

2. エネルギーバランス

2 - 1. エネルギーバランス

(1) エネルギー利用の形態

焼却炉で発生した熱はボイラで回収した後に、電気、温水に変換し、次期中間処理施設（新クリーンセンター）や地域振興施設で利用する。

基本的な利用形態は、地域振興施設（場外利用）とし、残りは発電するものとする。

図 2-1-1 に熱利用の形態のイメージ図を示す。

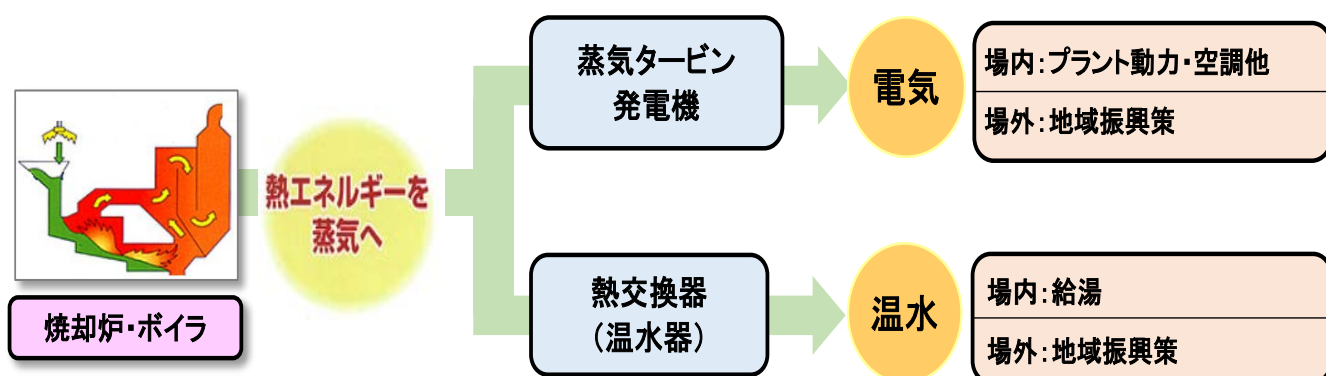


図 2-1-1 熱利用の形態 (イメージ図)

(2) エネルギー回収率とバランス

現時点での施設規模は156 t/日の計画であるが、メーカーアンケートの回答を参考に、さきのシミュレーションによる182 t/日の1炉運転時及び2炉運転時のエネルギー回収率とその利用（熱利用と発電利用の割合）のシミュレーションを行った。

余熱利用を地域振興施設（場外利用）とし、残りは発電し売電する場合、基準ごみでのエネルギー回収率とバランスを、図 2-1-2～5 に示す。

なお、この試算はメーカーアンケート回答の、発電最大時と熱利用最大時をもとに比例計算で試算したものであり、概略の目安として示すものである。

－施設規模 156 t／日－

| |
|--|
| 1 炉運転時：エネルギー回収率=28.1% うち 発電=34.8% (1,011kWh)、場外熱利用=64.7% (14.7GJ/h) 場内熱利用=0.5% (0.1GJ/h) |
| 2 炉運転時：エネルギー回収率=24.9% うち 発電=63.2% (3,250kWh)、場外熱利用=36.5% (14.7GJ/h) 場内熱利用=0.3% (0.1GJ/h) |

場外への供給熱量は地域振興施設への 14.7GJ/h とした。

エネルギー回収率は、高効率エネルギー回収型の要件である 17.5% を上回る。

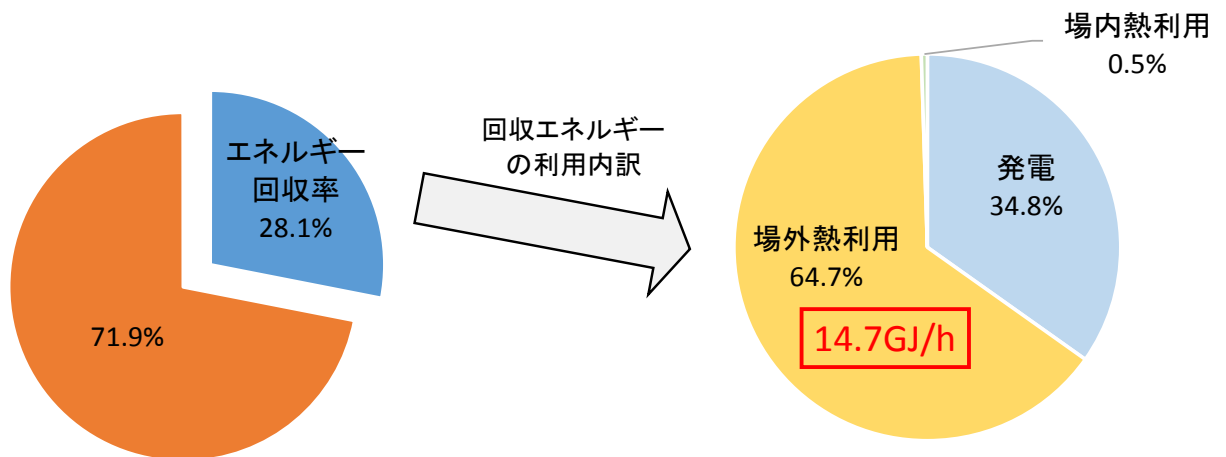


図 2-1-2 1 炉運転時のエネルギー回収率 (基準ごみ)

