

水力発電施設に係る取水量および維持放流量
調査報告書

令和4年10月6日

日本軽金属株式会社

目次

1. 本調査に至る経緯・・・P2

2. 水力発電施設の概要・・・P3

3. 取水量の調査報告・・・P4

3.1. 調査方法

3.1.1. 水路式発電所(波木井発電所、富士川第一発電所、富士川第二発電所)

3.1.2. ダム水路式発電所(佐野川発電所、角瀬発電所)

3.2. 調査結果

3.2.1. 波木井発電所

3.2.2. 富士川第一発電所

3.2.3. 富士川第二発電所

3.2.4. 佐野川発電所

3.2.5. 角瀬発電所

4. 放流量の調査報告・・・P23

4.1. 調査方法

4.1.1. 水路式発電所(波木井発電所、富士川第一発電所、富士川第二発電所)

4.1.2. ダム水路式発電所(佐野川発電所)

4.2. 調査結果

4.2.1. 波木井発電所

4.2.2. 富士川第一発電所

4.2.3. 富士川第二発電所

4.2.4. 佐野川発電所

5. 結果の集計・・・P43

6. 当社の見解・・・P45

6.1. 富士川の水利使用に対する再認識

6.2. まとめ及び今後の取り組み

参考資料・・・P48

1. 本調査に至る経緯

当社の水力発電施設における取水量・維持放流量の管理について、国土交通省甲府河川国道事務所殿（以下、国交省）より、令和4年4月8日付け「波木井発電所等の取水量報告等に対する調査（依頼）」による調査依頼を受けました。

調査依頼の項目は、下記の通りです。

1. 過去の水力発電関連施設に係る再点検に関する再報告（当時の見解）
2. 取水量報告が不自然との指摘への見解（現時点の見解）
対象：波木井発電所・富士川第二発電所
3. 取水量及び放流量の算出過程（1987年～2021年の35年間）
対象：波木井発電所・富士川第一発電所・富士川第二発電所・
佐野川発電所・角瀬発電所
4. 現時点の取水量及び放流量の計測、報告

併せて、同年5月に実施された国交省による現地調査でのご指摘も踏まえ、当社は該当する波木井発電所、富士川第二発電所の2発電所から調査対象を5発電所までに広げ、取水量だけでなく放流量につきましても詳細な調査を実施し、その結果を取りまとめました。

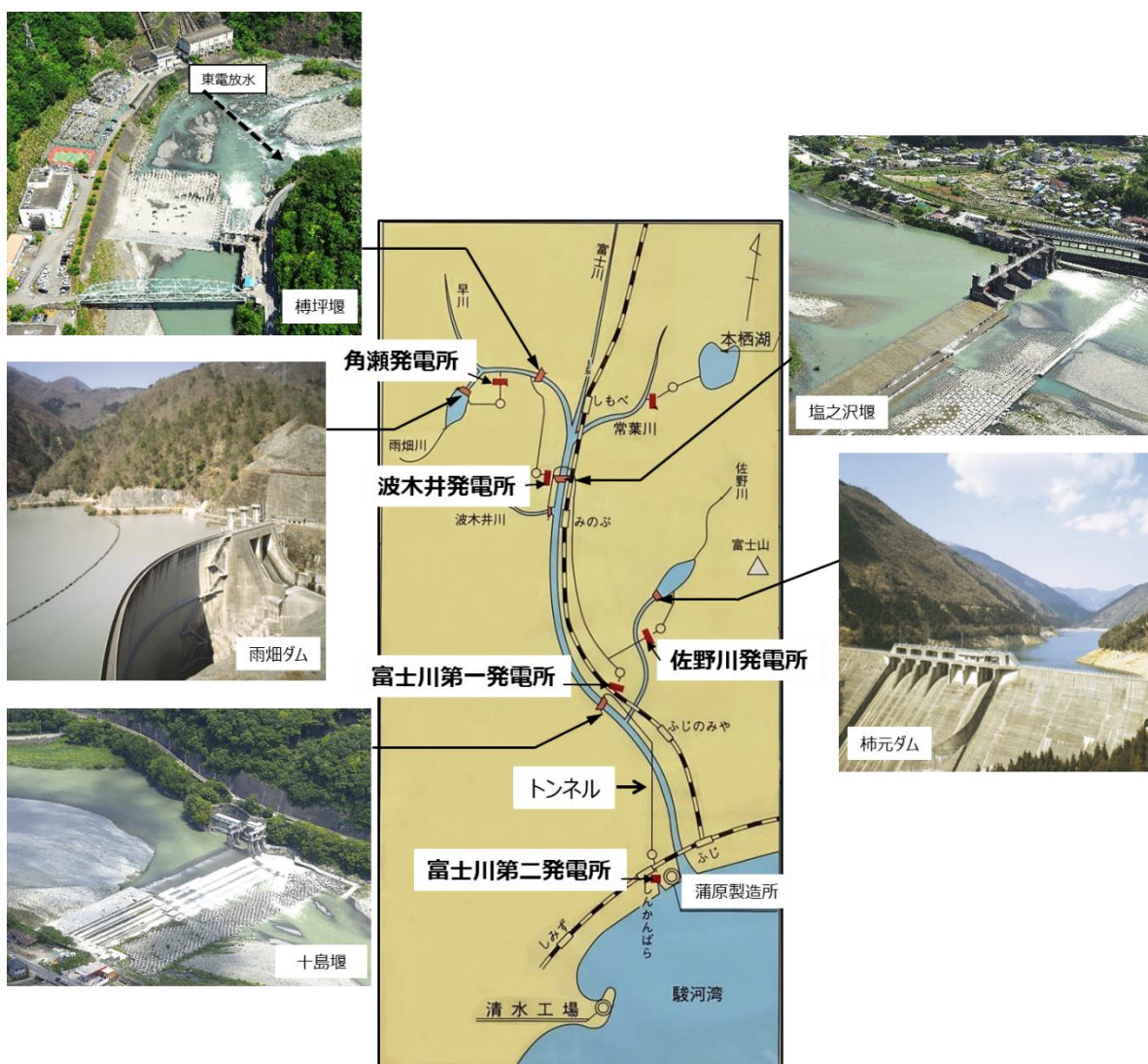
本報告書では、当社の水力発電施設の5発電所（波木井・富士川第一・富士川第二・佐野川・角瀬）における過去35年間の取水量、および3発電所（波木井・富士川第一・富士川第二）の約29年間と佐野川発電所の約9年間における維持放流量の状況につきまして、国交省へご報告いたします。

2. 水力発電施設の概要

今回の調査は、許可を受けた下記の5発電所を対象としました。

2022年9月現在

対象施設	運転開始年月	発電出力	許可取水量	河川維持流量 (月/日)
波木井発電所	1939 (昭和14) 年2月	21,900kW	30.00m ³ /s	灌漑期 : 1.40m ³ /s (4/1~ 9/30) 維持放流開始年月 非灌漑期 : 1.00m ³ /s (10/1~ 3/31) 1993 (平成 5) 年1月~
富士川第一発電所	1941 (昭和16) 年5月	42,000kW	66.00m ³ /s	灌漑期 : 5.00m ³ /s (3/16~9/30) 維持放流開始年月 非灌漑期 : 3.00m ³ /s (10/1~ 3/15) 1992 (平成 4) 年8月~
富士川第二発電所	1943 (昭和18) 年4月	49,500kW	75.00m ³ /s	灌漑期 : 5.00m ³ /s (3/16~9/30) 維持放流開始年月 非灌漑期 : 3.00m ³ /s (10/1~ 3/15) 1992 (平成 4) 年8月~
佐野川発電所	1945 (昭和20) 年7月	5,800kW	4.70m ³ /s	0.057m ³ /s (通年) 維持放流開始年月 2012 (平成24) 年6月~
角瀬発電所	1967 (昭和42) 年2月	13,000kW	12.00m ³ /s	放流義務なし



3. 取水量の調査報告

3.1. 調査方法

3.1.1. 水路式発電所(波木井発電所、富士川第一発電所、富士川第二発電所)

(1) 調査範囲

題記の3発電所につきましては、下記の対象期間にて調査しました。

1987(昭和62)年1月1日～2021(令和3)年12月31日(12,784日)

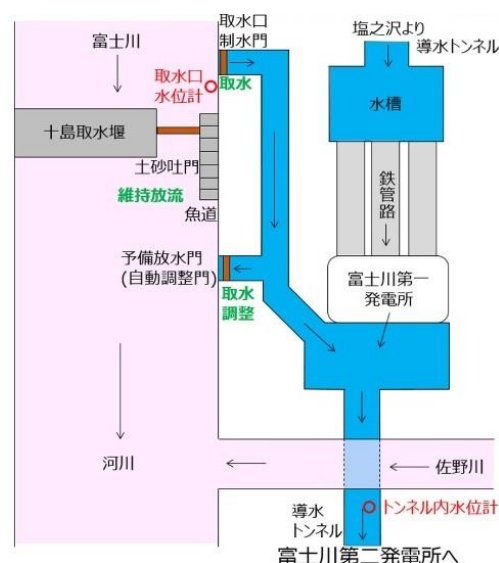
(2) 取水施設および取水量の管理

各発電所は、上流の発電所で使用した水と、河川に設置された取水堰から取水した水が合流して導水トンネル内に流れ込み、発電所まで送水しています。

取水量は各取水堰からの取水と、上流の発電所からの放水の合算により求められます。取水堰および上流の発電所から取水し合流した後の導水トンネル内水位を水位計により計測し、水位-流量の換算表にて取水量を把握しています。

取水量は取水口の制水門、及び自動調整門を操作し調整します。余剰な取水があった場合は、自動調整門を制御して余剰水を放流し取水超過を防止します。

(例) 富士川第二発電所 取水概要図



取水量の記録は1時間ごとに、2019(令和元)年5月までは送水日誌に記載し、2019(令和元)年6月以降はデータベースに入力しています。このデータベースから「日平均取水量」を算出します。この「日平均取水量」を用いて、取水量月報を作成し担当部署の上長が確認を行い、国交省へ提出しております。

(3) 調査の方法

取水量は導水トンネル内の観測流量、観測水位により算出したH-Q換算式に基づき、観測水位の記録より検証します。計算に必要な水位データは、1987(昭和62)年以前より工業用記録計のチャート記録紙に記録していましたが、2007(平成19)年4月の取水管理の自動化に伴い、PCに取り込みデータを記録しています。このため、調査対象物は現存する自記記録(①チャート記録紙、②PC記録データ)の2つがありますが、水位記録が残っていない期間については、発生電力量の記録(③電力量記録データ)より取水量を推算します。それぞれの調査方法は以下のとおりです。

① チャート記録紙

導水トンネル内水位を現存するチャート記録紙から目視で読み取り、その値からそれぞれの発電所ごとの水位と取水量の関係を基にあらかじめ作成しておいた換算表により取水量を求めます。

チャート記録紙： 導水トンネル内水位、取水口水位、ゲート開度等を連続的に紙へ打点した記録

導水トンネル内水位： 複数の取水が合流した、下記の場所における導水トンネル内の水位

(波木井発電所：東電放水と樽坪堰取水の合流後)

(富士川第一発電所：波木井堰取水、塩之沢堰取水、波木井発電所放水の合流後)

(富士川第二発電所：富士川第一発電所放水と十島堰取水の合流後)

換算表： 導水トンネル内水位から取水量を求める換算表

- ・チャート記録紙で 1 時間毎の平均水位を、読み取り用の専用治具などを用いて目視で読み取り、24 時間分の水位の情報を記録しました。なお、チャート記録紙の欠落により、1 日分 (24 時間) に満たない日については、その時間分を記録しました。(資料 1：各発電所 チャート記録紙、読み取り用の専用治具を参照)
- ・各発電所の取水量は、換算表から求めます。(資料 2：各発電所 換算表を参照)・1 時間毎の平均水位から換算表を使用して 1 時間毎の取水量を算定しました。これを日単位で合計し 1 日分の取水量としました。
- ・1 日分の取水量から 1 日分の許可取水量 (1 日であれば (許可取水量 m^3/s) $\times 60$ 秒 $\times 60$ 分 $\times 24$ 時間、時間分であれば、その時間分) を減じて差分を算出しました。
- ・差分が正となる日を超過日としました。
- ・超過日の超過量を合計し超過総量としました。

② PC 記録データ

自動でシステムへ取り込まれた水位からシステム内の換算テーブルで取水量を求めます。

システム内の換算テーブル：

システム内に取り込んだ導水トンネル入口水位から取水量を求めるテーブル

波木井発電所は 2 つの換算テーブルを使用

換算テーブルB(換算表Bと同値) 2007(平成 19)年 4 月 26 日～2019(令和元)年 7 月 1 日

(2017(平成 29)年 11 月 1 日～2019(平成 31)年 3 月 31 日は大規模改修工事による停止期間)

換算テーブルC 2019(令和元)年 7 月 2 日～現在

富士川第一発電所と富士川第二発電所はそれぞれ 1 つの換算テーブルを使用

- ・調査対象期間のうち、同期間で現存する全ての PC 記録データを対象に調査を実施しました。
- ・PC 記録データには 1 分単位で平均水位が記録されていることから、これらを平均した 1 時間毎の平均水位を算出し、算出した平均水位から 1 時間毎の取水量を換算表により求めました。

- ・1時間毎の取水量を合計した1日分の取水量から1日分の許可取水量（1日であれば（許可取水量 m^3/s ） $\times 60$ 秒 $\times 60$ 分 $\times 24$ 時間、時間分であれば、その時間分）を減じて差分を算出し、正となる日を超過日としました。
- ・超過日の超過量を合計し超過総量としました。

③ 電力量記録データ

調査対象期間のうち、自記記録（①チャート記録紙および②PC記録データ）が現存しない日については、電力量記録データにある電力量をもとに取水量を推算しました。

電力量： 発電所で発生する電力(kW)の総量(kWh)

- ・電力量記録データによる推算の取水量は発生電力量から換算式に基づき求めます。この換算式は、発電所の1日分の電力量を24時間で除した平均の電力(kW:小数点無し)を、重力加速度 (m/s^2 : 小数点第二位) と有効落差 (m: 小数点第一位) と総合効率 (%: 小数点第一位) で除する事で取水量を求める式です。(P-Q換算式)
- ・有効落差と総合効率は、水車効率試験記録またはメーカーの保証効率資料の値を用いました。また、実態に近い取水量にするために、チャート記録紙で確認した許可取水量付近で運転している期間の取水量と、それと同時期のP-Q換算式で推算した取水量とを照合し、取水量の最大値と発生電力量の最大値付近で相関が取れるように有効落差もしくは総合効率を補正する係数を定めてP-Q換算式により取水量の推算値を算出しました。

3.1.2. ダム水路式(佐野川発電所、角瀬発電所)

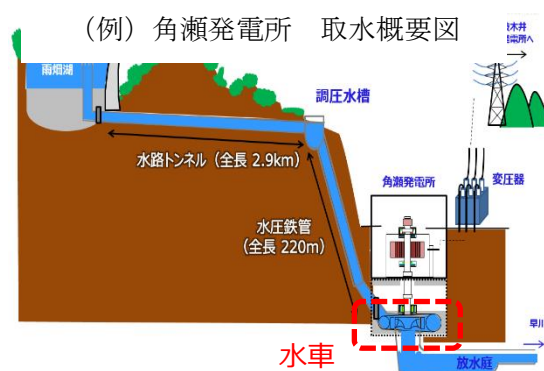
(1) 調査範囲

題記2つの発電所につきましては、下記の対象期間にて調査しました。

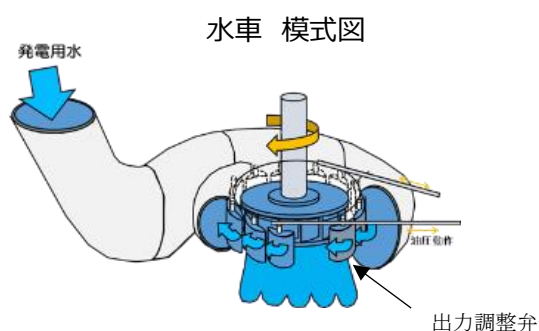
1987(昭和62)年1月1日～2021(令和3)年12月31日(12,784日)

(2) 取水施設および取水量の管理

ダムのある各発電所では、貯水池の水面の下にある取水口から導水トンネル内に水を満たしたまま発電所へ送水し、発電しています。満たされた水で水位が変化しないことから、導水トンネル内水位計による取水量の計測ができません。このため、ダム水位と発電所で発生した発電出力より、理論式で求めます。この出力ー流量の関係を換算表にしてダム監視員は取水量を把握しています。



発電担当者は水車に付随する出力調整弁を操作して水車へ取り込む水を調整し、出力を一定にします。ダム水位が低下した際は発電出力が低下するので、出力を維持する様、出力調整弁を開きます。この結果、取水量が増加します。こうした際に、取水超過を起こさないよう、ダムの監視員はダム水位を常に監視し、発電担当者は許可取水量を超えない範囲で発電することによって、取水超過を防止します。



取水量の記録は1時間ごとに、2019(令和元)年5月まではダム日誌に記載し、2019(令和元)年6月以降はデータベースに入力しています。このデータベースから「日平均取水量」を算出します。この「日平均取水量」を用いて、取水量年報を作成し担当部署の上長が確認を行い、国交省へ提出しております。

(3) 調査の方法

ダムについては自記記録(チャート記録紙)に不備^{*}があることから、調査対象物はダム日誌と水量日誌としました。

※佐野川発電所はチャート記録紙の欠落があり活用できず。角瀬発電所は自記記録は保管していない。

ダム日誌:1時間毎にダム水位と発電出力と平均取水量を確認し、その値を記載したもの

水量日誌:1時間毎にダム水位と発電出力と平均取水量を確認し、その値を入力したデータベース

調査方法は、以下のとおりです。

ダム水位は、監視員が操作盤の表示画面から1時間ごとに平均となる値をダム日誌に記載します。2019年5月までは発電出力の値を発電担当者から電話で聞きダム日誌に記載、2019年6月以降はダム水位の値は監視員、発電出力の値は発電担当者がデータベースへ入力し、水量日誌に反映します。

ダム日誌については、対象日の日時・ダム水位・発電出力の情報を電子化しました。電子化されたダム日誌・水量日誌の値から、それぞれの発電所に応じた換算表に基づき取水量を求めます。

- ・ダム日誌に記載された1時間毎のダム水位・発電出力を読み取り、24時間分のダム水位の情報を記録しました。
- ・取水量は、ダム水位・発電出力から換算表に基づき求められます。この換算表は水位(m:小数点第二位)・発電出力(kW:小数点無し)に対して、取水量(m³/s:小数点第二位)を示したものです。
(資料2:各発電所 換算表を参照)
- ・1時間毎のダム水位と発電出力から換算表を使用して1時間毎の取水量を算定しました。これを日単位で合計し1日分の取水量としました。

- 1日分の取水量から1日分の許可取水量（1日であれば（許可取水量 m^3/s ） $\times 60$ 秒 $\times 60$ 分 $\times 24$ 時間、時間分であれば、その時間分）を減じて差分を算出しました。
- 差分が正となる日を超過日としました。
- 超過日の超過量を合計し超過総量としました。

