廃棄物集約先に供給できる熱量の推計結果

| 集約先            |      | 2050 年時点 |           |
|----------------|------|----------|-----------|
|                |      | t / 年    | TJ / 年    |
| シナリオ 2<br>工業団地 | IB-1 | 51,833   | 620,127   |
|                | IB-2 | 139,362  | 1,606,949 |
|                | IB-3 | 42,736   | 527,505   |
|                | IB-4 | 182,087  | 2,198,370 |
|                | IB-5 | 85,594   | 1,001,009 |
|                | 合計   | 501,612  | 5,953,960 |
| シナリオ 3 コンビナート  |      | 501,612  | 5,953,960 |

### (5) 発電量の推計

シナリオ 1 BaU では、2030 年に 100 t / 日よりも大きい焼却炉については、基幹改良事業を実施し、発電設備を増築、またすでに発電施設のある施設においても同規模の一般廃棄物処理施設の高効率な発電設備に更新することとした。また、2050 年には新設される一般廃棄物処理施設は、高効率な発電設備を導入することを想定した。

このことから、施設ごとに想定した発電量と発電効率を表 5.2-7 に示す。

表 5.2-7 発電量の推計結果

| 自治体名                | 施設名称                           | 処理能力<br>(t / 日) | 発電量<br>(kW) | 発電効率  |
|---------------------|--------------------------------|-----------------|-------------|-------|
| 北茨城市                | 清掃センター                         | 180             | 4,031       | 13.7% |
| 高萩・北茨城広域事務<br>組合    | 高萩・北茨城広域<br>ごみ処理施設             | 80              |             |       |
| 日立市                 | 日立市清掃センター                      | 300             | 7,363       | 15.0% |
|                     | 新広域処理施設                        | 210             | 4,839       | 14.1% |
| 常陸太田市               | 常陸太田市清掃センター 焼却施設               | 100             |             |       |
| 大子町                 | 大子町環境センター                      | 16              |             |       |
| 大宮地方環境整備組<br>合      | 大宮地方環境整備組合 環境センター              | 180             | 4,031       | 13.7% |
| 城里町                 | 城里町環境センター 熱回収施設                | 20              |             |       |
|                     | 新広域処理施設                        | 150             | 3,244       | 13.2% |
| 水戸市                 | 水戸市清掃工場焼却施設                    | 330             | 8,231       | 15.2% |
| 笠間市                 | 環境センター (笠間・水戸環境組合)             | 105             | 2,114       | 12.3% |
|                     | 笠間市環境センター                      | 80              |             |       |
| ひたちなか・海広域事<br>務組合   | ひたちなか・東海クリーンセンター               | 220             | 5,112       | 14.2% |
|                     | 新広域処理施設                        | 520             | 18,575      | 21.8% |
| 霞台厚生施設組<br>合        | 霞台厚生施設組合クリーン<br>センターごみ焼却施設     | 215             | 4,975       | 14.1% |
|                     | 新広域処理施設                        | 160             | 3,504       | 13.4% |
| 江戸崎地方衛生 土木<br>組合    | 江戸崎地方衛生土木組合 環境センタ<br>ー         | 100             |             |       |
| 阿見町                 | 阿見町霞クリーンセンター                   | 84              |             |       |
| 龍ヶ崎地方塵芥 処理<br>組合    | くりんプラザ・龍                       | 180             | 4,031       | 13.7% |
| 牛久市                 | 牛久クリーンセンター                     | 203             | 4,649       | 14.0% |
|                     | 新広域処理施設                        | 280             | 6,791       | 14.8% |
| つくば市                | つくばサステナスクエア (つくば市<br>クリーンセンター) | 375             | 9,555       | 15.6% |
| 下妻地方広域事 務組<br>合     | クリーンポート・きぬ                     | 200             | 4,568       | 0.0%  |
| 常総地方広域市 町村<br>圏事務組合 | 常総環境センター ごみ焼却施設                | 258             | 6,168       | 0.0%  |
|                     | 新広域処理施設                        | 220             | 5,112       | 0.0%  |
| 古河市 (古河地区)          | 古河クリーンセンター                     | 90              |             |       |
| さしま環境管理 事務<br>組合    | さしまクリーンセンター 寺久熱回収<br>施設        | 206             | 4,730       | 11.9% |
|                     | 新広域処理施設                        | 250             | 5,944       | 14.0% |
| 筑西広域市町村<br>圏事務組合    | 筑西広域市町村圏事務組 合環境セン<br>ター        | 240             | 5,665       | 14.4% |
|                     | 新広域処理施設                        | 180             | 4,031       | 13.7% |

注 1) 発電量及び発電効率は、推計値であり実績値ではない。

## （６）新設する集約処理・蒸気供給施設規模の設定

「シナリオ 1 BaU」では、茨城県の広域化計画に則って施設が整備されているものとする。

「シナリオ 2 工業団地拡大推計」「シナリオ 3 コンビナート拡大推計」では、2030 年、2050 年時点での廃棄物発生推計量をもとに 280 日稼働を想定し、処理規模を決定した。その際、処理規模の設定は、廃棄物発生推計量を稼働日数である 280 で除した日処理量に対し、30% の安全係数を乗じた量に対応できる処理能力とした。同様に施設規模を想定した。施設規模の算定結果を表 5.2-8 に、焼却施設の試算条件を表 5.2-9 に示す。

表 5.2-8 シナリオ 2，3 での焼却施設（蒸気供給施設）の規模算出結果

| シナリオ              | 集約先    | 2050 年時点<br>(t/日) |
|-------------------|--------|-------------------|
| シナリオ 2 工業団地拡大推計   | IB-1   | 189               |
|                   | IB-2   | 630               |
|                   | IB-3   | -                 |
|                   | IB-4   | 728               |
|                   | IB-5   | 397               |
|                   | 合計     | 1,945             |
| シナリオ 3 コンビナート拡大推計 | コンビナート | 1,945             |

表 5.2-9 焼却施設の試算条件

| 項目          | シナリオ 1  | シナリオ 2         | シナリオ 3        | 注釈   |
|-------------|---------|----------------|---------------|------|
|             | BaU     | 工業団地           | コンビナート        |      |
| 2050 年焼却施設数 | 13 施設   | 4 施設           | 1 施設          | 注 1) |
| 年間稼働日数      | 280 日   | 280 日          | 280 日         | 注 2) |
| 廃棄物処理規模（平均） | 173 t/日 | 190 t/日        | 1,945 t/日     | 注 1) |
| 発電効率（平均）    | 12.90%  | -              | -             | 注 3) |
| ボイラー効率      | -       | 85%            | 85%           | 注 4) |
| 蒸気条件        | -       | 1.80MPaG・284℃  | 1.80MPaG・284℃ | 注 5) |
| 蒸気供給量       | -       | 71 t/h（4 施設平均） | 285 t/h       | 注 6) |
| 配管損失        | -       | 10%            | 10%           | 注 7) |
| 機器損失（設備効率）  | -       | 15%（85%）       | 15%（85%）      | 注 7) |

注 1) 第 5 章第 1 節でのシナリオ設定の試算結果に基づく

注 2) 需要家の工場は、廃棄物処理施設よりも稼働日数が多いことを想定し、工場の休業日と処理施設の休止日を調整することで、280 日の供給が可能になる。

注 3) Ohnishi, Fujii et. al., (2018)<sup>3)</sup>に基づき、第 5 章第 1 節の施設規模、搬入廃棄物熱量ごとに発電効率を試算した結果に基づく。

注 4) 一般廃棄物でのボイラー熱回収効率を 85%と想定。

注 5) 第 2 章モデル工場 X の分析のうち、中圧蒸気相当での代替を推計するため、1.80MPaG・284℃を採用。

注 6) 焼却施設規模と蒸気供給能力の単回帰分析より推計。

注 7) エンジリング会社、焼却炉メーカー、需要家工場管理者等へのヒアリング結果、機械工学便覧等を参考にそれぞれ 10%、15%と仮定した。

### (7) 集約輸送距離の設定

集約輸送の設定について述べる。シナリオ1～3において、現状の市町村・一部事務組合は、一般廃棄物の収集・運搬を行い、現状の焼却施設に集めることは同様のものとする。そこからシナリオ1では、その場で焼却処理をする。シナリオ2では、現状の焼却施設を集積場とし、4ブロックで選定した工業団地内まで輸送する。シナリオ3では、現状の焼却施設を集積場とし、化学コンビナート内まで輸送する。それぞれの地点の位置情報をもとにGoogle Mapを用いて道路ネットワークにより距離を算定した。焼却施設と工業団地またはコンビナートとの距離を表5-2-10に示す。

表 5.2-10 焼却施設と工業団地またはコンビナートとの距離

| 自治体名                    | 施設名称                | 集約先までの距離(km) |      | コンビナートまでの距離(km) |
|-------------------------|---------------------|--------------|------|-----------------|
| 北茨城市                    | 清掃センター              | IB1          | 8.5  | 0               |
| 高萩・北茨城広域事務組合            | 高萩・北茨城広域<br>ごみ処理施設  |              | 8.5  | 140             |
| 日立市                     | 日立市清掃センター           |              | 27.2 | 121             |
|                         | 新広域処理施設             |              |      | 0               |
| 常陸太田市                   | 常陸太田市清掃センター 焼却施設    |              | 51.7 | 0               |
| 大子町                     | 大子町環境センター           |              | 49.9 | 110             |
| 大宮地方環境整備組合              | 大宮地方環境整備組合 環境センター   |              | 62.4 | 99.5            |
| 城里町                     | 城里町環境センター 熱回収施設     |              | 67.7 | 91.1            |
|                         | 新広域処理施設             |              | 0    | 0               |
| 水戸市                     | 水戸市清掃工場焼却施設         | IB2          | 12.5 | 63              |
| 笠間市                     | 環境センター（笠間・水戸環境組合）   |              | 29.4 | 72              |
|                         | 笠間市環境センター           |              | 29.4 | 72              |
| ひたちなか・東海広域事務組合          | ひたちなか・東海クリーンセンター    |              | 6.4  | 69.8            |
|                         | 新広域処理施設             |              | 0    |                 |
| 霞台厚生施設組合                | クリーンセンターごみ焼却施設      |              | 41.1 | 64.2            |
|                         | 新広域処理施設             |              | 0    | 0               |
| 江戸崎地方衛生土木組合             | 江戸崎地方衛生土木組合環境センター   | IB4          | 18.8 | 58              |
| 阿見町                     | 阿見町霞クリーンセンター        |              | 6.2  | 56.1            |
| 龍ヶ崎地方塵芥 処理組合            | くりーんプラザ・龍           |              | 9.9  | 53.4            |
| 牛久市                     | 牛久クリーンセンター          |              | 8.9  | 68.1            |
|                         | 新広域処理施設             |              | 0    | 0               |
| つくば市                    | つくばサステナスクエア         |              | 25.3 | 101             |
| 土浦市                     | 土浦市清掃センター           |              | 11.2 | 82.6            |
|                         | 新広域処理施設             |              | 0    | 0               |
| 下妻地方広域事務組合<br>（常総市石下地区） | クリーンポート・きぬ          | IB5          | 26.7 | 110             |
| 常総地方広域市町村圏事務組合          | 常総環境センター ごみ焼却施設     |              | 35.9 | 105             |
|                         | 新広域処理施設             |              | 0    | 0               |
| 古河市（古河地区）               | 古河クリーンセンター          |              | 15.9 | 130             |
| さしま環境管理事務組合             | さしまクリーンセンター 寺久熱回収施設 |              | 7.7  | 113             |
| 筑西広域市町村圏事務組合            | 筑西広域市町村圏事務組合環境センター  |              | 33.8 | 120             |
|                         | 新広域処理施設             |              | 0    | 0               |

### 5.3 需要側の条件設定

令和4年度までに国内の15のコンビナートの熱需要推計を実施している。それを基盤に、今年度は茨城県の工業団地を適用対象として、シナリオ2工業団地拡大推計での熱需要の特定を行った。コンビナートほど規模は大きくないが、素材産業連携モデルの適用となる。シナリオ2では、十分な熱需要のある工業団地に焼却炉を新設して熱供給を行う想定としている。なお、本事業の推計は、特定事業者の具体的な生産プロセスについて把握しているわけではないため、実現可能性の調査は別途必要になることを前提とする。

#### (1) 工業団地とその熱需要の特定

作成した熱需要データベースのうち、茨城県で操業している302事業所を対象に熱需要を推計した。ただし、高炉をもつ事業者は、製造プロセスの特性上、清掃工場からの熱供給への代替が困難であることから対象外とした。なお、これらは、工業団地数では150箇所に該当する。

データベースで集計された、302事業のうち、鹿島コンビナートの特定排出事業者82事業であり、残りが220事業者であった。これには145工業団地が該当する。シナリオ2工業団地ではこの145工業団地に立地する220事業者から候補地を選定した。

既存の工場で熱需要が十分見込める工業団地として、特定排出事業者からの熱需要の多い工業団地を各IBに1箇所ずつ設定した。選定にあたっては、工業団地に特定排出事業者が2事業所以上あり、産業分類（中分類）の事業所が含まれていることを条件とした。産業分類（中分類）の事業所は、十分な熱需要が見込まれ、300℃、3.0MPaまたは400℃、4.0MPaの蒸気で代替可能なプロセスを有するものである。また、熱需要側の工場はすでに自事業者内にボイラーまたはコジェネレーション設備を有していると想定した。シナリオ2工業団地で対象とする工業団地の熱需要推計結果を表5.3-1及び図5.3-1に示す。

表 5.3-1 シナリオ2工業団地で対象とする工業団地の熱需要推計結果

| IB | 工場 | 温水冷水の熱需要<br>(GJ/年) | 蒸気利用               |                    |                  |
|----|----|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|
|    |    |                    | 100-200℃<br>(GJ/年) | 200-500℃<br>(GJ/年) | 500℃以上<br>(GJ/年) |
| 1  | 1  | 4,810              | 7,074              | 70,458             | 138,652          |
|    | 2  | 15,026             | 30,052             | 40,980             | 528,643          |
|    | 3  | 10,546             | 15,508             | 154,463            | 303,964          |
|    | 合計 | 30,382             | 52,634             | 265,901            | 971,259          |
| 2  | 4  | 7,627              | 11,216             | 111,716            | 219,843          |
|    | 5  | 27,550             | 12,996             | 7,797              | 0                |
|    | 6  | 479,669            | 51,657             | 33,208             | 162,349          |
|    | 7  | 43,150             | 807                | 403                | 2,823            |
|    | 8  | 14,447             | 21,246             | 211,610            | 416,422          |
|    | 合計 | 572,443            | 97,922             | 364,734            | 801,437          |
| 3  | -  | -                  | -                  | -                  | -                |
| 4  | 9  | 82,532             | 1,543              | 771                | 5,399            |
|    | 10 | 589,988            | 63,537             | 40,845             | 199,688          |
|    | 11 | 35,804             | 669                | 335                | 2,342            |
|    | 12 | 114,035            | 53,790             | 32,274             | 0                |
|    | 13 | 99,001             | 1,020,261          | 44,000             | 19,250           |
|    | 合計 | 921,360            | 1,139,800          | 118,225            | 226,679          |

|   |    |         |         |        |        |
|---|----|---------|---------|--------|--------|
| 5 | 14 | 111,701 | 52,689  | 31,614 | 0      |
|   | 15 | 42,162  | 4,540   | 2,919  | 14,270 |
|   | 16 | 17,356  | 178,863 | 7,714  | 3,375  |
|   | 17 | 15,976  | 164,645 | 7,101  | 3,107  |
|   | 18 | 28,218  | 290,800 | 12,541 | 5,487  |
|   | 合計 | 215,413 | 691,537 | 61,889 | 26,239 |

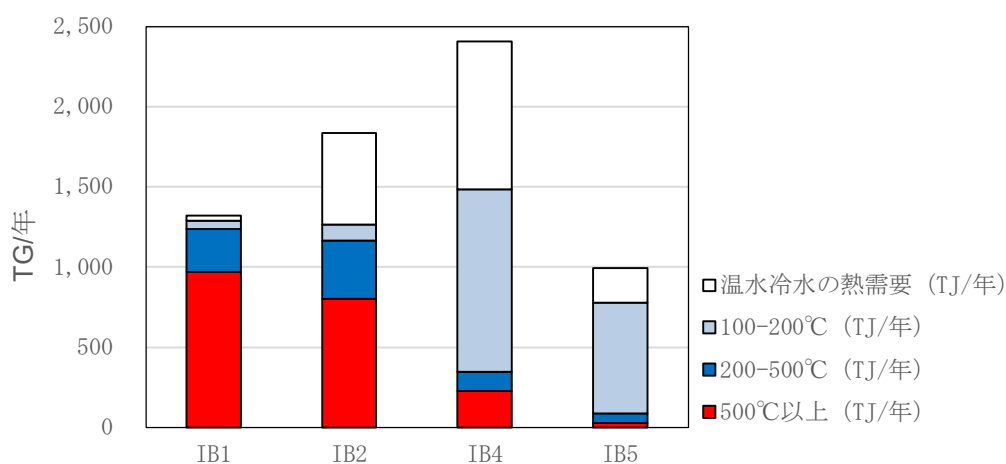


図 5.3-1 シナリオ 2 工業団地で対象とする工業団地の熱需要推計結果

## (2) 化学コンビナートとその熱需要の特定

化学コンビナートでのブロック (Chemical complex Block : CB) は、令和 4 年度の報告書で報告済みであり (図 5.3-2)、その中から、鹿島コンビナートの熱需要値を用いた。5.2 で検討した茨城県の廃棄物を集約した結果と比較しても、十分に熱需要があることを確認した。

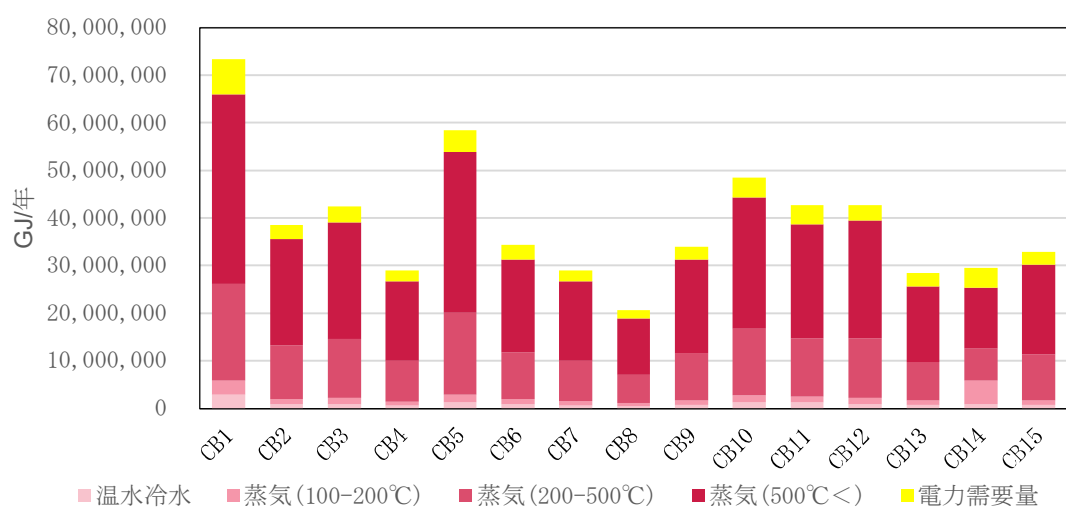


図 5.3-2 石油化学コンビナートのエネルギー需要 (令和 4 年度実施報告書より再掲)

## 5.4 費用対効果の推計

既に発電をしている一般廃棄物処理施設の焼却炉では、3.0MPa、300℃あるいは4.0MPa、400℃の蒸気ボイラーを有する。また、県広域化計画で新設をする一般廃棄物処理施設は、100 t/日のものであり発電を想定するスペックになっている。そのため、蒸気ボイラーの設置は、すべてのシナリオ内で同等に費用が掛かるものとし、拡大推計での費用対効果の対象外としている。

### (1) 費用負担の設定

#### 1) 各主体の役割

本拡大推計において対象とする費用及び収益を表5.4-1に示す。各主体の役割は以下とした。

経費は、A:焼却炉建設費、B:蒸気供給設備建設費、C:集約輸送コスト、D:売電・買電、E:蒸気販売収益に区分し、各主体が担う費用として計上した。

排出者を自治体とし、自治体が一般廃棄物の収集・運搬を担い、その費用も負担することとした。地域の焼却施設での売電収入は、電力会社から自治体へ支払われるものとした。

工業団地及びコンビナートにおける新設の焼却炉では発電はせず蒸気供給のみを行うこととした。自治体は、自区内で廃棄物を処理せず、集約先の新設の焼却炉へ委託処理する。

新設する焼却炉の建設・運営は、新たな広域の一部事務組合を創設すること、あるいは公民連携の事業体を立ち上げること、完全に民間事業者が運営することが考えられるが、いずれにしても廃棄物処理と熱供給事業の運営を一体的に担う組織体であると仮定した。その組織体を「蒸気供給者」とした。

表 5.4-1 シナリオ別主体別の費目

| ケース<br>主体 | BaU        |      | 拡大推計                 |                   |     |
|-----------|------------|------|----------------------|-------------------|-----|
|           | 排出者        | 需要者  | 排出者                  | 蒸気供給者             | 需要者 |
| 想定者       | 自治体        | 電力会社 | 自治体                  | 廃棄物処理及び蒸気供給する事業者  | 工場群 |
| A:焼却炉     | 基幹改良または新設費 | -    | -<br>* 廃止に伴う費用は計算対象外 | 工場群の近接地での新設（産廃仕様） | -   |
| B:蒸気供給    | -          | -    | -                    | 配管敷設と運用           | -   |
| C:集約輸送    | -          | -    | 排出元から集約先までの輸送費       | -                 | -   |
| D:売電・買電   | 売電収益       | 買電費  | -                    | 買電費               | -   |
| E:蒸気販売    | -          | -    | -                    | 売熱益               | 買熱費 |

## 2) 建設費用 (A)

一般廃棄物処理施設の建設費は、施設規模（t/日）の関数とし式 5-4-1 に基づき算出した。延命化・基幹改良費は、建設費の 20%と想定し、算出した。工業団地及びコンビナートに近接する処理施設は、産業廃棄物処理施設の単価を用いた関数とし式 5-4-2 に基づき算出した。建設費用については、年間の費用対効果を比較するため 20 年を償却期間とし、20 で乗じた値を年間費用としている。

$$Cost\_A_i^{Public\_Construction} = 2.59 * 10^7 * Cap\_INC_i^{0.77} \quad \dots \text{式 5-4-1}$$

$$Cost\_A_i^{Private\_Construction} = 1.34 * 10^7 * Cap\_INC_i^{0.77} \quad \dots \text{式 5-4-2}$$

ここで、

i : 対象となる焼却炉の ID

Cap\_INC : 施設 i の施設規模（t/日）

Cost\_A<sub>i</sub><sup>Public\_Construction</sup> : 施設 i を一般廃棄物処理施設の実績値に基づき算定した建設費（円）

Cost\_A<sub>i</sub><sup>Private\_Construction</sup> : 施設 i を産業廃棄物処理施設の実績値に基づき算定した建設費（円）

## 3) 蒸気供給設備関連費用 (B)

配管の敷設の費用を算定した。本事業で用いた統一した単価(表 5. 4-2)で算定している。なお、配管は、65A のスチールパイプ及び断熱材を想定し、単価を設定している。ただし、設備敷設に係る建設費は、立地場所によって、架空ラックの敷設や基礎工場が異なるため、事業性の確認時は見積もりをとる必要がある。建設費と同様に 20 年を償却期間とし、20 で乗じた値を年間費用とする。なお、アキュムレーターの使用は想定しなかった。

表 5. 4-2 蒸気供給に伴う施設建設及び維持管理費の単価<sup>注 1)</sup>

| 大項目    |                     | 標準原価        | 蒸気 1 t/日単価 | 導管距離 1m 単価 |
|--------|---------------------|-------------|------------|------------|
| 建設費    | 設備費バックアップボイラ : a    | 189, 000 千円 | 2, 167 千円  |            |
|        | ドレンタンク : c          | 1, 000 千円   | 0. 50 千円   |            |
|        | ドレン返送ポンプ : d        | 3, 570 千円   | 1. 79 千円   |            |
|        | 据付け工事費 : b          | 82, 300 千円  |            | 41. 2 千円   |
|        | 電気計装工事 : c          | 110, 000 千円 |            | 55. 0 千円   |
|        | 建築費 : d             | 47, 100 千円  |            | 23. 6 千円   |
|        | 配管敷設費（返送用配管を含む） : e | 600, 000 千円 |            | 300 千円     |
| 管理費    | 人件費 : f             | 3, 600 千円   |            | 1. 80 千円   |
|        | 維持補修費 : g           | 69, 500 千円  |            | 34. 75 千円  |
|        | 管理費 : h             | 140, 000 千円 |            | 70. 00 千円  |
| 減価償却年数 |                     |             | 20 年       |            |

注 1) 令和 5 年度報告書・第 2 章 600 t/日の清掃工場での試算に用いた原単位。

#### 4) 集約輸送コスト (C)

前述のように、シナリオ1～3で現状の自治体は、一般廃棄物の収集・運搬を行い、現状の焼却施設に集める条件は同様とする。シナリオ1 BaU では、自治体内で焼却処理。シナリオ2 工業団地では現状の焼却施設を中継して選定した工業団地内まで輸送する。シナリオ3 コンビナートでは、現状の焼却施設を中継して、化学コンビナート内まで輸送する。それぞれの地点の位置情報から集約先まで Google Map で距離を計算し、輸送原単位を乗じて輸送コストを算出した。輸送コストの原単位は、10 t トラック想定で、国土交通省「標準的な運賃について（告知；令和2年4月24日）」関東運輸局が提示する t キロ法の単価（図 5.4-1）を用いて推計した。単価には上限値、標準値、下限値があり、本推計では標準値を用いた。

