

# 焼却炉廃熱を活用した蒸気タービン発電機・バイナリー発電機の導入等

設備導入



## 対策

焼却炉廃熱を活用した蒸気タービン発電機・バイナリー発電機の導入、焼却炉廃熱の利用による消化タンク加温・温水供給、焼却炉廃熱の空調設備熱源への利用

## 目次

	頁
■ <a href="#">焼却炉廃熱を活用した蒸気タービン発電機</a>	1
■ <a href="#">バイナリー発電機の導入</a>	4
■ <a href="#">焼却炉廃熱の利用による消化タンク加温・温水供給</a>	7
■ <a href="#">焼却炉廃熱の空調設備熱源への利用</a>	10

## 対策概要

- 蒸気タービン発電機を導入し、焼却炉の廃熱を回収して発電することにより、CO<sub>2</sub>排出量を削減する。

## 導入可能性のある業種・工程

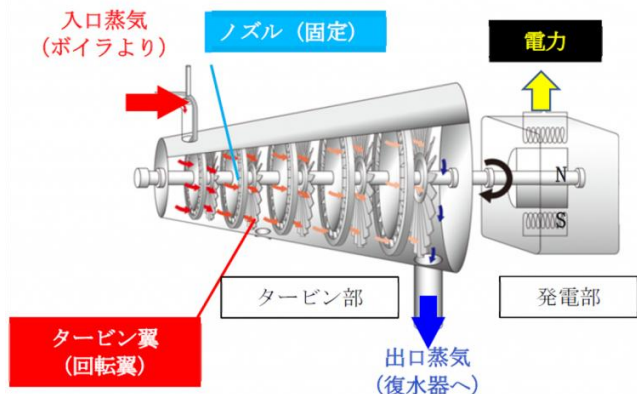
下水道/その他の主要エネルギー消費設備等/未利用エネルギー・再生可能エネルギー設備/焼却炉廃熱有効利用設備

## 原理・仕組み

- 下水汚泥を焼却する際に発生する高温排ガスから廃熱ボイラーにより熱を回収して蒸気を製造し、蒸気タービンにより電力に変換する。

### 蒸気タービン発電機

- 高温高圧の蒸気を噴出・膨張させてタービン翼に吹き付けることで軸を回転させて発電する。



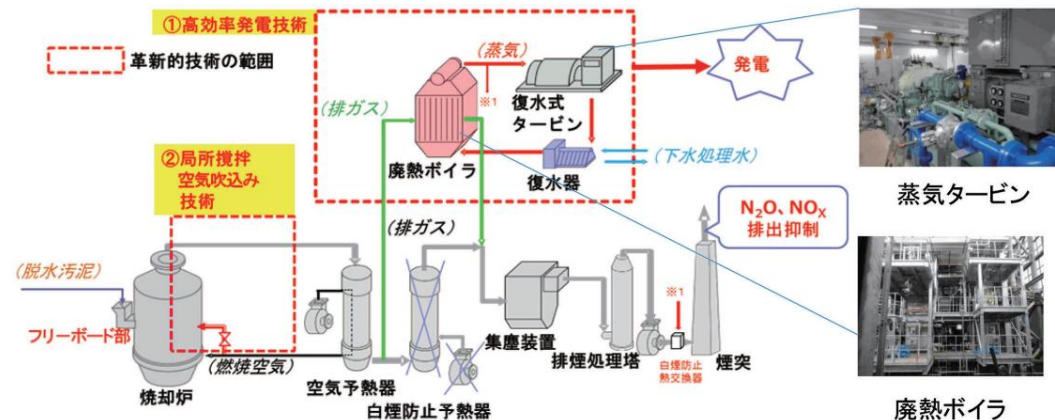
蒸気タービン発電機概念図<sup>[1]</sup>

## 効率・導入コストの水準

- 効率水準：－
- 導入コスト水準：－

### 対策イメージ

- 汚泥焼却量150wet-t/日の焼却炉に、定格出力850kWの蒸気タービン発電機を導入して、所内電力の97%に相当する電気を発電した事例もある。



項目	導入前	導入後	単位
電力消費量	3,443	3,759	千kWh/年
発電電力量	－	3,655	千kWh/年
発電電力量の比率	－	97	%

蒸気タービン発電機の導入例<sup>[2]</sup>

出所) [1] 地方協同法人日本下水道事業団「下水道バイオマス利用・創エネをしたい」  
<https://www.iswa.go.jp/new-technology/kadai/kadai05/solution23/> (閲覧日: 2024年11月5日)  
 [2] 国土交通省国土技術政策総合研究所「温室効果ガス削減を考慮した発電型汚泥焼却技術実証研究」  
<https://www.nilim.go.jp/lab/eag/bdash/pdf/bdash27.pdf> (閲覧日: 2024年11月5日) より作成

