

滝沢ダム放流設備遠隔操作の試行について

○大崎 愛¹・栗秋 顕二郎²・佐々木 勝人³

概要：

滝沢ダムにおいて、2008年度（平成20年度）の管理開始当初より、利水放流設備については、ダム管理用制御処理設備（以下、ダムコンという。）に遠隔操作機能を実装し運用してきた。今般、令和4年度のダムコンの更新に伴い、常用洪水吐きゲートにも新たに遠隔操作機能を実装した。これにより、土砂災害などの発生に伴い市街地から離れた滝沢ダム管理所（以下、管理所）への通勤経路が遮断されるような事態が発生した場合に荒川ダム総合管理所（以下、総管という。）からの遠隔操作が可能となった。

今回、常用洪水吐きゲートの遠隔操作の機能確認と管理所職員及び総管職員が“慣れる”事を目的とし、今年度のドローダウン時において、常用洪水吐きゲート及び利水放流主管主ゲートの試行的な遠隔操作を訓練として実施した。

本稿では、常用洪水吐きゲート遠隔操作の訓練に向けた計画・準備、訓練結果、今後課題と取組について報告する。

キーワード：遠隔操作、試行、訓練、常用洪水吐きゲート、利水放流主管主ゲート

1. はじめに

滝沢ダムでは、これまで利水放流設備（利水放流主管主ゲート、利水放流分岐管主ゲート）を対象に、総管からの遠隔操作を実施してきた。今回、管理開始以来初のダムコンの更新に伴い、常用洪水吐きゲートにも遠隔操作可能となるよう、機能が付加された。その機能を実際に確認する他、職員が遠隔操作に慣れておく必要がある事等から、非洪水期から洪水期に移行するに際し、水位を制限水位へ低下させる操作（以下、「ドローダウン」という）時において、常用洪水吐きゲートの遠隔操作の試行を初めて行った。

本稿は、遠隔操作の試行に向けての準備や結果、今後の課題等についてとりまとめたものである。

2. 遠隔操作とその必要性

2.1 遠隔操作とは

遠隔操作とは、開閉装置室にて手動で行う機側操作及び、管理所の操作室で複数の施設を集中的に操作する遠方操作以外のもので、遠隔地から操作するものをいう。本稿での遠隔操作は、総管からの操作をいう。

2.2 遠隔操作の必要性

滝沢ダムは、管理所職員の宿舎や寮がある秩父市街地から車で約50分、総管から約40分の移動時間を要する。

秩父市防災ハザードマップによると、滝沢ダムまでのルート上は「土砂災害特別警戒区域等」が広く分布し、万一の

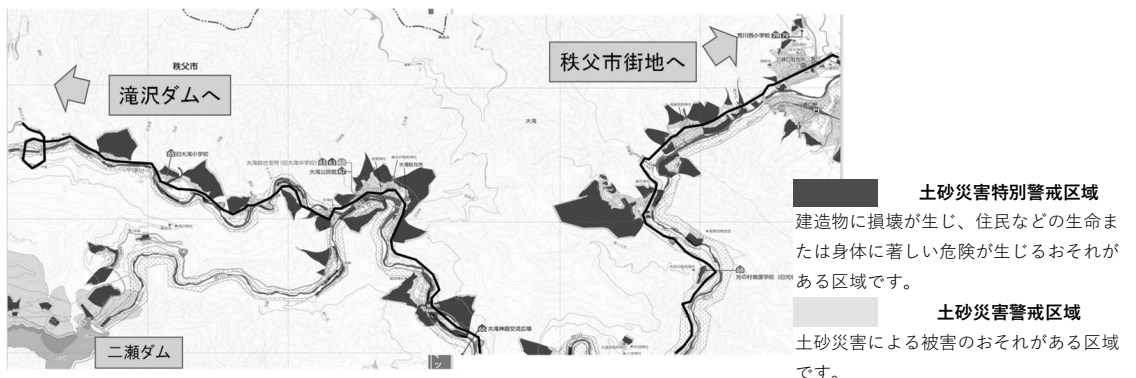


図-1 滝沢ダム通勤ルート沿いの土砂災害特別警戒区域等

1. 荒川ダム総合管理所 滝沢ダム管理所
2. 荒川ダム総合管理所 滝沢ダム管理所
3. 荒川ダム総合管理所 滝沢ダム管理所 所長代理

際に、滝沢ダムに到達できない可能性がある。その場合、管理所には職員が不在かつ移動手段が無いというリスクが発生しうる。そのようなリスクに備え、滝沢ダムの遠隔操作は必要と考えられる。

