

排水機場ポンプ設備の電動化に向けた動力確保技術に関する調査検討

国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 寒地機械技術チーム ○藤川 亮
岸 寛人
永長 哲也

近年、大雨の増加により排水機場の稼働機会が増加する一方で、少子高齢化に伴う維持管理・点検・操作の担い手不足が問題となっている。そこで、点検工数や故障事例の多い排水機場ポンプ設備の原動機に着目し、内燃機関よりも維持管理性が優れる電動機（コラム形含む）の積極利用に向け、既存排水機場ポンプ設備の現況調査および排水機場ポンプ設備の電動化に有効な他分野の動力確保技術の転用可能性調査を実施したので報告する。

キーワード：カーボンニュートラル、排水機場ポンプ設備、電動化、維持管理

1. はじめに

土木機械設備の一つである排水機場ポンプ設備は、出水時に国民の生命、財産を守る社会インフラとして非常に重要な役割を担っており、確実な設備の稼働は不可欠である。近年、顕著な大雨の増加により排水機場の稼働機会が増加する一方で、少子高齢化に伴う維持管理・点検・操作の担い手不足が問題となっており、社会資本整備審議会河川分科会に設置されている河川機械設備小委員会においても確実な稼働を担保することが国策として重要な課題と位置付けられている。このような状況に対し、機械設備維持管理の省人化・省力化を目的として、①点検整備・故障対応作業の最適化と支援手法の検討、②設備構造面の簡略化の2つの面から検討を行っている。このうち②について、点検工数や故障事例の多い排水機場ポンプ設備の原動機に着目し、内燃機関よりも維持管理性が優れる電動機（コラム形含む）の積極利用に向け、既存排水機場ポンプ設備の現況調査および排水機場ポンプ設備の電動化に有効な他分野の動力確保技術の転用可能性調査を実施した。

2. 調査検討内容

2. 1 既存排水機場ポンプ設備の現況調査

2. 1. 1 机上調査およびヒアリングによる実態調査

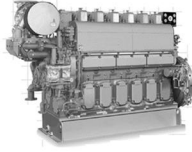
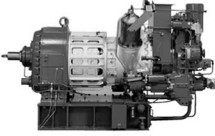
排水機場ポンプ設備に電動機を適用するにあたり、電動化に適した設備規模（排水量や設備台数）や条件を把握するため、国土交通省保有の排水機場ポンプ設備を対象として、経済性、維持管理に要する人員、保守管理性、長期使用信頼性、冗長性についてポンプ設備の駆動動力（ディーゼル機関、ガスタービン機関、電動機）を比較

し整理した。調査は主にメーカーへの聞き取りにより実施した。その結果を表-1に示す。主ポンプ設備の駆動機としては、いずれの出力規模においても電動機が経済性、維持管理性、信頼性等の面で最も優れており、次いでディーゼル機関、ガスタービン機関の順となった。また、ディーゼル機関は現行基準に適合した形式であるため実績が最も多いが、現在主流となっている舶用ディーゼル機関の場合、型式生産終了により交換部品の入手が困難となるデメリットがある。ガスタービン機関は、冷却水や空気系統等の補機類が不要で、ディーゼル機関に比べ軽量かつ負荷変動への対応に優れていることから、一時期排水機場への適用が急増したが、信頼性や維持管理性の面から現在は減少傾向にあり、取り扱いを終了しているメーカーもある。

2. 1. 2 ヒアリング調査

前項の机上調査に加え電動機利用の実態を把握するため、設備更新等で内燃機関から電動機へ変更した国土交通省北海道開発局、東北地方整備局、中国地方整備局、九州地方整備局の5排水機場についてヒアリング調査を行った。ヒアリングで得られた主な意見を表-2に示す。電動化した理由から、構成機器の簡素化による信頼性、経済性、維持管理性の向上、起動時間の短縮等が期待されていることがわかった。メリットでも、構成機器、部品が減ることによる維持管理面の簡素化に関する意見や、始動前準備が不要になるなどの運用面に関する意見が得られた。また始動準備が不要であることや構成機器が少ないことによる信頼性の高さから、将来的に遠隔制御化する場合に有効という意見もあった。一方、デメリットは、発電機の大形化や重量増、騒音等であった。メリット、デメリットを比較すると、メリットはソフト面、デ