# 焼却炉廃熱を活用した蒸気タービン発電機

設備導入



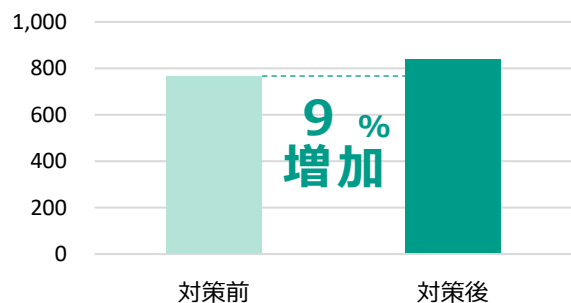
## 導入効果

- 汚泥焼却量150wet-t/日の焼却炉に、定格出力850kWの蒸気タービン発電機を導入したケースにおける試算例は以下のとおり。
- 所内電力の97%に相当する電気を発電して自家消費することを想定した。

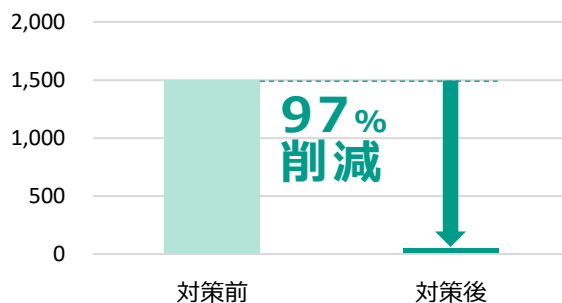
## 導入効果の試算例

- エネルギー消費量は9%増加し、CO<sub>2</sub>排出量、エネルギーコストは97%削減できる試算結果。
- 下水処理場の電力消費量を試算した。

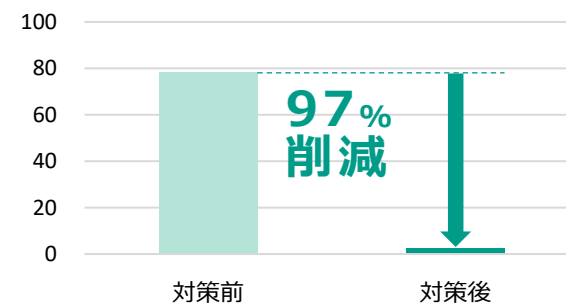
### エネルギー消費量 (kL/年)



### CO<sub>2</sub>排出量 (t-CO<sub>2</sub>/年)



### エネルギーコスト (百万円/年)



# 焼却炉廃熱を活用した蒸気タービン発電機

設備導入



## 計算条件

- 汚泥焼却量150wet-t/日の焼却炉に、定格出力850kWの蒸気タービン発電機を導入したケースを想定した。
- 所内電力の97%に相当する電気を発電して自家消費することを想定した。

項目	記号	Before	After	単位	数値の出所、計算式
購入電気の一次エネルギー換算係数	①	8.64	8.64	GJ/千kWh	【参考①】
購入電気のCO <sub>2</sub> 排出係数	②	0.434	0.434	t-CO <sub>2</sub> /千kWh	【参考①】
購入電気の単価	③	22.76	22.76	円/kWh	【参考①】
発電電気の一次エネルギー換算係数	④	8.64	8.64	GJ/千kWh	【参考①】
発電電気のCO <sub>2</sub> 排出係数	⑤	-	0.000	t-CO <sub>2</sub> /千kWh	資料[3]を基に想定
発電電気の単価	⑥	-	0.00	円/kWh	所内で生成するため0と想定
エネルギーの原油換算係数	⑦	0.0258	0.0258	kL/GJ	【参考①】
下水処理場の年間電力消費量	⑧	3,443	3,759	千kWh/年	p1の事例を基に想定
年間の発電電力量	⑨	-	3,655	千kWh/年	p1の事例を基に想定
購入電力量	⑩	3,443	104	千kWh/年	⑧ - ⑨
エネルギー消費量	⑪	29,748	32,478	GJ/年	⑩×①+⑨×④

