

熊野川における濁水長期化軽減対策

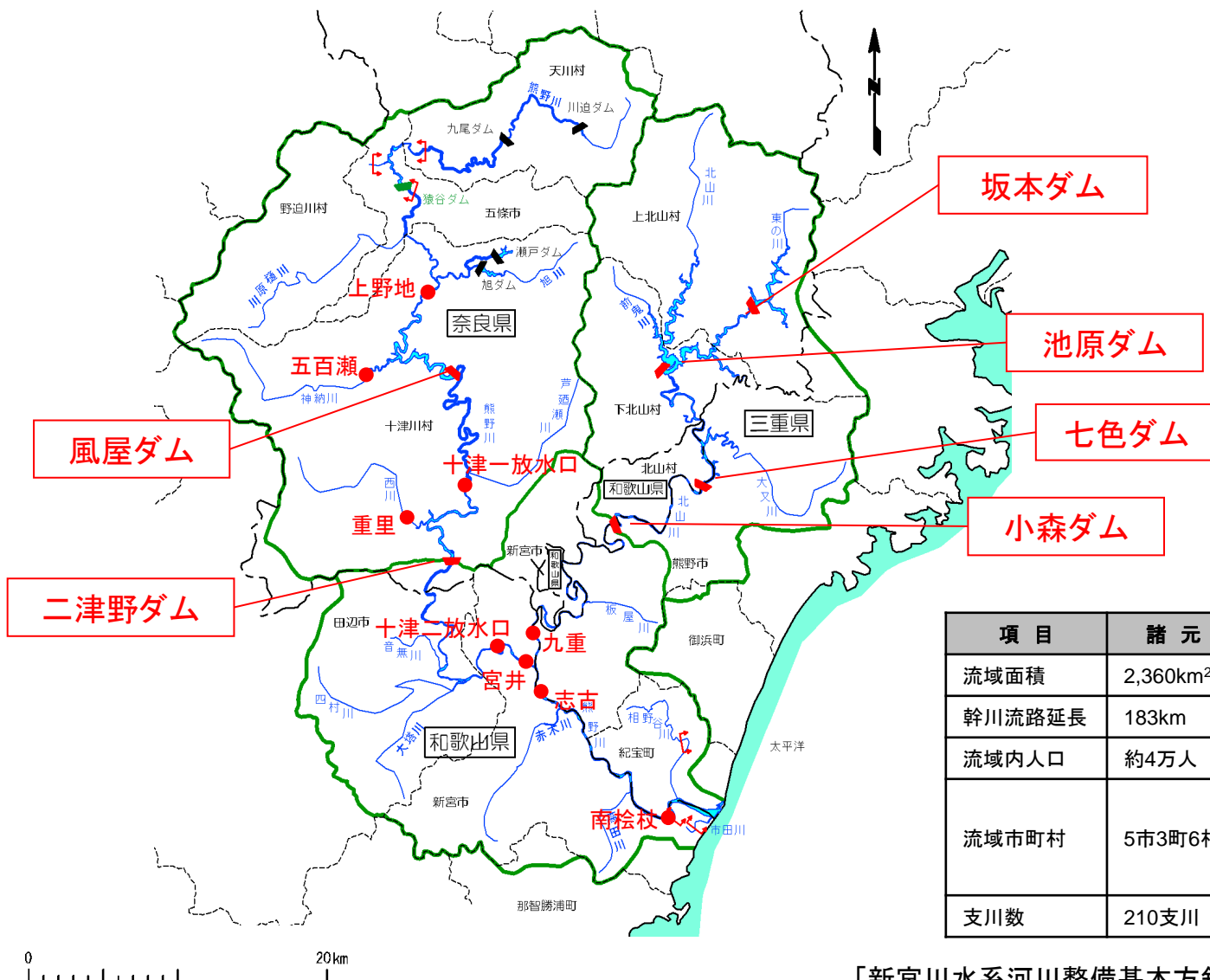
令和4(2022)年 6月

電源開発株式会社 西日本支店

1. 新宮川水系 当社管理ダムの概要
2. 熊野川における濁水長期化軽減対策の経緯
3. 濁水長期化軽減対策の概要
4. 濁水長期化軽減対策の効果
5. 今後の運用について
6. 将来の方向性(バイパストンネル設置に向けた取組み)

1. 新宮川水系 当社管理ダムの概要

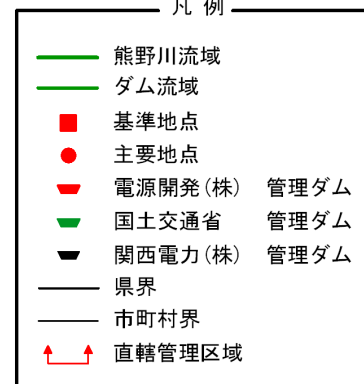
当社管理ダムの位置図



■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）

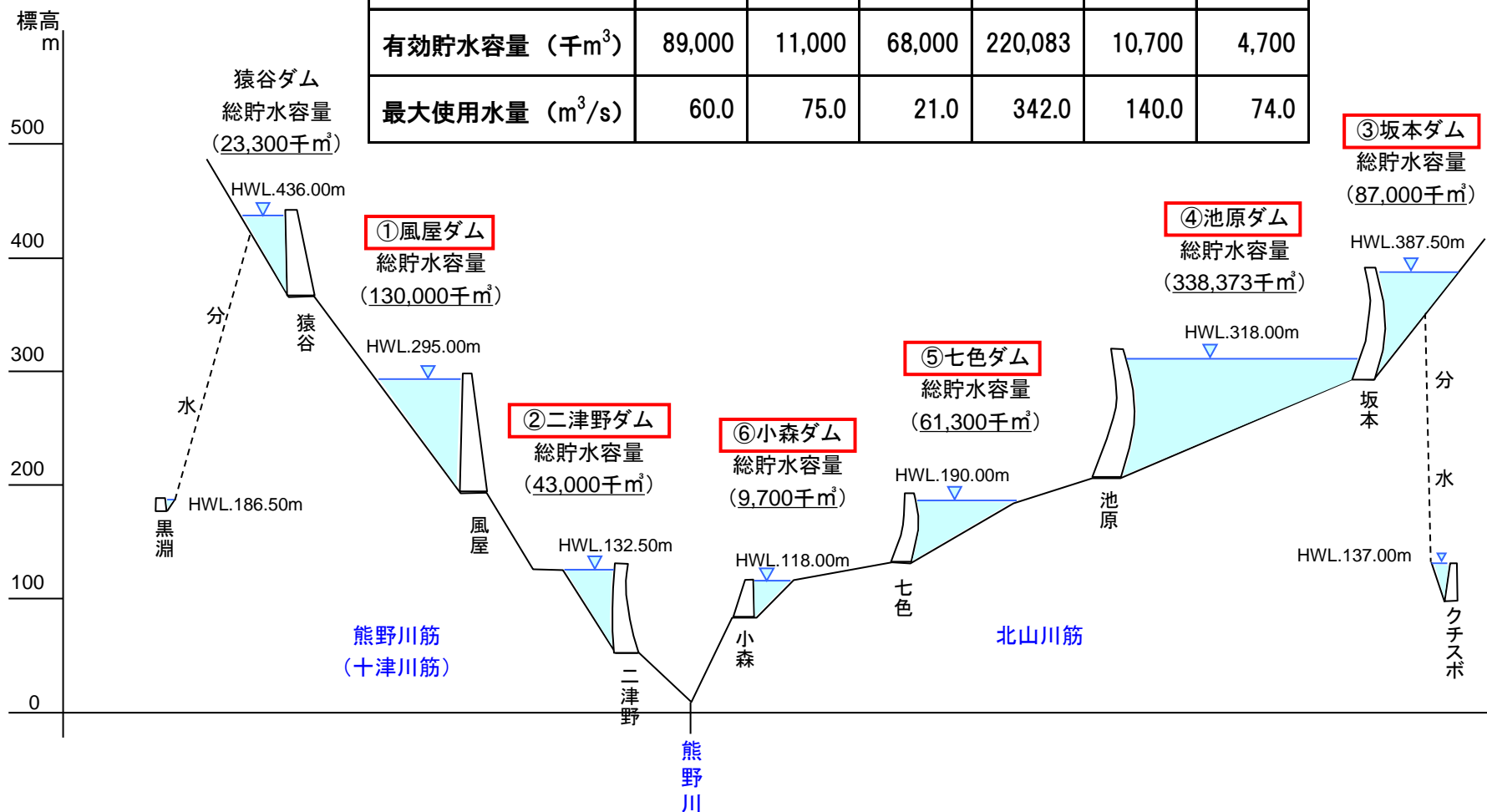


項目	諸元	備考
流域面積	2,360km ²	全国26位 / 109水系
幹川流路延長	183km	全国14位 / 109水系
流域内人口	約4万人	
流域市町村	5市3町6村	奈良県 : 五條市、天川村、野迫川村、十津川村、下北山村、上北山村 和歌山県 : 田辺市、新宮市、那智勝浦町、北山村 三重県 : 尾鷲市、熊野市、御浜町、紀宝町
支川数	210支川	

