

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）委託業務

成果報告書

令和4年3月

株式会社 エックス都市研究所

概要

本実証は、廃棄物処理施設からの熱供給事業を実証するものである。実施体制は、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者の共同事業者及び、一般財団法人エネルギー総合工学研究所、株式会社アクトリー、アイフォーコム・スマートエコロジー株式会社、及び株式会社早稲田環境研究所の4社の再委託者で構成される。

実証フィールドである産業廃棄物処理施設は、株式会社東海クリーンが所有し、茨城県東海村の平原南部工業団に立地する。一般的に、日処理量100トン程度の廃棄物処理施設では、多くの場合、廃棄物発電が行われているが、そのエネルギー利用効率は20数%程度に留まっている。最新のガス火力発電所であれば、エネルギー利用効率が60%を越えることを踏まえると効率は高くない。しかし、熱を電気に変えるのではなく、廃棄物処理施設の熱を熱として施設周辺工場へ供給し、利用することで、理論上40%を越すエネルギー効率が得られることが分かっており、大きなCO₂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、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、フィールド実証パート、自治体への展開検討パートを展開し、これらを互いに直結させる構成で実施するものとした。この体制により、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ている。以下、本事業概要を実施項目別に記載する。

(1) 産業への蒸気安定供給システムの基本設計

国立環境研究所では、「廃棄物焼却施設からの蒸気供給システム概念」について豊富な知見を有している。概念検討だけでなく、実証を通じて得たリアルなデータとリアルな課題を抽出し得られたデータや知見によるポテンシャル拡大推計を行うことで、精緻な次世代の静脈インフラの基本としての概念を確立することを目指し、実証を行っており、この概念の普及・汎用化が期待される。システム概念は、東海クリーンの施設をミニマムなモデルと位置づけ、大規模熱供給システムの検討を行うために全国にある15か所の石油化学コンビナートから具体的なコンビナートを1箇所特定して、数社の需要家企業へ熱需要調査を行った。その結果、想定している規模の蒸気供給においては、事業実施による蒸気供給で、十分に省エネ効果が高まることが把握できた。なお、これら取得データや解析結果は、企業情報として機密性が高い。本報告書では実数字が分からないながらも、傾向は分かるレベルのまとめかたをした。

(2) 地域の熱供給需給管理システム実証

工業団地に立地する焼却施設として、東海クリーン社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、本実証で詳細調査を実施した。実証では、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供給をすることが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。令和3年度は、インターフェースの設計を行うとともに、需要家へのデータ取得の計器取り付けや実績取得を行った。来年度は、焼却プラントオペレーションシステムとの連動性を高める仕様設計を追加して、再来年の令和5年度の施工時にプログラムを組む予定であり、順次、事業のビルトアップ調査を進めていく。

（3）自治体における展開可能性の検討

廃棄物・3R研究財団が、自治体159件のアンケートを送付して、焼却施設を核とした熱供給事業への意識調査を行った。対象は、以下の条件を満たす焼却施設を保有する自治体とした。

- ・場外蒸気もしくは場外温水の利用を行っている（発電で場外利用は含まない）自治体
- ・主要な工業団地を有している自治体
- ・2050年二酸化炭素排出実質ゼロカーボンシティ表明自治体

その結果、100自治体からの回答を得て、10自治体へのヒアリング調査を行った。アンケート結果からは、平成30年度（2018年度）に実施した当時よりも、焼却施設の熱利用に関する意識が高まっていることが確認できた。また、自治体として実施に至らない理由も複数把握することができた。そのうちいくつかは、情報不足によるもので、今後の情報提供により検討機会が広がることが期待できた。今後は、主要プラントメーカーにこれらの情報を提供し、視点を集約していくことで、一般廃棄物処理における熱回収の高度化に向けた普及シナリオを取りまとめる。目指す方向を、自治体だけでなくプラントメーカーにも提案していくことで、課題整理と対策実施による具現化の加速が期待される。

（4）工業団地及び水平展開時のCO₂削減費用対効果拡大推計

国立環境研究所が、統計データや本実証で得られたリアルデータ等をもとに、全国への拡大推計を行う。令和3年度は、令和4年度に推計を行うために必要な情報を整備した。大規模施設モデルとしてコンビナートを対象とするため、15か所のコンビナートについてそれぞれ熱需要家を把握しデータベース化した。あわせて、廃棄物の質と量の今後の変遷を推計するために、全国三次メッシュを単年度分作成し、廃棄物組成情報と家計消費の紐づけを行って、統計・コホート分析を実施するためのデータの積み上げを行った。

（5）課題の整理

エックス都市研究所が、上記のパート間の連携調整を行うとともに、横断的な検討課題をとりまとめ、法制度の調査を行った。例えば、コンビナートでの需要家調査の結果から、手続き面や配慮事項として抽出された事項を、東海クリーン側の作業理解に落とし込む整理を行った。加えて、温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度に基づくGHG算定ルールが、J-クレジット上でのプロジェクト登録の有無、省エネ法、熱供給事業法、廃棄物熱回収施設設置者認定制度について、関連事項を調査した。J-クレジット上では該当する審査パターンが登録されていないことから、今後、その確認を精査する予定である。

Overview

This demonstration study substantiates the heat distribution business for heat recovered from waste treatment facilities. The implementation system consists of EX-Research Institute as the representing business; a joint venture among three parties National Institute for Environmental Studies (NIES), Tokai Clean, and Japan Waste Research Foundation and four subcontractors The Institute of Applied Energy, Actree, iFORCOM Smart Ecology, and Waseda Environmental Institute.

The study site for the demonstration is an industrial waste treatment facility owned by Tokai Clean located at Hiraharananbu Industrial Park in Tokai village, Ibaraki Prefecture. Generally, a waste treatment facility with a daily treatment capacity of about 100 tonnes has significant potential for energy recovery from waste (waste-to-energy), but with a lower energy efficiency (~ 20%) than that of new gas-fired power plants (over 60%). However, an energy efficiency of more than 40% can be theoretically achieved by supplying the heat to surrounding factories for use instead of converting it into electricity. This enables significant reduction in carbon dioxide (CO₂) production and high economic efficiency.

Based on the characteristics of the participating companies, the following three segments that are directly linked to each other were developed in this demonstration project: investigation and study of system theory, field demonstration, and expansion into local government. This system aims to enhance the effectiveness of regional circulation symbiosis centred around waste treatment facilities. An overview of this project is described below based on items for implementation.

(1) Basic design of a stable steam distribution system for industrial use

(NIES) possesses significant expertise regarding the concept of the steam distribution system from waste incineration facilities. In addition to the conceptual study, the demonstration conceptualised a potential expansion by analysing the demonstration study based on real time data and data and findings gained through identification of issues. The demonstration was conducted with an aim of establishing the idea of a waste-to-energy steam distribution system as the basis for an elaborate, next-generation waste-handling infrastructure. We expect that this concept will become widespread and generalised.

The concept of the system viewed the Tokai Clean facility as the minimum model. To study the large-scale heat supply system, one specific plant out of the fifteen petrochemical plants nationwide was identified, and several consumer companies were requested to participate in a heat demand survey. It was confirmed that the waste-to-energy steam distribution

implemented by the project would sufficiently enhance energy saving for the assumed scale of infrastructure. Given the sensitive nature of the gathered data and analysis, considered confidential corporate information, this report uses trends rather than exact statistics.

(2) Demonstration of the regional heat supply and demand management system

Tokai Clean was selected as the research field for the demonstration study given its position as an incineration facility located in an industrial complex. A detailed survey was conducted with the cooperation of three heat consumers: an asphalt factory, a recycling facility, and an iron foundry. In this demonstration, we surveyed the consumers to understand the scale of demand, then created an energy management system to predict the supply and demand of heat when a large-scale heat system was deployed and to stably distribute the steam. In FY 2021, we designed the interface, installed instruments for data acquisition at consumer site, and collected records. We also have plans to add a design specification to strengthen the link with the incineration facility operation system in FY 2022 and to build a program during construction in FY 2023. We will proceed to sequentially conduct a built-up survey of the businesses.

(3) Evaluating the possibility of deploying local governments

Japan Waste Research Foundation sent 159 questionnaires to local governments to conduct an awareness survey regarding the heat distribution business centred around incineration facilities. The questionnaires were sent to the contact point of the respective Environmental Policy Divisions and were directed to local government entities that owned incineration facilities and met the following three conditions:

- Use offsite steam or offsite hot water (do not include offsite use for power generation)
- Located in a municipality that has a major industrial zone
- The municipality has declared itself a zero-carbon city, pledging to become carbon neutral by 2050

We were able to obtain responses from 100 local governments and conducted a hearing of 10 local governments. The results of the survey showed an increase in awareness around the utilisation of waste heat from incineration plants as compared with that observed during a previous survey in FY 2018. In addition, the survey revealed multiple reasons why the local governments did not implement the system. The reason could also be attributed to the lack of information, implying that as more information becomes available, municipalities will have more possibilities to explore implementation.

We plan to provide this information to major plant manufacturers and consolidate their perspectives, then summarise the dissemination possibilities to upgrade waste heat recovery

from general waste processing plants. We expect that specifying the aims to both local governments and plant manufacturers would allow identification of the issue and implementation of countermeasures and thus accelerate the realisation of system deployment.

(4) Estimation of increase in efficiency of CO₂ reduction costs during industrial complex and horizontal deployment

(NIES) makes an estimation for nationwide expansion based on statistical data and real data obtained from this demonstration. Throughout FY 2021, necessary background information was accumulated for the estimation in FY 2022. We expanded into a large-scale facility model, assessed the heat consumers at 15 petrochemical complexes, and created a database. To estimate future changes in waste quality and quantity, we simultaneously created a nationwide tertiary mesh for a single fiscal year, linked waste composition information to household consumption, and accumulated data for statistical and cohort analyses.

(5) Identification of issues

EX Research Institute coordinated among the aforementioned various segments and summarised the cross-sectional issues for further examination. It also investigated the legal system. For example, it extracted procedural items and considerations from the consumer survey conducted at the complex and organised them into points to facilitate work on the Tokai Clean side. In addition, the Institute studied items related to the following: GHG calculation rules based on the system of calculation, reporting, and publication for greenhouse gas emissions; project registration on J-credit; Energy Conservation Act; Heat Supply Business Act; and the installer certification system for waste heat recovery facilities. The Institute confirmed that the corresponding screening pattern was not registered on J-credit. We plan to re-examine the confirmations in the future.

目 次

1. 業務の目的及び発展性	1
2. 業務の基本方針と各パートの目標	2
3. 業務全体の実施フロー	4
4. 業務内容	5
4.1 事前準備、作業計画書（本書）の作成等	5
4.2 産業への蒸気安定供給システムの基本設計	5
4.2.1 蒸気供給システムの概念設計	5
4.2.2 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）	11
4.2.3 課題及びスケジュール	20
4.3 地域の熱供給需給管理システム実証	21
4.3.1 (株)東海クリーンとの隣接工業団地での実現可能性調査	23
4.3.2 供給設備・配管・需要側構造の設計	26
4.3.3 熱・電 EMS 設計	29
4.3.4 CO ₂ 削減・費用対効果の算定	58
4.3.5 実証計画の策定	63
4.3.6 課題及びスケジュール	64
4.4 自治体における展開可能性の検討	66
4.4.1 焼却施設からの蒸気利用の波及に向けた課題の整理	67
4.4.2 ポテンシャルの拡大推計と課題の整理 （熱供給側からの視点・一般廃棄物焼却施設）	80
4.4.3 課題及びスケジュール	84
4.5 工業団地及び水平展開時の CO ₂ 削減費用対効果拡大推計	85
4.5.1 廃棄物の質的及び量的な推移予測	85
4.5.2 工業団地での拡大推計	89
4.5.3 水平展開した場合の拡大推計	89
4.5.4 課題及びスケジュール	98

4.6	横断的課題の整理	101
4.6.1	許認可申請手続きの所要時間に関する論点整理	101
4.6.2	熱需給関係に必要な要件定義	101
4.6.3	排出量削減貢献量の考え方に関する論点整理	102
4.6.4	その他制度・法令上の扱い	107
4.6.5	まとめ	111
4.7	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	113
4.8	「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	115
4.9	令和3年度廃棄物処理システムにおける脱炭素・省CO ₂ 対策普及促進方策検討委託業務ヒアリング等への協力	116
4.10	共同実施者との打合せ	116
4.11	報告書の作成	116
5.	業務実施体制	117
6.	業務実施スケジュール	118

表 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 ₂ 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
（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	審査委員会
（９）共同実施者との打ち合わせ	関係者 MTG
（10）業務報告書の作成	報告書

1. 業務目的及び発展性

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。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CO₂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ている。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ことを目的として事業を実施する。

本業務の構造と将来への発展性を図1-1に示す。

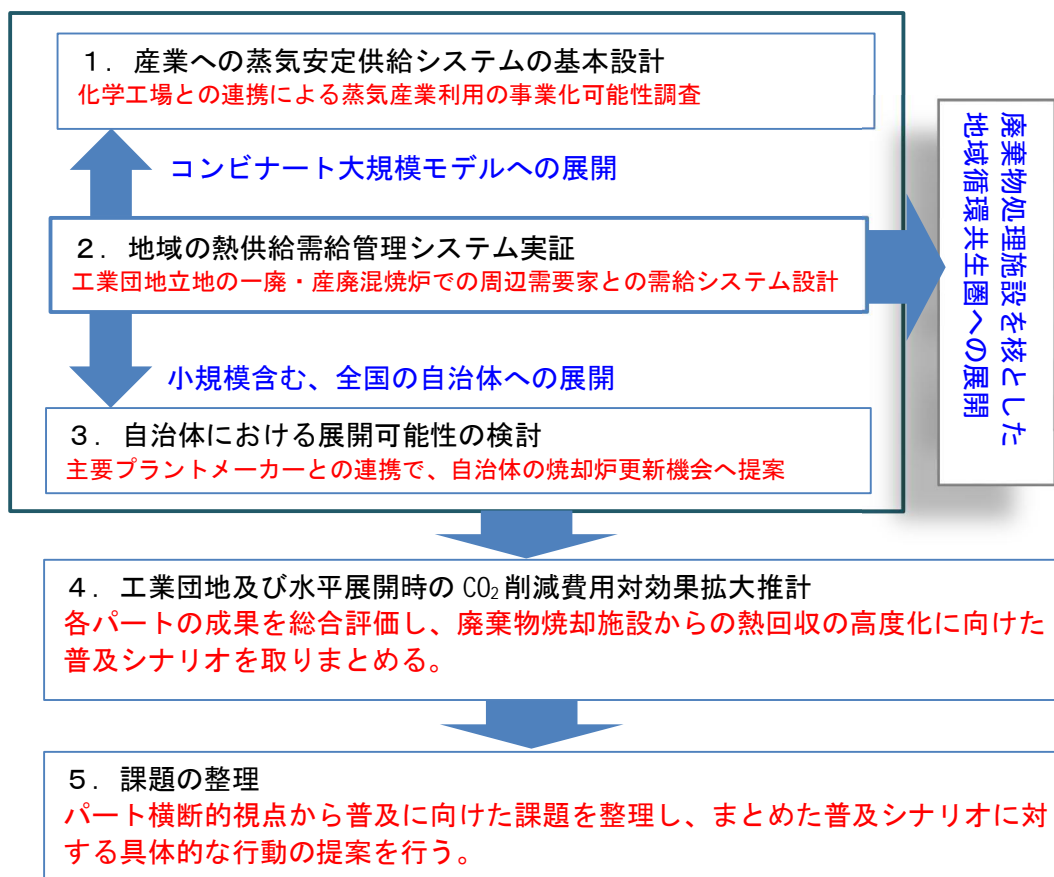


図 1-1 本業務の構造と将来への発展性

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）目標を表2-1に示す。

<業務の基本コンセプト>

現在、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%に留まっている。最新のガス火力発電所であれば60%を超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CO₂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CO₂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とりまとめる。以下に、業務の基本コンセプトを示す。

- 全体統括を行い、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 2-1 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）目標

	項目	採択時の技術の状況	最終目標	令和3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の高度化に向けた普及シナリオを取りまとめる。	(株)東海クリーンと近隣の3工場の熱需要調査により、需給管理システムの実施設計と要件定義を行うとともに、実施における熱需給管理システムの実現可能性および課題の整理を具体的に抽出する。これらの知見を活用し、石化コンビナートへの拡大推計及び自治体への普及シナリオに関する課題整理を行う。
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。	既存研究や事例等を調査した上で、蒸気供給システムの基本構成を示す。化学コンビナートの蒸気利用状況調査を実施し、化学工場での高温高圧の蒸気条件の要求への対応要件を明確にする。
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 ₂ 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(株)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 ₂ 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。	近隣の3工場の熱需要・電力需要の詳細を調査し、焼却施設からの熱供給の蒸気配管および熱需給管理システムの設計を完了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。熱利用と立地問題も考慮した熱需給管理システムの実現可能性および課題の整理を具体的に抽出する。
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。	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する。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う。
4	工業団地及び水平展開時のCO ₂ 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ないため、CO ₂ 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 ₂ 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 ₂ 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 ₂ 排出削減効果と経済性が得られることを検証。	今後の廃棄物組成の変化、及び処理対象廃棄物を時系列で整理する。実証で得られたデータや課題、理論検討の成果について、プラントメーカーや自治体からの情報を踏まえ、CO ₂ 削減費用対効果推計を行い、評価・検証を行うが、令和3年度はそのためのデータ収集を実施する。

3. 業務全体の実施フロー

本業務の実施フローを図 3-1 に示す。

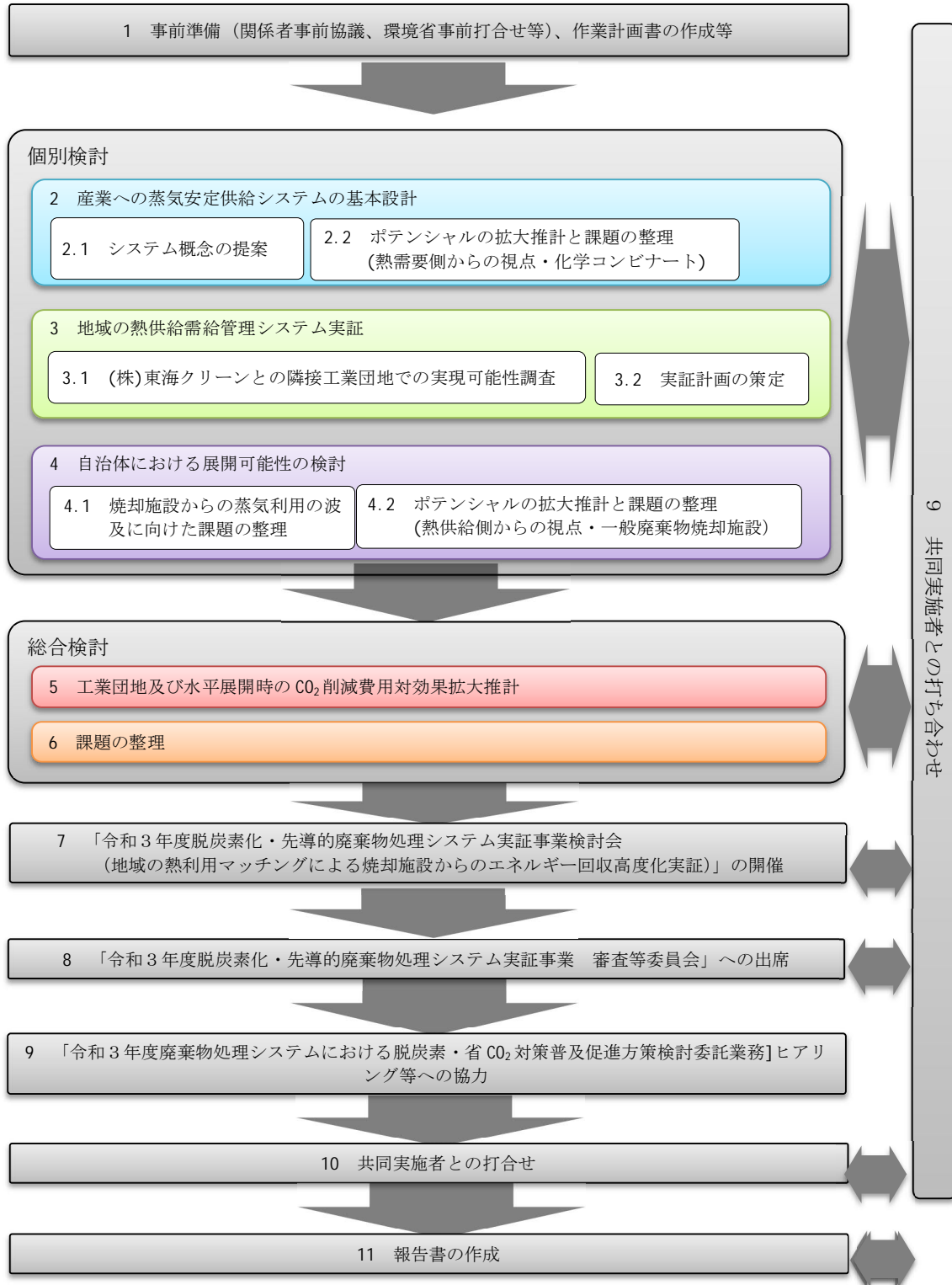


図 3-1 業務全体の実施フロー

4. 業務内容

4.1 事前準備、作業計画書（本書）の作成等

事前準備として、東海クリーンの焼却施設周辺の需要家等の関係者へ実証への協力を依頼し、了解を受けた。また、本実証事業への参画事業者にて共同実施協定を締結した。作業計画書は、令和3年10月20日（水）契約締結後の令和3年10月27日（水）環境省とのキックオフ会合にて説明を行った。

4.2 産業への蒸気安定供給システムの基本設計

4.2.1 蒸気供給システムの概念設計

令和3年度の目標（NIESパート）

既存研究や事例等を調査した上で、蒸気供給システムの基本構成を示す。なお、実証を行う東海村の工業団地では、需要家の工場が熱風を利用しているため、蒸気ではなく熱風を送ることが検討されているが、一般的には蒸気が利用されているケースも多く、特に化学コンビナートでは大量の蒸気が利用されていることから、ここでは蒸気供給を行うケースについて扱うものとする。熱風の場合には、後述する蒸気アキュムレータが使えないなど、蒸気供給を行うシステムとは一部異なる点も生じるが、安定需給に関する基本的な留意点は共通である。また、焼却施設からは蒸気を供給して、熱交換で最終的に熱風に変換することも可能であり、この場合は蒸気供給と同じシステムを利用することができる。

（1）廃棄物焼却施設から製造工場への蒸気供給に関する課題

廃棄物焼却施設のボイラーは、焼却対象物に高塩素濃度であるなど、腐食性に富むものが含まれる可能性があり、ボイラーの熱交換配管を腐食から防ぐ観点から、蒸気温度が300℃をやや下回る温度帯から、最高でも450℃程度に抑制して蒸気が製造されている。結果的に圧力も数MPaとなり、汽力発電所の10MPaを大きく越える蒸気条件と比較すると、低い圧力となっている。また、投入される廃棄物の組成によって発熱量が大きく変動し得る廃棄物焼却施設の場合、蒸気の安定供給が難しくなることが想定される。これらの特性を踏まえた上で、製造工場への蒸気供給のシステムを設計することが課題となる。

廃棄物焼却施設から製造工場への蒸気供給は、国内ではかなり事例に限られるが、韓国では蔚山工業団地における事例が、経済と環境の両面で成功事例となっており、その後韓国国内で同様の事業が水平展開されるきっかけとなっている。韓国蔚山工業団地における事例（配管の埋設）を図4.2-1に示す。

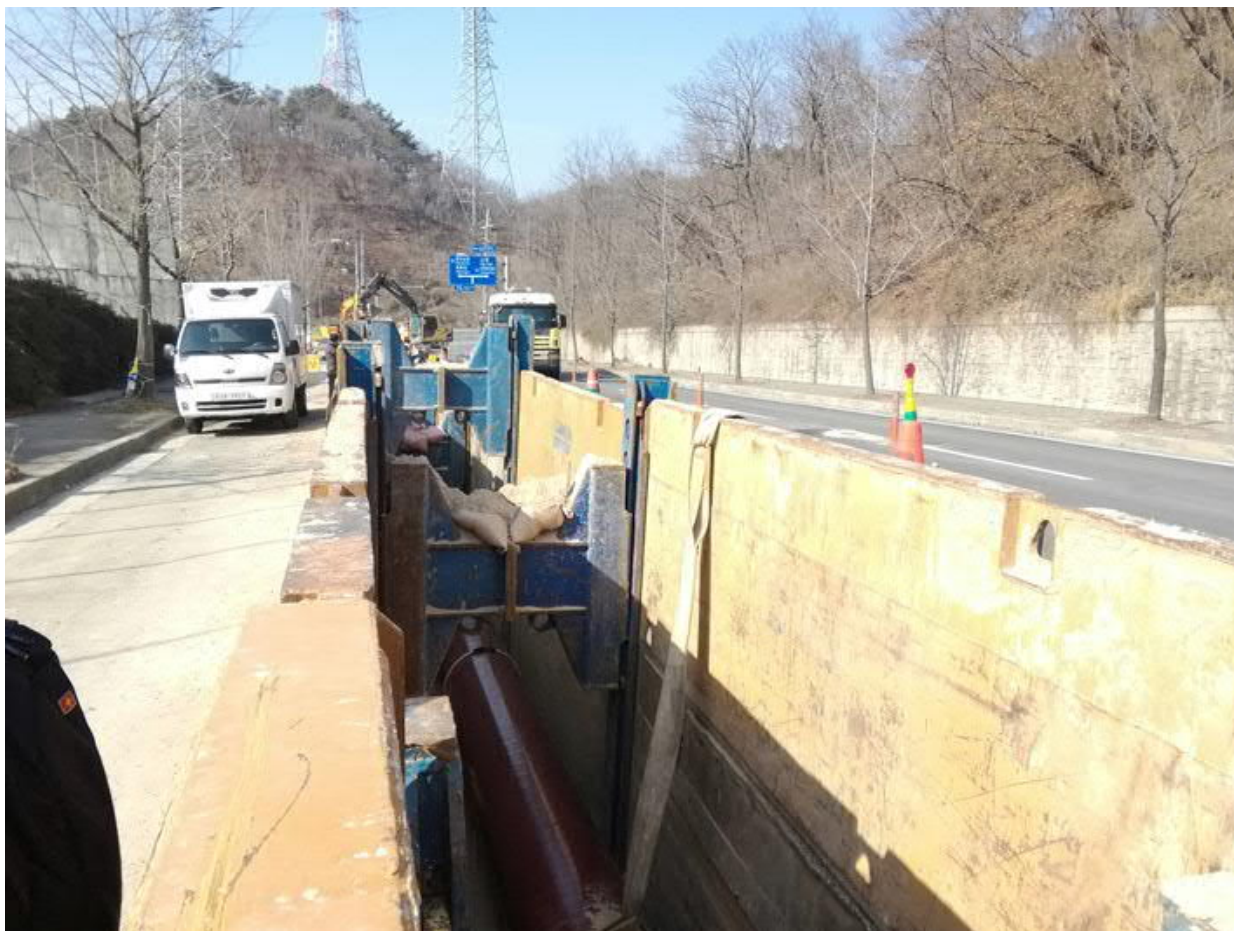


図 4.2-1 韓国蔚山工業団地における事例（配管の埋設）

(2) 温度圧力条件のマッチング

工場側で利用している蒸気圧力よりも、焼却炉から供給する蒸気圧力が低い場合、蒸気の供給ができない。製造工場側のプロセスによっては温度条件の合致も重要になるが、温度を気にしないプロセスも存在する。事前に焼却施設側、製造工場側の蒸気条件をよく確認することが重要になる。

コンビナートのように大規模な蒸気需要があり、同時に大量の電力も消費している場所では、発電と蒸気供給を同時に行うコジェネレーションが行われている。石炭や石油系の燃料を熱源として利用している工場（群）では、まず、ボイラーで蒸気を製造し、発電用のタービンを回して発電し、高圧タービンから低圧タービンに至る途中から引き抜いた抽気蒸気や、タービンを抜けた後の排気蒸気を製造プロセスに供給する。一方、ガスを熱源にする大型施設の場合には、発電にガスタービンを用いるケースが多いと考えられる。ガスタービンの排熱をボイラーで熱交換して蒸気を製造し、これを発電やプロセスへの蒸気供給に利用することになる。

大きな化学工場等では、高圧、中圧、低圧など複数の圧力の蒸気を併用している場合があり、例えば低圧系統にのみ蒸気供給を行うことが考えられるが、蒸気は高圧蒸気から順にカスケード的に利用されている場合もあり、低圧蒸気を供給した場合、蒸気バランスが崩れて思ったほどの燃料消費削減効果が得られない場合もある。この解析方法については、「化学コンビナートの選定と情報収集の進捗について」の項で触れる。

前述のように、廃棄物焼却施設で製造可能な蒸気の温度は最高でも 450℃程度であり、このままでは工場（群）側に必要な中圧以下の蒸気需要しか満たすことができない。しかし、温度を上げることはできないが、350℃の飽和蒸気圧が 16.5MPa であるように、蒸気の圧力を上げることはある程度可能である。焼却炉のボイラーでは、例えば 450℃、12MPa といった蒸気を製造しておき、独立過熱器で腐食性の少ない燃料を用いてさらに加温することで、550℃、12MPa といった蒸気を製造することが、原理的には可能である。工場によって少しずつ条件は異なるが、この程度の温度・圧力の蒸気であれば、工場側で発電や動力として利用している高圧蒸気条件を満たすことが可能であり、既存の化石燃料ボイラーの機能を置き換えることもできる。ただし、高圧化に伴って廃棄物焼却施設のボイラー配管等の強化が必要になるため、その建設費は増加することになる。工場側のニーズや費用対便益を考慮しながら、導入の可否を検討することになる。

独立過熱器では都市ガスのような燃料を用いることが考えられる。化石燃料は無駄なく効率的に利用されることにはなるが、更なる CO₂ 排出の削減という観点では難がある。可能であれば厨芥類のメタン発酵で得られたガスを精製したものを使うことや、将来的には再生可能な電力で部分的に過熱することなども選択肢になると考えられる。

(3) 需給の時間的マッチング

①システム構成

廃棄物焼却施設からの蒸気供給を安定化させる対策と、不安定な蒸気を安定的に供給する補完的な対策とが存在する。前者に対しては、廃棄物発生源ごとに廃棄物の組成や発生量を把握しておき、それに基づいて焼却施設に運び込まれる廃棄物のおおよその発熱量を把握、可能であれば予測しておく情報共有の仕組みを利用することが有効である。また、近年、焼却施設の各プラントメーカーは、人工知能を利用した焼却施設の自動運転の仕組みを実用化しつつあり、熟練したオペレーター以上に燃焼温度を安定化させることが可能になりつつある。後者については、蒸気アキュムレータとバックアップボイラーの利用が想定される（図 4.2-2）。蒸気アキュムレータは、プロセスがバッチ式であるなどして、一度に大量の蒸気を消費するようなプロセスを持つ製造工場で、ボイラーからは安定して効率的に蒸気を供給しつつ、蒸気的大量消費に対応するような目的で導入されている事例が多い（図 4.2-3）。この蒸気アキュムレータは、反対に蒸気の供給元が不安定な場合に、供給先に安定的に蒸気を送る目的でも利用可能であり、必要に応じて焼却施設から製造工場への蒸気供給システムに組み込むことが検討要素となる。また、工場の蒸気需要に対して廃棄物が不足する場合や、廃棄物焼却施設の点検等による停止時に対応するためのバックアップボイラーも必要になる。焼却施設から供給可能な蒸気量に対して、製造工場側の蒸気需要が大きい場合は、製造工場で利用しているボイラーをそのまま保持し、蒸気供給を受ける分だけ燃料使用を削減しながら利用し続けることが想定される。焼却施設からの蒸気供給で製造工場の蒸気需要の大半が賄える場合は、廃棄物焼却施設の運転状況に合わせて、ボイラーは間欠運転をすることになるため、不意の焼却施設のトラブルに備える意味でも、貫流式ボイラーのように立ち上がりの早いボイラーをバックアップに利用することが考えられる。蒸気アキュムレータの容量が十分大きければ、仮に焼却施設からの蒸気供給が途絶えても、ここから継続して蒸気を供給しつつ、その間にバックアップボイラーを起動することができる。

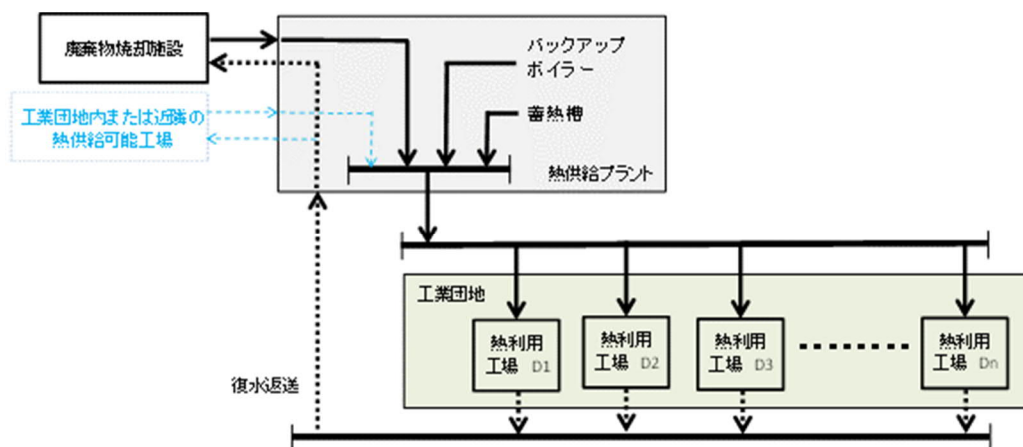


図 4.2-2 廃棄物焼却施設からの蒸気安定供給の仕組み



図 4.2-3 蔚山工業団地の蒸気供給に利用されている蒸気アキュムレータ

②熱供給の過剰時の対処方法

蒸気の安定需給については、需要側が何らかの事情で緊急停止した場合への対応も必要になる。廃棄物を焼却すると必ず熱が発生するため、この熱を適切に処理する作業を行うことになる。表 4.2-1 に対処方法を整理する。

表 4.2-1 熱供給量が過剰になった場合の対処方法

変動	主な要因	熱形態	対処方法
急激な過剰	熱利用工場の一部が緊急停止	高温水	高温水供給バルブを絞り、流量を減らす。
		高圧蒸気	高圧ヘッダーの供給バルブを絞り、余剰となった蒸気は蒸気コンデンサーで復水にする。
		低圧蒸気	抽気バルブを絞り、抽気量を減らす。(発電量が増加する)
短期的過剰 (時間変動)	ごみの発熱量の増加	高温水	空気予熱器の循環ファンの回転数を低下し、またはダンパを絞って、循環空気量を減少させ、高温水発生量を減少させる。
		高圧蒸気	ごみ処理量を一時的に減らす。(ごみピットの残余容量の余裕による) 高圧ヘッダーの供給バルブを絞り、余剰蒸気は蒸気コンデンサーで復水にする
		低圧蒸気	抽気バルブを絞り、抽気量を減らす。(発電量が増加する)
長期的過剰 (季節変動)	ごみの発熱量の季節変動	高温水	<ul style="list-style-type: none"> ・廃棄物焼却施設の排ガスの一部を空気予熱器バイパスに流して回収熱量を減少させる。 ・広域化などにより近隣の廃棄物焼却施設とごみの融通をし、焼却量を減らす。
		高圧蒸気	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧ヘッダーの供給バルブを絞り、余剰蒸気は蒸気コンデンサーで復水にする。 ・広域化などにより近隣の廃棄物焼却施設とご

			みの融通をし、焼却量を減らす。
		低圧蒸気	<ul style="list-style-type: none"> ・抽気バルブを絞り、抽気量を減らし発電量を増加させる。 ・広域化などにより近隣の廃棄物焼却施設とごみの融通をし、焼却量を減らす。

(4) コンビナートの熱需要の将来見通しに関する考察

今後、カーボンニュートラルへの対応が進み、石油系の燃料消費が大幅に削減されると、従来の石油精製のプロセスは次第に縮小されることになると考えられる。また、海外で大規模で高効率なエチレンプラント（ナフサ分解炉）が稼働している。国内のエチレンプラントは、既にその幾つかが運転を停止しているが、今後もエチレンプラントは縮小される可能性がある。一方で、エチレンプラント以降の誘導品製造工程においては、多様で付加価値の高い化学品が製造されており、これらの製造は今後も継続されると考えられ、やはり大量の熱需要が継続して必要になることが想定される。また、バイオマスプラスチックの生産、廃プラスチックを利用したケミカルリサイクル、CCU（二酸化炭素回収利用）などのカーボンニュートラルの実現に資するいずれの対策を行うにしても、反応や分離精製等のための熱供給が必要になることから、この熱供給を廃棄物の焼却熱を利用して、安定、大規模、経済的に行えることの意義は大きいと考えられる。また、化石燃料に依存する従来の製造業は、大規模集中型のシステムが効率と経済性の両面で有利であり、新興国における後発の大規模製造工場が優位性を得る原動力ともなってきたが、カーボンニュートラルの制約が課される条件下では、再生可能な資源・エネルギー及び廃棄物が分散して生産・発生するため、必ずしも大規模が有利とはならない可能性がある。廃棄物を活用した動静脈連携型の新たな素材製造の仕組みを構築することが重要と考えられる。

4.2.2 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) 令和3年度の目標 (IAE パート)