出所) [3]環境省「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」[https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calculiran\\_2023\\_rev4.pdf](https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calculiran_2023_rev4.pdf) (閲覧日: 2024年11月5日)

## 計算結果

項目	記号	Before	After	単位	計算式
エネルギー消費量	⑫	767	838	kL/年	⑪×⑦
CO <sub>2</sub> 排出量	⑬	1,494	45.1	t-CO <sub>2</sub> /年	⑩×②+⑨×⑤
エネルギーコスト	⑭	78.4	2.4	百万円/年	(⑩×③+⑨×⑥) ÷ 1,000

## 備考

- 発電設備（廃熱ボイラー、蒸気タービン）は自家用電気工作物となるため、電気事業法に準じて、工事計画の提出、使用前安全管理審査の受審、定期安全管理審査の受審、主任技術者の設置が必要となる。

## 対策概要

■ バイナリー発電機を導入し、焼却炉の廃熱を回収して発電することにより、CO<sub>2</sub>排出量を削減する。

## 導入可能性のある業種・工程

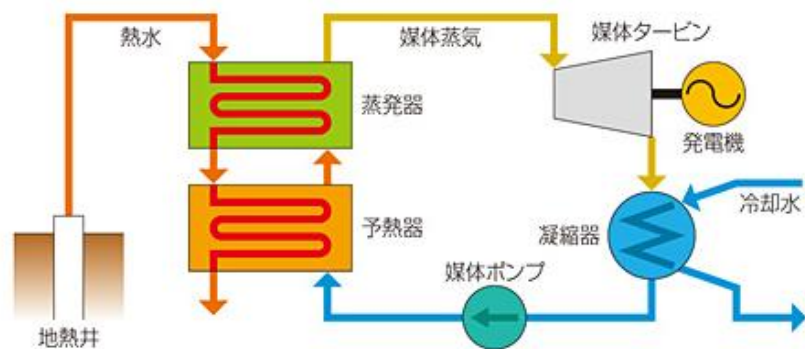
下水道/その他の主要エネルギー消費設備等/未利用エネルギー・再生可能エネルギー設備/焼却炉廃熱有効利用設備

## 原理・仕組み

■ バイナリー発電は、アンモニア水、ペンタン、代替フロン等の水よりも沸点が低い媒体を利用することで、従来は有効利用が困難であった低温の熱源から発電することができる。

### バイナリー発電

• 沸点の低い媒体（ペンタン：沸点36℃等）を加熱して、媒体蒸気でタービンを回して発電する。



バイナリー発電の概念図[1]

### 対策イメージ

• 焼却炉の湿式排煙処理塔の洗煙排水や、白煙防止用の高温空気を熱源として発電し、ポンプや送風機等の設備で使用することで、CO<sub>2</sub>排出量を削減する。



消費量 105 kWh/h + 270 kWh/h + 25 kWh/h = 400 kWh/h



発電量 250 kWh/h (②) → 実質消費量 (①-②) 150 kWh/h

焼却炉への導入イメージ及び効果[2]

## 効率・導入コストの水準

■ 効率水準：－

■ 導入コスト水準：－

出所) [1]資源エネルギー庁「なっとく！再生可能エネルギー」  
[https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saene/renewable/geothermal/index.html](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saene/renewable/geothermal/index.html)  
 (閲覧日：2024年11月5日)

[2]メタウォーター・池田市共同研究体「脱水・燃焼・発電を全体最適化した革新的下水汚泥エネルギー転換システムの技術実証研究」  
[https://www.nilim.go.jp/lab/ecg/bdash/doc/pamphlet/h25\\_meta.pdf](https://www.nilim.go.jp/lab/ecg/bdash/doc/pamphlet/h25_meta.pdf) (閲覧日：2024年11月5日)