1. 新宮川水系 当社管理ダムの概要

当社管理ダムの概要

ダム名	①風屋	②二津野	③坂本	④池原	⑤七色	⑥小森
総貯水容量 (千 m^3)	130,000	43,000	87,000	338,373	61,300	9,700
有効貯水容量 (千 m^3)	89,000	11,000	68,000	220,083	10,700	4,700
最大使用水量 (m^3/s)	60.0	75.0	21.0	342.0	140.0	74.0



2. 熊野川における濁水長期化軽減対策の経緯

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)年は一定の効果あげたものの、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。

2. 熊野川における濁水長期化軽減対策の経緯

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。

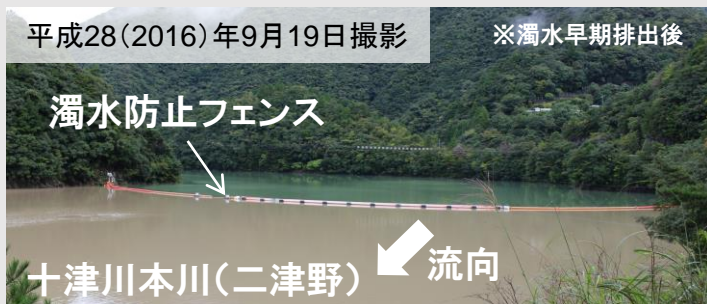
(対策の概要、効果は3項、4項に示すとおり。)

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)

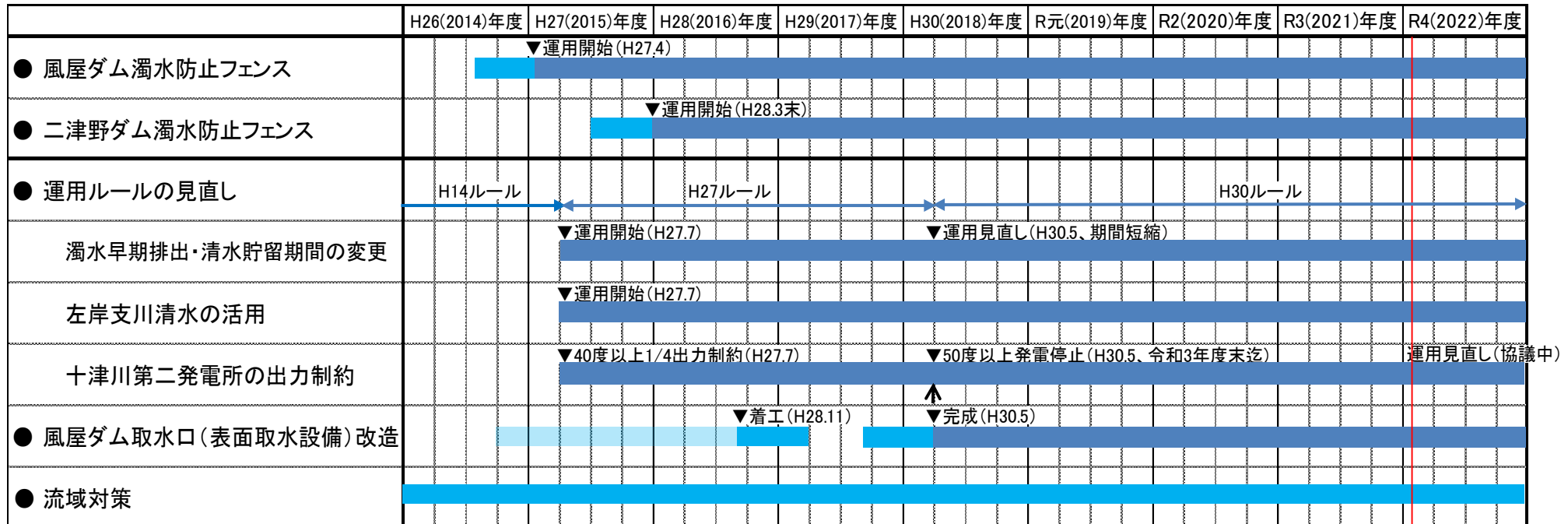
- 土砂流出防止等を目的とした治山・砂防事業

3. 濁水長期化軽減対策の概要

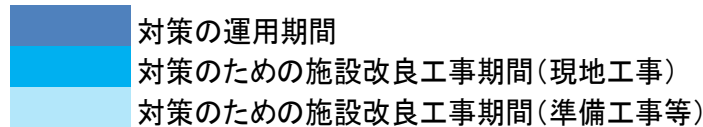
対策のスケジュール

熊野川濁水対策技術検討会の検討結果を踏まえ、

- 当社対策は、第6回治対協で示されたスケジュールに則り着実に進め、現在運用中。
- 国・県が実施している流域対策は、当初予定では令和3(2022)年度末に完了予定であったが、令和4(2022)年度以降も継続して対策を実施される予定。



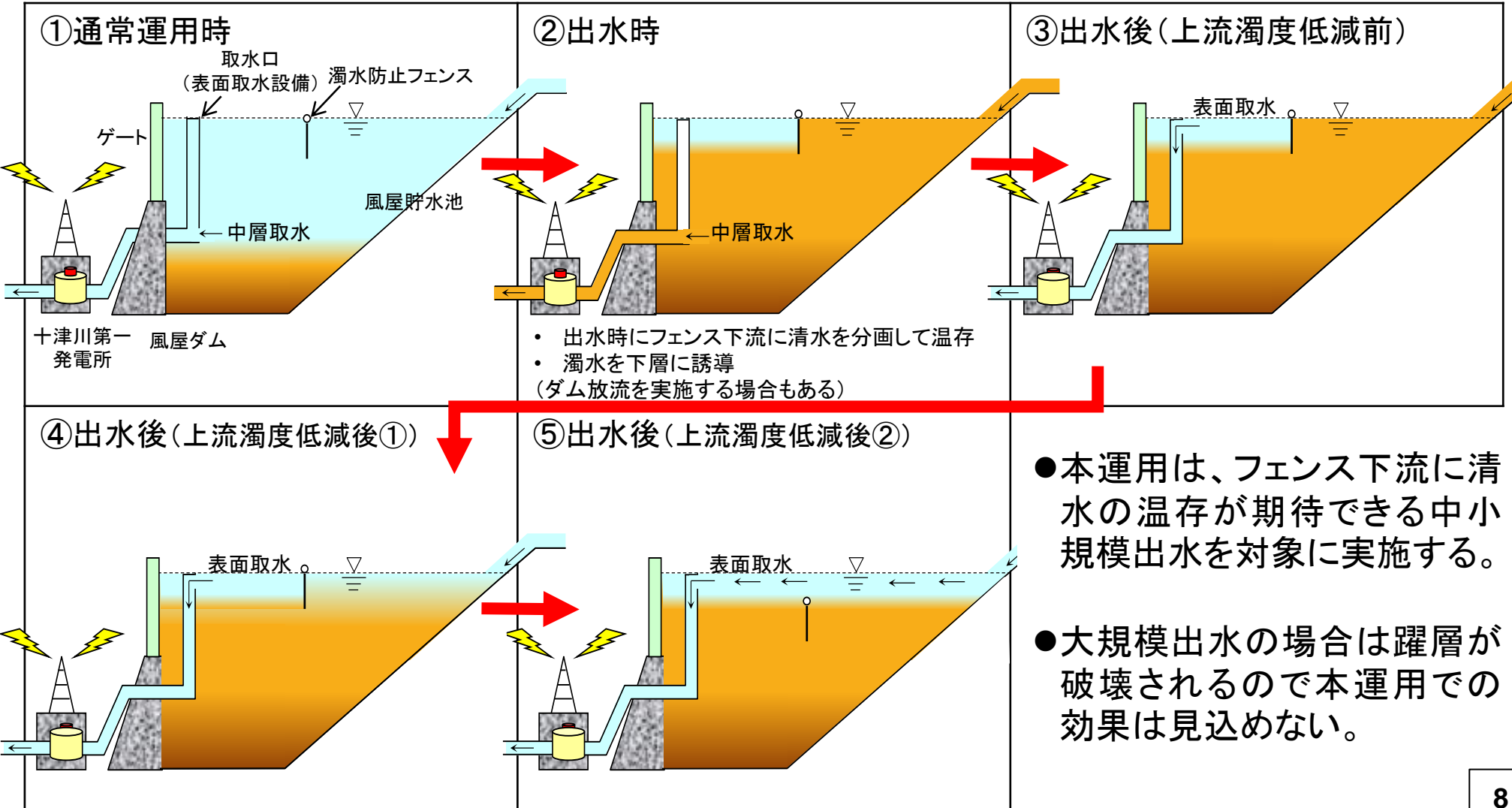
※PDCAサイクルを継続的に実施



3. 濁水長期化軽減対策の概要

(1) 濁水防止フェンス(風屋ダム)

