

立野ダム試験湛水の対応と評価

令和6年3月

九州地方整備局
立野ダム工事事務所



国土交通省

九州地方整備局

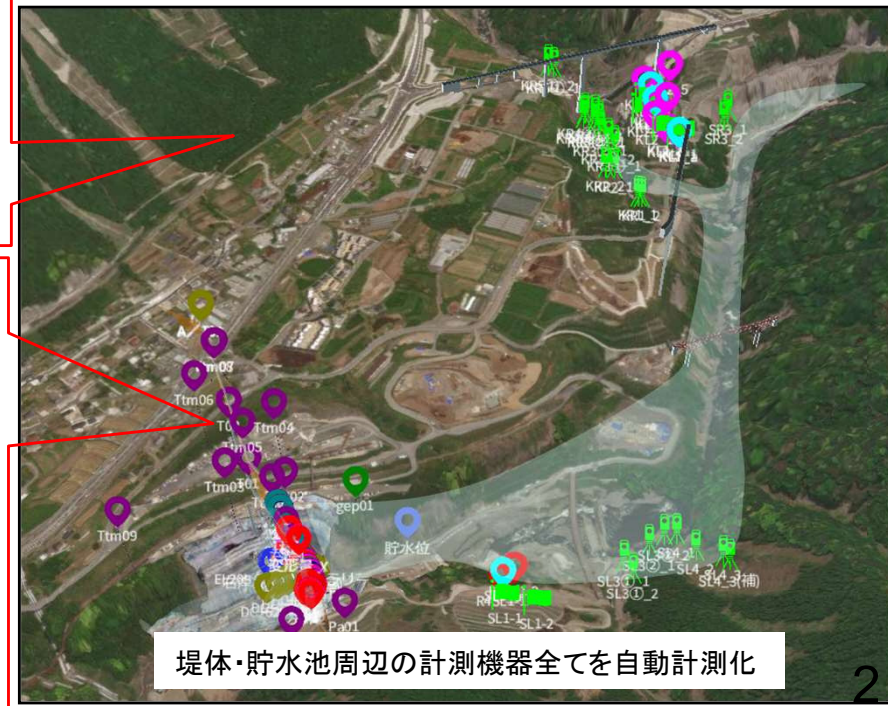
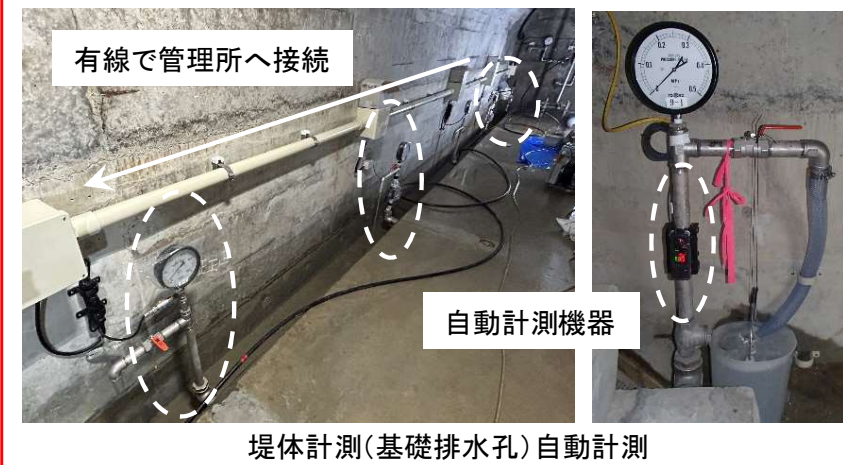
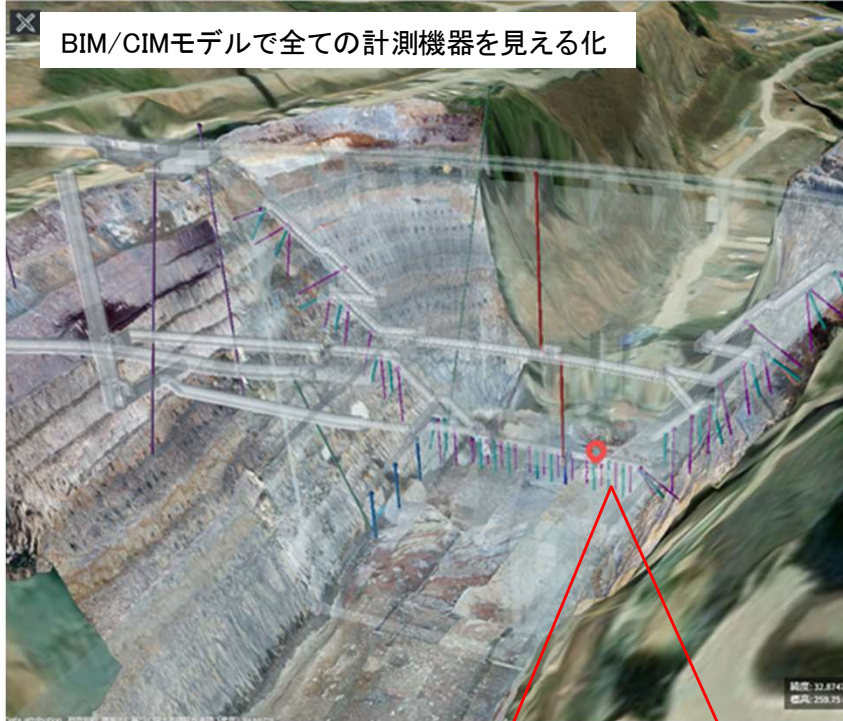
立野ダム試験湛水計画に対する対応と評価

