

現状の管理状況に合わせた揚水機場 の機能保全計画の立案について

株式会社ユニオン

- **山下 祐磨**
- 溝部 美幸**
- 豊田 政幸**

目次

- ▶ ・はじめに
- ▶ ・現状の問題点と課題
- ▶ ・調査手法
- ▶ ・性能劣化曲線を用いた余寿命予測
- ▶ ・まとめ

はじめに

岐阜県西濃地域の土地改良区は、22箇所の揚水機場を管理している。

揚水機場は設置から30年が経過しており、耐用年数を超過している。



現状の問題点と課題

詳細診断の測定結果

- ・コスト面から現実的でない

参考耐用年数

- ・機場が古く、耐用年数を超過しているため、対策開始時期が同時になる。

22機場の揚水機場を管理している西濃地域の土地改良区の実情から、対策開始年度に全ての機場について対策を実施するのは困難である。

西濃地域の現状に即した性能劣化予測手法が必要

単一劣化曲線モデルを用いた性能劣化予測が、**揚水機場の余寿命予測**に使用できるか、検討する。

調査手法



ポンプ・モーター分解



ポンプ引き上げ・目視調査



ポンプ・モーター据付復旧



電気結線工事

- S-5** 異常が見られない：対策不要
- S-4** 軽微な異常。支障はない：継続監視
- S-3** 放置すると機能に支障：劣化対策
- S-2** 機能に支障がある：至急劣化対策
- S-1** 性能が著しく低下：更新

各部品ごとに健全度評価を行い、全体の評価を決定する。

装置	機器	調査部位	部位の影響度	調査項目	劣化の影響度	健全度評価 (部位)	健全度評価 (装置)	設備の健全度
主ポンプ	主ポンプ	ケーシング部	A	損傷、ひび割れ	A	S-4	S-3	経済性や修復性等も加味してできるだけ客観的に評価する
		インペラ・主軸部	A	損傷、ひび割れ	A	S-4		
		軸受部	A	摩耗、損傷	A	S-3		
		軸封部	B	腐食、摩耗	B	S-2		
動力伝達装置	減速機	ケーシング部	A	損傷、ひび割れ	A	S-4	S-3	部位の重要度等を考慮して評価する
		歯車部	A	バックラッシュ	A	S-3		
		軸受部	A	摩耗、損傷	A	S-4		
主原動機	電動機	固定子部	A	破損、絶縁低下	A	S-4	S-4	
		回転子部	A	破損、絶縁低下	A	S-4		
		軸受部	A	摩耗、損傷	A	S-4		

詳細診断の測定結果を用いた余寿命予測

調査部位の腐食や摩耗量等の進行度合いから、余寿命を予測する手法

メリット

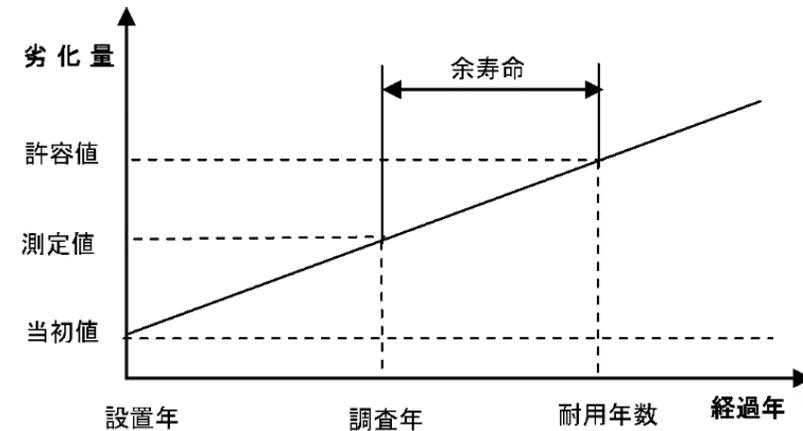
- ・ 比較的正確に余寿命が予測できる

デメリット

- ・ 余寿命を出すためだけに詳細診断調査を行うのはコスト的に現実的でない



例) 20年で2mm摩耗が進行
= 許容値3mmまでは30年
= 余寿命は10年という予測



注) 許容値：設備の機能上、支障を及ぼさない程度の劣化量
「農業水利施設の機能保全の手引き『ポンプ場（ポンプ設備）』」（H25.4）P.63

参考耐用年数を用いた余寿命予測

設備ごとの参考耐用年数を用いて、余寿命を予測する手法

メリット

- ・コスト面で現実的な予測が可能
- ・一律化された耐用年数を使用するため、判定が非常に容易。



主ポンプの耐用年数：30年程度
※分解整備後：15年程度

電動機の耐用年数：25年程度
※分解整備後：15年程度

設備区分	形式	用途	部品名称	企画・材質	参考耐用年数	保全方式	備考欄	
主ポンプ	立軸軸流（又は斜流）ポンプ	用水	完備品			30	TBM	
			ケーシング	FC		30	TBM	
			ケーシングの塗膜			5	PBM	
			インペラ	CAC又はSC		20	TBM	
			インペラの補修	CAC又はSC		10	TBM	
			主軸	S-C		20	TBM	
			主軸補修	S-C		10	TBM	
			バッキンスリーブ	SUS又はSGS		10	TBM	
			水中軸受スリーブ	SUS		10	TBM	
			ケーシングライナ	CAC他		15	TBM	
			水中軸受	カットレス		10	TBM	
			軸受箱	FC		30	TBM	
			軸受	ころがり軸受		5	TBM	
			軸封部	グランドパッキン		1~3	TBM	
			軸封部	無給水軸封装置		10	TBM	
〃	同上摺動部		5	TBM				