表-1 駆動機の比較

比較検討項目	規模	ディーゼル機関	評価	ガスタービン	評価	電動機	評価
駆動機外観（例）							
経済性 ※1 （イニシャル、ランニング） ※ランニングコストは48時間年運転時の運転経費で比較。	小型 （約200kW）	イニシャルコスト 約0.8億円	○	イニシャルコスト 約3.0億円	△	イニシャルコスト 約0.2億円	◎
		ランニングコスト 約0.1百万円/年（A重油）	◎	ランニングコスト 約0.3百万円/年（A重油）	○	ランニングコスト 約3.6百万円/年（電気代）	△
	中型 （約500kW）	イニシャルコスト 約1.3億円	○	イニシャルコスト 約4.0億円	△	イニシャルコスト 約0.4億円	◎
		ランニングコスト 約0.3百万円/年（A重油）	◎	ランニングコスト 約0.7百万円/年（A重油）	○	ランニングコスト 約12.0百万円/年（電気代）	△
	大型 （約2000kW）	イニシャルコスト 約3.7億円	○	イニシャルコスト 約8.7億円	△	イニシャルコスト 約1.0億円	◎
		ランニングコスト 約1.0百万円/年（A重油）	◎	ランニングコスト 約2.4百万円/年（A重油）	○	ランニングコスト 約42.9百万円/年（電気代）	△
維持管理に要する人員 ※2 （月点検、年点検）	小型	月点検 3人、年点検 4人	△	月点検 2人、年点検 6人	○	月点検 2人、年点検 3人	◎
	中型	月点検 3人、年点検 4人	△	月点検 2人、年点検 6人	○	月点検 2人、年点検 3人	◎
	大型	月点検 4人、年点検 6人	△	月点検 2人、年点検 6人	○	月点検 2人、年点検 3人	◎
実 績	規模共通	最も実績は多い。	◎	排水機場での新規採用は減少傾向で、実績は最も少ない。	△	排水機場での実績は限定的（水中ポンプ等が多い）であるが、揚水機場での実績は多い。	○
保守管理性 （致命度・頻度、復旧難易度、部品・予備品の確保、状態監視適用性、故障時の対応）	規模共通	機器点数：補機を含め最も多い。	△	機器点数：ディーゼル機関に比べ少ない。	○	機器点数：最も少ない。	◎
		致命度：重大（設備停止により、排水機能停止）	－	致命度：重大（設備停止により、排水機能停止）	－	致命度：重大（設備停止により、排水機能停止）	－
		復旧難易度：重整備を除きメーカー以外での故障等の危機対応が可能である。	◎	復旧難易度：メーカー以外故障等の危機対応は不可能である。	△	復旧難易度：重整備を除きメーカー以外での故障等の危機対応が可能である。	◎
		部品・予備品の確保：長納期の部品がある。 型式生産中止の場合10年程度で在庫切れの可能性がある。	○	部品・予備品の確保：長納期品多い。 （特に電装品等海外調達有）	△	部品・予備品の確保：汎用部品多く問題がない。	◎
		状態監視適用性：振動・温度等の遠隔監視はセンサー追設により可能である。	－	状態監視適用性：振動・温度等の遠隔監視はセンサー追設により可能である。	－	状態監視適用性：振動・温度等の遠隔監視はセンサー追設により可能である。	－
		故障時の対応：現地整備が可能な範囲多い。 内容によっては部品の入手に時間を要し整備期間を要する可能有。	○	故障時の対応：整備に長時間を要する。 メーカー専門技術員の対応が必要である。 工場持込みによる整備復旧が必要である。	△	故障時の対応：現場整備が可能な範囲が多い。 （状況により工場持帰整備となる） 整備期間も比較的短い。	◎
長期使用信頼性 （耐用年数 ※3、部品の入手期間）	規模共通	耐用年数：33年 部品の入手期間：長納期の部品がある。	○	耐用年数：31年 部品の入手性：長納期品多（特に機関電装品）	△	耐用年数：47年 部品の入手性：汎用部品多く問題はない。	◎
冗長性 （故障時の機能確保）	規模共通	系統補機関係は2重化されており冗長性が確保されている。（冷却水・空気・燃料系統）	－	系統補機関係は2重化されており冗長性が確保されている。（燃料系統）	－	系統補機関係は2重化されており冗長性が確保されている。（冷却水系統）	－
その他	規模共通	停電時の対応：補機や制御に必要な最低限の非常用電源の確保が必要である。	○	停電時の対応：補機や制御に必要な最低限の非常用電源の確保が必要である。	○	停電時の対応：主動力電源を確保する必要があり、大規模な非常用電源が必要である。	△
		環境負荷：NOx・SOxが発生 CO2排出量が多い。	△	環境負荷：NOx・SOxが発生する。 CO2排出量が多い。	△	環境負荷：NOx・SOxの発生がない。 CO2の排出はない。	◎
		振動・騒音：往復機械のため、最も大きい。	△	振動・騒音：回転機械のため、エンジンに比べ少ない。	○	振動・騒音：最も少ない。	◎
		体積・質量：部品点数が多く、質量・体積が最も大きい。	△	体積・質量：部品点数はエンジンに比べ少なく、質量・体積も小さい。	○	体積・質量：部品点数はエンジンに比べ少なく、質量・体積ともに最も小さい。	◎
		軽負荷運転：間欠燃焼方式であり軽負荷では燃料噴射圧が低く排気温度も低いため、燃料の完全燃焼が得られにくくカーボン付着による機関不調、火災事故、寿命低下等の影響が懸念される。	△	軽負荷運転：連続燃焼方式であり、燃料噴射圧は負荷率に依存せず、軽負荷での排気温度も高く燃料の完全燃焼が得られやすい。ため、軽負荷に対する機関への影響はほとんどない。	○	軽負荷運転：負荷変動に対して問題なく適用可能である。	◎
		寒冷地対応：燃料系統の保温や不凍液使用により対応が可能である。	○	寒冷地対応：燃料系統の保温で対応は可能である。	○	寒冷地対応：影響はない。	◎
総合評価	小型	○		△		◎	
	中型	○		△		◎	
	大型	○		△		◎	

