

平成 27 年度廃棄物発電の高度化支援事業委託業務
報告書

平成 28 年 3 月

一般財団法人 日本環境衛生センター
公益財団法人 廃棄物・3R研究財団

概要

東日本大震災以降の電力事情の変化や地球環境問題への対応が喫緊の課題とされる中で、自立分散型エネルギーの利用・普及拡大の重要性が高まっている。廃棄物焼却施設は全国の地方自治体単位で設置された分散型のエネルギー回収施設であり、災害時の緊急電源や防災拠点としての機能等、地域における災害対策と低炭素化の観点から、地域のエネルギーセンターとしての役割が期待される。

平成 26 年度廃棄物発電の高度化支援事業委託業務（以下「昨年度業務」という。）では、個々の施設における廃棄物発電の増強方策、高効率化等に関する調査・検討やネットワーク化のメリットの検証等を実施し、廃棄物エネルギー利活用に向けての課題が整理されたが、廃棄物エネルギーの更なる普及促進に向けては、引き続き高度化施策の検証等を実施することに加え、廃棄物エネルギーを電力または熱として利活用している国内外の先進事例に関する情報を含め、廃棄物エネルギー利活用の検討に資する情報を分かりやすく整理して提供することによって、自治体等の関係各主体における取組みを支援する必要がある。

また、平成 28 年 4 月の小売全面自由化が目前に迫り、関係各主体が自らの判断でエネルギーの需給体制を選択・構築していくことが求められるが、現時点において廃棄物発電への影響は確定しておらず、自治体、小売電気事業者ともに手探りの状態にある。電力システム改革のもと、廃棄物エネルギーの利活用が円滑に進むためには、引き続き関連諸制度についての情報収集・整理をおこない、自治体等の関係各主体に向けた Q&A を作成する等して分かりやすい解説を提示していく必要があると考える。

以上を踏まえ、本業務では、全国自治体への廃棄物エネルギー利活用の普及促進を目的とし、以下の調査検討を行った。

（1）国内外における廃棄物エネルギーの利用実態の把握

① 国内における廃棄物エネルギー利用実態

国内の廃棄物発電及び熱利用の状況について、過去の調査報告等を整理するとともに、文献調査で得られなかった情報について全国市町村及び一部事務組合にアンケート調査を実施し、現状を網羅的に把握した。アンケート調査では、外部電力供給先及び外部熱供給先の内訳と供給量の状況、供給方法、供給先決定の理由、供給に関する課題等について調査した。また、今後の廃棄物エネルギー利用を加速していくため、廃棄物担当部局に加えて、再生可能エネルギーや温暖化対策関連部門に対しても、エネルギー関連政策上の廃棄物エネルギーの位置づけ等についてアンケートを行った。

② 国外における廃棄物エネルギー利用実態

国外の廃棄物発電及び廃棄物焼却施設における熱有効利用の状況について、過去の調査報告等を基に情報収集を行い、発電については、廃棄物発電施設の規模と発電効率、処理方式、発電方式等に着目し、熱利用については、熱の利用形態、利用先、利用規模、地域熱供給インフラ等に着目し、各国の地域特性や社会システムとの関連性及び日本との比較を含めて整理を行った。

(2) 廃棄物発電の増強方策の検討

① 廃棄物発電の増強方策に係る実証

コンバインド処理（焼却とメタン発酵の併設、焼却と木質バイオマス等他の熱源の併設など）による廃棄物発電の増強方策について、先行的に実施している事例を3例取り上げ、実際の廃棄物処理施設における運転データ等から、その効果（エネルギー利用効率、経済性、CO₂削減効果等）を評価・検証した。評価・検証する先行事例の増強方策は、検討会の助言を得て選定した。また、コンバインド処理のバリエーションについては国内の事例を踏まえて整理し、施設の条件に応じたコンバインド処理システムの選択の考え方については施設規模、立地条件、地域特性等の観点から整理した。

② 廃棄物発電のネットワーク構築に向けた検討

昨年度業務の調査結果を踏まえ、廃棄物発電のネットワーク化に必要な対応策、特にネットワークの形態に応じた体制構築や、ネットワーク規模と経済性、他の再生可能エネルギーとの連携効果、ネットワーク運用管理組織の初期運用について整理した。検討に当たっては、実際の市町村等の協力を得て、発電側及び需要側の契約方法、地域エネルギー事業の検討体制、検討内容等について検討を行い、ネットワーク形態ごとに整理した。また、別途実施した廃棄物発電ネットワーク実現可能性調査報告を受け、構成電源の変動特性やネットワーク運用に係る経済性を含めたネットワーク規模と経済性についての検討を行い、今後のネットワークの推進に向けた課題を整理した。

(3) 廃棄物エネルギーの熱利用促進に向けた検討

① 地域への熱供給促進に係る検討

廃棄物エネルギーの効率的な活用方法の一つである廃棄物焼却施設の熱利用の普及促進に向け、上記(1)①の調査結果などから、地域への熱供給促進策の提案と課題の整理を行った。さらに、高効率発電と熱供給の複合的に行う場合について、地域に及ぼす経済効果、CO₂排出量削減の観点から適切なバランスを検討した。また、熱供給の導入を検討している施設の選定及び事業計画の策定支援を実施した。

② RDF を活用した熱利用促進に係る検討

小規模自治体における廃棄物からのエネルギー回収及び温室効果ガス排出量削減の有効な手段であるRDFの熱利用促進に向け、RDFの導入から現在までの経過を取りまとめ、RDFの普及を妨げている諸課題と対応方策について整理した。また、今後の方向性を提案するとともに、産業廃棄物由来のRPFの利用状況と比較などを行い、RDFの熱利用促進に係る方策について検討した。

(4) 廃棄物エネルギー利用高度化マニュアル（案）の作成

上記(1)～(3)の検討結果及び昨年度業務の結果を踏まえ、廃棄物エネルギーの高度利用

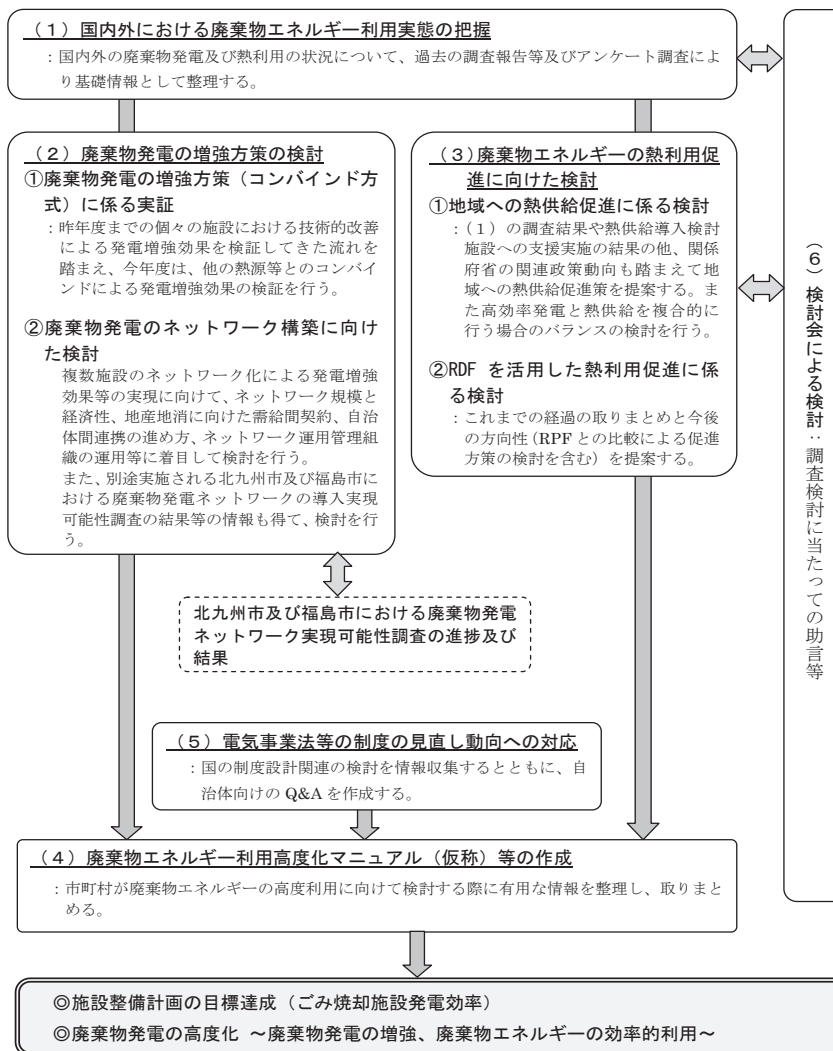
の普及加速化に必要な方策を整理し、先進事例や導入に当たっての留意点をまとめた自治体向けの「廃棄物エネルギー利用高度化マニュアル（案）」を（以下「マニュアル」という。）を作成した。また、自治体等の各関係主体に周知するためにマニュアルの情報を整理した概要版を作成し、これをWEBページ（案）とした。

（５）電気事業法等の制度の見直し動向への対応（自治体向けのQ&Aの作成）

電気事業法の改正等に関して、総合資源エネルギー調査会基本政策分科会電力システム改革小委員会や電力広域的運営推進機関における検討状況等、廃棄物発電に影響を及ぼすと考えられる法令・制度の動向を収集・整理し、対応方策を検討した。また、収集・整理した情報については、上記（１）～（４）の検討内容に適宜反映させるとともに、自治体向けのQ&Aとして取りまとめた。

（６）検討会の設置・運営

本業務に当たっては、学識経験者を含む検討会を設置し、（１）～（５）について必要な助言を受けた。検討会委員は11名で、検討会は3回開催した。



調査検討スキーム

Overview

Taking measures for changes in electric power condition after the Great East Japan Earthquake and for global environmental issues are urgent tasks at the present day. Under such situation, the importance of using and promoting autonomous distributed energy has been increasing. Waste incinerators, which are installed in each local government throughout Japan to collect distributed energy, are expected to work as a local energy center having functions to supply emergency power in case of disaster and to be a disaster prevention facility, from the viewpoint of disaster measures and carbon reduction in the region.

In the entrusted project to support advancement of waste power generation in FY 2014 (hereinafter referred to as the “Project last fiscal year”), an investigation and consideration on measures to enhance and increase in efficiency of waste power generation were performed according to each waste incinerator and an examination on advantages to build a network of waste power generation was conducted to figure out issues toward the use of waste energy. However, it is necessary to support activities of local governments and related organizations toward further promotion of using waste energy through continuous validation of advancement measures as well as by simply arranging and providing information contributing to the examination of using waste energy including information on advanced domestic and international cases of using waste energy as electricity or heat.

In addition, with the launch of full liberalization of entry to electricity retail business in April 2016, local governments and organizations involved are required to select and build a system of energy supply and demand at their own discretion. However, at the present moment, an impact on waste power generation has not been confirmed. Therefore, both local governments and retail electric utility companies do not have a clear vision for the future. For smooth use of waste energy under the electricity system reform, it is considered that continuous collection and arrangement of information on related systems and creation of a Q&A document are required so that a simple description on such systems can be provided to local governments and related organizations.

Based on the above, the following investigations and examinations were conducted in this project for the purpose of promoting the use of waste energy to local governments across the country:

(1) Understanding the situation of the use of waste energy inside and outside Japan

1) Situation of the use of waste energy in Japan

To comprehensively figure out the current situation of waste power generation and heat utilization in Japan, past investigation reports were compiled and a questionnaire survey on information not obtained through literature research was conducted for all municipalities and some administration associations in Japan. Items in the questionnaire survey were: the breakdown and supply volume of

external power suppliers and external heat suppliers, supply methods, reasons of selecting the suppliers, and issues related to power and heat supply, etc. In addition, in order to accelerate the use of waste energy in the future, a questionnaire survey on the positioning of waste energy under the energy-related policies was conducted for departments and bureaus in charge of waste as well as departments related to renewable energy and global warming.

2) Situation of the use of waste energy outside Japan

Information on the situation of waste power generation and effective heat utilization at waste incinerators outside Japan was collected based on the past investigation reports. In collecting information on power generation, the scale of waste power generation facilities, power generation efficiency, treatment methods, and power generation methods, etc. were focused on. In collecting information on heat utilization, the utilization forms, utilization purposes, utilization volume, and local heat supply infrastructures, etc. were focused on. The collected information was organized in terms of the regional characteristics and the relationship with social systems of each country, and comparison with the situation in Japan was made.

(2) Examination on measures for enhancing waste power generation

1) Demonstration on measures for enhancing waste power generation

With reference to advanced three cases where measures for enhancing waste power generation through combined treatment (incineration with methane fermentation and incineration with other heat resources such as wood biomass, etc.) have been taken, the effect of combined treatment (energy use efficiency, economic efficiency, and carbon dioxide (CO₂) reduction effect, etc.) was evaluated and validated based on the operation data and other data at waste treatment facilities. Enhancement measures of advanced cases to be evaluated and validated were selected through receiving advice from the examination committee. Variations of combined treatment were determined based on domestic cases, and methods to select the combined treatment system according to the condition of facilities were determined in terms of the scale and location of the facilities and regional characteristics.

2) Examination toward the building of a waste power generation network

Based on the investigation report of the Project last fiscal year, necessary measures for building a waste power generation network were examined. In particular, the establishment of a system according to the network form, the scale and economic efficiency of the network, effects through collaboration with other renewable energy, and the initial operation of the network operation management organization were examined. In examining measures, contract methods of power generation facilities and users as well as examination systems and contents for regional energy business were considered with the cooperation of municipalities. The measures were sorted out

according to the network form. In addition, based on the report of waste power generation network feasibility study implemented separately, the scale and economic efficiency of the network including characteristics of variation in configuration power and economic efficiency in network operation were examined to figure out issues toward the promotion of the network in the future.

(3) Examination toward the promotion for utilizing heat of waste energy

1) Examination on the promotion of heat supply to local communities

Toward the promotion for utilizing heat of waste incinerators, one of the methods to efficiently use waste energy, proposals and issues of heat supply promotion measures taken to local communities were examined based on the result of the investigation in item (1)-1). In addition, an appropriate balance in case of integrated performance of high efficiency power generation and heat supply was examined in terms of economic effects on local communities and CO₂ emission reduction. Furthermore, facilities that consider introducing heat supply were selected and support was provided to the facilities in developing their business plans.

2) Examination on the heat utilization promotion using RDF

RDF is an effective method to collect energy from waste and reduce greenhouse gas emissions in small local governments. Toward the heat utilization promotion using RDF, the process from the introduction of RDF to the present status was summarized to find out issues that interfere with the promotion of RDF and countermeasures against the issues. In addition, a proposal on future direction was made and an examination on measures for heat utilization promotion using RDF was performed by making a comparison with the utilization status of industrial waste-derived RPF.

(4) Creation of a draft of the manual for advanced use of waste energy

Based on the results of the examinations in items from (1) to (3) as well as the result of the Project last fiscal year, measures necessary for the promotion and acceleration of advanced use of waste energy were developed. With reference to the measures, a document targeting local governments that compiles advanced cases and points of attention in using waste energy called the “Manual for advanced use of waste energy (draft)” (hereinafter referred to as the “Manual”) was created. A summary of the Manual was also created to inform local governments and other related organizations about the information provided in the Manual. The summary of the Manual is used as a draft of the website.

(5) Response to the trend of reviewing the Electricity Business Act and other law systems (Creation of a Q&A document for local governments)

Concerning the revision, etc. of the Electricity Business Act, information on trends of laws and systems

that are considered to have an effect on waste power generation, such as laws and systems examined at the Electricity System Reform Subcommittee of the Basic Policy Subcommittee of the Advisory Committee on Natural Resources and Energy, and the Organization for Cross-regional Coordination of Transmission Operators, Japan, etc., was collected and summarized to examine countermeasures. In addition, collected and summarized information was reflected to the examination contents in items from (1) to (4) as necessary and compiled in a Q&A document for local governments.

(6) Establishment and management of the examination committee

In implementing this project, the examination committee consisting of academic experts and other members was established. The committee provided necessary advice on matters in items from (1) to (5). The number of the members of the examination committee is 11, and the committee was held three times.

目 次

I	国内外における廃棄物エネルギー利用実態の把握	I-1-1
1.	国内における廃棄物エネルギー利用実態	I-1-1
(1)	既存文献等調査	I-1-1
(2)	廃棄物エネルギー利用実態アンケート調査	I-1-13
2.	国外における廃棄物エネルギー利用実態	I-2-1
(1)	Waste-to-Energy, State-of-the-Art-Report, Statistics, 6th Edition	I-2-1
(2)	Renewable municipal waste barometers 2014	I-1-15
(3)	考察	I-1-19
II	廃棄物発電の増強方策の検討	II-1-1
1.	廃棄物発電の増強方策に係る実証	II-1-1
(1)	コンバインド処理の考え方	II-1-1
(2)	実証調査概要	II-1-4
(3)	調査結果	II-1-5
2.	廃棄物発電のネットワーク構築に向けた検討	II-2-1
(1)	ネットワークの形態に応じた構築の進め方	II-2-1
(2)	ネットワーク規模と経済性	II-2-16
(3)	今後の課題	II-2-24
III	廃棄物エネルギーの熱利用促進に向けた検討	III-1-1
1.	地域への熱供給促進に係る検討	III-1-1
(1)	地域への熱供給促進策の提案	III-1-2
(2)	高効率発電と熱供給を複合的に行う場合のバランスの検討	III-1-41
(3)	熱供給導入検討施設の選定及び事業計画の作成支援	III-1-89
2.	RDFを活用した熱利用促進に係る検討	III-2-1
(1)	RDF事業の現状	III-2-2
(2)	RDF事業の役割と効果	III-2-4
(3)	RDFグッドプラクティス事例	III-2-6
(4)	普及の諸課題と対策	III-2-8
(5)	RDFの熱利用促進に係る提案	III-2-10
(6)	(メタン発酵+固形燃料製造)システム	III-2-12
IV	廃棄物エネルギー利用高度化マニュアル(案)等の作成	IV-1
1.	マニュアルの目的	IV-1
2.	マニュアルの構成	IV-1
V	電気事業法等の制度の見直し動向への対応	V-1-1
1.	電気事業法改正への対応	V-1-1
(1)	電気事業法改正の経過	V-1-1
(2)	平成28年度小売全面自由化に向けた動き	V-1-2

(3) 改正電気事業法に係るごみ焼却施設Q&Aの作成	V-1-5
2. 再生可能エネルギー固定価格買い取り制度	V-2-1
(1) 調達価格等の設定	V-2-1
(2) FIT 制度の見直し.....	V-2-2
VI 検討会の設置・運営	VI-1
1. 検討会の設置	VI-1
(1) 検討内容	VI-1
(2) 検討会・作業部会開催日時	VI-1
(3) 委員構成	VI-2
(4) 作業部会の構成	VI-2
2. 検討会における委員からの主な指摘事項と対応	VI-4
(1) 第1回検討会	VI-4
(2) 第2回検討会	VI-8
(3) 第3回検討会	VI-12

資料編 1 廃棄物エネルギー利用高度化マニュアル（案）

資料編 2 改正電気事業法に係るごみ焼却施設 Q&A

本報告書では、調査を実施した自治体名等については各章ごとにアルファベットで表記しています。アルファベットが同じであっても、章が異なる場合は関係性はありません。

I 国内外における廃棄物エネルギー利用実態の把握

1. 国内における廃棄物エネルギー利用実態

国内における廃棄物エネルギー利用実態を把握するため、国内の廃棄物発電及び熱利用の状況について、過去の調査報告等を整理するとともに、文献調査で得られなかった情報について全国市町村及び一部事務組合にアンケート調査を実施し、現状を網羅的に把握した。

(1) 既存文献等調査

環境省一般廃棄物処理実態調査結果（平成 25 年度実績）により、廃棄物エネルギーを利用する焼却施設の建設状況の推移について概観した。また、既往調査報告書、国内の関連学会誌、専門誌等により、現状における廃棄物エネルギーの利活用の取り組みとして、いわゆる地元還元的な余熱利用に留まらない特徴的な取り組みについて把握した。

1) 廃棄物エネルギー利用施設の建設状況の推移

【要旨】

熱利用を行う焼却施設の割合は近年建設の施設ほど大きく、平成 25 年度建設の施設ではほぼ 100%となっている。特に、発電による熱利用は 2000 年代に入って以降に建設された施設において実施割合が大きい。外部供給については、発電電力の外部利用は、2000 年代以降に建設された施設で割合が高いが、発電以外の外部熱利用は過去と近年とで大きな差異はない。発電と発電以外の熱利用を比較すると、特に近年建設された施設では、発電による熱利用を行う割合が大きい。

環境省一般廃棄物処理実態調査結果（平成 25 年度実績）により、廃棄物エネルギー利用を行う焼却施設の使用開始年度別の熱利用状況を整理した。（図 I-1-(1)-1-1)

1970 年代に使用開始された施設の余熱利用割合（余熱利用ありと回答した施設数。以下同じ。）は 2 割から 3 割程度である一方で、1980 年代に使用開始された施設では 6 割程度、1990 年代後半の施設では 8 割程度、2010 年代に使用開始された施設ではほぼ全ての施設で余熱利用を行っており、近年の使用開始施設になるにつれて余熱利用を行う割合が増えていることが伺える。

使用開始年度別の施設規模の割合は図 I-1-(1)-1-2 のとおりであり、年度間でばらつきはあるものの、各年代を通して小規模施設の建設も一定割合で続いていることから、施設規模に関わらず、ごみ焼却施設における廃棄物エネルギー利用が年次を追って拡大してきているといえる。

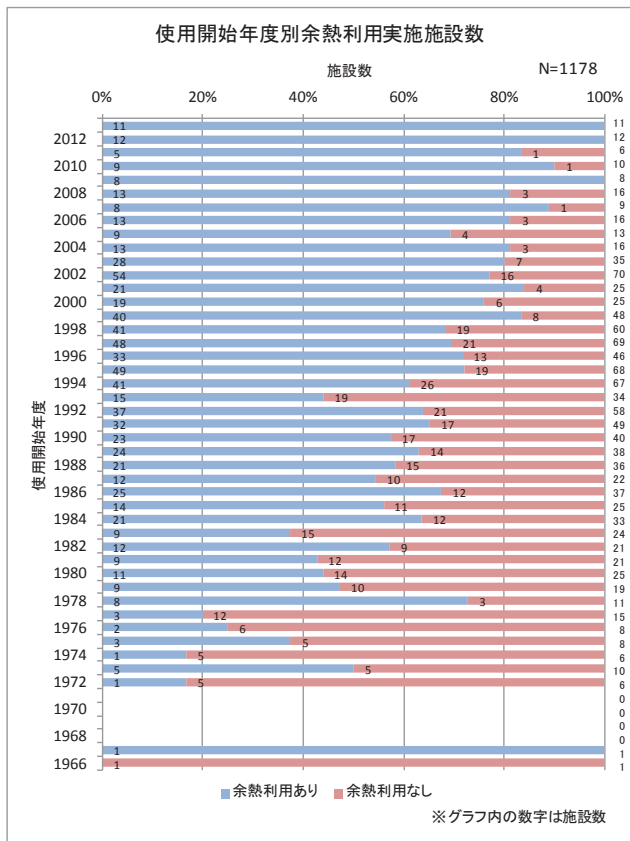


図 I-1-(1)-1-1 使用開始年度別余熱利用実施施設数（平成 25 年度）

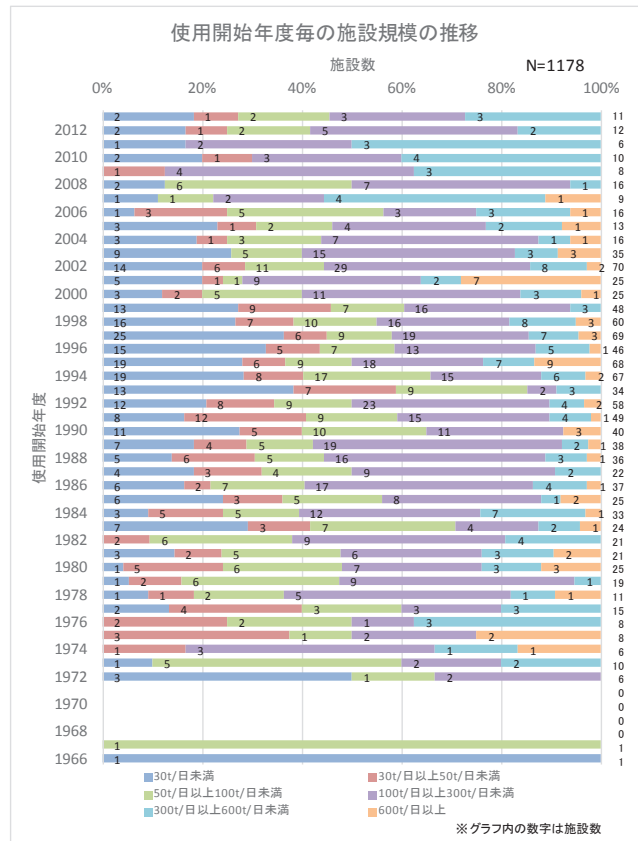


図 I-1-(1)-1-2 使用開始年度別焼却施設の施設規模（平成 25 年度）

<年代別の主なトピック>

1960～80 年代

- ・我が国で最初の廃棄物発電施設とされる大阪市旧西淀工場が稼働（1965 年）
- ・当時は環境衛生対策としての廃棄物処理から、高度経済成長に伴うごみ量増加への対応に迫られる時代であり、廃棄物処理政策は、増え続けるごみと生活衛生問題に対応するため、施設整備補助金を活用した施設整備に主眼が置かれ、高度経済成長に伴う公害問題の深刻化による環境規制強化への対応と併せて、全国的な施設整備が進められる時代が続いた。

1990 年代

- ・地球環境レベルの観点から持続可能性や地球温暖化の問題がクローズアップされ、徐々に資源循環やエネルギーに関心が向かっていった。
- ・ごみ焼却施設における余熱利用についても積極的に検討する機運が高まり、平成 4 年（1992 年）には「ごみ焼却余熱有効利用促進市町村等連絡協議会（余熱協）」が設立され、ごみ焼却余熱の有効利用に関する諸課題について、参加している市町村等を中心に研修や連携交流などの活動がスタートした。
- ・廃棄物発電の実施を促進するため、平成 7 年度（1995 年度）から、従来の施設内での消

費分に加え近隣の公共施設への電力供給に係るものや電力会社への安定的な売電を行うための発電についても補助対象とするとともに、平成 8 年度以降に整備するごみ焼却施設のうち全連続式の施設については、極力全ての施設について発電設備、施設外熱供給設備等を整備することとされた。

- ・平成 9 年（1996 年）には、社会問題化したダイオキシン類問題への対応から、改正廃棄物処理法により、焼却施設におけるダイオキシン類対策が法制化され、「ごみ処理に係るダイオキシン類発生防止等ガイドライン」や「ごみ処理広域化計画」に関する通知等により、施設の集約・大規模化を目指す動きが加速することとなった。ちょうどこの時期は、群馬県の高浜発電所、堺市クリーンセンター東第二工場などで“スーパーごみ発電”施設が整備された時期でもあり、全体として廃棄物発電が大きく拡大する方向に向かうこととなった。

2000 年代～

- ・平成 12 年（2000 年）6 月に、循環型社会形成推進基本法の施行（一部平成 13 年 1 月施行）により、3R に次ぐ施策として熱回収が法的に位置づけられ、平成 17 年（2005 年）4 月の循環型社会形成推進交付金の設立、平成 21 年（2009 年）3 月の高効率ごみ発電施設整備マニュアル等により、高効率な廃棄物発電の導入加速が進められるとともに、民間施設においても平成 22 年（2010 年）の改正廃棄物処理法により熱回収施設設置者認定制度がスタートした。

① 使用開始年度別発電施設の割合

平成 25 年度時点における、廃棄物エネルギーのうち、発電を行う施設と、そのうち発電電力の場外利用を行っている施設の使用開始年度別の割合は図 I-1-(1)-1)-3 及び図 I-1-(1)-1)-4 のとおりである。

1970 年代から 1990 年代にかけて使用開始された施設の発電施設の割合は 10～20%程度であるのに対し、2000 年代に入ってから使用開始された施設では 50～60%程度、2010 年代に使用開始された施設では 80%程度の施設が発電を導入している。

このうち発電電力の場外利用を行っている施設の割合は、1970 年代から 1990 年代にかけて使用開始された施設では 10%程度だが、2000 年代以降では 30%～60%程度となっている。

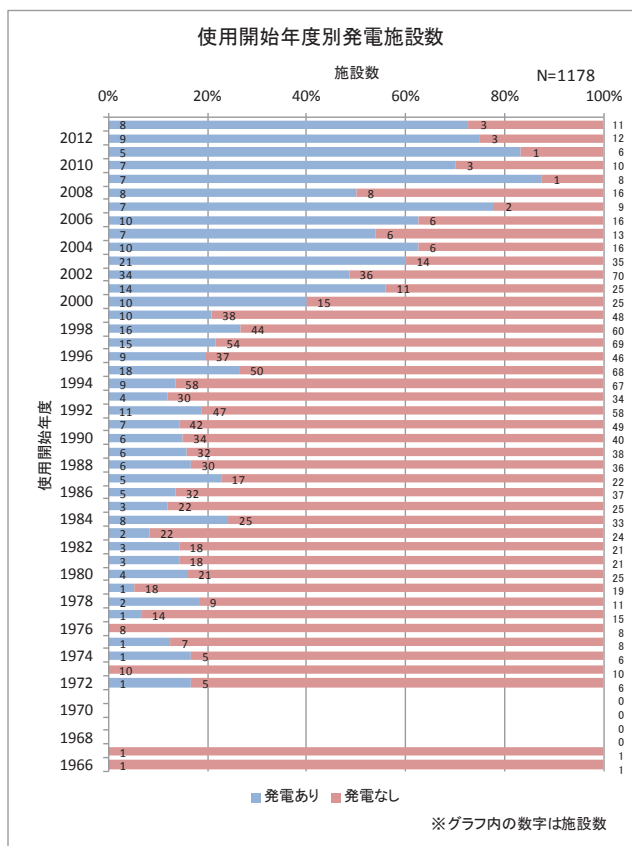


図 I-1-(1)-1)-3 使用開始年度別発電施設数 (平成 25 年度)

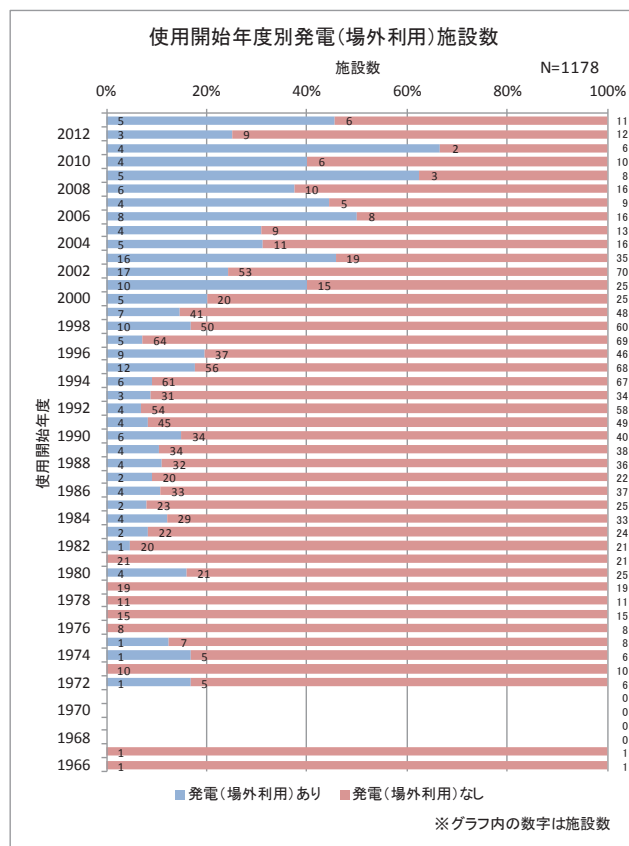


図 I-1-(1)-1)-4 使用開始年度別外部電力供給施設数 (平成 25 年度)

② 使用開始年度別 発電以外の熱利用施設の割合

平成 25 年度時点における、発電以外の熱利用を行う施設の割合は図 I-1-(1)-1)-5 及び図 I-1-(1)-1)-6 のとおりである。

1970 年代から 1980 年代初めにかけて使用開始された施設では 30～40%程度であるが、2000 年代に入って使用開始された施設では 70～80%程度の施設で熱利用を行っている。

一方、場外熱利用を行う施設数は、どの年代も概ね 20～40%程度で、年代によって大きな差異は見られない。

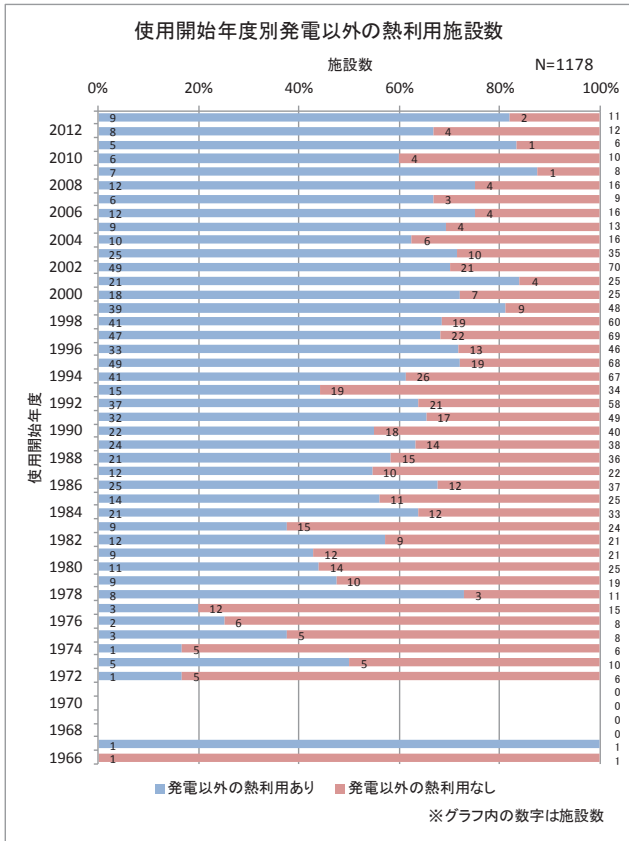


図 I-1-(1)-1)-5 使用開始年度別熱利用施設数 (発電以外) (平成 25 年度)

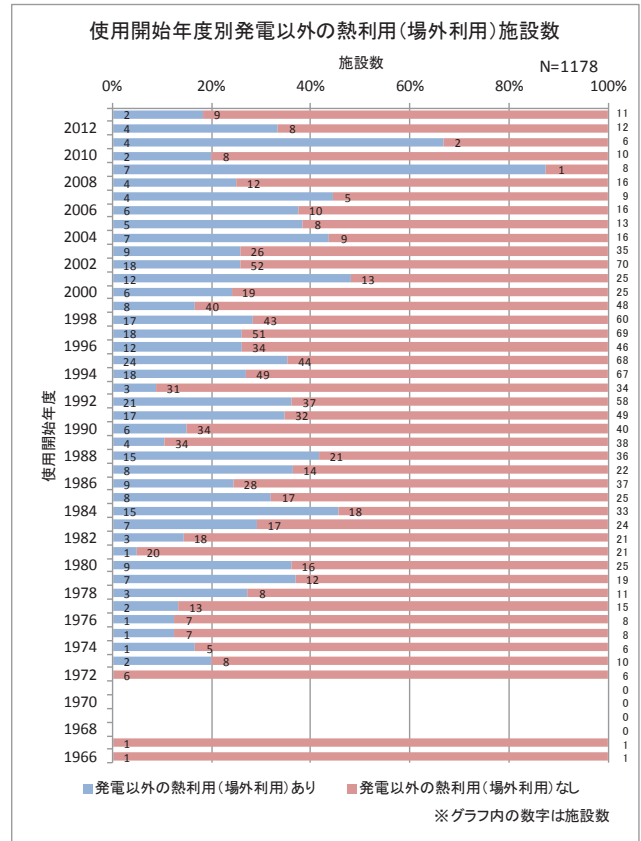


図 I-1-(1)-1)-6 使用開始年度別外部熱供給施設数 (発電以外) (平成 25 年度)

③ 発電と熱利用のバランス

平成 25 年度時点における、焼却施設における使用開始年度別の発電と熱利用のバランス（入熱ベース）（平成 25 年度）を図 I-1-(1)-1)-7 に示す。

入熱ベースでの発電のための熱利用量と発電以外の利用のための熱利用量の算出方法としては、「エネルギー回収型廃棄物処理施設整備マニュアル（平成 26 年 3 月環境省）」における電気と熱の価値評価の考え方にに基づき、次の要領で算出した。

- ・ 発電のための熱利用量 (MJ) = 発電電力量 (MWh) × 3,600 (MJ/MWh) × 2.4
- ・ 発電以外の利用のための熱利用量 (MJ) = 熱利用量 (MJ) × 1.1

使用開始年度が最近になるに従って発電のための熱利用の割合が大きくなり、2010 年代に使用開始された施設では余熱利用量の 8 割以上が発電に用いられている。

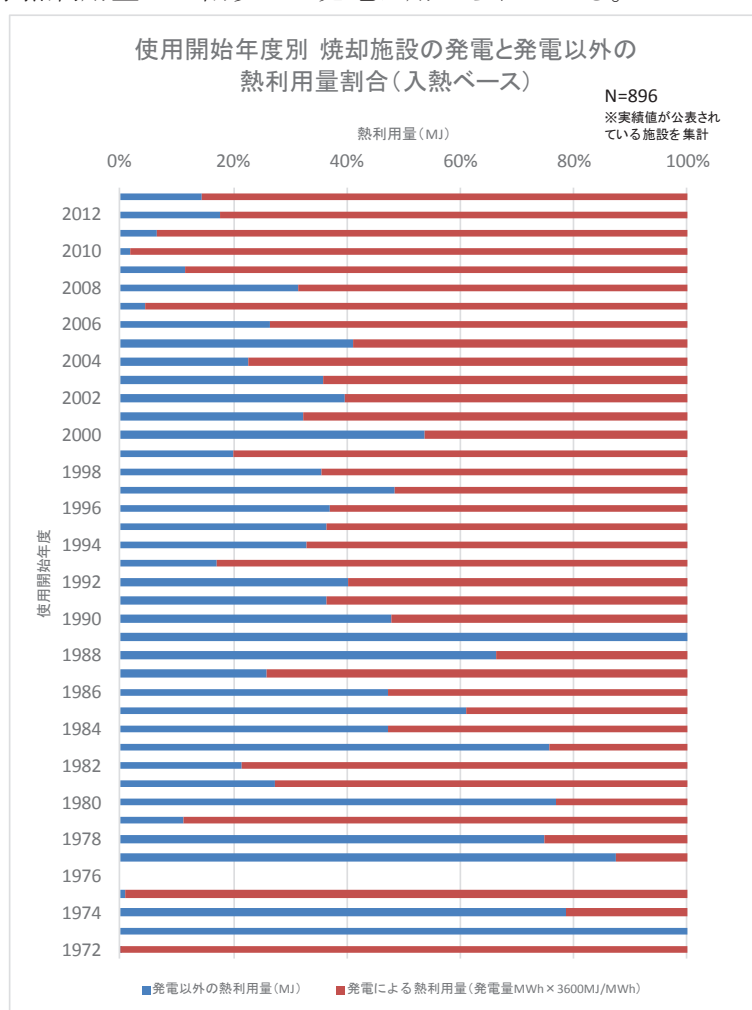


図 I-1-(1)-1)-7 使用開始年度別熱利用量割合（入熱ベース）（平成 25 年度）

発電と発電以外の熱利用バランスについて、個々の施設数の分布を図 I-1-(1)-1)-8 に示す。2000 年代までに使用開始された施設では概ね、発電のための熱利用量：発電以外の利用のための熱利用量=10：7 前後の傾向が見られるが、2010 年代に入って以降に使用開始された施設では、発電のための熱利用量の割合が大きくなっている状況が伺える。

