

IEA 水力実施協定 ANNEX 11 水力発電設備の更新と増強
第二次事例収集（詳細情報）

事例のカテゴリーとキーポイント

Main : 1-f) 環境保全及び改善

Sub : 2-c) 土木建築分野の技術革新、適用拡大、新材料

プロジェクト名 : 西吉野第一・第二発電所 表面取水設備及び清流バイパス増設工事
 国、地域 : 日本、奈良県
 プロジェクトの実施機関 : 電源開発株式会社
 プロジェクトの実施期間 : 2007年～2011年
 更新と増強の誘因 : (B)環境劣化
 キーワード : 濁水対策、表面取水設備、清流バイパス

要旨

近年の大規模出水において、猿谷貯水池の濁水長期化問題が顕在化し、特に平成16年度は相次ぐ台風等による出水により6月から約半年間に亘り、紀の川および支流丹生川にて濁水が継続したことから、猿谷貯水池からの分水停止にまで議論が発展した。そのため、地元・関係行政および関係機関と協議を重ねた結果、濁水軽減対策として、紀の川に対しては、濁水長期化の大本である猿谷貯水池にて取水口に表面取水設備を設置し、また、丹生川の黒淵ダム下流減水区間に対しては、西吉野第一発電所放水口より上流の調整池流入部を取水口とした清流バイパスを設置することとなった。

1. プロジェクト地点の概要（改修前）

西吉野第一および西吉野第二発電所は、十津川・紀ノ川総合開発事業の一環として新宮川水系の上流に猿谷ダム（高さ73.2m、コンクリート重力式）を築造し、導水路トンネル（延長9,613.5m）により紀ノ川水系丹生川に流域変更し、奈良・和歌山県両県に跨る灌漑・上水道・工業用水として利用する分水事業に発電事業として参画したものである。この流域変更によって生じる落差231.3mを利用する西吉野第一発電所（最大出力33,000kW）と、その下流1.1kmの地点に黒淵ダム（高さ13.5m、コンクリート重力式）を設け、西吉野第一発電所の使用水量（最大16.7m³/s）に丹生川の自流を加え、導水路トンネル（延長4,994.4m）を経て、この間の落差77.4mを利用する西吉野第二発電所（最大出力13,100kW）の合計最大出力46,100kWで、年間発生電力量約1億6,300万kWhの発電を行っている。

なお、西吉野第一発電所の発電設備のうち、猿谷ダム、猿谷貯水池、川原樋川支水路、阪本取水口および導水路の一部は、国土交通省と電源開発(株)との共有施設となっており、管理区分は猿谷ダム・貯水池および川原樋川支水路が国土交通省、阪本取水口および導水路が電源開発(株)となっている。

発電所の諸元を表-1に、発電所位置図、流域概要図および河川縦断図を、図-1、2および3に示す。

表-1 発電所諸元

	西吉野第一発電所	西吉野第二発電所
運転開始	昭和 31 年 11 月	昭和 30 年 9 月
発電方式	ダム水路式	ダム水路式
許可出力	33,000kW (16.7m ³ /s)	13,100kW (20.0m ³ /s)
ダム名 (高さ)	猿谷ダム(73.2m)	黒淵ダム(13.5m)
有効落差	231.3m	77.4m
有効容量	17,300 千 m ³	106 千 m ³



