

27. 河川機械設備におけるパラダイムシフト型更新の取組について

国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課

○東山 遼
門屋 博行
宮下 学

1. はじめに

昨今の地球温暖化に伴う風水害の激甚化、頻発化による浸水被害の増加から、内水排水ポンプをはじめとした河川機械設備の重要性が増している。

「社会資本整備審議会河川分科会気候変動を踏まえた水災害対策検討小委員会」において答申された「気候変動を踏まえた水災害対策のあり方について」では、「2℃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。」とされている。また、自治体からの排水ポンプ増強などの要請が高まっているところである。一方で、気候変動に伴う水害の激甚化・頻発化、老朽化に伴う故障リスクの増大、従事技術者の減少・高齢化等の課題に対応する必要がある。(表-1)

表-1 河川機械設備の課題

① 気候変動への対応

近年、毎年のように日本各地で、これまで経験したことのないような豪雨により、深刻な水害が発生しており、計画規模を上回る洪水の発生地点数は、国管理河川、都道府県管理河川ともに近年増加傾向である。浸水被害の増加から、自治体からの排水ポンプ増強など要請が高まっている。(図-1)

② 老朽化に伴う故障リスクの増大

河川排水ポンプ施設は、昭和期に整備されたものが大半で、設置後40年を経過しているものが約3割であり、10年度には約5割になる。(図-2)機械設備は高い信頼性を前提に設計されているため、冗長性(予備機等)を持っていない。今後、老朽化に伴う故障リスクが高まるが、機械設備は施設毎に設計された一品生産品であることが多く、故障時の部品供給に時間を要することもある。

③ 従事技術者の減少・高齢化

適切な機能を長期的に確保するためには、河川機械設備に従事する技術者の確保が重要な要素の一つになる。ところが、河川ポンプ事業に従事する技術者は、現在40~50歳代が大半を

占め、30歳代以下が少ない人員構成になっている。(図-3)このままでは、10~20年後に、技術者が大きく減少し人手不足が想定される。そのため、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、ゲートをはじめとした河川機械設備の遠隔操作、自動化を検討することが必要である。

1時間降雨量50mm以上の降雨の発生回数は、この40年間で約1.4倍。

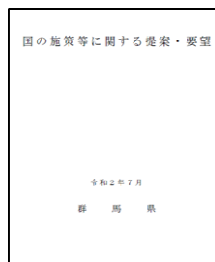


1時間降雨量50mm以上の年間発生回数 (アメダス1,300地点あたり)

出典：気象庁HP

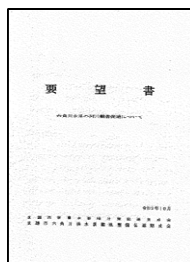
図-1.1 気候変動に伴う降雨量の増加

令和2年 群馬県(令和元年度台風19号関係)



4「災害レジリエンスNo.1」の実現に資する、直轄国道事業や直轄河川・砂防事業などの計画的な整備に必要な予算を十分確保し、着実に推進していただきたい。
【直轄河川・砂防事業】
・**休泊川排水機場の排水ポンプの増強**
・利根川、渡良瀬川、烏川河川改修
・浅間山火山砂防及び利根川水系、渡良瀬川水系砂防
・讓原地区地すべり対策事業など

令和2年 武雄市(令和元年度8月豪雨関係)



3. 六角1の流下能力確保のための洪水調整池と河道掘削や堤防補強等を早急に実施し、ポンプ運転調整の起きにくい河川整備を行うこと。また、**東川排水機場をはじめとする排水ポンプ場の強化と移動ポンプ車のより効果的な配備及び運用を図ること。**