「農業水利施設の機能保全の手引き『ポンプ場（ポンプ設備）』参考資料編」（H25.4）P.20

形式	用途	部品名称	企画・材質	参考耐用年数	保全方式	備考欄	
巻線形（高圧）誘導電動機	用水、常時排水	完備品			25	TBM	
		フレーム	FC		40	TBM	
		〃	SS		40	TBM	
		固定子部（コア、コイル、コイルエンド）			25	TBM	
		回転子部（コマ、コイル）			25	TBM	
		主軸	S-C		35	TBM	
		軸受	ころがり軸受		5	TBM又はCBM	
		すべり軸受	FC/WJ		10	TBM又はCBM	
		オイルリング	C3604		10	TBM	
		ブラシ	黒鉛		0.5~2	TBM	
		ブラシホルダー			10	TBM	
		スリップリング			10	TBM	
		スペースヒーター			10	TBM	
		リード線			20	TBM	

「農業水利施設の機能保全の手引き『ポンプ場（ポンプ設備）』参考資料編」（H25.4）P.23

岐阜県西濃地域の現状

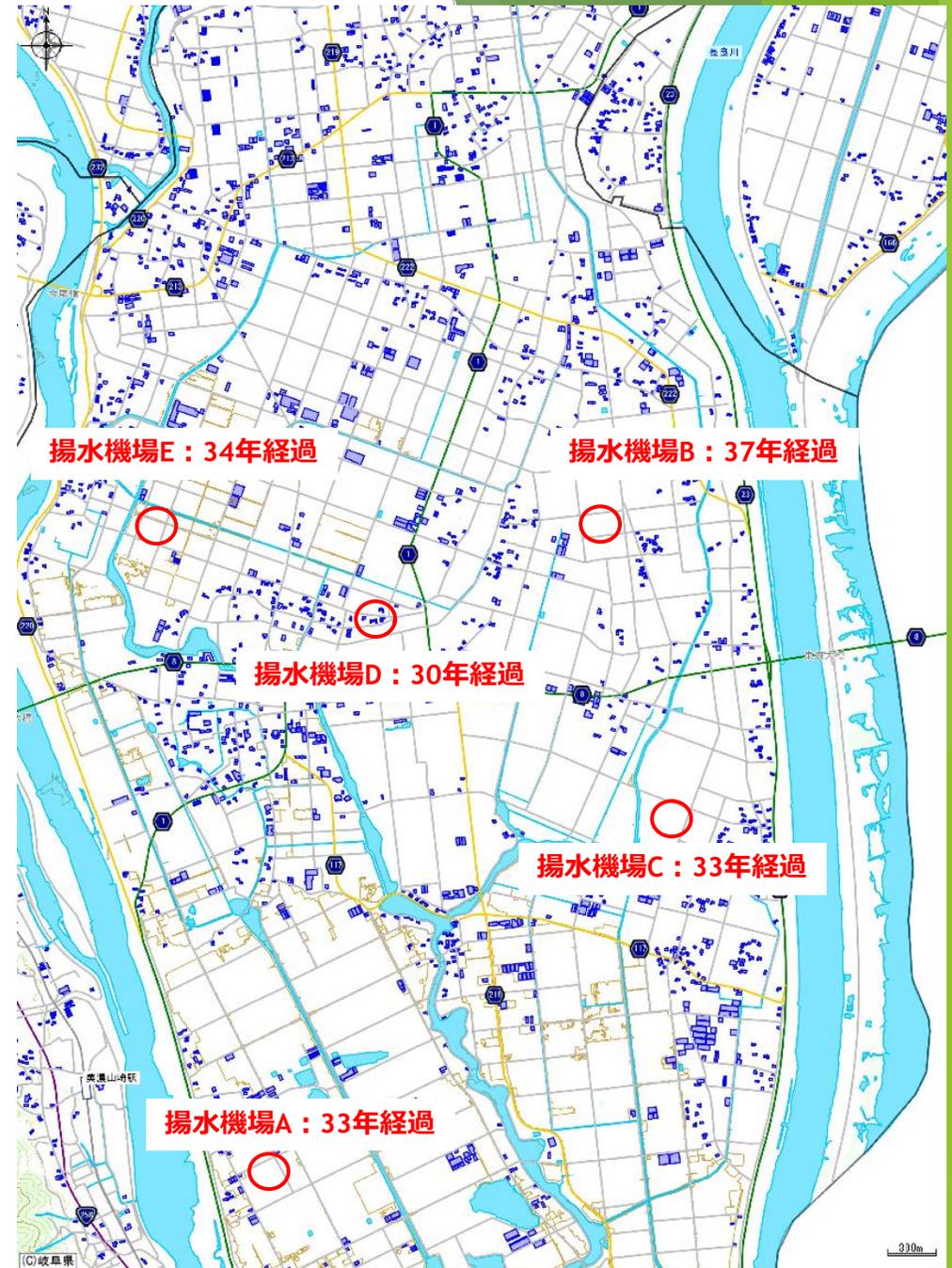
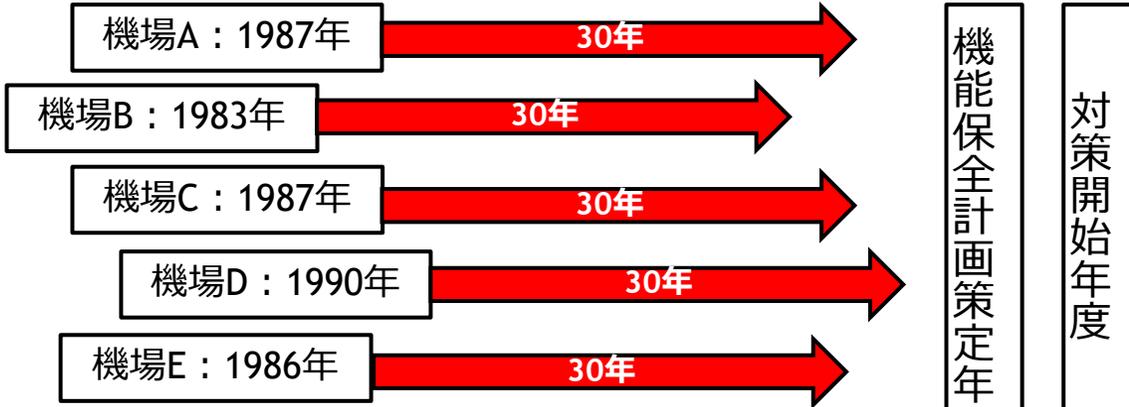
参考耐用年数による余寿命予測のデメリット