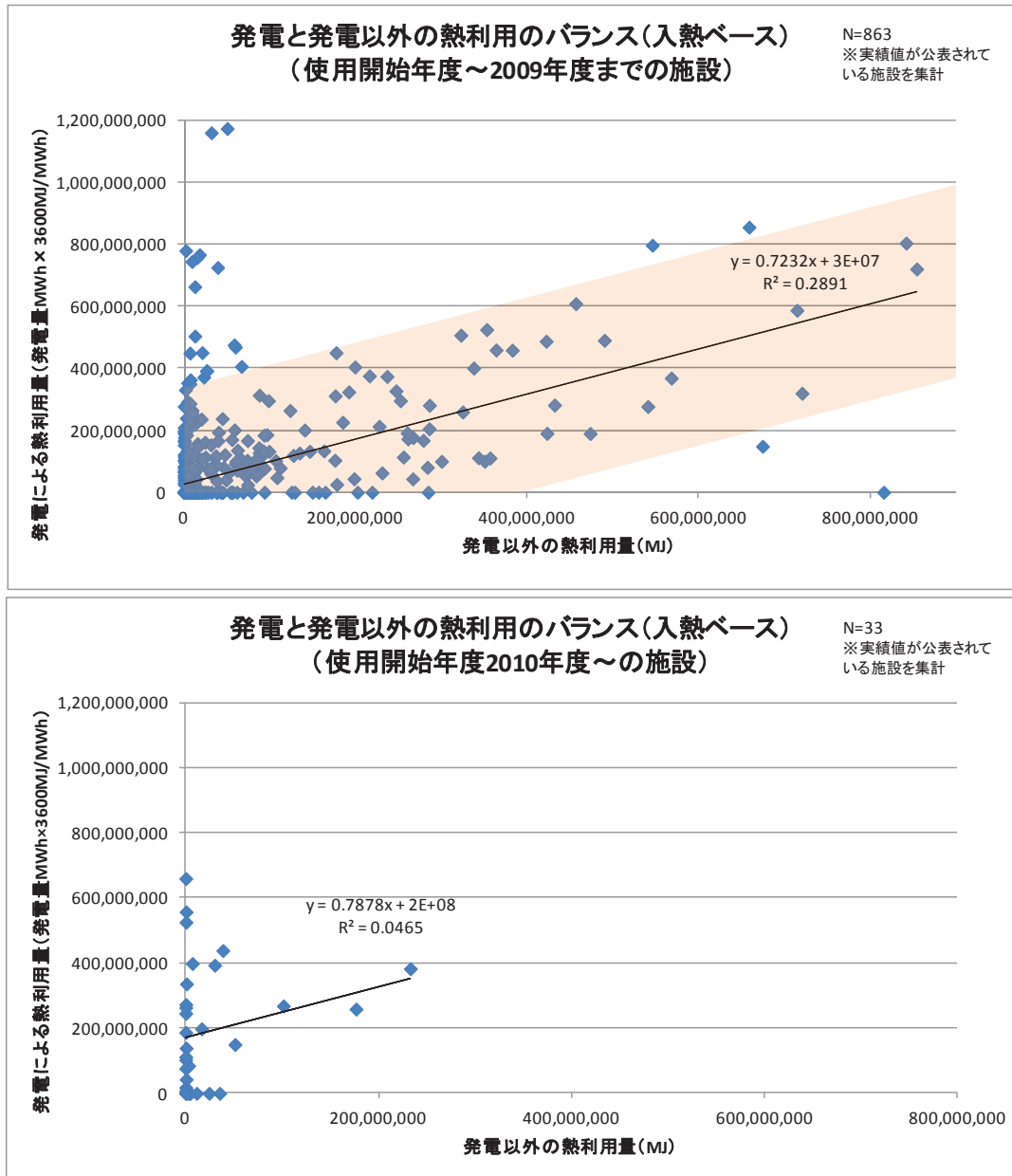


図 I-1-(1)-1)-8 焼却施設の熱利用バランス (入熱ベース)
上：2009 年度までに建設、下：2010 年度以降に建設 (平成 25 年度)

2) 現状における特徴的な廃棄物エネルギーの利活用の取り組み

いわゆる地元還元的な余熱利用に留まらない特徴的な廃棄物エネルギーの利活用の取り組みについて、既往調査報告書、国内の関連学会誌、専門誌等に紹介された事例を表 I-1-(1)-2)-1 から表 I-1-(1)-2)-3 に抽出した。

紹介された事例の多くは、比較的規模の大きい地域熱供給事業に関する事例であるが、近年では、防災拠点としてのエネルギー供給機能や、電力の専用線供給等の事例も紹介されている。

(参照文献)

平成 25 年度地域の防災拠点となる廃棄物処理施設におけるエネルギー供給方策検討業務報告書 環境省
平成 25 年度廃棄物処理システムにおける創エネルギーポテンシャル調査委託業務報告書 環境省
廃棄物学会論文誌 Vol.1(1990)～19(2008) 廃棄物学会
廃棄物資源循環学会論文誌 Vol. 20(2009)～ 廃棄物資源循環学会
廃棄物学会誌 Vol. 1(1990)～19(2008) 廃棄物学会
廃棄物資源循環学会誌 Vol. 20(2009)～ 廃棄物資源循環学会
都市清掃 1999 年 4 月 (229 号) ～ 全国都市清掃会議
月刊廃棄物 2000 年 1 月号～ 日報ビジネス
環境施設 1998 年 3 月～ 公共投資ジャーナル社 等

表 I-1-(1)-2)-1 特徴的な廃棄物エネルギーの利活用の取り組み（1）

市町村名	施設名	有効利用の特徴 (目的、方法、規模、実施主体等)	有効利用先
武蔵野市	新武蔵野クリーンセンター(仮称)	処理能力:120t/日(60t/日×2炉) 発電能力:4150kW(蒸気タービン2650kW、ガス・コジェネレーション設備1500kW)、熱供給能力:7.5GJ/時 周辺施設へのエネルギー供給の方法:電力供給はごみ焼却施設の自家発自家消費扱い。バックアップ体制としては、ガス・コジェネレーション設備の使用により、電力、蒸気の供給不足分を補う。 実施主体:東京都武蔵野市	敷地の内部:境啓発施設(エコプラザ(仮称))(電力(熱は未定))、敷地の外部:武蔵野市役所、武蔵野総合体育館(電力・熱(蒸気))、緑町コミュニティセンター(電力) 電気事業者への売電:実施予定
ふじみ野市	ふじみ野市・三芳町環境センター	処理能力:142t/日(71t/日×2炉) 発電能力:3200kW、熱供給能力:4.2GJ/時 周辺施設へのエネルギー供給の方法:電力供給はごみ焼却施設の自家発自家消費扱い。バックアップ体制としては、温水の供給に関し、ごみ焼却施設の休止時は、余熱利用施設に設置しているボイラーで対応する。 実施主体:ふじみ野市	敷地の内部(余熱利用施設(プール、浴室、大広間など)(電力・熱(温水))、管理啓発施設(電力)) 電気事業者への売電:実施予定
ふじみ衛生組合(東京都三鷹市、調布市)	クリーンプラザふじみ	処理能力:288t/日(144t/日×2炉) 発電能力:9700kW、熱供給能力:5GJ/時 周辺施設へのエネルギー供給の方法:電力供給はごみ焼却施設の自家発自家消費扱い。バックアップ体制としては、電力供給先の防災公園内に設置される非常用発電設備での対応。 実施主体:ふじみ衛生組合	施設の内部:リサイクルセンター(電力)、施設の外部:防災公園、多機能防災施設(電力・熱(温水)) 電気事業者への売電:あり
世田谷区	世田谷清掃工場	処理能力:ごみ焼却設備 300t/日(150t/日×2炉)、灰溶融設備 120t/日(60t/日×2炉) 発電能力:6750kW、熱供給能力:0.8MPa 周辺施設へのエネルギー供給の方法:バックアップ体制としては、蒸気の供給先の施設で補助ボイラを設置して対応。 実施主体:東京二十三区清掃一部事務組合	敷地の外部:美術館(熱(蒸気)) 電気事業者への売電:あり
横浜市	横浜市都筑工場	処理能力:1200t/日(400t/日×3炉) 発電能力:12000kW、熱供給能力:31.6GJ/時 周辺施設へのエネルギー供給の方法:電力供給はごみ焼却施設の自家発自家消費扱い。バックアップ体制としては、電力については、供給先の施設に自家発電設備を設置。また、供給先の施設には予備の電力回線あり。 実施主体:神奈川県横浜市	敷地の内部:収集事務所(都筑事務所)(電力・熱(蒸気))、敷地の外部:プール(都筑プール)、老人福祉施設(老人福祉センター)、障害者施設(横浜あゆみ荘)、地区センター(都筑地区センター)(電力・熱(蒸気)) 電気事業者への売電:あり
練馬区光が丘	光が丘清掃工場 ※施設更新・見直し中	処理能力:300t/日(150t/日×2炉) 発電能力:4000kW、余熱利用量(仕様値・公称値):26350000MJ 背景・目的:1972年に国の施策として公害防止と省エネルギーに寄与する公益事業を発展させるために制定された「熱供給事業法」の基に、東京都は「地域暖冷房計画区域の指定等に関する要綱(1977年)」を制定した。1981年には光が丘、品川八潮の両団地地区に地域冷暖房事業の導入を図り、東京電力、東京ガスの協力のもとに東京熱供給(株)が設立された。1983年に光が丘団地に熱供給事業が開始され、これまで安定的に事業を継続実施している。 方法:清掃工場の復水排熱(55℃)を熱源とし、高効率電動ターボ冷凍機とヒートポンプにより45℃の温水と7℃の冷水を供給している。 実施主体:東京二十三区清掃一部事務組合・東京熱供給(株)	赤塚光が丘一団地の住宅団地

出典)平成25年度地域の防災拠点となる廃棄物処理施設におけるエネルギー供給方策検討業務報告書、平成25年度廃棄物処理システムにおける創エネルギーポテンシャル調査委託業務報告書(ともに環境省)より

表 I-1-(1)-2-2 特徴的な廃棄物エネルギーの利活用の取り組み（2）

市町村名	施設名	有効利用の特徴 (目的、方法、規模、実施主体等)	有効利用先
金沢市	金沢市西部環境エネルギーセンター	処理能力: 340t/日(170t/日×2基) 目的: エネルギー供給、環境に関する啓発への貢献 方法: ボイラーで4MPa、400℃の高温・高圧蒸気を発生。蒸気タービン発電機で最大7000kWを発電。さらに余熱も利用する。 実施主体: 石川県金沢市	電力: 場内で使用し、余剰分は電力会社へ売電 熱: 場内の給湯、下水汚泥乾燥熱源に利用、また近隣の公共スポーツ施設や老人施設で温水として利用
千葉ニュータウン都心地区	印西クリーンセンター	処理能力: 可燃ごみ300t/日(100t/日×3基)、粗大・不燃ごみ50t/5h 余熱利用量(仕様値・公称値): 423357083MJ 目的: ごみ焼却施設の高度利用 印西クリーンセンターは平成7年度から千葉ニュータウン都心地区の業務・商業施設への冷暖房用熱源を供給する(株)千葉ニュータウンセンター熱供給事業本部(CNC熱供給事業)に対して、約1kmに渡り地下の共同溝に往環配管を通して、蒸気の供給を行っている。CNC熱供給事業は、当該地区の約83.5haに立地する業務・商業施設等に必要とされる冷暖房用熱源を集中管理し、都心東地区の中心にあるエネルギーセンターにおいて、ごみ焼却廃熱と電気・都市ガスを熱源として冷温水を製造し供給している。現在は冷温水製造に必要なエネルギーの約4分の1がごみ焼却廃熱で賄われている。 また、復水に反映される「未利用エネルギー」は平成20年度では5.1%まで減少しているが、タービン発電(定格出力850kW)で利用する量を抑え、CNC熱供給事業への供給量が増えている。 実施主体: 印西地区環境整備事業組合・(株)千葉ニュータウンセンター熱供給事業本部	発電: 場内利用 余熱: 温水センター、千葉ニュータウン都心地区の13の業務・商業施設(供給面積52.4ha)(平成21年11月時点)
札幌市	駒岡清掃工場	処理能力: 600t/日(300t/日×2炉) 発電能力: 4960MJ 方法: 清掃工場のごみ焼却廃熱を利用して作られた蒸気(255℃)は、まず蒸気タービンに導入され、タービンの中間から取り出された抽気蒸気(158℃)が熱供給施設に送られる。駒岡清掃工場内熱供給プラントにおいて、熱交換器により清掃工場の抽気蒸気から熱源水(145℃)が作られる。メインプラントで熱交換器により熱源水の熱から高温水が作られ、この高温水はさらにボイラによる加熱によって140℃を維持される。五輪団地地域ではメインプラントで作られた高温水を冷暖房・給湯に利用する。サブステーションで熱交換器によりメインプラントで生産された高温水から温水(115℃)が作られ、柏丘サブプラントでその温水をボイラで加熱することにより115℃を維持する。柏丘地域ではサブプラントで作られた温水を暖房・給湯に利用し、保養センター駒岡ではメインプラント熱交換後の戻り熱源水を冷暖房・給湯・融雪に利用する。 駒岡清掃工場の地域熱供給量: 蒸気供給量で25802t、熱換算量で60808GJ(平成20年度) 実施主体: 北海道地域暖房株式会社	元オリンピック選手村等の住宅・商業施設・区役所等及び市有の保養施設 平成20年2月時点での供給先は、公団住宅22棟(830戸)、分譲住宅26棟(923戸)、個人住宅10戸、社宅等1棟(30戸)、商業・業務施設等(区役所含む)9件
岡山市	当新田環境センター	処理能力: 300t/日(150t/日×2基) 発電能力: 1960MJ、余熱利用量: 100357639MJ 実施主体: 岡山市・PFI岡山当新田株式会社	隣接する屋内温水プールを中心としたスポーツ健康増進施設

出典) 月刊廃棄物 2013年12月号、都市清掃 第62巻 第292号(平成21年11月)より

表 I-1-(1)-2)-3 特徴的な廃棄物エネルギーの利活用の取り組み (3)

市町村名	施設名	有効利用の特徴 (目的、方法、規模、実施主体等)	有効利用先
東京臨海副都心 (江東区、港区、品川区)	有明清掃工場	処理能力: 400t/日 (200t/日 × 2基) 発電能力: 5600kW 熱供給能力: 台場プラント 冷熱296GJ/h、温熱193GJ/h 有明南プラント 冷熱302GJ/h、温熱201GJ/h 方法: ボイラーにより生成された蒸気は、蒸気タービンにより発電に利用している。蒸気タービンは抽気背圧タービンが採用されており、地域冷暖房への必要量に応じて抽気蒸気量を制御している。抽気された蒸気は東京臨海熱供給株式会社の台場地区及び有明南地区の供給プラントへ排熱され、また抽気蒸気の一部は工場内に設置された熱交換器により高温水に変換され隣接している江東区有明スポーツセンターに熱供給している。平成20年度におけるボイラーで発生した蒸気の排熱利用状況は、発電用蒸気が39.7%、熱供給(蒸気)が22.1%、熱供給(高温水)が3.0%である。平成20年度の東京臨海熱供給株式会社への供給量は225000GJ程度。 実施主体: 東京臨海熱供給株式会社	台場地区・有明南地区 江東区有明スポーツセンター
品川八潮パークタウン(品川区)	品川清掃工場	処理能力: ごみ焼却炉600t/日 (300t/日 × 2基)、灰溶融炉180t/日 (90t/日 × 2基) 余熱利用量: 456100000MJ 方法: 熱供給設備は130℃の高温水をつくり東京熱供給株式会社へ熱供給している。ごみ焼却炉で生じた熱は廃熱ボイラーにより蒸気として回収され、高圧蒸気だめから蒸気タービンへ供給され発電に利用されるが、発電に利用された蒸気の一部を抽気ラインから引き抜き、高温水熱交換器で130℃の高温水をつくり東京熱供給株式会社へ熱供給している。品川清掃工場から東京熱供給株式会社へは年間で約15万GJの熱供給をしている。また、発電機の定格出力は15000kW。 実施主体: 東京二十三区清掃一部事務組合・東京熱供給株式会社	品川八潮団地地区の住宅や施設群
大阪市森之宮地区	森之宮清掃工場 ※現在廃止	処理能力: 900t/日 余熱利用量(仕様値・公称値): 1329816940MJ ごみ焼却排熱(高圧生蒸気)を活用し、地区内の各住宅に対して暖房・給湯を行っている。また、一部商業施設の暖房やプールの加熱などにも利用されている。	集合住宅、商業施設、プール、他
浜松市	西部清掃工場	処理能力: 450t/d (150t/24h × 3炉) 余熱利用量(H22年度): 蒸気—清掃工場使用 52344t、発電: 230305t、水泳場供給 10700t 電気—発電 40208990kWh(発電能力: 9600kW)、売電 5509010kWh、清掃工場使用 33101817kWh、水泳場供給 4837813kWh 方法: 清掃工場から水泳場までの約400mにボックスカルバートを配置し、蒸気管と電線で供給 実施主体: 浜松市からSPC(浜松グリーンウェーブ株式会社(三井造船株)、セントラルスポーツ株)、三井住友建設株、株楠山設計を株主とする))へ運営・維持管理を委託	場内使用、古橋廣之進記念浜松市総合水泳場、売電

出典) 都市清掃 第62巻 第292号(平成21年11月)、第64巻 第302号(平成23年7月)、第66巻 第316号(平成25年11月)より

表 I-1-(1)-2)-4 特徴的な廃棄物エネルギーの利活用の取り組み（4）

市町村名	施設名	有効利用の特徴 (目的、方法、規模、実施主体等)	有効利用先
北九州市	日明工場、皇后崎工場、新門司工場	<p>日明工場 旧工場:昭和47年稼働開始、新工場:平成3年稼働開始 処理能力:450t/日→600t/日 発電能力:0kW→6000kW、H23年度総発電量:30600千kWh</p> <p>皇后崎工場 旧工場:昭和50年稼働開始、新工場:平成10年稼働開始 処理能力:600t/日→810t/日 発電能力:3000kW→36340kW、H23年度総発電量:78000千kWh 新工場には、発電能力36340kW、発電効率が約26%となる「スーパーごみ発電システム」を採用した。しかしその後都市ガスの価格高騰によりガスタービンの運転を停止したため、現在では蒸気タービン単独運転となっている。 東折尾地区への熱供給事業開始はH13年4月で、飽和蒸気を20.93GJ/h供給している。供給先の実施主体は東折尾地区余熱活用事業者で、温浴施設・複合型マンションに供給されていたが、H20年1月末から温浴施設への熱供給は休止している。H22年度の蒸気使用量は1413t、使用熱量は3618693MJである。</p> <p>新門司工場 旧工場:昭和52年稼働開始、新工場:平成19年稼働開始 処理能力:600t/日→720t/日 発電能力:1500kW→23500kW、H23年度総発電量:45400千kWh 新工場には、高温高圧(400℃、41ata)蒸気を発生するボイラと復水に水冷方式を採用したことから、発電能力23500kW、発電効率20%以上となった。</p>	<p>日明工場 【旧工場】熱:所内給湯・冷暖房、隣接する中央卸売市場への蒸気供給 【新工場】熱:旧工場と同様箇所、粗大ごみ資源化センター、電気:所内負荷、粗大ごみ資源化センター、下水処理場、売電</p> <p>皇后崎工場 【旧工場】電気:所内負荷、隣接する下水処理場、熱:所内給湯・冷暖房 【新工場】熱:所内給湯・冷暖房、隣接環境関連施設への給湯、東折尾地区への蒸気供給、電気:所内負荷、隣接環境関連施設、売電</p> <p>新門司工場 【旧工場】電気:所内負荷、売電(昭和57年～)、熱:所内給湯・冷暖房 【新工場】熱:所内給湯、隣接環境関連施設への蒸気供給、電気:所内負荷、隣接環境関連施設、売電</p>

出典) 都市清掃 第65巻 第310号(平成24年11月)より

上記のほか、廃棄物焼却施設の廃熱を農業利用している例として下記の事例がある。

表 I-1-(1)-2)-5 特徴的な廃棄物エネルギーの利活用の取り組み—農業利用—

市町村名	施設名	有効利用の特徴	有効利用先
A市	クリーンセンター	<p>処理能力 300t/日(100t/日×3基) 余熱利用量 143,600GJ(H25年度)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地元の農事組合法人が経営する園芸施設(トマト栽培)に、毎年冬季の間、温水を供給している。供給した温水は、各ハウスに設置された熱交換器で温風に変換され、冬季の間、ハウス内を保温する。 ・園芸施設への温水供給の他、堆肥製造用家畜糞尿乾燥施設や、農業関連の研修センターへの温水供給を行っている。 	園芸施設(トマト栽培)、農業研修センター

(2) 廃棄物エネルギー利用実態アンケート調査

国内の廃棄物エネルギーの利用実態について、利用先の種類、利用方法等の詳細を把握するため、全国市町村・一部事務組合へのアンケート調査を実施した。また今後の廃棄物エネルギー利用を加速していくため、廃棄物担当部局に加えて、再生可能エネルギーや温暖化対策関連部門に対しても、エネルギー関連政策上の廃棄物エネルギーの位置づけ等についてアンケートを行った。

アンケート調査の実施概要は次のとおり。

<廃棄物エネルギーの利用実態に関するアンケート調査>

対象： 全国市町村・一部事務組合（焼却施設、燃料化施設） 1267 施設

期間： 平成 27 年 10 月 16 日～11 月 20 日

方法： 質問紙によるアンケート（電子メール回答）

回収率： 71.5%（906 施設）

1) 廃棄物エネルギー利用の現状整理

廃棄物エネルギー利用の現状について、前述のアンケート調査において下記の質問項目を設定し、調査を行った。

内容： 廃棄物エネルギー利用の現状に関する質問項目は以下のとおり

	質問項目
施設毎に回答	<施設情報> 施設名、稼働状況、処理能力、計画ごみ質、施設種類・処理方式、発電電力の利用状況、発電以外の余熱利用状況
	Q 1. 外部電力供給の状況 【外部電力供給ありの場合】
	1. 外部電力供給量実績 (MWh/年) H 2 5 年度
	2. 外部電力供給先の内訳と状況 外部電力供給先毎の名称、契約先、位置、供給方法、供給量低下又は停止時の対応、供給量、供給先決定理由
	3. 外部電力供給量の決定理由
	4. 外部電力供給上での安定供給確保の工夫
	5. 現状の外部電力供給上の課題
	6. 現状の外部電力供給上の制約条件等（供給拡大の可能性）
	Q 2. 外部熱供給の状況 【外部熱供給ありの場合】
	1. 外部熱供給量実績 (MJ/年) H 2 5 年度
	2. 外部熱供給先の内訳と状況 熱の外部供給先毎の名称、契約先、位置、供給熱源、供給方法、利用形態、供給量低下又は停止時の対応、供給量、価格、供給先設置時期、供給先決定理由
	3. 外部熱供給量の決定理由
	4. 外部熱供給上での安定供給確保の工夫
	5. 現状の外部熱供給上の課題
	6. 現状の外部熱供給上の制約条件等（供給拡大の可能性）
	Q 3. 外部電力供給に至らなかった要因 【外部電力供給なしの場合】
	Q 4. 外部熱供給に至らなかった要因 【外部熱供給なしの場合】

アンケート調査の結果を以下に示す。

<回答施設諸元>

回答施設における発電電力利用状況、発電以外の熱利用状況は図 I-1-(2)-1)-1 及び図 I-1-(2)-1)-2 のとおりであり、発電は全体の 4 割程度の施設で、発電以外の熱利用は 8 割程度の施設で行っている。

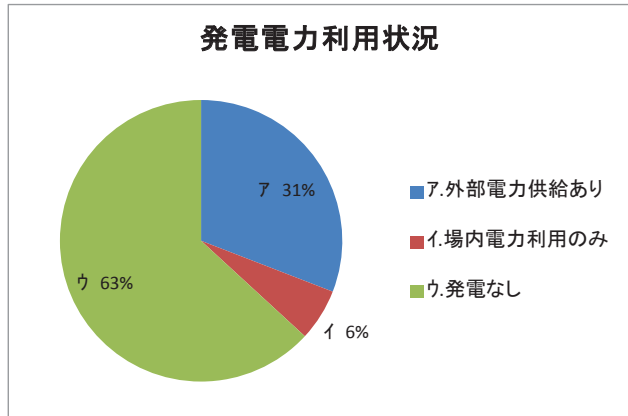


図 I-1-(2)-1)-1 回答施設における発電利用状況

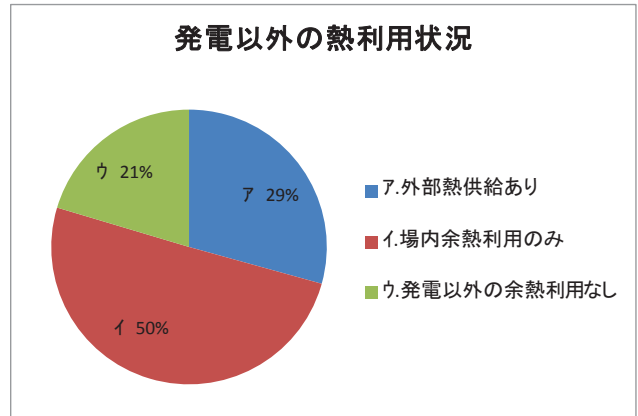


図 I-1-(2)-1)-2 回答施設における熱利用状況

回答施設の種類の図 I-1-(2)-1)-3 のとおりであり、ストーカ式の焼却炉と流動床式の焼却炉が 8 割を占めている。

回答施設における処理能力別施設数を図 I-1-(2)-1)-4 に示す。100t/日未満の小規模施設が全体の 5 割弱を占める。

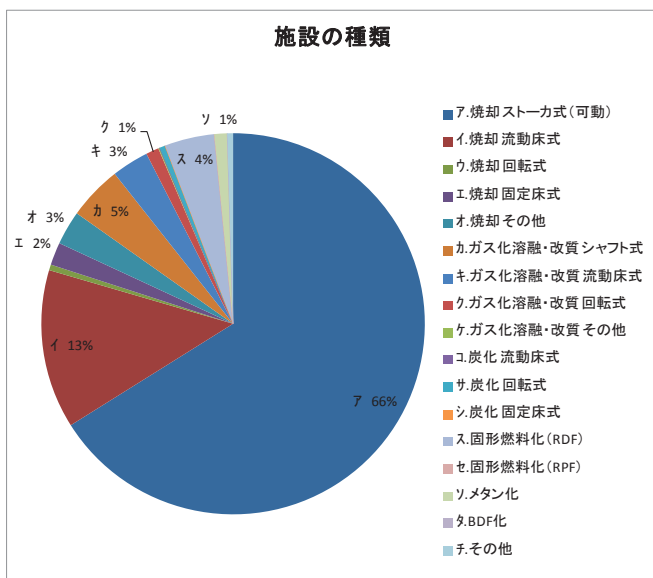


図 I-1-(2)-1)-3 回答施設の種類の内訳

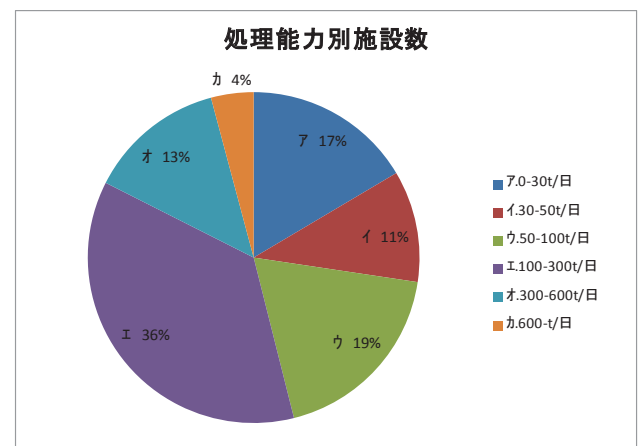


図 I-1-(2)-1)-4 処理能力別施設数

① 外部電力供給の状況

【要旨】

外部電力供給量全体のうち、9割が供給先を特定しない売電である。売電先箇所数は、電力会社が6割、PPSが4割となっている。また、売電以外の外部電力供給量では、灰溶融炉と下水道施設への供給が比較的多い。

外部電力供給先の選定理由としては、売電収入の確保や施設整備計画との連動が多数を占め、電力の有効利用に向けて特定の供給先を探索したケースは全体の1割程度である。

ア) 外部電力供給先

外部電力供給先の状況は、図 I-1-(2)-1)-5 のとおりであり、供給先を特定しない売電が供給先数としては全体の6割、供給量としては全体の9割以上を占めている。

売電以外の供給先の種類としては、灰溶融炉、破碎・リサイクル施設等の付帯施設が2割を占め、次に多いのはその他の公共施設(1割)となっている。民間施設への供給については、全体の1%程度である。

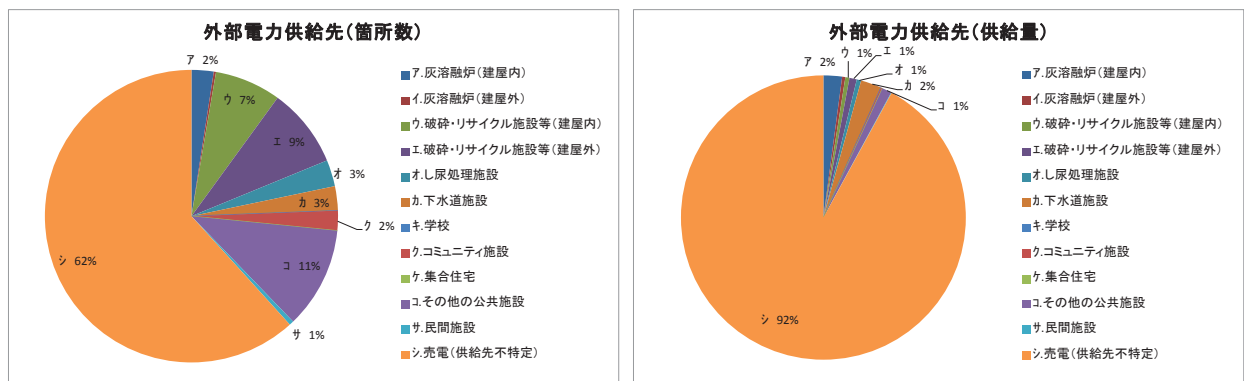


図 I-1-(2)-1)-5 外部電力供給先内訳 (左：箇所数、右：供給量割合)

イ) 外部電力供給先の位置

外部電力供給先の位置については、同一敷地内及び隣接地が約4割を占め、その他として、300m程度内の外部供給と300m程度以上の外部供給が各2%である。

300m程度以上の外部供給については、下水道施設やその他の公共施設への専用線供給(特定供給)が多くみられた。

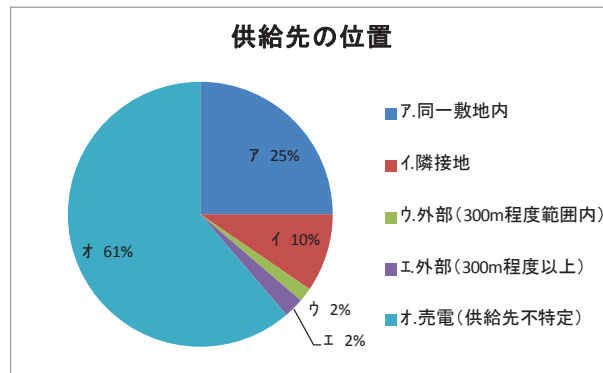


図 I-1-(2)-1)-6 外部電力供給先の位置

ウ) 外部電力供給の方法

供給方法別にみると、売電箇所数については、電力会社への売電が全体の4割、民間PPSへの売電が2割となっている。

その他、敷地内配線以外の特定の供給先への電力供給方法としては、専用線による特定供給が8%、専用線による自家発自家消費供給が5%、システムを利用した特定供給が1%となっている。

敷地外の300m程度以上及び300m程度範囲内への外部電力供給における特定供給等の状況は、前述の項目で見たが、それ以外への専用線（特定供給）、専用線（自家発自家消費）供給先としては、隣接する付帯施設、下水処理施設、その他の公共施設への供給があるとの回答があった。

供給方法別の供給量でみると、電力会社や民間PPS、公共関与PPSへの売電に次いで、専用線による特定供給の割合が大きい。

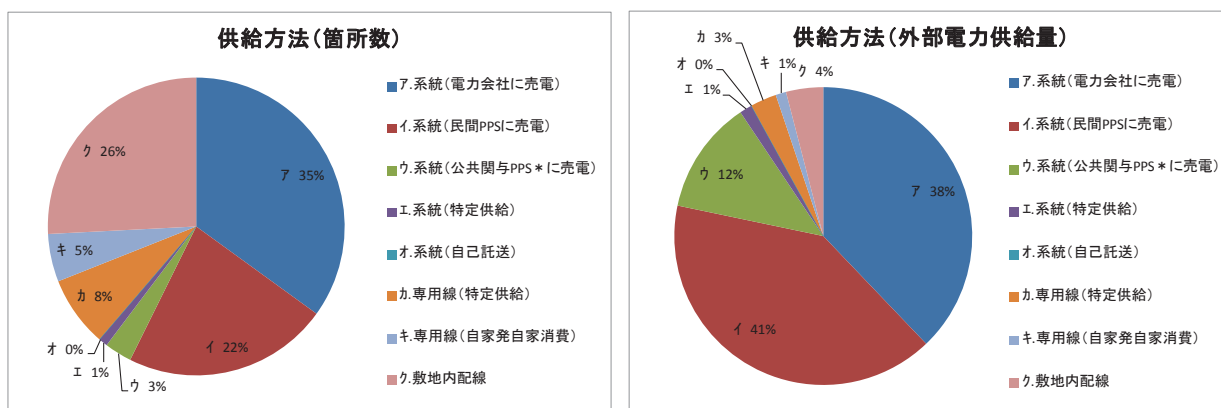


図 I-1-(2)-1)-7 外部電力供給方法の内訳 (左：箇所数、右：供給量割合)

エ) 外部電力供給のバックアップ

外部電力供給量低下時又は停止時のバックアップについては、図 I-1-(2)-1)-8 のとおりである。特になしが8割を占め、焼却施設側でのバックアップが1割強、供給先での対応が1割弱となっている。

また、バックアップを行っている施設の内訳は図 I-1-(2)-1)-9 のとおりであり、破砕・リサイクル施設等の付帯施設は焼却施設側でバックアップをしている例が多く、下水処理施設やその他の公共施設では、当該供給先施設側で調達する例が多い。

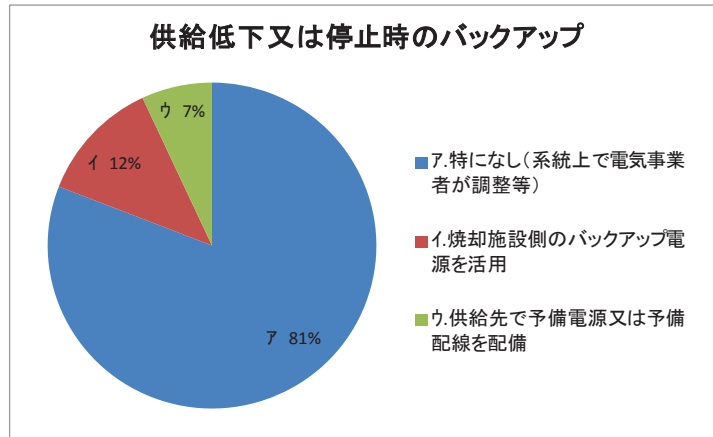


図 I-1-(2)-1)-8 外部電力供給低下又は停止時のバックアップ対応

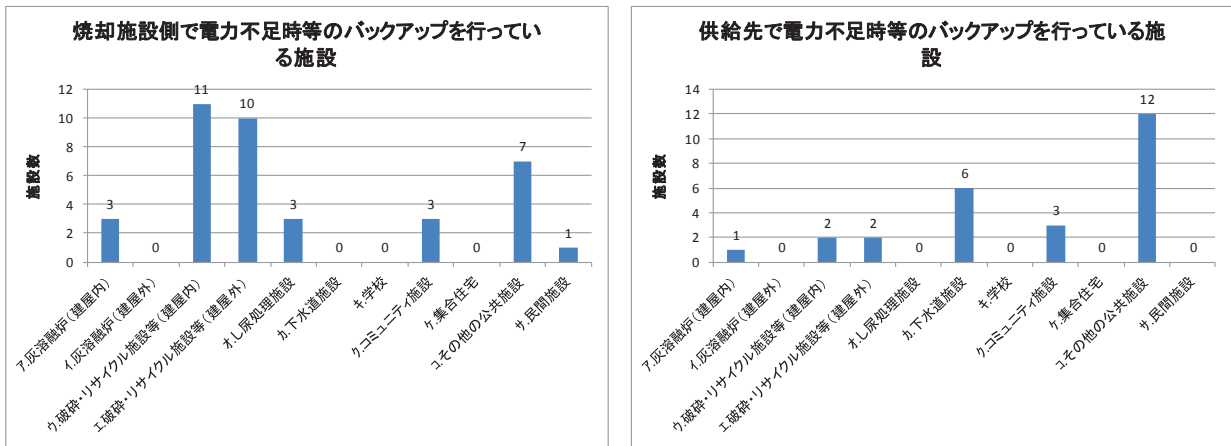


図 I-1-(2)-1)-9 外部電力供給低下又は停止時のバックアップ対応別の供給先施設
(左：焼却施設側で対応、右：供給先施設で対応)

オ) 外部電力供給先の決定理由

供給先の決定理由については、売電収入の確保のためとの回答が最も多く、次いで、施設整備と併せて供給先を計画、特定の供給先がなかったため売電のケースが多く見られた。また、電力の有効利用のために積極的に供給先を探索したと回答したケースは全体の1割で、その結果の供給先としては、供給先不特定の売電を除くと、破碎・リサイクル施設等の付帯施設が最も多く、続いて、その他の公共施設という結果であった。