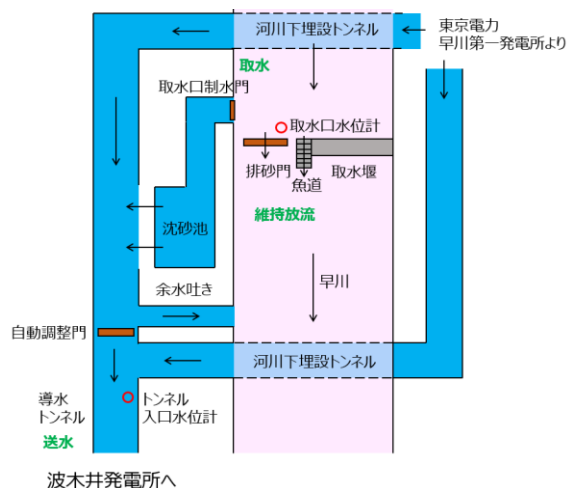
3.2. 調査結果

3.2.1. 波木井発電所

波木井発電所の取水量 (30.00 m³/s) は、東京電力リニューアブルパワー(株)早川第一発電所 (以下、東電) からの取水と、樽坪堰での早川からの取水の合算により求められます。合流した後の導水トンネル入口の水位に対し、水位計により水位を計測し水位×流量の換算表にて取水量を把握しています。(資料2：各発電所 換算表を参照)

取水量は取水口の制水門、及び自動調整門を操作し調整します。沈砂池に余剰な取水があった場合は、自動調整門を制御して余剰水を放流し取水超過を防止します。

波木井発電所 取水概要図



(1) 調査結果

期間：1987 (昭和 62) 年 1 月 1 日～2021 (令和 3) 年 12 月 31 日 (12,784 日)

期間	調査対象期間	調査対象日 ※1	超過日数	超過日の許可取水量 総量	超過日の取水総量	超過総量	取水許可量	超過
	日数	日数	日数	千m ³	千m ³	千m ³	m ³ /s	m ³ /s
1987/01/01～ 2021/12/31	12,784	12,239	1,422 [0]	3,684,420 [0]	3,713,085 [0]	28,665 [0]	30.00	0.23 [0.00]

※1 取水していない大規模改修工事 (2017/11/1～2019/2/28)、水路点検の545日は調査対象日から除く
[] は、取水量に係る観測生データを保存していなかった期間について計算で求めた推算値

① チャート記録紙

1987 (昭和 62) 年 1 月 1 日～2009 (平成 21) 年 2 月 7 日 (8,074 日)

調査対象期間 8,074 日のうち、取水をしていない工事 54 日を除いた日に対して現存するチャート記録紙 6,591 日を確認し、許可取水量を超える日が、1,422 日確認されました。この 1,422 日についての超過総量は 28,665 千m³となりました。これは許可取水量を超過していた日で平均すると、許可取水量の 30.00 m³/s に対し、28,665 千m³÷(1,422 日×86,400 秒/日) = 0.23 m³/s の超過となりました。

その他の日については目視によるチャート記録紙の確認で、導水トンネル入口水位が規定値を下回っており、許可取水量を超える日はありませんでした。

② PC記録データ

2009 (平成 21) 年 2 月 8 日～2021 (令和 3) 年 12 月 31 日 (4,710 日)

調査対象期間 4,710 日のうち、取水をしていない工事 491 日を除いた日に対して、現存するPC記録データ 3,707 日について調査を行いました。その結果、許可取水量を超える日はありませんでした。

③ 電力量記録データ

1987（昭和 62）年 1 月 1 日～2021（令和 3）年 12 月 31 日（12,784 日）

調査対象期間 12,784 日のうち、①チャート記録紙と②P C 記録データで確認した日以外の*1,941 日について調査を行いました。その結果、許可取水量を超える日はありませんでした。

*1.941 日（チャート記録紙未確認 8,074-54-6591=1,429 日，P C 記録データ未確認 4,710-491-3,707=512 日）

以上の結果から、調査対象期間 12,784 日のうち許可取水量を超える日が、1,422 日確認されました。この 1,422 日についての超過総量は 28,665 千 m^3 となりました。これは取水超過を行った日で平均すると、許可取水量の 30.00 m^3/s に対し、28,665 千 $\text{m}^3 \div (1,422 \text{ 日} \times 86,400 \text{ 秒/日}) = 0.23 \text{ m}^3/\text{s}$ の超過となりました。

なお、調査期間全てを対象とした①チャート記録紙、②P C 記録データ、③電力量記録データによる検証の結果、2004（平成 16）年 10 月 20 日以降は、取水超過は発生しておりませんでした。

(2) 原因の推測

超過の原因について、OB を中心とした関係者（管理職 4 名、監視員 6 名、発電担当員 3 名）を対象にヒアリングを行い、当時の波木井発電所の取水を担当する監視員と発電を担当する発電担当員の職場の状況や運用状況を確認しました。

制御方法に関し確認できた事項

- ・ 取水は導水トンネル入口水位計の水位を計測し、2007（平成 19）年 4 月までは自動調整門を下限 3.37m（29.71 m^3/s ）～上限 3.42m（30.29 m^3/s ）の間でゲート制御を行っておりました。
- ・ 自動制御中であっても許可取水量（水位 3.40m（30.00 m^3/s ））を下回る時には、監視員が自動調整門のゲート操作を自動から手動に切り替え、水位 3.40m（30.00 m^3/s ）を下回らない程度に自動調整門を上げて流量を調整し、その後に手動から自動制御に戻す、といった操作をすることもありました。
- ・ 取水口前で行う定期整備の後、早期に取水を復帰させたい事からゲート制御を自動から手動に切り替えて一時的に許可取水量を越えて取水しておりました。こうした状態が終日にわたる場合がありました。

以上のとおり、導水トンネル入口水位が許可取水量を下回らない運用をしていたことがあったことから、その間は取水超過を発生させてしまいました。

記録方法に関し確認できた事項

・換算表の読み方については、換算表の最大数値（30.00 m³/s）まで記載された当時の換算表にて、許可取水量（30.00 m³/s）より低い値に印があったとの証言があり、これを超える水位については満水（=30.00 m³/s）と認識していた事がわかりました。

・このヒアリングを受け、送水日誌に 30.00 m³/s と記載されていた時間について該当するチャート記録紙を確認したところ、29.52 m³/s 以上を 30.00 m³/s と記載していたことがわかりました。このため、監視員は水位 3.35m（29.52 m³/s）付近から満水（=30.00 m³/s）と認識していたものと推測いたします。

以上のとおり、取水量報告書に正しい取水状況を記載していない場合があります。

・換算表についても、数値を変更した事例も確認されました。1973（昭和 48）年から使用された換算表 A は、流量の実測により導水トンネル入口水位 3.40m の取水量を、29.70 m³/s と定め運用しておりました。

しかし、2001（平成 13）年からは換算表 A を見直し、導水トンネル入口水位 3.40m で取水量を 30.00 m³/s に変更した換算表 B に改定し運用しておりました。

なお、この換算表 B は、取水管理の自動化が行われた 2007（平成 19）年 4 月 26 日以降もシステム内で換算テーブル B として使用しておりましたが、大規模改修工事前の 2017（平成 29）年 10 月に流量を実測したところ、導水路の通水能力が低下しており、導水トンネル入口水位 3.40m の取水量は 27.17 m³/s しか流れておらず、換算データ B は実態を正しく示していない状態となっておりました。

この導水路の通水能力の低下は、1973（昭和 48）年の流量の実測以降に実施された導水路の内巻補強工事（1995（平成 7）年から 2007（平成 19）年にわたる 7 回の工事）により導水路の内側を部分的に補修したことから導水路径が狭まり不連続となったことで、導水路内で抵抗となり水が流れにくくなっていたと考えます。

2017（平成 29）年 11 月以降の大規模改修工事後には実態に合うように再度流量の実測を行い、システム内の換算表を更新し、換算テーブル C として 2019（平成 31）年から現在まで使用しております。

管理体制に関し確認できた事項

・当時の波木井発電所では“取水は許可水量を取り切るようにする慣習があった”ことを確認しました。このような事から、一時的に取水量を越えてしまった場合があったと推察しました。

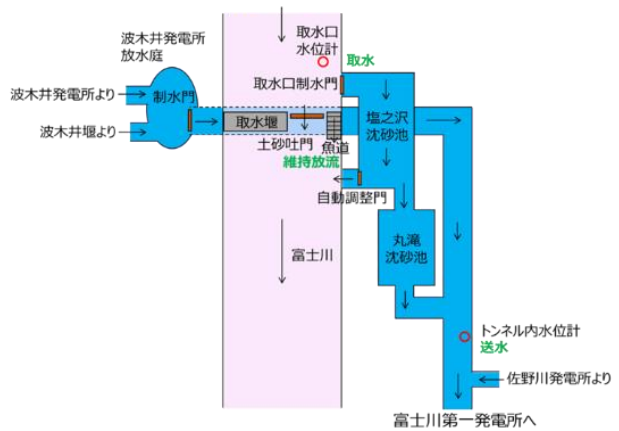
(3) 現在の状況

2005（平成17）年4月からシステム改造（チャート記録紙の廃止とPCでの水位の監視と記録、より細かな水量変化に対応できる制御機器の導入、PC導入による1分間隔のデータ記録保管、ゲート制御範囲の見直し等による、取水量制御の適正化と取水量の自動算出）に着手し、2007（平成19）年4月に取水管理の自動化を完了いたしました。これ以降、水位の読み取りと取水量への換算をシステムで行うこととなり、人による判断がなくなり、取水量を超過する日もなくなりました。

3.2.2. 富士川第一発電所

富士川第一発電所の取水量 (66.00 m³/s) は、塩之沢堰と波木井堰と波木井発電所からの取水と、佐野川発電所 (第四取水口) からの取水の合算により求められます。また、塩之沢堰、波木井堰、および波木井発電所から取水については、合算で61.30 m³/sとなるよう管理しており、導水トンネル内水位を水位計により計測し、水位-流量の換算表にて取水量を把握しています。取水量は取水口の制水門、及び自動調整門を操作し調整します。沈砂池に余剰な取水があった場合は、自動調整門を制御し、取水超過を防止します。

富士川第一発電所 取水概要図



(1) 調査結果

期間：1987 (昭和 62) 年 1 月 1 日～2021 (令和 3) 年 12 月 31 日 (12,784 日)

期間	調査対象期間	調査対象日 ※1	超過日数	超過日の許可取水量 総量	超過日の取水総量	超過総量	取水許容量	超過
	日数	日数	日数	千m ³	千m ³	千m ³	m ³ /s	m ³ /s
1987/01/01～ 2021/12/31	12,784	12,767	2,929 [129]	15,485,778 [683,225]	15,645,981 [687,402]	160,203 [4,177]	61.30	0.63 [0.37]

※1 取水していない水路点検の17日は調査対象日から除く

[] は、取水量に係る観測生データを保存していなかった期間について計算で求めた推算値

① チャート記録紙

1987 (昭和 62) 年 1 月 1 日～2009 (平成 21) 年 9 月 2 日 (8,281 日)

調査対象期間 8,281 日のうち、取水をしていない工事 11 日を除いた日に対して現存するチャート記録紙 6,417 日を確認し、第四取水口手前の水位計での最大取水量 61.30 m³/s を超える日が、2,929 日確認されました。この 2,929 日についての超過総量は 160,203 千m³となりました。これは取水超過があった日で平均すると、第四取水口手前の水位計での最大取水量 61.30 m³/s に対し、160,203 千m³ ÷ (2,929 日 × 86,400 秒/日) = 0.63 m³/s の超過となりました。

その他の日については目視によるチャート記録紙の確認で、導水トンネル内水位が規定値を下回っており、許可取水量を超える日はありませんでした。

② PC記録データ

2009 (平成 21) 年 9 月 3 日～2021 (令和 3) 年 12 月 31 日 (4,503 日)

調査対象期間 4,503 日のうち、取水をしていない工事 6 日を除いた日に対して、現存する PC 記録データ 3,614 日について調査を行いました。その結果、第四取水口手前の水位計での最大取水量 61.30 m³/s を超える日はありませんでした。

なお、①チャート記録紙、②P C記録データによる検証の結果、2004(平成16)年12月31日以降は、超過取水は発生しておりませんでした。

③ 電力量記録データ

1987(昭和62)年1月1日～2021(令和3)年12月31日(12,784日)

調査対象期間12,784日のうち、①チャート記録紙と②P C記録データで確認した日以外の*2,736日(について調査を行いました。その結果、第四取水口手前の水位計での最大取水量 $61.30 \text{ m}^3/\text{s}$ を超える日が、129日確認されました。この129日(超過確認最終月:2007(平成19)年1月)についての超過総量は $4,177 \text{ 千m}^3$ となりました。これは許可取水量を超過していた日で平均すると、第四取水口手前の水位計での最大取水量 $61.30 \text{ m}^3/\text{s}$ に対し、 $4,177 \text{ 千m}^3 \div (129 \text{ 日} \times 86,400 \text{ 秒/日}) = 0.37 \text{ m}^3/\text{s}$ の超過となりました。なお、電力用記録データでの結果は自記記録から求めた算出値ではないため、推算によるものです。

*2,736日(チャート記録紙未確認8,281-11-6,417=1,853日、P C記録データ未確認4,503-3,614-6=883日)

以上の結果から、調査対象期間12,784日のうち許可取水量を超える日が3,058日確認されました。この3,058日についての超過総量は $164,380 \text{ 千m}^3$ となりました。これは許可取水量を超過していた日で平均すると、許可取水量の合計値($66.00 \text{ m}^3/\text{s}$)から第四取水口の許可取水量($4.70 \text{ m}^3/\text{s}$)を減じた値($61.30 \text{ m}^3/\text{s}$)に対し、 $164,380 \text{ 千m}^3 \div (3,058 \text{ 日} \times 86,400 \text{ 秒/日}) = 0.62 \text{ m}^3/\text{s}$ の超過となりました。

なお、調査期間全てを対象とした①チャート記録紙、②P C記録データ、③電力量記録データによる検証の結果、2007(平成19)年2月以降は、取水超過は発生しておりませんでした。

(2) 原因の推測

超過の原因について、OBを中心とした関係者(管理職4名、監視員6名、発電担当員3名)を対象にヒアリングを行い、当時の富士川第一発電所の取水を担当する監視員と発電を担当する発電担当員の職場の状況や運用状況を確認しました。

制御方法に関し確認できた事項

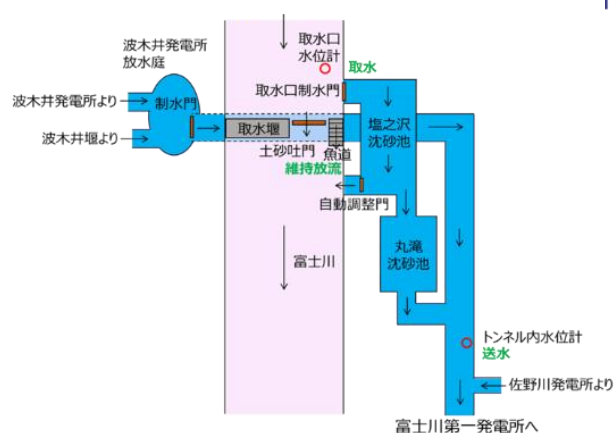
- ・富士川第一発電所の取水は、波木井発電所放水、波木井堰取水、塩之沢堰取水および第四取水口の取水の合算となります。特に塩之沢堰での取水は波木井発電所放水と波木井堰取水後の水に合流することから、合流地点では大きく水位が変化し、水位の計測が困難です。このため合流地点よりさらに下流の水位変化が少ない導水トンネル内の水位計で、流量を観測しています。ところが観測地点と制御地点が離れていることから、自動制御による流量制御が安定しない場合があり、それを補うため手動操作を行うこともありました。

- ・富士川第一発電所の取水は、2007年4月までは制御範囲が許可取水量の合計値（66.00 m³/s）から第四取水口の許可取水量（4.70 m³/s）を減じた値（61.30 m³/s）を上回る水位 4.83m（61.71 m³/s）から水位 4.88m（62.24 m³/s）で自動制御しておりました。

- ・自動制御中であっても許可取水量の合計値（66.00 m³/s）から第四取水口の許可取水量（4.70 m³/s）を減じた値（61.30 m³/s）を下回る時には、監視員が自動調整門のゲート操作を自動から手動に切り替え、水位 4.80m（61.30 m³/s）を下回らない程度に自動調整門を下げ、流量を調整し、その後、手動から自動制御に戻し取水を続ける操作をしていた事もありました。

以上のとおり、取水口水位が、許可取水量の合計値から第四取水口の許可取水量を減じた値（61.30 m³/s）を上回る運用をしていたことがあったことから、その間は取水超過を発生させてしまいました。

富士川第一発電所 取水概要図



記録方法に関し確認できた事項

- ・換算表の読み方については、換算表の最大数値（61.30 m³/s）まで記載された当時の換算表にて、許可取水量の合計値（66.00 m³/s）から第四取水口の許可取水量（4.70 m³/s）を減じた値（61.30 m³/s）より低い値に印があったとの証言があり、これを超える水位については満水（=61.30 m³/s）と認識していた事がわかりました。
- ・このヒアリングを受け、送水日誌に 61.30 m³/s と記載されていた時間について該当するチャート記録紙を確認したところ、60.92 m³/s 以上を 61.30 m³/s と記載していたことがわかりました。このため、監視員は 60.92 m³/s（水位 4.76m）付近から満水（=61.30 m³/s）と認識していたものと推測いたします。

以上のとおり、取水量報告書に正しい取水状況を記載していない場合があります。

管理体制に関し確認できた事項

- ・当時の富士川第一発電所では“取水は許可取水量の合計値（66.00 m³/s）から第四取水口の許可取水量（4.70 m³/s）を減じた取水量（61.30 m³/s）を取り切るようにする

慣習”を確認しました。このような事から、取水量を越えてしまった場合があったと推察しました。

(3) 現在の状況

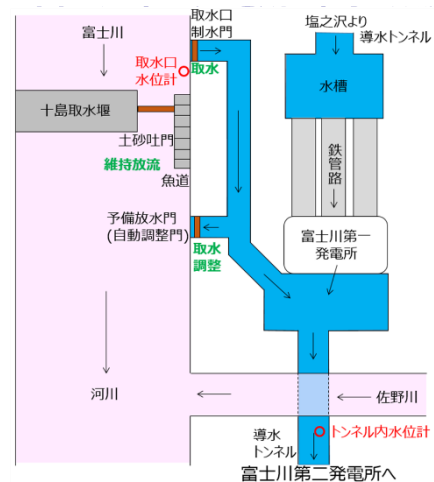
2005（平成17）年4月からシステム改造（チャート記録紙の廃止とPCでの水位の監視と記録、より細かな水量変化に対応できる制御機器の導入、PC導入による1分間隔のデータ記録保管、ゲート制御範囲の見直し等による、取水量制御の適正化と取水量の自動算出）に着手し、2007（平成19）年4月に取水管理の自動化を完了いたしました。これ以降、水位の読み取りと取水量への換算をシステムで行うこととなり、人による判断がなくなり、取水量を超過する日もなくなりました。

3.2.3. 富士川第二発電所

富士川第二発電所の取水量（75.00 m³/s）は、十島堰からの取水と、富士川第一発電所からの放水の合算により求められます。

十島堰および富士川第一発電所から取水し合流した後の導水トンネル内水位を水位計により計測し、水位－流量の換算表にて取水量を把握しています。十島堰からの取水量は取水口の制水門、及び自動調整門を操作し取水量を調整します。余剰な取水があった場合は、自動調整門を制御して余剰水を放流し取水超過を防止します。

富士川第二発電所 取水概要図



(1) 調査結果

期間：1987（昭和62）年1月1日～2021（令和3）年12月31日（12,784日）

期間	調査対象期間	調査対象日 ※1	超過日数	超過日の許可取水量 総量	超過日の取水総量	超過総量	取水許容量	超過
	日数	日数		千m ³	千m ³			
1987/01/01～ 2021/12/31	12,784	12,768	19 [150]	123,120 [972,000]	123,539 [975,962]	419 [3,962]	75.00	0.26 [0.31]