- ・施設の劣化状況は多種多様であり、地区の実情にそぐわないケースがある。



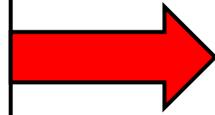
- ・一般に整備履歴や診断結果、エンジニアリングジャッジを加味して判断する。

西濃地域の機場は耐用年数を超過しているため、対策時期が同時に発生する。



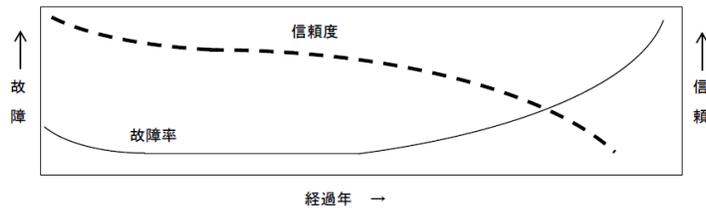
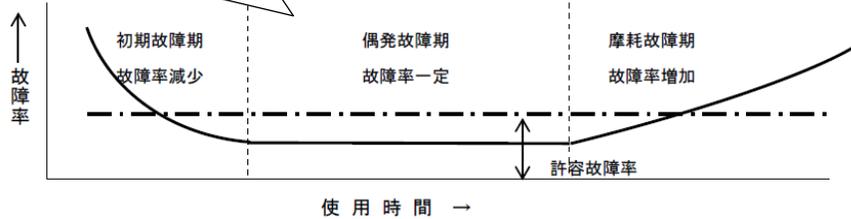
性能劣化曲線を用いた余寿命予測

・ 本来は土木設備等の劣化予測に使用し、
機械類には適さない



しかし5機場においては、前回
(2010年度、2011年度)に調査が実施されている

機械設備は一般に、初期故障、偶発故障、摩
耗故障の順に推移する (バスタブ・カーブ)