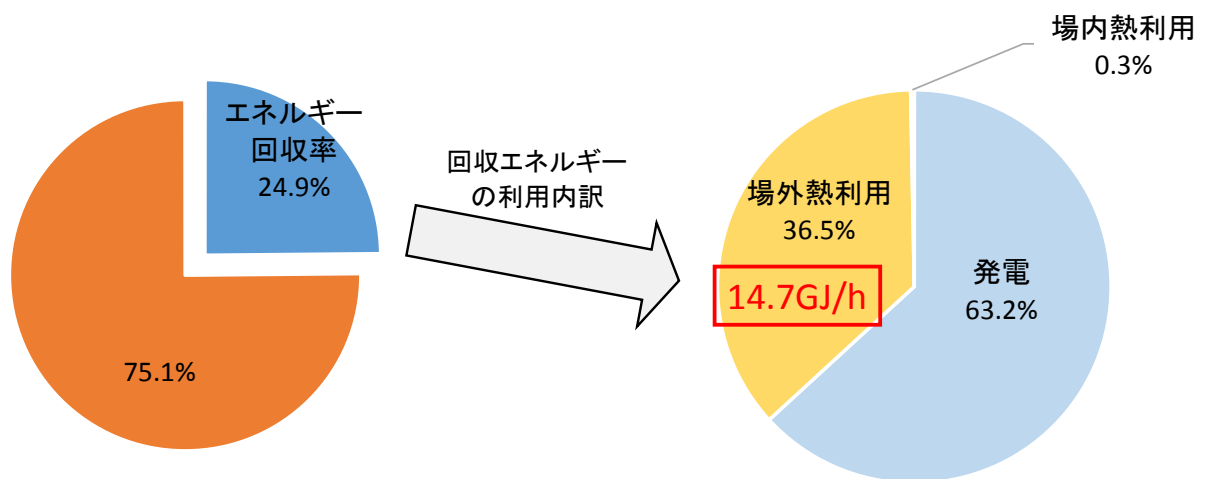


図 2-1-3 2 炉運転時のエネルギー回収率 (基準ごみ)

－施設規模 182 t／日－

| |
|--|
| 1 炉運転時：エネルギー回収率=26.5% うち 発電=40.9% (1,310kWh)、場外熱利用=58.7% (14.7GJ/h) 場内熱利用=0.4% (0.1GJ/h) |
| 2 炉運転時：エネルギー回収率=24.1% うち 発電=67.5% (3,930kWh)、場外熱利用=32.3% (14.7GJ/h) 場内熱利用=0.2% (0.1GJ/h) |

場外への供給熱量は地域振興施設への 14.7GJ/h とした。
エネルギー回収率は、高効率エネルギー回収型の要件である 17.5% を上回る。

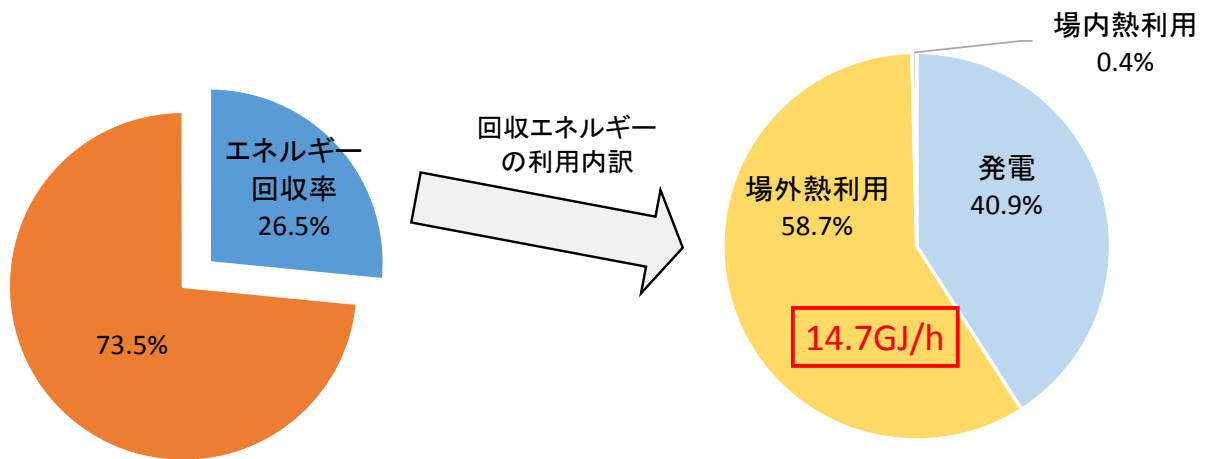


図 2-1-4 1 炉運転時のエネルギー回収率 (基準ごみ)