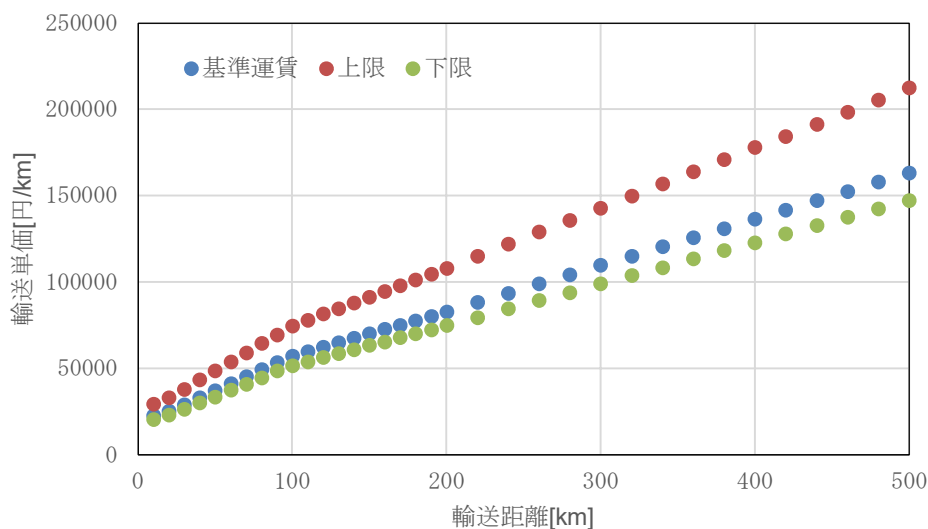


図 5.4-1 10 t トラックの距離ごとの輸送単価

出典：国土交通省「標準的な運賃について（告知；令和2年4月24日）」関東運輸局

#### 5) 売電収入及び買電費用 (D)

一般廃棄物処理場が発電設備を導入している場合、発電量は、施設内の自家消費量(MWh/年)と売電量(MWh/年)と区別する必要がある。一般廃棄物処理場で発電をする場合は、売電量(MWh/年)に電気販売価格(円/MWh)を乗じた値が、売電収入(円/年)となる。一方、熱供給を行う場合、施設内の自家消費量(MWh/年)は、系統電力からの買電となるため、自家消費量(MWh/年)に買電費用(MWh/年)を乗じた値が、買電費用(円/年)となる。電気価格を表 5.4-3 に整理する。

なお、施設規模(t/年)と投入廃棄物の定位発熱量(MJ/t)と発電量、自家発電量、売電量は、Ohnishi, Fujii et. al., (2018)<sup>3)</sup>に基づき推計している。この論文では、過去の一般廃棄物処理施設の発電の実績値に基づいた統計解析とボイラー及び発電機の熱力学的計算を組み合わせた推計式を導いたものである。

表 5.4-3 電力単価及び CO<sub>2</sub> 排出係数

| 種類                   | 仕様                  | 単価                           |
|----------------------|---------------------|------------------------------|
| 電力（買電）               | 高圧（6000V）           | 16.6 円/kWh                   |
| 電力（売電）               | 系統接続 <sup>注1)</sup> | 15.1 円/kWh                   |
| CO <sub>2</sub> 排出係数 |                     | 0.470 t-CO <sub>2</sub> /MWh |

注1) 東京電力：夏季 17.37 円/kWh（3 ヶ月）その他 16.24 円/kWh（9 ヶ月）

注2) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課, 廃棄物エネルギー利用高度化マニュアル, 平成 29 年 3 月のうち焼却施設とメタン発酵施設とのコンバインドケースの売電単価を採用

## 6) 蒸気販売収益 (E)

蒸気供給事業は、需給間の連携により成立するものであり、蒸気販売収益の最大値は、需要家が、一般廃棄物処理施設からの熱供給によって化石燃料（石炭、重油、天然ガス等）を削減による化石燃料削減益である。

本推計では、この前提に対し、需要家は、蒸気供給施設に関する投資、保有、運用をせず、蒸気供給者から、蒸気を購入することを想定し、蒸気販売収益は、化石燃料削減益と等しいとした。

ただし、実際の熱販売収益は、熱の需要家との相対取引など契約によって定まる。そのため、需要側と供給側で交渉をし、化石燃料削減益を配分し、分け合う。

需要家が蒸気受け取りにより削減できる化石燃料は、第2章で示す、モデルX工場のケース1 復水発電増加を想定した。これは、外部要の変化要因の影響を抑えるため、需要家側のエネルギーシステムの変更を最小限にとどめる状況を意図した設定である。

第2章の結果を参照し、拡大推計で用いたモデル工場Xでの化石燃料削減にかかわる原単位を表5.4-4に示す。その際に用いた各種原単位を表5.4-5に示す。

表 5.4-4 拡大推計で用いたモデル工場Xでの化石燃料削減にかかわる原単位<sup>注1)</sup>

| 項目                  | モデル工場X<br>(A 重油補正) | モデル工場X<br>(C 重油・石炭) | 単位                   |
|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| 化石燃料（重油換算）          | 352                | 491                 | kl/年                 |
| ボイラーに投入する熱量         | 20,835             | 13,707              | GJ/年                 |
| ボイラー熱交換後の蒸気熱量       | 13,686             | 13,686              | GJ/年                 |
| 年間燃料価格              | 28,048             | 25,210              | 千円/年                 |
| CO <sub>2</sub> 排出量 | 955                | 1,189               | t-CO <sub>2</sub> /年 |
| 稼働日数                | 330                | 330                 | 日                    |
| 焼却施設からの蒸気での時間換算削減量  |                    |                     |                      |
| 化石燃料削減量（重油換算）       | 0.044              | 0.062               | kl/h                 |
| 投入蒸気                | 1                  | 1                   | t/h                  |
| 年間燃料価格              | 3,541              | 3,183               | 円/h                  |
| CO <sub>2</sub> 排出量 | 0.121              | 0.160               | t-CO <sub>2</sub> /h |

注1) 第2章の結果をもとに拡大推計用の原単位を整理。

表 5. 4-5 各種原単位

| 項目                  | LHV 注1)                                                  | CO <sub>2</sub> 排出係数 注2)         | 価格                                      |
|---------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|
| C 重油及び<br>副生油       | 41.2 GJ/k <sub>l</sub> 注1)<br>39.6 GJ/k <sub>l</sub> 注1) | 0.0715 t-CO <sub>2</sub> /GJ 注2) | 86,500 円/k <sub>l</sub> 注4)<br>(2021 年) |
| A 重油価格 (2021 年)     |                                                          |                                  |                                         |
| 輸入一般炭               | 25.7 GJ/ t                                               | 0.0906 t-CO <sub>2</sub> /GJ     | 49,045 円/ t 注3)<br>(2023.1 現在)          |
| 原油価格 (2021 年) : 参考値 |                                                          |                                  | 20,900 円/k <sub>l</sub> 注3)             |
| ボイラー効率              | 90                                                       | %                                | 注 5)                                    |
| 稼働時間                | 7,920                                                    | 時間                               | 注 5)                                    |

注 1) 経済産業省資源エネルギー庁(2018)「エネルギー源別標準発熱量一覧表」

注 2) 地球温暖化対策の推進に関する法律

注 3) 財務省「日本貿易統計」

注 4) 一般社団法人エネルギー情報センター

注 5) 第 2 章の想定を参照。

原単位を用いて拡大推計をした際の蒸気量 (t/h) あたりの削減効果を (再掲) 表 2. 2-7 に示す。

(再掲) 表 2. 2-7 焼却施設からの蒸気配給による燃料削減効果と CO<sub>2</sub> 排出削減効果

|                                                    | ケース           | 10 t/h | 20 t/h | 50 t/h |
|----------------------------------------------------|---------------|--------|--------|--------|
|                                                    | 供給蒸気量         |        |        |        |
| 工場の燃料削減効果<br>MW 【ボイラー燃料＋<br>買電の燃料換算量】              | ケース 1 復水発電増加  | 4.80   | 9.59   | 23.96  |
|                                                    | ケース 2 系統電力増加  | 5.72   | 11.43  | 28.59  |
|                                                    | ケース 3 再エネ電力増加 | 9.68   | 19.36  | 48.39  |
| 工場の CO <sub>2</sub> 排出削減効果<br>t-CO <sub>2</sub> /h | ケース 1 復水発電増加  | 1.60   | 3.21   | 8.01   |
|                                                    | ケース 2 系統電力増加  | 2.50   | 5.00   | 12.50  |
|                                                    | ケース 3 再エネ電力増加 | 3.24   | 6.47   | 16.18  |

モデル工場 X は、コンビナート内で利用する燃料を想定し、石炭 (一般炭)、C 重油、副生油で計算されている。副生油とは、工場内から排出される副生油を用いているため、C 重油と同じ価格とした。工業団地では C 重油ではなく A 重油を用いるため、A 重油を利用する工場として値を補正して削減効果を推計している。シナリオ 3 コンビナートでは、モデル X の値を用いた。

ただし、削減効果の際、モデル工場 X の原単位を用いた削減量が、焼却炉から供給する蒸気の熱量を上回ることがありうる。その際は、原単位から推計した削減効果と焼却炉から供給する蒸気の熱量分との割合を算出し、モデル工場 X での化石燃料の削減バランスをもとに熱量、CO<sub>2</sub> 排出量、燃料費の削減効果を推計した。

## （２）費用対効果・CO<sub>2</sub>削減効果の推計結果

2050年時点で費用対効果及びCO<sub>2</sub>削減効果の推計した結果を図5.4-2及び表5.4-6に示す。総額で、シナリオ1BaUで22.8億円／年の費用がかかり、シナリオ2工業団地で6.28億円／年、シナリオ3コンビナートで10.5億円／年の費用となることが分かった。費用対効果でシナリオ1BaUよりもシナリオ2工業団地、シナリオ3コンビナートで効果があることを確認できた。

効果の要因として、大規模化による施設の建設単価が削減と工場団地の近接地であることから産業廃棄物処理施設の単価を用いることでの削減によるものが大きい。売電と比較して、施設運営に係る売電額を差し引いても蒸気販売益が大きくなることにも起因する。

シナリオ2工業団地とシナリオ3コンビナートは、それぞれA重油、C重油と石炭を代替することを想定しているため、シナリオ2工業団地での蒸気販売収益は65.9億円／年、シナリオ3コンビナートで65.2億円／年と比較して、燃料の削減分に差が出た。

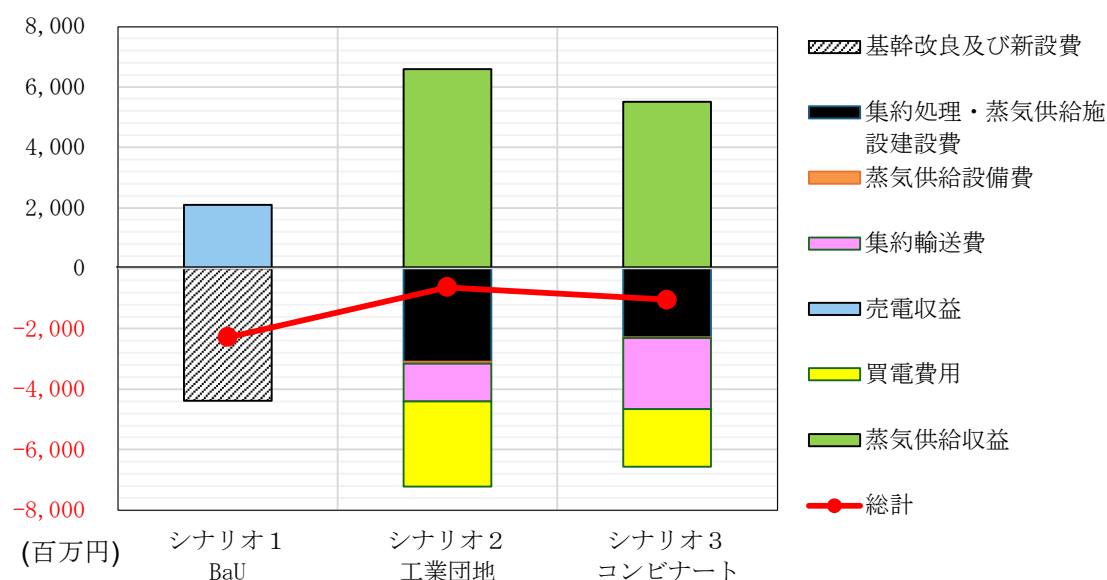


図 5.4-2 2050年時点の拡大推計の費用対効果の結果（20年償却における年額）

表 5.4-6 拡大推計の費用対効果の結果（20年償却における年額、百万円）

| 費用対効果項目 |                | 2050年時点    |             |               |
|---------|----------------|------------|-------------|---------------|
|         |                | シナリオ 1 BaU | シナリオ 2 工業団地 | シナリオ 3 コンビナート |
| A       | 基幹改良及び新設費      | -4,386     | 0           | 0             |
|         | 集約処理・蒸気供給施設建設費 | 0          | -3,082      | -2,283        |
| B       | 蒸気供給設備費        | 0          | -65.1       | -16.3         |
| C       | 集約輸送費          | 0          | -1,260      | -2,368        |
| D       | 売電収益           | 2,104      | 0           | 0             |
|         | 買電費用           | 0          | -2,812      | -1,895        |
| E       | 蒸気供給収益         | 0          | 6,591       | 5,514         |
| 総計      |                | -2,283     | -628        | -1,048        |

次に CO<sub>2</sub> の排出削減量を推計した。焼却炉での発電により系統電力を代替するものと想定し、発電量に系統電力の温室効果ガス排出係数 0.470 t-CO<sub>2</sub>/MWh を乗じ CO<sub>2</sub> 削減効果を推計した。拡大推計でも、集約処理の対象外の施設も同様の発電設備に更新されることとした。蒸気供給に伴う CO<sub>2</sub> 削減効果は、表 5.4-4 に基づきシナリオ 2 工業団地では、蒸気 1 t 当たり 0.121 t-CO<sub>2</sub>/h、シナリオ 3 コンビナートでは、蒸気 1 t 当たり 0.160 t-CO<sub>2</sub>/h の削減効果とした。

なお、廃棄物の焼却に伴う温室効果ガス排出は、全シナリオにおいて、処理する廃棄物の量と組成は同じであることから、相殺されるものとして推計の対象外としている。

CO<sub>2</sub> 削減効果を表 5.4-7 に示す。2050 年時点での CO<sub>2</sub> 削減効果は、シナリオ 1 で 9.51 万 t-CO<sub>2</sub>/年、シナリオ 2 工業団地で 27.2 万 t-CO<sub>2</sub>/年、シナリオ 3 で 33.8 万 t-CO<sub>2</sub>/年となった。発電と蒸気供給の CO<sub>2</sub> 削減効果を比較すると、シナリオ 2 ではシナリオ 1 の 2.86 倍、シナリオ 3 コンビナートではシナリオ 1 の 3.56 倍の効果が推計された。蒸気供給の効果が発電と比較して大きくなっているのは、茨城県の広域化計画での一般廃棄物処理施設の規模が平均 242 t/日であり、平均発電効率が 14.5% となり大規模高効率の施設と比較して小さいことに起因する。仮に、シナリオ 1 において、発電効率 25.0% が達成されるとシナリオ 2 ではシナリオ 1 の 1.66 倍、シナリオ 3 ではシナリオ 1 の 2.07 倍の効果となる。よって、2050 年時点で集約化シナリオが実現すると、発電と比較して、約 2 倍程度の CO<sub>2</sub> 削減効果を確認できた。

表 5.4-7 シナリオごとの CO<sub>2</sub> 削減効果

| CO <sub>2</sub> 削減量      | 単位                | 2050 年時点      |                |                  |
|--------------------------|-------------------|---------------|----------------|------------------|
|                          |                   | シナリオ 1<br>BaU | シナリオ 2<br>工業団地 | シナリオ 3<br>コンビナート |
| 削減量                      | t-CO <sub>2</sub> | 95,117        | 272,054        | 338,870          |
| シナリオ 1 との比較              | 倍                 | -             | 2.86           | 3.56             |
| 発電効率 25% 想定時のシナリオ 1 との比較 | 倍                 | -             | 1.66           | 2.07             |

シナリオごとの CO<sub>2</sub> 削減費用を表 5.4-8 に示す。シナリオ 1 BaU では、CO<sub>2</sub> 削減費用は、24,000 円/t-CO<sub>2</sub> となる。これは、焼却処理施設の新設費を費用に計上しているためである。拡大推計では、シナリオ 2 工業団地で 2,307 円/t-CO<sub>2</sub>、シナリオ 3 コンビナートで 3,093 円/t-CO<sub>2</sub> となった。

C 重油と石炭は、A 重油よりも排出原単位が高いため、シナリオ 3 コンビナートでの削減量が大きくなっている。単位熱量当たりの石炭・C 重油の CO<sub>2</sub> 排出原単位が A 重油よりも大きいため、石炭と原油の精製の伴う副生物（C 重油）に依存するコンビナートでは、削減の余地が大きいといえる。

表 5.4-8 拡大推計の費用対効果の結果（百万円）

| 費用対効果項目                                     | 2050 年時点      |                |                  |
|---------------------------------------------|---------------|----------------|------------------|
|                                             | シナリオ 1<br>BaU | シナリオ 2<br>工業団地 | シナリオ 3<br>コンビナート |
| CO <sub>2</sub> 削減量（千 t-CO <sub>2</sub> ）   | 95.1          | 272            | 339              |
| 費用/CO <sub>2</sub> 削減（円/t-CO <sub>2</sub> ） | 23,999        | 2,307          | 3,093            |

### (3) 主体別の費用対効果の推計結果

続いて、費用負担と便益を受ける主体を明確にし、それぞれの費用対効果を分析する。シナリオ1 BaU は、市町村と発電事業者との取引が対象となる。茨城県においては、2030～2050年付近にかけて、9施設の新設が予定されており、その整備費が費用となる。

#### 1) 自治体の立場

これまで通り分別、収集・運搬を実施し、既存の焼却施設に集めることは、各シナリオにおいて同条件とする。

自治体の立場からの費用対効果を図 5.4-3 に示す。シナリオ1 BaU では、自治体が、現状の廃棄物処理体制から茨城県の広域化計画に沿い集約化し、基幹改良及び新設費として、20年償却期間で43.8億円／年の費用（総額8,772万円）を負担する。一方、ほぼ全焼却炉で発電を行うことで21.0億円／年の収益を得る。シナリオ2 工業団地、シナリオ3 コンビナートでは、極端な想定として、焼却に関する廃棄物処理費の全額を蒸気供給事業者に担わせることとする。その場合、自治体は、これまで通り分別、収集・運搬の費用は発生するものの、その後の処理費はかからない。

基幹改良及び新設費から、売電収益を差し引いた費用について、自治体が蒸気供給事業者に処理費や運搬費として転嫁することは十分にありうる。

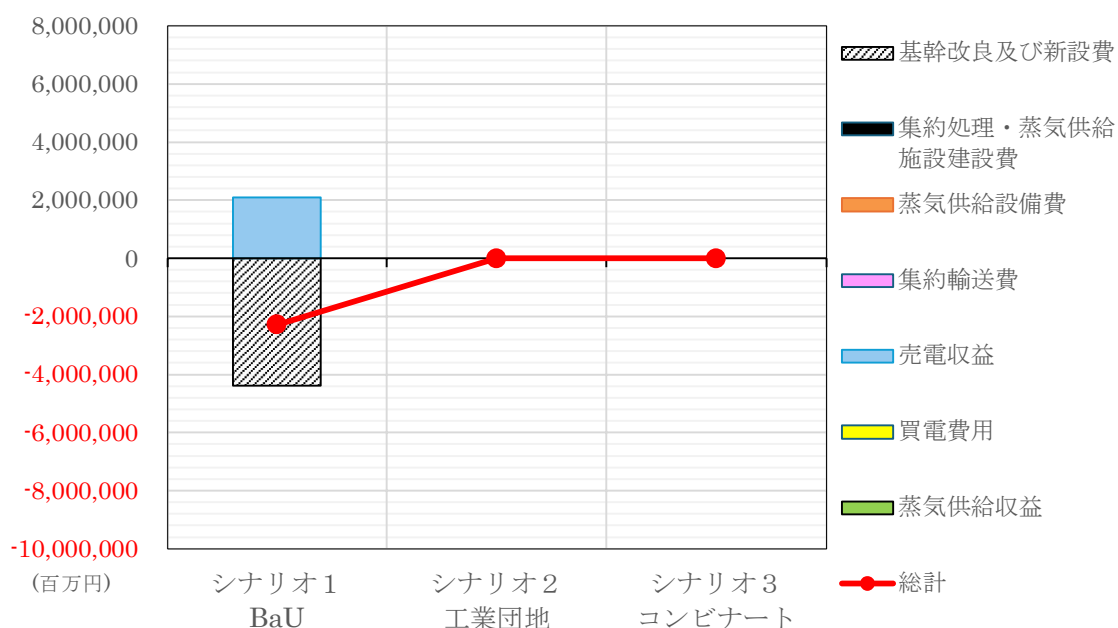


図 5.4-3 主体間の費用負担を考慮した場合の費用対効果の結果（自治体負担分）  
（20年償却における年額、百万円）

## 2) 蒸気供給事業者の立場

蒸気供給事業者の立場での費用対効果を図 5.4-4 に示す。初期費用として、施設の建設費と蒸気供給設備の費用がかかる。建設費用は、シナリオ2 工業団地では、6,165 億円(20 年償却で、30.8 億円/年)、シナリオ3 コンビナートでは、4,560 億円(20 年償却で、22.8 億円/年)となる。規模の経済が働く前提であるがコンビナートに集約することのメリットがある。また、本推計では、配管などの蒸気供給にかかる費用は、全額を蒸気供給事業者が負担することを想定している。建設費用と比較すると安価である。4つの工業団地で整備することと比較して、コンビナート1か所で建設する場合は、その分、設備費が少なく済む。

集約輸送費は、シナリオ2 工業団地、シナリオ3 コンビナートでそれぞれ工業団地とコンビナートに輸送することを想定すると、総輸送距離が約 590km と約 1,900km と 3.2 倍の違いがあり、輸送費に差が出ている。シナリオ2 工業団地では 12.6 億円/年、シナリオ3 コンビナートでは 23.7 億円/年になる。

また、蒸気供給施設の運転に必要となる電力を購入する必要があり、シナリオ2 工業団地で 28.1 億円/年、シナリオ3 コンビナートで 18.9 億円/年が計上された(Ohnishi, Fujii et. al., (2018)<sup>3)</sup>に基づく)。

一方、熱需要家への蒸気販売益が収益源となる。2050 年時点で、シナリオ2 で 65.9 億円/年、シナリオ3 で 55.1 億円/年の販売益が見込まれた。これを蒸気単価に換算すると、それぞれ 3,343 円/t-s、2,880 円/t-s であった。

この費用と便益の負担の想定だと、シナリオ2 工業団地で 6.28 億円/年、シナリオ3 コンビナートで 10.5 億円/年の赤字となる。

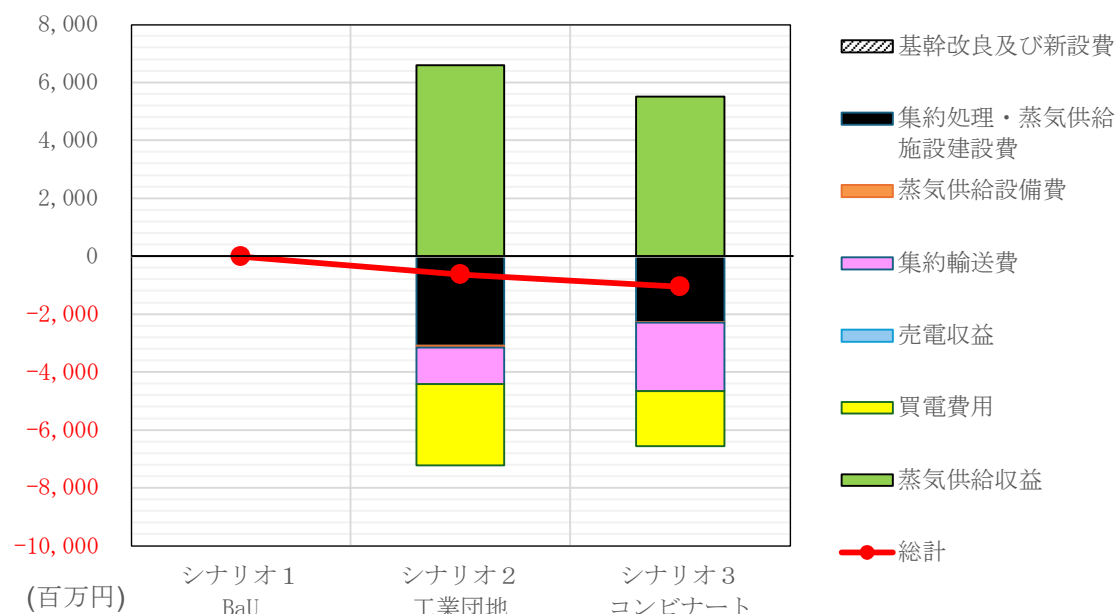


図 5.4-4 主体間の費用負担を考慮した場合の費用対効果の結果(蒸気供給事業者)  
(20 年償却における年額、百万円)

### 3) 需要家の立場

シナリオ2工業団地で65.9億円／年、シナリオ3コンビナートで55.1億円／年の化石燃料削減益となる。それに応じて、蒸気購入費を蒸気供給事業者を支払う。以上の年間収支と20年償還を想定した費用の総計を図5.4-5に示す。

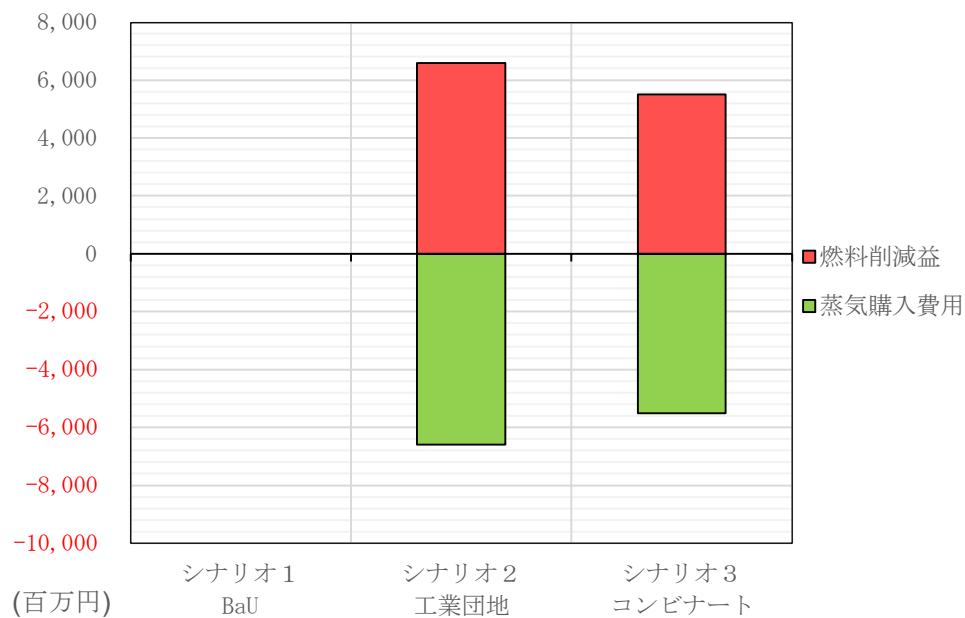


図 5.4-5 主体間の費用負担を考慮した場合の費用対効果の結果（需要家）  
（20年償却における年額、百万円）

#### （４）蒸気供給事業者の事業性向上にむけた考察

本推計では、燃料削減費用を蒸気価格と等価して計算しており、本来の収益よりも低く見積もられている。さらに、横断的連携をとることにより生まれる利益が、各主体で偏りがある。この利益が公平に分配されるような価格決定がなされることで、収益の黒字化が可能となると考えられる。