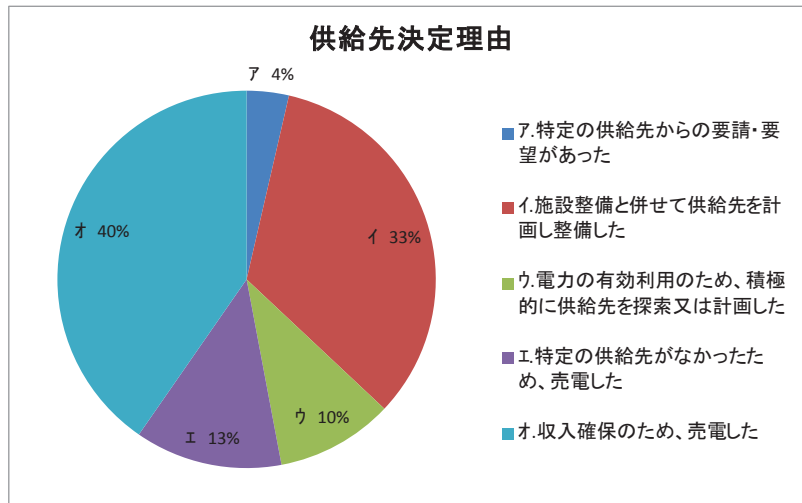


図 I-1-(2)-1)-10 外部電力供給先の決定理由

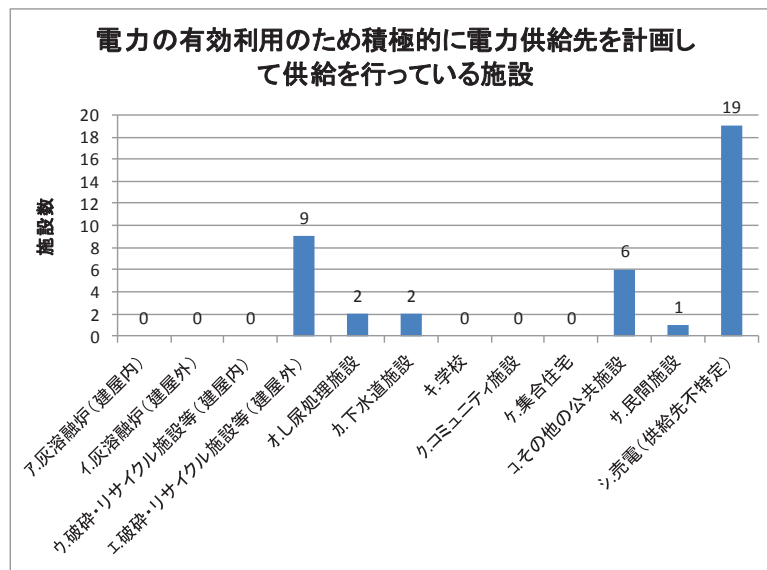


図 I-1-(2)-1)-11 電力の有効利用目的の電力供給先

カ) 外部電力供給量の配分

外部電力供給量の供給先別の配分の考え方については、特定の供給先の需要を満たしたうえで残りを売電しているケースが6割を占め、売電収入確保のため全量売電している施設は4割であった。

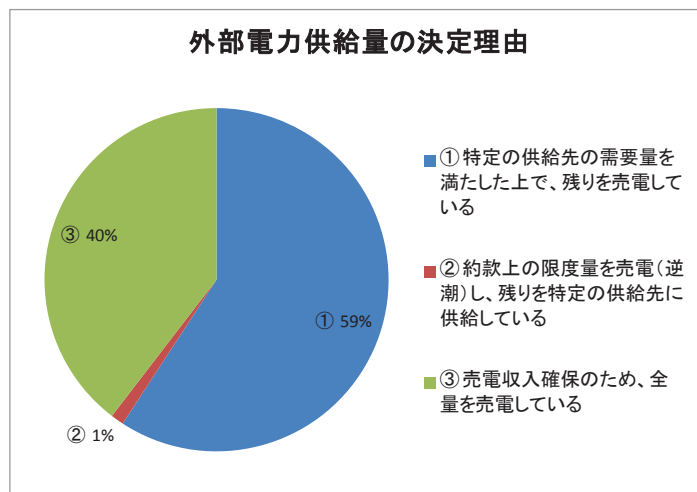


図 I-1-(2)-1)-12 外部電力供給量の決定理由

キ) 外部電力供給安定化に向けた工夫

外部電力供給安定化に向けた工夫としては、稼働計画上の調整（炉数調整、停止期間の調整等）が最も多く、続いて蒸発量制御、定期点検・整備、所内消費管理、安定稼働等が多く見られた。

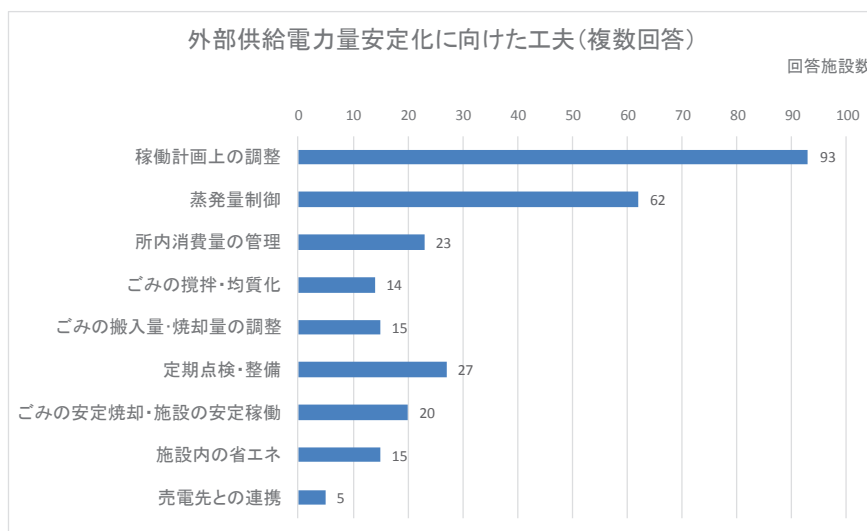


図 I-1-(2)-1)-13 外部電力供給安定化に向けた工夫

ク) 外部電力供給上の課題

外部電力供給上の課題としては、設備の老朽化への課題意識が最も多く、その他電力システム改革への対応、発電コストや売電収入等のコスト面、ごみ量・ごみ質等の変動等を踏まえた安定供給への課題等の回答が見られた。

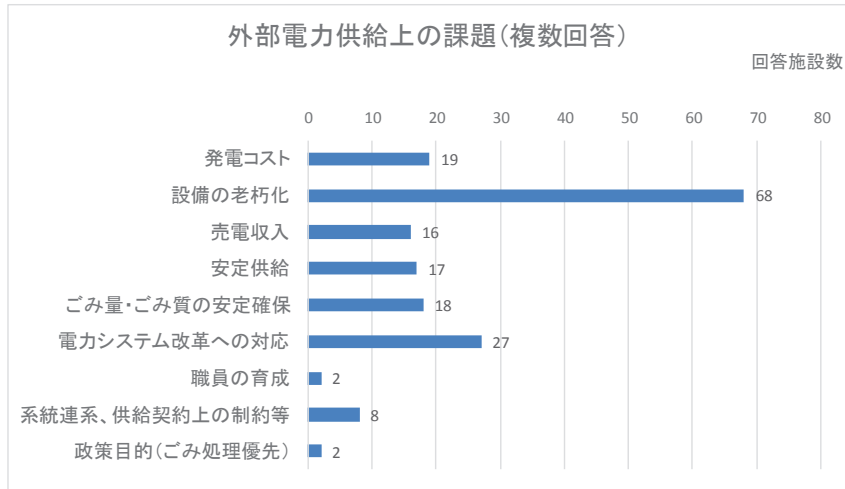


図 I-1-(2)-1)-14 外部電力供給上の課題

また、外部電力供給を拡大できない要因としては、系統連系上の制約や、設備投資コストが多く見られた。

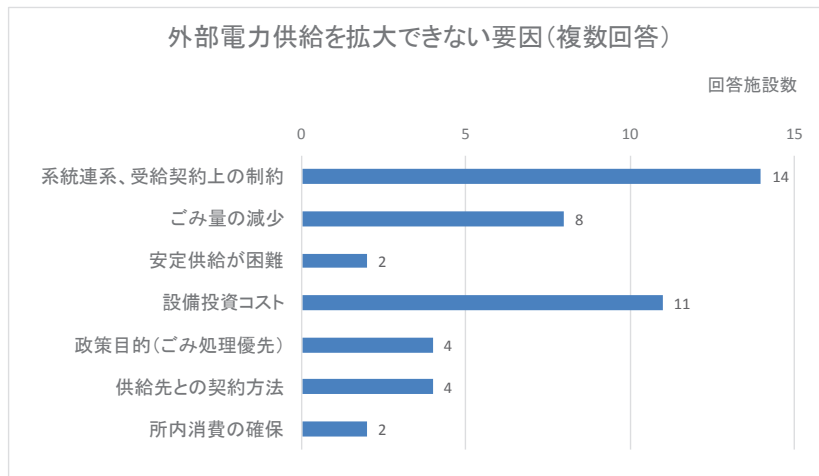


図 I-1-(2)-1)-15 外部電力供給を拡大できない要因

ケ) 外部電力供給に至らなかった要因

外部電力供給を行っていない施設について、外部電力供給に至らなかった要因としては、施設規模の問題が6割を占め、系統上の制約や熱利用を優先したことによるケースが1割弱、その他の要因が3割を占めた。その他の要因としては、発電設備がない、建設時に計画されなかった等の回答が多くを占めた。

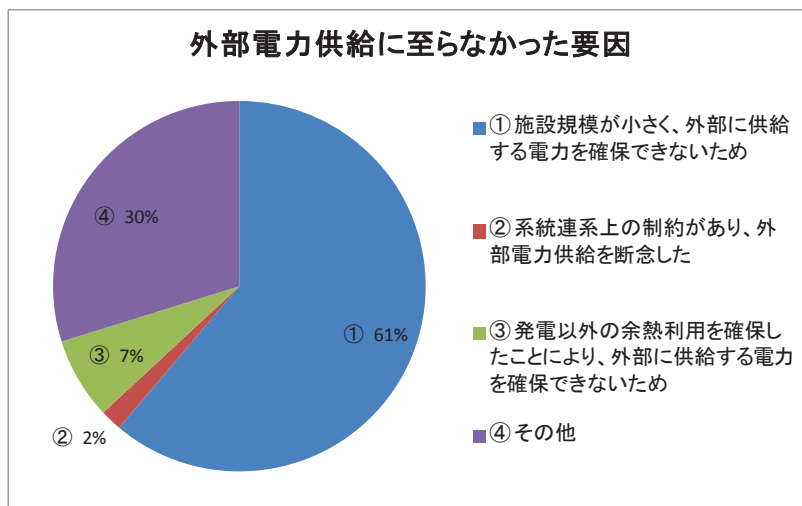


図 I-1-(2)-1)-16 外部電力供給に至らなかった要因
(外部電力供給なしの施設)

② 外部熱供給の状況

【要旨】

外部熱供給量の約5割を、運動施設（プール等）、温浴施設、福祉施設、コミュニティ施設等の住民還元型施設が占める。まちづくりや産業育成に資する熱供給は、地域熱供給事業が2割あるほかは大きなものはなく、農業、工業等の産業利用は、全体の数%程度である。

外部熱供給の範囲は、敷地内・隣接地が7割強を占め、周囲1km以上離れた熱供給は数%となっている。また、外部熱供給先の選定理由としては、地元還元が6割弱、エネルギー有効利用が4割弱を占め、地域の雇用創出・産業振興を目的としたケースは数%程度である。

一方、外部熱供給していない施設の要因は、規模の問題、需要家の不在のほか、外部熱供給の可能性自体を調査していない施設が2割強に上った。

ア) 外部熱供給先

外部熱供給先の箇所数については、従来から地元還元施設として導入されるケースが多かった運動施設（プール等）や温浴施設、福祉施設、コミュニティ施設が約7割を占め、次いで、破碎・リサイクル施設等の付帯施設が各1割となっている。

一方、外部供給先別の熱供給量の割合は、地元還元施設への供給は約5割となり、供給箇所数では2%であった地域熱供給が供給量では2割を占める。次いで破碎・リサイクル施設等の付帯施設が多くみられる。

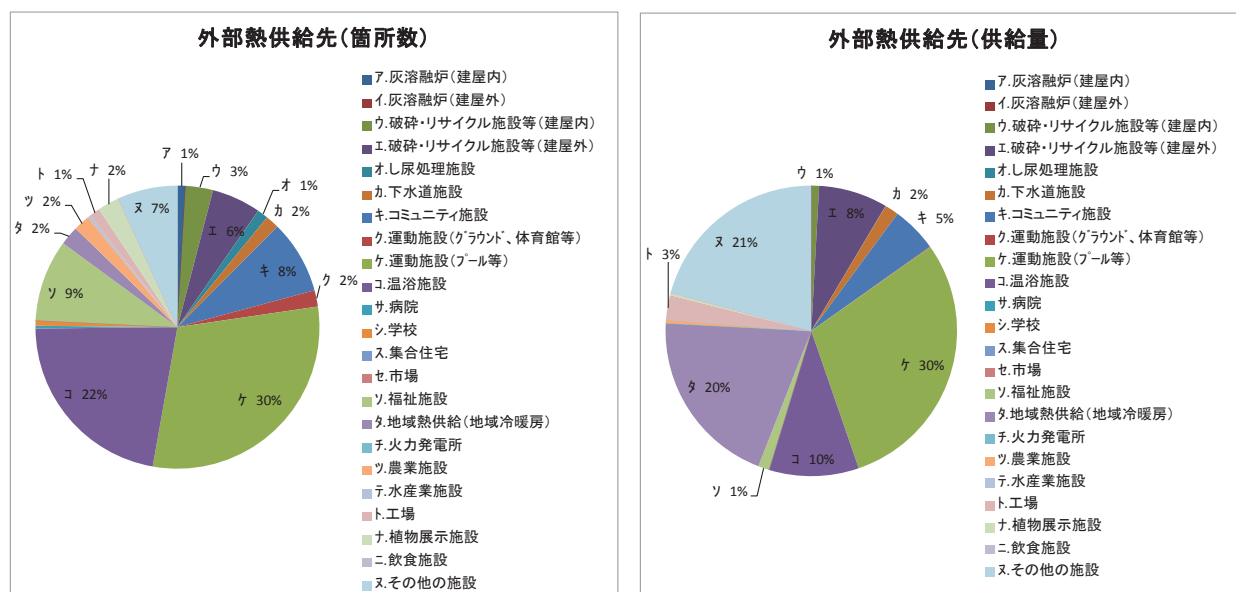


図 I-1-(2)-1)-17 外部熱供給先の割合（左：箇所数、右：供給量割合）

イ) 外部熱供給契約先

外部熱供給の契約先については、8割を公共系が占め、残り1割が民間、1割がその他となっている。民間との契約先としては、運動施設（プール等）、温浴施設のほか、福祉施設、地域熱供給、農業施設、工場等がみられる。

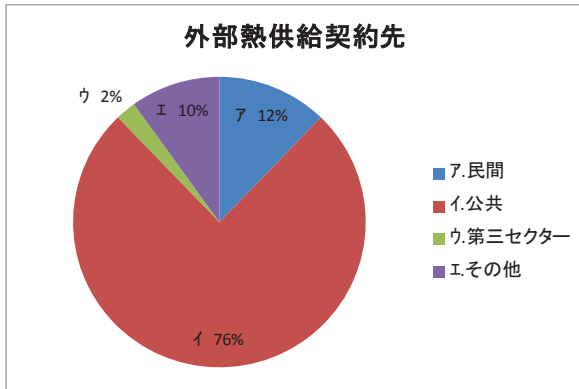


図 I-1-(2)-1)-18 外部熱供給契約先の内訳

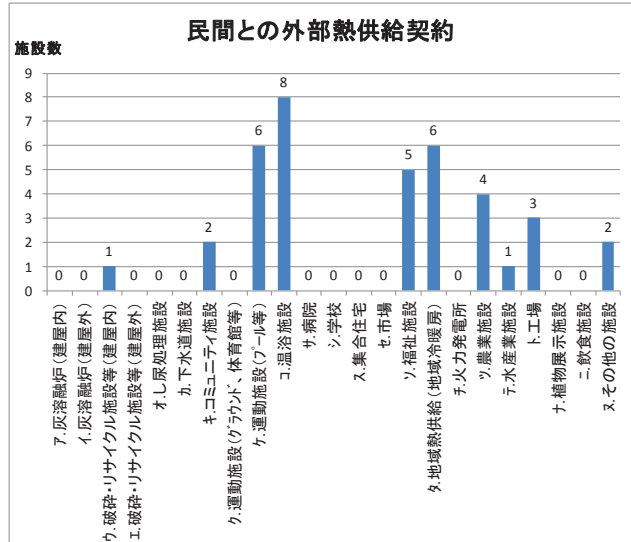


図 I-1-(2)-1)-19 民間との外部熱供給契約を行っている施設

ウ) 外部熱供給先の位置

供給先の位置については、同一敷地内及び隣接地が7割強を占め、外部1km程度範囲内が2割強、外部1km程度以上が2%となっている。

外部1km程度以上のケースは合計6件で、運動施設（プール等）3箇所、温浴施設、病院、地域熱供給が各1箇所となっている。供給熱源は、地域熱供給では抽気蒸気が使われているが、それ以外の5件はすべてがボイラ蒸気が使われている。供給媒体は、地域熱供給と運動施設のうちの1箇所で蒸気で送られているが、それ以外の4件は高温水又は温水である。

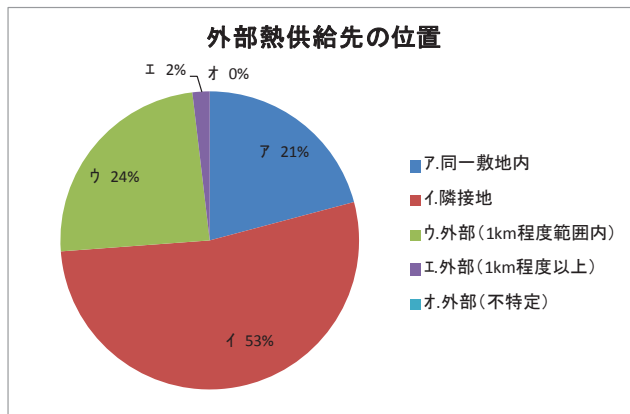


図 I-1-(2)-1)-20 外部熱供給先の位置

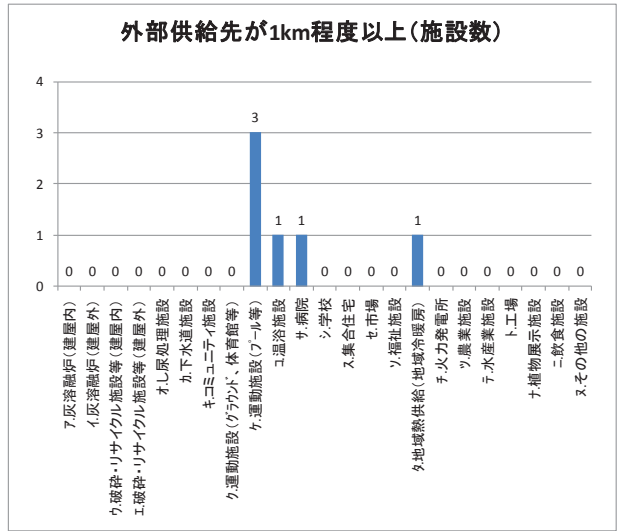
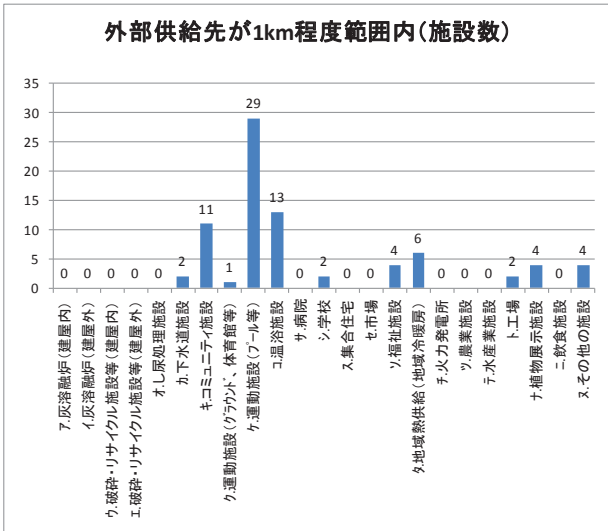


図 I-1-(2)-1)-21 外部熱供給先の位置別の施設数 (左：1km 程度範囲内、右：1km 程度以上)

エ) 外部熱供給の熱源

外部熱供給の熱源は、ボイラ蒸気が半数以上を占め、続いて抽気蒸気、タービン排気、復水排熱となっている。

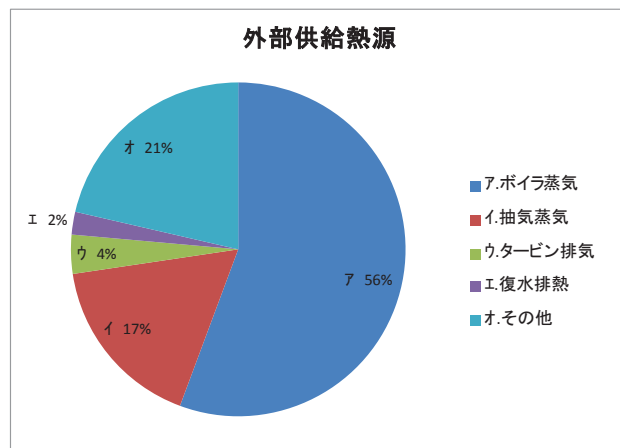


図 I-1-(2)-1)-22 外部供給熱源 (箇所数)

オ) 外部熱供給方法

外部熱供給の方法は、温水で供給を受けている箇所が約 4 割、蒸気で熱供給を受けている箇所が約 3 割、残りの約 2 割は高温水で供給を受けている。外部熱供給量としては、蒸気による供給を受けている施設が 6 割を占めている。

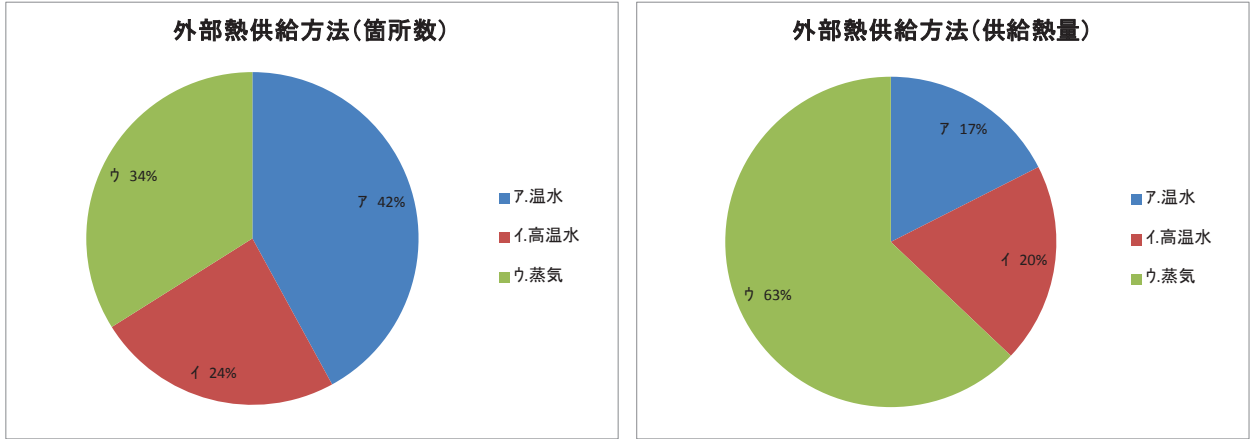


図 I -1-(2)-1)-23 外部熱供給方法 (左: 箇所数、右: 供給量割合)

カ) 外部熱供給先での利用形態

外部熱供給先での利用形態は、熱交換による給湯が 7 割弱を占め、温水の直接給湯が 2 割弱、冷・暖房及び蒸気の直接利用が約 1 割ずつとなっている。破碎・リサイクル施設等や工場では、比較的蒸気の直接利用の割合が大きい。

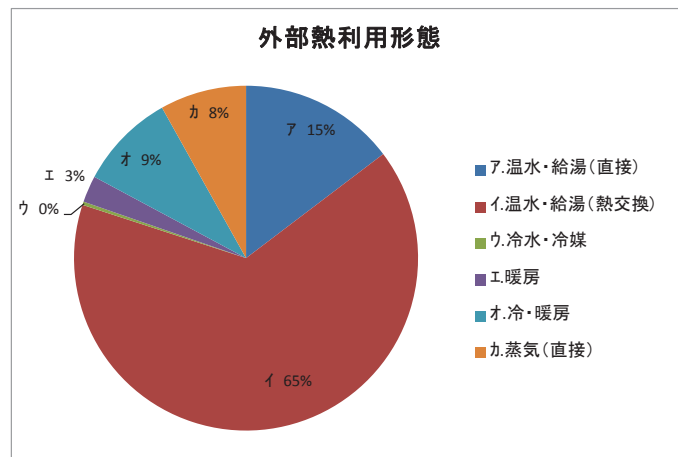


図 I -1-(2)-1)-24 外部熱供給形態の内訳

キ) 外部熱供給のバックアップ

外部熱供給量の低下又は停止時のバックアップは、供給先での予備ボイラ設置が過半数を占め、焼却施設側で調達に1割強、特になしが3割となっている。工場への供給では、焼却施設側で調達が半数に上る。

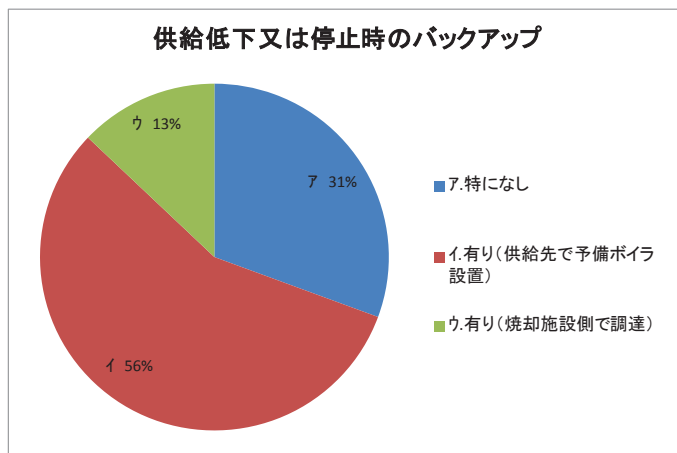


図 I-1-(2)-1)-25 外部熱供給のバックアップ対応

ク) 外部熱供給先の設置時期

外部熱供給先の設置時期については、焼却施設整備前から設置されていたケースが2割、施設整備と同時に設置されたケースが4割強となっており、施設整備後に設置されたケースが4割弱となっている。

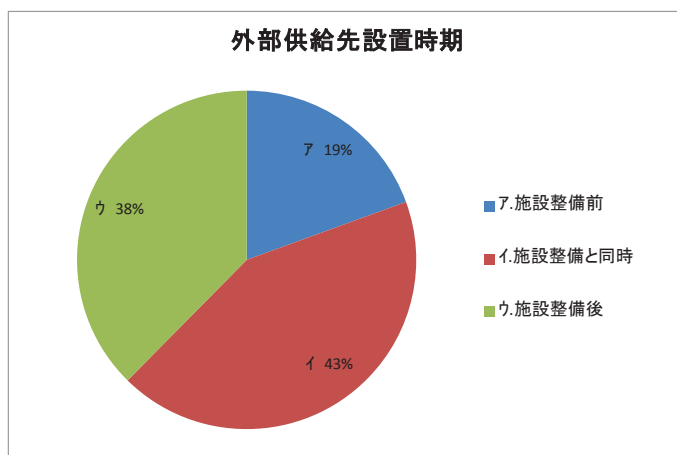


図 I-1-(2)-1)-26 外部熱供給先の設置時期

ケ) 外部熱供給先の決定理由

外部熱供給先の決定理由については、地元還元が過半数を占め、続いて、エネルギー有効利用・低炭素化が4割弱、既存施設からの要請・要望が1割となっている。

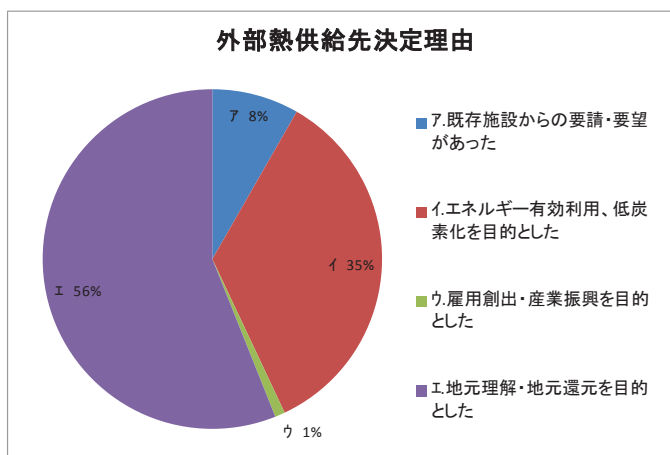


図 I-1-(2)-1)-27 外部熱供給先の決定理由

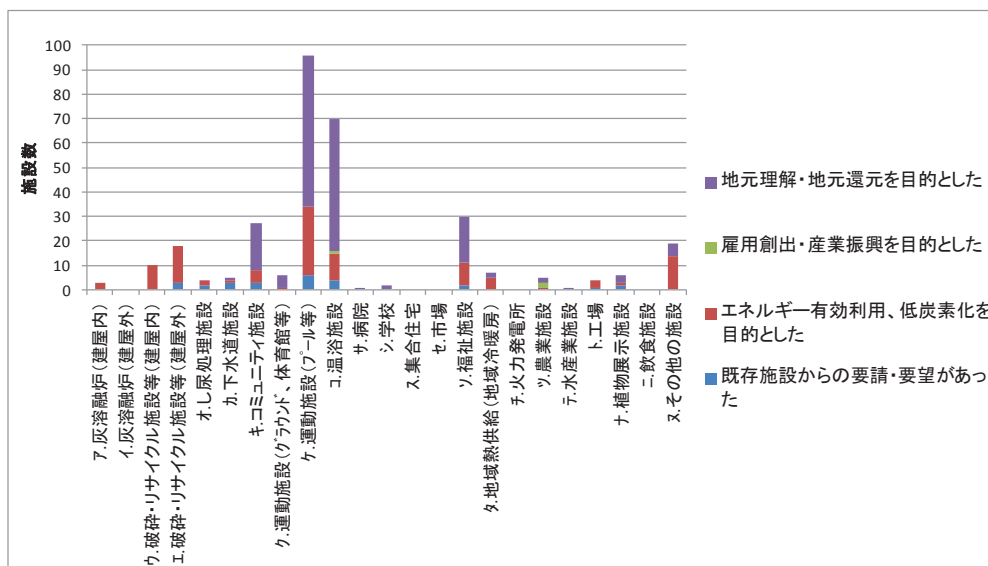


図 I-1-(2)-1)-28 施設種類別の外部熱供給先の決定理由

コ) 外部熱供給量の配分

外部熱供給量の配分の決定理由については、図 I-1-(2)-1)-29 のとおり、発電を優先し残りを熱供給量とした施設、需要先の熱需要を優先し残りを発電とした施設が約半数ずつとなっている。

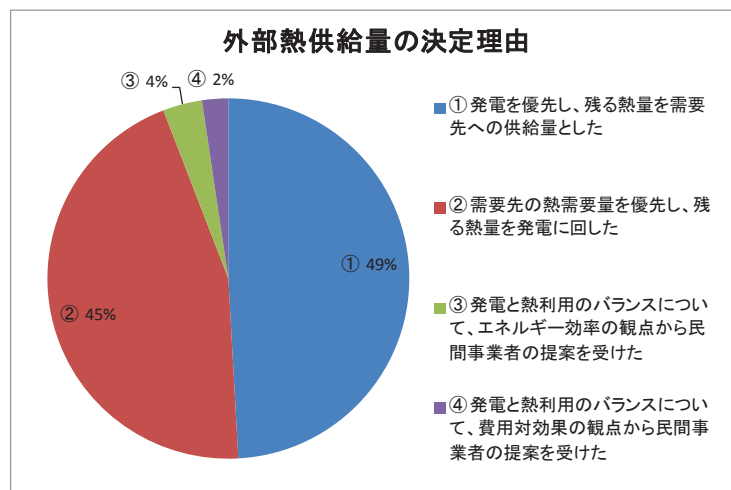


図 I-1-(2)-1)-29 外部熱供給量の決定理由

サ) 外部熱供給安定化に向けた工夫

外部熱供給安定化については、稼働計画上の調整との回答が最も多く、続いてごみ量、ごみ質の確保・調整、需要先との調整等の回答があった。一部に熱の優先供給、ボイラ主蒸気の直接利用等の回答も見られた。

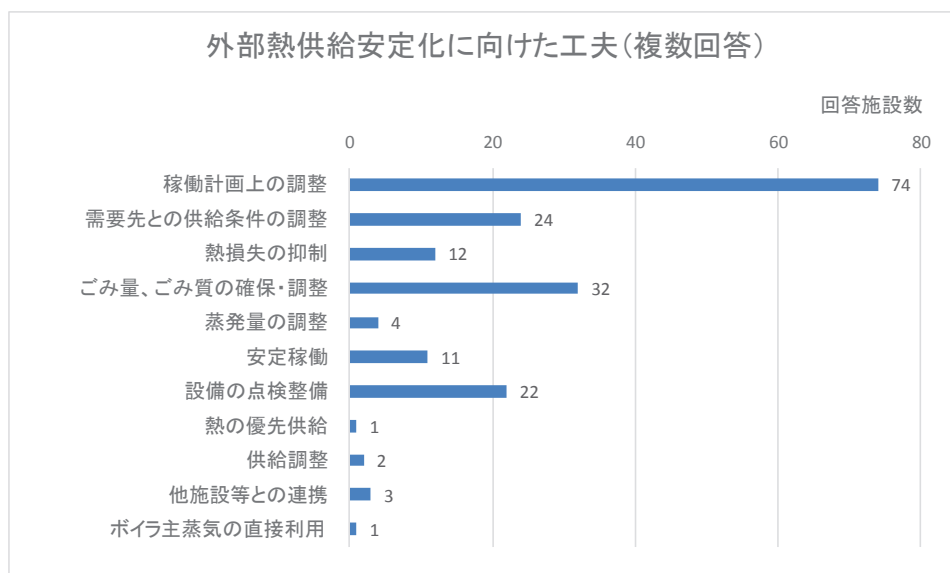


図 I-1-(2)-1)-30 外部熱供給安定化に向けた工夫

シ) 外部熱供給上の課題

外部熱供給上の課題としては、設備の老朽化が多くを占め、安定供給や供給先のニーズへの適合等の回答が続いた。

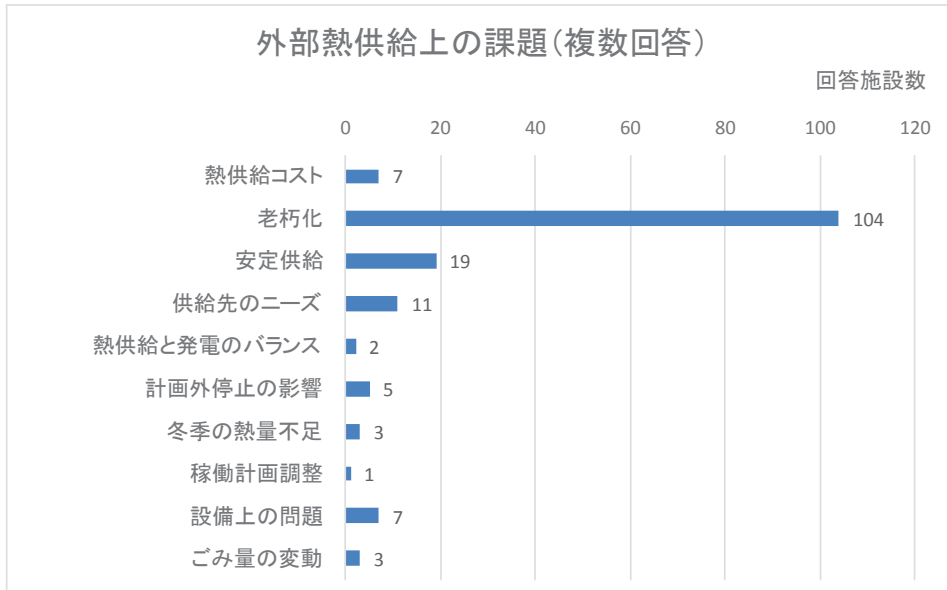


図 I-1-(2)-1)-31 外部熱供給上の課題

また、外部熱供給を拡大できない理由としては、構成自治体間の調整のほか、需要先がないこと、財政上の理由、施設の能力的な制約、ごみ処理が優先という政策上の理由等が挙げられた。

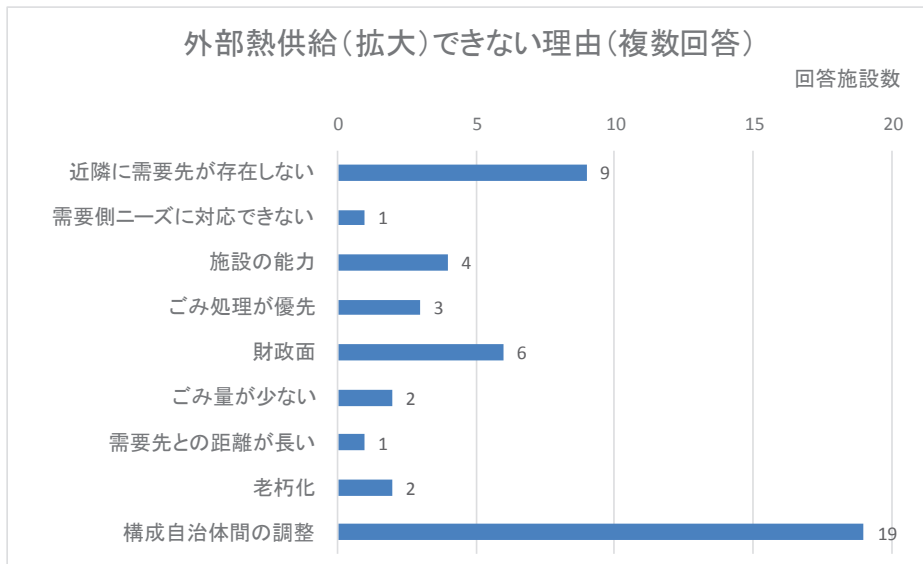


図 I-1-(2)-1)-32 外部熱供給を拡大できない理由

ス) 外部熱供給に至らなかった要因

外部熱供給を行っていない施設において、外部熱供給に至らなかった要因は、規模が小さいことが要因との回答が 239 件と最も多く、次に周辺に熱需要がないが続いている。

