

送水・配水施設における台数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等

設備導入



対策

送水・配水施設における台数制御システム・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、羽根車改造等による適正規模の設備容量のポンプの導入、高効率ポンプ・エネルギー消費効率の高いモータの導入、ブロック配水システムの導入

目次

頁

■ 送水・配水施設における台数制御システム・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	1
■ 羽根車改造等による適正規模の設備容量のポンプの導入	4
■ 高効率ポンプ・エネルギー消費効率の高いモータの導入	7
■ ブロック配水システムの導入	10

送水・配水施設における台数制御システム・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、ポンプ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

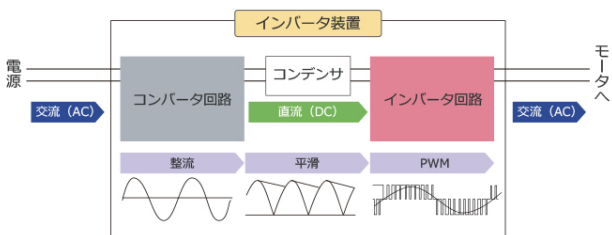
- 上水道・工業用水道 / 送水・配水工程 / 送水・配水施設

原理・仕組み

- 上水道・工業用水道部門におけるポンプ運転の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、エネルギー消費量を削減する。

対策イメージ（インバーター制御）

- ・ 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エネルギー消費量を削減することができる。

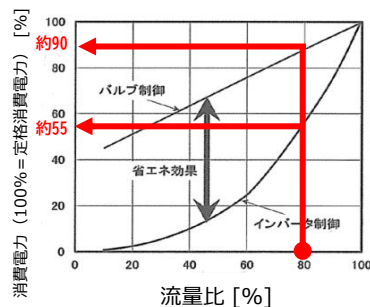


回転速度制御に用いられるインバーター装置の概念^[1]

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 (閲覧日: 2024年9月19日)

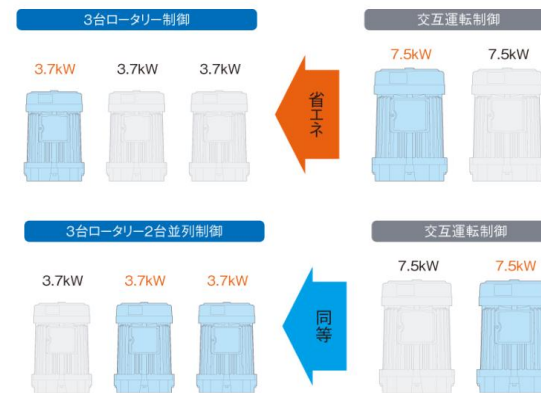
[2]公益財団法人水道技術研究センター「水道における省電力ハンドブック」(2015年1月) p.13 (赤字、赤線を追記)



流量比率と消費電力の関係^[2]

対策イメージ（台数制御）

- ・ 小水量時はポンプ1台で対応し、大水量時はポンプ2台が並列運転して対応することで、大容量ポンプと変わらない能力を発揮しながら電力消費量を削減することができる。



台数制御のイメージ 小水量時（上）と大水量時（下）^[3]

出所) [3]株式会社川本製作所「ポンプの省エネ化 台数制御運転の採用」

https://www.kawamoto.co.jp/closeup/eco/energy_saving.html (閲覧日: 2024年9月19日)