３つの観点でこの事業収支の改善が考えられる。

第一に、収集運搬費用として許容範囲の目安として、シナリオ 1 BaU で、新設した際の施設費用から売電収入を差し引いた金額を上回らない範囲で抑えることとなる。市町村の費用対効果で記述したようにシナリオ 1 BaU での市町村の便益分を蒸気供給事業者に配分する点があげられる。もし、集約輸送費のすべて蒸気供給事業者に配分したとすると、シナリオ 2 工業団地で 6.32 億円／年、シナリオ 3 コンビナートで 13.2 億円／年の黒字となる。蒸気供給事業者の収支がゼロとなる分岐点は、市町村がシナリオ 1 BaU と比較したシナリオ 2 で 49%程度、シナリオ 3 コンビナートで 44%の集約輸送費用配分を蒸気供給事業者に配分した時であった。

第二に、自治体からの広域の集約輸送費を効率化する点である。本報告では、対象を茨城県とし、10 トンユニットトラックでの陸路輸送を想定している。中継地の設置や海上輸送といったより効率的な輸送モードに関する検討は含まれていない。今後、集約輸送に関する選択肢を拡張し、地域特性に応じた効率的な輸送モードを選択することで集約輸送費を削減できる。

第三に、需要家が、化石燃料の削減益よりも高額な蒸気価格設定を許容することである。実際、蒸気供給事業者は、シナリオ 2 工業団地で 27.2 万 t-CO<sub>2</sub>/年、シナリオ 3 コンビナートで 33.8 万 t-CO<sub>2</sub>/年の CO<sub>2</sub> 削減貢献の便益を受ける。上述の需要家部分の記述を鑑み、蒸気価格を化石燃料削減益の 120%と 2 割増にすると、シナリオ 2 工業団地で蒸気価格が 4,011 円/t-s となり蒸気販売益は 79.0 億円／年、シナリオ 3 コンビナートで 3,455 円/t-s で 66.1 億円／年となる。これにより、蒸気供給事業者は、20 年償却の建設費、買電費用、集約輸送費も含めて黒字を達成できる。

## 5.5 まとめ

工業団地及びコンビナートへの拡大推計、費用対効果を実施した成果をまとめる。

それに先立ち、推計の前提条件を整理し、その限界を記述する。廃棄物の発生量と質すなわち組成は、人口推計シナリオに基づいている。そのため、2050 年までの社会情勢の変化について十分に考慮できていない。そして、焼却炉の集約においては、現状の県広域化計画よりも広範な集約を前提としている。また、熱需要に関しては、現状の産業構造、立地状況、生産方法を前提としている。モデルXがすべての工場を代表することではなく、また現状の立地工場が継続的に操業しているとも限らない。こうした蒸気供給及び需要の将来シナリオの不確実性は、十分に留意する必要がある。

一方、廃棄物処理における焼却の役割は依然として重要であり続け、また製造業は他の産業と比較して操業年数が長い傾向もある。現状の前提条件は課題を有するが、今後の施策や事業を考えるうえで基盤となりうる。将来の不確実性も含めたシナリオを作成していくことで、より現実的な転換パスを描くことができる。

以下に得た知見を整理し、考察をする。

- ・発電と蒸気供給の CO<sub>2</sub> 削減効果を比較すると、シナリオ 2 工業団地ではシナリオ 1 BaU の 2.86 倍、シナリオ 3 コンビナートではシナリオ 1 の 3.56 倍の効果が推計された。ただし、茨城県の広域化計画は十分に大規模化するわけではなく発電効率が低いことで効果が大きく推計されている。発電効率が高まることを想定すると、発電と比較して、約 2 倍程度の CO<sub>2</sub> 削減効果を確認できた。
- ・蒸気供給事業者の費用対効果は、建設費、買電費用、集約輸送費をすべて負担することを想定し、需要家が化石燃料削減益と等価な蒸気価格を設定すると、シナリオ 2 工業団地で 6.59 億円／年、シナリオ 3 コンビナートで 10.5 億円／年の赤字となる。
- ・一方、自治体は、シナリオ 1BaU と比較して 22.8 億円／年の負担減となることから処理費等の支払いを通じて蒸気供給事業の収益を向上することができる。例えば、シナリオ 2 工業団地、シナリオ 3 コンビナートの集約輸送費の 49%、44%を負担することで、蒸気供給事業者の収支がバランスする。
- ・また、需要家も CO<sub>2</sub> 削減の便益を得ていることから蒸気販売価格を高く設定することで、蒸気供給事業の収益を向上することができる。2 割増額で、シナリオ 2 工業団地で 6.81 億円／年、シナリオ 3 コンビナートで 0.54 億円／年の黒字化が達成できることがわかった。
- ・以上の費用負担と便益の配分を検討することで、シナリオ 2 工業団地、シナリオ 3 コンビナートでの蒸気供給事業が収益性をもちうることを示せた。

## 5.6 課題

- 工場の熱需要推計は、中分類の推計である点、また化石燃料削減及びCO<sub>2</sub>排出削減についてはモデルXを基準としている。実際の工場は、使用燃料やボイラー、コジェネの設備、稼働条件などそれぞれ異なる。熱需要推計の精度向上のためには、個社のエネルギー利用状況を把握し、反映させる必要がある。工場の熱需要推計手法の精査は、今後の産業部門及び廃棄物処理部門の脱炭素化にとって重要なため引き続き調査研究の継続が重要になる。
- 2050 年になると社会情勢の変化が予想されるため、設定に幅を持たせる必要がある。焼却施設は建設してから 30 年程度は稼働することを踏まえると、2020 年台の現在から、将来情勢を加味できる柔軟な検討が必要になる。また、設定値が地域ごとにばらつきが大きいためその点も考慮した評価フレームが必要になる。
- 現状では、過去の時系列パネルデータを用いた解析が地域でのシナリオ設定に反映されるには至っていない。将来の廃棄物の質の推計と SSP の人口シナリオと組み合わせることで、より実情にあったシナリオ作成が期待できる。また、熱需要データベースも含め、一般的にも活用可能なデータベースとして公開することで、廃棄物処理及び産業分野の脱炭素化の検討材料を提供できる。
- 事業性を評価する場合、市町村、蒸気供給事業者、熱需要家の 3 者を区別し、その費用と便益の配分を検討する必要がある。その際、公平性、公共性の観点から、国・都道府県の役割の大きいといえる。特に、施設費用の負担、蒸気価格の設定など主体間での配分を促す仕組みが必要となる。特に、集約輸送費の削減は課題であり、引き続き検討が必要である。
- 15 コンビナートでの集約を含め広域でのシステムを検討する場合、都道府県をまたぐことや輸送モードも多様になる。そのため、関係者で、今回提示した基盤データベースをもとに地域特性に応じた評価方法を構築し、空間範囲と時間範囲を定めた費用対効果をすることが重要になる。

### 出典：

- 1) 大西悟他；(2022)；産業団地の熱電エネルギー需要の推計手法の開発と福島県地域でのケーススタディ；第 50 回環境システム研究論文発表会講演集；p127-134
- 2) 藤井実他；(2011)；長期的視点からのプラスチック及び雑紙のリサイクルシステムの検討
- 3) Ohnishi, Fujii et. al.；(2018)；Efficient energy recovery through a combination of waste-to-energy systems for a low-carbon city



## 第6章 課題の整理

本実証では、廃棄物焼却施設からの熱回収の高度化に向けた普及シナリオの課題を整理することとしており、本業務では、令和3、4年度には、自治体への熱回収に対するアンケートを集約して課題を抽出し、考察した。令和5年度は、これまでの検討を深め、各課題への対応に関して一定の結論を出した。

今年度の検討は本報告書で記載し、3年間を通して取り組んだ課題と整理できた内容は、別冊：要点整理（Waste to Steamの手引き）としてとりまとめた。令和5年度の業務目標及び達成事項を表6-1に示す。

表 6-1 令和5年度の業務目標及び達成事項

| 項目         | 内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 採択時の技術の状況  | 廃棄物処理施設で発電が行われているが、その発電効率は20数%に留まっており、最新のガス火力発電所であれば60%を越える発電効率であることを踏まえると、効率面では不利である。                                                                                                                                                                                                                         |
| 本実証の最終目標   | 実証を通して廃棄物焼却施設からの熱回収高度化に向けた普及シナリオを取りまとめる。                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| これまでの達成事項  | 令和3年度<br>許認可申請手続きに関する論点整理、熱需給関係に必要な要件定義、排出量削減貢献量の考え方に関する論点整理、その他制度・法令上の扱いとして、J-クレジット制度、省エネ法、熱版 FIT 制度、廃棄物熱回収施設設置者認定制度などを整理した。<br>令和4年度<br>設計では蒸気供給システムの選択フローチャートの整理、熱 EMS の概念整理、運用面では蒸気価格の決定要素と、その妥当性の提示方法や公平な価格設定の在り方について、政策活用面ではインセンティブ設計の在り方を、総合面では産業への焼却熱供給を社会浸透する概念にするための検討や、まとめ方、効果の提示方法について、検討し、とりまとめた。 |
| 令和5年度の業務目標 | 全国の廃棄物焼却施設の更新や集約を検討する際に、自治体の特性にあわせた蒸気の産業利用モデル（自治体の廃棄物焼却施設、工業団地及び化学コンビナート）の形で熱回収高度化に向かうことができるよう、普及シナリオを取りまとめる。                                                                                                                                                                                                  |
| 令和5年度の達成事項 | これまでの論点に結論をつけ、要点整理、シナリオ提示に必要な情報として取りまとめた。                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 最終達成事項     | 要点整理とシナリオ提示を通じて、必要なインセンティブを提案し、今後の普及展開における課題を示すことが出来た。政策提言に繋げることが出来た。                                                                                                                                                                                                                                          |

自治体への普及展開を図ろうとする場合、自治体が推進するか否かの判断として、地域住民にとって理解が得られるか、地域の誇りとなる内容であるかが問われることとなる。焼却炉がエネルギー供給施設として産業用の熱利用に活用されることはインパクトを持つ地球温暖化対策であるが、その実現は各自治体の施設整備の在り方にかかっている。そのため、自治体を選びたいような方策として焼却熱の産業利用を提示していくことが必要である。

そこで、前述の課題と対策等を踏まえつつ、年2回の検討会を通じて議論した内容を基に社会実装に向けた論点を抽出し、要点整理に収載する内容として結論を出した。検討会での議論での指摘事項及び対応については、第7章表7-1、7-2に記載している。

令和5年度にとりまとめた要点の一覧を次に示す。

表 6-2 令和5年度にとりまとめた要点の一覧

| 要点                        | 説明                                                                                                                                               |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 取組背景の整理                | 熱利用高度化を導入する動機として、脱炭素化の必要性及び焦点をあてる対象産業や企業を絞り込んだ。技術移行を促進する背景要因を整理し、普及展開に繋げるための要件を考察した。                                                             |
| 2. キャッチーなネーミングの作成         | 焼却熱の産業利用には、消費者・排出者、熱供給者、熱需要者が関わるものであり、自治体の選択肢となるためには、分かり易く地域の誇りとなるようなコンセプトの見せ方を検討した。                                                             |
| 3. 事業モデルの設定               | 焼却炉を核とした地域循環共生圏モデルを実装イメージがわくような「汎用可能なケース」として提示した。それらの事業化までのプロセスを計画段階別に示した。                                                                       |
| 4. 炭素循環プラント化を前提とした施設整備の条件 | CCU 成立の規模や国外事例での焼却施設の規模を示す情報を整理した。                                                                                                               |
| 5. 社会実装シナリオの作成            | 提示した、モデル実装の具体的な類型の社会実装の筋書きについて、各モデルでの処理能力の規模を縦軸、2050年ごろまでの年月を横軸として図化した。さらに、各モデルにおける産業プロセスを図示することにより、焼却熱利用の高度化による脱炭素先導シナリオを構造的に示した。               |
| 6. ファクトの作成                | 費用対効果やごみのエネルギー量に関する原単位になりうる数値を作成した。発電、熱風、蒸気供給のエネルギー収支を作成した。                                                                                      |
| 7. 環境価値の付与に関する検討          | J-クレジット、グリーン熱証書、非化石証書等、環境価値の売買の仕組みが存在する。焼却熱の産業利用は、どのようなスキームで環境価値を評価し取引され売るかについて検討した。これまでにJ-クレジットやその他の法制度について検討してきたが、令和5年度は非化石証書化した際の有用性について検討した。 |
| 8. 動静脈連携コーディネート機能の創出      | エネルギー産業利用における動静脈連携のマッチング・コンシエルジュ事業の提案を行った。                                                                                                       |

## 6.1 要点整理

### 要点 1 取組背景の整理

熱利用高度化を導入する動機として、脱炭素化の必要性及び焦点をあてる対象産業や企業を絞り込んだ。技術移行を促進する背景要因を整理し、普及展開に繋げるための要件を考察した。これらは、文献調査、及び本事業の参画者とのディスカッション、委託者である環境省廃棄物適正処理推進課からのご指摘等、また、各位の著作物からの情報を通して検討し、取りまとめた。

#### (1) 地球温暖化の評価

20 世紀後半以降の地球温暖化の主な原因は、人間活動である可能性が高いと考えられてきたが、2021 年の IPCC（気候変動に関する政府間パネル）では、疑う余地がない、と公表された。



図 6-1 気候変動要因の評価の経過

注 1) NIES 地球環境研究センターニュースより精緻な科学的知見を提供-IPCC 第 1 作業部会第 6 次評価報告書概要-江守正多（地球システム領域 副領域長）2021 年 11 月号 Vol. 32 No. 8（通巻 372 号）  
<https://cger.nies.go.jp/cgernews/202111/372001.html>

世界のエネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出量（気候変動の国際交渉関連資料）を図 6-2 に示す。その中でも日本の排出量は、世界全体の 3.1% で中国が圧倒的比率を占める。国民一人当たりの排出量は中国より若干多いレベルであり、中国は人口が多く排出量に反映されている。G7 の排出量 23% と比し、それ以外の主要国が 59% を占める。なお、カンクン合意（2010 年にメキシコのカンクンで開催された気候変動枠組み条約第 16 回締約国会議（COP16）での合意。気温上昇を工業化前 2℃以内に抑えるために、2050 年までの世界規模の大幅排出削減及び早期のピークアウトを共有のビジョンとする前提のもとでなされた一連の合意。）に基づく

措置行動をした国は 34%となっており、目標達成はなされなかった。今後より一層の具体性のある施策が求められている。

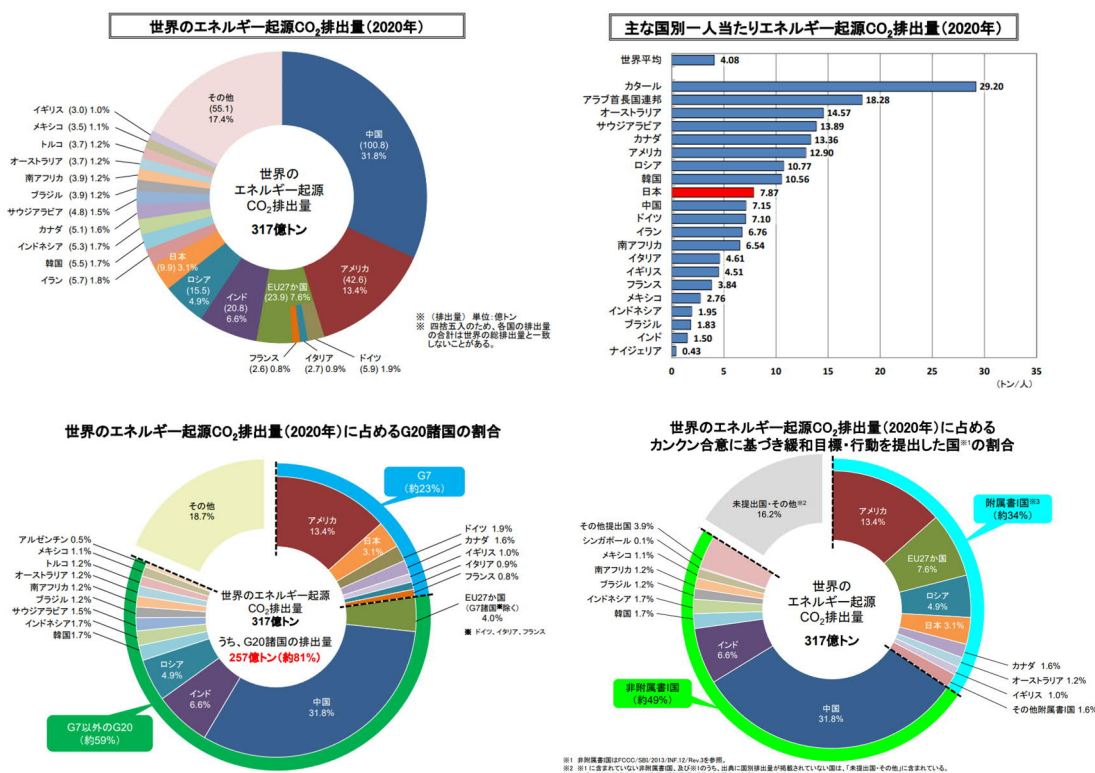


図 6-2 世界のエネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出量（気候変動の国際交渉関連資料）

注 1) 国際エネルギー機関 (IEA) 「Greenhouse Gas Emissions from Energy」 2022 EDITION を基に環境省作成、<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/cop/shiryo.html#05>

このような中、日本・イタリア・カナダ・フランス・米国・英国・ドイツの 7 カ国と EU が集まって毎年開催される国際会議、「G7 サミット（主要国首脳会議）」。

2023 年度は日本が議長国となり、5 月 19 日～21 日には「G7 広島サミット」が開催され、「G7 札幌 気候・エネルギー・環境大臣会合」において産業の脱炭素化がテーマとなった。「ネットゼロ（カーボンニュートラル）」の実現に向けた取り組みを進めていく必要がある中で、共通ルールの形成、CCS および CCU/カーボンリサイクル技術が重要となり得ること、産業部門の脱炭素化では、ライフサイクルをベースに脱炭素化を評価することの重要性を強調し、共通認識とすることが合意された。

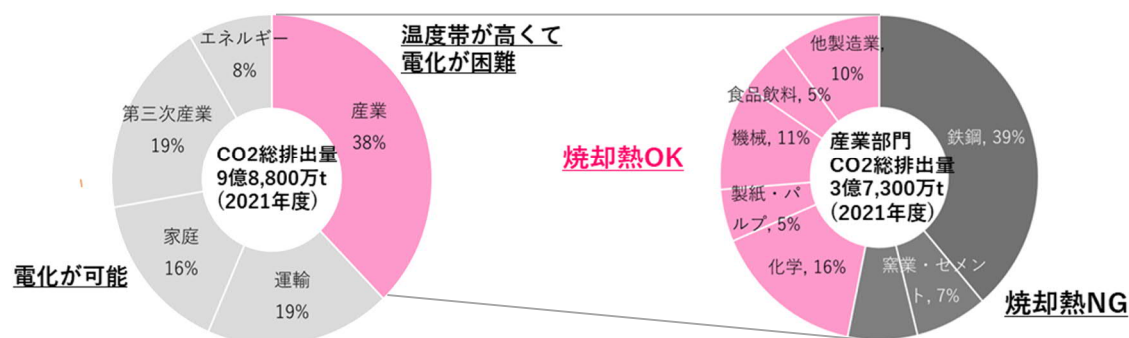
## （２）産業部門の CO<sub>2</sub> 排出量の内訳

産業の CO<sub>2</sub> 排出量のシェアと内訳を図 6-3 に示す。左側の図は国内部門別 CO<sub>2</sub> 排出量【電気・熱配分後】であり、国内部門別 CO<sub>2</sub> 排出量のうち、産業の割合が高い（38%）ことが示されている。産業で利用されている熱の温度帯は 200℃から 300℃の場合が多く、電力に代替することが難しい領域である。ヒートポンプで代用するには温度帯が高く、LPG や重油や

石炭を燃料として利用し、蒸気熱を得ている。そこで、焼却熱を産業利用することが有用となる。

\*：藤井実，棄物処理・リサイクルにおけるカーボンニュートラルの実現に向けた取り組みと課題，都市清掃，第76巻，第374号，9-16，2023

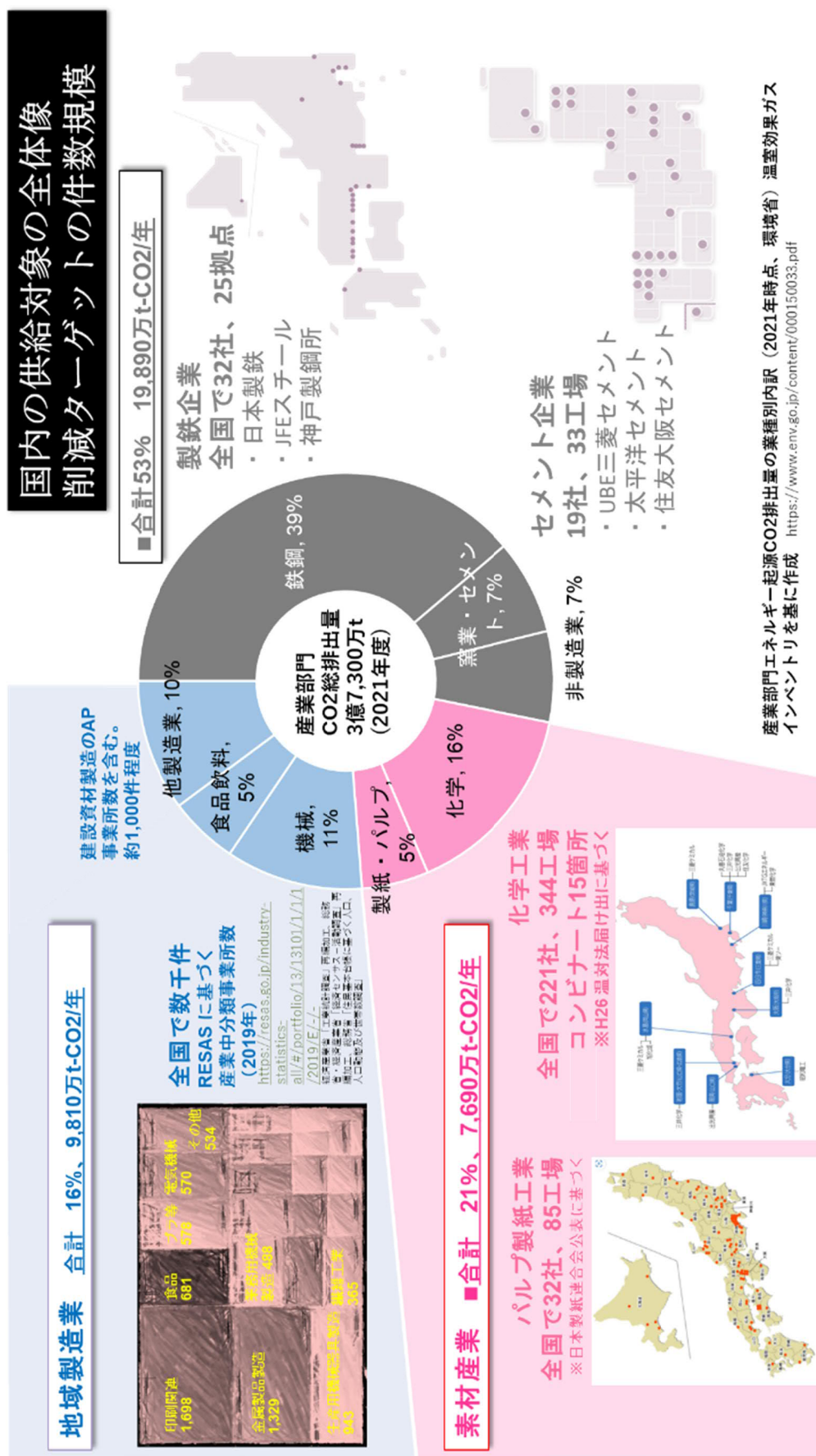
右の図は【業種別内訳】である。産業製造業、化学、製紙、食品、機械業では焼却熱より低い温度帯のプロセスが多く、焼却熱に代替できる業種である。鉄鋼、窯業・セメント業では、利用温度帯が焼却熱より高く、電炉への転換や水素利用の検討が進んでいる。



国内部門別 CO<sub>2</sub> 排出量【電気・熱配分後】 【産業の業種別内訳】

図 6-3 産業の CO<sub>2</sub> 排出量のシェアと内訳

次に、業種別に、対処主体となるステークホルダーを具体的な数値を挙げる。業種別にみた削減主体の企業数を図 6-4 に示す。焼却熱の利用先は、もともと蒸気を多く利用している化学工業、パルプ製紙工業で 20%、それ以外で 26%を占める。



### （３）熱利用高度化の社会的背景

日本では、熱回収については、循環型社会形成推進基本法（平成 12 年法律第 110 号）第 7 条第 3 号において、再使用及び再生利用がなされないものであって熱回収できるものは熱回収がなされなければならないとされている。認定熱回収施設設置者認定制度が導入されたが、令和 4 年時点で 21 事業者のみとなっている。

一方で、発電施設の導入は進展した。熱回収を事業化する焼却施設は、発電施設は 396 件で、件数としては全体の 38.5%だが、廃棄物処理能力としては約 12 万トン/日あり、全体の約 73%が発電付き施設で処理されていることになる。

焼却熱を蒸気として産業利用することが有用であり、技術もあるにもかかわらず国内で進まない背景を質問されることが多い。その理由として考えられることを検討した。

まず、Geel らは、技術のトランジション（移行）は、事業実施など試行の場があっても、産業や科学技術の発展、消費動向など社会システム側での受け入れ態勢が整う事や、背景要因としての社会的機運の高まりが必要と述べている。焼却熱利用にまつわる情報を収集・整理した。その結果を政策における廃棄物処理システムの変遷（普及シナリオ設定に向けた背景として）を図 6-5 としてまとめた。

廃棄物処理は、当初は衛生処理に端を発して国内に焼却炉が普及した。大気汚染、ダイオキシン問題等の環境規制の強化を経て、よりクリーンな適正処理が行われるようになった。その過程で、施設は迷惑施設との認識が一般化し、地域に受け入れられる工夫や、自区内処理を基本とする合意形成が社会的に定着していった。

循環型社会が謳われ、低炭素を目指す機運が生まれ、2000 年に循環型社会形成推進基本法が導入されるが、この時点では、静脈産業での循環性や効率化に留まるものでありブレイクしない。2020 年には日本国で 2050 年までにカーボンニュートラルな脱炭素社会を目指すことが宣言された。動静脈が連携した循環経済が志向されることにより、それに対応したシステムが求められるようになる。この時点で焼却施設は、静脈で処理を行う側から、動脈との連携により迷惑施設から脱却していく時期を迎えたと言える。