化学コンビナートの蒸気利用状況調査を実施し、化学工場での高温高圧の蒸気条件の要求への対応要件を明確にする。

(1) はじめに

本パートは、国立環境研究所が担当する項目「産業への蒸気安定供給システムの基本設計」の中で、一般財団法人エネルギー総合工学研究所 (IAE) が、エックス都市研究所からの再委託業務として、国立環境研究所の指揮の下で、「ポテンシャルの拡大推計と課題の整理」の業務を担当し遂行したので、その結果を報告するものである。

IAE 担当業務とは、廃棄物焼却施設から製造工場への蒸気供給の実証実験を行う工業団地には、大規模な蒸気需要のある超大型工場は立地していないが、廃棄物焼却熱を活用できる産業は多数存在し、特に、化学コンビナートは、蒸留や反応等のプロセスに大量の蒸気を消費しており、これを廃棄物焼却熱で代替できれば、その CO₂ 削減効果は極めて大きいと考えられることから、このケースでの CO₂ 削減ポテンシャルや費用対便益を把握するとともに、技術的な課題や効率向上のための対策について整理して示すものである。

(2) 対象工場の選定

次の要領で調査事業に協力を得る工場を最大3件選定した。

- ①対象となる化学コンビナートの選定：立地企業の数、事業概要、工場間・設備間の距離、エネルギー共有の実績、焼却施設の有無、空地の有無などを調査し、化学コンビナートを選定する
- ②化学コンビナート内の工場へ協力要請とヒアリング：協力要請の際に必要な説明資料の作成、工場への説明とヒアリング実施し、最大3工場を選定
- ③秘密保持契約：協力工場との秘密保持契約書等の作成と締結

なお、上記①の化学コンビナート内の対象工場の選定に際しては、次の要件を考慮した。

- (1)化学コンビナート内の大規模工場（第1種エネルギー管理指定工場）である
- (2)ボイラー、蒸気タービン、ガスタービンなどで構成されるエネルギーシステムを有し、ボイラー蒸気発生量は100トン/h程度以上の規模
- (3)高圧、中圧、低圧などの複数の蒸気ヘッダーを有する
- (4)燃料ガス・油を購入し、エネルギーシステムの燃料に使用している

(3) データ収集

次の情報や条件に基づく調査票を作成し、複数の協力工場に配賦説明を行い、データ収集を実施した。

1) 収集項目

主な収集項目は次の通り。

- ①年間指標（エネルギー消費量、CO₂排出量、購入電力量）
- ②主要なボイラー、蒸気タービン、ガスタービンなど（定格値、通常運転値）
- ③主要な蒸気ヘッダー条件（温度、圧力、送気量）
- ④燃料ガス・油の種類、代表的な組成

2) 代表的な運転データ

代表的な1運転ケースのみを記入。代表的な運転データとは、年間を通して最も長時間の運転を行っている状態である。

(4) 確認と課題の整理

1) エネルギーシステムフローのモデル化

協力工場から入手したエネルギーシステムフローに関する実データを基にして、近似データを作成した。近似データとは、実データを詳細内容まで厳密に模擬するものではなく、主要機器（ボイラー、タービン）や蒸気ヘッダー条件に焦点を当て、サイズが小さい機器やローカルな蒸気ヘッダーは割愛するものである。なお、通例、実データはその熱物質収支において整合化されていないが、近似データでは、熱物質収支の整合化を図り、モデル工場の設定を行った。近似データに基づき設定した工場のエネルギーシステムフローの一例を図4.2-4に示す。

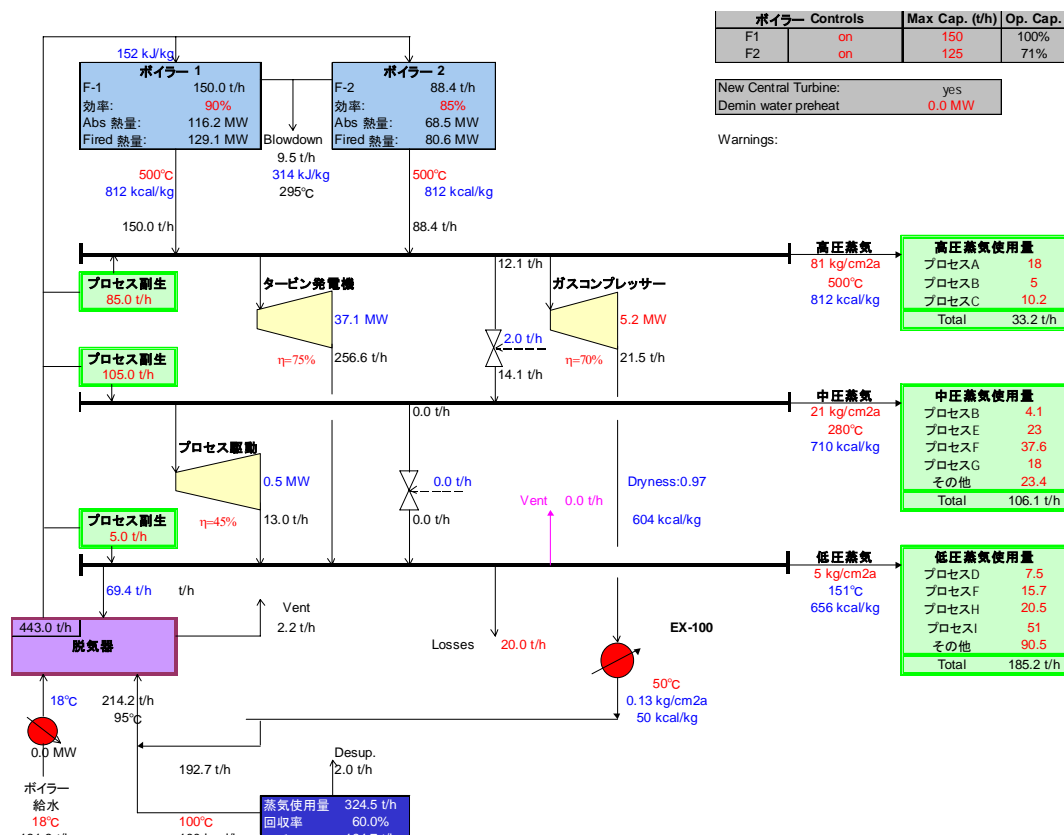


図 4.2-4 近似データに基づき設定した工場のエネルギーシステムフロー

モデルサンプルとして提示するものであり、実データを厳密に模擬するものではない。

2) 焼却施設からの蒸気配給による燃料削減効果と CO₂ 削減効果の検討

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

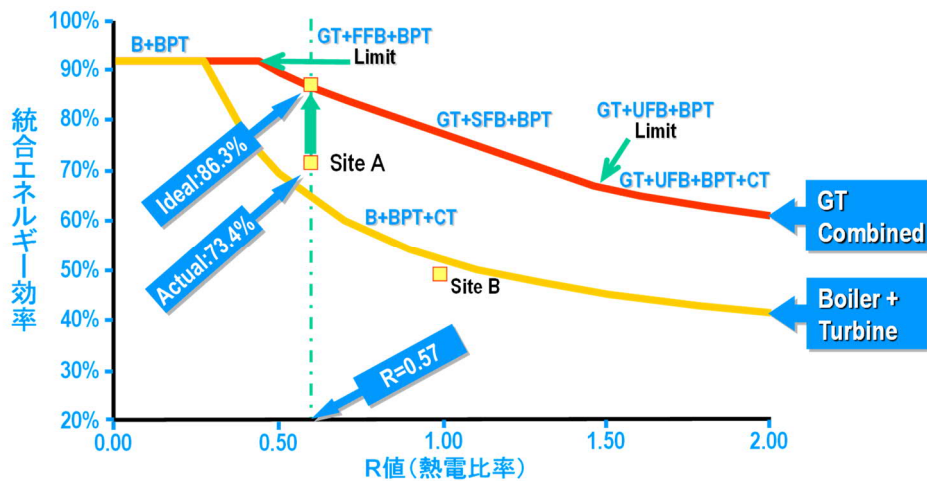
従来、工場の効率向上による省エネルギー推進のための検討では、有効な熱利用解析技術であるピンチテクノロジーの適用が行われてきた。ピンチテクノロジーは、工場のデータから線図を描いて、詳細なシミュレーションを実施することなく、現状の位置づけと改善による省エネルギー量の把握を可能とするものである。本調査事業では、ピンチテクノロジーの中でエネルギーシステムの評価に大変有用である R カーブ解析技術を適用し、工場のエネルギーシステムフローを対象に、まず現状の位置づけを把握し、効率向上の方向性とそれを実現するために導入すべき高効率設備の規模感を把握した。

(1)R カーブ解析とは

R カーブ解析は、図 4.2-4 のようなエネルギーシステムフローを対象に、図 4.2-5 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。

図 4.2-5 の読み方を説明する前に、縦・横軸の統合エネルギー効率と R 値の定義を図 4.2-6 にて説明する。ある工場は熱需要 Q_{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_{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 $Q_{fuel,1}$ である。当該買電分を発電所が供給するのに必要な燃料量は $Q_{fuel,2}$ である。

図 4.2-5 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 $W+Q_{heat}$ 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_{fuel} ($=Q_{fuel,1}+Q_{fuel,2}$) 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_{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、図 4.2-6 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 $Q_{loss,1}$ や復水発電ロス $Q_{loss,2}$) が存在するからである。



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

図 4.2-5 R カーブ解析

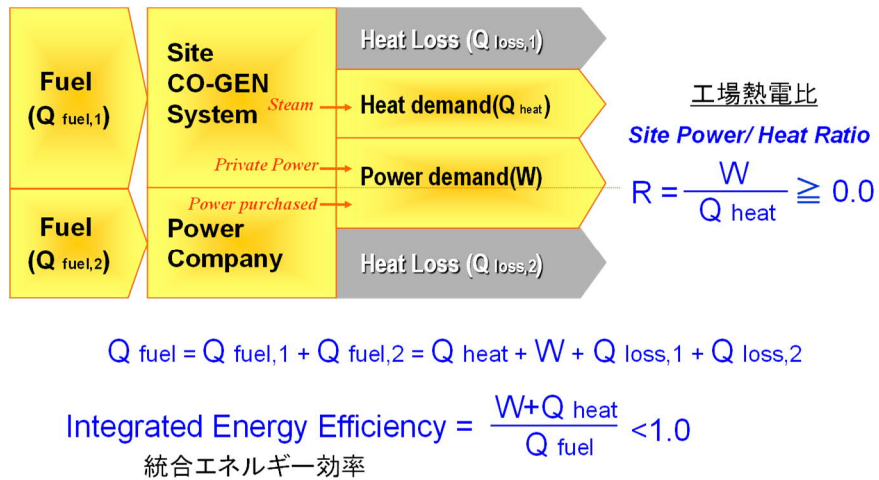


図 4.2-6 統合エネルギー効率と R 値の定義

図 4.2-5 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、ボイラー効率 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、ボイラーで発生した熱 (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、排ガス熱をボイラー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ー運転を行うので、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ー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ーの部分負荷運転も停止し、排熱回収ボイラー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、排熱ボイラー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、図 4.2-5 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 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判る。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。従って、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判る。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。

(2) R カーブ解析技術を適用し検討した結果 ～効率改善の方向性把握

表 4.2-3 に、データ収集し設定した近似データを作成し、それに基づき設定した工場のエネルギーシステムフローを対象に検討した結果を示す。本調査では、複数の工場のエネルギーシステムフローを検討した。

表 1 に示す通り、評価項目は、現状では、エネルギー消費量、R カーブ解析の統合エネルギー効率と R 値、年間 CO₂ 排出量である。R カーブ解析の結果による評価項目は、ガスタービンコンバインドシステムの理想的な限界線のポイントから算定した導入すべき理想的なガスタービンコンバインドシステムのサイズ、改善した場合の統合エネルギー効率、効率向上による改善効果として省エネ量（年間原油換算）、改善策導入後の年間 CO₂ 排出量を評価した。

この結果、従来の化石燃料を使用するボイラーを中心とするエネルギーシステムに対

して、天然ガス燃ガスタービンコンバインドシステムの導入移行により、いずれも大きな効率向上の余地と CO₂ 排出削減の余地があることが判った。

表 4.2-3 Rカーブ解析結果

		工場	工場	工場	工場
現 状	エネルギー消費量、 年間原油換算、kl	*****			
	統合エネルギー効率、%	**			
	R値	**			
	年間CO ₂ 排出量、トン	*****			
改 善 策	導入すべき理想的なGTシス テムのサイズ、MW	**			
	改善統合エネ効率、%	**			
	改善効果、省エネ量、 年間原油換算、kl	*****			
	年間CO ₂ 排出量、トン	*****			

②焼却施設からの蒸気配給による燃料削減効果と CO₂ 排出削減効果

化石燃料を用いるボイラーを中心として構成される従来のエネルギーシステムに対して、焼却施設から蒸気を配給した場合の受け入れ工場側の燃料削減効果と CO₂ 排出削減効果を表 4.3-4 に示す。

この結果から工場側では次のようなことが判った。

- 1) 蒸気の受け入れは燃料削減（省エネ）効果や、CO₂ 排出削減効果がある
- 2) 受入量対省エネ効果は比例関係にある
- 3) 高圧蒸気の入受はそのまま中圧に減圧されるため、中圧蒸気の入受とほぼ同等の効果になる
- 4) 低圧蒸気の入受効果は中圧蒸気に比べて約 2-3 割低下する
- 5) 中圧蒸気 1t/h を受け入れた場合の CO₂ 排出削減効果は、LNG 焼き GT システム 0.5MW 導入効果に相当する

表 4.2-4 焼却施設からの蒸気配給による燃料削減効果と CO₂ 排出削減効果

	工場の従来の蒸気発生量に対する受入蒸気量の比率	2%	4%	10%	20%	50%
	受入蒸気1トン/h当たりの工場の燃料削減効果、MW (注1)	高圧、2.3-4.5MPaG	0.50	0.50	0.54	0.59
中圧、1.2MPaG		0.49	0.48	0.54	0.59	0.59
低圧、0.3-0.35MPaG		0.35	0.35	0.42	0.48	0.48
受入蒸気1トン/h当たりの工場のCO ₂ 排出削減、トンCO ₂ /h (注2)	高圧、2.3-4.5MPaG	0.13	0.13	0.15	0.18	0.18
	中圧、1.2MPaG	0.13	0.13	0.15	0.18	0.18
	低圧、0.3-0.35MPaG	0.09	0.09	0.12	0.16	0.16

(注1)

- ・燃料削減効果は、ボイラー燃料削減分+自家発電量削減分をまかなう電力会社からの買電量増加分
- ・買電の発電効率は、39.6%

(注2) CO₂排出係数は次を採用

- ・0.470t-CO₂/MWh 【環境省指定】
- ・1.753kgCO₂/t-廃タイヤ
【環境省 https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg-mrv/committee/h18/material/mat_18-1_3_7-5.pdf】
- ・焼却施設からの供給蒸気には、CO₂は含まず

③蒸気配給設備導入による課題抽出

焼却施設からの蒸気配給効果の最も大きい工場のエネルギーシステムについて、必要な設備導入の構想案を策定し、その実現に向けた課題を抽出した。

(1)蒸気配管敷設ルート案

焼却施設から蒸気配給効果の最も大きい工場までの蒸気配給敷設ルートを考案した。

図 4.2-7 に、蒸気配給敷設ルート図の案を示す。

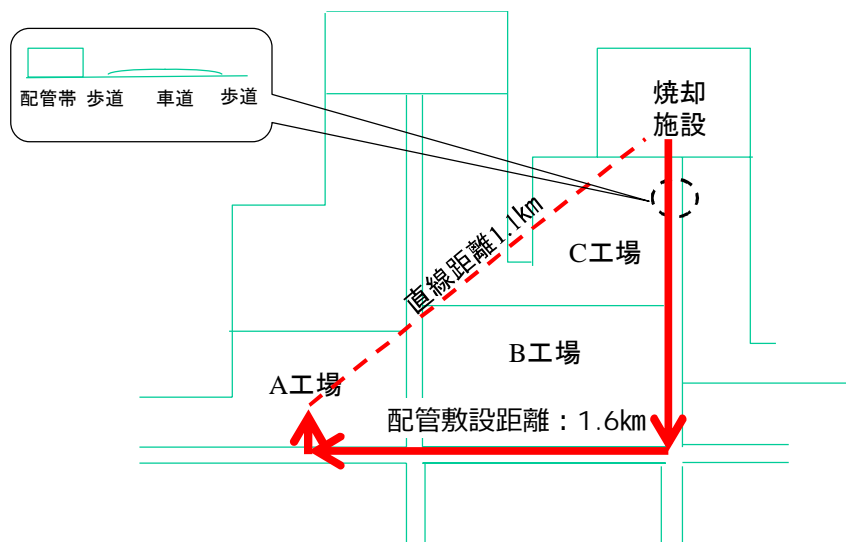


図 4.2-7 蒸気配給敷設ルート図の案

(2) 蒸気配給条件と敷設設備案

蒸気配給条件と敷設設備案は次を想定した。

- ①蒸気供給条件：中圧蒸気 1.2MPaG、220℃、最大 50t/h
- ②配管サイズ：内径 250mm
- ③焼却施設から工場までの距離：直線距離 1.1 km、配管敷設距離 1.6 km

(3) 実現に向けた課題

蒸気配給設備導入実現に向けて、次の通り課題を抽出した。焼却施設、蒸気受け入れ工場だけでなく、新設に敷設する配管ルートに接する工場との協議や道路管轄の官庁との協議が必要である。

- ①蒸気需給の変動幅をプラスマイナス**%以内のように設定する
- ②流量計や圧力計は工場側境界に設置することでよいか
- ③バックアップボイラーはA工場が用意するのか
- ④蒸気輸送中のロスは焼却施設側が負担することでよいか
- ⑤緊急遮断弁は、焼却施設側が持つことでよいか
- ⑥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が必要
- ⑦公道を横切る際には埋設もしくは架台設置する為、公道管理者との協議が必要
- ⑧他工場の取り付け道路部を横切る際には、了承取付が必要

(5) 次年度予算での実施する項目

次項を想定する。

- ①データ収集
- ②確認と課題の整理
- ③個別工場への蒸気配給設備導入における課題確認、対策方法の立案

4.2.3 スケジュール

令和3年度の実績及び令和4年度の産業への蒸気安定供給システムの基本設計の実施スケジュールを表4.2-XXに示す。

表 4.2-2 NIES1 パートの令和3年度の実績及び令和4年度のスケジュール（赤線：実績、黒線：予定）

調査内容		令和3年度						令和4年度														
		9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
蒸気供給システムの概念設計	(1) 蒸気の安定供給を支えるシステム構成		→																			
	①廃棄物焼却施設から製造工場への蒸気供給に関する課題																					
	②温度圧力条件のマッチング																					
	③需給の時間的マッチング																					
	④コンビナートの熱需要の将来見通しに関する考察																					
	(2) 蒸気供給による発電量減少とのトレードオフの検討		→																			
(3) 費用対効果の評価					→																	
ポテンシャルの拡大推計と課題の整理	(1) ポテンシャルの拡大推計と課題の整理																					
	①データ収集		→																			
	②確認と課題の整理			→																		
	(2) 焼却施設からの蒸気共同利用の検討																					
	①個別工場への蒸気配給設備導入における課題確認、対策方法の立案																					

4.3 地域の熱供給需給管理システム実証

本実証では、東海クリーンの焼却施設から周辺に位置する需要家候補の3事業者（以下、需要家という。）への熱供給体制を構築することを目的とした。実証エリア周辺企業の立地状況と想定する協力体制を図4.3-1に示す。

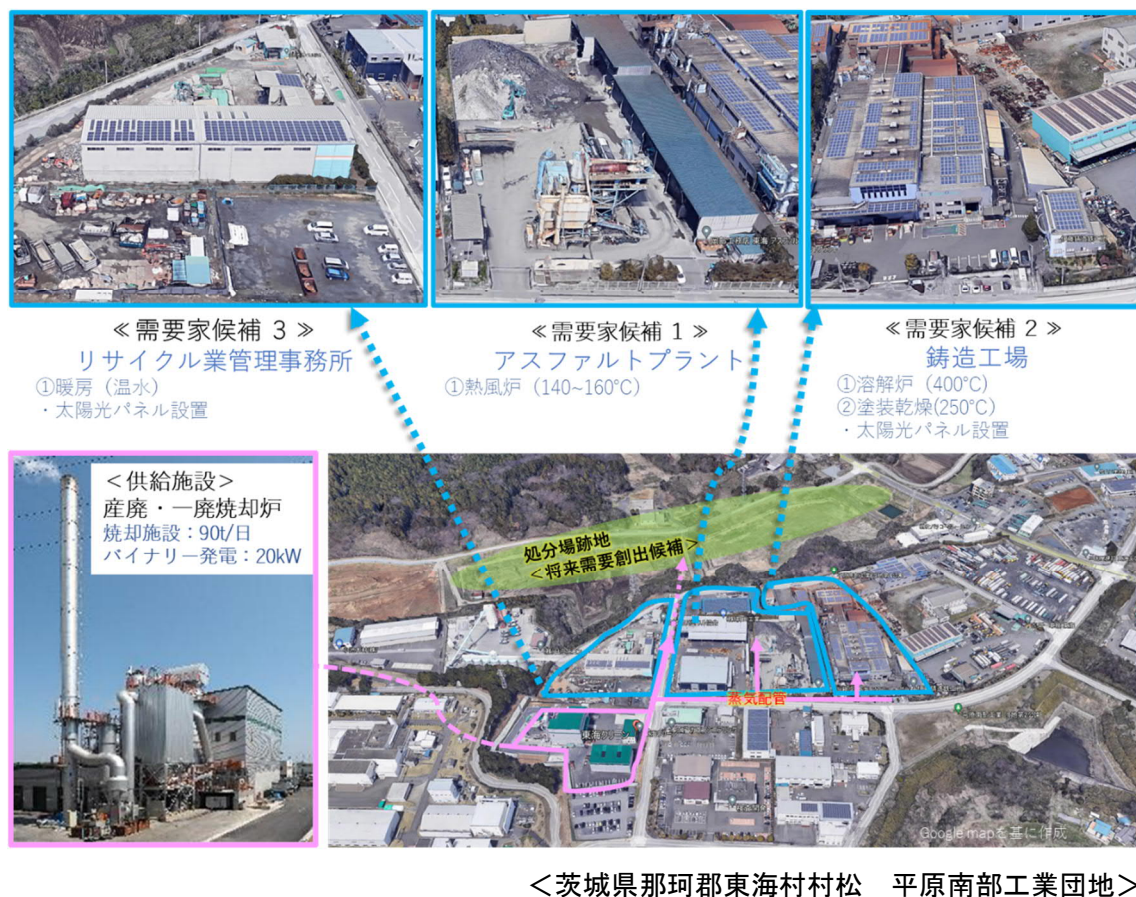


図 4.3-1 実証エリア周辺企業の立地状況と想定する協力体制
 ※記載の需要温度帯は当初想定。

本節では、関係者間調整、供給設備配管の設計、熱電需給管理システムの設計、CO₂ 排出量算定及び実施計画策定の5項目を検討した。

熱電需給管理システムの設計にあたっては、熱需要家は太陽光発電を導入していることから、熱電需給管理システム（熱・電エネルギーマネジメントシステム：以下、熱電 EMS という。）として構築する。施工進捗に合わせて、EMS の作成やチューニングを進めていく。システム構築手順を図4.3-2に示す。

なお、本検討を通じて得られた需要家の企業情報のうち、経営的情報にあたりと判断される内容は巻末資料へ収載し、協力需要家へ配慮して非公開資料として収載した。

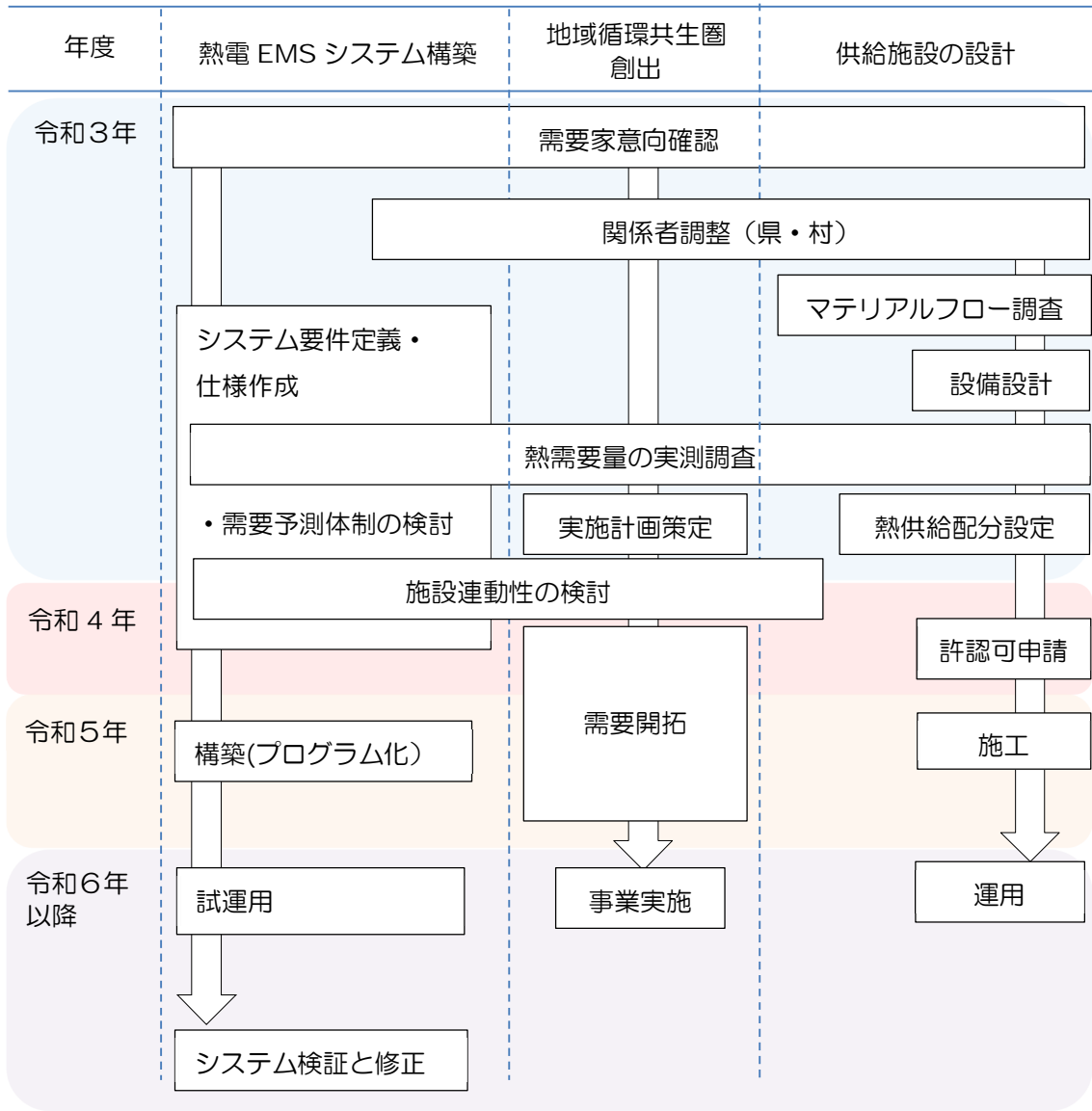


図 4.3-2 地域の熱需給管理システムの実証フロー

4.3.1 (株)東海クリーンとの隣接工業団地での実現可能性調査

熱供給事業の構築にあたり、需要家である3事業者には実証開始前に実証への取り組みについて内諾をうけていたものの、詳しい調整は実証開始後からとしており、実証契約後に改めて周辺需要家側への蒸気利用の意向確認を行った。

また、焼却施設からの熱供給事業の構築について、焼却施設における配管への熱交換器等の取り付けにあたっては、所管官庁への設計変更の届けや、配管敷設工事の許認可申請を行う必要がある。そこで各所管である茨城県庁、東海村へ事業説明を行い、確認のタイミングや必要な資料を得るなど、今後の進め方を相談した。

(1) 周辺需要家への意向調査

対象とする需要家への意向調査を実施した。詳細のヒアリング記録は巻末資料 2.3-1 に記載した。各需要家への関心及び施設開示状況を表 4.3-1 に示す。各需要家は、表中に示す3事業者である。それぞれ、CO₂削減を進めたい意向を確認できた。前提条件として、導入に初期投資回収にメリットがあり、長期的な安定供給が求められた。

表 4.3-1 各需要家への関心及び施設開示状況

需要家候補	暖房需要	生産ライン動力需要	関心確認結果と開示状況
A. 鋳造工場	有り	有り ・塗型ラインの砂型塗装乾燥工程へのLPGからの代替の可能性はある ・溶解炉への適用は見送る	<ul style="list-style-type: none"> ・導入に初期投資回収のコストメリットがあること ・生産設備であるため長期的に安定した供給ができること ・全施設で設備の視察を行うことができた。
B. アスファルトプラント	有り	有り ・アスファルトプラントのドライヤー燃料の代替の可能性はある	
C. リサイクル業管理事務所	有り	× ・プラントを持たないため、ニーズなし	

(2) 地元行政への許認可事項の確認

①東海村への公道利用に関する許認可の確認

事業実施に関する所管が多岐に渡る。公道利用の規制・手続きは、都市整備課が関連するが、まずは、環境政策課へ設計内容や安全対策の計画を示し、内容によって関連部署へ繋いでもらった。説明会の議事録を巻末資料 2.3-2 に記載した。

②茨城県庁への施設変更に係る許認可の確認

茨城県庁生活環境部廃棄物規制課へ、本件施設変更にかかる手続きのヒアリングを行った。施設許可について変更許可対象となった場合は許認可手続きに1～2年必要であり、軽微変更届の場合は完成後の届出で良い。その判断は、施設変更箇所の設計図などを確認し決定される。茨城県で規定されている、環境アセスメントや住民説明等を含む、許

認可手続きに係るプロセスを図 4.3-3 に示す。

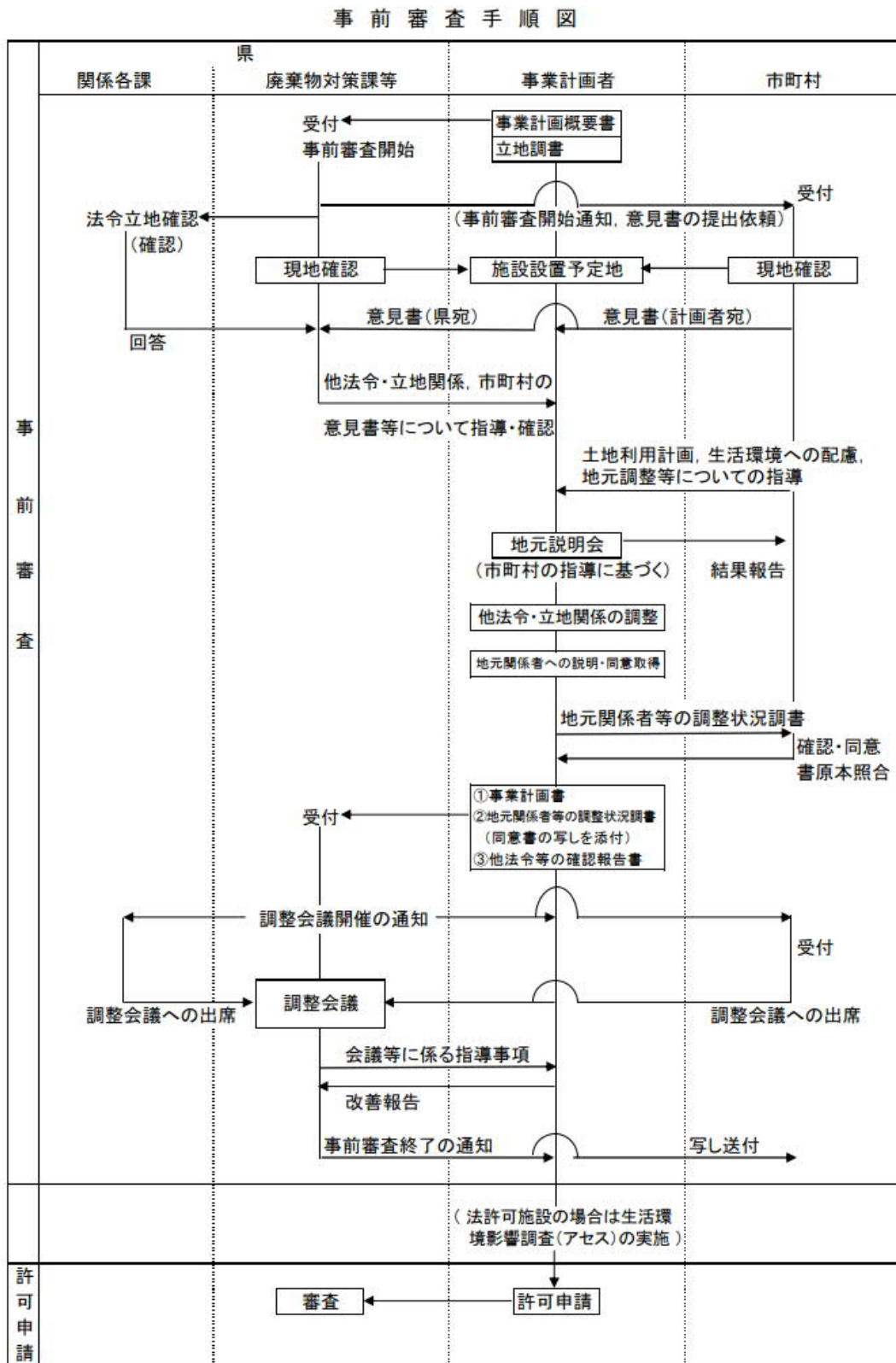


図 4.3-3 産業廃棄物焼却施設の施設変更のための事前審査プロセス (茨城県庁)

（3）東海村への実証事業の紹介・連携相談

東海村への実証事業の紹介及び連携相談を行うため、東海村環境政策課を窓口として、東海村役場にて関係所管の集まる説明会を開いてもらい、本実証事業の概要を周知すると共に、補助事業の活用について提案した。

東海村村民生活部の環境政策課、産業政策課、農業政策課、都市整備課、下水道課、水道課に参加してもらった。株式会社東海クリーンから3名、株式会社エックス都市研究所から2名が参加した。次第及び議事メモを巻末資料2.3-2に収載した。要旨を以下に示す。

①実証事業を通じた公道利用などの規制・手続きについて

配管に関して、占用の許可が必要であり、下水道管やガス管等との調整が必要となる。熱供給事業法に申請する場合、熱供給配管として認められ、縦断占用可能となるとのことであった。

現在は基本設計レベルであり、熱供給事業法について確認し、必要であれば申請することとした。設計内容、安全対策などの案が決まった段階で打ち合わせを行うこととなった。個別の担当課へ直接コンタクトするのではなく、東海クリーンから東海村の環境政策課を窓口として、進めることとなった。

②地域循環共生圏の創出に向けた取組について

環境省補助金である、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のうち、実現可能性調査に申請し、需要開拓と地域課題の解決を実現する事業を提案した。事業内容は、干し芋残渣を飼料化することで、産業廃棄物の委託処理量を削減し、農家の負担を削減するとともに、非化石燃料エネルギーによる飼料製造・販売事業と、未利用排熱の有効活用による経済効果の創出を行うものである。

東海村からは、農家としても干し芋残渣の処分に困っていること、村内には中小規模の農家が多いことと、残渣は通年で発生するわけではないことが伝えられた。その上で、処理委託の価格面が解決できれば農家も手を上げる可能性があるとの回答を得た。干し芋残渣であれば農業政策課が関係するが、ひとまず環境政策課を窓口として、協議を進めていく。

4.3.2 供給設備・配管・需要側構造の設計

(1) 供給施設のマテリアルフロー把握と需給配管の設計

需要に基づく熱供給の基本設計・マテバラを把握した。前述 4.3.1 での基本情報をもとに、熱供給設備メーカーへのヒアリングを行い、既存焼却施設における供給可能エネルギーのポテンシャルを把握した。次頁の図 4.3-5 に物質収支を、図 4.3-6 に施設フローと変更箇所的设计を示す。現場確認の結果、熱交換器への負荷（高温域・ばいじんスケール付着）を低減させるために、予冷器・サイクロン（粉塵回収）を設置した上で、熱交換器を設置することとした。これにより、熱供給量として 250℃で 12,735Nm³/h が得られるようにした。現時点では熱供給量が需要量を大きく上回っている状況であることから、余剰分を供給可能な温水利用として設定した。また、安定供給装置として、需要家が保有する既存設備を補完的役割として残すことを前提として、バックアップボイラーやアキュムレータを不要とした。

(2) 熱供給パターンの整理

熱利用フローシートを図 4.3-4 に示す。得られた熱 250℃で 12,735Nm³/h を、A 铸造工場へ 220℃で 6,203Nm³/h、B アスファルトプラントの乾燥工程へ 150℃で 13,432Nm³/h、送気するものと設定した。また、暖房利用用に A～C 各社に適宜利用できるものとして設定した。供給能力に対し、A、B 施設両方同時に稼働するタイミングや使用時期はそれぞれである。A、B、C に定常的に供給する冷暖房も含め、の送気がすべて重複した場合でも、供給量を超過しない。また、稼働時間が重なっても、稼働時間 24 時間に対して営業所が稼働する 8 時間を上回ることはない。