効率・導入コストの水準

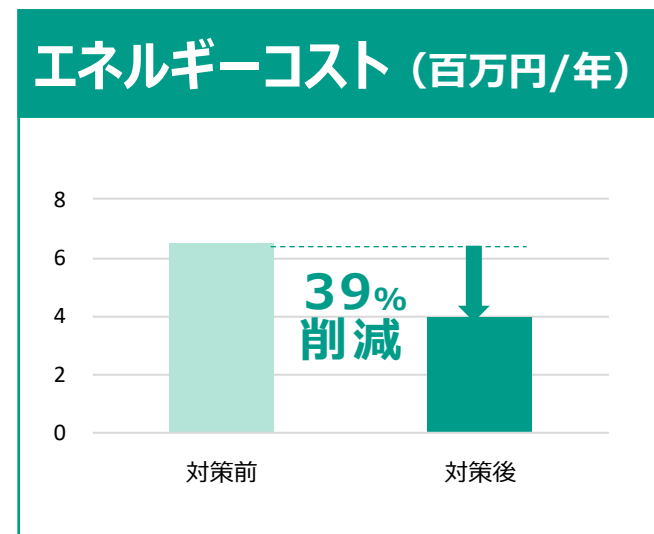
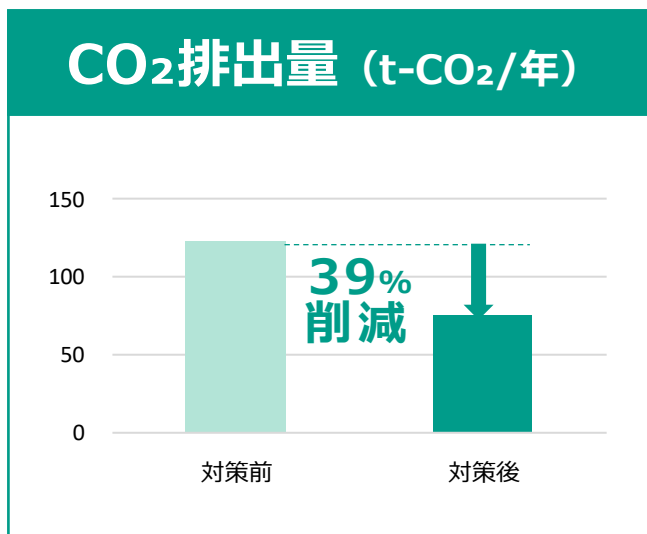
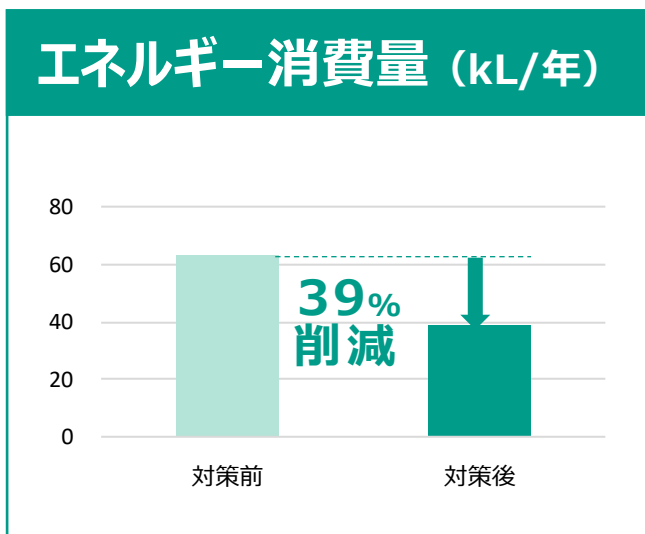
- 効率水準：－
- 導入コスト水準：－

導入効果

- 定格消費電力180kW、平均負荷率80%の配水ポンプ5台について、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。



送水・配水施設における台数制御システム・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180kW、平均負荷率80%の配水ポンプ5台にインバーター制御を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 ₂ 排出係数	②	0.434	0.434	t-CO ₂ /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	900	900	kW	資料 ^[4] を基に想定 180kW×5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	81.0	49.5	kW	⑤×⑥÷1,000
年間稼働時間	⑧	3,500	3,500	h/年	資料 ^[4] を基に想定
電力消費量	⑨	284	173	千kWh/年	⑦×⑧÷1,000
エネルギー消費量	⑩	2,449	1,497	GJ/年	⑨×①

出所) [4]横浜市水道局「令和4年度電力年報」https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/sumai-kurashi/suido-gesui/suido/torikumi/kankyohozen/denyokunenpou.files/0024_20240327.pdf (閲覧日: 2024年10月9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	63.2	38.6	kL/年	⑩×④
CO ₂ 排出量	⑫	123.0	75.2	t-CO ₂ /年	⑨×②
エネルギーコスト	⑬	6.5	3.9	百万円/年	⑨×③÷1,000

