

西島製作所について



西島製作所（トリシマポンプ）をご存じですか。

会社概要

- 所在地：大阪府 高槻市
- 創業：1919年8月
- 売上高：811億円
(2023年度連結)
- 従業員数：1,821名
(連結2024年3月現在)



本社・工場（大型・高圧ポンプ）



2021年度完成の新本社工場ビルは100%グリーン電力で賄われています。



主に大型ポンプ、高圧ポンプを製造



鋳造



加工



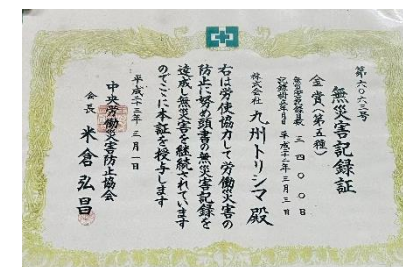
組立



性能試験

九州トリシマ (小型ポンプ)

エコポンプなどの小型ポンプを製造



無災害記録証(金賞)

無災害記録3,400日

記録樹立：2011年3月

※無災害継続日数7,022日(2024/12/31時点)

工場の電力は100%再生可能エネルギーで賄っています。



自動倉庫



加工



組立



性能試験

※無災害継続日数：死亡または休業災害がない実働日数(休業災害：休業1日以上の災害または身体障害の対象となる不働災害)

ビル・商業施設



エコポンプ

- ・ 片吸込み渦巻ポンプ：CAシリーズ
(CAL/R,CAL/R-E,CAM/S)

※CAL/Rは2023/10～スーパーエコポンプとして発売

- ・ 高圧多段ポンプ：MMK/L-E



ポンプ選定の基礎(渦巻型遠心ポンプ)

簡易にポンプを選定する場合(液質が清水・常温)

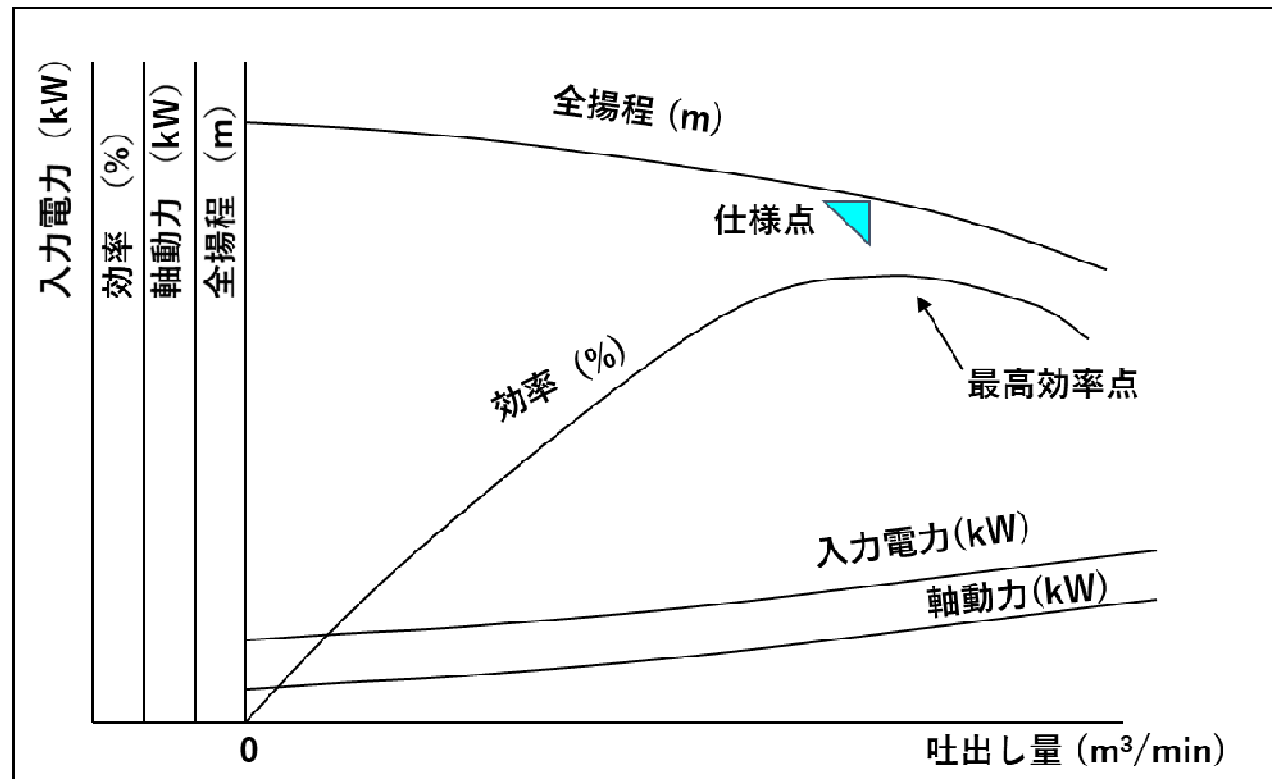
1. 全揚程
2. 吐出し量
3. 電源周波数(50Hz/60Hz)

正確にポンプを選定する場合

より正確にポンプを選定するためには、以下の情報も必要です。

4. 液質
液質名、温度、密度、粘度、pH、スラリーの有無
5. 吸込条件
吸上げ、押込み、圧力タンク、内圧等
6. 設置場所
屋内/屋外
7. 運転方法
単独運転、並列運転、直列運転
8. 制御方法
インバータによる圧力制御等
9. モータ情報
電圧、回転速度(モータ極数)、設置環境(屋内/屋外、防爆等)、希望メーカー、駆動方式

ポンプの運転点-性能曲線



横軸 吐出量 : ポンプが単位時間に吐き出す液体の量

全揚程 : ポンプ内部で作り出した圧力

軸動力 : ポンプが消費している仕事量

縦軸 入力電力 : モータへの投入電力

効率 : モータから伝達した動力を仕事に使用した割合

最高効率点 : ポンプの最も良好な状態 (振動も音も少ない)