2.3 遠隔操作の対象者

出水に伴うゲート操作が必要、かつ土砂災害に伴い管理所へ移動できないときに、管理所に職員が不在の場合が想定される。この場合、管理所職員は、総管から遠隔操作を行う者と、時間を要してでも迂回して管理所へ向かう者に大別されるものと想定される。

管理所の職員は現状6名（所長、所長代理、土木職2名、機械職1名、シニア1名）である。人数が少なく、万一の際、管理所職員は極力管理所へ向かうと想定されるため、管理所職員のみならず、総管職員も遠隔操作ができるようにしておく必要がある。

以上より、滝沢ダムの遠隔操作の対象者は管理所及び総管に所属する技術系職員全員とする。

3. 遠隔操作の試行における対象設備の諸元

遠隔操作の試行では、常用洪水吐きゲート及び利水放流主管主ゲートとした。以下に各設備諸元と設備構成を示す。

表-1 常用洪水吐きゲート諸元

型式	高圧ラジアルゲート
寸法	幅 3.6m×高さ 3.6m 2門
設計水深	46.6m
開閉方式	油圧シリンダ式
放流量	189m ³ /s/門(制限水位 EL. 537.0m) 336m ³ /s/門(サーチャージ水位 EL. 565.0m)

表-2 利水放流主管主ゲート諸元

型式	ジェットフローゲート
寸法	φ 1,700mm
開閉方式	油圧シリンダ式
設計水深	116.4m
放流量	40m ³ /s(最低水位標高 495.0m)

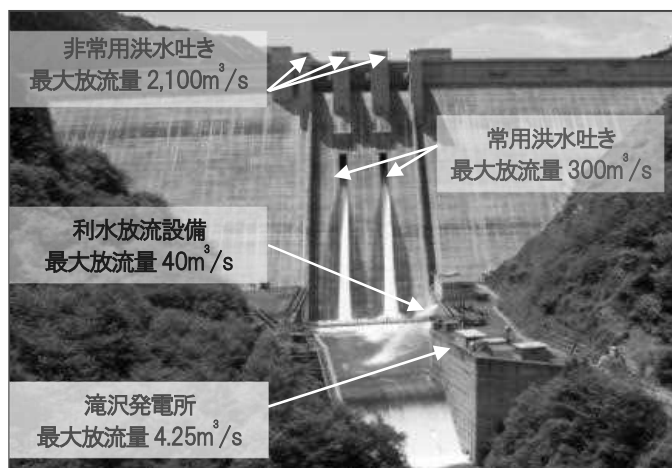


写真-1 滝沢ダム放流設備の構成

4. 遠隔操作試行に向けた準備

4.1 常用洪水吐きゲートが使用可能である事の確認

従来、ドローダウンは、発電放流及び利水放流設備に使用していたが、今回、ドローダウン時に常用洪水吐きゲートを用いた遠隔操作に当たり、滝沢ダムに関する施設管理規程（以下、「規程」という）と同細則（以下、「細則」という）における規定内容を確認した。

細則第17条（常用洪水吐きゲートの操作）の第6号に「規程第24条第1項の規定によりダムから放流するとき。」を除き、常用洪水吐きは常に全閉しておくものとする、とある。つまり、この規定によりダムから放流する場合は、常用洪水吐きを開ける事が可能である。

また、規程第24条第1項第1号に「非洪水期から洪水期に移行するに際し、水位を制限水位に低下させるとき」、の記載があるためドローダウン時に常用洪水吐きゲートから放流できる事を確認した。