備考

- ・ 運転制御方式の改善については、適用する際に各方式の持つ特徴を認識し、単独または併用方式を比較検討して方式を決定することが必要である。

対策概要

- ポンプの仕様が現状の使用条件に対して過剰である場合、ポンプ設備容量の適正化を図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 / 送水・配水工程 / 送水・配水施設

原理・仕組み

- ポンプ設備を更新する場合に揚程、容量、台数を適正なものに見直す。ポンプ本体が十分に使用に耐えられる場合は、羽根車の加工・交換等（例：インペラカット）により現状の運転条件に見合ったポンプ設備容量等に改造することによって、エネルギー消費量を削減する。

対策イメージ（羽根車（インペラ）カット）

- 羽根車の加工の例として、ポンプの吐出し量、全揚程が、使用条件に対して過剰である場合、インペラ外径を小さくすることで、エネルギー消費量を削減することができる（インペラ外径5%カット時の軸動力が20%減となる）。

A（通常のインペラ） B（省エネ対策インペラ）

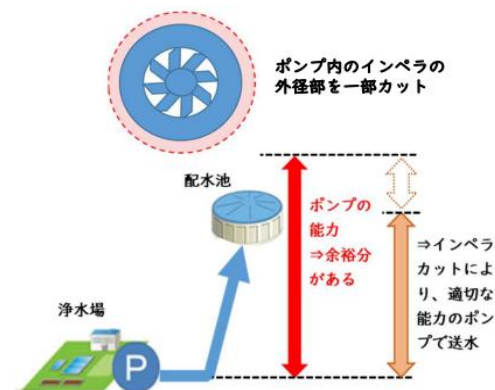


ポンプ羽根車のインペラカットのイメージ[1]

出所) [1]株式会社川本製作所「ポンプの省エネ化」
https://www.kawamoto.co.jp/closeup/eco/energy_saving.html (閲覧日: 2024年9月19日)

インペラカットによる省エネ化推進事例

- ポンプ能力に余裕がある場合に、インペラの外形を一部カットすることにより、適切なエネルギーでポンプを使用することで、省エネルギー化を推進している例がある。



インペラカットによる省エネルギー化の推進[2]

出所) [2]滋賀県企業庁「滋賀県企業庁脱炭素ロードマップ」
<https://www.pref.shiga.lg.jp/file/attachment/5462807.pdf> (閲覧日: 2024年9月19日)

効率・導入コストの水準

- 効率水準: -
- 導入コスト水準: -

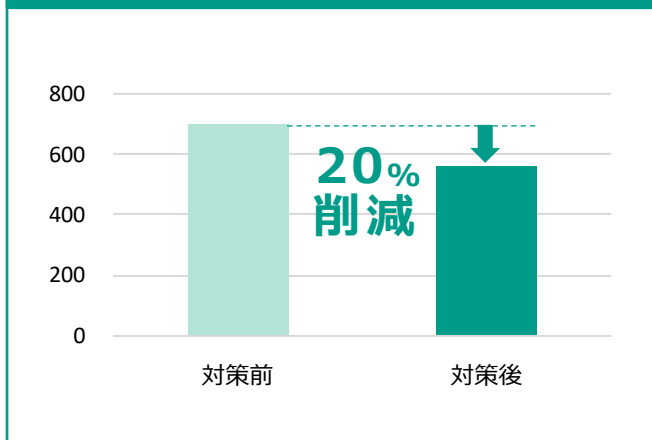
導入効果

- 定格消費電力180kWの配水ポンプ5台に羽根車改造を行ったケースにおける試算例は以下のとおり。
- 羽根車改造により、電力消費量が20%削減することを想定した。