図-1 発電所位置図



図-2 流域概要図

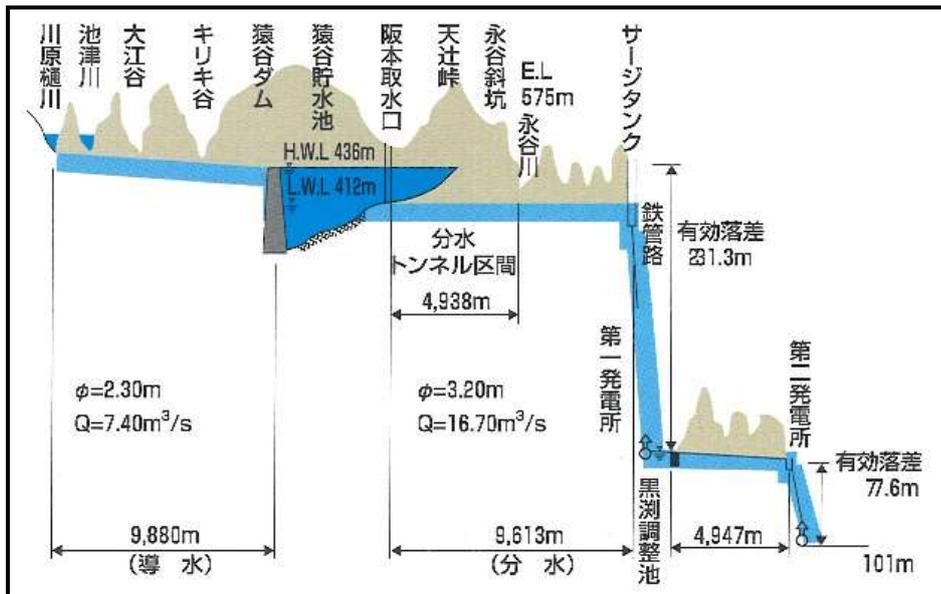


図-3 河川縦断面図

2. プロジェクト（更新/増強）の内容

2.1 誘因と促進要因（具体的なドライバー）

①状態、性能、リスクの影響度等

(B)-(b) 環境劣化・河川環境の改善

猿谷ダムは、紀ノ川用水（農業用水）への補給並びに水力発電を目的として建設され、その猿谷貯水池（十津川筋）より西吉野第一発電所を経由して黒淵調整池（丹生川）に分水し、そこで一旦貯留した後、更に西吉野第二発電所を経由して丹生川へ放水している。このため、猿谷貯水池の濁水が長期化すると黒淵ダムからの河川維持流量も長期間に亘り濁水が流れることになる。

平成13年、16年の相次ぐ大規模出水により、約半年間に亘り濁水が長期化した。これにより減水区間の河川環境が悪化し、地元関係者より強い改善要求を受けることとなった。そのため、地元・関係行政および関係機関と協議を重ねた結果、濁水軽減対策として、西吉野第一発電所阪本取水口に表面取水設備を、また、黒淵ダムを迂回するルートで清流バイパスを設置することとなった。なお、清流バイパスは、濁水が長期化した場合に、猿谷貯水池からの分水が放流される西吉野第一発電所放水口よりも上流（黒淵調整池流入部）の丹生川で直接取水し、既設の河川維持流量放流設備に代わり黒淵ダム直下に清水を流下させる設備である。

表面取水設備の主要諸元を表-2、全体図を図-4に、清流バイパスの主要諸元を表-3、平面図を図-5、縦断面図を図-6に示す。

表-2 表面取水設備の主要諸元

形 式	鋼製 3 段式ローラゲート (保安ゲート付) 1 門
取 水 範 囲	HWL436.000~WL422.000 (表面取水範囲)
扉 体 寸 法	純径間 5.000m×扉高 25.75m
敷 高	EL405.850m
開 閉 装 置	電動・ワイヤロープ巻取方式 (上・下段扉用各 1 台)
揚 程	取水時 14.0m、点検時 22.136m
取 水 量	最大 16.7m ³ /s
取 水 深	3.4m
設 計 水 深	3.0m、操作水深 1.0m
水 密 方 式	前面 3 方ゴム水密
付 帯 設 備	休止装置