※1 取水していない水路点検の16日は調査対象日から除く

[] は、取水量に係る観測生データを保存していなかった期間について計算で求めた推算値

① チャート記録紙

1987（昭和62）年1月1日～2009（平成21）年9月2日（8,281日）

調査対象期間8,281日のうち、取水をしていない工事10日を除いた日に対して現存するチャート記録紙4,447日を確認し、その結果、許可取水量を超える日が、19日確認されました。この19日についての超過総量は419千m³となりました。これは許可取水量を超過していた日で平均すると、許可取水量の75.00 m³/sに対し、419千m³÷（19日×86,400秒/日）＝0.26 m³/sの超過となりました。

その他の日については目視によるチャート記録紙の確認で、導水トンネル内水位が規定値を下回っており、許可取水量を超える日はありませんでした。

② PC記録データ

2009（平成21）年9月3日～2021（令和3）年12月31日（4,503日）

調査対象期間4,503日のうち、取水をしていない工事6日を除いた日に対して、現存するPC記録データ3,615日について調査を行いました。その結果、許可取水量を超える日はありませんでした。

なお、①チャート記録紙、②PC記録データによる検証の結果、2001（平成13）年10月11日以降は、超過取水は発生してありませんでした。

③ 電力量記録データ

1987（昭和62）年1月1日～2021（令和3）年12月31日（12,784日）

調査対象期間 12,784 日のうち、①チャート記録紙と②PC記録データで確認した日以外の*4,706 日について調査を行いました。その結果、許可取水量を超える日が 150 日（超過確認最終月：2006（平成18）年8月）確認されました。この 150 日についての超過総量は 3,962 千 m^3 となりました。これは許可取水量を超過していた日で平均すると、許可取水量の 75.00 m^3/s に対し、 $3,962 \text{ 千}\text{m}^3 \div (150 \text{ 日} \times 86,400 \text{ 秒/日}) = 0.31 \text{ m}^3/\text{s}$ の超過となりました。なお、電力用記録データでの結果は自記記録から求めた算出値ではないため、推算によるものです。

*4,706 日（チャート記録紙未確認 8,281-10-4,447=3,824 日，PC記録データ未確認 4,503-6-3,615=882 日）

以上の結果から調査対象期間 12,784 日のうち、許可取水量を超える日が 169 日確認されました。この 169 日についての超過総量は 4,381 千 m^3 となりました。これは許可取水量を超過していた日で平均すると、許可取水量の 75.00 m^3/s に対し、 $4,381 \text{ 千}\text{m}^3 \div (169 \text{ 日} \times 86,400 \text{ 秒/日}) = 0.30 \text{ m}^3/\text{s}$ の超過となりました。

なお、調査期間全てを対象とした①チャート記録紙、②PC記録データ、③電力量記録データによる検証の結果、2006（平成18）年9月以降は、取水超過は発生していませんでした。

(2) 原因の推測

超過の原因について、OBを中心とした関係者（管理職4名、監視員6名、発電担当員3名）を対象にヒアリングを行い、当時の富士川第二発電所の取水を担当する監視員と発電を担当する発電担当員の職場の状況や運用状況を確認しました。

制御方法に関し確認できた事項

- ・取水量は、導水トンネル内水位計の水位を計測し、自動調整門を下限 5.45m（74.70 m^3/s ）から上限 5.51m（75.30 m^3/s ）の間でゲート制御を行っておりました。
- ・波木井発電所、富士川第一発電所では、自動制御中に許可取水量を下回る時には、手動でゲート操作を実施しておりましたが、富士川第二発電所ではそのような操作を行っていませんでした。

以上のとおり、取水口水位の制御を、許可取水量が中央値となる運用管理をしていたことがあったことから、その間は取水超過を発生させてしまいました。

記録方法に関し確認できた事項

- ・換算表の読み方については、換算表の最大数値（75.30 m^3/s ）まで記載された当時の換

算表にて、許可取水量（75.00 m³/s）より低い値に印があったとの証言があり、これを超える水位については満水（=75.00 m³/s）と認識していた事がわかりました。

- ・このヒアリングを受け、送水日誌に 75.00 m³/s と記載されていた時間について該当するチャート記録紙を確認したところ、74.50 m³/s 以上を 75.00 m³/s と記載していたことがわかりました。このため、監視員は 74.50 m³/s（水位 5.43m）付近から満水（=75.00 m³/s）と認識していたものと推測いたします。

以上のとおり、取水量報告書に正しい取水状況を記載していない場合があります。

管理体制に関し確認できた事項

- ・当時の富士川第二発電所では“取水は許可取水量付近であればいいとの認識があった”ことを確認しました。

(3) 現在の状況

2005（平成 17）年 4 月からシステム改造（チャート記録紙の廃止と PC での水位の監視と記録、より細かな水量変化に対応できる制御機器の導入、PC 導入による 1 分間隔のデータ記録保管、ゲート制御範囲の見直し等による、取水量制御の適正化と取水量の自動算出）に着手し、2007（平成 19）年 4 月に取水管理の自動化を完了いたしました。これ以降、水位の読み取りと取水量への換算をシステムで行うこととなり、人による判断がなくなり、取水量を超過する日もなくなりました。

3.2.4 佐野川発電所

佐野川発電所の取水量 (4.70 m³/s) は、柿元ダムに設置された取水口から取り入れた水をそのまま発電所へ送水し、発電機で発生した発電出力により求められます。

佐野川発電所 取水概要図



(1) 調査結果

期間：1987 (昭和 62) 年 1 月 1 日
～2021 (令和 3) 年 12 月 31 日 (12,784 日)

期間	調査対象期間	調査対象日 ※1	超過日数	超過日の許可 取水量総量	超過日の取水総量	超過総量	許可取水量	超過
	日数	日数	日数	千m ³	千m ³	千m ³	m ³ /s	m ³ /s
1987/01/01~ 2021/12/31	12,784	12,697	0 [3]	0 [1218]	0 [1276]	0 [58]	4.70	0 [0.22]

※1 取水していない修繕工事2005/5/9～2005/7/24)、水路点検の87日は調査対象日から除く
[] は、取水量に係る観測生データを保存していなかった期間について計算で求めた推算値

調査対象期間 12,784 日のうち、取水をしていない工事 87 日を除いた日に対して、ダム日誌を全て確認し、その中から特に許可取水量付近で取水をしていた 3 日について詳細に調査を行いました。その結果、許可取水量を超える日が 3 日確認されました。この超過総量は 58 千 m³ となりました。この量は許可取水量を超過していた日で平均すると、許可取水量の 4.70 m³/s に対し、58 千 m³ ÷ (3 日 × 86,400 秒/日) = 0.22 m³/s の超過となりました。なお、ダム日誌での結果は自記記録から求めた算出値ではないため、推算によるものです。

(2) 原因の推測

ダム水路式発電所で発電出力を一定に保つには、ダムの水位低下に対して取水量を増やす必要があります。許可取水量を超過した 3 日間のうち 2 日間について、ダム日誌を確認したところ、ダム水位が低い状態で運転していました。当時の換算表では許可取水量を越えた範囲まで表記されており、ダムの水位低下により取水量が超過したことを、ダム監視員が気づかなかったことが推察されます。

(資料 2：各発電所 換算表「佐野川発電所 換算表 許可取水量以上が記載された P-Q 換算表(1998 年 3 月 31 日以前)」を参照)

このことを受けて、1998 (平成 10) 年 4 月 1 日に、上記のダム水位と発電出力において、許可取水量以上を運用範囲外とした換算表に改定しました。しかし、この翌日に取水量の超過が発生しており、当時、ダム監視員への周知ができていなかったと推察されます。

(資料 2：各発電所 換算表「佐野川発電所 換算表 現在の P-Q 換算表(1998 年 4 月 1 日以降)」を参照)

(3) 現在の状況

ダム監視員と発電担当者の情報の共有化については、2019年6月以降はダム監視員と発電担当者のデータベースを共有し、発電担当者は発電出力を、ダム監視員はダム水位を1時間ごとに直接データベースに入力することとしました。これにより、ダム監視員と発電担当でダム水位と発電出力の情報を共有し、自動計算により取水量をお互いが把握できる体制を取り、取水量を誤りなく把握するようにしました。

3.2.5. 角瀬発電所

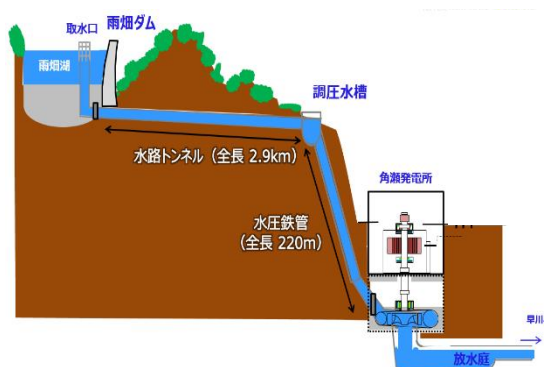
角瀬発電所の取水量 (12.00 m³/s) は、雨畑ダムに設置された取水口から取り入れた水をそのまま発電所へ送水し、発電機で発生した発電出力により求められます。

(1) 調査結果

期間：1987 (昭和 62) 年 1 月 1 日

～2021 (令和 3) 年 12 月 31 日 (12,784 日)

角瀬発電所 取水概要図



期間	調査対象期間	調査対象日 ※1	超過 日数
	日数	日数	日数
1987/01/01～ 2021/12/31	12,784	12,692	0 [0]

※1 取水していない修繕工事 (2010/5/7～2010/7/29)、水路点検の92日は調査対象日から除く

[] は、取水量に係る観測生データを保存していなかった期間について計算で求めた推算値

調査対象期間 12,784 日のうち、取水をしていない工事 92 日を除いた日に対して、発電所の運用で取水を停止した日や、最大の発電出力で運転しても取水量が許可取水量を上回らないダム水位であった日を除き、取水量が許可取水量付近で運転していた 387 日を対象に調査しました。

その結果、許可取水量を超える日はありませんでした。

4. 放流量の調査報告

4.1. 調査方法

4.1.1. 水路式発電所(波木井発電所、富士川第一発電所、富士川第二発電所)

(1) 調査範囲

題記3発電所につきましては、下記の対象期間にて調査しました。

波木井発電所：1993（平成5）年1月1日～2021（令和3）年12月31日（10,592日）

富士川第一発電所・富士川第二発電所：

1992（平成4）年8月20日～2021（令和3）年12月31日（10,726日）

(2) 放流施設および維持放流量の管理

各発電所の放流施設では、河川維持流量を魚道と土砂吐き（例）波木井発電所 放流概要図ゲートに分けて放流しております。なお、工事・点検等の都合により魚道もしくは土砂吐きゲートからの放流ができない場合は、取水堰の上部からの越流や、取水量調整に使用する余水吐きからの放流等により、相応の量を河川に放流いたします。

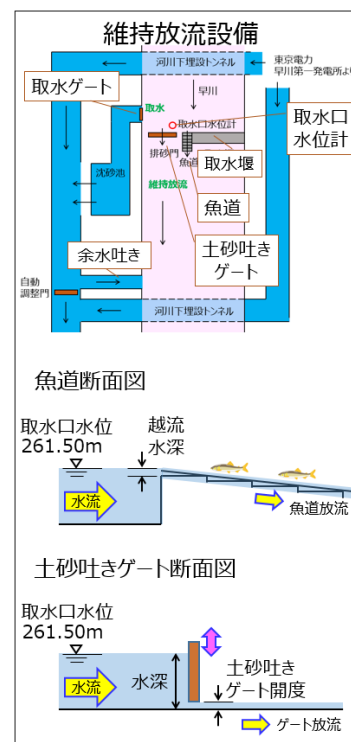
魚道からの放流は、魚道内に階段状に設置された隔壁の最上部分を河川水が越流することによって、魚道内を河川水が流下する構造です。具体的には、放流量を確保するためには、取水口水位を管理規程に定めた水位以上に維持します。この魚道からの放流量を、取水口水位から求めます。

土砂吐きゲートからの放流は、監視員が手動にて開閉操作を行うことで放流量を調整します。具体的には、放流量を確保するために、取水口水位を管理規程に定めた水位に維持した場合に、土砂吐きゲート開度を管理規程に定めた開度に維持します。この土砂吐きゲートからの放流量の算出を、土砂吐きゲートの開度と取水口水位により求めます。

なお、河川流量が少なくなった場合は、放流量を確保するために取水ゲートを操作して発電所への取水量を制限することで、取水口水位を維持します。

2019（令和元）年5月までは送水日誌に記載し、2019（令和元）年6月以降はデータベースに入力しています。この日々のデータを用いて放流記録月報を作成し、担当部署の上長が確認を行い、国交省へ提出しております。

今回の調査におきましては、このデータベースから「日平均放流量」を算出し検証を行いました。



(3) 調査の方法

維持放流量は、魚道と土砂吐きゲートからの放流量の合計から求められます。

魚道からの放流量の算出は、取水口水位から越流標高を引き隔壁を越流する水深を算出して、換算式から求めます。

(資料3：各発電所 魚道放流量計算を参照)

土砂吐きゲートからの放流量の算出は、土砂吐きゲートの開度と取水口水位により求められる土砂吐きゲート前面での水深から、換算式によって求めます。

(資料4：各発電所 土砂吐きゲート放流量計算を参照)

得られた魚道からの放流量と土砂吐きゲートからの放流量を合算し、1日24時間分の維持放流量を求め、それを平均して日平均の維持放流量を求めました。

調査対象物は、①チャート記録紙、②PC記録データ、③送水日誌の3つがあります。

それぞれの調査方法は以下のとおりです。

① チャート記録紙

- ・現存するチャート記録紙で1時間毎の平均水位および土砂吐きゲート開度を読み取り用の専用目盛などを用いて目視で読み取り、24時間分の平均水位および土砂吐きゲート開度の情報を記録しました。なお、チャート記録紙の欠落により1日分(24時間)に満たない日については、その時間分を記録しました。

(資料5：各発電所 チャート記録紙、読み取り用の専用目盛を参照)

- ・放流量は、この水位・開度情報から換算式に基づき求めました。この換算式は水位(m：小数点第二位)・土砂吐きゲート開度(m：小数点第三位)を基にして、魚道放流量(m^3/s ：小数点第二位)と土砂吐きゲート放流量(m^3/s ：小数点第二位)の合計を求めました。
- ・1時間毎の平均水位および土砂吐きゲート開度から換算式を使用して、1時間毎の放流量を算定しました。これを日単位で合計し、1日分の放流量としました。
- ・1日分の放流量から1日分の維持放流量(灌漑期における1日であれば、(維持放流量 m^3/s) $\times 60$ 秒 $\times 60$ 分 $\times 24$ 時間、時間分であれば、各々の時間分)を減じて差分を算出しました。
- ・差分が負となる日を、不足日としました。
- ・不足日の不足量を合計し不足総量としました。

② PC記録データ

- ・現存するPC記録データには1分単位で平均水位と土砂吐きゲート開度が記録されていることから、これをPC上のデータベースへ読み込み、1分毎の水位記録と土砂吐きゲート開度記録のデータベースAを作成しました。
- ・データベースAについて、1分毎から1時間毎に集約するデータベースBを作成しました。これにより、1時間の水位の平均値と土砂吐きゲート開度の平均値を算出しました。

- ・放流量は、この水位・開度情報から換算式に基づき求めます。この換算式は水位（m：小数点第二位）・土砂吐きゲート開度（m：小数点第三位）を基にして、魚道放流量（ m^3/s ：小数点第二位）と土砂吐きゲート放流量（ m^3/s ：小数点第二位）の合計を求めました。
- ・データベースBの1時間の平均水位および土砂吐きゲート開度から換算式を使用して、1時間毎の放流量のデータベースCを作成しました。
- ・データベースCを取り込み、時間単位から日単位に集約し、1日分の維持放流量から河川維持流量（灌漑期における1日であれば、維持放流量 $\text{m}^3/\text{s} \times 60 \text{ 秒} \times 60 \text{ 分} \times 24 \text{ 時間}$ 、時間分であれば、各々の時間分）を減じて差分を算出しました。
- ・差分が負となる日を、不足日としました。
- ・不足日の不足量を合計し不足総量としました。

③ 送水日誌

調査対象期間のうち、自記記録が現存しない日の中には、取水口水位はあるもののゲート開度が無いものと、取水口水位とゲート開度の両方が無いものがあります。この2つについては送水日誌に記載された取水口水位やゲート開度の情報を用いて、放流量を求めました。

取水口水位は、監視所のチャート記録紙・PC表示画面から1時間ごとに平均値、土砂吐きゲート開度は監視所の表示盤から1時間ごとに現在値（時間内にゲートを操作した際は平均値）を記載しています。

この送水日誌より、対象期間における日時・取水口水位・土砂吐きゲート開度の情報を電子化しました。この値を使って、換算式から魚道および土砂吐きゲートの合算した維持放流量を求めました。

1) ゲート開度の自記記録が無い維持放流量の求め方

- ・魚道放流量（ m^3/s ：小数点第二位）は、自記記録を読んで得られた取水口水位（m：小数点第二位）をもとに換算式で求めます。
- ・土砂吐きゲートからの放流量は、送水日誌に記載されたゲート開度（m：小数点第三位）を引用し、自記記録を読んで得られた取水口水位毎のゲート開度－流量の換算表を用いて推算しました。
- ・この値を使って、換算式から魚道放流量と土砂吐きゲート放流量（ m^3/s ：小数点第二位）の合算した維持放流量を求めました。

2) ゲート開度と取水口水位の両方の自記記録が無い維持放流量の求め方

- ・魚道放流量と土砂吐きゲート放流量は、送水日誌に記載された取水口水位（m：小数点第二位）とゲート開度を引用し、換算表を用いて推算しました。
- ・この値を使って、魚道および土砂吐きゲートの合算した維持放流量を求めました。

④ 工事等

工事・点検等の都合により魚道もしくは土砂吐きゲートからの放流ができない場合は、取水堰の上部からの越流や、取水量調整に使用する余水吐きからの放流を行っていたことを自記記録から確認します。

1) 取水堰の上部からの越流による維持放流量

工事・点検の際には取水堰の上部から越流させ代替放流する場合があります。

取水堰の堤体を越流する放流量 (m^3/s : 小数点第二位) は、自記記録による取水口水位から水位-流量の換算表により求めました。

2) 取水量調整に使用する余水吐きからの維持放流量

塩之沢堰においては、余水吐きから代替放流する場合があります。余水吐きからの放流量 (m^3/s : 小数点第二位) は、自記記録による余水吐きのゲート開度 (m : 小数点第二位) から、開度-流量の換算表により求めました。

自記記録のデータが残っていない場合は、当時の工事申請内容や工事の記録から、維持放流の方法を推測し、維持放流の状況を確認しました。

4.1.2. ダム水路式発電所(佐野川発電所)

(1) 調査範囲

角瀬発電所につきましては、河川法第 23 条の水利使用期間更新において維持放流量が設定されておられませんので、本調査の対象から除外しております。

佐野川発電所につきましては、下記の対象期間にて調査しました。

佐野川発電所：

2012 (平成 24) 年 6 月 30 日～2021 (令和 3) 年 12 月 31 日 (3,472 日)

(2) 放流施設および維持放流量の管理

佐野川発電所では、河川維持流量を放流開始日から 2015 (平成 27) 年 5 月 28 日 (以下、仮運用期間) までは、洪水吐きゲートおよび仮設の水中ポンプから放流していました。また、2015 (平成 27) 年 5 月 29 日以降 (以下、本運用期間) は維持放流設備を設置し、調整流量配管より放流しています。なお、工事等の都合により設備から放流できない場合は洪水吐きゲートにより相応の量を河川に放流しています。放流量は流量観測設備の水位より算出し、その記録を 1 日 1 回、2019 (令和元) 年 5 月まではダム日誌に記載し、2019 (令和元) 年 6 月以降はデータベースに入力しています。このデータベースから「日平均放流量」を算出します。この「日平均放流量」を用いて、「ダムからの放流量報告書」を作成し担当部署の上長が確認を行い、国交省へ提出しております。

