

## 対策

台数制御システム・可動羽根制御システム・インバーター等を利用した回転速度制御システム等の導入によるポンプ運転制御方式の改善、流入落差を利用した膜ろ過システムの導入、PAC（ポリ塩化アルミニウム）の注入等の前処理設備の導入、RO膜（逆浸透膜）ろ過の排水圧力を利用した動力回収水車の導入

## 目次

## 頁

■ <a href="#">台数制御システム・可動羽根制御システム・インバーター等を利用した回転速度制御システム等の導入によるポンプ運転制御方式の改善</a>	1
■ <a href="#">流入落差を利用した膜ろ過システムの導入</a>	4
■ <a href="#">PAC（ポリ塩化アルミニウム）の注入等の前処理設備の導入</a>	5
■ <a href="#">RO膜（逆浸透膜）ろ過の排水圧力を利用した動力回収水車の導入</a>	6

# 台数制御システム・可動羽根制御システム・インバーター等を利用した回転速度制御システム等の導入によるポンプ運転制御方式の改善

設備導入



## 対策概要

- ポンプ運転において、必要な水量や水圧で送水するよう運転制御方式を改善することで、排泥濃縮槽設備の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

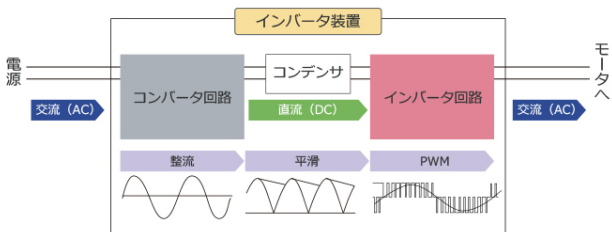
上水道・工業用水道 / 排水処理工程 / 排泥濃縮槽設備

## 原理・仕組み

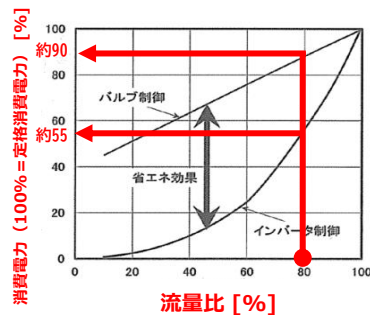
- 上水道・工業用水道部門におけるポンプ運転によるエネルギー消費量は非常に大きい。状況に応じて、バルブ開度制御から、台数制御、可動羽根制御、回転速度制御へと更新することで、エネルギー消費量削減に貢献する。

### 対策イメージ（回転速度制御）

- ・ 誘導モータの回転速度が供給される電源周波数に比例するため、インバーターを用いて電源周波数を変化させ回転速度を制御し、ポンプの吐出量、吐出圧を変化させる。
- ・ 流量変動が大きい場合に導入効果が期待でき、低速度回転域においてエネルギー効率が低下する液体抵抗器方式からインバーター制御方式等に変更することで省エネルギーを図ることができる。



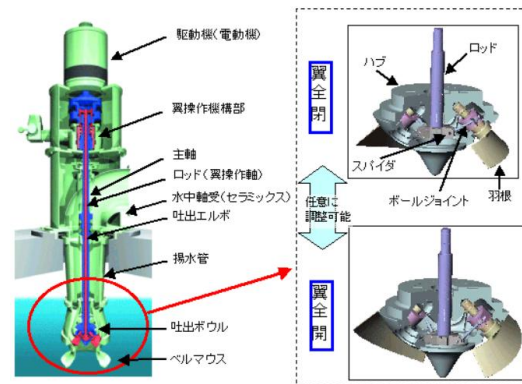
回転速度制御に用いられるインバータ装置の概念<sup>[1]</sup>



流量比率と消費電力の関係<sup>[2]</sup>

### 対策イメージ（可動羽根制御）

- ・ ポンプ羽根車の羽根角度を変化させることにより、1台のポンプに複数のポンプの特性を持たせ、ポンプ軸動力の損失を抑えて流量の調整ができる。流量調整時のポンプ軸動力の削減により、エネルギー消費量が削減される。



