

33. 少子高齢社会、担い手不足等を背景とする

ヒューマンエラーの防止に関する一考察

～河川機械設備を事例に～

国土交通省大臣官房

参事官（イノベーション）グループ施工企画室

○ 渡邊 賢一

1. はじめに

河川ポンプ・ゲート設備等の河川機械設備は、整備後 50 年以上経過した施設が今後急増する。河川機械設備は、複数の装置が連動して機能を発揮するプラント設備であり、かつ、出水等の際にその設置目的に応じた機能を確実に発揮することが求められている。

一方、我が国の少子高齢化の現状などから、河川機械設備に関わる官民の機械技術者や操作員の確保が今後一層厳しくなることや、これらに起因するヒューマンエラーの発生も高まることが容易に想定される。

そこで、国土交通省が管理する河川機械設備を事例として、故障事例等から着想を得て一般化したヒューマンエラー発生のシナリオに基づき、安全工学の観点等から、因子や原因を分析し、ヒューマンエラー防止のための対策等を論じる。分析に当たっては、施策効果分析の観点も含めるものとし、ロジックモデル等も活用するものとする。

2. 河川機械設備の現状と今後のあり方

2021 年 2 月に国土交通大臣から社会資本整備審議会長に「河川機械設備のあり方」について諮問がなされ、「社会資本整備審議会 河川分科会 河川機械設備小委員会」が 2021 年 3 月に設置され、計 8 回の小委員会を経て、2022 年 7 月に河川機械設備のあり方について基本的な考え方を示し、答申をとりまとめた。¹⁾

本答申では、大更新時代を迎える河川機械設備の整備・更新において、確実な施設機能の確保により持続的な安全・安心と危機対応力の向上を目指すために、「システム全体の信頼性の確保」、「担い手不足等に対応した遠隔化・自動化・集中管理への移行」、「技術力の維持向上」の 3 つの視点から、今後の河川機械設備のあり方について提言がなされ、国土交通省は、この提言に基づき、河川機械設備に係る施策を推進している。

ここで、本答申では、担い手（機械技術者・操作員）不足の深刻化が指摘され、機械設備の機能を維持するためには、専門知識を持つ技術者等による年点検の実施、さらにその結果に基づく診断での判断を踏まえた適切な修繕等が必要である点は指摘されており、また、今後の担い手不足に備え、地方公共団体や企業に対する技術者育成や技術力の維持向上、新技術導入のための取組、故障・誤操作事例の蓄積・管理・分析（データベースの整備）も示されている。

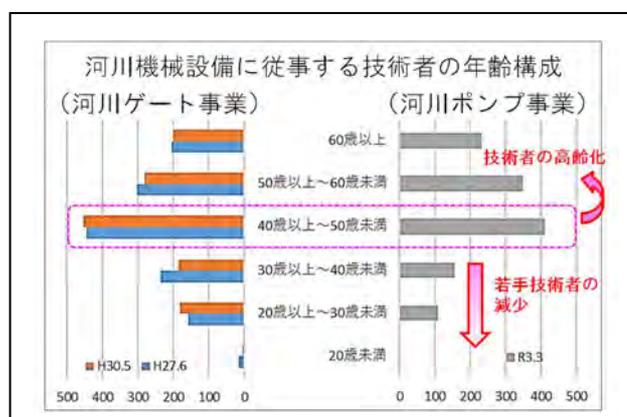


図-1 河川機械設備に従事する技術者の年齢構成¹⁾

しかし、言及されているものは中長期的な取り組みであり、短期間に、かつ直接的に現れる担い手不足や高齢化の影響やその対策等については、必ずしも具体的に言及されていない。このため、本稿では、影響が直接的に現れ、かつ、計測可能な事象で、安全工学等の分野で先行研究が豊富なヒューマンエラーに着目し、河川機械設備において発生する構造や原因、対策・施策を考察する。

3. 既往研究レビュー ～ヒューマンエラー～

小松原²⁾はヒューマンエラーを「不適切行為」と幅広く捉えて対策を講じることを説いている。



図-2 m-SHELモデルと分析手法³⁾

ヒューマンエラー防止のためには、当事者である人間を取り巻く全ての要素を含めて考えていく「ヒューマンファクター」の考え方があり、F.H.HawkinsのSHELモデルや、図-2に示す東京電力ヒューマンファクター研究室のm-SHELモデル³⁾などがある。

m-SHELモデルの中心のLは作業者本人(lifeware)を表し、周囲のS、H、E、L、mは以下に示す。

S：ソフトウェア (software)。作業手順や作業指示の内容。それが書いてある手順書や作業指示書。作業指示の出し方、教育訓練の方式など、ソフトウェアにかかわる要素。