(3) 調査の方法

維持放流量は、仮運用期間と本運用期間のいずれの場合も、ダムから放流した水がそれぞれの流量観測設備（堰と量水標）を通過する際の水位を1日1回の目視により計測し、水位－流量の換算表により流量を把握します。

（資料6：佐野川発電所 流量観測設備の流量計算を参照）

調査対象物は①柿元ダム維持放流量管理記録、②ダム日誌の2つがあります。それぞれの調査方法は以下のとおりです。

① 柿元ダム維持放流量管理記録

- ・柿元ダム維持放流量管理記録には、監視員が1日1回の現場巡視の際に流量観測設備（堰と量水標）の水位を目視で確認し、時刻と共にその数値を記載します。
- ・この管理記録より、対象期間における日時・水位の情報を電子化しました。この値を使って、換算表に基づき維持放流量を求めました。

② ダム日誌

調査対象期間のうち、柿元ダムで洪水警戒体制に入った際は維持放流設備からの放流を停止し、ダム操作規程に基づき洪水吐きゲートから放流をしている場合があります。これについては、ダム日誌（監視員が日々の運用状況を記したもの）に記載されたダム水位や洪水吐きゲートの開度情報から放流量を確認しました。

・ダム水位は、監視員が操作盤の表示画面から1時間ごとに平均となる値を記載しています。また、洪水吐きゲート開度は、監視員が操作盤の表示画面から1時間ごとに現在値（時間内にゲートを操作した際は平均値）を記載しています。

・ダム日誌には、対象日の日時・ダム水位・ゲート開度から換算表に基づく洪水吐きゲートからの放流量が記載されています。そのため、維持放流量の不足の有無を確認しました。

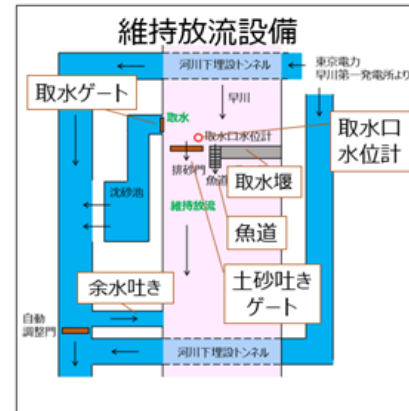
4.2. 調査結果

4.2.1. 波木井発電所

波木井発電所の樽坪堰では、1993（平成5）年1月1日に灌漑期（4月1日～9月30日）に1.40 m³/s、非灌漑期（10月1日～3月31日）に1.00 m³/sの河川維持流量が水利使用規則第4条第2項により設定されました。この河川維持流量を1993（平成5）年3月23日に承認された樽坪堰管理規程で制定し、魚道と土砂吐きゲートに分けて放流しております。

河川維持流量を確保するためには、取水口水位を標高261.50mに維持し、灌漑期は土砂吐きゲート開度を4.7cmとすることで、1.4 m³/s（魚道0.50 m³/s、土砂吐きゲート0.90 m³/s）の放流を行います。非灌漑期は土砂吐きゲート開度を2.7cmに維持にすることで1.0 m³/s（魚道0.50 m³/s、土砂吐きゲート0.50 m³/s）の放流を行います。これは、樽坪堰管理規程で定めた諸量です。

取水口水位が低下する場合は、取水口制水門を閉めて取水量を減らすことにより、取水口水位を維持し、放流量を確保します。また、取水口水位が上昇する場合は、土砂吐きゲートを開け放流量を増やします。



(1) 調査結果

調査対象期間：1993（平成5）年1月1日～2021（令和3）年12月31日（10,592日）

期間	調査対象期間	調査対象日 ※1	不足日数	不足日の規定放流量総量	不足日の放流量総量	不足総量	規定放流量	不足
	日数	日数		日数	千m ³	千m ³		
1993/01/01～ 2021/12/31	10,592	10,050	0 [123]	0 [13,563]	0 [13,344]	0 [219]	内訳は 下表参照	内訳は 下表参照
灌漑期 (4/01～9/30)	5,307	5,074	0 [88]	0 [10,539]	0 [10,402]	0 [137]	1.40	0.00 [0.02]
非灌漑期 (10/1～3/31)	5,285	4,976	0 [35]	0 [3,024]	0 [2,942]	0 [82]	1.00	0.00 [0.03]

※1 大規模改修工事や点検等のため取水せず、全量を放流している542日を除く
[] は、維持放流量に係る観測生データを保存しなかった期間について計算で求めた推算値

① チャート記録紙

1993（平成5）年1月1日～2009（平成21）年2月7日（5,882日）

調査対象期間5,882日のうち、取水をしていない工事51日を除いた日に対して、現存するチャート記録紙690日を確認し、その結果、維持放流量が不足する日はありませんでした。

② PC記録データ

2009（平成21）年2月8日～2021（令和3）年12月31日（4,710日）

調査対象期間4,710日のうち、取水をしていない工事491日を除いた日に対して、現存するPC記録データ2,352日について詳細に調査を行いました。その結果、維持放流量が不足する日はありませんでした。

③ 送水日誌

1993（平成5）年1月1日～2021（令和3）年12月31日（10,592日）

調査対象期間 10,592 日のうち、①チャート記録紙と②P C 記録データが現存せず自記記録で確認した日以外の*6,462 日について調査を行いました。その結果、維持放流量を不足する日が、合計で 123 日確認されました。この 123 日についての不足総量は 219 千 m^3 となりました。これは維持放流量が不足していた日で平均すると、灌漑期の河川維持流量 1.40 m^3/s に対し、 $137 \text{ 千}\text{m}^3 \div (88 \text{ 日} \times 86,400 \text{ 秒/日}) = 0.02 \text{ m}^3/\text{s}$ 、非灌漑期の河川維持流量 1.00 m^3/s に対し、 $82 \text{ 千}\text{m}^3 \div (35 \text{ 日} \times 86,400 \text{ 秒/日}) = 0.03 \text{ m}^3/\text{s}$ の不足となりました。なお、送水日誌での結果は自記記録から求めた算出値ではないため、推算によるものです。

④ 工事等

1993（平成5）年1月1日～2021（令和3）年12月31日（10,592日）

調査対象期間 10,592 日のうち、送水日誌や工事記録から魚道と土砂吐きゲートからの維持放流が不足していた 546 日（①チャート記録紙 520 日、②P C 記録データ 26 日）を確認しました。これらにつきましては、全て取水量調整に使用する余水吐きから河川維持流量以上の維持放流を行っていたと認識しておりますが、放流の方法は推定できるものの記録がなく、放流量を確認する事ができませんでした。

⑤ 不明について

工事を行った日で放流の方法は推定できるものの、放流量を確認する事ができない日が 546 日ありました。

*6,462 日（チャート記録紙未確認 5,882-51-690-520=4,621 日、P C 記録データ未確認 4,710-491-2,352-26=1,841 日）

以上の結果から、調査対象期間 10,592 日のうち維持放流量を不足する日が、123 日確認されました。この、123 日についての不足総量は 219 千 m^3 となりました。これは維持放流量が不足していた日で平均すると、灌漑期の河川維持流量 1.40 m^3/s に対し、 $137 \text{ 千}\text{m}^3 \div (88 \text{ 日} \times 86,400 \text{ 秒/日}) = 0.02 \text{ m}^3/\text{s}$ 、非灌漑期の河川維持流量 1.00 m^3/s に対し、 $82 \text{ 千}\text{m}^3 \div (35 \text{ 日} \times 86,400 \text{ 秒/日}) = 0.03 \text{ m}^3/\text{s}$ の不足となりました。

なお、維持放流量の不足は 2003（平成 15）年 10 月以降は発生しておりませんでした。

(2) 原因の推測

運用・管理に関し確認できた事項

不足の原因について、OBを中心とした関係者（管理職 3 名、監視員 7 名）を対象にヒアリングを行い、当時の波木井発電所の放流を担当する監視員の職場の状況や運用状況を確認しました。

当時、取水口水位を一定にする運用は、管理規程に定めた水位（261.50m）を中心とした 261.49m～261.51m の範囲で行っておりました。このような運用管理であったため、一時的に同水位を下回る場合があったと考えられます。この運用範囲を 2004（平成 16）年に 261.50m～261.54m に変更し、取水口水位が同水位を下回らないように改善しておりました。

記録方法に関し確認できた事項

PCによる運用管理を 2005（平成 17）年 3 月 27 日より開始しましたが、当時はデータを記録しておりませんでした。2009（平成 21）年 5 月 26 日の国交省による当社への履行検査において、データの記録について指摘を受け、その時点で残っていた 2009（平成 21）年 2 月 8 日以降のデータより記録を開始しました。

2015（平成 27）年 12 月 24 日以降 PC 記録データに土砂吐きゲート開度のデータが正しく記録されていないことがわかり、調査に使用できませんでした。正しいデータが取れていなかったことについて、調査を行いました。原因はわかりませんでした。このため、これを機に PC 記録システムを見直し、機器の不具合を修正して、データ取り込みが可能となるよう改修しました。

また、工事中の維持放流の方法について、工事記録が残っていないことから検証ができない日がありました。当時は工事期間中の維持放流の状況を記録する慣習がありませんでした。現在は工事中の記録を残すことで、期間中での維持放流量を確保しております。

(3) 現在の状況

機器不具合修正後の 2022（令和 4）年 8 月 9 日～2022（令和 4）年 9 月 14 日（37 日）について PC 記録データで水位・土砂吐きゲート開度を調査し、日平均放流量で不足が発生していないことを確認しております。

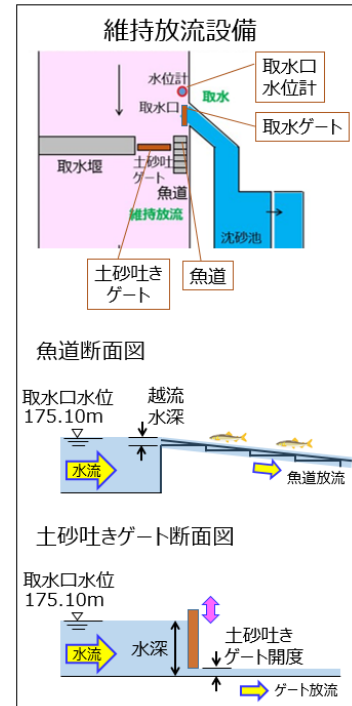
（資料 7：各発電所 日平均放流量（2022（令和 4）年）を参照）

4.2.2. 富士川第一発電所

富士川第一発電所の塩之沢堰では、1992（平成4）年8月20日に灌漑期（3月16日～9月30日）に5.00 m³/s、非灌漑期（10月1日～3月15日）に3.00 m³/sの河川維持流量が水利使用規則第4条により設定されました。この河川維持流量を1993（平成5）年3月23日に承認された塩之沢堰管理規程で制定し、魚道と土砂吐きゲートに分けて放流しております。

河川維持流量を確保するためには、取水口水位を標高175.10mに維持し、灌漑期は土砂吐きゲート開度を11.8cmとすることで、5.0 m³/s（魚道0.63 m³/s、土砂吐きゲート4.37 m³/s）の放流を行います。非灌漑期は土砂吐きゲート開度を6.4cmに維持することで3.0 m³/s（魚道0.63 m³/s、土砂吐きゲート2.37 m³/s）の放流を行います。これは、塩之沢堰管理規程で定めた諸量です。

取水口水位が低下する場合は、取水口制水門を閉めて取水量を減らすことにより、取水口水位を維持し、放流量を確保します。また、取水口水位が上昇する場合は、土砂吐門を開け放流量を増やします。



(1) 調査結果

調査対象期間：1992（平成4）年8月20日～2021（令和3）年12月31日（10,726日）

期間	調査対象期間	調査対象日 ※1	不足日数	不足日の規定放流量総量		不足日の放流量総量		不足総量	規定放流量	不足
	日数	日数		日数	千m ³	千m ³	千m ³			
1992/08/20～ 2021/12/31	10,726	10,703	139 [1]	48,989 [432]	48,100 [429]	889 [3]	5.00	0.11 [0.04]		
灌漑期 (3/16～9/30)	5,813	5,804	75 [1]	32,400 [432]	31,693 [429]	707 [3]	5.00	0.11 [0.04]		
非灌漑期 (10/1～3/15)	4,913	4,899	64 [0]	16,589 [0]	16,407 [0]	182 [0]	3.00	0.03 [0.00]		

※1 点検等のため取水せず、全量を放流している23日を除く
[] は、維持放流量に係る観測生データを保存していなかった期間について計算で求めた推算値

① チャート記録紙

1992（平成4）年8月20日～2009（平成21）年9月2日（6,223日）

調査対象期間6,223日のうち、取水をしていない工事17日を除いた日に対して、現存するチャート記録紙4,390日を確認し、その結果、維持放流量が河川維持流量を下回る日が139日確認されました。この139日についての不足総量は889千m³となりました。これは維持放流量が不足していた日で平均すると、灌漑期の河川維持流量5.00 m³/sに対し、707千m³÷（75日×86,400秒/日）＝0.11 m³/s、非灌漑期の河川維持流量3.00 m³/sに対し、182千m³÷（64日×86,400秒/日）＝0.03 m³/sの不足となりました。

なお、①チャート記録紙による検証の結果、2001（平成13）年8月5日以降は、維

維持放流量の不足は発生しておりませんでした。

② PC記録データ

2009（平成21）年9月3日～2021（令和3）年12月31日（4,503日）

調査対象期間4,503日のうち、取水をしていない工事6日を除いた日に対して、PC記録データは3,614日ありましたが、土砂吐きゲート開度のデータが全ての日で正しく記録されておりませんでした。このため調査には使用できませんでした。

③ 送水日誌

1992（平成4）年8月20日～2021（令和3）年12月31日（10,726日）

調査対象期間10,726日のうち、①チャート記録紙と②PC記録データが現存せず自記記録で確認した日以外の*6,104日について調査を行いました。その結果、維持放流量を不足する日が、1日で確認されました。この1日についての不足総量は3千 m^3 となりました。これは維持放流量が不足していた日で平均すると、灌漑期の河川維持流量5.00 m^3/s に対し、3千 $\text{m}^3 \div (1 \text{日} \times 86,400 \text{秒/日}) = 0.04 \text{m}^3/\text{s}$ の不足となりました。なお、送水日誌での結果は自記記録から求めた算出値ではないため、推算によるものです。

④ 工事等

1992（平成4）年8月20日～2021（令和3）年12月31日（10,726日）

調査対象期間10,726日のうち、送水日誌や工事記録から魚道と土砂吐きゲートからの維持放流が不足していた209日（①チャート記録紙209日）を確認しました。これらにつきまして、102日については取水堰の上部からの越流や、取水量調整に使用する余水吐きから河川維持流量以上の維持放流を行っておりました。しかし、107日については、放流の方法は推定できるものの記録がなく、放流量を確認する事ができませんでした。

⑤ 不明について

工事を行った日で放流の方法は推定できるものの、放流量を確認する事ができない日が107日ありました。

*6,104日（チャート記録紙未確認6,223-17-4,390-209=1,607日、PC記録データ未確認4,503-6=4,497日）

以上の結果から、維持放流量を不足する日が、140日確認されました。この、140日についての不足総量は合計で892千 m^3 となりました。これは維持放流量が不足していた日で平均すると、灌漑期の河川維持流量5.00 m^3/s に対し、710千 $\text{m}^3 \div (76 \text{日} \times 86,400 \text{秒/日}) = 0.11 \text{m}^3/\text{s}$ 、非灌漑期の河川維持流量3.00 m^3/s に対し、182千 $\text{m}^3 \div (64 \text{日} \times 86,400 \text{秒/日}) = 0.03 \text{m}^3/\text{s}$ の不足となりました。

なお、維持放流量の不足は2001（平成13）年8月5日以降は発生しておりませんでした。

(2) 原因の推測

灌漑期の不足量に関して確認できた事項

調査対象期間の中で140日について不足量が確認され、不足総量は892千 m^3 でした。このうち、灌漑期の不足量が710千 m^3 あり、これについて、詳細を確認しました。

この710千 m^3 のうち、399千 m^3 は、1992（平成4）年8月26日～30日に集中しており、灌漑期の河川維持流量5.00 m^3/s に対して不足量は399千 $\text{m}^3 \div (5 \text{日} \times 86,400 \text{秒/日}) = 0.92 \text{m}^3/\text{s}$ でした。

富士川第一発電所の維持放流について、当社は1982（昭和57）年から自主的に3 m^3/s を放流しておりましたが、1992（平成4）年8月20日の水利使用の一部変更の許可の際に、灌漑期5.00 m^3/s 、非灌漑期3.00 m^3/s の放流が定められました。この放流量運用への移行の際、河川流量の低下による放流量の減少を見逃すミスがありました。これについては同年8月30日に放流量不足に気付き、河川維持流量を超える様、放流量を増量しましたが、運用の変化に対応できず、初期の不具合が発生しておりました。

運用・管理に関し確認できた事項

不足の原因について、OBを中心とした関係者（管理職3名、監視員7名）を対象にヒアリングを行い、当時の富士川第一発電所の放流を担当する監視員の職場の状況や運用状況を確認しました。

維持放流については、管理規程に定めた取水口水位（175.10m）を下回らない様な運用を行っておりましたが、当時は同水位より下の175.09mに警報の下限設定が設定されておりました。当時は、この警報で監視員が水位低下に気付き、水位回復をおこなうこともあり、回復までの間、一時的に放流量が河川維持流量を下回る場合がありました。

また、2009（平成21）年頃から放流量についての管理の見直しを行いました。記録については同年9月2日からPC記録データの保存を開始し、取水口水位の管理については2010（平成22）年頃から管理規程に定めた取水口水位を遵守する事を再度徹底し、同時期に警報の下限設定水位を同水位と同じ175.10mに設定を変更することにより、同水位を下回らない管理を行うように改善しました。さらに、2022（令和4）年7月に、より裕度のある175.13mに設定を変更しております。

記録方法に関し確認できた事項

今回の調査でP C記録データに土砂吐きゲート開度のデータが正しく記録されていないことがわかり、調査に使用できませんでした。このため、これを機にP C記録システムを見直し、機器の不具合を修正して、データ取り込みが可能となるよう改修しました。

また、工事中の維持放流の方法について、工事記録が残っていないことから検証ができない日がありました。当時は工事期間中の維持放流の状況を記録する決まりがありませんでした。現在は工事中の記録を残すことで、期間中での維持放流量を確保しております。

(3) 現在の状況

現在のP C記録データに問題がないことを確認するために、改修後の2022（令和4）年7月22日～2022（令和4）年9月14日（55日）についてP C記録データで水位・土砂吐きゲート開度を調査し、データが正常に記録されていることと、日平均放流量で不足が発生していないことを確認しております。

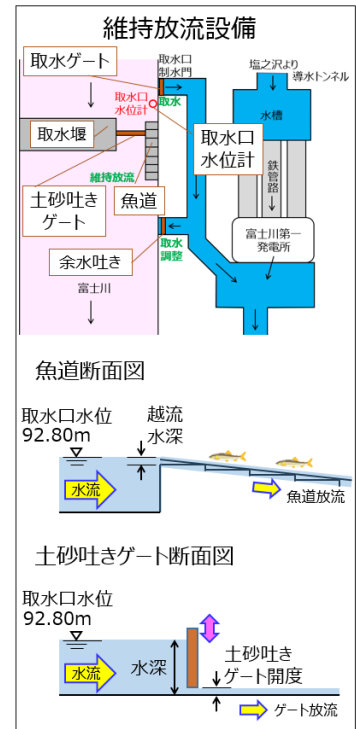
（資料7：各発電所日平均放流量（2022（令和4）年）を参照）

4.2.3. 富士川第二発電所

富士川第二発電所の十島堰では、1992（平成4）年8月20日に灌漑期（3月16日～9月30日）に5.00 m³/s、非灌漑期（10月1日～3月15日）に3.00 m³/sの河川維持流量が水利使用規則第4条により設定されました。この河川維持流量を1993（平成5）年3月23日に承認された十島堰管理規程で定め、魚道と土砂吐きゲートに分けて放流しております。