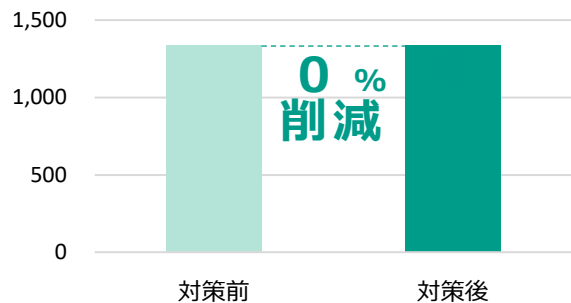
## 導入効果

- 水処理量18,000千m<sup>3</sup>/年の下水処理場において、汚泥焼却量25t-脱水汚泥/日の焼却炉にアンモニア水等を用いたバイナリー発電機を導入して発電した電気を自家消費したケースにおける試算例は以下のとおり。

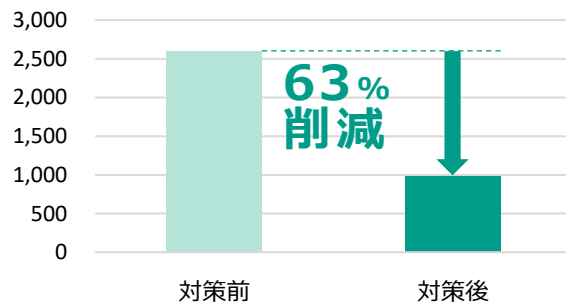
### 導入効果の試算例

- エネルギー消費量は変化せず、CO<sub>2</sub>排出量、エネルギーコストで63%削減できる試算結果。

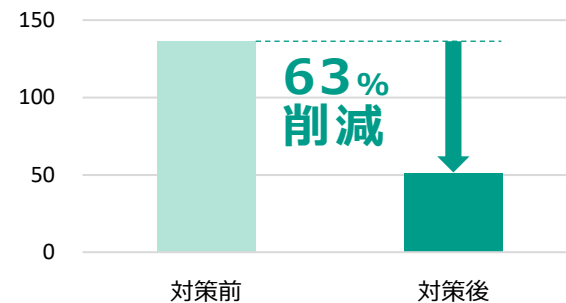
#### エネルギー消費量 (kL/年)



#### CO<sub>2</sub>排出量 (t-CO<sub>2</sub>/年)



#### エネルギーコスト (百万円/年)



## 計算条件

- 水処理量18,000千m<sup>3</sup>/年の下水処理場において、汚泥焼却量25t-脱水汚泥/日の焼却炉にアンモニア水等を用いたバイナリー発電機を導入して発電した電気を自家消費したケースを想定した。

項目	記号	Before	After	単位	数値の出所、計算式
購入電気の一次エネルギー換算係数	①	8.64	8.64	GJ/千kWh	【参考①】
購入電気のCO <sub>2</sub> 排出係数	②	0.434	0.434	t-CO <sub>2</sub> /千kWh	【参考①】
購入電気の単価	③	22.76	22.76	円/kWh	【参考①】
発電電気の一次エネルギー換算係数	④	8.64	8.64	GJ/千kWh	【参考①】
発電電気のCO <sub>2</sub> 排出係数	⑤	-	0.000	t-CO <sub>2</sub> /千kWh	資料[3]を基に想定
発電電気の単価	⑥	-	0.00	円/kWh	所内で生成するため0と想定
エネルギーの原油換算係数	⑦	0.0258	0.0258	kL/GJ	【参考①】
下水処理場の年間電力消費量	⑧	6,000	6,000	千kWh/年	資料[4]を基に想定
時間当たりの発電電力量	⑨	-	250	kWh/h	p4の事例を基に想定
年間稼働時間	⑩	8,760	8,760	h/年	想定値
年間の発電電力量	⑪	-	2,190	千kWh/年	⑨×⑩÷1,000
購入電力量	⑫	6,000	3,810	千kWh/年	⑧ - ⑪
エネルギー消費量	⑬	51,840	51,840	GJ/年	⑫×①+⑪×④

出所) [3]環境省「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」[https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/itiran\\_2023\\_rev4.pdf](https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/itiran_2023_rev4.pdf) (閲覧日: 2024年11月5日)  
 [4]国土交通省「各処理場における水処理に係るエネルギー消費量と原単位」<https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/content/001587778.xlsx> (閲覧日: 2024年11月5日)