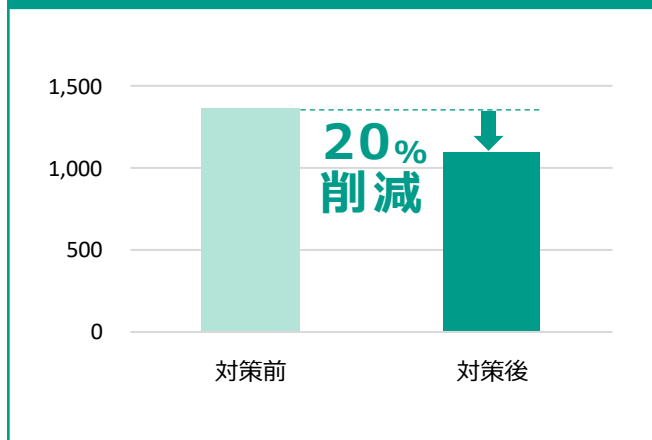
導入効果の試算例

- 各指標で20%削減できる試算結果。

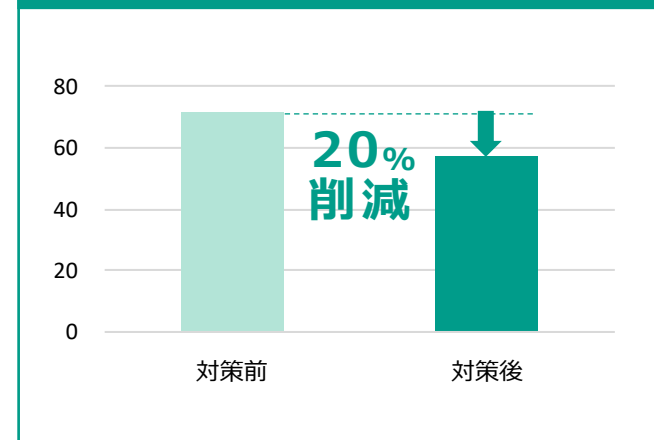
エネルギー消費量 (kL/年)



CO₂排出量 (t-CO₂/年)



エネルギーコスト (百万円/年)



羽根車改造等による適正規模の設備容量のポンプの導入

設備導入



計算条件

- 定格消費電力180kWの配水ポンプ5台に羽根車改造を行うことで、定格に対する消費電力及び電力消費量が20%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 ₂ 排出係数	②	0.434	0.434	t-CO ₂ /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	900	900	kW	資料 ^[3] を基に想定 180kW×5台
定格に対する消費電力の削減率	⑥	-	20.0	%	インペラ外径5%カットを想定し、p4より想定
ポンプの消費電力	⑦	900	720	kW	⑤×(1-⑥÷100)
年間稼働時間	⑧	3,500	3,500	h/年	資料 ^[3] を基に想定
電力消費量	⑨	3,150	2,520	千kWh/年	⑦×⑧÷1,000
エネルギー消費量	⑩	27,216	21,773	GJ/年	⑨×①

出所) [3]横浜市水道局「令和4年度電力年報」https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/sumai-kurashi/suido-gesui/suido/torikumi/kankyohozen/denyokunenpou.files/0024_20240327.pdf (閲覧日: 2024年10月9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	702	562	kL/年	⑩×④
CO ₂ 排出量	⑫	1,367	1,094	t-CO ₂ /年	⑨×②
エネルギーコスト	⑬	71.7	57.4	百万円/年	⑨×③÷1,000

備考

- ポンプ設備変更に伴い電気付帯設備の改造・変更が必要となる場合があるので留意する必要がある。

対策概要

- 上水道・工業用水道部門におけるエネルギー消費量の大部分を占める、取水・導水・送水・配水のポンプ設備の新設・更新時は高効率モータやトプラナーモータを搭載したポンプを選定し、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

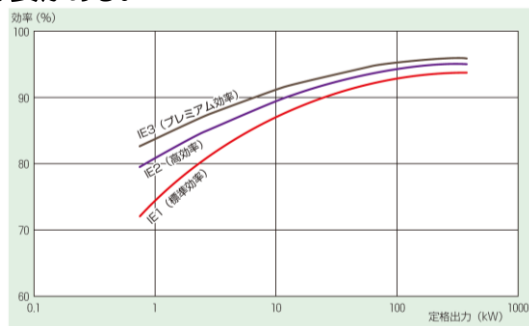
上水道・工業用水道 / 送水・配水工程 / 送水・配水施設

原理・仕組み

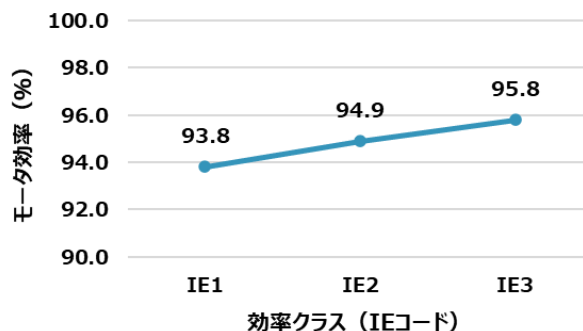
- トプラナーモータとは、効率クラスIE3（プレミアム効率）のモータで、電気を動力に変換する際の損失を最小限とする設計がなされている。発生損失を抑制することで回転速度を速めており、従来モータよりも効率が高い。これらのモータの利用によりエネルギー消費量を削減する。