河川維持流量を確保するためには、取水口水位を標高92.80mを維持した場合に、土砂吐きゲート開度を灌漑期は土砂吐きゲート開度を18.8cmとすることで、5.0 m³/s（魚道0.63 m³/s、土砂吐きゲート4.37 m³/s）の放流を行います。非灌漑期は土砂吐きゲート開度を10.2cmに維持することで3.0 m³/s（魚道0.63 m³/s、土砂吐きゲート2.37 m³/s）の放流を行います。これは、十島堰管理規程で定めた諸量です。

取水口水位が低下する場合は、取水口制水門を閉めて取水量を減らすことにより、取水口水位を維持し、放流量を確保します。また、取水口水位が上昇する場合は、土砂吐門を開け放流量を増やします。



(1) 調査結果

調査対象期間：1992（平成4）年8月20日～2021（令和3）年12月31日（10,726日）

期間	調査対象期間	調査対象日 ※1	不足日数	不足日の規定放流量総量		不足総量	規定放流量	不足
	日数	日数		千m ³	千m ³			
1992/08/20~ 2021/12/31	10,726	10,709	126 [39]	49,907 [14,947]	49,108 [14,628]	799 [320]	内訳は 下表参照	内訳は 下表参照
灌漑期 (3/16~9/30)	5,813	5,813	100 [28]	43,200 [12,096]	42,684 [11,810]	516 [286]	5.00	0.06 [0.12]
非灌漑期 (10/1~3/15)	4,913	4,896	26 [11]	6,707 [2,851]	6,424 [2,818]	283 [34]	3.00	0.13 [0.04]

※1 点検等のため取水せず全量を放流している16日と、チャート記録紙・送水日誌が共に欠落しており調査できない1日を除く
[] は、維持放流量に係る観測生データを保存していなかった期間について計算で求めた推算値

① チャート記録紙

1992（平成4）年8月20日～2009（平成21）年9月2日（6,223日）

調査対象期間6,223日のうち、取水をしていない工事10日および、チャート記録紙・送水日誌共に欠落しており調査ができない1日を除いた日に対して、現存するチャート記録紙3,802日を確認し、その結果、維持放流量が河川維持流量を下回る日が126日確認されました。この126日についての不足総量は799千m³となりました。これは維持放流量が不足していた日で平均すると、灌漑期の河川維持流量5.00 m³/sに対し、516千m³ ÷ (100日 × 86,400秒/日) = 0.06 m³/s、非灌漑期の河川維持流量3.00

m^3/s に対し、 $283 \text{ 千}\text{m}^3 \div (26 \text{ 日} \times 86,400 \text{ 秒/日}) = 0.13 \text{ m}^3/\text{s}$ の不足となりました。

② PC記録データ

2009（平成21）年9月3日～2021（令和3）年12月31日（4,503日）

調査対象期間4,503日のうち、取水をしていない工事6日を除いた日に対して、現存するPC記録データ3,586日について詳細に調査を行いました。その結果、維持放流量が不足する日はありませんでした。

なお、①チャート記録紙、②PC記録データによる検証の結果、2000（平成12）年4月9日以降は、維持放流量の不足は発生しておりませんでした。

③ 送水日誌

1992（平成4）年8月20日～2021（令和3）年12月31日（10,726日）

調査対象期間10,726日のうち、①チャート記録紙と②PC記録データが現存せず自記記録で調査確認した日以外の*3,265日について調査を行いました。その結果、維持放流量が河川維持流量を下回る日が、39日確認されました。この39日についての不足総量は320千 m^3 となりました。これは維持放流量が不足していた日で平均すると、灌漑期の河川維持流量5.00 m^3/s に対し、 $286 \text{ 千}\text{m}^3 \div (28 \text{ 日} \times 86,400 \text{ 秒/日}) = 0.12 \text{ m}^3/\text{s}$ 、非灌漑期の河川維持流量3.00 m^3/s に対し、 $34 \text{ 千}\text{m}^3 \div (11 \text{ 日} \times 86,400 \text{ 秒/日}) = 0.04 \text{ m}^3/\text{s}$ の不足となりました。なお、送水日誌での結果は自記記録から求めた算出値ではないため、推算によるものです。

④ 工事等

1992（平成4）年8月20日～2021（令和3）年12月31日（10,726日）

調査対象期間10,726日のうち、送水日誌や工事記録から魚道と土砂吐きゲートから維持放流を実施しなかった56日（①チャート記録紙27日、②PC記録データ29日）を確認しました。これらにつきまして、全て取水量調整に使用する余水吐きから維持放流を行っておりました。しかし、放流の方法は推定できるものの記録がなく、放流量を確認する事ができませんでした。

⑤ 不明について

工事を行った日で放流の方法は推定できるものの、放流量を確認する事ができない日が56日ありました。

*3,265日（チャート記録紙未確認6,223-11-3,802-27=2,383日、PC記録データ未確認4,503-6-3,586-29=882日）

以上の結果から、維持放流量を不足する日が、165日確認されました。この、165日についての不足総量は1,119千 m^3 となりました。これは維持放流量が不足していた日で平均すると、灌漑期の河川維持流量5.00 m^3/s に対し、 $808 \text{ 千}\text{m}^3 \div (128 \text{ 日} \times 86,400 \text{ 秒/日}) = 0.07 \text{ m}^3/\text{s}$ 、非灌漑期の河川維持流量3.00 m^3/s に対し、 $317 \text{ 千}\text{m}^3 \div (37 \text{ 日} \times 86,400 \text{ 秒/日}) = 0.10 \text{ m}^3/\text{s}$ の不足となりました。

なお、維持放流量の不足は2000（平成12）年4月9日以降は発生しておりませんで

した。

(2) 原因の推測

灌漑期の不足量に関して確認できた事項

調査対象期間の中で 165 日について不足量が確認され、不足総量は 1,119 千 m^3 でした。このうち、灌漑期の不足量が 802 千 m^3 あり、これについて、詳細を確認しました。

この 802 千 m^3 のうち、200 千 m^3 は、1992(平成 4)年 8 月 26 日～31 日(28 日を除く)に集中しており、灌漑期の河川維持流量 5.00 m^3/s に対して不足量は $200 \text{ 千}\text{m}^3 \div (5 \text{ 日} \times 86,400 \text{ 秒/日}) = 0.46 \text{ m}^3/\text{s}$ でした。

富士川第二発電所の維持放流について、当社は 1982(昭和 57)年から自主的に 3 m^3/s を放流しておりましたが、1992(平成 4)年 8 月 20 日の水利使用の一部変更の許可の際に、灌漑期 5.00 m^3/s 、非灌漑期 3.00 m^3/s の放流が定められました。この放流量運用への移行の際、河川流量の低下による放流量の減少を見逃すミスがありました。これについては同年 8 月 31 日に放流量不足に気付き、河川維持流量を超える様、放流量を増量しましたが、運用の変化に対応できず、初期の不具合が発生しておりました。

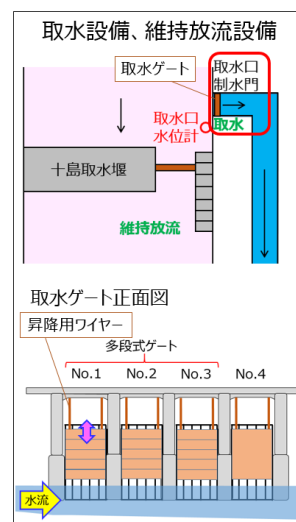
非灌漑期の不足量に関して確認できた事項

調査対象期間の中で 165 日について不足量が確認され、不足総量は 1,119 千 m^3 でした。このうち、非灌漑期の不足量が 317 千 m^3 あり、これについて、詳細を確認しました。

この 317 千 m^3 のうち 235 千 m^3 は、1996(平成 8)年 1 月 26 日～30 日の取水ゲート No. 1 のワイヤー交換を実施していた 5 日間に集中しており、非灌漑期の河川維持流量 3.00 m^3/s に対して不足量は $235 \text{ 千}\text{m}^3 \div (5 \text{ 日} \times 86,400 \text{ 秒/日}) = 0.54 \text{ m}^3/\text{s}$ でした。

このワイヤー交換作業は、多段式(5 段)ゲートの昇降用ワイヤーを交換する作業です。水路付近での作業で水路に落下する危険があるため、安全に配慮して作業を行います。なお、この作業は通常取水ゲートをすべて下ろした状態で行いますが、当時の送水日誌の記録を確認したところ、工事期間中は取水ゲートをすべて上げた状態で作業しておりました。この状態では取水口水位が低下するため、土砂吐きゲートを開けて維持放流量を確保する必要がありましたが、これを行わず、維持放流量を不足させてしまいました。当時の記録はありませんが、ゲートをすべて上げて作業をしていた理由としては、上げた状態であればゲートのワイヤー取り付け箇所が点検通路から手の届く位置となり転落の恐れがなくなるため、安全に交換ができると考えこのような操作をしていたと推測いたします。

同様のワイヤー交換はこれ以後 3 回実施していますが、ゲートを下げた状態によって



水路に落下する事を防止し作業をしていたことをヒアリングで確認しております。

上記以外の不足に関して確認できた事項

上記以外では、1994（平成 6）年に集中して不足が発生しておりました。当時の状況を確認したところ、ゲート開度が数ミリ不足している状態が 1 月から 11 月にわたり発生していました。同年 12 月以降はこのような状態がなくなっていることから、異常に気付き不具合を修正したものと推測いたします。

運用・管理に関し確認できた事項

2009（平成 21）年 5 月 26 日の国交省による当社への履行検査において、データの記録について指摘を受け、水量全体の管理の見直しを行っておりました。その中で、2010（平成 22）年に放流量の管理を見直しておりました。

当時、取水口水位を一定にする自動制御は、管理規程に定めた取水口水位（92.80m）を中心とした 92.77m～92.83m の範囲に設定されておりました。このような運用管理であったため、一時的に同水位を下回る場合があったと考えられます。この設定を、2010（平成 22）10 月 15 日に 92.82m～92.85m、2011 年（平成 23）年 1 月 7 日に 92.81m～92.84m に変更し、取水口水位が同水位を下回らないように改善しておりました。さらに、2022（令和 4）年 7 月には、より裕度のある 92.83m～92.88m に設定を変更しました。これにより、より確実に維持放流を継続する事ができるようになりました。

記録方法に関し確認できた事

PC による運用管理を 2005（平成 17）年 2 月 4 日より開始しましたが、当時はデータを記録しておりませんでした。上記、履行検査の指摘を受け 2009（平成 21）年 9 月 2 日からデータの記録を開始しました。

2019（平成 31）年 3 月に PC が故障し、PC 内の記録データが消失しました。また、2016（平成 28）年 10 月～2019（平成 31）年 3 月までの期間のバックアップもっておりませんでした。そのため、同期間のデータが欠落したため調査に使用できませんでした。2019（平成 31）年 4 月以降は、定期的にバックアップをとり、データの欠落がないようにしております。

また、工事中の維持放流の方法について、工事記録が残っていないことから検証ができない日がありました。当時は工事期間中の維持放流の状況を記録する決まりがありませんでした。現在は工事中の記録を残すことで、期間中での維持放流量を確保しております。

(3) 現在の状況

現在の PC 記録データに問題がないことを確認するために、2022（令和 4）年 7 月 1

日～2022（令和4）年9月14日（76日）についてPC記録データで水位・土砂吐きゲート開度を調査し、データが正常に記録されていることと、日平均放流量で不足が発生していないことを確認しております。

（資料7：各発電所日平均放流量（2022（令和4）年）を参照）

4.2.4. 佐野川発電所

佐野川発電所の水利使用期間更新に合わせ、柿元ダムでは水利使用規則第 4 条に設定された河川維持流量 0.057 m³/s の放流を、許可期限である 2012（平成 24）年 6 月 29 日の翌日である同年 6 月 30 日から開始しました。

この河川維持流量を、放流開始日から維持放流設備を設置するまでの 2015（平成 27）年 5 月 28 日（以下、期間①（仮運用期間））においては、洪水吐きゲートおよび仮設の水中ポンプから放流しておりました。また、維持放流設備を設置した 2015（平成 27）年 5 月 29 日以降（以下、期間②（本運用期間））は、維持放流設備の調整流量配管より放流しております。なお、工事等の都合により設備から放流できない場合は洪水吐きゲートにより相応の量を河川に放流しております。

期間①（仮運用期間）

仮運用期間の柿元ダムからの維持放流は、洪水吐きゲートの天端からダム湖内にワイヤーで固定した仮設の水中ポンプによる放流（ポンプ放流）を、2012（平成 24）年 9 月 28 日に国交省より許可をいただき実施しました。

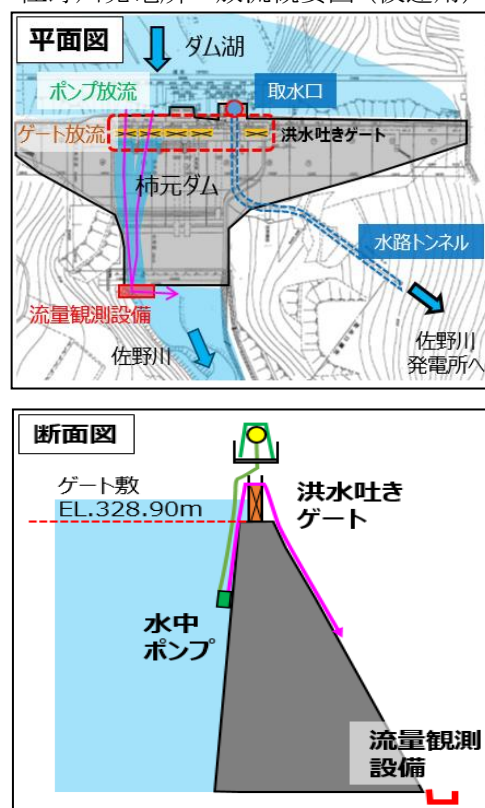
具体的には、ダムの水位がゲート敷（標高 328.90m）より高い場合は、洪水吐きゲートを監視員が手動操作で開閉しゲート放流を実施しました。また、ダムの水位がゲート敷より低い水位の場合は監視員の運転操作によりポンプ放流を実施しました。

放流量の確認は、仮設の流量観測設備（刃型堰と量水標）の水位を 1 日 1 回の目視により計測し、換算表により流量を把握しました。また、河川維持流量を確保するためには、量水標の水位を 12.0cm 以上に維持しておりました。

（資料 6：佐野川発電所 流量観測設備の流量計算「刃型堰流量計算」を参照）

また、台風などでダムへの流入量が増加し、洪水吐きゲートから放流せざるをえない状況になることが予想される場合、洪水吐きゲートの開閉操作に支障をきたすため、洪水吐きゲートからの放流が開始されるよりも前にポンプ放流を停止して水中ポンプを引き上げ、その後ゲート放流に切り替える必要がありました。しかし治水上、貯水池の空き容量を増やすためにダム水位を下げた際、ダム水位がゲート敷の高さを下回ることで洪水吐き

佐野川発電所 放流概要図（仮運用）



ゲートから維持放流ができないことが想定されることから、実施に際しては国交省に連絡のうえ水中ポンプを引き上げることとしました。

期間②（本運用期間）

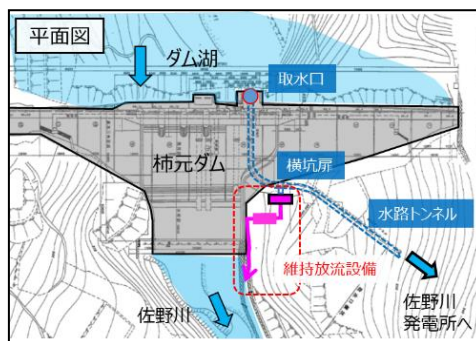
本運用期間の柿元ダムからの維持放流は、ダム堤体にある取水口から導水した水の一部をダム直下流に設置されている横坑扉から分水し、流量調整配管を使って放流いたします。横坑扉からの放流は、ダム水位によって放流量が変化します。ダム水位が低下して維持放流量が少なくなることが予測される場合、流量観測設備では径の異なる4本の流量調整配管の組み合わせと調整弁によって放流量を調整します。

放流量の確認は、流量観測設備（四角堰と量水標）の水位を1日1回の目視により計測し、換算表により流量を把握します。河川維持流量を確保するためには、量水標の水位を40.1cm以上に維持しております。

（資料6：佐野川発電所 流量観測設備の流量計算「四角堰流量計算」を参照）

また、台風の際には維持放流設備からの放流を停止し、洪水吐きゲートからの放流に切り替え、維持放流量以上の放流を行います。

佐野川発電所 放流概要図（本運用）



(1) 調査結果

調査対象期間：2012（平成24）年6月30日～2021（令和3）年12月31日（3,472日）

期間	調査対象期間	調査対象日 ※1	洪水対応 ※2	調査完了	不足 日数	不足日の 規定放流量 総量	不足日の 放流量総量	不足 総量	規定 放流量	不足
	日数	日数	日数	日数	日数	千m ³	千m ³	千m ³	m ³ /s	m ³ /s
2012/06/30~ 2021/12/31	3,472	3,470	141	8	0 [0]	0 [0]	0 [0]	0 [0]	0.057	0.00 [0.00]

※1 点検等のため取水せず全量を放流している2日を除く
 ※2 ※1のうち、洪水対応で、洪水吐きゲートから維持放流量が確保されていた日数
 [] は、維持放流量に係る観測生データを保存していなかった期間について計算で求めた推算値

調査対象期間 3,472 日のうち、取水をしていない工事 2 日を除いた日に対して、現存する柿元ダム維持放流量管理記録の水位データを全日数確認し、その中から特に河川維持流量付近で放流していた 149 日について調査を行いました。このうち、洪水等により流量観測設備を使わず、河川維持流量以上を洪水吐きゲートから放流した日の 141 日を除いた 8 日について調査いたしました。いずれの日も期間①（仮運用期間）で洪水の恐れがあったため、仮設の水中ポンプを引き上げ、ダム水位を低下させておりました。このため洪水吐きゲートから越流放流をしておりませんでした。その際に、国交省にも

報告しご了解いただいております。また、期間②（本運用期間）においても不足はありませんでした。

5. 結果の集計

(取水量)

発電所名	許可取水量 (m^3/s)	調査期間	取水量調査結果			
			許可量を超過した 取水の発生時期	許可量を超過した 取水の日数計 (日)	許可量を超過した 取水の総量 (千m^3)	許可量を超過した 日の平均超過量 (m^3/s)
波木井発電所	30.00	1987年～2021年 :35年間	2004年10月まで	1,422 [0]	28,665 [0]	0.23 [0]
富士川第一発電所	61.30	1987年～2021年 :35年間	2004年12月まで [2007年1月まで]	2,929 [129]	160,203 [4,177]	0.63 [0.37]
富士川第二発電所	75.00	1987年～2021年 :35年間	2001年10月まで [2006年8月まで]	19 [150]	419 [3,962]	0.26 [0.31]
佐野川発電所	4.70	1987年～2021年 :35年間	取水超過なし [1998年4月まで]	0 [3]	0 [58]	0 [0.22]
角瀬発電所	12.00	1987年～2021年 :35年間	取水超過なし	0 [0]	0 [0]	0 [0]

注 (1)「超過発生時期」は、調査期間内において超過取水が確認された最終月。
 (2) []は、取水量に係る観測生データを保存していなかった期間について計算で求めた推算値。
 (3) 富士川第一発電所は許可取水量(66.00 m^3/s)から、第四取水口の取水量(4.70 m^3/s)を減じた取水量。