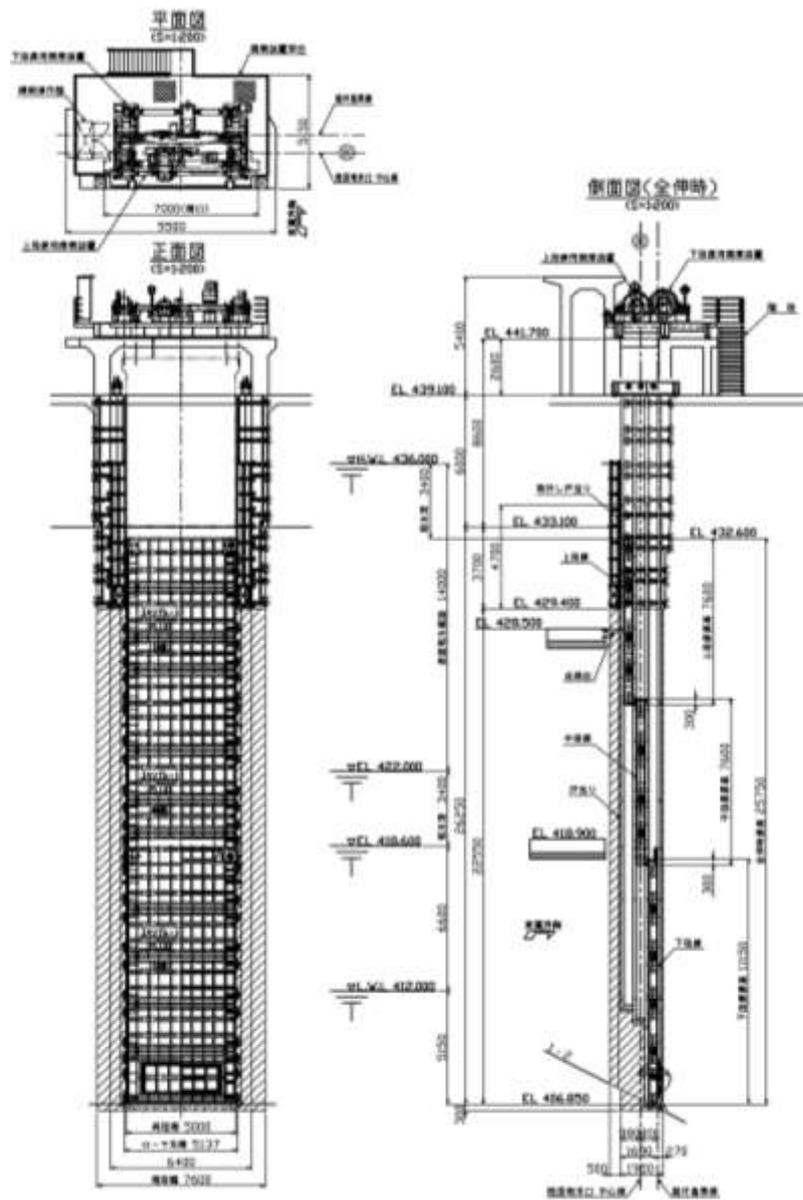


図-4 表面取水設備 全体図

表-3 清流バイパス設備 主要諸元

項目	仕様
取水方式	自然流れ込み方式
水路設備	延長：約 400m 内径：0.4m 高低差：約 8m 管路：高密度ポリエチレン管 放流量：0.3m ³ /sec
取水設備	鋼製ゲート 1 門
放水設備	鋼製ゲート 1 門、仕切り弁 1 基