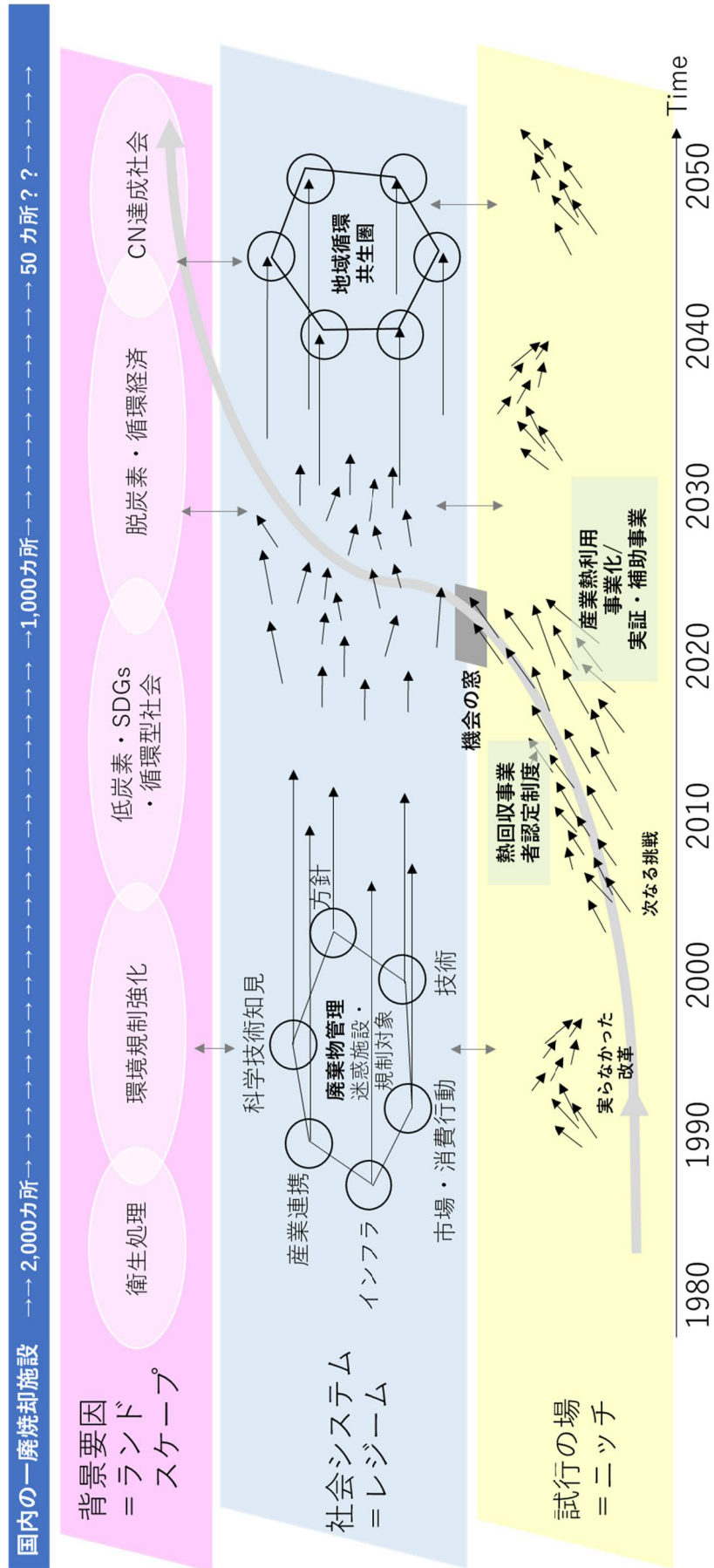


図 6-5 政策における廃棄物処理システムの変遷（普及シナリオ設定に向けた背景として）

注 1) 次を参考に EXRI が作成。Geels (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study. Research Policy 31(8-9): 1257-1274. 大西啓・藤井実・後藤尚弘 (2021) : 産業都市における地域循環共生圏形成に向けた障壁の実態解析と対応策の考察, 土木学会論文集 G (環境), Vol. 77, No.6 (環境システム研究論文集第 49 巻), II\_235-II\_246

## 要点2 キャッチーなネーミングの作成

焼却熱の産業利用には、消費者・排出者、熱供給者、熱需要者が関わるものであり、自治体の選択肢となるためには、分かり易く地域の誇りとなるようなコンセプトの見せ方が必要である。技術者としての推進とは別に、より分かり易く、社会に普及・浸透する概念としてのプロモーションが必要であるとの意見が、検討会で出された。

その検討のため、世界的には焼却反対の世論もある。この主張の論点を整理するとともに、どのようなコンセプトで提示すべきであるかを検討した。さらに、東海クリーンのプロモーションに用いるため、キャッチーと思われるネーミングを選定した。

### (1) 焼却反対者とその理由の調査

#### 1) 焼却の有用性

焼却熱利用の提案を行うと、「世界的には焼却反対の風向きが強い」という意見をいただくことが多い。国際会議でのブーストされた意見が目立つとのことや、EU タクソノミー（持続可能な投資の促進のための枠組みに関する EU 規則、2020/852）では投資を誘導するために推奨される技術を定義されているが、WtE（Waste to Energy、ただしこの言葉は、熱利用ではなく焼却発電と理解される場合が多い）はその定義に該当すると読みきれず、投資機会の逸失が危惧される。

循環型社会形成推進基本法では、「再使用及び再生利用がなされないものであつて熱回収できるものは熱回収がなされなければならない」と定められている。EU では、焼却（waste to Energy）とリサイクル・コンポストの比率が上がり、埋立量の削減に貢献している。EU では、エネルギーリカバリーの定義としてエネルギー効率を指標化し、エネルギー効率が 0.65 以上をサーマルリサイクル施設と定義し、施設認定を受けることが出来る。さらに、焼却されている廃棄物を埋め立て処分すると焼却時に比べて約 2.5 倍の温室効果ガスが排出される<sup>注 2)</sup>ことから、有用性は自明と言える。一方で、焼却の普及してきた国においては、「リサイクル量を増加させて、焼却量を減少させることも課題となっている。」「焼却施設は、単純焼却はレッド、エネルギー回収基準 R1 を満たせばイエロー、CCU/CCUS が出来ればグリーンになるという意見もある」<sup>注 2)</sup>との報告がある。

注 1) 堀尾健太；中央電力研究所社会経済研究所, 2021 年 8 月 30 日

<https://criepi.denken.or.jp/jp/serc/discussion/download/21003dp.pdf?v2>

注 2) 脱炭素、EU タクソノミーへ向けた廃棄物処理のあり方研究会「意見交換」における論点整理: 脱炭素、EU タクソノミーへ向けた廃棄物処理のあり方研究会 (第 2 回) 2022 年 6 月 28 日 <https://www.jesc.or.jp/work/tabid/493/Default.aspx>

#### 2) 焼却反対の主張者とその意見

国際会議等での反対意見表明者とその意見をピックアップした。

##### (1) GAIA

Global Alliance for Incinerator Alternatives

<https://www.no-burn.org/ja/zero-incineration/>

ゼロ焼却の活動を実施 (図 6-6)。

## (2) IPEN

International Pollution Elimination Network

<https://ipen.org/projects/waste-incineration-toxics-eggs>

廃棄物焼却施設周辺で飼われている鶏の卵中の POPs を調査し、焼却と POPs の関連に関する発言が多い。

## (3) CIEL

Center for International Environmental La

<https://www.ciel.org/news/plasticandclimate/>

プラの生産と焼却が地球温暖化に加担している、という観点での発言が多い。



### 燃えるゴミは気候災害です

世界中で廃棄物が焼却炉で燃やされており、温室効果ガスの排出をなくす努力に深刻な打撃を与えています。ゴミの燃焼に起因する重金属と残留性有機汚染物質は、周囲のコミュニティを汚染しています。そのほとんどは、低所得のコミュニティ、有色のコミュニティ、限界に達したコミュニティ、南北問題のコミュニティです。

「大量燃焼焼却炉」、「熱処理施設」、「廃棄物からのエネルギー」、またはいわゆる「廃棄物からエネルギー」(WTE) プラントの名前で宣伝されることが多い焼却炉は、すべて同様の燃焼を利用します。私たちの環境にも同様に有害な技術。

焼却炉が廃棄物を処理するための実行可能な解決策であるという考えには根本的な欠陥があります。焼却炉は、廃棄物をエネルギーに変換する(WTEプラント)、または魔法のように廃棄物を消滅させるという誤った説明を永続化することによって動作し続けます。実のところ、焼却は私たちの家庭ごみ問題を有毒灰などのより複雑な有毒廃棄物問題に変えるだけです。有毒な灰は大気汚染と水質汚染を引き起こしますが、これは元の形の廃棄物よりも封じ込めが難しく、通常は毒性があります。廃棄物をエネルギーに変えると主張する焼却炉も非常に非効率적입니다。それらは、エネルギーを生成するための最も高価な方法の68つです。建設と運転に費用がかかることに加えて、それらはまた、少量の電力を生成することもほとんどできず、石炭火力発電所よりもエネルギーの単位あたりXNUMX%多くの温室効果ガスを排出します。

市や市の管理者、そしてコミュニティは、「廃棄物からエネルギーへ」の企業のマーケティング戦略を超えて、持続可能性と気候変動に強いソリューションを促進する(弱体化させない)オプションを選択する必要があります。



### 焼却炉は公衆衛生、仕事、および公共のお金を浪費します

焼却炉はまた、社会の健康を危険にさらし、直線的で抽出的な経済を永続させ、より多くの地元の環境に優しい雇用が創出されるゼロウェイストの世界を作り出す努力に対抗します。焼却炉は、リサイクルプログラムと同じ材料を求めて競争するだけでなく、そうでなければリサイクルまたは堆肥化できるこれらの材料に依存しています。廃棄物ゼロシステムは、最高の環境成果をもたらすだけでなく、最も多くの雇用を生み出すことが証明されています。リサイクルは埋め立て地や焼却炉の50倍以上の仕事を生み出し、修理は200倍の仕事を生み出します。

図 6-6 焼却反対の主張の例

### 3) 国際会議等での発言の内容

IISD の Earth Negotiation Bulletin のサイト (<https://enb.iisd.org/>) 締約国会議や政府間交渉委員会など環境関連の国際会議のレポートを作成して公表している。例えば、Google で、incineration IPEN site:enb.iisd.org で検索すると、以下がヒットする。

<https://enb.iisd.org/basel-rotterdam-stockholm-conventions-brs-cops-2022-summary>

(焼却とダイオキシンを結び付けて警告する発言)

IPEN lamented slow progress in disposing of PCB stockpiles and noted that incineration is a source of unintentional POPs releases. Underscoring the need to use non-combustion technologies, he urged the Secretariat and the GEF to consider deploying support for developing technologies for local treatment in developing countries.

焼却反対者は、焼却がダイオキシンや CO<sub>2</sub> の発生に寄与し、社会をリサイクルならない状況に立たせることを阻害し、ごみを出さない生活を目指す考えと相反するものを感じる観点から反対していると分かった。

### (2) 既存プロジェクトでのネーミング情報の収集整理

焼却熱の産業利用プロジェクトのネーミング/キャッチコピー/コンセプトを表 6-3 に示す。韓国では国家エコインダストリアルパークとしてプロジェクト化されている。ベルギーアントワープ港の ECLUSE (図 6-7) は、水門という意味であり蒸気ネットワークを表している。「ネットワーク」「グリーンヒート」「ハブ (センター)」といった意味合いが採用されている。一方で、需要に応じて電熱両用をしているためと考えられるが、蒸気利用をしてもそれを強調せず、WtE プラントや、発電プラントとして銘打っているものも散見された。

表 6-3 焼却熱の産業利用プロジェクトのネーミング/キャッチコピー/コンセプト

| 国    | 都市        | 事業者                 | プロジェクトのネーミング等        |
|------|-----------|---------------------|----------------------|
| 韓国   | 蔚山        | Koentec 社           | 国家エコ・インダストリアル・パーク    |
| ベルギー | アントワープ    | INDAVER 社 SLECO 社   | ECLUSE、グリーンヒートプロジェクト |
| オランダ | ロッテルダム    | AVR 社               | 地域熱ネットワーク            |
| ドイツ  | ハンブルク     | MVR 社               | 産業エネルギー効率ネットワーク      |
|      | クナザック     | EEW 社               | グリーンエネルギー供給          |
|      | ベルンブルク    | PreZero 社           | クローズドループリサイクル        |
|      | シュタースフルト  | REMONDIS 社          | EfW プラント             |
| スイス  | ルツェルン     | Renergia 社          | エコロジカル EfW プラント      |
|      | ヴァインフェルデン | KVA 社               | エネルギーハブ              |
| フランス | シャランベ     | B+TEnergie France 社 | 廃棄物発電プラント            |

# ECLUSE

a channel for green energy

グリーンヒートプロジェクト  
通称「エクルーゼネットワーク」

- ・地上4km、地中1kmの配管を設置
- ・近隣の化学工場5社に400°C、4MPaのグリーン蒸気を供給
- ・2019年3月から稼働



図 6-7 グリーンヒートプロジェクト通称「エクルーゼネットワーク」のプロモーション  
注 1) エクルーゼネットワークとは、ベルギーアントワープ港 INDAVER 社のプロジェクト

### (3) キャッチーなネーミングの要件提示

以上を踏まえて、キャッチーなネーミングの必要要素を以下にまとめる。

- ・公衆衛生の確保、公害防止技術、埋立処分の回避、CCUによる炭素循環、処理に対する適正な費用負担、生活や経済の多様性をカバーできる社会システムの必要性を示せるものがよい。
- ・自治体の産業振興面でも採択のモチベーションとなるように、循環経済を意識できるビジネスが創出できるという点が、想起されるものが良い。
- ・WtEが、焼却熱を産業利用することよりも、廃棄物発電やカスケード利用される温水の地域供給を連想されやすい。発電、温水利用と異なる、蒸気利用の圧倒的な熱利用効率をイメージできるものがよい。

社会に浸透するためには、分かり易い概念としてネーミングすることが必要と考えている。既に社会に浸透しているWaste to Energy (WtE) は、発電との区別を明確にしていなが、廃棄物発電を想起しやすい。そこで、電力と区別するために、スチームという言葉を取り入れ、焼却熱の産業利用の概念を分かり易く示す言葉として「WtS」を提案した。

このフレーズは、定義されているものではないが、インドに関わる業務において担当者からも耳にしており、自然体で表現するのに使われていた。

#### 案1 Waste to Steam (WtS) : ウェイスト to スチーム

上記WtEは、脱炭素の概念は含まず、焼却熱を産業利用することを指す。このほか、エコなイメージを持たせる意味で、「グリーンスチームソリューション」を挙げた。

#### 案2 Green Steam Solution: グリーンスチームソリューション

一方で、国立研究開発法人国立環境研究所では、大規模熱利用及びCCUの仕組みによる炭素循環について「ライフサイクルカーボンニュートラル (LCCN)」を提唱している。これは、ライフサイクル全体で炭素均衡な仕組みであるという意味を持つ。CCUが付帯していない状態では、WtSであり、これをLCCN-Readyと呼ぶ。WtSやグリーンスチームソリューションが、焼却熱の産業利用のみを指すのに対し、LCCNは炭素循環ループを閉じることまで含めた概念である。

#### 案3 Life Cycle Carbon Neutral (LCCN) : ライフサイクルカーボンニュートラル

以上の検討から、すでに浸透しているWtEの韻を踏まえつつ、発電との差別化を表現した点で、キャッチフレーズとして案1のWtSを本実証で用いることとした。実際に大きな施設では熱電併給を行うため、広義のWtEに該当するが、WtSは、蒸気供給を強調できるものだと考えた。

### 要点3 事業モデルの設定

焼却炉を核とした地域循環共生圏モデルを実装イメージがわくような「汎用可能なケース」として提示することを目指して、事業モデルを設定した。それらの事業化までのプロセスを計画段階別に示した。

#### (1) 本実証の位置付け

環境省は、中央環境審議会 循環型社会部会第 37 回（令和 3 年 4 月 6 日）資料 1「2050 年カーボンニュートラルに向けた廃棄物分野の脱炭素対策について」において、「資源循環分野からの地域循環共生圏モデル（2050 年に向けたイメージ）」（図 6-8）、及びその実現の際の主な技術要素の方向性（図 6-9）を提示した。

本実証の位置付けは、の素材産業連携モデル、地域製造業連携モデルに該当し、その具体的な実装イメージや方法を、事業モデルとして提示するものである。



図 6-8 2050 年に向けた地域循環共生圏のイメージ



表 6-4 モデル化整理対象の蒸気供給検討事例

| 年度                                            | エネルギー供給施設                                                                                                                                                    | 需要地で供給<br>既設 | 需要地へ供給<br>新設 | 供給地へ需要<br>新設 | 需要のプロセス変更 |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|
| 二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金（廃棄物処理施設を核とした地域循環共生圏構築促進事業） |                                                                                                                                                              |              |              |              |           |
| 令和3年度                                         | 神奈川県横浜市鶴見工場<br>横浜市鶴見工場に隣接する化学工場へ蒸気供給                                                                                                                         | ○            |              |              |           |
|                                               | 株式会社クレハ環境<br>ウェステックかながわ（産業廃棄物焼却施設）<br>・ウェステックかながわで生じる余熱を近隣工場<br>で活用する                                                                                        | ○            |              |              |           |
|                                               | J&T 環境株式会社 川崎エコクリーン（産業廃棄物<br>焼却施設）<br>・川崎エコクリーンで生じる余熱を近隣工場<br>で活用                                                                                            | ○            |              |              |           |
| 令和4年度                                         | 東海クリーン 産業廃棄物処理施設<br>・東海クリーンの焼却施設に、ほしいも残渣の飼料<br>化施設の誘致<br>・地域の熱利用マッチングによる焼却施設からの<br>エネルギー回収高度化実証（平原南工業団地）                                                     | ○            |              | ○            | ○         |
| 令和5年度                                         | 三光株式会社江島工場（鳥取県境港市）<br>・一廃産廃焼却施設である江島工場（76.6 t / 日）<br>から針葉樹構造用合板を製造工場へ蒸気供給                                                                                   | ○            |              |              |           |
| コンビナートや工業団地で検討シナジーがあると考えられる会議体や企業体            |                                                                                                                                                              |              |              |              |           |
|                                               | 地域の熱利用マッチングによる焼却施設からのエネルギー回<br>収高度化実証（NIES/IAE/EXRI）令和3年秋<br>・コンビナートAに立地する企業4社のデータをモデル化し<br>て、省エネ性、環境性を確認                                                    |              | ○            |              |           |
|                                               | 京葉臨海コンビナートカーボンニュートラル推進協議会<br>令和4年11月24日<br>・京葉臨海コンビナートのカーボンニュートラルを推進                                                                                         |              | ○            |              |           |
|                                               | 周南コンビナート脱炭素推進協議会 令和4年1月6日<br>・「周南カーボンニュートラルコンビナート構想」及び「周<br>南コンビナートカーボンニュートラルロードマップ」を策<br>定した                                                                |              | ○            |              |           |
|                                               | 水島コンビナート発展推進協議会カーボンニュートラルネッ<br>トワーク会議 令和4年11月24日<br>・水島コンビナートのカーボンニュートラルの取組につい<br>て、情報を共有し議論する                                                               |              | ○            |              |           |
|                                               | 川崎カーボンニュートラルコンビナート形成推進協議会・川<br>崎港カーボンニュートラルポート形成推進協議会 令和3年<br>5月12日<br>・世界に先駆けて、カーボンニュートラル社会の実現をけん<br>引し、市民生活と調和した産業が集積し発展しながら、市<br>民の誇りとなるコンビナートの形成を基本理念とする | ○            | ○            |              |           |
|                                               | JFE エンジニアリング株式会社/スタンダードケッセル・バ<br>ウムガルテ社 令和3年1月14日<br>・フランス国シャランペ市の廃棄物発電プラントから、隣接<br>する化学工場へ蒸気供給し、一部は自己消費し発電に使用                                               |              | ○            |              |           |
|                                               | ・ベルギー国アントワープ港のコンビナート「ECLUSE」<br>令和元年開始<br>・Indaver 社がパートナーと共同で、廃棄物発電施設の蒸気<br>を5社に輸送するパイプネットワーク「ECLUSE」を建設                                                    |              | ○            |              |           |
|                                               | オランダ国ロッテルダム港 AVR「地域熱ネットワーク」<br>・高圧下でのプロセス蒸気を、ロッテルダム港の企業を含む<br>産業界の顧客2社に直接供給している。                                                                             |              | ○            |              |           |

焼却熱の産業利用が行われている場所や検討されている場所として、下記の種類が確認された。

- ・偶然に需要と供給の立地が近いもの同士での蒸気代替を試行するもの（横浜市、J&T 環境、クレハ環境、三光社）
- ・偶然の立地で近い者同士で元々は蒸気を利用していない工場を蒸気利用に転換させるもの（東海クリーン社）
- ・化学コンビナートのような産業集積地に焼却施設を立地させて焼却熱を提供するもの（各コンビナート）

#### （４）熱利用パターンの分類

焼却熱供給を行う場合、焼却炉のスペックと周辺需要家の種類によって、検討事項もコストも変わる。初期想定別の投資額の差異と各ケースでの CO<sub>2</sub>削減コスト（東海クリーンの施設規模（90 t /日）で事業を行う場合での試算）を表 6-5 に、焼却熱の需給設備検討フローと熱利用パターンの分類を図 6-10 に示す。

東海クリーンは、工業団地内に存在する単純焼却の既設炉である。ボイラがなく需要家は、アスファルトプラントと鑄造工場であり、元々スチームを利用する製造プロセスではない工場であった。既設で始めるケースとしては、最も投資額が大きくなるパターンであった。

一方で、新設のボイラ付きの焼却炉を一から建設する場合、単純焼却にボイラを後付けするよりも、6.8 億円安価に建設できる。ボイラを設置しても、発電しかできなければ自家消費分で終わってしまい、売電収益が得られず採算が合わない。しかし、近隣に熱需要があり蒸気供給できれば、ボイラをつけることで熱を有効利用でき、採算のあう事業を実施することが可能である。

事業実施を考える際、熱需要があることを前提として、以下の点を考慮する必要がある。

- ・既設か新設か
- ・既設の場合ボイラがあるかないか
- ・需要家がスチーム利用の工程であるかどうか
- ・既設でボイラが無い場合、隣接地に熱需要があるか

上記のうち、ケース別に事業化の検討事項が変わってくるが、成立しないのは、焼却炉が既設でもボイラがなくブロワ取り付けをしても近隣に土地がなく需要がないまたは需要を誘致できない場合である。それ以外のケースでの熱利用は可能である。

表 6-5 初期想定別の投資額の差異と各ケースでの CO<sub>2</sub> 削減コスト  
(東海クリーンの施設規模 (90 t/日) で事業を行う場合での試算)

| 施設整備                                         |                |        | 既設     | 既設     | 新設     | 新設     |
|----------------------------------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 需要家のボイラ                                      |                |        | なし     | あり     | なし     | あり     |
| 追加投資<br>(百万円)                                | 配管+ACC         | -323   | ○      | ○      | ○      | ○      |
|                                              | 需要家熱交換器 2 工場   | -104   | ○      |        | ○      |        |
|                                              | ボイラ付き焼却炉のボイラ設備 | -1,060 |        |        | ○      | ○      |
|                                              | 単純焼却に後付けのボイラ設備 | -1,741 | ○      | ○      |        |        |
|                                              | 施設整備費合計        |        | -2,168 | -2,064 | -1,487 | -1,383 |
| 年間の運営費合計 (百万円)                               |                |        | -38    |        |        |        |
| 年間の売熱収益 (百万円)                                |                |        | 288    |        |        |        |
| 年間の CO <sub>2</sub> 排出量 (t-CO <sub>2</sub> ) |                |        | 4,090  |        |        |        |
| CO <sub>2</sub> 削減コスト (円/t-CO <sub>2</sub> ) |                |        | 34,689 | 35,961 | 43,015 | 44,287 |
| 投資回収年数                                       |                |        | 8.7    | 8.2    | 5.9    | 5.5    |

注 1) 90 t 炉に発電をつけると採算が合わなかったため、新設の場合焼却発電施設にせず全量を蒸気供給する想定。

注 2) 東海クリーンの元々の焼却炉の施設整備は 35 億円 (担当者談) である。ボイラ付き焼却炉の金額を、総コストの 25% 程度が発電に必要な設備でそこからタービン 3.1% を除いた金額として推計し 45 億 6 千万円とした。その上で、35 億円をさしひいた金額を熱供給のための初期ボイラ費用とする。初期から整備されていれば追加で整備するよりも安価になる。焼却施設の整備分は、処理費で賄うためここでは相殺されるものとして、施設自体の整備費は考慮しない。

[https://www.env.go.jp/recycle/waste/tool\\_gwd3r/h24\\_report03.pdf](https://www.env.go.jp/recycle/waste/tool_gwd3r/h24_report03.pdf)

注 3) 二酸化炭素排出量は、4,553 t-CO<sub>2</sub>/年 (廃棄物由来+ボイラ稼働による買電+需要家の削減量)

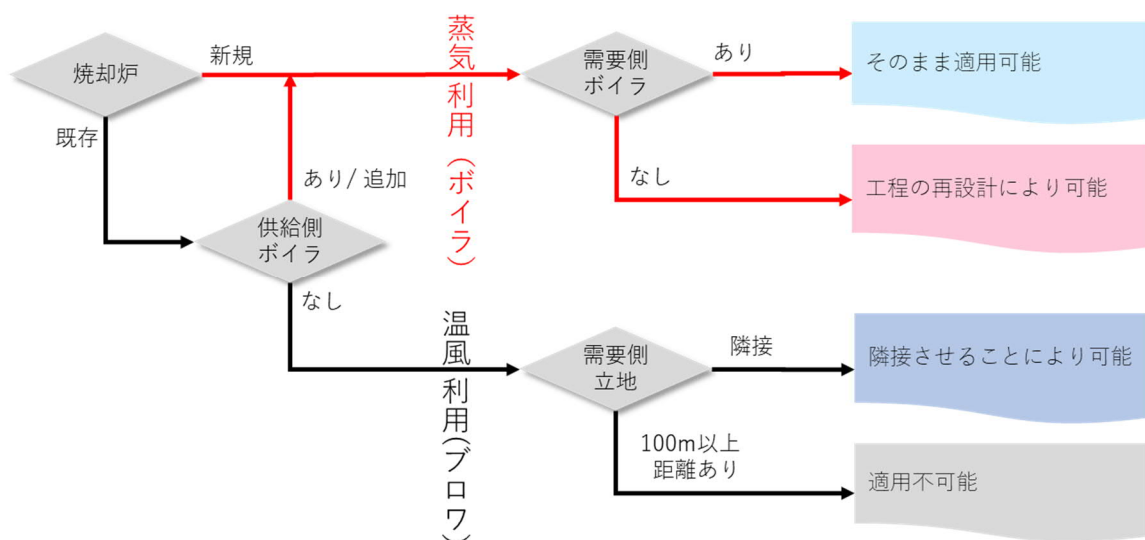


図 6-10 焼却熱の需給設備検討フローと熱利用パターンの分類

これまでの検討を通じ、事業モデルとして3つの事業モデルが見いだされた。地域循環共生圏の具体的な事業タイプを図6-11に示す。

## ①熱需要地での焼却炉新設

- 
- Aerial view of the Antwerp@C development site. Labels include: Ashland, Monumental, SUECO, Indaver, and a red box highlighting the SUECO site. A blue dashed line outlines the development area, and a yellow dashed line outlines the SUECO site.

