

中間報告（案）説明資料

別紙 1 河川排水ポンプ施設の整備状況と施設数の推移

- 高度経済成長に伴い、昭和40年代から全国規模で排水機場の整備が促進。
- 現在、国が管理する排水機場は444施設、総排水量が約5700m³/s、都道府県が管理する排水機場は421施設、総排水量が約4300m³/sとなっており、**合計で865施設で10000m³/sを超える総排水量を有している。**
- 国管理の施設では、施設数は九州地方が最も多く約28%（124施設）。
総排水量では関東地方が全国の約25%（約1500m³/s）。
- 都道府県管理の施設では、佐賀県、埼玉県、兵庫県が多く、総排水量では愛知県、埼玉県、兵庫県が多くなっている。

■国管理施設 (N=444)

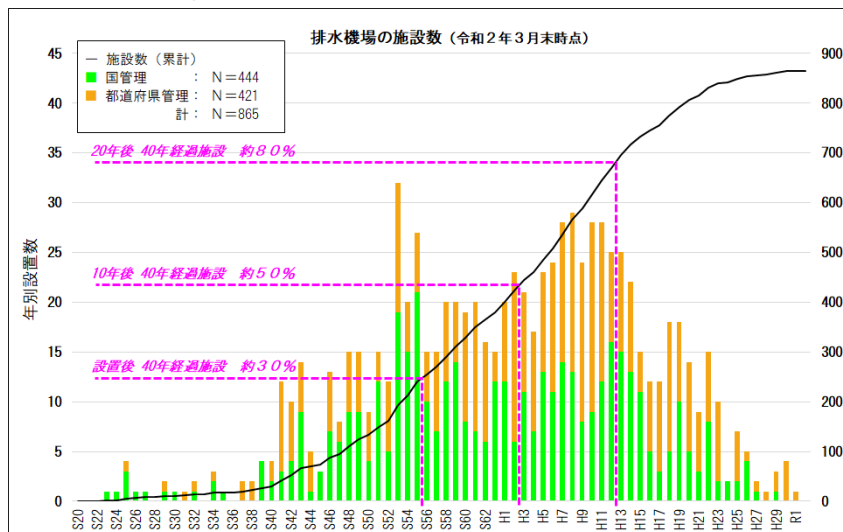
管理主体	排水機場数	総排水量	総ポンプ台数
国管理	444 機場	5,780 m³/s	1,317 台
北海道	57 (12.8%)	519 (9.0%)	173 (13.1%)
東北	39 (8.8%)	276 (4.8%)	154 (11.7%)
関東	54 (12.2%)	1,452 (25.1%)	172 (13.1%)
北陸	25 (5.6%)	296 (5.1%)	68 (5.2%)
中部	45 (10.1%)	711 (12.3%)	150 (11.4%)
近畿	26 (5.9%)	710 (12.3%)	76 (5.8%)
中国	39 (8.8%)	252 (4.4%)	93 (7.1%)
四国	35 (7.9%)	350 (6.1%)	80 (6.1%)
九州	124 (27.9%)	1,214 (21.0%)	351 (26.7%)
沖縄	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)

■都道府県管理施設 (N=421)

管理主体	排水機場数	総排水量	総ポンプ台数
福井	8 (1.9%)	140.8 (3.3%)	23 (2.2%)
滋賀	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
京都	4 (1.0%)	105.4 (2.4%)	16 (1.5%)
大阪	6 (1.4%)	354.0 (8.2%)	21 (2.0%)
兵庫	34 (8.1%)	425.8 (9.9%)	87 (8.2%)
奈良	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
和歌山	14 (3.3%)	111.3 (2.6%)	35 (3.3%)
鳥取	6 (1.4%)	18.3 (0.4%)	15 (1.4%)
島根	5 (1.2%)	12.9 (0.3%)	9 (0.8%)
岡山	6 (1.4%)	55.4 (1.3%)	17 (1.6%)
広島	11 (2.6%)	116.1 (2.7%)	32 (3.0%)
山口	21 (5.0%)	269.0 (6.2%)	53 (5.0%)
徳島	19 (4.5%)	171.2 (4.0%)	51 (4.8%)
香川	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
愛媛	1 (0.2%)	6.0 (0.1%)	2 (0.2%)
高知	7 (1.7%)	72.4 (1.7%)	20 (1.9%)
福岡	6 (1.4%)	111.6 (2.6%)	20 (1.9%)
佐賀	52 (12.4%)	325.4 (7.6%)	122 (11.5%)
長崎	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
熊本	10 (2.4%)	49.3 (1.1%)	23 (2.2%)
大分	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
宮崎	6 (1.4%)	22.0 (0.5%)	18 (1.7%)
鹿児島	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
沖縄	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)

管理主体	排水機場数	総排水量	総ポンプ台数
都道府県管理	421 機場	4,307 m³/s	1,065 台
北海道	21 (5.0%)	68.6 (1.6%)	47 (4.4%)
青森	1 (0.2%)	0.4 (0.0%)	4 (0.4%)
岩手	14 (3.3%)	16.1 (0.4%)	32 (3.0%)
宮城	8 (1.9%)	24.9 (0.6%)	15 (1.4%)
秋田	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
山形	1 (0.2%)	0.4 (0.0%)	2 (0.2%)
福島	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
茨城	7 (1.7%)	44.4 (1.0%)	17 (1.6%)
栃木	1 (0.2%)	6.0 (0.1%)	4 (0.4%)
群馬	7 (1.7%)	37.8 (0.9%)	17 (1.6%)
埼玉	46 (10.9%)	470.3 (10.9%)	115 (10.8%)
千葉	23 (5.5%)	311.1 (7.2%)	63 (5.9%)
東京	5 (1.2%)	166.4 (3.9%)	17 (1.6%)
神奈川	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
山梨	2 (0.5%)	11.0 (0.3%)	5 (0.5%)
長野	12 (2.9%)	23.8 (0.6%)	21 (2.0%)
新潟	23 (5.5%)	152.6 (3.5%)	52 (4.9%)
富山	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
石川	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
岐阜	5 (1.2%)	46.7 (1.1%)	12 (1.1%)
静岡	3 (0.7%)	5.0 (0.1%)	5 (0.5%)
愛知	18 (4.3%)	476.2 (11.1%)	56 (5.3%)
三重	8 (1.9%)	78.2 (1.8%)	17 (1.6%)

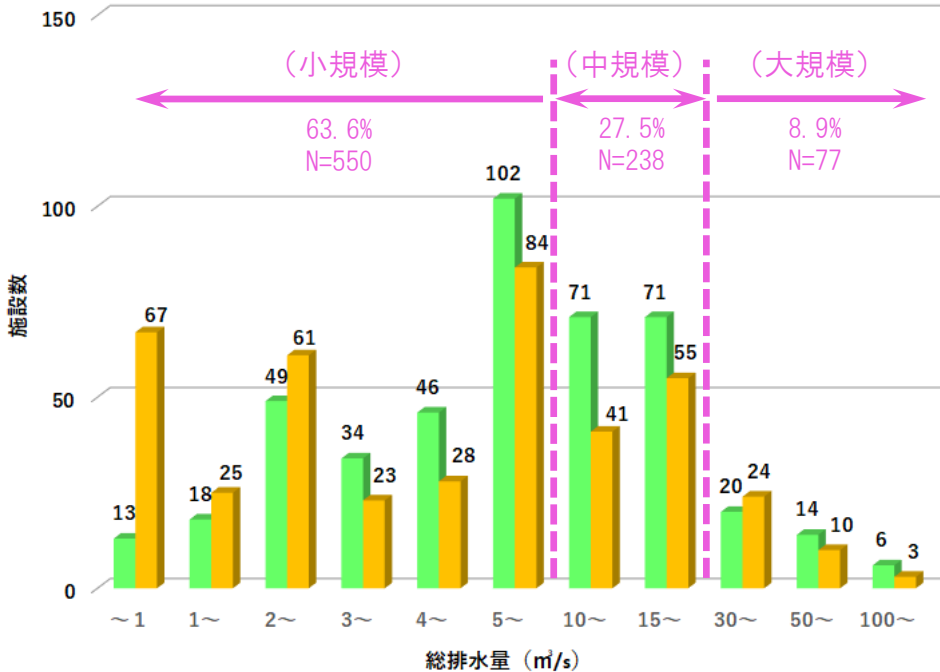
■施設数の推移



- 施設規模（総排水量）では、**10m³/s未満の小規模機場が6割以上**、10~30m³/s未満の中規模機場が約3割、30m³/s以上の大規模機場は1割程度。
- 設置後**40年以上を経過する施設**の割合が、小規模機場では2割程度に対し、**中・大規模機場では5割前後**と高い割合を占める。

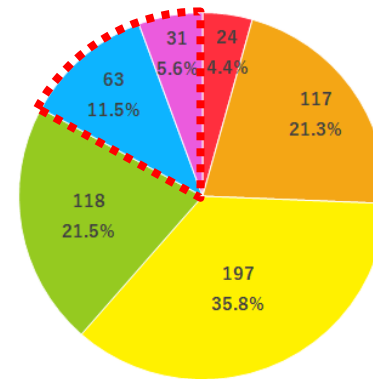
1 機場あたりの総排水量別 機場数

(N=865)

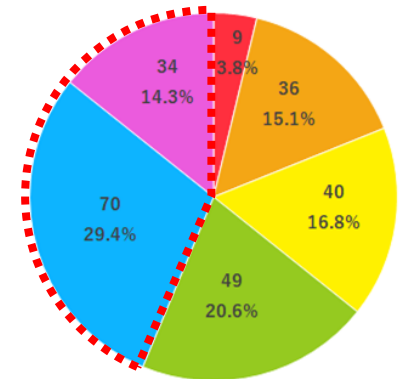


■ 国管理 (N=444)
■ 都道府県管理 (N=421)

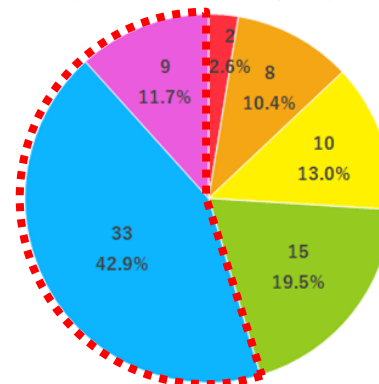
経過年数 (小規模)
(1 機場の総排水量: 10m³/s未満)



経過年数 (中規模)
(1 機場の総排水量: 10~30m³/s未満)



経過年数 (大規模)
(1 機場の総排水量: 30m³/s以上)