対策イメージ

- ・ 日本産業規格（JIS）には、定格効率に基づく効率クラス（IE1～IE3）が規定されており、IE3（プレミアム効率）モータのトプラナー基準の効率は、IE1（標準効率）に比べ2～7%高い（左図）。日本電機工業会加盟メーカーでは、カタログやモータ本体に「トプラナーモータ」のロゴマークを表示している（右図）。
- ・ 既存のモータをエネルギー消費効率の高いモータに交換する場合には、モータサイズ、定格回転速度、始動電流、モータ発生トルクなどが変わる場合があることに留意し、検討する必要がある。



従来モータとトプラナーモータの比較^[1]



定格出力160kWのモータにおけるIEコード別のモータ効率^[2]



「トプラナーモータ」マーク^[1]

出所) [1]一般社団法人日本電機工業会「地球環境保護・省エネルギーのためにトプラナーモータ 2021年版」[https://www.jema-net.or.jp/jema/data/S5238\(20211220\).pdf](https://www.jema-net.or.jp/jema/data/S5238(20211220).pdf) (閲覧日: 2024年8月27日)

[2]一般社団法人日本電機工業会「トプラナーモータ基準値とIEコードとの対比表」https://www.jema-net.or.jp/Japanese/pis/top_runner/pdf/taihi.pdf (閲覧日: 2024年8月27日)

効率・導入コストの水準

- 効率水準: -
- 導入コスト水準: -

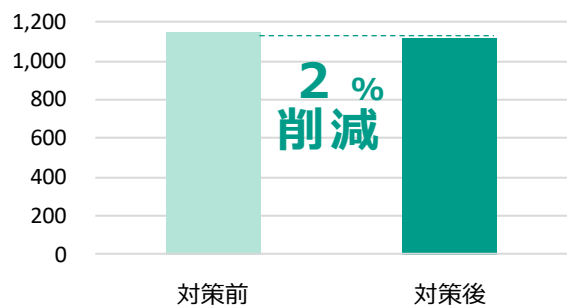
導入効果

- 年間3,000時間稼働している配水用ポンプの定格出力160kWモータ（IE1、効率93.8%）10台を、トップランナーモータ（IE3、効率95.8%）に更新したケースにおける試算例は以下のとおり。

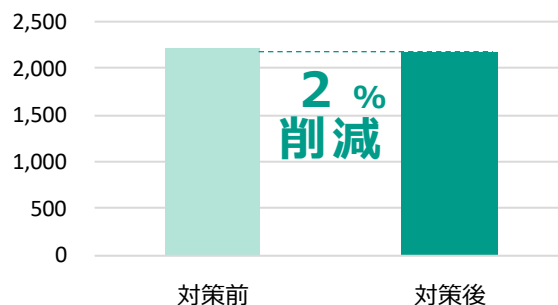
導入効果の試算例

- 各指標で2%削減できる試算結果。

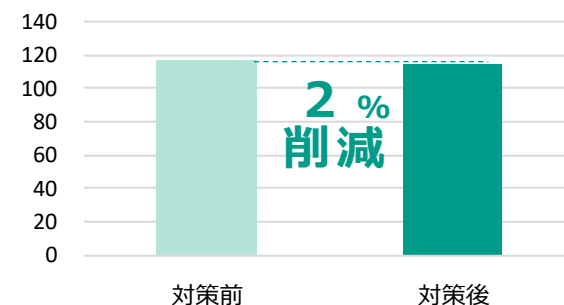
エネルギー消費量 (kL/年)



CO₂排出量 (t-CO₂/年)



エネルギーコスト (百万円/年)