全揚程

揚程とは

流体を低所から高所へ上げる高さのこと。

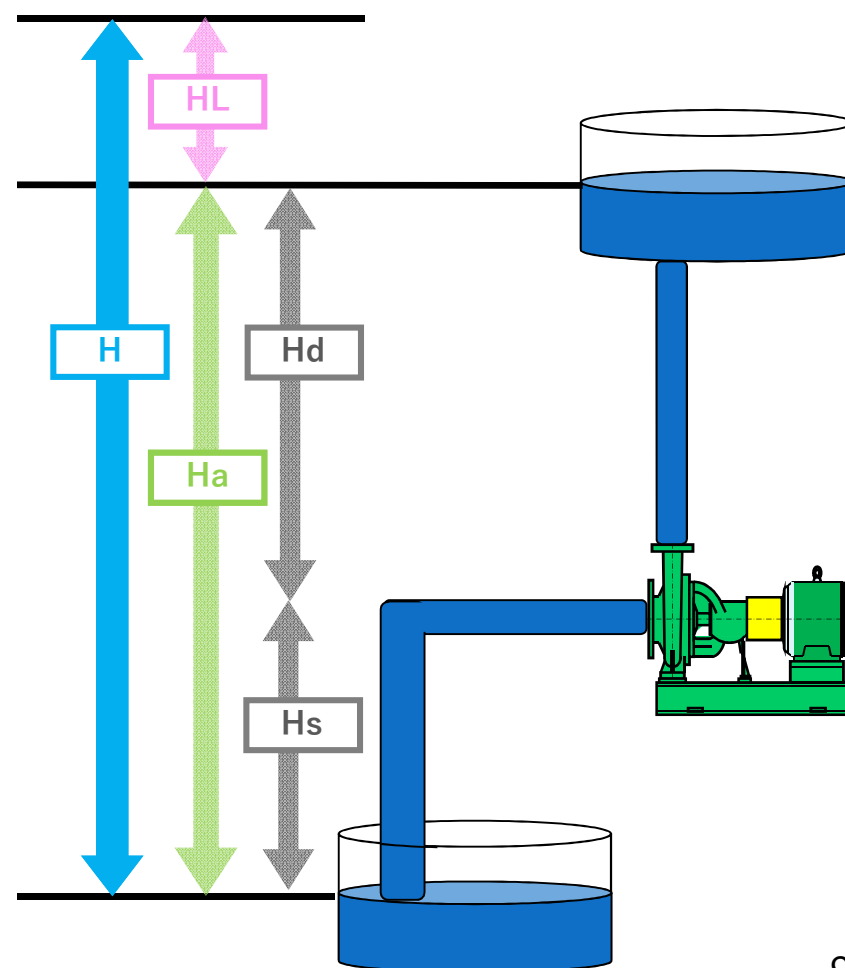
全揚程 実揚程 管路内損失

$$H = H_a + HL$$

実揚程 吐出実揚程 吸込実揚程

$$H_a = H_d + H_s^*$$

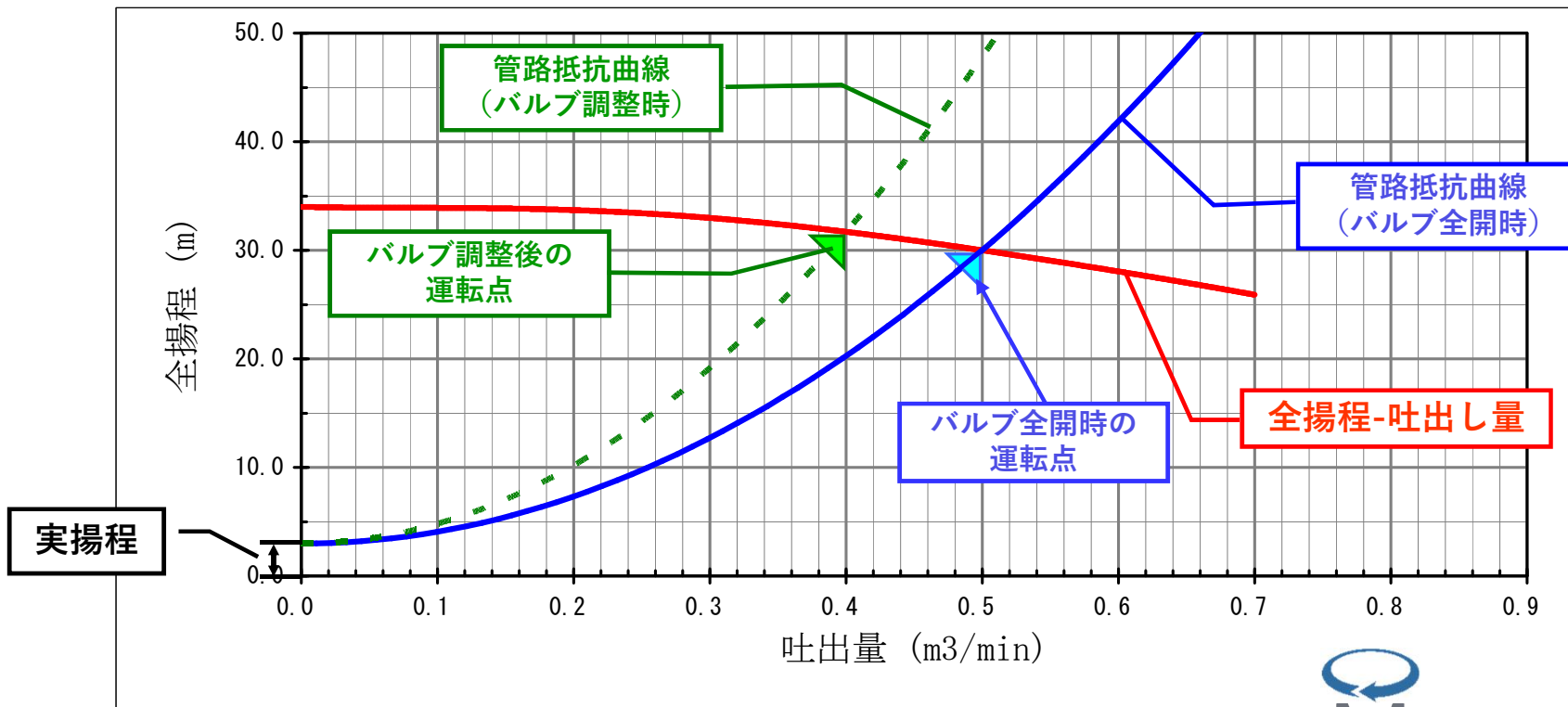
* H_s : 吸上げの場合+、押込みの場合-とする。



管路抵抗とポンプの運転点

運転点の調整

バルブを絞って流量（吐出し量）を調整し、配管抵抗を増加させて運転点を調整している（管路抵抗曲線を立てる）。



ベルヌーイの定理

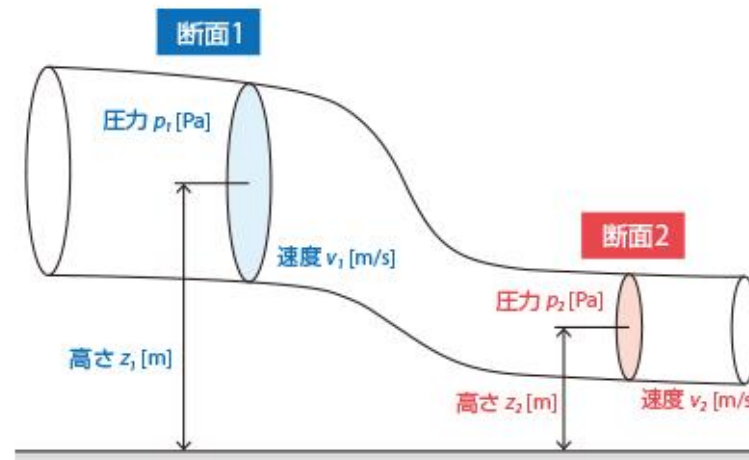
ベルヌーイの定理



流体に外部よりエネルギーが出入りしない管路において、流体が持っている圧力エネルギー、速度エネルギー、位置エネルギーの総和は一定である。

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g z_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g z_2 = \text{const.}$$

p : 流体の圧力[Pa]、 ρ : 流体の密度[kg/m³]、 v : 流体の速度[m/s]、 z : 鉛直高さ[m]、 g : 重力加速度[m/s²]



ポンプはインペラを通過する際に水に速度エネルギーを与え、インペラから出た水はケーシング内で減速することにより、圧力に変換してポンプ吐出し口より送り出しています。

配管内損失 計算

$$h_l \text{ (管路内損失)} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

h_l : 管路内損失
 f : 損失係数
 L : 管路の長さ (実内径) [m]
 D : L に対する管径 [m]
 V : 管内流速 [m/s]
 g : 重力加速度 [9.8m/s²]

計算例

① L (管路の長さ) の求め方

機器名称	相当直管 (m)	個数	小計 (m)
直轄部 80A (スケジュール20)	41.4	1	41.4
90° エルボ	1.3	5	6.5
チーズ	2.9	5	14.5
仕切弁	0.9	2	1.8
逆止め弁	8.2	1	8.2
		合計	72.4

補足) ダルシー・ワイズバッハの式を用いて算出しています。
他にファニングの式などを使用される場合があります。

② D (管径) の求め方

$$81.1\text{mm} = 0.0811\text{m}$$

どちらか使用

③ -1 f (損失係数) の求め方

$$f = 1.5 \times \left(0.02 + \frac{1}{2000 D} \right) \\ = 1.5 \times \left(0.02 + \frac{1}{2000 \times 0.0811} \right) \\ = 0.0392$$