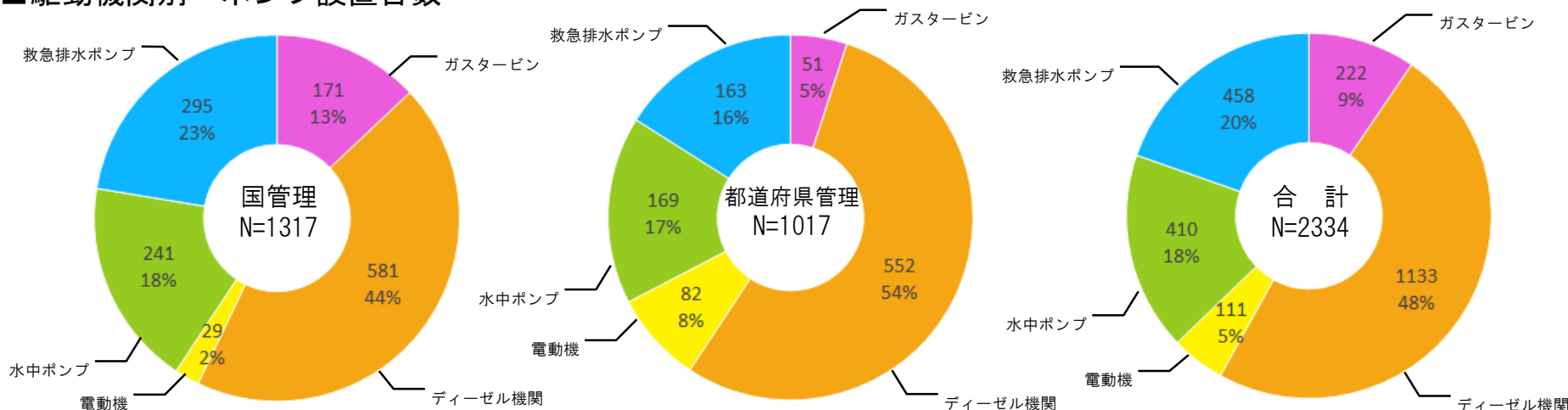


【凡 例】

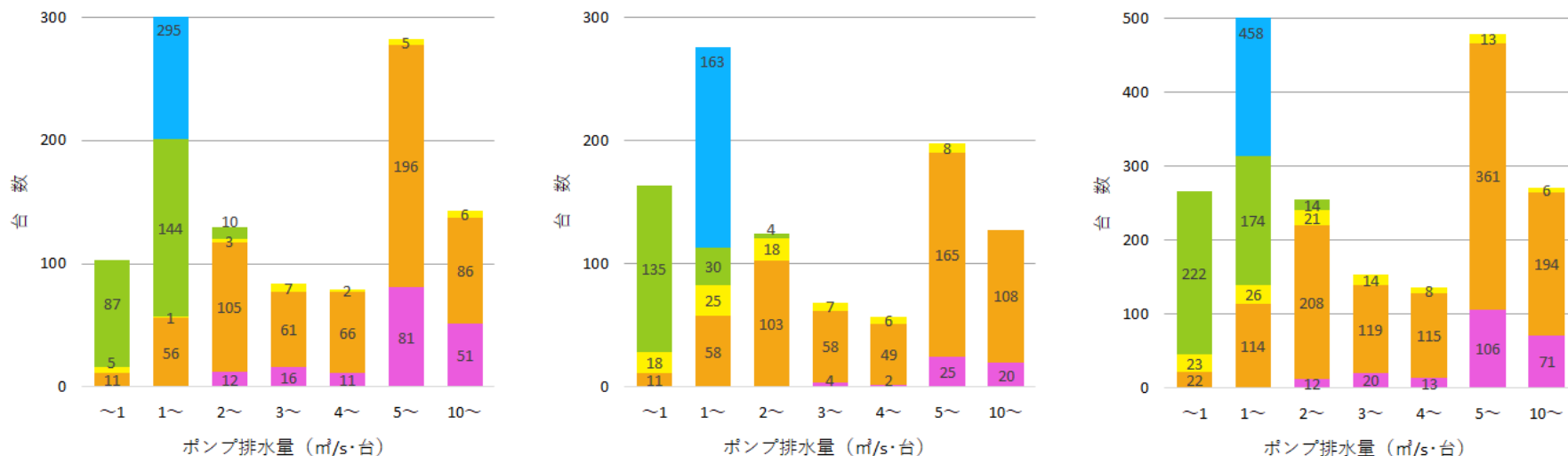
- 10年未満
- 10年以上 20年未満
- 20年以上 30年未満
- 30年以上 40年未満
- 40年以上 50年未満
- 50年以上

- 全体の約半数でディーゼル機関を採用。
- 1台あたりの排水量が1 m³/s前後のポンプでは、内燃機関・電動機ではなく、主に水中ポンプを設置。
- 国管理の排水機場では、5 m³/s以上のポンプでガスタービンエンジンの採用が増加。

■ 駆動機関別 ポンプ設置台数



■ ポンプ排水量別 内訳



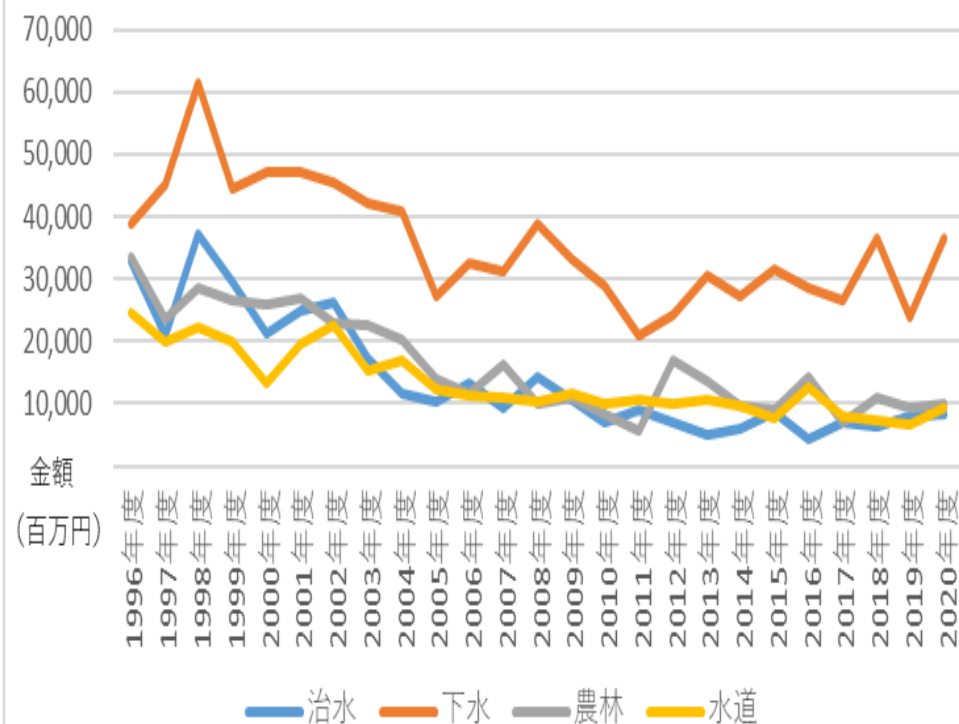
別紙 4 揚排水ポンプ建設市場の現状

- 揚排水ポンプ建設市場は、1998年（約1500億）をピークに縮減傾向にあり、2020年（約600億）には半減。
- 治水分野は1998年（約400億）をピークに2020年（約100億）には大幅に低減。

揚排水ポンプ建設市場



分野別建設市場



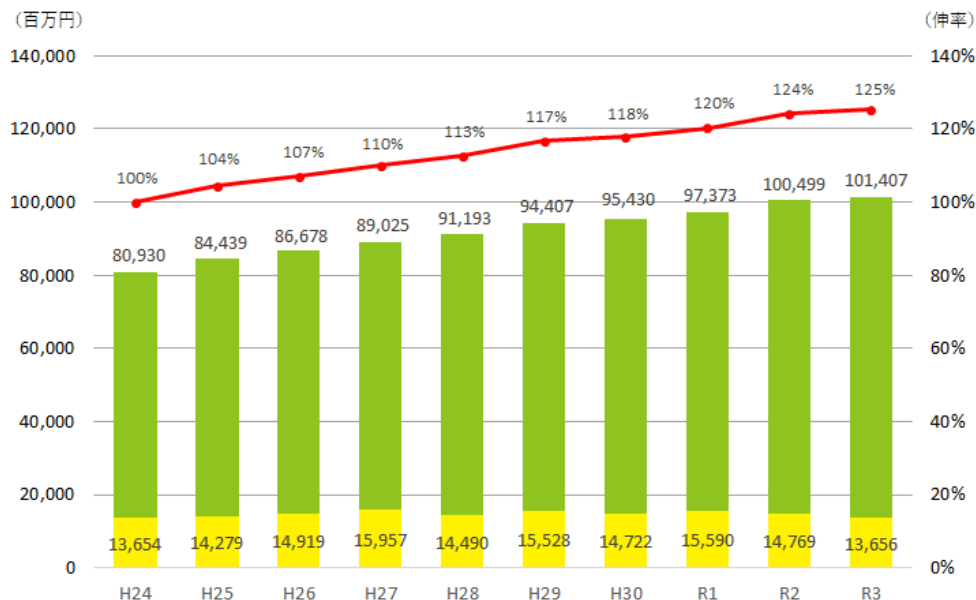
【河川維持修繕費】

- 直近10年で維持修繕費全体は毎年増加傾向。（平成24年度基準で約25%増）
- 機械設備の維持管理にかかる予算は、約150億円前後で推移。

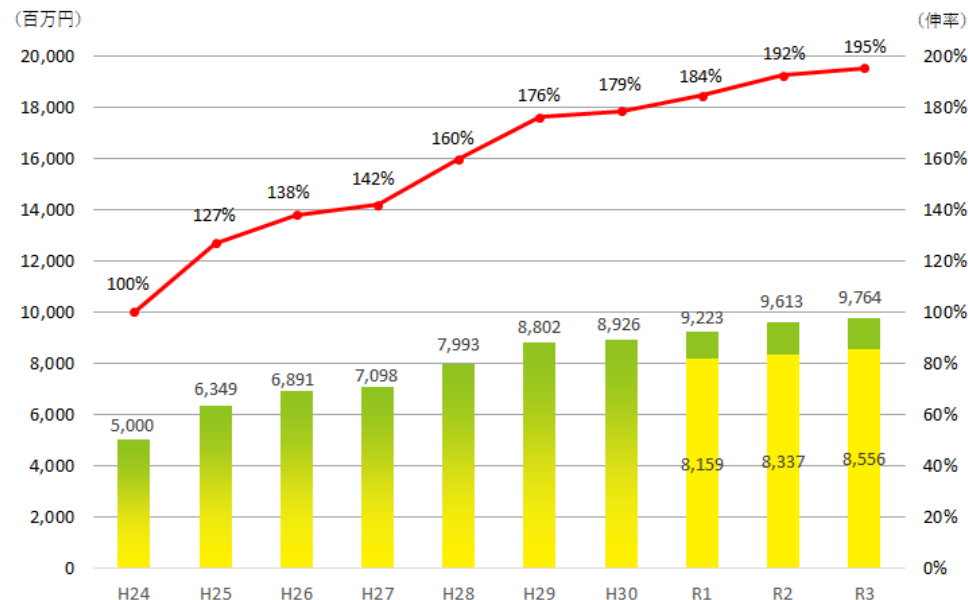
【応急対策事業費】 ※構造が不十分又は適当でないため、応急的な改良及び新增設の改善措置を実施

- 直近10年で応急対策事業費は約2倍に増加。（平成24年度基準）
- 機械設備関係の予算は、約80億円程度で推移。（全体の約9割が機械設備関係）
- ※内訳の確認できる令和元年以降

予算の推移（河川維持修繕費）



予算の推移（応急対策事業費）

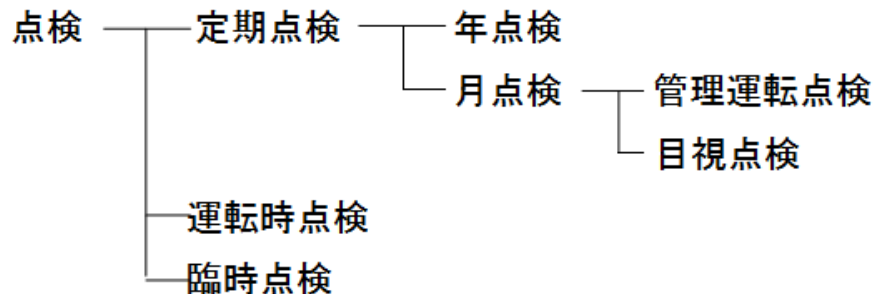


【凡例】

- 予算総額
- (内) 機械設備関係

○その目的別に区分して設備及び機器等の**保全方式や特性に合った点検の種類と方法を適用**。

■点検の区分



■点検の内容

年点検

設備を構成する装置、機器の健全度の把握、システム全体の機能確認、劣化・損傷等の発見を目的として、年1回、適切な時期に実施



(年点検の人工)

大型排水機場(200m³/s) 20人×5日(機械10人、エンジン7人、電気3人) 約10百万円
 小中型排水機場(10m³/s) 9人×3日(機械3人、エンジン4人、電気2人) 約 3百万円

月点検

管理運転点検を原則とし、設備の運転機能の確認、運転を通じたシステム全体の故障発見、機能維持を目的に、稼働期間中は月1回、非稼働期間中は2～3ヶ月に1回実施



(月点検の人工)

大型排水機場(200m³/s) 10人×3日(機械5人、エンジン3人、電気2人) 約3百万円
 小中型排水機(10m³/s) 6人×2日(機械2人、エンジン2人、電気2人) 約1百万円