高効率ポンプ・エネルギー消費効率の高いモータの導入

設備導入



計算条件

- 年間3,000時間稼働している配水用ポンプの定格出力160kWモータ（IE1、効率93.8%）10台を、トップランナーモータ（IE3、効率95.8%）に更新することにより、電力消費量を2.1%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 ₂ 排出係数	②	0.434	0.434	t-CO ₂ /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】
モータの効率	⑤	93.8	95.8	%	定格出力160kWのIE1、IE3の効率としてp7の図より想定
モータの定格出力	⑥	160	160	kW	資料 ^[3] を基に想定
稼働台数	⑦	10	10	台	資料 ^[3] を基に想定
年間稼働時間	⑧	3,000	3,000	h/年	資料 ^[3] を基に想定
電力消費量	⑨	5,117	5,010	千kWh/年	⑥×⑧×⑦÷(⑤÷100)÷1,000
エネルギー消費量	⑩	44,213	43,290	GJ/年	⑨×①

出所) [3]横浜市水道局「令和4年度電力年報」https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/sumai-kurashi/suido-gesui/suido/torikumi/kankyohozen/denyokunenpou.files/0024_20240327.pdf (閲覧日: 2024年8月27日)

計算結果

- 計算結果には、トップランナーモータの導入コストは含まれていない。

項目	記号	Before	After	単位	計算式
エネルギー消費量	⑩	1,141	1,117	kL/年	⑩×④
CO ₂ 排出量	⑫	2,221	2,175	t-CO ₂ /年	⑨×②
エネルギーコスト	⑬	116	114	百万円/年	⑨×③÷1,000

備考

- 2015年4月以降、製造事業者は国内向けに出荷するモータのエネルギー消費効率を区分ごとに出荷台数により加重平均した数値が、基準エネルギー消費効率を下回らないようにする必要があるとされている。

対策概要

- 給水地域を配水ブロックに分割しブロックごとに水量・水圧の管理をすることで、水運用の適正化を行い、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 / 送水・配水工程 / 送水・配水施設

原理・仕組み

- 起伏の多い丘陵地域などでは一定の圧力で全域に配水することが困難であるため、地形や地勢によって配水ブロックを分割し、各ブロックの水圧平準化や、水圧・流量監視による配水圧の適正化、均一化を図り、水運用を高度化し、エネルギー消費量を削減する。

対策イメージ（ブロック配水システム）

- ブロック配水システムの導入により、各ブロック内の水圧を平準化することで水圧管理が容易になる。また、水圧・流量の把握が容易となり、経済的かつ効率的に配水可能となる。水圧だけでなく水質の管理も容易になることや、事故等による断水などの影響範囲を最小限に抑え、早期の復旧につなげられるという利点がある。



ブロック配水システムの例^[1]

出所) [1]横浜市「配水のしくみ」

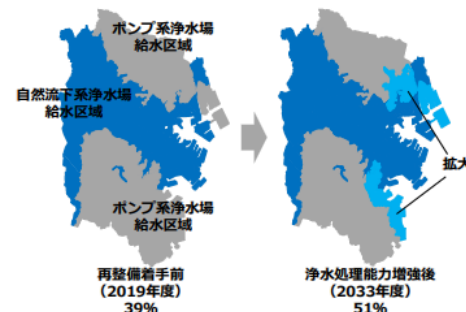
<https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/sumai-kurashi/suido-gesui/suido/suishitsu/dekirumade/haisui.html> (閲覧日: 2024年7月25日)

効率・導入コストの水準

- 効率水準: -
- 導入コスト水準: -

配水ブロック区域の設定における考え方

- 自然落下系区域（低区）とポンプ系区域（高区）に分けてブロック化することにより、エネルギー効率化を図ることができる。
- 配水ブロックは施設整備に合わせて見直し、適切な水圧管理をしていく必要がある。具体的には、自然落下で送水している浄水場からの給水エリアの拡大や、ポンプ設備で送水している浄水場の廃止の検討により、環境負荷低減につながる。
- 横浜市水道局では、自然流下系の浄水場の更新に伴い、浄水処理能力を増強し、給水区域を全体の39%から51%に拡大することを計画している。



自然落下系給水区域拡大のイメージ^[2]