「農業水利施設の機能保全の手引き『ポンプ場（ポンプ設備）』」 (H25.4) P.29

② 複数回もしくは複数の地点の機能診断結果から劣化曲線を作成する方法

以下のような複数年の機能診断結果に基づいて劣化曲線を作成する。

供用年数(x)	健全度(y)
0年	S-5
16年	S-4
27年	S-3
35年	S-2

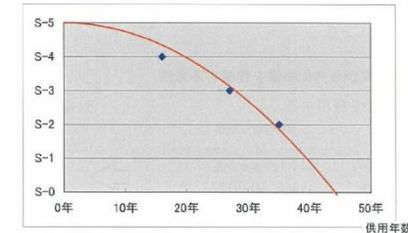
$$y = ax^2 + 5$$

左記のデータを用いて最小二乗法により、
上式の係数 a を求める。

$$a = (\sum x^2 y - 5 \times \sum x^2) / \sum x^4$$

$$a = -0.00257$$

$$y = -0.00257x^2 + 5$$



Y=aX ² +b	
係数a	-0.00257
係数b	5

S-1となる時点を予測する。

$$y = -0.00257x^2 + 5$$

上式より下式を導入

$$x = \sqrt{(y-5)/(-0.00257)}$$

$$x = 39.45$$

上記より、S-1となる時点は39.45年

2回の評価結果から性能劣化曲線を作成する事
が可能であった。

性能劣化曲線を使用した際のメリット

・ 実際の診断結果を踏まえた評価が可能である。

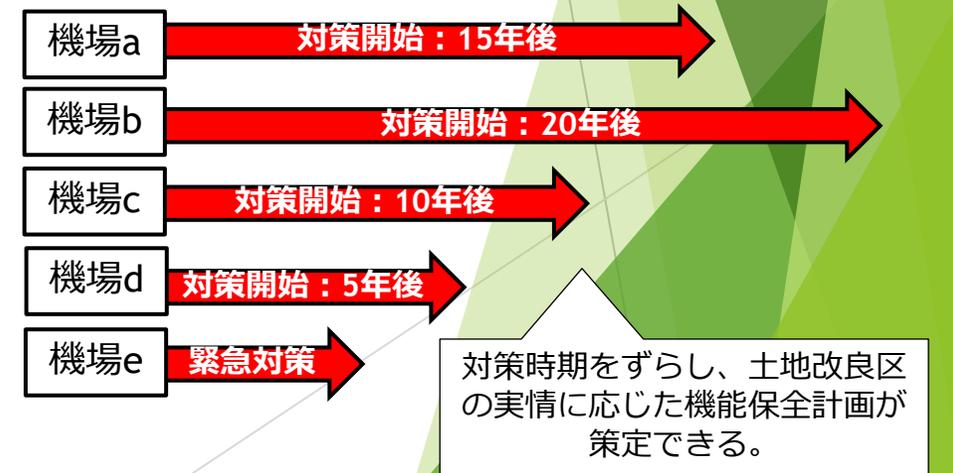
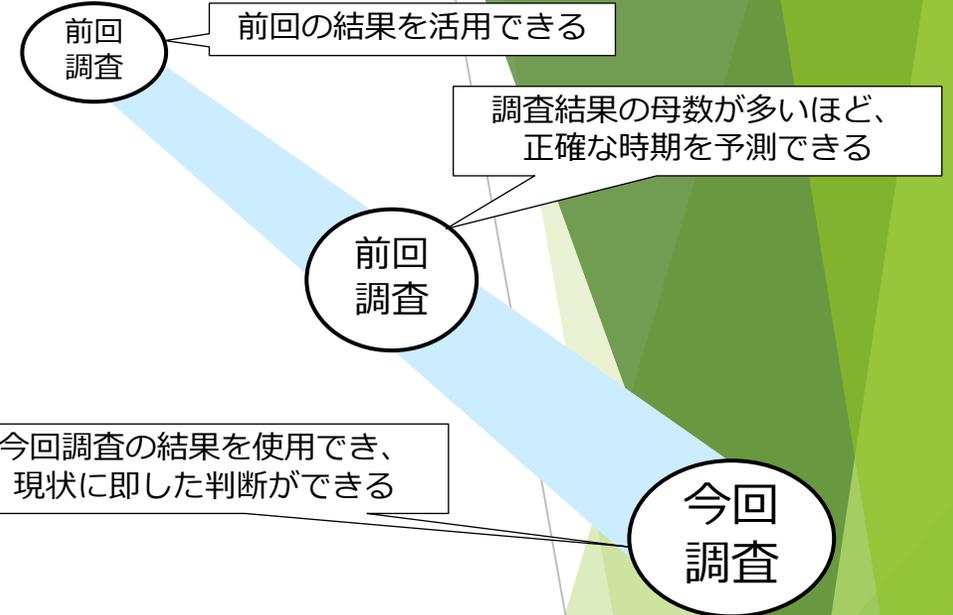
→ 前回調査の回数が増えると、正確性が高まる。

・ 参考耐用年数と異なり、その機場の現状に即した余寿命が算出できる

→ 状態の良い機場と悪い機場を区分できる。

・ 該当地区の現状に即した機能保全計画に活用できる可能性がある。

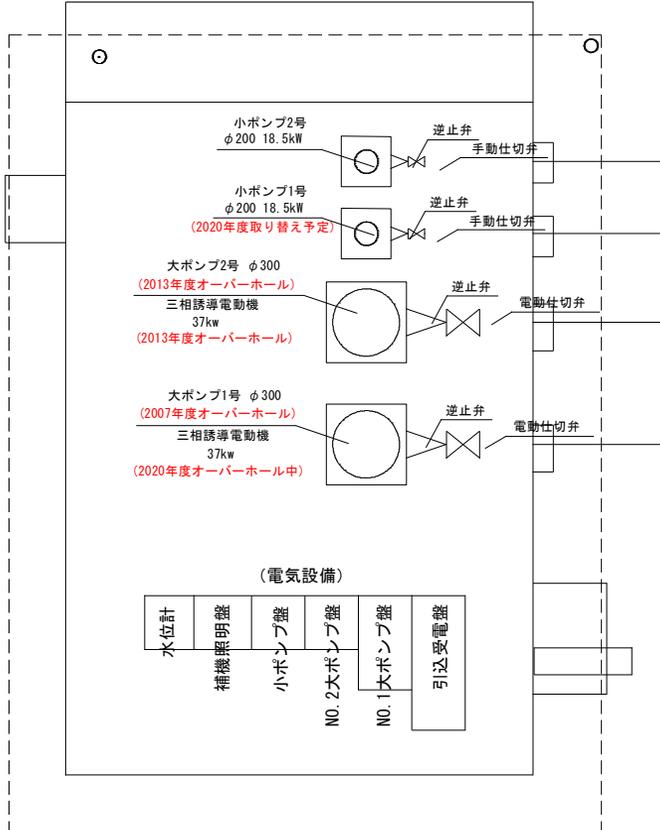
→ 状態の良い機場の対策時期を後に回し、状態の悪い機場から開始できるようになる。