運転時点検

実稼働時において始動条件、運転中の状態把握、次回の運転に支障がないことの確認や異常の兆候の早期発見を目的として実施

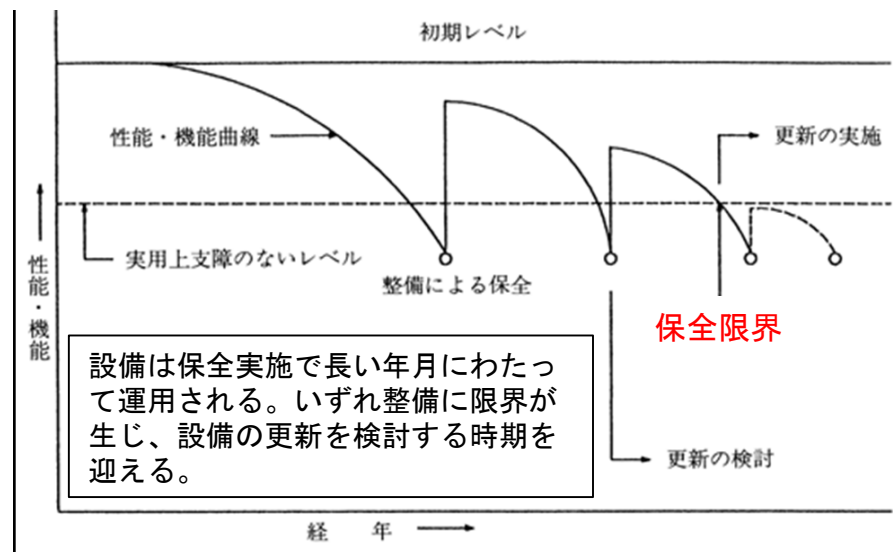
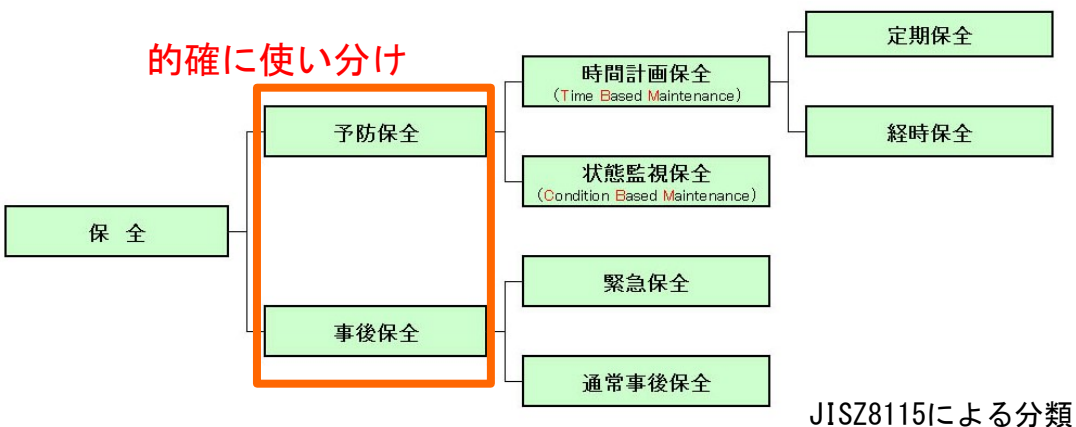
臨時点検

地震、落雷、火災、暴風等が発生した場合に設備への外的要因による異常、損傷の有無の確認を目的とし、必要に応じて点検を実施

○保全方式は、**予防保全**（定期的な整備および劣化兆候を監視する等）と**事後保全**（緊急保全および通常事後保全）の中での**的確に使い分けを実施**。

○従前の保全方式の考え方

的確に使い分け



保全による経年と性能・機能の関係

予防保全

故障の発生を未然に防止するために実施する保全をいう。

事後保全

故障した設備、装置、機器、部品の機能を復旧するための保全をいう。



(例) 予防保全 (状態監視保全)

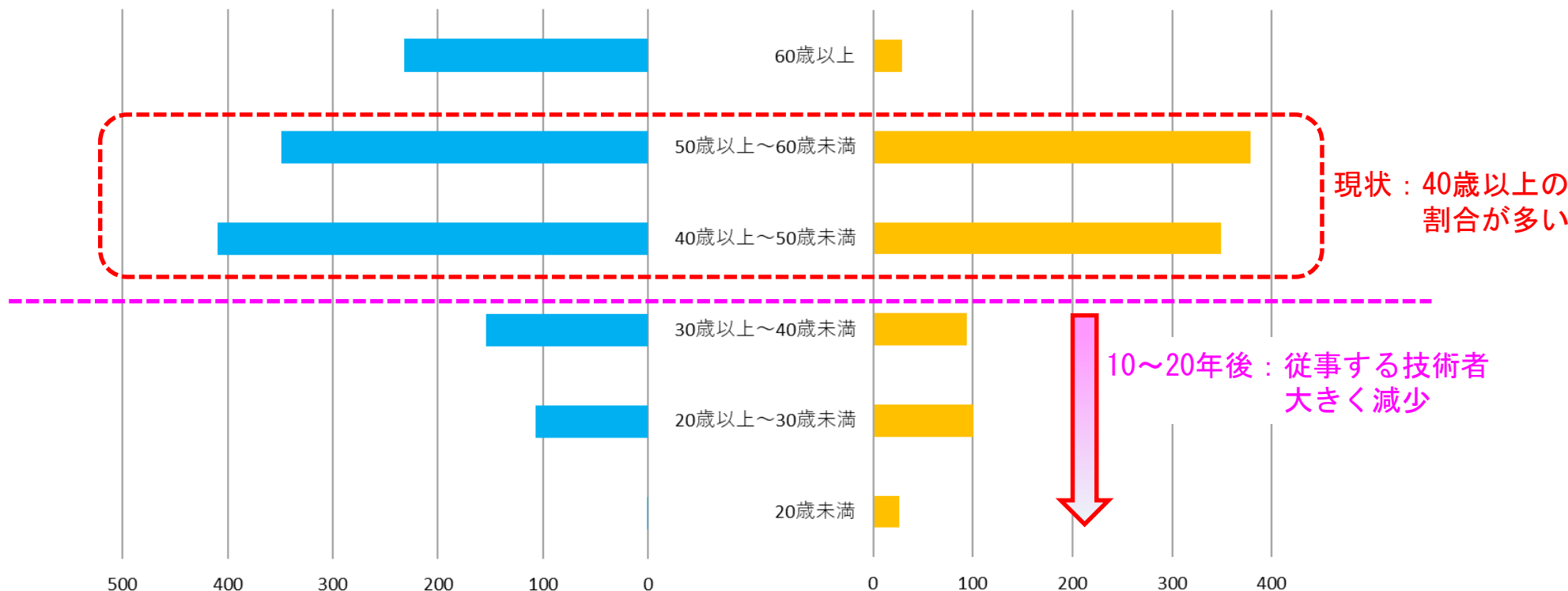
(例) 事後保全

別紙 8 技術者の状況

- 河川ポンプ事業に従事する技術者、国交省の機械工学を専攻した職員数のいずれも40～50歳代が多く、30歳代以下が急激に減少する人員構成。
- 10～20年後には、従事する技術者が大きく減少すると想定。

■河川ポンプ事業従事技術者

■国土交通省 機械系（建設）職員

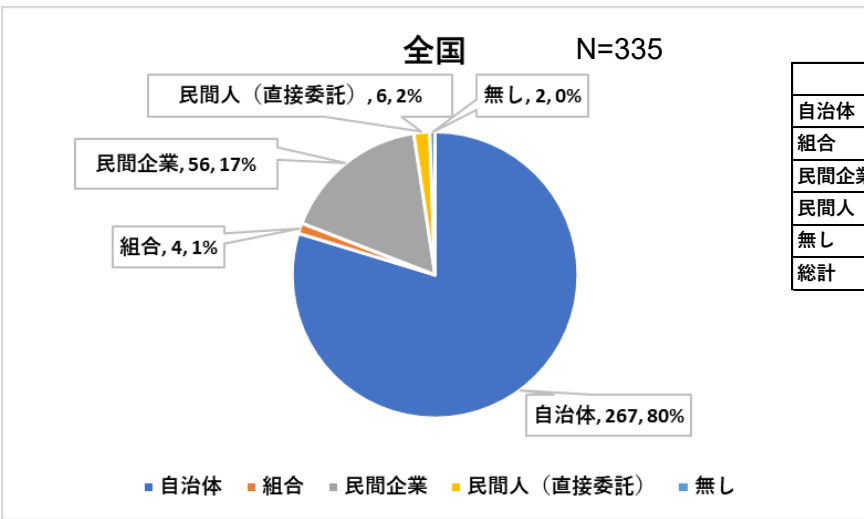


（一社）河川ポンプ施設技術協会 提供

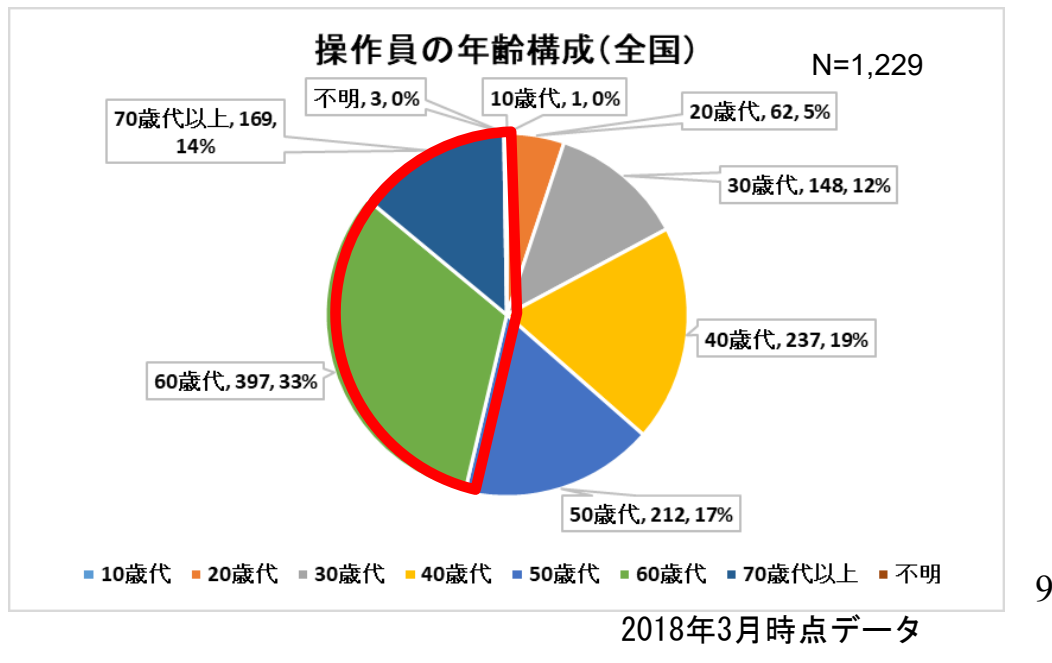
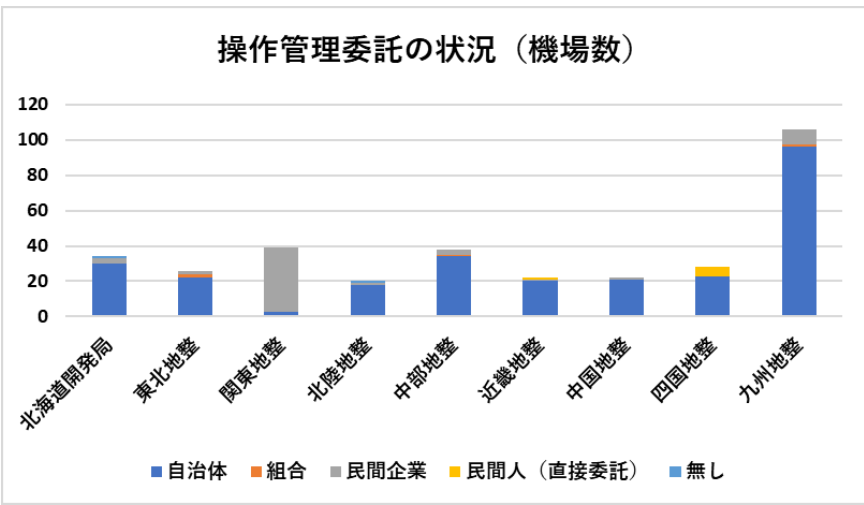
技術者の確保、人材育成の仕組み作り、企業を発展させるための仕組み作り、メンテナンスの効率化等の検討が急務