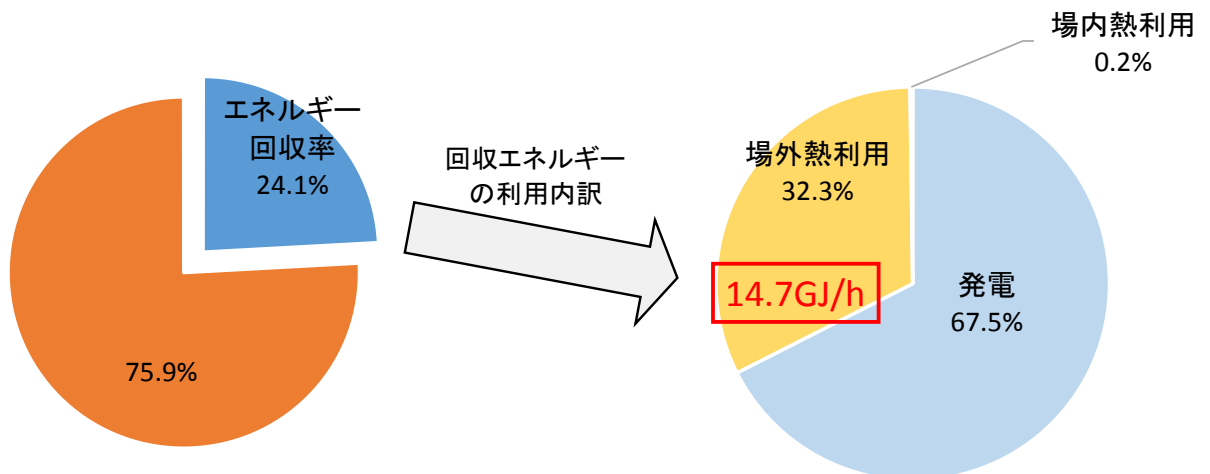


図 2-1-5 2 炉運転時のエネルギー回収率 (基準ごみ)

(3) 売電額の試算

場内電力・給湯及び地域振興施設利用以外のエネルギーを全て発電に利用した場合の発電可能量に対する売電額を以下に示す。

－施設規模 156 t／日－

| | 電力 | | | 運転日数 (日) | 売電分合計 (kWh) | | 複合 売電単価 (税抜き) (円/kWh) | 売電額 (税抜き) (千円) |
|-------|-------|-----------|-------|-------------|----------------|-----------|--------------------------------|----------------------|
| | 発電 | 場内 利用分 | 売電分 | | | | | |
| | (kW) | (kW) | (kW) | | | | | |
| 1炉運転時 | 1,011 | 1,011 | 0 | 192 | 0 | 7,964,016 | 12.36 | 98,435 |
| 2炉運転時 | 3,250 | 1,251 | 1,999 | 166 | 7,964,016 | | | |

－施設規模 182 t／日－

| | 電力 | | | 運転日数 (日) | 売電分合計 (kWh) | | 複合 売電単価 (税抜き) (円/kWh) | 売電額 (税抜き) (千円) |
|-------|-------|-----------|-------|-------------|----------------|-----------|--------------------------------|----------------------|
| | 発電 | 場内 利用分 | 売電分 | | | | | |
| | (kW) | (kW) | (kW) | | | | | |
| 1炉運転時 | 1,310 | 1,180 | 130 | 192 | 599,040 | 8,567,040 | 12.36 | 105,889 |
| 2炉運転時 | 3,460 | 1,460 | 2,000 | 166 | 7,968,000 | | | |

熱利用量 : 1炉運転時=14.7GJ/h、2炉運転時=14.7GJ/h

売電量 : 最大 2,000 kW に設定

－ 売電単価算定表 (施設規模 156・182 t／日 共通) －

| | 売電単価 (税抜き) (円/kWh) | バイオマス 比率 ※ | 複合売電単価 (税抜き) (円/kWh) | |
|--------------|--------------------------|---------------|----------------------------|-------|
| | | | | |
| 一般廃棄物 バイオマス分 | 17.00 | 55.5% | 9.44 | 12.36 |
| 非 バイオマス分 | 6.56 | 44.5% | 2.92 | |