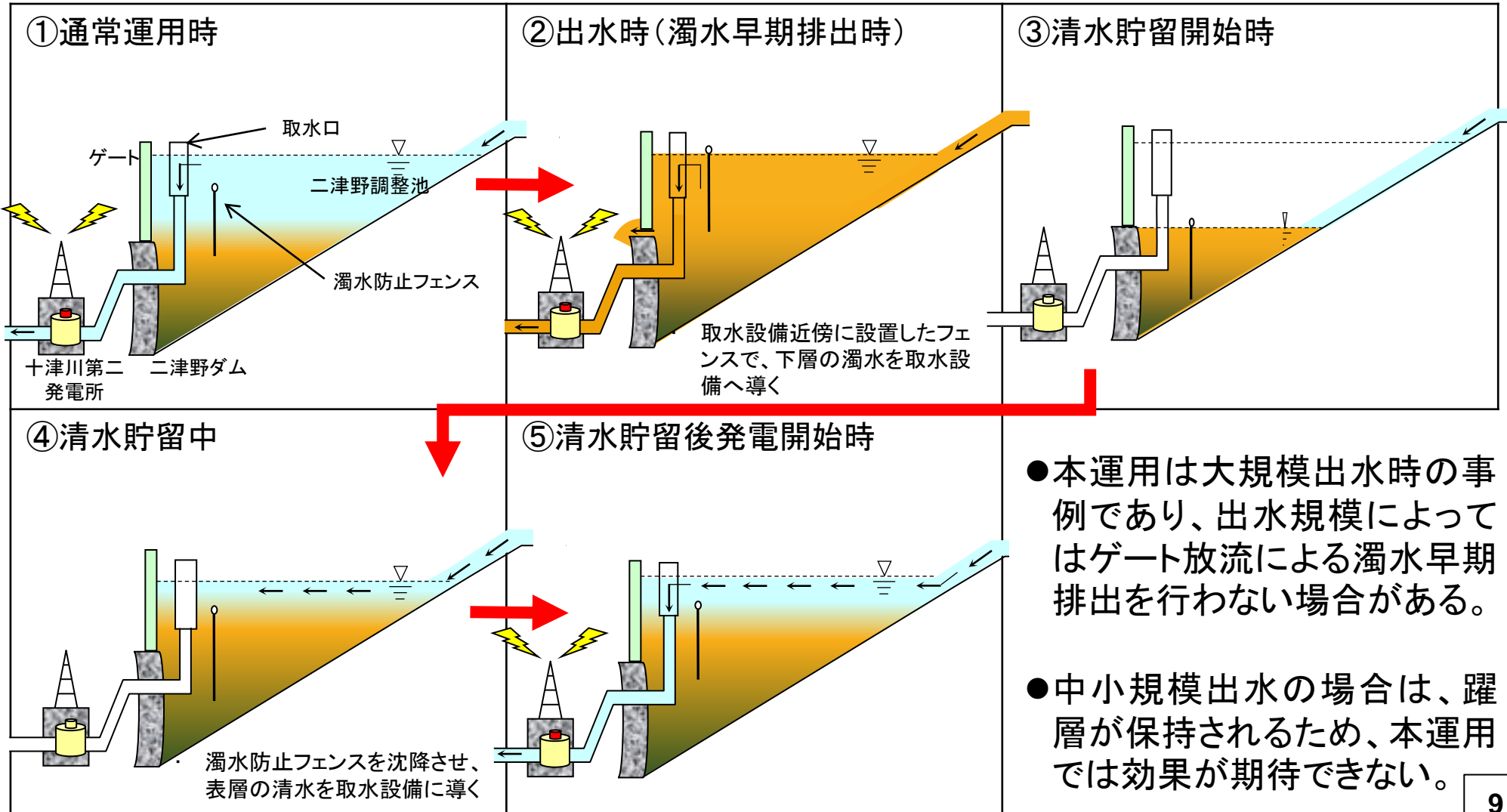
運用例



3. 濁水長期化軽減対策の概要

(1) 濁水防止フェンス(二津野ダム)

運用例



3. 濁水長期化軽減対策の概要

(1) 濁水防止フェンス(風屋ダム)

● 設置位置



3. 濁水長期化軽減対策の概要

(1) 濁水防止フェンス(二津野ダム)

● 設置位置

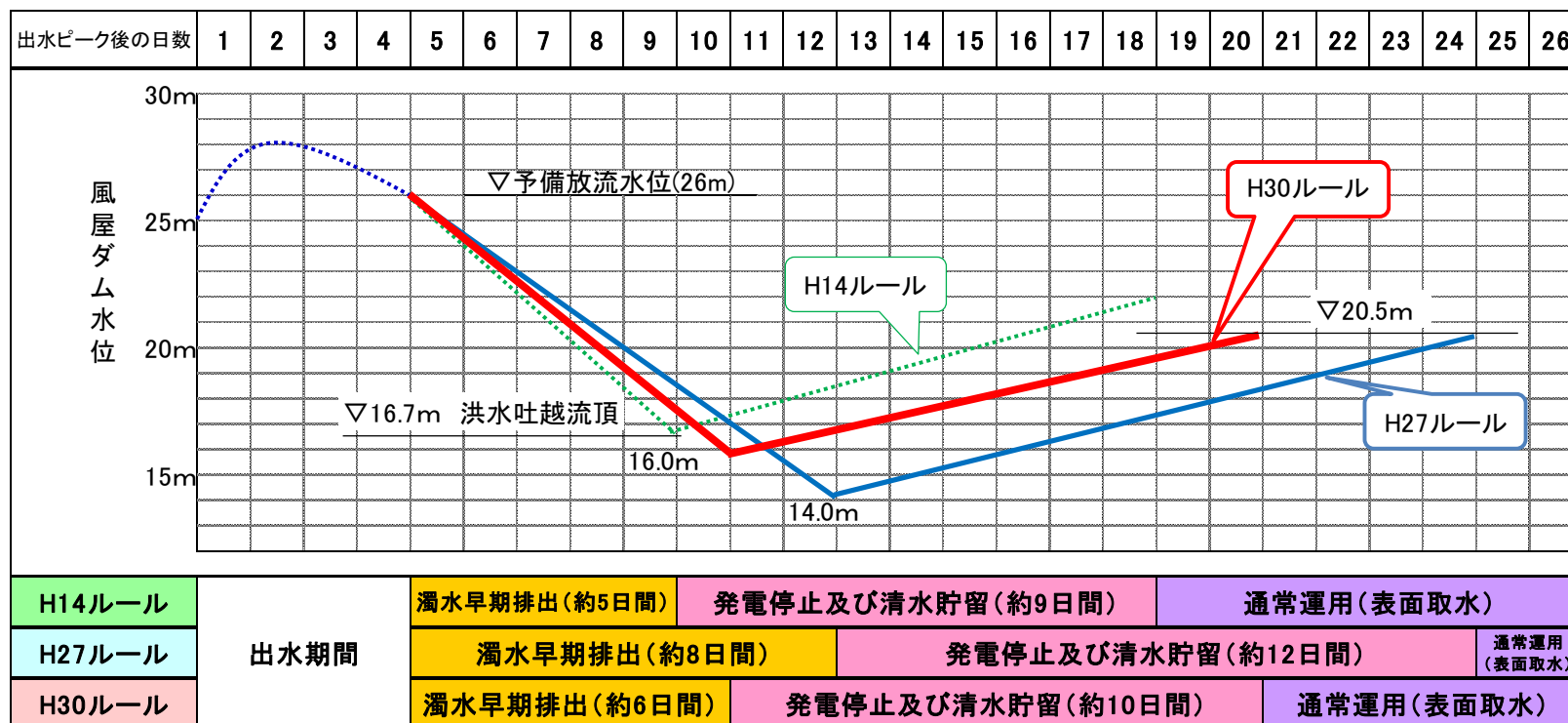


3. 濁水長期化軽減対策の概要

(2) 運用ルールの見直し(風屋ダム)

● 濁水早期排出・清水貯留期間の見直し

- 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、濁水早期排出・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・清水貯留期間をそれぞれ2日間短縮