4.2 常用洪水吐きゲート遠隔操作試行の意義

滝沢ダムは管理開始以降、15年間で17回の洪水調節を行っており、その頻度は概ね1年に1回である。

洪水調節の発生要因は台風がほとんどである。多い時は年に3回、少ない時は年に1回もないという状況である。

	No.	生起年月日	気象要因	最大 流入量 (m ³ /s)	最大 放流量 (m ³ /s)	最大 流入時 放流量 (m ³ /s)	最大 流入時 調節量 (m ³ /s)	流域 平均 降水量 (mm)
3回/年	1	2011(H23).5.29	台風第2号	105	40	40	65	153
	2	2011(H23).9.1	台風第12号	159	105	105	54	199
	3	2011(H23).9.21	台風第15号	157	105	105	52	171
	4	2012(H24).6.19	台風第4号	134	103	103	31	94
2回/年	5	2013(H25).10.15	台風第18号	235	1	1	234	192
	6	2013(H25).10.15	台風第26号	111	1	1	111	155
3回/年	7	2015(H27).9.9	台風第18号	171	107	107	64	177
	8	2016(H28).8.22	台風第9号	316	53	7	309	118
	9	2016(H28).8.29	台風第10号	340	130	127	213	218
2回/年	10	2016 (H28).9.20	台風第16号	115	100	100	15	120
	11	2017 (H29).10.22	台風第21号	240	1	1	239	201
2回/年	12	2018(H30).7.28	台風第12号	150	103	103	47	186
	13	2018(H30).10.1	台風第24号	185	1	1	185	75
2回/年	14	2019(R1).9.8	台風第15号	140	104	104	36	131
	15	2019(R1).10.11	台風第19号	701	169	168	533	507
2回/年	16	2020(R2).9.5	台風第10号	135	97	62	72	194
	17	2022(R4).9.8	雷雨	146	67	15	131	100

図-2 滝沢ダム洪水調節実績

滝沢ダムでは概ねの目安として、放流量が40m³/s以上となる場合に常用洪水吐きゲートを開けているが、年によっては点検を除き、実放流で1回も開けない事がある。近年では、令和3年は常用洪水吐きゲートを開ける機会が無かった。そのため、管理所に配属になっても、常用洪水吐きゲートの操作を経験しないまま転出する職員もいる。

このような状況では、出水対応における確実な操作の障害となる可能性があるため、遠隔操作の試行は、洪水期を迎える前の訓練も兼ねるものとして訓練計画を立てた。

この訓練の対象者は、2.3に記載のとおり。

4.3 遠隔操作訓練内容の検討・整理

訓練の目的や訓練内容、スケジュール等を検討し、訓練計画として整理した。

4.3.1 目的

遠隔操作の機能確認に加え、職員が遠隔操作に慣れる必要がある。上記を踏まえて、操作訓練を行う。

4.3.2 遠隔制御システム

ダムコン更新後は、手動操作及び開度設定操作が遠方・遠隔ともに可能となった。また、常用洪水吐き設備の電源の入・切も遠隔から可能とした。遠隔操作に使用するモニター及び操作卓を写真-2～写真-3に示す。

4.3.3 操作訓練概要

ドローダウンは、流入量相当に加え上乗せした量の放流を行い、1日当たり1mの水位低下をさせ、従来は発電放流と利水主管ゲートで行っているが、今回の訓練では、これに常用洪水吐きゲートを加え、実施する計画とした。また、この訓練中の発電放流は滝沢ダム貯水位に対応した発

電放流量の一定とした。

以下の操作を遠隔操作で行う。

なお、本訓練での遠隔操作とは、総管のダムコン操作卓での操作、及び監視制御端末上での操作である。

○利水放流主管主ゲートから常用洪水吐き設備への切替操作

○上記切替操作後、常用洪水吐きゲートの操作

○常用洪水吐きゲートから利水放流主管主ゲートへの切替操作



写真-2 ダムコン更新後のモニター外観(総管)



写真-3 ダムコン更新後の操作卓外観(総管)

4.3.4 操作訓練計画の作成

遠隔操作訓練実施前の設備運用状態は、ドローダウン中であるため、発電放流3~4m³/sに加え、利水放流主管主ゲートにて概ね10m³/s弱の放流をしている状況である。貯水位はEL.540m前後を想定した。

常用洪水吐きゲートの最小開度は5cmであり、想定水位では約3.5m³/s/門であるため、2門で放流しても7m³/s程度となるため、遠隔操作では2門使用する事とした。