## ②既設炉周辺需要への供給

- 
- Asafalt Plant aerial view with highlighted areas:
- Asafalt Plant (アスファルトプラント) - Indicated by a blue line.
  - Crushing Plant (砕石工場) - Indicated by a green line.
  - Grinding Plant (粉砕工場) - Indicated by a red line.
  - Waste Incineration (東海フリーン (廃棄物焼却炉)) - Indicated by a yellow line.
  - Grinding Plant (粉砕工場) - Indicated by a blue line.
  - Crushing Plant (砕石工場) - Indicated by a green line.

- 乾燥工程の一部を集約し、資材を集約して乾燥事業を行う新事業。既存の需給立地に左右されず、適用範囲が高い。

- 

※AP砂乾燥事業検討協力：日工株式会社技術本部 蓮葉秀人様  
参考資料：NIKKO TECHNICAL REPORT2022, No.3 (別紙1)

### 1) 素材産業連携モデル

素材産業連携モデルは、コンビナートや大きな工業団地といった、産業集積したエリアで供給量を上回る十分な需要がある場合のモデルである。

#### ①熱需要地での焼却炉新設タイプ

熱需要地に焼却炉を新しく設置する方法で、スケールメリットを生かして、工場への蒸気量を確保することが要件になる。大きなユニットを国内にいくつかの新規施設を創出すると同時に、既存の施設の熱利用高度化を推進する。

広域集約の際数千トンの施設というところ、一カ所に大きな処理施設を作るイメージを持ちがらだが、実際には、用地確保の関係から、工業団地やコンビナートエリアといった一定の広いエリアの中に、焼却炉が複数立地しているような体制が想定される。

### 2) 地域製造業連携モデル

地域製造業連携モデルは、小さな工業団地や偶然隣接する工場に供給する場合など、焼却炉の供給能力が需要量に対して十分ある場合のモデルである。動脈側の脱炭素には貢献するが、CCUを導入したビジネスが成立するのは難しく、削減動脈産業への貢献に留まるものであり、焼却炉からのCO<sub>2</sub>は排出され続ける仕組みとなる。将来的には縮小の方向が考えられる。

#### ②既設炉周辺需要への供給タイプ

地域製造業連携モデルのうち、既存施設を活用し、周辺工場に供給できる施設。このタイプは、これまで発見が困難であり、国内の事例も多くない。概念が浸透していないため、熱利用可能性を検討される余地が少なかった。

既存施設を活用するが、需要家が近隣に立地していたとしても、既存施設のボイラの有無、需要家でのスチーム利用の有無、需要家側の熱利用の大きさによって事業採算面で投資額や収益の見込みが異なる。具体的に実現可能性調査を行う必要がある。

#### ③乾燥資材供給ビジネスの展開タイプ

地域製造業連携モデルのうち、単純焼却や小型で効率の低い焼却発電は、乾燥事業を実施し熱の有効活用を図るものである。例えば、アスファルトプラントの骨材乾燥、干し芋残差の飼料化のため乾燥、下水汚泥の前処理としての乾燥等が挙げられる。これらは、輸送して資材を乾燥することで近隣の熱需要に限り、熱の有効活用を行えるものであり、廃止までの有効利用を図りながら、最適化されていくものとなる。②既設炉周辺需要への供給と組み合わせて、乾燥資材供給ビジネスを誘致することもできる。

## （６）事業の進め方枠組み

社会実装に向けて本格的に検討するには、実データで検討するフェーズに入ることが重要である。また、事業の可能性を見出し、コーディネートする存在が必要不可欠となる。事業化検討フェーズごとの検討項目を図 6-12 に示す。各方法でのポイントを赤枠で示した。

- a) 素材産業連携モデルでは、コンビナート内の廃棄物のデータベースを作成し、マテリアルフローも、併せて検討するとよい。
- b) 地域製造業連携モデルでは、熱需要不足に備える必要がある。
- c), d) いずれのモデルでも、どこでどのレベルの合意を取るのか予め決めておくと、関係者から自由な意見が出やすくなる。

### （図 6-13 の注釈）

#### 注 0) システム概念作成

- ・ 主導者が必要。トップダウンもボトムアップも、両方からアプローチをすることで時短に繋がる。なお、韓国では、エコインダストリアルパーク（EIP）計画を通じて事業推進体制が整備された。EIP センターは、下記を継続し、次の発展に向かっている。
- ・ 意識啓発活動、利害関係者とのコミュニケーション、低コスト化を実現する知識 know-how の集約と発信：大西：韓国地域 EIP センターが促す焼却熱の工場利用の実態：廃棄物資源循環学会誌，Vol. 30, No. 4, pp. 270 - 276, 2019

#### 注 1) 熱需要調査

- ・ 年間指標（燃料消費量、CO<sub>2</sub> 排出量、購入電力量）
- ・ 主要なボイラ、蒸気タービン、ガスタービンなどの定格値、通常運転値
- ・ 主要な蒸気ヘッダー条件（温度、圧力、送気量）
- ・ 燃料ガス・油の種類、代表的な組成
- ・ 代表的な運転データの入手（最長稼働の条件）
- ・ エネルギーシステムフローの作成
- ・ 省エネルギー診断（ピンチテクノロジー）

#### 注 2) 供給条件設定

- ・ 焼却炉規模、蒸気条件、配給割合、配管サイズ、焼却施設から工場までの距離

#### 注 3) 建設候補地の仮設定

- ・ 土地の広さを基にプラント設計や前処理工程の設定を行う計画変更はありうるが、需給側での実施意思の表明となる

#### 注 4) 詳細な技術の検討

- ・ 蒸気供給の年間スケジュール案、蒸気供給ブレの範囲、廃棄物の前処理レベル、施設の概略設計

#### 注 5) 運用規定等の協議

下記について、責任分担範囲を明確化する。

- ・ 蒸気需給の変動幅の想定
- ・ 流量計や圧力計設置場所（工場側境界など）
- ・ バックアップボイラーの保有者（既設を利用するか再検討）
- ・ 蒸気輸送中のロス負担者（焼却施設側が負担）
- ・ 緊急遮断弁の責任者（焼却施設側）

#### 注 6) 施設設計

以下の留意点を踏まえて施工する。

- ・ 配管帯を公道に隣接して設置する場合、熱膨張吸収ベント分を考慮した幅で設置する。
- ・ 公道を横切際には埋設もしくは架台設置する為、公道管理者と協議する。
- ・ 他工場の取り付け道路部を横切際には、了承を取り付ける。

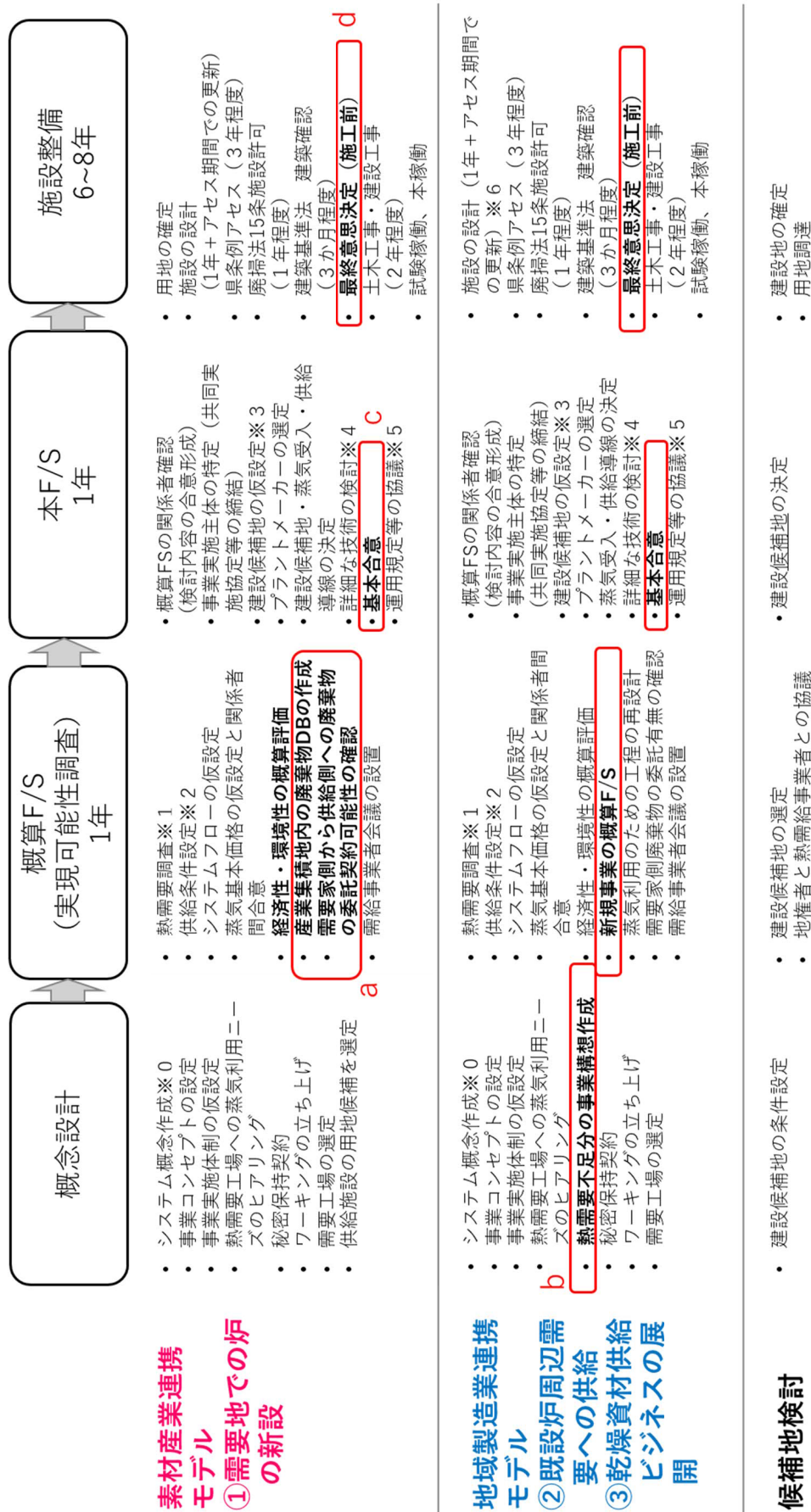


図 6-12 事業化検討フェーズごとの検討項目

#### 要点4 炭素循環プラント化を前提とした施設整備の条件

要点3で示した、①素材産業連携モデル「熱需要地での焼却炉新設」では、廃棄物処理施設を最大限に集約し、産業集積地の熱需要に供給する目的を持つ。産業集積地では、時間当たり1,000～2,000トンの蒸気を利用することがあり、焼却熱の供給が、概ね日処理量700t/日で蒸気が100t/h程度であるため、全量を廃棄物焼却熱で賄おうとすると7,000t/d～14,000t/dの施設が必要となる。実際には燃料代替の一部を担うものであることから、コンビナート全体をカバーすることは相当な集約が必要であるが、例えば、時間当たり100t/h規模の工場であれば、全量を代替することは不可能ではない。

さらに、将来を戦略的に見据えれば、焼却施設を炭素循環プラントとし、蒸気供給とCCUを同時に満たすような施設で、採算性のあう事業を成立させることが必要である。

そこで、CCUの成立にはどれくらいの施設規模が必要であるのか、国外事例での焼却施設の規模を示す情報を整理した。さらに、広域化による施設集約を考える際、素材産業連携モデルでは、どの程度までの施設規模を見込めるのかについて検討を行った。

##### (1) CCUができる焼却炉の規模に関する文献調査

検索ツールと方法を以下に示す。国内外施設のCCU付帯の焼却施設の施設規模に関する文献調査結果を表6-6に示す。

検索ツール：① Google Scholar、② J-STAGE、③ Science Direct

検索ワード：CCU、焼却炉、規模等

結論：既存知見としては、「(カーボンニュートラル化)CO<sub>2</sub>回収設備(CC)を設置した際にエネルギー自立する処理規模は375t/日以上。」との情報のみであった。エネルギー的に自立できることと、事業としての成立は別とも考えられ、投資回収を踏まえて事業採算性が確保できるCCU焼却炉の規模そのものの知見は、国内外で見当たらなかった。

表6-6 国内外施設のCCU付帯の焼却施設の施設規模に関する文献調査結果

| No. | 著者                                       | 所属                                                           | 年    | タイトル                                                                        | 結論<br>[t/日]                          | 備考_論文以外は【】。                                                                                              |
|-----|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | 田中朝都<br>他                                | (一社)日本<br>環境衛生施<br>設工業会<br>技術委員会                             | 2021 | 廃棄物焼却施設<br>におけるCCUS<br>への取り組み                                               | 300t/日<br>(100t/日<br>×3炉)            | 300t/日でできている<br>例。                                                                                       |
| 2   | 前田有貴<br>他                                | (株)神鋼環<br>境ソリュー<br>ション                                       | 2021 | 都市ごみ焼却施<br>設における高速<br>飛灰炭酸化処理<br>技術の検証                                      | 138t/日(46<br>t/日×3炉)                 | 神鋼環境ソリューショ<br>ン技報 Vol. 18 No. 1<br>(2021/9)<br>流動床式ガス化燃焼で<br>できている例。                                     |
| 3   | 高岡昌輝<br><br>(6 森岡泰<br>樹)<br>(7 皆川雅<br>志) | 京都大学大<br>学院<br>(6 (株)タ<br>クマ)<br>(7 JFE エ<br>ンジニアリ<br>ング(株)) | 2022 | CCU/CCUS に関す<br>る日本国内の動<br>向<br>(6 2050年カー<br>ボンニュートラ<br>ル化に向けた一<br>般廃棄物を取り | 375t/日<br>以上<br>(国内総容量<br>12,052t/日) | 流動床式ガス化燃焼で<br>できている例。【脱炭<br>素、EUタクソノミー<br>へ向けた廃棄物処理の<br>あり方研究会 (第2<br>回)資料】<br>「CO <sub>2</sub> 回収設備(CC) |

|     |                          |                                       |      |                                                                                                                                 |                                  |                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----|--------------------------|---------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                          |                                       |      | <p>巻く環境の変化)<br/>(7 一般廃棄物<br/>処理の中間処理<br/>(焼却)における<br/>カーボンニュー<br/>トラル化の可能<br/>性)</p>                                            |                                  | <p>を設置した際にエネル<br/>ギー自立する処理規模<br/>は 375 t / 日以上」<br/>「(カーボンニュー<br/>トラル化) 焼却施設規模<br/>で 12,052 t / 日の焼却<br/>炉に CO<sub>2</sub> 回収設備設置<br/>が必要と試算。」<br/>数値の元文献見当たらず。”</p>                                                                |
| 4   | 毛利紫乃                     | (株)東和テ<br>クノロジー                       | 2020 | <p>地域循環共生圏<br/>形成における廃<br/>棄物エネルギー<br/>利用施設の果た<br/>す役割と可能性</p>                                                                  | 10 t / 日                         | <p>参考として</p>                                                                                                                                                                                                                        |
| 5.1 |                          | 佐賀市                                   | 2021 | <p>令和4年度脱炭<br/>素化・先導的廃<br/>棄物処理システム<br/>実証事業(地域バ<br/>イオマスの利活<br/>用による清掃工<br/>場の持続可能な<br/>運用システムの実<br/>証) 委託業務<br/>成果報告書</p>     | 300 t / 日<br>(100 t / 日<br>×3 基) | <p>【令和4年度環境省<br/>委託事業報告書】<br/>「佐賀市では平成15<br/>年(2003年)に供用開<br/>始した計画処理300t<br/>/ 日(100t / 日×3 基)<br/>の佐賀市清掃工場(以<br/>下、本施設)において、<br/>可燃ごみの焼却処理を<br/>行っている。」</p>                                                                       |
| 5.2 |                          |                                       | 2021 | <p>カーボンニュー<br/>トラルに係る事<br/>例紹介</p>                                                                                              | 300 t / 日<br>(100 t / 日<br>×3 基) | <p>5.1の関連PDF【資料2】<br/>佐賀市清掃工場におけ<br/>るごみ焼却施設からの<br/>CCU<br/>焼却能力：300 t / 日<br/>(100 t / 日×3 炉)</p>                                                                                                                                  |
| 8   | Thomas H.<br>Christensen | Technical<br>University<br>of Denmark | 2021 | <p>Climate change<br/>impacts of<br/>introducing<br/>carbon capture<br/>and utilisation<br/>(CCU) in waste<br/>incineration</p> | —                                | <p>CCU 付帯焼却炉の最小<br/>規模についての言及な<br/>し。<br/>規模に関しては以下位<br/>の記述。<br/>「年間 450,000 ～<br/>500,000 トンの MSW<br/>の焼却能力により、生<br/>産される化学物質の量<br/>は、化学製品に応じて<br/>年間 140,000 ～<br/>410,000 トン程度にな<br/>る可能性があり、追加<br/>の副産物の量も同様に<br/>多くなります。」</p> |
| 9   | M. de Leeuw              | オランダ政<br>府                            | 2022 | <p>DECARBONISATION<br/>OPTIONS FOR THE<br/>DUTCH WASTE<br/>INCINERATION<br/>INDUSTRY</p>                                        | —                                | <p>CCU 付帯焼却炉の最小<br/>規模についての言及な<br/>し。<br/>CCU に関してのみ以下<br/>位の記述(要約)。<br/>「CCU は、夏は園芸用に<br/>炭素を使い、冬は貯蓄<br/>用に使っている。」</p>                                                                                                             |

## (2) 施設規模の調査

大型焼却炉は、CCU 適用可能な施設となる。文献上では、エネルギー自立の目安として 375 t /日の施設規模が提示されていたが、事業採算面での閾値は不明である。CCU の事業採算性は炭素の環境価値を大きな要素としているため、その不確実性の高さから、どの程度の大きさが必要であるかは、現時点では予測不可能と考えられる。

海外の WtE 施設では、コンビナートを中心に廃棄物焼却熱が有効利用され、規模の大きな施設が登場し、海外から一般廃棄物を輸入して燃料利用しているケースも存在する。国内での施設集約の規模の参考として、海外の施設規模と比較した。データソースを以下に示す。欧州と日本の焼却発電施設の件数と平均規模を表 6-7 に示す。欧州施設の情報源にした 2020 年の欧州の廃棄物発電プラントマップを図 6-13 に示す。欧州と日本の焼却発電施設規模のグラフを図 6-14 に示す。

国内焼却炉：環境省一般廃棄物処理実態調査令和 3 年度集計結果のうち発電設備があり稼働実績のある焼却施設とした。

国内の人口：総務省データより、1 億 2,494 万人

欧州焼却炉：CEWEP, Confederation of European Waste-to-Energy Plants の WtE 施設マップ (<https://www.cewep.eu/interactive-map/>) からの情報を基に、各国で DB が存在する場合はそのデータを用いて施設情報等を確認し、平仄をとって整理した。欧州の EtW 施設リストを表 6-8 に示す。

欧州の人口：外務省データより、該当 20 か国を合計 4 億 7,719 万人

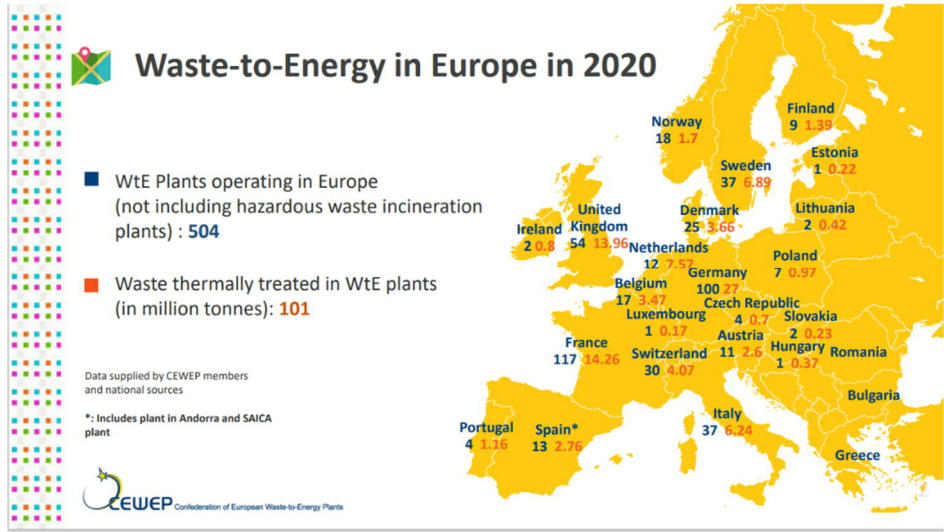


図 6-13 2020 年の欧州の廃棄物発電プラントマップ

表 6-7 欧州と日本の焼却発電施設の件数と平均規模

| 項目                | 欧州           | 日本           | 欧州/日本比 |
|-------------------|--------------|--------------|--------|
| 焼却発電施設件数          | 446 件        | 395 件        | 1.1    |
| 人口                | 4 億 7,719 万人 | 1 億 2,494 万人 | 3.8    |
| 焼却炉 1 基当たりの処理人口平均 | 72 万人/施設     | 41 万人/施設     | 1.8    |
| 施設規模平均            | 665 t/d      | 302 t/d      | 2.2    |

集計の結果、欧州の施設件数は 446 件で日本の 1.1 倍、1 件あたりの施設規模平均は 665t/d で日本の 2.2 倍、欧州人口は約 4.8 億人で日本の 3.8 倍であった。焼却施設 1 件あたりの処理可能人数は欧州が 72 万人で日本は 41 万人となった。

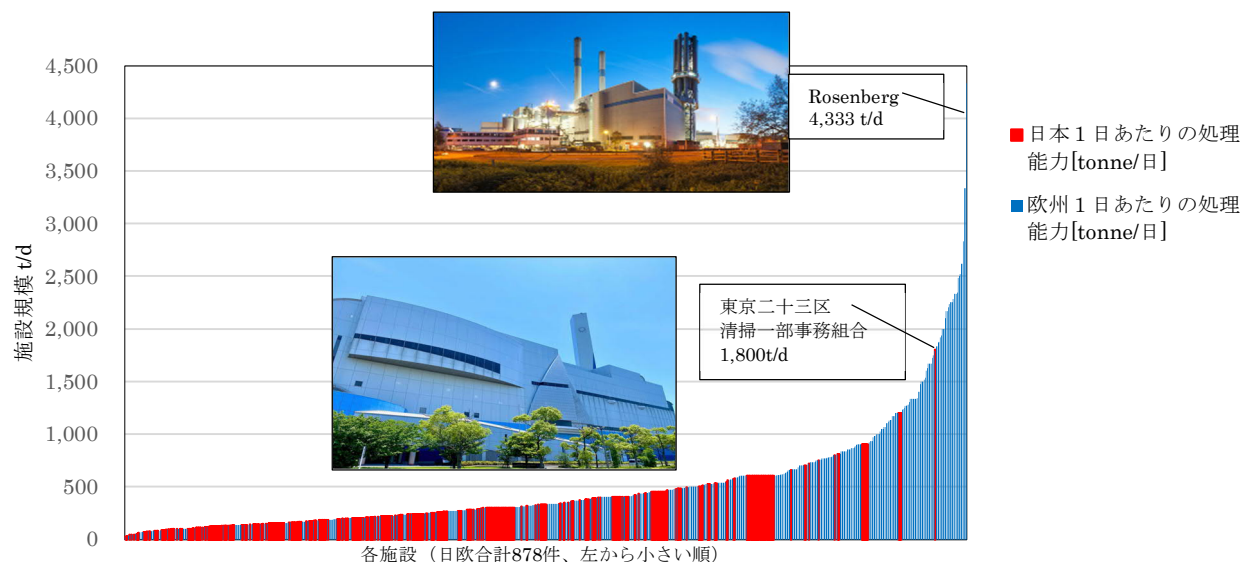


図 6-14 欧州と日本の焼却発電施設規模

表 6-8 欧州の EtW 施設数リスト

| 番号 | 国名     | 施設数 | 番号 | 国名     | 施設数 |
|----|--------|-----|----|--------|-----|
| 1  | アイルランド | 2   | 11 | スロバキア  | 2   |
| 2  | イギリス   | 40  | 12 | ハンガリー  | 1   |
| 3  | ノルウェー  | 16  | 13 | オーストリア | 11  |
| 4  | スウェーデン | 36  | 14 | スイス    | 31  |
| 5  | フィンランド | 7   | 15 | イタリア   | 37  |
| 6  | エストニア  | 1   | 16 | オランダ   | 10  |
| 7  | リトアニア  | 3   | 17 | ベルギー   | 16  |
| 8  | ポーランド  | 6   | 18 | フランス   | 123 |
| 9  | ドイツ    | 85  | 19 | スペイン   | 13  |
| 10 | チェコ共和国 | 4   | 20 | ポルトガル  | 2   |
|    |        |     | 21 | 日本     | 395 |

注 1) イギリスは、国が焼却施設のデータベースを公開しており、市説明等の詳細が把握できたため、そのデータで集計した。

### (3) 考察

日本の焼却施設は欧州に比べて小さく、焼却発電を有する施設の平均規模で 2 倍以上の差があった。合理化や熱需要とマッチングした立地での合理化も進んでいる。大規模集約が不可能ではないことを示している。

今を出発点として大規模集約するには時間がかかるが、建替え計画や実際に調査設計が本格化する前に、地域循環共生圏モデルが自治体の施設整備の選択肢となるよういっそうの働きかけを行う必要がある。

## 要点5 社会実装シナリオの作成

モデル実装の具体的な類型の社会実装の筋書きについて、各モデルでの処理能力の規模を縦軸、2050 年ごろまでの年月を横軸として図化した。さらに、各モデルにおける産業プロセスを図示することにより、焼却熱利用の高度化による脱炭素先導シナリオを構造的に示した。以下に説明する。