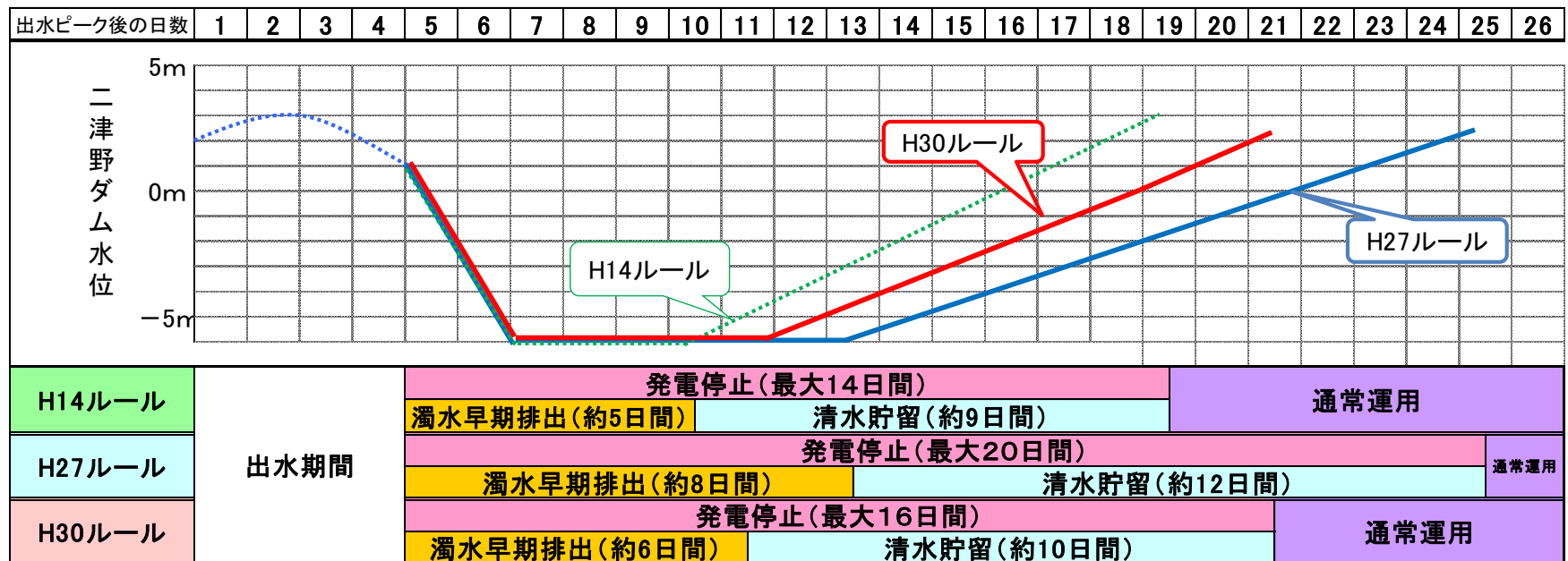
※濁水早期排出・清水貯留期間は、濁水状況に応じて適切に変更

3. 濁水長期化軽減対策の概要

(2) 運用ルールの見直し(二津野ダム)

● 濁水早期排出・清水貯留期間の見直し

- 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 風屋ダム濁水早期排出期間の延長を含む二津野ダムへの濁質増加(期間・量)に伴い、濁水早期排出・清水貯留期間をそれぞれ3日間延長
- H30ルール 平成27～29年の風屋ダムの濁水早期排出期間短縮を含む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・清水貯留期間をそれぞれ2日間短縮



※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)

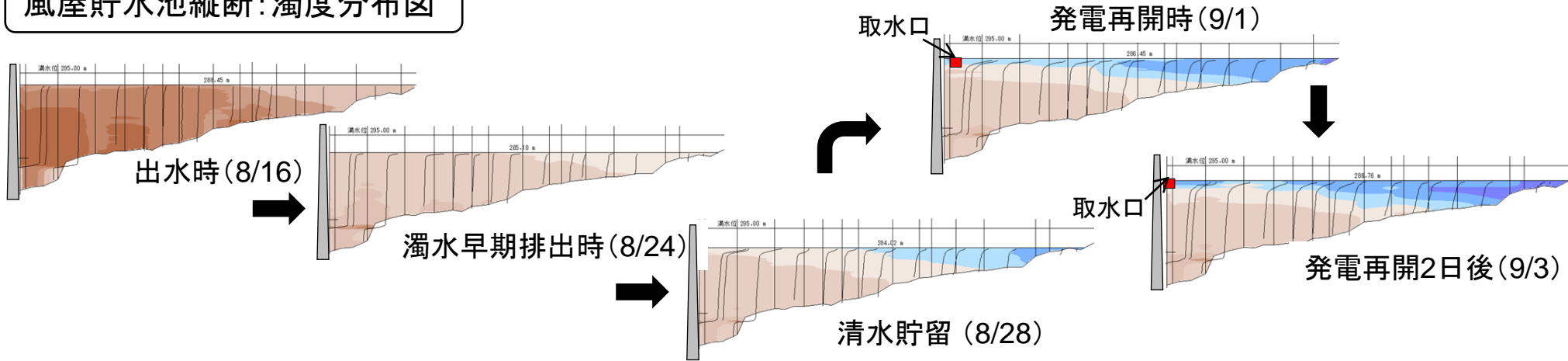
3. 濁水長期化軽減対策の概要

(2) 運用ルールの見直し

● 濁水長期化軽減対策の運用例

(H30ルール、令和3(2021)年8月中旬出水時の事例)

風屋貯水池縦断：濁度分布図



宮井地点(北山川／十津川合流部)写真



3. 濁水長期化軽減対策の概要

(2) 運用ルールの見直し

● 左岸支川清水の活用

左岸支川の滝川および芦廼瀬川は、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。

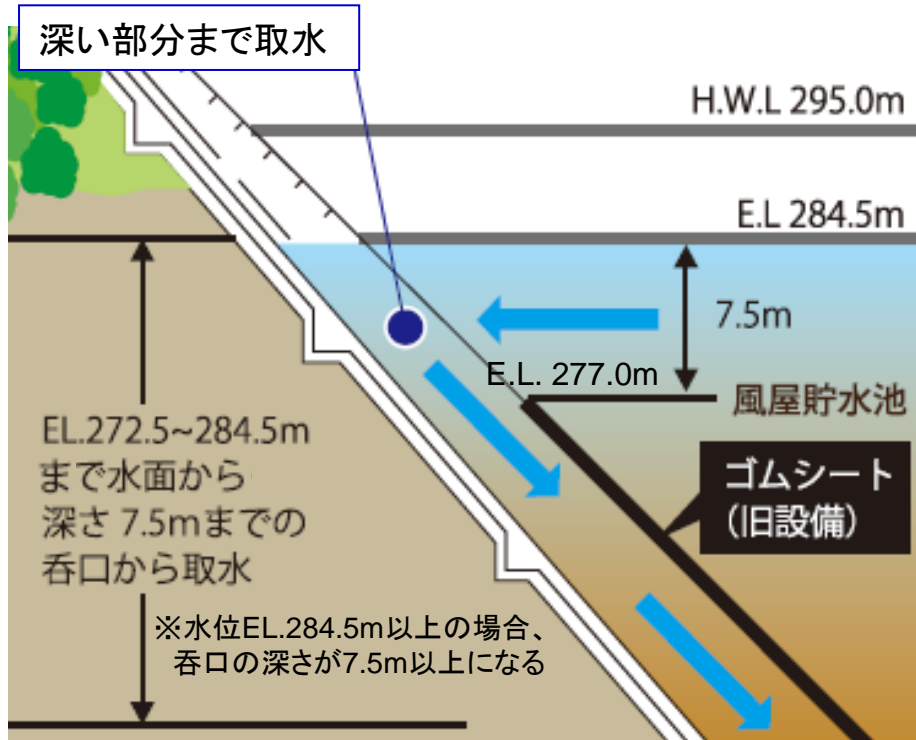


	活用前の運用	活用後の運用
栗平取水堰 (流域面積: 24km ²)	それぞれ最大3.0m ³ /s取水し、合わせて最大4.7m ³ /sを風屋貯水池に注水	濁水長期化軽減対策の清水貯留期間において取水を停止し、二津野調整池に清水を供給
奥里取水ダム (流域面積: 34km ²)		
小川取水堰 (流域面積: 30km ²)	最大3.0m ³ /s取水し、大野取水堰に注水	
大野取水堰 (流域面積: 20km ²)	最大3.0m ³ /s取水し、十津川第一発電所導水路に注水	