## 計算結果

項目	記号	Before	After	単位	計算式
エネルギー消費量	⑭	1,337	1,337	kL/年	⑬×⑦
CO <sub>2</sub> 排出量	⑮	2,604	1,654	t-CO <sub>2</sub> /年	⑫×②+⑪×⑤
エネルギーコスト	⑯	136.6	86.7	百万円/年	(⑫×③+⑪×⑥) ÷1,000

## 備考

- 作動媒体の種類や発電機の出力等により、ボイラー・タービン主任技術者の選任、工事計画の届出等が必要となる。

## 対策概要

■ 焼却炉廃熱を利用して温水を供給し、消化タンクの加温等に利用することでCO<sub>2</sub>排出量を削減する。

## 導入可能性のある業種・工程

下水道/その他の主要エネルギー消費設備等/未利用エネルギー・再生可能エネルギー設備/焼却炉廃熱有効利用設備

## 原理・仕組み

■ 一般に、消化タンクは低温（20℃以下）、中温（40℃以下）、高温（65℃以下）のいずれかの温度帯に維持されており、温度を維持するために消化ガスボイラーが用いられることが多い。焼却炉廃熱を用いて消化タンクを加温することにより消化ガスボイラーの燃料消費量が減少し、消化ガスに余剰が生じる。この余剰消化ガスを他の設備化石燃料の代替燃料として利用することにより、CO<sub>2</sub>排出量を削減する。

### 廃熱回収・利用システムの例

- ・ 焼却炉の高温排ガスや、洗煙排水等から廃熱を回収することが考えられる。
- ・ 図は、洗煙排水からヒートポンプを用いて回収した熱を消化槽の加温に利用した例である。



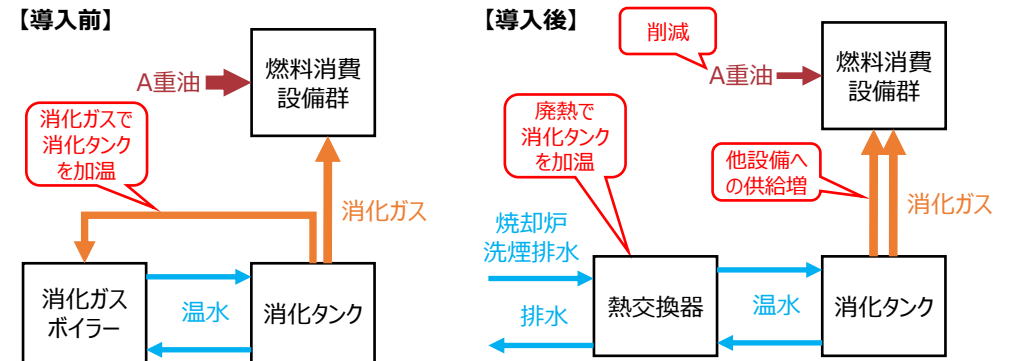
洗煙排水からの熱回収利用の例<sup>[1]</sup>

## 効率・導入コストの水準

- 効率水準：－
- 導入コスト水準：－

## 対策イメージ

- ・ 焼却炉の洗煙排水等から回収した熱を利用して消化タンクを加温することで、消化タンクに加温に利用されていた消化ガスを他の設備で利用することが可能となり、他の設備で消費する化石燃料（下図ではA重油）が削減される。



対策の概念図

出所) [1]株式会社神鋼環境ソリューション「矢作川浄化センターにおける鋼板製消化槽の運転状況」  
[https://www.kobelco-eco.co.jp/development/docs/027\\_03.pdf](https://www.kobelco-eco.co.jp/development/docs/027_03.pdf) (閲覧日：2024年11月5日)

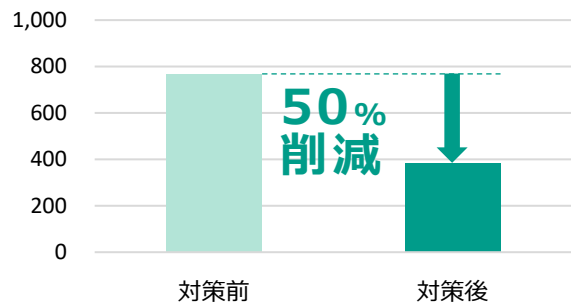
## 導入効果

- 消化タンクの加温に消化ガスボイラーを使用している下水処理場において、焼却炉廃熱を回収して消化タンクを加温するシステムを導入して、余剰消化ガスをA重油の代替燃料として利用したケースにおける試算例は以下のとおり。