揚水機場A

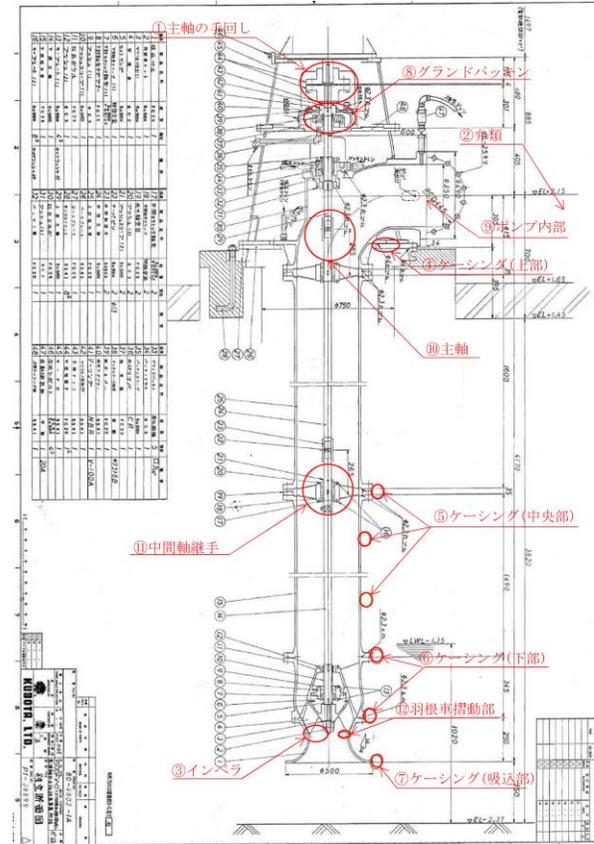
所在地	西濃地域
ポンプ設備	大ポンプ 立軸斜流ポンプ（電業社） φ300-37kW×2台
	小ポンプ 水中ポンプ（電業社） φ200-18.5kW×2台
電気設備	高圧受変電設備、低圧配電盤類
建屋	鉄筋コンクリート1階
付帯施設	貯水槽、ゲート設備
設置年度	1987年（S62）
経過年数	33年

2007年に分解整備を実施している



目視・内視鏡調査結果

- ・ 主軸の手回しが非常に重い(S-2)
- ・ 弁類が開いたまま固着している(S-2)
- ・ 軸封部の残りが少ない(S-2)
- ・ インペラに隙間が生じている(S-2)



前回調査：2010年度

今回調査：2020年度

S-4

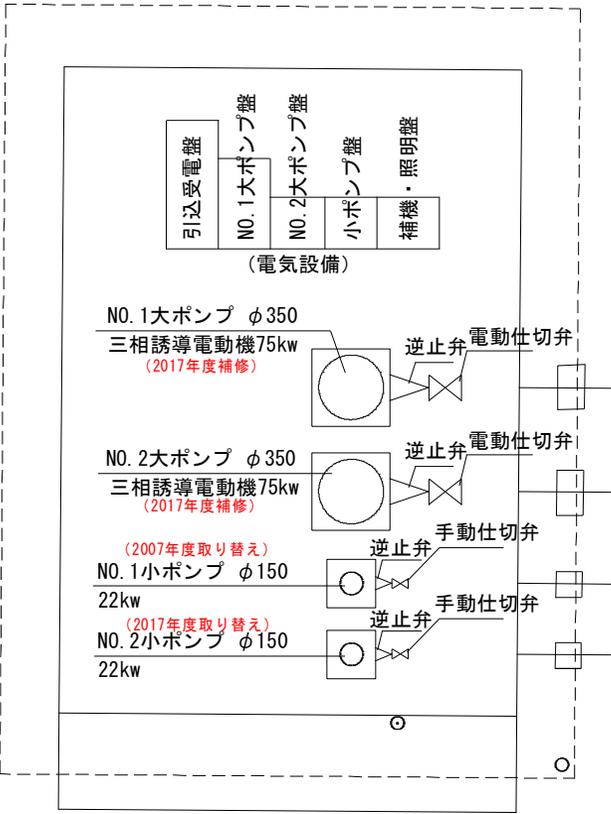
10年経過

S-2

揚水機場C

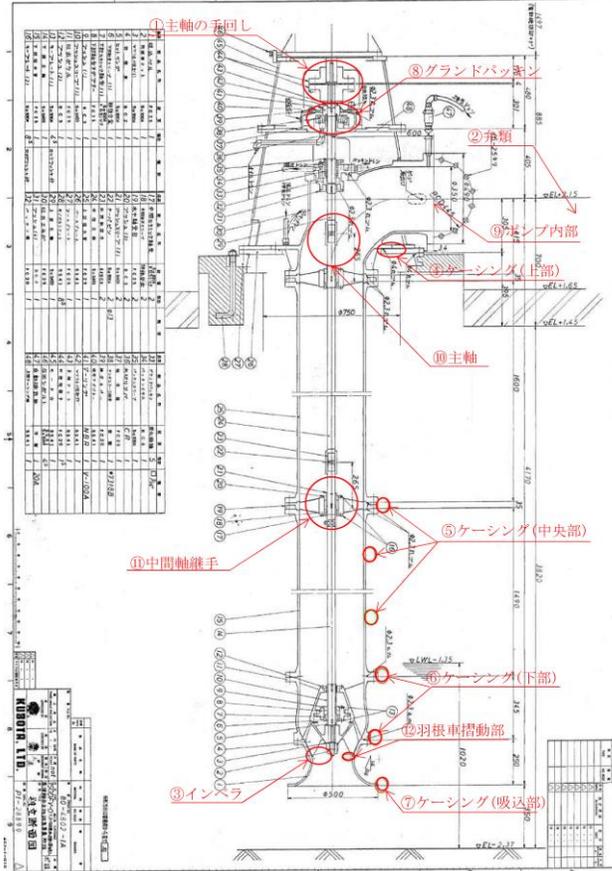
所在地	西濃地域	
ポンプ設備	大ポンプ	立軸斜流ポンプ (クボタ) φ350-75kW×2 台
	小ポンプ	水中ポンプ (クボタ) φ150-22kW×2 台
電気設備	高圧受変電設備、低圧配電盤類	
建屋	鉄筋コンクリート1階	
付帯施設	貯水槽、ゲート設備	
設置年度	1987年 (S62)	
経過年数	33年	