また、この時期の水温鉛直分布は表層と中層で大きく変化し、発電や利水放流は選択取水設備を介して放流し流入水温にほぼ等しい水温で放流できるが、常用洪水吐きゲー

トは、低い標高に位置していることから、放流水温が低くなる事が想定されたため、放流水温に留意する事とした。

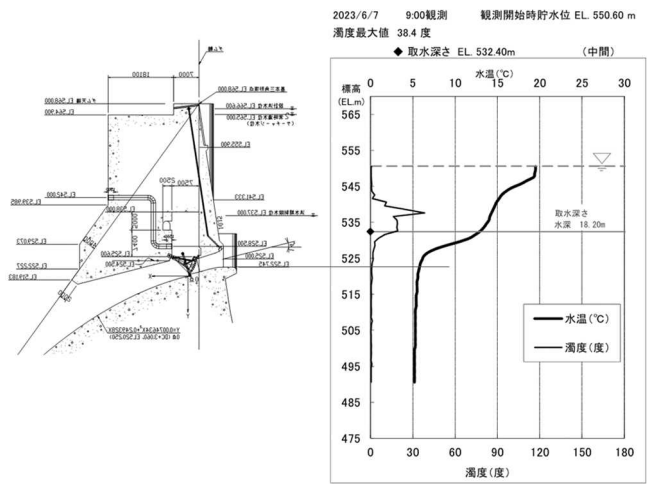


図-3 常用洪水吐きゲート敷高と取水深さの位置の違い

その他、遠隔操作の試行状況をドローンで撮影する等、映像、画像で記録する事とした。

以上の内容を遠隔操作訓練(案)として取りまとめ、令和5年6月22日(木)に総管内で操作訓練説明会を実施した。

また、4.3.3における具体的な操作フローは下図のとおりである。計画書作成にあたっては、遠隔操作対象設備毎に開度0.01[m]変化にかかる操作所用時間が異なる点にも留意した。(常用洪水吐きゲート：約2秒、利水放流主管主ゲート：約6秒)

滝沢ダム管理所 ドローダウン時における操作訓練(案)							
6. 作業手順②～④ 操作フローステップイメン(※当日の貯水位により変化)						操作時の貯水位 : 539.68[m]	
▼日中の時間(11:00～12:00)帯で下記の作業を行う。						操作時の発電水量 : 3.95[m3/S]	
ステップ	主管主G開度 [m]	主管主G放流量 [m3/S]	常用1号G開度 [m]	常用1号G放流量 [m3/S]	常用2号G開度 [m]	常用2号G放流量 [m3/S]	発電放流量 [m3/S]
操作種を(荒川総管)による。							
操作は名で行う (利水放流主管主G操作者1名+常用洪水吐き設備操作者1名)							
①	0.40[m] ↓	11.18	0.00[m] ↓	0	0.00[m]	0	3.95
②	0.28[m] ↓	6.68	0.07[m] ↓	4.31	0.00[m] ↓	4.31	3.95
③	0.10[m] ↓	1.68	0.07[m] ↓	4.31	0.08[m] ↓	4.90	3.95
④	0.00[m] ↓	0	0.09[m] ↓	5.49	0.08[m] ↓	4.90	3.95
操作種は(荒川総管)のままとし、2門の常用洪水吐きゲートを閉操作・開操作する。							
例その1: 常用1号(0.09m⇒0.08m)の操作と同時に、常用2号(0.08m⇒0.11m)の操作							
例その2: 常用1号(0.06m⇒0.09m)の操作と同時に、常用2号(0.11m⇒0.08m)の操作							
※上記操作を荒川総管にて、参加者数名で順番に行う。							
ステップ③の状態に戻したことを確認後、操作種が(荒川総管)であることを確認する。							
③	0.00[m] ↓	0	0.09[m] ↓	5.49	0.08[m] ↓	4.90	3.95
④	0.10[m] ↓	1.68	0.07[m] ↓	4.31	0.08[m] ↓	4.90	3.95
⑤	0.28[m] ↓	6.68	0.07[m] ↓	4.31	0.00[m] ↓	0	3.95
⑥	0.40[m] ↓	11.18	0.00[m] ↓	0	0.00[m] ↓	0	3.95
ステップ⑥～①: 最終的な操作から行う。一定時間後、最終的な操作を行う。							
ステップ⑤～④: 最終的な操作から行う。一定時間後、最終的な操作を行う。							
ステップ④～③: 最終的な操作から行う。一定時間後、最終的な操作を行う。							
ステップ③～②: 最終的な操作から行う。一定時間後、最終的な操作を行う。							