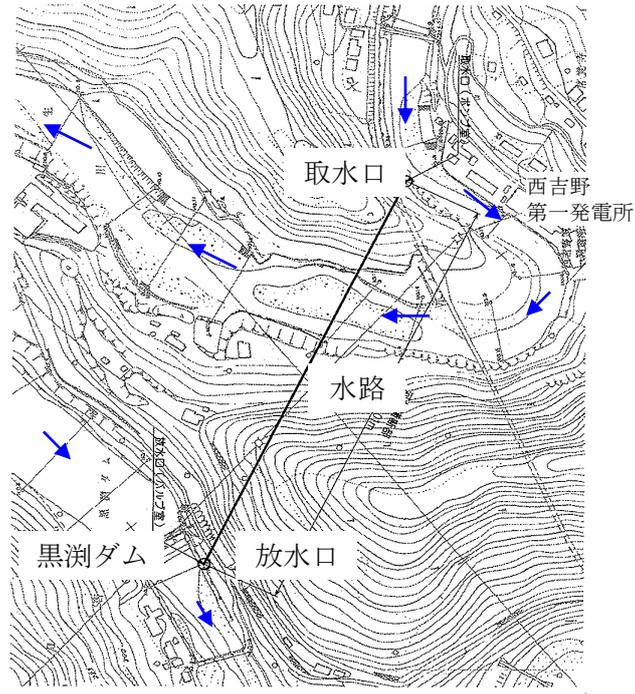


図-5 清流バイパス平面図

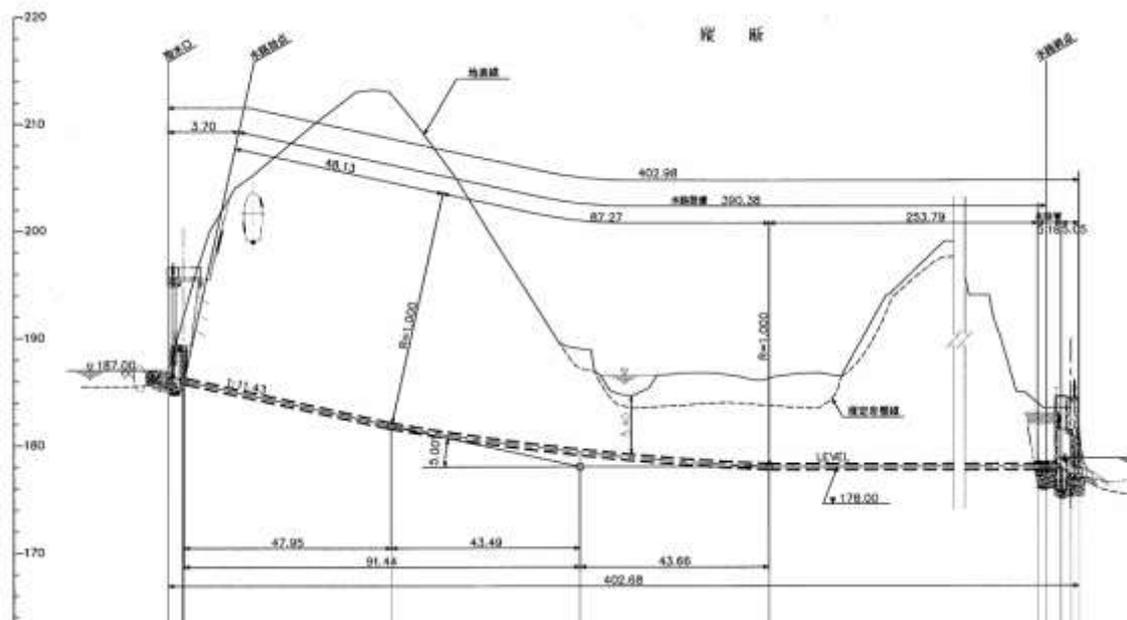


図-6 清流バイパス縦断図

- ② 価値（機能）の向上
（該当なし）
- ③ 市場における必要性
（該当なし）

2.2 経緯

1955.9	西吉野第二発電所（既設）の運開
1956.11	西吉野第一発電所（既設）の運開
2007.10	清流バイパス工事着工
2009.2	阪本取水口表面取水設備設置工事着工
2009.3	清流バイパス工事竣工
2011.5	阪本取水口表面取水設備設置工事完了

2.3 内容（詳細）

1- f) 環境保全及び改善 – 環境保全に関する社会的要請及び規制

(1) 表面取水設備

西吉野第一発電所は、下流への農業用水供給の義務から、猿谷貯水池からある一定量の取水を継続しながら濁水を軽減させる必要があり、表面取水方式を採用した場合、西吉野第一発電所放水口からの濁水(20ppm 以上)継続日数が半分以下に減少し、土粒子河川流出量についても、70%以上減少するなど、濁水長期化等の問題に対して、相当の効果が発揮できるものと判断した。

