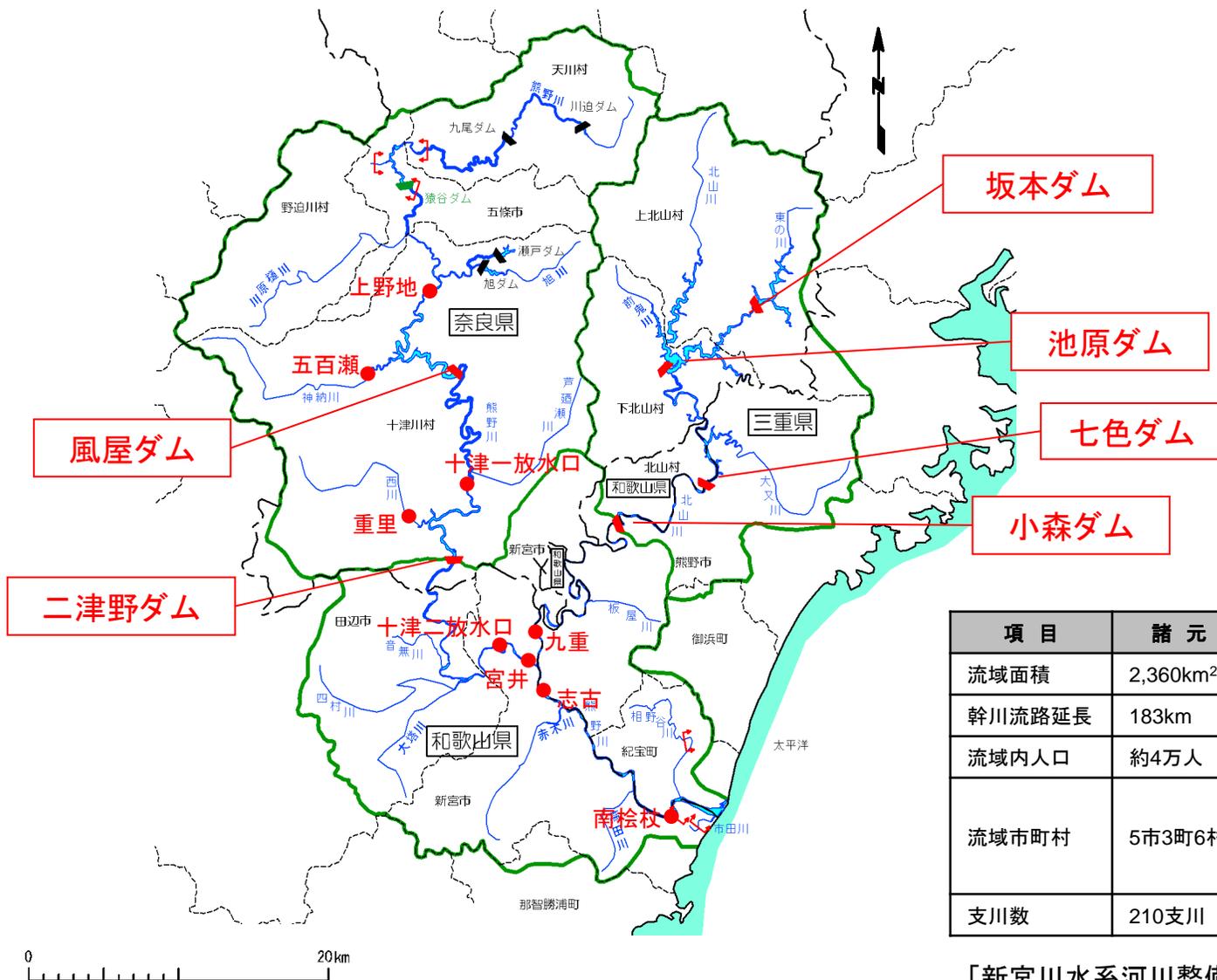


熊野川における濁水長期化軽減対策

電源開発株式会社 西日本支店

1. 新宮川水系の概要
2. 経緯
3. 濁水長期化軽減対策の概要
4. 運用ルールの見直しの概要
5. 濁水長期化軽減対策の効果
6. 今後の運用について

1. 新宮川水系の概要



■流域面積

二津野ダム上流域	1,016 (801) km ²
小森ダム上流域	641 (564) km ²
ダム下流域	703 km ²
合計	2,360 (2,068) km ²

※()内は猿谷ダム、坂本ダムの流域を含まない流域面積（分水を考慮）

凡例

—	熊野川流域
—	ダム流域
■	基準地点
●	主要地点
▼	電源開発(株) 管理ダム
▼	国土交通省 管理ダム
▼	関西電力(株) 管理ダム
—	県界
—	市町村界
↑ ↑	直轄管理区域

項目	諸元	備考
流域面積	2,360km ²	全国26位 / 109水系
幹川流路延長	183km	全国14位 / 109水系
流域内人口	約4万人	
流域市町村	5市3町6村	奈良県 : 五條市、天川村、野迫川村、十津川村、下北山村、上北山村 和歌山県 : 田辺市、新宮市、那智勝浦町、北山村 三重県 : 尾鷲市、熊野市、御浜町、紀宝町
支川数	210支川	



2. 経緯

経緯(1)

- ✓ 昭和42(1967)年代後半から濁水問題が顕在化して以降、当社は、濁水長期化軽減対策として、昭和51(1976)年に風屋ダムに表面取水設備(旧)を設置し、昭和52(1977)年から運用を開始した。
- ✓ 昭和60(1985)年の十津川第一・第二発電所の水利権更新に伴い、流域市町村で構成される「新宮川水系対策連合会」(現在の「熊野川流域対策連合会」(以下、『熊対連』))と濁水長期化軽減に係る対策を約する確約書を締結した。
- ✓ 昭和62(1987)年、確約書に基づき、発電およびダム運用による濁水の早期排出および表面取水設備の効果的な運用ルールを定めた。
- ✓ 平成13(2001)年、熊野川を「紀伊山地の霊場と参詣道」として平成16(2004)年に世界遺産登録を目指す和歌山県他より、実効性のある濁水長期化軽減対策を求める要望書が出され、平成14(2002)年に発電運用、表面取水設備(旧)運用を改善した運用ルール(H14ルール)に改正した。
- ✓ H14ルールの運用により、平成14(2002)年～平成22(2010)年は一定の効果をもたらしたものの、平成23(2011)年9月の紀伊半島大水害によりダム上流域で大規模崩落が多数発生したことにより、出水時の濁質量増加、出水後の高濁度長期化が顕著となるなど、濁水長期化が深刻化した。
- ✓ 平成26(2014)年、十津川第一・第二発電所の水利権更新にあたり、熊対連から出された要望書を踏まえ、風屋貯水池に濁水防止フェンスを設置した。

経緯(2)

- ✓ 大水害後の平成24(2012)年に設立された「熊野川の総合的な治水対策協議会」(以下、『治対協』)に関連し、平成26(2014)年に学識者等による「熊野川濁水対策技術検討会」が設置され、濁水対策に係る技術的な検討によって、流域対策(濁質発生を抑制するための崩壊地対策及び河道内堆積土砂の撤去)、貯水池対策(風屋ダム表面取水設備改造、二津野調整池への濁水防止フェンス設置)、運用改善などの改善策(以下、『対策』)が治対協に示された。平成27(2015)年に治対協の審議を経て、熊対連にて運用ルール(H27ルール)を含む対策の内容が承認された。
- ✓ 平成27(2015)年に二津野調整池へ濁水防止フェンスを設置、平成30(2018)年には風屋ダム表面取水設備改造が完了し、これらを効果的に活用した運用ルール(H30ルール)を開始した(流域対策が完了する令和3(2021)年度まで)。なお、風屋ダム表面取水設備改造工事中の高濁度水流下に起因し、十津川第二放水口濁度50度以上で発電停止することとなった。
- ✓ 令和3(2021)年、H30ルールの今後の運用について治対協で審議された。その結果、十津川第二放水口濁度50度以上で発電停止する運用見直しの早期実現を要望する意見がある一方、国・県が実施する流域対策が完了していないこと等を踏まえ、未だ平成23年の紀伊半島大水害前の濁度状態まで回復していると言うには検証が足りないとの意見があり、運用見直しには至っていない。引き続き、今年1年のデータも加えた上で整理・分析を行い説明・協議を行うこととなった。