別紙 9 運転操作員の実態

- 直轄排水機場のうち救急排水機場、自動運転の小規模ポンプ施設を除いた335 機場（運転操作員1,229人）を対象に実態調査を実施。
- 運転操作員は自治体への委託が約8割を占めている。
- また、運転操作員の年齢割合は60歳以上が約5割を占めており、今後更なる高齢化が想定される。



	北海道開発局	東北地整	関東地整	北陸地整	中部地整	近畿地整	中国地整	四国地整	九州地整	全国
自治体	30	22	3	18	34	20	21	23	96	267
組合		2			1				1	4
民間企業	3	2	36	1	3	1	1		9	56
民間人（直接委託）						1		5		6
無し	1			1						2
総計	34	26	39	20	38	22	22	28	106	335



別紙 10-1 排水機場個々の特異性

- 排水機場の設備構成、機器構成、運転操作方式などは建設年度や地域特性等によって異なり、**機場毎に特異**がある。（技術基準は「必要となる技術的事項として、設計、施工、維持管理について基本的な考え方を示したものである。」）
- そのため**点検員・運転操作員の育成は施設毎に必要**となっている。
- 特に操作設備は機場毎の相違により点検員・運転操作員の負担となっている。

建設年度が古い機場の特性

- ・電動化されていない弁がある
→ 運転前に手動にて弁操作を実施
- ・横軸ポンプで連動運転に真空引きが含まれない
- ・商用電源負荷・発電機負荷の機器の相違
（始動空気槽用コンプレッサ、樋門ゲートなど）

操作設備の特性

- ・始動条件、故障項目（重故障、軽故障）の相違

運転操作員技術レベル

- ・運転操作、故障対応時の技術レベルの相違

地域の特異性

- ・冬期の凍結防止のための水抜き有無
- ・立地特性による水位上昇の相違

機場個々の運用方法による特性

- ・運転操作のバルブ開閉順序
- ・始動空気槽コンプレッサ運転モードの「手動－自動」の相違
- ・除塵機の塵埃対応
- ・ポンプ各号機の運転順序

その他

- ・除塵機・樋門ゲートの操作が連動操作に含む機場、含まれない機場

別紙 10-2 操作制御方法の実態

- 排水機場の操作制御設備は建設年度（技術基準改定など）により機場毎に相違がある。
- 機場毎の相違は点検員・運転操作員の負担となっており、「操作制御方法の標準化」検討が必要。

点検員・操作員育成は施設毎に必要

- 施設に対応できる人材育成は管理者・企業等にとって負担大
- 点検員・操作員が施設で身につけた技術を他施設で活用しにくい
- 施設管理者にとって施設を熟知した点検員・操作員の退職・転職はリスク

操作制御設備の故障増加

- 点検員・操作員は、低信頼性設備の運転が最も不安



- ① “過度な技術力”を排除し人材の安定的確保
- ② コスト低減で保全措置件数を増、信頼性確保

一例)ポンプ始動条件実態

始動条件とは

- ポンプ始動前に満たされるべき諸条件
- 始動条件を満足しない場合は、インターロックによりポンプが始動できないようになっている
- 始動条件が成立すると「始動準備完了」ランプが点灯する

立軸斜流ポンプ・ディーゼル機関 凡例 ○:技術基準規定 ×:技術基準禁止または未規定

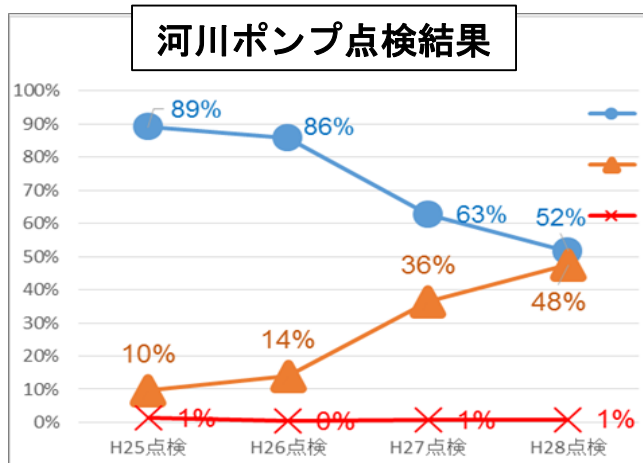
番号	始動条件	立軸斜流																									
		技術基準	A 機場	B 機場	C 機場	D 機場	E 機場	F 機場	G 機場	H 機場	I 機場	J 機場	K 機場	L 機場	M 機場	N 機場	O 機場	P 機場	Q 機場	R 機場	S 機場	T 機場	U 機場	V 機場	W 機場	X 機場	
1	吸水槽水位規定以上	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2	膨脹タンク・高架水槽水位規定以上	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3	空気槽圧力規定以上	○	×	○	×	×	×	×	×	×	×	○	○	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×
4	燃料小出槽油面規定以上	○	×	○	×	×	×	×	×	×	×	○	○	×	×	×	○	×	×	○	×	×	×	×	×	○	×
5	真空ポンプ用補水槽水位規定以上	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
6	始動装置が始動位置にある	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
7	吐出弁規定開度	×	×	○	○	×	×	×	×	○	○	×	○	×	×	×	○	×	×	○	×	×	×	×	×	×	○
8	押込式ポンプ用吸込弁全開	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
9	他のポンプが始動中でない	×	○	○	○	○	○	○	×	×	○	○	×	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	×	×	○	○
10	重故障が発生していない	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
11	軽故障が発生していない	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
12	各切換開閉器が所定位置にある	○	×	○	×	○	×	×	○	○	○	×	○	○	○	○	×	○	○	×	×	○	×	×	○	○	○
13	機関回転速度規定値以下	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

設備取り扱いを簡素にした操作制御方法の標準化に向けた検討が必要

○河川ポンプ設備は、近年の点検結果において、「○（正常）」評価の施設は減少し、「△（要整備）」評価の施設が増加傾向。

○河川ポンプエ事件数の約9割が修繕と機器取替。

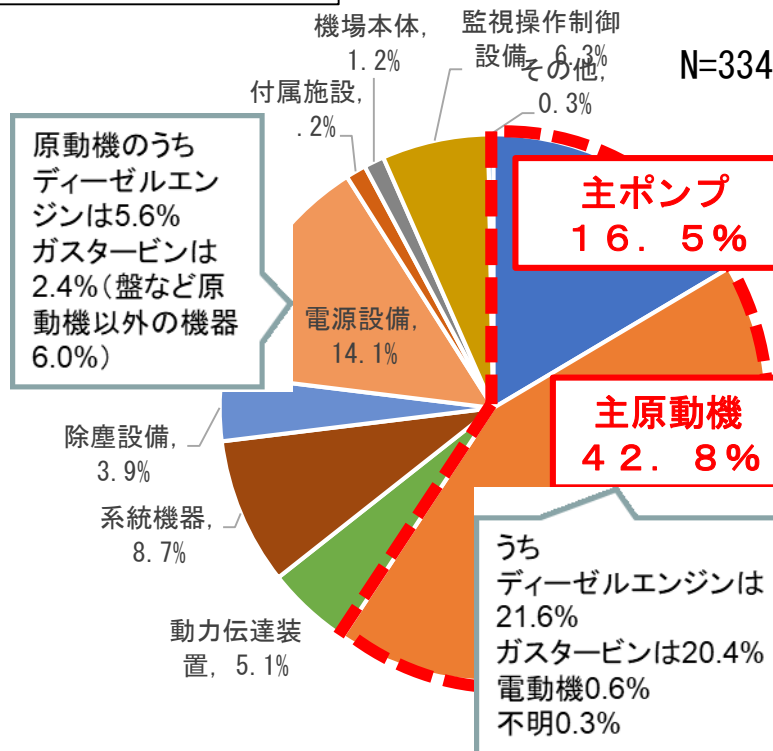
○河川ポンプについて部品単位で故障割合を整理すると、エンジンと主ポンプで約6割。



点検結果について
 ●：正常
 ▲：要整備
 (機能に支障は生じていないが、対策を講じないと支障が生じる恐れがある)
 ×：機能に支障あり

河川機械設備は毎年点検を実施(原動機、電機、ポンプなどの専門技術者が手間をかけて状態把握)し、ゲート、河川ポンプ設備ともに時間の経過とともに「○(正常)」評価は減少し、「△(要整備)」評価は増加傾向。

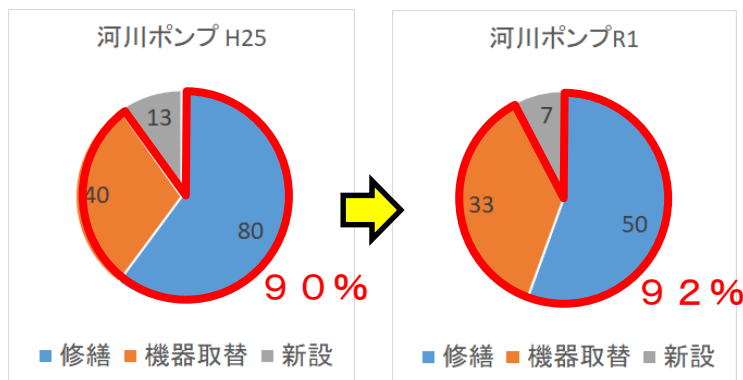
装置別故障割合



装置別故障割合(昭和57～令和2年)

河川ポンプエ事件数

(揚水機場、排水機場、浄化施設)



河川ポンプ整備の内訳
 ・主ポンプ分解整備
 ・原動機分解整備
 ・補機類交換
 河川ポンプ機器更新の内訳
 ・機側操作盤
 ・原動機
 ・減速機
 ・監視操作卓
 ・運転支援装置

部品単位で故障割合を整理すると、主ポンプと主原動機で約6割を占める。

別紙 1 1-2 排水機場 近年の故障事例

○近年の故障の特徴としては、**致命的機器（部品）の損傷**が多く、部品調達等で出水期間中に**数十日機能損失**する事例がある。

A排水機場 完成後19年経過 20m³/s (10m³/s × 1、5m³/s × 2)

9月月点検にて管理運転を実施
3号主原動機過給器温度上昇により非常停止

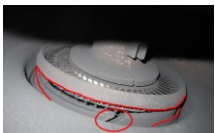
過給器内部タービノズルの変形を確認
交換部品手配、交換



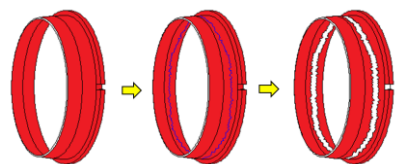
主原動機
(ディーゼルエンジン 846kw)



過給器取外作業



タービノズル亀裂



正常状態 → 硫酸腐食による先端部脱落亀裂(青線)

【原因】

主原動機の燃料であるA重油に含まれる硫黄分により、過給機内部のノズルカバーが硫酸腐食し、タービノズルが脱落

【機能喪失10m³/sの代替】

故障復旧まで17日間(交換部品を海外から調達)

- ・運転開始水位を1m下げる運用
- ・排水ポンプ車3台の配備

B排水機場 完成後34年経過 15m³/s (5m³/s × 3)

8月月点検にて管理運転を実施
2号主原動機より白煙発生し非常停止

緊急分解を実施
経年劣化によるシリンダー油膜切れを確認
部品交換、清掃、研磨



主原動機
(ディーゼルエンジン 308kw)



白煙発生状況



シリンダライナ損傷



ピストン損傷

【原因】

経年劣化によりシリンダーライナーとピストンロッド間の油膜保持ができなくなったため焼き付き白煙

【機能喪失5m³/sの代替】

故障復旧まで19日間

- ・排水ポンプ車4台の配備

C排水機場 完成後18年経過 4m³/s (2m³/s × 2)

8月月点検にて管理運転を実施
2号主ポンプより異音発生し非常停止

緊急分解を実施
ポンプ軸受の異常摩耗、インペラとケーシングライナの接触痕を確認

ポンプ分解整備(軸受の交換等)を実施



ポンプ軸受内径側に摩耗痕



ポンプ軸受内径側に溝状傷



ケーシングライナ

(羽根車先端とケーシングライナの接触痕)