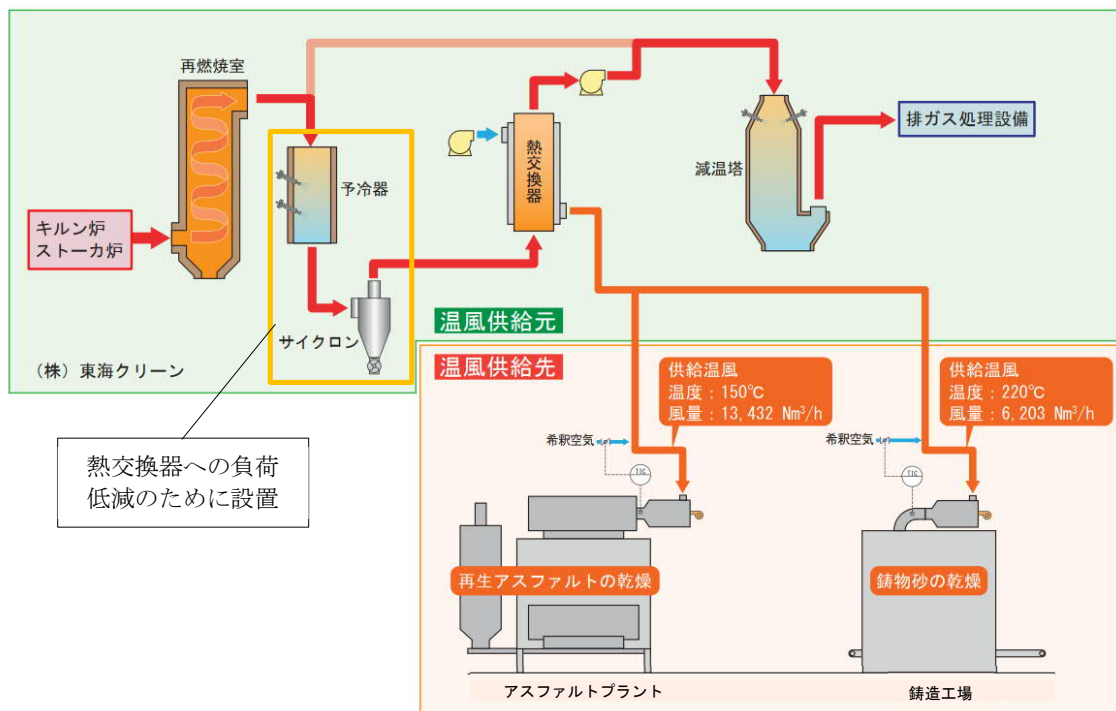
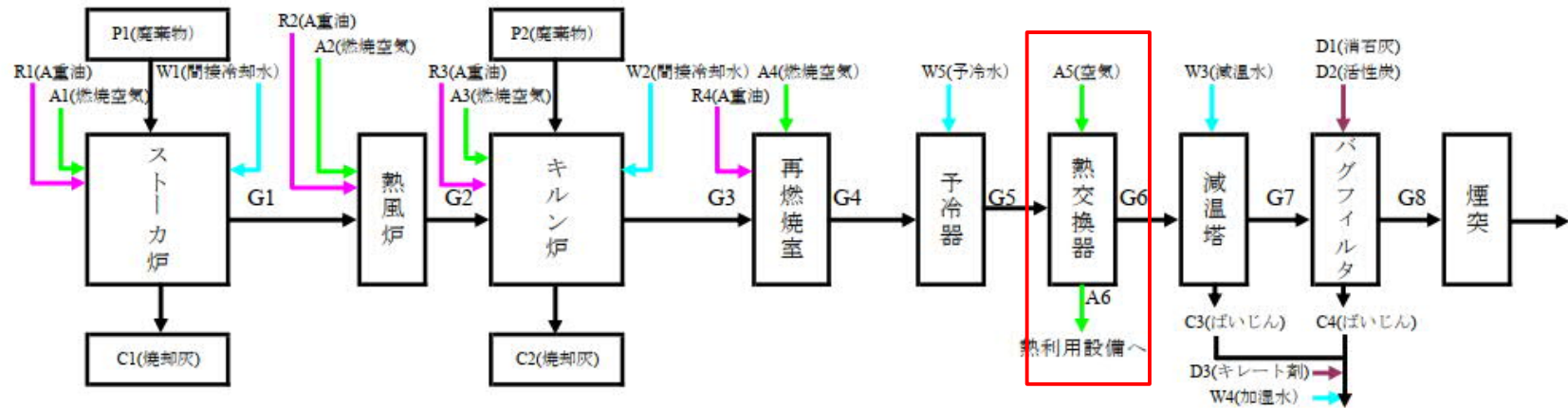


図 4.3-4 熱利用フローシート

(需要側プラント構造の設計・熱供給パターンの整理)

物質収支表



< 焼却処理 >

	kg/h
P1:廃棄物	2,084
P2:廃棄物	1,662
C1:焼却灰	495
C2:焼却灰	559

< 燃料 >

	kg/h
R1:焼却炉 (A重油)	0
R2:熱風炉 (A重油)	0
R3:キルン炉 (A重油)	0
R4:再燃 (A重油)	0

< 薬剤 >

	kg/h
D1:消石灰	33.6
D2:活性炭	4.1
D3:キレート剤	12.2

< 給水 >

	kg/h
W1:投入機間接冷却	600
W2:投入機間接冷却	900
W3:減温水	4,166
W4:加湿水	92
W5:予冷水	2,889

< 飛灰 >

	kg/h
C3:減温灰	41.3
C4:バグ灰	201.9

< 空気 >

	Nm ³ /h	°C
A1:燃焼空気	12,629	20
A2:燃焼空気	0	20
A3:燃焼空気	8,302	20
A4:燃焼空気	0	20
A5:空気	12,735	20
A6:空気 (温風)	12,735	250

12,735N m³/h 250°C

< 排ガス系 >

項目	単位	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G8 O ₂ 12%換算値
DRYガス量	Nm ³ /h	12,525	12,525	20,631	20,631	20,631	20,631	20,631	20,631	
WETガス量	Nm ³ /h	13,879	13,879	22,881	22,881	26,476	26,476	31,661	31,661	
温度	°C	914	864	900	850	600	474	180	180	
O ₂ 濃度	%	10.0	10.0	9.5	9.5	→	→	→	9.5	12.0
ばいじん	g/Nm ³	2.00	2.00	10.00	10.00	→	→	8.00	0.04	0.04
塩化水素	mg/Nm ³	583	583	804	804	→	→	→	161	127
硫酸化合物	ppm	82	82	64	64	→	→	→	64	R値 0.49
窒素化合物	ppm	132	132	140	140	→	→	→	140	109
CO濃度	ppm	-	-	-	-	-	-	-	-	100
ダイオキシン類	ng-TEQ/Nm ³	-	-	-	-	-	-	-	-	0.10

混焼計算20211214.xlsx

図 4.3-5 物質収支 (供給側配管設計)

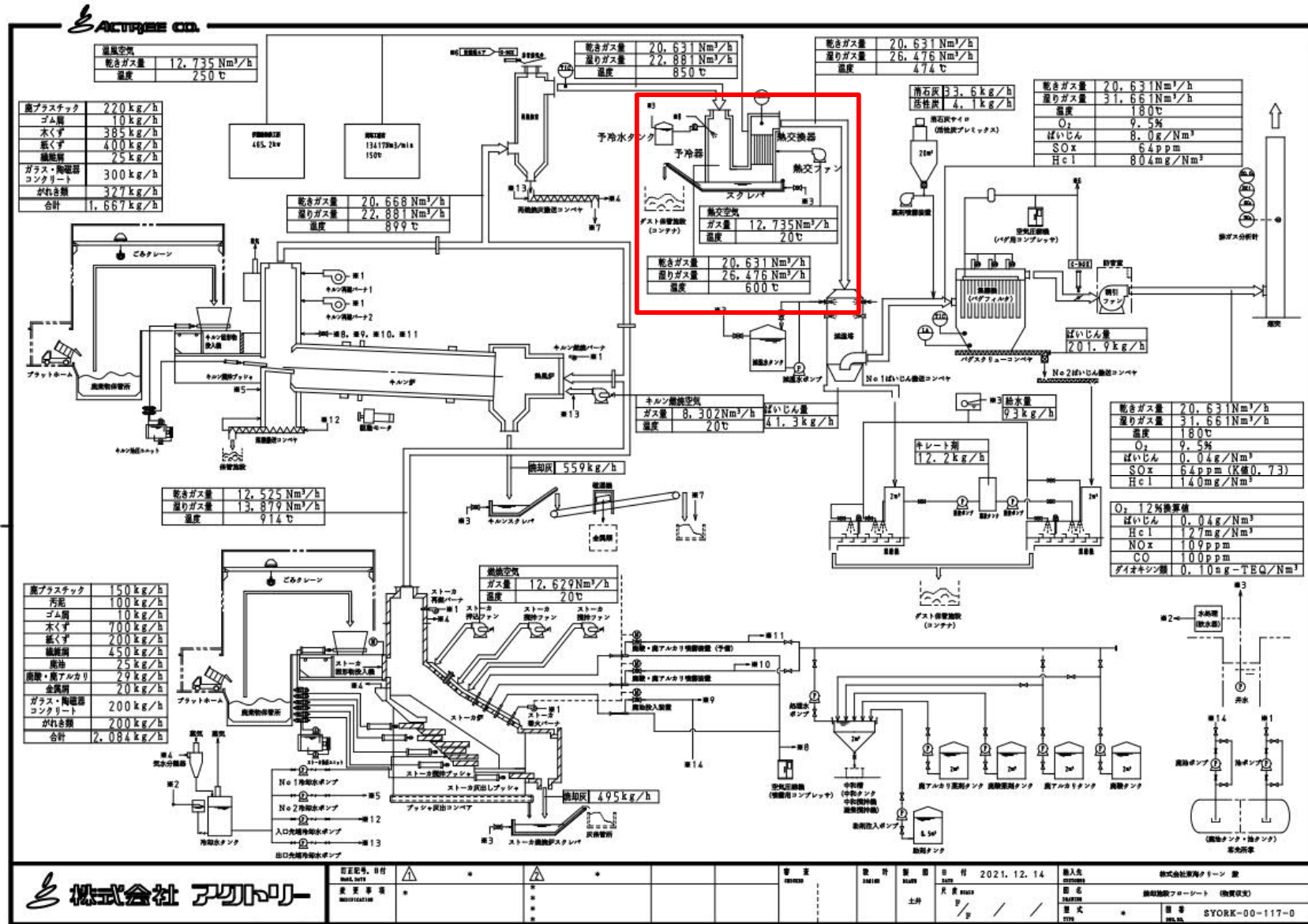


図 4.3-6 施設フローと変更箇所的设计 (供給側に追加する設備の施設设计)

4.3.3 熱電 EMS 設計

熱 EMS の要件定義を行うため、情報実際に熱需要を把握する計器設置による実測を通して現在の熱需要を分析した。熱需要は、需要家からのデータ提供と、需要家への計器設置による実測データ取得を行った。

検討にあたっては、熱に関する EMS の記載では熱 MES、電力に関する EMS の記載は電力 EMS、電力と熱の両方に関する EMS は熱電 EMS と表記を区別した。本実証で検討を担当するアイフォーコム・スマートエコロジー社は、電力需要予測及び太陽光発電予測技術を保有しており、定規模電力事業者向けや電力購入契約に応じたシステム開発の実績がある。熱電 EMS の開発にあたっては、保有する予測サービスツールをベースに、熱利用の概念を追加して熱電 EMS として再構成する。

<熱電 EMS の仕様設計に関する IT 用語>

UI / GUI :

ユーザーインターフェース/グラフィカルユーザーインターフェース (User Interface / Graphical User Interface) の略で、2つ以上の異なる機器やシステム、ソフトウェア間で情報のやり取りがなされる際、その間をつなぐ規格や機能を指しており、一般的には PC 等の機器上での確認・操作画面として、利用者の閲覧画面である。GUI とはグラフィカルユーザーインターフェースのことで、操作アイコン、タッチスクリーンによる指示出しの操作体系の分類の一つ。

API :

アプリケーションプログラミングインターフェース (Application Programming Interface) の略で、異なるシステム同士の連携を実現させるためにルール化された接続様式のこと。

(1) エネルギーに関わる情報項目の選定

EMS の効果を十分に発揮するためには、前段階の熱需要の予定情報を把握しておく必要がある。施設内で活動する人々の行動や、多数の負荷設備の稼働や気象といった施設外の影響も空調負荷という形で需要に影響を与える。供給施設から複数需要家への配給予測には、複数の要因を考慮する必要がある。これらを調整するのが EMS であるが、近年では従来の統計的手法に加えて IoT によるデータ取得や AI によるディープラーニングの活用など、技術の高度化による精度向上が図られている。本事業においては、熱 EMS の監視項目として取り入れる「エネルギーに関わる情報項目」を選定した。

1) 情報項目設定の観点整理

エネルギー需要を左右する情報の一例と熱電 EMS に採用する選定項目を図 4.3-7 に示す。システムにてエネルギー需給の最適計画を算出するためには、その前提となる需要予測データが必須となる。予測を高精度に行うにはエネルギー需要データのみでは不十分であり、エネルギーに影響を与えるデータの取得が必要となる。エネルギーに影響を与えるデータとして主な情報項目として、①外部機構の気象データ、②現場実測データ（エネルギー需要量と環境測定値）、③需要家の稼働予定データの3種類を想定した。

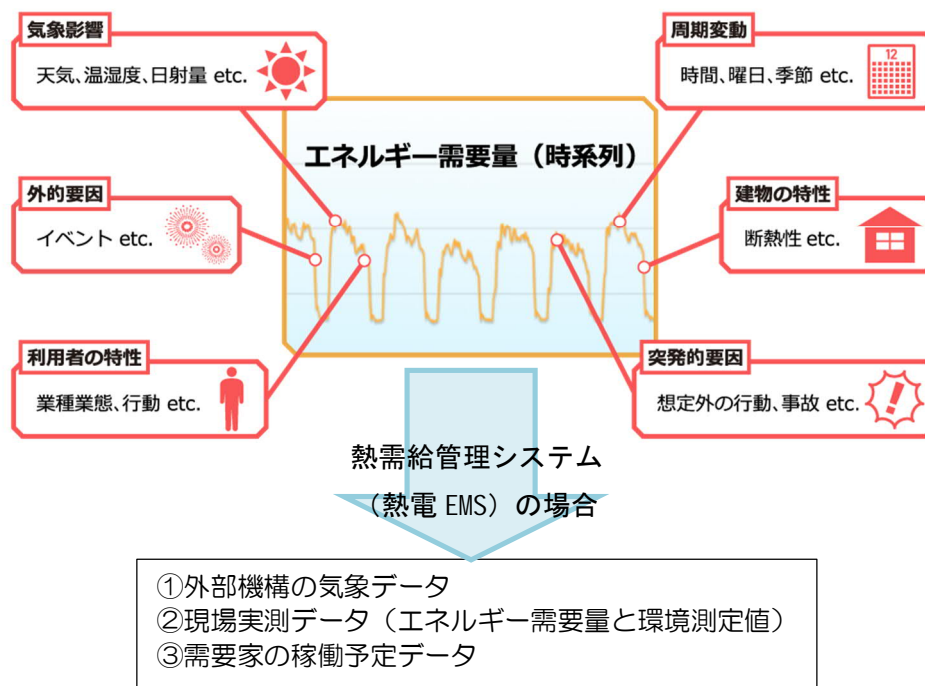


図 4.3-7 エネルギー需要を左右する情報の一例と熱電 EMS に採用する選定項目

①外部機構の気象データ

気象庁・気象協会などの公表データを指す。空調負荷への影響を把握するために、気象データの取り込みを行う。発信者、取得する位置、頻度の、気象データ条件を表 4.3-2 に示す。頻度設定は、暫定的に設定しており、実証を通じて最適化する。

表 4.3-2 気象データ条件

対象データ	発信者	取得位置	取得頻度
気象観測データ (実績)	気象庁	対象需要家の住所に最も近い計測ポイント	3時間に1度
気象予報データ (予測)	気象協会等	対象需要家の緯度経度より対象エリアを決定 (1kmメッシュ)	3時間に1度

②現場実測データ（エネルギー需要量と環境測定値）

現場取得データに関する項目を表 4.3-3 に示す。これらについては、本実証において、実際に計測装置を取り付けてデータ取りを行い、需要量を実際のデータで確認するとともに、データ分析結果をシステム設計の検討に活用する。

表 4.3-3 現場取得データに関する項目

制御項目	発信者
空調	温湿度、照度、CO ₂ 濃度
機器運転	設備稼働時間、蒸気、電力消費量、稼働時間

③需要家の稼働予定情報

稼働予定情報は、需要予測の粒度を決めるうえで重要であり、予測検討のベース情報となる。現場の暗黙知で運用されているような計画内容や、紙ベースでやりとりされているデータ化されていない情報はデータ化のし易さという観点から、既にデータ化されている情報はデータの連携や活用方法において汎用性の高さという観点から、想定されるものを選定した。稼働予定情報に関する項目を表 4.3-4 に示す。

企業の経済状況把握に繋がる情報は、個社で保有する基幹システム等に保持されることが一般的であるため、熱 EMS では、それらシステムとの連携を想定している。また、一般的にはエネルギー需要に対して各情報の影響度は、産業施設（工場）民生施設（事務所）で異なることが多く、業種業態においても変動するため利用の優先順位は需要家個別に選定する必要がある。

表 4.3-4 稼働情報に関する項目

情報	データ粒度	存在可能性	想定される入手元	業種・規模
営業日	日単位	高	カレンダー情報	全業種共通
生産計画	時間単位／日単位	高	生産管理システム 基幹システム	産業部門に限る
施設予約情報	時間単位／日単位	中	予約表・システム	特に民生部門において
設備の稼働計画	時間単位	中	設備監視システム	比較的大規模施設
空調設定温度	時間単位／日単位	低	設備監視システム	比較的大規模施設
出社率・出社人数	日単位	低	勤怠管理システム 勤務シフト表・システム	全業種共通

最終的な項目選定については、エネルギー需要と各情報の相関より予測への影響度と連携に必要なコストのバランスを考慮する必要がある、設計・実装においては、データ連携・活用の汎用性の視点でブレイクダウンする必要がある。

また、同じ対象情報であっても需要家によって情報の状態が異なる。データ化する場合には、需要家毎に事前に確認することが必要となる。表 4.3-5 に示す。

表 4.3-5 事前に確認が必要な情報の状態

視点	確認ポイント	確認方法
情報の多さ	利用可能な情報が多い中で、エネルギーに関わる比重が高いものは何であるか？	情報の相関分析や主成分分析など統計的手法を活用し分析する
情報の正確さ	どれほど管理されたデータか？	情報の更新頻度や既存の活用状況を確認する
連携の容易さ	そもそも外部連携が可能か？ 連携にはどのような方法があるか？	システム連携に必要なコストを算出する

(2) 関連情報のデータ化検討（熱需要の実測調査）

1) 熱需要実測調査

エネルギーに関わる情報のデータ化に向けて、実際に現場に計器を設置して時間単位でのデータ取得を目的として実測を試行した。実測の方法、及び実測の適用の面が検討事項となる。各需要家の必要調査項目と実施状況を表 4.3-6 に示す。

表 4.3-6 各需要家の必要調査項目と実施状況

事業者種類	環境	電力	LPG	A重油
A. 铸造工場	×	×	×	—
B. アスファルトプラント	×	○	—	○
C. 事務所	×	○	—	—

凡例 ○：計測機器を設置して実測した

×：令和3年度での実測を見送り令和4年度に実施する。

2) 実測方法の設定

当初計画では1ヶ月程度の実測データを用いて、気温・湿度・日射量など気象データとの相関分析や、生産計画などとの分析を実施する予定であった。しかし、電力については3月中旬、A重油については2月下旬での工事となり、LPGと電力は需要家との調整がつかず、実施を見送った。計測対象と計測内容の計画を表 4.3-7 に示す。

今回は試行的な計測となったが、翌年度に継続して詳細な分析を行って、AI 需要予測の精度向上の検討に活用する。

再生可能エネルギーの管理を目的とした EMS では、計測機器を設置してデータを取得し、ピークシフトやピークカットを行う仕組みが構築されている。この構築手法をベースに、工場の重油やLPGの流量計測手法を確立する。

次頁に、各エネルギー源別にデータ取得方法を設定した。

表 4.3-7 各現場情報項目の調査内容

種類	計測対象	計測器設置場所	実施時期
電力	生産設備・空調使用 電力需要	検針用メーター付近に サービスパルス計測機を設 置（キュービクル内）	3月16日の1日間
A重油	プラントバーナー での重油需要	A重油の配管へ流量計を設 置	2月14日～3月2日 の17日間
LPG	乾燥炉におけるガ ス需要	ガス配管へ流量計を設置	実測を実施せず (既存データ提供は有り)
環境	室内外の温湿度	事務所内、建物外壁面に設置	実測を実施せず

①電力

電力の計測方法は、検針用メーターより取得可能なサービスパルスを計測する。サービスパルスの取得には電力会社の許可が必要なため申請を行う。キュービクル内に計測装置を設置し電源からもデータを取得する。電力の計測構成イメージを図 4.3-8 に示す。



図 4.3-8 電力の計測構成イメージ

②A重油

計測場所の環境は、単式デジタル液面計 (DT-LD-4MDL)。屋外であり、防水考慮が必要。周辺からの電源取得が可能。現在は液面計測のため、別途対象配管への流量計設置を必要とする。A重油の計測構成イメージを図 4.3-9 に示す。

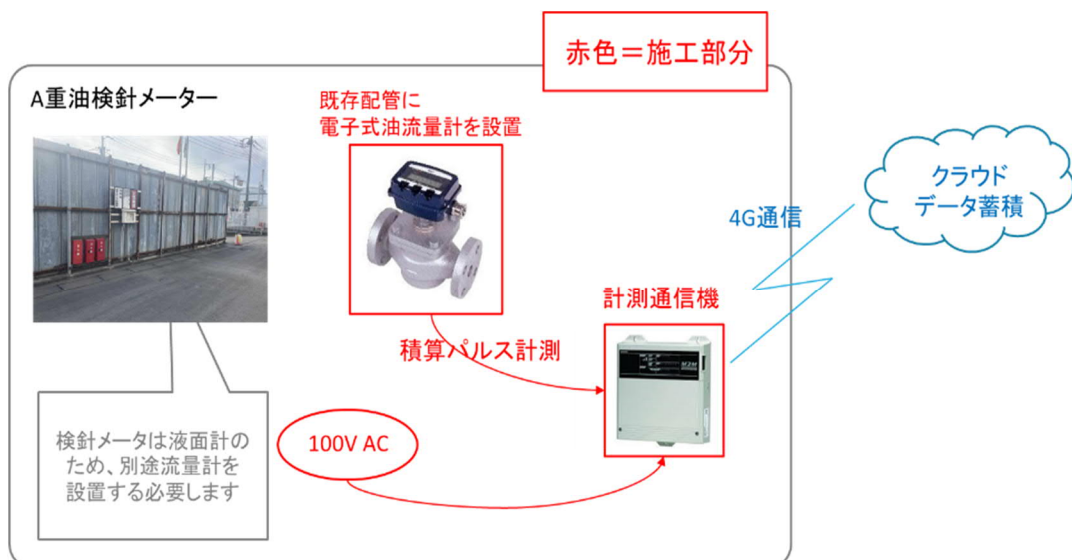


図 4.3-9 A重油の計測構成イメージ

③LPG

計測場所では、計器を稼働させるための電源（100V 想定）の取得が可能であった。検針メーターは NN16（愛知時計製）であり、防滴不要であった。計測方法は、時間単位計測とした。リアルタイム計測をするには、下記A)、B) どちらでの対応が必要となるため、設置時に需要家側と決定する。LPG の計測構成イメージを図 4.3-10 に示す。

- A) 配管にパルス出力機能をもつ流量計を挿入
- B) 検針メーター自体をパルス出力タイプへ交換

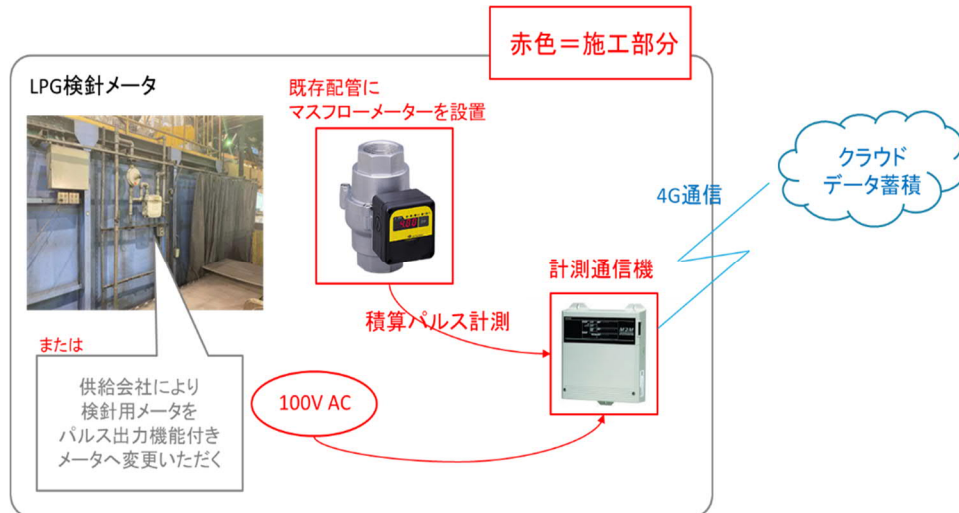


図 4.3-10 LPG の計測構成イメージ

④環境

環境計測として、温湿度センサーの設置を行う。屋外建物外壁と生産ラインに設置することを想定している。アスファルトプラントは、アスファルトプラントバーナー付近とし、事務所内にも設置する。エネルギー積算量パルス受信データ転送装置工事を、令和4年1月下旬に実施する。環境の計測構成イメージを図 4.3-11 に示す。

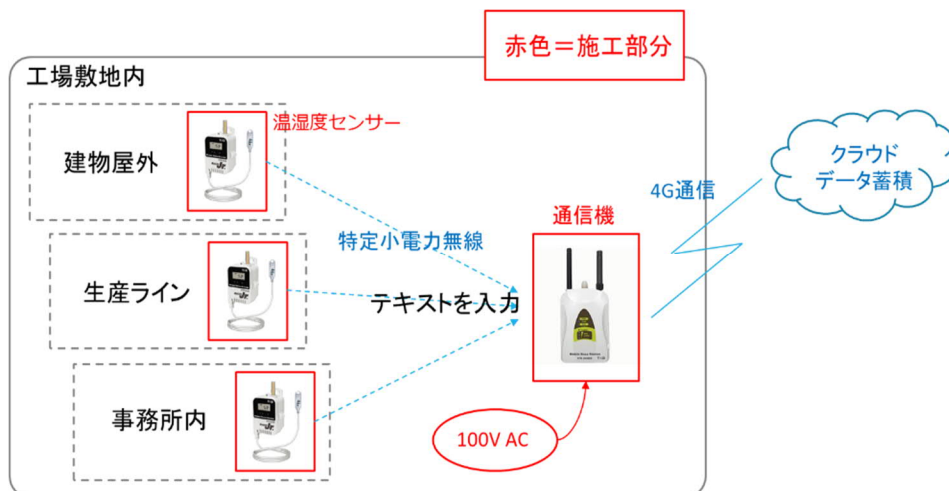


図 4.3-11 環境の計測構成イメージ

3) 実測結果

電力とA重油について需要家の使用量を実測し、データを得ることが出来た。実測や可視化を通じて、今後の需要予測を見据え、各データの可視化様式を設定し、結果から簡易的な需要分析を行った。

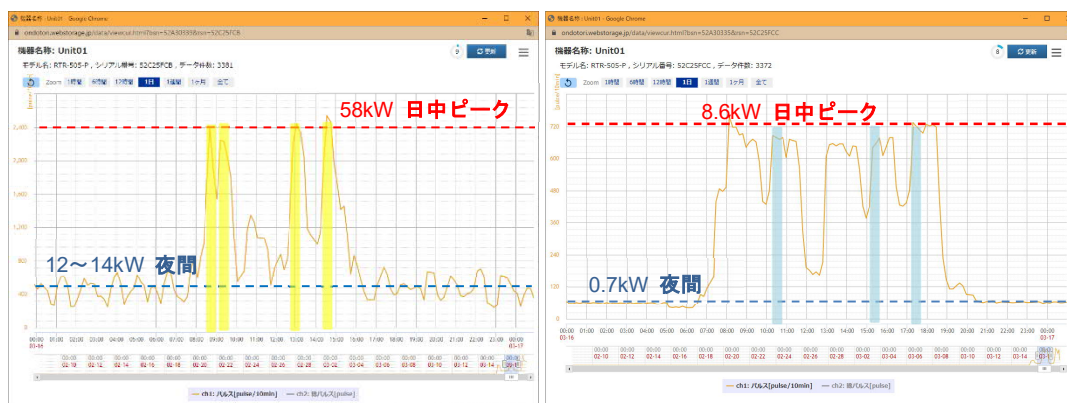
環境及びLPGは、令和3年度中でのデータ計測に至らなかったため、グラフ仕様の検討とデータ分析は令和4年度に実施する。

①電力

電力計測対象は需要家3者であるが、計測許可の下りた需要家2者に対し計測を行った。令和4年3月16日の受電量グラフ及び電力消費傾向分析結果を図4.3-12に示す。グラフ仕様は、パルス計測の折れ線グラフとし、詳細は以下に示す。暖房システムは熱供給への代替対象であるが、電力を動力とする施設については代替できない。

■ グラフ仕様

- ・ 検針用計量器より出力されるパルス計測を10分単位で折れ線グラフ化
- ・ 横軸を時間(0:00~24:00)、縦軸をパルス数とした。
- ・ パルス換算係数を乗じ、電力量を把握する。
(パルス換算係数 0.012 kWh/pulse ...CT比 50:5[A] VT比 6600:110[V]より算出)



B. アスファルトプラント	C. リサイクル管理事務所
<ul style="list-style-type: none"> ・ 日中は突発的に58kWに上昇 →ベルトコンベアの動力稼働 →調査日の最高気温が10℃であり、空調による暖房も含まれる。 ・ 夜間に12~14kW程度の待機電力あり 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 就業時間の7:30~18:30で上昇。その内12時から1時間は昼休みで低下。 ・ 10時、15時、17時にも低下 →空調設備の自動制御による室外機停止または照明の一時停止が要因。 ・ 夜間に0.7kW程度の待機電力あり

図 4.3-12 令和4年3月16日の受電量グラフ及び電力消費傾向分析結果

②A重油

需要家3者のうち、A重油を熱の代替対象とするのは、アスファルトプラントの1者であった。令和4年2月14日～3月2日までの17日間におけるアスファルトプラントのA重油消費グラフと傾向分析(30分単位)図4.3-13に示す。これらは、システム出力をキャプチャしたものである。熱量データをEMSで可視化するユニットを構築し、可視化パーツを搭載した。4.3.4(2)インターフェースの検討にて、アウトプットを示す。

■グラフ仕様

- ・バーナーの燃料A重油の流量計測データを30分単位の棒グラフでプロットした。
- ・横軸を時間(0:00~24:00)、縦軸をA重油流量(1ml)とした。



■傾向分析

- ・A重油需要の発生する時間帯は7:30~17:00の間である。
- ・曜日や時間ベースでの規則性は見られない。
- ・A重油は、出荷するアスファルト量に応じて増減する。
- ・現時点で機械学習への適用性は低いとみられるが、出荷計画とデータ連携すれば高精度の予測が可能となる。
- ・中長期の出荷計画に年間の規則性があれば、それらを学習出来る可能性がある。

図 4.3-13 令和4年2月14日～3月2日までの17日間におけるアスファルトプラントのA重油消費グラフと傾向分析(30分単位)

アスファルトプラントA重油消費を1日単位での使用量合計として図 4.3-14 で示す。一日の使用量合計は図 4.3-14 中の上図、及び各日の最大需要量を図 4.3-14 中の下図に示す。日ごとの需要量のバラつきが確認でき、曜日による規則性はないことが改めて確認できた。

次に、10分単位での需要量を確認した。アスファルトプラントのA重油消費グラフ(10分単位)の代表例を図 4.3-15 に示す。単位時間におけるバーナーのA重油の消費は、凡そ一定であり、平準的であることが分かった。そのため、該当需要家のA重油の需要予測については、バーナーが稼働してしまえばある程度定格であるため、本アスファルトプラントの稼働においては、出荷予定と稼働開始終了時刻をベースに需要予測可能と考えられる。このような、必要項目の設定は需要先ごとに設定することとなる。

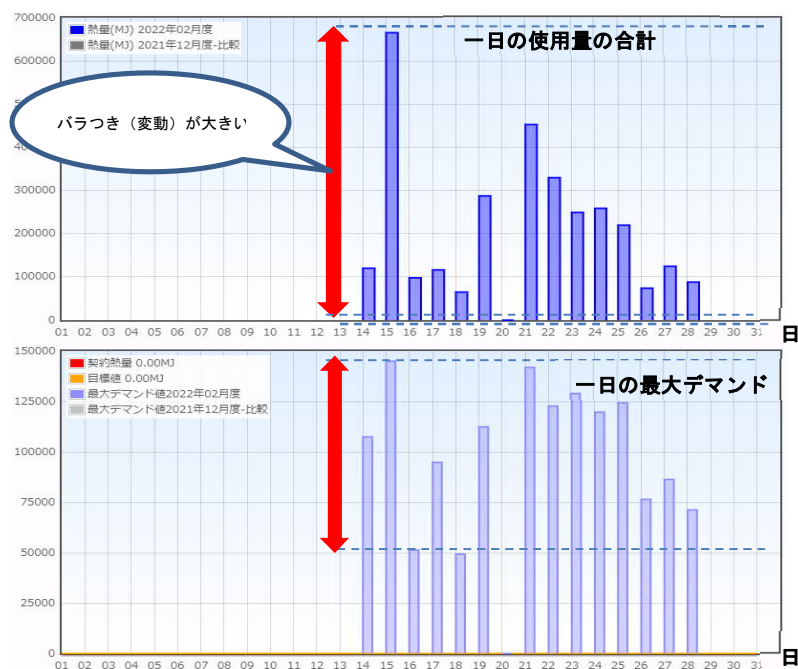


図 4.3-14 アスファルトプラントA重油消費グラフ(1日単位)

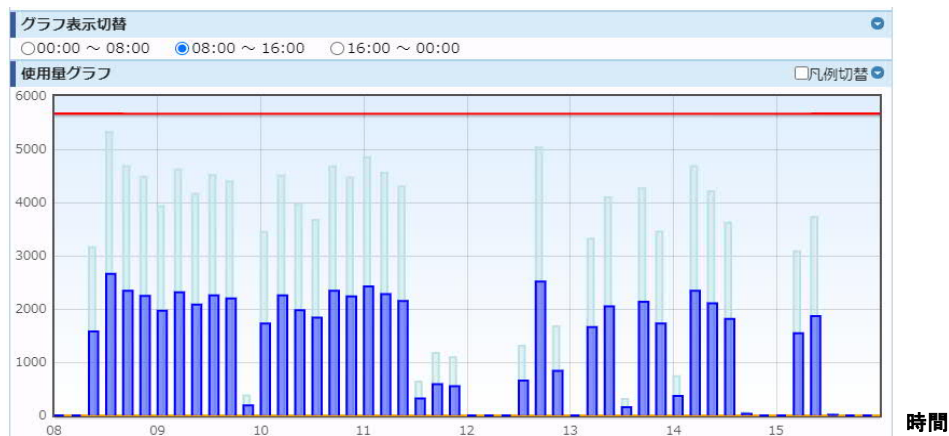


図 4.3-15 アスファルトプラントのA重油消費グラフ(10分単位)の代表例

4) 情報のデータ化における計測手法パターン化の検討

エネルギーの実測設備は EMS 構築の前提となる重要な機能を持つ。

電力計測については、既に検針用計量器を利用した計測が共通的な手法として確立しているが、LPG や A 重油の熱量計測は今回の需要家への計器設置を通じて確立することが必要であった。調査の結果、LPG や A 重油の熱量計測においては、EMS に利用可能なデータ取得のための共通的手法が採用されておらず、各需要家に対するエネルギー供給状況や既存の軽量方法によって計測手法に工夫が必要となることが分かった。そこで、計測手法選定パターン化フローの作成を行った。

信号線の仕様や、設備（計量器・信号分配機器）のメーカーや型式まで明確化することが望ましい。しかし、地域によって採用されている計量器仕様も異なることが想定される。EMS の汎用性を高めるためには、地域別パターンも構築する必要があると考える。そのため、エネルギー別の計測手法パターン案を設定し、LPG や A 重油計測設置の際の検討フロー標準案を作成した。それぞれ、図 4.3-16 及び表 4.3-8 に示す。当初計画では 1 ヶ月程度の実測データを用いて、気温・湿度・日射量など気象データとの相関分析や、生産計画などとの分析を実施する予定であった。しかし、計測期間が短期間となったため、電力においては 1 日分、A 重油においては 2 週間程度のデータ分析となった。令和 4 年度の検討では、データ取得期間を十分確保し、より詳細な分析を行い、結果を AI 需要予測の精度向上に活用したい。

ここで、エネルギー予測を目的とした需要データ分析例を図 4.3-17 に示す。下記に示す①～③の事前分析を行うことで、効果的な AI・機械学習モデルの開発やチューニングを行うことが可能となる。

- ①トレンド分析： 全体的な需要トレンドの分析を行い、平日・休日の差、曜日における類似性などを分析する。
- ②相関分析： エネルギー需要量と気象データなどの他データとの相関分析を実施する。
- ③周期性分析： データ全期間における周波数成分の分析や他データとの周期性との比較などを行う。