外部熱供給の可能性を検討したことがないとの回答も 184 件存在する。

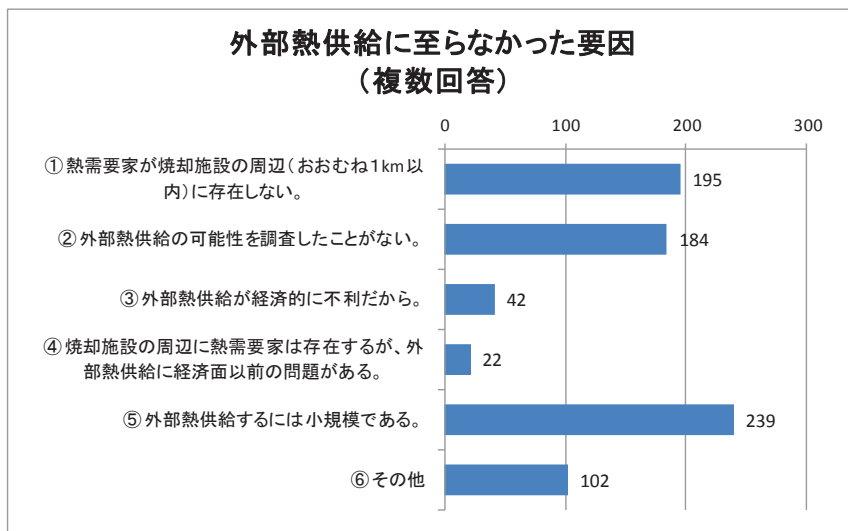


図 I-1-(2)-1)-33 外部熱供給に至らなかった要因

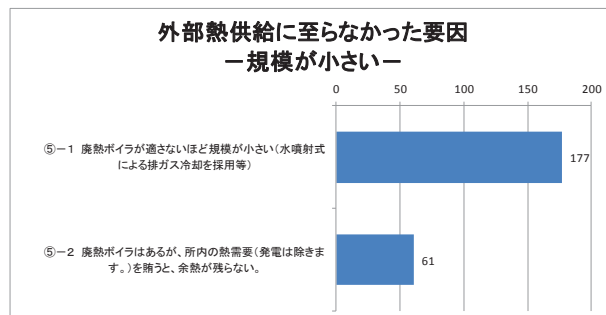
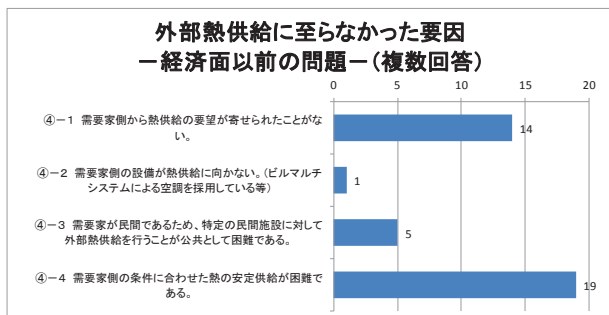
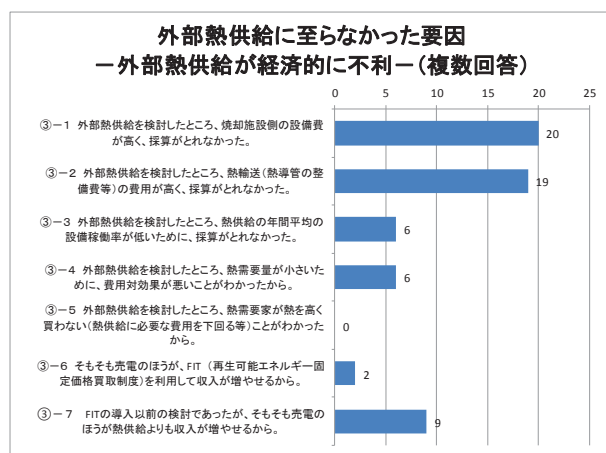
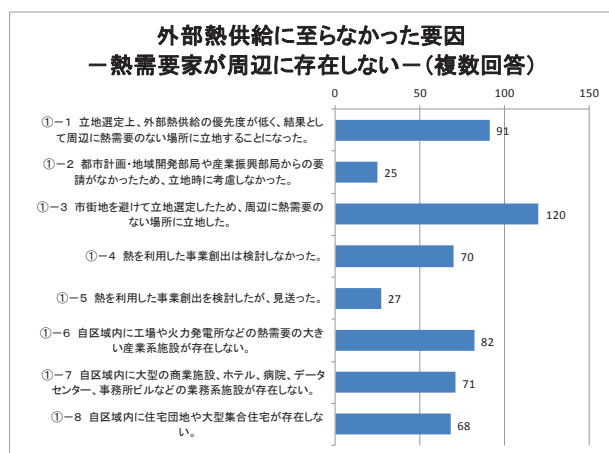


図 I-1-(2)-1)-34 外部熱供給に至らなかった要因 (詳細)

2) 今後の特徴的な廃棄物エネルギーの利活用の取り組み推進の可能性

地域活性化、地域づくりにつながる特徴的な廃棄物エネルギー利用について、全国市町村等の取り組み意識を把握するため、前述のアンケート調査において質問項目を設定し、調査を行った。

① 廃棄物関連部門

内容： 廃棄物エネルギーの特徴的な取り組みに関する質問項目は以下のとおり

	質問項目
部門毎に回答	廃棄物エネルギーの増強方策や、先進的、新規的な利活用に関する取り組みへのニーズ等 Q 5. 【選択肢：増強方策】 ①施設の改良による発電効率等の向上 ②広域化、大規模化による発電効率等の向上、熱利用増大 ③他の熱源とのコンバインド処理による発電効率等の向上 ④他の焼却対象物との混焼による熱回収・発電増強
	Q 6. 【選択肢：先進的、新規的な利活用の取り組み】 ①周辺への電力供給（地産地消） ②地域エネルギー事業への取り組み ③発電ネットワーク事業による電力供給の安定化 ④地域熱供給事業 ⑤焼却廃熱の産業利用 ⑥蓄熱技術を活用した熱の効率的利用 ⑦ごみ燃料の地域利用 ⑧水素エネルギーの導入 ⑨排ガスからのCO ₂ の回収、産業利用 ⑩その他
	Q 7. 上記取組みを進めるに当たっての制約条件、課題等

アンケート結果は、以下のとおり。

ア) 増強方策

発電等の増強方策については、施設の改良や広域化、大規模化について関心が高く、検討中や計画・取組中の回答も多かった。

		ア.関心はある	イ.支援事業と連携できれば検討したい	ウ.検討中	エ.計画・取組中	オ.無回答
① 施設の改良による発電効率、熱利用率等の向上	(件)	239	30	27	53	343
② 広域化、大規模化による発電効率等の向上、熱利用拡大	(件)	204	18	32	67	371
③ 他の熱源とのコンバインド処理による発電効率等の向上	(件)	170	9	9	4	500
④ 他の焼却対象物との混焼による熱回収・発電増強	(件)	188	14	9	3	478

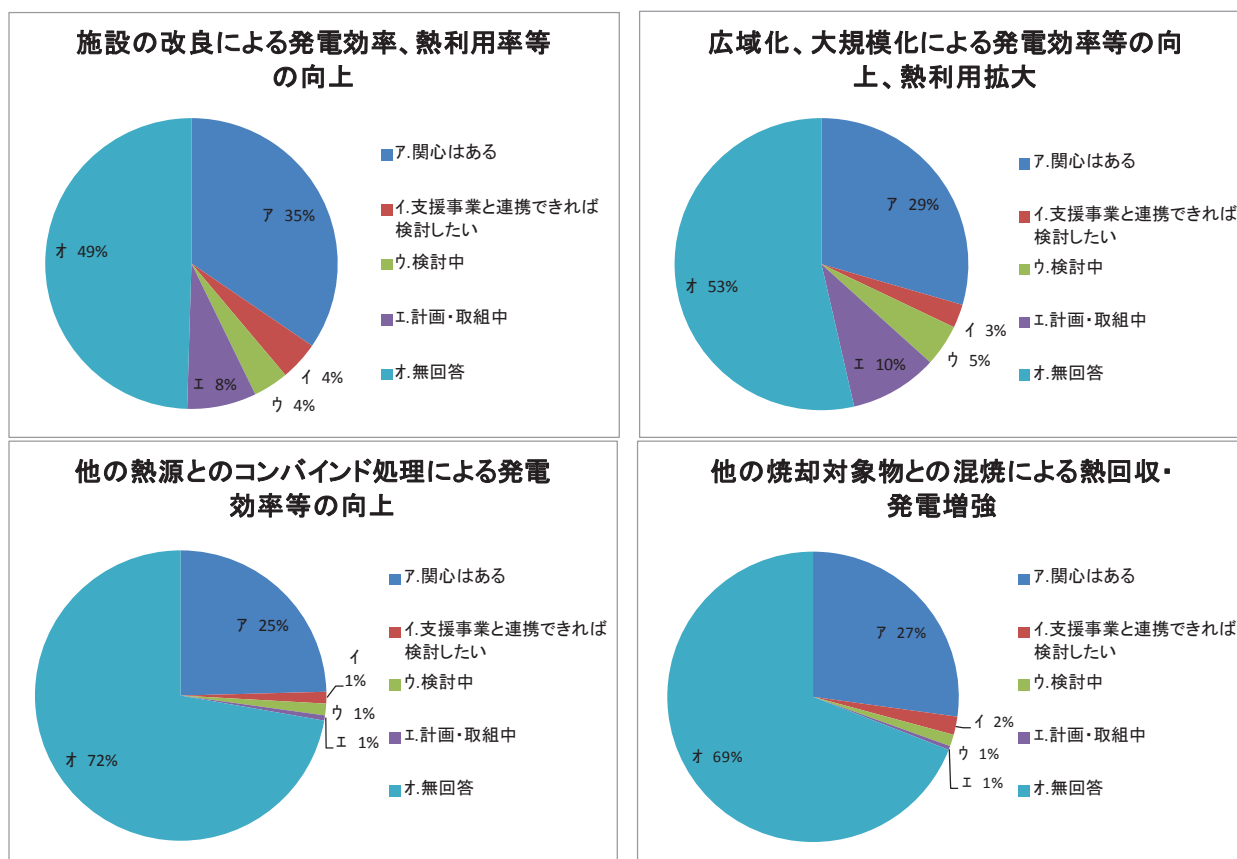


図 I-1-(2)-2)-1 自治体における発電等増強方策に向けた取組ニーズ

イ) 先進的、新規的な利活用の取り組み

先進的、新規的な利活用の取り組みについては、周辺施設への電力供給に対する関心が最も高く、検討中、計画・取組中等含めて回答数の4割に上った。その他の項目への関心は、いずれも2.5割前後となっている。

なお、周辺施設への電力供給（PPSを通じた公共施設への供給）への関心について、平成26年度にB市で実施した調査（対象：全国の発電・場外利用ありの185施設）では、関心あり等の回答が1割程度であったのと比較すると、今回調査では4割となっており、近年の意識の変化が伺える。

		ア.関心はある	イ.支援事業と連携できれば検討したい	ウ.検討中	エ.計画・取組中	オ.無回答
① 周辺施設への電力供給	(件)	229	20	14	22	407
② 地域エネルギー事業への取り組み	(件)	150	16	7	6	513
③ 発電ネットワーク事業による電力供給の安定化	(件)	151	16	9	2	514
④ 地域熱供給事業	(件)	171	8	15	20	478
⑤ 焼却廃熱の産業利用	(件)	169	16	9	5	493
⑥ 蓄熱技術を活用した熱の効率的利用	(件)	154	15	3	1	519
⑦ ごみ燃料の地域利用	(件)	168	9	7	9	499
⑧ 水素エネルギーの導入	(件)	157	14	4	2	515
⑨ 排ガスからのCO2の回収、産業利用	(件)	154	14	3	2	519
⑩ その他	(件)					

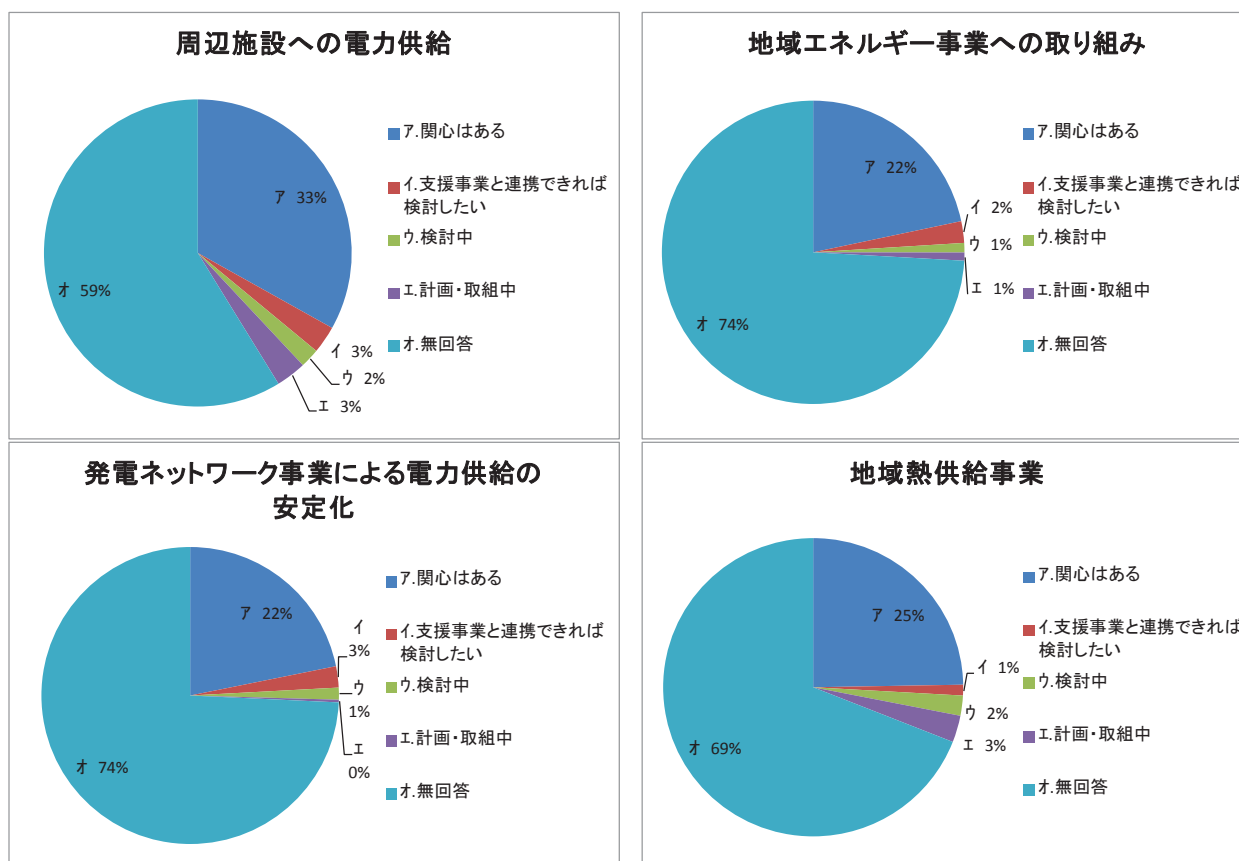


図 I-1-(2)-2-2 自治体における廃棄物エネルギーの先進的、新規的な利活用ニーズ（廃棄物関連部門）（1）

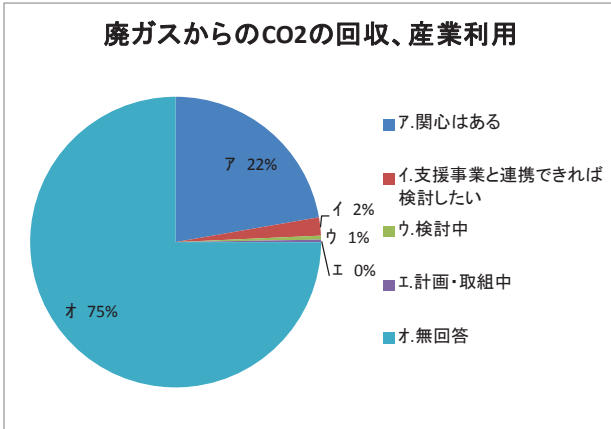
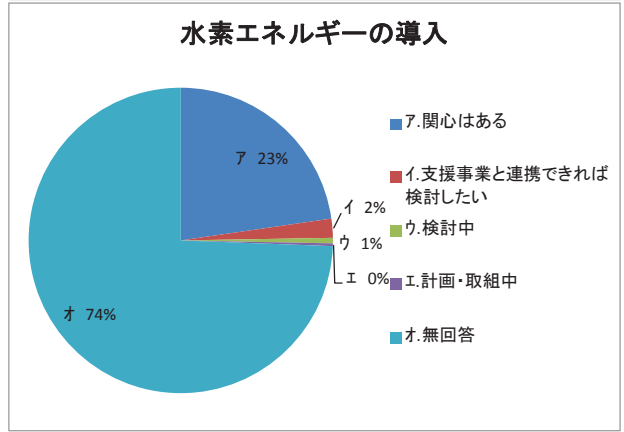
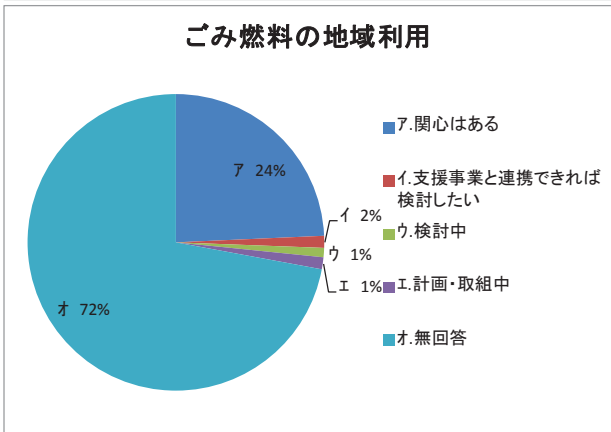
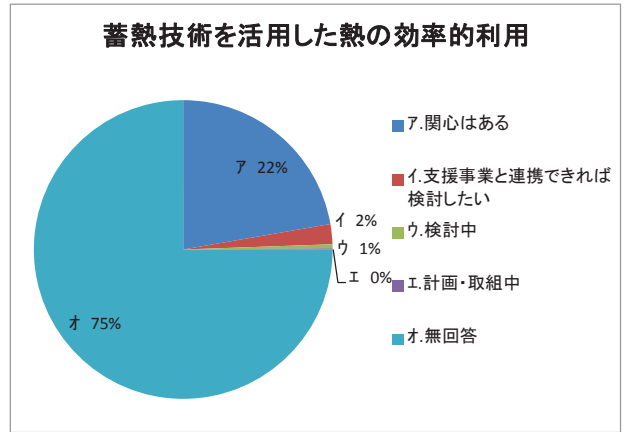
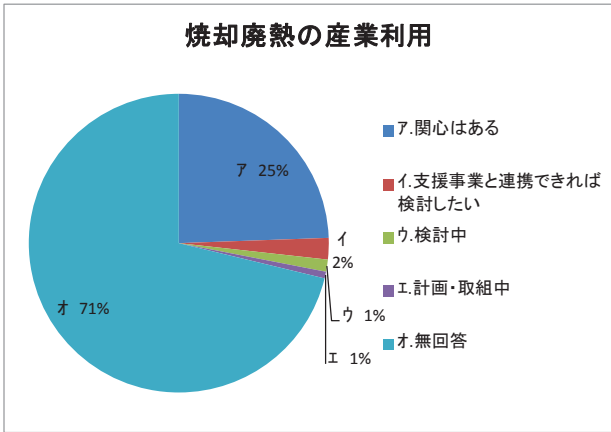


図 I -1-(2)-2)-3 自治体における廃棄物エネルギーの先進的、新規的な利活用ニーズ (廃棄物関連部門) (2)

こうした取り組みに向けた課題や支援ニーズとしては、財政面に関する課題、支援ニーズや規模に関する課題が最も多く、その他として、技術・専門知識に関する課題、支援ニーズ、供給先・買取先の確保に関する課題等が挙げられた。

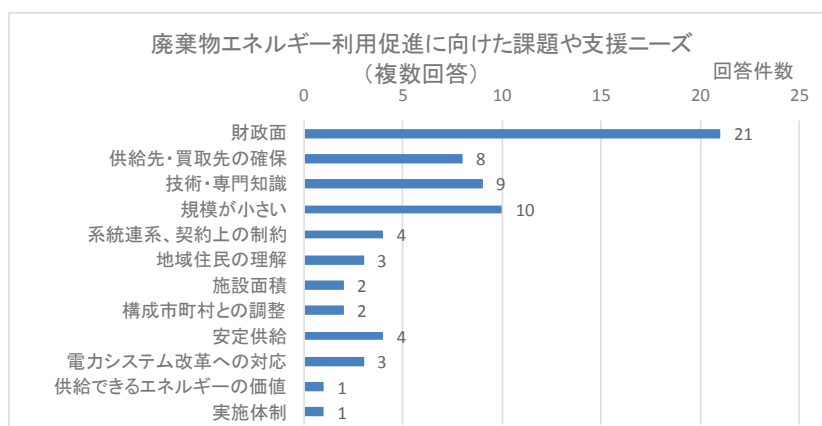


図 I-1-(2)-2)-4 今後の利用促進に向けた課題・ニーズ等（廃棄物関連部門）

② 再生可能エネルギー・地球温暖化対策等関連部門

内容： 再生可能エネルギーや温暖化対策等に係る政策における廃棄物エネルギーの位置付けや廃棄物エネルギーの特徴的な取り組みに関する質問項目は以下のとおり

	質問項目
部門毎に回答	Q 1. 再生可能エネルギーや温暖化対策等に係る政策における廃棄物エネルギーの位置付け 再生可能エネルギー等、地域のエネルギーに関する方針や計画等、地球温暖化対策等に関する方針や計画等
	Q 2. 今後の政策の方向性 最も重視する事項、廃棄物エネルギーの位置付けについての考え方
	Q 3. 先進的、新規的な利活用の取り組み 【選択肢】 ①周辺への電力供給（地産地消） ②地域エネルギー事業への取り組み ③発電ネットワーク事業による電力供給の安定化 ④地域熱供給事業 ⑤焼却廃熱の産業利用 ⑥蓄熱技術を活用した熱の効率的利用 ⑦ごみ燃料の地域利用 ⑧水素エネルギーの導入 ⑨排ガスからのCO ₂ の回収、産業利用 ⑩その他
	Q 4. Q 3の取組みを進めるに当たっての制約条件、課題等

アンケート結果は、以下のとおり。

ア) 政策における廃棄物エネルギーの位置付け

バイオスタウン構想等では 8 割強、再生可能エネルギーの導入推進計画や地域新エネルギー・省エネルギービジョン等では 6 割弱の方針・計画等が廃棄物発電や熱利用に触れているが、その他の分類においては廃棄物発電や熱利用に触れていないものが大半である。

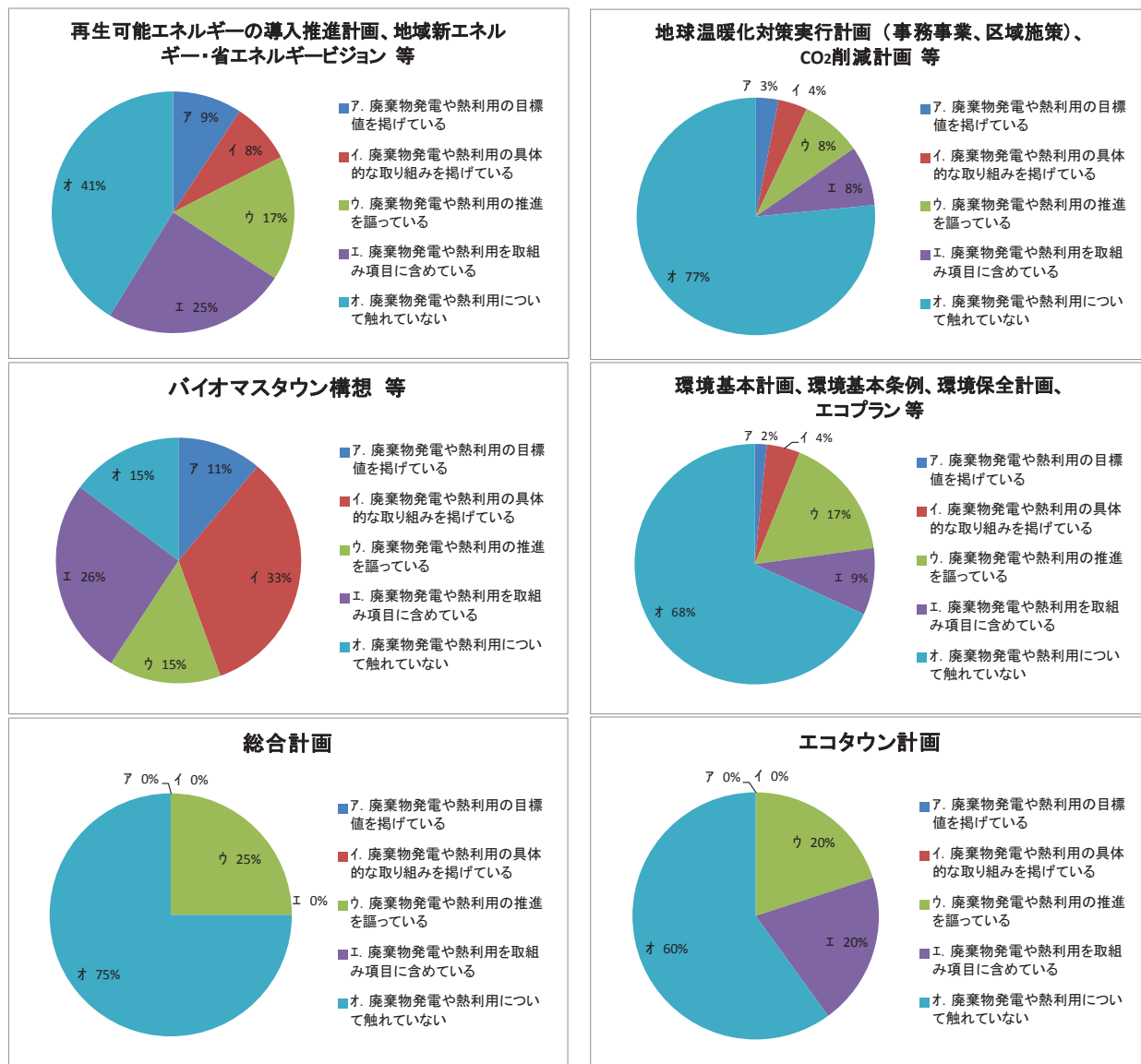


図 I-1-(2)-2)-5 自治体の政策における廃棄物エネルギーの位置付け

イ) 今後の政策の方向性

今後の政策の方向性について最も重視する事項としては、再生可能エネルギーの導入促進が6割で最も多く、その他の事項はいずれも1割強であった。

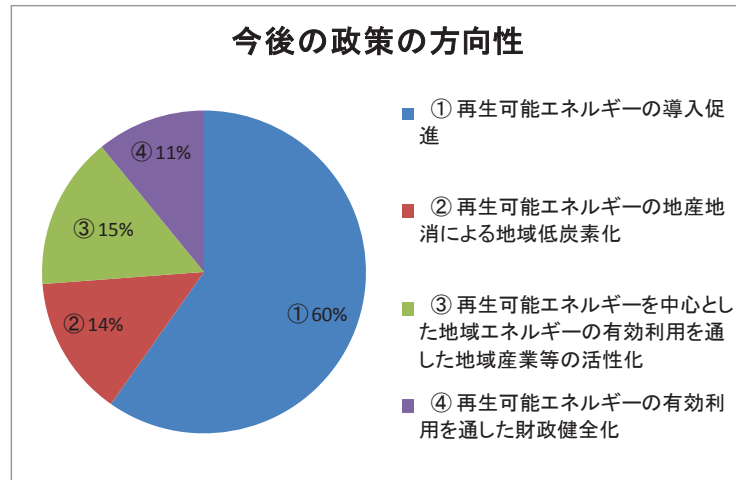


図 I-1-(2)-2)-6 自治体の今後の政策の方向性

ウ) 今後の政策における廃棄物エネルギーの位置付け

今後の政策における廃棄物エネルギーの位置付けについての考え方としては、現時点で不明、又は、当面の取り組み強化の考えはないと答えたところが5割強で最も多く、続いて他の自然エネルギー等と同様に組み込んでいくが2割強となっている。

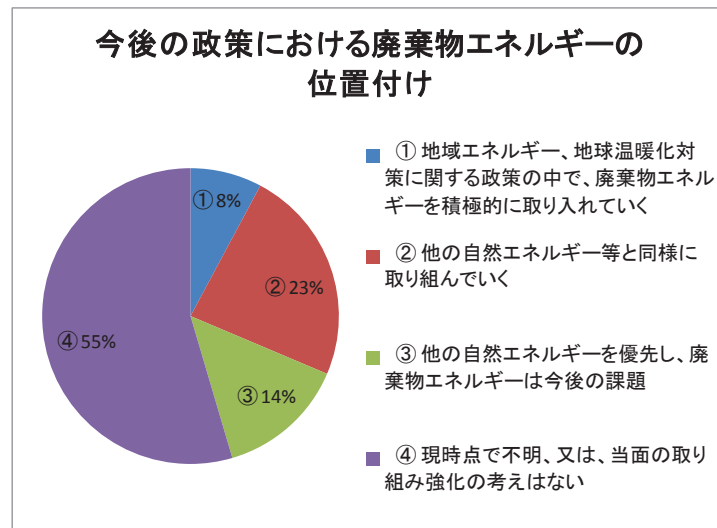


図 I-1-(2)-2)-7 自治体の今後の政策における廃棄物エネルギーの位置付け

エ) 先進的、新規的な利活用の取り組み

先進的、新規的な利活用の取り組みについては、周辺施設への電力供給に対する関心が最も高く、検討中、計画・取組中等含めて回答数の4割近くに上った。その他の項目への関心は、いずれも2.5割前後となっている。

		ア.関心はある	イ.支援事業と連携できれば検討したい	ウ.検討中	エ.計画・取組中	オ.無回答
① 周辺施設への電力供給	(件)	318	24	16	31	674
② 地域エネルギー事業への取り組み	(件)	226	21	19	14	783
③ 発電ネットワーク事業による電力供給の安定化	(件)	212	16	8	3	824
④ 地域熱供給事業	(件)	229	18	19	41	756
⑤ 焼却廃熱の産業利用	(件)	241	19	10	14	779
⑥ 蓄熱技術を活用した熱の効率的利用	(件)	206	13	4	1	839
⑦ ごみ燃料の地域利用	(件)	232	16	17	22	776
⑧ 水素エネルギーの導入	(件)	245	19	14	7	778
⑨ 排ガスからのCO2の回収、産業利用	(件)	212	13	3	2	833
⑩ その他	(件)					

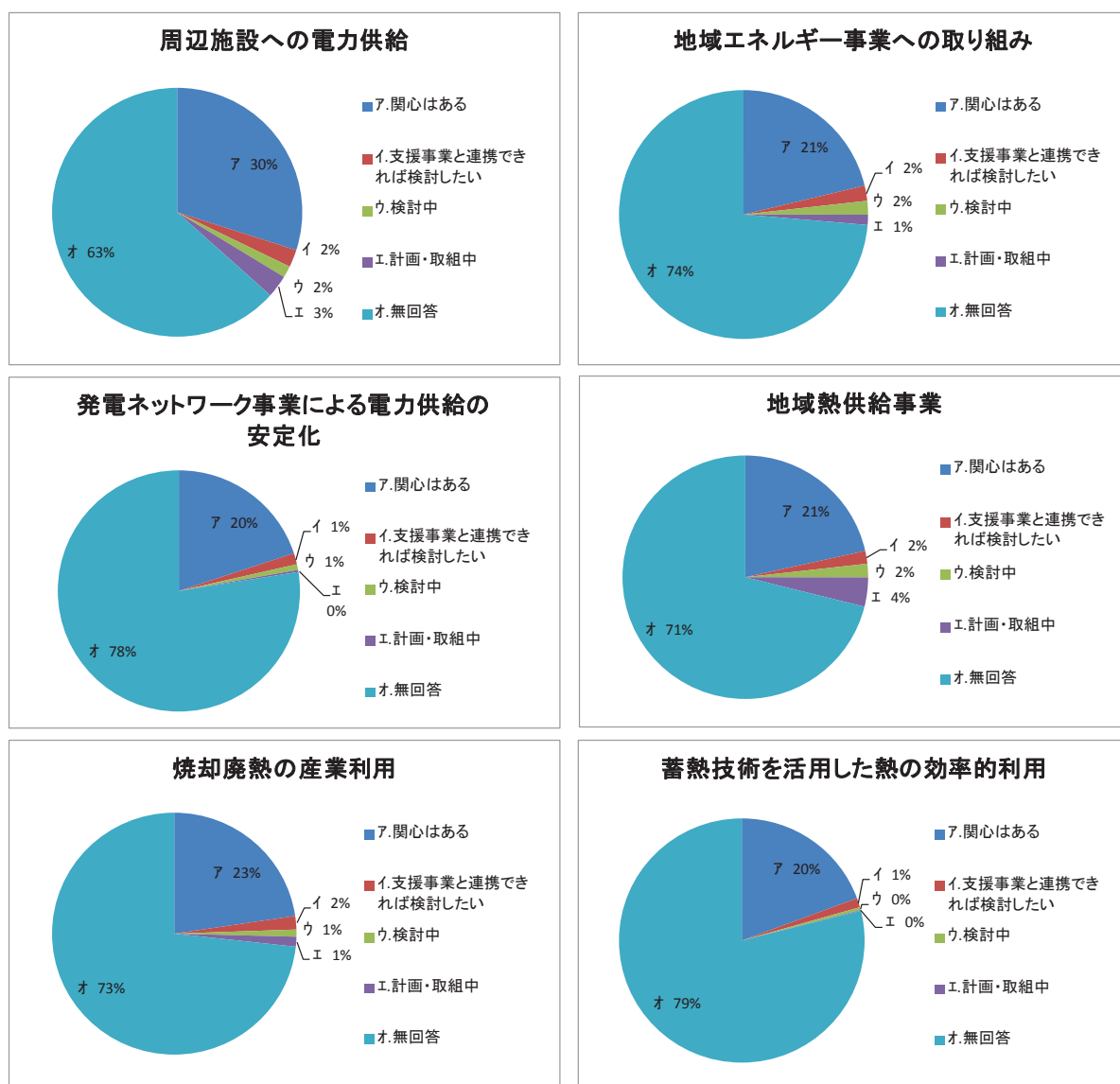


図 I-1-(2)-2)-8 自治体における廃棄物エネルギーの先進的、新規的な利活用ニーズ (再エネ・温暖化対策等関連部門) (1)

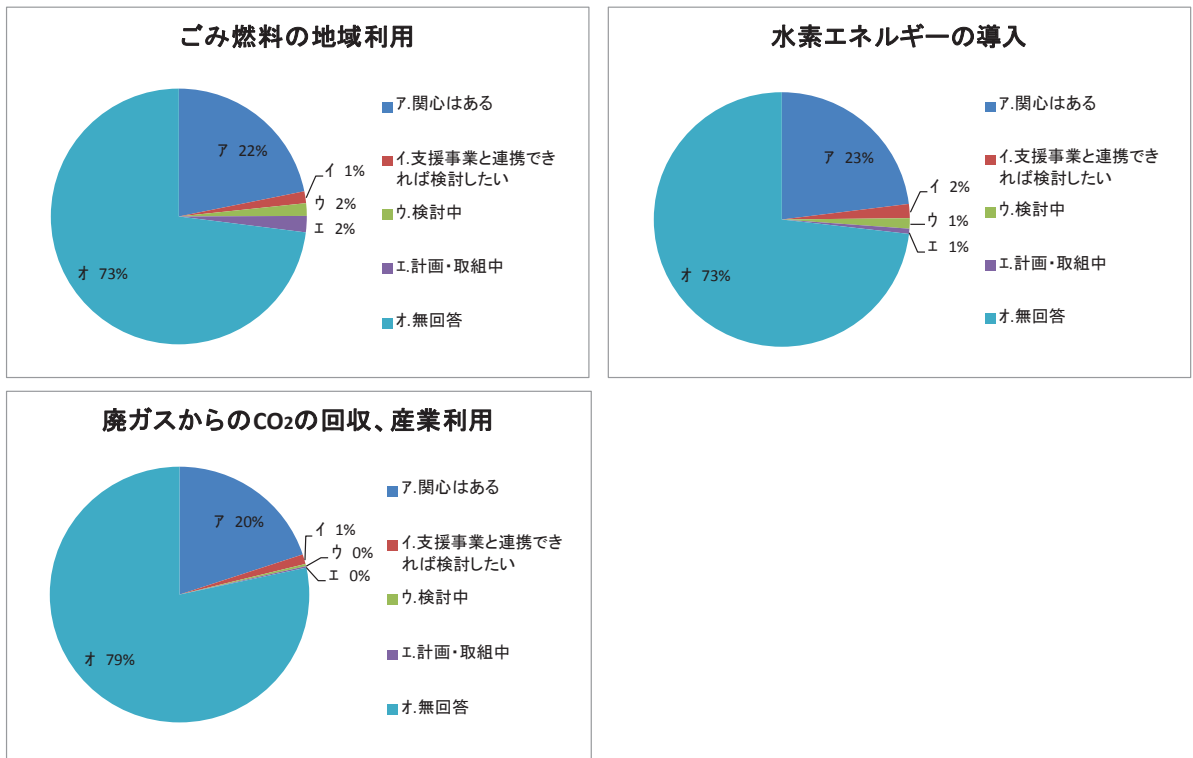


図 I-1-(2)-2)-9 自治体における廃棄物エネルギーの先進的、新規的な利活用ニーズ（再エネ・温暖化対策等関連部門）（2）

こうした取り組みに向けた課題や支援ニーズとしては、財政面や技術・専門知識に関する課題、支援ニーズが最も多く、その他として、構成市町村間の調整に関する課題、供給先・買取先の確保に関する課題等が挙げられた。

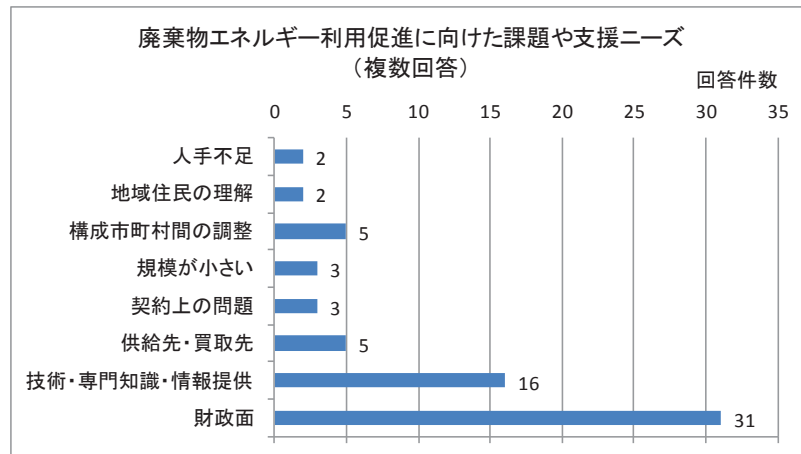


図 I-1-(2)-2)-10 今後の利用促進に向けた課題・ニーズ等（再エネ・温暖化対策等関連部門）

2. 国外における廃棄物エネルギー利用実態

国外の廃棄物発電及び廃棄物焼却施設における熱有効利用の状況について、情報収集を行い、発電については、廃棄物発電施設の規模と発電効率、処理方式、発電方式等に目し、熱利用については、熱の利用形態、利用先、利用規模、地域熱供給インフラ等に目し、各国の地域特性や社会システムとの関連性を含めて整理を行った。

本節では、次の2つの文献を中心に情報の整理を行い、最後に考察を行った。

- ・ Waste-to-Energy, State-of-the-Art-Report, Statistics, 6th Edition

<http://www.cewep.eu/information/data/iswawtestateofheartreport/index.html>

- ・ Renewable municipal waste barometers 2014

<http://www.eurobserv-er.org/renewable-municipal-waste-barometers-2014/>

(1) Waste-to-Energy, State-of-the-Art-Report, Statistics, 6th Edition

欧州各国、米国の廃棄物発電施設の個別データが網羅されている。データには、処理能力(t/h)、低位発熱量(MJ/kg)、ボイラ条件(温度、圧力)、年間ごみ処理量、補助燃料使用量、エネルギー発生量(蒸気量、発電量、熱)、エネルギー販売量(蒸気量、発電量、熱)等の情報があり、これらの情報の解析・比較検討を行った。