大ポンプの分解整備は未実施である



目視・内視鏡調査結果

- ・ケーシング内部の汚れ・腐食が見られる
- ・OHが実施されていないため、機器の劣化が生じている可能性がある



前回調査：2011年度

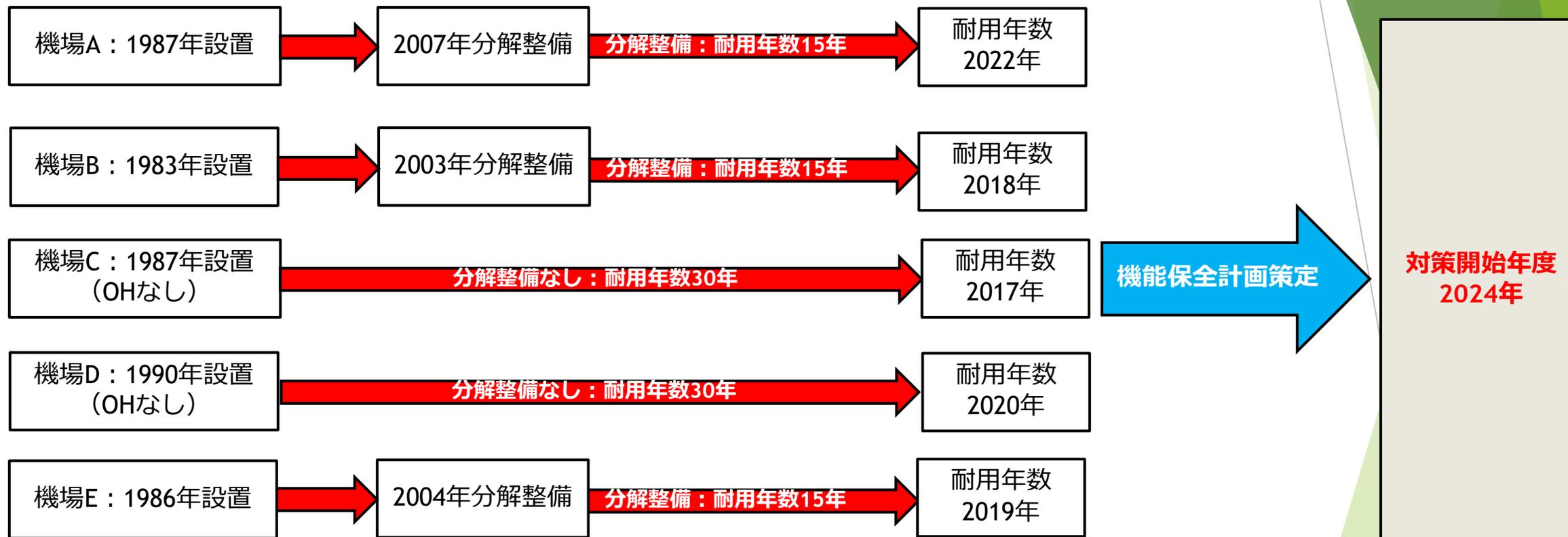
今回調査：2020年度

S-4



S-3
※エンジニアリングジャッジ

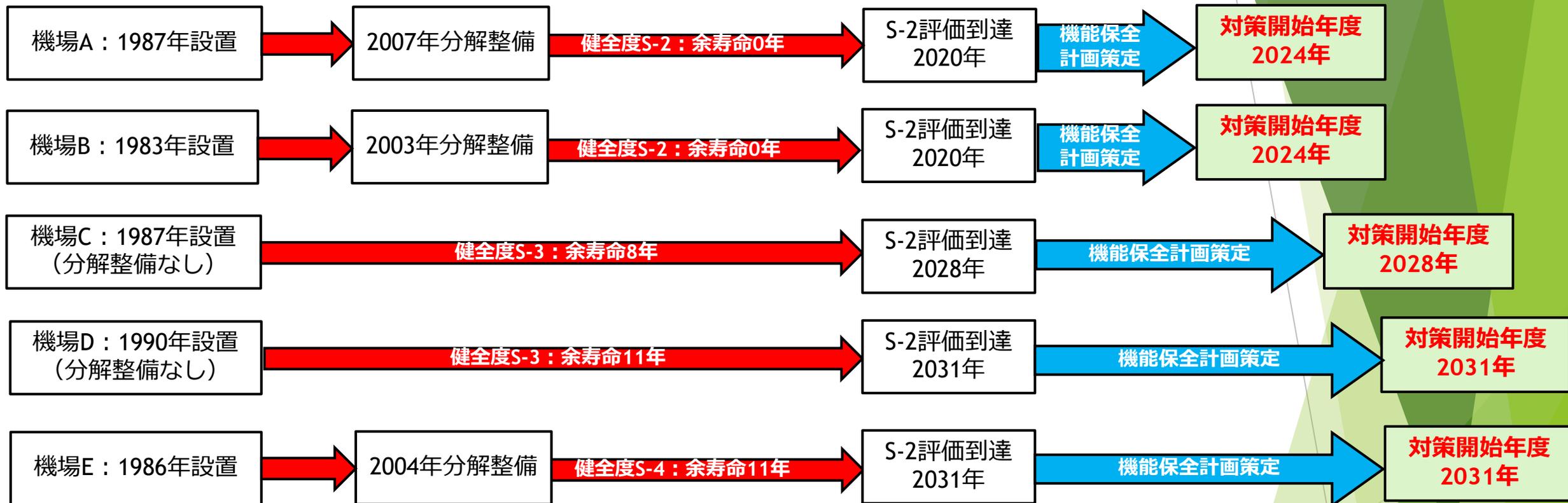
参考耐用年数を基にした各機場の余寿命



参考耐用年数を用いた場合、全ての機場において耐用年数を超過している。

同時期に全ての機場で機能保全対策を行う必要がある。

性能劣化曲線を基にした各機場の余寿命



性能劣化曲線を用いた場合、**対策開始年度をずらす**事が出来る。
また、**前回調査及び今回調査の結果を使用する**ため、**機場の現状を反映した計画**を策定出来る。