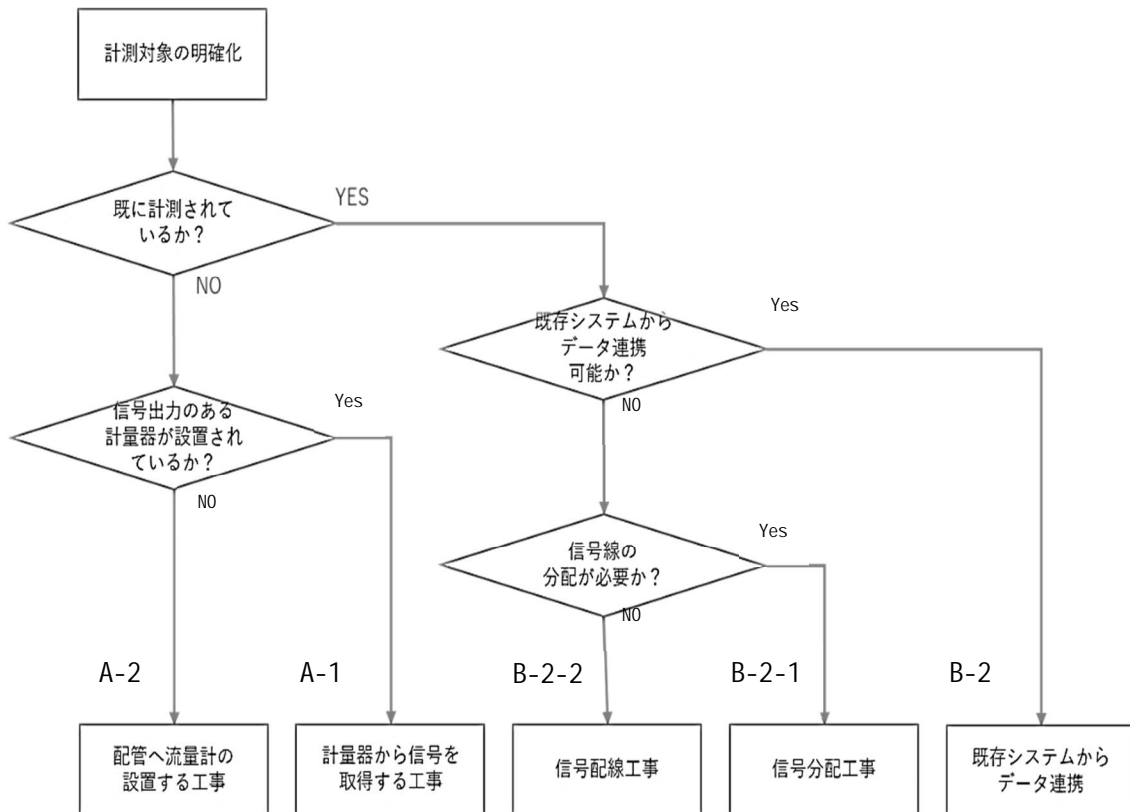
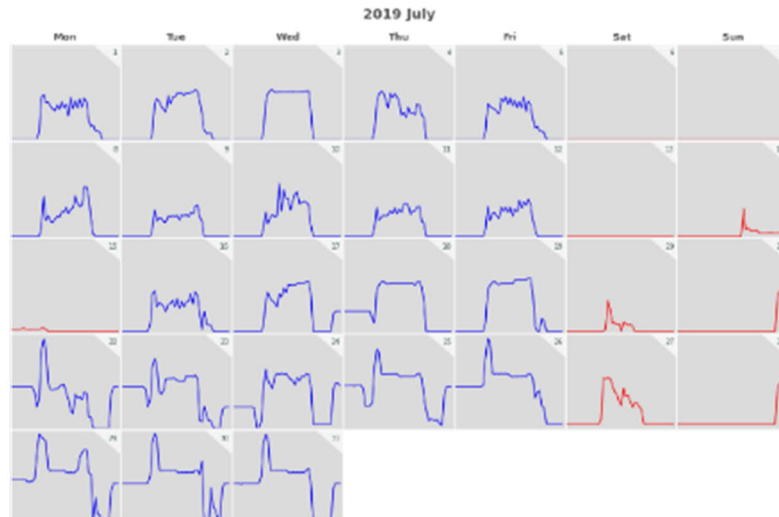


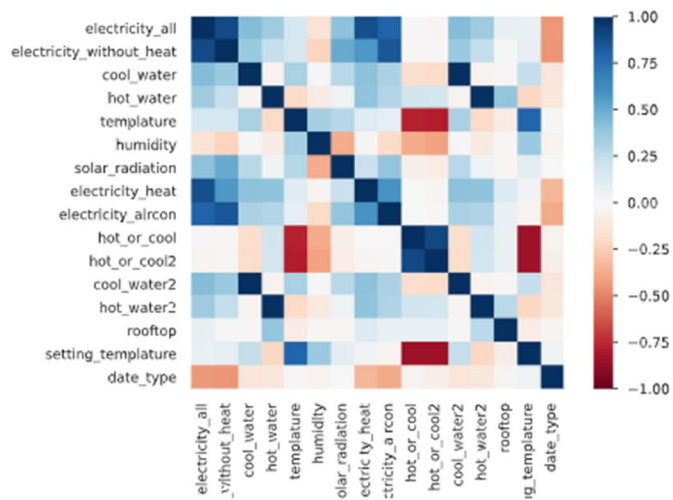
図 4.3-16 LPG やA重油計測設置の際の検討フロー標準（案）

表 4.3-8 計測手法パターン（案）

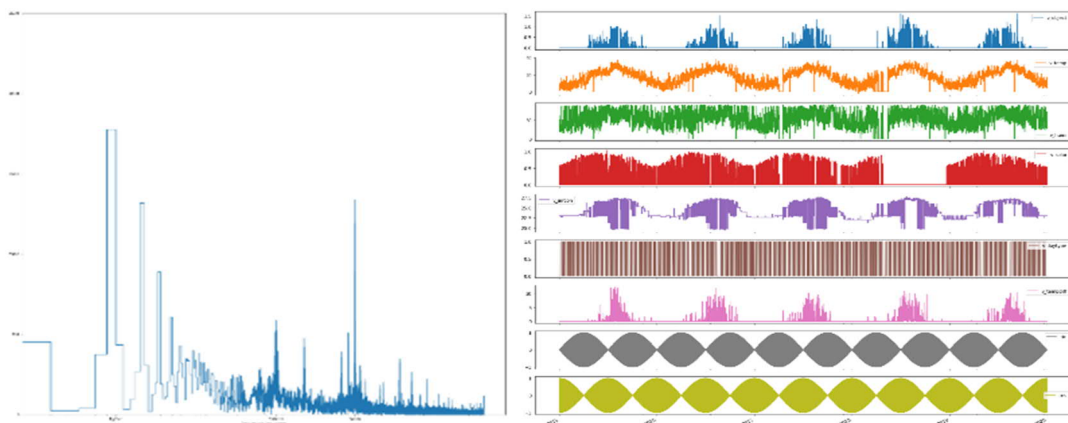
パターン	計測手法パターン	必要工事 (配線/信号仕様)	必要設備 (メーカー/型式)
A	配管への流量計の挿入必要	-	-
A-1	計測信号の設置が必要	配管挿入工事	流量計
A-2	計測信号の設置が不要	-	-
B	配管への流量計の挿入不要	-	-
B-1	既存計量器の交換必要	計量器交換工事	計量器
B-2	既存計量器の交換不要	-	-
B-2-1	計測信号の分配が必要	信号分配工事	信号分配機器
B-2-2	計測信号の分配が不要	信号配線工事	-



例① トレンド分析



例② 相関分析



例③ 周期性分析

図 4.3-17 エネルギー予測を目的とした需要データ分析例

5) エネルギー情報のデータ化における課題整理

エネルギーに関する情報のデータ化における課題として、データ共有範囲の設定と情報のデータ化・データ連携の汎用性を高めることが挙げられる。以下に説明する。

①データの共有範囲

需要家から熱 EMS へは、エネルギー需要以外のデータが提供されることになるが、システムの利用者は需要家以外にも存在する。結果として他利用者へデータ共有することになるため、共有されたデータのアクセス範囲や権限については検討が必要となる。需要家を除いたシステム利用者は、現時点では次の3者が想定される。柔軟で効果的な管理や保守性を維持しながらも、セキュリティの観点よりデータ閲覧の範囲をどこまで許可するかが論点となる。今後、詳細設計フェーズにおいて想定範囲を設定した上で、実証実験フェーズにて全利用者を交えた調整が発生すると想定している。

熱エネルギー供給者：株式会社東海クリーン

熱需給監視運用者： ①または①の委託先

EMS 管理者： EMS 設計・開発者

②情報のデータ化・データ連携の汎用性確保

次に、情報のデータ化やデータ連携を汎用化のための統一様式の利用が課題となる。各需要家がそれぞれ所持する情報形態は一樣ではなく、保持データの単位なども様々であることが想定される。需要家が統一様式にてデータ連携を実施することができれば効率的である。しかし、実際には様式は統一ではないため、データ連携の自動化を推進する過程で、需要家毎にシステム開発が行われてしまうと、それらを同期するための調整コストがかかる。

本事業を通じては、多くの需要家において低コストで利用可能な汎用的な画期的な仕組みづくりを目指すことをひとつの目標とする。この仕組みの実現は、本事業の熱需給管理のみならず、より広域的なエネルギー管理システム(スマートシティなど)においても、そのエネルギー需要予測の精度を大きく向上させうる。

③計測手法選定パターンの確立

既に対象エネルギーが計測されている場合には、データ変換や計測信号を分配する工事や設備が別途必要になることから、多様な計量機器に対し適用可能な、共通的なデータ取得手法を確立することが課題となる。

(3) 熱電 EMS の仕様設計

1) システム概念の設計

IoT・AI による電力と熱の統合管理システムの概念図を図 4.3-18 及び、同じく、IoT・AI による熱 EMS の要件定義を図 4.3-19 に示す。

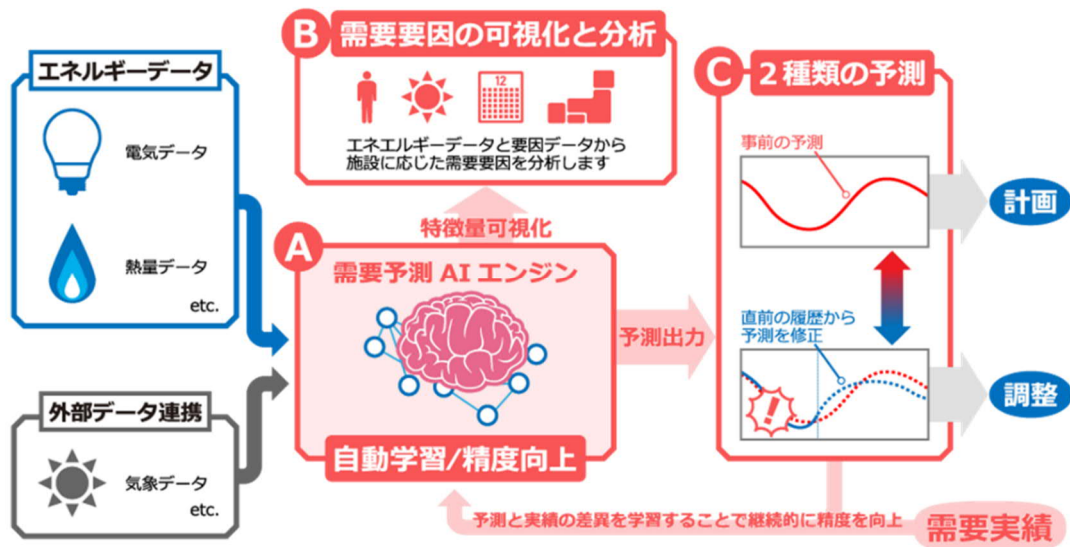


図 4.3-18 IoT・AI による電力と熱の統合管理システムの概念図

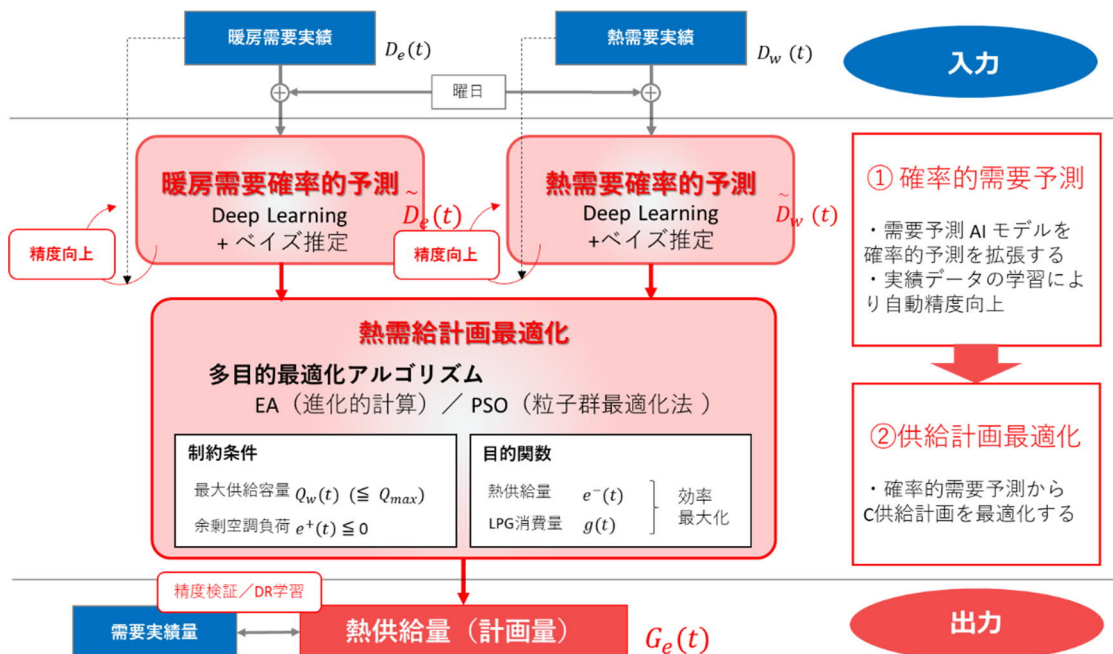


図 4.3-19 IoT・AI による熱 EMS の要件定義

需要家へのヒアリングを通じ、利用データを何にするか、データの粒度や提示インターフェースの様式、予測部のイメージ、最適化に必要な要件設定の共通ルール、オペレーションルール等、システムの要件定義を表 4.3-9 に示す。

表 4.3-9 システムの要件定義事項の全体像

項目		機能説明
①利用データ設定		計測・連携対象や、需要家保有情報の選定
②データ仕様設計		データの粒度、整理工夫、センサー選定、予測データ管理の方法を検討
③インターフェース		利用者閲覧・管理画面の設計
⑤システム仕様	利用者連携	利用者間のデータ提供、予測、フィードバックなどの連携体制の設定
	運用ルール	供給側と需要側との責任分担範囲の明確化を行い、運用の抜け漏れがないようにする。
	サーバ構成	・情報の機密性に合わせて、パブリックとプライベートサーバを使い分けられるよう構成させる。
	データ処理フロー	・予測項目を設定する
	予測と供給計画の調整	・予測結果に基づいて最適化供給計画を行うとともに、計画調整に PDCA サイクルを機能させる ・情報のステータスを明確にする。
	データ構造	・データ処理フローを規定し、構造を明確化。
	システム基盤	・ハード、ソフトのシステム基盤の設定
	セキュリティ要件	・情報事故対策方針
	指標	・予測精度の妥当性確認のための指標設定
	冗長性確保要件	・システム不具合への代替手法の仕組み設計方針
バックアップ体制	・データ逸失防止対策方針	

2) インターフェースの設計

要件定義もとに、熱利用画面の利用者閲覧画面（インターフェース）を設計した。本項目では、利用者閲覧画面（グラフ表示/データ出力機能等）の検討を行った。熱需要及び電力需要を、多角的な視点の見える化機能を持つ。エネルギー需要・供給量の監視機能も持ち、需要家は独自のEMSとの連携も可能である。ウェブブラウザで利用できる形式で技術提供することで、PC やスマートフォンでの利用を可能とし、専用コントローラーや表示器といった初期導入費が不要となる。データ蓄積・管理においては、複数システムとの連携による分析・調整・制御が必要となることから、各需要家のデータはクラウドシステム上での集約が望ましい。需要家向け利用者閲覧画面を図 4.3-20 に示す。

次にアスファルトプラントのA重油計測データを熱需要の可視化画面に適応させた。アスファルトプラントにおけるA重油計測結果の可視化画面を図 4.3-21 及び図 4.3-22 に示す。

主な、分析用可視化グラフとしては、次の機能が存在する。

- 10分単位：最少粒度として10分単位のデータを表示するもの
- 日単位：1日0時～24時の負荷を時間変動のグラフで表示するもの
- 1週間日単位：1週間7日間各日のデータを重ねて表示するもの(図4.3-21(1))
- 週合計単位：1週間7日間の合計需要量を項目別に表示したもの(図4.3-21(2))
- 1か月日単位：1か月間の1日単位の需要量やデマンドを表示するもの
- 月間最大最小：各時間で同月の最大値と最小値をそれぞれプロットする
- 1年間月単位：1年間の1か月単位の需要量やデマンドを表示するもの

図の左側は、1週間7日間を重ねて表示したグラフ、右側は1週間7日間のそれぞれの時間帯別の需要量を積み上げ表示したグラフである。各機能の画面構成（統計・グラフ・数値）は、図4.3-20に準じる。可視化するデータが分析する視点に応じて変化する仕組みとなる。

グラフでのA重油の可視化により、熱量供給の開始に際して供給熱量のデータも同システムで可視化できた。今後、熱供給が開始すれば、供給熱量も含めた可視化を追加する。更に今後は既存エネルギーと新規供給熱量のデータ統合することで、需要家サイドにおいても、エネルギーバランスの制御検討が可能となる機能の構築を進める。



図 4.3-20 需要家向け利用者閲覧画面イメージ

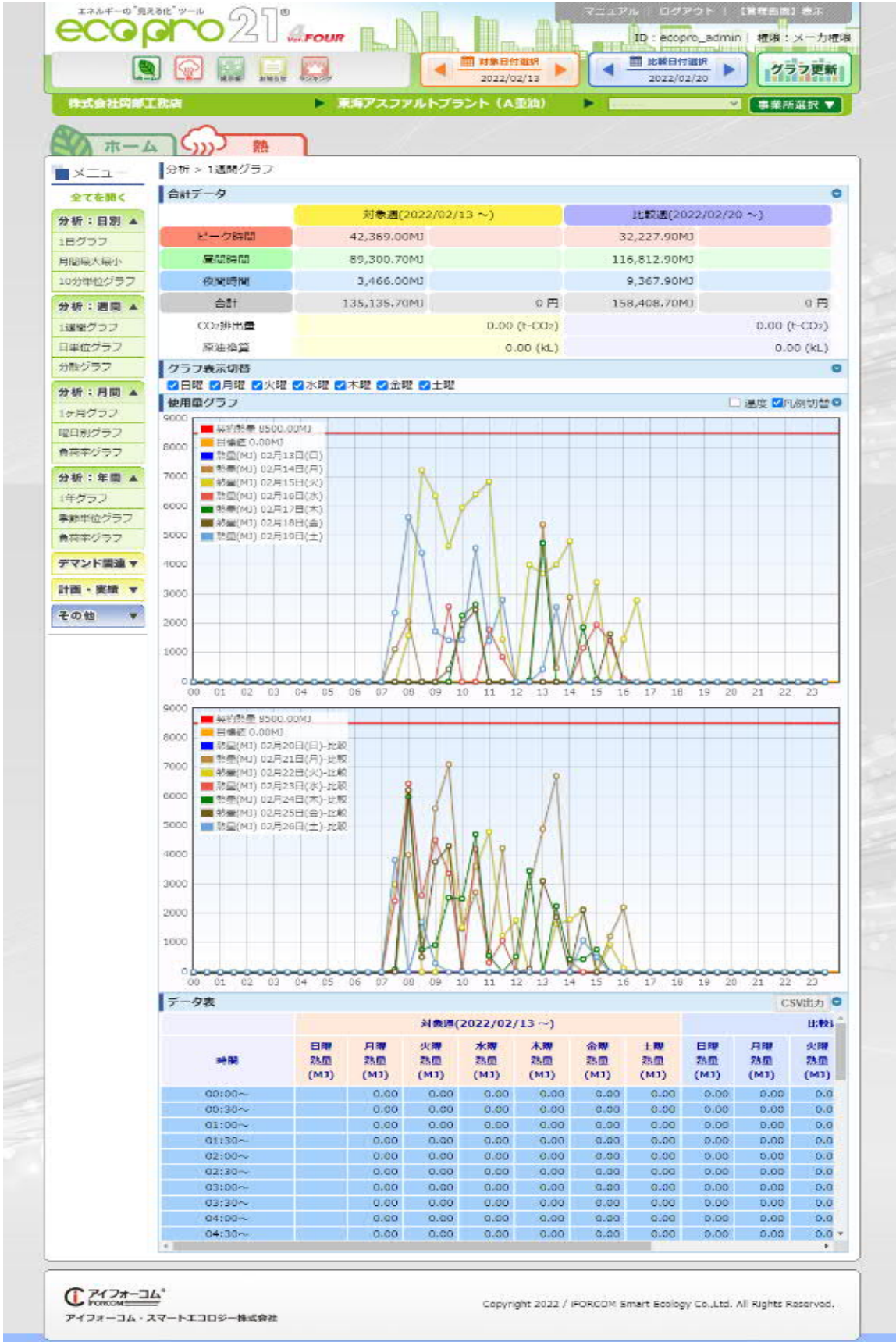


図 4.3-21 アスファルトプラントにおけるA重油計測結果の可視化画面(1)



図 4.3-22 アスファルトプラントにおけるA重油計測結果の可視化画面(2)

3) 熱電 EMS 仕様設計

①各利用者間の連携の仕組み及び運用ルールを検討

システムの利用者：

- A) 熱供給事業者： 熱供給事業者（熱供給の責任者・管理者）
- B) 熱需給監視運用者：熱供給システムの監視運用者（熱供給の手動制御）
- C) 熱需要家： 熱供給を受ける事業者（熱需要量の調整可能）
- D) EMS 管理者： 管理システムの管理者

システムの稼働時間と運用の設定：

システムの稼働時間と運用の設定を行った。以下に示す。

- ・24 時間 365 日稼働（計画停止／定期保守を除く）。
- ・計画停止が発生する場合、事前通知を行う。
- ・通知方法はユーザーへのメール、または Web システム画面上にて通知を実施。
- ・原則 7 日前までの通知とするが、緊急時はこの通りではない。

システムの利用イメージの設定：

熱供給システム、熱 EMS と各利用者の関係性を設定した。図 4.3-23 に示す。熱 EMS から熱需給システムへ制御計画データが連携されることで、基本的には制御計画データに基づいた自動運用が行われる。熱需給管理運用者は、EMS におけるデータの監視と、熱供給システムの状態監視を行い、異常発生時には熱供給システムに対して手動操作を行う。熱 EMS の利用イメージを図 4.3-23 に示す。

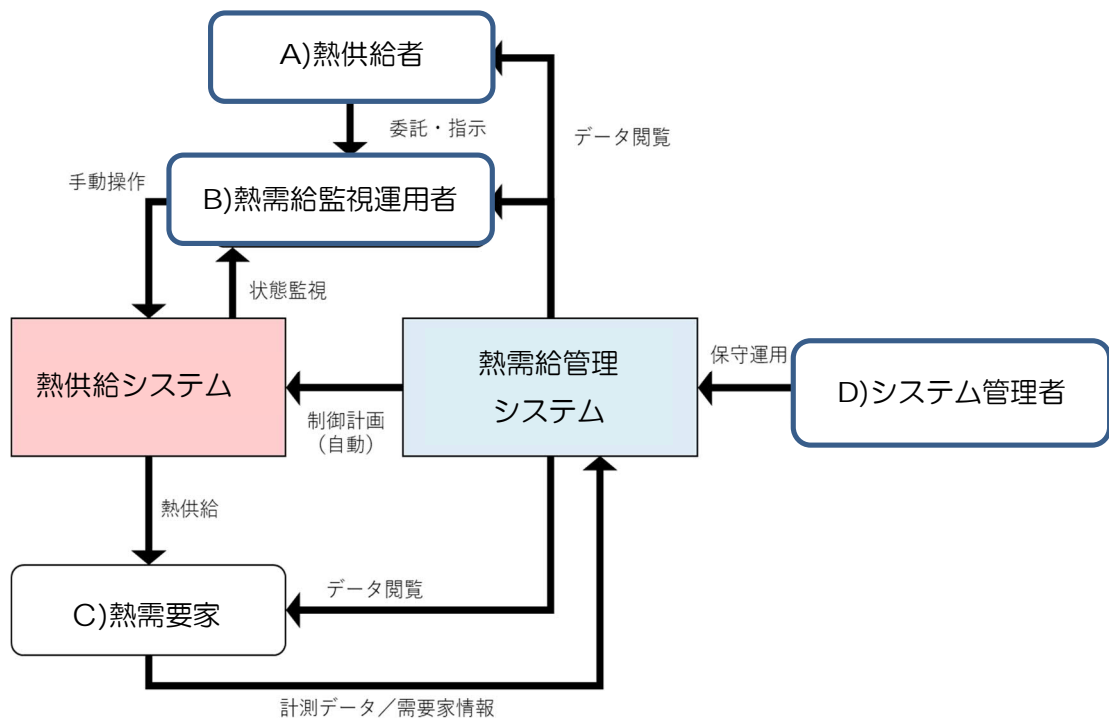


図 4.3-23 熱 EMS の利用イメージ

②クラウドサーバ構成

EMS はクラウドに構築することを想定しており、AI 学習用（プライベートサーバとサーバ）と Web インターフェース用サーバ（パブリックサーバ）を分離した構成とする。EMS におけるサーバ構成の全体像を図 4.3-24 に示す。

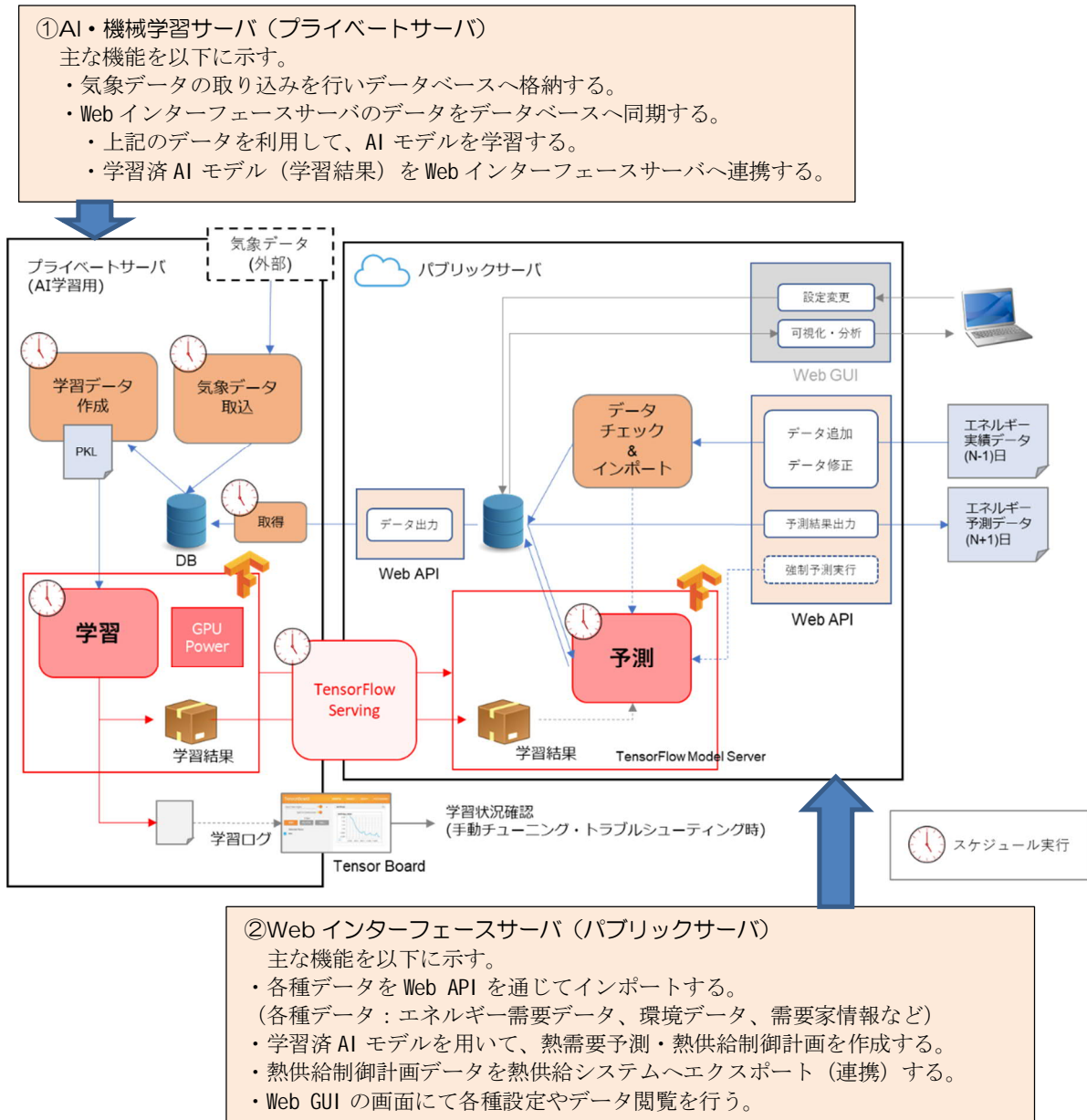


図 4.3-24 EMS におけるサーバ構成の全体像

③システム内部処理フロー

システム内部のメイン処理では、需要予測や最適制御計画の作成を行う。これらの処理はあらかじめ設定されたスケジュールに従って次の処理が繰り返し実行される。熱 EMS 内部処理フローを図 4.3-25 に示す。

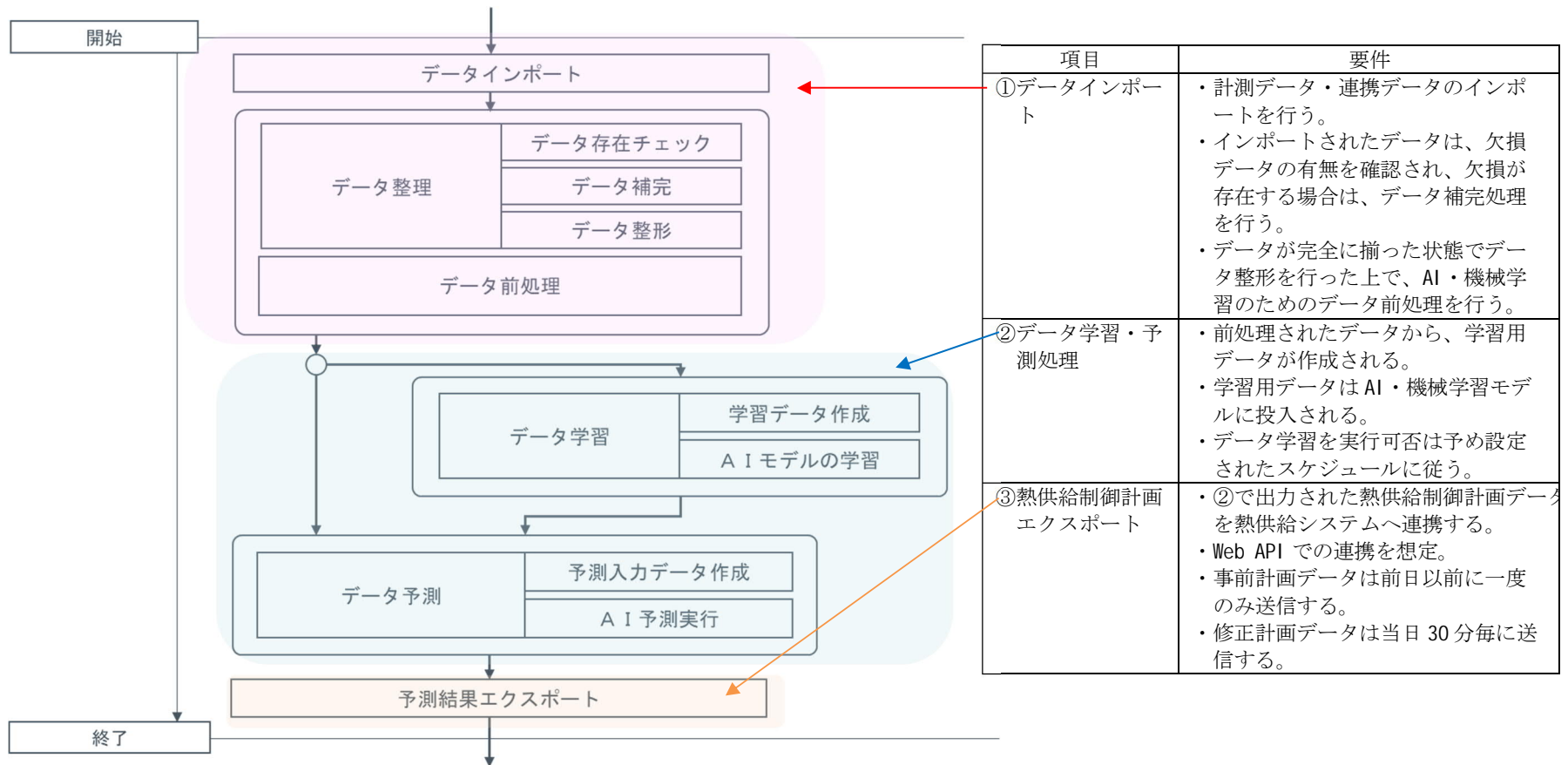


図 4.3-25 熱 EMS 内部処理フロー

④予測・熱供給制御計画の調整

AI により出力する予測・制御計画は、対象日の前日中に一度出力され、熱供給システムにおいて適応される。しかし当日の気象状況や需要家の需要状況が大きく変動した場合、同日の制御を柔軟に調整する必要がある。

そのため、熱 EMS では、直前までに得られた需要データや気象予報データを利用して、30分毎に修正予測と集積計画の出力を行う。図 4.3-26 にそのイメージを示す。イメージの中の赤丸の時点が予測処理の実行時間である。ある時間帯の予測値が複数存在することになるが、最新の予測値が採用されることになる。