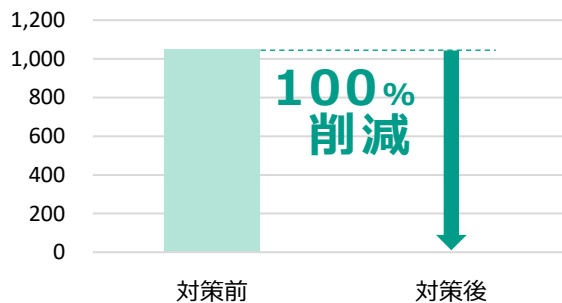
### 導入効果の試算例

- エネルギー消費量は50%、CO<sub>2</sub>排出量、エネルギーコストは100%削減できる試算結果。

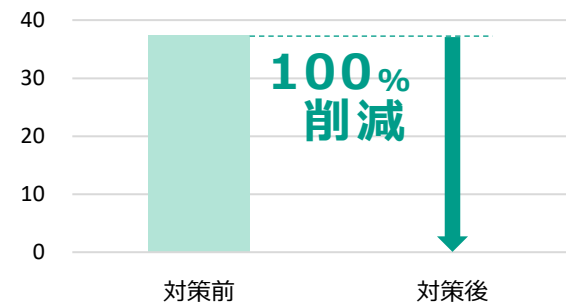
#### エネルギー消費量 (kL/年)



#### CO<sub>2</sub>排出量 (t-CO<sub>2</sub>/年)



#### エネルギーコスト (百万円/年)



# 焼却炉廃熱の利用による消化タンク加温・温水供給

設備導入



## 計算条件

- 消化タンクの加温に消化ガスボイラーを使用している下水処理場において、焼却炉廃熱を回収して消化タンクを加温するシステムを導入して、余剰消化ガスをA重油の代替燃料として利用したケースを想定した。

項目	記号	Before	After	単位	数値の出所、計算式
A重油の単位発熱量	①	38.9	-	GJ/kL	【参考①】
A重油のCO <sub>2</sub> 排出係数	②	2.75	-	t-CO <sub>2</sub> /kL	【参考①】
A重油の単価	③	97,900	-	円/kL	【参考①】
消化ガスの単位発熱量	④	21.2	21.2	GJ/千Nm <sup>3</sup>	資料[2]を基に想定
消化ガスのCO <sub>2</sub> 排出係数	⑤	-	0.00	t-CO <sub>2</sub> /千Nm <sup>3</sup>	資料[3]を基に想定
消化ガスの単価	⑥	-	0.0	円/千Nm <sup>3</sup>	所内で生成するため0と想定
エネルギーの原油換算係数	⑦	0.0258	0.0258	kL/GJ	【参考①】
消化タンクの加温に用いる消化ガス量	⑧	2,144	-	Nm <sup>3</sup> /日	Before : 資料[4]を基に想定 After : 想定値
他の設備で消費する消化ガス量	⑨	-	2,144	Nm <sup>3</sup> /日	Before : 廃熱を利用することを想定 After : ⑧b
A重油消費量	⑩	1,168	-	L/日	Before : ⑨a×④b÷①b After : 消化ガスで代替することを想定
年間稼働日数	⑪	330	330	日/年	資料[5]を基に想定
エネルギー消費量	⑫	29,999	14,999	GJ/年	(⑧×④+⑨×④+⑩×①) ×⑪÷1,000

計算式の添え字bはBefore、aはAfterを示す。

出所) [2]資源エネルギー庁「2024年度省エネルギー法定報告書・中長期計画書(特定事業者等)記入要領」

[https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saving/enterprise/factory/support-tools/data/kojo-kinyuoroyo24.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/enterprise/factory/support-tools/data/kojo-kinyuoroyo24.pdf) (閲覧日: 2024年11月18日)

[3]環境省「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」[https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/tiran\\_2023\\_rev4.pdf](https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/tiran_2023_rev4.pdf) (閲覧日: 2024年11月5日)