※1 イニシャルコスト：ポンプメーカー社ヒアリングより概算を想定

ランニングコスト：燃料試算条件 重油料金試算条件 A重油 40円/L・比重 0.85kg/L

燃料消費率 ディーゼル機関 小型 0.27kg/kW・h、中型 0.25kg/kW・h、大型 0.23kg/kW・h・・・揚排水設備技術基準より

ガスタービン 小型 0.68kg/kW・h、中型 0.64kg/kW・h、大型 0.54kg/kW・h・・・揚排水設備技術基準より

電気料金試算条件 小型 高圧受電（基本料金 1,390円/kW、電気代 21円/kW）・・・東京電力エナジーパートナー料金表

中型 高圧受電（基本料金 1,914円/kW、電気代 22円/kW）・・・東京電力エナジーパートナー料金表

大型 特別高圧受電（基本料金 1,705円/kW、電気代 21円/kW）・・・東京電力エナジーパートナー料金表

※2 維持管理に要する人員：ポンプメーカーヒアリング

※3 耐用年数（維持管理計画策定上の参考値）：河川用機械設備維持管理計画作成要領（案）平成29年3月 国土交通省

メリットはハード面の意見に分かれていることがわかった。本研究で着目している点検整備項目および故障対応工数の少ない設備構造という観点では、電動機はメリットの占める割合が多い結果となった。

机上調査結果およびヒアリングによる実態調査結果から排水機場ポンプ設備における電動機利用の優位性が示された。

2. 2 他分野の動力確保技術調査

FUJIKAWA Ryou, KISHI Norihito, EINAGA Tetsuya

排水機場ポンプ設備に電動機を利用する場合、商用電源では停電時に設備が稼働できなくなるため、電力供給のための動力確保が不可欠となる。そのため、排水機場ポンプ設備の電動化に有効な他分野の動力確保技術について調査を行った。

調査にあたり電源の必要容量を想定する必要があるため、排水能力規模（大規模、中規模、小規模）および排水時間を設定し、必要電力量を検討した。

表-2 ヒアリングにおける主な意見

項目	回答
電動化した理由	・ディーゼル機関駆動の縦軸ポンプをコラム式中ポンプに変更し、構成機器を簡素化することで、維持管理費を削減するため ・ディーゼル機関と総合的な比較を行い、信頼性、経済性、維持管理性等が優位と判断したため ・故障時のリスク分散を考慮した多台数化のため、小吐出量ポンプのコスト比較で電動機が優位と判断したため ・補機の削減により起動時間を短縮するため ・冷却水系統の削減（無水化、凍結対策）を図るため ・構造の簡素化により維持管理が容易になるため
メリット	■維持管理性 ・ディーゼル機関から電動化したことで無水化され、冷却水配管の腐食や水抜き作業の心配がなくなった ・ガスタービン機関のような分解整備が不要となり維持管理が容易となった ・吸排気系統がなくなり構造が簡素化された ・配管や補機が少なく維持管理が簡易となった ■運用性 ・ディーゼル機関では始動前準備が必要だったが、電動化後は作業が簡素化した ・始動準備が不要になり遠隔制御に有利である ・遠隔操作するなら機器が少ない電動機が安心感がある
デメリット	・発電容量の増加により発電機が大型化した ・ポンプのコラム化により重量が増した ・カバーがない発電機の場合、ディーゼル機関よりも騒音が大きい
部品調達	・年数がたったディーゼル機関は部品が入手しづらくなっている ・電動機は現地で整備対応ができないため予備品は保有していないが、突発的な故障も発生しないため急遽部品が必要になることはない
盤面数	・補機関係の盤が減少した ・遠隔監視関係が増加傾向 ・同程度