1) 集計対象施設の概要

表 I-2-(1)-1 に集計対象施設の概要と国別の廃棄物処理方法比率を示す。

対象施設は処理能力 15t/日以上または年間処理量 1 万トン以上の家庭系廃棄物エネルギー回収施設であり、有害廃棄物、汚泥、農業系、医療系廃棄物を処理する特殊なプラントは含まない。

2012 レポート(2011 年実績)を集計対象としたが、一部の国では 2006 レポート(2005 年実績)の記載内容の方が充実しているところもあり(フランス、イタリア、スイス、イギリス)、その場合は、2006 レポートのデータを集計対象とした。

全体の施設数は 556、処理規模平均 771t/日、年間処理量平均 21.5 万トンであり、大規模施設が多い。

なお、参考までに、日本の一般廃棄物焼却施設に関する情報を環境省集計データ(平成 25 年度一廃実態調査)に基づき表に付記した。日本の施設についても、集計対象は上記と同じ処理能力 15t/日以上または年間処理量 1 万トン以上とした。日本の施設数は 658、処理規模平均 248t/日、年間処理量平均 4.7 万トンであり、施設規模、年間処理量とも最小である。

同表には、各国の都市ごみの処理方法別比率(焼却比率、リサイクル率、コンポスト・メタン発酵比率、埋立比率)を示しており、焼却率、埋立率、リサイクル他に集計し、並べ替えて図 I-2-(1)-1 に示した(データ出典は <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>)。

埋立比率がほとんどゼロに近い国々(ノルウェー、デンマーク、スウェーデン、スイス、オランダ、ベルギー、ドイツ、オーストリア)と埋立比率が 20%超の国々に大きく分けることができる。

埋立比率が低い国々は、焼却比率は35～60%程度で、残りはリサイクルやコンポスト・メタン発酵処理されている。埋立比率が20%を超える国々の焼却比率は、30%を超える国もあるが、総じて10～20%以下である。日本(平成25年度環境省データ)の焼却比率は80%を超えており、どの国よりも焼却比率が高い。

表 I-2-(1)-1 集計対象施設の概要と国別の廃棄物処理方法比率

国名	集計対象焼却施設				廃棄物処理方法の比率 (2013年実績)			
	施設数	施設規模 (トン/日) 平均	年間焼却量 (トン/年) 平均	年間稼働時間 (hr/年) 平均	焼却	リサイクル	コンポスト・メタン発酵その他	埋立
01:オーストリア	12	696	294,457	7,502	34.9%	24.6%	36.5%	4.0%
02:ベルギー	16	416	128,753	7,879	44.4%	34.4%	20.3%	0.9%
03:チェコ	3	864	163,661	7,970	19.5%	21.2%	2.9%	56.4%
04:デンマーク	29	487	150,560	6,501	54.2%	27.7%	16.5%	1.6%
05:フィンランド	6	480	79,028	8,000	42.4%	19.1%	13.4%	25.2%
06:フランス	128	370	112,852	7,526	34.0%	20.8%	17.0%	28.3%
07:ドイツ	79	992	281,397	7,716	35.3%	47.0%	17.5%	0.2%
08:ハンガリー	1	1,440	409,104	6,845	9.0%	21.4%	5.0%	64.6%
09:アイルランド	1	648			15.9%	30.7%	15.4%	38.1%
10:イタリア	55	358	93,609	6,840	20.2%	24.8%	18.1%	36.9%
11:オランダ	13	1,754	508,308	7,328	48.7%	24.0%	25.9%	1.5%
12:ノルウェー	15	347	113,750	7,285	57.5%	23.4%	17.1%	2.0%
13:ポルトガル	3	1,867	298,809	7,695	23.6%	13.0%	13.0%	50.5%
14:スロバキア	2		122,543		10.5%	3.3%	16.1%	70.1%
15:スペイン	11	587	228,358	8,340	9.8%	19.6%	10.5%	60.1%
16:スウェーデン	34	550	166,165	7,132	50.3%	33.8%	15.2%	0.7%
17:スイス	31	380	105,495	7,647	49.0%	33.6%	17.4%	0.0%
18:イギリス	31	564	218,199	7,575	21.2%	27.6%	17.0%	34.2%
19:米国	86	1,076	393,585		11.7%	34.5%		53.8%
全体	556	771	214,924	7,486				
20:日本	658	248	47,361		82.9%	15.2%	0.5%	1.4%

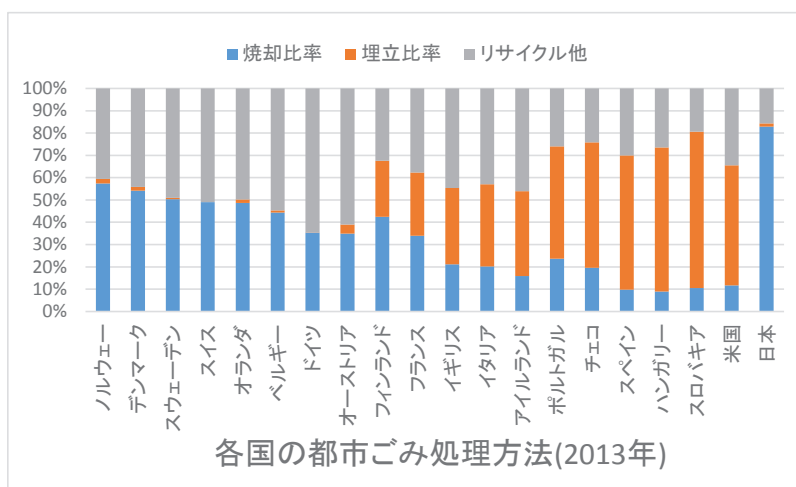


図 I-2-(1)-1 各国の都市ごみ処理方法 (2013年) 実績

2) 施設規模

国別の施設規模平均値を図 I-2-(1)-2 に、施設規模別の施設数比率を図 I-2-(1)-3 に示す。

施設に複数炉ある場合はそれぞれの炉の処理能力(t/h)を合計したものを24倍することにより、施設全体のトン/日を計算し、国別に集計を行ったものである。

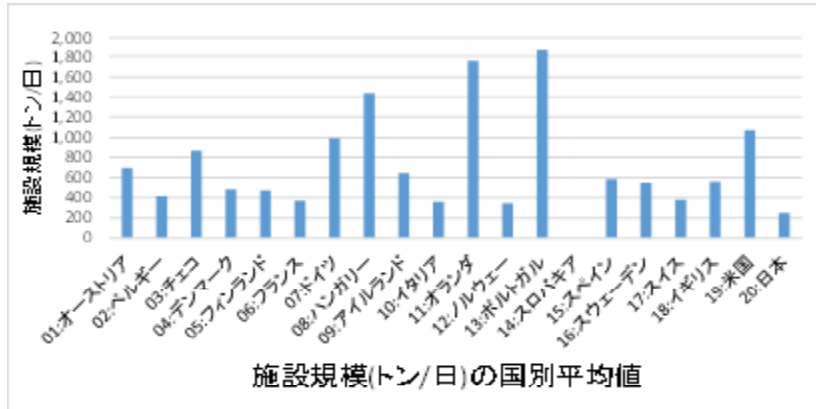


図 I-2-(1)-2 施設規模の国別平均値

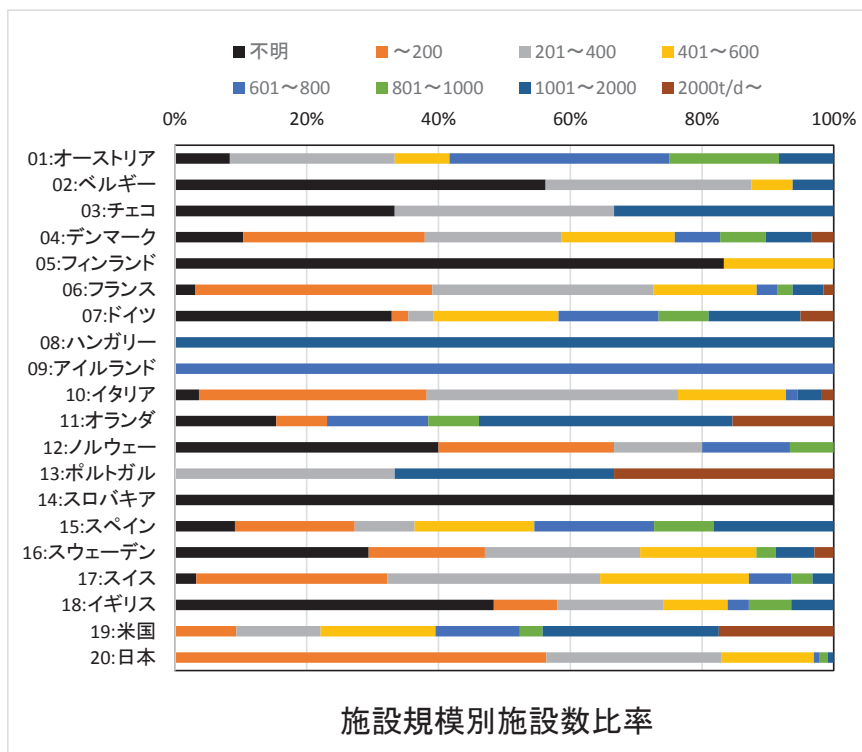


図 I-2-(1)-3 施設規模別施設数比率

オランダ、米国、ポルトガル、ハンガリーでは平均で1000t/日を超えているが、ポルトガル、ハンガリーは焼却比率がそれぞれ24%、9%と低く、施設数もそれぞれ3施設、1施設である。

ドイツは平均1000t/日弱、オーストリアは約700t/日、フランス、イタリアは200t/日以下の施設も多くあり、平均約360~370t/日となっている。

日本は 200t/日以下の施設が過半数を占め、平均で 248t/日となっている。

図 I -2-(1)-4 は、施設規模と焼却比率の国別平均値をプロットしたものである。焼却比率が高い国の方が処理規模が小さい傾向が見られる。

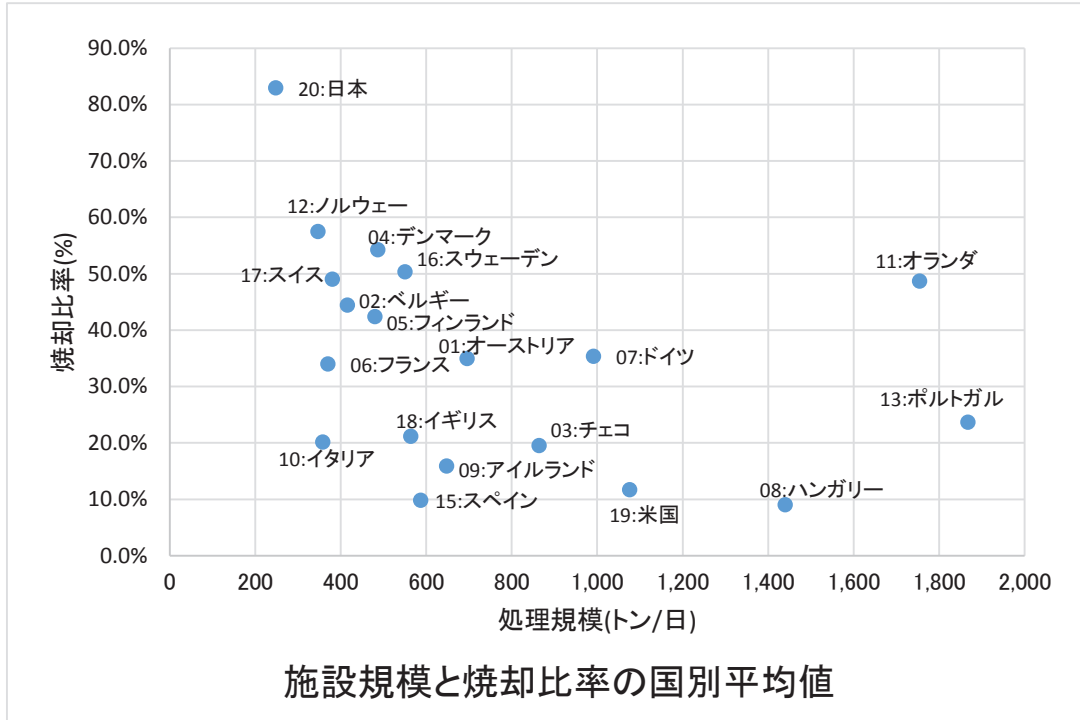


図 I -2-(1)-4 施設規模と焼却比率の国別平均値

3) 年間処理量

図 I-2-(1)-5 は、施設の年間ごみ処理量(実績)について、国別に集計を行ったものである。また、図 I-2-(1)-6 は、施設規模と年間処理量の国別平均値をプロットしたものである。

施設規模の大きい国ほど年間処理量が多い傾向が見られる。

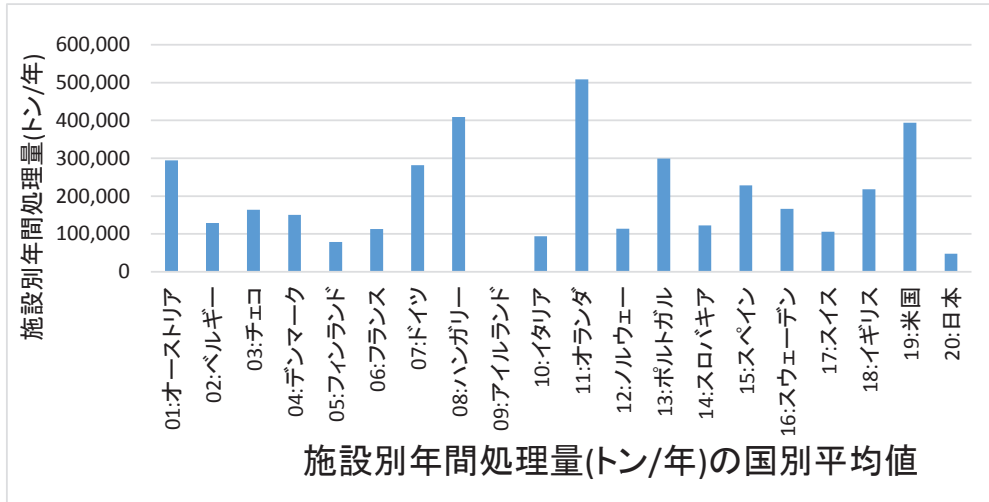


図 I-2-(1)-5 施設数別年間処理量の国別平均値

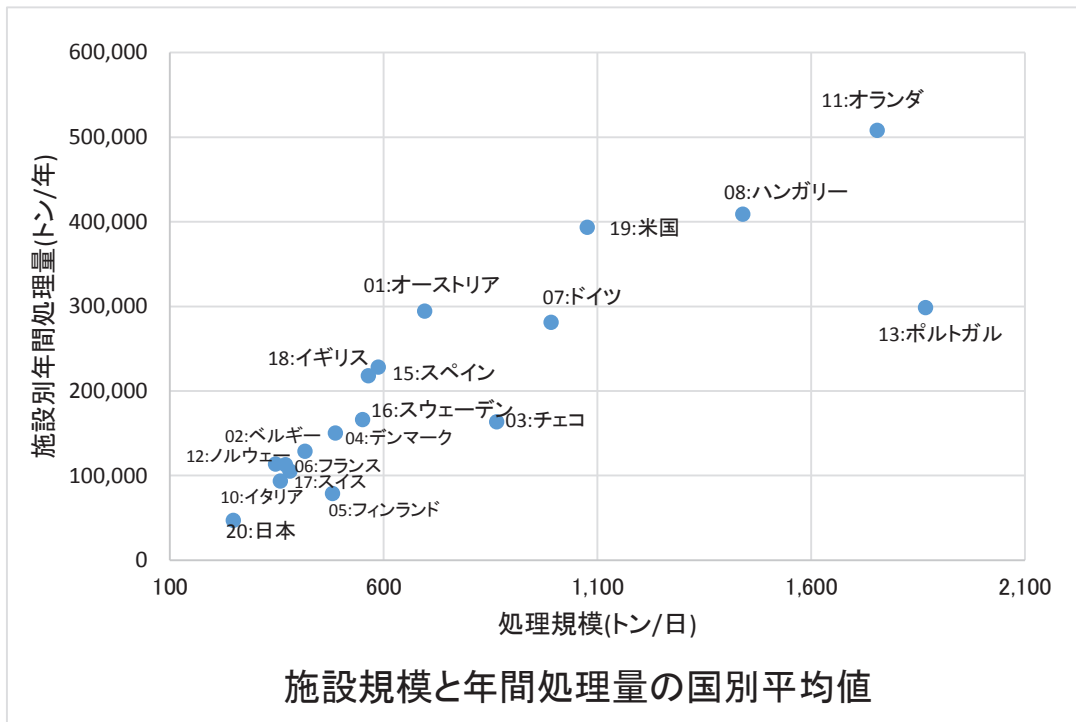


図 I-2-(1)-6 施設規模と年間処理量の国別平均値

施設別の年間処理量が50万トンのオランダ、30万トンのドイツ、10万トンのフランス、イタリアを代表例として、図 I-2-(1)-7 に国別の各施設のデータを図示した。

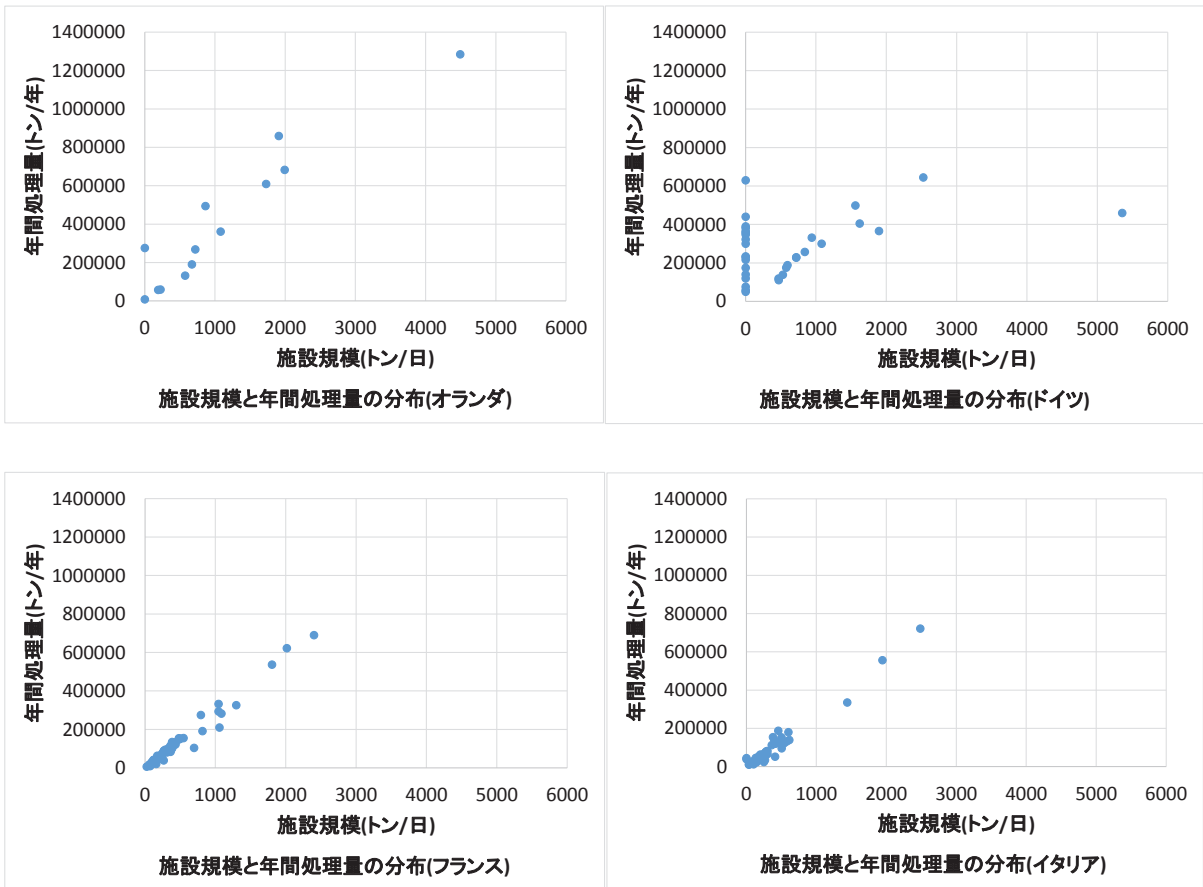


図 I-2-(1)-7 施設規模と年間処理量の分布(国別)

オランダは 600t/日以上の大規模施設が多く、その規模以下の施設は数少ないため、平均値が大きくなっている。ドイツは施設規模が不明な施設が多いが、年間処理量からみて、600～1000t/日以上施設が多いものと推測される。フランスは 1000t/日以上施設は少なからずあるが、500t/日以下の施設も多いことがわかる。イタリアは 1000t/日以上施設はわずかで、ほとんどが 600t/日以下の施設である。

4) 施設設置年

図 I-2-(1)-8 は、施設の設置年を国別に集計したものである。一つの施設で複数の炉があり設置年が異なる場合は、新しい設置年を代表として集計した。

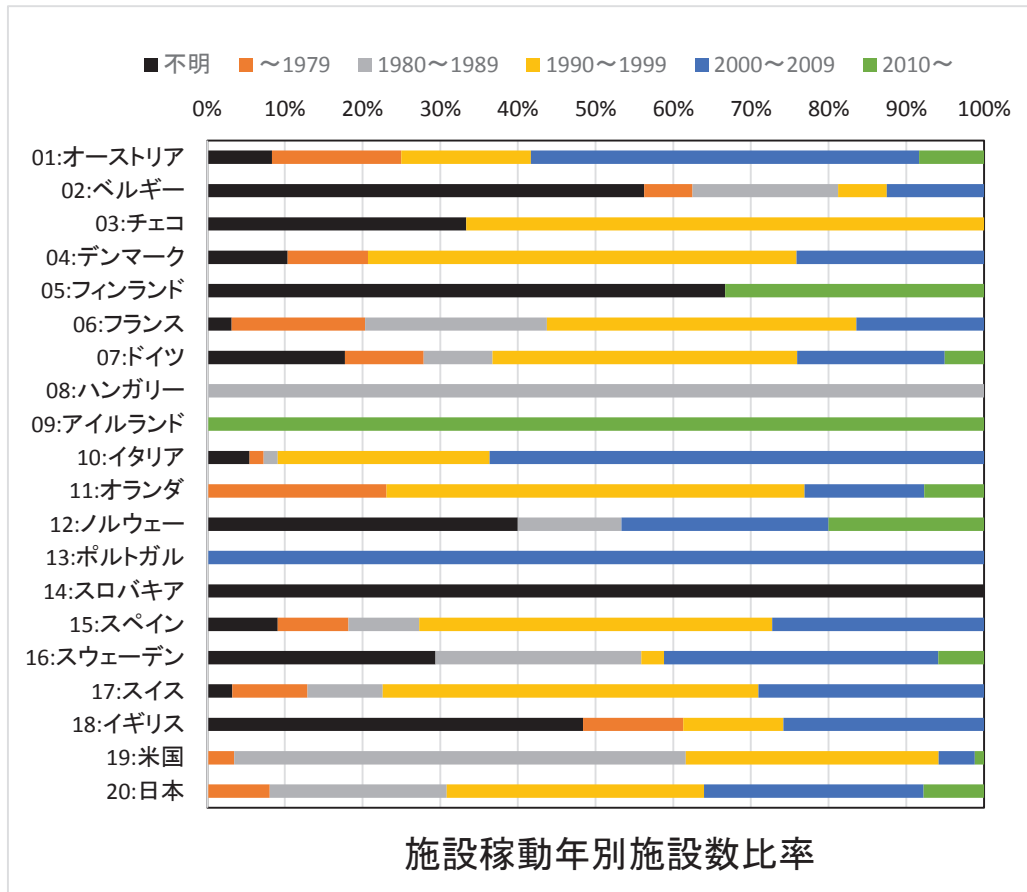


図 I-2-(1)-8 施設稼動年別施設数比率

フランス、ドイツ、日本は 1970 年代から、米国、スウェーデン等は 1980 年代頃から施設を設置していることがわかる。また、デンマーク、スイス、オランダは 1990 年代から、オーストリア、イタリア、イギリス等は 2000 年以降の設置が比較的多くなっている。

5) 年間稼働時間と稼働率

施設の稼働時間が炉別に示されており、その平均値を施設の稼働時間として、国別に集計を行ったのが図 I-2-(1)-9 である。3 炉構成で、1 炉がまったく稼働していない場合は、2 炉の平均値を用いた。なお、日本の施設の稼働時間については、廃棄物・3R 研究財団の施設台帳(2009 年版)に記載されている延べ運転日数データから計算した(1 炉構成の施設の運転日数と 2 炉構成以上の施設については延べ運転日数が 365 日以上の場合について、1 炉あたりの運転日数から運転時間を計算した)。

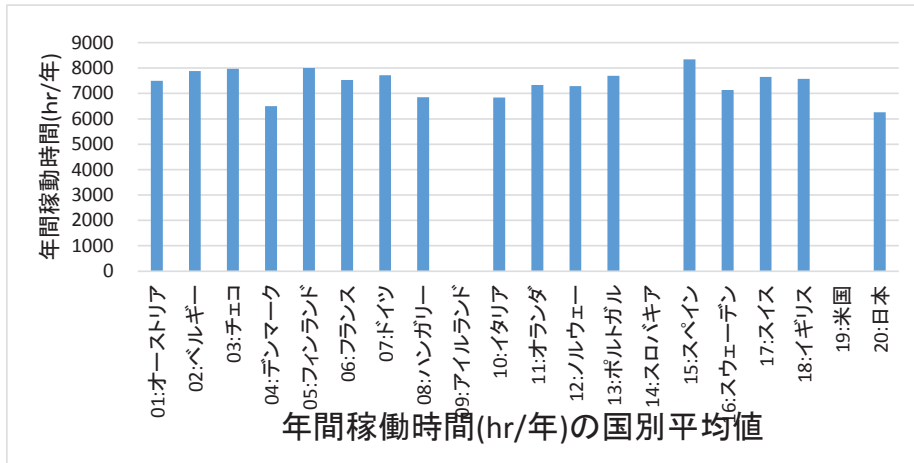


図 I-2-(1)-9 年間稼働時間の国別平均値

時間基準の稼働率を以下の計算方法で求めて、図 I-2-(1)-10 にその施設数比率を図示した。

・稼働率(時間基準) = 年間稼働時間 / (24 時間 × 365 日)

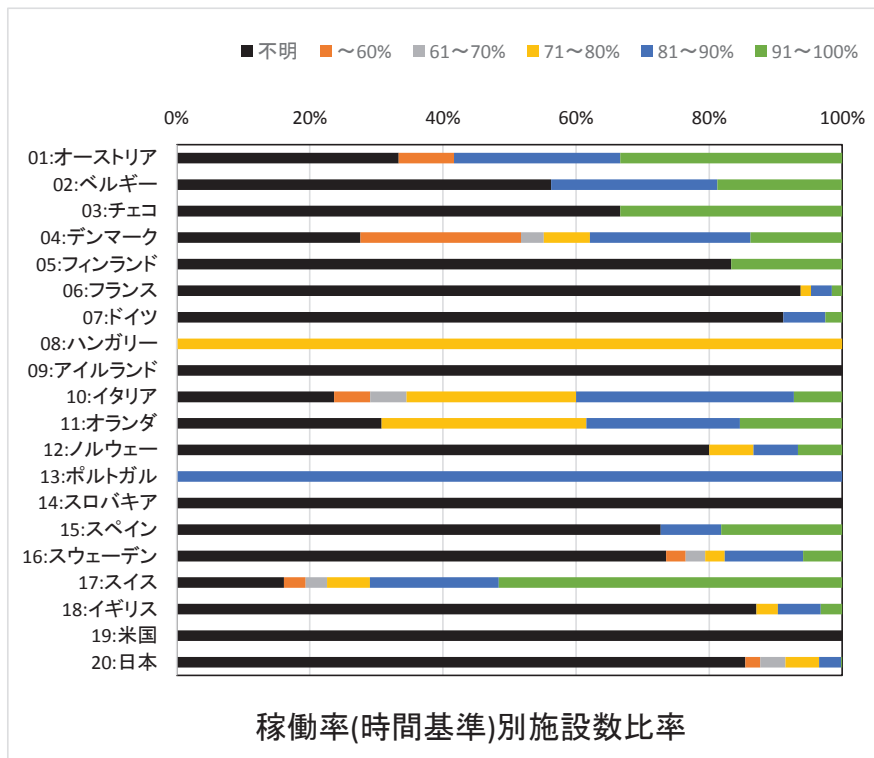


図 I-2-(1)-10 稼働率(時間基準)別施設数比率

稼働時間が不明の施設が多い(日本を除いて、556 施設中 403 施設)ため、稼働時間が不明の施設を除いたグラフを図 I -2-(1)-11 に示す。

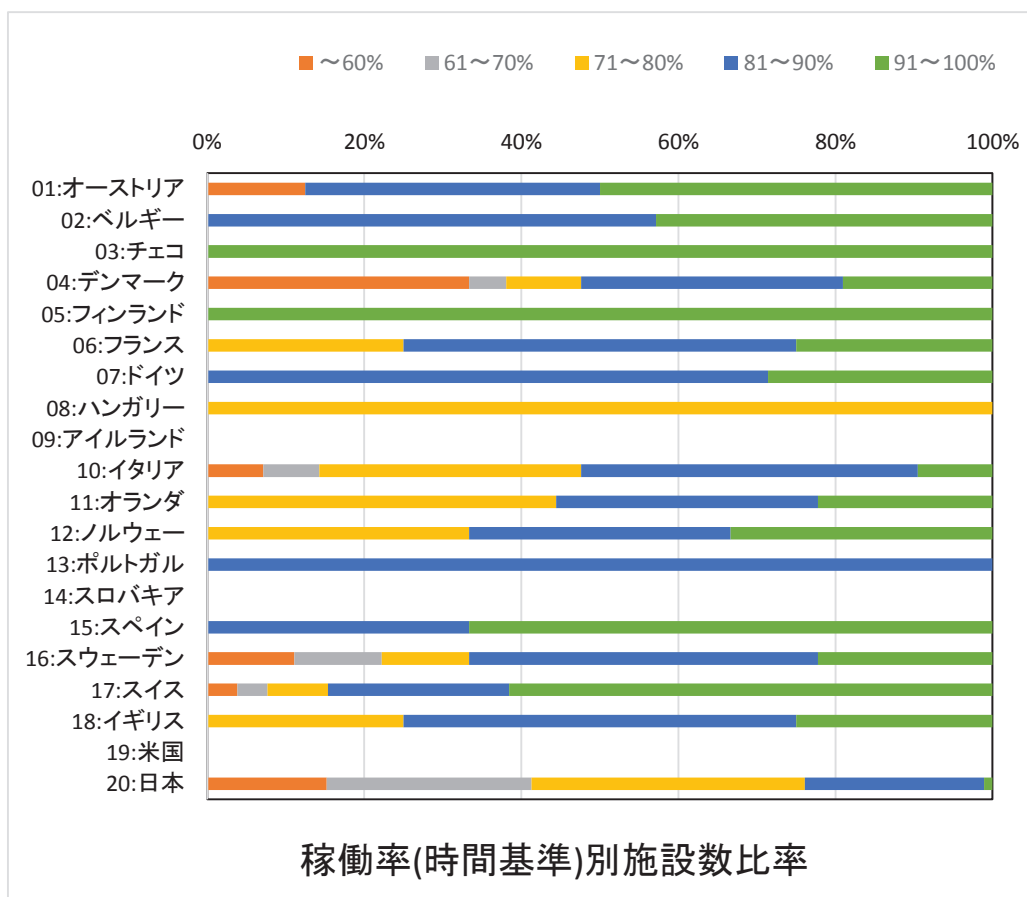


図 I -2-(1)-11 稼働率(時間基準)別施設数比率(稼働時間不明施設を除く)

デンマーク、イタリアでは稼働率 70%以下の施設が多いが、これ以外の国では、80%超稼働している施設が多く、スイス、オーストリアでは 90%超の施設が多い。

日本では 60%~70%台の施設が多いが、日本国内の施設については、年間実稼働日数 280 日、調整稼働率 0.96 を基本としているため、稼働率としては最大で 74%程度 ($280 \times 0.96 / 365$) となるので、60~70%の稼働率は、妥当な結果と言える。

一方、処理能力基準の稼働率を以下の計算で求めて、国別の施設数比率を図 I-2-(1)-12 に示した。

・稼働率(処理能力基準) = 年間処理トン数 / (処理能力トン/日 × 365 日)

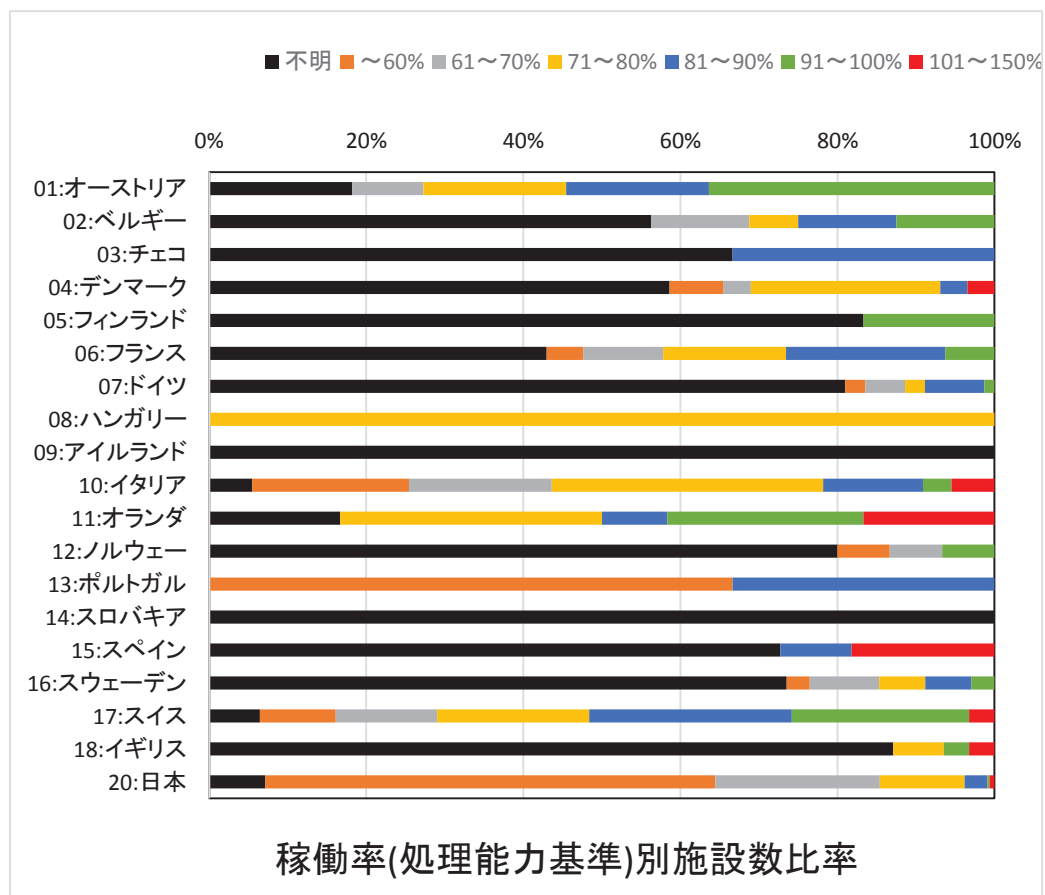


図 I-2-(1)-12 稼働率(処理能力基準)別施設数比率

年間処理トン数または処理能力が不明の施設が多い(日本を除いて、556 施設中 236 施設が不明)。ため、年間処理トン数または処理能力が不明の施設を除いたグラフを図 I-2-(1)-13 に示す。

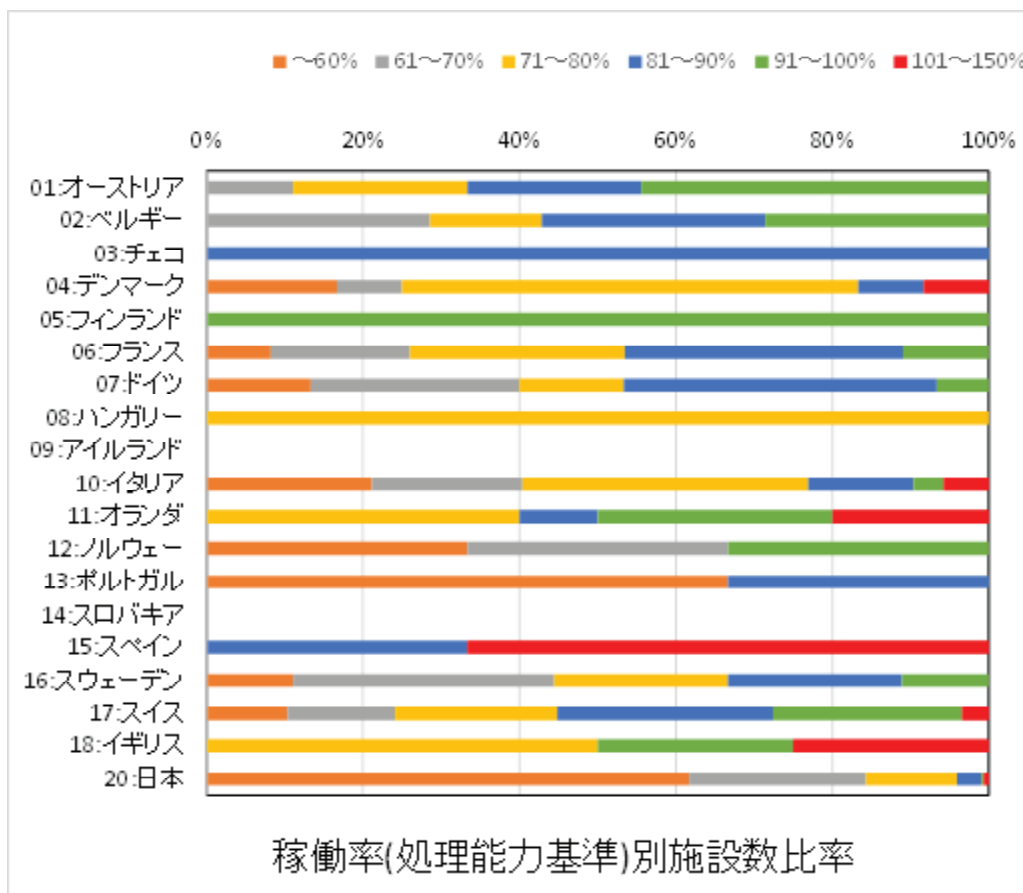


図 I-2-(1)-13 稼働率(処理能力基準)別施設数比率(稼働率不明施設を除く)