[4]国土交通省「下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン平成29年度版」<https://www.mlit.go.jp/common/001217263.pdf> (閲覧日: 2024年11月5日)

[5]大阪市「大阪市平野下水処理場汚泥固形燃料化事業(PFI事業)」<https://www.city.osaka.lg.jp/kensetsu/page/0000325106.html> (閲覧日: 2024年11月5日)

## 計算結果

項目	記号	Before	After	単位	計算式
エネルギー消費量	⑬	774	387	kL/年	⑫×⑦
CO <sub>2</sub> 排出量	⑭	1,060	0.0	t-CO <sub>2</sub> /年	(⑧×⑤+⑨×⑤+⑩×②) ×⑪÷1,000
エネルギーコスト	⑮	37.7	0.0	百万円/年	(⑧×⑥+⑨×⑥+⑩×③) ×⑪÷1,000,000,000

## 備考

• -

## 対策概要

■ 焼却炉の廃熱を回収して空調設備熱源として利用することでエネルギー消費量を削減する。

## 導入可能性のある業種・工程

下水道/その他の主要エネルギー消費設備等/未利用エネルギー・再生可能エネルギー設備/焼却炉廃熱有効利用設備

## 原理・仕組み

■ 焼却炉の高温排ガスや洗煙排水等から蒸気や温水として熱を回収し、空調設備熱源に利用する。回収した熱を暖房に利用する他、吸収式冷温水機を用いて冷水を製造して冷房にも利用できる。

### 対策イメージ（高温排ガスからの熱回収）

- 焼却炉に設置した廃熱ボイラーにより製造した蒸気や温水を冷暖房に利用する。

#### ■ 汚泥焼却炉の廃熱を利用した冷暖房

##### 庁舎冷暖房の概要

蒸気式熱交換機に廃熱ボイラーの蒸気を送り、水を温め温水を作ります。この温水は東部スラッジプラント庁舎の冷暖房の熱源として使用しています。

##### 地域冷暖房への熱供給

地域冷暖房の熱源として、焼却炉・炭化炉の排ガスを洗浄した温水を利用して、高齢者医療センターなどに熱供給しています。

供給量	1炉当たり約50m <sup>3</sup> /時 72℃（定格運転時）
-----	---



▲熱交換機

高温排ガスからの熱回収利用の例<sup>[1]</sup>

### 対策イメージ（洗煙排水からの熱回収）

- 洗煙排水から熱交換器により熱を回収して温水を製造し、冷暖房に利用する。
- 下図は、回収した熱を温水として事業所外のビルに供給した事例である。



洗煙排水からの熱回収利用の例<sup>[2]</sup>

## 効率・導入コストの水準

■ 効率水準：－

■ 導入コスト水準：－

出所) [1]東京都下水道局「汚泥焼却炉の廃熱を利用した冷暖房」  
[https://www.gesui.metro.tokyo.lg.jp/living/pdf/05\\_01.pdf](https://www.gesui.metro.tokyo.lg.jp/living/pdf/05_01.pdf)（閲覧日：2024年11月5日）  
[2]東京下水道エネルギー株式会社「新砂地区」  
<https://tse-kk.co.jp/business-shinsuna/>（閲覧日：2024年11月5日）

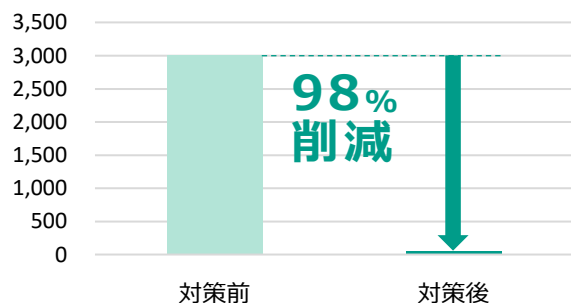
## 導入効果

- 汚泥処理能力300t/日の焼却炉に廃熱ボイラーを導入し、回収した熱を延床面積9,000m<sup>2</sup>の病院の空調に利用したケースにおける試算例は以下のとおり。