(2) 清流バイパス

本清流バイパスは、猿谷貯水池からの分水が放流される西吉野第一発電所の放水口よりも上流（黒淵調整池流入部）の丹生川から取水できるため、猿谷貯水池の濁水が長期化した場合には、既設の河川維持流量放流設備から本バイパス設備に切り替えて、丹生川上流の清水をそのまま黒淵ダム直下に流下させることにより、分水による濁水長期化の低減を図るものである。

清流バイパスによる濁水長期化低減効果を過去 10 年間(平成 11 年～20 年)で検証してみると、濁度 15ppm 以上の濁水発生期間は、年平均で 60%以上短縮できるという結果となったことから、効果的であると判断した。

2- c) 土木建築分野の技術革新、適用拡大、新材料

(1) 表面取水設備

表面取水設備の据付に先立ち、撤去が必要となった既設戸当りの施工概要をここでは紹介する。

貯水池の制約水位に合せ既設戸当りを、Ⅰ期工事として頂部 EL433.1m～EL420.6m 間を 7 段に分割（左右岸=計 14 ブロック）し、Ⅱ期工事として EL420.6m～底部間を 6 段に分割（左岸=計 12 ブロック）して撤去を実施した。

初めに、既設戸当り金物を分割線に合わせてガウジングにより切断し、続いてコアドリリング+ワイヤーソーイング工法により切断して、約 2.0t 程度のブロックとして電動ホイストにより吊上げ撤去した。コア削孔 1 日当りの施工量は、φ150mm、4.5m/台日×2 台=9m/日（片側）、ワイヤーソーを含めて 1 ブロックを約 5 日で取壊すことができた。