※一般的な式での損失係数の求め方

③ -2 f (損失係数) の求め方

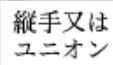
ムーディ線図から求める

※次ページ記載

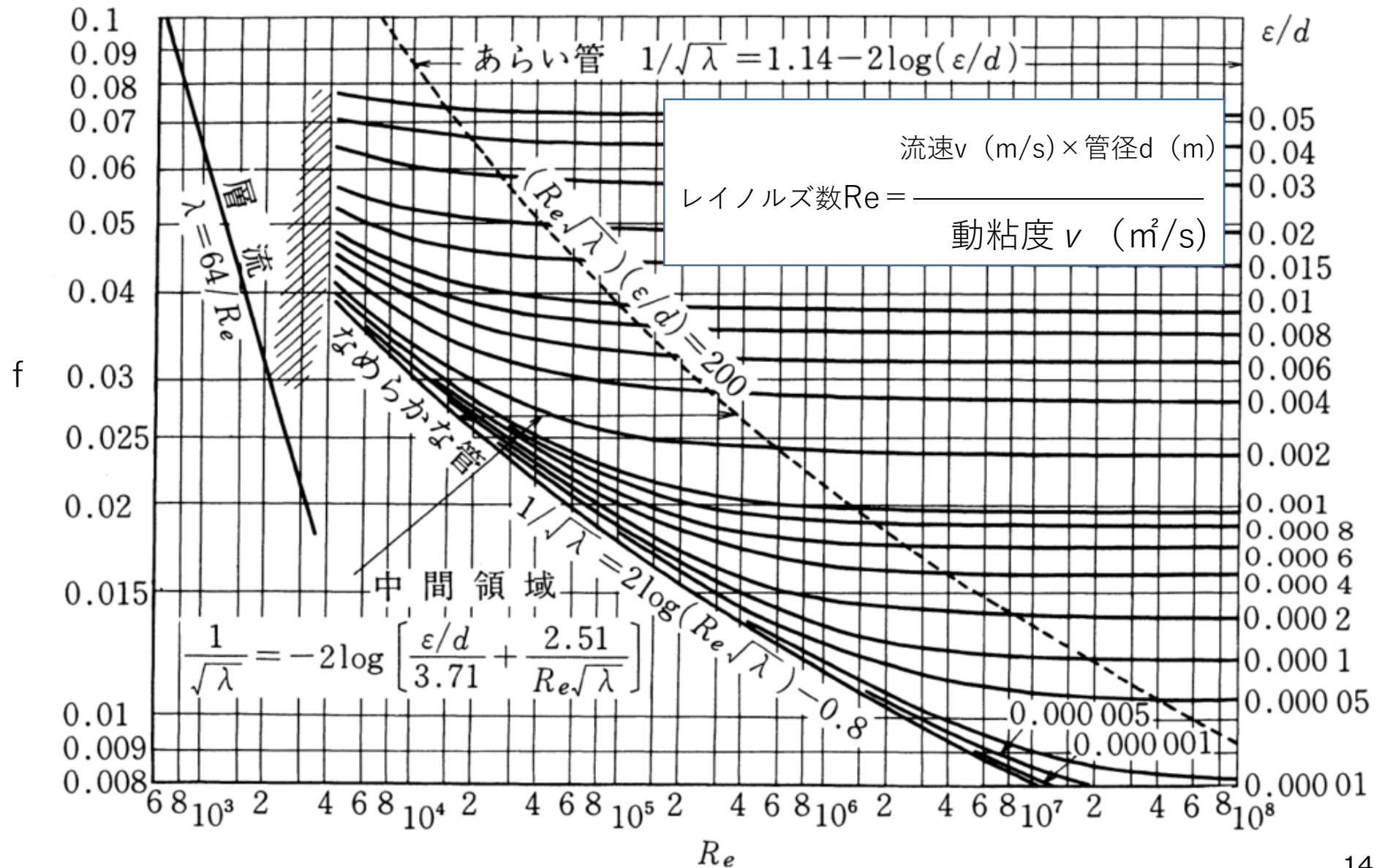
配管内損失 計算

相当直管長さ表

			管 径 (mm)										
			8	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100
	ネジ込み	鋼板	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	2.0	2.3	2.6	2.9	3.4	4.0
		鋳鉄										2.7	3.4
	フランジ	鋼板			0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1	1.3	1.8
		鋳鉄										1.1	1.5
	ネジ込み	鋼板	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.4
		鋳鉄										1.0	1.1
	フランジ	鋼板			0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.3
		鋳鉄										0.9	1.0
	ネジ込み	鋼板	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	1.0	1.2	1.7
		鋳鉄										1.0	1.4
	フランジ	鋼板			0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.8	1.1
		鋳鉄										0.6	0.9
	ネジ込み	鋼板	0.2	0.4	0.5	0.7	1.0	1.4	1.7	2.4	2.8	3.7	5.0
		鋳鉄										3.0	4.2
	フランジ	鋼板			0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.9
		鋳鉄										0.6	0.7
	ネジ込み	鋼板	0.7	1.1	1.3	1.6	2.0	2.8	3.0	3.7	4.0	5.2	6.4
		鋳鉄										4.2	5.2
	フランジ	鋼板			0.6	0.8	1.0	1.3	1.6	2.0	2.3	2.9	3.7
		鋳鉄										2.4	3.0
	ネジ込み	鋼板	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	2.0	2.3	2.6	2.8	3.4	4.0
		鋳鉄										2.7	3.4
	フランジ (ショート)	鋼板			0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1	1.3	1.8
		鋳鉄										1.1	1.5
	フランジ (ロング)	鋼板			0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.3
		鋳鉄										0.9	1.0

			管 径 (mm)										
			8	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100
	ネジ込み	鋼板	6.4	6.7	6.7	7.3	8.8	11.3	12.8	16.5	18.9	24.1	33.5
		鋳鉄										19.8	26.2
	フランジ	鋼板			11.6	12.2	13.7	16.5	18.0	21.3	23.5	28.6	36.5
		鋳鉄										23.5	30.2
	ネジ込み	鋼板	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.8
		鋳鉄										0.5	0.6
	フランジ	鋼板							0.8	0.8	0.9	0.9	0.9
		鋳鉄										0.7	0.7
	ネジ込み	鋼板	3.9	4.6	4.6	4.6	5.2	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
		鋳鉄										4.6	4.6
	フランジ	鋼板			4.6	4.6	5.2	5.5	5.5	6.1	6.7	8.5	11.6
		鋳鉄										7.2	9.4
	ネジ込み	鋼板	2.2	2.2	2.4	2.7	3.4	4.0	4.6	5.8	6.7	8.2	11.6
		鋳鉄										6.7	9.5
	フランジ	鋼板			1.2	1.6	2.2	3.1	3.7	5.2	6.4	8.2	11.6
		鋳鉄										6.7	9.5
	縦手又はユニオン	ネジ込み	鋼板	0.04	0.06	0.06	0.07	0.06	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
		鋳鉄										0.2	0.2
	ヘルマウス	鋼板	0.01	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3
		鋳鉄										0.2	0.2
	角形吸込	鋼板	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	0.9	1.3	1.6	2.0	2.9
		鋳鉄										1.7	2.3
	流入口	鋼板	0.3	0.4	0.6	0.8	1.1	1.5	1.9	2.6	3.0	4.0	4.8
		鋳鉄										3.4	4.6
	V_1 V_2 急拡大		$h = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$										

(参考) ムーディ線図



配管内損失 計算

$$h_l \text{ (管路内損失)} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

h_l : 管路内損失
 f : 損失係数
 L : 管路の長さ (実内径) [m]
 D : L に対する管径 [m]
 V : 管内流速 [m/s]
 g : 重力加速度 [9.8m/s²]

計算例

④ Q (吐出し量) の単位変換

$$0.52 \text{ m}^3/\text{min} = 0.0087 \text{ m}^3/\text{s}$$

⑤ V (管内流速) の求め方

$$\begin{aligned} V &= \frac{4Q}{\pi D^2} \\ &= \frac{4 \times 0.0087}{3.14 \times 0.0811^2} \\ &= 1.685 \text{ m/s} \end{aligned}$$