3. 濁水長期化軽減対策の概要

対策の概要

濁水防止フェンスの設置

- 出水時におけるフェンス下流の清水分画・温存
- 貯水池・調整池下層への濁水誘導 等



運用ルールの見直し

- 濁水早期排出・清水貯留期間の変更
- 左岸支川清水の活用
- 十津川第二発電所の出力制約

風屋ダム取水口(表面取水設備)改造

- よりきれいな水を取水(取水深、ゲート移動範囲の変更)
- 壊れにくくする(ゴムシート式から鋼製へ変更)



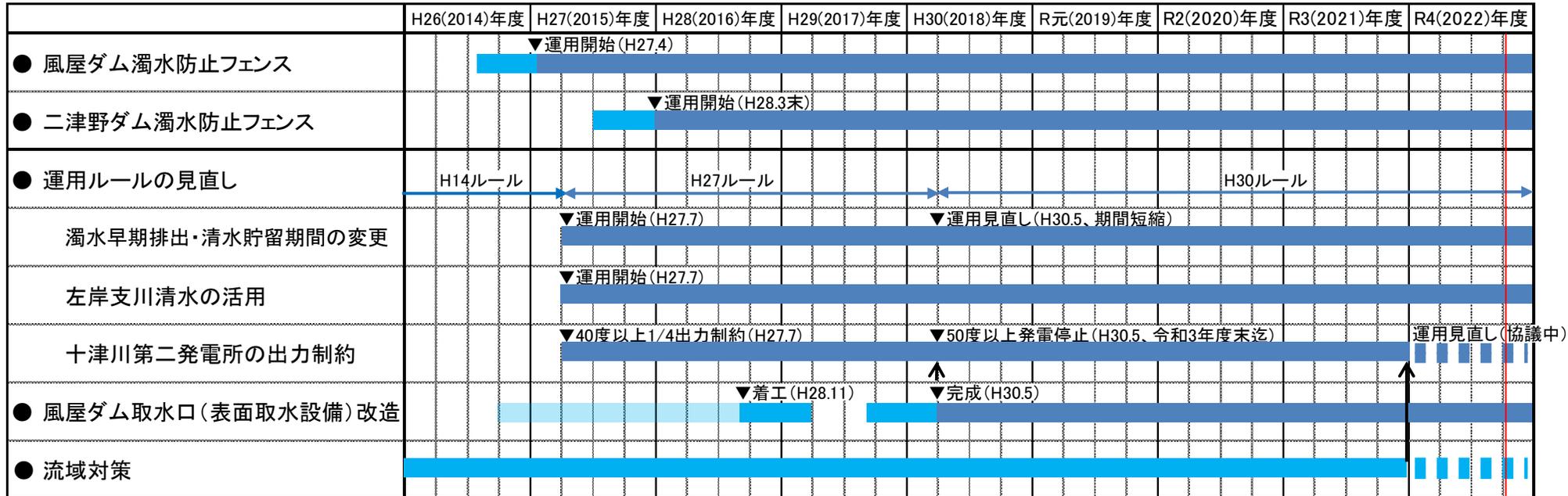
流域対策(国・県が実施)

- 土砂流出防止等を目的とした治山・砂防事業

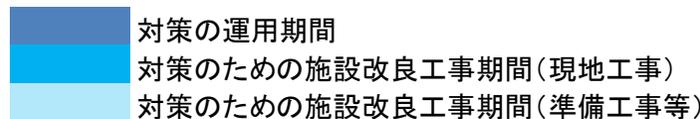
3. 濁水長期化軽減対策の概要

対策のスケジュール

- 当社対策のうち、風屋・二津野ダム濁水防止フェンスの設置、風屋ダム取水口（表面取水設備）改造は、平成30（2018）年5月までに予定どおり完了し、運用中。
- また、運用ルールの見直しは、十津川第二発電所の出力制約の検証方法を関係者と協議中。
- 国・県の流域対策は、当初予定の令和3（2022）年度末時点で未完了であり、令和4（2022）年度以降も継続して実施される予定。



※PDCAサイクルを継続的に実施



4. 運用ルールの見直しの概要

濁水早期排出・清水貯留期間の変更

● H14ルール

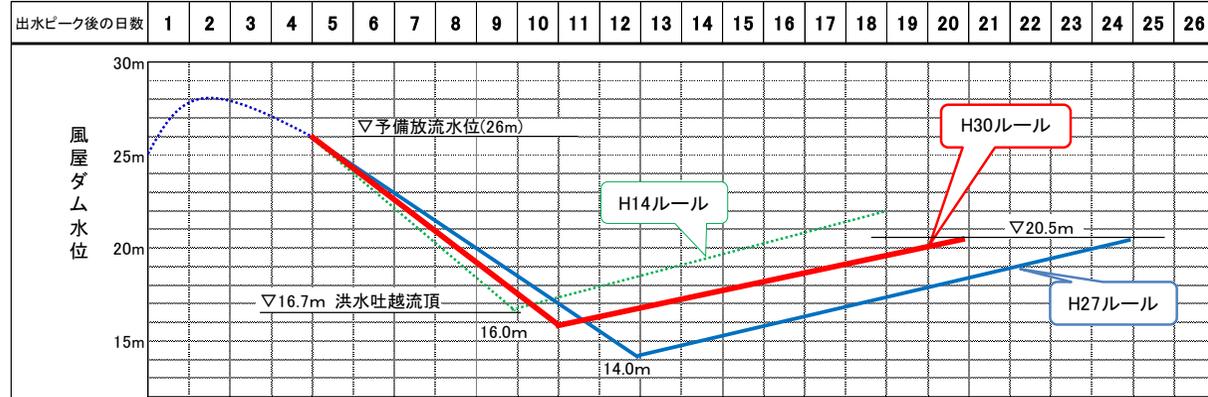
「紀伊山地の霊場と参詣道」の世界遺産登録推進のための和歌山県他要望等を踏まえ、濁水早期排出期間、清水貯留期間をそれぞれ出水終了翌日から約5日、約9日と設定

● H27ルール

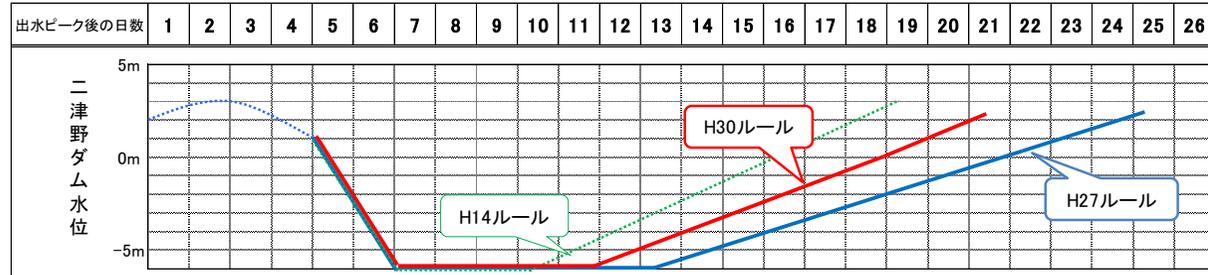
平成23年台風12号出水後(～H26)の風屋ダムへの濁質増加(期間・量)に伴い、風屋ダム・二津野ダムの濁水早期排出期間、清水貯留期間をそれぞれ3日間延長

● H30ルール

平成27～29年の風屋ダム・二津野ダムへの濁質減少(期間・量)および風屋ダム取水口(表面取水設備)改造に伴い、濁水早期排出期間、清水貯留期間をそれぞれ2日間短縮



H14ルール	出水期間	濁水早期排出(約5日間)	発電停止及び清水貯留(約9日間)	通常運用(表面取水)
H27ルール		濁水早期排出(約8日間)	発電停止及び清水貯留(約12日間)	通常運用(表面取水)
H30ルール		濁水早期排出(約6日間)	発電停止及び清水貯留(約10日間)	通常運用(表面取水)