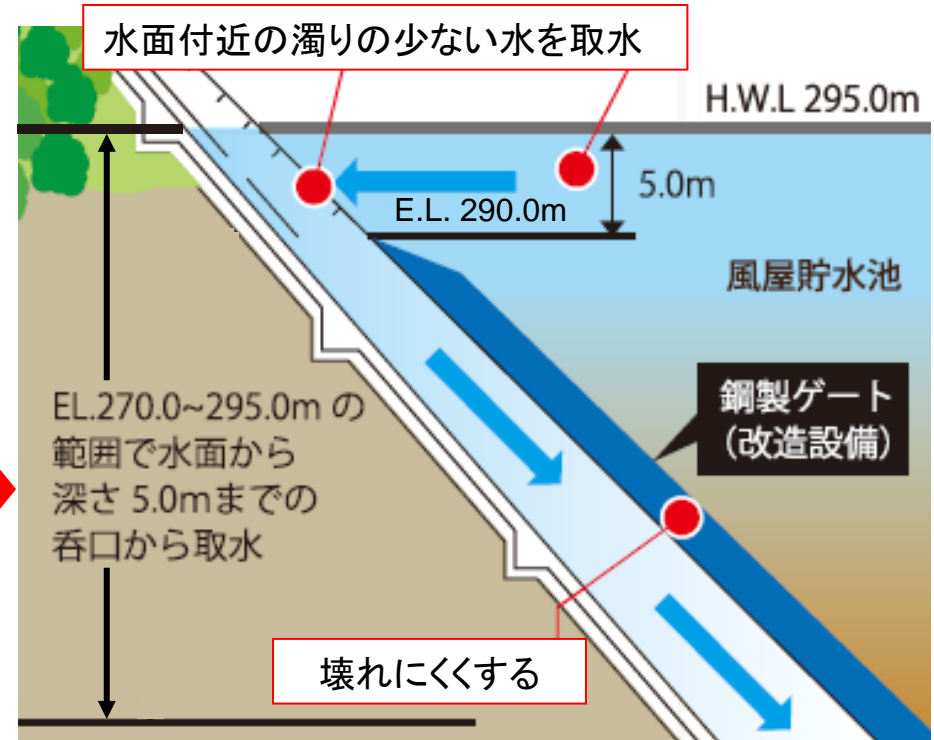
3. 濁水長期化軽減対策の概要

(3) 風屋ダム取水口(表面取水設備)改造

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

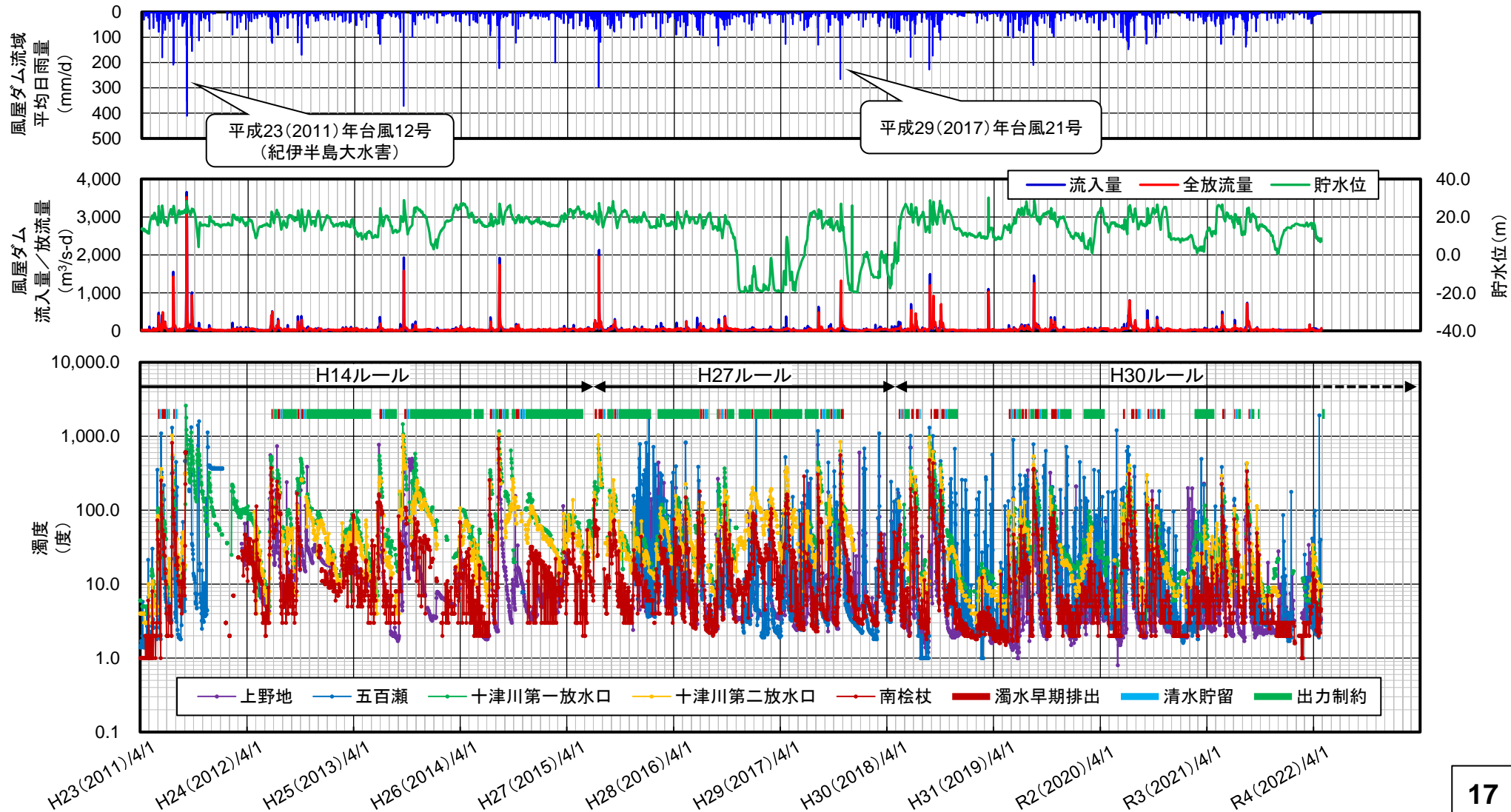
ゴムシート式から鋼製へ変更



3. 濁水長期化軽減対策の概要

(2) 運用ルールの見直し

● 濁水長期化軽減対策の運用実績および濁度状況(H23(2011)以降)



4. 濁水長期化軽減対策の効果

各地点の濁度状況の経時変化(期間毎の比較)

平成12(2000)年～平成22(2010)年
(大水害前)

濁度20度以下の日数が多い(年間200～350日程度)
本川上流(上野地)と本川下流(南桧杖)の日数は同程度

平成23(2011)年～平成29(2017)年
(大水害後～対策前)

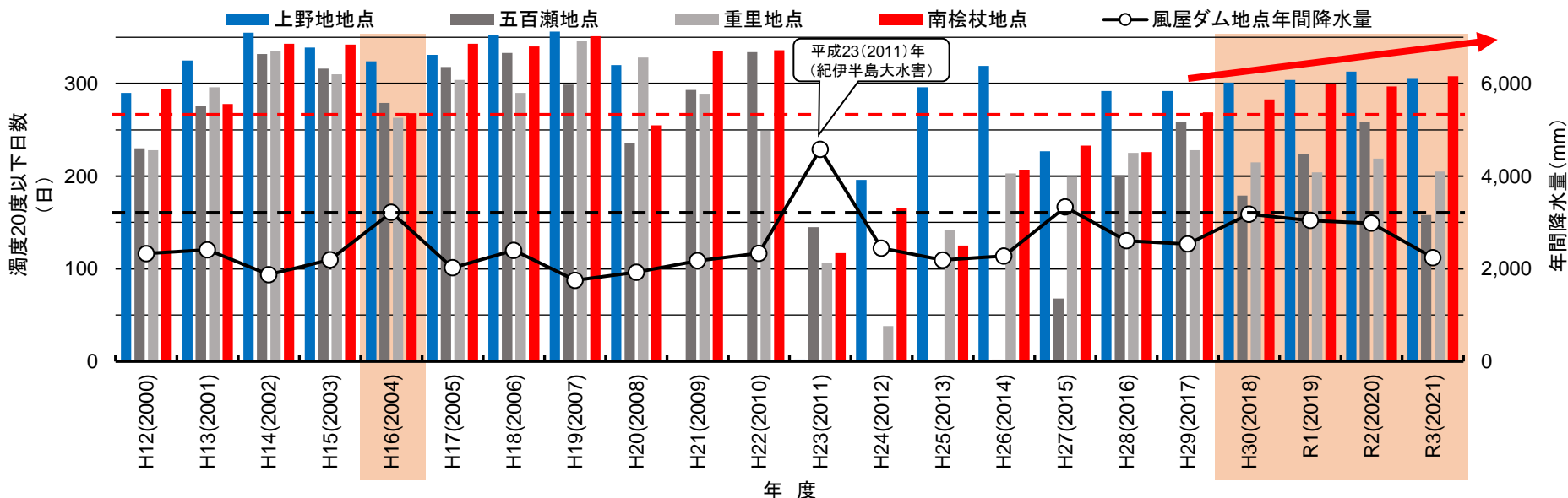
大水害前に比べ濁度20度以下の日数が減少し、特に支川(五百瀬、重里)が顕著(年間100～200日程度)
本川上流(上野地)に比べ本川下流(南桧杖)の日数が少ない ⇒ 支川の濁りが影響している

平成30(2018)年～
(対策後)

本川上流(上野地)と本川下流(南桧杖)は大水害前と同程度(年間300日程度)
支川(五百瀬、重里)は依然として濁りが多い傾向 ⇒ 本川下流(南桧杖)に影響していない

大水害前と対策後の比較

風屋ダム地点年間降水量が至近年と同程度の平成16(2004)年度と比較し、
平成30(2018)年度以降における本川下流(南桧杖)の濁度20度以下の日数は同等以上



支川の流域対策に関わらず、本川下流(南桧杖)の濁度が改善しており、
対策(濁水早期排出・清水貯留、風屋ダム表面取水設備等)は有効

4. 濁水長期化軽減対策の効果

風屋ダム取水口(表面取水設備)改造

改造後、取水範囲の縮小およびゲート移動範囲の拡大による濁度低減効果が確認された

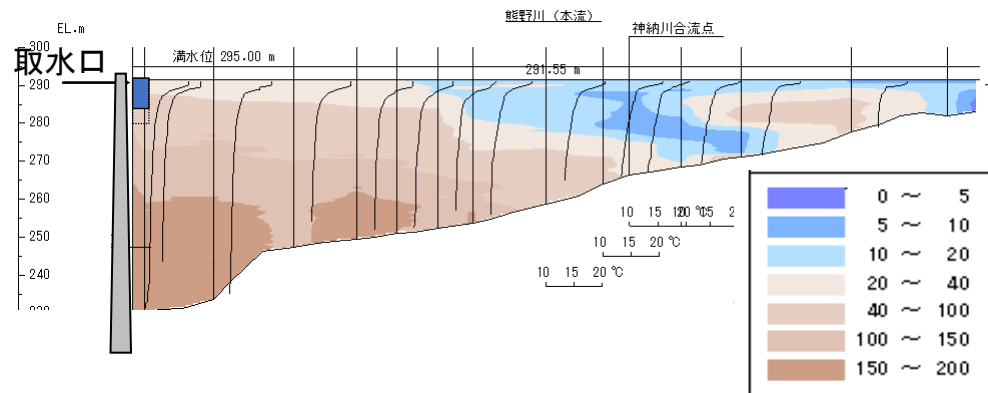
● 平成30(2018)年5月下旬の出水後の事例

十津川第一発電所放水口濁度

発電再開時 : 40度 (2018/5/31 9:00)