⑥ h_l (管路内損失) の求め方

$$\begin{aligned} h_l &= f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \\ &= \frac{0.0392 \times 72.4 \times 1.685^2}{0.0811 \times 2 \times 9.80} \\ &= 5.07 \text{ m} \end{aligned}$$

管路内損失 5.07 m

吐出し量 / 液質

吐出し量

基本の単位: m^3/h または L/min

システムが要求する流量を正確に把握することが必要です。

液体の性質

ポンプの材質や構造へ影響

液 質: 液質名、温度、密度、粘度、pH、スラリーの有無

温 度: 高温の場合、メカニカルシールやシール材の選定が重要。

粘 度: 高粘度液体の場合、ポンプ性能曲線が変化。

腐食性: 耐食性材質が必要な場合も。

ポンプの材質

材質	材質記号	用途
鋳鉄	FC200、FC250 (ねずみ鋳鉄)、FCD400 (球状黒鉛鋳鉄)、NiFC (Ni入り鋳鉄)など	ケーシング インペラ
鋳鋼	SCS1、SCS13、SCS14、SCS16 (ステンレス鋳鋼)、SCPH2、SC46 (炭素鋼鋳鋼)など	ケーシング インペラ
銅合金	CAC402、CAC403、CAC406 (青銅鋳物)など	ケーシング インペラ
圧延鋼	S35C、S45C (機械構造用炭素鋼)、SUS420J2、SUS304、SUS316、SUS316L (ステンス棒鋼)など	シャフト スリーブ
その他	セラミックス、Ti (チタン合金)など	ケーシング インペラ

取扱い液と材質の関係

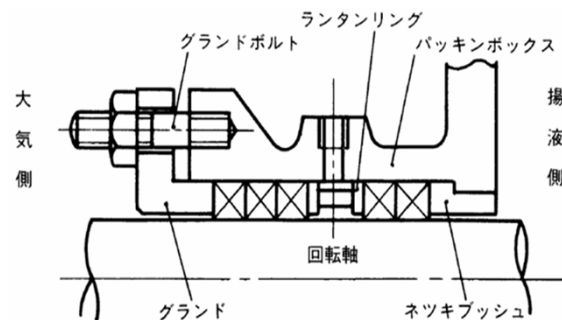
品名	清水	海水	化学液
ケーシング	FC200 FC250 鋳鋼	SCS13、SCS14 ニレジスト、SCS11 2相ステンレス	SCS14 セラミック チタン
インペラ	FC200 CAC402 SCS1	SCS13、SCS14 SCS16、SCS11 2相ステンレス	SCS14 セラミック チタン
シャフト	S45C SUS304 SUS420J2	SUS304、SUS316、 SUS316L、SUS329J1 2相ステンレス	S45C SUS316

軸封部の構造と形式

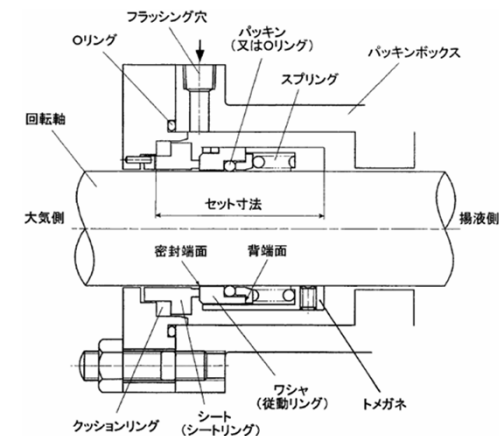
軸封装置とは

回転機械の軸貫通部からの流体の漏れ、空気の吸込や埃・水などの異物の侵入を防止するもの。

グランドパッキン



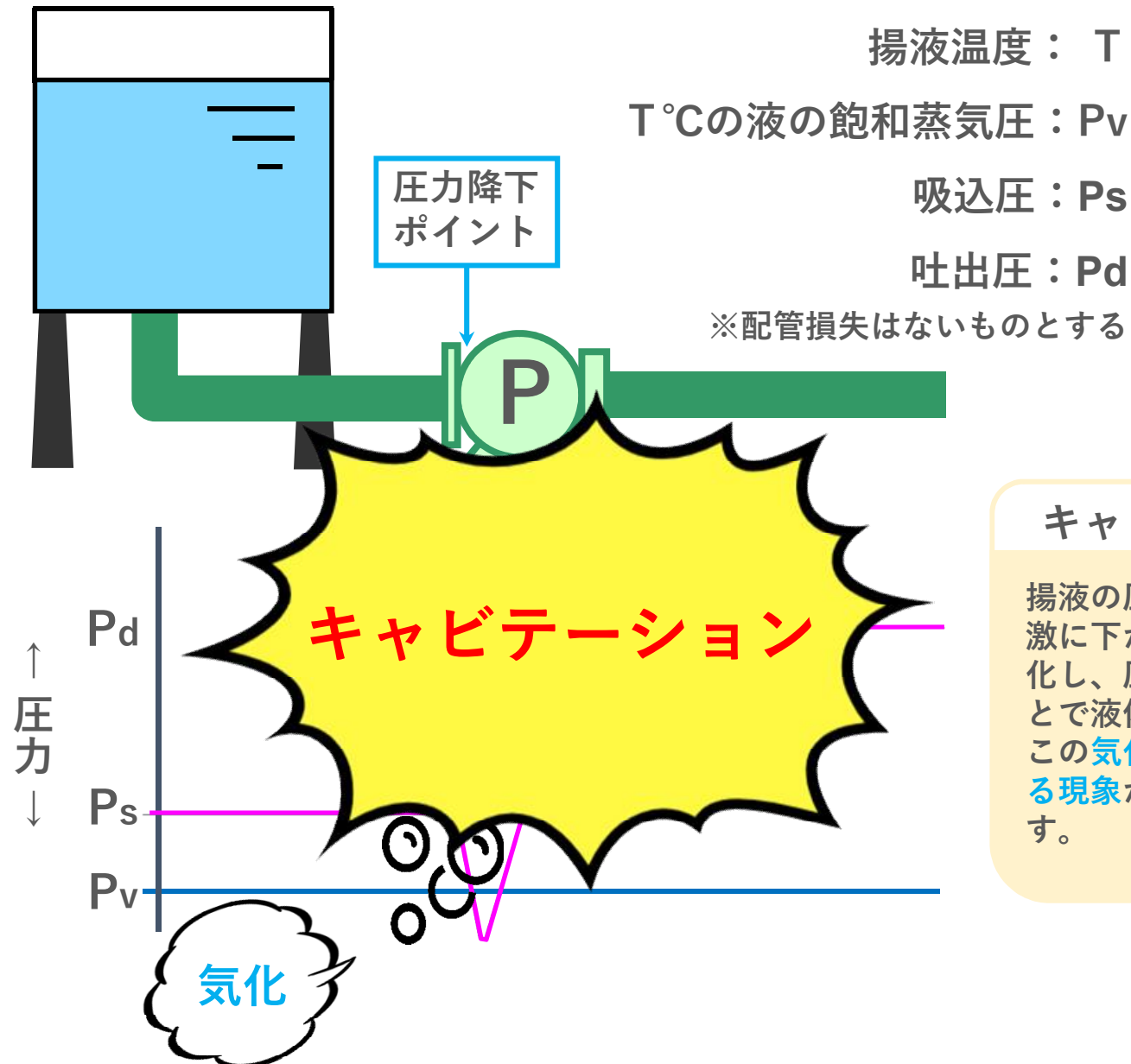
メカニカルシール



軸封部の構造と形式

	グランドパッキン	メカニカルシール
構造		
漏量	300～1200cc/hr	微量
寿命	定期的に取替(約1年毎)	普通1～2年以上
軸の摩耗	摩耗する	摩耗しない
調整	しばしば増し締めしなければ漏れが増す	自動調整
装備の長さ	取替用スペースを必要とし長い	全体として短い
価格	イニシャルコストは安い、 一般的にはランニングコストは高い	イニシャルコストは高い、 一般的にはランニングコストは低い
構造	部品数が少なく、簡単な作り	部品数が多く、精密で複雑
取付	容易	やや難しい
取替	機械を分解せずに取替可能	機械の一部分解する必要がある