図-1.2 自治体からの排水ポンプ増強の要望例

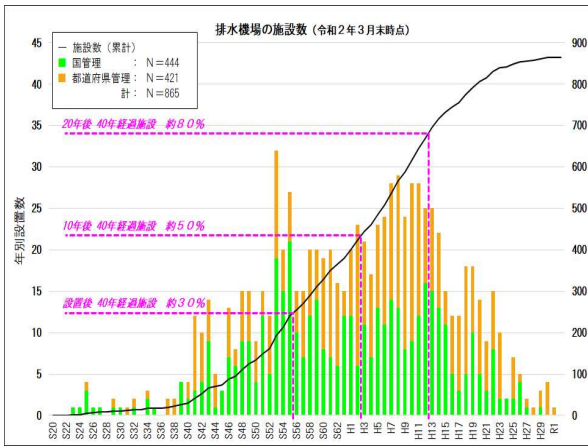


図-2 施設設置数の推移

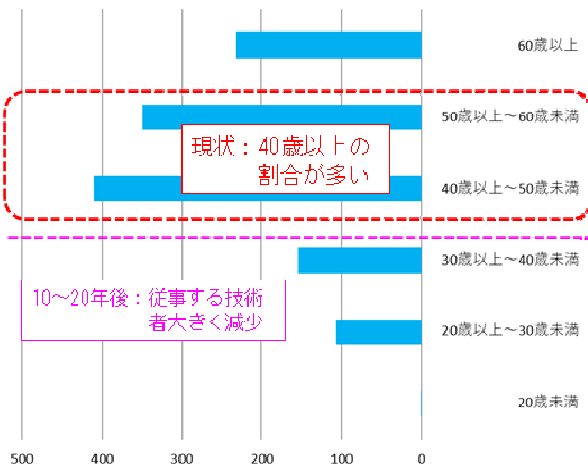


図-3 河川ポンプ事業従事技術者の年齢構成

池内幸司	東京大学大学院工学系研究科 教授
有働恵子	東北大学災害科学国際研究所 准教授
喜田明裕	一般社団法人河川ポンプ施設技術協会会長
戸田祐嗣	名古屋大学大学院工学系研究科 教授
野口貴公美	一橋大学大学院法学研究科 教授
平山朋子	京都大学大学院工学研究科 教授
◎松井純	横浜国立大学大学院工学研究院 教授
	(五十音順、敬称略)
	◎：委員長

表-2 河川機械設備小委員会 委員名簿

2. 河川機械設備小委員会

この様な課題の解決を目指すため、河川機械設備のあり方について従来の考え方からパラダイムシフトを図った上で、更新・整備を加速化することが求められており令和3年2月18日に社会資本整備審議会に対し「河川機械設備のあり方」について諮問しこれを受けて同審議会において「河川機械設備小委員会」(委員長：松井純 横浜国立大学大学院工学研究院 教授)が設立された。

(表-2)令和3年7月末までに4回開催(第1回令和3年3月22日,第2回令和3年5月21日,第3回令和3年6月29日,第4回令和3年7月30日)され,中間とりまとめを行った。(図-4)



図-4 開催状況

3. 中間とりまとめ

4回の審議を経て,令和3年8月に中間報告がとりまとめられた。今回の中間とりまとめでは,河川機械設備においてシステム全体として,より高い信頼性を確保するため,新たに「総合信頼性」(表-3)の概念の導入を提示するとともに,排水ポンプのマスプロダクツ化の実証試験の開始を端緒に,リダンダンシーを確保する「冗長化保全」といった新たな保全手法の提示を行った。さらに,気候変動のシナリオへの対応について,新設・更新の機会に取り組むことを提示した。

これら新たな概念の導入等により,河川機械設備のあり方のパラダイムシフトを図るべきであり,今後,最終的なとりまとめに向け,議論の深化を図ることとした。なお,マスプロダクツ型排水ポンプの導入は,導入コストの低減,維持管理性・信頼性の向上などの効果が期待できることから,既存のポンプの更新だけではなく,今後,水害の激甚化・頻発化に対するポンプ新設の手段としても期待できるとしている。

「冗長化保全」とは,マスプロダクツ化されたサブシステムのストックによる迅速な復旧体制確保(「交換保全」)や,排水システムにN+1を組み込むことによる故障時の排水機能確保(「N+1保全」)により,リダンダンシーを確保する新たな保全手法である。(図-5)

現在は,マスプロダクツ化された自動車用ディーゼルエンジンを動力源として考えているが,カーボンニュートラルの対応についても検討していく。今後,さらなる議論の深化を図り,最終的には令和4年度夏頃にとりまとめを行う予定である。