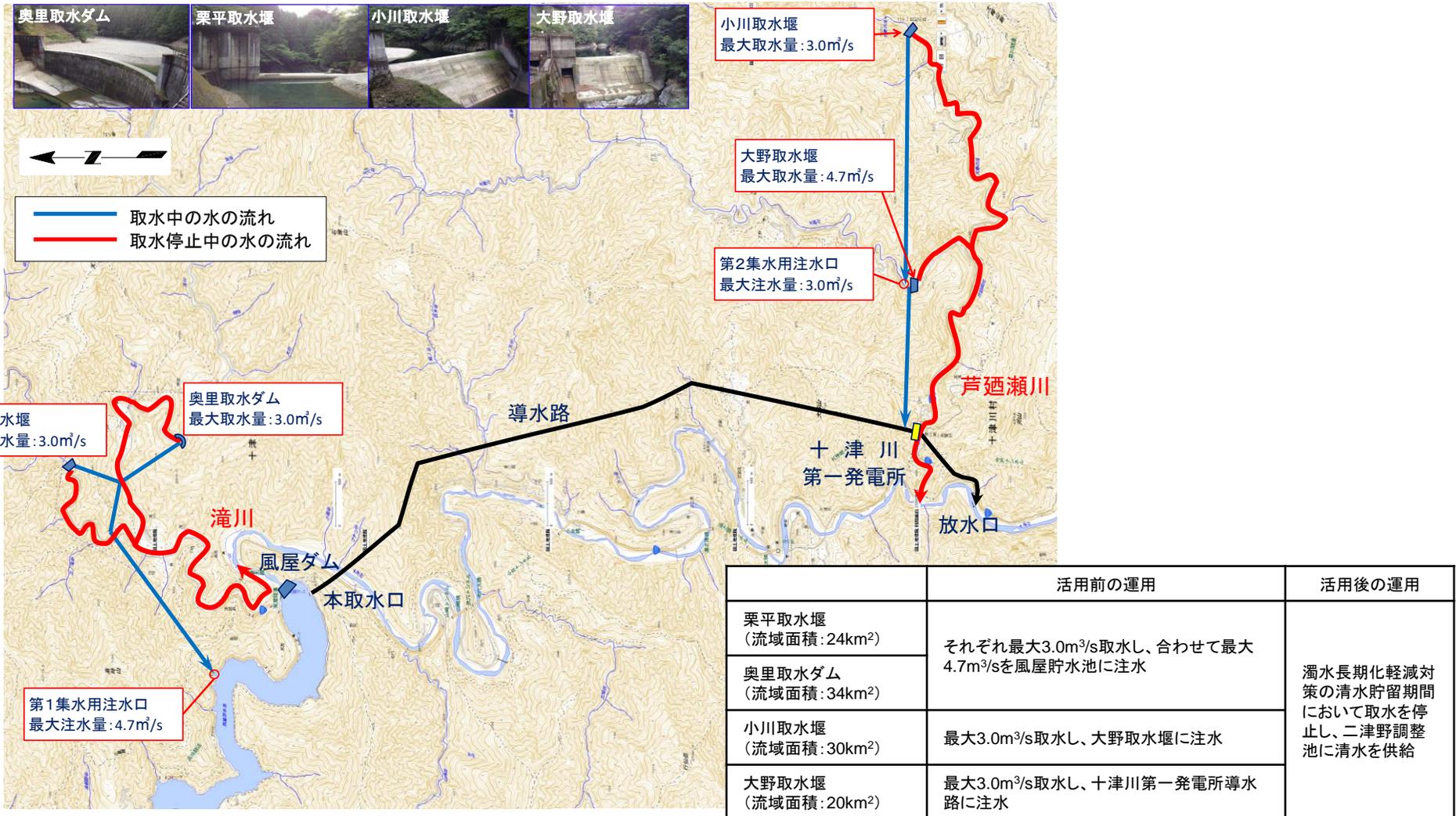
H14ルール	出水期間	発電停止(最大14日間)	通常運用
H27ルール		濁水早期排出(約5日間) / 清水貯留(約9日間)	通常運用
H30ルール		濁水早期排出(約8日間) / 清水貯留(約12日間)	通常運用
H14ルール	出水期間	発電停止(最大20日間)	通常運用
H27ルール		濁水早期排出(約8日間) / 清水貯留(約12日間)	通常運用
H30ルール		濁水早期排出(約6日間) / 清水貯留(約10日間)	通常運用

※濁水早期排出・清水貯留期間は、濁水状況に応じて適切に変更(二津野ダム清水貯留は上流からの濁水早期排出状況を考慮して風屋ダムより数時間遅れて開始)

4. 運用ルールの見直しの概要

左岸支川清水の活用

左岸支川の滝川および芦廻瀬川は、出水後に比較的速やかに清水となることから、二津野ダム清水貯留期間中に取水(風屋ダムへの注水)を停止し、直接二津野ダムへ清水を供給する。



4. 運用ルールの見直しの概要

十津川第二発電所の出力制約

十津川第二発電所 放水口濁度	H14ルール ～平成26(2014)年	H27ルール 平成27(2015)～ 平成29(2017)年	H30ルール 平成30(2018)～ 令和3(2021)年
～17	フル発電	フル発電	フル発電
17～40	1/2出力運転	1/2出力運転	1/2出力運転
40～50		1/4出力運転	
50～			発電停止

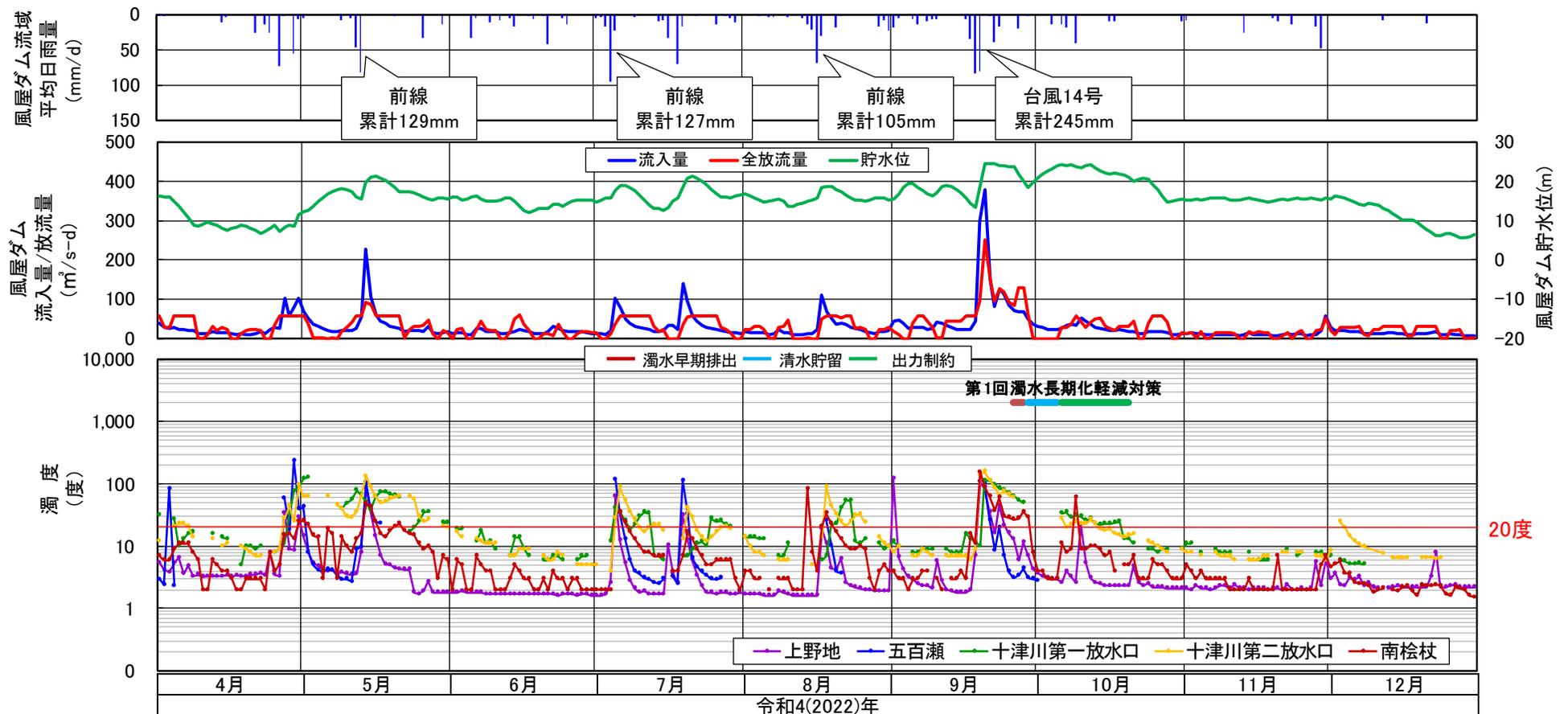
出力制約実施条件に合致する場合でも、以下事項を優先せざるを得ない場合がある

- 降雨出水対応(洪水被害軽減対策のための水位確保を含む)
- 需給逼迫時・事故時(電力需要の急増、大規模発電所の事故等)の緊急発電
- 風屋ダム・二津野ダムの水位制約
- 地元行事・舟運等のための発電または発電停止
- 3月～11月の土日祝の十津川第二発電所発電停止のための空き容量確保
- 発電再開時の水路内残留水の放流対応
- 発電機停止作業後の試運転 等