改造前の推定 : 約70度

⇒効果: 約▲30度



風屋貯水池縦断 濁度分布状況(2018/5/31 9:00)

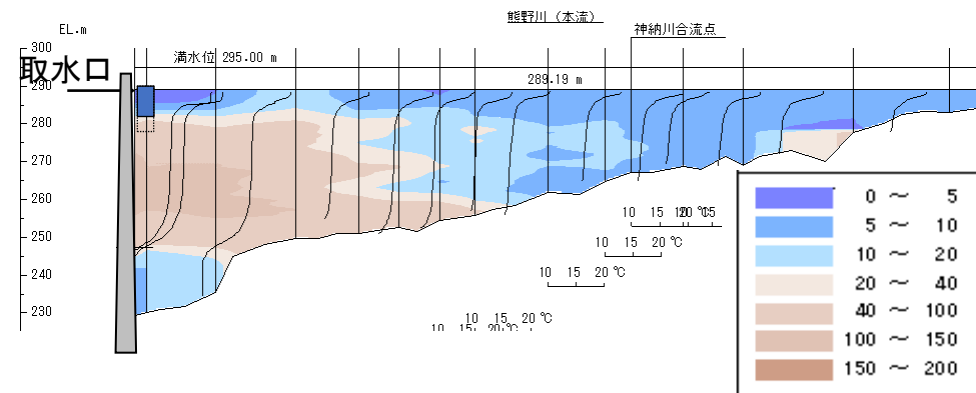
● 令和元(2019)年6月下旬の出水後の事例

十津川第一発電所放水口濁度

発電再開時 : 17度 (2019/6/24 9:00)

改造前の推定 : 約22度

⇒効果: 約▲5度



風屋貯水池縦断 濁度分布状況(2019/6/24 9:00)

※ 濁度分布状況は当該日の濁度実績

※ 濁度低減効果は出水毎の水位・流況・水温等の状況により異なるものと想定

※ 当該評価は貯水池表層へ清水貯留が行われた事例を対象に実施

(水温勾配が小さく濁度が水深方向で一様となる場合は、評価が困難なため未実施)

※ 他の出水でも上記と同様の効果が確認されているが、濁度低減効果が最大の平成30(2018)年5月と、濁度低減効果があり運用ルール効果が大きい令和元(2019)年6月の2例を提示

4. 濁水長期化軽減対策の効果

H30ルールを検証 (濁度50度以上で十津川第二発電所を停止する運用ルールの検証)

フル発電相当以下の低流量時(15~75m³/s)における、
放流方法の違い(発電放流/ゲート放流)による下流域の濁度状況を整理した。

宮井地点

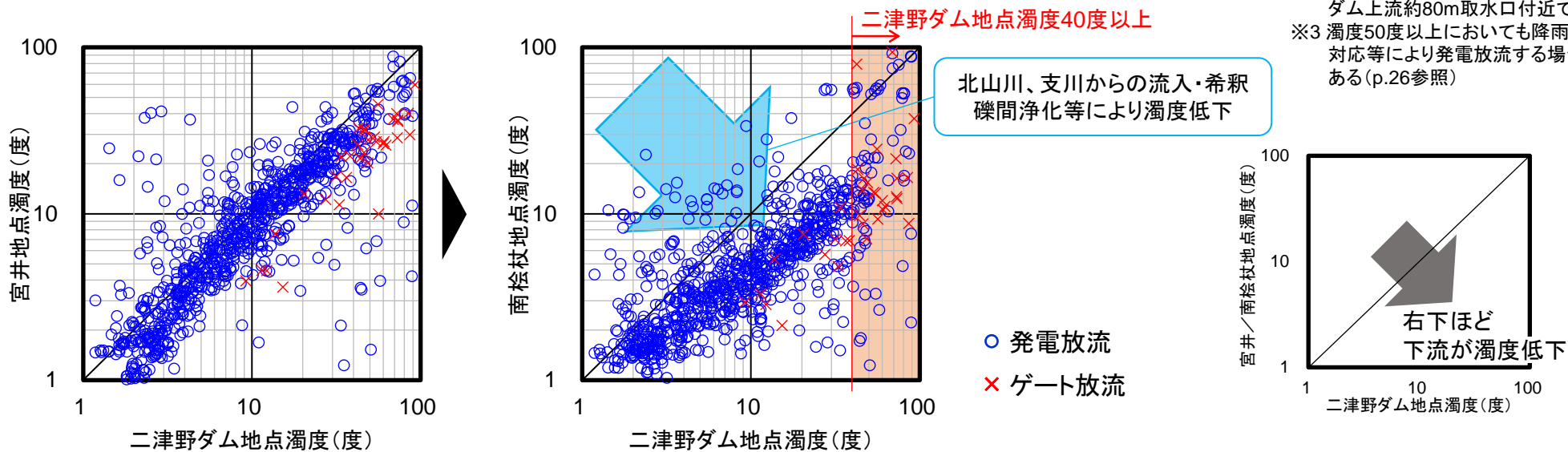
発電放流よりゲート放流の濁度がやや低い傾向。
ダム~発電所間においては支川からの流入・希釈、礫間浄化等の濁度低減効果あり。

南桧杖地点

北山川を含む支川からの流入・希釈、礫間浄化等の濁度低減効果により全体的に二津野ダム地点より濁度が低い傾向。
二津野ダム地点濁度40度以上において、発電放流とゲート放流の濁度に大きな差はない。



- ※1 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
- ※2 二津野ダム地点濁度はダム上流約80m取水口付近で計測
- ※3 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ります(p.26参照)



南桧杖地点において放流方法の違いによる濁度低減効果は見られないため、
濁度50度以上で十津川第二発電所を停止する運用ルールの効果はほとんど認められない

4. 濁水長期化軽減対策の効果

流域対策 各地点の濁度状況の経時変化(上流域の濁度状況)

● 上流域の流量－濁度の関係(大水害前後の比較)

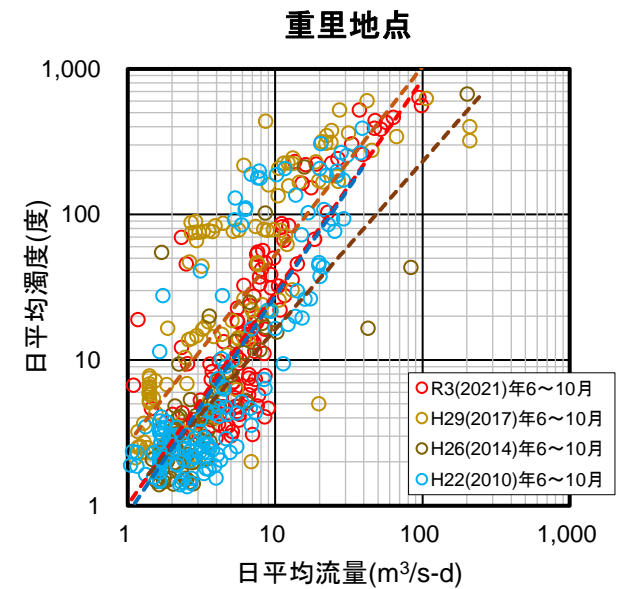
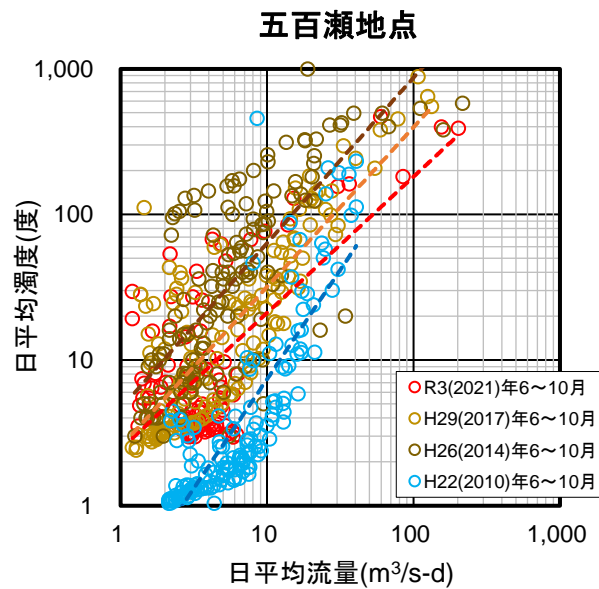
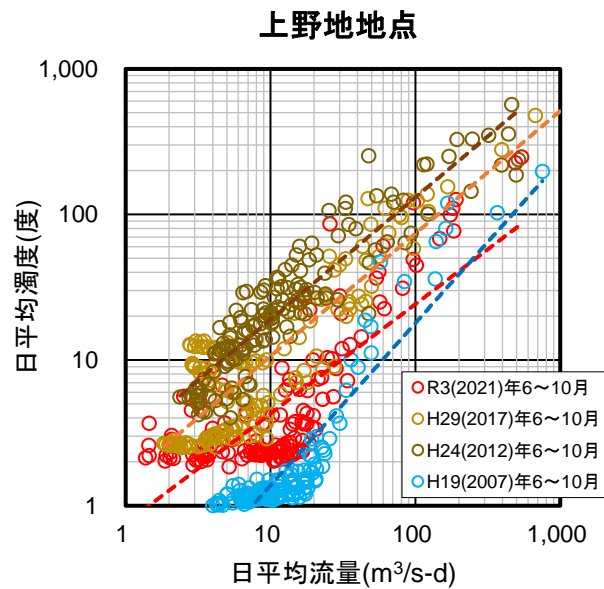
大水害直後(上野地地点:平成24(2012)年、他地点:平成26(2014)年)は比較的小さい流量であっても濁度が高い傾向