羽根車側面に摺動痕

【原因】

異物噛み込みによるポンプ軸受の異常摩耗により、羽根車とケーシングライナが接触し、異音発生

【機能喪失2m³/sの代替】

故障復旧まで約8ヶ月間(交換部品の製作・工場持ち帰り整備)

- ・排水ポンプ車3台の配備



- 平成25年9月台風18号の豪雨でポンプが停止し浸水被害が発生。
- 浸水被害検証委員会では、浸水被害の原因はポンプ停止という検証結果が出された。
- その後、京都市が操作委託業者に対し、被害者への損害賠償など市が負担した額を京都地裁へ提訴。

経緯

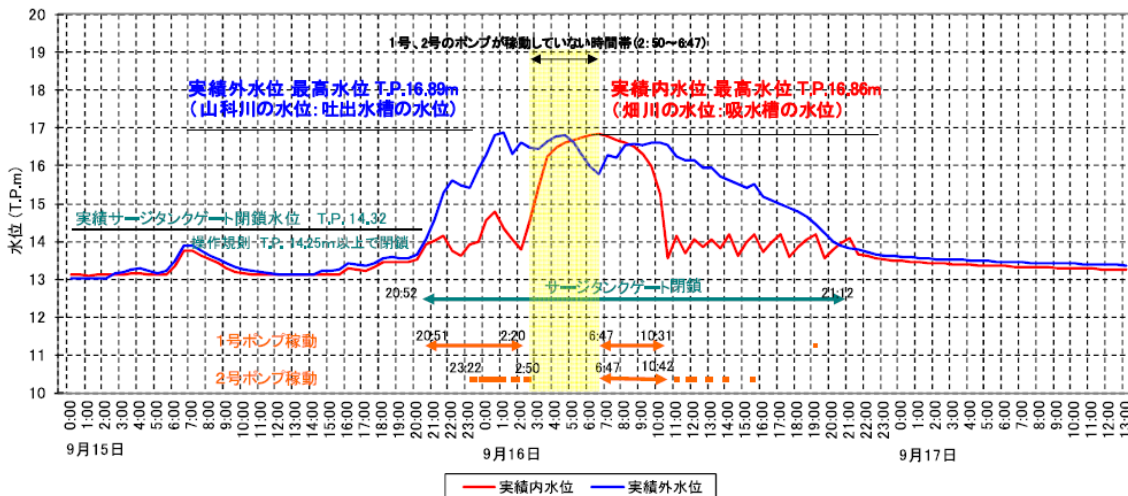
- 9月15日 午後 8:03 委託職員 1名で水位監視開始
- 午後 8:51 1号ポンプ運転開始
- 午後11:22 2号ポンプ運転開始 (間欠運転を実施)
- 9月16日 午前 2:20 除塵機ゴミ除去のため 1号ポンプ非常停止
- 午前 2:50 自動運転モードの 2号ポンプを非常停止
- ゴミ除去処理中に不慮の事故にあい気を失う
- ※非常停止したことで、自動運転モードに復帰しなかった
- 午前 2:50~午前6:47 ポンプ2台不稼働による水位上昇
- 午前 6:40 他の委託職員が現場到着。委託職員が倒れているのを発見
- 午前 6:47 1号、2号ポンプ運転再開 (3時間57分停止)
- 委託仕様書では
2名体制のところ
1名で対応

浸水被害検証結果

- ・浸水被害については、ポンプ停止が原因である。
- ・ポンプ停止については、委託業者の人為的なミスが原因であり、また本来2名体制であるべきところが1名体制であったことが、ポンプ停止を再稼働させることができなかった原因である。

今後に向けた取組

- ・小栗栖排水機場は、維持や運転監視を民間業者に委託しているが、浸水被害者に対する補償という観点からすれば、まずは**管理者としての責任が京都市にあり**、浸水被害者に対し、真摯な対応を強く要望する。
- ・今後の再発防止に向け、委託業者の業務遂行能力、体制の向上、排水機場の管理体制や市全域にかかる浸水予防対策の強化について検討していただきたい。

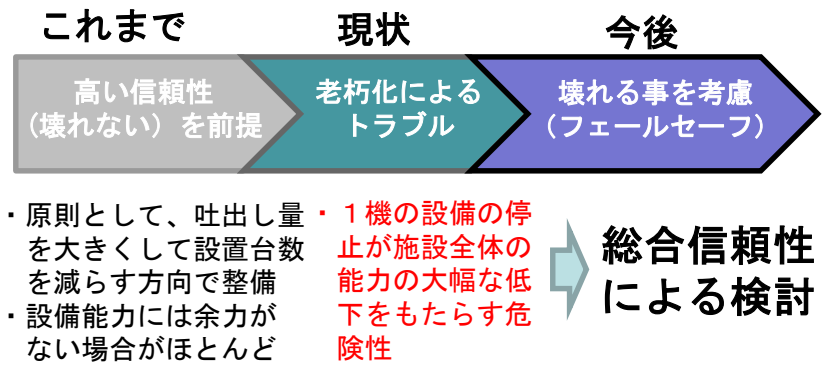


※実績内水位、実績外水位:小栗栖排水機場の水位記録より
 ※サージタンクゲート閉鎖、1号・2号ポンプ可動:運転履歴データより

参考文献:小栗栖排水機場周辺における浸水被害検証報告書(京都市)

○総合信頼性の考え方を設備整備の概念に新たに位置づけ、○総合信頼性は、アベイラビリティ、信頼性、保全性等を含むとして、品質特性に関する包括的な用語として定義されており、ポンプにおける**総合信頼性**に関連する項目として①**信頼性**、②**保全性**、③**保全支援性能**について検討を行った。

【現状と課題】



【総合信頼性概要】

ポンプ設備整備の重要事項

- ・ 計画排水規模
- ・ 機械設備のあり方 (排水量、揚程、ポンプ形式、駆動機関種別等)



ポンプにおける**総合信頼性**に関連する項目

- ①**信頼性**
- ②**保全性**
- ③**保全支援性能**

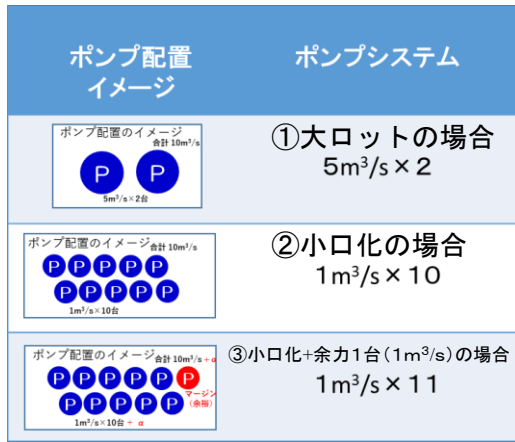
排水ポンプの設置における検討項目 (案)

		評価手法	評価結果	対応方策
総合信頼性 Dependability	① 信頼性 Reliability JIS Z8511 192-01-24	故障により稼働しない期待値、確率分布形 定量	・ 総排水規模に対しては故障確率 p のみにより決定 ・ 小口の方が大機能損失の可能性が低い	・ 小口化による機能損失回避 ・ 余力 (spare) による増強
	② 保全性 Maintainability JIS Z8511 192-01-27	定性的に評価 定性	・ マスプロダクツ化した方が保全性には優れるが、台数 (保全対象) が増加することも留意	・ 台数の増加も含め総合的に判断
	JIS Z8115 192-01-22 ③ 保全支援性能 JIS Z8511 192-01-29	定性的に評価 定性	・ マスプロ化した方が支援体制は充実する	・ できるだけマスプロ化を図る

論点 1, 2 信頼性の定量評価について

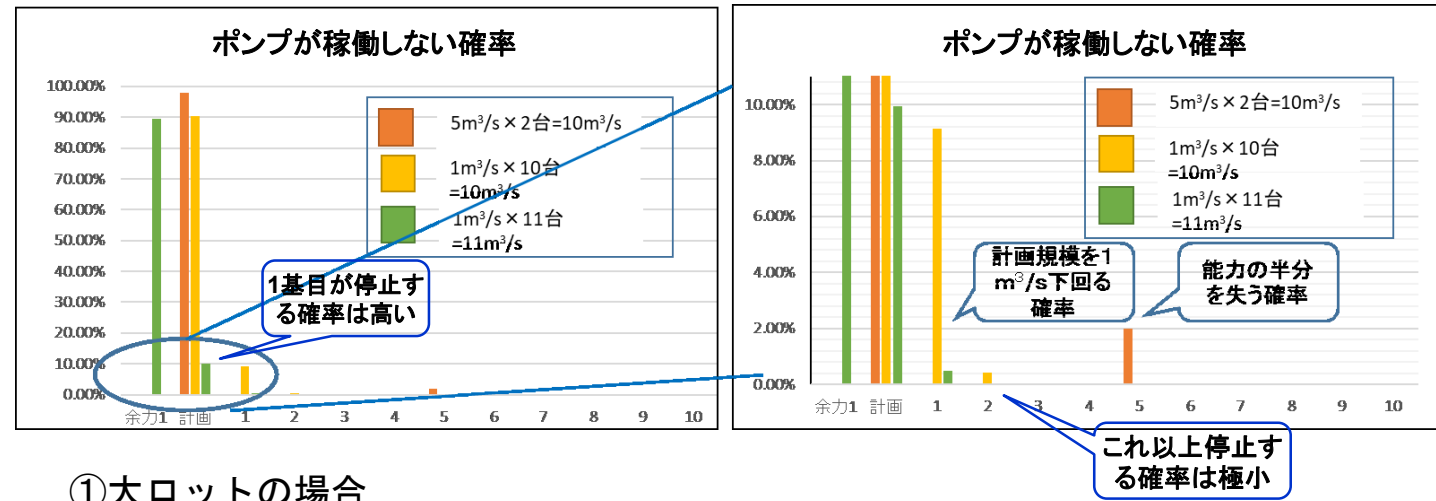
○信頼性は、小口化することにより、小規模な機能損失の可能性は高くなるが、システム全体に影響を及ぼすような機能損失に至る可能性はかなり低くなる。

【検討ケース】



【試算】

試算条件：ポンプの停止確立 $p = 1\%$ (0.01)



【故障機数の期待値】

e : 故障する (稼働しない) 機数の期待値
 n : ポンプ数
 p : 故障する確率

$$e = \sum_{i=0}^n p_i i$$

$$= np(p + (1-p))^{n-1}$$

$$\doteq np$$

①大ロットの場合

能力の半分を失う確率は約 2% (単機の停止確率 (1%) の約 2 倍)