4. 運用ルールの見直しの概要

令和4(2022)年度の運用実績

- ✓ 前線および台風の影響で断続的に濁度が上昇したが、出水時を除き南桧杖地点濁度は概ね20度以下
- ✓ 台風14号に伴う出水後に濁水長期化軽減対策を1回実施し、濁水早期排出後の南桧杖地点濁度は大幅に低下



5. 濁水長期化軽減対策の効果

対策の効果(各地点の濁度状況の経年変化)

紀伊半島大水害前

大水害後～対策前

対策後

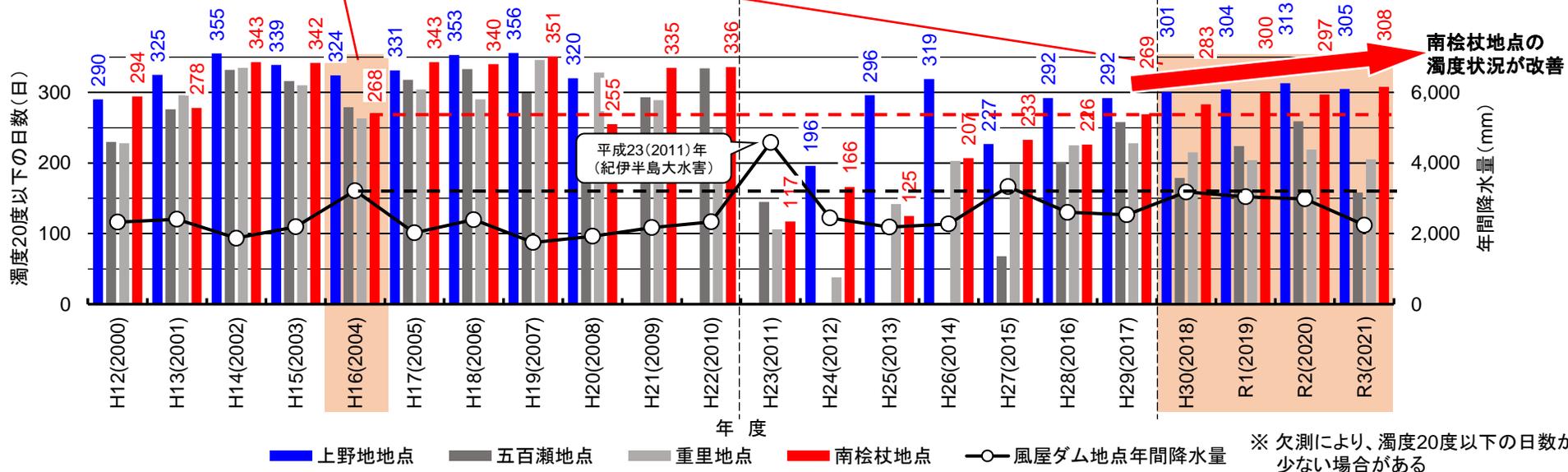
対策後の本川下流(南桧杖)の濁度は、平成16(2004)年度(風屋ダム地点年間降水量が至近年と同程度)と比較し20度以下の日数は同等以上

支川(五百瀬、重里)、本川下流(南桧杖)の濁度20度以下の日数の減少が顕著

支川(五百瀬、重里)の濁度状況は大きく改善していない
一方、本川下流(南桧杖)は、本川上流(上野地)と同程度に改善

濁水長期化が顕在化
支川の濁りが本川下流に影響

濁水長期化が軽減
(当社の対策が有効に機能)



対策(濁水早期排出・清水貯留、風屋ダム表面取水設備等)によって大水害前の水準に概ね回復
(下流域の濁度状況を更に改善するためには、国・県による流域対策(濁水の発生源対策)等が必要)

5. 濁水長期化軽減対策の効果

流域対策の効果(上流域の濁度状況)

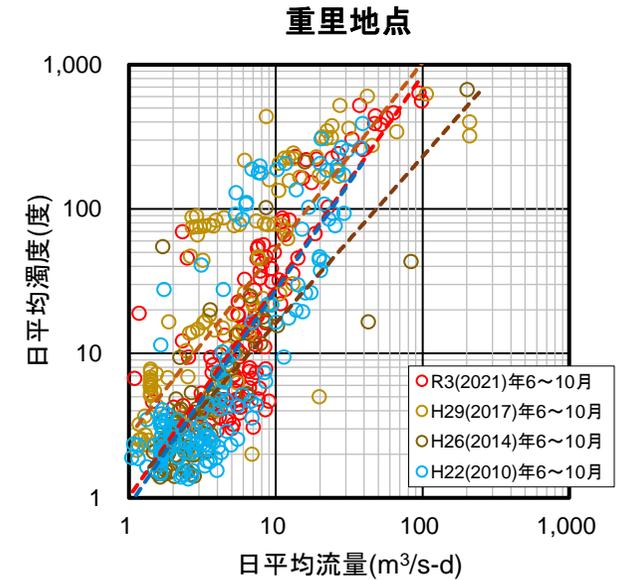
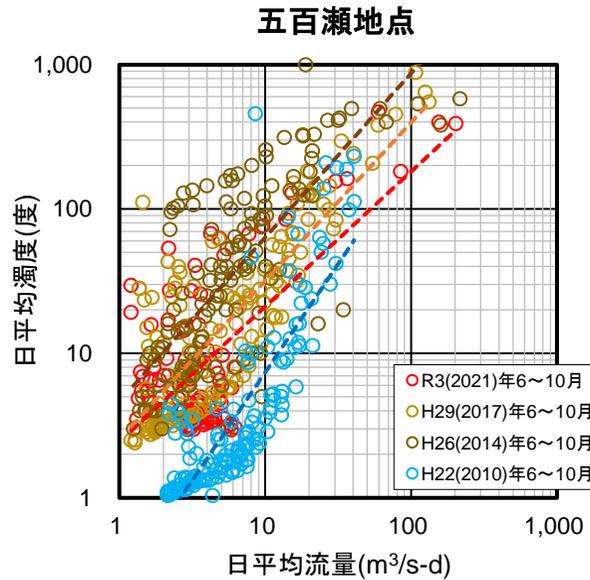
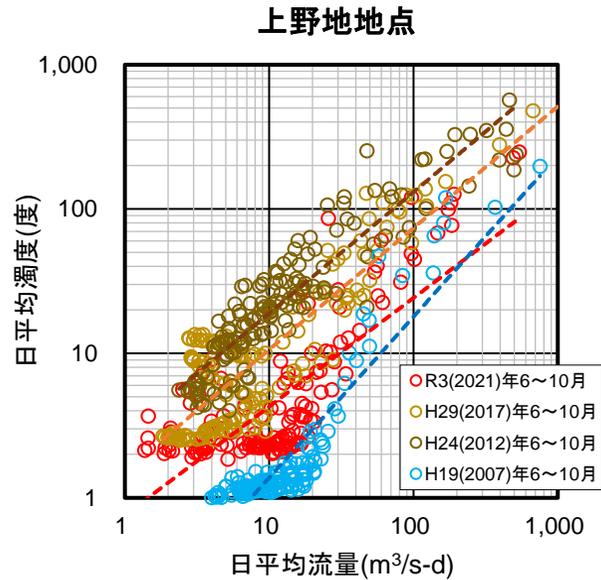
● 流量－濁度関係(大水害前後の比較)

大水害直後(上野地地点:平成24(2012)年、他地点:平成26(2014)年)は比較的小さい流量であっても濁度が高い傾向

令和3(2021)年は大水害前(平成22(2010)年)の傾向に近づいている
小流量時の濁度が低下(特に上野地地点と五百瀬地点)