H：ハードウェア (hardware)。作業に使われる道具、危機、設備などハード的な要素。

E：環境 (environment)。照明や騒音、温度や湿度、作業空間の広さなど、作業環境にかかわる要素。

L：周りの人たち (liveware)。その人に指示、命令をする上司や、作業を一緒に行う同僚など、人的な要素。

m：マネジメント (management)。現場を管理する権限のある人。

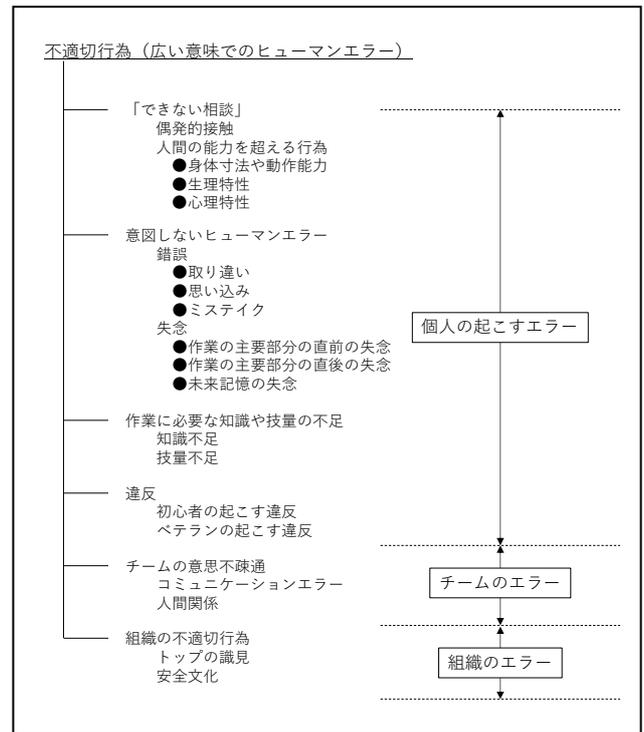


図-3 人間特性からみたヒューマンエラーの分類²⁾

また、小松原は人間特性から見たヒューマンエラーの種類を図-3のように分類している。

小松原は、ヒューマンエラーの背後要因(行動形成因子)のうち、代表的な要因を以下のように整理している。

- ① 体調、気分、意欲、心配ごとなど、その人自身の内的要因
- ② 作業環境、作業条件などの外的要因
- ③ 作業時刻、残余時間などの時間要因

そして、対策を検討する際には、事故(故障)やヒヤリハットの分析は不可欠であり、事象の連鎖(event chain)や背景にある要因(因果の連鎖)を丹念に潰していくことが重要であると指摘している。RCA(Route Cause Analysis、根本原因分析)のため連関図を用いた分析などを、分析の目的に応じて実施するとともに、事故の再発防止のみならず、未然防止の重要性についても言及している。

4. リサーチクエスションと手法

本稿のリサーチクエスションを定義すると、「河川機械設備を事例に、少子高齢社会、担い手不足に起因するヒューマンエラーを防ぐためにとるべき対策、施策とは何か」である。

研究手法として、想定される河川ゲート設備と河川ポンプ設備の故障に基づく発生シナリオから、技術者のヒューマンエラーについてケーススタディを実施し、ヒューマンエラーに起因する因子抽出を行う。また、少子高齢化の影響に着目したヒューマンエラー防止のための対策等を考察する。

5. 対策としての施策

4. にて分析した結果明らかになった課題について、ロジックモデルを用いて、具体的な施策とその効果について、表-2にて示す。

アクティビティ、アウトプットは概ね「答申」にて示された方向と合致するが、「マネジメントと現場とのよりよい相互理解」という概念を新たに示すことができ、マネジメントに関わる活動の必要性、文化の醸成、また、操作員など実現場で作業を行う者の心理的安全性の確保が重要であるという知見を得られた。

6. おわりに

本稿では、河川機械設備を事例に、少子高齢社会、担い手不足等を背景としてその発生確率が大きくなると考えられるヒューマンエラーを取り上げ、ケーススタディを行い、因子抽出を行った。また、今後のヒューマンエラー防止の対策・施策の一助となる考察を行い、まとめとして、表-2のロジックモデルを作成・提案した。

これにより、答申を補完するのみならず、答申においては必ずしも明確には言及されていない、マネジメントの重要性についても示された。

ただし、これら具体的な体制整備、人材育成、そして安全文化のあり方、その醸成方法は、本稿では明らかにされてはいない。

さらに、「ヒューマンエラー」を減らす「Safety-I」のアプローチで本稿は論じたが、近年の安全工学では「レジリエンスエンジニアリング」や「Safety-II」という概念も提唱⁴⁾⁵⁾されている。これら概念を用いて河川機械設備を社会技術システムとして捉え、そのレジリエンスポテンシャルを向上させるアプローチも、今後有益となることが想定される。

最後に、本稿が、河川機械設備に関わる技術者・技能者、企業、そして政策立案者にとって有益な知見を提供し、特に、レジリエントな制度・体制の整備等に寄与し、もって気候変動に伴う水害の激甚化・頻発化や、少子高齢化に伴う担い手不足が深刻化する現在の社会情勢下においても、河川機械設備が出水等の際にその設置目的に応じた機能を確実に発揮し、国土の保全、国民の生命・財産を守り、安全・安心な暮らしが実現できれば、著者にとって幸甚である。

7. 謝辞

本稿執筆に当たり、国立研究開発法人土木研究所先端技術チーム主任研究員 茂木正晴 氏、国土交通省大臣官房参事官（イノベーション）グループ施工企画室課長補佐の工藤大輔 氏には多くのご助言をいただいた。ここに感謝申し上げる。

参考文献

- 1) 社会資本整備審議会：河川機械設備のあり方について（答申），国土交通省，2022年
- 2) 小松原明哲：ヒューマンエラー第3版，丸善出版，2019年
- 3) 東京電力経営技術戦略研究所経営戦略調査室ヒューマンファクターグループ：災害等の分析手法（SAFER），東京電力ホームページ(<https://www.tepco.co.jp/technology/research/resilience/safer.html>)，2023年8月25日閲覧
- 4) E.Hollnagel 著，北村正晴・小松原明哲監訳：Safety-I & Safety-II 安全マネジメントの過去と未来，海文堂，2015年
- 5) E.Hollnagel 著，北村正晴・小松原明哲監訳：Safety-IIの実践 レジリエンスポテンシャルを強化する，海文堂，2019年

表-2 施策効果把握のためのロジックモデル