②小口化の場合

1台稼働しない確率は高いが (9.5%)、3台目以降はほぼゼロであり能力を大きく失う可能性は極めて小さい

③小口+余力1台 (1m³/s) の場合

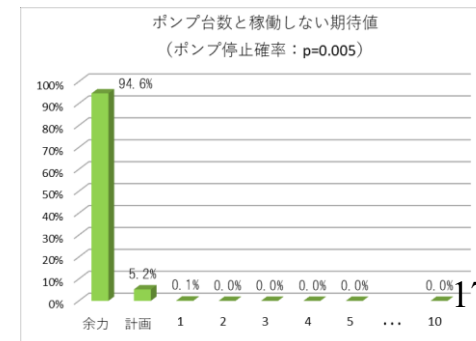
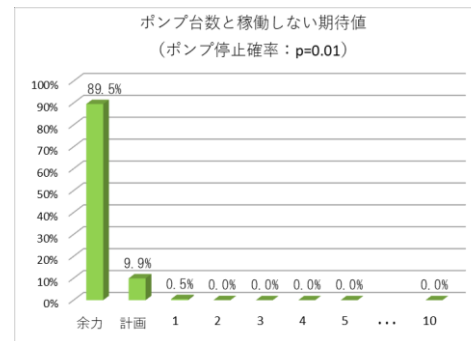
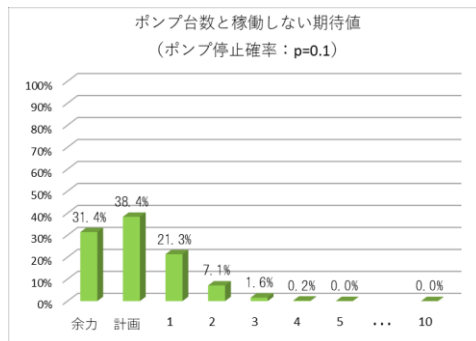
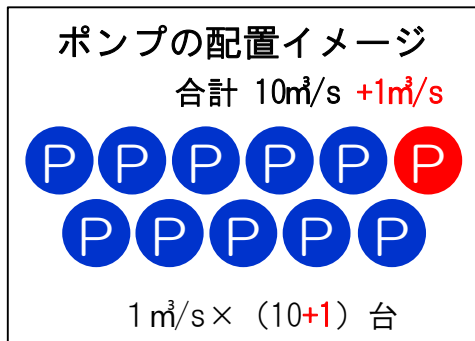
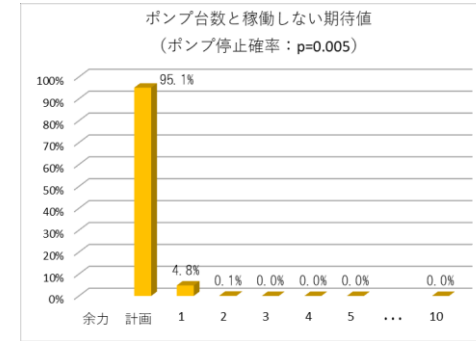
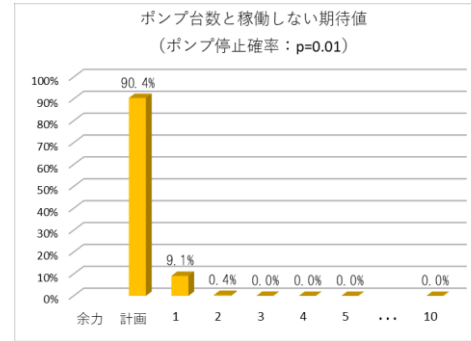
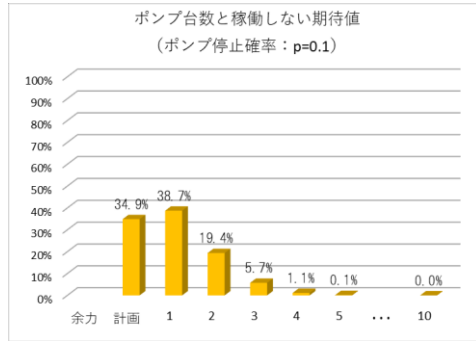
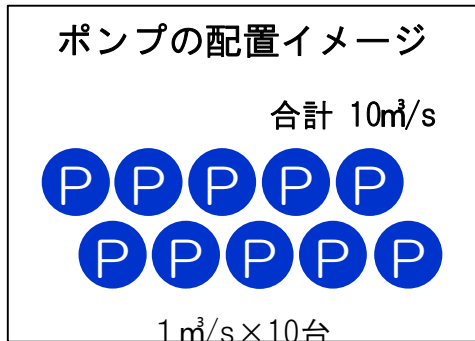
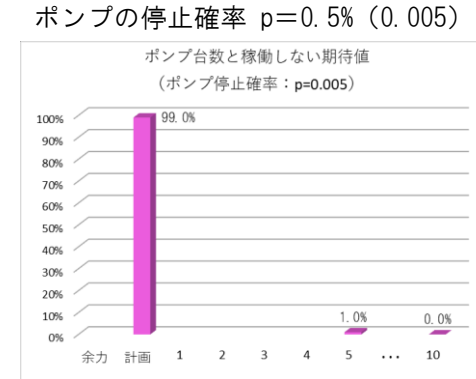
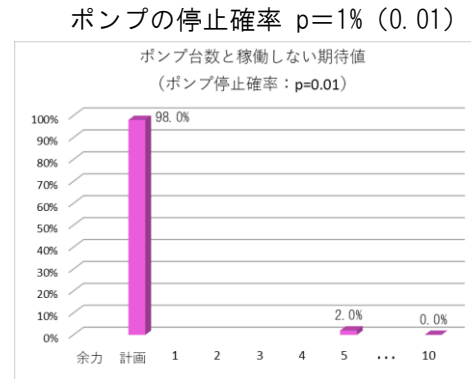
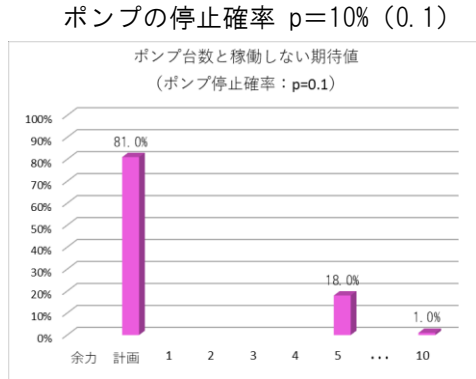
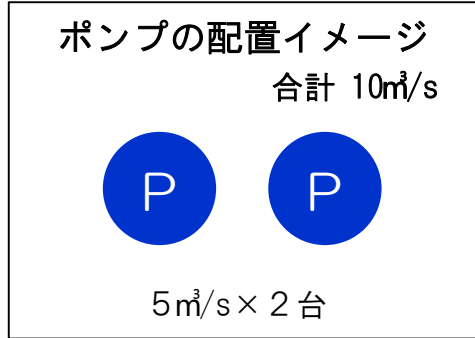
計画排水量以下となる確率は極めて小さい (0.5%)



小口化すれば、1機稼働しない確率は高くなるが、大規模な能力損失には至る確率は低くなり、さらに余力分を整備することにより信頼性は格段に向上する。

【検討ケース】

【試算結果】



論点 1, 2 保全性・保全支援性能の定性評価について

保全性については、今後の運用実績も踏まえながら総合的に判断する必要がある。また、保全支援性については、製造終了後の部品などの供給について確認が必要である。

【保全性（整備性、メンテナンス性）】

現在のポンプ施設

課題：排水機場毎、ポンプ毎に運転の手順、メンテナンスのコツ（ノウハウ）が異なり、その伝承が必要

共通化・規格化した場合には、ノウハウなど共通となる他、故障時等に迅速な回復が期待できるのであれば、整備の簡素化等を図ることも可能



○小口化で台数が増えることにより、保全対象が増える、操作対象が増える。

○実証試験を今後行う段階であり、どのような保全が必要となるのか等、今後明らかになる事項がほとんどであり、今後の運用実績も踏まえながら**総合的に判断する必要がある**。

【保全支援性能】

マspro化を図ったものほど優れていると言えるが、製造終了後の部品等の供給についてよく確認が必要である。

保全性の検討項目

保全支援性能の検討項目

	小口化・規格化(マspro型)	一品・特注生産(従来型)
考え方	特徴：マsproダクツ化 ポンプ能力(固定)×台数 予防保全に加え交換前提の保全も可	特徴：一品毎に設計・製作・据付 施設毎に設計・製作・据付 予防保全が原則
全体システム	◎故障時等の代替機・部品調達容易 △設置台数が増え保全が煩雑 △多数の制御が必要な場合もある ◎補器類が少ない	×故障時等の代替機・部品調達に難 ○大規模化すれば保全対象が限定 ○大規模化すれば制御対象が限定 ×補器類が多い(コンプレッサー等)
整備性(メンテナンス性)	特徴：車両用エンジンを流用等 ○使用台数多(ノウハウ共通) ○整備できる人材を確保しやすい ○故障時の復旧の迅速性が期待できるのであれば保全内容を省力化可能	特徴：船舶用エンジンを改造 △使用台数少(機械毎にノウハウ) △整備できる人材が限定 △故障しないように厳格な維持管理が必要(オーバーホール等)
交換	エンジン：短時間で交換可能 ポンプ：製造期間が短く対応可能	エンジン：交換は長期を要する ポンプ：交換は長期を要する

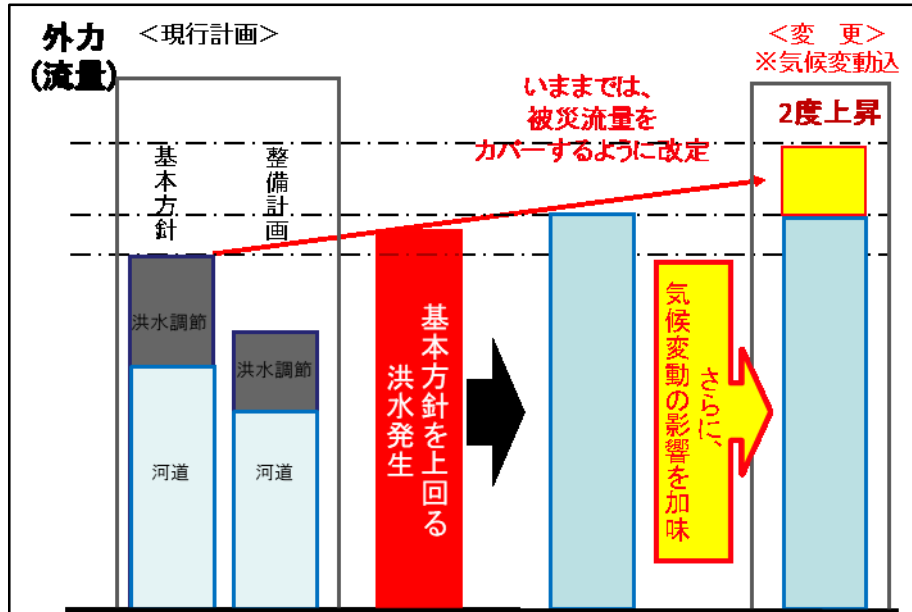
	小口化・規格化(マspro型)	一品・特注生産(従来型)
代替機供給体制	○生産中に対応可能、後継機種で代替	×生産に長期を有する
部品供給体制	○部品供給期間内は迅速	×特注生産部品の入手は困難
人材確保	○エンジン：自動車整備士可能 △ポンプ：専門技術者	△専門技術者

(施設設計の見直し)

○施設の新設にあたっては、気候変動による外力の増大を考慮して設計を行う必要があるが、堰、大規模な水門などの耐用期間の長い施設については、必要に応じて、更なる気温上昇にも備えた設計の工夫を行うことによって、気候変動により目標とする外力が増加した場合等でも容易かつ安価に改造することを可能とすることも考えられる。

また、2°C上昇に至る前に耐用期間を迎えるポンプ等の施設については、その施設の耐用期間経過時点の気候変動の影響を考慮して設計をすることが望ましい。

令和2年7月「気象変動を踏まえた水災害対策のあり方について 答申」より



(1)気候変動を踏まえた治水計画や施設設計の見直し
設計の見直し(予測される外力変化の考慮)

- 河川管理施設は、その機能を確保するために計画的に更新を実施している。
- 更新の際に予測される気候変動の影響量を見込み、計画的にポンプ能力を随時増強・更新していくことで、大規模な施設の改良や手戻りを防止することが可能となる。

【排水機場の老朽化状況】

【ポンプ増設による排水量増】(これまでの対応イメージ)