可動羽根制御の概念<sup>[3]</sup>

出所) [1]富士電機株式会社「富士電気製品コラム インバータの仕組み?」  
[https://www.fujielectric.co.jp/about/column/detail/inverter\\_02.html](https://www.fujielectric.co.jp/about/column/detail/inverter_02.html) (閲覧日: 2024年7月19日)  
 [2]公益財団法人水道技術研究センター「水道における省電力ハンドブック」(2015年1月) (赤字、赤線を追記)

出所) [3]株式会社日立インダストリアルプロダクツ「可動翼ポンプ」  
<https://www.hitachi-ip.co.jp/products/pump/technology/saveenergy/movablewing.html> (閲覧日: 2024年7月18日)

## 効率・導入コストの水準

- 効率水準: -
- 導入コスト水準: -

# 台数制御システム・可動羽根制御システム・インバーター等を利用した回転速度制御システム等の導入によるポンプ運転制御方式の改善

設備導入



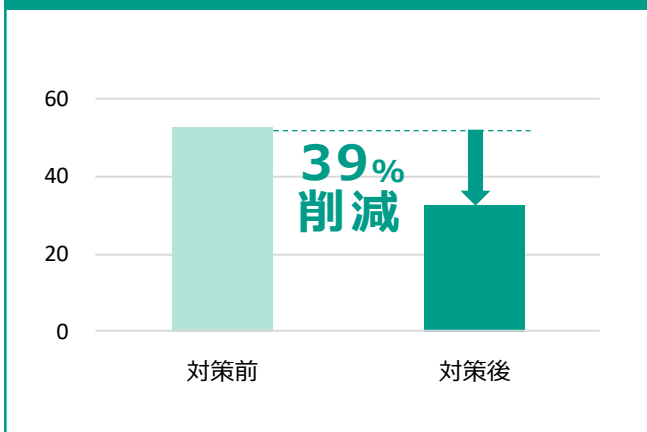
## 導入効果

- 定格消費電力30kW、平均負荷率80%の冷却水ポンプ1台にインバーター制御を導入したケースにおける試算例は以下のとおり。

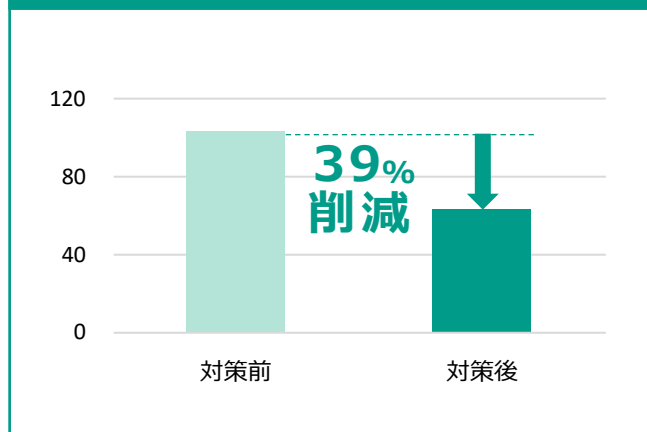
### 導入効果の試算例

- 各指標で39%削減できる試算結果。

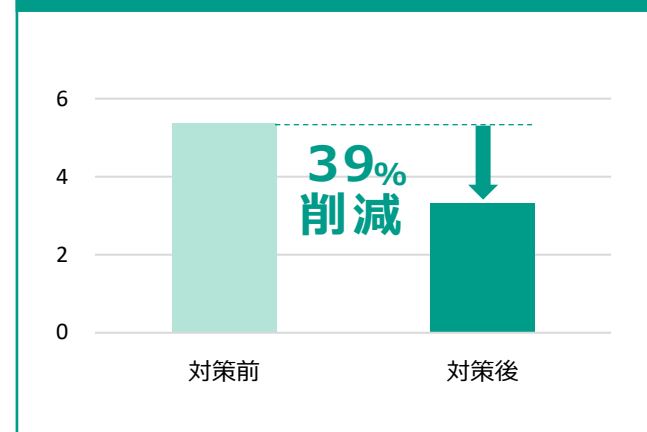
#### エネルギー消費量 (kL/年)