また、この時の焼却炉運転計画を以下に示す。

| 項目 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 | 備考 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|----|------|----|---------|----|------|-----|--------|----|----|----|---------------|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 1号炉 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 運転 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 1 | 0 | 0 | 9 | 10 | 11 | 10 | 10 | 11 | 10 | 5 | 0 | 0 | 5 | 11 | 7 | 6 | 10 | 10 | 10 | 11 | 10 | 10 | 4 | 0 | 0 | 0 | 9 | 10 | 11 | |
| 点検整備 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 10 | 10 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 10 | 10 | 5 | 0 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 10 | 10 | 8 | 1 | 0 | 0 |
| 2号炉 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 運転 | 0 | 0 | 0 | 6 | 10 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 4 | 0 | 0 | 8 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 7 | 6 | 10 | 1 | 0 | 0 | 10 | 10 | 11 | 10 | 10 | 8 | 10 | 10 | 9 | | |
| 点検整備 | 10 | 10 | 10 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 10 | 10 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4 | 0 | 9 | 10 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 全炉停止 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 備考 | 1号炉運転日数 | | 262日 | | 1号炉停止日数 | | 103日 | | 全炉停止日数 | | 7日 | | 1号炉立上げ・立ち下げ日数 | | 4日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2号炉運転日数 | | 262日 | | 2号炉停止日数 | | 103日 | | | | | | 2号炉立上げ・立ち下げ日数 | | 4日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

2炉運転日数：166日

1炉運転日数：192日

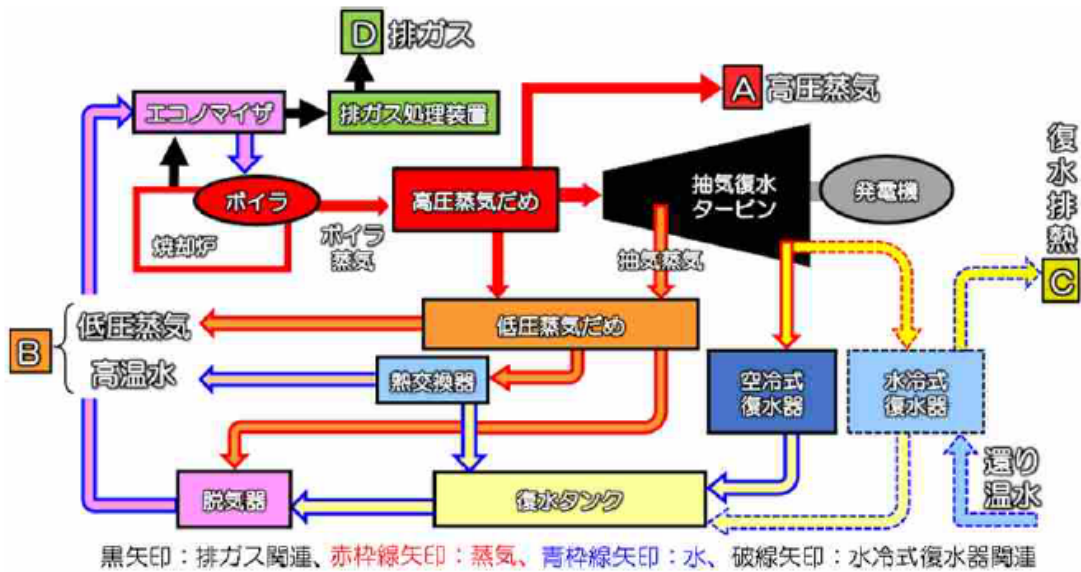
(4) 蒸気の再利用及びカスケード利用

熱利用を増加する場合、基本的には発電量と熱利用量の関係は「トレードオフ」の関係にある。

熱利用の内、図2-1-6のA、Bからさらに熱をカスケード利用した場合、ボイラ給水の温度が低下するため発電量は低下する「トレードオフ」の関係にある。

図2-1-6 のC（復水排熱）、D（排ガス）からの排熱利用は、現在の計画では考慮していないが、発電との「トレードオフ」とはならず、かつ、熱量が大量であるため有効利用されることが望まれる。

| | |
|---|---|
| <p>A 高圧蒸気（例：4MPa・400℃）</p> <p>高効率発電でのボイラ蒸気は温度・圧力が高いので、基本的には発電に使うことが効率的。</p> <p>＜取り上げた事例との対応＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ・トピックで国外事例を紹介 | <p>B 低圧蒸気（抽気蒸気）（例：0.6MPa・200℃）</p> <p>熱需要に応じて、広く周辺施設等に供給することができ、国内でも導入事例が多い。</p> <p>温度が高いため吸収式冷凍機で冷熱も製造できる。</p> <p>＜取り上げた事例との対応＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ・方策①工場への蒸気供給 ・方策②地域熱供給事業など面的熱供給インフラへの熱供給 ・方策③農業施設への熱供給 ・方策④公共施設への熱供給 |
|---|---|



| | |
|--|--|
| <p>C 復水排熱（例：60℃。より高温も可能）</p> <p>空冷式復水器で環境（大気）に放出されていることが多い。水冷式復水機を設置し、大量の温熱需要を確保できれば、効率的に熱供給できる。</p> <p>＜取り上げた事例との対応＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ・方策②地域熱供給事業など面的熱供給インフラへの熱供給 | <p>D 排ガス（例：露点 数十℃）</p> <p>地域暖房システムが発達した北欧で普及している。（日本では導入は進んでいない。）</p> |
|--|--|