【位置図】



重里地点は水害前後で流量－濁度の関係に大きな変化無し

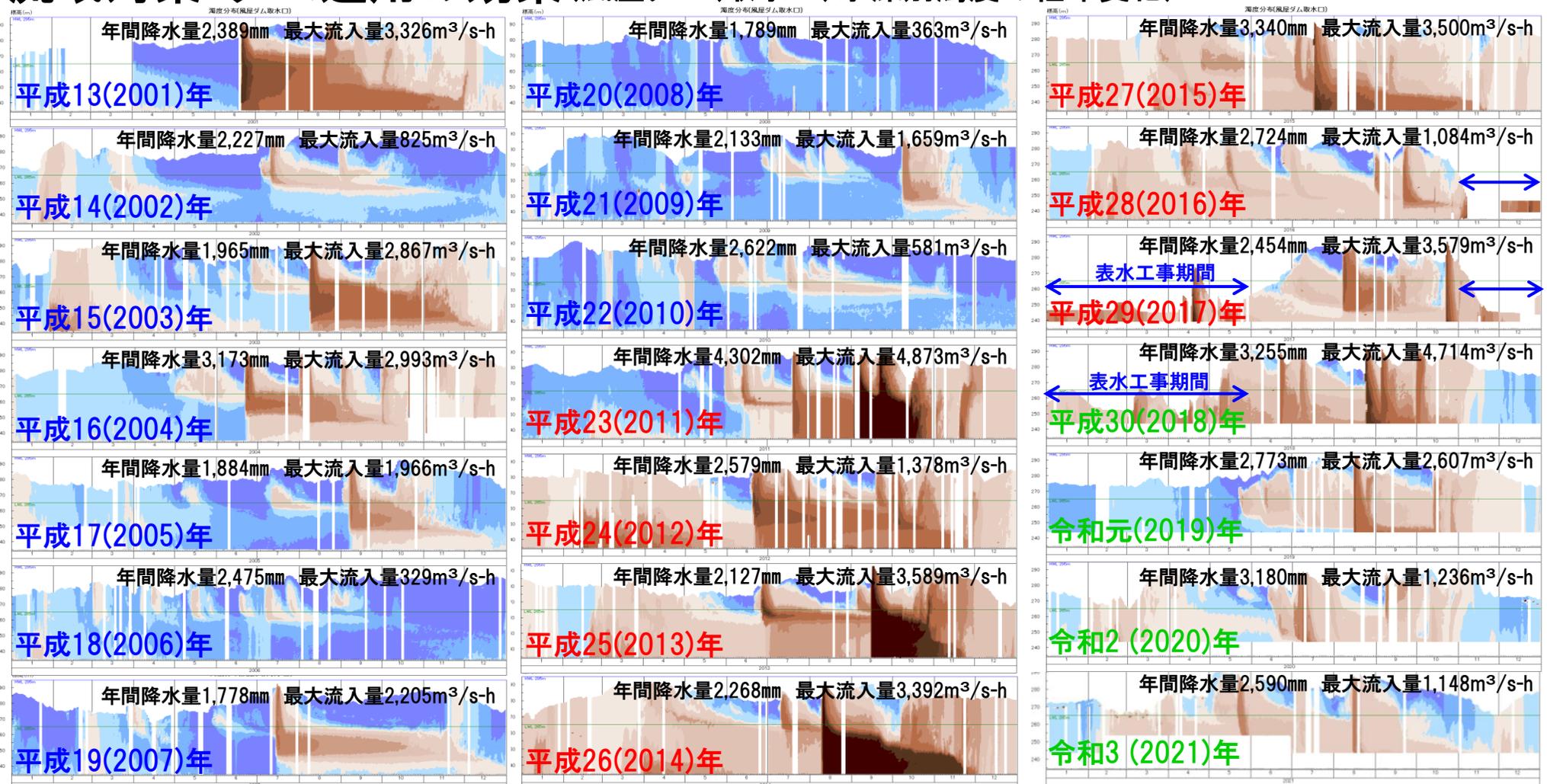
※ 異常値が少ない年を代表として記載

風屋ダム上流域における国・県による流域対策の効果が表れている

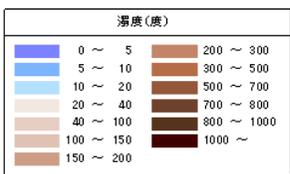
5. 濁水長期化軽減対策の効果

流域対策・ダム運用の効果 (風屋ダム(取水口)水深別濁度の経年変化)

※年間降水量: 風屋ダム地点の年間降水量



- 平成23年紀伊半島大水害以前
年間降水量、最大流入量が小さい年が多く、比較的貯水池内の濁度が低い
(出水によっては大水害後と同等に濁度が高くなることもある)
- 大水害～平成30(2018)年表水工事完了、同工事完了以降との比較
出水規模、回数の違いはあるが、**年数の経過とともに貯水池内濁度が低減**



5. 濁水長期化軽減対策の効果

発電所運用の効果(放流方法の違いによる下流域の濁度変化)

50度停止ルール※の効果を検証するため、下流域の濁度状況を比較

※ 十津川第二発電所放水口濁度が50度以上で発電放流を停止しゲート放流に切替える運用

地元要望により、河川の浄化作用による濁度低減に期待し現行運用(H30ルール)にて定めたが、これまでに実績なし



濁度が高い場合、**発電放流**と**ゲート放流**の濁度に大きな差はない

○ 発電放流
× ゲート放流

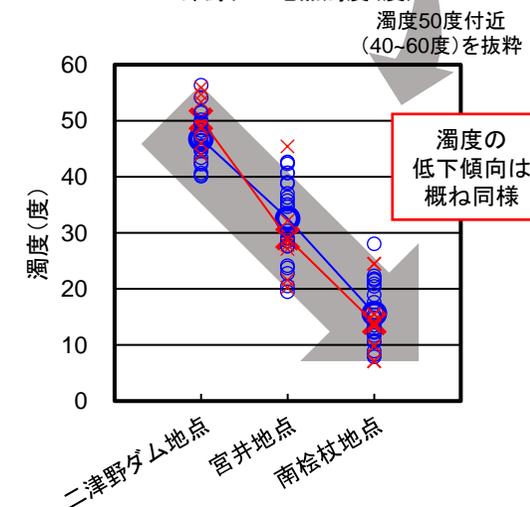
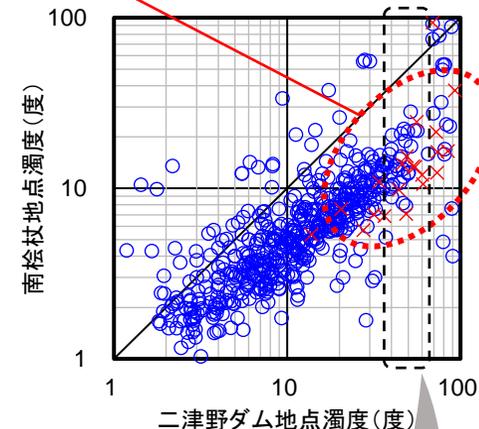
発電放流

令和4(2022)年8月24日9:00頃撮影(ダム放流量2.4m³/s-h(維持流量)、発電放流量39m³/s-h)



ゲート放流

令和2(2020)年8月7日9:00頃撮影(ダム放流量35m³/s-h、発電放流量0m³/s-h)



※1 1/2~フル発電相当の流量時(35~75m³/s)の濁度データ(日平均値)を整理
 ※2 平成12(2000)年以降のうち、二津野ダムに濁水が流入しやすい毎年6~10月で整理
 ※3 二津野ダム地点濁度はダム上流約80m取水口付近で計測
 ※4 濁度50度以上においても降雨出水対応等により発電放流する場合がある(p.9参照)

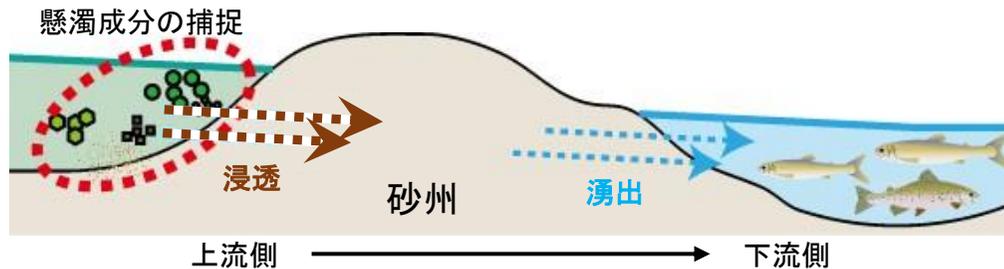
放流方法の違いにより、下流域(南桧杖地点)の濁度状況に大きな差は見られない

5. 濁水長期化軽減対策の効果

発電所運用の効果(礫間浄化と二津野ダム下流の河川状況)

● 礫間浄化

- ✓ 河川を流下する水の一部は、砂州の上流側(瀬頭等)で浸透し、下流側(ワンド等)で湧出する過程でのフィルタリング機能により浄化される。
(砂州のフィルタリング機能は、出水による砂礫の交換と細粒成分のフラッシングにより維持される)
- ✓ 浸透・湧出する量は相対的に非常に少ないため、**河川流量が増加しているとき、礫間浄化の効果はあまり期待できない。**



高橋、兵藤、角、竹門:天竜川下流域における濁水の量的・質的变化と砂州地形特性の関係について(京都大学防災研究所年報.B、p782-790、2017年9月)を加筆修正