#### 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)



# 台数制御システム・可動羽根制御システム・インバーター等を利用した回転速度制御システム等の導入によるポンプ運転制御方式の改善

設備導入



## 計算条件

- ・ 定格消費電力30kW、平均負荷率80%の冷却水ポンプ1台にインバーター制御の導入したケースを想定した。
- ・ インバーター制御の導入により、電力消費量を39%削減できた場合を想定した。

項目	記号	Before	After	単位	数値の出所、計算式
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】
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】
電気の単価	③	22.76	22.76	円/kWh	【参考①】
エネルギーの原油換算係数	④	0.0258	0.0258	kL/GJ	【参考①】
ポンプの定格消費電力	⑤	30.0	30.0	kW	想定値30kW×1台
定格に対する消費電力の比率	⑥	90.0	55.0	%	流量比率80%としてp1の図より想定
ポンプの消費電力	⑦	27.0	16.5	kW	⑤×⑥÷100
年間稼働時間	⑧	8,760	8,760	h/年	想定値
電力消費量	⑨	237	145	千kWh/年	⑦×⑧÷1,000
エネルギー消費量	⑩	2,044	1,249	GJ/年	⑨×①

## 計算結果

項目	記号	Before	After	単位	計算式
エネルギー消費量	⑩	52.7	32.2	kL/年	⑩×④
CO <sub>2</sub> 排出量	⑫	102.6	62.7	t-CO <sub>2</sub> /年	⑨×②
エネルギーコスト	⑬	5.4	3.3	百万円/年	⑨×③÷1,000

## 備考

- ・ 運転制御方式の改善は送水・配水施設に限らず水道全般に適用されるが、各方式の持つ特徴を踏まえ、単独または併用方式を比較検討したうえで方式を決定する必要がある。

## 対策概要

- 膜ろ過方式における膜ろ過の駆動力として、ポンプ圧力の代わりに水が持つ位置エネルギーを活用することで、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

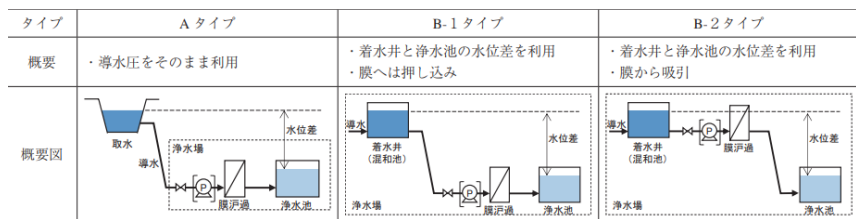
上水道・工業用水道 / 沈でん・ろ過工程 / 膜ろ過設備

## 原理・仕組み

- 取水地点から浄水場までの高低差（流入落差）や浄水場内で利用できる水位差による位置エネルギーを膜ろ過の駆動力として活用することで、通常の膜ろ過に必要なポンプ動力を軽減もしくは不要とし、エネルギー消費量を削減する。

### 対策イメージ（水位差利用のパターン）

- ・ 一般に膜ろ過設備は、膜に差圧をかけるためのポンプに大きな電力を必要とする。ポンプ圧力の代わりに位置エネルギーを利用することでエネルギー消費量を削減できる。電気エネルギーに変換しないため、エネルギー損失がないこともメリットである。
- ・ Aタイプは導水圧をそのまま浄水処理に利用する方法で、着水井に到達した時点で導水圧が余剰している場合に適用でき、より取水位置が高く導水余剰圧が大きいほど動力削減効果大きい。Bタイプは着水井と浄水池の水位差を利用する方法で、B-1タイプは水位差を膜への押し込み圧として利用、B-2タイプは膜からの吸引圧として利用する。（左図）

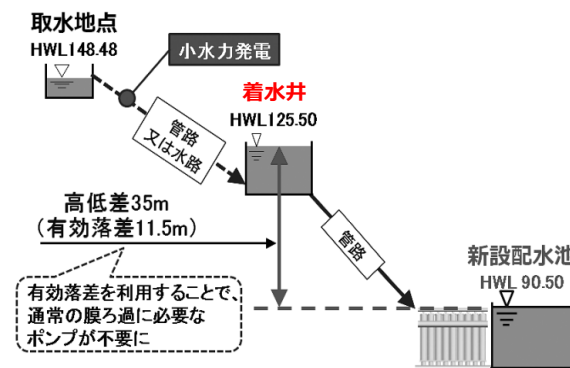


膜ろ過方式における水位差利用の配置別タイプ<sup>[1]</sup>

出所) [1]公益社団法人日本水道協会「水位差利用型膜ろ過システムの導入による脱炭素化への貢献」  
[http://www.jwwa.or.jp/upfile/upload\\_file\\_20230407006.pdf](http://www.jwwa.or.jp/upfile/upload_file_20230407006.pdf) (閲覧日: 2024年9月30日)