出典：廃棄物エネルギー利用高度化マニュアル 平成29年3月
環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課

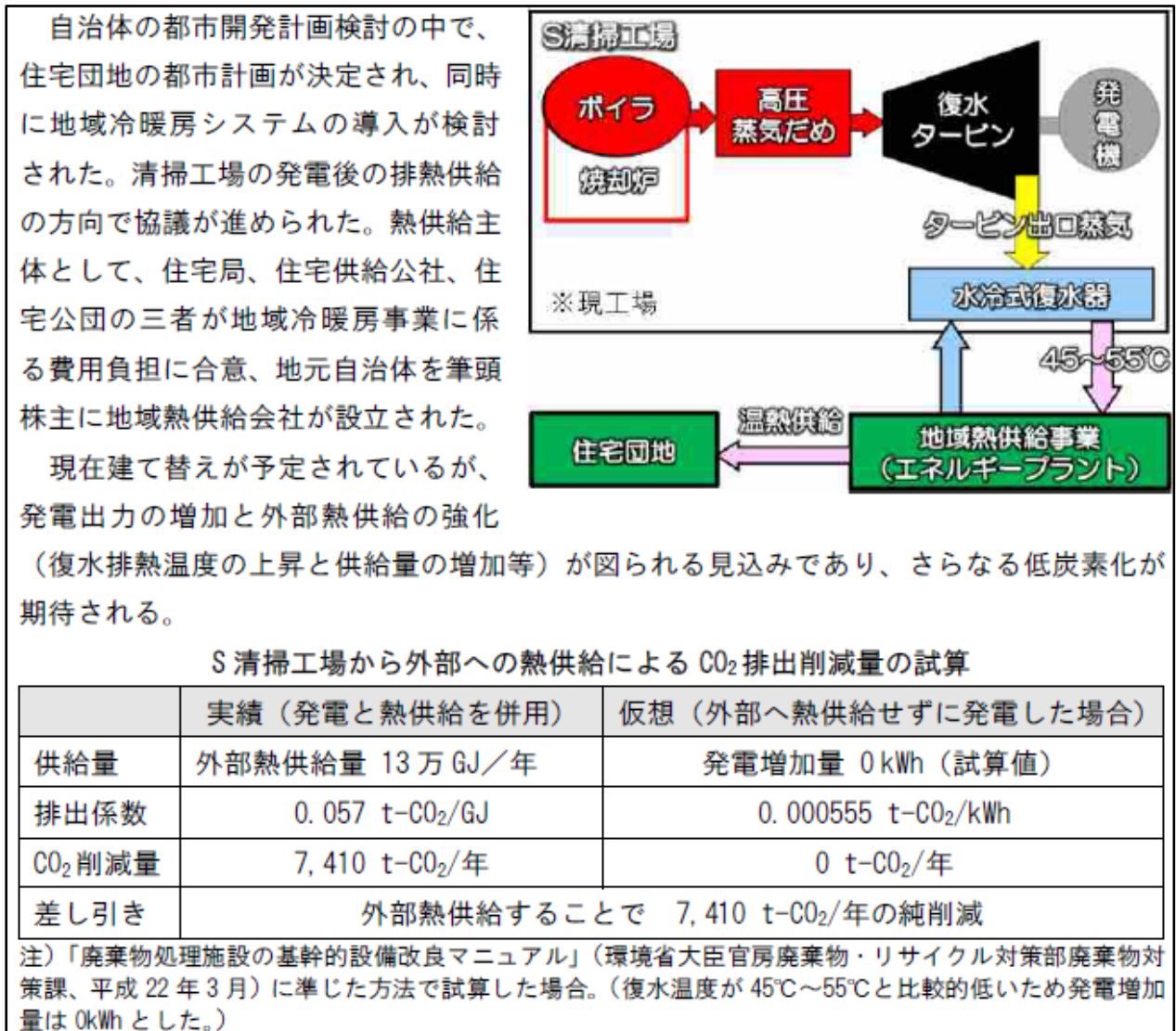
図2-1-6 代表的な熱の取り出し方法（種類）と熱需要とのマッチングの考え方

復水排熱の利用については、図2-1-7 に示すように国内での導入実績があり、十分な熱利用先が確保される場合は検討の余地がある。

排ガスからの排熱利用については、北欧において、排ガスも復水させることにより潜熱を回収することで、ボイラ蒸気の復水排熱とあわせて高い熱回収効率としている事例があるが、国内では研究段階にあり、現状では普及技術の粋にない。