キャビテーション



キャビテーション

揚液の圧力が蒸気圧よりも急激に下がることで、揚液が気化し、圧力が再び高くなることで液体に戻ります。
この気化により気泡が発生する現象がキャビテーションです。



キャビテーション

※大きな音が鳴りますのでご注意ください



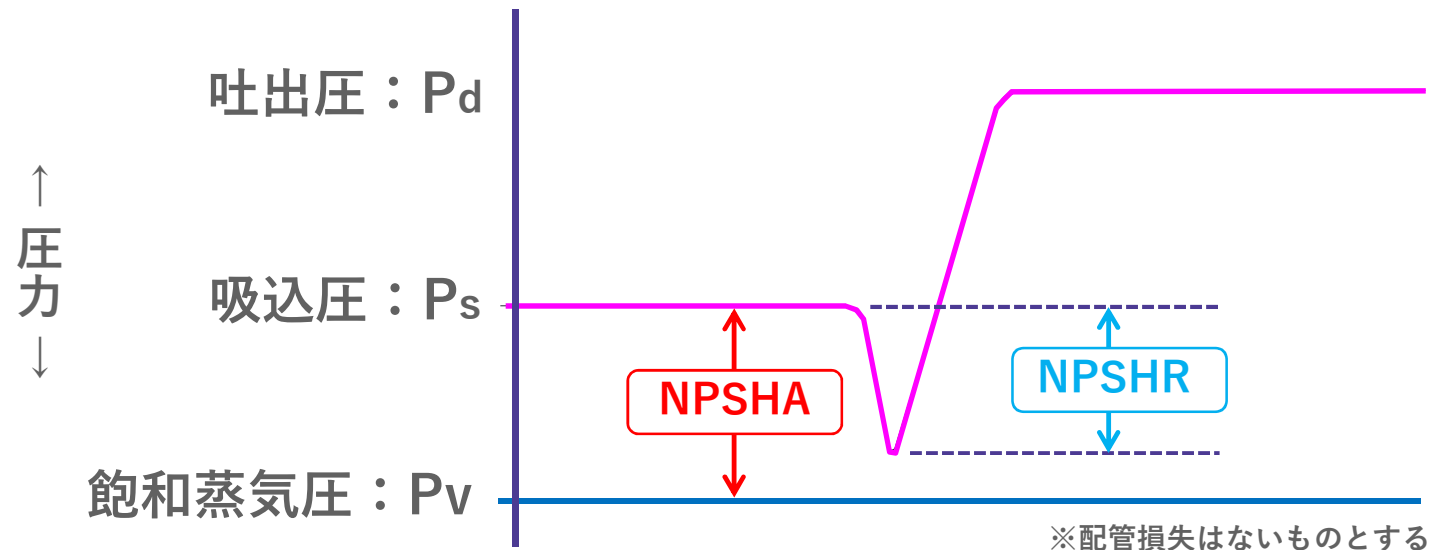
キャビテーションによる影響

現象	影響
騒音・振動の発生	軸受の損傷
気泡の発生	ポンプ揚程の低下
キャビテーション エロージョン*の発生	羽根の損傷



*キャビテーションエロージョン：キャビテーションで発生した気泡が羽根表面でつぶれる際のエネルギーで発生

NPSHAとNPSHR



NPSHA
(有効吸込水頭)

吸込圧力(P_s)と飽和蒸気圧(P_v)の差。
液の持つ吸い込み圧が飽和蒸気圧にいくら高く安全側にあるかを表示している。

NPSHR
(必要吸込水頭)

吸込圧力(P_s)とインペラ入口で起こる圧力降下の差。
ポンプの流量が大きくなるほど、またポンプの回転数が高くなるほど大きくなる。

常に、

$$\text{NPSHA} > \text{NPSHR}$$

となる必要がある

一般的に、

$$\text{NPSHA} \geq \text{NPSHR} \times 1.3$$

となるように余裕を持って設計している

NPSH3

NPSHA

お客様から提示していただく数値。
(吸込水槽や吸込配管等で数値が決まるため)

NPSHR

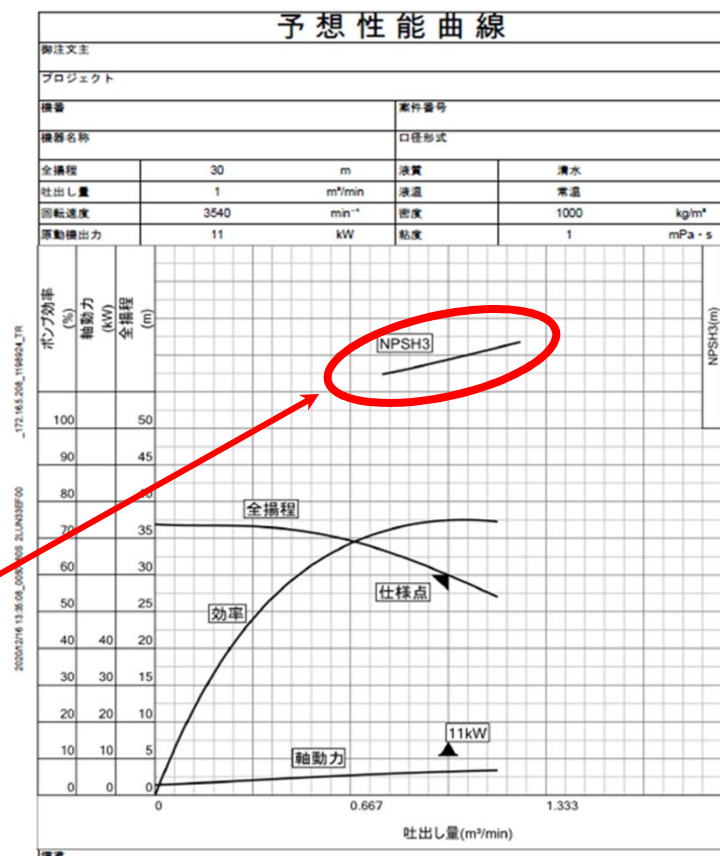
ポンプメーカーが提示する数値。
(ポンプ性能で決まるため)
しかし、実際にインペラ入口で圧力降下の測定が困難。

NPSH3とは

微小なキャビテーション発生の影響による全揚程の低下が、
定格全揚程に対して3%と
なるときの吸込水頭のこと。
NPSHRの一種です。

注意点

NPSH3は流量の増加に伴って著しく増加するため、
大流量側での運転は特にご注意ください。



軸動力と効率

軸動力P : モータがポンプに与えるエネルギー

水動力P_w : ポンプが流体に与えるエネルギー (理論動力)

ポンプ効率 η : 軸動力を水動力に変換した割合

式で表すと...

$$\text{効率 } \eta [\%] = \frac{\text{水動力} [\text{kW}]}{\text{軸動力} [\text{kW}]} \times 100 \quad \text{水動力 } P_w [\text{kW}] = \frac{\rho [\text{kg/m}^3] \times g [\text{m/s}^2] \times Q [\text{m}^3/\text{s}] \times H [\text{m}]}{1000}$$

上記の式を組み換え、Qの単位が[m³/min]の場合...

$$\text{軸動力 } P [\text{kW}] = \frac{\rho [\text{kg/m}^3] \times g [\text{m/s}^2] \times Q [\text{m}^3/\text{min}] \times H [\text{m}]}{60 \times (\eta [\%] \div 100)}$$