### 対策イメージ（導水圧の利用）

- ・ 取水地点から着水井までの高低差35mを利用して、着水井における有効落差11.5m相当の導水余剰圧で膜ろ過を行い配水池に流入させている事例がある。右図に示す水位差利用のパターンのAタイプに該当する。（右図）



導水余剰圧利用のイメージ<sup>[2]</sup>

出所) [2]横浜市水道局「川井浄水場再整備による環境に配慮した水道システムの実現」  
[https://www.japanriver.or.jp/taisyo/oubo\\_jyusyou/jyusyou\\_katudou/no17/no17\\_pdf/yokohama\\_city.pdf](https://www.japanriver.or.jp/taisyo/oubo_jyusyou/jyusyou_katudou/no17/no17_pdf/yokohama_city.pdf)  
(閲覧日: 2024年9月30日) (赤字を追記)

## 効率・導入コストの水準

- 効率水準: -
- 導入コスト水準: -

## 備考

- ・ 膜ろ過駆動に必要な差圧は、膜処理方式（ケーシング収納型、槽浸漬型）、透過流束、膜材質等により異なるため詳細検討が必要である。
- ・ 工業用水において膜ろ過を行うのは、純度の高い工業用水を精製する場合に限られる。



## 対策概要

- 膜ろ過の前処理設備の導入により膜の洗浄等に伴う付帯ポンプの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

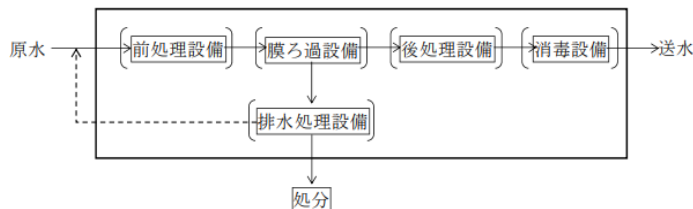
上水道・工業用水道/ 沈でん・ろ過工程/ 膜ろ過設備

## 原理・仕組み

- 膜ろ過の前処理は、膜の機能維持と処理水質の両面に関連する。原水水質によっては、前処理としてPACの注入等を行うことで膜汚染が低減され、膜の物理的洗浄や薬品洗浄回数が減り、付帯ポンプ類の運転時間が短くなることによりエネルギー消費量を削減することができる。

### 膜ろ過施設のフロー

- ・ 膜ろ過施設の一般的なフローは下図のとおり。
- ・ 原水中の夾雑物や異物による膜の破損や閉塞等の防止や処理水量・水質の両面において、膜の性能を最も効率よく発揮させるために必要に応じて適切な前処理設備を選択する。
- ・ 膜ろ過施設の前処理設備としては、以下の設備がある。  
1. 夾雑物除去装置 2. 凝集剤注入設備 3. 次亜塩素酸ナトリウム注入設備等

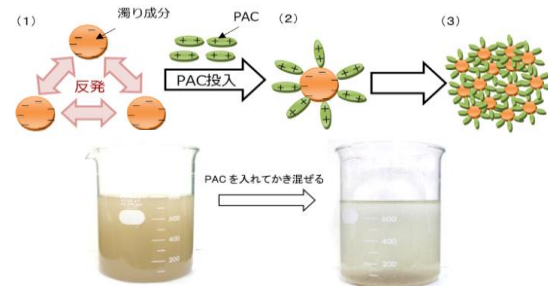


膜ろ過施設の一般的な処理フロー<sup>[1]</sup>

出所) [1]公益社団法人日本水道協会 中規模水道施設器械・電気設備設計要領改訂版 [http://www.jwwa.or.jp/upload\\_file\\_20220315004.pdf](http://www.jwwa.or.jp/upload_file_20220315004.pdf) (閲覧日: 2024年9月6日)