年間処理トン数と処理能力が判明している施設の中では、70%台～80%台の稼働率の施設が多いが、90%超、100%超の施設もある。

日本では60%以下の施設が過半数を占めている。これは前述のように規模設定時に、年間実稼働日数280日、調整稼働率0.96を基本としており、また、施設の稼働率(計画年間日平均処理量を整備規模で除した係数)は70%以上とすることが示されており(ごみ処理施設整備の計画・設計要領2006年改訂版、社団法人全国都市清掃会議)、人口減少やごみ減量化の促進により、稼働率が60%以下の施設が多くなっていると考えられる。

6) 計画ごみ質

施設ごとに計画ごみ質の情報が有り、国別の平均値の計算を行った結果を図 I-2-(1)-14 に示す。日本のデータは施設ごとの低位発熱量(計算値)を集計したものである。

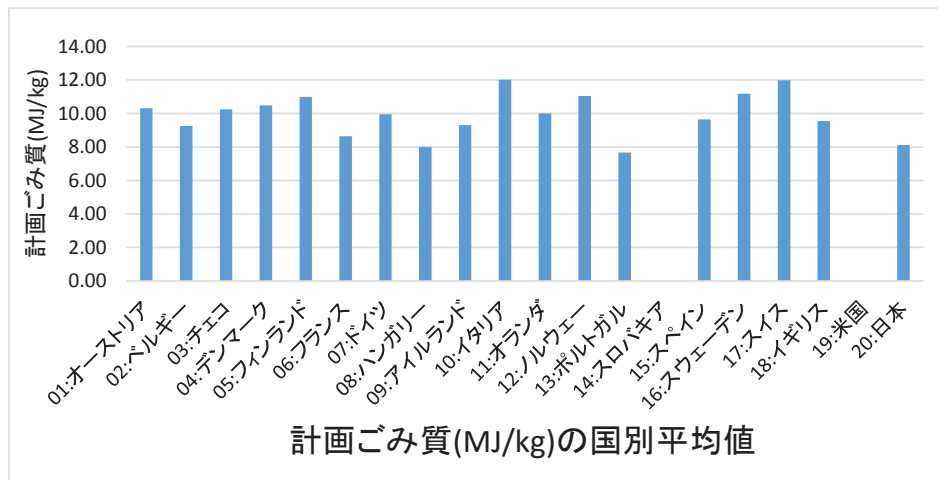


図 I-2-(1)-14 計画ごみ質の国別平均値

国によってばらつきが大きく、ポルトガル 7.7MJ/kg、日本 8.1MJ/kg、フランス 8.7MJ/kg が低く、イタリア 12MJ/kg、スイス 12MJ/kg、ノルウェー 11MJ/kg、フィンランド 11MJ/kg が高い。全体の平均は 10.4MJ/kg であった。

7) ボイラー蒸気条件

ボイラー蒸気条件(温度と圧力)を国別に集計した結果を図 I-2-(1)-15 に示す。

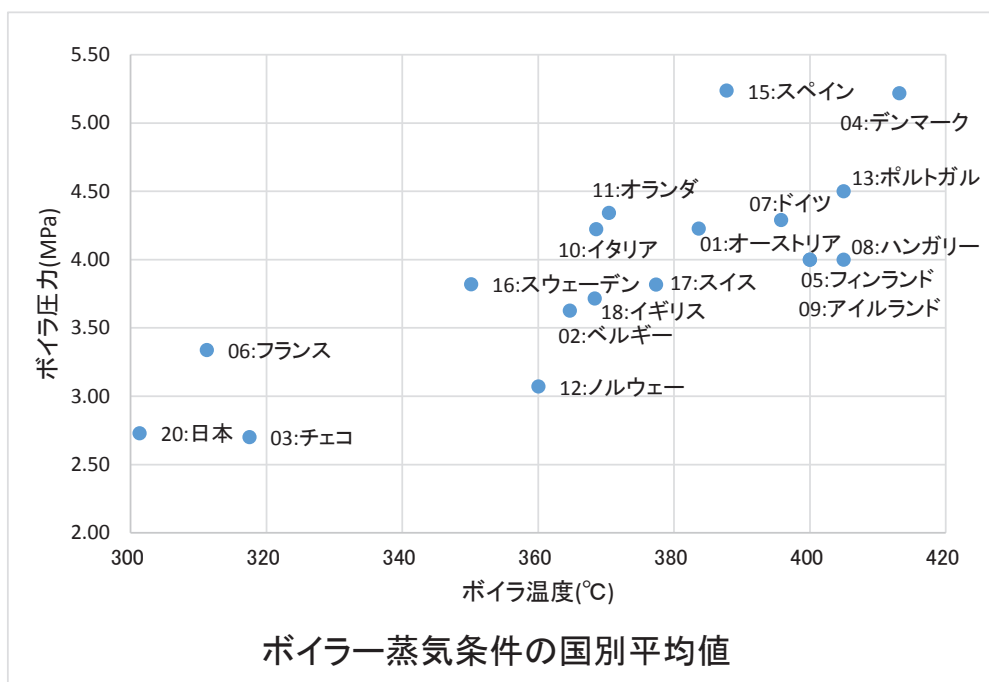


図 I-2-(1)-15 ボイラー蒸気条件の国別平均値

デンマークやポルトガルでは 400℃、5MPa を超えているが、フランスや日本では 300℃、3MPa 前後となっている等、国によって大きな違いが見られる。なお、日本のデータは廃棄物 3R 研究財団の施設台帳(2009 版)データから、発電付き施設をピックアップして、プロットに追加したものである。

ボイラー蒸気条件の大きく異なるデンマーク、ドイツ、イタリア、フランス及び日本を代表として、施設ごとの蒸気条件を図 I-2-(1)-16 に示した。

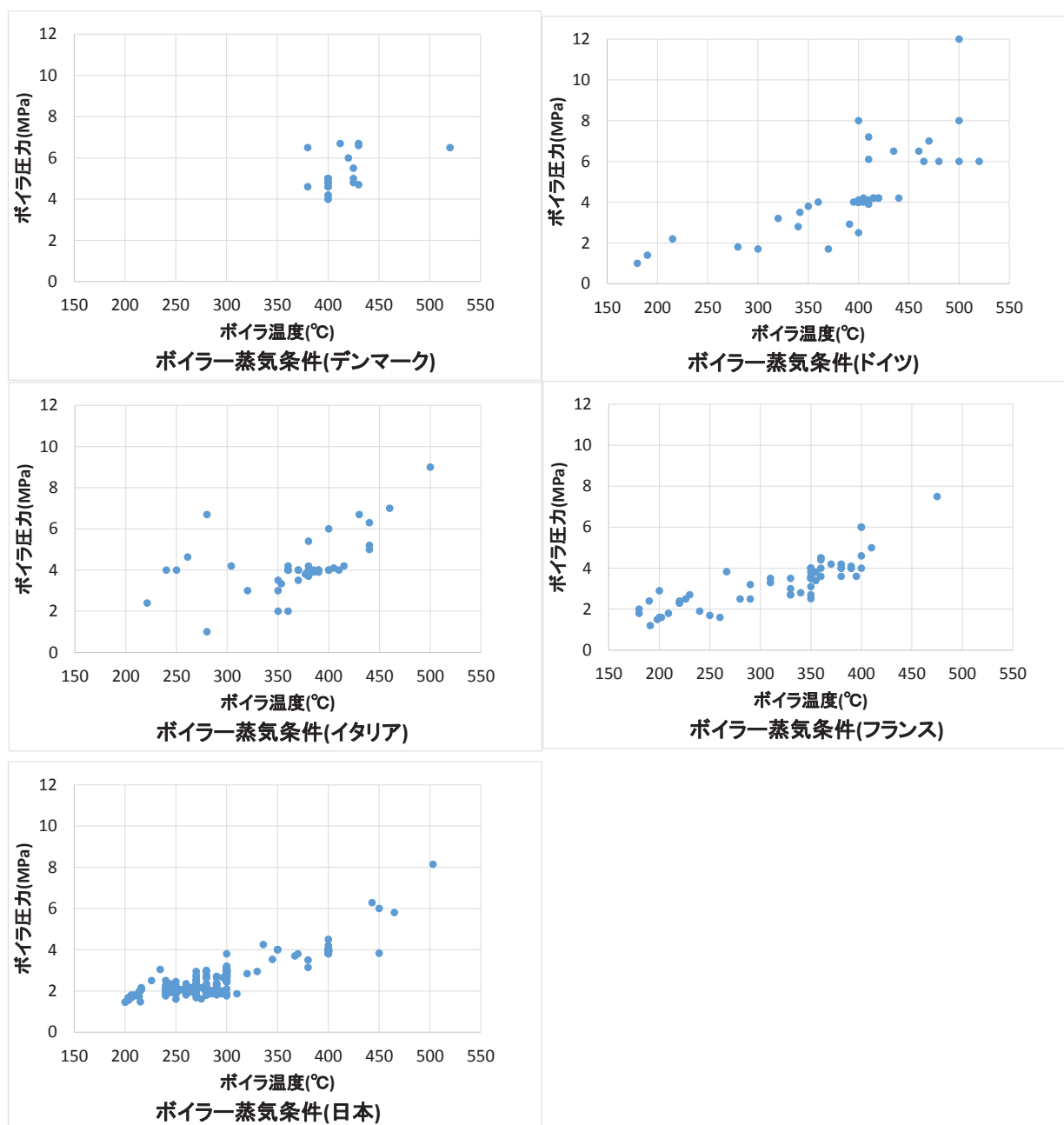


図 I-2-(1)-16 ボイラー蒸気条件(国別)

デンマークでは、ほぼすべての施設が 4MPa、400℃以上となっている。一方で、フランスは 4MPa、400℃以下の施設が大部分である。ドイツ、イタリアはその両方の施設が数多く設置されている。

日本では、4MPa、400℃以下の施設も見られるが、大部分は2～3MPa、200～300℃の蒸気条件となっている。

8) 発電効率

次式により施設ごとの発電効率を求めて、図 I -2-(1)-17 に示した。

$$\text{発電効率(\%)} = \frac{\text{年間発電量(GJ)}}{\text{焼却廃棄物熱量(GJ)} + \text{補助燃料入熱量(GJ)}}$$

$$\text{焼却廃棄物熱量(GJ)} = \text{年間焼却量(トン)} \times \text{低位発熱量(GJ/トン)}$$

日本の施設については、発電効率（実績値）をそのまま用いた。

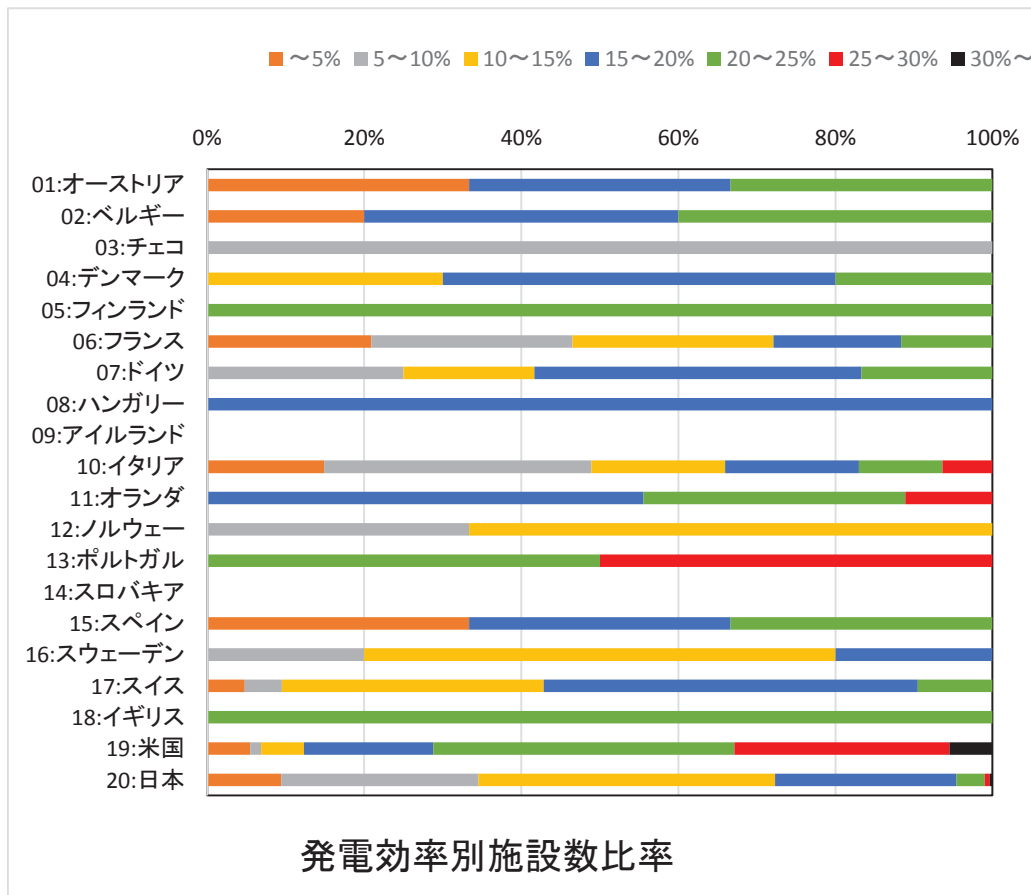


図 I -2-(1)-17 発電効率別施設数比率

デンマーク、オランダ、ドイツ等は15%超、20%超の施設が多くなっており、オランダ、ポルトガル、米国では25%超の施設も見られる。一方、日本は10～15%の施設が最も多く、次いで5～10%、15～20%の施設が多いなっている。

(2) Renewable municipal waste barometers 2014

EU圏の28カ国の家庭ごみ焼却施設による発電、熱回収の状況がまとめられており、その中から特徴的な項目について、整理した。

1) 全体傾向

都市ごみ焼却施設からのエネルギー回収利用量を表 I-2-(2)-1 に示す。ここで、ごみ焼却一次エネルギー生産量は廃熱ボイラーにより回収したエネルギー量で、単位は ktoe (石油換算トン、tonne of oil equivalent) で表されており、1toe=41.9GJ=11.6MWh の関係にある。CHP は、Combined Heat and Power を表し、電気と熱の両方を供給している焼却施設を示す。発電プラントは電気のみを供給している焼却施設、ヒートプラントは熱供給のみを行っている焼却施設である。

EU28カ国合計の都市ごみ焼却一次エネルギー生産量は2013年に8.7Mtoeで前年比0.7%増となっており、うち、地域熱供給ネットワークによる熱販売は2013年は2.4Mtoeで前年比7.8%増と大幅に増加している。これは、焼却プラントのエネルギー効率の向上と熱供給ネットワークの充実によるものである。

エネルギー効率の向上は、廃棄物指令(2008/98/EC)によるところが大きい。この廃棄物指令は熱供給先を確保することによるエネルギー効率の最適化を奨励するもので、エネルギー効率が65%超(2008年以前の施設は60%超)でなければ、リカバリー施設と認められない。参考までに廃棄物指令におけるリカバリーの定義(抜粋)を次ページに示す。

表 I-2-(2)-1 都市ごみ焼却施設からのエネルギー回収利用量

2013年	焼却一次エネルギー生産量(ktoe)	発電量(GWh)			熱利用量(ktoe)		
		発電プラント	CHP	合計	ヒートプラント	CHP	合計
ドイツ	2,728.9	3,268.0	1,987.0	5,255.0	274.0	431.5	705.5
フランス	1,246.0	1,243.7	914.3	2,158.0	62.5	193.3	255.8
オランダ	855.3	0.0	2,133.0	2,133.0	0.0	215.8	215.8
イタリア	827.6	1,230.0	977.0	2,207.0	0.0	83.3	83.3
スウェーデン	753.9	0.0	1,700.0	1,700.0	54.0	512.5	566.5
イギリス	683.7	1,169.4	817.9	1,987.3	30.6	0.0	30.6
デンマーク	482.7	0.0	858.0	858.0	29.4	277.1	306.5
ベルギー	299.8	484.4	150.6	635.0	3.0	13.9	16.9
フィンランド	193.5	66.5	283.5	350.0	10.4	72.5	82.9
スペイン	147.3	0.0	595.0	595.0			
オーストリア	129.9	160.0	47.0	207.0	14.4	29.4	43.8
ポルトガル	96.7	0.0	286.0	286.0			
その他合計	281.6	0.0	369.4	369.4	1.0	52.0	53.0
EU(28カ国)合計	8,726.9	7,622.0	11,118.7	18,740.7	479.3	1,881.3	2,360.6

廃棄物指令（2008/98/EC）におけるリカバリーの定義(抜粋)

都市ごみ焼却プロセスにおいては**エネルギー効率**が 0.60 または 0.65 以上の焼却施設。

0.60：2009年1月1日より前の基準に基づいて許可され運用されている施設

0.65：2008年12月31日より後に許可された施設

$$\text{エネルギー効率} = (E_p - (E_f + E_i)) / (0.97 * (E_w + E_f))$$

E_p (GJ/年)	熱もしくは電気として年間に生産されるエネルギー。電気の形で得られるエネルギー(E_{pe})には 2.6 を、商業利用として生産される熱エネルギー(E_{ph})には 1.1 を乗じて求める
E_f (GJ/年)	蒸気発生に寄与する燃料の年間エネルギー投入量
E_w (GJ/年)	年間処理される廃棄物の持っているエネルギー量(低位発熱量)
E_i (GJ/年)	E_w と E_f を除いた年間エネルギー取り込み量
0.97	主灰の持ち出し熱量及び放熱によるエネルギー損失係数

係数 2.6 は石炭火力の発電効率 38%の逆数 $2.6 = 1/38\%$

係数 1.1 は熱供給インフラの熱利用効率 91%の逆数 $1.1 = 1/91\%$

E_i は具体的には、以下のものが該当する。

- 立上げ・立下げ時で、発生蒸気が利用できない(グリッド接続のない)状態での助燃用化石燃料
- 湿式排ガス処理後や触媒脱硝前等の排ガス再加熱用エネルギー量(補助燃料使用の場合)
- 買電量 (タービンなしの施設、タービン更新・遮断時)

2) 国別の傾向

・オランダ

都市ごみ焼却による一次エネルギー生産量は 2013 年に 855.3ktoe で前年比 +0.7%と微増であったが、熱供給が 2013 年に 215.8ktoe で前年比 18.3%増と大幅に増えている。これは、工場への蒸気供給と地域熱供給(家庭への温水)の新規接続が行われたためである。逆に電気供給は 2013 年に 4.6%減少している。

オランダはドイツとともに、廃棄物を輸入してエネルギー回収を行っている。オランダでは処理される廃棄物の 14%が輸入で、その大部分がイギリスからで年間約 70 万トンが輸入され焼却処理されている。

この背景には、オランダでは高効率なエネルギー回収施設が建設されたが廃棄物が十分ではなく、逆にイギリスは廃棄物処理施設が十分ではないため、イギリスからオランダに廃棄物が輸入されていると考えられる。

・ドイツ

一次エネルギー生産量は前年比 5.1%増の 2.7Mtoe で、熱供給が前年比 10.7%増の 705.6ktoe、電気供給は 6.2%増となっている。これはドイツの循環経済法 KrWG において、有機系廃棄物を分別収集することにより、エネルギー回収施設で処理する廃棄物の発熱量を最低 11,000KJ/kg とすることが必要になったことが大きく影響している。

3) 発電と熱利用の比較

表 I-2-(2)-2 は、表 I-2-(2)-1 の単位を GWh に統一し、熱利用の比率を計算したものである。また、図 I-2-(2)-1 は発電量と熱利用量を国別に図示したものである。

表 I-2-(2)-2 都市ごみ焼却施設からのエネルギー回収利用量

2013年	焼却一次エネルギー生産量 (GWh)	発電量(GWh)			熱利用量(GWh)			熱利用の比率= 熱利用/(発電量 +熱利用)
		発電プラント	CHP	合計	ヒートプラント	CHP	合計	
ドイツ	31,737.1	3,268.0	1,987.0	5,255.0	3,186.6	5,018.3	8,205.0	61.0%
フランス	14,491.0	1,243.7	914.3	2,158.0	726.9	2,248.1	2,975.0	58.0%
オランダ	9,947.1	0.0	2,133.0	2,133.0	0.0	2,509.8	2,509.8	54.1%
イタリア	9,625.0	1,230.0	977.0	2,207.0	0.0	968.8	968.8	30.5%
スウェーデン	8,767.9	0.0	1,700.0	1,700.0	628.0	5,960.4	6,588.4	79.5%
イギリス	7,951.4	1,169.4	817.9	1,987.3	355.9	0.0	355.9	15.2%
デンマーク	5,613.8	0.0	858.0	858.0	341.9	3,222.7	3,564.6	80.6%
ベルギー	3,486.7	484.4	150.6	635.0	34.9	161.7	196.5	23.6%
フィンランド	2,250.4	66.5	283.5	350.0	121.0	843.2	964.1	73.4%
スペイン	1,713.1	0.0	595.0	595.0	0.0	0.0	0.0	0.0%
オーストリア	1,510.7	160.0	47.0	207.0	167.5	341.9	509.4	71.1%
ポルトガル	1,124.6	0.0	286.0	286.0	0.0	0.0	0.0	0.0%
その他合計	3,275.0	0.0	369.4	369.4	11.6	604.8	616.4	62.5%
EU(28カ国)合	101,493.8	7,622.0	11,118.7	18,740.7	5,574.3	21,879.5	27,453.8	59.4%

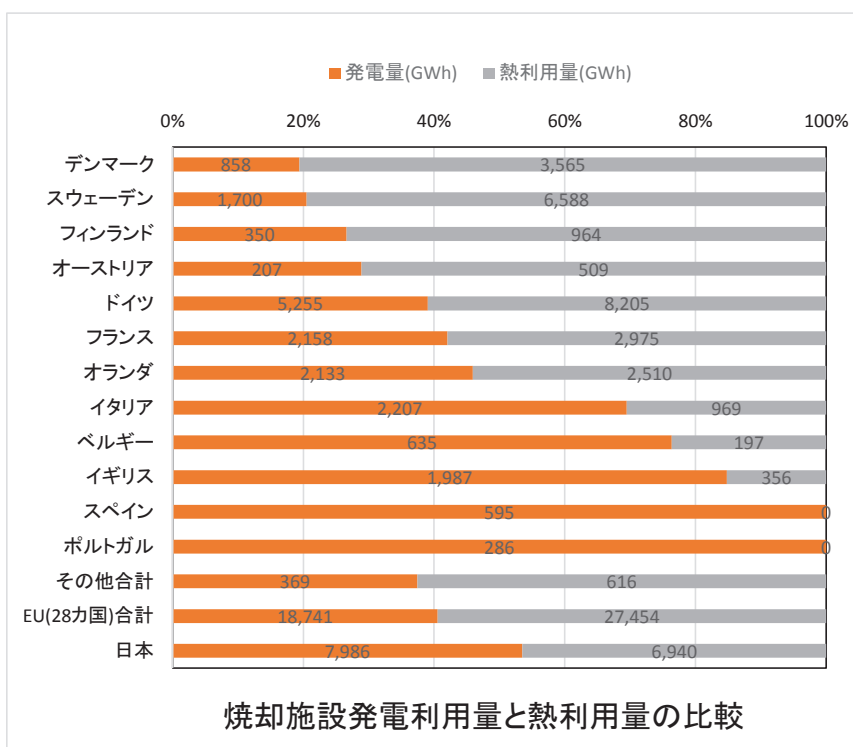


図 I-2-(2)-1 発電利用量と熱利用量の比較

熱利用の比率は地域的な特徴があり、北欧圏のスウェーデン、デンマーク、フィンランドが75～80%と最も高く、緯度が下がるのにほぼ従って、ドイツ、フランス、オランダが60%前後、イタリア、イギリス、ベルギーが20～30%前後、スペイン、ポルトガルが0%となっている。日本の平成25年度実績は発電量7,986 GWh、熱利用量6,940GWhで、熱利用比率は50%弱となっている。

(3) 考察

欧州各国、米国及び日本における廃棄物発電施設の各種データについて比較を行ってきた。ここで各国の人口密度やごみ処理の責任主体などのデータを補完して、考察を行う。

1) 人口、面積

表 I-2-(3)-1 に各国の人口・面積に関する情報を示した。日本は欧州各国に比べると人口が多く、人口密度も高い。一方で、森林の比率が高いため、平野部での人口密度はさらに高くなり、高度な土地利用が行われている。

表 I-2-(3)-1 各国の人口・面積

国名	人口 単位: 100万人	人口密度 単位: 人/km ²	陸地面積 単位: 1000 Ha	森林面積 単位: 1000 Ha	陸地に占める森 林の比率 %
07:ドイツ	81.10	227.16	34,854	11,415	32.8%
18:イギリス	64.51	264.81	24,193	3,110	12.9%
06:フランス	63.92	115.90	54,756	16,763	30.6%
10:イタリア	60.78	201.71	29,414	9,189	31.2%
15:スペイン	46.46	91.94	50,021	18,350	36.7%
11:オランダ	16.86	405.94	3,367	375	11.1%
02:ベルギー	11.20	367.01	3,028	683	22.5%
03:チェコ	10.51	133.29	7,723	2,663	34.5%
13:ポルトガル	10.39	112.87	9,160	3,205	35.0%
08:ハンガリー	9.88	106.17	9,053	2,060	22.8%
16:スウェーデン	9.75	21.65	40,734	28,073	68.9%
01:オーストリア	8.51	101.44	8,253	3,865	46.8%
17:スイス	8.14	197.2	3,952	1,246	31.5%
04:デンマーク	5.62	130.34	4,243	602	14.2%
05:フィンランド	5.45	16.12	30,389	22,218	73.1%
14:スロバキア	5.42	110.47	4,809	1,940	40.3%
12:ノルウェー	5.16	15.92	36,525	12,108	33.2%
09:アイルランド	4.61	65.60	6,889	743	10.8%
19:米国	319.08	32.47	916,193	304,022	33.2%
20:日本	127.06	336.22	36,450	24,979	68.5%

2) 廃棄物処理責任

欧州各国の廃棄物の処理責任、収集運搬責任、自治体による監視責任について、表 I-2-(3)-2 に整理した。

表 I-2-(3)-2 廃棄物の処理責任、収集運搬責任、自治体による監視責任

国名	廃棄物種類	処理責任 (公共or民間)	収集運搬責任 (公共or民間)	自治体による 監視責任
ドイツ	家庭系廃棄物	公共	公共/民間	あり
	家庭系廃棄物に類似した 商業廃棄物	公共	公共/民間	あり
	産業廃棄物・商業廃棄物	民間	民間	あり
	有害廃棄物	公共/民間	民間	当局による組織化/管理
ベルギー(FL=フラン デレン、BR=ブ リュッセル、WA= ワロン)	家庭系廃棄物	FL&WA:公共(時に外部委託)、BR:公共/PPP	公共(時に外部委託)	あり
	家庭系廃棄物に類似した 商業廃棄物	FL:民間、BR&WA:民間、 公共、PPP	FL:民間、BR&WA:民間、 公共	FL:なし、BR:あり/なし、 WA:公共処理に対してあり
	産業廃棄物・商業廃棄物	FL:民間、BR:公共/民間、 WA:民間/PPP	FL&WA:民間、BR:公共/民 間	FL&WA:なし、BR:あり/なし
	有害廃棄物	FL:家庭ごみの有害物は 公共、産廃の有害物は民間、 WA:FLと同じ+医療系 有害物はPPP、BR:民間	FL&WA:民間、BR:家庭ご みの有害物は公共、産廃 の有害物は民間	家庭ごみの有害物に対して あり
アイルランド	家庭系廃棄物	全体の責任は公共にある が、主に民間によって実 施されている	全体の責任は公共にある が、主に民間によって実 施されている	国のEPAがモニタリング責 任を持つ。地方行政は EPA規定に関する許可を 発行する。
	家庭系廃棄物に類似した 商業廃棄物			
	産業廃棄物・商業廃棄物			
	有害廃棄物			
オランダ	家庭系廃棄物	両方	両方	なし
	家庭系廃棄物に類似した 商業廃棄物	両方	両方	なし
	産業廃棄物・商業廃棄物	民間	民間	なし
	有害廃棄物	民間	両方	なし
ポーランド	家庭系廃棄物	公共	公共	あり
	家庭系廃棄物に類似した 商業廃棄物	公共	公共	あり
	産業廃棄物・商業廃棄物	民間	公共/民間	なし
	有害廃棄物	公共	公共/民間	なし
ポルトガル	家庭系廃棄物	公共	公共	あり
	家庭系廃棄物に類似した 商業廃棄物	公共(発生1100L/day未 満)、それ以上は民間	公共(発生1100L/day未 満)、それ以上は民間	あり
	産業廃棄物・商業廃棄物	民間	民間	民間
	有害廃棄物	民間	民間	民間
スペイン	家庭系廃棄物	公共	公共	あり
	家庭系廃棄物に類似した 商業廃棄物	公共	公共	あり
	産業廃棄物・商業廃棄物	民間	民間/公共	なし/あり
	有害廃棄物	民間	民間/公共	なし/あり
スウェーデン	家庭系廃棄物	公共	公共	公共
	家庭系廃棄物に類似した 商業廃棄物	公共	公共	公共
	産業廃棄物・商業廃棄物	民間	民間	民間
	有害廃棄物	民間(家庭からのものを除 く)	民間(家庭からのものを除 く)	民間(家庭からのものを除 く)

出典：

http://www.cewep.eu/information/data/subdir/984._Country_Reports_on_Waste_Management.html

これによれば、家庭系廃棄物及び家庭系廃棄物に類似した商業廃棄物についての処理責任、収集運搬責任は、ほとんどが公共にあるとされている。アイルランドでは、責任は公共にあるが、

実施は民間が行っており、ドイツでは収集運搬の一部は民間の責任、ベルギーでは、一部の地域で民間の処理責任となっている。

また、自治体による監視責任についても、オランダとベルギーの一部地域を除いて、公共に責任がある。

一方、産業廃棄物・商業廃棄物については、処理、収集運搬ともに民間に責任があることになっているが、有害廃棄物については、民間による処理、収集運搬責任とする国が多いが、家庭からの有害廃棄物は公共の責任とするスウェーデン、ベルギーの一部地域や、有害廃棄物のすべて公共の責任とするポーランドのような国もある。

補足資料(平成 22 年度国内外における廃棄物処理技術調査業務報告書 A2)では、ドイツ国内にある約 70 ヶ所の焼却施設の経営主体は、公営：50%、民間：25%、Private Public Partnership (公営と民間の協同)：25%となっている。

基本的には欧州における家庭系廃棄物の処理責任は日本と同様に公共にあるが、実質的には民間企業がその処理を担っている国もあり、オランダにおいては、家庭系ごみや事業系ごみのみならず、イギリスからも廃棄物を輸入して処理を行っており、日本とは大きく異なっている。

3) 施設規模

日本において一般廃棄物焼却施設の施設規模が大きい要因としては、処理責任がある地方自治体の数が多く、平均的規模が小さいこと、一部組合の設立によって処理の広域化は行われているが限定的であること、広域処理を阻害する要因が多いこと(小型収集車での長距離運搬は非効率であり、中継基地が必要である。施設を立地する自治体の地元の同意が得られにくい、明治以前の文化・風習が地域において細分化されており、広域化を行う土壌が育ちにくいことなど)などが挙げられる。

一般廃棄物をその地域において処理するという現在の形が大きく変わらない限り、処理規模の拡大は容易ではないと考えられる。

人口規模の近いドイツ・バイエルン州と日本の九州 7 県で比較を行う。人口はほぼ同じ 1250～1300 万人で、面積はバイエルン州が九州の約 2 倍である。バイエルン州は行政管区数(日本の県に相当)が 7 つあり、廃棄物処理を所管する郡が 71、独立市が 25 ある。独立市は郡に属さないため、廃棄物処理責任のある自治体は郡と独立市を合わせて 96 あることになる。補足資料(平成 22 年度国内外における廃棄物処理技術調査業務報告書 A5)に示すように、バイエルン州内の都市ごみ焼却施設は 17 施設あり、焼却施設を持たない自治体は、どこの焼却施設で処理をするのかを選ぶことができる。補足資料図 A-5 では各焼却施設がどこの自治体の廃棄物を処理しているかを色で示したものであり、近隣の自治体だけでなく、ミュンヘンのように遠方の自治体からの廃棄物の処理を行っている自治体もある。運搬は 20 トントラックで行っており、150km 離れたところからでもアウトバーンで運搬すれば 1 日 2 往復できる。

一方、九州では市町村は合計で 233 あるが、組合を構成している場合が多く、焼却施設を保有している自治体・組合数は 110 に集約されている。110 の自治体・組合が保有する焼却施設は合計で 157 施設あり、うち、発電付は 34 施設となっている。

表 I-2-(3)-3 ドイツ・バイエルン州と日本の九州 7 県の比較

	人口	面積	行政管区数	郡	独立市(郡に属さない)	焼却施設数
バイエルン州	1,250 万人	70,549 km ²	7	71	25	17

	人口	面積	市	町	村	焼却施設保有自治体・組合数	焼却施設数	
							うち、発電付	
九州(7 県)	1,310 万人	35,640 km ²	107	108	18	110	157	34
福岡県			28	30	2	21	28	14
佐賀県			10	10	0	10	14	3
長崎県			13	8	0	18	30	5
熊本県			14	23	8	14	21	2
大分県			14	3	1	12	15	4
宮崎県			9	14	3	10	12	2
鹿児島県			19	20	4	25	37	4

参考までに、ドイツでは 2005 年 6 月以降、未処理の廃棄物を埋め立てすることが禁止されたため、焼却施設を持たない自治体は焼却施設を保有する自治体に処理を委託することになった。

ヴィルツブルグの焼却施設では、1 市 2 郡が主体で、住民 38 万人が対象であったが、その後、隣接するシュバイフルト郡・市にある焼却施設と協議を行った結果、周辺の 1 市 5 郡の廃棄物の処理も行うようになり、現在は 52 万人が処理対象となっている。また、定期補修時や故障時に備えて、州内の他の 3 焼却施設と焼却処理に関する追加協定を結むことにより、熱処理を保障している。

4) ボイラー条件の高温高圧化

ボイラー条件の高温高圧化について、日本においても、東京都やプラントメーカーを中心に従来から検討が行われてきており、また、平成 7 年には 3.8MPa、375℃の施設も設置されており、決して欧米に遅れをとっているわけではない。しかしながら、導入実績を比較すると、デンマーク、ドイツ、スペイン等で 4MPa、400℃を超えるボイラーが数多く導入されている状況に比べると少し実績が少ない。日本との相違点について、現地のヒアリングでは、ボイラー水管が腐食するのは当たり前であり、破損したら交換すればいいという消耗品扱い(1~2 年に 1 回交換)が一般的であり、日本のように腐食を抑えるための材質開発を行い、長期間(5~10 年)持たせようという姿勢と大きく異なるとのことである。

A) ドイツ・ヴュルツブルグ ごみ焼却発電所（Würzburg MHKW）

2) ごみ発電（W t E）施設の経済性、経営主体について

ヴュルツブルグ MHKW 施設の収入に関しては、図 A-2 に示すとおりである。

ZVAWS 地域 38 万人分のごみ収入は、112 ユーロ/トンで全体の 23%を占める。1998 年に 3 系列目を増設し処理規模が増大した結果、処理料金をトン当たり 25～30 ユーロ下げることができた。他 5 地域 52 万人分のごみ収入は、130～140 ユーロ/トンで地元の ZVAWS 地域より若干高い料金設定で、15～20 年の契約を行っている。汚泥については、近い将来、農耕地に

入れられなくなるので流動床炉を新設し、リンを取り出す予定で、2 年後に 4,000 万ユーロ投資する計画である。産廃処理は主に建廃、A S R、廃プラを対象としており、発熱量や組成に応じて料金は変わるが、平均 70 ユーロ/トンで、景気動向や競合施設により、50～150 ユーロ/トンの幅で変動してきている。今は、景気回復によりごみ量が増えてきているが、処理施設が増えたため、ごみ獲得競争が激しいようである。

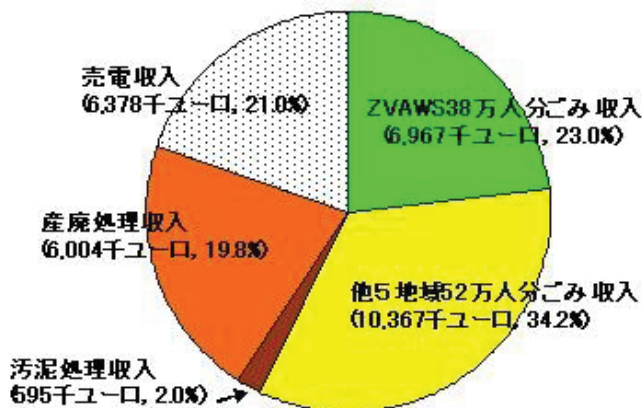


図 A-2 ヴュルツブルグ廃棄物処理組合（ZVAWS）の収入内訳

搬入したごみのストック用倉庫（5000 トン）を建設している。これは「エネルギー倉庫」の位置づけである。冬期には建設業は休みが多くごみ搬入量は少なくなり、クリスマス休暇には企業が 2 週間休むため、1 月のごみは特に少なくなる傾向がある。「エネルギー倉庫」に蓄えたごみを 1 月に燃やす計画である。医療廃棄物はプラ容器に入れられて施設に入ってくる。

ドイツ国内にある約 70 ヶ所の焼却施設の内訳は、公営：50%、民間：25%、Private Public Partnership（公営と民間の協同）：25%となっており、全体としては公営の方に流れが行っている。民間では、E O N（電力会社）が 10 ヶ所、ルモンディス (REMONDIS) がフランクフルト等に 8 ヶ所の施設を保有している。また、ルモンディス（売上 40 億ユーロの会社）はケルン市と組み（ケルン市 51%、ルモンディス 49%出資）、年間 70 万トンの処理を行っている。また、バイエルン州はほとんどが公営であるが、ケルンやデュッセルドルフ（ノルトライン・ヴェストファーレン州、ルール工業地帯）には民間運営の施設が多い。

ドイツ国内にある約 70 ヶ所の焼却施設の内訳は、公営：50%、民間：25%、Private Public Partnership（公営と民間の協同）：25%となっており、全体としては公営の方に流れが行っている。民間では、E O N（電力会社）が 10 ヶ所、ルモンディス (REMONDIS) がフランクフルト等に 8 ヶ所の施設を保有している。また、ルモンディス（売上 40 億ユーロの会社）はケルン市と組み（ケルン市 51%、ルモンディス 49%出資）、年間 70 万トンの処理を行っている。また、バイエルン州はほとんどが公営であるが、ケルンやデュッセルドルフ（ノルトライン・ヴェストファーレン州、ルール工業地帯）には民間運営の施設が多い。