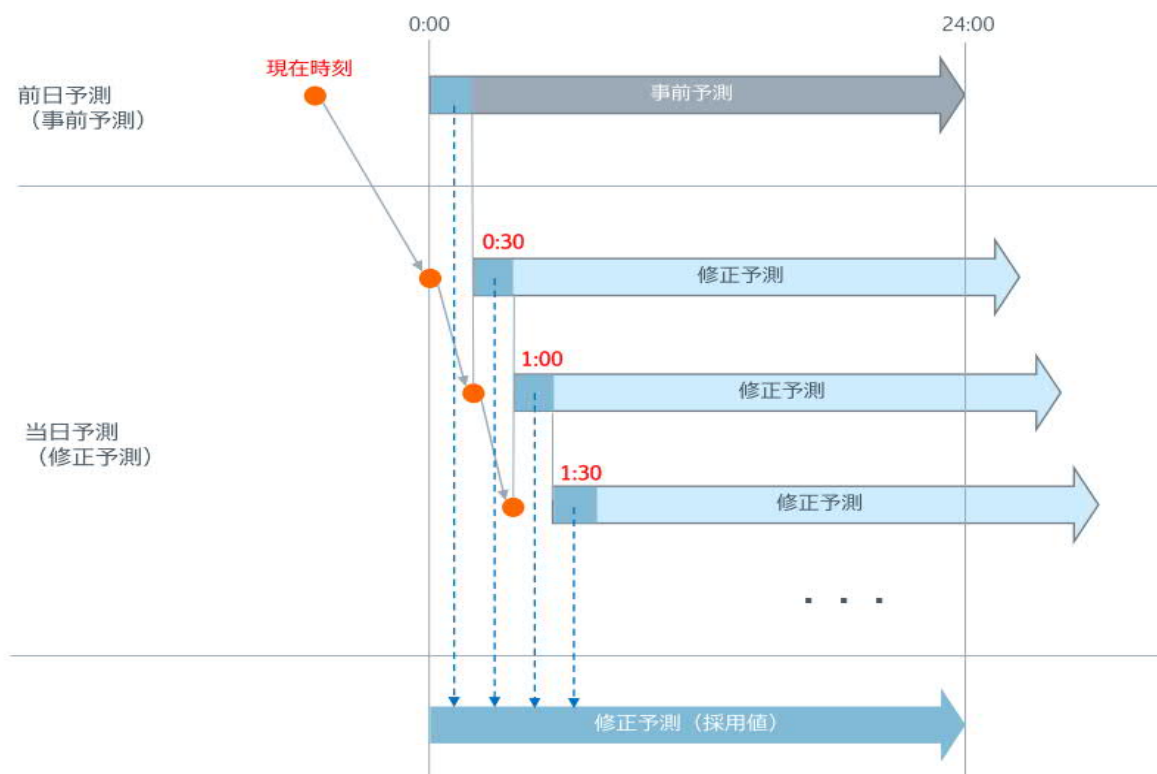


図 4.3-26 修正予測・修正計画の出力イメージ

⑤ データ構造

熱 EMS で利用する想定データの階層構造を図 4.3-27 に、熱 EMS の各データ構造の概要を表 4.3-10 に示す。

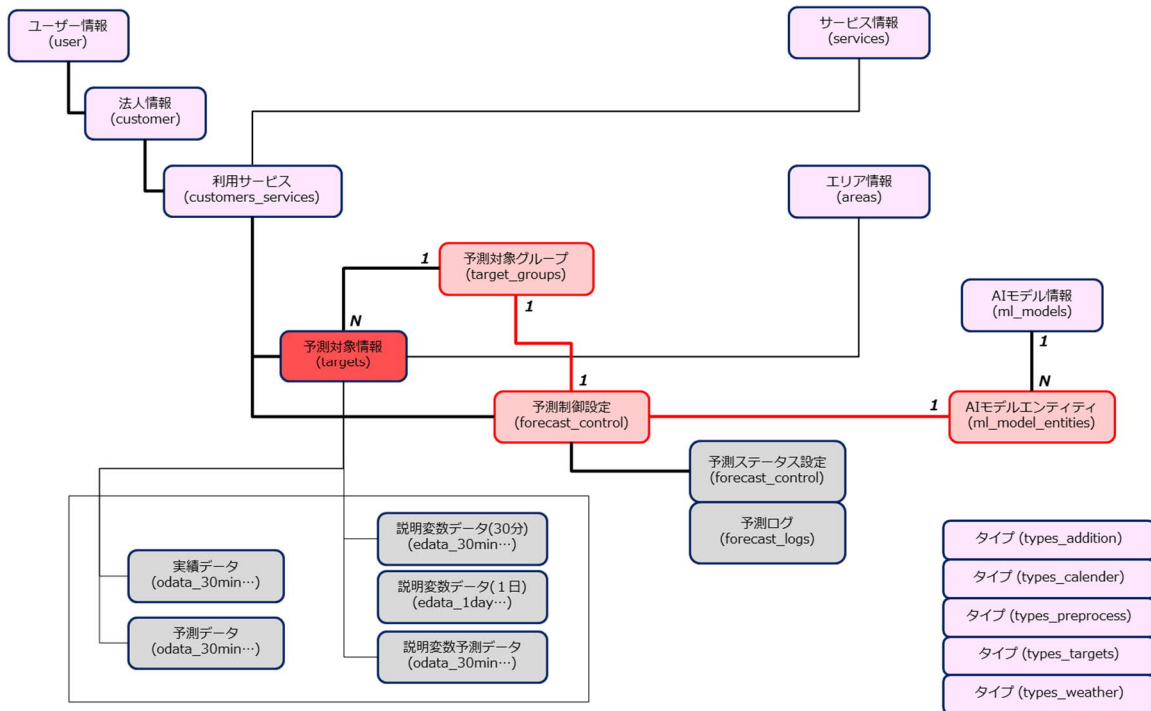


図 4.3-27 想定データの階層構造

表 4.3-10 熱 EMS の各データ構造の概要

情報種類	内容
法人情報	カスタマーとしての法人を、ユーザーの下位構造に登録する
サービス情報	予測サービスとしての情報 (例: 電力需要予測、熱負荷予測など)
利用サービス	法人が利用するサービスの設定を行う (法人がどの予測を行うか)
エリア情報	予測対象と紐づき、主に気象データの取得に利用する
予測対象情報	予測対象となる施設または計測単位の情報 ※ 実績・予測データは、予測対象単位に保持される (左下灰色部)
予測対象グループ	予測対象をグループ化したもの
AI モデル情報	学習や予測に用いる AI モデルの設定を行う
AI モデルエンティティ	AI モデルに対し学習パラメーターを指定し学習済モデル
予測制御設定	学習・予測処理を制御する設定 (処理スケジュールや利用 AI モデルなど) ※ここで設定した予測単位にステータスやログが保持・表示される
タイプ設定	利用データの拡張に用いるテーブル (追加利用、カレンダー、前処理予測対象、気象データの 5 種類)

⑥システム基盤、セキュリティ、その他の要件

熱 EMS のシステム基盤、セキュリティ等の要件を表 4.3-11 に示す。

熱 EMS のシステム基盤については、ハードウェア・ソフトウェアについてそれぞれ次の通りとする。システムの将来を見据えた拡張性や保守性を考慮し、基盤の仮想化(Docker)を利用した開発を行う。

その他の要件として、システムの管理指標と冗長化対象及びバックアップルールを定義した。システムの管理指標として、予測精度、最適化制度、システム稼働率を監視することとし、表中の予測精度及び最適化精度は AI・機械学習の性能を、システム稼働率については稼働時間の記録を監視する。

冗長化とは、機器やシステムの構成要素について、同じ機能や役割の要素をあらかじめ複数用意しておき、異状が発生した時に代わりにできるよう待機させておくことである。

表 4.3-11 熱 EMS のシステム基盤、セキュリティ等の要件

基盤区分		内容	
利用者閲覧画面	①Web、API	【データ入力】 <ul style="list-style-type: none"> エネルギー需要計測データは、計測装置より転送された計測データとする。 環境計測データは、計測装置より転送された計測データとする。 需要家情報は、需要家の施設稼働情報を EMS に取り込み可能な形でデータ化して連携するデータ。 【データ出力】 <ul style="list-style-type: none"> 熱供給システムへ連携される、AI により出力された熱供給制御データ。 計算された需要予測データを外部利用する場合に出力したデータ 入力された計測データ（機器及び環境データ）や気象データを外部利用する場合に出力したデータ。 	
	②Web、GUI 利用者側で指示操作可能な機能	【利用者側の機能】 <ul style="list-style-type: none"> 需要家情報、予測対象、制御対象の基本情報 需要家データの手動入力 各種データの閲覧・エクスポート（計測データ・予測データの可視化） 制御計画の調整など 	
ハードウェア基盤 (サーバ)		物理サーバ、VPS、クラウド（プライベートまたはパブリック）の何れかより決定する。	
ソフトウェア基盤 (ミドルウェア及びソフトウェア)	項目	目的	ソフトウェア
	OS	サーバ機能、一部スケジュール処理の実行を担う	Linux OS Ubuntu
	データベース	エネルギー、気象データ、施設運用データ、施設情報などを格納する	MySQL 8.0.x (Docker Image) 保守用： phpmyadmin5.0.x (Docker Image)

	Web サーバ	外部とのデータインターフェースとなる Web API の実装に利用する	Nginx 1.17.9 (Docker Image) PHP 7.3.x (Docker Image) Laravel 7.4.x / Django 3.2.x
	AI・機械学習	入力されたエネルギー需要データの学習と未来予測を実行する	Python3.7, TensorFlow2.1
セキュリティ要件	ネットワーク上の通信データの暗号化対策、方式	・Web API、Web GUI とともに、SSLによる暗号化(HTTPS プロトコル) を利用する	
	クラウド上のストレージに保存(アップロード)されるデータの暗号化対策、方式	・データの保存に関しては暗号化の実施は行わない。 ・パスワードについては SHA-2 ハッシュ化を行う。	
	取得ログの種類と保存期間	・処理ログ・エラーログ・デバッグログ (SQL ログなど) を保存する。 ・Web インターフェース (API/GUI) においては、Apache ログを追加で保存する。 ・保存期間は原則 3 年迄とする。	
	不正アクセス対策	・クラウドサーバへのアクセスについて、管理者は SSH ポートの利用、ユーザーは Web ポートの利用のみとする。 ・SSH アクセスは公開鍵認証とパスワード復号とし、デフォルトポートを使用しない。 ・サーバにはウィルス対策ソフトウェアを導入し常の最新版での運用を行う。	
指標	(1) 予測精度の指標 RMSE/EOP/決定係数/ピーク正答率を利用する (2) 最適化制度の指標 期待値管理/予実管理などを実施する (3) システム稼働率 ... 稼働時間を記録し SLA として管理する		
冗長化対象 バックアップルール	・機械学習サーバ、Web サーバとでデータを冗長化する。 ・Web サーバにて障害が発生した場合は、代替クラウド基盤への切替えを行う。 ・機械学習サーバについては 2 台構成の冗長化運用を行う。 ・障害発生時については復旧までの所要時間を営業日中 24 時間以内とする。 ・データバックアップについては差分バックアップを行う。 ・バックアップの頻度は日次となり、世代数は最大 7 世代とする。 ・深夜 0:30 に、前日までの全データのバックアップを行う。		

(4) 供給側施設運用との連携に関する要件定義

令和3年度は、供給側では施設設計をメインに実施し、オペレーション想定も今後構築していくことから、システム連携面での検討は行っていない。令和4年度に実施する。

(5) 熱と電力の統合管理システム検討

本実証では、熱供給が不足する場合の調整機能には、ガス・重油利用への切り替え部分の調整を想定している。その制御の他、熱と電気の両方を利用する可能性のある機能は、工場内の設備での電力利用は冷暖房と照明が主なものと想定される。令和3年度は、熱電 EMS システム構成について検討の頭出しを実施した。

1) 熱と電力のエネルギーバランスの必要性

熱と電力のエネルギーバランスを調整制御するという事は、具体的には、電力式の空調設備を所有している需要家が、熱供給による暖房設備も導入した上で、状況に応じて効率の良いほうのエネルギー源を利用するのが最適であるか、それらを自動制御できることを指す。同じ「暖房」という機能を実行しようとするとき、状況やタイミングによって、熱を利用するか電力を利用するかどちらが適しているかが変わる。こういったエネルギーバランスの調整は、人の経験をもってしても非常に難しい場合が多い。

本事業においては、最終的に熱・電力の高精度のエネルギー利用における調整制御の実現を目標とするが、特に太陽光発電・蓄電地を組み合わせた場合に、エネルギー制御は非常に複雑となることが想定される。この実現のためには、熱 EMS、電力 EMS それぞれで需要予測・最適化制御の精度が十分に発揮されるものを実現する必要がある。

2) 電力管理システムの必要機能の整理

電力 EMS では、クラウド側で熱 EMS 同様の電力需要予測と最適化、電力価格の予測を行い、これらに基づいて、売電・買電・蓄電・放電といった電力利用計画を作成する(表 4.3-12)。更に、売電計画及び売電実績、OCCTO へ自動連携する。尚、各予測・制御計画については、熱供給調整同様に、事前処理と当日の調整を行うことを想定する。電力管理システム(電力 EMS・クラウド側)に必要な機能を表 4.3-13 に示す。

表 4.3-12 電力管理システム(電力 EMS・クラウド側)に必要な機能

#	機能	内容
1	エネルギー需要予測	需要家の電力需要予測を行う
2	太陽光発電予測	太陽光発電量の予測を行う
3	電力価格予測	買電価格及び売電価格(市場買取の場合)の予測を行う
4	制御最適化	需要量・発電量・買電価格・売電価格の予測結果より、エネルギー最適となる制御計画を作成する 制御計画は、エッジ側 EMS へ連携され蓄電・放電・売電・買電の制御が実行される
5	OCCTO 連携	OCCTO への計画申請・実績報告を API 経由で自動実行する

表 4.3-13 電力管理システム（電力 EMS・クラウド側）

#	機能	導入形態	内容
1	エネルギー需要計測	需要家へ計測機設置	電力・熱の需要量を計測しクラウドシステムへ転送する
2	環境計測	需要家へ計測機設置	需要家屋内外の温湿度などを計測しクラウドシステムへ転送する
3	需要家情報連携	機器を設置または Web API などのシステム間連携にて	需要家情報をデータ化してクラウドシステムへ連携する

3) 熱と電力の統合的システム構成の検討

ここまでで行った熱 EMS の検討を基に、全体最適な調整・制御を実現させる管理システムの全体構成を検討した。

熱と電力の統合管理システム全体構成案を図 4.3-28 に示す。同図の左側には、熱需要と電力需要をもつ需要家が位置し、右側上部の「熱供給施設（焼却施設）」（赤色部分）から熱供給が行われる。右側中央が「熱 EMS」（青色部分）であり、その下側の「電力 EMS」（濃青色部分）とデータ連携を行う。設備別にエネルギー利用の優先順位を設定し、ケース別に電源選択を行う仕組みとする。これらを連携させ熱・電力のエネルギーバランスを調整・制御する機能を中央に示す（図 4.3-28 明るい水色部分）。

電力 EMS はクラウド側と、需要家施設側（端末側）にそれぞれ設置する。クラウド側では、電力需要予測、最適化制御、及び電力価格予測等の機能を持ち、端末側では、需要家施設側で保有する太陽光発電等の蓄電池への充放電・買電売電のコントロール機能を持たせる。

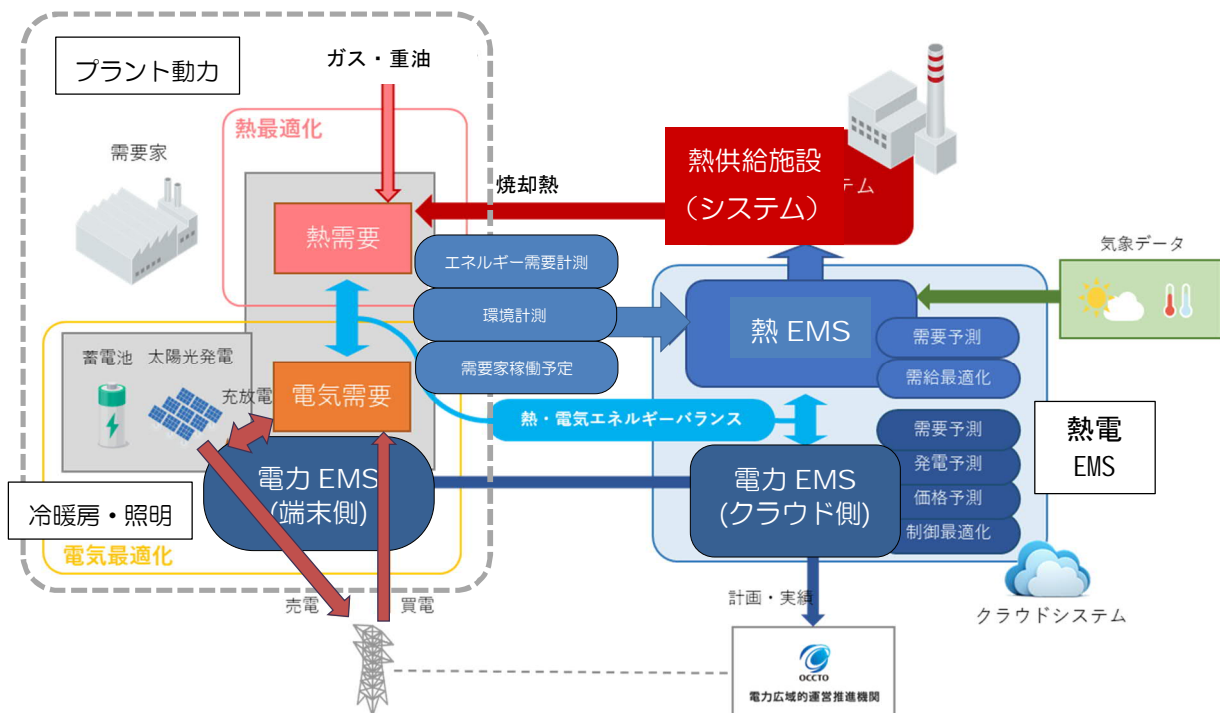


図 4.3-28 熱と電力の統合管理システム全体構成案

4.3.4 CO₂削減・費用対効果の算定

実証開始後に確認された以下の事項を反映し、CO₂削減効果及び費用対効果を算定した。

(1) 費用対効果の算定

1) 支出の検討（設備投資及び運転管理費）

設備設計した上で設置費用を見積もった。その結果を以下に示す。

設備投資で3.9億円、ランニングコストで年間1.2億円計上され、税込み合計約4.5億円となった。ただし、見積もり除外事項として、許認可申請手続きや需要家工場内の工事や改良、及び消費税が別途必要となる。熱回数改良工事見積（フローシート SYORK-00-117-0に基づく計画）を表4.3-14に、年間ランニングコスト見積もりを表4.3-15に示す。

表 4.3-14 熱回数改良工事見積（フローシート SYORK-00-117-0に基づく計画）

品名		金額
器機	1. 予冷機	20,000,000
	2. 熱交換器	77,000,000
	3. 送風ダクト（需要家までの450m、283,000円/m）	27,000,000
	4. 制御盤	19,000,000
	5. 設計費	7,000,000
	器機小計	250,000,000
工事	1. 据付工事	50,000,000
	2. 電気工事	20,000,000
	3. 配管工事	17,000,000
	工事小計	87,000,000
試運転	1. 試運転	3,300,000
解体・処分費	1. 高温煙道その他	29,000,000
諸経費	1. 工事保険、安全管理費、一般諸経費他	25,700,000
合計（税抜き）		395,000,000
合計（税込み）		434,500,000

表 4.3-15 年間ランニングコスト見積もり

品名		金額
電力	1. 予冷ポンプ稼働	123,552
	2. 熱交換ファン	1,684,800
	3. 灰出スクレパ	207,792
	4. 制御電源	280,800
	5. 予備電源	0
	小計	2,296,944
用水	1. 予冷機	1,040,040
メンテナンス費		12,000,000
合計（税抜き）		15,336,984
合計（税込み）		16,870,6824

(3) 収入の検討（売熱価格と需要量）

本事業での収入は、熱利用分のみとなる。事業が安定軌道に乗るまでは事業採算性を確保する形で設定することが必要となる。売熱価格は初期投資と運営費、需要量、需要家側の現状の燃料支出や、炭素価格にも影響を受ける。双方でメリットのある価格設定をすることが求められる、

1) 熱需要と売熱価格の検討

売熱価格設定のため、需要家調査データから燃料費を時間換算した。需要家より、年間の燃料消費実績の提供と計器による時間当たりの実測情報を用いた。これを、熱風供給量の時間単価最大ラインと見積もることができる。単価根拠は、表 4.3-16 に示す。年間燃料使用量からの時間当たり燃料費の推計結果を表 4.3-17 に示すが、現時点での不確定要素は赤字にして想定値を入れており、その内容を以下に挙げる。

- ①アスファルトプラントの電気使用量には、冷暖房のほかバーナー利用分も含まれるため、暖房にかかる使用量が把握できない。
- ②鋳造工場でも暖房利用のニーズがあるが、電気量の実績データは未共有。
- ③リサイクル業管理事務所は冷暖房と照明に電力を使用しているが、暖房利用のみでの消費量は推測値。
- ④1日の稼働時間は、実測データを参考にした想定値である。
- ⑤熱の配分は、需要側の必要量の算定が概算であるため、需要に対し過剰に設定している。
- ⑦したがって、どのくらい供給量に余裕があるか数値として明確ではない。
- ⑧需要があれば、配分可能。
- ⑨送気1トン当たりの金額を計上する場合もあるが、ガス同等では見合わないため、現時点ではトン当たりの価格を決められない。
- ⑩本検討では現状の燃料費を上限とした価格設定を行う前提としている。

表 4.3-16 燃料単価

項目	単位	参考資料等
電力単価（買電）	16 円/kWh	大手電力会社大口契約単価
A 重油価格	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 価格	303.5 円/kg	日本LPガス協会ウェブサイト統計資料（価格）より、2021年ガス価格推移家庭用小売価格（最終消費者）6,803円/10 m ³ より、LPG 1 m ³ =2 kgであることから。

表 4.3-17 年間燃料使用量からの時間当たり燃料費の推計結果

事業者名	燃料	年間使用量	日使用量 (月/20日)	日平均稼働時間	時間消費量	単価	1時間当たり燃料代の 上限ライン
アスファルト プラント	A重油	164,000 L/年	683 L/月	4	171 L	87.6 円/L	14,965 円/時間
	電気	404,770 kWh/年	1,687 kWh/月	8	211 kWh	16 円/kWh	3,373 円/時間
鑄造工場	LPG	91,601 kg/年	382 kg/月	4	95 kg	303.5 円/kg	28,959 円/時間
リサイクル業 管理事務所	電気	44,763 kWh/年	187 kWh/月	8	23 kWh	16 円/m3	373 円/時間

3) 費用対効果の算出

需要家の燃料費を試算した。表 4.3-18 に示す。売熱価格は、この費用以下に抑えることを目標とした。その場合の事業利益を計上し、表 4.3-19 に示した。その上で、20年間の初期投資費用の減価償却と維持費見積もりを表 4.3-20 に示した。

表 4.3-18 需要家の燃料費

事業者名	燃料	年間使用量	単価	年当たり燃料代
アスファルトプラント	A重油	164,000 L/年	87.6 円/L	14,366,400 円/年
鑄造工場	LPG	91,601 kg/年	303.5 円/kg	27,800,752 円/年
エリア内暖房※	電気	67,145 kWh/年	16 円/kg	1,074,318 円/年
エリア全体の需要側 CO ₂ 削減量と削減費用				43,241,470 円/年

※リサイクル業管理事務所の半量を暖房分の電力と仮定し×3事業者でエリア内暖房に要する電力とした。

表 4.3-19 事業経費と利益

項目	金額
維持費	-15,336,984 円/年
熱風販売額上限	+43,241,470 円/年
利益	+27,904,486 円/年

表 4.3-15 20年間の初期投資費用の減価償却と維持費見積もり

売熱量	初期投資	利益	維持費	投資回収年数※
3倍	395,000,000 円	83,713,458 円	15,336,984 円	4.7年
2倍		55,809,718 円		7.1年
現状		27,904,486 円		14.2年

※初期投資÷(利益-維持費)=投資回収年数

(4) CO₂削減効果の算定

燃料のCO₂排出係数を表4.3-21に、焼却施設側の供給に伴い買電するCO₂排出量を表4.3-22に、需要側の熱利用に伴い削減されるCO₂削減量を表4.3-23に示す。その結果から、供給側の買電分(+)と売熱による需要側の燃料削減(-)によるCO₂削減量を算出した。供給側の買電分(+)と売熱による需要側の燃料削減(-)によるCO₂削減量を図4.2-24に示す。

表 4.3-21 燃料のCO₂排出係数

項目	数値	単位	参考資料等
電力	0.47	Kg-CO ₂ /kWh	前提条件
A重油	2.71	Kg-CO ₂ /L	資源エネルギー庁(2018)
LPGCO ₂ 排出係数	3	kg-CO ₂ /kg	環境省ガイドブック：算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧

表 4.3-22 焼却施設側の供給に伴い買電するCO₂排出量

項目	日単位計算	300日単位計算
電気の使用量※	588.96 kWh/日	176,688 kWh/年
電気のCO ₂ 排出係数	0.47 kgCO ₂ /kWh	0.47 kgCO ₂ /kWh
電気使用によるCO ₂ 排出量B	+0.28 t-CO ₂ /日	+83 t-CO ₂ /年
20年間のCO ₂ 削減量(A-B)×20年		+1,660 t-CO ₂ /20年

※熱交換器の稼働による買電：(2.2+30+3.7+5)×0.6×24

※メンテナンスに必要な電力(維持管理費の見積書より)

電力	予冷ポンプ	2.2 kW×0.6×	13 ¥/kW×	24 h/D×	300 D/年=	123,552 ¥/年
	熱交ファン	30 kW×0.6×	13 ¥/kW×	24 h/D×	300 D/年=	1,684,800 ¥/年
	灰出スクレバ	3.7 kW×0.6×	13 ¥/kW×	24 h/D×	300 D/年=	207,792 ¥/年
	制御電源	5 kW×0.6×	13 ¥/kW×	24 h/D×	300 D/年=	280,800 ¥/年
	予備電源	10 kW× 0×	13 ¥/kW×	24 h/D×	300 D/年=	0 ¥/年
	合計：					2,296,944 ¥/年
用水	予冷器	2,889 kg/h×	0.05 ¥/kW×	24 h/D×	300 D/年=	1,040,040 ¥/年
メンテナンス費						12,000,000 ¥/年
総合計：						15,336,984 ¥/年

表 4.3-23 需要側の熱利用に伴い削減されるCO₂削減量

事業者名	燃料	年間使用量	排出係数	CO ₂ 排出量
アスファルトプラント	A重油	164,000 L/年	2.71 kg-CO ₂ /L	444 t-CO ₂
鑄造工場	LPG	91,601 kg/年	3.00 kg-CO ₂ /kg	275 t-CO ₂
エリア内暖房(3事業者想定)	電気	67,145 kWh/年	0.47 kg-CO ₂ /kWh	32 t-CO ₂
CO ₂ 削減量 エリア合計	全体			751 t-CO ₂
CO ₂ 削減量 20年間分	全体×20			15,016 t-CO ₂

表 4.3-24 供給側の買電分(+)と売熱による需要側の燃料削減(-)によるCO₂削減量

事業者名	燃料	CO ₂ 削減量 (供給側の買電分-需要側の削減分)
合計	エリア全体	668 t-CO ₂ /年
20年間のCO ₂ 削減量	全体×20年	13,360 t-CO ₂ /年
1トン削減あたりのイニシャルコスト		29,566 円/t-CO ₂

(4) まとめ

現状の需要量では、投資回収に 14.2 年かかる。価格は現在の燃料費と同等である場合としてこの状況である。需要量が多くなればまた、補助金で設備投資が半額になれば投資回収年数が下がるため、熱の価格を安く提供することを検討できるようになる。

需要家の燃料利用料やその費用は熱価格に左右されることであるため、企業としては開示しにくい情報ともいえるが、熱供給事業自体を半公共的な扱いで相互調整をすることにより、課題解決や自立可能なビジネスへと構築していくことが肝要となる。

需要開拓を行うとともに、熱配分を最大化できるよう、送気必要量を定量的に決定していくことが必要である。

4.3.5 実証計画の策定

関係者調整、供給施設の設計変更、EMS の構築の内容と進捗、CO₂削減・費用対効果の結果から、現時点可能な範囲での実証計画を策定した。今年度策定できた全体のスケジュールを以下に示す。許認可手続きの確認から、最短で施工開始まで1年、最大で2～3年スパンの期間が必要と分かった。

実証計画の策定に向けて、本事業、及びその他の補助事業の活用も踏まえ、実現可能な施工プランの策定を進める。また、事業の進捗に伴い、計画を詳細化させることとする。

パターンA【軽微変更届】

実施設計2か月、仕様確定・発注1か月、調達・施工8か月、性能検査・引渡1か月
その後に軽微変更届を提出して完了。

合計1年

パターンB【変更許可手続き】

環境アセス3か月～1年（既存の環境調査結果が利用可能なら3か月）

実施設計2か月、事前協議～変更許可申請～許可10か月～12か月、

調達・施工8か月、使用前検査1か月

合計2年～3年弱

実施に際しては、外部との関係から以下の点を調整する。

- ①配管帯を公道に隣接して設置する場合、設置幅に熱膨張吸収ベント分を考慮する。
- ②公道を横切る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。
- ③他工場の取り付け道路部を横切る際には、関係者の了承を取り付ける。

4.3.6 課題及びスケジュール

今後の課題として、以下が挙げられた。

(1) 周辺需要家及び行政との調整

- ・ 施工に向けた関係者間調整を引き続き行う。
- ・ 地域課題解決による地域循環共生圏創出のための関係者連携の強化
- ・ 需要開拓のための実現可能性調査、設計変更資金の調達。

(2) プラント設計

- ・ 熱供給を停止する場合のバックアップ体制との連携の検討
- ・ 流量計や圧力計設置場所の検討
- ・ 熱輸送中のロス負担は焼却側で持つことについての認識共有
- ・ 緊急遮断弁の責任者を焼却施設側で持つことの認識共有

(3) 熱電 EMS の構築

- ・ 焼却施設運用面での連携に関する要件定義
- ・ 熱供給を停止する場合のバックアップ体制との連携の検討（プラント設計と同様に）
- ・ 熱供給におけるデータ共有範囲の明確化
- ・ 重油やLPG使用量に関する情報のEMS向けデータの取得と連携汎用化への対応
- ・ 電力と熱の統合管理システムの検討

(4) CO₂削減・費用対効果

- ・ 需要先の開拓による事業採算性確保。
- ・ 試算において不明確なデータの実測と配分量の定量化。

地域の熱需給管理システム実証の実施スケジュール案を表 4.3-15 に示す。

表 4.3-15 地域の熱需給管理システム実証の実施スケジュール案

調査内容	令和3年度						令和4年度												令和5年度
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
4.3.1 周辺事業者および地元行政との調整																			
(1) 需要家への意向調査		→	→	→															
(2) 地元行政への許認可事項の確認					→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
4.3.2 供給設備・配管・需要側構造の設計																			
(1) 需給に関する設備・配管の設計		→	→	→	→	→													
(2) 熱供給パターンの整理		→	→	→	→	→													
(3) 許認可申請																			
4.3.3 需給管理システム設計																			
(1) エネルギーに関わる情報項目の選定																			
(2) 関連情報のデータ化検討（熱需要の実測調査）		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
(3) 需要予測に関わる要件定義と仕様設計				→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
(4) 供給側施設運用との連携に関する要件定義																			
(5) 熱と電力の統合管理システムの検討																			
(6) システム全体の仕様設計																			
(7) プログラム化																			
4.3.4 CO ₂ 削減・費用対効果の算定																			
4.3.5 実証計画の策定																			
4.3.6 課題のまとめ																			

地域循環共生圏への応募を想定

4.4 自治体における展開可能性の検討

本節では、焼却施設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の普及にむけた技術・法制度・データ共有上の課題について整理することを目的として、自治体向けアンケート及びヒアリング、焼却施設メーカーが参加する「意見交換会」を設置し、検討を行った。

自治体向けアンケートでは、2050年二酸化炭素排出実質ゼロ表明自治体のうち清掃工場の建替計画や焼却炉の老朽化が見込まれる自治体、及び主要な工業団地を有している約160自治体を抽出し、アンケート調査を実施した。また、アンケート調査等から把握した情報から、特に外部への蒸気供給を行っている自治体やコンビナート・工場連携の可能性がある自治体等を選定し、ヒアリング調査を実施した。この結果、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を抽出することができた。

意見交換会は廃棄物・3R研究財団が主催する研究会内に設置し、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。

4.4.1 焼却施設からの蒸気利用の波及に向けた課題

(1) 自治体向けアンケートによる焼却施設からの蒸気利用の事例調査

1) 熱利用による脱炭素化を取り巻く環境の変化

約3年前の平成30年5月末～7月に、国立環境研究所（NIES）が自治体向けに一般廃棄物焼却施設からの熱利用に関するアンケート調査を実施している（以下、平成30年調査という。）。この3年間で熱利用に関わる脱炭素化を取り巻く環境が大きく変化しており、以下にその考察を行った。

①平成30年調査の結果より

NIESのアンケート調査を下記に示す。同調査の考察では、自治体の廃棄物処理計画における焼却炉の位置づけとして、「蒸気利用する認識は広まっていない。」とされていた。

平成30年調査の概要

対象団体：自治体・一部事務組合（772 団体及び自身の清掃工場 1,011 施設）

実施期間：平成30年5月末～7月

設問数：自治体等に対して4問、清掃工場に対して5問

有効回答：自治体 48.2%、清掃工場 43.7%

○自治体では、焼却熱の工場利用に関する理解はほとんどなかったものの、潜在的な実装可能性（関心及び地理的近接性）は充分にありうる。

○ただし、自治体の関心は、あくまで周辺住民の理解と交付金の獲得が主であり、現状の枠組みでは、積極的に選択することは期待できない。

○熱配管のコスト高の認識や蒸気価格の設定など制度的に補完する必要がある。

○以上を克服するためには、国内での実装事例を増やすことと制度面での補完を保証することが重要であり、そのための研究を推進していく。

○そのプロセスを明示的に取り扱うことで戦略的なトランジションマネジメントの方法論を確立していく。

②ゼロカーボンシティ

令和2年10月内閣総理大臣による「2050年温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする」カーボンニュートラル宣言の後、脱炭素化の動きが活発となっている。ゼロカーボンシティ（2050年までに二酸化炭素実質排出量ゼロに取り組むことを表明した地方公共団体）は急速に増えてきており、環境省のまとめでは、令和3年12月28日時点で、514自治体が表明している。しかし、ゼロカーボンシティの脱炭素に向けた主な取組・施策をみると、ごみ焼却施設による発電は5自治体で明記されている一方で、ごみ焼却施設の廃熱利用を明記しているのは1自治体のみ（遠隔温浴施設の熱源利用）であり、焼却施設の蒸気による熱利用を表明している自治体は全くない。このことは、蒸気による熱利用が脱炭素に有効であるとの情報が周知されていないことを示していると考えられる。

③焼却施設からの熱利用の重要性・必要性がクローズアップ

環境省では令和3年度に下記に示す中央環境審議会・循環型社会部会を行い、廃棄物・資源循環分野における2050年温室効果ガス排出実績ゼロに向けた中長期シナリオ（案）を策定しており、その中で、「廃棄物焼却施設から産業へ蒸気供給することが、今後の有望な選択肢」と明記されており、焼却施設からの熱利用による脱炭素化を推進しようとしている。

- ・第37回環境省・中央環境審議会・循環型社会部会（令和3年4月6日）
「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」環境省 URL：
<https://www.env.go.jp/council/03recycle/council/03recycle/y030-37-s1-1.pdf>
- ・第38回環境省・中央環境審議会・循環型社会部会（令和3年8月5日）
「廃棄物・資源循環分野における2050年温室効果ガス排出実績ゼロに向けた中長期シナリオ（案）」環境省 URL：
http://www.env.go.jp/council/03recycle/y030-38b/mat01_1.pdf

以上の知見と動向を踏まえて、上記③の環境省・中央環境審議会・循環型社会部会の脱炭素施策の一部について、アンケート調査票に添付資料として盛り込むことにより、焼却施設からの熱利用による脱炭素化の自治体への周知を行うとともに、焼却施設からの外部熱供給の現状と関心の状況・課題などについて調査を行った。

2) アンケート調査先の選定

アンケート送付先自治体の選定方針を以下に示す。

- ・清掃工場の建替計画や焼却炉の老朽化が見込まれる自治体を対象とした。焼却施設は竣工から20年程度で建替えや改良工事を検討開始するのが一般的であり、25年程度で改良工事を行った場合、40年までは使うことが想定されるため、施設の稼働から20～25年目と40年目以上の炉を持つ自治体を対象とした。
- ・脱炭素への関心が高いと考えられるゼロカーボンシティ宣言都市を対象とした。
- ・外部への蒸気供給を行うためには一定規模以上の施設が必要であるため、施設処理能力が80t/日以上を有する施設を対象とした。
- ・熱供給では「地産地消」が有利であるため、熱需要のある工業地帯などの立地条件をベースに調査対象の絞り込みを行った。

上記の条件で選定した159自治体（175施設）は下記3つの条件を満たす焼却施設を持つ自治体である。

1. 64自治体が2050年二酸化炭素排出実質ゼロカーボンシティ表明自治体である。
2. 64施設が場外蒸気もしくは場外温水の利用を実施。（発電で場外利用は含まない）
3. 41施設が主要な工業団地を有している自治体にある。

3) アンケート調査方法

アンケート調査方法を表 4.4-1 に示す。159 自治体（175 施設）を対象に、調査票を郵送するとともに、締め切り前に電話等でリマインドを行い、回収率の向上に努めた。アンケート調査票を巻末資料 4.4-1 に掲載した。調査票作成にあたっては、以下の点に留意した。

- ・アンケートは熱利用に注視したものであり、環境省の令和 3 年度委託事業「脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業」や国立環境研究所作成のごみ焼却施設から工業団地の製造工場への蒸気供給システムの概略図を冒頭に示すなど、焼却施設からの熱利用の有効性をアピールした上での回答を得た。
- ・環境政策課等、将来の自治体の焼却炉の建設計画を策定する部署を対象に郵送した。
- ・自治体の回答負荷を考え、回答しやすい選択式アンケート（4 項目 23 問）を作成した。
- ・焼却炉メーカー 5 社（JWRF が別途実施している共同研究事業に参画している 5 社）に蒸気利用調査で自治体に確認したい内容をアンケート調査票に反映させた。
- ・基本的には平成 30 年調査と重複しない設問としたが、平成 30 年調査後の意識変化を把握できるような設問も含めた。

表 4.4-1 アンケート調査方法

項目	内容	
調査対象	自治体数	159 件
	施設数（1 つの自治体に複数の施設がある）	175 施設
	ゼロカーボン宣言の自治体数（514 自治体令和 3 年 12 月）	64 件
	熱供給（温水・蒸気の場外利用）を行っている自治体数	64 件
	工業団地を有している自治体数	41 件
宛先	市町村等の環境政策課等、将来の自治体の焼却炉の建設計画を策定する部署	
調査方法	郵送にてアンケート票送付、郵送または電子メールにて回答受領	
調査時期	令和 3 年 11 月 19 日～12 月 27 日	
調査項目	<ul style="list-style-type: none"> ・脱炭素化の取組み ・熱供給事業に対する関心 ・熱供給事業の課題 ・次期ごみ焼却施設の熱利用の方法 ・熱供給事業を行うために必要となる情報や条件等 ・ごみ焼却施設を工業団地等に立地させる計画 ・大規模需要先と連携事業への関心 ・ごみ焼却施設の蒸気利用による下水汚泥乾燥への関心 	

4) アンケート調査結果

アンケートの回収状況を表 4.4-2 に示す。送付自治体数 159 件に対して、回答数が 99 件、回答のあった焼却施設数は 152 施設に上っており、年末の短期間の調査にも関わらず、自治体数として 62.3% の高い回収率となっている。これは、蒸気による熱利用のエネルギー総合効率の高さをアンケートで説明したことから、脱炭素化の方策として蒸気による熱利用に対する関心度が高くなったことが理由として考えられる。アンケート調査結果は巻末資料 4.4-2 に収載した。

表 4.4-2 アンケート回収状況

項目	件数
アンケート送付数	159 件
対象施設数（1つの自治体に複数の施設がある）	175 施設
回収数	99 件
回収率%	62.3%
回答焼却施設数	152 施設