### 対策イメージ(PACの注入)

- ・ 水中の濁り成分はマイナスの電気を帯びているため、通常は反発しあって水中に分散するが、PACを投入することで電氣的に中和し、濁り成分が凝集して沈でんする。
- ・ 膜ろ過の前処理設備として凝集剤注入設備を設置し、PACを注入することにより原水中の不純物を取り除くことは、膜の目詰まり防止という点で大きな効果があるため、膜の洗浄回数を減らすことができる。



凝集のイメージ(上)と凝集剤添加前と後の比較(下)<sup>[2]</sup>

出所) [2]東京都水道局「凝集沈でんのしくみ」 <https://www.waterworks.metro.tokyo.lg.jp/suigen/topic/30.html> (閲覧日: 2024年9月6日)

## 効率・導入コストの水準

- 効率水準: -
- 導入コスト水準: -

## 備考

- ・ 必要となる前処理は原水の性状、水質によって異なることに十分留意する必要がある。
- ・ PACは、エネルギー消費量の削減ではなく浄水処理の精度を高めるために用いられるケースもある。
- ・ 工業用水において膜ろ過を行うのは、純度の高い工業用水を精製する場合に限られる。

# RO膜（逆浸透膜）ろ過の排水圧力を利用した動力回収水車の導入

設備導入



## 対策概要

- 逆浸透法（RO法）の海水淡水化設備に動力回収タービンを設置し、回収したエネルギーを高圧ポンプの補助動力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

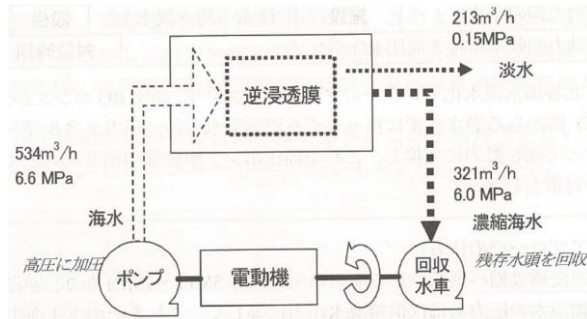
- 上水道・工業用水道/沈でん・ろ過工程/膜ろ過池設備

## 原理・仕組み

- RO法の海水淡水化施設では、高圧ポンプによって逆浸透膜に海水を供給して生産水（脱塩水）を取り出す。この際に排水される濃縮排水の圧力エネルギーを動力回収水車により機械エネルギーに変換し、高圧ポンプを駆動するモータの補助動力として利用することで、高圧ポンプのエネルギー消費量を削減する。

### 対策イメージ（動力回収水車による動力回収）

- 動力回収水車は、濃縮配水の圧力エネルギーを回転力の形で機械エネルギーに変換して回収する装置である。
- 回収したエネルギーは、高圧ポンプを駆動するモータの補助動力として利用することができる。



逆浸透膜に対する残存圧力を回収する仕組みのイメージ<sup>[1]</sup>

出所) [1]公益社団法人日本水道協会「水道施設におけるエネルギー対策の実例」(2009年) p.155

### 動力回収装置の導入事例

- 高圧RO膜ユニットで海水から淡水を抽出する際に得られる濃縮海水が排出される時のエネルギーを回収する装置を導入した福岡地区水道企業団まみずピアでは、導入により高圧ROポンプに必要な電力を約20%削減することができた。



高圧ROポンプ・動力回収装置（福岡地区水道企業団まみずピア）<sup>[2]</sup>

出所) [2]福岡地区水道企業団「まみずピア5.高圧ROポンプ6.動力回収装置」  
<https://www.f-suiki.or.jp/facility/kaitan-center/kaitan-facility/kaitan-flow/kaitan-flow-5and6/>（閲覧日：2024年9月27日）