(放流量)

発電所名	維持流量として 必要な放流量 (m^3/s)	調査期間	放流量調査結果			
			放流量不足が 発生した時期	放流量不足が 発生した日数計 (日)	放流量の 不足総計 (千m^3)	放流量不足の日 の平均不足量 (m^3/s)
波木井発電所	灌漑期 4/1～9/30 1.40	1993年～2021年 :29年間	不足なし	0 [88]	0 [137]	0 [0.02]
	非灌漑期 10/1～3/31 1.00		[2003年9月まで]	0 [35]	0 [82]	0 [0.03]
富士川第一発電所	灌漑期 3/16～9/30 5.00	1992年～2021年 :30年間	2001年8月まで	75 [1]	707 [3]	0.11 [0.04]
	非灌漑期 10/1～3/15 3.00		[1994年5月まで]	64 [0]	182 [0]	0.03 [0]
富士川第二発電所	灌漑期 3/16～9/3 5.00	1992年～2021年 :30年間	2000年4月まで	100 [28]	516 [286]	0.06 [0.12]
	非灌漑期 10/1～3/15 3.00		[1992年11月まで]	26 [11]	283 [34]	0.13 [0.04]
佐野川発電所	通年 1/1～12/31 0.057	2012年～2021年 :10年間	不足なし	0 [0]	0 [0]	0 [0]
角瀬発電所	維持流量の放流義務無し	—	—	—	—	—

注 (1)「調査期間」の始期は、維持流量の放流が義務づけられた水利使用規則の許可年とした。
 (2)「不足発生時期」は、調査期間内において放流量の不足が確認された最終月。
 (3) []は、放流量に係る観測生データを保存していなかった期間について計算で求めた推算値。

現在の状況

1) 水路式発電所 (波木井発電所・富士川第一発電所・富士川第二発電所)

取水管理について

- ・2007 (平成 19 年) 年 4 月に取水管理の自動化を行い、以降は取水超過の発生なく、許可取水量を遵守した取水を行っております。

放流量管理について

- ・2010 (平成 22) 年に放流量管理の強化を行い、以降は取水超過の発生なく、維持放水量を遵守した放流を行っております。

2) ダム水路式発電所 (佐野川発電所・角瀬発電所)

取水管理について

- ・佐野川発電所は 1998 (平成 19) 年 4 月 3 日に換算表の周知を行い、以降は取水超過の発生なく、許可取水量を遵守した取水を行っております。
- ・角瀬発電所は、今日まで取水超過の発生はありません。引き続き、許可取水量を遵守した取水を行ってまいります。

放流量管理について

- ・佐野川発電所は、今日まで維持放流量の不足はありません。引き続き、維持放水量を遵守した放流を行ってまいります。

6. 当社の見解

6.1. 富士川の水利使用に対する再認識

(1) 平成 19 年に行われた再点検報告について

平成 19 年に行われた再点検報告は「取水量の記録を阻害する措置の有無」「発電用水の用途外使用」でした。この内の「取水量の記録を阻害する措置の有無」の調査の項目は「取水量があたかも最大取水量であるように観測・記録されるよう観測・記録に係わる機器を措置していたことを受けて」との調査であったため、平成 19 年 3 月 1 日の調査依頼に基づく社内調査の際は、こうした観測機器の適正性や取水量算出方法の確認作業を中心に実施しておりました。

そのため、再点検報告に対して、同月 12 日に「発電用水の用途外使用」の調査結果と共に、「各種観測機器等において、取水量等の観測・記録の適正性を阻害するような措置がなされている又はなされていたことはないか」との質問に対し、「問題なし」と回答しておりました。

(2) 取水量の管理、記録、報告について

取水量の管理として、許可取水量を超えて電力を増やす意図は当時もございませんでした。当時の取水は許可取水量を取りきる事を意識しており、取水量が許可取水量付近であれば、許可取水量より少ない場合であっても多い場合であっても「満水」と認識し、許可取水量と同じ値を送水日誌に記載していました。その結果を取水量報告や放流量の報告に反映し、国交省へ報告しておりました。こうしたことから、許可取水量と同じ値が報告書に記載されていたと考えます。

今回の調査で自記記録と取水量報告書の値を検証したことで、このような取水量等の観測・記録の適正性を阻害する措置が確認されました。

また、本調査において自記記録（チャート記録紙・PC記録データ）の欠落やデータの不備が確認されました。自記記録については、保管に対する決まり事が無く、加えて、本調査までこのデータを使用する事がなかったため、データに欠落がある事も、一部のデータについて機器と異なる値が入っていた事もわかっておりませんでした。これらにつきまして、PC記録データのバックアップについては 2009（平成 21）年 9 月より定期的実施しております。また、一部のデータの取り込みの不備に関しては、2022（令和 4）年 8 月に機器を見直し、PC記録データに正しく記録されている事を確認しております。

(3) システム化について

各発電所の取水施設での自動化による省力化・省人化や運用状態の監視強化を目的に、2003年から同施設のシステム改造を行ってまいりました。こうした中で、塩之沢監視盤の更新（2003（平成15）年）、監視カメラの導入（2004（平成16）年）、データロギング化と取水制御範囲の見直し（2005（平成17）年～2007（平成19）年）を展開し、各発電所の取水施設での取水制御改善を実施することによって、2007年以降は許可取水量を超えないようになりました。また、記録についても電子データの保存を2009（平成21）年よりPCに取り込み、2019（平成31）年には水量日誌システムのデータベースを導入することでデータの共有化を実施し、これにより各施設の取水状況を監視員や管理者が把握できるようになりました。なお、一部データ取り込みに不備につきましても、2022（令和4）年8月に是正しています。

6.2. まとめ及び今後の取り組み

この度、発電に係る取水・放流施設の管理部門の詳細調査を行いました。これまでP L C制御の導入による取水制御の適正化やP Cでの記録管理などを展開しており、近年は適正に管理しているため、本調査の実施まで従来の管理の方法や体制に疑いを持つことなく水利使用を行っておりました。しかし、今回の調査により、過去の一定期間において許可取水量の超過、ならびに維持放流量の不足が判明いたしました。また、この間におきましては、取水量月報・取水量年報・放流記録月報・ダムからの放流量報告書にて、当時の取水状況や放流状況を正しく報告できておりませんでした。

水利使用の許可を頂いている当社として、大変申し訳なく存じております。

発電所毎にその原因についてご報告いたしましたが、関係者の退職や時間経過などによる証言の差異や不明瞭さから、全容の解明には至らぬところもありました。しかしながら、主な共通の要因として以下の問題がありました。

- ・制御方法に関する問題
- ・記録に関する問題
- ・管理体制に関する問題

これらの要因について、段階的に進められた設備改善や運用の見直しによる再発防止対策を展開しました。しかし、制御方法や操作作業などに人的要因が存在しているところもあり、同様な事案を引き起こさぬように、下記の課題に取り組んでまいります。

- ・河川法令、コンプライアンス等に係る従業員教育の実施
- ・データを活用した取水状況・放流状況の日々の運用管理
- ・発電運用に関わる記録類の保管要件強化
- ・環境統括部門（本社）による定期的な監査の実施

今回の件につきまして、貴省ならびに関係者に対し多大なるご心配とご迷惑をおかけしておりますことに、重ねてお詫び申し上げます。

参考資料

(取水量の調査報告)

資料1:各発電所 チャート記録紙、読み取り用の専用治具

資料2:各発電所 換算表

(放流量の調査報告)

資料3:各発電所 魚道放流量計算

資料4:各発電所 土砂吐きゲート放流量計算

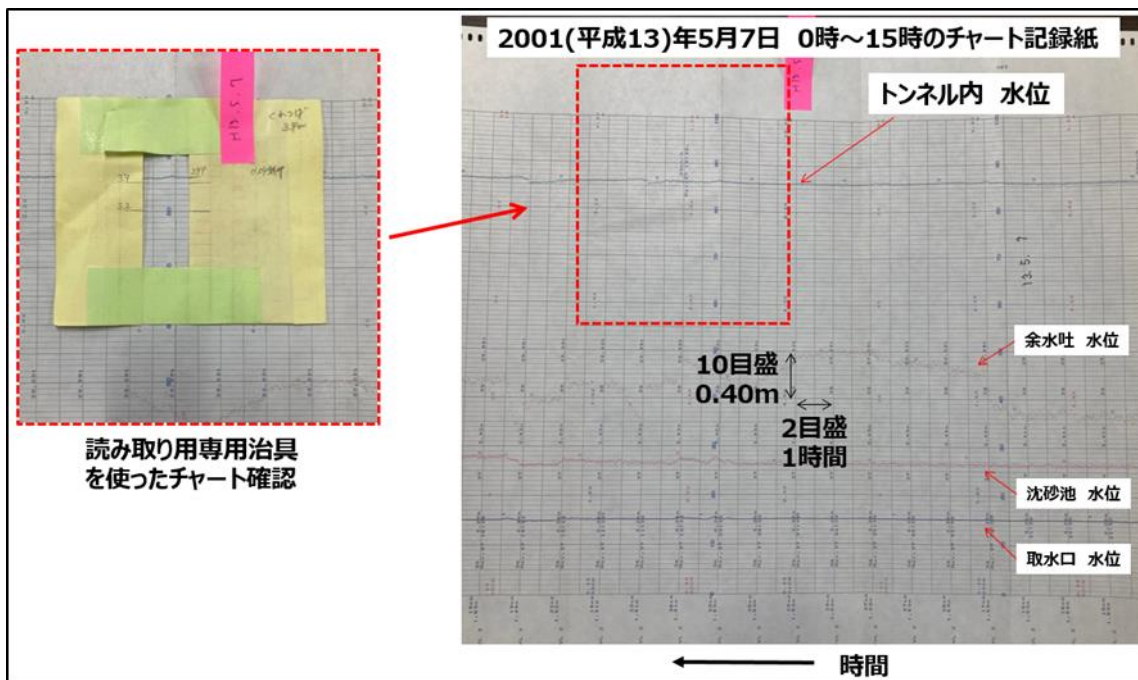
資料5:各発電所 チャート記録紙、読み取り用の専用目盛

資料6:佐野川発電所 流量観測設備の流量計算

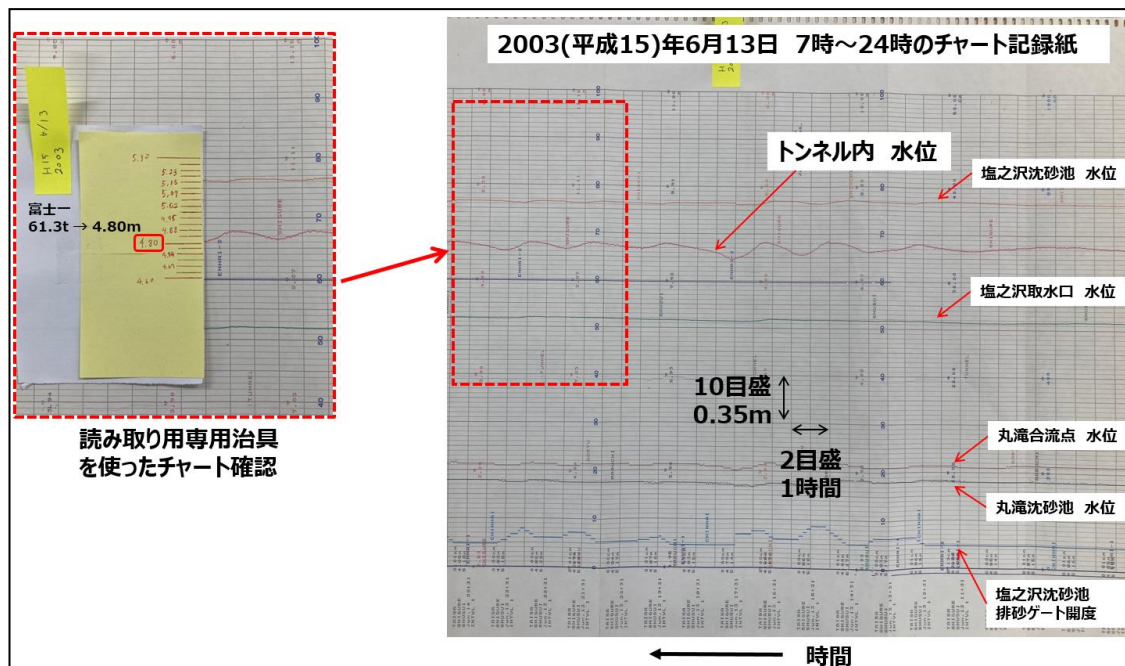
資料7:各発電所 日平均放流量(2022(令和4)年)

資料1:各発電所 チャート記録紙、読み取り用の専用治具

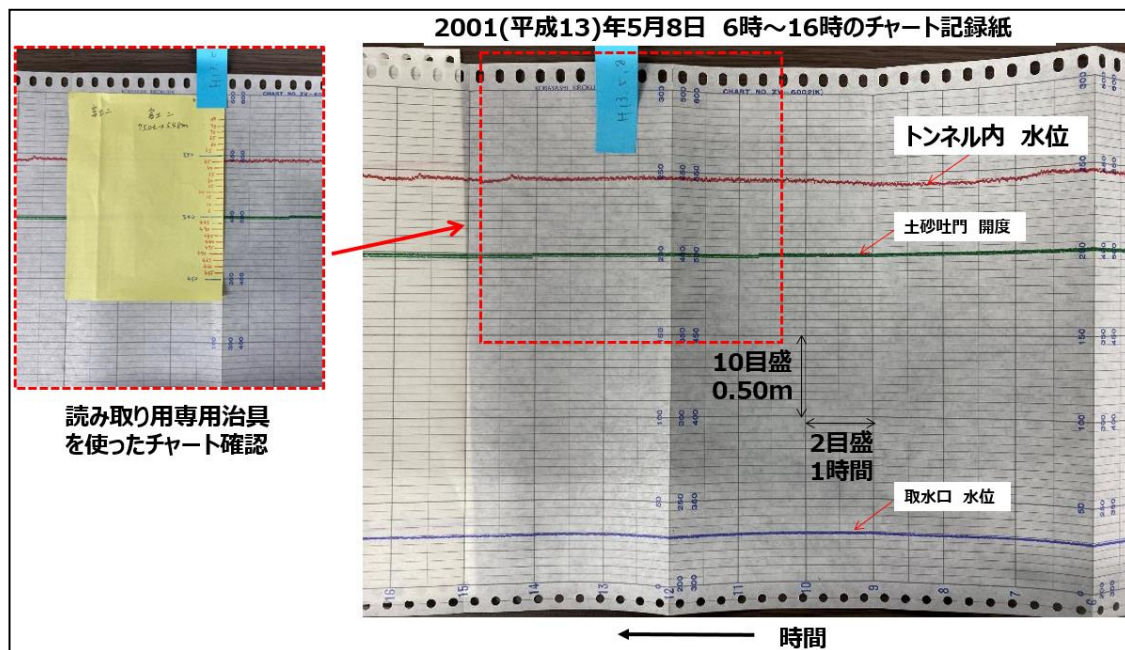
波木井発電所 チャート記録紙、読み取り用の専用治具



富士川第一発電所 チャート記録紙、読み取り用の専用治具



富士川第二発電所 チャート記録紙、読み取り用の専用治具



資料 2:各発電所 換算表

波木井発電所 換算表 A

波木井発電所(槽坪合流点)水位流量表

昭和48.12.20土木課

水位 流量											
H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
340	29.70	3.10	27.10	2.80	24.10	2.50	20.70	2.20	17.30	1.90	13.90
339	29.62	9	27.01	79	23.99	89	20.62	19	17.21	89	13.81
338	29.54	8	26.92	78	23.88	88	20.54	18	17.12	88	13.72
337	29.46	7	26.83	77	23.77	87	20.47	17	17.03	87	13.63
336	29.38	6	26.74	76	23.66	86	20.38	16	16.94	86	13.54
335	29.30	5	26.65	75	23.55	85	20.30	15	16.85	85	13.45
334	29.22	4	26.56	74	23.44	84	20.22	14	16.76	84	13.36
333	29.14	3	26.47	73	23.33	83	20.14	13	16.67	83	13.27
332	29.06	2	26.38	72	23.22	82	20.06	12	16.58	82	13.18
331	28.98	1	26.29	71	23.11	81	19.98	11	16.49	81	13.09
330	28.90	0	26.20	70	23.00	80	19.90	10	16.40	80	13.00
29	28.81	99	26.09	69	22.88	79	19.81	9	16.31	79	12.91
28	28.72	98	25.98	68	22.76	78	19.72	8	16.22	78	12.82
27	28.63	97	25.87	67	22.64	77	19.63	7	16.13	77	12.73
26	28.54	96	25.76	66	22.52	76	19.54	6	16.04	76	12.64
25	28.45	95	25.65	65	22.40	75	19.45	5	15.95	75	12.55
24	28.36	94	25.54	64	22.28	74	19.36	4	15.86	74	12.46
23	28.27	93	25.43	63	22.16	73	19.27	3	15.77	73	12.37
22	28.18	92	25.32	62	22.04	72	19.18	2	15.68	72	12.28
21	28.09	91	25.21	61	21.92	71	19.09	1	15.59	71	12.19
20	28.00	90	25.10	60	21.80	70	19.00	0	15.50	70	12.10
19	27.91	89	24.99	59	21.69	69	18.91	99	15.41	69	12.01
18	27.82	88	24.88	58	21.58	68	18.82	98	15.32	68	11.92
17	27.73	87	24.77	57	21.47	67	18.73	97	15.23	67	11.83
16	27.64	86	24.66	56	21.36	66	18.64	96	15.14	66	11.74
15	27.55	85	24.55	55	21.25	65	18.55	95	15.05	65	11.65
14	27.46	84	24.44	54	21.14	64	18.46	94	14.96	64	11.56
13	27.37	83	24.33	53	21.03	63	18.37	93	14.87	63	11.47
12	27.28	82	24.22	52	20.92	62	18.28	92	14.78	62	11.38
11	27.19	81	24.11	51	20.81	61	18.19	91	14.69	61	11.29

波木井発電所 換算表 B

合流点水位流量表

平成13年7月1日 使用開始

水位 (m)	流量 (m ³ /s)	水位 (m)	流量 (m ³ /s)	水位 (m)	流量 (m ³ /s)	水位 (m)	流量 (m ³ /s)
3.40	30.00	3.10	27.08	2.80	24.06	2.50	20.68
3.39	29.90	3.09	26.98	2.79	23.95	2.49	20.57
3.38	29.81	3.08	26.88	2.78	23.85	2.48	20.45
3.37	29.71	3.07	26.78	2.77	23.75	2.47	20.34
3.36	29.62	3.06	26.68	2.76	23.65	2.46	20.23
3.35	29.52	3.05	26.58	2.75	23.54	2.45	20.11
3.34	29.42	3.04	26.48	2.74	23.42	2.44	20.00
3.33	29.33	3.03	26.38	2.73	23.31	2.43	19.88
3.32	29.23	3.02	26.28	2.72	23.20	2.42	19.77
3.31	29.14	3.01	26.18	2.71	23.08	2.41	19.65
3.30	29.04	3.00	26.08	2.70	22.97	2.40	19.54
3.29	28.94	2.99	25.98	2.69	22.85	2.39	19.43
3.28	28.84	2.98	25.88	2.68	22.74	2.38	19.31
3.27	28.75	2.97	25.78	2.67	22.62	2.37	19.20
3.26	28.65	2.96	25.68	2.66	22.51	2.36	19.08
3.25	28.55	2.95	25.58	2.65	22.40	2.35	18.97
3.24	28.46	2.94	25.48	2.64	22.28	2.34	18.85
3.23	28.36	2.93	25.38	2.63	22.17	2.33	18.74
3.22	28.26	2.92	25.28	2.62	22.05	2.32	18.63
3.21	28.16	2.91	25.18	2.61	21.94	2.31	18.51
3.20	28.06	2.90	25.08	2.60	21.82	2.30	18.40
3.19	27.97	2.89	24.97	2.59	21.71	2.29	18.28
3.18	27.87	2.88	24.87	2.58	21.60	2.28	18.17
3.17	27.77	2.87	24.77	2.57	21.48	2.27	18.06
3.16	27.67	2.86	24.67	2.56	21.37	2.26	17.94
3.15	27.57	2.85	24.57	2.55	21.25	2.25	17.83
3.14	27.47	2.84	24.47	2.54	21.14	2.24	17.71
3.13	27.38	2.83	24.36	2.53	21.03	2.23	17.60
3.12	27.28	2.82	24.26	2.52	20.91	2.22	17.48
3.11	27.18	2.81	24.16	2.51	20.80	2.21	17.37