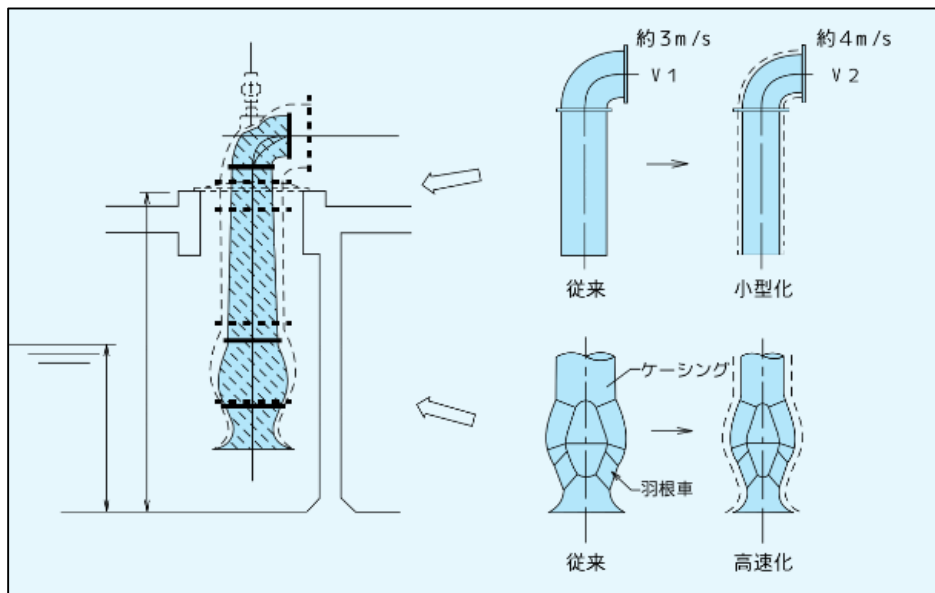
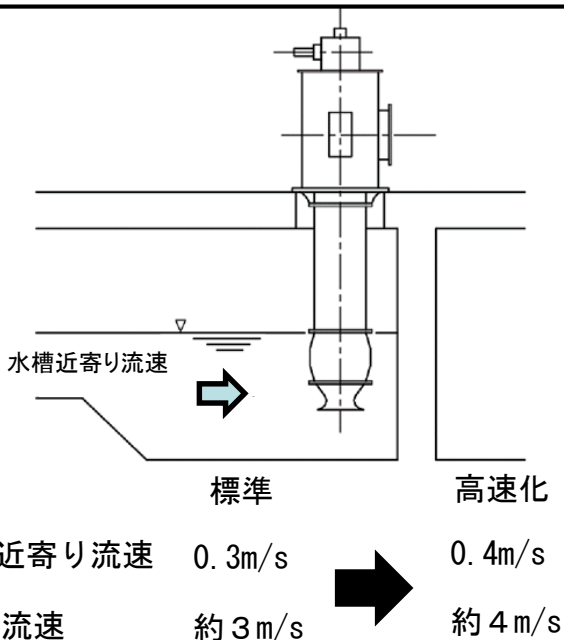
○新たにポンプを増設することで、排水量増を図る。
○機械設備のほか増設に伴う用地確保、建屋増設等が発生。

【気候変動を考慮し、増強・更新による排水量増】

- ポンプ、減速機、主原動機を改良することで、排水量増分をカバー。
- 排水量増と同時に老朽化対策も対応可能。
- 既存の建屋内で改良が可能な場合、コストが安値。

既設3台を改良更新

- コスト縮減（吸水槽建設時の掘削土量やコンクリート打設量の縮減等）を目的に、高流速吸水槽と小型化ポンプが開発され、模型試験及びシミュレーション解析で確認し、「揚排水ポンプ設備技術基準（案）平成13年2月」の改訂で、**高流速・小型化ポンプが基準化された。**
- これにより、ポンプを更新する際に、**同じ口径で従来より多い吐出量のポンプを設置することが可能。（施設毎に要検討、2割～5割程度増量可）**

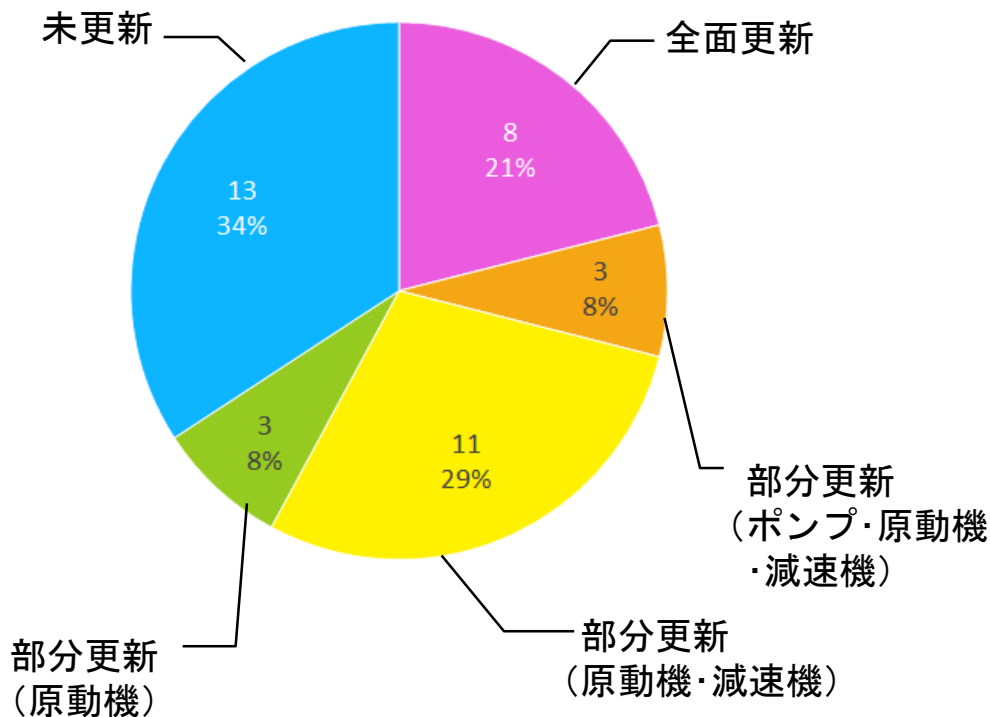


I 型(従来流速) ⇒ II 型(高速化)

ポンプ効率	立軸ポンプでは I 型より4～8%低い
全揚程	損失水頭の増加により I 型より高い
原動機出力	効率低下、全揚程増加により大きくなる
質量	小型化され I 型より軽量

論点 4 設置後50年以上経過した排水機場の更新実態

排水機場の更新実態 (設置後50年以上経過 N=38)



地整名	水系名	施設名	設置年	経過年数	更新年	更新時経過年数	更新内容
関東	利根川	谷田川第1排水機場	1948	72	2010	62	全面更新
関東	利根川	谷田川第2排水機場	1949	71			※未更新
九州	筑後川	寒水川排水機場	1950	70	1986	36	原動機・減速機
九州	筑後川	江見下排水機場	1950	70	1988	38	原動機・減速機
九州	筑後川	浮島排水機場	1950	70			※未更新
九州	筑後川	江見上排水機場	1951	69	1986	35	原動機・減速機
九州	筑後川	山ノ井下排水機場	1952	68	1987	35	原動機・減速機
関東	利根川	伊丹排水機場	1954	66			※未更新
九州	川内川	内堅排水機場	1955	65	2002	47	全面更新
九州	筑後川	江口排水機場	1957	63			※未更新
九州	筑後川	古川排水機場	1959	61	2003	44	原動機・減速機
九州	筑後川	大刀洗排水機場	1959	61	2003	44	原動機
九州	筑後川	陣屋川排水機場	1960	60	2004	44	原動機
中部	狩野川	浪人川排水機場	1964	56	1993	29	原動機・減速機
中国	江の川	北溝川排水機場	1964	56	2002	38	ポンプ・原動機・減速機
四国	吉野川	川島排水機場	1964	56	2009	45	全面更新
九州	筑後川	八幡排水機場	1964	56	2004	40	原動機
中部	豊川	小坂井排水機場	1965	55	2005	40	原動機・減速機
中部	木曾川	新水門川排水機場	1965	55			※未更新
東北	最上川	竹田排水機場	1966	54			※未更新
東北	北上川	横川排水機場	1966	54	2014	48	全面更新
四国	吉野川	学島排水機場	1966	54	2018	52	ポンプ・原動機・減速機
関東	利根川	根木名川排水機場	1967	53	2005	38	全面更新
中部	木曾川	境川排水機場	1967	53			※未更新
中部	木曾川	新荒田川論田川排水機場	1967	53	1999	32	ポンプ・原動機・減速機
近畿	円山川	豊岡排水機場	1967	53	2011	44	全面更新
北海道	石狩川	南6号排水機場	1968	52	2001	33	全面更新
北海道	石狩川	南9号排水機場	1968	52	2013	45	全面更新
東北	最上川	新田川排水機場	1968	52			※未更新
関東	利根川	小野川排水機場	1968	52			※未更新
近畿	淀川	大島排水機場	1968	52	2003	35	原動機・減速機
四国	吉野川	柿ノ木谷川排水機場	1968	52			※未更新
四国	吉野川	正法寺川排水機場	1968	52			※未更新
九州	筑後川	轟木排水機場	1968	52	1998	30	原動機・減速機
四国	吉野川	飯尾川排水機場	1969	51			※未更新
中国	太田川	戸坂ポンプ場	1970	50	2003	33	原動機・減速機
九州	筑後川	枝光排水機場	1970	50	2000	30	原動機・減速機
九州	六角川	牛津江排水機場	1970	50			※未更新

■谷田川第一排水機場 (関東) S 2 3 設置 → H 2 2 更新 (61年経過)

(機械設備)
 ■工事金額 : 996 (百万円)
 ■排水量換算 : 100 (百万円/㎡)

※事業総額 : 2127 (百万円)
 (土木・建築・既設撤去含む)



主ポンプ設備
(両吸込渦巻ポンプ)

【更新前】

排水量 : 9.9m³/s (3.3m³/s × 3台)
 形式 : 両吸込渦巻ポンプ
 口径 : 1300mm
 原動機 : 電動機



(特 徴)

- 渦巻→縦軸斜流に更新 (操作性向上)
 - ・ 満水系統の削減・起動時間の短縮
 - ・ ポンプ・除塵機を操作室より操作可能
- ガスタービンエンジン等の採用 (信頼性向上)
 - ・ 冷却水系統の削減 (無水化)
- 商用受電→自家発電設備に変更
 - ・ 運転停止リスク低減

【更新後】

排水量 : 9.9m³/s (4.95m³/s × 2台)
 形式 : 縦軸斜流
 口径 : 1350mm
 原動機 : ガスタービン機関



主原動機
(ガスタービン)



主ポンプ設備
(立軸斜流ポンプ)

論点 4 排水機場の更新事例 (全面更新)

■大旦川排水機場 (東北) S 4 7 設置 → H 2 6 更新 (42年経過)

(機械設備)
 ■工事金額 : 8 2 6 (百万円)
 ■排水量換算 : 8 3 (百万円/㎡)

※事業総額 : 1 8 9 8 (百万円)
 (土木・建築・既設撤去含む)



主ポンプ設備
(縦軸斜流ポンプ)

【更新前】

排水量 : 10m³/s (3.33m³/s × 3台)
 形式 : 縦軸斜流ポンプ
 口径 : 1200mm
 原動機 : 水冷ディーゼル機関



(特 徴)

- ポンプ台数を細分化「3.33m³/s×3台」→「1m³/s×10台」
 - ・流入量・水位に追従した操作可能
- 陸上ポンプ(縦軸斜流ポンプ)→ コラム式水中ポンプに更新
 - ・補機の削減による起動時間の短縮
 - ・冷却水系統の削減(無水化)
 - ・シンプルな構造で維持管理が容易
- 既設の吐出水槽・排水樋管は流用

【更新後】

排水量 : 10m³/s (1.0m³/s × 10台)
 形式 : コラム式水中モータポンプ
 口径 : 700mm
 原動機 : 電動機
 電 源 : パッケージ型発動発電機



電源設備
(パッケージ型発動発電機)



主ポンプ設備
(コラム式水中モータポンプ)

論点 4 排水機場の更新事例 (部分更新)

■学島排水機場 (四国) S 4 1 設置 → H 3 0 更新 (52年経過)

(機械設備)

■工事金額 : 4 8 1 (百万円)

■排水量換算 : 5 7 (百万円/㎡)



【更新前】

排水量 : 6.0m³/s (3.0m³/s × 2台)

形 式 : 横軸軸流

口 径 : 1200mm

原動機 : 水冷ディーゼル機関



(特 徴)

- 横軸→縦軸 (Ⅱ型) に更新
既設口径のまま、排水量を増強 (高流速化)
満水系統の削減・起動時間の短縮
- 空冷ディーゼル・ポンプ搭載型減速機の採用
冷却水系統の削減 (無水化)
- 既設の構造物・建屋・吐出管 (埋設部) は流用

【更新後】

排水量 : 8.5m³/s (4.25m³/s × 2台)

形 式 : 縦軸斜流 (Ⅱ型)