2. 2. 1 排水能力規模の設定

既存の排水機場の排水能力規模を把握するため、河川ポンプ施設総覧2020^{1,2)}に掲載されている国土交通省保有の排水機場について、総排水量5m³/sごとの排水機場数（揚水機場を含む）を集計しヒストグラムで表した。結果を図-1上段に示す。この図から総排水量10m³/s以下が全体の約63%、総排水量30m³/s以下が全体の約90%を占めることがわかる。また、総排水量30m³/sまでについて駆動機ごとの分類を追加した図-1下段から、電動機および水中モータを採用している排水機場が5m³/s以下に多いことがわかる。以降の検討では、電動機および水中モータが多く含まれる総排水量5m³/s以下を小規模排水機場、全体の半数が含まれる総排水量5～30m³/sを中規模排水機場、残りの総排水量30m³/s以上を大規模排水機場と区分し、後述の概算費用や設置面積の試算においては、小規模、中規模、大規模排水機場の総排水量の代表値をそれぞれ5m³/s、20m³/s、100m³/sと設定し検討を行った。

2. 2. 2 排水時間の設定

排水機場の運転時間について、救急排水ポンプ設備技術指針・解説³⁾では「連続運転時間48時間」と記載されているが、揚排水ポンプ設備技術基準⁴⁾では機場内の各内燃機関の運転時間は「計画降水に対応した排水運転1回分の排水運転時間を基準」と記載されており、特定の時間は定められていない。そこで排水機場の稼働時間の目安とするため、総排水量と稼働時間の関係を把握した。図-2は平成22年度から平成31年度におけるA事務所管内の排水機場の年間最大実稼働時間と各排水機場の総排水量を集計したものである。この図から、総排水量が100m³/s下の排水機場では排水機場の年間最大実稼働時間

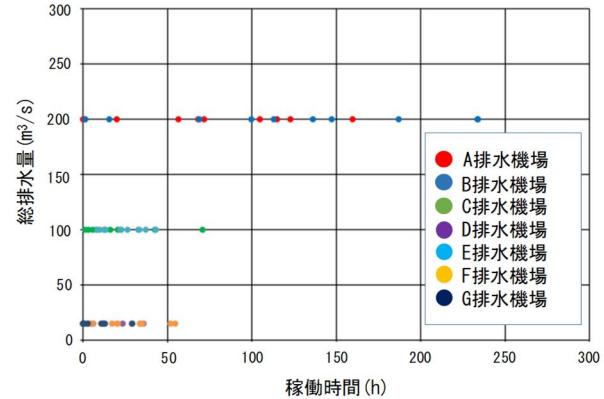
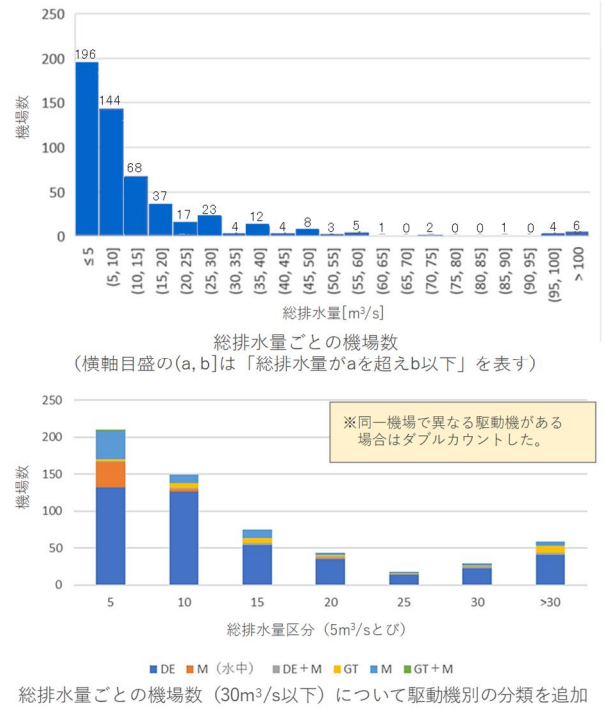


図-2 年間最大実稼働時間と総排水量の関係

表-3 最大運転時間の推計

排水機場名	駆動機	最大運転時間 (h)	燃料タンク量 (kL)	理論最大運転時間 (h)
A排水機場	ガスタービン	159.5	325	24.3
B排水機場	ディーゼル機関	233.8	250	36.2
C排水機場	ディーゼル機関	42.4	60	89.7
	ガスタービン		90	134.6
D排水機場	ディーゼル機関	35.8	10	59.4
E排水機場	ディーゼル機関	43.1	200	76.1
F排水機場	ディーゼル機関	54.5	20	53.5
G排水機場 ^{※1}	-	29.2	-	-