アンケートの質問項目ごとの回答まとめを表 4.4-3 に示す。

現状の焼却施設の外部への熱供給は温水が主体で無償であることが多い。脱炭素の取組みとして蒸気供給を検討している自治体からの回答はなく、計画や方針に記載している自治体もわずかである。しかし、熱供給事業への関心はかなり高く、「エネルギーの総合効率の高さ」、「脱炭素化手法としての魅力」、「設備投資費用の削減」の他、「売電等の制約を受けないため」がその理由として挙げられた。

一方で、熱供給事業に関心がない理由は、経済的、脱炭素化のメリットがわからず、わかりやすい先進事例がないことが挙げられており、具体的事例があれば、関心が高まり、理解が進むと考えられる。

熱供給事業の課題としては、立地や事業スケジュール、費用負担の調整など事業成立までの課題、蒸気使用料の算定方法、電気供給に比べて劣る維持管理性（蒸気漏れ、供給・停止操作の複雑さ）など運転時の課題、熱供給停止時の熱源確保、費用負担、熱供給先の倒産等のリスクなど運用上の課題が挙げられた。

表 4.4-3 アンケート回答のまとめ

質問	回答
質問 1.4 脱炭素化の意向確認	脱炭素化の意向として、4つの方策を示したところ、大規模熱利用が最も関心が高く、次いで、メタン化処理、フィードストックリサイクル、CCUS の順であった。
質問 1.5 脱炭素化の取組みとして検討していること	検討中の脱炭素化の取組みとしては、焼却施設内部での熱利用の改善（排ガスの再利用、高効率乾式排ガス処理の導入、白煙防止を目的とした排ガス再加熱の取止め、圧力波式ストロワの導入）、焼却施設の廃熱を利用した高効率発電及び電力の自己託送が回答として挙げられていたが、蒸気供給を検討していると回答した自治体はなかった。
質問 1.6 清掃工場の現況	熱供給は蒸気よりも温水が多く、有償よりも無償での提供が多くなっている。 熱供給を行っている場合、予備ボイラーは焼却施設ではなく、熱供給先の所有であることが多い。 供給量はごみ焼却施設が制御している場合が多い。

	熱導管の責任分界点は焼却施設の敷地境界であることが多いが、熱供給先の敷地境界の場合も多い。
質問 2.1 外部施設への熱供給の計画や方針の記載	外部施設への熱供給の計画や方針の記載は、既存の計画、新規の計画ともわずかにとどまっている。
質問 2.2 熱供給事業に対する関心	「大変関心がある」、「関心がある」の合計で 40 件近くあり、かなり関心が高い結果であった。
質問 2.2 どのような点に関して関心があるか	熱供給事業に対する関心の内容については、「エネルギーの総合効率の高さ」、「脱炭素化手法としての魅力」、「設備投資費用の削減」の他、「売電等の制約を受けないため」という回答もあり、系統電力への接続の制限の影響がみられる。
質問 2.4 関心がない理由	一方、熱供給事業に関心がない理由としては、「熱供給の経済メリットがわからない」、「脱炭素化にどの程度メリットがあるかわからない」、「わかりやすい参考事例がない」など、具体的な事例がないことが大きな壁となっていることがわかる。
質問 2.5 熱供給事業の課題	「熱供給先の確保やごみ焼却施設の立地条件を選定することが難しい」の回答が最も多く、発電とは異なり、需要家の近くに焼却施設が立地することが容易でないことがわかる。また、「事業採算性を計算することが難しい」の回答も多く、蒸気の価格を一定レベルで確保するためには安定供給を行うことが必要であり、需要家も限定されるため、事業採算性の計算が難しくなっていると考えられる。
質問 2.5 課題その他	立地や事業スケジュール、費用負担の調整など事業成立までの課題、蒸気使用料の算定方法、電気供給に比べて劣る維持管理性（蒸気漏れ、供給・停止操作の複雑さ）など運転時の課題、熱供給停止時の熱源確保、費用負担、熱供給先の倒産等のリスクなど運用上の課題がある。
質問 3.1 次期ごみ焼却施設の熱利用（蒸気利用）の方法	「発電を最大限に行えるようにし、電気の外部供給を主体と考えている」が最も多いが、「発電と外部熱供給（蒸気）をバランスよく行うことを考えている」も比較的回答が多かった。
質問 3.2 更新時において熱供給事業を実現できる可能性	「不可能」が 56 件に対して、「可能」は 16 件と少なかった。
質問 3.3 熱供給事業が実現不可能な理由	不可能の理由は「適地がない」、「立地先が決定済み」が最も多く、立地の問題が最大である。
質問 3.4 熱供給事業を行うために必要となる情報や条件等	「熱供給先の必要な熱量」が最も多く、「費用対効果の比較」、「熱供給先の事業計画」、「供給先までの距離」など、具体的に事業として成立することの条件に関する情報が必要である。
質問 3.5 ごみ焼却施設を工業団地等に立地させる計画	可能性が 80%以上は 11 件にとどまっている。
質問 3.6 熱供給事業を行うにあたって、あったらいいと思う制度	「熱供給専用の設備導入補助金」、「熱供給を前提とした FS 調査補助金」の回答が多いが、環境省の補助金が周知されていないと考えられる。「熱供給の固定価格買取制度(FIT)もしくはプレミアム価格での販売」についても比較的回答が多かった。
質問 3.7 大規模需要先と連携事業への関心	「関心がある」が 31 件あり、条件が整えば、可能性としてありうることがわかる。
質問 3.8 その他に熱供給事業に関して、要望や期待等	「熱供給先がない」、「売電を上回るメリット（金銭的なものも含めて）がないと実現しにくい」など、実現性について疑問視する意見も多いが、「CO ₂ 削減の一環として、熱利用には関心を持っている」という回答や「大規模プラントを県単位程

	度で作って長期的保全ができる事業として国、県のサポートが必要」という積極的な意見も出された。
--	--

5) 外部熱供給の現状

一般廃棄物焼却施設からの外部熱供給の現状について把握するため、蒸気利用と温水利用に分けて、その利用実態を整理した。外部熱供給の現状については、巻末資料 4.4-3 に詳細を収載した。全体としては、蒸気利用が少なく温水利用は多く、蒸気利用の場合、1 MPa、200℃以上での運用が主流であった。民間工場の場合隣接しており距離が100m 以内であることが主流であった。一方で、熱供給事業の対象となる規模の工場融通は1 事例のみであった。外部熱供給の現状に関する主な知見を表 4.4-4 にまとめた。

表 4.4-4 外部熱供給の現状に関する主な知見

	知 見
全体傾向	一般廃棄物焼却施設の外部熱供給において蒸気利用よりも温水利用のほうが多い。
	蒸気利用では、温水プールでの利用が最も多いが、民間工場、破碎施設やスラッジセンター等の処理施設での利用もある。
規模に関する傾向	蒸気の温水プール利用では1 MPa 以下、200℃以下の蒸気利用が多いが、民間工場、処理施設では1 MPa 以上、200℃以上の施設が相対的に多い。
	蒸気の供給量は、温水プール、温浴施設では1 t/h 以下から3 t/h 超まで広く分布している。一方、民間工場では、1 t/h 以下の施設は少なく、3 t/h 超の施設が相対的に多い。
	外部熱利用施設までの距離は、温水プールでは100m 以下から300m 超まで広く分布している。一方、民間工場では、100m 以下の施設が相対的に多い。
	熱供給事業法における熱供給事業の対象となる21GJ/h を超える熱量を蒸気供給しているのは民間工場への1 事例のみであった。
温水利用の傾向	温水利用では1 MPa 以下、60～100℃が多い。
	温水供給量は50m ³ /h 以下が多いが、200m ³ /h を超える供給もある。
	温水利用の中では、温水プール利用における温度や圧力が高く、供給量も多い。逆に温浴施設では、温度や圧力が低く、供給量も少ない。

(2) 外部熱供給実施自治体へのヒアリング調査

1) ヒアリング調査先の選定

ヒアリング先の選定条件は、自治体向けアンケートで回答が得られた自治体のうち、外部への蒸気供給を行っている自治体、コンビナート・工場連携の可能性のある自治体、焼却処理場が海沿いにあり、船舶輸送で大規模集約が検討できそうな自治体、独自に焼却施設のエネルギー利活用調査を実施している自治体を条件とし、10か所を選定した。

2) 実施方法

10か所中1か所は現地ヒアリングを行ったが、それ以外は、新型コロナウイルスの蔓延により現地ヒアリングが困難であったため、Web会議システムを使用した方式と、質問票をメールして電話による回答方式でヒアリングを行った。

以下にヒアリング結果の要点を示す。ヒアリング調査詳細については、巻末資料4.4-4外部熱供給実施自治体へのヒアリング調査結果に収載した。

3) ヒアリング結果要点

①外部への蒸気供給について

ヒアリングを行った自治体で外部の施設に蒸気供給を行っている代表例の蒸気供給条件を表4.4-5に、外部への蒸気供給に関するヒアリング結果概要を表4.4-6に示す。

入浴施設やプールなど公共の施設への蒸気供給の事例が多いが、住民還元施設であるため、蒸気は無償で提供している施設が大半であり、有償の場合でも一定量無償で、超過分を従量制にしているなど、需要側が受益に見合った費用負担を行う状況にはなっていない。一方、民間事業者への蒸気供給例については、事業者への配慮から、単価や事業内容は非公開とする施設が多く、民間事業者への蒸気供給の場合であっても地域貢献の立場を大事にしており、一般的な価格よりは安いという回答もあった。蒸気供給は24時間行うことが求められる例が多いが、有償の場合でも供給不足に対するペナルティがある事例はなかった。

表 4.4-5 外部蒸気供給事例の蒸気供給条件

都道府県名	地方公共団体	施設	熱供給施設種類	圧力 (MPa)	温度 (°C)	供給量 (t/h)	有償/無償	請求金額決定方法	供給不足に対するペナルティ
千葉県	A	①	温水プール等	0.29	150	4.5	有償	協議設定した上限値超過使用量に応じて有償額を決定	同一自治体施設への供給なので、ペナルティなし
		②	温水プール等	0.85	173	1.2	有償		
東京都	A	①	温浴施設	0.78	170	2.4	無償	なし	
愛知県	A	①	民間工場	0.69	250	1.5	有償	基本料金+蒸気単価×蒸気需給量+消費税等の額	ペナルティなし。供給停止時は連絡が必要。
		②	温水プール等	0.49		2	無償	なし	
	B	①	民間工場	1.59	265	16	有償	使用量×単価	ペナルティなし。供給停止時は連

									絡が必要。
	C	①	温水プール等	0.78	265	4	無償	なし	
大阪府	A	①	民間工場	0.7		4.5	有償	使用量×単価	民間事業者にボイラーあり、ペナルティなし
		②	温水プール等	0.7		2	有償	使用量×単価	同一自治体施設への供給なので、ペナルティなし
	B	①	温水プール等	0.39	230	2.7	無償	なし	
		②	温水プール等	0.78	185	4.6	無償	なし	
		③	下水汚泥処理施設	0.5	300	3	有償	使用量×単価	同一自治体施設への供給なので、ペナルティなし
岡山県	A	①	温水プール等	0.7	168	3	無償	なし	
		②	温水プール等	0.8	168	3	無償	なし	
		③	温水プール等	2	240	無制限	無償	なし	
福岡県	B	①	温浴施設	0.7	215	0.05	無償	なし	

外部蒸気供給の課題として、蒸気使用量の変動に伴い、安定的な発電に影響がある他、蒸気漏れトラブルや需要家側の機器故障による復水への影響などが挙げられた。

表 4.4-6 外部蒸気供給ヒアリング結果概要・[] は同様の回答の数

回答分類	回 答
蒸気利用方法	<ul style="list-style-type: none"> 入浴施設やプールなどへ蒸気供給を行っている。【8】 民間事業者へ蒸気供給している。【3】
蒸気料金	<ul style="list-style-type: none"> 入浴施設とプールの蒸気使用料については、住民還元施設のため無償【6】 一定量無料で、超過分を従量制にしている。 民間事業者へ蒸気供給は行っているが、事業者への配慮から、単価や事業内容は非公開としたい。【3】 民間事業者への供給では地域貢献の立場を大事にしており、一般的な価格よりは安い。
蒸気供給量、供給時間の取り決め	<ul style="list-style-type: none"> 0.3MPa、150℃、最大供給量 4.5t/h、24 時間供給 平均供給量 4.5t/h、最大 5t/h、24 時間供給
ペナルティ	<ul style="list-style-type: none"> 供給不足に対するペナルティはない。【6】
蒸気利用の課題	<ul style="list-style-type: none"> 時間帯によって供給先の蒸気使用量の変動するため、工場内の安定的な発電に影響がある。 高温な蒸気は危険が伴うので、それを外部に出すのは非常にリスクがある。過去に外部での蒸気漏れトラブルあり、扱いにくさを知った。内部で蒸気を使用する発電なら外を気遣う必要もなく、売電ならリスクが低い。 民間事業者の熱交換器故障により、熱交換器の加熱物が復水に含まれてトラブルを起こした事例がある。それからは復水処理を民間事業者で行ってもらっている。

②コンビナート、工場連携について

熱需要が大きいと想定されるコンビナートエリアや工業地帯への大規模焼却施設の設置・集約化に関するヒアリング結果概要を表 4.4-7 に示す。

現時点で稼働している焼却施設の運転が長期的に継続されることが決まっていることがあり、熱需要に対する不確定な状況から実現するのは難しいという回答が多いが、民間事業者からの熱供給の要望があれば検討するという回答もあり、また、検討するためには、熱供給に関する指針等があるとよいという意見もあり、環境省として熱供給を進めていくためには対応を検討していく必要がある。

表 4.4-7 コンビナート等への大規模焼却施設の設置に関するヒアリング結果概要

回答分類	回 答
可能性あり	<ul style="list-style-type: none">・民間事業者から熱供給の要望があれば検討する。【2】・検討のため、熱供給に関する指針等があるとよいと思う。・将来的に仮に大規模なコンビナートが存在する地域で集約化が行われるとすれば、廃棄物エネルギー活用の選択肢の1つとして可能性はあると考える。
難しい	<ul style="list-style-type: none">・現焼却施設の長期計画が決まっているため難しい。【3】・現時点で検討の可能性はない。【3】・土地の制約が大きい。・市内に工業地帯はあるが、熱需要があるかは不明。【3】

③沿岸地区への大規模焼却施設設置について

船舶による廃棄物の大量輸送に対応できる沿岸地区への大規模焼却施設の設置に関するヒアリング結果概要を表 4.4-8 に示す。

現焼却施設の長期計画があるため難しいという回答の他、遠距離輸送は、災害や事故で、物流が止まる可能性があるため、一般廃棄物の安定処理を考えると採用は困難という意見もあった。一方で、大規模・集約化したほうが余熱利用には有利であり、廃掃法の趣旨に沿うことが前提で、かつ、自治体によって有利であることが条件ではあるが、検討するとの回答もあった。

表 4.4-8 沿岸地区への大規模焼却施設の設置に関するヒアリング結果概要

回答分類	回 答
可能性あり	<ul style="list-style-type: none"> ・焼却施設の大規模・集約化につきましては、廃掃法の趣旨に沿ったものであることが必要と考える。そのうえで当市に有効と考えられれば検討する。 ・一般論として発電できない小規模なごみ焼却炉を複数建設するより、集約化して発電など余熱利用可能な焼却工場を建設するほうがよいと思う。
難しい	<ul style="list-style-type: none"> ・現焼却施設の長期計画が決まっているため難しい。【3】 ・現時点で検討の可能性はない。【3】 ・海から離れている自治体は、遠距離輸送は、災害や事故で、物流が止まる可能性があるため、住民の一般廃棄物の安定処理を考えると採用は困難。 ・組合であるため、将来のことを答えるのは難しい。

④将来のエネルギー利活用について

将来のエネルギー利活用に関するヒアリング結果概要を表 4.4-9 に示す。

熱利用については、関心があり、電力利用に替わる方法として有効利用を検討すべきであることは理解されているものの、電力に比べて需要先が限定的であり、供給可能な距離や温度にも制約があるため、積極的に蒸気を外部供給する意向は見られない。

表 4.4-9 将来のエネルギー利活用に関するヒアリング結果概要

回答分類	回 答
熱利用への関心あり	<ul style="list-style-type: none"> ・脱炭素で関心はある。
熱利用困難	<ul style="list-style-type: none"> ・発電と蒸気供給の両方のバランスをとって操作するのは難しい。 ・将来電力需要の増加により、電気の接続制限が頻繁に生じるようになれば電力活用の選択肢が極めて狭まるため、熱の有効活用を検討すべきであるとする。しかし、電力と比較すると熱の需要性は低いように感じており、活用先の拡充が無ければ十分な活用は難しいように思える。 ・将来の熱利用に関しては、熱導管設置による熱供給可能性とトランスヒートコンテナを使ったオフライン熱供給可能性について検討している。どちらも技術的には実用化されているが、供給可能な距離や熱の温度が限られているため、活用先の確保が課題であると考えており、具体的な導入検討は行っていない。 ・廃棄物焼却熱の利用に関しては、廃棄物発電による電力利用と比べて活用方法（供給可能な距離や熱の温度）が限られており、検討に苦慮している。
発電に注力	<ul style="list-style-type: none"> ・効率の良い蒸気タービンを選定するなど、発電に注力することを考えている。【2】
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・メタン化を考えたことはあったが、収集、分別の課題が多く具体検討には至らなかった。

(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

自治体へのアンケート及びヒアリング調査で判明した、熱利用促進の為の技術・法制度・データ共有上の課題について整理を行った。

1) 技術の課題

①熱供給配管

アンケート及びヒアリング調査より、技術的課題で回答が多かったのは、蒸気配管についてであった。場外への高温高圧な蒸気供給は安全性に気を遣う必要があり、また、配管経路や復水の扱いも課題である。そのため、敷地内で完結する発電への関心のほうが高い。また、配管経路は地上にするか埋設管にするかによっても配管材質や仕様、コストが変わるため、比較検討が必要である。

②運転操作

蒸気供給の運転操作について、自治体供給側の蒸気発生量と、民間需要側の蒸気使用量のバランスをとるための操作が難しいとの回答があった。これは供給側ではごみの低位発熱量、処理量によって発生蒸気に変動があり、需要側では生産や稼働の状況により蒸気需要の変動があるためである。需要側の容量が大きくて、バッファ機能が十分あれば、供給量を厳密に制御する必要はないが、需要側の状況によっては IoT を活用したエネルギーマネジメントシステムの導入の検討が必要である。

2) 法制度上の課題

①熱供給事業法

蒸気供給を行う場合、21GJ/h 以上の加熱規模があり、二つ以上の建物の一般需要に応ずる事業は熱供給事業法上の「熱供給事業」に該当する。熱供給事業法の第2条において、「熱供給」と「熱供給事業」の定義をされており、同法に定められた熱供給事業の成立要件は、図 4.4-1 のような内容となっている。

「熱供給事業」に該当する場合、経済産業大臣への事業の登録（法第3条）、熱供給の相手方の熱供給に対する需要に応ずるために必要な供給能力の確保（法第13条）、料金その他の供給条件等の説明・書面交付（法第14条～第16条）、導管の工事計画の届出、導管の使用前自主検査、保安規程の届出（法第20条～第24条）が必要となる。

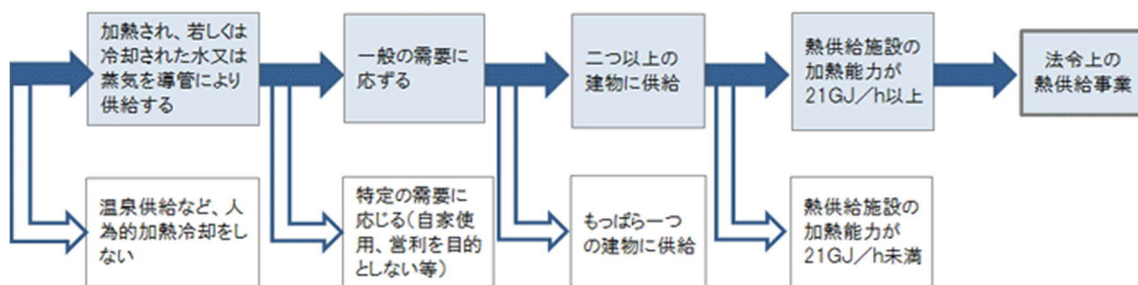


図 4.4-1 熱供給事業の成立要件（出典：経済産業省 資源エネルギー庁）

②補助金制度

アンケート結果において、熱供給専用の設備導入及びFS調査に対する補助金の制度があると良いと思うという回答が多くあった。環境省で現在実施している「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」を知った上での回答も含まれる可能性もあるが、より積極的な周知が必要と思われる。

また、発電を伴う蒸気利用は、コージェネシステムに該当する場合があります、その場合に適用される法令や補助金について、一般財団法人 コージェネレーション・エネルギー高度利用センターのホームページに整理されている。

コージェネ財団 URL : <https://www.ace.or.jp/index.html>

③責任分界点

事業の責任分界点をごみ焼却施設の敷地境界に置く場合と、熱供給先の敷地境界に置く場合がある。ヒアリングを行った 10 自治体での責任分界点を表 4.4-10 に示す。民間工場への蒸気供給においても、ごみ焼却施設の敷地境界に置く施設が 2 件と熱供給先の敷地境界に置く施設が 1 件となっているなど、定まった方式はないようである。熱供給事業に該当する場合は、熱供給側に蒸気供給量を確保することが求められるため、責任分界点を熱供給先の敷地境界に置いて、蒸気配管の維持管理を焼却施設側が行う必要があると考えられる。

表 4.4-10 事業の責任分界点

都道府県名	地方公共団体	施設	熱供給施設種類	供給先までの距離m	熱導管の責任分界点	予備ボイラーの所有者	熱供給量の制御
千葉県	A	①	温水プール等	隣接	ごみ焼却施設の敷地境界	熱供給先	熱供給先
		②	温水プール等	隣接	熱供給先の敷地境界	無し	ごみ焼却施設
東京都	A	①	温浴施設	150	自施設のため無し	ごみ焼却施設	ごみ焼却施設
愛知県	A	①	民間工場	210	熱供給先の敷地境界	熱供給先	ごみ焼却施設
		②	温水プール等	30	熱供給先の敷地境界	無し	ごみ焼却施設
	B	①	民間工場	40	ごみ焼却施設の敷地境界	無し	熱供給先
	C	①	温水プール等	200	ごみ焼却施設の敷地境界	無し	ごみ焼却施設
大阪府	A	①	民間工場	隣接	ごみ焼却施設の敷地境界	熱供給先	ごみ焼却施設
		②	温水プール等	隣接	ごみ焼却施設の敷地境界	ごみ焼却施設	ごみ焼却施設
	B	①	温水プール等	170	熱供給先の敷地境界	熱供給先	ごみ焼却施設
		②	温水プール等	300	ごみ焼却施設の敷地境界	ごみ焼却施設	熱供給先
		③	下水汚泥処	269	ごみ焼却施設	熱供給先	熱供給先

			理施設		の敷地境界		
岡山県	A	①	温水プール等	500	熱供給先の敷地境界	熱供給先	ごみ焼却施設
		②	温水プール等	500	熱供給先の敷地境界	熱供給先	ごみ焼却施設
		③	温水プール等	100	熱供給先の敷地境界	ごみ焼却施設	熱供給先
福岡県	B	①	温浴施設	200	ごみ焼却施設の敷地境界	無し	ごみ焼却施設

3) データ共有上の課題

①熱供給の需要と供給

自治体内のエリアでの熱供給先が無いまたはわからないという回答が多かった。自治体内の産業部局と連携し、蒸気を使用する業種や事業所を整理して、蒸気の圧力や温度、使用蒸気量などの情報を GIS 上で見やすい形で表現する等、熱需要を見える化して熱供給の検討を行っていくことが必要になると考えられる。

②供給先との情報のやり取り

事業採算性を計算することが難しいとの回答が多かった。蒸気需要について、年間の変動に対して、焼却施設からの蒸気で十分賄えるのか、蒸気量を安定させるアキュムレータや焼却施設の定期補修時やトラブルによる停止時にバックアップを需要側と供給側のどちらが持つのか、また、需要側が現在使用している燃料の種類や量、その相場によっても事業採算性は大きく変わってくることになる。

事業を開始する前に、これら事業採算性に関する事項は詳細に検討する必要がある、そのためには経営に係ることの開示も必要となってくるため、供給先との情報のやり取り・秘密保持について決めておく必要がある。

③事業者の経営状況

供給先の事業者が熱利用をしている事業を中止、倒産のリスクがあるなどの経営状況を不安視する回答があった。供給先の事業の安定性が課題であり、自治体が運営ないしは関与している温浴施設やプールはそのリスクは小さくなる。

現在民間事業者向けに熱供給事業を行っている自治体は、事業継続についてお互いよく話し合っており、罰則などは設けていないところがほとんどであり、互いの信頼関係を上手く築くことが事業成立には重要なポイントである。

④データの公表

民間事業者に熱供給を行っていることをあまり公表したくない自治体が多いということがヒアリングによって判明した。これは独自の単価設定や民間事業者側の企業秘密のためと、地理条件によりやむを得ないとはいえ、特定の事業者だけに熱供給することは、同じ市区町村内の他の事業者への公平性を問われる心配があるためとのことであり、熱供給を今後普及させていくためには、解決しておくべき課題である。

4.4.2 ポテンシャルの拡大推計と課題の整理

(1) 意見交換会

ごみ焼却施設の熱供給側からの視点で、「ポテンシャルの拡大推計と課題の整理」に関して、本事業の作業計画書（令和3年9月）に準じて、（公財）廃棄物・3R研究財団で実施中の共同研究事業「次世代静脈インフラの構築に向けた包括的研究」（以下、共同研究事業という。）のメンバーである有識者2名及び焼却炉メーカーの5社（川崎重工業（株）、（株）神鋼環境ソリューション、JFEエンジニアリング（株）、（株）タクマ、日立造船（株））の参加を得て、2回の意見交換会を実施した。以下に2回の意見交換会で得られた知見を記す。

1) 第1回意見交換会（令和3年10月22日）

本事業の概要と自治体アンケート調査の趣旨、調査票案を説明した上で、一般廃棄物焼却施設における外部熱供給・熱利用事例紹介と自治体アンケート調査において自治体に聞いておきたい事項のリストアップを依頼し、成果を得た。

- ・5社が建設した焼却施設のうち外部熱供給している事例のリストアップ
- ・自治体向け熱利用アンケートで、自治体に聞いておきたい事項のリストアップ

2) 第2回意見交換会（令和4年3月2日）

①自治体向け調査結果に関する意見交換

自治体向けアンケート、ヒアリング調査で得られた焼却施設の熱利用の実態に関する成果・課題の情報提供に対し、5社から熱利用による脱炭素推進に有益な意見を聴取することができた。表4.4-11に自治体向けアンケート、ヒアリング調査結果についての意見交換の内容を示す。

表 4.4-11 自治体向けアンケート、ヒアリング調査結果についての意見交換

5社からの意見	コメント
自治体はアンケートで熱利用に関心はあるが、実施する予定は無いとの調査結果が出ている。これは本アンケートを行ったことによって初めて熱利用を知ったので関心が湧いたのか。それとも熱利用は知っているが、制約が多くて難しいので、実施する予定がないのか。(A社)	今回のアンケートでは焼却施設からの熱利用の有効性をアピールした上で回答する形式としたため、熱利用への関心が高い結果になったと考えられる。また、すでに熱利用を実施している自治体では、民間との熱利用契約は安定供給責任や金銭のやり取り等、いろいろな課題があることも明らかとなり、現状が把握できたと考えられる。
熱供給事業であったらよいと思う制度の回答で、設備の導入補助金とあるが、現状すでにあるのではないか。(B社)	令和3年度環境省「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」他、いくつかある。これらの補助制度を知った上での回答も含まれる可能性もあるが、熱供給を促進させるにはより積極的な周知が必要と思われる。令和3年度環境省 URL を示す。 https://www.env.go.jp/earth/earth/ondanka/energy-tai sakutokubetsu-kai kei r03/matetr03-07.pdf
最近では DBO の案件が増えてきているが、焼却炉メーカー側から熱利用を提案するのは相当	DBO で外部熱供給している事例もあるが、熱需要側の安定稼働リスクと収益性との balan

<p>なメリットがないと難しいと思う。ごみ処理事業の主体が民間になっていけば、やりやすくなるかと思う。また、今回は自治体向けのアンケートだが、民間事業者側へのアンケートも行うとよいと思う。(C社)</p>	<p>スが重要であり、熱利用の課題と考える。民間によるごみ処理事業についてはさらに大きなテーマであるが、人口減少・自治体の財政逼迫にも対応した一つの方向性と考えられる。民間事業者側へのアンケートについては、熱需要側の情報は本事業の別パートで実施しているため、そのパートの進捗状況と調整し、必要に応じて調査を実施したい。</p>
--	---

②脱炭素の所有権に関する意見交換

この検討テーマについて、EXRI より、「廃棄物処理セクターにおける排出削減貢献量算定に関する論点整理」～廃棄物焼却熱供給事業について～を報告した(出典:廃棄物処理・リサイクルIoT導入促進協議会 低炭素化WG)。EXRI 資料は本報告書の資料 2.6「まとめ及び今後の課題」に収載した。表 4.4-12 に 脱炭素の所有権に関する意見交換を示す。

表 4.4-12 脱炭素の所有権に関する意見交換

5社からの意見	コメント
<p>「廃棄物処理部門における温室効果ガス排出抑制等指針マニュアル」等では、売電は二酸化炭素排出量についてマイナスカウントをしているように、閉じた系ではそういう評価をしている。ところがJ-クレジットではなかなか積極的に乗ってこない。是非、積極的にJ-クレジットに乗せていきたい。</p> <p>CCUS についても同感で、動機付けは必要で、コストもかかるし、エネルギーも消費する。今まで売電できたものが内部消費となるとコスト的にもちゃんと評価ができないとメーカーとしても踏み込めない。(D社)</p>	<p>廃棄物処理システムという閉じた系にとどまらず、外部熱供給をするなら、産業側との脱炭素の所有権が重要になる。</p> <p>J-クレジットやCCUについても正しく評価していく必要がある。</p>
<p>本件非常に興味がある。プラントメーカーから数値的なものは出せるので協力できると思う。(D社)</p>	<p>評価の時点でプラントの実データが必要になることも考えられるので、協力をお願いしたい。</p>
<p>改めて整理できた。開発側の人間で目線が先過ぎるかもしれないが、廃棄物のマテリアル化が(最終的な)目指すべき姿と考えている。研究レベルでは、toケミカルも出てきている。制度設計に落とし込むのには早いと思うが、視野に入れていければと思う。</p> <p>CO₂の形態のみの検討ではなく、Cとしてのいろんな形態の循環を組み込んだ制度になればよいと思う。(E社)</p>	<p>マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルの動きにも注目していく。</p>

③ごみ焼却施設等の脱炭素化に向けたシナリオプランニング

この検討テーマについて、NIES より、脱炭素なプラスチック循環経済の構築に向けて（自治体向け説明資料）を報告した。この報告資料は巻末資料 4.4-5 に収載した。

この資料を基に、意見交換会の後、有識者から令和4年度のテーマと課題及び参加メーカーから今後の検討内容についての提案を頂いた。提案内容は次頁の「今後の予定」にまとめた。

（2）ポテンシャルの拡大推計

自治体アンケート・ヒアリング調査の結果、熱供給事業法における熱供給事業の対象となる 21GJ/h を超える熱量を供給しているのは民間工場への 1 事例のみであった。

ただし、この 1 事例についても、焼却施設のタービン交換の時期に蒸気の有効利用策として一時的に供給していたものであり、通常の蒸気供給量は 21GJ/h よりも少ない。一般廃棄物焼却施設からの蒸気供給のポテンシャルを考える場合、現状の売電をそのまま行っている状況では、ポテンシャルとしては大きくはならない。焼却施設における発電については、自家消費分のみ限定し、売電を行っている蒸気に相当する分を外部熱供給することを考えなければ、ポテンシャルとしては限定的にならざるを得ない。

発電を自家消費分のみ限定し、残りの蒸気を外部熱供給することになれば、ボイラーの蒸気条件について高効率発電を目指して高くする必要性は薄れ、タービン発電機の容量も小さくなることから、焼却施設のイニシャルコスト・メンテナンスコストも低減されることが考えられる。

外部蒸気供給をターゲットとした焼却施設の設計の考え方について、焼却炉メーカーの知見を踏まえ、一般廃棄物焼却施設からの将来的な熱供給量のポテンシャル推計を行っていくことが課題である。

4.4.3 課題及びスケジュール

意見交換会の後、有識者及び参加メーカーから、表 4.4-13 に示す令和 4 年度のテーマと課題及び今後の検討内容について提案があった。

表 4.4-13 令和 4 年度のテーマと課題

有識者及び参加メーカーからの意見
アンケート、ヒアリング回答を見ると、熱利用については想定通りで、自治体側から見た視点だとなかなか進まないの、いかに需要側、民間からできるモデルを作れるかが重要と思う。 水素の FIT の話が公式な場に出てきており、動向に注意しておくといよい。脱炭素の効果をどう見るのかに関わってくる。 熱供給の話は今回の環境省事業の枠組みで考えればよい。CCUS は焼却炉メーカーの共同研究事業 WG3 で議論すればよい。また、RPF は産廃事業者が参加している「廃棄物処理・リサイクル IoT 導入促進協議会」など、対象によって議論する場を変えながらやれるといよいと思う。 プラ新法に関わる自治体の動きが出てきている。(有識者)
今日の会議から熱供給しようとしても受け皿がない、焼却施設の場所の問題が多いことがわかった。また、プール、温浴などの公営施設なら焼却炉のトラブルや定期検査で、蒸気供給が停止しても大した問題にはならないが、民間への熱供給が熱供給事業(21GJ/h 以上)に該当するとなると、予備ボイラーを備える等、熱供給を保証しなくてはならない。その辺りが課題になっているのかと思う。(有識者)
コンビナートや工業地帯において、必要となる蒸気条件及び熱需要の変動とその変化速度、戻り水の条件などの情報を基に、焼却施設の開発要素の検討、焼却施設のからの熱供給のマッチング検討
実際の熱需要データを用いた簡易な FS 検討
DBO 事業として熱供給を行うことを想定した所掌範囲や責任分担などの検討
熱供給義務、責任について(焼却施設緊急停止時のバックアップ体制など)の検討

引き続き、これらの提案を踏まえ、令和 4 年度は令和 3 年度での検討課題をアップデート及び熱供給側、焼却炉メーカーからの視点からだけではなく、「蒸気利用側と供給側の両側から見た蒸気利用促進策を検討」する意見交換会を実施し、自治体における展開可能性の検討を行っていく。

表 4.4-14 に令和 3 年度の実績及び令和 4 年度のスケジュールを示す。

表 4-4-14 JWRF パートの令和 3 年度の実績及び令和 4 年度のスケジュール（赤線：実績、黒線：予定）

調査内容	令和 3 年度							令和 4 年度											
	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	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. 焼却施設からの蒸気利用の波及に向けた課題の整理																			
・自治体向けアンケートによる焼却施設からの蒸気利用の事例調査		作成	→	アンケート	→	整理	→	自治体アンケートで抽出した課題解決に向けた考察											
							分析												
・先行事例実施機関及び有識者へのヒアリング調査	事例把握次第順次ヒアリング							ヒアリングによる事例収集・整理											
		ヒアリング	11/25	→		ヒアリング	→												
・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						調査	→	データ共有・法制度上の課題の整理											
							→												
2. ポテンシャルの拡大推計と課題の整理 (熱供給側からの視点・廃棄物焼却施設)																			
・産業への蒸気安定供給システムに対する意見交換		開催	10/22	→			開催	3/2	→	蒸気利用側から見た利用促進検討会									
・熱融通の焼却炉側からみた各種課題に対する意見交換		開催	10/22	→			開催	3/2	→	蒸気供給側から見た利用促進検討会									

4.5 工業団地及び水平展開時のCO₂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。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、CO₂削減の費用対効果推計を行い、評価・検証を行う。

3年間の事業期間を通じて後述の3. に示す内容を実施する予定であるが、令和3年度はこれらの作業に必要なデータ収集のみを実施した。業務目標及び達成事項を表4.5-1に示す。

表 4.5-1 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 ₂ 排出削減効果の推計が概算となっている。
最終目標	・実証試験におけるCO ₂ 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 ₂ 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 ₂ 排出削減効果と経済性が得られることを検証。
令和3年度の目標	・今後の廃棄物組成の変化、及び処理対象廃棄物を時系列で整理する。 実証で得られたデータや課題、理論検討の成果について、プラントメーカーや自治体からの情報を踏まえ、CO ₂ 削減費用対効果推計を行い、評価・検証を行うが、今年度はそのためのデータ収集を実施する。
令和3年度に達成した事項	・令和4年度以降の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。

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となるが、その推計を行うために基盤となるデータを収集し、一部、分析した。これらを基に、今後、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、CO₂削減の費用対効果推計を行い、評価・検証を行うためのデータベースを整備した。3年間の事業期間を通じて推計を行う予定であるが、令和3年度はこれらに必要なデータ収集は概ね収集できた。

4.5.1 廃棄物の質的及び量的な推移予測

廃棄物の質的及び量的な推移予測をするため、図4.5-1に示すように、今後の廃棄物組成の変化、及び処理対象廃棄物を時系列で整理するため、令和3年度は、(1)シナリオによるシミュレーション、(2)一般廃棄物処理実態調査に基づく統計分析の2つのアプローチから検討した。令和4年度以降に双方の妥当性を確認したうえで、拡大推計に向けた質的・量的な推移シナリオを特定する。