図-4 訓練計画資料の一部

図-4における具体的な流れは下記のとおりである。

○利水放流主管主ゲートから常用洪水吐き設備への切替操作時

操作方法	総管からの遠隔操作による
準備	操作権を総管に変更する。
操作順序①	常用洪水吐き油圧ポンプ電動機電源の入 ※常用洪水吐き1号及び2号
操作順序②	●利水放流主管主ゲートの閉操作 開度: 0.40[m]⇒0.28[m] ※次に開操作する設備の放流量に見合う開度分を、閉操作する。 ●常用洪水吐き1号の開操作 開度: 0.00[m]⇒0.07[m]
操作順序③	●利水放流主管主ゲートの閉操作 開度: 0.28[m]⇒0.10[m] ※次に開操作する設備の放流量に見合う開度分を、閉操作する。 ●常用洪水吐き2号の開操作 開度: 0.00[m]⇒0.08[m]
操作順序④ (切替完了)	●利水放流主管主ゲートの閉操作(全閉) 開度: 0.10[m]⇒0.00[m] ※次に開操作する設備の放流量に見合う開度分を、閉操作する。 ●常用洪水吐き1号の開操作 開度: 0.07[m]⇒0.09[m]
備考	操作者2名及び諸量監視者1名を配置

○上記切替操作後、常用洪水吐きゲートの操作

操作方法	総管からの遠隔操作
操作順序①	●常用洪水吐き1号の閉操作 ●常用洪水吐き2号の開操作 ※同時操作
操作順序②	●常用洪水吐き1号の開操作 ●常用洪水吐き2号の閉操作 ※同時操作

○常用洪水吐きゲートから利水放流主管主ゲートへの切替操作

操作方法	総管からの遠隔操作及び、監視制御端末上での開度1回限り操作
準備	利水放流主管主ゲートの操作設定 ※監視制御端末上での開度1回限り操作
操作順序①	常用洪水吐き油圧ポンプ電動機電源の入 ※常用洪水吐き1号及び2号
操作順序②	●常用洪水吐き1号の閉操作 開度: 0.09[m]⇒0.07[m] ●利水放流主管主ゲートの開操作

	開度：0.00[m]⇒0.10[m] ※直前に閉操作した設備の減じた放流量に見合う開度分を、開操作する。
操作順序③	●常用洪水吐き2号の閉操作 開度：0.08[m]⇒0.00[m] ●利水放流主管主ゲートの開操作 開度：0.10[m]⇒0.28[m] ※直前に閉操作した設備の減じた放流量に見合う開度分を、開操作する。
操作順序④ (切替完了)	●常用洪水吐き1号の閉操作(全閉) 開度：0.07[m]⇒0.00[m] ●利水放流主管主ゲートの開操作 開度：0.28[m]⇒0.40[m] ※直前に閉操作した設備の減じた放流量に見合う開度分を、開操作する。
操作順序⑤	常用洪水吐き油圧ポンプ電動機電源の切 ※常用洪水吐き1号及び2号
備考	操作者2名及び諸量監視者1名を配置