※1 ポンプ総覧に記載なし

は48時間以内の運転が主となっている。一方、機場の総排水量が200m³/sの機場では、排水機場の年間最大実稼働時間が0時間～200時間以上と幅広い実稼働時間となっていることがわかる。表-3は河川ポンプ施設総覧2020^{1,2)}をもとに、図-2の各排水機場について総出力と燃料タンク量から最大運転時間を推計したものである。図-2に示している排水機場の実稼働時間と比較をすると、総排水量が100m³/s以下の排水機場では、燃料タンク内に燃料が満タンに確保されている場合、稼働時に燃料の補充が必要

ない場合が多い。しかし、機場の総排水量が200m³/sの機場は、燃料タンク内に燃料が満タンで確保されていたとしても、実稼働する分の燃料が足りず、運転中に補充が必要となることがわかる。以上から、本検討では排水機場の排水運転時間を48時間と仮定し検討を行った。

2. 2. 3 必要電力量の想定

各種動力確保技術の必要規模や設置面積の目安とするため、河川ポンプ施設総覧2020^{1),2)}の各排水機場の総排水量と主原動機の合計出力について調査した。総排水量を横軸、合計出力を縦軸とした関係図を図-3に示す。この図から総排水量と合計出力は概ね比例関係にあることがわかる。よってこの赤色実線から運転時間48時間とした場合の総排水量に対する必要電源容量を算出した。結果を表-4上段に示す。表-4はポンプ諸元を表-4下段と仮定した場合の総排水量と合計出力の関係であり、図-3に赤色実線で示した。この表から2. 2. 1で設定した小中規模の排水機場区分について抜き出し、表-5のとおり以降の排水能力の検討区分として設定した。

2. 3 転用可能性評価

2. 3. 1 排水機場への適用性

排水機場ポンプ設備の電動化に利用可能な他分野技術について、現時点のみならず将来的な可能性を含め、技術概要、特徴等について幅広く情報収集を行った。調査手法はインターネット、市場調査、聞き取り調査とした。調査した技術一覧を表-6に示す。

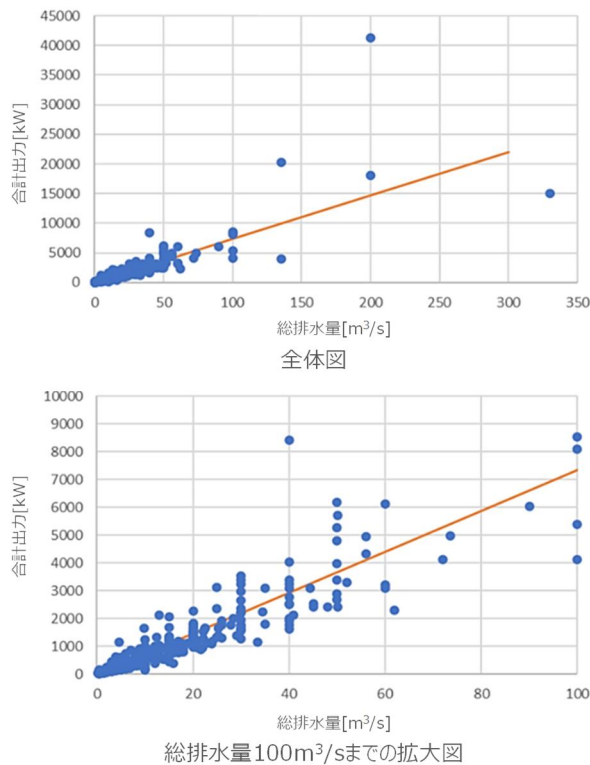


図-3 総排水量と主原動機の合計出力の関係

表-4 総排水量と合計出力、必要電源容量の想定

ポンプ仕様				
総排水量	ポンプ軸動力	原動機出力 (合計出力)	原動機仕事 (必要電源容量)	
Q	P_p ($= \rho g Q H / \eta_p / 1000$)	P ($= P_p / \eta_G \times (1 + \alpha_1)$)	W_E ($= P \times T$)	
m³/s	kW	kW	kWh	MWh
1	74	89	4,274	4
2	147	178	8,547	9
5	368	445	21,368	21
10	735	890	42,736	43
20	1,471	1,781	85,473	85
30	2,206	2,671	128,209	128
50	3,677	4,452	213,682	214
100	7,355	8,903	427,363	427
200	14,710	17,807	854,727	855
300	22,065	26,710	1,282,090	1,282