こうした状況から、現時点においてさらなる熱利用を具体的に計画することは難しく、利用先の確保も課題であることから、継続的に文献調査等を実施し方策の検討に努める。

また、現時点で想定される有効利用が望ましい熱利用フローを図2-1-8に示す。



出典：廃棄物エネルギー利用高度化マニュアル 平成29年 3 月
環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課

図2-1-7 復水排熱利用の導入実績

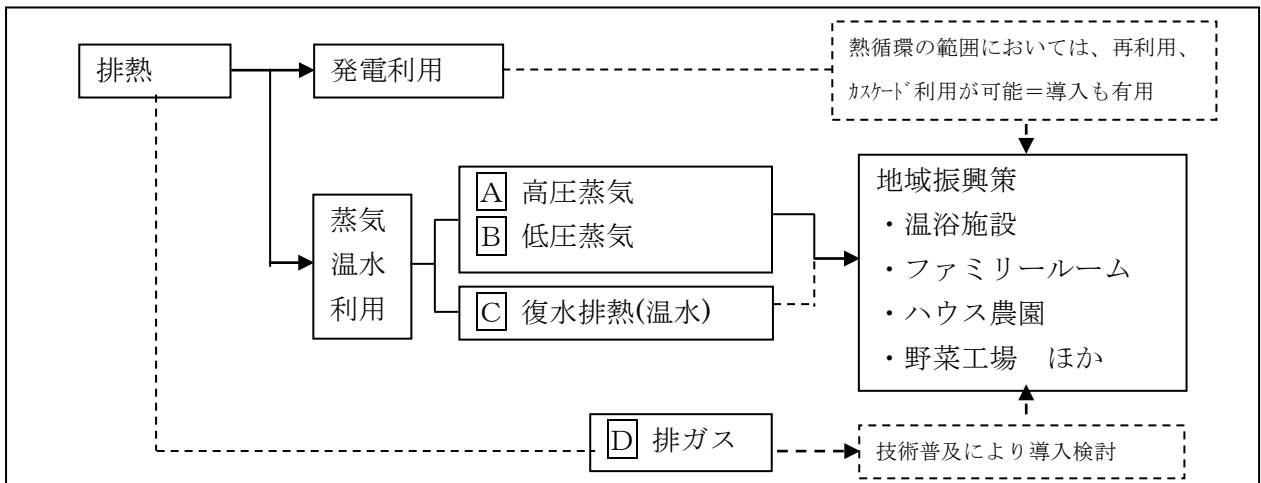
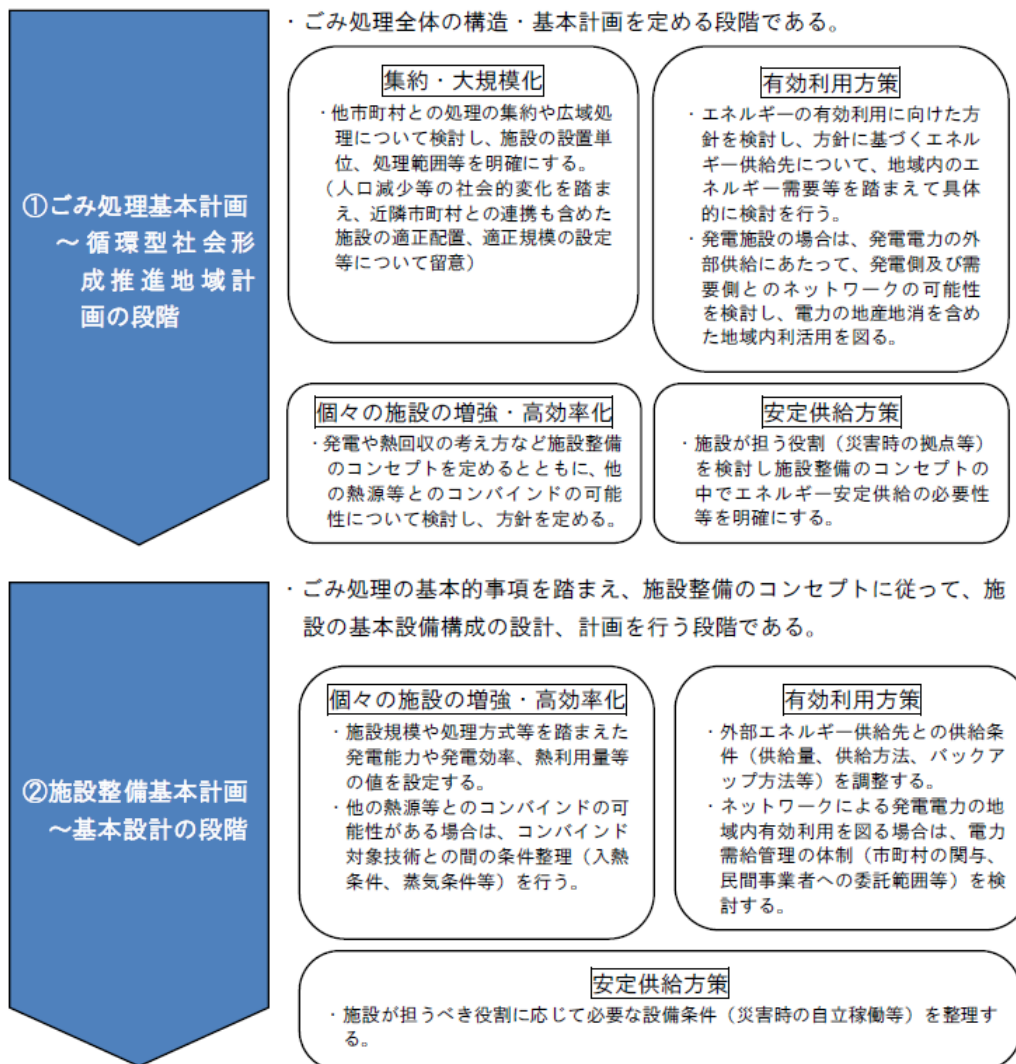