### (1) 一般廃棄物処理施設の段階的な集約

海外事例においては、千から数千トン規模の焼却施設で熱供給を行っており、この規模を日本で収集しようとする場合、多くの自治体の連携が必要となる。先に提示したモデルは、素材産業連携モデルは長期的視野に立って整備する必要がある。

素材産業連携モデルが実際に機能するためには、時間をかけて周辺の一般廃棄物処理施設の廃止や計画変更を待ち、受け入れられる体制を確保して集約の受け口を作っておくことが段階的に集約していく方法となる。第5章での推計結果を引用し、茨城県の広域化計画を基にした焼却施設の廃止・集約を図6-15に、拡大推計の費用対効果の結果を表6-9に示す。

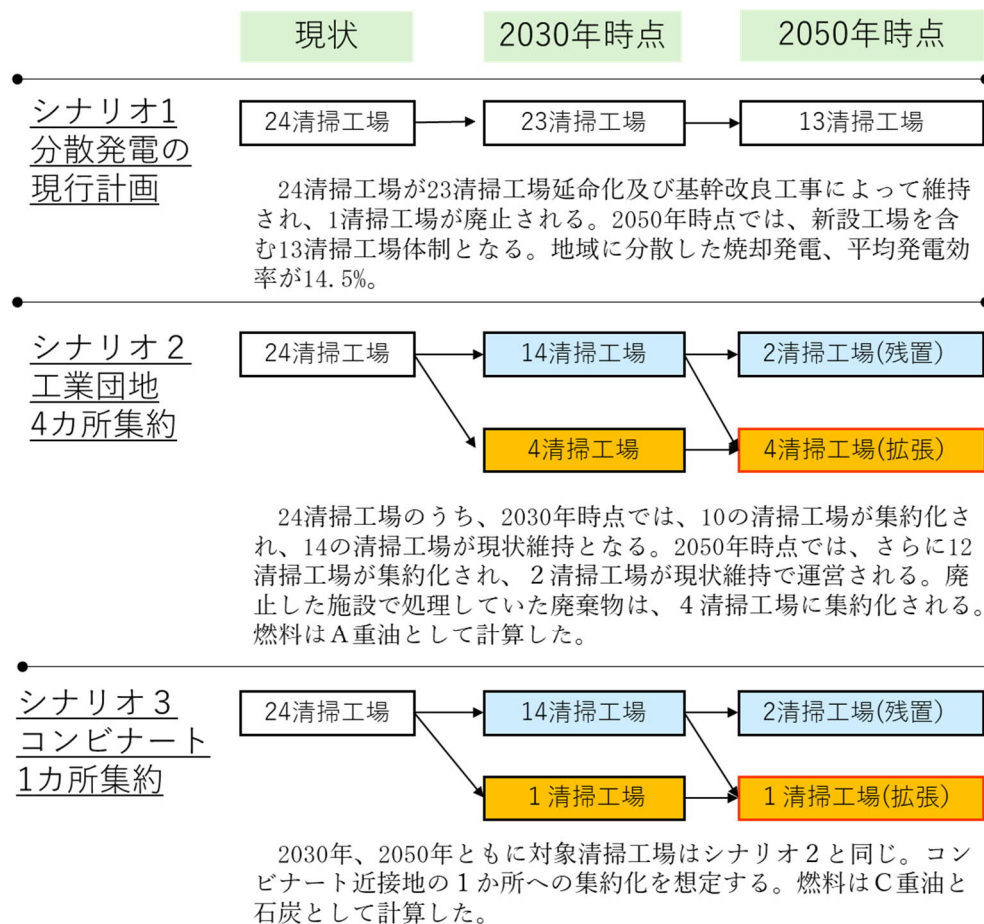


図 6-15 茨城県の広域化計画を基にした焼却施設の廃止・集約シミュレーション

表 6-9 拡大推計の費用対効果の結果（百万円）

| 費用対効果項目                                      | 2050 年時点 |                  |                    |
|----------------------------------------------|----------|------------------|--------------------|
|                                              | BaU      | 工業団地<br>4 カ所シナリオ | コンビナート<br>1 カ所シナリオ |
| 総計（百万円）                                      | -2, 283  | -628             | -1, 048            |
| CO <sub>2</sub> 削減量（t -CO <sub>2</sub> ）     | 95, 117  | 272, 054         | 338, 870           |
| 費用／CO <sub>2</sub> 削減（円／t -CO <sub>2</sub> ） | 23, 999  | 2, 307           | 3, 093             |

## (2) 各モデルにおける全国への広域化（イメージ）

### ①素材産業連携モデル

コンビナートや産業集積地への一廃処理施設の集約を想定し集約した場合を想定して、素材産業連携モデルの焼却施設配置イメージを図 6-16 に、地域製造業連携モデルの適用イメージを図 6-17 に示す。素材産業連携モデルでは、海外で増えつつある 3～4 千 t/日処理量の範囲を目安としつつ、圏域でくくりを設けて示している。なお、3～4 千 t/日については、この規模の施設が 1 箇所あるという想定ではなく、数百トン規模の施設が、あるエリアに複数ありネットワークを形成しており、それらの処理能力の合計としての規模である。

単純焼却や小型で効率の低い焼却発電は、廃止までの有効利用を図りながら、最適化されていくものとなる。究極条件の場合の目安として示している。

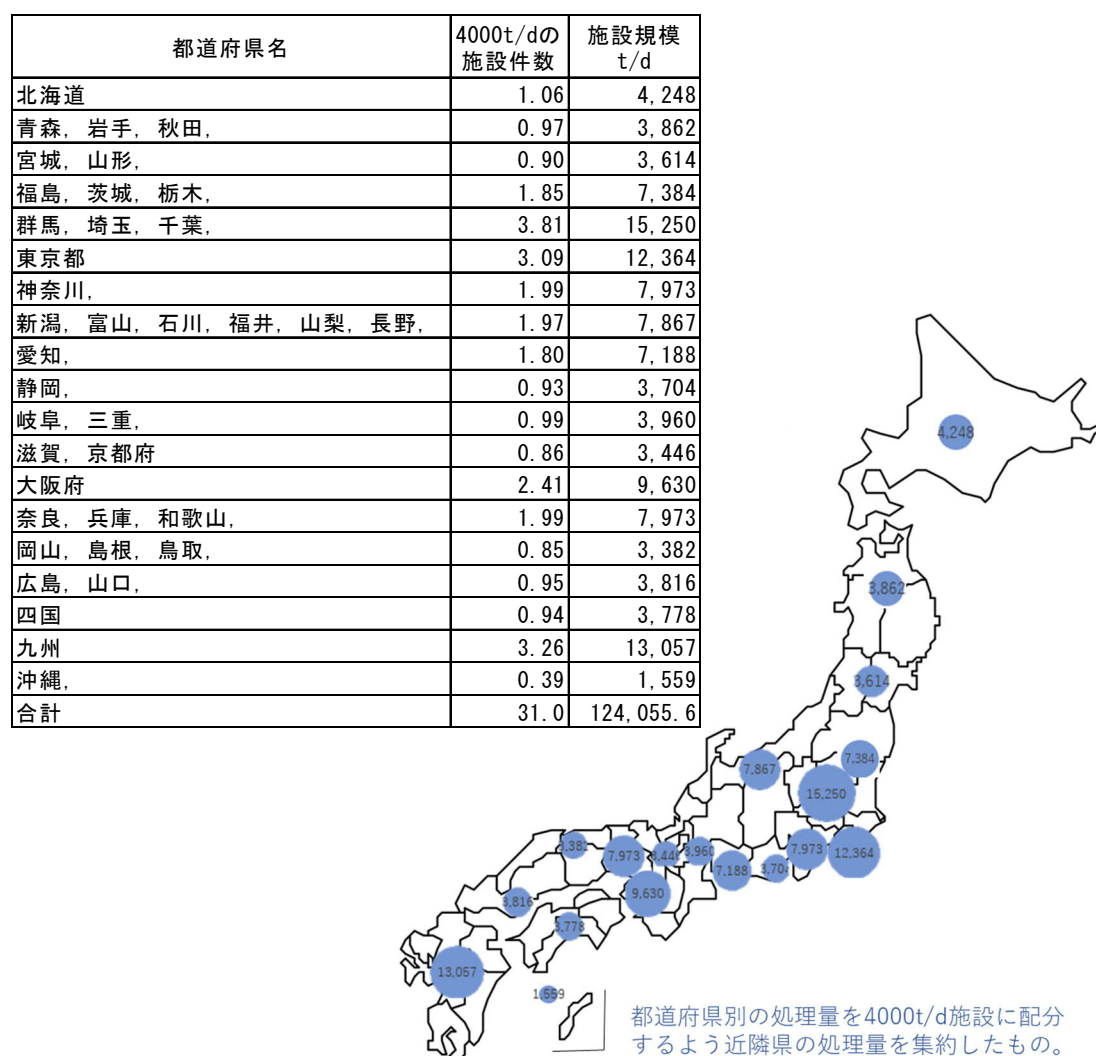


図 6-16 素材産業連携モデルの焼却施設配置イメージ  
(近隣ブロック同士での集約を行った場合の全国の施設配)

## ②地域製造業連携モデル

地域製造業連携モデルを全国展開するという条件での焼却施設数の規模感を想定するものとして、国内にあるアスファルトプラントを例に試算した。

国内にある千カ所のアスファルトプラントでは、現地で砂乾燥を含めた骨材の焼成が行われている。焼却施設1箇所が、アスファルトプラント5カ所と連携して、乾燥砂を供給する場合、必要となる焼却施設は200箇所となる。年間3千万tの可燃性一般廃棄物が200箇所の施設で処理される場合、処理量に安全率として1.3倍を乗じ、1施設あたりの施設規模が平均約700t/日となる。実際には、乾燥事業のすべてがアスファルトプラントとの連携をすることはなく、食品乾燥やその他多様な熱利用プロセスと連携して事業化される様相を呈することとなる。

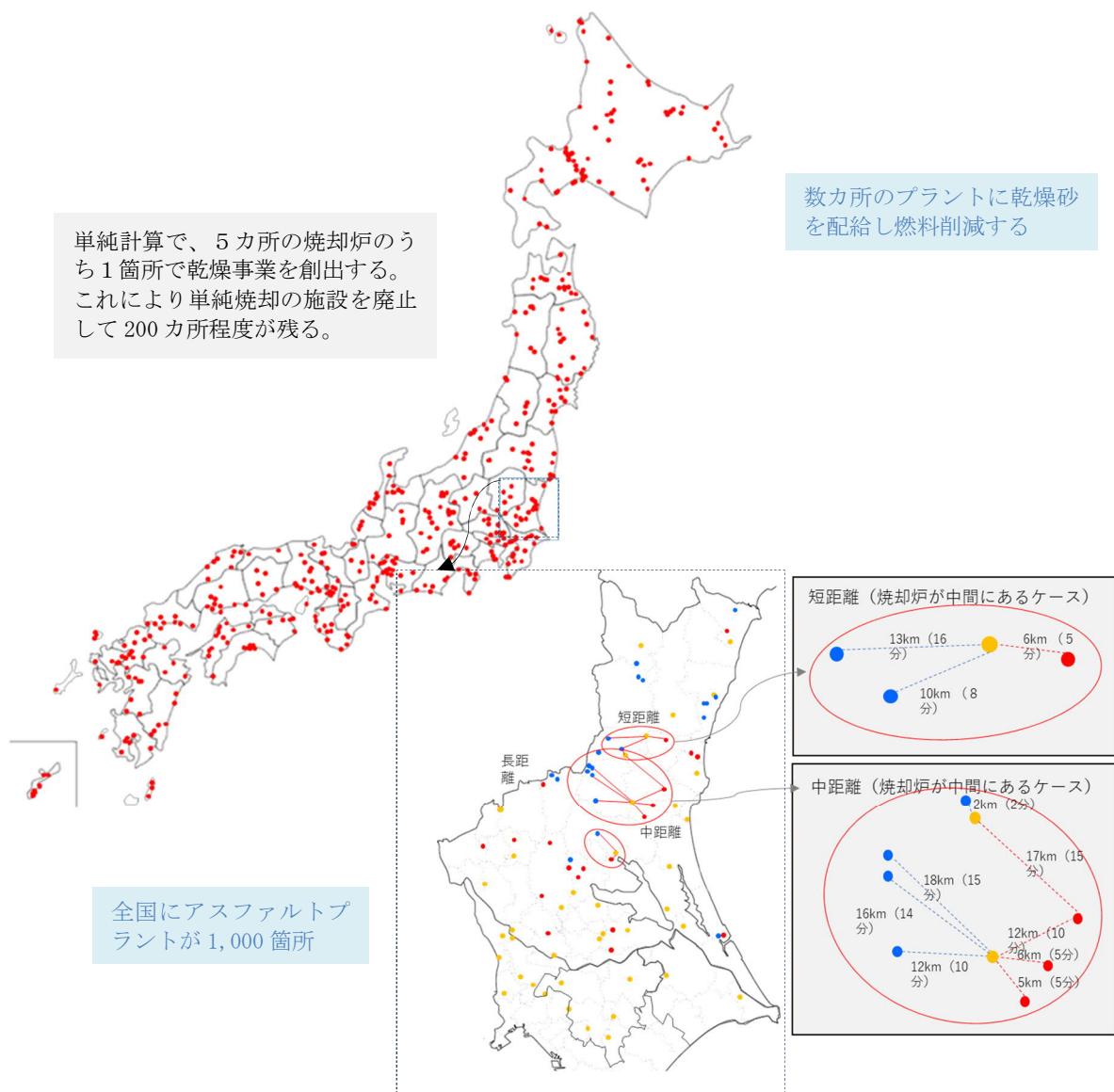


図 6-17 地域製造業連携モデル（資材乾燥ビジネス）適用イメージ  
（5カ所に1箇所の焼却施設で砂乾燥事業を行った場合の施設連携）

このように、①、②で示したものはそれぞれのシステムを全国展開した場合の極論であるが、実際には、将来的に①をプランニングしながら、既存施設での②の導入により直近での熱利用効率を高めつつ、単純焼却を廃止し、②で成立する場合には継続して活用しつつ、①の整備により、廃棄物の広域処理と大規模熱利用への集約が均衡するポイントに至ると考えられる。

### （３）普及シナリオの作成

地域循環共生圏モデル（地域製造業連携、素材産業連携）のシステム図を図 6-17 に示す。

素材産業連携モデルは CCUS が付与されれば、将来的なグリーン技術になるとも言われている（EU タクソノミー、前述）。それが可能となる素材産業連携は、地域循環共生圏モデルのシステム図の中でも、熱利用による動静脈の脱炭素のキードライバーとなり得る。それは、燃料消費の大きい産業プロセスの燃料消費を削減する新事業となるだけでなく、エネルギー産業集積地に廃棄物処理を据えることで炭素循環拠点となるためである。

日本の廃棄物処理施設をこのモデルに転換していくことを視野に、その他の廃棄物処理施設を徐々に集約させたり縮小したりすることが、有用となる。

#### 【システム図（図 6-18）の解説】

背景：焼却炉は迷惑施設とされ、区内処理方針や熱需要から距離のある場所に立地されてきたため、熱利用の高度化が遅れている。

目的：焼却熱利用を高度化することにより動静脈の両産業を脱炭素化する。

焼却炉をエネルギーセンターとしてだけでなく脱炭素拠点としての位置付けで活用できるよう、産業への組み込みが必要。

その導入シナリオを具体的に提示する。

対象：自治体の焼却施設と産業（素材産業・製造業）、連携可能な民間事業者

主体：政府、自治体、民間事業者（動静脈）

課題：①既設炉での熱回収と単純焼却の廃止及び新設による大規模熱利用の創出

②産廃で実施されている効率的な広域輸送技術（コンテナ、バール）の一廃適用

③熱供給と CCU のエネルギーバランス条件の検討

④情報管理（焼却炉施設整備計画、熱需要、熱需要地での用地情報の DB 化）

⑤熱の需給マッチング事業の創設

⑥広域輸送への補助制度の導入

⑦熱回収施設設置者認定制度、炭素税の活用

⑧国民への普及啓発により自治体を選びやすい民意醸成

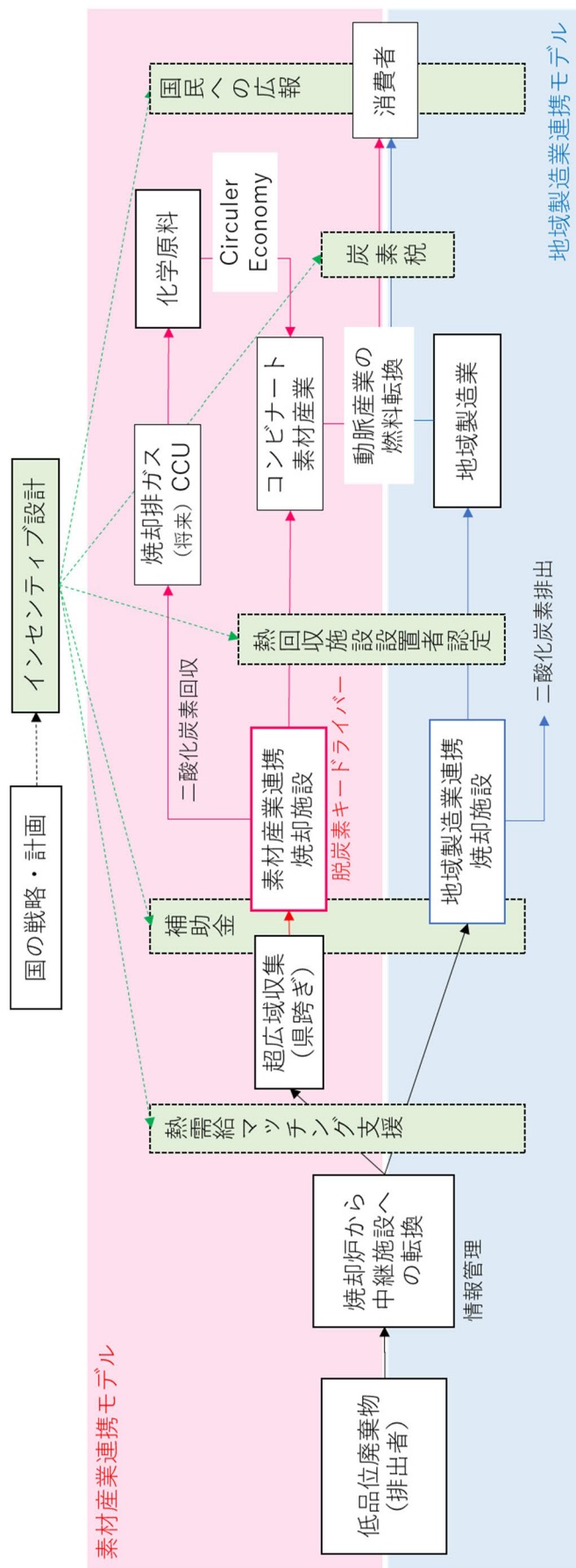


図 6-18 地域循環共生圏モデル（地域製造業連携、素材産業連携）のシステム図

広域化イメージをベースに、今後の進捗を、時系列と年間処理量のレベルで図化した。焼却熱産業利用の一般廃棄物への適用シナリオとして、図 6-19 に示す。俯瞰的には、素材産業と連携し、新設の焼却炉が国内にいくつかが生まれる。その処理量は大きく、国内の半分程度を賄える。廃棄物処理施設日量 1,200 万トンのうち、欧州では 2010 年以降から焼却熱の産業熱利用が実装され始めていることや、国内でもいくつかのコンビナートで廃棄物焼却熱の利用を検討し始めている。このまま検討が進めば、2030 年中盤には、大型の焼却熱供給事業が稼働していることになると考えられる。

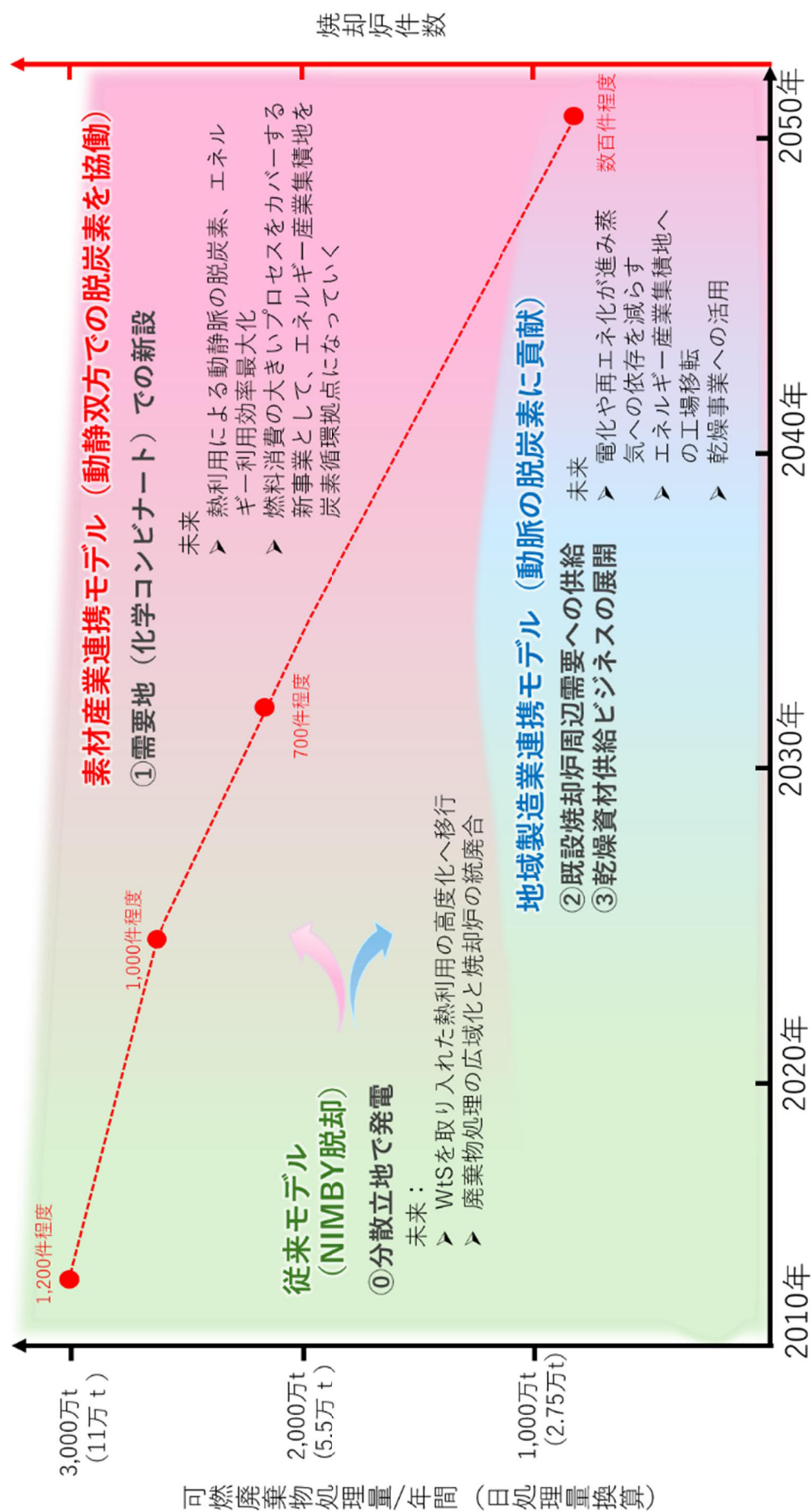


図 6-19 焼却熱産業利用の一般廃棄物への適用シナリオ

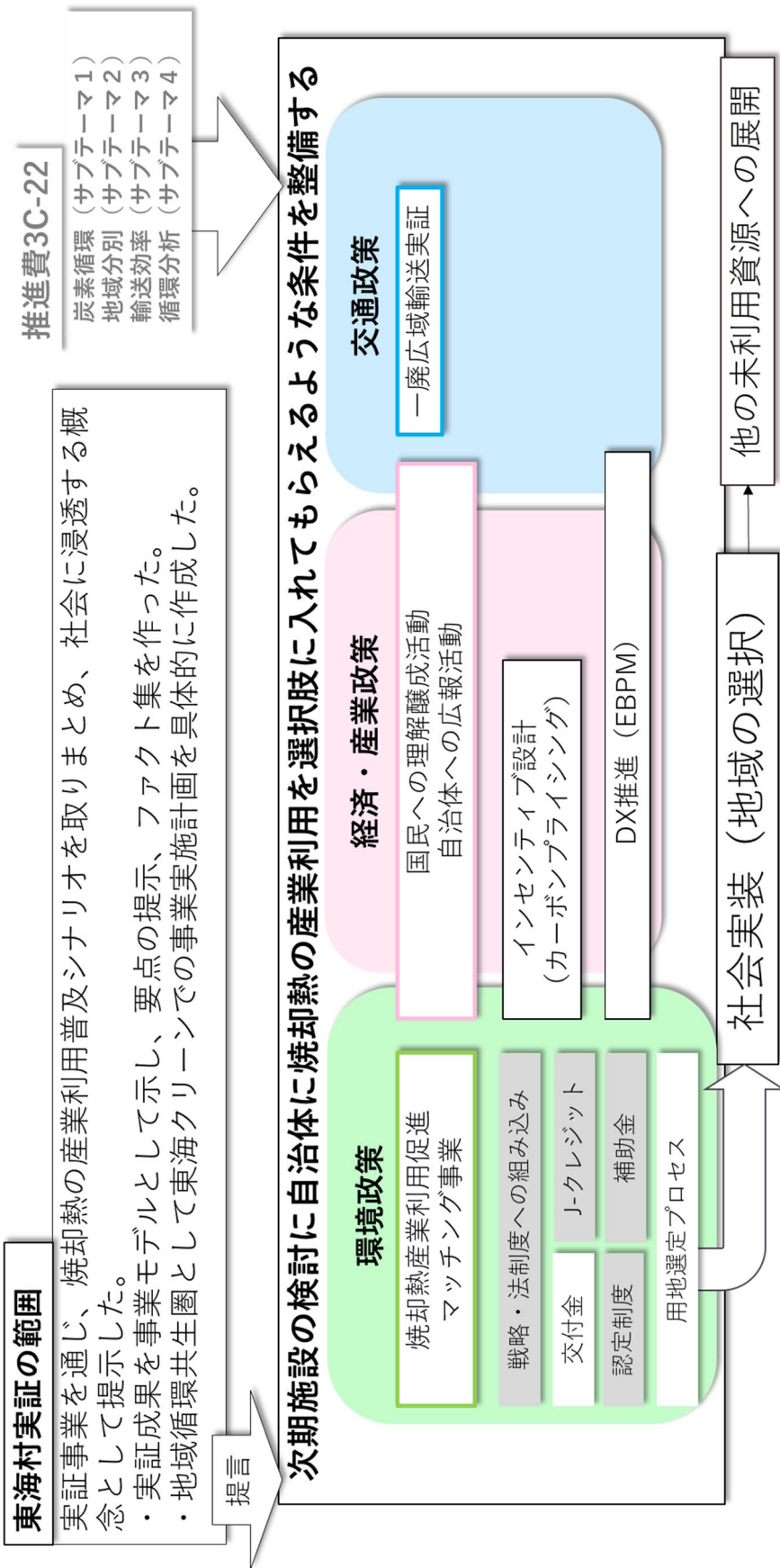


図 6-20 事業の横展開可能性及び終了時の出口戦略

## 要点6 ファクトの作成

費用対効果やごみのエネルギー量に関する原単位になりうる数値を検討し、作成した。

焼却熱の活用を各ステークホルダーで検討する際に、有用と考えられるデータについて検討した。ヒアリング等を通じて多く聞かれる質問とともに、それに関する回答やファクトを示す。