● 二津野ダム下流の河川状況

- ✓ 二津野ダムにより本川上流からの土砂供給が遮断され、粗粒化や砂州の減少が進行し、**礫間浄化の効果は期待しづらい状態となっている。**

砂州の状況写真
(田辺市本宮町 下向橋下流)

令和3(2021)年7月13日9:00頃撮影



令和3(2021)年7月上旬出水後
(二津野ダム放流量2.4m³/s-h(維持流量))

令和3(2021)年9月19日9:00頃撮影



令和3(2021)年9月中旬出水後
(二津野ダム放流量 55m³/s-h)

ゲート放流による礫間浄化(濁度低減効果)はあまり期待できない

5. 濁水長期化軽減対策の効果

対策の効果(まとめ)

● 検証結果

- ✓ 国・県による流域対策は継続中であるが、当社の対策により下流域(南桧杖地点)の濁度状況は大水害前の水準に概ね回復している。(p11参照)
- ✓ ゲート放流による礫間浄化(濁度低減効果)はあまり期待できない(p15参照)ため、放流方法(発電放流／ゲート放流)の違いで、下流域(南桧杖地点)の濁度状況に大きな差は見られない。(p14参照)

● 課題

- ✓ 50度停止ルールによる下流域(南桧杖地点)の濁度状況改善の効果は、あまり期待できない。
- ✓ 一方、二津野ダムから十津川第二発電所までの減水区間は、50度停止ルールを回避すべくゲート放流による濁水早期排出期間が長期化する場合があります、期間変更等の改善が求められている。
- ✓ 流域の全体最適となる運用ルールへと更なる改善を図るため、濁水早期排出・清水貯留期間の妥当性を検証する必要があるが、上記のような50度停止ルールの制約により、本来の検証ができない。



現行運用(H30ルール)を基本に、濁度状況に関わらず十津川第二発電所の発電を試行的に行う運用(以下「試行運用」)により、濁水早期排出等の期間を検証する必要がある。

6. 今後の運用について

今後の対応(案)

● 濁水長期化軽減対策

- ✓ 当社対策は有効に機能しているため**今後も継続する**
- ✓ モニタリングを継続し、対策効果を検証の上、**更なる改善に努めていく**
- ✓ 更なる改善策として、ダム等において効率的な濁水早期排出に資する**バイパストンネル等の設置**を計画中(詳細は参考資料を参照)

● 試行運用による検証方法(案)

- ✓ 以下の方法により、流域の全体最適となる運用ルールへの改善を指向していく。 **関係者と協議中**

- ① 試行運用は、現行運用(H30ルール)の濁水早期排出(約6日)、清水貯留(約10日)を基本に、十津川第二発電所の**放水口濁度50度以上でも1/2出力運転※**で発電を開始する。
(試行運用中は50度停止ルールを適用しないが、濁度状況に応じて速やかに試行運用の中止を判断する)
- ② 上記①の影響について、下流域(南桧杖地点)の濁度状況の変化により評価する。
- ③ 複数年の評価を行った結果、下流域(南桧杖地点)の濁度状況に変化がなければ、50度停止ルールの変更を含めた現行運用(H30ルール)の見直しを検討する。

※ 濁度状況は大水害前の水準へ概ね回復しているため、出力制約も大水害前のH14ルールに準じ1/2出力運転とした

6. 今後の運用について

試行運用のイメージ

● 運用実績

右記の対策事例では、上流域の濁度状況を踏まえ十津二放水口濁度が**50度を若干上回る**懸念があったこと等を理由として、濁水早期排出期間を3日延長

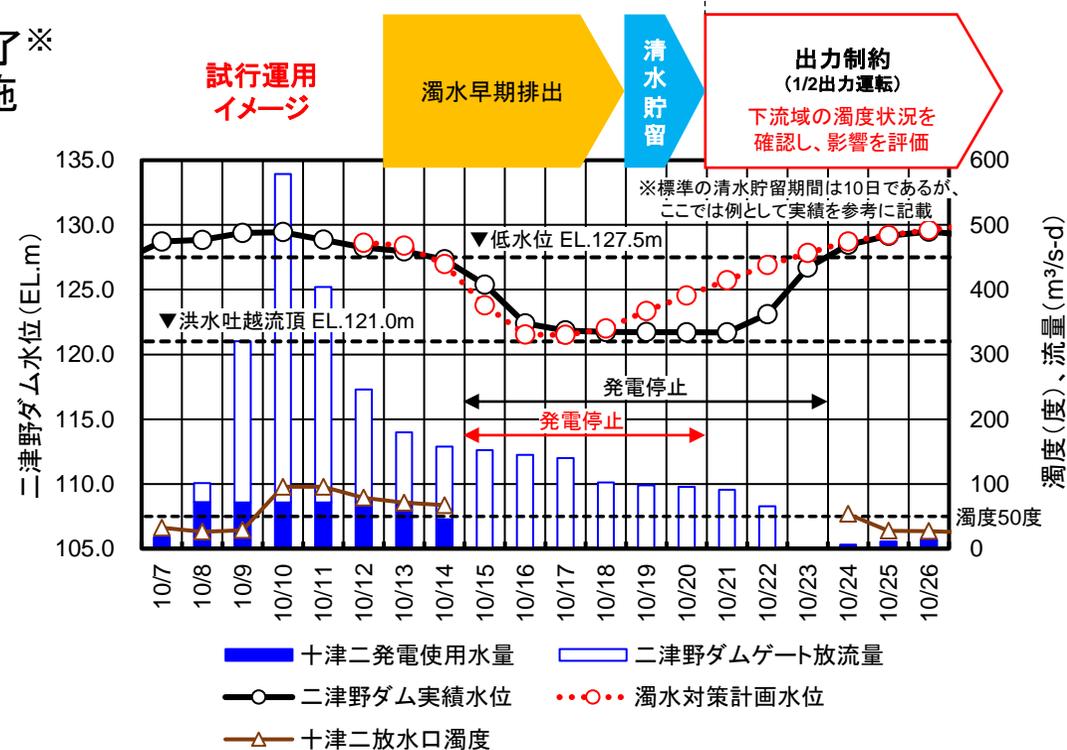
● 試行運用イメージ

H30ルールに基づき濁水早期排出を6日間で終了※して清水貯留を行い、出力制約による発電を実施

※ 対策途中の降雨による大幅な濁度の上昇は考慮

発電を実施した以降の下流域の濁度状況を確認し、影響を評価する
(試行運用に伴う影響は数日間程度)