6) 広域連携ごみ処理体制

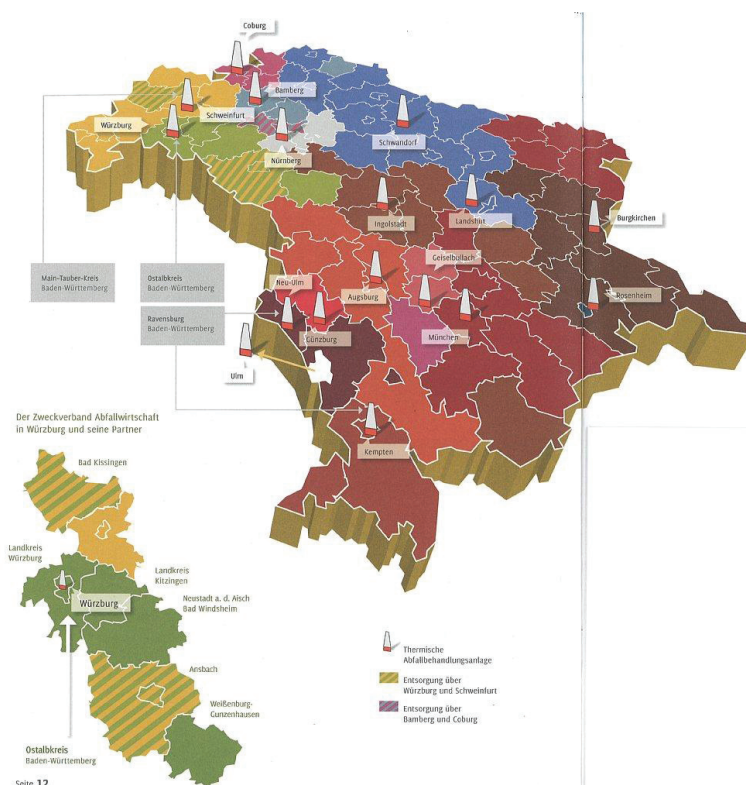
今回の調査の目的の一つである海外における広域処理について、バイエルン州を例にして広域連携ごみ処理体制の概要を以下に整理する（図 A-5 を参照）。

- バイエルン州では、焼却施設を持たない自治体は、どこの焼却施設で焼却処理をするのかを自由に選ぶことができる。焼却施設側から見ればごみの取り合いとなり、ヴュルツブルグの競争相手は東南部に位置するニュールンベルグである。ニュールンベルグの処理単価は、施設を新設したこともあり、190 ユーロ/トンと高い。これに対し、ヴュルツブルグでは 125 ユーロ/トンの提示をして、コスト優

位性をつくって15年間の契約ができた。

- 150km離れたところからもごみは来る。150kmならアウトバーンを利用すれば1日2往復できる。
- 3つの施設、Schweinfurt、Schwandorf、Ingolstadtとは協力関係にあり、修理など困った時に他地域にまわすこともある。
- 図A-5の斜線部(Bad Kissingen、Ansbach)のごみはWürzburg施設とSchweinfurt施設で50:50とか75:25などに分けて処理されている。なお、Ansbachにはサーモセレクト方式の施設があったが閉鎖された。
- ヴュルツブルグには1日100台の20トントラックによる搬入があり、ドイツでは90%がトラック輸送となっている。鉄道は積み込む場所が必要であり割高である。
- ミュンヘンは遠方の自治体からごみを受け入れている。これはミュンヘンでごみが足りなくて、従来は埋立処理していた地域のごみを安い金額で契約したものである。
- 中継基地は、バイエルン州政府が計画途中である
- ドイツの他の州でもバイエルン州と同様に競争になっているが、デュッセルドルフ・ケルン・ドルトムントがあるノルトライン・ヴェストファーレン州は州政府がどのごみをどこに持っていかを決めている。これは州政府の与党がどこかによって変わる。ノルトライン・ヴェストファーレン州はSPD(ドイツ社会民主党)が与党。

バイエルン州は外からは受け入れるが、外に出してはいけないことになっている。図A-5には、他州(Baden-Württemberg)の3ヶ所からバイエルン州に搬入されている様子が示されている。



図A-5. ドイツ・バイエルン州における広域連携ごみ処理体制の概要

II 廃棄物発電の増強方策の検討

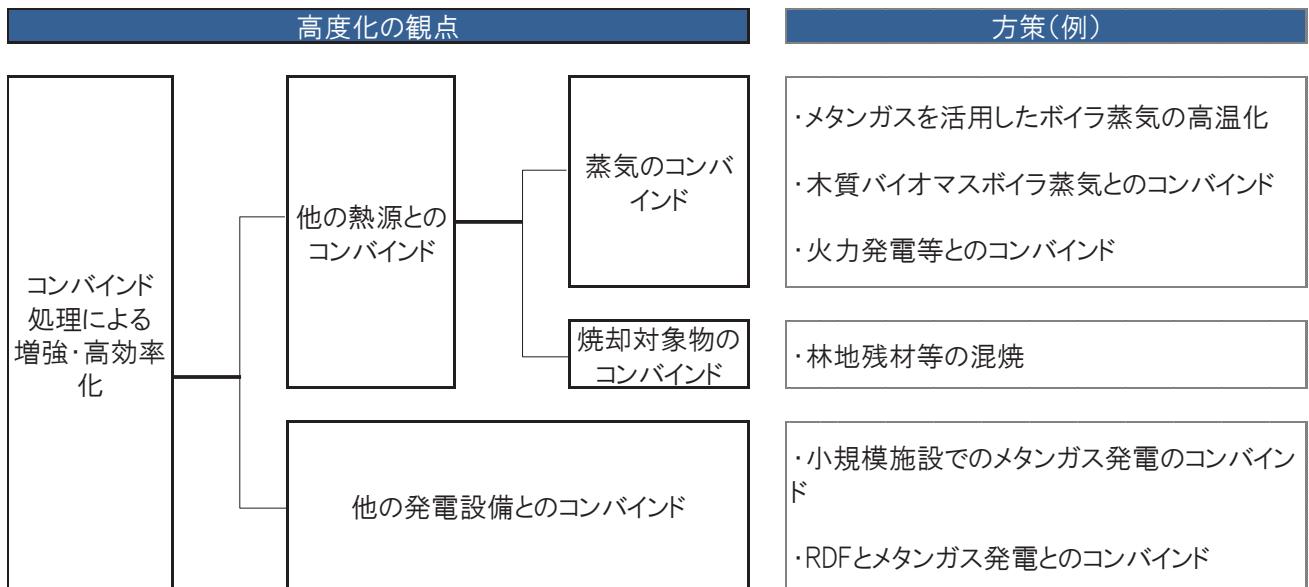
1. 廃棄物発電の増強方策に係る実証

(1) コンバインド処理の考え方

廃棄物発電の増強方策として、個々の施設の設備改良等による発電効率向上のほか、処理工程に他の熱源を導入したり、他の発電設備を併設したりすることにより、全体として、より効率的に発電増強を目指す方策があり、コンバインドシステムと総称される。

コンバインドする他の熱源等としては、メタン発酵によるバイオガスや木質バイオマス発電等が挙げられ、国内の事例も踏まえたバリエーションは図Ⅱ-1-(1)-1及び表Ⅱ-1-(1)-1のとおり整理される。

なお、他の熱源とのコンバインドについては、コンバインド効果による発電量の増強が主題となるが、焼却対象物のコンバインドでは、入熱の増加による発電増強効果であるのに対し、蒸気のコンバインドは蒸気の高温化によって発電量の増強と併せて発電効率の向上も期待される選択肢といえる。



図Ⅱ-1-(1)-1 コンバインドシステムによる発電増強方策の体系

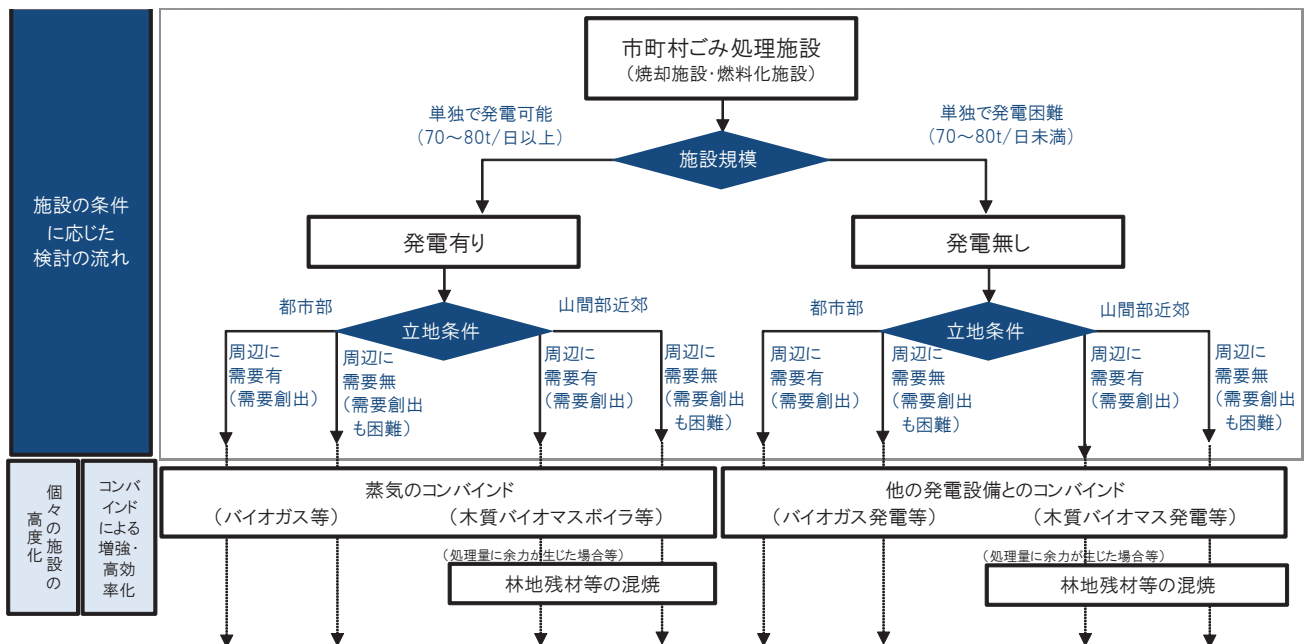
表 II-1-(1)-1 コンバインド処理例

メタン発酵との コンバインド処理	<p>・一つの施設で焼却炉とメタン発酵層を整備し、各々で発電を行う。生ごみ等のバイオマス分からバイオガスを回収し発電することにより、焼却のみの場合と比べて、発電量の増強を図る。</p>	<p>・分別収集された家庭ごみ等について、生ごみとその他を別組織で処理する。生ごみはメタン発酵処理、その他は焼却処理を行い、各々で発電を行う。</p>
	バイオマスとの コンバインド処理	<p>・選別した生ごみ等からバイオガスを回収し、焼却施設の独立過熱器に導入することで、蒸気温度を上昇させ、発電効率を上げる。</p>
バイオマスとの コンバインド処理		<p>・木質バイオマスボイラからの蒸気を焼却施設とコンバインドし、蒸気量を上げて高効率発電を図る。</p>

これらのコンバインドシステムをどのように選択するかについて、施設の置かれた条件によって考え方が異なると考えられる。

木質バイオマス系とのコンバインドについては、運搬効率の観点からできるだけ近隣に原料となる山林が存在することが望ましく、バイオガス発電等の他の発電設備とのコンバインドは、単独での発電が困難な場合に特に有効となる。また、既存の発電施設等がある場合は、そこに隣接、連携することでコンバインドによる発電増強を図ることも考えられる。さらに、他の焼却施設との統合・広域化等による発電増強が図りにくい場合にも、他の熱源とのコンバインドという選択肢は有効性が高まるといえる。

施設の条件に応じたコンバインドシステムの選択の考え方について図Ⅱ-1-(1)-2 のとおり整理した。



図Ⅱ-1-(1)-2 コンバインドシステムによる発電増強方策の選択の考え方

次項では、これらのコンバインドシステムのうち、先行的に実施している事例を3例取り上げ、実稼働実績等を踏まえた発電増強効果を検証した。

(2) 実証調査概要

1) 調査内容

コンバインド処理（焼却とメタン発酵の併設、焼却と木質バイオマス等の熱源の併設など）による廃棄物発電の増強方策について、実際の廃棄物処理施設における運転データ等から、その効果进行评估・検証した。

評価・検証する増強方策は、検討会の助言を得て次項2)の3件を選定した。

2) 調査対象施設

調査対象施設を表Ⅱ-1-(2)-1に示す。

表Ⅱ-1-(2)-1 調査対象施設と実証概要

	バイオガスを熱源とした独立過熱器によるボイラ蒸気の高温化	小規模施設における焼却+バイオガス発電	林地残材の混焼
施設名	A市クリーンセンター	Bクリーンセンター	C市施設
施設規模	ストーカ炉 150t/日 (2炉) メタン発酵 51.5t/日 (2系列)	ストーカ炉 43t/日 (1炉) メタン発酵 36t/日 (1系列)	ストーカ炉 340t/日 (2炉)
発電能力	蒸気タービン 3,600kW	ガスエンジン 191kW×2基	蒸気タービン 7,000kW
増強策の概要	ごみ焼却ボイラで得られる蒸気を4MPa×365℃に抑え、メタンガスを燃料とする独立過熱器で4MPa×415℃まで過熱することで高効率発電を達成し、かつ、ボイラの高圧腐食を低減する。	分別収集することなく搬入されたごみを機械選別装置でメタン発酵に適したごみと焼却に適したごみに分別して各々処理し、回収したメタンガスにより発電を行う。	林地残材混焼によるバイオマス発電を試験的に実施。放置されている林地残材を破碎・運搬し、焼却施設でごみとともに焼却することで、電力や熱を生み出す。
増強効果 (既存値)	発電効率 (試運転時) コンバインド時: 23.6% 焼却単独時: 21%	バイオガス回収量 187 m ³ N/t 3,288 m ³ N/日 熱利用率 424kWh/t	混焼有無の比較データなし

(3) 調査結果

1) バイオガスを熱源とした独立過熱器によるボイラ蒸気の高温化

①施設概要

A市クリーンセンターは、選別施設、バイオガス化施設、ごみ焼却施設、リサイクル施設を組み合わせたごみ処理複合施設である。

選別施設において可燃ごみから選別された厨芥類などのごみは、下水・し尿汚泥とともにバイオガス化施設で高温乾式メタン発酵処理する。そこで回収したメタンガスは、ごみ焼却施設において可燃ごみやメタン発酵残渣の焼却時に回収した蒸気の過熱に利用され、高効率な廃棄物発電を行う。これにより、本施設は、焼却施設規模 150t/日 (75t/日×2系列) 及びバイオガス化施設で、最大発電量 3,600kW、発電効率 23.5% (基準ごみ時) という優れた発電効率を得られる。

表 II-1-(3)-1 施設概要

1. 処理方式	メタン発酵+ストーカー炉	6. 排ガス処理	
2. 施設規模	発酵：25.75 (t/日) ×2 系列 焼却：75 (t/日) ×2 系列	1) HCl・SO _x 除去	
3. 竣工年月	2014年3月	①処理方式	乾式
4. 公害防止条件 (乾ガス基準、O ₂ =12%換算値)	1) ばいじん	②使用薬品	消石灰+活性炭
	2) HCl	③設計温度	入口 170℃
	2) SO _x	2) NO _x 除去	
	3) NO _x	①処理方式	無触媒脱硝方式
	4) ダイオキシン類	②使用薬品	尿素水
5. 発電システム	1) ボイラ設備	③設計温度	—
		①蒸気条件	4.0MPaG×365℃
		②最大蒸発量	10.9t/h (1炉当たり)
		③出口排ガス温度	170℃
	2) 蒸気タービン	④ボイラ給水温度	130℃
		①形式	抽気復水タービン
		②定格出力	3,600kW
		③抽気段数	1段
		④復水器	空冷
		⑤設計排気圧	-85.1kPaG
7. 排ガス循環	あり		
8. 白煙防止条件	なし		
9. 排水処理			
1) プラント排水	再利用、下水道へ放流		
2) 生活排水	下水道へ放流		
10. 発電効率	23.5% (基準ごみ時)		
【バイオガス化施設の概要】	<ul style="list-style-type: none"> ・選別施設：破砕機、磁選機、選別施設 (焼却施設内設置) ・バイオガス化施設能力 (高効率原燃料回収施設)：25.75 t / 日×2 槽 内訳：選別ごみ 34.4 t / 日 + 汚泥 17.1 t / 日 = 51.5 t / 日 ・メタン発酵方式：乾式・高温 ・発酵槽形式：横型 		
	11. その他	1) 独立過熱器 ①蒸気条件 4.0MPaG×415℃ (基準ごみ時) 4.0MPaG×405℃ (高質ごみ時)	

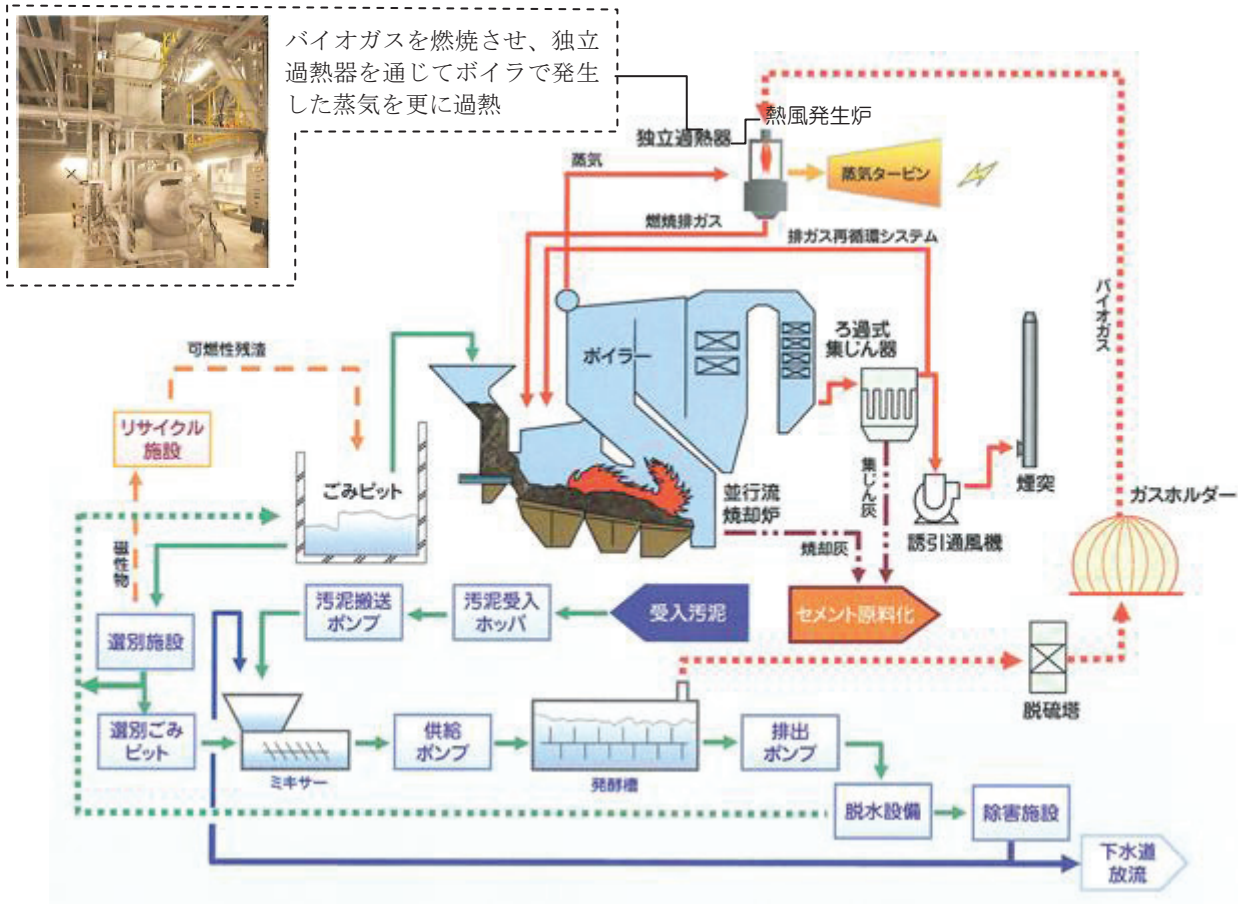


図 II-1-(3)-1 バイオガス化施設とごみ焼却施設とのコンバインドによる処理フロー
(A市クリーンセンター)

②発電増強方策の概要

ごみ焼却ボイラで得られる蒸気を4MPa×365℃に抑え、メタンガスを燃料とする独立過熱器で4MPa×415℃（基準ごみ時）まで過熱することで高効率発電を達成しながらも、ボイラの高温度腐食を低減することができ、経済性に優れたシステムとなっている。ⁱ

③発電増強方策の考え方

搬入ごみを発酵に適したごみとそうでないごみに選別し、発酵に適したごみはバイオガス化し、発酵に適さないごみの焼却排熱ボイラ蒸気の過熱熱源として利用することで、全量焼却による発電と比較して高い発電効率を実現する。

図 II-1-(3)-2に示す熱風発生炉定格運転域では、熱風発生炉ガス流量100m³N/h 程度の燃焼において、ボイラ出口蒸気温度365℃から独立過熱器で高質ごみ時の定格である405℃まで主蒸気温度を安定して過熱できていることがわかる。

ⁱ 「エネルギー回収型廃棄物処理施設整備マニュアル、平成26年3月、環境省廃棄物対策課」においてもバイオガス利用方法として示されている。

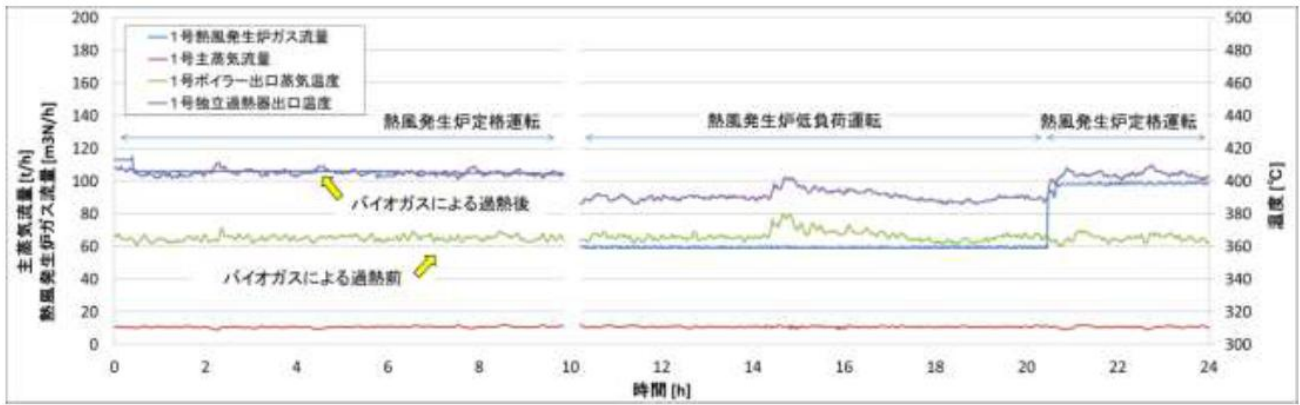


図 II-1-(3)-2 バイオガス過熱前後の熱風発生炉の運転状況

(第 25 回廃棄物資源循環学会研究発表会発表より)

④発電増強内容

実証の対象技術となる A 市クリーンセンターの設備仕様と、従来設計による設備仕様との比較を表 II-1-(3)-2 に示す。

比較対象となる従来設計には、焼却+ガスエンジンと、全量焼却の 2 種類を設定した。

焼却+ガスエンジンでは、発酵系で生成したバイオガスをガスエンジンによる発電に活用する場合であり、ガスエンジンの導入と、発酵槽の保温にはガスエンジンの排熱を利用することのほかは、対象技術とほぼ同様の仕様である。

一方の全量焼却の場合は、対象技術の処理対象ごみを全量焼却し、発電する場合を想定した。従来発酵に回っていた選別ごみや、隣接する下水処理施設、し尿処理施設からの脱水汚泥を受け入れることを想定し、施設規模を 190t/日とした。タービン出力は、対象技術よりもタービン入口蒸気が低温となることを考慮し、3,200kW と設定した。

表 II-1-(3)-2 設備仕様の比較

項目	単位 (記入例)	対象技術		従来設計(試算)			
		バイオガスを熱源とする独立過熱器によるボイラ蒸気の高温化		焼却+ガスエンジン		全量焼却	
		焼却系	発酵系	焼却系	発酵系		
燃焼設備	処理能力	t/日	150	—	(対象技術と同じ)	—	190
ボイラ設備	燃焼温度	°C	850°C以上	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)
	①蒸気条件(圧力)	MPaG	4.0	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)
	(温度)	°C	365	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)
	②最大蒸気量	t/h(1炉あたり)	10.9	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)
発酵設備	③出口排ガス温度	°C	170	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)
	①設備種類	(乾式、湿式)	—	乾式	—	(対象技術と同じ)	—
	②形式	(縦型、横型)	—	横型	—	(対象技術と同じ)	—
	③処理能力	t/日	—	25.75t/日×2槽	—	(対象技術と同じ)	—
	④槽の加温方法	(焼却排熱、ガスエンジンコージェネ、別置ボイラ)	—	余剰ガス燃焼ボイラ	—	ガスエンジンコージェネ	—
独立過熱器	⑤メタンガス回収率	Nm ³ dry-CH ₄ 50%/t	—	150以上	—	(対象技術と同じ)	—
	⑤メタンガス回収量	Nm ³ dry-CH ₄ 50%/日	—	3,000以上	—	(対象技術と同じ)	—
発電設備	①蒸気条件(圧力)	MPaG	4.0	4.0	—	4.0	
発電設備	蒸気条件	(温度)	°C	415	365	—	365
	①設備種類	(背圧、抽気復水)	蒸気タービン	(対象技術と同じ)	ガスエンジン	(対象技術と同じ)	
	②形式	(背圧、抽気復水)	抽気復水式	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)	
	③定格出力	kW	3,600	3,100	540	3,200	
排ガス処理	④設計排気圧	kPaG	-85.1	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)
	①処理方式	(湿式、乾式)	乾式	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)
	②使用薬品	(消石灰、苛性ソーダ等)	消石灰+活性炭	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)
	③設計温度	°C	170(入口)	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)
排ガス処理	①処理方式	(触媒、無触媒、燃焼制御)	無触媒脱硝	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)
	②使用薬品	(アンモニア、尿素)	尿素水	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)
	③設計温度	°C	—	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)
排ガス循環	有無	有	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)	
白煙防止	有無(有の場合含°C、%)	無	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)	
排水処理	プラント排水	(クローズド、再利用)	再利用、下水放流	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)	
	洗煙排水	用、下水放流、公共	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)	
	生活排水	用水域放流)	下水放流	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)	

⑤発電量・送電量・発電効率

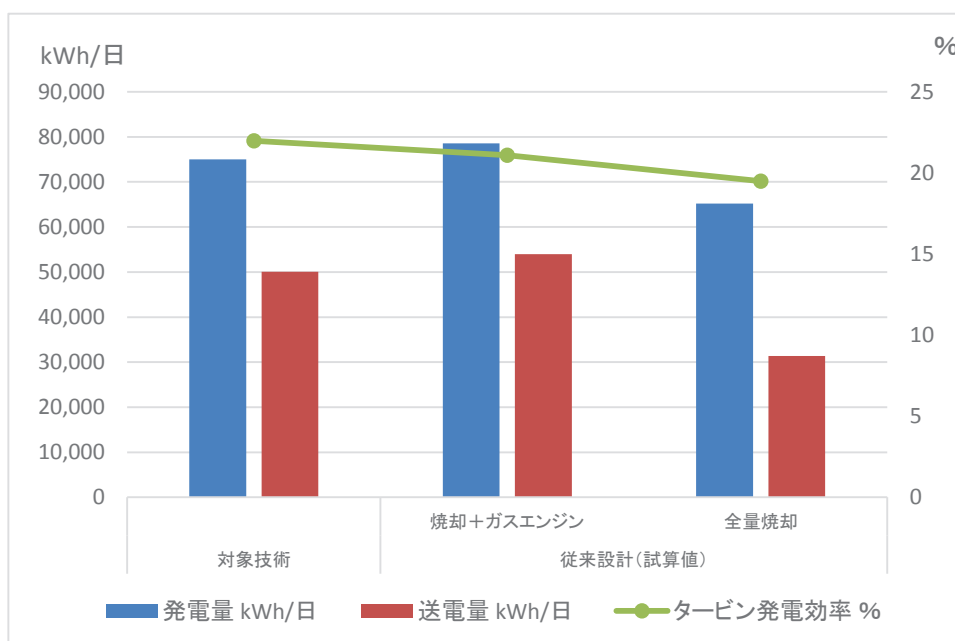
A市クリーンセンターの発電量・送電量・発電効率実績値と、従来設計による試算値との比較を図Ⅱ-1-(3)-3に示す。

なお、従来設計での試算にあたっては、焼却+ガスエンジンでは、実績ごみ質の焼却ごみを処理した場合の独立過熱なしのタービン発電効率（21%）による発電量と、実績バイオガス量に基づくガスエンジンでの発電量を合計した。全量焼却では、隣接する下水処理施設、し尿処理施設からの汚泥受け入れによりごみ質が低下した焼却ごみを処理した場合の発電量を試算した。

A市クリーンセンターの平成26年度実績における1日の定格処理時の発電量は75,000kWh/日、所内消費及び付帯施設への電力供給量を除いた外部送電量は50,000kWh/日、発電効率は22%であった。

これに対し、従来設計である焼却+ガスエンジンでは、バイオガスを利用したボイラ蒸気の独立過熱がないことにより対象技術よりもタービン発電効率が低下する一方で、ガスエンジンによる発電量増加の影響により、発電量、送電量ともに対象技術を上回ると試算された。

従来設計の全量焼却では、バイオガスを利用したボイラ蒸気の独立過熱がないことによるタービン発電効率の低下に加えて、隣接する下水処理施設、し尿処理施設からの脱水汚泥（処理量全体の1割程度）の受入焼却によるごみ質の低下の影響により、発電量、送電量ともに対象技術を大きく下回る試算となった。



図Ⅱ-1-(3)-3 発電量・送電量・発電効率

⑥実運転データ

A市クリーンセンターの実運転データ（平成26年度実績）から、1日の定格処理時ごみ処理量、低位発熱量、発電量、送電量、発電効率、蒸発量、排ガス濃度、バイオガス発生量、ボイラ蒸気出口温度、独立過熱器出口温度の実績値を図Ⅱ-1-(3)-4～図Ⅱ-1-(3)-7に示す。

焼却量 139t/日、低位発熱量は 1 時間当たり 8,000~11,000kJ/kg 程度の範囲で推移している。これに対し、ボイラ蒸気は 16~17 t 程度で安定しており、排ガス濃度も基準値の半分以下の値で管理されている。

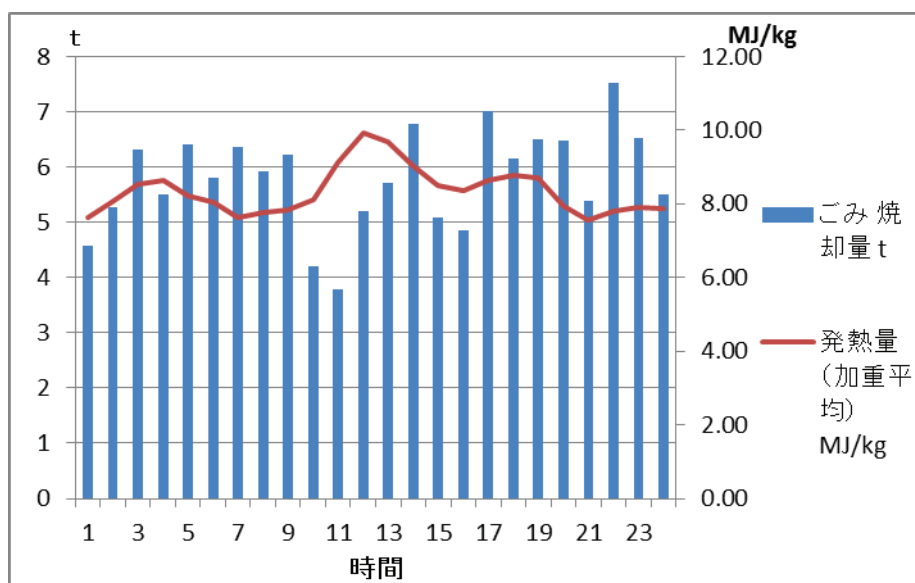


図 II-1-(3)-4 焼却処理量・発熱量（実績）

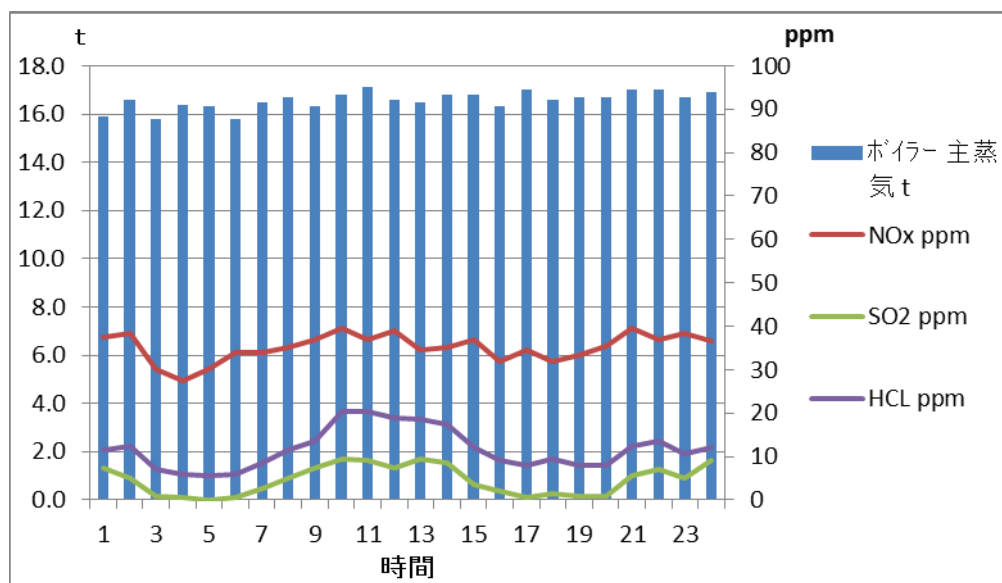


図 II-1-(3)-5 ボイラ主蒸気量・排ガス濃度（実績）

バイオガスの流量は、200~230m³N/h 程度で安定しており、このバイオガスを利用した独立過熱器の運転により、ボイラ蒸気は 365℃前後から 400℃程度まで高温化されている。

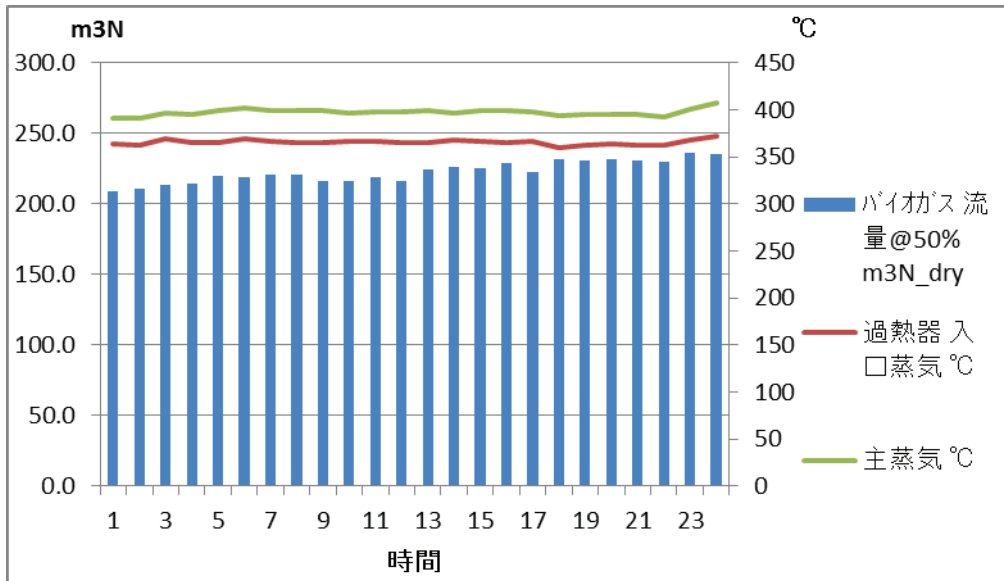


図 II-1-(3)-6 バイオガス流量・蒸気温度

ボイラ蒸気の高温化により、発電端効率は 22%程度、所内消費及び付帯施設への送電電力量を除いた送電端でも 15%前後の効率を維持している。

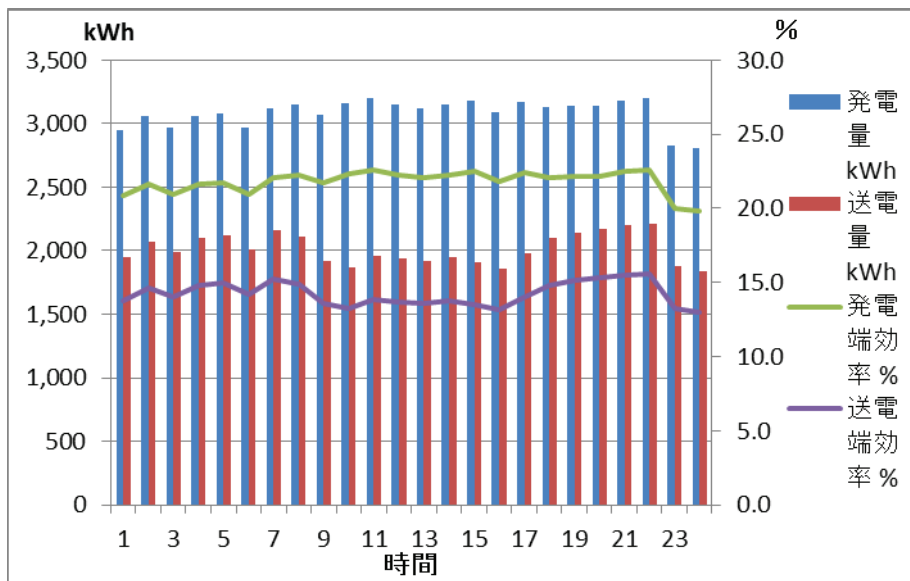


図 II-1-(3)-7 発電量・発電効率、送電量・送電端効率

⑦経済性評価

発電増強方策の導入に伴う経済性評価（従来設計との比較）を表 II-1-(3)-3 に示す。

焼却+ガスエンジンとの比較では、ガスエンジンの整備及び維持管理が不要となる分、施設整備コスト及び維持管理コストが減少する一方、売電収入が減少することにより、経済的メリットは 20 年間の運営でほぼ同等と試算された。ただし、今回の評価には含めていないが、本技術のよう

なバイオガスを熱源とする独立過熱器によるボイラ蒸気の高温化は、ボイラ出口蒸気を低めに抑えつつ、独立過熱器により高温化することにより、ボイラの高温腐食を抑制することが期待される。

全量焼却との比較では、対象技術におけるバイオガス化施設の導入コストを、全量焼却における焼却施設の整備コスト増（150t/日→190t/日）が上回り、施設整備コストは減と試算された。さらに、年間の維持管理コスト増を売電収入増が上回ったため、経済的メリットが大きい結果となった。A市のような下水処理施設、し尿処理施設からの汚泥を受け入れる場合は、バイオガス化施設のメリットが大きいといえる。

表Ⅱ-1-(3)-3 経済性評価

(バイオガスを熱源とする独立過熱器によるボイラ蒸気の高温化と従来設計との比較試算)