出所) [2]公益財団法人水道技術研究センター「配水ブロックシステムを用いた水圧管理」

https://www.jwrc-net.or.jp/docs/research-development/comparison/docs/d01_o03_c02.pdf (閲覧日: 2024年7月25日)

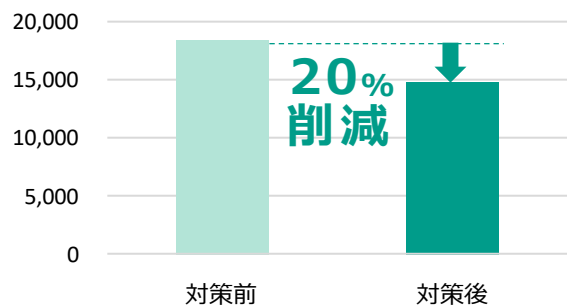
導入効果

- ブロック配水システムの導入により自然流下系の浄水場の給水区域を拡大することで、ポンプ設備で送水している浄水場の配水量を12%減少させたケースにおける試算例は以下のとおり。

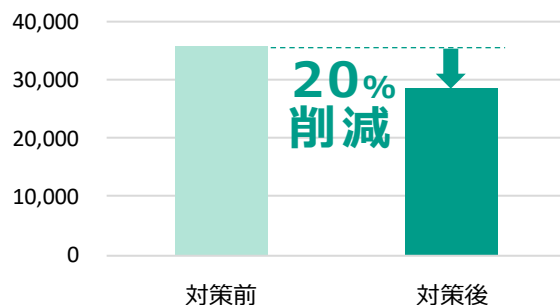
導入効果の試算例

- 各指標で20%削減できる試算結果。

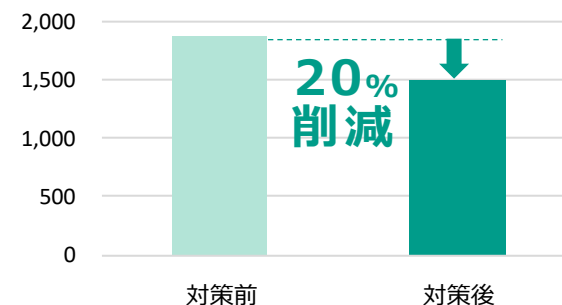
エネルギー消費量 (kL/年)



CO₂排出量 (t-CO₂/年)



エネルギーコスト (百万円/年)



計算条件

- ブロック配水システムの導入により、ポンプ系区域の水量を12%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 ₂ 排出係数	②	0.434	0.434	t-CO ₂ /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】
総配水量	⑤	408,040	408,040	千m ³	資料 ^[3] を基に想定
配水地域全体におけるポンプ系区域送水割合	⑥	61.0	49.0	%	自然流下系区域の割合を参考に、p10の図より想定
ポンプ系区域送水量	⑦	248,904	199,940	千m ³	⑤×⑥÷100
配水量1m ³ 当たりの電力消費量	⑧	0.33	0.33	kWh/m ³	資料 ^[4] を基に想定
電力消費量	⑨	82,138	65,980	千kWh/年	⑦×⑧
エネルギー消費量	⑩	709,676	570,068	GJ/年	⑨×①

出所) [3]横浜市水道局「電力年報 令和4年度」https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/sumai-kurashi/suido-gesui/suido/torikumi/kankyohozen/denryokunenpou.files/0024_20240327.pdf (閲覧日: 2024年7月22日)

[4]公益社団法人日本水道協会「令和3年度水道事業ガイドライン (JWWA Q 100) 業務指標一覧」http://www.jwwa.or.jp/upfile/upload_file_20240321004.pdf (閲覧日: 2024年7月22日)

計算結果

- 計算結果には、設備整備に関するコストは含まれていない。

項目	記号	Before	After	単位	計算式
エネルギー消費量	⑪	18,310	14,708	kL/年	⑩×④
CO ₂ 排出量	⑫	35,648	28,635	t-CO ₂ /年	⑨×②
エネルギーコスト	⑬	1,869	1,502	百万円/年	⑨×③÷1,000

備考

- さらに、配水ブロック間を口径の大きな水道管で結ぶことで、断水などの事故が発生した場合には、隣接する配水ブロックから水道水を送れるようになり、応援体制の強化も図ることができる。