なお,マスプロダクツ型排水ポンプの導入は,導入コストの低減,維持管理性・信頼性の向上など

の効果が期待できることから、既存のポンプの更新だけではなく、今後、水害の激甚化・頻発化に対するポンプ新設の手段としても期待できる。

表-3 総合信頼性

		評価手法	評価結果	対応方策
総合信頼性 dependability	信頼性 reliability	故障により稼働しない期待値及び排水規模別の確率分布	総排水規模に対しては故障確率pにより決定、小口の方が機能損失の可能性が低い	小口化による機能損失回避 N+1による増強
	保全性 maintainability	定性的に評価	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
	保全支援性能 maintenance support performance	定性的に評価	マスプロダクツ化した方が支援体制は充実する	できるだけマスプロダクツ化を図る

4. マスプロダクツ型排水ポンプ開発の取り組み
 マスプロダクツ型排水ポンプの開発のため、主要な構成機器のポンプ、主原動機（車両エンジン）及び主配管（ポリエチレン管等）の技術動向を把握し、技術開発を行うための実証試験の仕様について検討する「マスプロダクツ型排水ポンプ技術研究会（以下、「研究会」という）」に参画する企業の公募を行い、延べ23社（ポンプ13社、エンジン8社、配管2社）が参画した。研究会は計3回開催した。研究会では、参画した各メーカーの製品仕様、適用範囲、組み合わせの留意点等の共有や実証試験機の仕様、試験方法等の共有を行った。この中で、実証試験での課題（表-4）が挙げられ、試験装置設計の中で検討することとした。

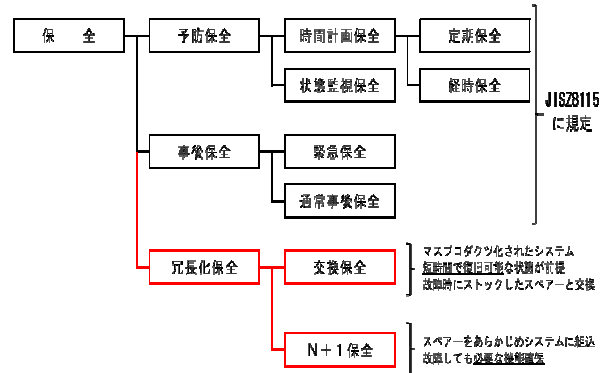


図-5.1 冗長化保全

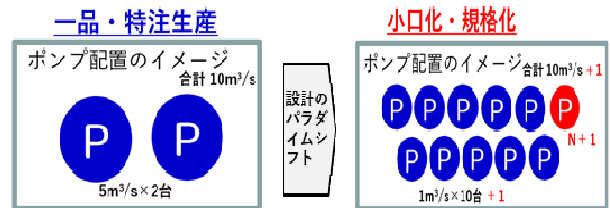


図-5.2 排水ポンプのパラダイム型更新イメージ

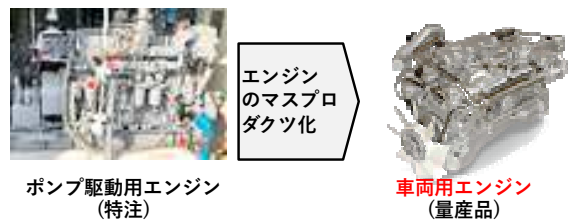


図-5.3 排水ポンプの検討イメージ

表-4 実証試験での課題

- ①車両用エンジン制御の ECU との接続方法を各社ごとに確認が必要
- ②車両用エンジン、減速機、ポンプの慣性モーメントや軸のねじり特性を踏まえた設計検討が必要
- ③車両用エンジンの冷却方式が各社ごとに異なることや走行風を期待できない定置状態での使用となるため個別に設計検討が必要

また、実証試験での主要な機器（ポンプ、車両エンジン）を技術公募するにあたり、実証試験機の仕様決定の妥当性の確認を行うとともに、公募された機器の評価項目及び評価基準について審議する有識者・官・オブザーバーで構成された「マスプロダクツ型排水ポンプワーキンググループ（以下、「ワーキンググループ」という）」を計3回開催した。ワーキンググループでは、実証試験機の仕様決定、技術公募の評価基準等の決定、公