コア削孔時に発生する排水は、下部で受け止め高揚程ポンプで簡易濁水処理設備（5m³/h）へ圧送しSS処理およびPH処理を行った。

施工時の状況を写真-1 から 4 に示す。



写真-1 コア削孔



写真-2 削孔コア吊り上げ



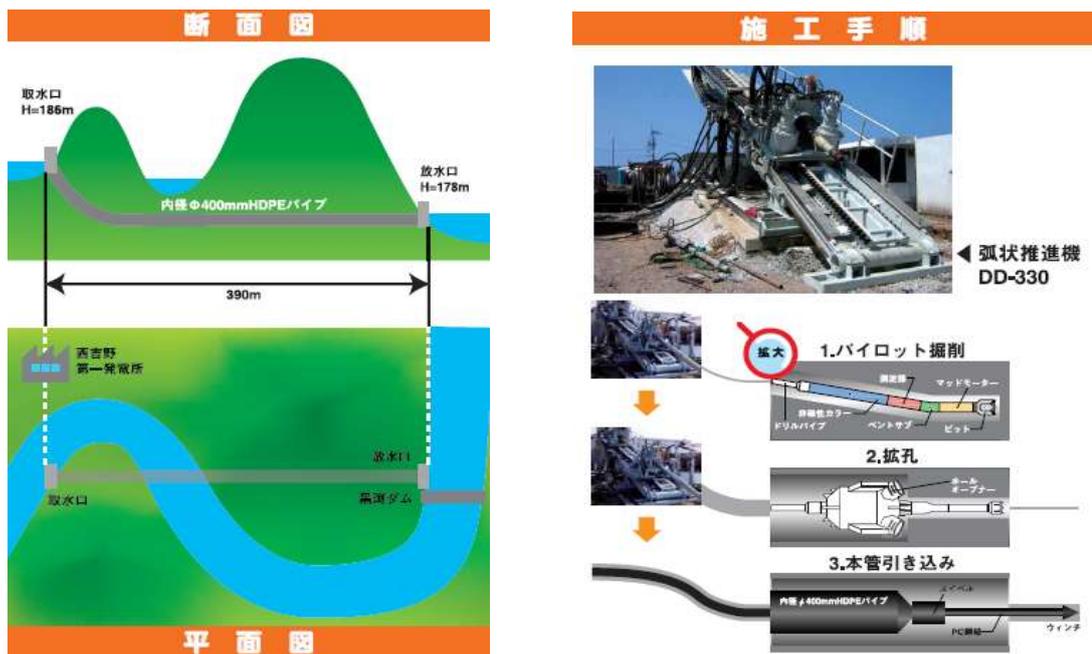
写真-3 ワイヤソー施工



写真-4 ブロック吊り上げ

(2) 清流バイパス

水路の構築にあたっては、他工法よりも工期短縮の可能性のある弧状推進工法を採用した。弧状推進工法では、一次掘削（パイロット掘削）は口径を $\phi 311\text{mm}$ および $\phi 251\text{mm}$ として、上流の取水口から放水口に向かって掘削した後、二次掘削（拡幅）によって最終断面 $\phi 610\text{mm}$ まで拡幅した。弧状推進工法の概要を図-7 に、掘削工法の概要を表-4 に示す。



図

図-7 弧状推進工法の概要（日本海洋掘削(株)資料より転載）

表-4 掘削工法の概要

	セミシールド工法	弧状推進工法
概要	<ul style="list-style-type: none"> 管先端部のセミシールド機にて切羽掘削を行い、反力壁に設置したジャッキにて管を推進する工法。 反力壁の設置のため、立坑必要。 ビット交換より硬岩の施工可能。 	<ul style="list-style-type: none"> 掘削位置制御システムを有する水平掘削機で小口径の孔を掘削後、必要径に拡幅したのち管を引き込む工法。 地表に掘削機を設置するため立坑不要。 ビット交換により硬岩の施工可能。
実績	<ul style="list-style-type: none"> 上下水道等 径 800～3000mm 	<ul style="list-style-type: none"> パイプライン（水道、通信ケーブル等） 径 100～350mm 但し、硬岩実績は 220mm

一方、管路については、施工性の観点では相当の引張強さを有しつつフレキシブルであると同時に、材料としては、耐磨耗性・耐食性・耐久性等を求められるため、高密度ポリエチレン管を採用した。

高密度ポリエチレン管は、取水口に隣接した道路の路肩にて、溶着突合せ接合により全長 420m(10m/単体)を一体化させた後（写真-5 参照）、コロ付架台にて取水口まで移動させ、放水口に設置したジャッキで、管先端に設置した引込用治具と連結させた鋼線を引き寄せながら徐々に全長を挿入し、1日(約 10 時間)で完了した。

なお管引き込み作業中は、孔壁と管路の摩擦衝撃を緩和・保護するため、孔内を泥水で満たし、引き込み完了後は、泥水を抜き、管路内部の変形や異物等の有無を確認するため、ピグ(円筒形の発砲体)を取水口から放水口まで水押しにより通過させて、管路断面の健全性を確認した。また、挿入完了後のパイプ管と地山の空隙には、地山崩落による管損傷の回避および管の振動防止等を目的として、モルタルを充填している。



写真-5 管路引き込み状況

3. プロジェクトの特徴

3.1 好事例としての要素（注目点）

(1) 表面取水設備

本プロジェクトは、既設設備の改造であることに加え、工事工程・貯水池水位などの制約条件の下、主たる作業が取水塔内および周辺に限定された狭隘な環境であったにも係らず、仮設備を含めた施工方法の創意工夫により工事を完了することができた。

(2) 清流バイパス

水力発電所関連施設として採用されることは稀である高密度ポリエチレン管を、水路用材料として採用した。

本清流バイパス工事は、大口径ボーリング機により水平方向かつ弧状に掘削し、更に到達位置の精度も求められているという難度の高いものであった。実施工に際しても、局所的な地質変状などの存在によりパイロット掘削が難航したものの、清流バイパスは完成し、その後の河川環境の改善に寄与している。

3.2 成功の理由

濁水長期化問題が顕在化している地点において、貯水池・調整池を運用・管理する事業者に対する地元からの改善要求は、近年の環境意識の高まりから強まりつつあることに加えて、至近年は大規模出水・豪雨も頻発しており、河川環境改善への対応は事業者としての大きな課題とひとつなっている。