図2-1-8 現時点で想定される熱利用フロー図

また、平成29年3月に発刊された「廃棄物エネルギー利用高度化マニュアル」では、廃棄物エネルギー利用高度化の促進が求められており、高度化方策導入の基本的手順（図2-1-9参照）が示されていることから、施設整備基本設計の段階ではマニュアルに添った検討を行う。

① 施設整備時（新設）



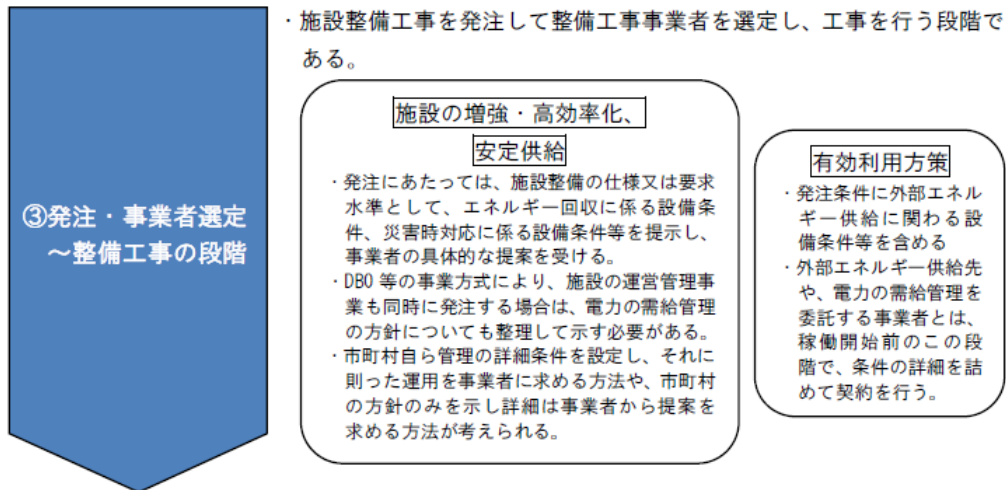


図2-1-9 高度化方策導入の基本的手順

(5) バックアップ設備の設備管理者

補助ボイラ等のバックアップ設備については、最低でも法定点検時の全炉停止期間の7日程度は熱エネルギーが供給できないことも踏まえ、熱エネルギー供給元（供給側）または供給先（需要側）で確保するかについても、併せて検討し決定するものとする。

地域振興施設への熱供給は、焼却炉全炉停止期間（7日）と地域振興施設の定休日の調整により、バックアップ設備は必ずしも必要とはならないことも想定される。現温水プールにおいても補助ボイラを設置しているが、使用はされていない状況にあることから、今後、地域振興施設の定休日の設定を踏まえ、供給者と利用者の中で補助ボイラの設置の有無及び管理者について協議を行うことが好ましい。

ただし、補助ボイラは熱利用施設の熱利用量に応じ設置されるものであり、熱利用施設の近辺に専用施設として設置する側面が強く、焼却施設側が管理するには課題が多いと考えられる。