設定条件

項目	記号	値	単位
水の密度	ρ_w	1000	kg/m³
全揚程 (6mと仮定)	H	6	m
ポンプ効率	η_p	0.8	—
減速機等の伝達効率	η_G	0.95	—
ポンプ運転点の変化に対する余裕率	α_1	0.15	—
連続運転時間	T	48	h

表-5 検討区分の設定

規模	総排水 [m³/s]	合計出力 [kW]	必要電力量 [MWh] (48h あたり)
小規模	5	445	21
中規模	20	1781	85
大規模	100	8903	427

表-6 他分野の動力確保技術一覧

分野	技術分類	要素技術	調査件数
海運・船舶	電池推進船	リチウムイオンバッテリー	2
	燃料電池船	燃料電池	2
	電気推進船	発電機	1
自動車	EV (電動)	リチウムイオンバッテリー	2
	FCV (燃料電池)	燃料電池	4
水力発電	小水力発電	水車	6
鉄道	蓄電池車	リチウムイオンバッテリー	1
	水素燃料電池車	燃料電池	1
航空	電動航空機	リチウムイオンバッテリー	1
	水素航空機	ガスタービン+燃料電池	1
環境省低炭素化事業	太陽光発電	太陽光モジュール	2
	風力発電	風力発電設備	1
下水処理場	蓄電池	NAS電池	1
	小水力発電	水車	1

次に表-6の各要素技術について、排水機場ポンプ設備の電動化電源としての転用可能性を下記項目の観点で評価した上で、有力と考えられる技術を選定しそれらの技術的課題も整理した。

- ・電源確保性 (立地、敷地面積、建物等付属施設要件等)
- ・既存設備への代替容易性 (ディーゼル機関、ガスター

- ・ビン機関、電動機)
- ・安全性（リスク、必要な対策等）
- ・有資格者の配置
- ・経済性（イニシャル、ランニング）
- ・保守管理性（月点検、年点検、部品・消耗品交換、メンテナンスフリー、充電、燃料補給等）
- ・長期使用信頼性（耐用年数、部品の入手期間）
- ・維持管理に要する人員（月点検、年点検等）
- ・冗長性（故障時の機能確保等）
- ・副次効果（非常用電源への転用、カーボンニュートラル等）

ここでは現時点で市販されている定置式の動力確保技術について、設置面積、概算コスト、耐用年数を抜粋し比較する。表-7に小規模排水機場（5m³/s）への各技術の適用性評価結果を示す。中規模排水機場、大規模排水機場についても検討しているが、傾向としては小規模排水機場の場合と同様なため、ここには掲載しない。

2. 3. 2 有効な技術の候補抽出

表-7の適用性評価を勘案し、排水機場ポンプ設備の電動機駆動用として有効な技術の候補を以下のように選定した。

1) 定置式ディーゼル発電機

小規模な排水機場では既に電動機の電源としての実績があり、候補として抽出した。

2) リチウムイオン蓄電池

リチウムイオン電池はNAS電池よりエネルギー密度が高いこと、またNAS電池は禁水性であるため、堤防高さより高い位置に大きな敷地面積が必要となることから、蓄電池の場合はリチウムイオン電池を候補として抽出した。なお、太陽光等の再生可能エネルギーによる蓄電は広大な設置面積が必要であることなどから難しいため、商用電源による蓄電が必要となる。

3) 燃料電池

既存の排水機場は主に重油などの液体化石燃料の使用を基本として計画されている。液体化石燃料はエネルギー密度が高く省スペースであることから、他の動力確保

技術に変更する場合、排水機場周辺に新たに大きな設備を設置できないことも多いと考えられる。燃料電池に使用される水素は化石燃料のエネルギー密度に近いことから利用可能性が高いと考える。

2. 3. 3 抽出した技術の転用可能性評価

前項で抽出した、定置式ディーゼル発電機、リチウムイオン蓄電池、定置式燃料電池システムについて、2. 3. 1の転用可能性評価項目に基づき評価を行った結果を表-8に示す。各技術の主な特徴と課題は以下のとおりである。