項目		単位	焼却+ガスエンジンとの比較
増強方策導入に伴う費用	施設整備費(A) 注1)	億円	-4.8
	維持管理費(B) 注2)	億円/年	-0.4
増強方策導入に伴う収入	売電収入(C) 注3)	億円/年	-0.6
経済的負担減少額(D) 注4)		億円/20年	12
経済的負担増加額(E) 注5)		億円/20年	12
経済的メリットα : (D)/(E)			1.0
投資回収年数 (A)/[(C)-(B)] 注6)			-
項目		単位	全量焼却との比較 注7)
増強方策導入に伴う費用	施設整備費(A) 注1)	億円	-10.7
	維持管理費(B) 注2)	億円/年	0.2
増強方策導入に伴う収入	売電収入(C) 注3)	億円/年	0.9
経済的負担減少額(D) 注4)		億円/20年	29
経済的負担増加額(E) 注5)		億円/20年	3
経済的メリットα : (D)/(E)			9.5
投資回収年数 (A)/[(C)-(B)] 注6)			-

注1)市町村負担分

注2)用役費、人件費、維持補修費等

注3)売電単価は、バイオマス比率及びバイオガス利用熱量を考慮し、対象技術：15.1円/kWh、ごみ焼却：14円、バイオガスによるガスエンジン：39円と設定。

注4)施設整備コスト、ランニングコストのうち、対象技術の導入によって経済的負担が減少する(収入増含む)項目の合計

注5)施設整備コスト、ランニングコストのうち、対象技術の導入によって経済的負担が増加する(収入減含む)項目の合計

注6)投資額(施設整備コスト)がマイナスの場合は「-」と表示

注7)実際には混焼汚泥の割合に応じた条件整理、設備面への配慮が追加的に必要。

<ボイラ高温腐食抑制による維持管理コストの削減効果について>

ボイラ水管の管壁温度と腐食速度の関係は、図Ⅱ-1-(3)-8のとおりとされている。ii

2000年以前に建設された施設では、水管に付着する灰の溶融等に起因する過熱器の高温腐食を避けるため、蒸気条件を圧力：3MPaG以下、温度：300℃以下で設計されることがほとんどであった。しかし、2000年以降は、ボイラ構造の最適化や高温高压ボイラ用過熱器材料の開発により、圧力：4MPaG、温度：400℃クラスの蒸気条件を採用する例が増加している。3MPaG×300℃ク

ii 高効率ごみ発電施設整備マニュアル P.31～32 より

ラスのボイラでは過熱器を長期使用できるが、4MPaG×400°Cクラスでは、一定期間の使用で過熱器の交換が必要になるため、過熱器交換コストと発電効率向上効果を総合的に勘案して、蒸気条件等を決定することが望ましいとされている。

A 市クリーンセンターにおけるバイオガスを熱源とする独立過熱器によるボイラ蒸気の高温化は、こうした点を踏まえ、ボイラ出口蒸気を 365°C に抑えつつ、独立過熱器により 415°C（基準ごみ時）まで上げることで、ボイラの高温腐食を抑制することが期待される。

ボイラ高温腐食の抑制効果（交換コストの削減）について、今後の運営実績から検証していくことが望まれる。

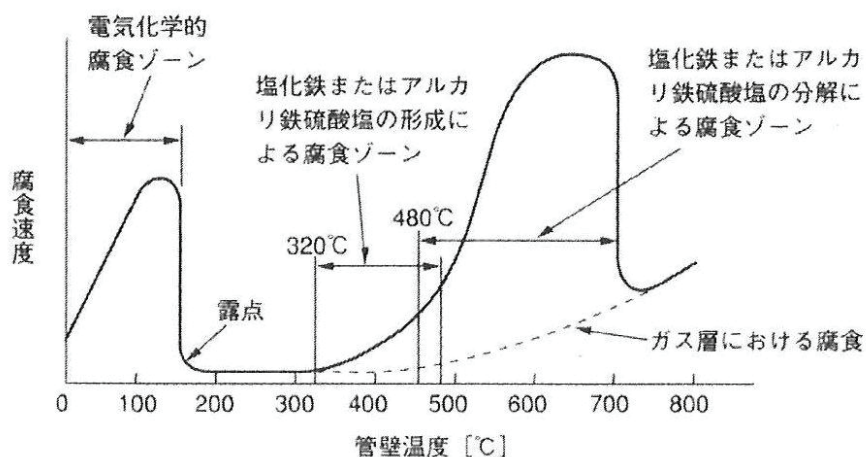


図 II-1-(3)-8 ボイラ水管の管壁温度と腐食速度の関係

(高効率ごみ発電施設整備マニュアル P. 31 より)

⑧CO₂削減量

バイオガスを熱源とする独立過熱器によるボイラ蒸気の高温化を行った場合の CO₂ 排出量と、従来設計時の CO₂ 排出量との比較評価を表 II-1-(3)-4 に示す。

焼却+ガスエンジンと比較した場合、送電量が若干低下することにより、CO₂ 削減量も若干小さくなると試算された。全量焼却と比較した場合は、送電量が増加することにより、CO₂ 削減量も大きくなると試算された。

表Ⅱ-1-(3)-4 CO₂削減量

(バイオガスを熱源とする独立過熱器によるボイラ蒸気の高温化と従来設計との比較試算)

項目	単位	対象技術 (実績)	従来設計(試算値)		備考
			焼却+ガスエンジン	全量焼却	
① ごみ処理量(焼却)	t/日	137	137	169	
② ごみ処理量(発酵)	t/日	32	32	0	
③ 発電電力量	kWh/日	75,040	78,575	65,187	
④ 売電電力量	kWh/日	50,038	54,006	31,407	
⑤ 買電電力量	kWh/日	0	0	0	
⑥ 電力使用に係るCO ₂ 排出係数	t-CO ₂ /kWh	0.000579	0.000579	0.000579	代替値
⑦ 燃料使用量	kL/日	0	0	0	
⑧ 燃料使用量(立上り時)	kL/回・炉	4	4	5	
⑨ 年間立上り回数	回・炉/年	6	6	6	設定
⑩ 燃料使用に係るCO ₂ 排出係数	t-CO ₂ /kL	2.71	2.71	2.71	A重油
⑪ 熱利用量	GJ/日	0	0	0	
⑫ 熱利用に係るCO ₂ 排出係数	t-CO ₂ /GJ	0.057	0.057	0.057	蒸気、温水、冷水
⑬ 年間稼働日数	日/年	280	280	280	設定
⑭ CO ₂ 排出量 {(⑤×⑥+⑦×⑩-④×⑥-⑪× ⑫)×⑬+⑧×⑨×⑩} / {(①+ ②)×⑬}	t-CO ₂ /ごみt	-0.17	-0.18	-0.11	
⑮ CO ₂ 削減率 (対象技術/焼却+ガスエンジン)	%	-7	—	—	
(対象技術/全量焼却)	%	61			

コンバインド方式の選択（独立過熱器を通したボイラ蒸気の高温化又はガスエンジンによるメタンガス発電）については、各々に特徴があることから、導入する市町村等で個別に検討し判断することが重要である。

⑨他施設への適用可能性

他施設への適用にあたっての留意点として、以下の事項が挙げられる。

- ・発酵槽等の設置面積の確保が必要である。

A 市クリーンセンターでは、建屋内に機械選別装置等を設置するとともに、発酵槽 2 系列及びびガスホルダーを建屋外に設置している。

- ・排水処理策の確保が必要である。

発酵残渣の脱水後に排水が発生するため、その処理策の確保が必要である。

A 市クリーンセンターでは、プラント排水の下水道放流が可能となっており、発酵残渣の脱水後の排水は、場内再利用するもの以外は放流基準値を満足するよう処理した後に下水道放流されている。下水道放流が困難な場合は、別途再生利用のための高度処理といった排水処理設備を設ける必要がある。

- ・対象ごみに応じた発酵ごみの選別方策が必要である。

焼却とメタン発酵とのコンバインド処理を行う場合、メタン発酵に適したごみを選別する必要がある。

A 市クリーンセンターでは、未分別で収集された搬入ごみを、機械式選別装置（振動スクリーン）を通すことにより発酵ごみの選別を行っている。収集形態や対象ごみの状況に合わせて、適切な選別方策を選択する必要がある。

2) 小規模施設における焼却+バイオガス発電

①施設概要

B クリーンセンターは、高効率原燃料回収施設（バイオガス化+焼却）とリサイクルセンターからなる一般廃棄物処理施設である。

機械選別により収集ごみ等から選別された厨芥類や紙類は、バイオガス化施設で高温乾式メタン発酵処理を行う。そこで回収したメタンガスは、ガスエンジン発電機により電力へ変換され、高効率の廃棄物発電を実現する。発酵に適さないごみは焼却処理を行うが、ピット容量を大きめにして焼却炉を1系列とし、効率的な施設稼働を行うことで、小規模でも効率的なエネルギー回収・発電施設となっている。

表 II-1-(3)-5 施設概要

1. 処理方式	メタン発酵+ストーカ炉	6. 排ガス処理		
2. 施設規模	発酵： 36 (t/日) ×1 系列 焼却： 43 (t/日) ×1 系列	1) HCl・SO _x 除去		
3. 竣工年月	2013 年 5 月	①処理方式	乾式	
4. 公害防止条件（乾ガス基準、O ₂ =12%換算値）	1) ばいじん	0.04g/m ³ N	②使用薬品	消石灰+助剤
	2) HCl	200 ppm	③設計温度	入口 185℃
	3) SO _x	K 値 1.75 未満	2) NO _x 除去	
	4) NO _x	150 ppm	①処理方式	無触媒脱硝+燃焼制御方式
	5) ダイオキシン類	0.05ng-TEQ/m ³ N	②使用薬品	尿素
	6) CO	30ppm	7. 排ガス循環	なし
	5. 発電システム		8. 白煙防止条件	目標 0℃×50%
1) ガス発電機		9. 排水処理		
①形式	ガスエンジン発電機	1) プラント排水	無放流	
②出力	191kW×2 基	2) 生活排水	無放流	
		10. エネルギー回収効率		
		メタン回収ガス発生率	150m ³ N/ t	
		メタン回収ガス発生量	3,000m ³ N/日	
		11. その他		
		余熱利用	施設内給湯、ロードヒーティング	
【メタン発酵施設の概要】				
・選別施設：回転ブレード式破碎選別				
・バイオガス化施設能力（高効率原燃料回収施設）：36 t / 日×1 系列				
・メタン発酵方式：乾式・高温				
・発酵槽形式：横型				

表Ⅱ-1-(3)-6 設備仕様の比較

項目		単位 (記入例)	対象技術		従来設計(仮定)	
			焼却+ガスエンジン		全量焼却	
			焼却系	発酵系		
設備条件	燃焼設備	処理能力	t/日	43	—	50
		炉数	t/日×炉	43t/日×1炉	—	25t/日×2炉
	ボイラ設備	①蒸気条件(圧力)	MPaG	—	—	—
		(温度)	°C	—	—	—
		②最大蒸発量	t/h(1炉あたり)	—	—	—
		③出口排ガス温度	°C	—	—	—
	発酵設備	①設備種類	(乾式、湿式)	—	乾式	—
		②形式	(縦型、横型)	—	横型	—
		③処理能力	t/日	—	36	—
		④槽の加温方法	(焼却排熱、ガスエンジンコジェネ、別置ボイラ)	—	ガスエンジンコジェネ	—
		⑤メタンガス回収率	Nm ³ dry-CH ₄ 50%/t	—	150以上	—
		⑤メタンガス回収量	Nm ³ dry-CH ₄ 50%/日	—	3000以上	—
	発電設備	①設備種類		—	ガスエンジン	—
		③定格出力	kW	—	191kW×2基	—
	排ガス処理 (HCl、SO _x 除去)	①処理方式	(湿式、乾式)	乾式	—	(対象技術と同じ)
		②使用薬品	(消石灰、苛性ソーダ等)	消石灰+助剤	—	(対象技術と同じ)
		③設計温度	°C	入口185°C	—	(対象技術と同じ)
	排ガス処理 (NO _x 除去)	①処理方式	(触媒、無触媒、燃焼制御)	無触媒脱硝+燃焼制御	—	(対象技術と同じ)
		②使用薬品	(アンモニア、尿素)	尿素	—	(対象技術と同じ)
	排ガス循環		有無	無	—	(対象技術と同じ)
白煙防止		有無(有の場合°C、%)	有 (0°C×50%)	—	(対象技術と同じ)	
排水処理	プラント排水	(クローズド、再利用、下水放流、公共用水域放流)	無放流	無放流	(対象技術と同じ)	
	生活排水		無放流	—	(対象技術と同じ)	

⑤発電量・送電量・熱利用量

B クリーンセンターの処理量当たりのバイオガス回収量は 190m³N/t、1 日当たりでは 3,149m³N/日 (いずれも平成 26 年度実績) であり、高効率原燃料回収施設の要件を満足して運転されている。また、バイオガスによる熱利用率は 413kWh/t (平成 26 年度実績) であり、メタンガス化施設の熱利用率条件を上回っている。

B クリーンセンターにおける発電量及び送電量実績と、従来設計との比較を図Ⅱ-1-(3)-10 に示す。

B クリーンセンターのような単独では発電が困難な小規模施設においても、バイオガス化設備を導入することにより、発電及び送電量を確保することが可能となっている。

熱利用量については、B クリーンセンターでは所内給湯の他、冬場のロードヒーティング等利用されているが、利用量が把握されていないため、グラフ上ではイメージを示した。従来設計の全量焼却においても、焼却量はやや増加するものの、同じ水噴霧式の排ガス冷却処理を想定した場合、熱利用量はほぼ同等であり、バイオガス化設備とのコンバインドによって発電のみがプラスされるかたちとなる。

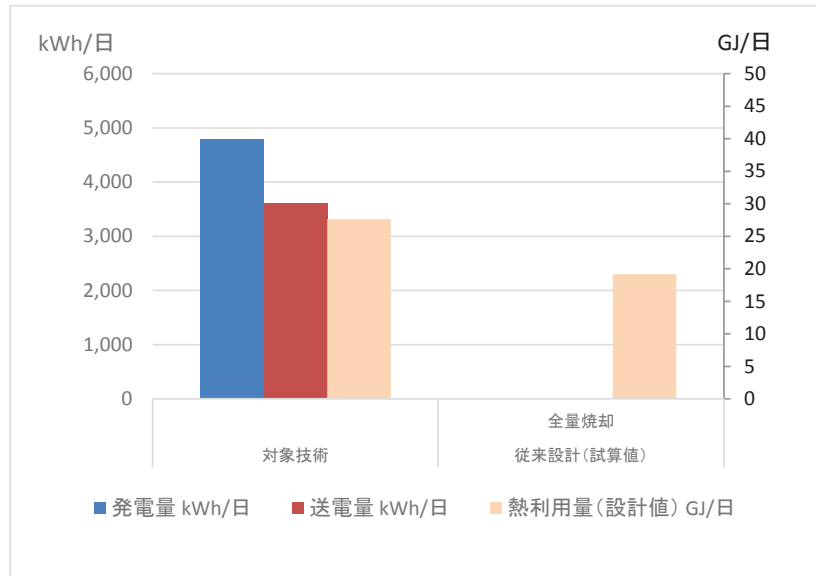


図 II-1-(3)-10 発電量・送電量・熱利用量の比較

⑥実運転データ

B クリーンセンターの実運転データ（平成 26 年度実績）から、1 日のバイオガス利用量と、発電量、送電量の 1 時間値を図 II-1-(3)-11 に示す。

発酵槽への選別ごみの供給は、1 時間当たり 1t 程度が定常的に供給され、55℃に保温された発酵槽内で発酵が進むことにより、バイオガスを回収している。

バイオガス流量は、1 日を通してほぼ一定して回収されており、発電量が確保されている。

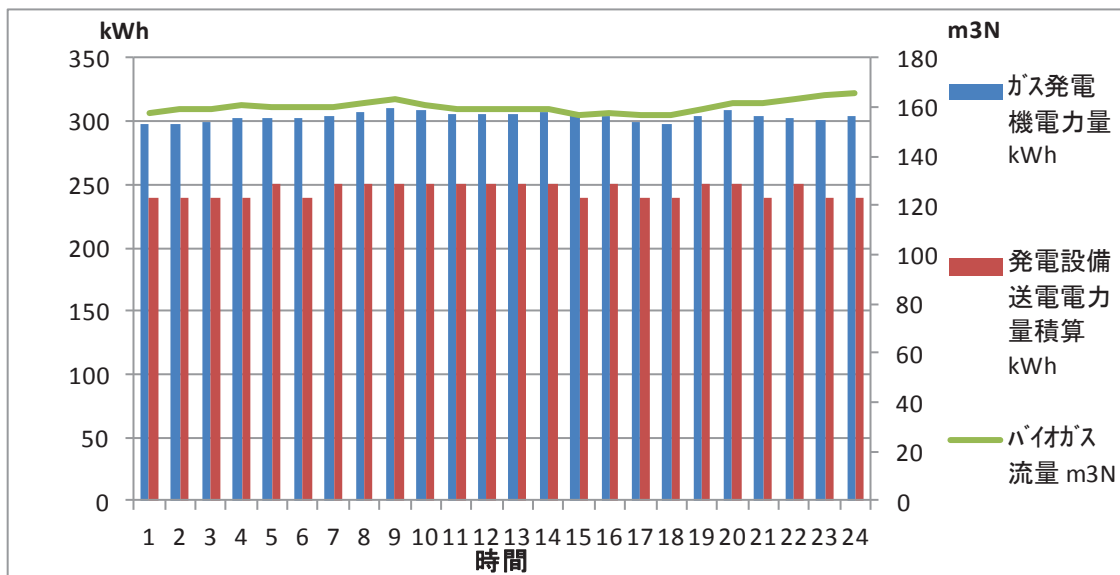


図 II-1-(3)-11 対象技術におけるバイオガス利用及び発電実績

⑦経済性評価

発電増強方策の導入に伴う経済性評価（従来設計との比較）を表 II-1-(3)-7 に示す。

施設整備コスト及び維持管理コストは、バイオガス化設備の導入により増加となる一方で、従来設計では得られなかった売電収入が確保できることにより、投資回収期間 12 年程度での方策導入が可能との試算が得られた。

表 II-1-(3)-7 経済性評価

(小規模施設における焼却+バイオガス発電と、従来設計(全量焼却)との比較試算)

項目		単位	全量焼却との比較
増強方策導入による費用	施設整備費(A) ^{注1)}	億円	4.1
	維持管理費(B) ^{注2)}	億円/年	0.2
増強方策導入による収入	売電収入(C) ^{注3)}	億円/年	0.6
経済的負担減少額(D) ^{注4)}		億円/20年	11
経済的負担増加額(E) ^{注5)}		億円/20年	9
経済的メリットα : (D)/(E)			1.3
投資回収年数 (A)/{(C)-(B)} ^{注6)}			12.4

注1)市町村負担分

注2)用役費、人件費、維持補修費等

注3)売電単価は、FIT価格39円/kWhと設定。

注4)施設整備コスト、ランニングコストのうち、対象技術の導入によって経済的負担が減少する(収入増含む)項目の合計

注5)施設整備コスト、ランニングコストのうち、対象技術の導入によって経済的負担が増加する(収入減含む)項目の合計

注6)投資額(施設整備コスト)がマイナスの場合は「-」と表示

⑦CO₂削減量

B クリーンセンターの平成 26 年度実績から、バイオガスを熱源とする独立過熱器によるボイラ蒸気の高温化を行った場合の CO₂ 排出量と、従来設計時の CO₂ 排出量との比較評価を表 II-1-(3)-8 に示す。従来設計の全量焼却と比較して、発電及び外部への送電を実現することによる CO₂ 削減効果が得られている。

表 II-1-(3)-8 CO₂削減量(小規模施設における焼却+バイオガス発電と従来設計との比較試算)

項目	単位	対象技術	従来設計(試算値)		備考
			全量焼却		
① ゴミ処理量(焼却)	t/日	32.7	38.5		
② ゴミ処理量(発酵)	t/日	32.9	0		
③ 発電電力量	kWh/日	4,790	0		
④ 売電電力量	kWh/日	3,600	0		
⑤ 買電電力量	kWh/日	10,120	11,915		
⑥ 電力使用に係るCO ₂ 排出係数	t-CO ₂ /kWh	0.000579	0.000579		代替値
⑦ 燃料使用量	kL/日	0.004	0.005		
⑧ 燃料使用量(立上下げ時)	kL/年	12.4	14.4		
⑨ 燃料使用に係るCO ₂ 排出係数	t-CO ₂ /kL	2.71	2.71		A重油
⑩ 熱利用量	GJ/日				不明
⑪ 熱利用に係るCO ₂ 排出係数	t-CO ₂ /GJ	0.057	0.057		蒸気、温水、冷水
⑫ 年間稼働日数	日/年	310	310		設定
⑬ CO ₂ 排出量 {(⑤×⑥+⑦×⑨-④×⑥-⑩×⑪) ×⑫+⑧×⑨}/{(①+②)×⑫}	t-CO ₂ /ゴミt	0.06	0.18		
⑭ CO ₂ 削減率 (対象技術/全量焼却)	%	68%	—		

⑨他施設への適用可能性

他施設への適用にあたっての留意点として、以下の事項が挙げられる。

- ・発酵槽等の設置面積の確保が必要である。

B クリーンセンターでは、建屋内に機械選別等を設置するとともに、建屋外に発酵槽 1 系列及びガスホルダーを設置している。

- ・排水処理策の確保が必要である。

発酵残渣の脱水後に排水が発生するため、その処理策の確保が必要である。

B クリーンセンターでは、焼却排ガスは水噴霧により冷却するため、発酵残渣の脱水後の排水は、一定の排水処理の後に場内再利用（メタン発酵投入物の水分調整、焼却排ガスの冷却）されている。施設の条件に応じて、下水道放流が可能な場合は処理後放流、場内再利用、下水道放流ともに困難な場合は、処理後に河川放流といった選択肢を検討する必要がある。

- ・対象ごみに応じた発酵ごみの選別方策が必要である。

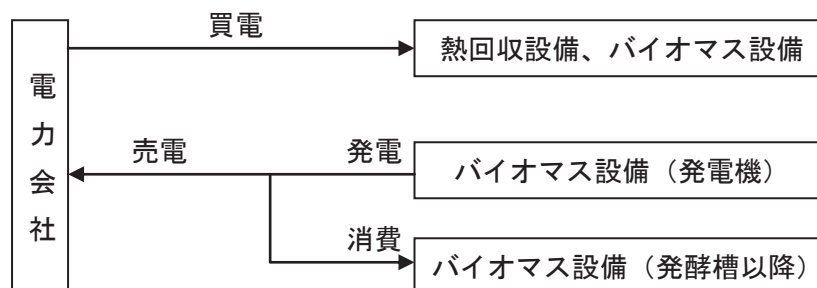
焼却とメタン発酵とのコンバインド処理を行う場合、メタン発酵に適したごみを選別する必要がある。

B クリーンセンターでは、未分別で収集された搬入ごみを、機械式選別装置（ブレードハンマー＋スクリーン）を通すことにより発酵ごみの選別を行っている。収集形態や対象ごみの状況に合わせて、適切な選別方策を選択する必要がある。

- ・バイオガス発電の特性を生かした経済性の確保

バイオガス発電を行ったとしても、所内消費量を全て賅った上で売電できる発電量が確保できるとは限らない。

B クリーンセンターでは、バイオガスによる発電量のみで、施設全体の消費電力量は賅えないため、系統からの受電点を 2 回線受電（図Ⅱ-1-(3)-12 参考）とし、発酵槽以降のバイオマス設備と、それ以外の焼却等設備とを区分している。これにより、発酵槽以降のバイオマス設備を FIT 認定対象とし、バイオガス発電量からバイオマス設備消費分を除く売電電力量を FIT 価格で売電することで、売電収入が焼却等設備での買電コストとほぼ同等となり、経済性を確保している。



図Ⅱ-1-(3)-12 システムとの受送電イメージ

3) 林地残材の混焼

①施設概要

C市施設は、平成24年3月に竣工した一般廃棄物処理施設であり、収集ごみ等のほか、隣接するし尿処理施設へ電力供給を行うほか、下水処理場からの下水汚泥を混焼処理している。

表 II-1-(3)-9 施設概要

1. 処理方式	ストーカ炉	6. 排ガス処理	
2. 施設規模	170 (t/日) × 2 系列	1) HCl・SO _x 除去	
3. 竣工年月	2012年3月	①処理方式 乾式	
4. 公害防止条件 (乾ガス基準、O ₂ =12%換算値)	1) ばいじん	0.008g/m ³ N	②使用薬品 消石灰+助剤+活性炭
	2) HCl	25 ppm	③設計温度
	3) SO _x	25 ppm	2) NO _x 除去
	4) NO _x	50 ppm	①処理方式 脱硝塔
	5) ダイオキシン類	0.05ng-TEQ/m ³ N	②使用薬品
5. 発電システム		7. 排ガス循環	
1) ボイラ設備		8. 白煙防止条件	
①蒸気条件	4.0MPaG × 400℃	9. 排水処理	
2) 蒸気タービン		1) プラント排水 炉内再利用	
①定格出力	7,000kW	2) 生活排水 場内再利用、下水放流	
		10. 発電効率 18.6%	
		11. その他	
		余熱利用 温浴施設、プール	

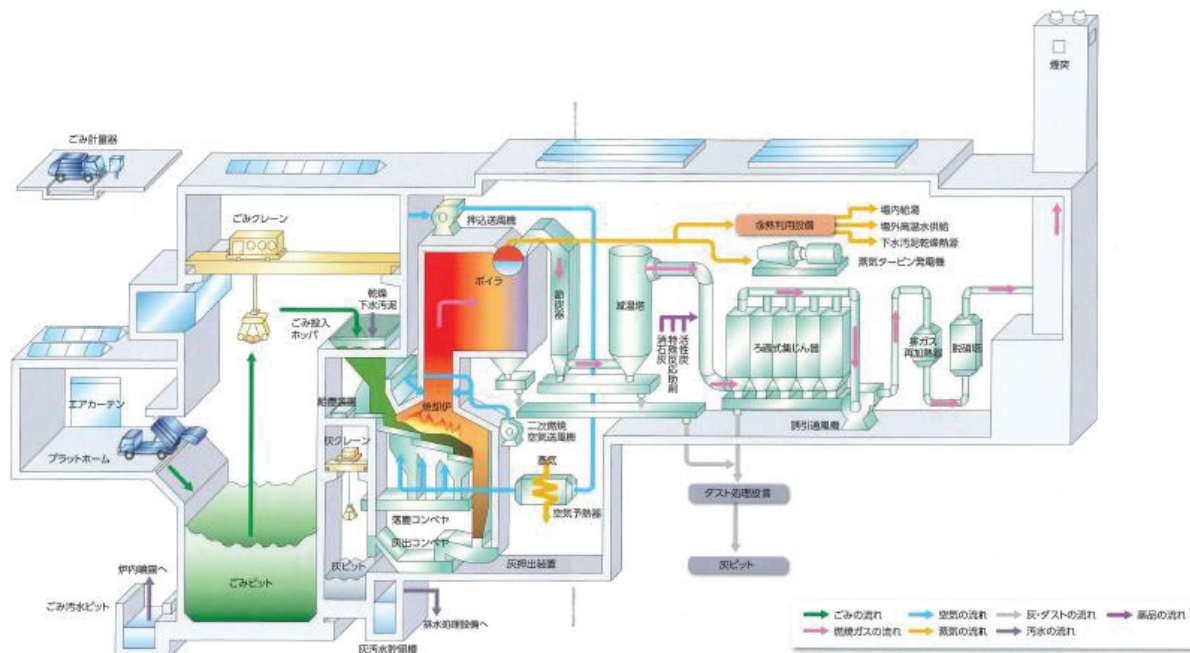
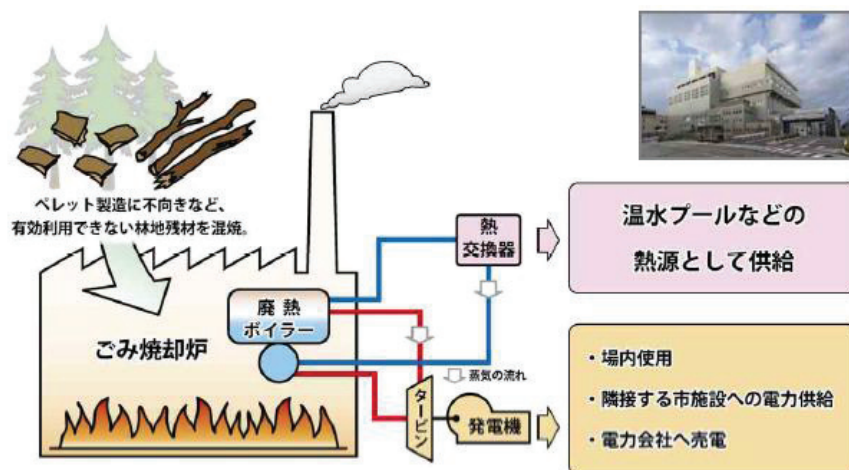


図 II-1-(3)-13 ごみ焼却処理フロー

②発電増強方策の概要

C市では、平成25年3月に「C市再生可能エネルギー導入プラン」を策定し、この中で、C市施設における林地残材の混焼による熱回収の向上をモデル事業の一つとして位置づけ、平成25年度から実証試験がスタートしている。



図Ⅱ-1-(3)-14 ごみ焼却施設における林地残材混焼
(C市再生可能エネルギー導入プランより)

③発電増強方策の考え方

C市は、市域面積の約60%が森林であり、森林資源の豊富な都市である。現在、適宜行われている森林から間伐されたC市産材は、公共施設のベンチなどのほか一般住宅の柱などの建築材にも使用されているが、搬出できず林地に放置されている枝葉等の残材も少なくない。そこで、現在放置されている林地残材を破碎・運搬し、既存の発電施設を有する市の焼却施設で焼却することにより、未利用の木材資源によるエネルギーの回収を行うこととしたものである。

通常の収集ごみ等に加えて、木質バイオマス系の林地残材等を混焼することにより、発電増強につながるとともに、林地残材を放置することによるメタンガス発生を抑制し、温室効果ガスの排出削減につながることが期待される。

林地残材の混焼は、林地からの搬出・運搬コストが課題だが、ごみ量・ごみ質の変動に対する調整弁あるいは助燃の役割を持たせることにより、施設の安定稼働の確保とごみ発電の安定化・増強に資する可能性がある。また、ごみの減少によって焼却炉の稼働率が低下するような状況下では、林地残材の混焼によって稼働率を向上させ、より効率的な稼働につなげることも可能といえる。

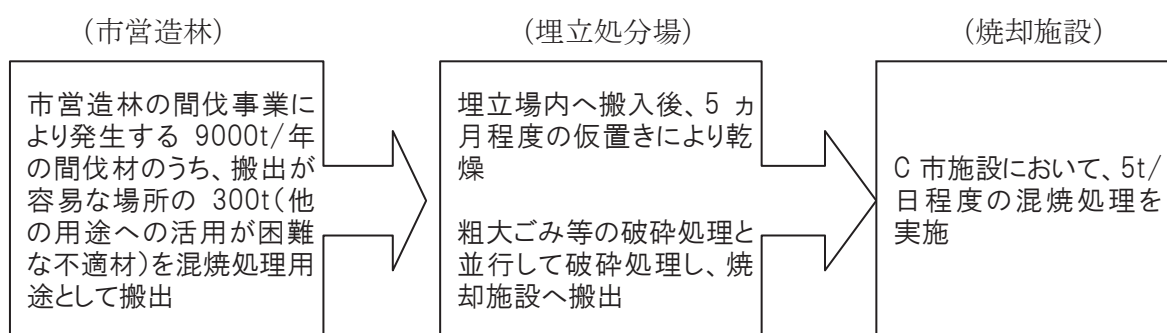
④発電増強内容

混焼する林地残材は、市の間伐事業によって発生する市営造林からの残材としている。間伐事業による間伐材発生量は年間9,000tに上り、そのうち比較的搬出が容易な場所の間伐材1,500tを搬出し、うち1,200tは柱や杭等に再利用され、再利用が困難な300tが、焼却施設での混焼用途として搬出されている。

間伐事業は森林部局において行うが、間伐後、現場集積された間伐材（活用不適材）の搬出・運搬以降をモデル事業として環境部局が行う。搬出された林地残材は、市の埋立場に搬入され、仮置きの後、破碎処理を行う。仮置き期間は5ヵ月程度であり、天日乾燥の効果により残材中の水分が減少し、より効率的な焼却処理に適した性状となる。

焼却施設での混焼量は、2ヵ月程度で300tであり、1日当たりでは5t程度である。なお、処分場には、従来から可動式ごみ破碎機が導入され、年間1万t程度の粗大ごみや木くず等の処理を行ったうえで焼却施設へ搬出している。年間300t程度の林地残材ならば、通常の可燃破碎物搬出ルートに乗せて焼却施設へ搬出し混焼することも対応可能である。

<C市における林地残材の混焼スキーム>



⑤発電量・送電量・発電効率

C市施設における林地残材混焼は、1日当たりの混焼量が10t程度、日量340t（2炉稼働時）の数%程度とごく少量であることから、混焼時と通常時とを数値上で比較検証することは困難と考えられた。

一般に、林地残材を混焼することによる焼却対象ごみの高質化が、発電量の増強につながることから、C市においては、混焼期間中の発電量（878万kWh）のうち、ごみ処理全体における入熱量に対する林地残材の熱量から推計した17万kWh分（平成27年度）を、林地残材混焼による発電増強量として試算している。

C市施設の処理条件をもとに、焼却処理量の余力等に応じて林地残材の混焼量を変動させた場合の発電量について試算したところ、表Ⅱ-1-(3)-10のとおりとなった。

なお、実際の混焼量は、搬入ごみ量の状況や設備の許容能力に応じて、定格処理能力及び設計入熱量の範囲で行うことが必要である。

表Ⅱ-1-(3)-10 林地残材混焼量に応じた発電量（試算）

【前提条件】混焼量は、施設の定格処理能力、及び設計時の総入熱量を超えない範囲で設定する必要がある。

項目	単位	試算結果						
搬入ごみ質 ^{注1)}	kJ/kg	11,781						
林地残材低位発熱量 ^{注2)}	kJ/kg	15,010						
年間ごみ処理量 ^{注1)}	t/年	97,453						
林地残材混焼量	t/年	0	500	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000
	%	0%	0.5%	1%	2%	3%	4%	5%
発電効率 ^{注1)}	%	14.3%						
発電量	MWh/年	45,605	45,903	46,201	46,797	47,394	47,990	48,586
発電増強効果	MWh/年	-	298	596	1,192	1,789	2,385	2,981
	%	-	1%	1%	3%	4%	5%	7%
売電収入増加分 ^{注3)}	千円/年	-	5,068	10,136	20,272	30,408	40,544	50,680

注1)平成25年度実績より

注2)NEDOバイオマス賦存量・有効利用可能量の推計より

注3)17円/kWhで試算（混焼分を間伐材等由来の木質バイオマスとして区分された場合は、別途の単価が適用）

⑥経済性評価

C市における林地残材混焼試験の費用は、表Ⅱ-1-(3)-11のとおり整理される。

試験では、混焼割合が小さいため、ごみ処理経費は通常処理費の範囲内で可能であったが、混焼割合を多くした場合は、動力費や灰処理費等の増加が想定される。

表Ⅱ-1-(3)-11 経済性評価（林地残材混焼試験1年間の試算（平成27年度））

項目	単位	林地残材混焼による増加分	
増強方策導入に伴う費用	施設整備コスト(A) ^{注1)}	百万円	-
	維持管理費(B) ^{注2)}	百万円/年	2.8
増強方策導入に伴う収入	売電収入(C) ^{注3)}	百万円/年	3.8
経済的負担減少額(C) ^{注4)}	百万円/年	3.8	
経済的負担増加額(D) ^{注5)}	百万円/年	2.8	
経済的メリットα：(C)／(D)		1.4	
投資回収年数 (A)／{(C)－(B)} ^{注6)}		-	

注1)施設整備を要しない

注2)運搬費(林地→埋立場→焼却施設)

注3)収入実績における林地残材混焼による発電量増加想定分

注4)施設整備コスト、ランニングコストのうち、対象技術の導入によって経済的負担が減少する(収入増含む)項目の合計

注5)施設整備コスト、ランニングコストのうち、対象技術の導入によって経済的負担が増加する(収入減含む)項目の合計

注6)投資額(施設整備コスト)がマイナスの場合は「-」と表示

⑦CO₂削減量

林地残材混焼事業によるCO₂の削減効果としては、売電量増加によるエネルギー起源CO₂の排出抑制分と、林地残材の運搬に伴う燃料使用由来のCO₂排出量、林地残材の有効活用に伴うメタンガスの発生抑制を考慮すると、表Ⅱ-1-(3)-12のとおり1,200t-CO₂程度の削減が見込まれる。

表Ⅱ-1-(3)-12 林地残材混焼によるCO2削減量

項目	試算条件		活動量 (単位)		排出係数 (単位)	排出量 (t-CO2/年)
			売電 増加分			
外部電力供給	(市試算)		170,000 kWh/年		0.000579 t-CO2/kWh	-98.4
燃料の消費	市営造林→処分場	7 km	燃料 使用量	418 L/年	2.58 t-CO2/kL	1.1
	処分場→焼却施設	15 km				
	運搬量	300 t/年				
	運搬容量(10t車)	8 t/回 ^{注1)}				
	運搬回数	38 回/年				
	運搬走行距離	1,673 km/年				
	燃費(10t車)	4 km/L ^{注2)}				
林地残材の有効利用	林地残材の放置により、木くずの埋立処分と同様にメタンガスが発生するものと想定		林地残材の有効利用分	300 t/年	3.78 t-CO2/t (0.151 t-CH4/t)	-1,133
合計						-1,230

注1) 20m3コンテナ、残材のかさ比重0.4t/m3として算出

注2) 国土交通省 自動車燃費一覧(平成27年3月)を参考

⑧他施設への適用可能性

C市における林地残材混焼試験の特徴として、以下が挙げられる。他都市においても、こうした条件を参考にすることで、適用が現実的なものになると考えられる。

ア) 林地残材の廃棄物処理法上の位置づけについて

C市では、市営造林を対象とした市の間伐事業から発生しており、林地残材を一般廃棄物として処理することが可能であった。

一般に林地残材は一般廃棄物と解されるため、市町村の焼却施設における処理は可能と考えられるが、林地残材の出所に産業廃棄物の特定業種(木材・木製品製造業等)が関与する場合は、当該業種から発生する木くず等の産業廃棄物との棲み分けを明確にするなど留意が必要となる。

イ) 運搬・処理ルートについて

林地残材を有効利用するには、搬出・運搬に関わるコストが大きな課題となる。C市の場合、破碎設備を有する埋立場が山間部にあり、従来から、埋立場に搬入された粗大ゴミ及び剪定枝等を破碎処理したうえで、焼却施設へ運搬するルートを確認していたことが、林地残材の搬出・運搬の実施に大きなメリットをもたらしていると考えられる。ただしC市においても、林地残材のうち比較的搬出が容易な場所のものを現在の実証試験では対象としており、搬出困難な場所の林地残材の利活用については今後の課題となっている。

各地域の特性に応じて、林地残材の移動をいかに最小限かつ効率的にできるかが重要なポイントになると考えられる。

ウ) 仮置き・乾燥の実施について

林地残材は、含水率を下げることで焼却施設における有効な熱回収源となるが、水分を多

く含んだままの場合は、安定処理に影響を及ぼすおそれがある。C市においては、中継地点の埋立場敷地内において数カ月の仮置き期間を確保し、一定程度乾燥させることが可能であったため、効率的な焼却を図ることができた。

林地残材の混焼により有効に熱回収を実現するためには、含水率を下げる工程を確保することも重要なポイントと考えられる。