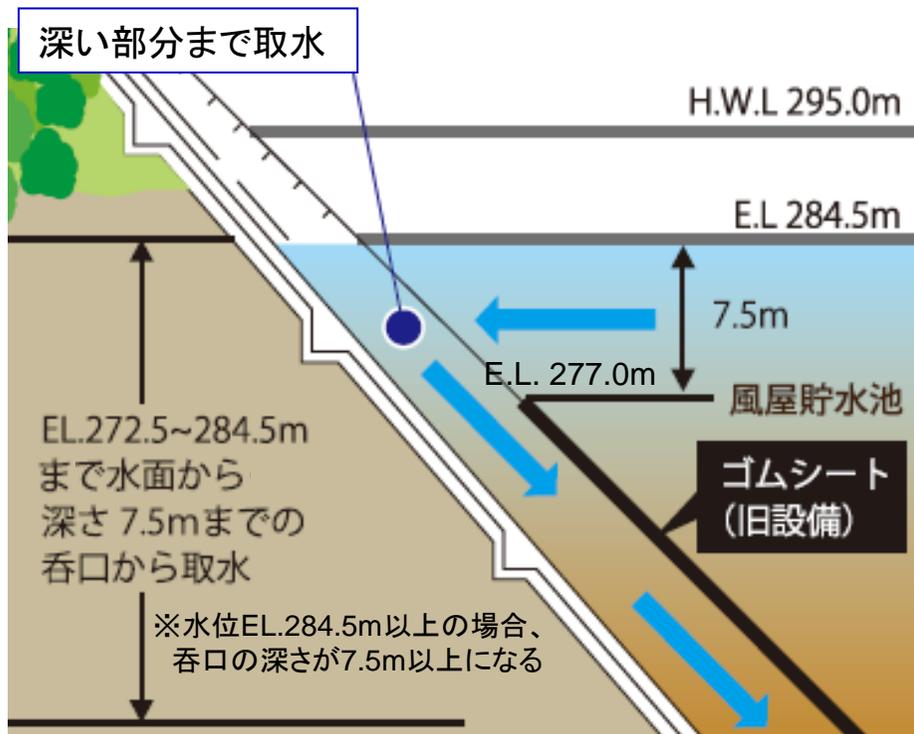
濁水早期排出を6日間で終了、清水貯留の後、現行運用よりも前倒しで発電を実施



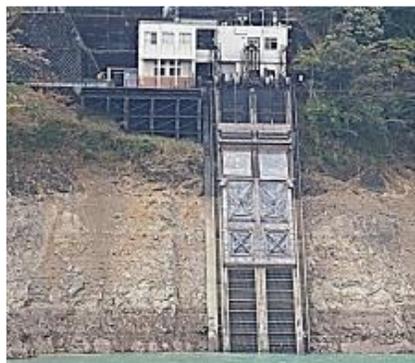
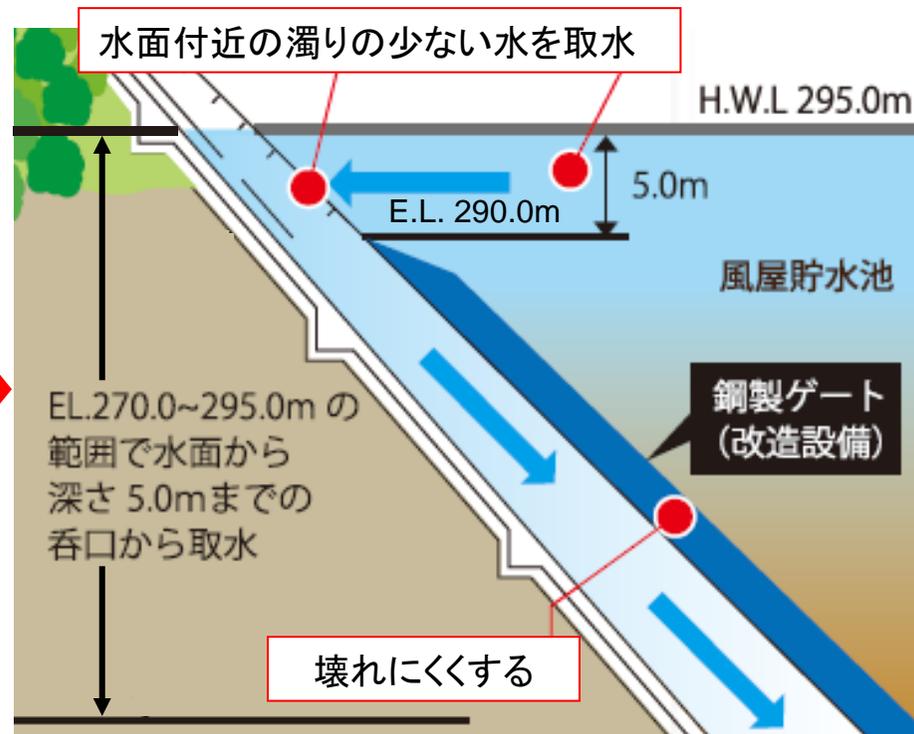
参 考 資 料

【参考】風屋ダム取水口(表面取水設備)の概要

改造前(旧設備)



改造後(現行:平成30(2018)年6月以降)



● よりきれいな水を取水できるようにする

取水深を7.5mから5.0mに変更

ダム水位の変動に自動追従して取水深(5.0m)を維持

ゲート移動範囲をEL.277m迄から290m迄に変更

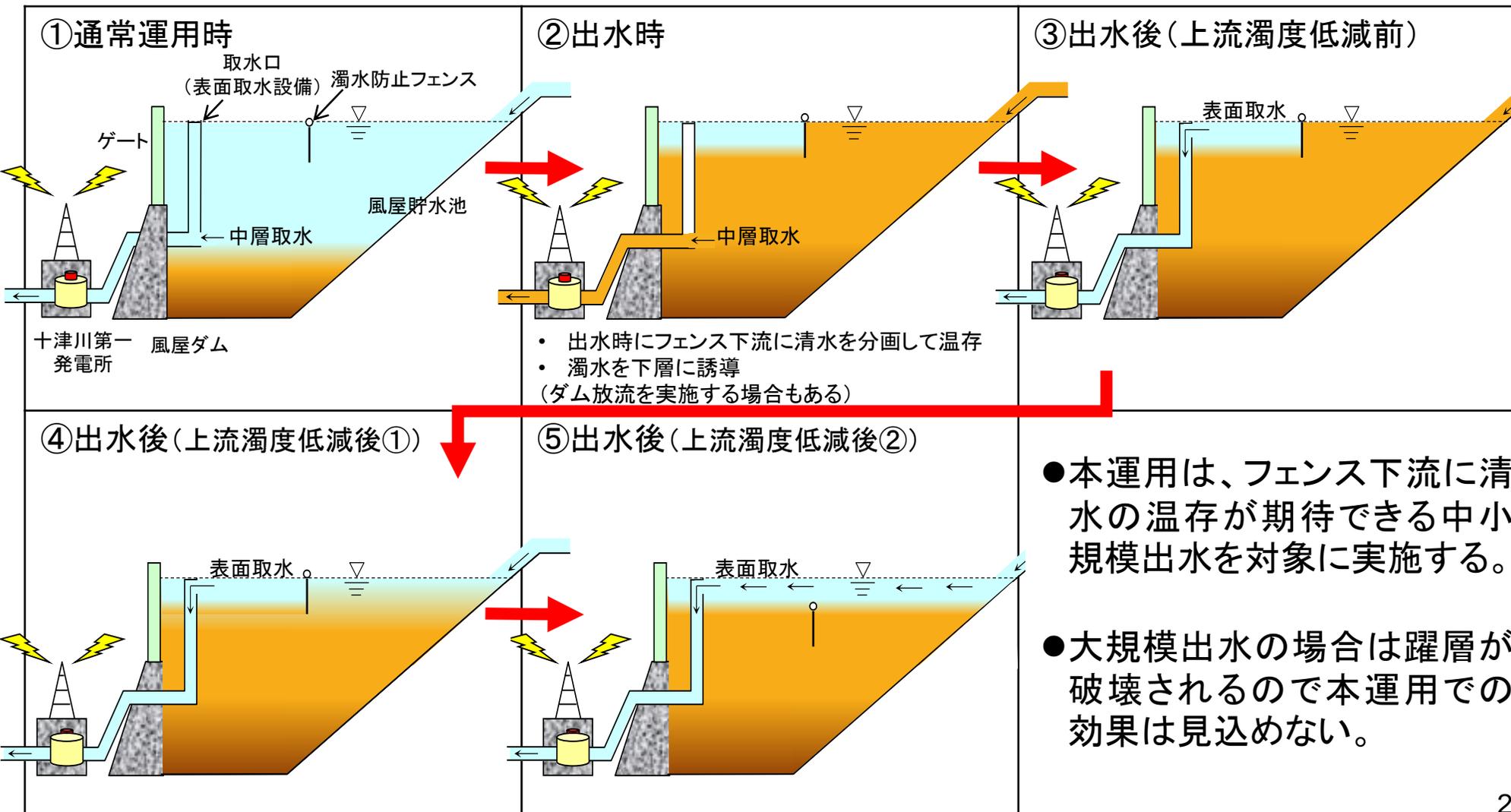
● 壊れにくくする

ゴムシート式から鋼製へ変更



(1) 濁水防止フェンス(風屋ダム)