5. 遠隔操作試行訓練結果

遠隔操作の試行訓練は、令和5年6月27日(火)に行った。設備別の放流量と貯水位、放流水温の経時変化を図-5に示す。また、状況写真も写真-4～写真-7に示す。

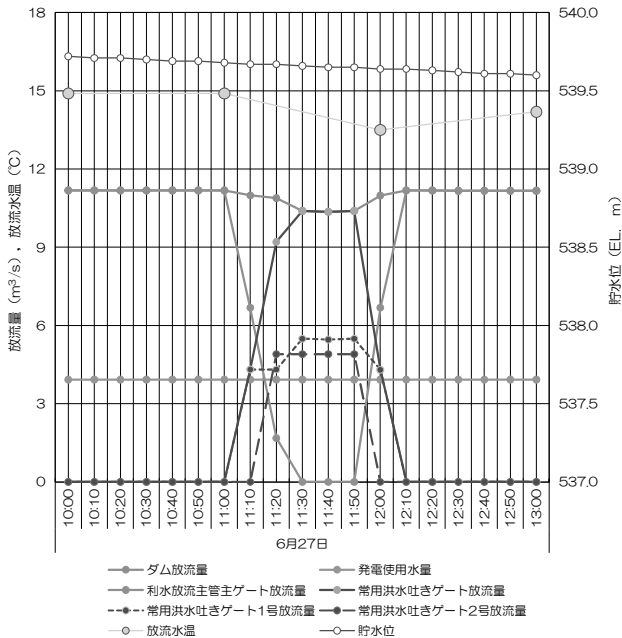


図-5 遠隔操作試行時における各設備の放流量と貯水位、放流水温の経時変化



写真-4 遠隔操作試行状況 (11:06)
【常用1号開操作・利水主管閉操作(切替操作開始)】



写真-5 遠隔操作試行状況 (11:16)
【常用2号開操作・利水主管閉操作】



写真-6 遠隔操作試行状況 (11:21)
【利水主管全閉操作】

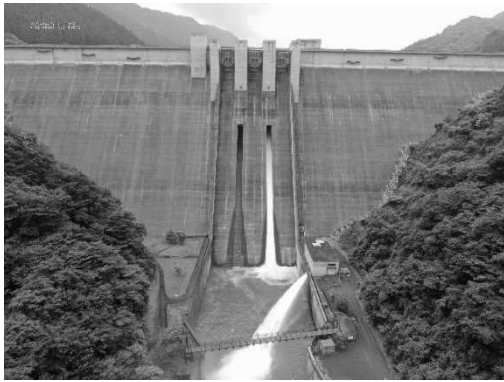


写真-7 遠隔操作試行状況 (11:54)
【常用1号閉操作・利水主管開操作(復旧操作)】

遠隔操作の試行訓練では、利水放流主管主ゲートから常用洪水吐きゲートへの切替、並びにその逆の操作において、操作1回あたりの動作制限内での操作であったため、特に問題なく実施できた。今回は少ない放流量のため、操作量も少なかったためである。

ただ、実際の洪水調節にかかわる操作時に利水放流主管主ゲートから常用洪水吐きゲートに切替操作する際(放流量 $40\text{m}^3/\text{s}$)、切替における放流量の増減が少ないように配慮する必要があることがわかった。

また、遠隔操作での操作権の切替(管理所⇄総管)や常用洪水吐きゲート油圧ポンプ電動機電源の入・切、操作卓上での手動操作及び監視制御端末上での開度1回限り操作パターンを実施し、操作対象設備稼働までの一連の流れを訓練参加者全員(9名)が経験する事ができた。



写真-8 遠隔操作訓練状況

訓練中の放流水温は、 14.9°C から 13.5°C まで 1.4°C 低下した。これは利水放流主管主ゲートでの取水位置(操作訓練時の取水位置: EL. 527.40m)に比べて、常用洪水吐きゲートの設置標高(ゲート敷高: EL. 520.813m)が低い事が一

因である。

なお、訓練終了の約1時間後には、 14.5°C まで回復した。

6. 今後の取組

遠隔操作の試行としては、特に問題なく実施できたが、総管での操作を容易にするためには、以下の取組が必要である。

○遠隔操作をより円滑に行うための設備整備

訓練中での意見として総管には、滝沢ダム遠隔操作のモニターが1つしかないため、利水放流主管主ゲートと常用洪水吐きゲートの操作状態画面を切り替えながら確認しなければならないという不便さがある事が分かった。このことから今後モニターを追加設置していく。

○下流巡視の代替案を検討

洪水調節時に遠隔操作を行うにあたり、下流巡視ができないことを想定し、巡視の省力化も視野に入れ、巡視区域をCCTVカメラ等の設備整備により代替することを検討する。今後は実際の巡視で確認する地点の必要性を再検討し、巡視地点とカメラ設置点との整合がとれるように検討する。

○ドローダウン時における遠隔操作訓練のルーチン化

今回の訓練を基に、今後もドローダウン時における遠隔操作訓練を毎年行い、職員の操作経験値を高める。

なお、今回の遠隔操作訓練において常用洪水吐きゲートからの放流時間は約1時間を要した。放流水温への影響を少なくするため、今後、ドローダウン時に遠隔操作訓練を行う際は、放流設備切替操作の間隔を短くする事で、全体で10分～15分程度の放流時間短縮につながるように訓練計画を見直していく。

○洪水調節後の後期放流における遠隔操作試行実績の積上

○実績の積上を踏まえた、「滝沢ダム常用洪水吐き設備遠隔操作実施要領(案)」の作成

参考文献等

- ・秩父市役所HP 「秩父市防災ハザードマップ」
- ・滝沢ダム管理用制御処理設備工事 完成図書
- ・ダム・堰施設技術基準(案) (平成28年3月改正)