募技術審査等の決定について技術的助言をいただいた。これら研究会、ワーキンググループで検討した結果、ポンプ形式については、実証試験を目的とするため試験装置に組み込みやすい形式とすること、また主原動機については、研究会参加者の提案仕様からマスプロダクツ型を基本としエンジン仕様を決定した。なお、主配管へのポリエチレン管等の新素材適用は、コストメリットがないことから今回の実証試験での採用は見送ることとなった。この仕様を基に、令和3年1月「マスプロダクツ型排水ポンプ技術の開発・導入・活用に関するプロジェクト公募実施」において、ポンプとエンジンが技術公募され、技術的優位性（技術開発における課題への着目点とその対応案）、経済性（実装化するにあたっての経済性）、維持管理性（維持管理の簡素化、効率）を審査し、令和3年3月10日にポンプメーカー2社、自動車エンジンメーカー3社が選定された。（図-6）

本実証試験にあたり、今回協力企業と協定を締結し、本協定締結にあたり調印式を令和3年4月19日に開催した。（図-7）

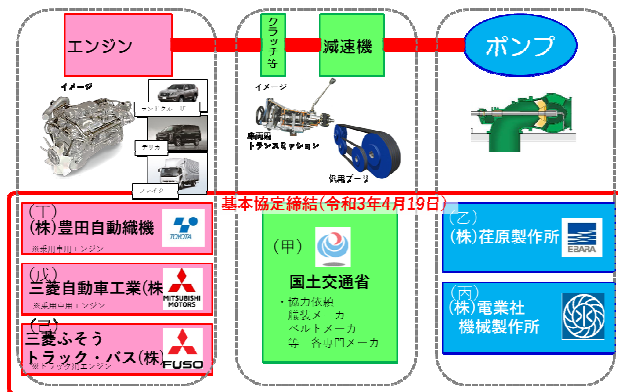


図-6 マスプロダクツ型排水ポンプの開発体制



図-7 調印式

5. PRSIM（マスプロダクツ型排水ポンプの開発の横展開）

河川機械設備のパラダイムシフトの実現に向けて、マスプロダクツ型排水ポンプの開発の横展開を行うために官民研究開発投資拡大プログラム（PRSIM）を活用し検討を行っている。官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）は、平成28年12月に総合科学技術・イノベーション会議と経済財政諮問会議が合同で取りまとめた「科学技術イノベーション官民投資拡大イニシアティブ」に基づき、600兆円経済の実現に向けた最大のエンジンである科学技術イノベーションの創出に向け、官民の研究開発投資の拡大等を目指して、平成30年度に創設された制度です。マスプロダクツ型排水ポンプの成果をもとに他施設（例えば、水門、樋門、樋管等）への横展開を図る。（図-8）

令和3年度においては、他施設におけるニーズ主導型異業種連携による更新手法を検討、フィージビリティスタディを実施し、導入可能性を判断する。来年度以降に技術研究会において実証試験の内容を検討し、実証試験参加者の公募を行い、実証試験を実施する予定である。

6. おわりに

本取り組みにおきましては、委員の皆様、現場試行参加者等の皆様にご協力を頂き、感謝申し上げますとともに、マスプロダクツ型の河川機械設備の社会実装に向けて、引き続きご指導の程、よろしくお願いいたします。

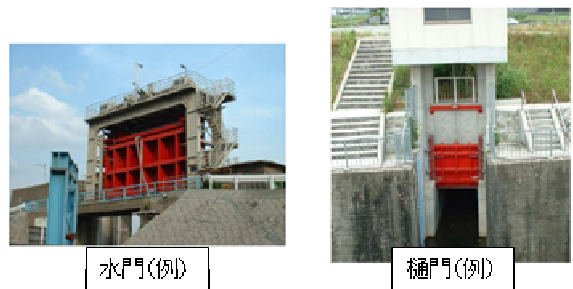
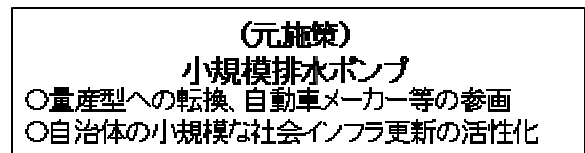


図-8 横展開のイメージ