設置時期が古く、耐用年数を超過している機場については、**性能劣化曲線を用いた余寿命予測**を適用することで、**現状に応じた機能保全計画を立案**する事が出来る。

各項目を基に決定した優先順位

調査を行った各項目について、重みを決定し、点数化する事で、定量化した機場の優先順位の決定を行った。

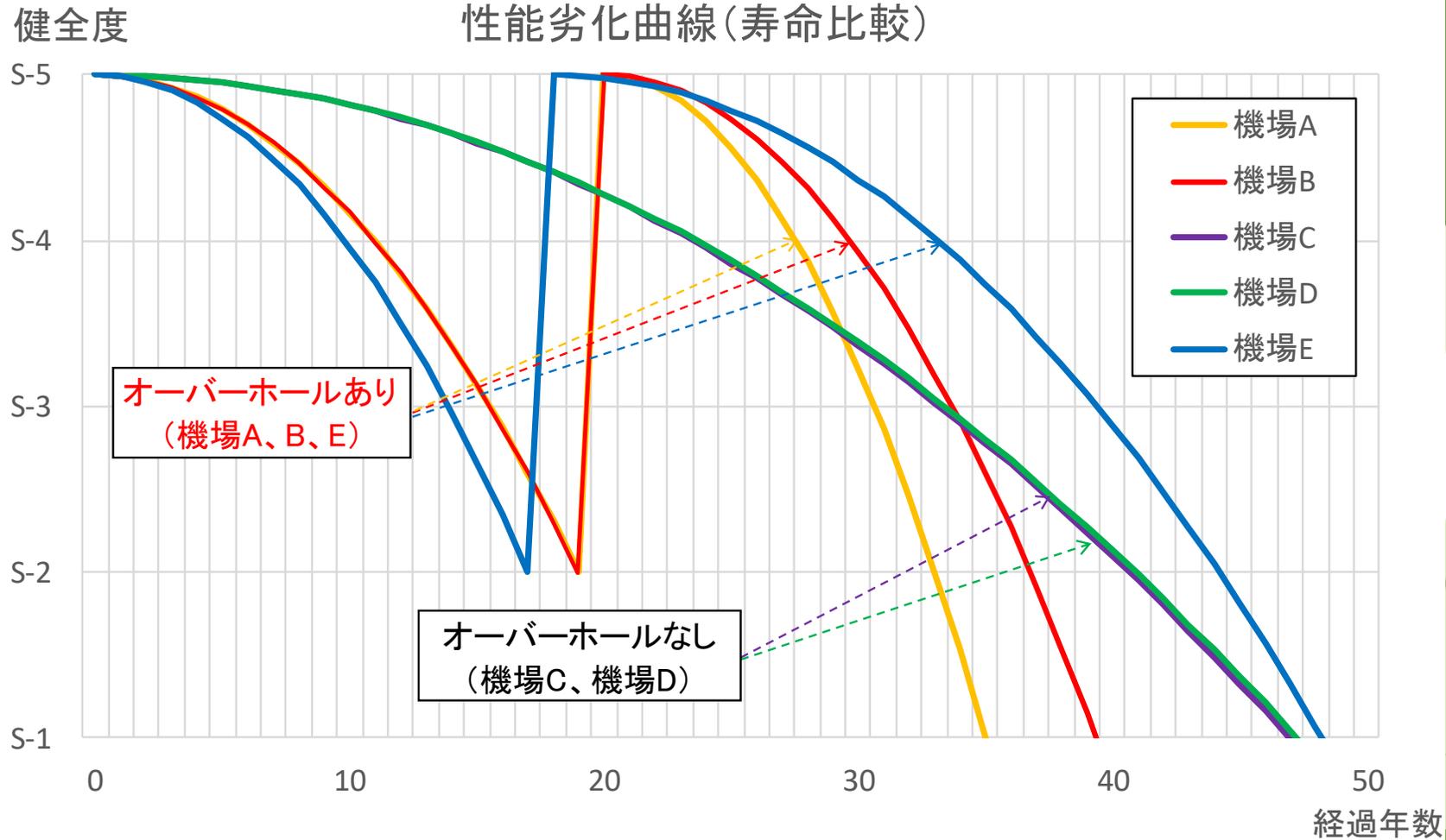
機場名	近年の利用状況		OH年度(残存耐用年数)				評価項目						合計点	健全度評価
	苦情がある:30点 苦情がない:0点		ポンプ	残存耐用年数 0年以下:30点 1~5年:20点 6~10年:10点 11~20年:5点 21年以上:0点	電動機	残存耐用年数 0年以下:30点 1~5年:20点 6~10年:10点 11~20年:5点 21年以上:0点	内視鏡点検	手回しの重さ	弁類	インペラ	電蝕	油漏れ		
機場A	水路末端で用水が出ないと苦情がある	30点	2007年(17年)	5点	2020年(25年)	0点	11点	10点	30点	30点	0点	0点	116点	S-2
機場B	北・東側で用水が出ないと苦情がある	30点	2003年(13年)	5点	なし(-12年)	30点	15点	20点	0点	0点	0点	0点	100点	S-2
機場C	問題なく利用されている	0点	なし(-3年)	30点	なし(-8年)	30点	15点	0点	0点	0点	0点	0点	75点	S-3
機場D	問題なく利用されている	0点	なし(0年)	30点	2007年(12年)	5点	15点	0点	0点	0点	0点	0点	50点	S-3
機場E	問題なく利用されている	0点	2004年(14年)	5点	2020年(25年)	0点	15点	0点	0点	0点	0点	0点	20点	S-4