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】



※ 平成23年紀伊半島大水害前後は、異常値が少ない年を記載(H19(2007)年～H26(2016)年)

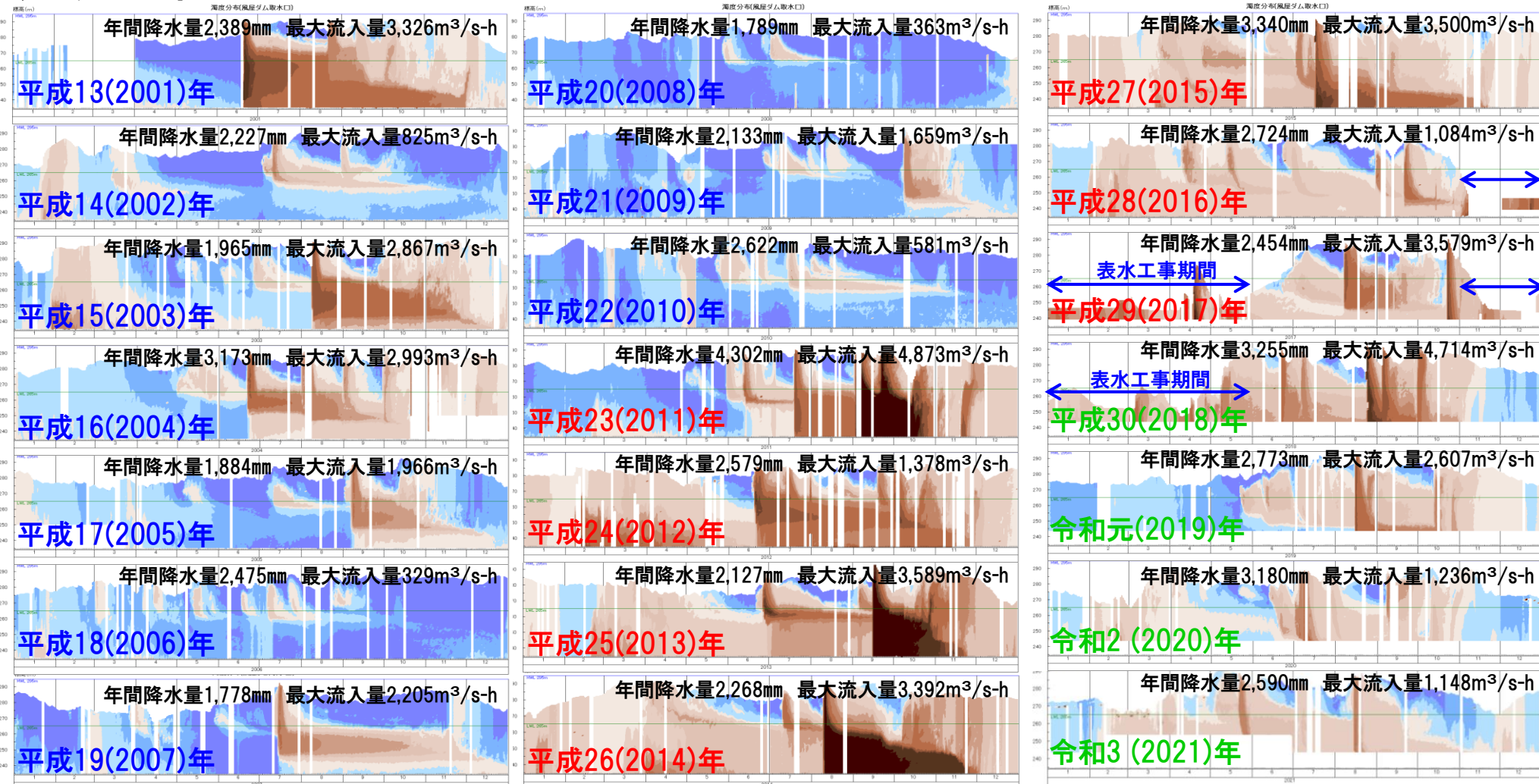
重里地点は水害前後で流量－濁度の関係に大きな変化無し

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

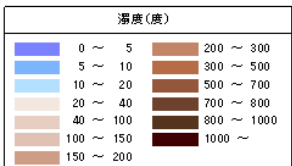
4. 濁水長期化軽減対策の効果

流域対策 風屋ダム(取水口)水深別濁度の経時変化

※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**



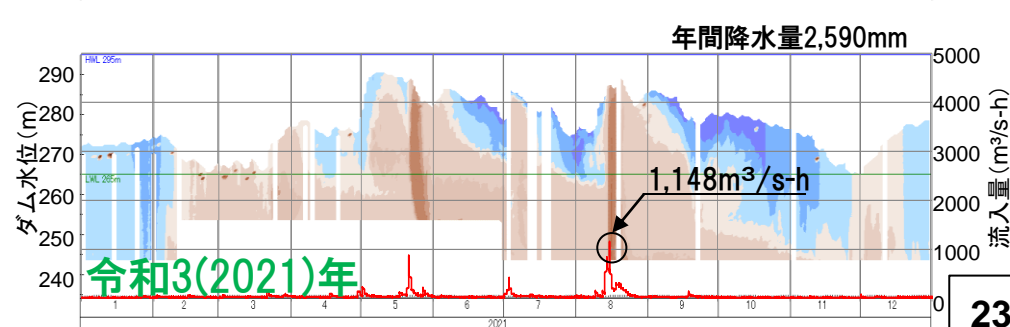
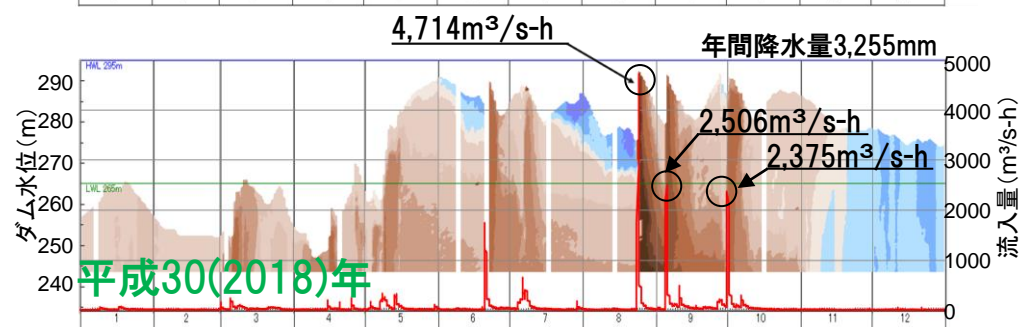
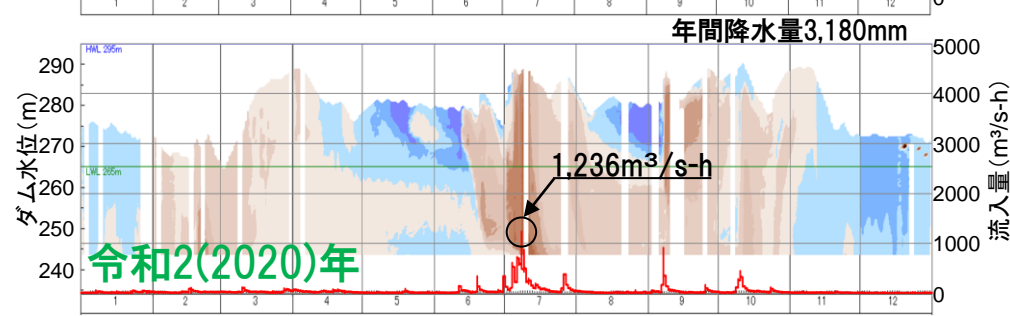
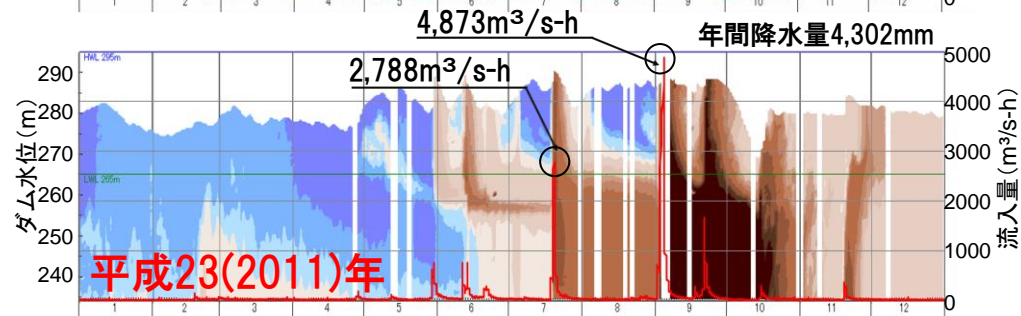
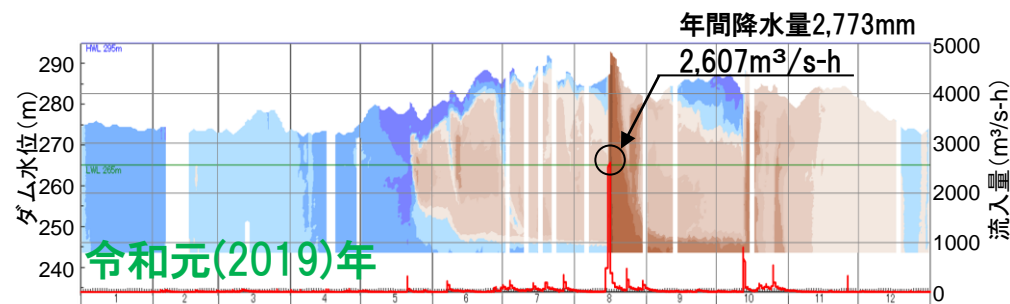
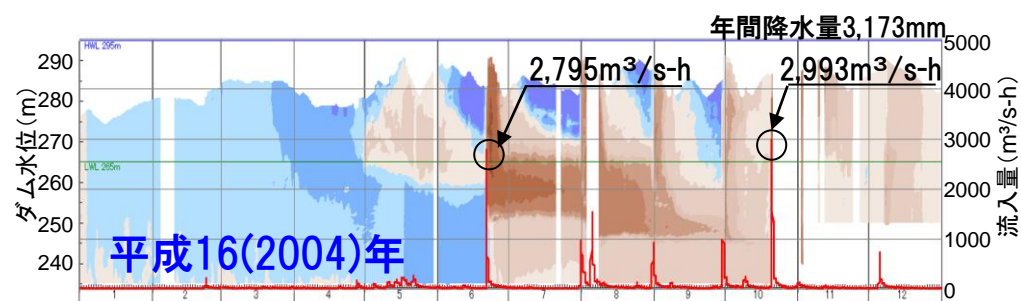
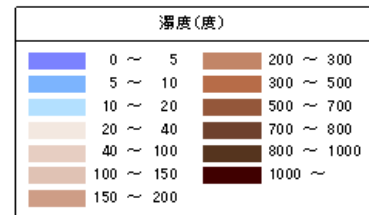
4. 濁水長期化軽減対策の効果