運用例

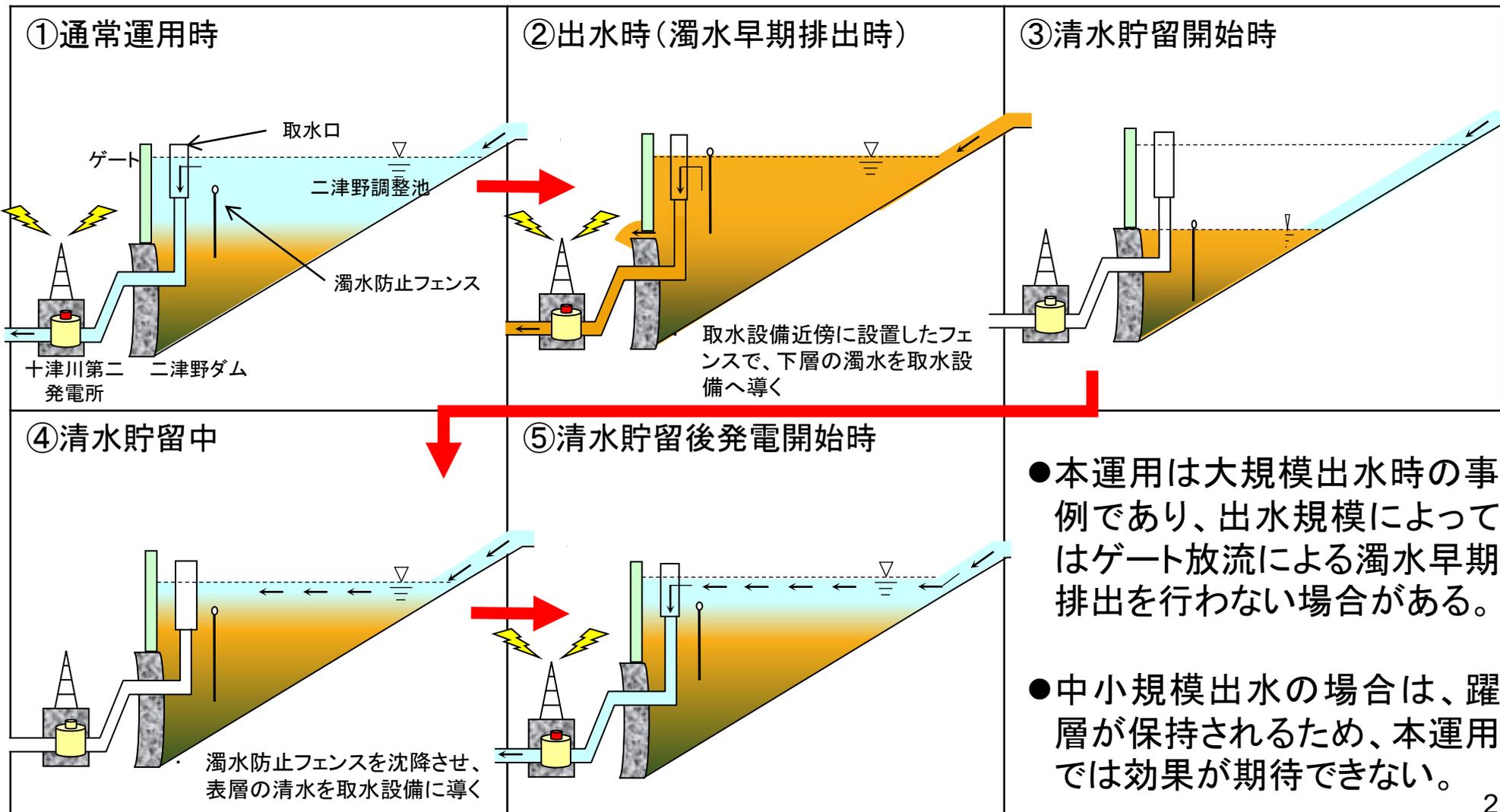


●本運用は、フェンス下流に清水の温存が期待できる中小規模出水を対象に実施する。

●大規模出水の場合は躍層が破壊されるので本運用での効果は見込めない。

(2) 濁水防止フェンス(二津野ダム)

運用例



バイパストンネル計画概要(案)

※現在計画中であり、変更する可能性有り

●新宮川水系(熊野川)河川整備計画(令和4(2022)年3月31日)

- ✓ 上流から河口、海岸までの各領域の個別対策を流砂系一貫の対策として取り組むこととした**総合的な土砂管理の推進**について記載
- ✓ 上流域からの土砂流出を抑制する治山・砂防の対策だけでなく、ダム貯水池や河道の堆砂除去の推進、生態系や環境等の河川・海岸環境の保全、海岸浸食の抑制のため、**土砂バイパストンネル等**の対策方法を検討し、必要に応じて対策の実施や支援を行うこととしている。

バイパストンネルイメージ



●バイパストンネルの目的・期待される効果

① 濁水長期化軽減

- ✓ 既存の放流設備よりも低い位置から放流できるため、貯水池内からより多くの濁水を排出することが可能となる

② 堆砂対策

- ✓ 出水中に流入する濁水・土砂を通過させ、下流に土砂を還元
- ✓ 堆砂量減少により、上流の冠水リスクが減

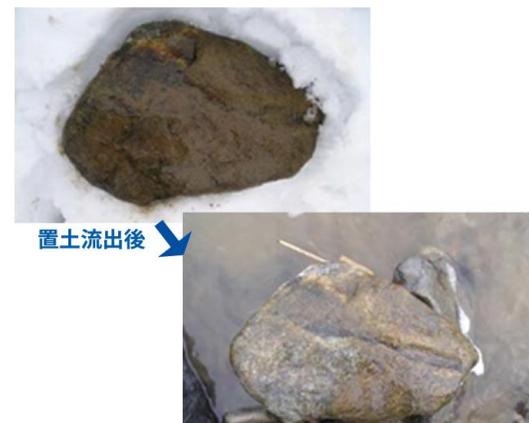
③ 治水協力

- ✓ 出水時の運用水位を更に低下することが出来るため、空き容量が増加し、ダム放流量減少(治水効果が増)が可能となる※
※ 放流量が増加することによる治水効果は出水毎に異なることから、効果が限定的となる可能性がある。

④ 河川・海岸環境改善

- ✓ 下流への土砂供給により河川・海岸環境が改善する※
※ 物理環境: 土砂流下による粗粒化の解消(砂州の形成)や海岸浸食の抑制、礫の洗浄(クレンジング)
伏流水の増加による濁水改善効果(礫間浄化)
生物環境: 付着藻類、底生動物・魚類の生育環境の多様化

礫の洗浄(クレンジング)



二津野ダム下流の土砂還元(置土)

● 概要

将来的にバイパストネルを設置し、濁水の早期排出を実施する場合、濁水と同時に土砂も下流に流れることを想定している。従って、その影響について解析、試験(土砂還元(置土))および環境モニタリング(現況調査・土砂還元影響調査)により事前に確認している。

● 関係機関との連携

本取組みは、国土交通省殿、奈良県殿、和歌山県殿、三重県殿他関係機関と連携して促進する。

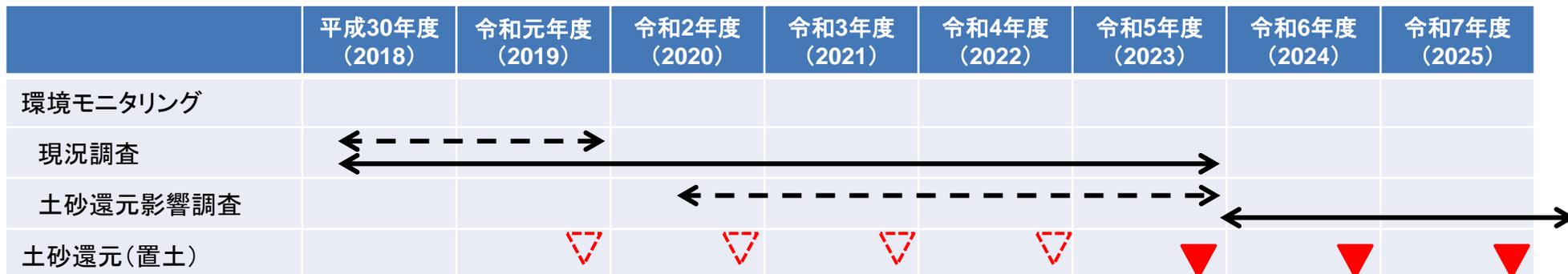
● 学識者による検討会

取組みを進めるため、学識者による検討会を平成30(2018)年4月から年1回開催し、環境モニタリング結果、今後の取組みについて確認。

環境モニタリング(現況調査)は継続し、土砂還元(置土)を令和5(2023)年度からの実施に向けて調整中。

● 二津野ダム下流の土砂還元に関わる今後の予定

--- 当初の予定
—— 現在の予定



当初は令和元年度から土砂還元(置土)を開始する予定であったが、関係者と協議中のため延伸している。

二津野ダム下流の土砂還元(置土)

● 二津野ダム下流の環境モニタリング(現況調査・土砂還元影響調査)

目的: 土砂還元(置土)に関する影響を評価するため調査を開始(継続中)

調査範囲: 二津野ダムから北山川合流点までを基本とし、一部調査は土砂還元の影響範囲を確認するために河口付近まで実施

調査対象: 河床(粒度・形状)、水質、付着藻類、底生動物、魚類等

● 二津野ダム下流の土砂還元(置土): 調整中

位置: 二津野ダム下流(奈良県内)で計画中

方法: 環境モニタリング結果・学識者意見及び関係機関との連携を踏まえ、順応的かつ段階的な実施に向け調整中



河床の粒度調査イメージ



魚類調査イメージ



底生動物調査イメージ