1) 定置式ディーゼル発電機

経済性：最も安価であり汎用性もある。

信頼性：構造が複雑で補機類を含め比較的故障が多い。予備機を設置することで冗長性を持たせる場合が多い。

維持管理性：老朽化（生産終了）した場合、部品調達が困難な場合がある。点検・整備に手間がかかる。

操作性：冬季等は始動失敗の可能性はある。

環境面：NO_x、SO_x、煤煙の排出がある。振動・騒音が大きい。

2) リチウムイオン蓄電池

経済性：最も高価である。

信頼性：構造が簡素であり故障は最も少ない。複数の蓄電池を組み合わせで構成しているため、故障時のリスク分散がされている。

維持管理性：商用電力による受電で常時蓄電し、満充電を維持する必要がある。点検・整備は手間がかからないが、充電時間が長いことが課題である。

操作性：始動性は最も優れる。

環境面：クリーンエネルギーである（NO_x、SO_x、煤煙の排出はない）。

3) 定置式燃料電池システム

経済性：蓄電池よりもエネルギー効率がよいため安価であるが、材料にレアメタルを使用

表-7 小規模排水機場（5m³/s）への適用性評価

No.	技術	概算機器設置面積[m ²] ※1	概算コスト（主要機器費のみ）※2	メーカー推奨耐用年数	備考
1.	NAS 電池（日本ガイシ）	520	13 億円	15 年	禁水性のため、水浸ししない様に、堤防高さ以上に設置する必要がある。
2.	定置式ディーゼル発電機 (625kVA×2 台程度を想定) (常用 1 台、予備 1 台)	80 (発電機器) + 5 (貯油槽) = 85	2 億円	15 年	燃料タンクの概算設置面積 5m ²
3.	リチウムイオン電池（GS ユアサ）	290	27 億円	15 年	エネルギー密度が NAS 電池より優れるため、設置面積は NAS 電池より小さくできる。再生エネルギー（太陽光、小水力発電）による蓄電の適用は難しく、商用電源による蓄電が考えられる。
4.	燃料電池	100 + 水素貯蔵	7.5 億円	10 年	液化水素であれば、40 フィートローリー車 1 台程度
5.	小水力 (1 か月で蓄電完了を想定) (水車出力 30kW を想定)	8 (発電機器) + 290 (蓄電池) + 導水路 = 298	1 (発電機器) + 27 (蓄電池) = 28 億円	22 年	既存の河川の拡張などせず小水力発電を設置する場合、小水力発電が流れの抵抗となるため、当初計画の排水量が保てなくなる。
6.	太陽光	3,036 (発電機器) + 290 (蓄電池) = 3,326	2.2 (発電機器) + 27 (蓄電池) = 29.2 億円	15～25 年	太陽光モジュール自体は 25 年以上の耐久性あり。但し汚れによる効率低下が生じる。
参考		機場の大きさ 500m ² 程度			

※1 概算の機器設置面積は、カタログの電源容量、設置面積、機器外形寸法（一部仮定条件含む）などから求めた値であり、実際に配置検討したものではないので設計には使用不可。