Q1 どれくらいの焼却施設規模で何トンの蒸気を供給できるのか？

A1 F/S 結果や実装済みの施設情報から回帰曲線を作成したところ、施設規模 700 t/d の施設で1時間あたり 100 t の蒸気供給が行えます。

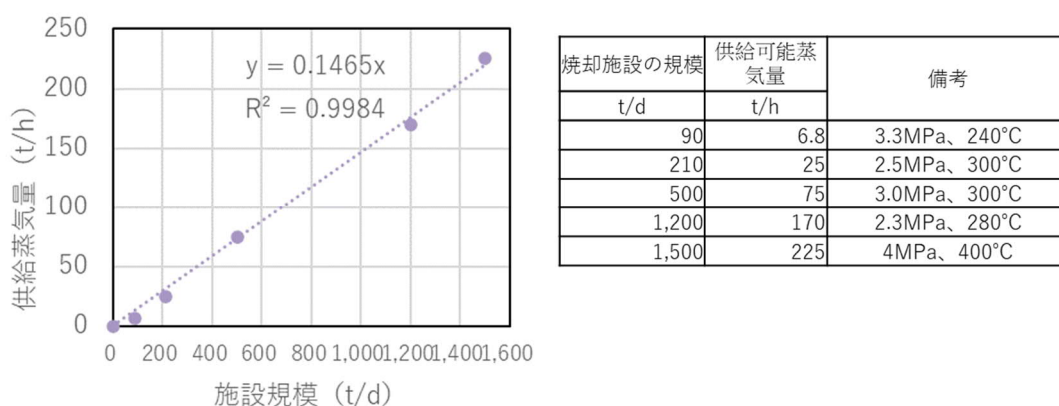


図 6-21 施設規模と蒸気供給可能量の相関

注 1) F/S 結果や実装済みの施設情報から回帰曲線を作成

Q2 素材産業連携モデルにおいて、焼却施設からの蒸気供給は、化学コンビナート全体での蒸気利用量に対し、どれくらいの寄与率になるのか？

A2 化学工場では、1 工場あたり 200 t/h～400 t/h の蒸気利用があり、コンビナートの規模によるが、エリア全体で 1,000～2,000 t 程度消費しています。化学コンビナートでの蒸気利用量 1,000～2,000 t/h に対し、700 t/d の焼却施設から 100 t/h（コンビナート全体の 0.5～1 割）の熱を化学産業に供給可能です。

Q3 蒸気利用と電気利用との回収熱量の違いは？

A3 蒸気利用と発電での回収エネルギー量の違いをエネルギーフローを図 6-22, 23 に示します。蒸気でタービンを回して電力を得るが、発電効率は施設規模によって異なります。概ね 1～2 割であり、100 t/d 程度の施設規模で 12% 程度。蒸気として利用すると熱利用効率は 8 割から 9 割あり、総元エネルギーに対し、7 割程度が利用可能となります。

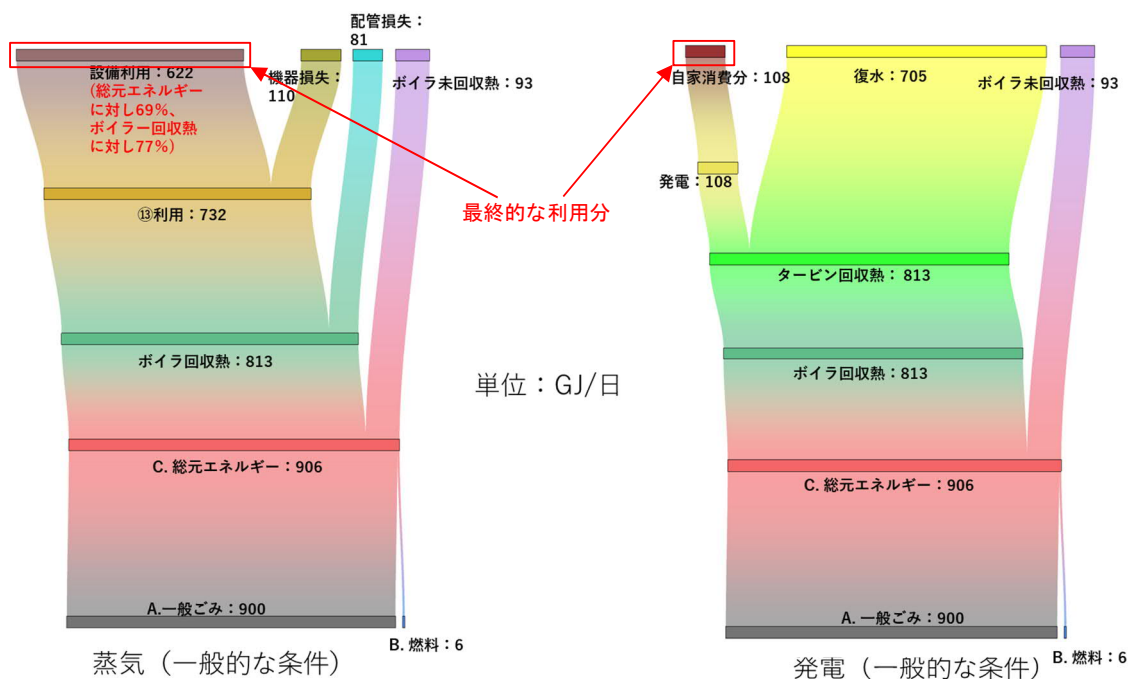


図 6-22 一般的な条件でのエネルギーフロー図（発電と蒸気利用）

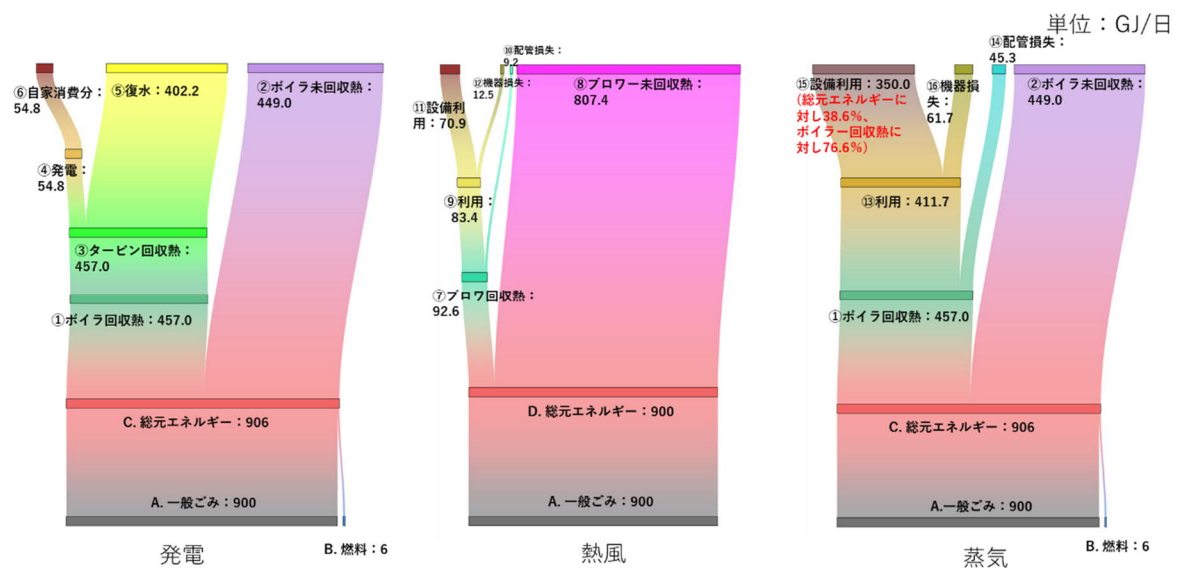


図 6-23 東海クリーンの条件におけるエネルギーフロー図（発電、熱風、蒸気利用）

注 1) 施設規模 90 t/d において、最大効率 6.8 t/h の蒸気を定期的に供給する。炉の構造、後付け工事であることから、通常のボイラより熱回収量を小さめに設計している。

Q4 ごみ1 tあたりで、どれくらいの熱量ですか？

A4 ごみ1 tあたりの熱量ごとに異なりますが、1 tあたり 10GJ でC重油 227 Lに相当します。その時の CO<sub>2</sub>削減量は、0.5 t です。各エネルギーの物理的な熱量に換算すると、ごみ1 t 熱量のC重油換算量と CO<sub>2</sub>削減量を図 6-24 に示します。

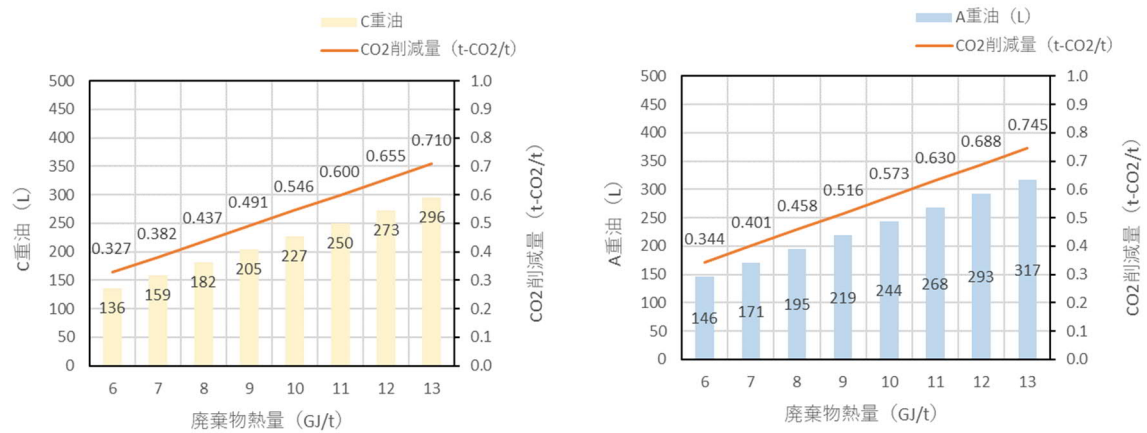


図 6-24 ごみ1 tあたりのC重油（左）とA重油（右）換算量と CO<sub>2</sub>削減量

Q5 焼却炉から蒸気利用で、工場ではどれくらいの燃料を削減することになりますか？

A5 需要家工場の種類によりますが、コンビナートで蒸気1 tあたりC重油を 82L 削減できます。供給蒸気あたりボイラ燃料の削減量（C重油ベース）を表 6-8 に示します。

表 6-10 供給蒸気あたりボイラ燃料の削減量（C重油ベース）

| 蒸気量       | C重油 L | CO2量          |
|-----------|-------|---------------|
| 1t/hのとき   | 82    | 0.26 t-CO2/h  |
| 10 t/hのとき | 821   | 2.65 t-CO2/h  |
| 20 t/hのとき | 1,643 | 5.30 t-CO2/h  |
| 50 t/hのとき | 4,106 | 13.25 t-CO2/h |

注 1) コンビナートでは、C重油を使うことが多いため、C重油で計算している。複数の工場の実データをもとに、工場として妥当なシステムを設定したモデル工場Xから導出した値。

Q 6 300℃の蒸気1 tあたり何 GJ で、1 GJ あたりの熱価格の目安はいくらですか？

A 6 目安として分かり易く言えば、300℃の蒸気1 tあたり約 3 GJ です。東海村実証の条件では、工業団地内で焼却炉にボイラと配管に投資しても事業採算がとれる金額は、約 2千5 百円/GJ (15€) でした。投資内容や、需給者同士での責任分担により価格が協議されますので、あくまで目安です。

- Q7 工場に蒸気を受け入れると、もともと蒸気で発電していた場合に発電を別の方法で賄う必要が出てきます。それでも CO<sub>2</sub> 削減になるのですか？
- A7 再エネで補う場合が最も効果が高いですが、系統電力の購入、復水発電の実施に置き換えても、CO<sub>2</sub> 削減に繋がります(図 6-25)。蒸気受入によるコンビナートの省エネ余地は、約 25% あります。

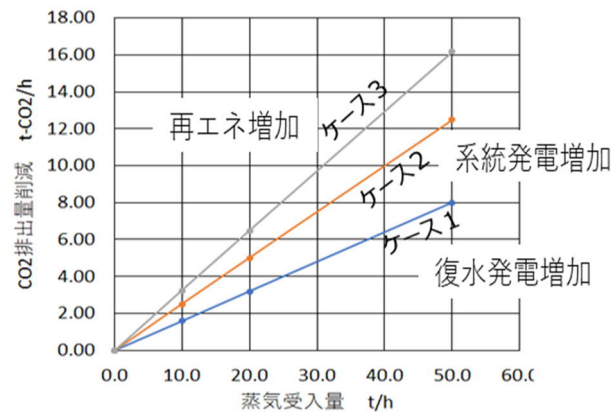


図 6-25 化学工場モデル X への受け入れ蒸気量と CO<sub>2</sub> 削減効果

注 1) 蒸気受け入れにより自家発電分の補完ケース 1～3

- ・改善効果（エネルギー消費量削減、CO<sub>2</sub> 排出量削減）を確認した。

→中圧蒸気 50 t/h を受け入れた場合、燃料削減効果は 6.5% (24.0MW 分)、CO<sub>2</sub> 排出削減効果は 7.6% (8.0 t/h 分)

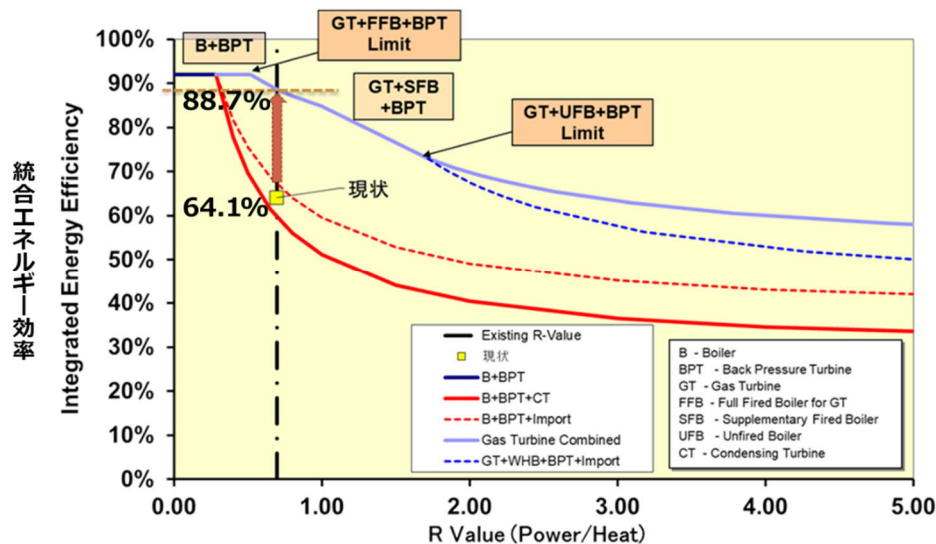


図 6-26 化学工場モデル X での省エネ余地 (R カーブ解析結果)

注 1) 実際の工場の実績データを基に作成したモデル X を用いて検証した結果、R カーブ解析で、エネルギーシステムの省エネ（効率改善）余地を把握した。

→省エネ余地把握 24.6 ポイント分あった。

→この省エネ余地達成には、60MW のガスタービンシステム導入が必要だが、その導入費は高額である。蒸気受入することによって、低価格で改善ができる。

## 要点7 環境価値の付与に関する検討

J-クレジット、グリーン熱証書、非化石証書等、環境価値の売買の仕組みが存在する。焼却熱の産業利用は、どのようなスキームで環境価値を評価し取引され売ることについて検討した。

### (1) 既存制度の確認

これまでに J-クレジットやその他の法制度について検討してきた。現行の環境価値取引の仕組みを、表 6-11 に示す。

表 6-11 現行の環境価値取引の仕組み

| 種類          | 条件                                                                         | 所管                                                                 |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| J-クレジット     | 燃料削減目的<br>施設間でのプロジェクト登録可能<br>EN-S-011 未利用排熱の熱源利用                           | 環境省、経済産業省、<br>農林水産省                                                |
| グリーン<br>熱認証 | 再エネ由来<br>100%由来のみの熱と電気<br>CO <sub>2</sub> 排出削減といった付加価値を持った熱と<br>考えることができる。 | 一般財団法人日本品質保<br>証機構<br>・売買の仲介事業者も複数<br>ある<br>→脱炭素エネルギー<br>e-dash など |
| 非化石証<br>書   | 非化石由来<br>由来（再エネ以外も含む）電気のみ<br>➡熱も対象にできないか                                   | 日本卸電力取引所（JEPX）<br>➡熱の場合はどの機関で実<br>施するのか？                           |

J-クレジット制度では、燃料削減目的での熱源との連携をプロジェクト登録する枠が既に存在する（EN-S-011 未利用排熱の熱源利用）。クレジット益は、需要家側での付加価値となるため、蒸気価格に反映するなどが需要家との協議事項となる。本スキームでは、スコープ3の範囲で熱効率の向上を評価していないため、広域処理により焼却炉を集約すること自体は評価されない。焼却熱利用をしていることが、焼却炉側の付加価値になれば、廃棄物処理の付加価値として委託処理費に還元することができれば、収集運搬の競争力向上につながると考えられる。

グリーン熱証書は、100%再エネ由来のみの熱と電気が対象となる。一方で、CO<sub>2</sub>排出削減といった付加価値を持った熱と考えることができる。これらはグリーン熱の持つ「環境価値」と呼ばれている（脱炭素エネルギー：<https://www.datsutanso.jp/14896726419785>）。非化石分は再生可能エネルギーと認める場合や、化石燃料であっても、間接的に化石燃料を削減する価値を持つ燃料という点では、廃棄物焼却熱の全部または一部をグリーン熱であると定義することはあり得ると考えられた。

非化石証書化した際の有用性についても検討した。熱の取引は需給間のみであれば関係者が限定されるため、電力の要に立地に寄らず取引できるような仕組みにする必要性は高くない。しかし、熱の非化石が証明できれば、グリーン熱認証で再エネ由来を証明できるよ

うに、活用により間接的に化石燃料を削減することを価値化できる。現行の非化石証書の概要を表 6-12 に示す。

表 6-12 現行の非化石証書の概要

| 区分   | FIT <sup>1</sup> 非化石証書<br>(再生可能エネルギー指定あり)                                                                              | 非 FIT 非化石 <sup>3</sup> 証書                                                                                                             |                                                                                                 |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |                                                                                                                        | 再生可能エネルギー <sup>2</sup><br>指定あり                                                                                                        | 再生可能エネルギー指定なし                                                                                   |
| 対象電源 | <ul style="list-style-type: none"><li>・太陽光</li><li>・風力</li><li>・小水力（出力 3 万 kW 未満）</li><li>・地熱</li><li>・バイオマス</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>・卒 FIT 電源</li><li>・大型水力<br/>（出力 3 万 kW 以上）</li><li>・太陽熱</li><li>・自然界に存在する熱<br/>（地熱以外）</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>・原子力</li><li>・CCS 付き火力</li><li>・水素・アンモニア（グレー含む）</li></ul> |
| 証書売手 | 低炭素投資促進機（OCCTO） <sup>4</sup>                                                                                           | 発電事業者                                                                                                                                 |                                                                                                 |
| 証書買手 | 小売電気事業者需要家と仲介者                                                                                                         | 小売電気事業者                                                                                                                               |                                                                                                 |
| 取引所  | 日本卸電力取引所（JEPX）                                                                                                         |                                                                                                                                       |                                                                                                 |

注 1) FIT 電源とは、再生可能エネルギー源の中でも特に発電分野において安定的なエネルギーの供給、環境負荷低減の目的から導入促進を図るべきものとして政令で定めるものをいう。

注 2) 再生可能エネルギー電源とは、太陽光、風力その他非化石エネルギー源のうち、エネルギー源として永続的に利用することができると認められるものとして政令で定めるものをいう。

注 3) 非化石エネルギー電源とは、電気、熱又は燃料製品のエネルギー源として利用することができるもののうち、化石燃料以外のものをいう。

注 4) 電力広域的運営推進機関：改正電気事業法に定められた広域運営推進機関。電源の広域的な活用に必要な送配電網の整備を進めるとともに、全国で平常時・緊急時の需給調整機能を強化する

廃棄物由来の熱と、バイオマス由来の熱との区別をどのように熱の非化石証書として反映しうるかを整理するため、非化石証書の熱源区分の仮説を立てた。表 6-13 に示す。利用シーンとしては、炭素価値を取引するシーンよりも、CSR 活動報告など、対外的に環境価値のある熱を供給していることを示す場合が考えられる。他方、循環型社会形成推進基本法で定められる廃棄物焼却熱供給施設設置事業者認定制度でも同様の機能を果たすことは可能と考えられる。

表 6-13 非化石証書の熱源区分の仮説

| 区分   | 再エネ由来熱の非化石証書<br>(バイオマス)                                                                                                                   | 非エネルギー起源熱の非化石証書<br>(都市ごみ)                                                                                    |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 対象熱源 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・間伐材などエネルギー利用目的で森林から切り出された木材</li> <li>・建築廃材由来の木材チップ</li> <li>・一般廃棄物のうちプラスチック由来を按分して除いた熱</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・一般廃棄物（プラを含有するものの扱いの検討が必要）</li> <li>・CCU を付帯している焼却炉から発生する熱</li> </ul> |
| 証書売手 | 熱供給事業者（国が認定）                                                                                                                              |                                                                                                              |
| 証書買手 | 熱需要家                                                                                                                                      |                                                                                                              |
| 取引所  | 売買関係で相対取引                                                                                                                                 |                                                                                                              |

## 要点 8 動静脈連携コーディネート機能の創出

実証等で実施したヒアリングや意見交換を通じ、事業マッチングの重要性や難しさが指摘された。例えば、マッチングに必要な情報の収集整備、マッチングはどの機関が主体で行うのか、中立の立場が必要などの意見が上がった。

現在の焼却施設の立地で熱供給先がない、または見つかるきっかけがないことが、現在、実装が進んでいない要因の一つである。立地に恵まれていても、熱供給自体への理解や廃棄物由来といったイメージが先行し、理解活動や企業間連携調整に労力がかかることもある。

さらに、各企業の熱利用情報が開示されていないことや、廃棄物処理の施設整備計画が自治体ごとに異なるため、県による広域調整が行われつつも、熱利用を前提としない既存のコンセプトを踏襲すると、脱炭素へのイノベーションの立場を取りにくいと言ったことも生じる。

本実証では、WtS に関して法制度面を調査したところ、廃棄物焼却熱回収施設設置者認定制度や、補助事業の創設、新たな廃棄物処理施設整備計画、新たな循環型社会形成推進基本計画に、動静脈連携や広域的な処理による廃棄物処理の合理化・効率化の考え方が取り入れられていることも確認してきた。

このような施策条件が整う中でも、自治体現場でより具体的に検討を進めていくには、熱供給事業創出のノウハウを持って、コンセプトを分かり易くつたえたり、当事者間の引き合わせや、当事者間のコミュニケーションを支援していくコーディネーターの存在が不可欠となる。

地域内でのコーディネーターは、地元の有力企業から担当が生まれたり、地元の銀行系コンサルタントがその役割を担ったりすることが考えられるが、地域内の力関係や企業のモチベーションにより、ボトムアップやトップダウンの両方のルートでの働きが功を奏することになる。

一方で、ある地域とある地域の両方を見て、横断的に情報を把握して全体の方向性を支援する国の立場としての地域間連携を意識するコーディネーターの存在も、俯瞰目線で情報を共有する観点から重要となる。

そこで、エネルギー産業利用における動静脈連携のマッチング・コンシェルジュ事業の提案を行った。

先行事例として、国土交通省の「下水道エネルギー拠点化コンシェルジュ事業」が挙げられる。地域バイオマスの利活用ポテンシャル、下水熱のエネルギーを線形診断して改良のポテンシャルを把握し、これらを基に専門家からの助言やディスカッションを提供し、事業の社会実装が促進されている。

ごみ焼却施設の熱利用はポテンシャルも大きいことから、同様な制度を設けてコーディネーターを活発化を検討することは、マッチングへの課題認識の解決につながる。焼却熱の産業利用におけるマッチング事業の提案を図 6-27 に示す。

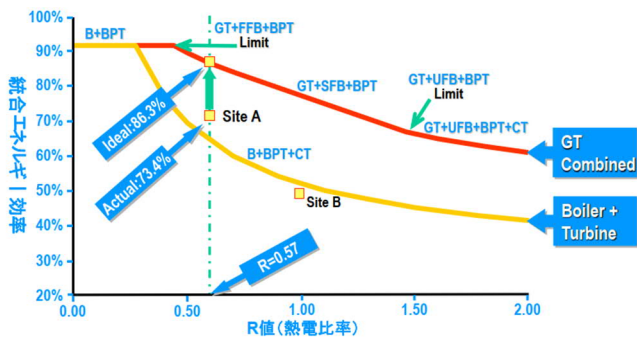
## (提案) 廃棄物焼却エネルギーの産業利用マッチング事業

- 国内のマッチング可能性を、DB を使って特定する。
- 自治体に対して熱利用の提案をプッシュ型で行う。



【実施フロー】

- 焼却施設の更新を計画している自治体職員に対し、熱需要地域への焼却炉の誘致や新事業創出につながる関係者マッチングを支援する。
- 環境・産業政策結び付けた動静脈連携と事業創出によって、サーキュラーエコノミーを促進する。
- 産業の脱炭素化モデル（素材産業連携、地域製造業連携）
- 環境省及び関係省庁職員、経験のある自治体職員、有識者を交えて助言等を行う。