ρ : 揚液の密度
 g : 重力加速度
 H : 全揚程
 Q : 吐出し量
 η : ポンプ効率

軸動力と効率

原動機出力はポンプ使用条件の変動や電源変動などを考慮し、算出したポンプ所要軸動力に**余裕率**を見込んで決定される。

設置場所：

屋内/屋外

制御方法：

インバータによる圧力制御等

モータ情報：

電圧、回転速度(モータ極数)、設置環境(屋内/屋外、防爆等)

希望メーカ、駆動方式

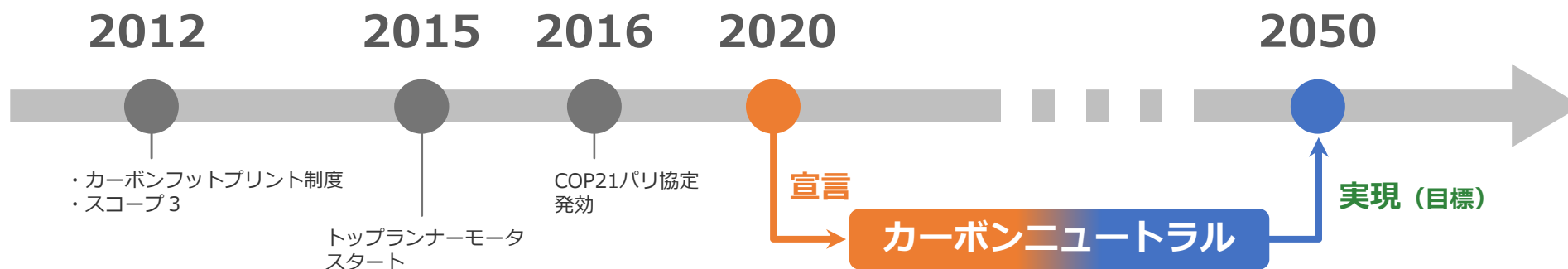




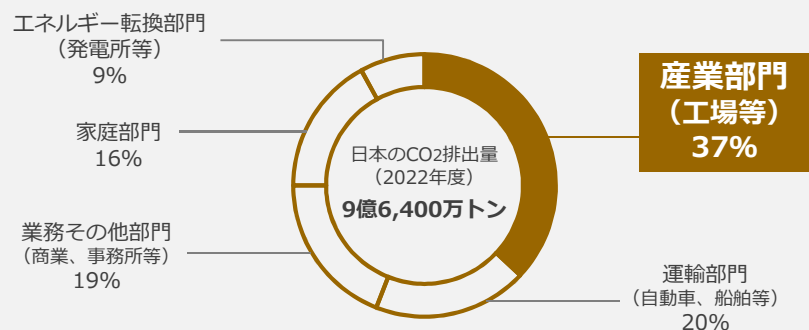
SUPER ECO PUMP



地球温暖化対策の規制と現状



日本の部門別CO₂排出量の割合（電気・熱配分後）



【電気・熱配分後排出量とは？】

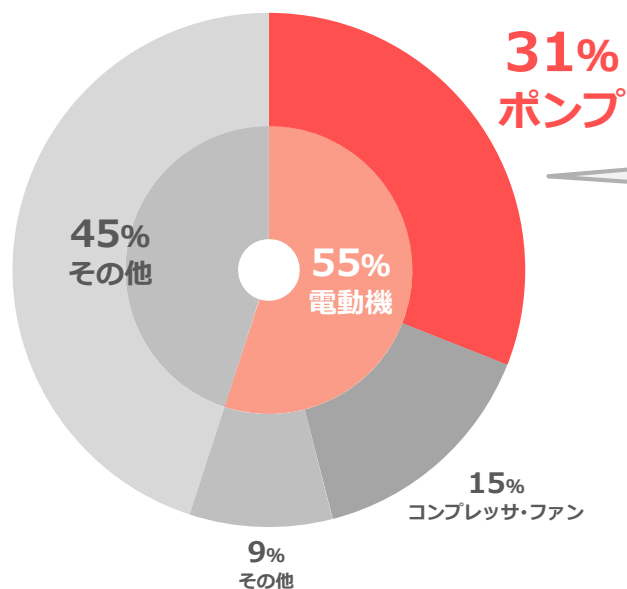
発電および熱発生に伴うエネルギー起源のCO₂排出量を、電力および熱の消費量に応じて、消費者側の各部門に配分した排出量です。

出典：環境省 脱炭素社会移行推進室 国立環境研究所 温室効果ガスインベントリオフィス「2022年度温室効果ガス排出・吸収量（確報値）」のデータを元に作成。

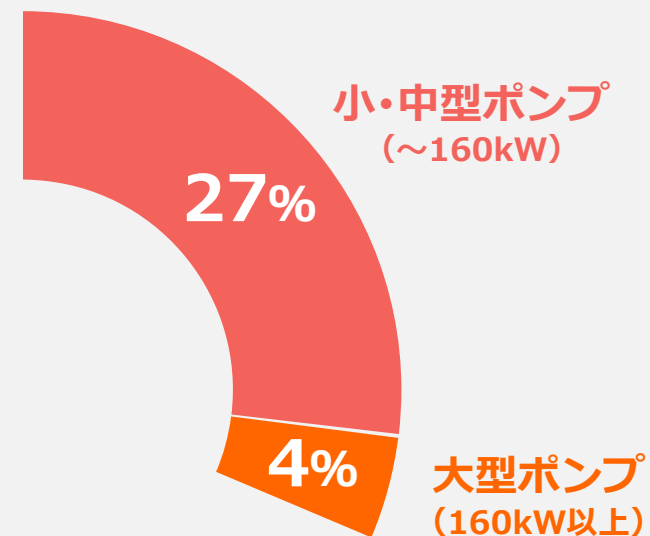
※ 排出後の数値は、非エネルギー起源を除いたエネルギー起源の合算としています。また、排出量の割合値は※四捨五入の関係で、合計値が一致しない場合があります。

日本の年間消費電力の内訳

日本の年間消費電力量は1兆kWh。
その31%の電力をポンプが消費！



そのほとんどが 小・中型ポンプ



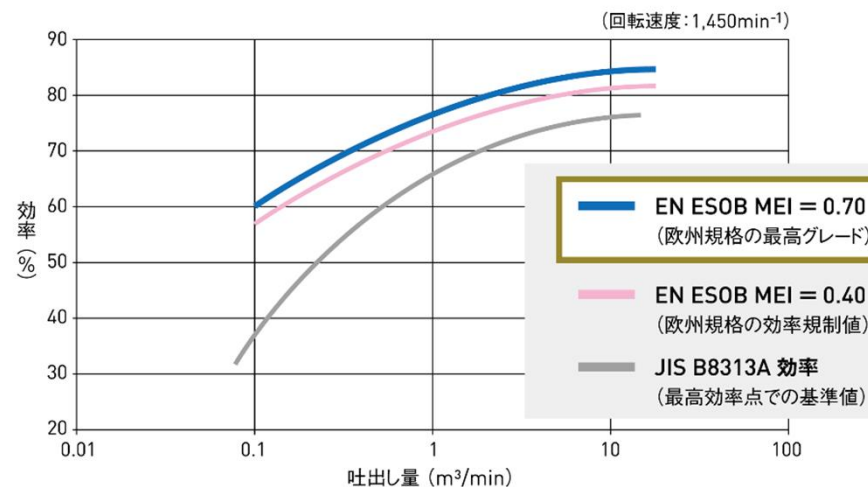
数値出所：・ Enerdata 「グローバルエネルギー統計イヤーブック2018」
・ 一般財団法人省エネルギーセンター 「平成26年度エネルギー使用合理化促進基盤整備事業報告書」

世界最高水準のポンプ効率を実現

地域	ポンプ	モータ※		
日本	JIS A効率 (1958～)	IE3 (トップランナー規制) (2015～)		
欧州 (ErP指令)	MEI(≥ 0.40) (2015～)	IE2 (2011～)	IE3 (2015～)	IE4 (2023～)