口 径 : 1200mm

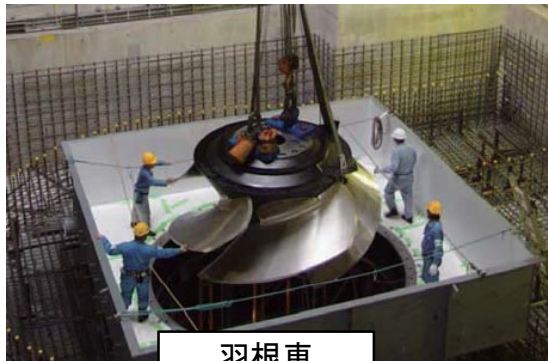
原動機 : 空冷ディーゼル機関

論点4 更新事例（大型ポンプ）

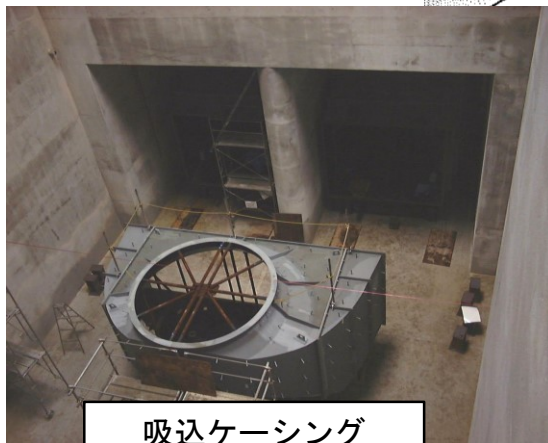
- 全国に大型ポンプ（コンクリートケーシングタイプ）を有する揚排水機場は70施設（直轄39施設、補助31施設）
- 大型ポンプの更新にあたっては、費用と期間を要するため既設構造物（土木・建築）を流用し、必要最小限の更新とする。

コンクリートケーシングタイプ

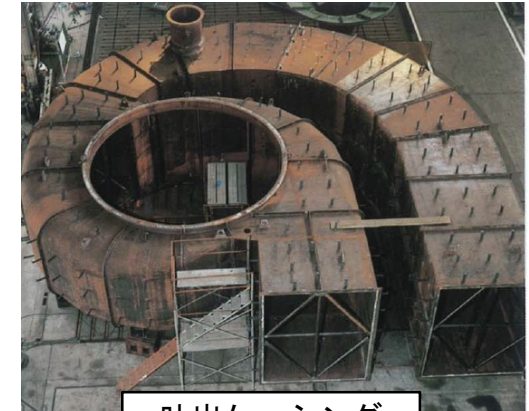
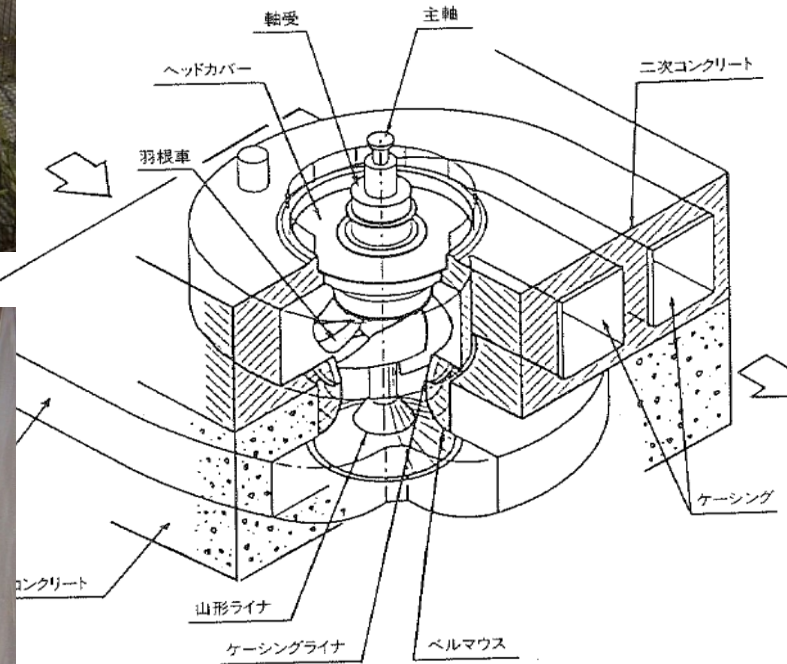
ポンプ単機容量が10m³/sを超える大型ポンプは、ポンプ本体をコンクリートケーシング形式として土木構造物と一体化し、吸込水路と吐出水路を直結した構造



羽根車



吸込ケーシング



吐出ケーシング



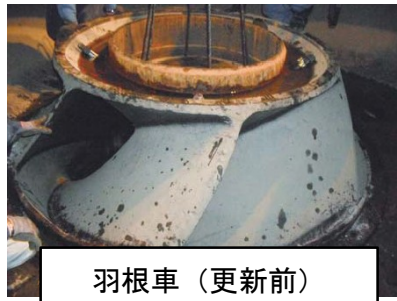
ベルマウス

■ S排水機場（S県） S43設置 → H24更新（44年経過）

部分改築前



エンジン・減速機（更新前）



羽根車（更新前）



ケーシング腐食

【更新前】

■ 工事金額 : 1,290 (百万円)
■ 排水量換算 : 37 (百万円/m³)

排水量 : 35m³/s (10m³/s×3、5m³/s×1台)
 形式 : 立軸渦巻斜流×3、横軸斜流×1
 口径 : 2100mm×3台、1500mm×1台
 原動機 : 水冷ディーゼル機関（二次冷却方式）

（特徴）

- 数値流体解析や最新設計手法を駆使し、既設ケーシング継続使用の制約の中、単機容量アップ（10m³/s→11.67m³/s）し、ポンプ台数を4台から3台へ削減
- 既設の構造物・建屋・コクリートケーシングは流用

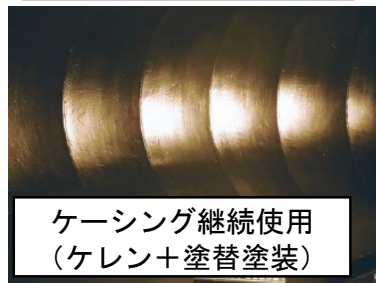
部分改築後



エンジン・減速機（更新後）



羽根車（更新後）



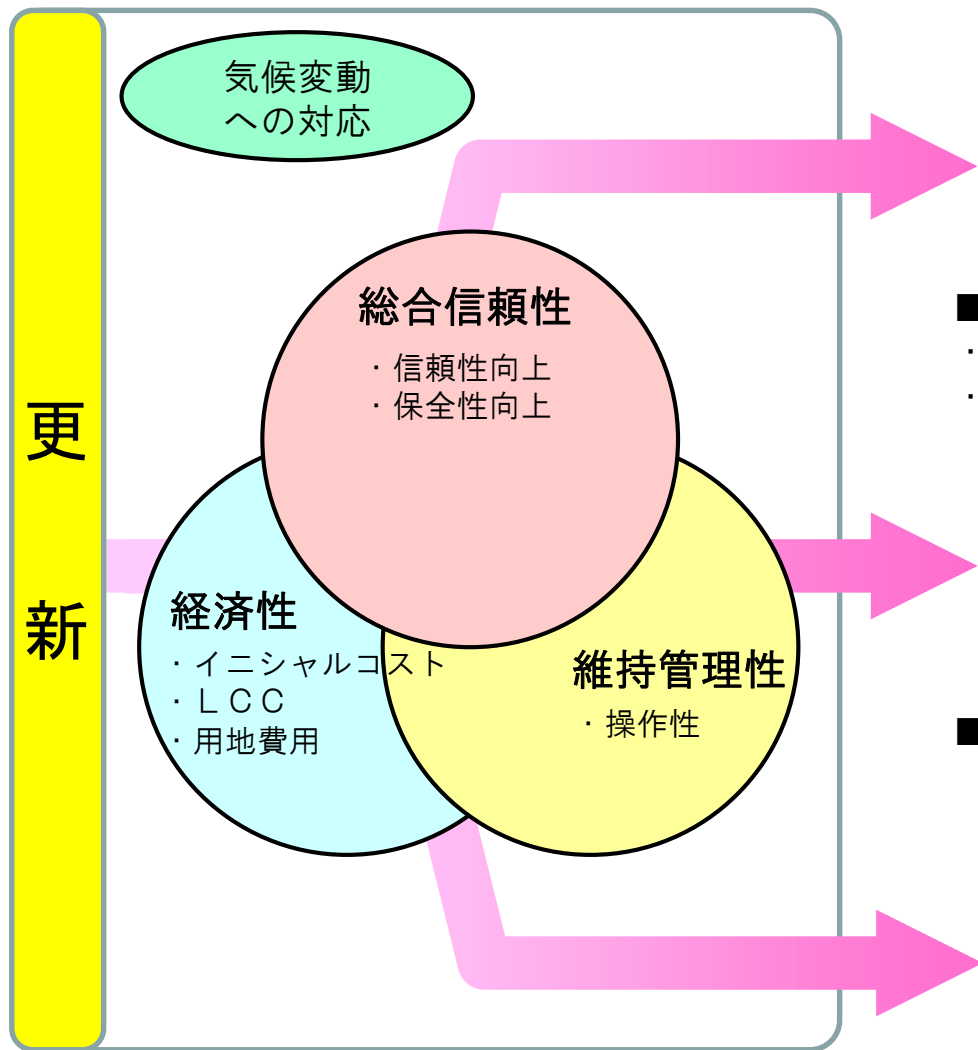
ケーシング継続使用
（ケレン+塗替塗装）

【更新後】

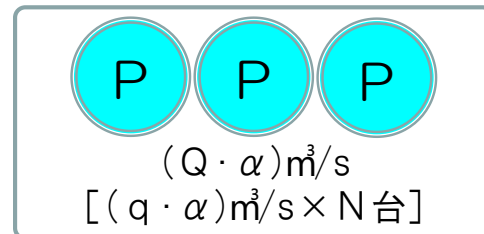
排水量 : 35m³/s (11.67m³/s ×3台)
 形式 : 立軸渦巻斜流（Ⅱ型）
 口径 : 2100mm
 原動機 : 水冷ディーゼル機関（ラジエータ方式）₂₆

論点 4 効率的な更新を行うための設計

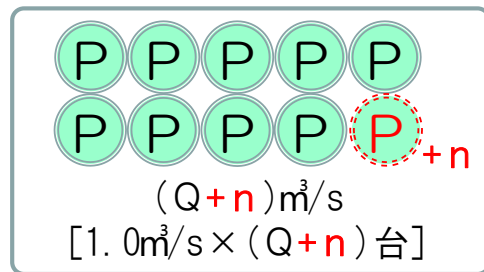
- 「総合信頼性」、「経済性」、「維持管理性」の観点に加え、「気象変動への対応（余力の確保）」を考慮した更新計画・設計。
- マスプロダクツ型排水ポンプ等、パラダイムシフトを図った設備の導入検討。



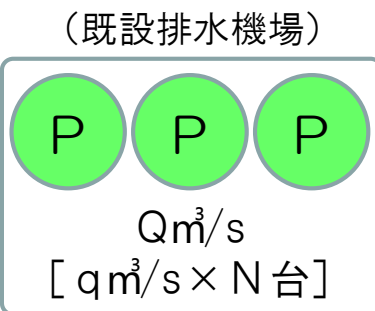
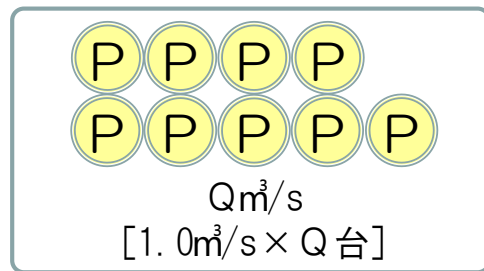
■高流速化（排水能力の向上）
※学島排水機場の事例



■マスプロダクツ化
・冗長性の向上 + コスト縮減
・(+n)信頼性向上 + 気象変動への対応



■小口化（冗長性の向上）
※大旦川排水機場の事例



論点6 「省力化保全」、 「交換保全」 の導入

- 機能停止・低下を防ぐために保全を実施
- しかし一定程度の故障が発生。復旧に時間を要している
- 河川機械設備は緊急時に確実に稼働することが第一義であり、このため、システム自体を交換するという発想
- 故障時に交換することを前提とし、「省力化保全」という新たな考え方を導入

○新たな考え方