本プロジェクトは、表面取水設備および清流バイパスの設置により、貯水池の濁水長期化問題に対処した事例であるが、この様な設備対応自体はめずらしいものではない。

ただし発電所運開後に増設され、既設との取り合いや貯水池水位運用等の制約条件の下での工事となるが多いため、それらを十分に勘案した設計・施工計画の立案が不可欠となる。本事例の成功の理由は、既設構造物の大部分を流用とした設計条件の下、種々の制約条件を踏まえた検討を実施し、現地施工に反映したことでありといえる。また、地元関係行政および関係機関との協議を重ね、本プロジェクトへの理解を得たことも一因として挙げることができる。

4. 他地点への適用にあたっての留意点

表面取水設備の設置工事期間中、取水塔内をドライの状態に保つため、取水口スクリーン前面に仮締切を設置した。仮締切の天端高さは EL423.0m（扉高 14m）とし、ダム水位制約 EL418.5m として設置作業を実施した。構造は 9 段の鋼製桁式角落しとし、扉間等については、エポキシ樹脂により止水を行うことにより、ほとんど漏水の無い状態を確保することができた。しかしながら、工事期間中の 2 度の出水により貯水が仮締切天端を越流し、内部まで水没し工事工程に大きな影響を及ぼすこととなった。

工事目的物となる設備本体の施工に直接関係する設備については言うまでもないが、工事中の仮設備にも入念な計画立案が不可欠となる。

5. その他（モニタリング、事後評価等）

(1) 清流バイパス

清流バイパス設置後の平成 22 年度～24 年度（10 月現在）までの年度別運用実績は、平成 22 年度が 1 回/年、平成 23 年度が 8 回/年、平成 24 年度が 7 回/年（10 月現在）である。本清流バイパスを通じて黒淵ダム直下に清水を供給することにより、河川環境の改善に寄与している。

(2) 表面取水設備

表面取水設備設置後、効果検証のため、図-8 に示すように、阪本取水口、西吉野第一発電所放水口、西吉野第二発電所放水口および西吉野頭首工の 4 箇所濁度測定を行っている。図-9 に表面取水設備セット前後の濁度と水温の変化を示すが、表面取水設備の運用後に濁度の低下と水温の上昇が明らかに認められ、所期の効果が得られていることが分かる。



図-8 測定位置図

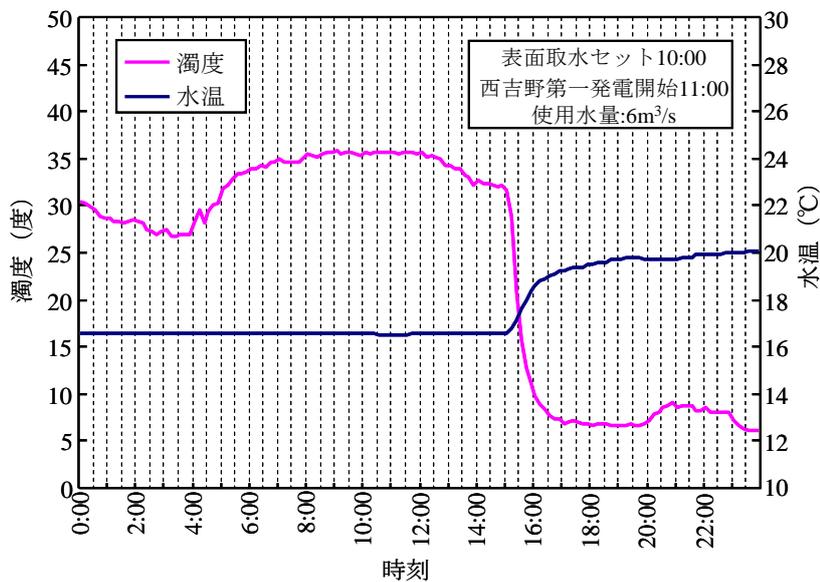


図-9 西吉野第一発電所放水口 濁度・水温変化図

6. 参考情報

6-1 参考文献

- 1) 山本、贅田、若松：「西吉野第二発電所黒淵ダムにおける清流バイパスの計画・設計および施工」、電力土木 No.342、2009.07

6-2 問合せ先

会社名：電源開発(株)

URL: www.jpowers.co.jp