※上記モータ効率に関し、多く採用される極数・出力等に限ることで、簡易に一覧表にしているものです。詳細はJEMA(日本電機工業会)の資料等でご確認頂けます。

※IE4モータの対象は、75～200kWとなります。



スーパーエコポンプは
MEI ≥ 0.40 を凌ぐ
MEI ≥ 0.70 を達成！

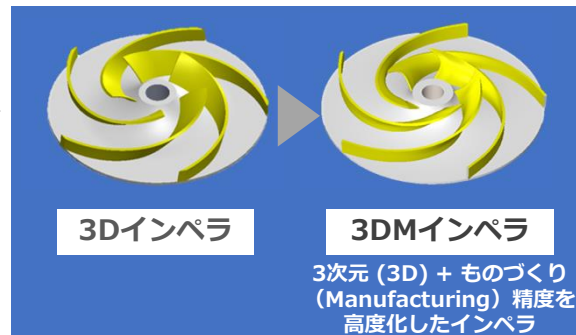
世界最高水準の
ポンプ効率を実現！



高効率設計（インペラ）

羽根車の形状を最適化

AIを用いて羽根車を最適な形状に。
従来の羽根車よりも高効率な3Dインペラ、3DMインペラを採用。

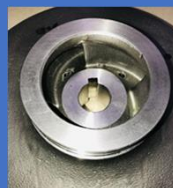


羽形状の最適化によって、
水の流れをよりスムーズに。

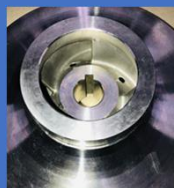


+

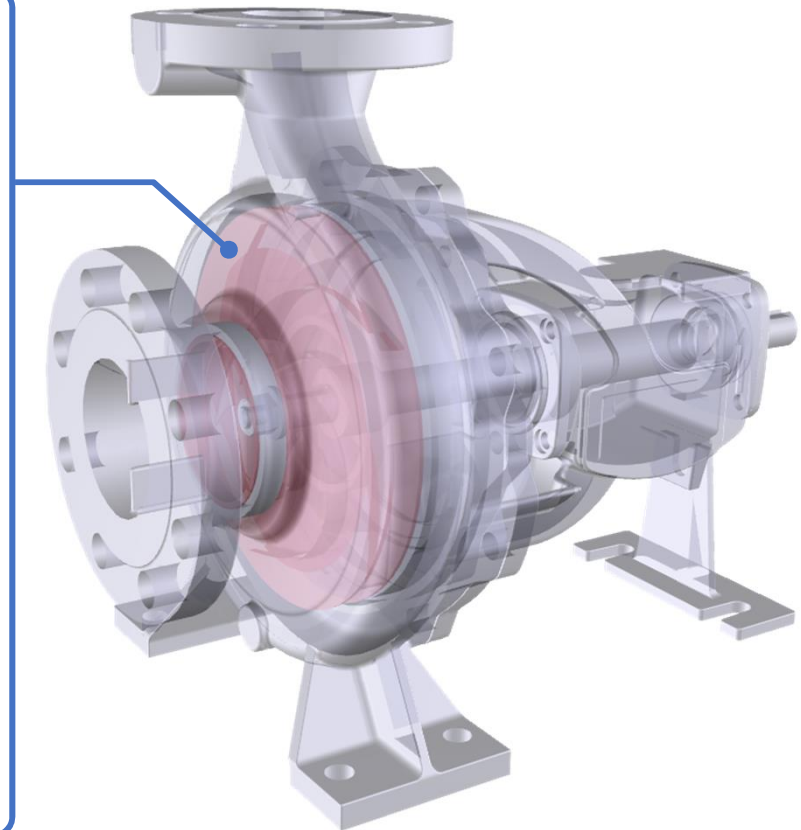
表面粗度をより滑らかにして
ロスを軽減。



従来品



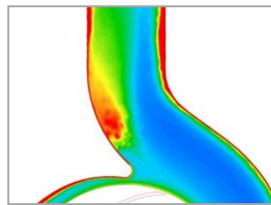
スーパーエコポンプ



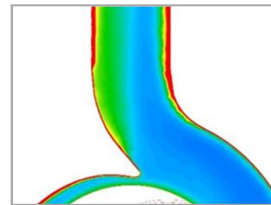
高効率設計（ケーシング）

ケーシング内の流動性を向上

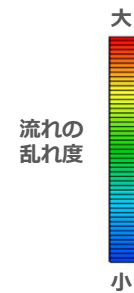
CFDにより内部形状を最適化、水の流れがスムーズになり、効率を向上（図は水の乱れ度を表示）。