B：ボイラ、BPT：背圧タービン、FBT：排気再燃ボイラ（フル）、SFB：部分排気再燃ボイラ、UFB：排熱回収ボイラ、CT：復水タービン、GT：ガスタービン

【改善可能性の確認】



【ポテンシャル調査支援】

図 6-27 焼却熱の産業利用におけるマッチング事業の提案

## 6.2 要点整理集の作成

WtS の社会実装には、技術課題のほか、組織体制やインセンティブやポテンシャル把握といった非技術的課題に対応することが求められる。

3 年間の実証を通じて把握した要点整理集を作成した。以下に目次を示す。本要点整理集は、報告書の別冊として収載した。

---

### 脱炭素化・先導的廃棄物処理システム 焼却施設からのエネルギー回収高度化（高効率化）普及促進のための要点整理 Waste to Steam の手引き

#### 第1章 はじめに

- 1.1 社会全体の熱利用効率の向上に対する焼却炉のポテンシャル
- 1.2 地球温暖化の国際的評価
- 1.3 脱炭素方策としての焼却熱の産業利用
- 1.4 焼却熱の産業利用への取組と導入への社会背景

#### 第2章 概念 ～社会浸透しやすい概念の提示～

- 2.1 Waste to Steam (WtS)
- 2.2 社会実装の事業モデルとシナリオ
- 2.3 ファクト集
- 2.4 モデル別費用対効果

#### 第3章 設計 ～原理と基礎的な技術 QA～

- 3.1 原理
- 3.2 製造プロセスのリデザイン
- 3.3 事業化のステップ別実施事項
- 3.4 技術

#### 第4章 運用 ～検討結果や参考事例の提示～

- 4.1 蒸気価格の相場について
- 4.2 価格の公平性
- 4.3 責任分界点の設定（協議事項）
- 4.4 事業実施体制
- 4.5 廃棄物熱回収施設設置者認定制度の紹介

#### 第5章 政策 ～インセンティブの確認・提案～

- 5.1 国の法制度体系における戦略性
- 5.2 予算面で必要な支援
- 5.3 マッチング支援機能の創出
- 5.4 熱の非化石証書の提案
- 5.5 熱利用マッチング共用 DB の創出

巻末資料 1 東海クリーン実証の成果

巻末資料 2 熱供給事例

巻末資料 3 海外における廃棄物の広域輸送事例



## 第 7 章 令和5年度脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業（地域の熱利用マッチングによる焼却施設からのエネルギー回収高度化実証）検討会の開催

### （１）設置要綱の作成及び委員委嘱

「令和5年度脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業（地域の熱利用マッチングによる焼却施設からのエネルギー回収高度化実証）検討会」の設置要綱を作成し、4名の有識者に委員委嘱を行った。

### （２）検討会の開催

委員の同意を得て、令和5年度は2回の検討会を開催した。検討会に当たっては、会場用意、資料作成、司会進行、議事録作成、謝金支払い等を実施した。開催形式は、都内の貸会議室にて対面開催とオンライン併用の開催とし、対面開催の際は感染症対策に留意し、マイクの消毒や参加人数に比して広い会議室の確保等を行った。検討会資料は報告書の業務資料として収載した。

#### １）第1回検討会の開催

事務局からの進捗状況の説明、議論すべき論点の提示等を行い、それに対する検討会委員及び環境省から情報提供や指摘が出され、質疑応答を行った。開催概要を以下に示す。また、指摘事項と対応事項を表 7-1 に示す。

日時：令和5年9月5日（火）15時～17時

場所：TKP 新橋カンファレンスセンター 13C ホール

（東京都千代田区内幸町 1-3-1 幸ビルディング 13 階）

議題：作業計画、進捗共有、議論

次第：ご挨拶（環境省、座長）

1. 前回の指摘事項と対応
2. 作業計画と進捗共有
3. 議論
4. その他

表 7-1 委員及び環境省からの指摘事項と事業者側の対応方針

| 論点              | 指摘事項（発言抜粋）                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 対応方針                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 熱の非化石<br>証書     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・この熱の非化石が証明できれば、グリーン熱認証のような再エネ由来を証明できる。その場合は、バイオマスの対象ということになると思うが、その電気の時の、いわゆる非化石というのと、今回の熱の場合に、バイオマスだけを考えるのか、それ以外の部分も非化石であるという位置づけになるのか、そのあたりを考えていくことになると思う。（B委員）</li> </ul>                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>・廃棄物由来の熱と、バイオマス由来の熱との区別をどのように熱の非化石証書として反映しうるか、整理する。</li> </ul>                                                                                                      |
|                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・2050 年で全部再エネ電力になり、CO<sub>2</sub> 排出ゼロの電力を買えばいいということもあるだろうが、大きくなった時には自力で賄うこともあるのでは。その分タービンを設置することで、イニシャルコストが上がるが、その位置づけを、ガイドライン設計をするにあたって、確認しておいたほうがいいと思う。（B委員）</li> </ul>                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・オランダでは、施設のエネルギー効率を熱/電比で評価し、数値が大きいほど高効率な施設と評価されている。</li> <li>・良い指標になりうると考えるため、ガイドラインでは、こういった事例を紹介する。</li> </ul>                                                     |
| 焼却熱の産業利用に関する手引き | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ガイドラインの読者を誰に想定するか。コマーシャルという意味でも自治体には当然見てもらう。自治体さんのごみ焼却施設の運用の仕方と、今回考えるような需給を見たときの運用の仕方でも分違ってくるかと思う。今、自治体が行っているのは、その能力決める 280 日という、稼働日数を基に決めていく。そうすると片炉、2 炉、複数炉あっても 1 炉運転が 1/3 くらい出てくる。相手が需要側に予備のボイラーがあるといっても、全炉運転を相当する運用の仕方だと思う。それらの違いもガイドラインの中に入れておくべきと思う。（B委員）</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・280 日での稼働としつつ、その最大能力で蒸気供給可能量を設定すると過大になると理解した。</li> <li>・運用を検討する場合の留意点として記載する。</li> </ul>                                                                           |
|                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・一般廃棄物処理施設への適応を基本として記述することをお願いしたい。（環境省）</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・その方向で記述する。</li> </ul>                                                                                                                                              |
| 概念の浸透に向けて       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・国際的な発信力をもって、技術の有効性について、データに基づいて発信できるかということ。企業側にとっては、最近では自然関連財務情報を含めて、環境分野での情報開示が求められている。そうした流れのなかでこのような熱効率向上の技術を活用してカーボンニュートラルに貢献しているということが選択肢の一つになれば良いと思う。今回のテーマである、蒸気熱を使って効率を良くするというのを、何とかものにする方向で議論、実証、データを揃えていくことに期待している。（D委員）</li> </ul>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>・焼却反対の声には、ダイオキシン問題と結びつけて批判する古い情報を基に発信するものがほとんどであった。</li> <li>・この認識が、炭素循環と脱炭素に必要な施設である、との認識に更新されることが必要と考えた。</li> <li>・概念の浸透に向けて、実証データから分かりやすいエビデンスを揃えていく。</li> </ul> |
|                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・どういった名称で呼んでいるのかは素朴な疑問であった。わかれば後日でも共有してほしい。（A座長）</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・海外の事例では、焼却発電を謳うものが多かった。しかし、一部はグリーンスチーム、エコインダストリー、ネットワークとの焼却熱の産業利用を特徴とするものがあつた。</li> </ul>                                                                          |

## 2) 第2回検討会の開催

事務局及び事業者側による業務説明や論点の整理結果等の説明を行い、それに対する検討会委員及び環境省から情報提供や指摘が出され、質疑応答を行った。開催概要を以下に示す。また、指摘事項と対応事項を表 7-2 に示す。

日時：令和5年12月6日（水）15時～17時

場所：AP 虎ノ門 11F ルーム B

（東京都港区西新橋 1-6-15 NS 虎ノ門ビル（日本酒造虎ノ門ビル）11 階）

議題：進捗報告、審査会報告、論点の議論

次第：1. ご挨拶（環境省、座長）

2. ディスカッション

3. 各章のトピック共有

4. その他

表 7-2 委員及び環境省からの指摘事項と事業者側の対応方針

| 指摘                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 対応                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. 資料の作り方</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>どこまでがファクトの情報で、どこまでがこの事業で検証された点なのかを、もう少し分かりやすくしていただいたほうが良い。（環境省）</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>要点整理と報告書作成の際、実証ファクトと提案と知見とを切り分けて分かり易く提示した。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>2. 要点整理のまとめ方</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>ターゲットをしっかりと絞って、実際に建設する際のコンサルティング用に熱利用というものを検討していただくファクトといったものを集めたものである、というところを取りまとめていただいて。（環境省）</li> <li>あとはそれぞれの目線に対してそれぞれの発信はあると思いますが、その辺りをしっかりと明確にしていけば、残り数ヶ月ですけれども形になってくるのではないかと感じました。（環境省）</li> <li>今回の実証事業では、熱利用のマッチングということなので、市町村が建てる、もしくは一部事務組合とかで建てる人は誰で、その人たちに対して適切なプロモーションは何なのか、ということと、やはりマッチングなので、産業界あるいは産業団地だとわりと都道府県が所管しているところが多いと思うが、そうすると、市町村と都道府県と言っても、やはり都道府県と市町村だと、特にセクションが廃棄物と産業部門だと全然違いますので、そういったところをより整理して、細かいところはどうプロモーションしていくべきかということがあったほうがよい。（環境省）</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>プロモーションという点では対象や内容は多様であるが、実証として必要な目線軸を定めてとりまとめた。</li> <li>都道府県と市町村との連携が必要な点、役割が異なる点をモデル別に明記した。</li> <li>自治体に、熱利用の有用性を検討してもらうときに提案する資料を作るファクトを並べていく。自治体の担当者、市に向けて出せる資料を作っている、というふうにまとめて輪郭をはっきりさせた。</li> <li>ターゲットを主に自治体職員向けとした。</li> <li>検討材料を提示して、皆が考えるきっかけになるようにした。</li> </ul> |
| <b>3. 普及シナリオの提示</b> <b>①モデルの整理</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>具体的には、アスファルトプラントは熱の発生場所は焼却炉で、そこに乾燥させるものを持ってくるという考え方。真ん中の工業団地は焼却炉の近くに需要を持ってくる。最後のコンビナートは、巨大な熱需要のところにごみを持っていくということになっているのですが、ここに熱源であるごみや、乾燥や熱需要の対象物がどこにあるのか、どう移動するのか</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>乾燥事業については、抽象化したモデルとして表現できるよう整理した。</li> <li>蒸気価格をベースに損益分岐点を明確にした。</li> <li>茨城エリアレベルの推計ではデータが不足するが、それを決めるファク</li> </ul>                                                                                                                                                           |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>という整理をすると、もう少しわかりやすくなるのではないか。(C委員)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>例えば食品ごみなどを集めて焼却している工場があって、乾燥すれば飼料になるのであれば、そこでそういうこともできる気もします。(A座長)</li> <li>需給の規模が仮に小さくてもある程度ペイできるように、損益分岐点ができるだけ下がっていくようなモデルができれば、全国的な実装という意味ではコンパクトに軽量にできていくということも一つ、個人的には興味深いと思っている。(D委員)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>ターや成立条件をモデル別に整理した。</p>                                                                                                                                                                                                        |
| <p><b>②検討段階別の実施事項一覧</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>既設のものについてもこういうものを作る予定ですか。検討も踏まえながら、既設のところでやるのもそれは大変そうですが、可能な範囲で検討いただければと思います。(A座長)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>既設の場合の検討プロセスも作成した。</li> </ul>                                                                                                                                                             |
| <p><b>③ファクトの整理</b></p> <p><b>(1) メリデメ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ディスカッション 10 (費用対効果やごみのエネルギー量に関する原単位になりうる数値の作成) のところにこういう推計が入ってきて、かつ、需要側と供給側でどんなメリットがあるかを示せると良いと思います。集約化したときのメリットが、需要側、供給側で試算したものとがあると、非常に良いのではないかと思います。(A座長)</li> </ul> <p><b>(2) 日欧の施設規模</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>日本は全体で、海外は恣意的に選ばれているものを比較してもどうなのか、我々としても海外のほうで静脈メジャーという大きな企業があるのは理解しておりますが、比較対象を揃えないと良くない。何をここで示すべきかをもう少し丁寧に検討されたほうが良いのではないかと思います。(環境省)</li> <li>4,000 t/d という規模は本当に現実的なのかなというところも含めてよくよく検討する必要がある。(環境省)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>欧州、日本の WtE の焼却施設規模で比較するグラフを作成した。</li> <li>本実証で得たデータに基づき、数千トン規模として、補足した。</li> </ul>                                                                                                        |
| <p><b>4. 需要地での新設に関する拡大推計</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>誰にとっての収支なのか、化石燃料削減益は事業家の削減だと思いますし、一方、売電料金とか売電収入となるとその施設そのものの収益になっていますので、そのバウンダリーがどういう範囲で計算されてこうなっているのかを丁寧にいただいたほうが、よりその使い勝手が良くなると思います。(環境省)</li> <li>輸送費増加分が新設時のコスト削減により回収できる可能性があるといったことが書いてあり、一方、タイトルにある売熱と売電の比較のようなところは、考察がどうなるのか。施設の集約化効果のほうがどちらかというとここではメインになっていると思う。(環境省)</li> <li>需要家の収支、供給側の収支と分けて整理していただいたほうが実態に近くなるので、ぜひそのようにお願いしたい。(A座長)</li> </ul>                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>拡大推計は、「需要地での新設モデル」をベースに茨城エリアの廃棄物の4箇所への集約と、1箇所への集約を、現行施設の廃止時期を反映したシミュレーションを実施した。2つを比較して、社会実装の姿を考察した。</li> <li>推計の詳細の方法を記載した。</li> <li>需要家の収支、供給側の収支を分けた整理をすることとし、施設整備側の目線で整理した。</li> </ul> |
| <p><b>5. 東海クリーン実証のまとめ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コンビナートの話とかも理想系の一つであるが、逆にもう少し現実的な東海クリーンの熱利用の話といったものも全部ファクトとして集めていただいて、建設を考えている自治体の方々に提供できるものを作るという視点で作っていただければ、はっきりしてくるかなと感じました。(環境省)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>売電と売熱での比較の示し方、整理の仕方を。東海クリーンのケースで行った。</li> <li>ボイラが元々ある場合のケースを作成した。</li> </ul>                                                                                                             |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>6. コーディネート機能（普及促進）</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・多くの実装をする上では、いかにコンサルテーションしていか、コーディネーションする人がどれだけプランの段階から関われるかが重要ではないか、ということが全体的な感想です。特に個人的な経験からすると、地方の一廃・産廃両方の許可を持ち、一廃の処理・収集処理から始まっている零細規模と言える事業者が焼却炉を新しく入れましたと、まだ焼却中心のビジネスをしているところが小さな取組として、規模としてはコンビナートのような規模ではないかもしれませんが、いろいろな手段で、カーボンニュートラルへの貢献と言って事業そのものが生き延びられて、結果として廃棄物処理のユニバーサルサービスの維持につながるような道筋を開くという意味でのコンサルテーションが、全体的にいろいろなパーツが盛り込まれている中で、どこかで実装に向けたコーディネーションの機能も非常に重要ではないかと思っております。いかにコンサルテーションしてプランの段階から助言をして実装していけるか、というのが肝になるのではと思いました。（D委員）</li> <li>・マッチング事業のようなものは非常に重要な取組になるのではないかと思います。（A座長）</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・マッチング支援について事業提案をとりまとめた。その際、プッシュ型でマッチングをコーディネートすることも含めた事業とした。</li> <li>・コンサルテーションを実施事項に含めた。</li> </ul>                                                                              |
| <p><b>7. 公民連携事例の紹介（普及促進）</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・現実にある地方の一廃処理、産廃処理の事業者は、隣町の最終処分場がいっぱいになってしまったので、自分のところで受け入れていると、場合によっては焼却プロセスも自分のところでやっている。自治体間で合意が取ればそれでいけると個人的には思ったが、そういうところで実験的にいこうか、小さくてもよいので、カーボンニュートラルに近づけるような手段の一つとして、こういうものを実装していけると言う、非常に分かりやすいと思った。（D委員）</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>・公民連携による広域化事例を提示した。要点整理の中に含めた。</li> </ul>                                                                                                                                           |
| <p><b>8. 費用負担の公平性の確保（利益配分の考え方）</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・（自治体において）例えば自分の自治体の中で集めて、その後輸送するところのコストはその焼却処理費の中で賄う、つまり、そこに持っていった自治体間で分担して費用を負担するような仕組みだと、遠くなってしまう自治体にとって不利にならない、合意しやすくなると思う。（A座長）</li> <li>・あるいは組合自身が収集運搬をして処理した廃棄物に応じて自治体が費用を払うといった仕組みになれば、だいたいの負担感が均等化され、マクロに見ると（コスト）削減できているということにつながっていくのではないかと思いますので、<u>そういった費用を負担する仕組みの展開のようなことも併せて検討していくと良いのではないかな</u>と思います。（A座長）</li> </ul>                                                                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>・自治体にとっては輸送費、処理費を負担することになるので、その点についても、何等か言及した。</li> <li>・遠くからも集めることにより売熱収入が確保できるため、処理費や輸送費へ還元することを言及した。</li> <li>・費用負担の公平性を担保する方法、さらに利益還元等が分かるスキームとしての整理も追加した。（処理費、蒸気価格）</li> </ul> |
| <p><b>9. インセンティブ設計（普及促進）</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実際に需要家がどういう使い道をするかというところから攻めていかないと、この辺りは難しいと思いました。（B委員）</li> <li>・電気についての排出係数が各事業者でいろいろとあり、熱のほうも最近その熱ごとに排出係数を定めているので、そういった点を使えばこの問題は解決できるかもしれない。廃棄物の焼却の場合は、廃プラと廃油の部分で、非エネルギー起源CO<sub>2</sub>の排出があるが、そこは多分排出係数に反映されないのではないかと思いますので、そういったところで特殊な要因が一つ二つある中でどのように作るかというところ。（環境省）</li> <li>・電気の場合は誰に売っているかわからず、一回その電気の元</li> </ul>                                                                                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>・供給事業者は、熱回収施設設置者認定制度を活用し、認定証を取得した。</li> <li>・需要事業者は、熱回収施設からの熱利用を行っていることをメリットにできるような仕組みを検討した。</li> <li>・熱供給事業に関するインセンティブ制度について、海外事例を調査した。</li> </ul>                                 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <p>締めが買った後に配分があるので、その証書のような形が必要ですが、熱は明らかに相対ですので、その辺りはむしろ簡単な制度にできるのではないかと。（環境省）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 算定・報告・公表制度であるとか、スコープ 2 とか 3 とかを整理していけばおのずと答えが出るのではないかと。（環境省）</li> <li>・ 温対法が改正され、非化石の燃料も報告しなければいけなくなったので、廃棄物からの熱を使ってエネルギー供給している場合は報告しなければいけないが、一応控除できるというルールになっているので、相対のときはそれで十分で、あとはそういう環境価値を取引できるようにするかどうかということ。（A 座長）</li> </ul> |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

## 第8章 「令和5年度脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業審査等委員会」への出席

令和5年度脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業審査等委員会に出席し、今年度の成果を発表した。開催概要を以下に示す。また、委員からの指摘事項と回答を表8-1に示す。

日時：令和6年1月31日（水）13時40分～14時15分

場所：Web会議にて実施

表8-1 審査委員指摘事項と本事業としても回答

| 指摘事項                                                                                                                                                                                     | 本事業としての回答                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 委員A：熱のマッチングということで、今後の実装時の整備・管理主体はどこが想定されるか？                                                                                                                                              | 熱供給事業者が主体だが、いくつかのケースが想定される。民間委託の場合は産廃業者、公民連携の場合は自治体（組合の場合もある）と事業者となる。                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 委員A：地域への熱供給が進まない要因としては、熱の市場が無いためである。欧州では需要が大きいため成立しているが、日本は温暖なので成立せず、余熱利用に留まっていた。蒸気を7,000円/tで売するために市場を拡大できそうか。                                                                           | 検討ではGJベースの燃料価格の比較表を作成している。それらを鑑みると、2,500円/GJという金額は重油よりは高いが、LPGよりは安く、競争力もあると考えている。                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 委員A：産廃と一廃を混合処理する考えか？                                                                                                                                                                     | 公民連携の事例を踏まえると、自治体の処理責任を担保できるような契約で運用できると考えている。また、欧州ではエネルギー供給施設としての基準を満たせば、一廃産廃にこだわらず収集運搬の融通が利くという情報もあり（廃棄物資源循環学会セミナーにおける、EUタクソノミーに関する調査報告）、日本でも参考になると思われる。                                                                                                                                                                                                             |
| 委員B：今回、EMSについて新たな発見、焼却炉の熱マネジメントに関する有用な知見は得られたか？                                                                                                                                          | 細かい条件が出てきて人力では処理が追いつかない場合も、AIによって平準化のための機器On/Offや、調整計画の作成が自動でできるため、最大限の量を利用することができるようになることを確認した。東海クリーン周辺は小規模な工業団地なので、定期検査の休工时でも調整ができることが良さであり、それを生かした想定をしている。一方、コンビナートでのEMSについても検討しており、中国では3,000t/日規模の焼却施設がすでに27基あるが、日本でのこのケースの実装イメージは、1ヶ所に巨大なものがあるということではなく、当該エリアに合わせて3,000tあるようなイメージで配置すればよく、EMSは、その施設連携に活用すべきこともわかった。2章で焼却炉による蒸気供給ネットワークをコンビナートに必要なEMS概念図として提示している。 |
| 委員B：「事業の横展開可能性及び終了時の出口戦略」はきれいにまとまりすぎている。産業側も自治体側もそれぞれ都合があり、実際はドロドロしている。確度を高めるための情報整備は良いが、もう少し具体的にいえば、立地の制約がある。本当に工業団地の中に作れるのか。なかなか、組織同士で計画のタイミングが合わないといったこともある。そうすると実施できる地域が自ずと絞られるのは仕方が | 立地の制約や計画のタイミング等に関する視点について報告書に記載する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ない。今後、新たな焼却炉を建てる際の時の選択肢として、電力だけでなく熱を活用するためには、いろいろ考える必要がある。そのあたりも、報告書の作成にあたっては盛り込んでまとめてほしい。そうすれば、報告書が今後のために有益な情報になるのではないか。                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                     |
| 委員C：東海クリーンの評価について、初めからボイラを設置できていたら良かったということでもあるか？                                                                                                                                                                                                                                             | 一般的に当初からボイラをビルトインで設置すると、回収効率は79とか90%ある設備もあり、メーカーと相談すればそういったものの設置を検討することはできるだろう。ただ、東海クリーンの場合は、発電しても自家消費で消化してしまい売電の余力ができないため、ボイラを設置しなかったのも、納得がいく。                                     |
| 委員C：アスファルトプラント、鑄造工場、飼料化工場などいくつかの需要先があるが、現時点で可能性があるのはアスファルトプラントだけか？今後このプラントで実際に行う予定か？                                                                                                                                                                                                          | アスファルトプラントについては、その工場内もしくは隣に骨材乾燥工場を作って、その乾燥砂をアスファルトプラントは供給を受け入れることで、乾燥工程を省けるという計画である。事業成立条件の一つにあるが、焼却炉にボイラを追加設置するには、焼却炉の稼働を1年間停止しなければいけない。それには経営判断を要する。                              |
| 委員C：普及展開について、熱利用DBなどはアプリのようなかたちで実際に使用できる状況か？一般利用できるといことでよいのか？                                                                                                                                                                                                                                 | DBはエクセルで整理している。環境省の廃棄物処理統計を活用し情報を追加している。熱利用DBは温対法のデータをNIESで加工したものである。アプリ化は行っていない。その維持更新に予算があるわけではない。推進費では、全国版を作成している。その成果をどう扱うかは、著作主体の意向を踏まえた対応が必要である。ただ、DBを公的に更新したり活用していただけることを望む。 |
| 委員D：マッチングは重要だし、全体的な戦略としてはコーディネーターが必要と感じる。一方で、大量に蒸気使用するところでは、石炭やRPFの使用が進んでいる。一方、蒸気使用量が少ないとか、RPFなどが割高だという小さな工場もある。それらが焼却炉周辺に集まれば蒸気を安く買える。そうした熱供給拠点となりうる場所探すことで、焼却熱利用のポテンシャルが見えてくるだろう。そのアプローチが足りないのではないか。また、現在、国では、石炭ではなくRPFを評価する動きがある。昨今の重油価格の高騰でRPFが注目されている。そうした点では、RPFとの競争という観点での解析を入れてほしかった。 | RPFに対する廃棄物燃料の競争力は、試算すれば出ると思う。今回の資料に盛り込めなかったが機会があれば今後検討したい。                                                                                                                          |

## 第9章 令和5年度廃棄物処理システムにおける脱炭素・省CO<sub>2</sub>対策普及促進方策検討委託業務ヒアリング等への協力

環境省が別途実施する「令和5年度廃棄物処理システムにおける脱炭素・省CO<sub>2</sub>対策普及促進方策検討委託業務」に係る資料作成に協力した。また、検討会への、当該業務担当者のオブザーブを受け入れた。

資料作成協力 令和5年10月24日（火）15時00分～18時00分  
令和6年3月7日（木）16時00分～17時00分

## 第10章 環境省及び共同事業者との打合せ

### （1）環境省との打合せ

本業務を適正かつ円滑に実施するため、環境省調査職員と協議の上、業務全体の進捗等に関する打合せ（主要な調査職員等に対する定例報告）を6回行った。報告は、業務の進捗状況及び業務実施過程における課題の発生・処理状況を踏まえ、検討会に向けた事前説明の形で実施した。

|         |     |                         |
|---------|-----|-------------------------|
| 作業計画説明  | 第1回 | 令和5年6月28日（水）15時-16時     |
| 検討会事前説明 | 第2回 | 令和5年8月24日（木）15時-17時35分  |
| 事業内容説明  | 第3回 | 令和5年11月7日（火）10時-12時     |
| 検討会事前説明 | 第4回 | 令和5年11月21日（火）10時-12時10分 |
| 検討会事前説明 | 第5回 | 令和5年12月4日（月）10時-12時     |
| 事業内容説明  | 第6回 | 令和5年12月21日（火）10時-12時    |

### （2）座長・委員との打合せ

検討会の開催前に、検討会の論点について座長及び全委員と打合せを実施した。

#### 第1回検討会の開催前

委員B：令和5年8月28日（月）14時-15時  
座長A：令和5年8月28日（月）15時30分-17時  
委員C：令和5年8月29日（火）9時45分-10時30分  
委員D：令和5年8月29日（火）11時-12時

#### 第2回検討会の開催前

委員D：令和5年11月13日（月）17時-18時  
委員C：令和5年11月15日（水）10時-11時  
委員B：令和5年11月15日（水）11時-12時  
座長A：令和5年11月17日（金）15時-16時

### （３）共同事業者及び再委託者との打合せ

共同事業者及び再委託者との全体打合せを計２回開催した。開催日程を以下に示す。打合せでは、横断的課題の議論や各パートの進捗共有を行った。なお、業務パート別の各社との個別打合せは適宜実施した。

全体打合せ：令和５年６月１６日（金）１０時３０分～１２時

令和５年１１月７日（火）１０時～１２時