2 - 2. 農業残渣焼却の課題

農業残渣（稲わら、もみ殻、麦わら、果樹剪定枝、その他の農業残渣）は、NEDO（独立行政法人 新エネルギー・農業技術総合開発機構）により、表2-2-1に示すように、関係市町において26,036tが賦存（発生）していると推計されている。そのうち76%が堆肥化、すき込み、家畜飼料、家畜敷料、燃料等に利用されており、残りの24%にあたる6,190tが現在未利用であり、野焼き等で処理されていると考えられる。次期中間処理施設（新クリーンセンター）では災害ごみを考慮した処理能力を検討することとしており、平時には余裕となる災害ごみ分の能力で農業残渣を焼却することで、発電の増加に寄与するものとして、農業残渣を有効利用することが考えられる。

災害ごみ量を1,080t（施設規模：156t/日）及び4,000t（施設規模：182t/日）とした場合、未利用農業残渣の17%（施設規模：156t/日）及び64%（施設規模：182t/日）の処理が可能となる。

なお、農業残渣は一般廃棄物（事業系）であると判断できるため、次期中間処理施設（新

クリーンセンター)での受入は可能である。

農業残渣を性状から草または木と見なすと、表 2-2-2 に示すとおり、草・木ともに厨芥よりも灰分が少なく、炭素分が同等であることから、厨芥と同等のエネルギーを得られ、かつ、灰量が少なく、発電の増加に寄与する焼却物として有効であると考えられる。

有効利用可能熱量の推計値は、表 2-2-3 に示すとおりである。

ただし、農業残渣は事業系一般廃棄物であることから、許可業者と契約を結び収集運搬を委託するか、自己搬入し手数料を支払う必要があるため、農家にとっては負担が大きい。

また、農業残渣のほとんどは秋季に発生することから季節変動が大きく安定して焼却することができるか課題がある。

こうした背景から、農業残渣の戸別収集、手数料の減免といった農家負担軽減策、農業残渣不足時期の廃プラスチック等の焼却を検討し、安定的な運営計画の中で農業残渣の利用に関する可能性と課題の整理に努めることとする。

表 2-2-1 農業残渣の賦存量、有効利用可能量

単位：乾燥重量 t

| | | 印西市 | 白井市 | 栄町 | 合計 |
|--------------|---------|-------------|-----------|-----------|-------------|
| 稲わら | 賦存量 | 12,179 | 1,144 | 5,306 | 18,629 |
| | 有効利用可能量 | 1,827 (15%) | 172 (15%) | 796 (15%) | 2,795 (15%) |
| もみ殻 | 賦存量 | 1,193 | 109 | 526 | 1,828 |
| | 有効利用可能量 | 179 (15%) | 16 (15%) | 79 (15%) | 274 (15%) |
| 麦わら | 賦存量 | 18 | — | — | 18 |
| | 有効利用可能量 | 3 (17%) | — | — | 3 (17%) |
| 果樹 剪定枝 | 賦存量 | 202 | 907 | 7 | 1,116 |
| | 有効利用可能量 | 155 (77%) | 693 (76%) | 5 (71%) | 853 (76%) |
| その他の 農業残渣 | 賦存量 | 2,741 | 1,153 | 551 | 4,445 |
| | 有効利用可能量 | 1,427 (52%) | 538 (47%) | 300 (54%) | 2,265 (51%) |
| 総賦存量 | | | | | 26,036 |
| 総有効利用可能量 | | | | | 6,190 (24%) |

※賦存量：一年間に発生する農業残渣の量。

※有効利用可能量：賦存量から、既に利用されている量を除き、収集性を考慮した量。

※その他の農業残渣における既存すき込み利用量は有効利用可能量に含めている。

出典：NEDO（独立行政法人 新エネルギー・農業技術総合開発機構）の「バイオマス賦存量・有効利用可能量の推計」より作成
(<http://appl.infoc.nedo.go.jp/biomass/index.html>)

表 2-2-2 ごみの元素組成

単位：重量 (%)

| 試料 | 灰分 | C (炭素) |
|----|-----|--------|
| 厨芥 | 9.4 | 44.3 |
| 草 | 6.9 | 44.6 |
| 木 | 0.5 | 48.9 |

出典：都市固形廃棄物の熱分解処理に関する基礎的研究（昭和 60 年）より抜粋

表 2-2-3 農業残渣の有効利用可能熱量

単位：GJ

| | 印西市 | 白井市 | 栄町 | 合計 |
|-----------|--------|-------|--------|--------|
| 稲わら | 24,846 | 2,334 | 10,824 | 38,004 |
| もみ殻 | 2,542 | 231 | 1,121 | 3,894 |
| 麦わら | 36 | — | — | 36 |
| 果樹剪定枝 | 1,778 | 7,972 | 62 | 9,812 |
| その他の農業残渣 | 15,415 | 5,811 | 3,242 | 24,468 |
| 総有効利用可能熱量 | | | | 76,214 |

出典：NEDO（独立行政法人 新エネルギー・農業技術総合開発機構）の
「バイオマス賦存量・有効利用可能量の推計」より作成
(<http://appl.infoc.nedo.go.jp/biomass/index.html>)