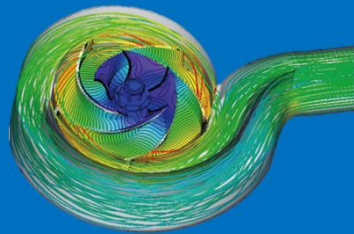
Before



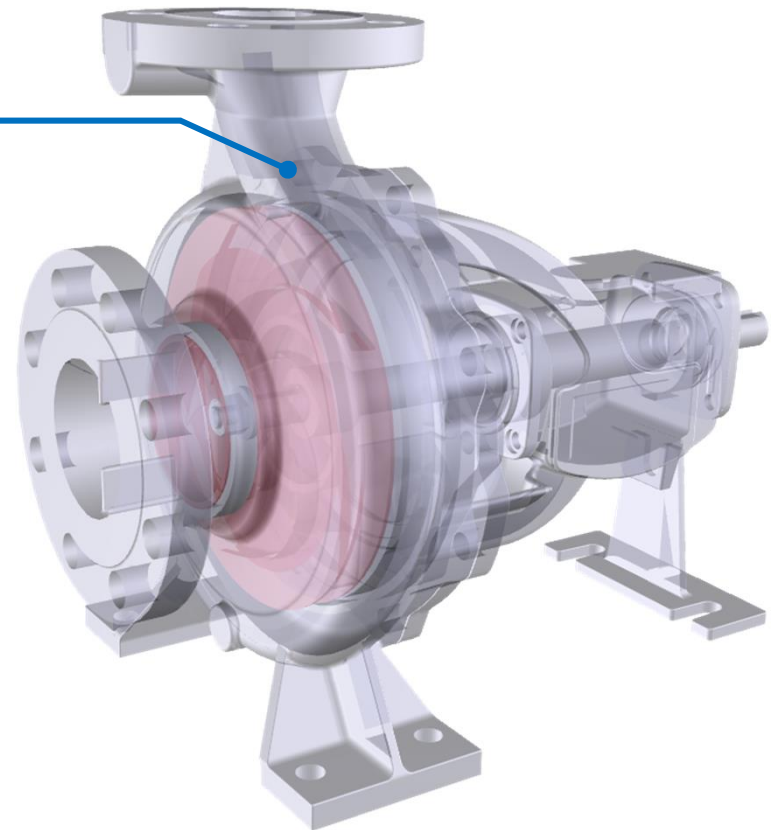
After



従来よりさらに乱流を抑え、損失が少ない水路形状を実現。



設計後は3Dプリンタを用いたモデルポンプで検証を実施。



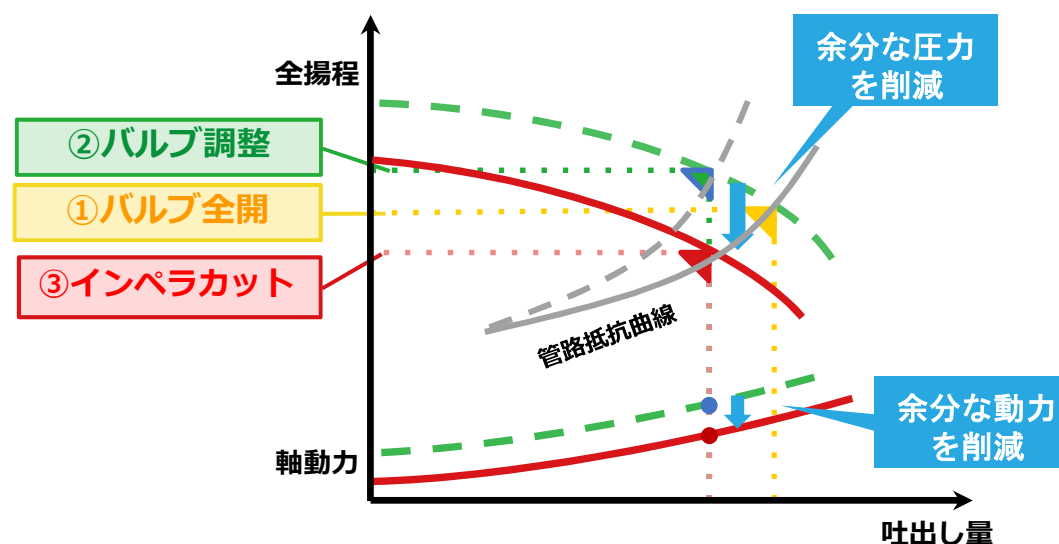
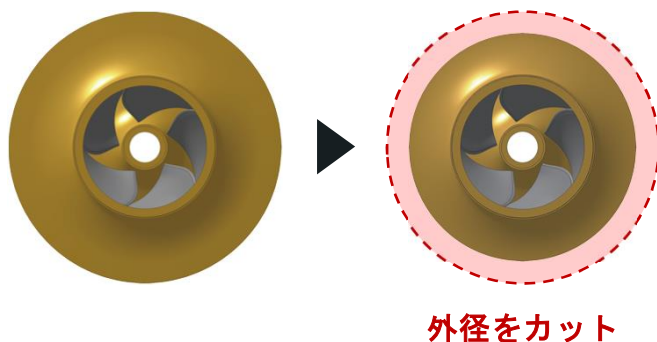
インペラカット

「仕様の最適化」

インペラカットで設備状況に合わせた仕様に最適化

インペラカットとは？

お客様の設備状況（ポンプ要求仕様点）に応じて、インペラの外径を加工（カット）し、必要な能力に調整することで、ポンプの余分な消費動力を抑えるものです。



インバータ制御

インバータでモータの回転速度をコントロール

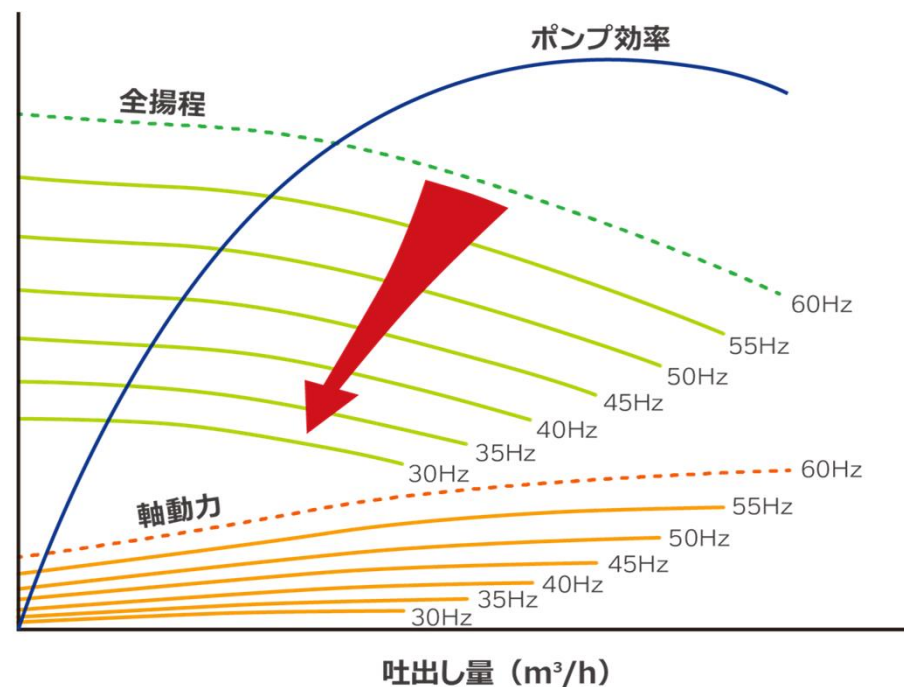
インバータによる回転速度制御

時間帯で吐出し量を増減させる必要があるなど、負荷変動がある場合は、モータの回転速度をコントロールするインバータ制御が効果的です。

ポンプ効率 (%)
軸動力 (kW)
全揚程 (m)

Point

高い省エネ効果を達成するには、インペラカットとインバータ制御の**特徴の違いを見極めることが重要。**

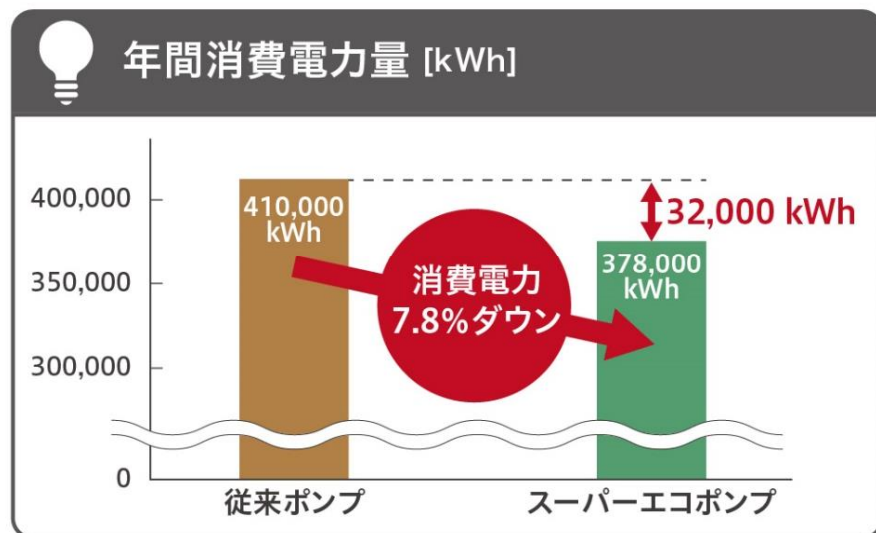


スーパーエコポンプ採用時の省エネ経済効果(例)

スーパーエコポンプ「CAL125-400E」と従来ポンプ同口径形式「CAL125-400」を比較した一例を示します。

<ポンプ仕様> 吐出し量：4.5m³/min、全揚程：45m

	従来ポンプ (CAL125-400)	スーパーエコポンプ (CAL125-400E)	差
ポンプ効率	74 %	81 %	7.0 %
軸動力	44.7 kW	40.8 kW	- 3.9 kW
消費電力	46.8 kW	43.2 kW	- 3.6 kW



 年間電気代

15年間だと
約1300万円節約!

従来ポンプ	11,107,000 円
スーパーエコポンプ	10,240,000 円

年間節約電気代
867,000 円

 年間CO2排出量

従来ポンプ	175.9 t/CO ₂
スーパーエコポンプ	162.2 t/CO ₂

年間CO2排出削減量
13.7 t/CO₂

 モータ容量

従来ポンプ	55 kW
スーパーエコポンプ	45 kW

ポンプの高効率化により、
モータ容量を一級ダウン

- ・イニシャルコストを削減
- ・電気設備もダウンサイジング

※ 運転時間：8,760時間/年
 ※ 電力単価：27.09円
 (一般社団法人エネルギー情報センター新電力ネット
 「電気料金単価の推移」の電力(低圧)における
 2024年2月実績単価)
 ※ CO₂排出係数：0.000429t-CO₂/kWh
 (環境省 電気事業者別排出係数令和4年度実績代替値)



世界中のポンプを
省エネしたい

株式会社 西島製作所