富士川第一発電所 換算表

時雨沢水位流量表 (3)

水位 m	流量 m ³ /s	水位 m	流量 m ³ /s	水位 m	流量 m ³ /s
4.30	54.85	4.60	58.98		
31	55.01	61	59.10		
32	55.15	62	59.23		
33	55.30	63	59.30		
34	55.44	64	59.48		
35	55.58	65	59.61		
36	55.73	66	59.73		
37	55.87	67	59.85		
38	56.01	68	59.97		
39	56.15	69	60.10		
4.40	56.29	4.70	60.22		
41	56.43	71	60.34		
42	56.57	72	60.46		
43	56.71	73	60.57		
44	56.85	74	60.69		
45	56.99	75	60.81		
46	57.12	76	60.92		
47	57.26	77	61.04		
48	57.40	78	61.15		
49	57.53	79	61.27		
4.50	57.67	4.80	61.30	最大流量	
51	57.80				
52	57.93				
53	58.07				
54	58.20				
55	58.33				
56	58.46				
57	58.59				
58	58.72				
59	58.85				

富士川第二発電所 換算表

十島堰第二水路流量表 (3)

水位 m	流量 m ³ /s	水位 m	流量 m ³ /s	水位 m	流量 m ³ /s
4.61	62.58	4.91	67.34	5.21	71.64
62	62.76	92	67.48	22	71.78
63	62.94	93	67.62	23	71.92
64	63.12	94	67.76	24	72.06
65	63.30	95	67.90	25	72.20
66	63.46	96	68.06	26	72.34
67	63.62	97	68.22	27	72.48
68	63.78	98	68.38	28	72.62
69	63.94	99	68.54	29	72.76
4.70	64.10	5.00	68.70	5.30	72.90
71	64.36	01	68.84	31	73.02
72	64.42	02	68.98	32	73.14
73	64.58	03	69.12	33	73.26
74	64.74	04	69.26	34	73.38
75	64.90	05	69.40	35	73.50
76	65.06	06	69.56	36	73.64
77	65.22	07	69.72	37	73.78
78	65.38	08	69.88	38	73.92
79	65.54	09	70.00	39	74.06
4.80	65.70	5.10	70.20	5.40	74.20
81	65.84	11	70.32	41	74.30
82	65.98	12	70.44	42	74.40
83	66.12	13	70.56	検定値	43 74.50
84	66.26	14	70.68	44	74.60
85	66.40	15	70.80	45	74.70
86	66.56	16	70.94	46	74.80
87	66.72	17	71.08	47	74.90
88	66.88	18	71.22	最大流量	48 75.00
89	67.04	19	71.36	49	75.10
4.90	67.20	5.20	71.50	5.50	75.30

佐野川発電所 換算表

許可取水量以上が記載された P-Q 換算表(1998 年 3 月 31 日以前)

発電機出力		使用水量					換算表
							(佐野川発電所)
水位 (m)	出力 kw	332.00 ~ ~ 327.01	327.00 ~ ~ 322.01	322.00 ~ ~ 317.01	317.00 ~ ~ 312.01	312.00 ~ ~ 307.01	307.00 ~ ~ 302.01
500		0.73	0.75	0.78	0.80	0.86	0.93
1.000		1.08	1.11	1.14	1.20	1.30	1.38
1.500		1.43	1.46	1.52	1.59	1.71	1.83
2.000		1.78	1.83	1.90	1.99	2.12	2.25
2.500		2.14	2.20	2.28	2.39	2.52	2.66
3.000		2.48	2.56	2.66	2.79	2.92	3.06
3.500		2.82	2.92	3.02	3.18	3.33	3.47
4.000		3.14	3.26	3.38	3.54	3.72	3.91
4.500		3.49	3.64	3.77	3.95	4.17	4.40
5.000		3.88	4.04	4.21	4.43	4.67	4.93
5.500		4.29	4.49	4.67	4.93	5.22	5.56
5.600		4.38	4.58	4.77	5.04	5.32	5.90

佐野川発電所 換算表

現在の P-Q 換算表(1998 年 4 月 1 日以降)

佐野川発電出力—使用水量表

水位	332.00	327.00	322.00	317.00	312.00	307.00
出力	~327.01	~322.01	~317.01	~312.01	~307.01	~302.01
1,000	1.08	1.11	1.14	1.20	1.30	1.38
2,000	1.78	1.83	1.90	1.99	2.12	2.25
3,000	2.48	2.56	2.66	2.79	2.92	3.06
3,500	2.82	2.92	3.02	3.18	3.33	3.47
4,000	3.14	3.26	3.38	3.54	3.72	3.91
4,500	3.49	3.64	3.77	3.95	4.17	4.40
5,000	3.88	4.04	4.21	4.43	4.67	
5,500	4.29	4.49	4.67			
5,600	4.38	4.58	4.7t/sを超えてはいけない(98/4/1)			

許可取水量以上は運用範囲外のため、白塗りし
“4.7t/sを超えてはいけない”と表示により周知

角瀬発電所 換算表

現在の P-Q 換算表(2015 年 1 月 1 日以降)

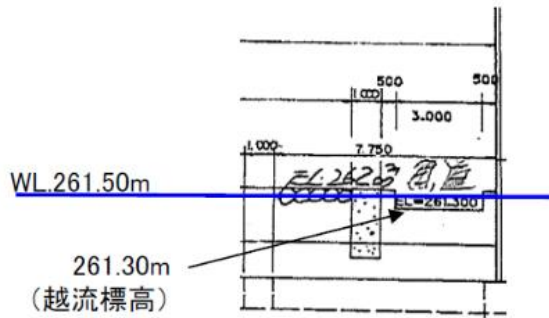
角瀬発電所 貯水位:出力:流量表 (平成27年 1月1日)		水位(EL. m)		出力(kW)		流量(m ³ /s)											
適用水位(EL. m)		1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	10500	11000	11500	12000	12500	13000
445.00	444.75	1.60	2.44	3.28	4.05	4.81	5.56	6.31	7.05	7.79	8.58	9.01	9.45	9.91	10.41	10.98	11.66
444.74	444.25	1.61	2.45	3.29	4.06	4.83	5.58	6.33	7.07	7.82	8.61	9.05	9.49	9.96	10.46	11.05	11.75
444.24	443.75	1.61	2.45	3.30	4.07	4.84	5.60	6.35	7.10	7.85	8.65	9.08	9.53	10.00	10.52	11.11	11.83
443.74	443.25	1.62	2.46	3.31	4.09	4.86	5.62	6.38	7.12	7.87	8.68	9.12	9.57	10.05	10.57	11.18	11.92
443.24	443.00																12.00
442.99	442.75	1.63	2.47	3.32	4.10	4.87	5.64	6.40	7.15	7.90	8.71	9.15	9.61	10.10	10.62	11.24	
442.74	442.25	1.63	2.48	3.33	4.11	4.89	5.66	6.42	7.17	7.93	8.75	9.19	9.65	10.15	10.68	11.31	
442.24	441.75	1.64	2.48	3.33	4.12	4.90	5.67	6.44	7.19	7.96	8.78	9.22	9.69	10.19	10.73	11.38	
441.74	441.25	1.65	2.49	3.34	4.13	4.92	5.69	6.46	7.22	7.99	8.81	9.26	9.73	10.24	10.78	11.44	
441.24	440.75	1.65	2.50	3.35	4.15	4.93	5.71	6.49	7.24	8.01	8.84	9.29	9.77	10.29	10.83	11.51	
440.75	440.25	1.65	2.50	3.36	4.16	4.95	5.73	6.51	7.27	8.04	8.88	9.33	9.81	10.33	10.89	11.57	
440.24	439.75	1.66	2.51	3.37	4.17	4.96	5.75	6.53	7.29	8.07	8.91	9.36	9.85	10.38	10.94	11.64	
439.74	439.25	1.66	2.52	3.38	4.18	4.98	5.77	6.55	7.32	8.10	8.95	9.40	9.90	10.43	11.00		
439.24	438.75	1.67	2.53	3.39	4.19	4.99	5.78	6.57	7.34	8.13	8.99	9.44	9.94	10.48	11.07		
438.74	438.25	1.67	2.53	3.40	4.20	5.01	5.80	6.59	7.37	8.16	9.02	9.48	9.99	10.53	11.13		
438.24	437.75	1.67	2.54	3.41	4.22	5.02	5.82	6.61	7.39	8.19	9.06	9.52	10.03	10.58	11.20		
437.74	437.25	1.67	2.55	3.42	4.23	5.04	5.83	6.62	7.42	8.22	9.10	9.56	10.08	10.63	11.26		
437.24	436.75	1.67	2.56	3.43	4.24	5.05	5.85	6.64	7.44	8.25	9.14	9.60	10.12	10.68	11.32		
436.74	436.25	1.67	2.56	3.44	4.25	5.07	5.86	6.66	7.47	8.28	9.17	9.64	10.17	10.73	11.39		
436.24	435.75	1.67	2.57	3.45	4.26	5.08	5.88	6.68	7.49	8.31	9.21	9.68	10.21	10.78	11.45		
435.74	435.25	1.67	2.58	3.46	4.28	5.10	5.90	6.70	7.52	8.34	9.25	9.73	10.26	10.85			
435.24	434.75	1.67	2.59	3.47	4.29	5.11	5.92	6.73	7.54	8.38	9.29	9.77	10.31	10.91			
434.74	434.25	1.67	2.60	3.48	4.31	5.13	5.94	6.75	7.57	8.41	9.33	9.82	10.36	10.98			
434.24	433.75	1.67	2.61	3.49	4.32	5.14	5.96	6.77	7.60	8.44	9.37	9.86	10.41	11.04			
433.74	433.25	1.67	2.62	3.51	4.34	5.16	5.98	6.80	7.63	8.48	9.41	9.91	10.47	11.11			
433.24	432.75	1.67	2.62	3.52	4.35	5.18	6.00	6.82	7.65	8.51	9.44	9.96	10.52	11.18			
432.74	432.25	1.67	2.63	3.53	4.37	5.19	6.02	6.84	7.68	8.54	9.48	10.00	10.57	11.24			
432.24	431.75	1.67	2.64	3.54	4.38	5.21	6.04	6.86	7.71	8.57	9.52	10.05	10.62	11.31			
431.74	431.25	1.67	2.65	3.55	4.40	5.22	6.06	6.89	7.73	8.61	9.56	10.09	10.67				
431.24	430.75	1.67	2.66	3.56	4.41	5.24	6.08	6.91	7.76	8.64	9.60	10.14	10.72				
430.74	430.25	1.67	2.67	3.57	4.42	5.26	6.10	6.93	7.79	8.67	9.65	10.19	10.79				

流量には機器用冷却水
0.008 m³/sを含む

資料 3:各発電所 魚道放流量計算

波木井発電所 魚道放流量計算

魚道流入部構造図



換算式 「山海堂 魚道の設計」 P304 より引用

$$Q = 0.61 \times 3.0 \times H^{3/2} \times \sqrt{\quad} \quad (9.8)$$

Q : 流量 (m³/s)

H : 越流水深 (m)

H = h - 越流標高

h : 取水口水位 (m)

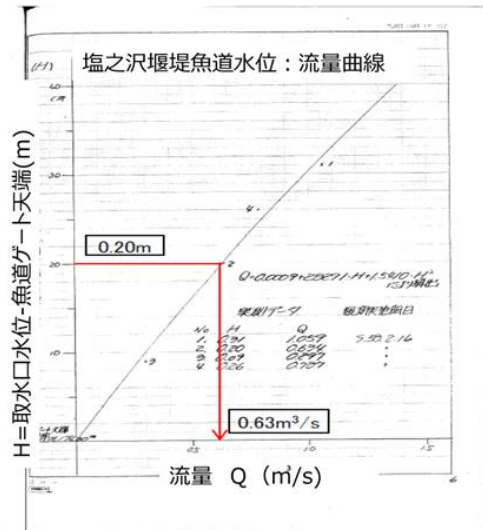
越流標高 : 261.30 (m)

富士川第一発電所 魚道放流量計算

(平成 26 年 3 月 31 日に許可をいただいた水利使用許可申請書の添付図書

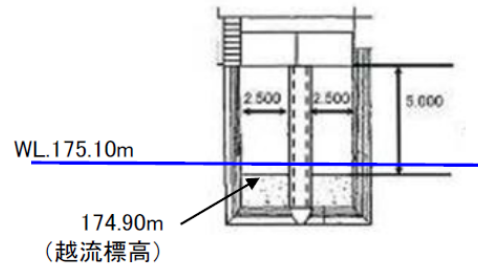
「富士二河川維持流量検討及び放流状況確認報告書」より一部抜粋)

魚道の放流量(理論計算および観測値)



上のグラフは、流量観測報告書(昭和59年2月)を一部抜粋したグラフで、昭和58年2月16日に実施した実測結果に基づいて作成した、水位-流量曲線グラフである。その結果、流量Q(m³/s)と越流水深H(m)との関係式 $Q = 0.0009 + 2.8291H + 1.5410H^2$ が得られた。

魚道流入部構造図



換算式

$$Q = 0.0009 + 2.8291 \times H + 1.5410 \times H^2$$

Q : 流量 (m³/s)

H : 越流水深 (m)

H = h - 越流標高

h : 取水口水位 (m)

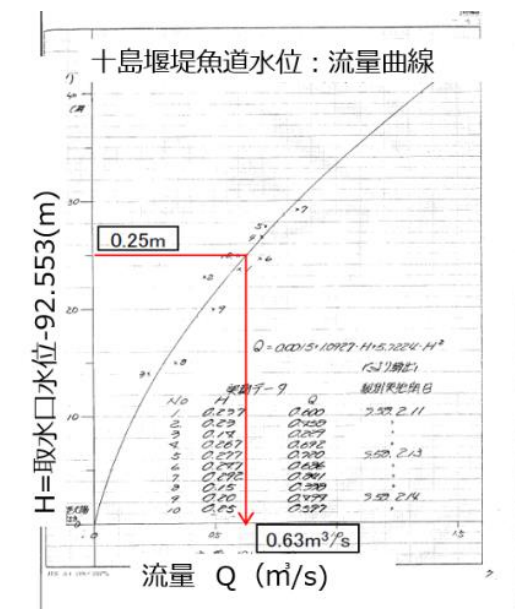
越流標高 : 174.90 (m)

富士川第二発電所 魚道放流量計算

(平成 26 年 3 月 31 日に許可をいただいた水利使用許可申請書の添付図書

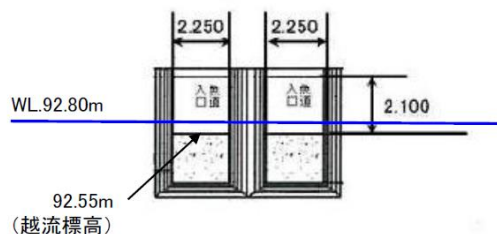
「富士二河川維持流量検討及び放流状況確認報告書」より一部抜粋)

魚道の放流量(理論計算および観測値)



上のグラフは、流量観測報告書(昭和59年2月)を一部抜粋したグラフで、昭和58年2月11～14日に実施した実測結果に基づいて作成した、水位－流量曲線グラフである。
その結果、流量 Q (m^3/s)と越流水深 H (m)との関係式 $Q=0.0015+1.0927H+5.7224H^2$ が得られた。

魚道流入部構造図



換算式

$$Q=0.0015+1.0927 \times H+5.7224 \times H^2$$

Q : 流量 (m^3/s)

H : 越流水深 (m)

$H=h$ - 越流標高

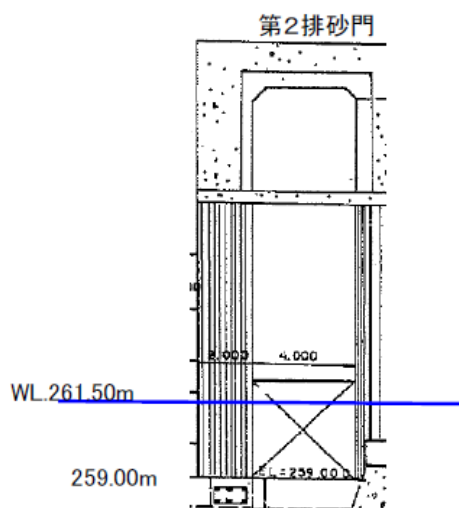
h : 取水口水位 (m)

越流標高 : 92.55 (m)

資料 4:各発電所 土砂吐きゲート放流量計算

波木井発電所 土砂吐きゲート放流量計算

土砂吐きゲート構造図



換算式 「土木学会 水理公式集」P276 より引用

$$Q = C \times A \times B \times \sqrt{(2 \times 9.8 \times H)}$$

Q: 流量 (m³/s)

C: 流出係数

$$0.683542 \quad (A < 0.05)$$

$$0.597486 \quad (A \geq 0.05)$$

A: ゲート開度 (m)

B: ゲート幅 (m)

(No.1 ゲート : 5.0m、No.2 ゲート 4.0m)

H: 水深 (m)

H=h-ゲート敷高

h: 取水口水位 (m)

ゲート敷高: No.1 ゲート : 258.55 (m)

: No.2 ゲート : 259.00 (m)

(No.2 ゲートにおける流量計算)

灌漑期 (ゲート開度 0.047(m)) における流量 Q (m³/s)

$$Q = C \times A \times B \times \sqrt{(2 \times 9.8 \times H)}$$

$$= 0.683542 \times 0.047 \times 4.0 \times \sqrt{(2 \times 9.8 \times (261.50 - 259.00))}$$

$$= 0.899 \div 0.90 \text{ m}^3/\text{s}$$

非灌漑期 (ゲート開度 0.027(m)) における流量 Q (m³/s)

$$Q = C \times A \times B \times \sqrt{(2 \times 9.8 \times H)}$$

$$= 0.683542 \times 0.027 \times 4.0 \times \sqrt{(2 \times 9.8 \times (261.50 - 259.00))}$$

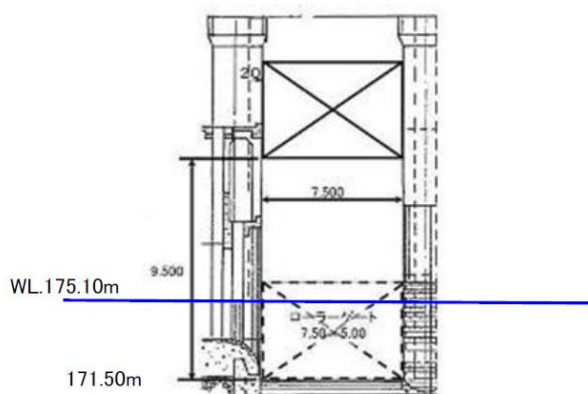
$$= 0.516 \div 0.50 \text{ m}^3/\text{s}$$

富士川第一発電所 土砂吐きゲート放流量計算

(平成 26 年 3 月 31 日に許可をいただいた水利使用許可申請書の添付図書

「富士二河川維持流量検討及び放流状況確認報告書」より一部抜粋)