※2 発電装置本体のコストのみで評価している。案件ごとに詳細な設計検討が必要となる以下内容については、今回の概略コスト評価からは除外とする。

主な除外項目 据付・施工、燃料保管または供給設備、土木・建築設備、制御設備等（商用系統連携）、その他必要系統補機設備類

表-8 抽出した技術の転用可能性評価

比較検討項目	規模	定置式ディーゼル発電機	リチウムイオン蓄電池	定置式燃料電池システム
電源確保性 (立地、敷地面積、 建物等付属施設要件など)	小規模	設置面積 約 85m ²	設置面積 約 290m ²	設置面積 約 100m ² +α (水素貯蔵・保管)
	中規模	設置面積 約 150m ²	設置面積 約 950m ²	設置面積 約 300m ² +α (水素貯蔵・保管)
	大規模	設置面積 約 330m ²	設置面積 約 4,700m ²	設置面積 約 1,500m ² +α (水素貯蔵・保管)
既存設備への代替容易性 (ディーゼル機関、ガスタービン 機関、電動機)	小規模 ～大規模	既存のポンプ駆動設備が、ディーゼル機関又はガスタービン機関の場合は、電動機への更新が必要。	同 左	同 左
安全性 (リスク、必要な対策等)	小規模 ～大規模	燃料にA重油を使用するため、消防法・地方消防条例が適用される。 油漏れに対する対策(防油対策等)が必要。	電解液は第四類第二石油類 非水溶性の危険物に該当。200L以上1,000L未満の少量危険物となり消防法・地方消防条例が適用。	高圧水素ガスを利用するため、水素ガスボンベ(カードル等)や水素トレーラーの貯蔵・保管には、高圧保安法が適用。
有資格者の配置	小規模 ～大規模	電気事業法：電気主任技術者の配置 A重油 危険物取扱者(4類)が取り扱い	電気事業法：電気主任技術者の配置 電解液 危険物取扱者(4類)が取り扱い	電気事業法：電気主任技術者の配置
経済性 (イニシャル、ランニング) ※ランニングコストは、48時間/年の 運転経費で比較 発電機：A重油 蓄電池：商用電源 燃料電池：水素	小規模	イニシャルコスト 約 2億円 ランニングコスト 約 0.3百万円	イニシャルコスト 約 27億円 ランニングコスト 約 1百万円	イニシャルコスト 約 7.5億円 ランニングコスト 約 0.5百万円
	中規模	イニシャルコスト 約 11億円 ランニングコスト 約 1.4百万円	イニシャルコスト 約 88億円 ランニングコスト 約 6.5百万円	イニシャルコスト 約 30億円 ランニングコスト 約 2百万円
	大規模	イニシャルコスト 約 34億円 ランニングコスト 約 5.6百万円	イニシャルコスト 約 432億円 ランニングコスト 約 32百万円	イニシャルコスト 約 150億円 ランニングコスト 約 10百万円
保守管理性 (月点検、年点検等)	小規模 ～大規模	1月毎 運転点検(推奨) 6ヶ月毎 機器点検 1年毎 総合点検	年点検 (10年後 オーバーホール)	年点検 (空気フィルター他消耗品類交換)
長期使用信頼性 (耐用年数、部品の入手期間)	小規模 ～大規模	15年(メーカー推奨期待寿命) 部品調達可能期間は生産中止から約10年程度	15年(メーカー推奨期待寿命)	10年(メーカー推奨期待寿命)
維持管理に要する人員 (月点検、年点検)	小規模 ～大規模	月点検 約2～3人 年点検 約4～5人	年点検 約4人	年点検 約4人
冗長性 (故障時の機能確保等)	小規模 ～大規模	予備機を設置(揚排水設備技術基準) 故障した場合は予備機へ切替。	複数のモジュールで構成されており、リスク分散がされている。全機能停止することはないと考える。	複数のセルスタックで構成されており、リスク分散がされている。全機能停止することはないと考えるが、まだ実績が多くないため、今後普及段階でリスク検証が必要である。
副次効果 (非常用電源への転用、カーボンニュートラル)	小規模 ～大規模	非常用防災電源への転用が可能。 化石燃料を使用しており、カーボンニュートラルにはならない。	非常用防災電源への転用が可能。 充電方式によってはカーボンニュートラルになり得る。	非常用防災電源への転用が可能。 カーボンニュートラルである。

していることから、価格は比較的高価であり、今後普及の段階でコストの再評価が必要である。

信頼性：ディーゼル機関に比べ故障は少ないと考えられるが、実績が少ないため今後普及の段階で実態の把握が必要である。また、複数の燃料電池セルスタックで構成されているため、故障時のリスク分散がされていると考えられるが、実績が少ないため今後普及の段階で評価が必要である。

維持管理性：運用中は常時水素供給が必要で、水素の保管または輸送が必要である。点検・整備は最も手間がかからないが、水素補給のためのインフラ整備が課題である。

操作性：始動性は比較的良好(5分以内：固体高分子形燃料電池)。

環境面：クリーンエネルギーである(NO_x、SO_x、煤煙の排出はない)。振動・騒音は少ない。

3. まとめ

既存排水機場ポンプ設備の現況調査を行い、電動機が信頼性、維持管理性等多くの面で利点を有していることがわかった。また、電動機の積極利用に向けて、他分野動力確保技術の排水機場ポンプ設備への転用可能性評価

を行い、電動機が多く利用されている総排水量5m³/s以下の小規模な排水機場に対しては、将来的に蓄電池システムまたは定置式燃料電池システムの適用が優位になる可能性があると考えた。燃料電池の排水機場への利用は現時点では経済性や水素供給インフラ等の課題があるものの、政府が取り組む2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略³⁾の中で定置用燃料電池の社会実装を推進することが掲げられており、大量生産化やコスト削減も期待される。また、自動車用燃料電池の定置用燃料電池システムへの利用などの可能性等も考えられることから、燃料電池の利用可能性を中心に今後の検討を進めていきたい。

参考文献

- 1) 一般社団法人河川ポンプ施設技術協会：河川ポンプ施設総覧2020上巻、p.1055、2020.1
- 2) 一般社団法人河川ポンプ施設技術協会：河川ポンプ施設総覧2020下巻、p.1925、2020.1
- 3) 社団法人河川ポンプ施設技術協会：救急排水ポンプ設備技術指針・解説、p.26、1994.
- 4) 一般社団法人河川ポンプ施設技術協会：揚排水ポンプ設備技術基準・同解説、pp.6-8、2016.3
- 5) 内閣官房、経済産業省、内閣府、金融庁、総務省、外務省、文部科学省、農林水産省、国土交通省、環境省：2050年カーボンニュートラルに伴う成長戦略(案)、pp.41-43、2021