調査方法の全体像を図4.5-1に示す。方法論として、図4.5-1中の(1)では、将来の人口、廃棄物発生状況を整理し、シナリオによるシミュレーションを実施していく。令和3年

度は、ステップ 1-1 として、自治体、組成ごとの廃棄物発生量を人口と一人当たり廃棄物発生量の積に分解し、環境総合研究推進費（2-1805）の成果である地域 SSP による人口シナリオを基に、特定地域の将来廃棄物発生量を組成別に推計し、分析の基礎データとした。この基礎データを基に、令和 4 年度以降、ステップ 1-2 として推計対象とする自治体を対象に、現状～2040 年までの廃棄物発生推移シナリオを特定していく。その際に、政策シナリオを特定するパラメーターとして、一人当たり発生抑制率、リユース・リサイクル率、バイオ由来等の新素材の導入率を操作変数としてシナリオを特定できることを目指す。

一方で、（2）で焼却炉での廃棄物の組成情報と家計消費を紐づけ、過去の傾向から将来を推計する方法も同時に実施していく。令和 3 年度は、ステップ 2-1 として、全国 3 次メッシュ（1km×1km）の家計消費統計と焼却炉での廃棄物の組成情報を結合し、その関係を分析した。令和 4 年度以降は、過去年度の情報を含めてパネル分析を実施することで、消費傾向と廃棄物の質との関係を分析する。さらに、コホート分析の手法を用いて、将来の廃棄物発生量と質の推計を行っていく。

令和 4 年度以降（1）、（2）の分析結果や前提条件を踏まえ、妥当な推計シナリオを設定し、コンビナートでの拡大推計に向けた「廃棄物資源の量×質」の推計シナリオを複数、特定する。

①産業への蒸気安定供給システムの基本設計
 化学工場との連携による蒸気産業利用の事業化可能性調査

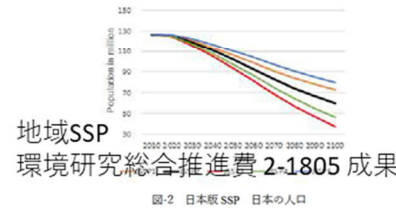
①廃棄物の質的及び量的な推移予測

(1)将来の人口、廃棄物発生状況の整理
 →シナリオによるシミュレーション

廃棄物の推移シナリオ1

ステップ1-1:特定市町村、現状～2040年

廃棄物発生量(自治体、組成) =
 人口(自治体、年度) × 一人当
 たり発生量(自治体、年度)



→地域SSPに準拠した廃棄物発生量・組成をシミュレーション
 一人当たり発生量、焼却炉搬送時の組成、3R政策は一定と仮定

(2)組成情報と家計消費の紐づけ
 →統計分析、コホート分析

家計消費を紐づけた廃棄物の分析

ステップ2-1:全国3次メッシュ(1km)、単年度



令和3年度実施済み

ステップ1-2:対象市町村、現状～2040年、
 政策変数の追加

- 政策シナリオのパラメータ:
 一人当たり発生抑制率、リサイクル・リユース率、
 新素材の導入率

→地域SSPに準拠した廃棄物発生量・組成をシミュレーション
 一人当たり発生量、焼却炉搬送時の組成、3R政策を政策変数
 としてシナリオ設定

ステップ2-2:全国3次メッシュ(1km)
 、過去～現在

令和4年度以
 降に実施する

ステップ2-3:全国or特定地域、過去～現在～
 将来
 コホート分析を用いた推計

妥当な推計パスを設定

最終目標:拡大推計にむけた質的・量的な推移シナリオの特定

図 4.5-1 調査方法の全体像

(1) 将来の人口、廃棄物発生状況の整理

30年後の廃棄物発生地域の人口を把握することで廃棄物の発生状況を整理するとともに、メッシュ当たりの人口、世帯数を把握した。想定するケースについて、収集範囲を特定するためのデータを収集、整備した。メッシュ当たりの人口については、環境総合研究推進費(2-1805)の成果である地域 SSP を入手した。これを基に世帯数を算定する手法を検討した。廃棄物の発生量および組成の推計と紐づけるため、一般廃棄物処理実態調査を用いて、焼却炉の立地自治体の人口情報と廃棄物の処理量、組成量とを紐づける準備を進めた。また、今後のコンビナートへの収集・運搬可能性を検討するため、コンビナート A を仮設定し、そこに近接する 9 都道府県の焼却炉との道路距離を算出し、更新時期を見据えて建設年度ごとに集計した。図 4.5-2 にその結果の一部を示す。

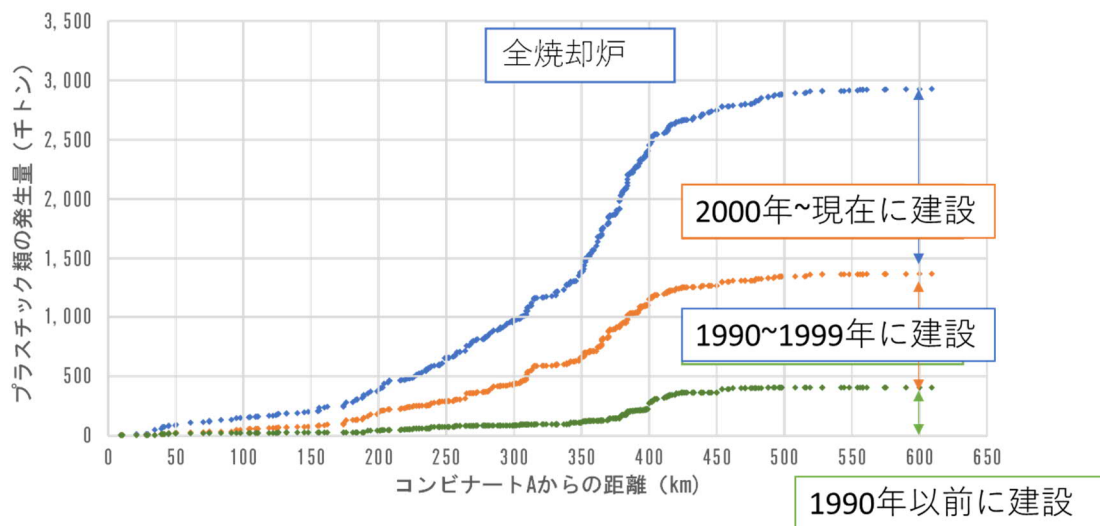


図 4.5-2 コンビナート A に収集・運搬が想定される焼却炉からの距離と廃プラスチック類の発生量の関係 (試算中)

利用データ：地域 SSP 及び一般廃棄物実態調査結果
整理内容：30 年後の廃棄物発生地域別の人口の整理

(2) 組成情報と家計消費の紐づけ

廃棄物組成情報と家計消費の紐づける検討では、物価の影響は受けるものの、物品の消費量当たりでの組成ごと廃棄物発生量は将来にわたって大きく変わらないことが想定される。また、組成毎の重量当たり低位発熱量は今後も大きく変化しないと想定されることから、本事業を横展開する場合の供給側からのポテンシャルを評価するのに貢献する元と考えられる。そのため、これを一般廃棄物の発生量・事業ポテンシャル推計シミュレーションに活用する。大都市と中小都市で消費の状況が異なるため、今年度は全国レベルでのデータ分析を行い、特定地域レベルにおろせるように幅を持たせて検討できる体制を構築する。

利用データ：一般廃棄物実態調査結果及び総務省の家計調査結果

整理内容：現状の廃棄物組成と家計消費より廃棄物組成の発生元を推定、過去の統計データへの適用により将来推計及び将来シナリオ作成に貢献するシステム構築を行う。

4.5.2 工業団地での拡大推計

工業団地については、東海村の実証試験の結果（後付けで熱回収装置を設置）から、当初からボイラー設置されている焼却施設で、フルスケールで蒸気供給を実施した場合の費用対効果の拡大推計を実施する。今年度は、東海村工業団地担当者との関係を構築し、団地内の既存熱需要、新規熱需要の誘導の可能性について検討する準備を整えた。

4.5.3 水平展開した場合の拡大推計

(1) 化学コンビナート及び工業団地区分等に関する文献調査

コンビナートといっても、重工業では鉄鋼・製鉄系のコンビナートや化学系のコンビナート、軽工業では衣料や食品系などのコンビナートが存在する。ここでは、対象を明確化するため、コンビナート及び工業団地に関する基礎情報について文献調査を行い、コンビナートの定義、工業団地の区分や種類を俯瞰的に整理して、検討対象とする化学コンビナートや、工業団地等の位置づけや定義を確認した。

利用データ：ウェブサイト等の公開情報

整理内容：コンビナートを含む工業団地リストの作成
15か所の化学コンビナートに関する情報整理

工業団地データベースを確認し、各工業団地の存在を把握するとともに、工業団地の体系的区分、及びコンビナートの定義を調査した。

1) 工業団地データベースの確認

巻末資料 4.5-1 を参照。

2) 工業団地の区分と定義の確認

①工業団地の区分

工業団地の区分と定義をウェブ検索で調査し、整理した。いわゆる「コンビナート」の区分上の位置づけは、製造物別のうち、重化学工業に属するもののうち、原料の調達から加工までを近接した工場で行う地区等となる。工業団地の区分リストを表 4.5-2 に示す。

表 4.5-2 工業団地の区分リスト

区分	項目	説明
製造物別	重化学工業	重工業と化学工業（千葉県浦安市：鉄鋼業団地） ※化学工業が集積したものを化学工業団地と呼ぶ。
	軽工業	食料品、繊維、衣服、ゴム、皮革、木材、家具、出版、窯業等。（兵庫県富岡市：鞆産業団地）
物流拠点別	内陸型工業団地	工業用水の確保、高速道路や鉄道といった内陸交通の利用を想定。
	臨海型工業団地	港湾に接し海運による原材料の供給・製品の搬出を想定。
	臨空型工業団地	空港に近接し航空による運輸などを想定。
立地要因別	用水型	製品の製造に際し、工業用水を大量に使用する業種。
	用地型	大規模に土地を必要とする業種。
	労働力型	工場経営費用の中で「労働費」が「資本費用」を上回る業種。組み立て、加工、包装のウエイトが高い業種。
	都市型	都市に誘引される工業。食料品加工、衣料品、化粧品等。
	資源型	原材料・資源の所在によって事業所の立地が決まる業種。セメント工業、天然ガス等。
	港湾型	海水利用はせず、原料や製品の輸送を港湾に依存する業種。石油、鉄鋼等。
	臨空型	航空機によって外国への製品輸出を行う業種。医療機器、精密機器、電子工業等。
産業構造別	中核工業団地	地方ブロックの中心を担っている都市の周辺に開発造成された団地。
	都市計画団地	市町村など自治体が都市計画によって開発・建設した工業団地。
	中小企業(近代化・集約化)団地	都道府県や同開発公社など公的団体が開発し、中小企業の近代化、共同化また公害の恐れのある中小企業(工場)の集約化などの目的をもって開発された団地。
	その他の(民間開発)団地	商社や建設会社などの民間企業が開発した工業団地。
産学連携種別	業種限定(同業種)団地	中小の同業者の協同組合化や行業の推進を目的とする団地。
	テクノ・パーク(リサーチ・パーク)	製品試作や研究開発志向の企業を中心とした工業団地。

	テクノ・ポリス	「地元大学+進出企業」のコラボレーションによって、高度先端技術志向の企業や研究機関の集約を目指す工業団地。
	サイエンス・パーク	先端技術志向の企業や研究機関が集積する団地。
	インダストリアル・パーク	1975年以降に開発された大規模団地ではこのように称されることがある。団地内に緑の並木道、自然池や芝生広場があるなど、工業団地全体が広い公園を思わせる。
規模別（企業規模）	大規模工業団地	大企業が個々に造成、あるいは地方公共団体が造成・誘致した大工業団地に進出した団地。
	中小規模工業団地	中小企業高度化のため、集団化・集約化した団地。
工業地域別	準工業地域	主に軽工業の工場等、環境悪化の恐れのない工場の利便を図る地域。
	工業地域	主に工業の業務の利便の増進を図る地域。
	工業専用地域	日本の工業団地はここに指定されることが多い。工業の業務の利便の増進を図る地域。住宅が建設できない唯一の用途地域でもある。京浜工業地帯などに代表される湾岸地域などである。石油コンビナートや製鉄所などの環境悪化の可能性が大きい設備が設立されている地域、花火工場などの危険性が極めて大きい工場もこの地域に建設される。

出典：

4) Wikipedia - 工業団地

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%B7%A5%E6%A5%AD%E5%9B%A3%E5%9C%B0>

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%97%A5%E6%9C%AC%E3%81%AE%E5%B7%A5%E6%A5%AD%E5%9B%A3%E5%9C%B0%E4%B8%80%E8%A6%A7>

5) Wikipedia - 日本のハイテクパーク

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%8F%E3%82%A4%E3%83%86%E3%82%AF%E3%83%91%E3%83%BC%E3%82%AF#%E6%97%A5%E6%9C%AC>

6) 工業団地調査事業（第28回）調査報告書 工業団地のまちづくり—より付加価値がある工業地へ向けて—：一般社団法人大阪工業団地協会

http://osakakogyo.or.jp/wordpress/wp-content/uploads/2016/04/vol_28_all.pdf

②工業団地とコンビナートとの違い

工業団地は単なる工場の集積地を指し、コンビナートは原料の調達から加工までを近接した工場で行う地区や企業体を指す。2つの呼称に制約はないものの、工業団地は効率化を図っている同業の企業集団であっても資本関係が無い場合が多く、コンビナートは製品がパイプなどで連結され、資本関係が系列化されている場合が多い。

<工業団地>

工場の集積地の意。公共、民間等の開発主体が一定の区画の土地に工業用地として、必要な基盤を整備開発し、工場などを計画的に立地させた地域。

<コンビナート>

本来、「原料などがパイプで繋がることで工場同士が密接に連携すること」、「生産の効率化を図るため、生産工程の密接に関連する近接の向上を物理的に結合し集団化したもの」を指す。現在、コンビナートとされるものは、主に石油化学工業や鉄鋼業のコンビナートを指すことが多い。

なお、経済産業省が指すコンビナートは現状、主に石油化学工業コンビナートである（「コンビナート災害」、「コンビナート等保安規則」は石油化学工業コンビナートを指す）。石油化学工業協会の見解では、日本にコンビナート（石油化学工業）とされるものは15箇所（三菱化学の四日市、三井化学の岩国大竹を含む）あるとしている。

実際には製油所、エチレンプラント、誘導品工場の3種類がそろっているコンビナートは13箇所である。石油化学工業協会の見解による石油化学コンビナートを表4.5-3に示す。石油化学コンビナート所在地およびエチレンプラント生産能力を図4.5-3に示す。

本事業では、表4.5-3で整理した工業団地を対象コンビナートとする。ただし、全個所の分析を実施するのは困難であるため、個別検討箇所の検討に応じて、適切なコンビナートを重点的に分析する方針である。

表 4.5-3 石油化学工業協会の見解による石油化学コンビナート
 (全 15 か所。三菱化学の四日市、三井化学の岩国大竹を含む)

所在地	コンビナート名
鹿島	三菱ケミカル
千葉	住友化学
千葉	出光興産
市原	三井化学
市原	丸善石油化学
川崎	東燃化学
川崎	ENEOS
四日市	東ソー
(四日市)	(三菱ケミカル)
大阪	三井化学
水島	旭化成
水島	三菱ケミカル
(岩国大竹)	(三井化学)
周南	出光興産
大分	昭和電工

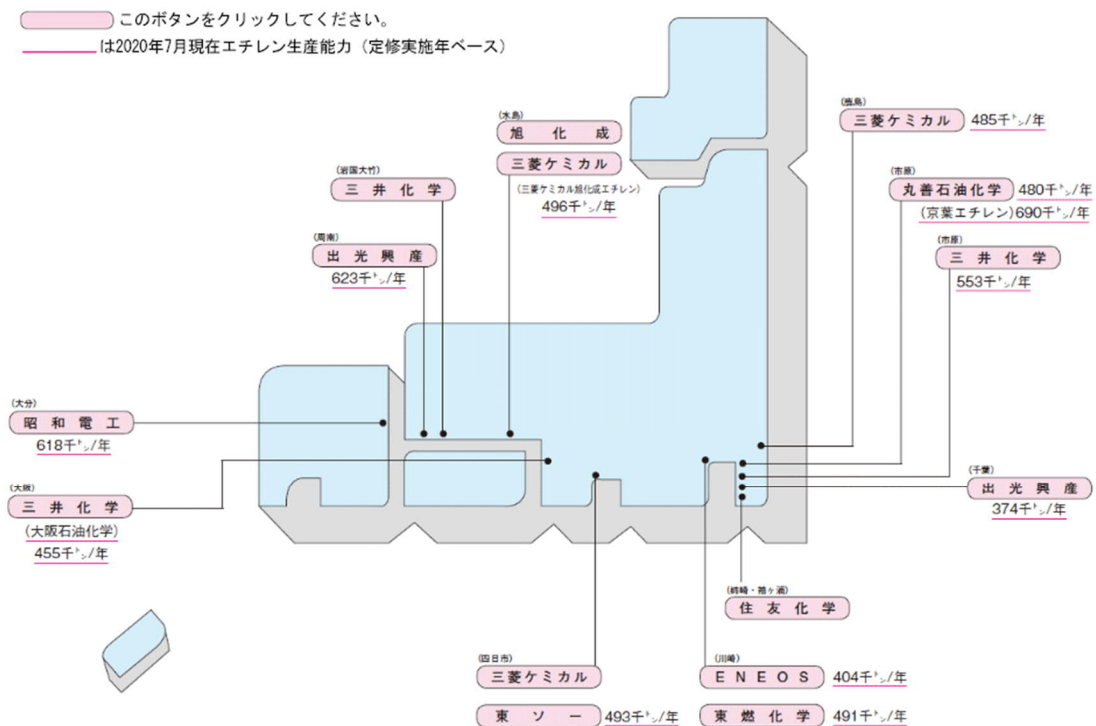


図 4.5-3 石油化学コンビナート所在地およびエチレンプラント生産能力

出典 : <https://www.jpca.or.jp/trends/plants.html>

(2) 化学コンビナート周辺の需要家の確認と蒸気需要量の推計

1) 使用データ

地球温暖化対策推進法で規定されている多量排出事業者の事業所（工場）ごとのCO₂排出量データを確認し、全国の15か所の化学コンビナート周辺で該当する事業所を特定した。加えて、グーグルマップ等で周辺事業所情報を追加した。これらを通じ、化学コンビナート周辺の主要な需要家を網羅的に把握した。作成したデータベースを巻末資料4.5-1に示す。さらに、当該工場におけるCO₂排出量から、必要な蒸気量（熱需要）を逆算した。逆算方法については、既報（大西ら，2013）に基づくが、多量排出事業者の入手年度にあわせ、平成26年度の「総合エネルギー消費統計」の統計値を用いた。

利用データ：H26 特定事業所一覧、石油化学工業協会コンビナート系統図、事業者提出の多量排出事業者の事業所（工場）ごとのCO₂排出量データ（環境省へ情報公開請求して入手）

参考文献；大西 悟，藤田 壮，藤井 実，Dong Liang，戸川 卓哉；産業都市での地区内熱供給による環境改善効果の評価システム，土木学会論文集G（環境），Volume 69, No.6, Pages II_227-II_237, 2013年10月

整理内容：15か所の化学コンビナートごとに需要家情報（概要、CO₂排出量、熱需要等）を整理

2) 作業手順

H26 特定事業所一覧より例として石油化学コンビナートを抽出し、蒸気需要量を推計するため、1)～9)の手順で石油化学コンビナートと事業所の情報を整備し、⑩～⑫で各事業所のCO₂排出量から熱需要量の算出を進めた。

①H26 特定事業所一覧を活用

基礎データとして、環境省の温室効果ガス排出量 算定・報告・公表制度における多量排出事業者（特定排出者）のデータのうち、約1.5万件の特定排出者が掲載されたH26 特定事業所一覧を活用し、トライアルとして、石油コンビナートについて情報を整理した。

②石油化学コンビナートのデータベースを作成

石油化学工業協会（令和2年7月時点）のコンビナート系統図を参考に、全国15箇所のコンビナートとそれらのコンビナートにある企業を抽出し、「石油化学コンビナート一覧」を作成した。（表4.5-3を参照）

③H26 特定事業所一覧へ企業名の照会

石油化学コンビナート一覧に記載した企業名がH26 特定事業所一覧に掲載されているか照会した。

H26 特定事業所一覧の特定排出者名に企業名が掲載されていれば、石油化学コンビナート一覧に「特定排出者名」、「事業所名」、「所在地」、「特定排出者コード」を追加。石油化学工業協会と H26 特定事業所一覧上に記載されている企業名が異なる場合、調査時点の最新の企業名を採用した。最新の企業名は、石油化学コンビナート一覧に「特定排出者名 (R3 時点)」列を追加し、企業名が異なる場合に最新の企業名を記載した。

④複数コンビナートで重複して記載されている企業の対処

同地域の別コンビナートで同名企業の重複が見られた。対処法として、重複フラグを付与し、管理することとした。その際、コンビナート系統図を参考に、運輸する素材が同一か確認し、同一企業であるかの照会を行った。また、企業の所在地や事業所数を調査し、同一の企業の可能性が高ければ、重複フラグを付与した。

⑤コンビナート周辺の企業の追加

各コンビナート周辺の需要家情報を収集するため、図 4.5-3 の石油化学コンビナート系統図には掲載されていないものの、既に抽出した企業の所在地と同一の町名に所在のある企業を H26 特定事業所一覧から追加した。追加した企業は、石油化学工業協会を参考に抽出した企業との区別のため「周辺企業フラグ」を付与した。同一町名からの抽出であるため、距離は考慮していない。

⑥企業名等を調査時点の情報に更新

前述③で調査したように、石油化学工業協会の企業名と H26 特定事業所一覧の特定排出者名が異なる場合は調査時点の企業名を採用した。

前述の⑤で追加した周辺企業は H26 特定事業所一覧に基づくため、全ての特定排出者を調査し、現在の社名と会社の存続等の情報を更新した。その際、企業 HP と会社情報の沿革を参考に現在の社名に更新した。

⑦業種の小分類から中分類の振り分け

H26 特定事業所一覧には、経産省業種分類表に則り小分類コードが掲載されている。4桁のコードの上2桁が中分類コードとなっているため、中分類コードを抽出し、業種を追加した。そのため、業種コードと業種名のデータベースを作成し、中分類コードから中分類業種名を参照し、表示するようにした。

⑧コンビナート ID、企業 ID に仮 ID の付与

コンビナート ID と企業 ID を付与し、固有の整理番号を作成した。

今後、コンビナート ID を確定する際に、業種ごとに整理したコンビナート ID を付与するか検討する。

⑨Google Earthに位置情報を追加

石油化学コンビナート一覧を基に、KMZデータを作成した。これにより、所在地に加えコンビナートID、企業ID、特定排出者名、事業所名等の情報がGoogle Earth上で閲覧可能となった。Google Earthに取り込んだ企業の座標の一例を図4.5-4に示す。また、巻末資料4.5-2に国内15か所の石油コンビナート需要家マップを示す。

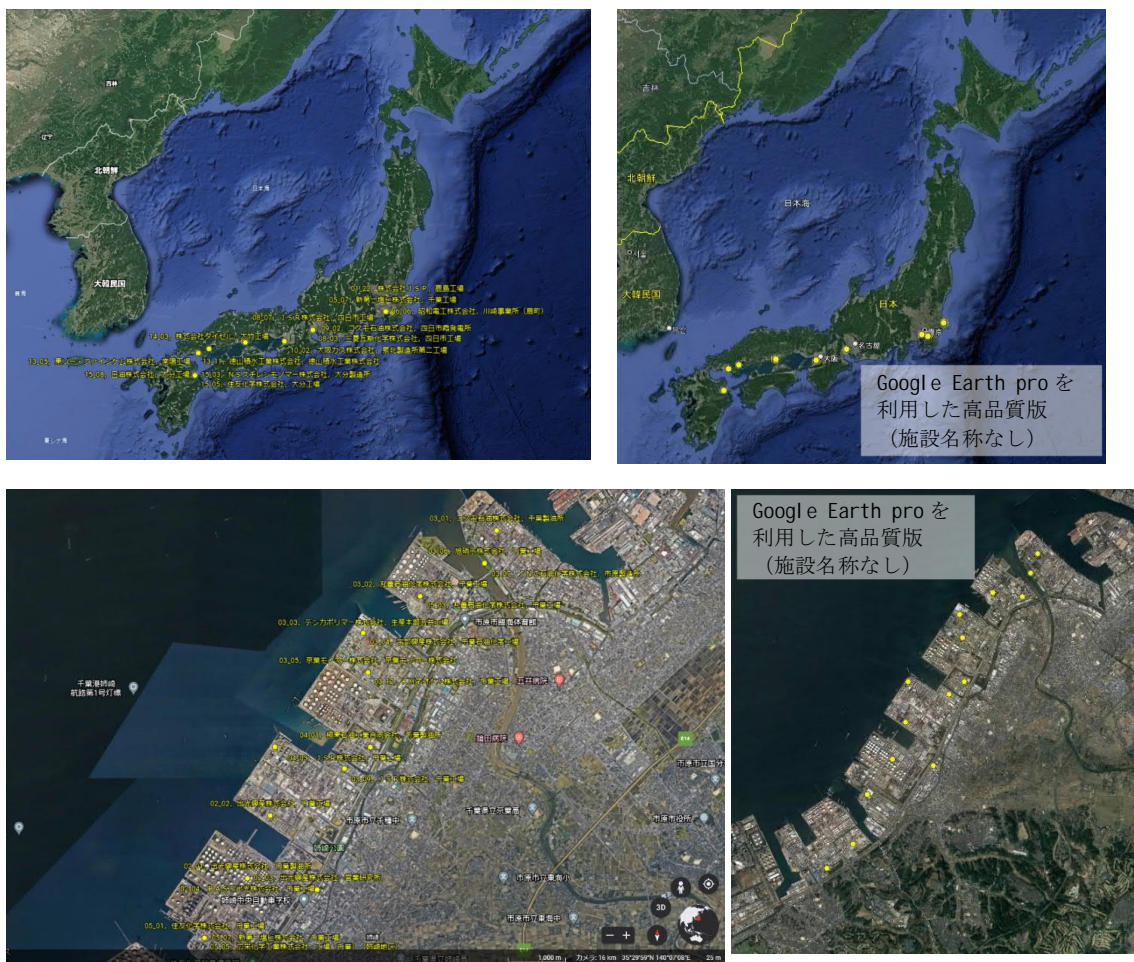


図 4.5-4 Google Earthに取り込んだ企業の座標の一例
 (上) 日本全域 (下) 千葉県のコンビナート

⑩CO₂ 排出量データ以外の活動量を把握する情報の収集

全国 15 か所の化学コンビナート周辺の工場の情報を把握した。工場周辺にある熱需要の高い事業所を抽出し、熱供給のポテンシャルの高いエリアを特定した。

⑪CO₂ 排出量の追加

石油コンビナート一覧に各企業の CO₂ 排出量を追加した。CO₂ 排出量が記載された H26 特定事業所一覧から特定排出者コードを参照し、排出量を取得した。

取得する排出量は「エネルギー起源 CO₂」、「非エネルギー起源 CO₂」、「非エネルギー起源 CO₂ (廃棄物の原燃料使用)」の 3 つ。また、それらの合計である排出量合計列も追加した。

⑫熱需要推計量の算出

「エネルギー起源 CO₂」と「単位 CO₂ あたりエネルギー消費原単位」の業種区分に該当する「ボイラー・コージェネ使用を考慮した調整後の熱需要推計量(GJ/t-CO₂)」を乗算し、熱需要推計量の仮計算を進めている。この原単位は、上述の大西ら (2013) の推計方法と H26 年度の総合エネルギー統計に基づき、算出した。

4.5.4 課題及びスケジュール

来年度調査を予定している内容を、課題として以下に示す。

(1) 廃棄物の質的及び量的な推移予測

1) 将来の人口、廃棄物発生状況の整理

今後の廃棄物組成の変化、及び処理対象廃棄物を時系列で整理するため、(1) シナリオによるシミュレーション、(2) 一般廃棄物処理実態調査に基づく統計分析の2つのアプローチから検討し、双方の妥当性を確認したうえで、拡大推計に向けた質的・量的な推移シナリオを特定する。

2) 組成情報と家計消費の紐づけ

廃棄物組成情報と家計消費を紐づける検討では、物価の影響は受けるものの、将来の組成ごとの発生量は大きく変わらないことが想定されるため、これを一般廃棄物のシミュレーションに活用する。大都市と中小都市で状況が異なるため、廃棄物が集まらない可能性も考え、幅を持たせて検討する。家計消費と発生量の紐づけ分析を過去に拡張し、仮に将来の消費量当たり発生量が変わる場合についてもシナリオ等によって検討可能なシステムを構築する。また、家計消費についても人口分析で用いるコホート分析を行うことで、将来にわたる組成変化・量変化の影響を簡易推計・シナリオ分析できる体制を構築する。

3) 将来推計

上記に関する将来推計（トレンド推計）を実施する。

(2) 工業団地での拡大推計

東海Cパートの検討結果の拡大推計「地域の熱供給需給管理システム実証」パートの検討結果を受け、東海村の工業団地において、フルスケールで蒸気供給を実施した場合の費用対効果の拡大推計を実施する。

(3) 水平展開した場合の拡大推計

一般廃棄物を対象に、蒸気需要先を石化コンビナートに拡大した場合について、ポテンシャルの推計を実施する。この検討の中では、ソーティングセンターなどの効率化施設の存在は考慮せず、現在焼却されているごみを圧縮して輸送するケースとして推計する。実施にあたり、以下の作業を行う。

1) 輸送コストの算定

焼却発電を各自自治体で行う場合（収集運搬は行うが、そこからの輸送距離ゼロ）と比較して、石化コンビナートへの平均的な輸送距離から輸送コストの増分を求める。本パートで検討を進めることで、各自自治体での廃棄物の発生分布およびコンビナートとのルート・距離を検討できるようになるため、より現実的な検討が可能になる。

2) 集約化による施設規模拡大の効果算定

小型～大型の焼却発電施設が超大型蒸気供給プラントに集約されることによる建設、運転経費の変化を概算するために、NIES パート1と連携し、基礎的なデータおよびモデルを整備する。

3) 石化コンビナートの蒸気需要量の算定

コンビナートの蒸気需要を推計し、どこまで廃棄物を受け入れられるかを把握し、石化コンビナートでの蒸気需要から必要な廃棄物量を計算する。その際、各石化コンビナートの蒸気需要推計の基礎資料として、燃料消費、CO₂ 排出、生産額等の情報を収集整理する。NIES パート1での検討結果を基に、各石化での蒸気需要量と焼却熱による代替割合を検討することで、より現実的な蒸気需要量を推計していく。

4) 費用対効果の推計

上記の推計結果を組み合わせて、石化コンビナートに一般廃棄物の一部を集約し、蒸気供給を行うことによるCO₂ 排出削減の費用対効果を推計し、その効率性を評価するための枠組みを整備していく。

令和3年度の実績及び令和4年度のスケジュールを表4.5-4示す。

表 4.5-4 NIES パート2の令和3年度の実績及び令和4年度のスケジュール（赤線：実績、黒線：予定）

調査内容	令和3年度							令和4年度											
	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
4.5.1 廃棄物の質的及び量的な推移予測																			
(1) 将来の人口、廃棄物発生状況の整理			→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
(2) 組成情報と家計消費の紐づけ		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
(3) 将来推計					→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
4.5.2 工業団地での拡大推計																			
(1) 打ち合わせへの出席	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
(2) 東海Cパートの検討結果の拡大 推計								→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
4.5.3 水平展開した場合の拡大推計																			
(1) 化学コンビナート及び工業団地区分等に関する文献調査		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
(2) 化学コンビナート周辺の需要家の確認			→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
(3) CO ₂ 排出量データ以外の活動量を把握する情報の収集			→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
(4) 輸送コストの算定								→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
(5) 集約化による施設規模拡大の効果算定																			
(6) 石化コンビナートの蒸気需要量の算定																			→
(7) 費用対効果の推計																			→

4.6 横断的課題の整理

本章では、全パートからの課題を整理し、論点整理を行う（現時点のものを抽出中）。

4.6.1 許認可申請手続きの所要時間に関する論点整理

産廃焼却施設は茨城県への許認可申請を行っている。施設変更に関する許認可申請の要否は、茨城県による、ボイラー設置箇所の詳細設計図等の確認を経て決定される。今回のケースでは、施設許可の変更許可対象となる可能性が高い。変更許可対象となった場合（通常）、環境アセスメントや周辺住民合意形成のプロセスを経るため、通常であれば許認可手続きに1～2年必要と言われている。一方、軽微変更届で済む場合は完成後の届出となる。

4.6.2 熱需給関係に必要な要件定義

熱需給関係構築のために必要な要件定義を表4.6-1に示す。

「誰が需給調整の事業者になるのか」は、重要な項目。リアルタイムに需給調整するためには、ごみ焼却場と蒸気受け取り工場の双方のエネルギーシステムで運転条件を把握し、①蒸気を供給・受給した際の双方の工場の最適化条件を解析・提示すること、②実際には最適化条件手前の現実解も提示して、双方に運転条件を設定する仕組み（ICT）が必須になる。

表 4.6-1 熱需給関係構築のために必要な要件定義

項目	必要事項
配管	<ul style="list-style-type: none">以下の留意点を踏まえて施工する。<ul style="list-style-type: none">①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。②公道を横切る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。③他工場の取り付け道路部を横切る際には、了承を取り付ける。
運用 (オペレーション)	<ul style="list-style-type: none">責任分担範囲の明確化を行う。<ul style="list-style-type: none">①蒸気需給の変動幅の想定②流量計や圧力計設置場所（工場側境界など）③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）④蒸気輸送中のロスの負担者（焼却施設側が負担）⑤緊急遮断弁の責任者（焼却施設側）

4.6.3 排出量削減貢献量の考え方に関する論点整理

本資料は、熱供給事業における排出削減貢献量に関して、廃棄物セクターが置かれている状況の整理結果を紹介し、今後の焼却熱供給事業へのインセンティブ設計を考慮したルール検討課題を示すことを目的とする。

(1) 廃棄物セクターが置かれている状況の整理結果

1) 地球温暖化対策推進法（温対法）上の整理

①非エネルギー起源二酸化炭素について

非エネルギー起源二酸化炭素で計上した量のカウントは、焼却炉側で担っているため、電気や熱の利用者側は報告する必要はない。つまり、焼却炉からの蒸気供給の場合、熱需要工場側で利用する蒸気は、温対法での GHG 排出量報告の対象とならない。

焼却施設側では、非エネルギー起源 CO₂ からは控除できる（この欄で記載する必要がない）が、その分でエネルギー起源 CO₂ を控除することはできない¹⁾。

温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度 Q&A

6.5 ガス（エネルギー起源二酸化炭素以外）関係、非エネルギー起源二酸化炭素に関して

Q	一般廃棄物処理場（ごみ焼却場）において、その焼却で発電した電気を他者に供給しています。この他社に供給した電気については、自社のエネルギー起源CO ₂ の排出量から控除できますか。
A	廃棄物の焼却に伴い排出されるCO ₂ は、非エネルギー起源CO ₂ に該当するため、発電した電力、発生した熱を販売したとしても、 <u>エネルギー起源CO₂から控除することはできません</u> 。助燃剤として使用した燃料の使用に伴うCO ₂ の排出量については、廃棄物の燃焼の用に用いたものと発電の用に用いたものを切り分けることができる場合には、発電分についてのみ控除することができます。

<https://gng-santeikoriyo.env.go.jp/qa>

②廃棄物の原燃料使用に伴う非エネルギー起源 CO₂について

温対法報告は6表から成る。1表では、算定の対象となるガスの区分ごとに、算定した排出量を二酸化炭素（CO₂）に換算したトンの単位の整数値（小数点以下切り捨て）で記入する。「事業者において報告の対象とならないガスについては記入する必要はありません。」「廃棄物処理を業とする者が廃棄物の焼却と併せて熱回収を行う場合は、「廃棄物の原燃料使用に伴う非エネルギー起源 CO₂」には該当しない。」と記載されている。

温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル Ver. 4.8 令和4年1月
第Ⅲ編 温室効果ガス排出量の報告方法 (Ⅲ-15)

- 以下の(a)～(c)に示す活動に伴って発生する CO₂ 排出量の合計量をトン単位の量で記入します。
- (a) 廃棄物が化石燃料（廃棄物燃料を除く）に代えて燃焼の用に供される場合
 - (b) 廃棄物が次に掲げる製品の製造の用途に使用される場合
 - ・ 廃ゴムタイヤに含まれる鉄を製品の原材料として使用する用途
 - ・ 廃プラスチック類を高炉において鉄鉱石を還元するために使用する用途
 - ・ 廃プラスチック類をコークス炉において自らの使用に係るコークス又は炭化水素油を製造するための用途

(c) 廃棄物燃料（RPF、RDF など）を使用する場合

これは、廃棄物の有効利用の観点から、製造業を営む者その他の事業者において、積極的に廃棄物を化石燃料の代替燃料として、又は製品の原材料として用いることにより、エネルギー起源の CO₂ 排出削減に貢献していることを示すものです。したがって、『廃棄物の原燃料使用に伴う非エネルギー起源 CO₂』欄に記入することができるのは、上述の(a)廃棄物が化石燃料に代えて燃焼の用に供される場合、(b)廃棄物が製品の製造の用途に使用される場合、(c)廃棄物燃料を使用する場合に限られます。なお、廃棄物処理を業とする者が廃棄物の焼却と併せて熱回収を行う場合などは、この欄の記入に該当しません