土砂吐きゲート構造図



換算式

$$Q = C \times a \times L \times \sqrt{2 \times 9.8 \times (H - 171.50)}$$

Q: 流量 (m³/s)

C: 流出係数 (=0.59)

a: 開度 (m)

L: ゲート幅 (m) (=7.5)

H: 標高 (m)

灌漑期 (ゲート開度 0.118(m)) における流量 Q (m³/s)

$$\begin{aligned} Q &= C \times a \times L \times \sqrt{2 \times 9.8 \times (H - 171.50)} \\ &= 0.59 \times 0.118 \times 7.5 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times (175.10 - 171.50)} \\ &= 4.386 \div 4.37 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

非灌漑期 (ゲート開度 0.064(m)) における流量 Q (m³/s)

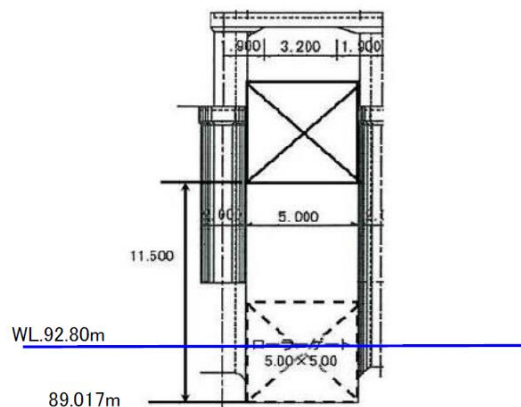
$$\begin{aligned} Q &= C \times a \times L \times \sqrt{2 \times 9.8 \times (H - 171.50)} \\ &= 0.59 \times 0.064 \times 7.5 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times (175.10 - 171.50)} \\ &= 2.378 \div 2.37 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

富士川第二発電所 土砂吐きゲート放流量計算

(平成 26 年 3 月 31 日に許可をいただいた水利使用許可申請書の添付図書

「富士二河川維持流量検討及び放流状況確認報告書」より一部抜粋)

土砂吐きゲート構造図



換算式

$$Q = C \times a \times L \times \sqrt{2 \times 9.8 \times (h - 89.017)}$$

Q: 流量 (m³/s)

C: 流出係数 (=0.54)

a: 開度 (m)

L: ゲート幅 (m) (=5.0)

h: 取水口水位 (m)

灌漑期 (ゲート開度 0.188(m)) における流量 Q (m³/s)

$$Q = C \times a \times L \times \sqrt{2 \times 9.8 \times (h - 89.017)}$$

$$= 0.54 \times 0.188 \times 5.0 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times (92.80 - 89.017)}$$

$$= 4.370 \div 4.37 \text{ m}^3/\text{s}$$

非灌漑期 (ゲート開度 0.102(m)) における流量 Q (m³/s)

$$Q = C \times a \times L \times \sqrt{2 \times 9.8 \times (h - 89.017)}$$

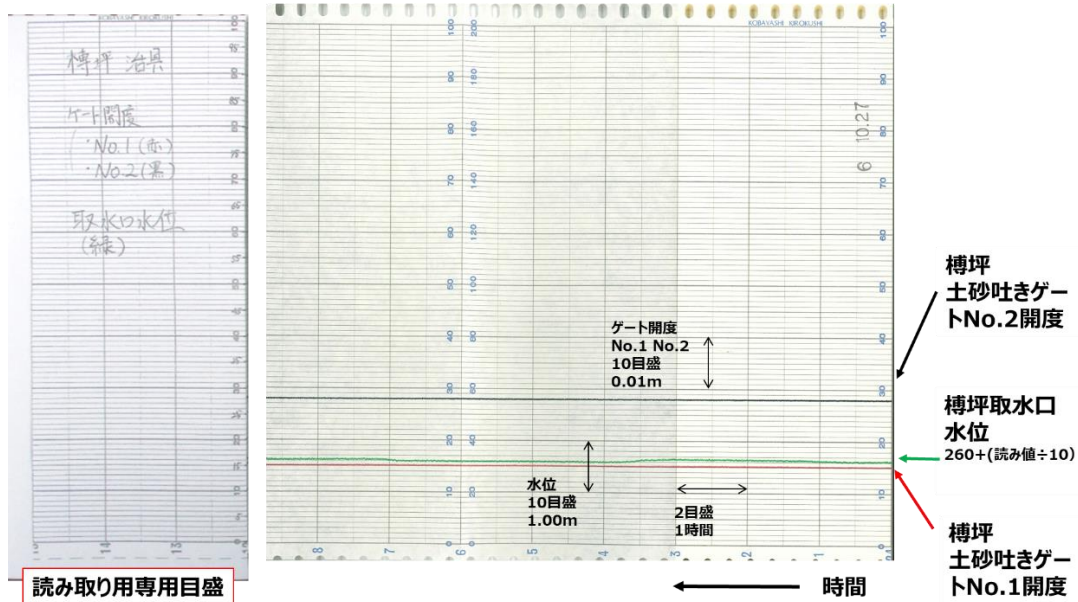
$$= 0.54 \times 0.102 \times 5.0 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times (92.80 - 89.017)}$$

$$= 2.371 \div 2.37 \text{ m}^3/\text{s}$$

資料 5:各発電所 チャート記録紙、読み取り用の専用目盛

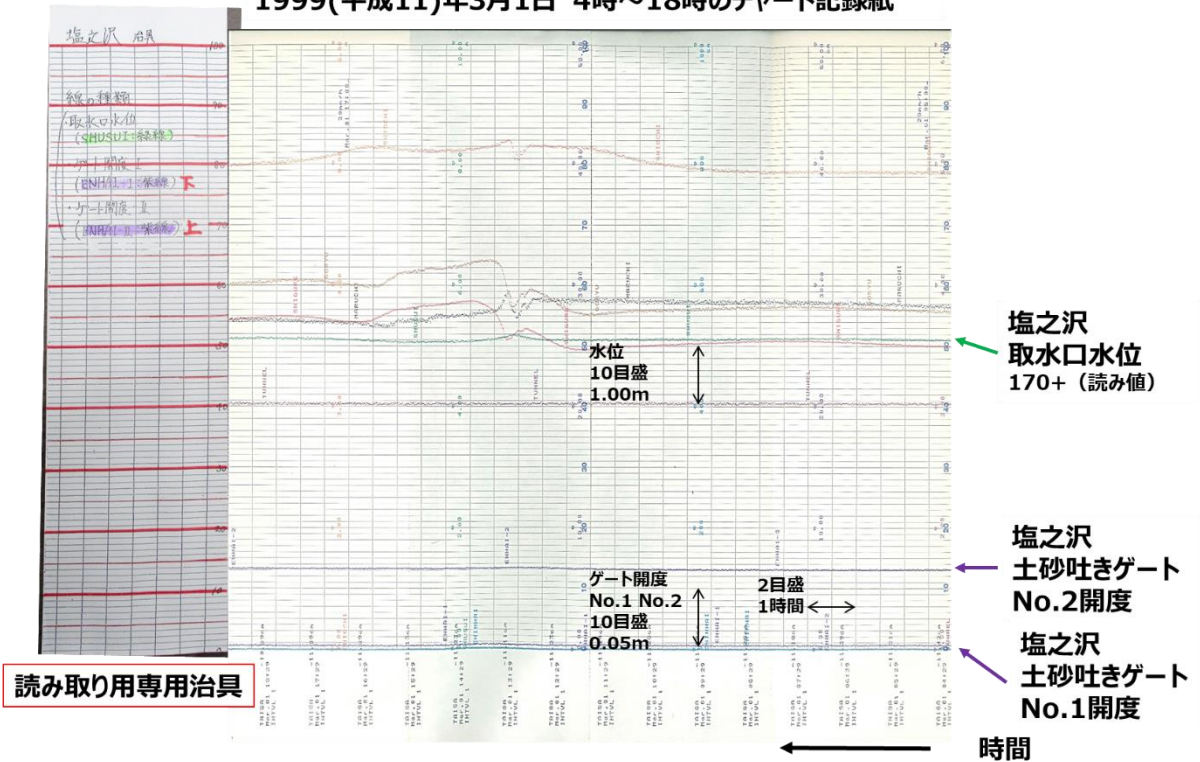
波木井発電所 チャート記録紙、読み取り用の専用目盛

1994(平成6)年10月27日 0時～9時のチャート記録紙



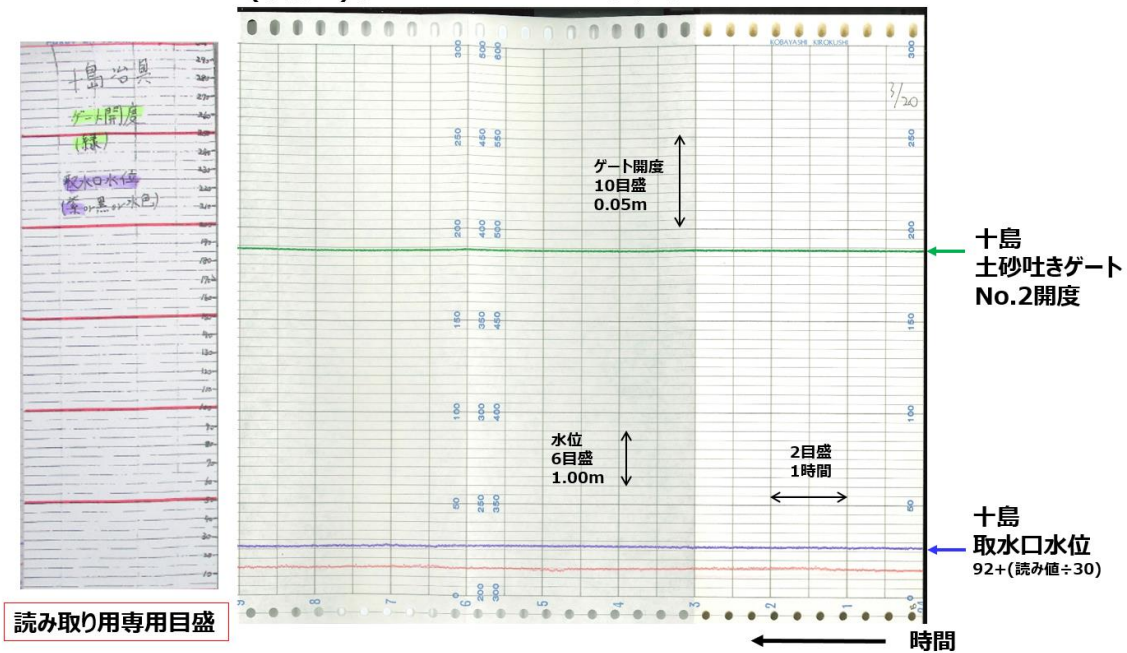
富士川第一発電所 チャート記録紙、読み取り用の専用目盛

1999(平成11)年3月1日 4時～18時のチャート記録紙



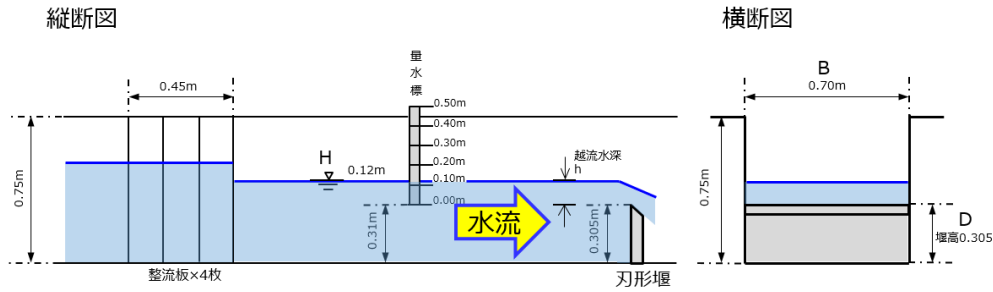
富士川第二発電所 チャート記録紙、読み取り用の専用目盛

2000(平成12)年3月20日 0時~9時のチャート記録紙



資料 6: 佐野川発電所 流量観測設備の流量計算

佐野川発電所 刃型堰流量計算



換算式 「土木学会 水理公式集」 P243 より引用

$$Q = C \times B \times h^{3/2}$$

$$C = 1.785 + (0.00295/h + 0.237 \times h/D) (1 + \epsilon)$$

Q: 流量 (m³/s)

B: 幅 (m) (=0.7)

D: 水路底面より堰縁までの高さ (m) (=0.305)

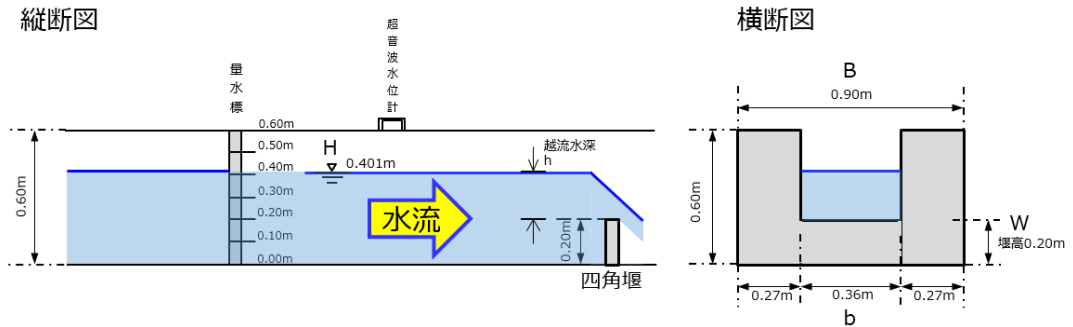
h: 越流水深 (m)

$h = H + 0.005$ (0.005 は量水標設置位置の補正)

H: 量水標の読み値 (m)

ϵ : 補正項 (D ≤ 1m のため $\epsilon = 0$)

佐野川発電所 四角堰流量計算



換算式 「土木学会 水理公式集」 P243 より引用

$$Q = C \times b \times h^{3/2}$$

$$C = 1.785 + 0.00295/h + 0.237 \times h/W - 0.248 \times ((B-b)h/WB)^{1/2} + 0.034(B/W)^{1/2}$$

Q: 流量 (m³/s)

b: 切欠きの幅 (m) (=0.36)

C: 流量係数 (m^{1/2}/s)

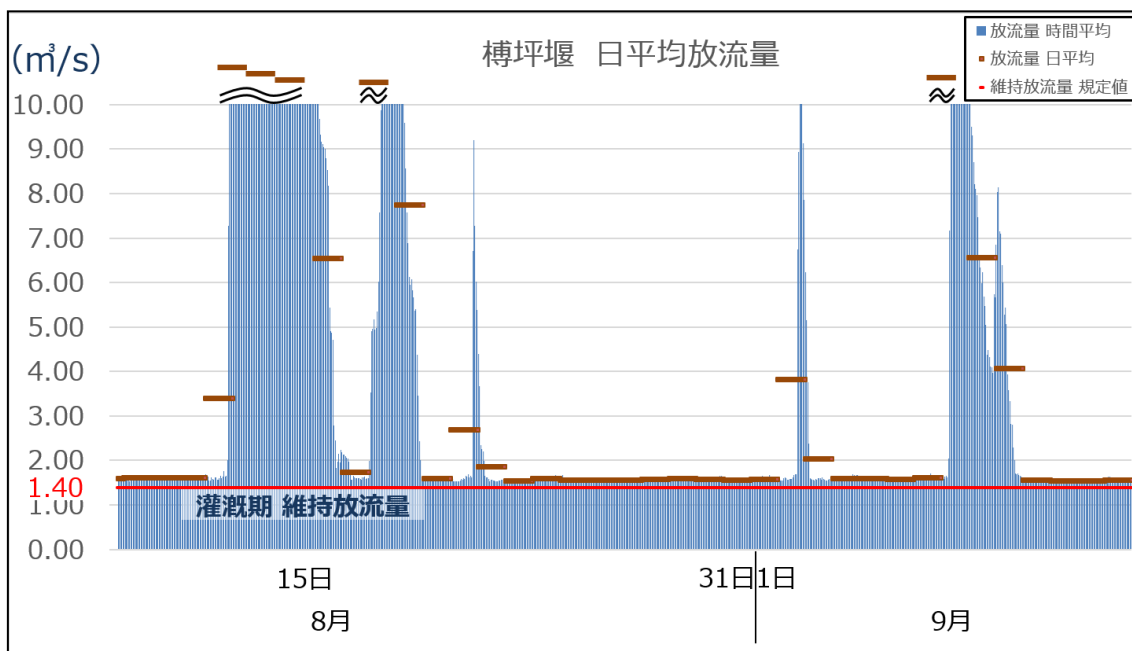
B: 水路の幅 (m) (=0.9)

W: 水路底面より切欠き下縁までの高さ (m) (=0.2)

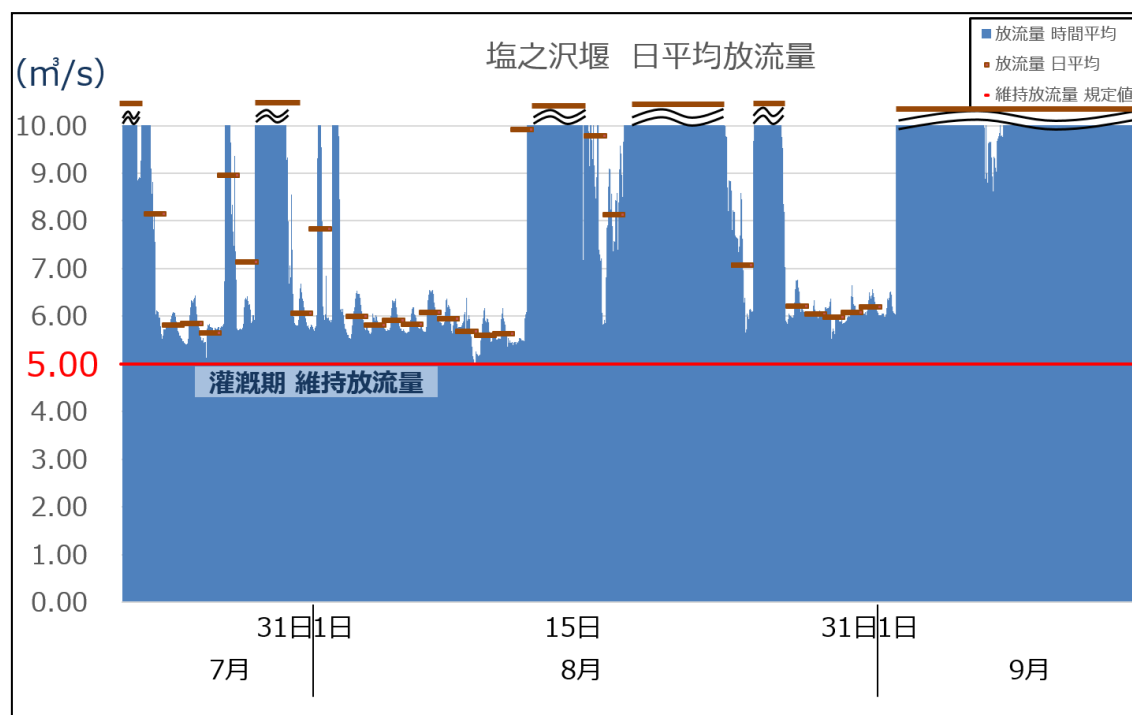
h: 越流水深 (m) $h = H - 0.20$ (量水標設置位置の補正) H: 量水標読み値 (m)

資料 7:各発電所 日平均放流量(2022(令和 4)年)

樽坪堰 日平均放流量 (2022 (令和 4) 年)



塩之沢堰 日平均放流量 (2022 (令和 4) 年)



十島堰 日平均放流量 (2022 (令和 4) 年)