## 効率・導入コストの水準

- 効率水準：－
- 導入コスト水準：－

# RO膜（逆浸透膜）ろ過の排水圧力を利用した動力回収水車の導入

設備導入



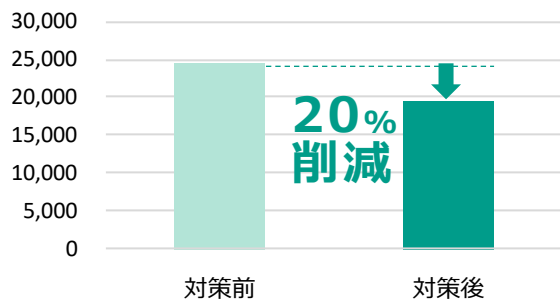
## 導入効果

- RO膜（逆浸透膜）ろ過の配水圧力を利用した動力回収水車を導入したケースにおける試算例は以下のとおり。
- 造水量50,000m<sup>3</sup>/日の海水淡水化施設において、造水に係る電力消費量が20%削減された場合を想定した。

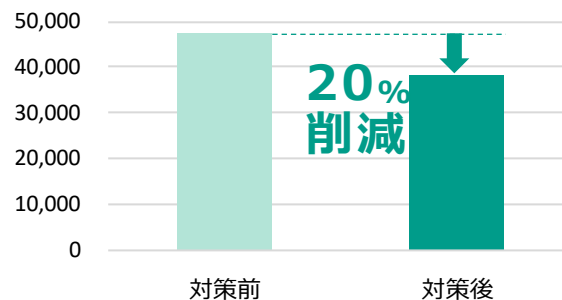
## 導入効果の試算例

- 各指標で20%削減できる試算結果。

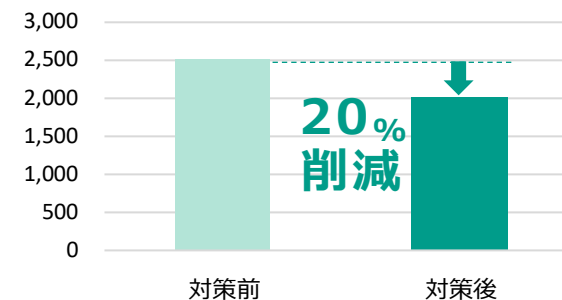
### エネルギー消費量 (kL/年)



### 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)





# RO膜（逆浸透膜）ろ過の排水圧力を利用した動力回収水車の導入

設備導入



## 計算条件

- RO膜（逆浸透膜）ろ過の排水圧力を利用した動力回収水車の導入により、電力消費量が20%削減された場合を想定した。

項目	記号	Before	After	単位	数値の出所、計算式
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】
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】
電気の単価	③	22.76	22.76	円/kWh	【参考①】
エネルギーの原油換算係数	④	0.0258	0.0258	kL/GJ	【参考①】
造水量1m <sup>3</sup> 当たりの電力消費量	⑤	6.0	6.0	kWh/m <sup>3</sup>	資料 <sup>[3]</sup> を基に想定
1日当たり造水量	⑥	50,000	50,000	m <sup>3</sup> /日	資料 <sup>[4]</sup> を基に想定
年間造水量	⑦	18,250	18,250	千m <sup>3</sup> /年	⑥×365日/年÷1000
電力消費量削減率	⑧	-	20.0	%	p10の事例より想定
電力消費量	⑨	109,500	87,600	千kWh/年	Before : ⑦×⑤ After : ⑨b×(1-⑧÷100)
エネルギー消費量	⑩	946,080	756,864	GJ/年	⑨×①

計算式の添え字bはBefore、aはAfterを示す。

出所) [3]日本海水学会誌「特集「逆浸透法による海水淡水化技術の進展」」[https://www.jstage.jst.go.jp/article/swsj1965/58/3/58\\_273/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/swsj1965/58/3/58_273/_pdf/-char/ja) (閲覧日: 2024年9月27日)

[4]福岡地区水道企業団「施設紹介(まみずピア)」<https://www.f-suiki.or.jp/facility/kaitan-center/kaitan-facility/> (閲覧日: 2024年10月10日)

## 計算結果

項目	記号	Before	After	単位	計算式
エネルギー消費量	⑪	24,409	19,527	kL/年	⑩×④
CO <sub>2</sub> 排出量	⑫	47,523	38,018	t-CO <sub>2</sub> /年	⑨×②
エネルギーコスト	⑬	2,492	1,994	百万円/年	⑨×③÷1,000

## 備考

- 工業用水において膜ろ過を行うのは、純度の高い工業用水を精製する場合に限られる。