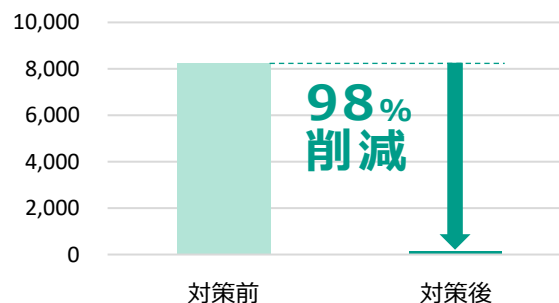
### 導入効果の試算例

- 各指標で98%削減できる試算結果。

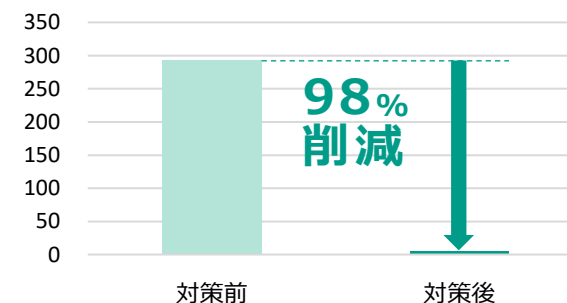
#### エネルギー消費量 (kL/年)



#### CO<sub>2</sub>排出量 (t-CO<sub>2</sub>/年)



#### エネルギーコスト (百万円/年)



# 焼却炉廃熱の空調設備熱源への利用

設備導入



## 計算条件

- 汚泥処理能力300t/日の焼却炉に廃熱ボイラーを導入し、回収した熱を延床面積9,000m<sup>2</sup>の病院の空調に利用したケースを想定した。

項目	記号	Before	After	単位	数値の出所、計算式
A重油の単位発熱量	①	38.9	38.9	GJ/kL	【参考①】
A重油の低位発熱量	②	36.6	36.6	GJ/kL	【参考①】
A重油のCO <sub>2</sub> 排出係数	③	2.75	2.75	t-CO <sub>2</sub> /kL	【参考①】
A重油の単価	④	97,900	97,900	円/kL	【参考①】
エネルギーの原油換算係数	⑤	0.0258	0.0258	kL/GJ	【参考①】
廃熱ボイラーの温水供給量	⑥	-	50.0	m <sup>3</sup> /h	Before : 熱供給しないことを想定 After : p1の事例を基に想定
年間稼働時間	⑦	-	7,920	h/年	資料[3]を基に24h/日×330日/年と想定
温水温度	⑧	-	72.0	℃	p1の事例を基に想定
給水温度	⑨	-	20.0	℃	想定値
水の比熱	⑩	4.18	4.18	MJ/t・℃	20℃、1気圧の水
年間供給熱量	⑪	-	86,075	GJ/年	Before : 熱供給しないことを想定 After : ⑥×⑦×(⑧-⑨)×⑩÷1,000
ボイラー効率	⑫	80.0	80.0	%	想定値
熱供給先空調熱源のA重油消費量	⑬	3,000	60.3	kL/年	Before : 資料[4][5]を基に想定 After : ⑬b-⑩a÷(⑫a÷100)÷②a
エネルギー消費量	⑭	116,700	2,345	GJ/年	⑬×①

計算式の添え字bはBefore、aはAfterを示す。

出所) [3]大阪市「大阪市平野下水処理場汚泥固形燃料化事業 (PFI事業)」<https://www.city.osaka.lg.jp/kensetsu/page/0000325106.html> (閲覧日: 2024年11月5日)

[4]一般財団法人省エネルギーセンター「病院のエネルギー消費の特徴」<https://www.eccj.or.jp/hospital/02.html> (閲覧日: 2024年11月20日)

[5]東京都地球温暖化防止活動推進センター「病院の省エネルギー対策」[https://www.tokyo-co2down.jp/assets/company/seminar/type/text/byouin\\_syouene.pdf](https://www.tokyo-co2down.jp/assets/company/seminar/type/text/byouin_syouene.pdf) (閲覧日: 2024年11月20日)

## 計算結果

項目	記号	Before	After	単位	計算式
エネルギー消費量	⑮	3,011	60.5	kL/年	⑭×⑤
CO <sub>2</sub> 排出量	⑯	8,250	166	t-CO <sub>2</sub> /年	⑬×③
エネルギーコスト	⑰	293.7	5.9	百万円/年	⑬×④÷1,000,000

## 備考

• -