流域対策 風屋ダム(取水口)水深別濁度の経時変化(代表年比較)

● 平成16(2004)年度との比較(至近4年と年間降水量、流入量規模が同程度)

同等の出水規模の場合、流入量ピーク時やその後の減水時に類似の傾向

➡ 大水害前の水準に概ね回復してきており、**対策の効果が表れている**



※年間降水量: 風屋ダム地点の年間降水量

5. 今後の運用について

現時点の評価

- 対策により、平成23年紀伊半島大水害前の水準に**概ね回復してきている**
 - ✓ 上流域(上野地地点)、風屋貯水池内、下流域(南桧杖地点)の濁度状況が改善
 - ✓ 支川(五百瀬・重里)から濁水が流入しても、南桧杖地点の濁度状況は上流域(上野地地点)と同程度



当社対策(濁度50度以上で発電所運転停止以外)は、**流域対策に関わらず有効**

- 濁度50度以上で十津川第二発電所を停止する運用ルールの**効果はほとんど認められない**
 - ✓ 南桧杖地点の濁度状況は、放流方法の違い(発電放流/ゲート放流)で大きく変わらない
- 濁度50度以上で十津川第二発電所を停止する運用ルールは、**令和4(2022)年度も継続し、データ整理・分析を実施**
 - ✓ 当初予定の令和3(2021)年度末までの流域対策は完了していない
 - ✓ 熊野川の総合的な治水対策協議会(令和3(2021)年12月23日)において、「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」とのご意見あり
- 流域全体において、**合意形成が必要**
 - ✓ 熊野川の流域が広範囲に及び、上・中・下流で事情が異なる
 - ✓ 土砂排除や流域対策の他、濁水長期化軽減対策に対しても従来から様々な意見があり、関係者と協議・調整する必要あり

5. 今後の運用について

今後の対応(案)

● 濁水長期化軽減対策

以下の対策について、今後も濁度低減効果が期待できることから**継続する**

- ✓ 風屋ダム・二津野ダム濁水防止フェンスの運用
- ✓ 濁水早期排出・清水貯留期間の変更(H30ルール)
- ✓ 左岸支川清水の活用
- ✓ 改造した風屋ダム取水口(表面取水設備)の運用

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**

将来的には、出水時に合わせ、早期により多くの濁水排出を目的とした**バイパストンネル等**を二津野ダムに設置することを計画中

⇒ 濁水長期化軽減対策の他、堆砂対策、治水協力、河川・海岸環境改善の効果に期待(詳細は6項を参照)

● 濁度50度以上で十津川第二発電所の運転を停止する運用ルール **※関係者と協議中**

対策(濁水早期排出・清水貯留、風屋ダム表面取水設備等)により、流域の濁度状況は平成23年紀伊半島大水害前の水準に概ね戻っていることから、**現行の運用ルールを継続した上で、濁度50度以上で1/2出力運転等(1/4出力運転含め)の運用を試行^{※1}**することと致したい。

関係者と協議し、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。

検証方法(案): 試行運用前後の各地点の濁度状況比較等

検証期間(案): 3年程度(令和5(2023)年度～令和7(2025)年度)^{※2}

※1 試行運用の内容は、検証により柔軟に見直す

※2 検証データの蓄積状況等を踏まえて変更する可能性あり

5. 今後の運用について

今後の運用ルール(案)(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	変更(案) 令和4(2022)年～ (案)
～17	フル発電	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	1/2出力運転
40～50		1/4出力運転		
50～			発電停止	発電停止 〔1/2出力運転 の試行運用※〕

※関係者の合意を得た後に実施

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

6. 将来の方向性(バイパストンネル設置に向けた取組み)

バイパストンネル計画概要(案)

● 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。

● バイパストンネルの目的・期待される効果

① 濁水長期化軽減

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
- ✓ 堆砂量減少による空き容量増大で治水協力効果が増

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、貯留量が増加し、ダム放流量の減少が可能となる※

※ 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)

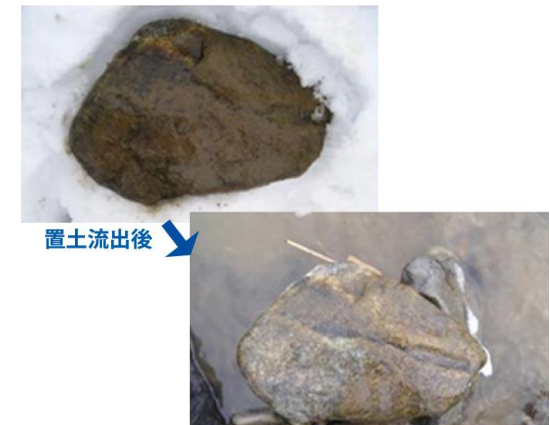
生物環境:付着藻類、底生動物・魚類の生育環境の多様化

※現在計画中であり、変更する可能性有り

バイパストンネルイメージ



礫の洗浄(クレンジング)



出典:国土交通省 九頭竜川ダム総合管理事務所

6. 将来の方向性(バイパストンネル設置に向けた取組み)

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ンネルを設置し、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。

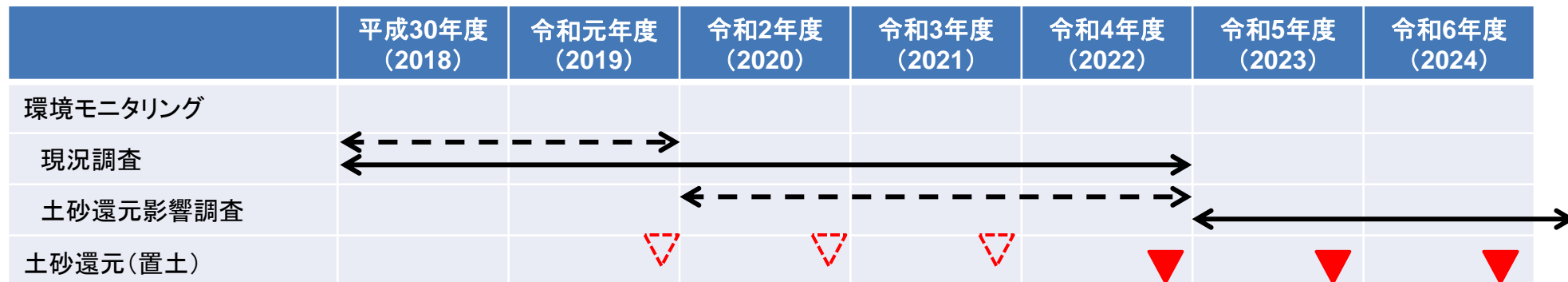
● 学識者による検討会

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4(2022)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。

6. 将来の方向性(バイパストンネル設置に向けた取組み)

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