・性能劣化曲線を用いて余寿命予測を行うことで、**耐用年数を超過した機場であっても、現状に適した機能保全計画を立案し、優先順位を決定**できる。

・**調査項目によって順位付けする事で、同じ健全度評価となっている機場であっても、定量的にその優先順位を決定**できる。

より正確に施設の現状を評価し、機能保全対策を行うべき機場の順位を決定するのに効果がある。

性能劣化曲線の対比



分解整備を実施したポンプの劣化速度が、
分解整備を実施していないポンプと比較して、
1.6~3.3倍と早い

分解整備を早期に実施しているポンプ
の余寿命は、実施していないポンプの
1/3~2/3程度である

性能劣化曲線を基にした寿命の比較

原因

ポンプの劣化は、ポンプの初期性能に加え、設置された環境や利用状況によって決定される。
そのため、劣化速度が速い機場の状況では、分解整備を実施しても効果が低い。

ポンプ設備が小さく、部品が小型のため、交換した部品に劣化が生じやすい。

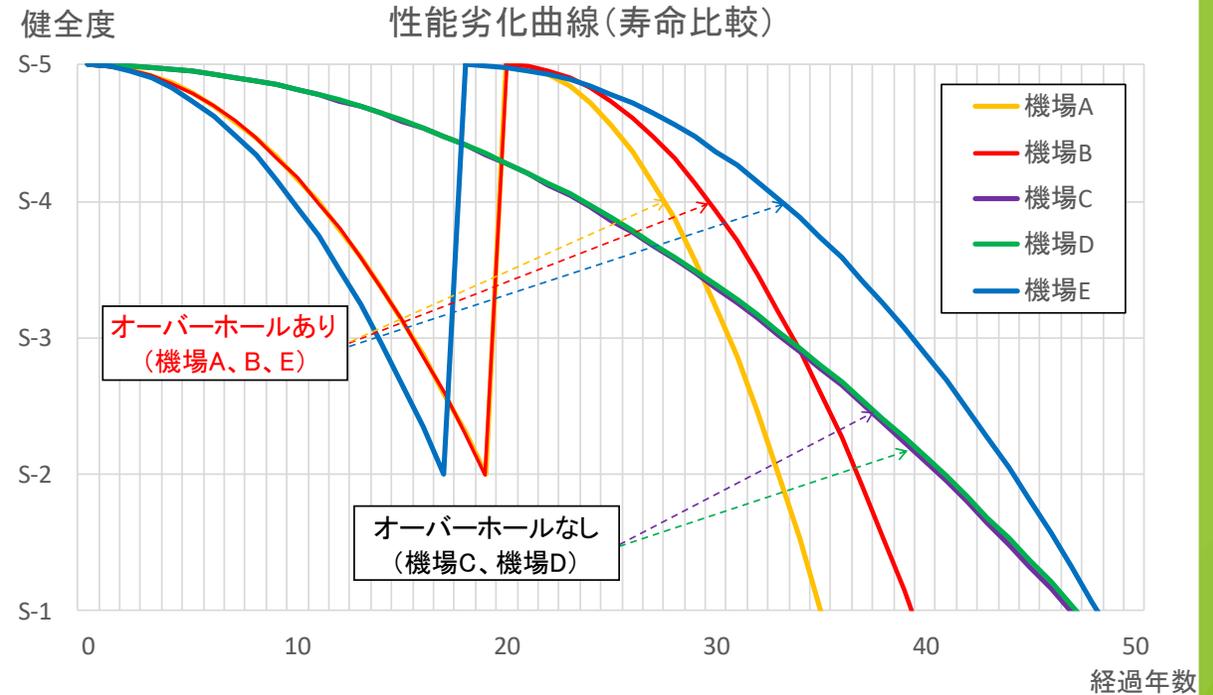


小口径で劣化の早いポンプは部品の費用が運搬費及び据付費と比較して低く、設備の延命化を実施する手法としては、**OH等の分解整備は、長寿命化に最適ではない場合**がある。



但し.....

性能劣化を予測した機場は今回調査を行った5箇所だけである。
分解整備の効果を予測するには、**より多くの機場での点検調査が必要**である。



まとめ

参考耐用年数を用いた場合、全ての機場において耐用年数を超過している場合、
同時期に全ての機場で機能保全対策を行う必要がある。

性能劣化曲線を用いた余寿命予測を適用する事で、
対策開始年度をずらす事が出来、
また、**前回調査及び今回調査の結果を使用する**ため、
機場の現状を反映した計画を策定出来る。

まとめ

早期に分解整備を実施している劣化の早いポンプ設備は、

分解整備の効果が低い可能性があり、

劣化速度が完備品と比較して**1.6~3.3倍**と早い。

口径が小さいポンプは部品が費用が運搬費及び据付費と比較して

低く、設備の延命化を実施する手法としては

分解整備は、長寿命化に最適ではない場合がある。

性能劣化を予測した機場は今回調査を行った5箇所だけであり、

調査数が少ないため、分解整備の効果を予測するには、

より多くの機場での点検調査が必要である。

ご清聴ありがとうございました。