第 1 表 特定排出者の全体及び事業分類ごとの温室効果ガス算定排出量

【特定排出者単位の報告】		排出年度：平成〇〇年度				
番号	事業分類	温室効果ガス算定排出量				
		①エネルギー起源 CO ₂	②非エネルギー起源 CO ₂ (③を除く)	③廃棄物の原燃料使用に伴う非エネルギー起源 CO ₂	④メタン	⑤N ₂ O
		⑥HFC	⑦PFC	⑧SF ₆	⑨NF ₃	⑩エネルギー起源 CO ₂ (発電所等配分前)
—	特定排出者全体	① t-CO ₂	② 2,546 t-CO ₂	③ 1,011 t-CO ₂	④ t-CO ₂	⑤ 4,125 t-CO ₂
1	事業の名称 金属工作機械製造業	① t-CO ₂	② 2,003 t-CO ₂	③ 1,011 t-CO ₂	④ t-CO ₂	⑤ 2,109 t-CO ₂
	細分類番号 2 6 6 1	⑥ t-CO ₂	⑦ 3,217 t-CO ₂	⑧ t-CO ₂	⑨ t-CO ₂	⑩ t-CO ₂
	当該事業を所管する大臣 経済産業大臣	① t-CO ₂	② 543 t-CO ₂	③ t-CO ₂	④ t-CO ₂	⑤ 2,015 t-CO ₂
2	事業の名称 パン製造業	① t-CO ₂	② 543 t-CO ₂	③ t-CO ₂	④ t-CO ₂	⑤ 2,015 t-CO ₂
	細分類番号 0 9 7 1	⑥ t-CO ₂	⑦ t-CO ₂	⑧ t-CO ₂	⑨ t-CO ₂	⑩ t-CO ₂
	当該事業を所管する大臣 農林水産大臣	① t-CO ₂	② t-CO ₂	③ t-CO ₂	④ t-CO ₂	⑤ t-CO ₂

焼却炉からの蒸気供給の場合、熱需要工場側で利用する場合は、焼却炉側でも工場側でも、温対法での GHG 排出量報告の対象とならない。廃棄物焼却熱から工場へ蒸気供給を行った場合の GHG 算定の考え方を図 4.6-1 に示す。

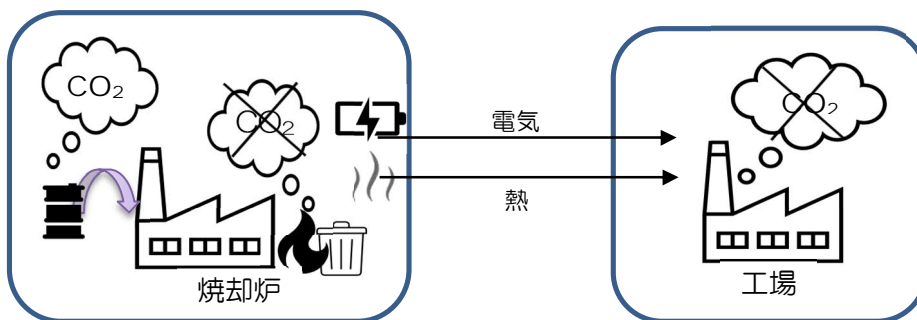


図 4.6-1 廃棄物焼却熱から工場へ蒸気供給を行った場合の GHG 算定の考え方

③連携的な省エネに対する対応について

熱供給者と熱需要者のいずれの GHG 排出量とするかは協議の余地があるため、双方にインセンティブが働く算定方法の検討と、規格化をしていくことが重要な課題となる¹⁾。熱供給事業に関連する排出削減貢献量算定ルール上の課題を以下に示す。

観点1：CCUで作ったメタンを使った人はバイオマスのような扱いでCO₂をゼロカウントにするなら、逆に廃棄物セクターではCCUを導入しても相変わらずCO₂の排出量は控除されず、他分野で貢献がカウントされる扱いとなっている。

観点2：セクターカップリングという話もあり、違うセクター同士が協力することで、より効率的にCO₂を減らせる要素は多々ある。セクターカップリングと定量的な評価情報と組み合わせることにより、「グループ全体でこれだけ減りました」という形で、貢献がうまく評価される仕組みになっていけるとよい。

観点3：制度上の議論もあるが、本質的には、サプライチェーン全体におけるGHG排出量の削減を検討するにあたり、廃棄物処理業者がどのような対応をしているかは貢献として「評価」される。

観点4：サプライチェーン全体が連携してGHGを削減していくことが有効であり、企業のリスクマネジメントとしても必要である。本来的に議論すべきは、環境設計の見直しやケミカルリサイクルによる廃棄物の削減である。

観点5：「自社の廃棄物を自社で焼却をするとCO₂を排出したことになる。廃プラに由来するGHGは排出事業者の責任でカウントされるべきである」という意見がある。²⁾

処理の外部委託による自社のCO₂排出量の削減のイメージを図4.6-2に示す。

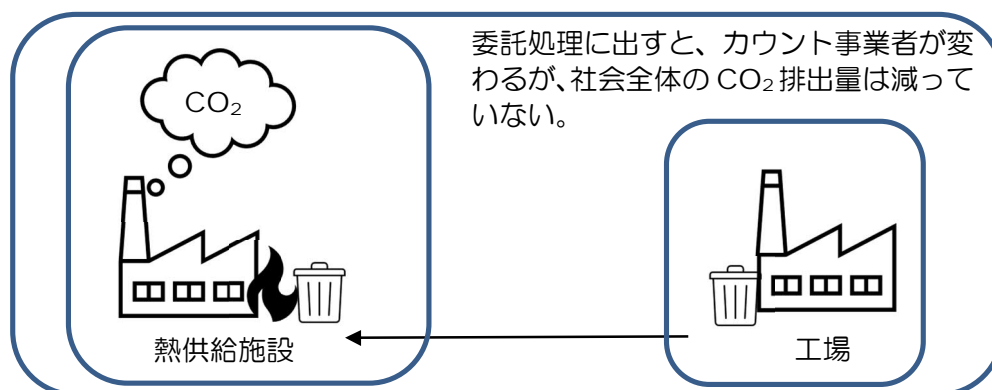


図 4.6-2 処理の外部委託による自社のCO₂排出量の削減のイメージ

(補足)

特に、将来的にカーボンプライシングが導入される場合、直接的に受給者間の経済的な便益に差となるため、制度を整えておくことは重要な課題となる。Ki, et al. (2018)³⁾では、控除等でどちらかに GHG 排出量を偏らせると事業自体が経済的になりたっても不公平感がでてくる可能性がある点を実例で示している。半分ずつの配分(50/50法)は、シンプルな仕組みで、受け入れやすいことを示唆した(図4.6-3)。

省エネ法は、2018年改正で制度上は配分可能になっている(ただし、実績は確認できていない。)³⁾

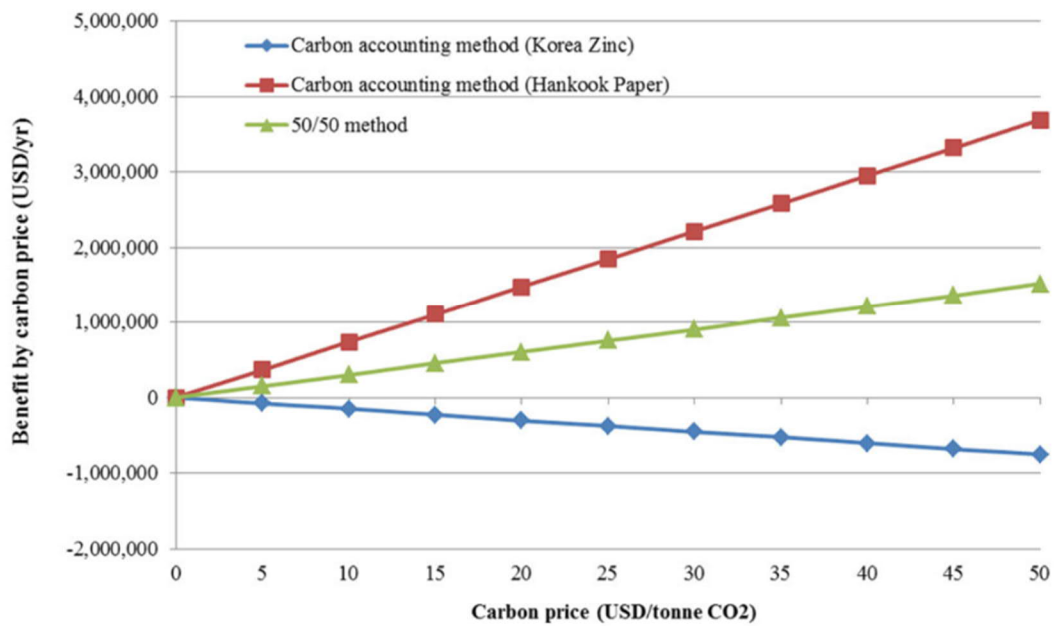


図 4.6-3 炭素会計法と 50/50 法の適用による炭素価格の変化に伴う経済的利益の変化³⁾

2) 問題意識の整理

前述の(1)、(2)や別途収集した意見を踏まえ、GHG削減貢献の算定に関わる静脈産業における課題認識として、図4.6-4にまとめた。

【要旨】近年、クレジット算定をビジネスに活用しようとする動きが確かにあるが、本格化するには、周辺のデータ取得環境やツールの成熟が必要。今後の制度ルール変更が廃棄物処理セクターの企業にとってリスクにも成り得ることや、国が推進しているCCUの評価が定まっておらず、技術の導入は事業者側にとって足かせとなる。環境省中長期方針に沿う制度設計とするには、連携的な貢献を評価しうるルールへと更新する事がポイントとなる。

A サークュラーエコノミーに必要なデータやツールの成熟が必要

- 1)IoT ツールを使ったデジタル化を促進し、データ管理ができないとサーキュラーエコノミーの仕組みに必要な情報が揃わない。
- 2)GHG算定における国と民間のデータ管理の責任範囲を決めることが重要。

B 評価対象ステージが限定的であり、将来の制度変更が企業リスクとなりうる

- 1)製造過程のCO₂がカウントされない製品は、将来ルール変更された場合の製造者負担が大きい。

C CCU や CCUS による回収炭素への貢献の評価が定まっていない

- 1)回収事業者側なのか利用者側なのか？
- 2)そもそも非化石燃料由来で回収した炭素の利用がGHG削減とみなされるか？
- 3)利用した後に最終的に排出したCO₂は、活動量とみなされる場合回収者側であるのか、利用者側であるのか？
- 4)廃棄物焼却による熱供給がエネルギー利用効率向上として評価されるか？
- 5)削減貢献を評価される事業者が設備投資を行うのが自然である。評価される事業者を特定できているのか？
- 6)化石由来の排ガスからCCUを導入しても、炭素の回収者の削減貢献を認めてもらえず、CCUの炭素源の利用者だけが得をすることにならないか？



関係者の連携による貢献を全体評価し、削減が見える化できるスキームが必要。

- 1)工場でのIoT活用によるデジタル化の促進による評価データを整備する。
- 2)動静脈連携した実証事業等で、循環経済目線からの課題に取り組む。
- 3)CNの分かりやすい削減パッケージをモデルとして社会実装を推進する。
- 4)カーボンニュートラルのマクロ目線で視野を広げた議論を醸成する。

図 4.6-4 GHG削減貢献の算定に関わる静脈産業における課題認識

4.6.4 その他制度・法令上の扱い

(1) J-クレジット制度上の整理の確認

廃棄物焼却施設からの蒸気熱供給による産業利用の基本モデルを図 4.6-5 に示す。焼却炉からの安定供給を確保するための各種機能を備えることが要点となる。この基本モデル事業の、J-クレジット制度上の扱いについて確認した。

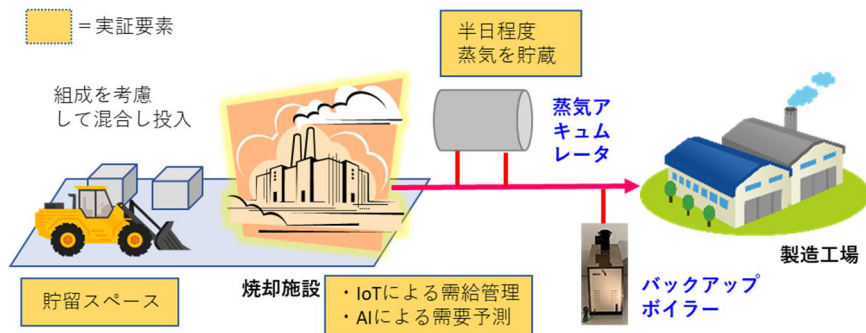


図 4.6-5 廃棄物焼却施設からの蒸気熱供給による産業利用の基本モデル (4.2章より)

J-クレジット制度では、排出削減・吸収に資する技術ごとに、適用範囲、排出削減・吸収量の算定方法及びモニタリング方法等が規定されている。クレジット化にあたっては、実施事業が J-クレジット制度にプロジェクト登録されて審査の方法論が確立されている必要があり、登録可否はクレジット認証審議で判断される。

J-クレジット制度への登録済み方法論一覧から、関連が近い方法論を抜粋し、表 4.6-2 に示す。上記の基本モデルの対応性を確認したところ、現在当てはまる方法論はないと分かった。既存のプロジェクト審査スキームでは産業共生モデルが評価できないということになるため、新規方法論の登録可能性を窓口（みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社環境エネルギー第2部 J-クレジット制度事務局（03-5281-7588））に確認・相談した。その結果、新規審査方法の検討が必要であり、4月以降に申請することを勧められた。

登録申請の過程で、ルール算定の論点が抽出できることが期待される。実証実施において、登録申請の検討を進めるとともに、実証事業を通じた問題抽出を行って、排出量算定や評価のルール形成に対する要望を積み上げに繋げたい。

表 4.6-2 熱供給事業に関して J-クレジット制度に登録されている方法論一覧

区分	NO.	タイトル	方法論
省エネルギー	EN-S-009	外部の効率のよい熱源設備を有する事業者からの熱供給への切替え	⇒プロジェクト実施者は工場側となる。 ⇒その他の登録基準にも合致しない。 ⇒廃棄物由来燃料の利用ではなく、廃棄物そのものを熱源にする点で対象外。
	EN-S-011	未利用廃熱の熱源利用	⇒自家消費分を対象とするため、供給事業は条件に合わない。
	EN-S-019	廃棄物由来燃料による化石燃料又は系統電力の代替	⇒廃棄物由来燃料の利用ではなく、廃棄物そのものを熱源にする点で対象外。 ⇒自家消費分を対象とするため、供給事業は条件に合わない。

(2) 省エネ法における蒸気供給の扱いの確認

省エネ法⁴⁾では、平成 30 年度改正で連携的な省エネが評価されるように制度導入を行った。これらの考え方は、エネルギーの地域量や連携的な活動による GHG 削減への貢献をよりよく評価する方法論として参考になる。

①連携省エネルギー計画の認定制度

複数の事業者が連携して省エネ取組（連携省エネルギー措置）を行う場合に、省エネ法の定期報告書において連携による省エネ量を事業者間で分配して報告することができる制度。改正前は、エネルギーの使用の状況等を企業単位で報告するため、連携による省エネ取組を行っても、効果が適切に評価されなかった。連携による省エネ量を企業間で分配して報告可能になり、国は連携省エネ事例を収集し、公表していくこととなった。

②荷主連携省エネルギー計画の認定制度

連携による省エネ量を荷主間で分配して報告することができる制度。改正前は、荷主が貨物の所有者であり、輸送の方法を決定するものは荷主ではなかった。荷受け側は省エネ法上の位置づけがなかった。改正後は、荷主とは、契約等で輸送の方法等を決定するものと定義され、貨物の所有権のないネット小売事業者も省エネ法の対象となった。荷受け側は、準荷主と位置付けられ、貨物輸送の省エネの協力を求める努力規定が追加された。

③今後の改定における検討事項

エネルギー転換の後押しとして、黒液、廃材、バイオマス、自家太陽光発電は、エネルギー投入量から一部控除することを検討している。省エネと非化石エネルギーへの転換の関係を図 4.6-6 に示す。

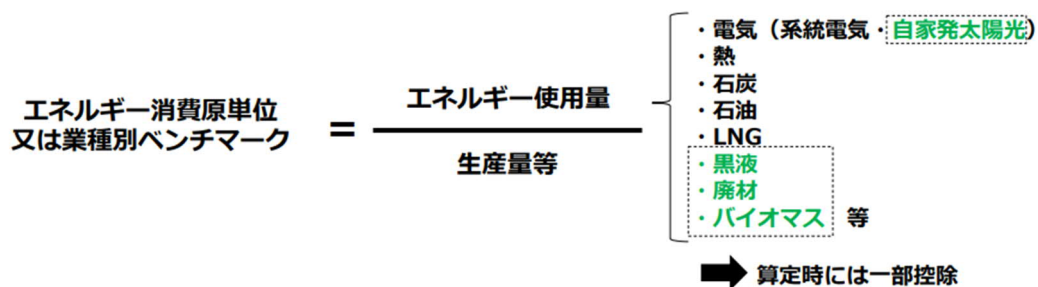


図 4.6-6 省エネと非化石エネルギーへの転換の関係⁵⁾

廃棄物（化石燃料に該当するものを除く。）

(3) 熱版 FIT 制度の導入可能性

①熱版 FIT 制度導入可能性に対する見解

熱版 FIT の導入は、熱供給事業導入のインセンティブになると考えられる。これに対し、供給インフラやデータ未整備な点を鑑みて可能性は低いとする見解や、「資源 FIT という考え方もあり、広い意味での FIT の在り方を議論することは良いこと。ESG に直結するもので、トレーサビリティとマッチングの仕組みを整えることで、機能する仕組みは構築しよう」という見解もある。これら見解の違いは、熱の有効利用の重要性への認識と、バックキャスト視点の有無の差であるとも言える。

②海外と日本の動向

熱供給事業に関する政策について、海外と日本の動向をまとめた。

海外では、焼却熱利用をしている主な国として、スウェーデン、デンマーク、イギリス、韓国が挙げられる⁶⁾。デンマーク⁷⁾は、熱供給法によって、熱供給事業への参入や料金設定等への規制等を定めて、熱供給事業を推進しており、熱供給における熱源構成は廃棄物由来が 22%を占める。スウェーデンは、市場に任せつつ自治体に主導権を持たせるスタイルを取って推進している。韓国では廃棄物からの熱供給に特区を設け、国主導による導入支援がなされている。イギリスは、2014 年に熱の固定価格買取制度として RHI (Renewable Heat Incentive) 導入しており⁸⁾、2022 年 3 月 31 日に終了する。熱の対象は、地上熱ポンプ、空気元ヒートポンプ、バイオマスボイラー、太陽熱の再生可能熱であり、廃棄物からの熱供給は含まれていない。

日本では、熱供給事業法が 1972 年に導入されて、2016 年に法改正された。想定されている熱供給事業の例として「地域冷暖房」が挙げられているが、熱供給施設の加熱能力が 21GJ/h 以上の事業が登録対象となる。改正内容として、熱供給事業を「許可制」から「登録制」としたり、料金規制を撤廃したりして、競争の自由度を高めた内容となっている⁹⁾。

③導入可能性と推進の要点整理

熱版 FIT の導入は海外実績がある。検討には以下の要点があると考えられた。

- ・再生可能熱に限らず、廃棄物を焼却することによる熱回収の優遇
(化石燃料の削減につながることへの理解醸成)
- ・地域冷暖房に限らず、産業利用に対する認知の促進
(工業利用可能な熱量が得られるという認識の浸透)
- ・海外動向の共有による、廃棄物焼却熱の利用の有効性の認識強化
(海外ではケミカルリサイクルとして廃棄物からの熱回収が定着している)

(4) 廃棄物熱回収施設設置者認定制度

廃棄物焼却時の熱回収（廃棄物発電やその他の熱利用）は、循環型社会と低炭素社会を統合的に実現するうえで重要とされているが、廃棄物処理業者においては、その取り組みは十分には進んでいない。そこで、廃棄物熱回収を一層推進するために、廃棄物の処理及び清掃に関する法律（昭和45年法律第137号）が平成22年5月に改正され、一般廃棄物処理施設（市町村が設置した一般廃棄物処理施設を除く。）又は産業廃棄物処理施設であって熱回収の機能を有するものを設置している者が、環境省令で定める基準に適合していることについて都道府県知事等の認定を受けることができる制度（熱回収施設設置者認定制度）が新設され、平成23年4月から施行されている。

制度に登録することで各種優遇が受けられ、登録は5年ごとに更新される。

令和3年8月時点での登録者は以下のとおりである。

廃棄物熱回収施設設置者の認定状況について

(令和3年8月1日現在)

	認定・更新年月日	認定を受けた者	認定した都道府県等	熱回収率(%)	熱回収の方法	産廃	一廃	施設数
1	平成28年9月8日	西播商事株式会社	姫路市	16.9%	発電・熱利用の併用	○		1
2	平成28年9月12日	三光株式会社	鳥取県	26.3%	発電・熱利用の併用	○	○	1
3	平成28年10月4日	豊田ケミカルエンジニアリング株式会社	愛知県	20.2%	発電以外の熱利用	○		1
4	平成28年12月27日	株式会社市原ニューエナジー	千葉県	23.9%	発電・熱利用の併用	○	○	1
5	平成29年2月7日	株式会社クレハ環境	川崎市	20.5%	発電・熱利用の併用	○		1
6	平成29年3月28日	株式会社旭商会	相模原市	21.0%	発電以外の熱利用	○		1
7	平成29年3月30日	株式会社アイザック	富山市	13.4%	発電・熱利用の併用	○		1
8	平成29年4月23日	DINS関西株式会社	堺市	17.1%	発電・熱利用の併用	○		1
9	平成29年5月17日	三和油化工業株式会社	愛知県	37.0%	発電以外の熱利用	○		1
10	平成29年8月29日	株式会社総環	大阪市	14.9%	発電	○		1
11	平成29年10月29日	三重中央開発株式会社	三重県	26.6%	発電・熱利用の方法	○	○	2
12	平成30年5月20日	ユナイテッド計画株式会社	秋田市	34.8%	発電・熱利用の併用	○		1
13	平成30年7月18日	株式会社太洋サービス	浜松市	15.1%	発電以外の熱利用	○		1
14	平成31年3月28日	大栄環境株式会社	兵庫県	13.5%	発電・熱利用の併用	○		1
15	令和元年8月14日	エコシステム千葉株式会社	千葉県	10.9%	発電・熱利用の併用	○		1
16	令和元年10月21日	株式会社シヨーモン	埼玉県	19.9%	発電・熱利用の併用	○		1
17	令和2年1月9日	新日本開発株式会社	姫路市	22.4%	発電・熱利用の併用	○		1
18	令和2年6月15日	一般財団法人佐賀県環境クリーン財団	佐賀県	12.0%	発電・熱利用の併用	○		1
19	令和3年3月4日	一般財団法人茨城県環境保全事業団	茨城県	12.8%	発電	○	○	1
合計								19

(注)認定年月日順に整理

(注)熱回収率は認定の更新に伴って当初認定時と異なる場合があります。

図 4.6-7 廃棄物熱回収施設設置者の認定状況について

<https://www.env.go.jp/recycle/R3itiran.pdf>

4.6.5 まとめ

ここまでに、廃棄物セクターが置かれている状況を整理し、今後の焼却熱供給事業へのインセンティブ設計を考慮したルール作りにおける検討課題を示した。本章では、焼却熱供給事業に参加した場合の現在のメリット・デメリットを挙げ、まとめ及び今後の課題を示す。

(1) ステークホルダーのメリット・デメリット

- ・熱利用者は、自社廃棄物を熱供給事業へ委託すると、自社のGHG排出量が削減でき、焼却熱を買うと排出量を控除でき、メリットとなる。
- ・一方で、新たに廃棄物処理への委託費を払うことになるため、バランスの取れた委託、買熱費用の設定と、削減量の確実なクレジット化が要点となる。
- ・焼却炉側は、熱需要者から受け取った廃棄物を焼却するとGHGとして算定され、工場側での算定はゼロになる。たとえば処理が効率的になったとしても全量を負うことになる。
- ・算定方法をどうするか、のみに終始してしまい、全体として減ったかどうかを評価する視点が含まれない。
- ・焼却炉側が焼却熱供給事業を行うと熱供給事業者は売熱収入が得られ、需要側も廃棄物の原燃料使用に伴う非エネルギー起源 CO₂を報告する必要はない。

結論：廃棄物焼却熱を供給すれば、廃棄物の原燃料使用に伴う非エネルギー起源 CO₂が控除されるため、需給者共にメリットがある。

(2) CCUS について

- ・熱供給者が、CCU や CCUS を設備導入して炭素回収をして提供しても、GHG 排出量が削減されることが保証されていない。
- ・CCU や CCUS は、環境省「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」にて「主な技術要素の方向性」の一つとして掲げている。そのため、導入事業者にとって不利な条件でのルール化は無いと思いたいが、現段階で制度上の位置づけの保証がないため、現時点では将来的な企業リスクの一つとなる。

(3) GHG 削減手法としての公認取得

廃棄物焼却施設からの熱供給事業は登録されていないということであり、今後、精査して確認するとともに、J-クレジットへの登録申請の機会を活用したい。廃棄物熱回収施設設置者の認定制度にも、コンビナート、東海クリーンの施設共に該当するのかどうか、確認をしたい。

引用文献：

- 1) 大西悟、藤井実、後藤尚弘；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—熱 EIP 事業を対象として—, 土木学会論文集 G (環境) 環境システム研究論文集, 第 49 巻, 2021 年 77 巻 6 号 p.11_235-11_246
- 2) 小野田弘士; 脱炭素に対応したこれからの廃棄物処理システム—施設整備に求められる視点と対応), インダスト 2 月号 2022 年
- 3) Kim, H. W., Ohnishi, S., Fujii, M., Fujita, T., & Park, H. S. (2018). Evaluation and allocation of greenhouse gas reductions in industrial symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 22(2), 275-287.
- 4) 経済産業省資源エネルギー庁；エネルギーの使用の合理化等に関する法律 省エネ法の概要, https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/summary/pdf/20181227_001_gaiyo.pdf
- 5) 資源エネルギー庁；今後の省エネ法について, 2021 年 12 月 24 日 https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/sho_energy/pdf/036_01_00.pdf
- 6) 深栖 大毅, 三上 恒生；諸外国の熱供給にかかわる制度とその日本への示唆, 廃棄物資源循環学会誌 /30 巻 (2019) 4 号, p. 245-252 https://www.jstage.jst.go.jp/article/mcwmr/30/4/30_245/_article/-char/ja/
- 7) 環境エネルギー政策研究所 (ISEP)；「地域熱供給白書」, 2021 年 8 月 24 日 http://communitypower.jp/wp-content/uploads/2021/08/SoG_DistrictEnergy_JP.pdf
- 8) GOV.UK, Home Housing and Local services Household energy <https://www.gov.uk/domestic-renewable-heat-incentive>
- 9) 経済産業省資源エネルギー庁；熱供給事業関連サイト https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/other/effective_use/environment_and_extended_use_004/

4.7 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

（1）設置要綱の作成及び委員委嘱

「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」の設置要綱を作成し、委員委嘱を行った。設置要綱は、第1回検討会資料として業務資料に収載した。

（2）検討会の開催

委員の同意を得て、下記日程で検討会を実施した。検討会にあたっては、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。検討会資料は、業務資料に収載した。開催形式は、虎ノ門に所在する民間の会議室「AP 虎ノ門」での対面としつつ、オンライン併用による開催とした。コロナ対策のため、参加人数の倍の人数想定での会議室を調達した。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

検討会では、事業者側の代表者による全体概要の説明の後、各パート主担当より詳細の進捗状況の説明がなされ、それに対する検討委員及びオブザーバーの環境省より、情報提供、指摘及び質疑応答が行われた。

日時：令和3年11月2日（火）15：00～17：00

場所：AP 虎ノ門、B 会議室

議題：作業計画書の内容、及び進捗を共有し、実施内容や今後の進め方等について助言・議論

次第：1. はじめに 検討会設置、委員紹介、座長挨拶、環境省挨拶

2. 作業計画書の説明
3. 各パートの進捗報告
4. 全体の質疑応答
5. まとめと課題の整理
6. その他

指摘：委員の指摘事項と対応事項を表4.7-1に示す。

表4.7-1 委員及び環境省からの指摘事項と事業者側の対応方針

パート略称	指摘事項	対応事項
東海Cパート	・熱の供給量は把握している中で、戻りの熱量を把握している例はほとんどないと思う。熱需給をしっかりと管理するためには戻り部分もセンサーで把握するとよいと思う。（伊藤委員）	・確認し、反映を行った。
JWRF パート	・地域脱炭素ロードマップや地球温暖化対策計画における、先行地域づくりの要件としては民生部門の電力のCO ₂ 排出係数を実質ゼロにするが示されており、電力面、特に再エネ発掘に傾倒している。そのあたりの実情を踏ま	・アンケートでは、熱に注視したものであることを伝える内容とした。

	えて、熱利用を中心のアンケートを行うとよいのではないか。(伊藤委員)	
	・アンケート対象の174施設について、送り先はどこになるのか。現場では、あまり熱の利活用は考えてはいないので、送付先や回答のしやすさも考慮してほしい。(小林補佐)	・今回は環境政策課といった、将来の焼却炉の建設計画を策定している部署に郵送した。
	・自治体向けアンケート調査について、この時期は環境省でも自治体に対して複数のアンケート依頼をしていることから、できるだけ自治体が回答しやすい内容にして実施するようにしてほしい。(小林補佐)	・自治体が回答しやすいアンケートを作成するよう留意した。
	・日本の事例が今のところ少ないかもしれないので、藤井先生の資料にもあるように外国の事例をうまく使って有効性をアピールすることができればよいと思う。(橋本座長)	・資料 3-3 別紙 7 の藤井先生の資料を使って、海外事例も含めた紹介ができるようにした。
NIES パート 2	・必ずしも環境省の意見と整合する必要はないと思うが、環境省シナリオでは化石燃料起源のCO ₂ 排出量に限った推計となっているが、プラスチック廃棄物起源の排出量削減との整合性についても確認しながら進めていく必要がある。(橋本座長)	・橋本座長、環境省とも、想定が政策に沿っているのか等の確認を含め意見交換を希望し、別途相談することとした。

2) 第2回

開催形式は、完全オンラインとした。事前に会場を確保していたが、令和4年1月27日時点で、東京都の「まん延防止等重点措置」を受け、完全オンラインへ切り替えることが決定され、会議室をキャンセルした。

日時：令和4年2月1日(火) 10:00~12:00

場所：Webex

議題：報告書案の作成状況、最近の進捗を共有し、今年度内容の評価や次年度の進め方等について助言・議論

- 次第：1. 座長からのご挨拶
2. 審査会資料案の説明
3. 各パートの進捗報告
4. 全体の質疑応答及びまとめ
5. 環境省からの講評
6. その他

指摘：委員の指摘事項と対応事項を表 4.7-2 に示す。

表 4.7-2 委員及び環境省からの指摘事項と事業者側の対応方針

パート略称	指摘事項	対応方針
NIES パート 1	<ul style="list-style-type: none"> ・今回のご報告では、中圧以下程度の熱供給が見えてきたというところで、廃棄物焼却炉側の設備面での検討項目が明らかになってきたかと思う。このあたりは、温度、圧力どちらも既存の技術で問題ないかどうか、アップグレードが必要であるのかの判断が必要となるため、必要要件の整理をお願いしたい。(増田委員) 	<ul style="list-style-type: none"> ・基本設計と共に、コンビナートへの導入の際の相場観が分かるように条件整理を工夫する。
東海Cパート	<ul style="list-style-type: none"> ・CO₂削減・費用対効果で、50 t/日で発電しているケースを想定しているが、p.18では、発電し、発電電力所内利用がそのうちの50%と設定されている。これは、50t/日程度のところで、自家消費分が半分というのは厳しいと思われるが、このあたりはいかがか。(伊藤委員) ・CO₂削減効果の推計については再度検討することとしたい。(橋本座長) ・費用対効果がわかりやすく伝わるとよい。(吉田委員) 	<ul style="list-style-type: none"> ・CO₂削減効果の推計は、再検討した。引き続き、分かりやすくとりまとめるよう工夫する。
JWRF パート	<ul style="list-style-type: none"> ・実際の熱供給では温水の件数が多かったが、温水供給についても結果の整理をするのか。(伊藤委員) ・尾張東部環境組合では需要側が必要とする蒸気量のうち、どれくらいを供給しているのか。(増田委員) ・供給義務や、供給できなかったときの保障が求められているのか。(増田委員) ・自治体へのヒアリングを行うと思うが、ヒアリング先において、課題に対してどういった対応をしているのかを一覧表でまとめられるとよい。(橋本座長) ・資料 2-4 別紙2のアンケート結果のリストで、グレーアウトしている部分は何を意味するのか。(吉田委員) 	<ul style="list-style-type: none"> ・温水利用の状況についても現状を整理した。 ・需要に対する供給割合、供給時の義務や保障も含め、ヒアリングを通じて明らかとなった課題及び、課題への対応について一覧にしてとりまとめる。 ・コロナ等で対応が難しいとの連絡があった自治体に色付けを行ったもの。

4.8 「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
 令和4年2月10日開催の令和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に出席し、令和3年度実証事業の進捗の審査を受けた。

4.9 令和3年度廃棄物処理システムにおける脱炭素・省CO₂対策普及促進方策検討委託業務ヒアリング等への協力

検討会レク：令和3年11月19日（金）10:00～10:30

当該委託業務での委託業務での検討内容の説明に関する評価資料の内容確認のため、検討会レクに参加した。

東海村調査：令和3年12月9日（木）14:00～15:30

日本環境衛生センターにより、東海村清掃センターへのヒアリングが行われた。事前の日程調整等を行うとともに、ヒアリング当日に同席した。

検討会参加：令和4年1月20日（木）9:00～12:00

「第2回令和3年度廃棄物処理システムにおける脱炭素・省CO₂対策普及促進方策検討委託業務」にオブザーバー参加した。

令和4年3月8日（木）10:00～12:00

「第3回令和3年度廃棄物処理システムにおける脱炭素・省CO₂対策普及促進方策検討委託業務」にオブザーバー参加した。

4.10 共同実施者との打合せ

（1）環境省への定例報告

本業務を適正かつ円滑に実施するため、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2回行った。打合せは、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レクの形で実施した。併せて事前に座長打合せを実施した。

第1回検討会 座長打合せ 10/22 11:00-12:00、環境省打合せ 10/27 10:00-11:00

第2回検討会 座長打合せ 1/22 13:30-14:30、環境省打合せ 1/26 10:00-11:00

（2）共同実施者及び再委託者との打ち合わせ

環境省との契約後、共同実施者との全体打ち合わせを開催した。開催日程は以下の通り。会議では、横断的課題の議論や各パートの進捗共有を行った。

準備会合：令和3年9月14日（火）、10月11日（月）

本会合：令和3年11月24日（水）、令和4年1月7日（金）、21日（金）、3月1日（火）

これ以外にもパート別に個別の打ち合わせを適宜実施した。

4.11 報告書の作成

令和4年1月末までに素案作成、検討会毎に案提出のペースで報告書を作成した。

5. 業務実施体制

本業務は、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及び公益財団法人廃棄物・3R研究財団の4者を共同事業実施者から成る、地域の熱供給需給管理システム実証共同事業体である（図5-1参照）。



6. 業務実施スケジュール

本業務の実施スケジュールと実績を表6-1に示す。実績は青線で示した。

工 程 表		10月	11月	12月	1月	2月	3月
委託業務実施上の区分		実施期間					
(1) 事前準備、作業計画書の作成等							
・作業計画書の作成等			実施計画説明	進捗報告			報告書確認
・環境省打ち合わせ							
・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							
① システム概念の提案							
・蒸気供給による発電量減少とのトレードオフの検討							
・蒸気の安定供給を支えるシステム構成							
・費用対効果の評価							
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)							
・工業団地で異なる温度・圧力の蒸気・熱風の需要がある場合の蒸気供給方法の考え方整理			対象工場の実地調査			確認と課題整理	
・化学コンビナートで焼却施設からの蒸気供給で代替できる熱利用プロセスと蒸気利用規模算定							
(3) 地域の熱供給需給管理システム実証							
① 東海クリーンとの隣接工業団地での実現可能性調査							
・周辺事業者および地元行政との調整							
・供給先への配管設計、需要側プラント構造の設計							
・需給管理システムの設計							
② 実証計画の策定							
(4) 自治体における展開可能性の検討							
① 焼却施設からの蒸気利用の波及に向けた課題の整理							
・自治体向けアンケートによる焼却施設からの蒸気利用の事例調査		作成		アンケート	整理		
・先行事例実施機関及び有識者へのヒアリング調査				事例把握次第順次			
・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						分析	
② ポテンシャルの拡大推計と課題の整理(熱供給側からの視点・一般廃棄物焼却施設)							
・産業への蒸気安定供給システムに対する意見交換			WG設置	開催		開催	
・熱融通の焼却炉側からみた各種課題に対する意見交換会						意見交換	
(5) 工業団地及び水平展開時のCO ₂ 削減費用対効果拡大推計							
(6) まとめ及び今後の課題							
(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							
(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							
(9) 共同実施者との打ち合わせ							
(10) 業務報告書の作成							
① 照査・品質管理							
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

※本工程表に変更が生じた場合には、新旧工程を表示する。

以上