➤ 一般的な試験湛水(1m/日以下で下降)よりも水位下降速度を速めた場合の課題に対して立案した立野ダム試験湛水計画に対する実際の対応とその評価について下記に整理した。

項目	小項目	一般的な試験湛水と比較した場合の課題	立野ダム試験湛水計画	対応と評価	説明
(漏水・堤体安定性)	計測頻度	一般的な試験湛水と同じ1回/日の計測では、巡視や計測頻度の不足により異常発見の遅れや見逃しが懸念される	異常発見の見逃しがなく、計器観測を充実する。 他ダムと同等の計測頻度を確保するために自動計測体制を構築するとともに巡視を充実する。	全ての計測機器を自動計測とし、水位下降に対し、1回/時間の計測を行うことにより、1m/日以下で下降する一般的な試験湛水と同等の計測データを確保した。また、そのデータをリアルタイムで共有・確認できる体制を構築し適切に監視することができた。	p.2
		異常時の判断遅れ等により、異常時の水位操作までの時間差により水位が変動してしまい異常の拡大などが懸念される	判断遅れがないよう、体制移行や中止判断の基準値の定量化や貯水位操作の考え方をあらかじめ決めておく。	体制移行基準の定量化を行い、判断遅れなく体制移行を行ったうえで、試験湛水を継続し、結果的には問題となる事象は生じなかった。	資料-1 p.11
			時間差による水位変動を小さくするため、一般的な基準より厳しい判断基準を設定する。	一般的な基準より厳しい判断基準を設定し、一部の箇所における基礎排水孔排水量、揚圧力で基準値超過があったが、結果的には問題となる事象は生じなかった。	p.15
			異常発生リスクを低減するため、事前に行える調査解析を実施する。	基礎排水孔事前調査を事前に実施することで、要監視孔の特定や事前対策を実施することができ、試験湛水中の異常発生リスクの低減につながった。	p.3,4
			試験湛水前の令和5年出水期は、試験湛水時と同等の計測体制を構築し、事前調査結果とあわせて、試験湛水時のSWL時の予測などを行い、状況に応じた対応策の検討や対策工を実施する。	継目排水孔充水試験を事前に実施したが、横継目に隣接する水平打継目が開いたことが要因と思われる排水があり、事前想定よりも排水量が多い結果となった。水平打継目の開きに対しては、安定計算により堤体安定上問題が無いことを確認した。	p.5
令和5年7月の出水での貯水位上昇により経験した計測結果より試験湛水(SWL時)の予測を行うことで要監視孔の特定や事前対策を実施することができた。			p.6		
貯水池周辺地山の安全性確認	残留間隙水圧の残留率	水位下降時、地山の残留間隙水圧の残留率が大きくなる可能性があり、一般的な試験湛水よりも厳しい条件での実施となる	残留間隙水圧の残留率が大きくなる可能性がある貯水池周辺地山について、残留間隙水圧の残留率の変動による影響を事前に確認する。	残留率を一般的に設定される数値よりも危険側に設定して安定計算を行い、不安定化しないことを念のため確認したうえで監視体制を充実させた。地下水位変動を実測した結果、一般的に用いられる残留率と比較して十分小さく、今回の試験湛水は安全側の条件となった。	p.7
	計測頻度	一般的な試験湛水と同じ1回/日の計測では、巡視や計測頻度の不足により異常発見の遅れや見逃しが懸念される	異常発見の見逃しがなく、計器観測を充実する。 他ダムと同等の計測頻度を確保するために自動観測体制を構築するとともに巡視を充実する。	全ての計測機器を自動計測とし、水位下降に対し、1回/時間の計測を行うことにより、1m/日以下で下降する一般的な試験湛水と同等の計測データを確保した。また、そのデータをリアルタイムで共有・確認できる体制を構築し適切に監視することができた。	p.2
		異常時の判断遅れ等により、異常時の水位操作までの時間差により水位が変動してしまい異常の拡大などが懸念される	判断遅れがないよう、体制移行や中止判断の基準値の定量化や貯水位操作の考え方をあらかじめ決めておく。	体制移行基準の定量化を行い、判断遅れなく体制移行を行ったうえで、試験湛水を継続し、結果的には問題となる事象は生じなかった。	資料-1 p.17
時間差による水位変動を小さくするため、一般的な基準より厳しい判断基準を設定する。			一般的な基準より厳しい判断基準を設定し、一部の箇所における傾斜計で基準値超過があったが、結果的には問題となる事象は生じなかった。	p.21	
下流河川安全性	下流河川水位(水位上昇量)	一般的な試験湛水より水位下降時の放流量が大きくなることで、下流河川の水位が上がり河川利用箇所の浸水が懸念される	河川利用とその際の安全性に支障を与えない放流量を設定する。 冠水が懸念され河川利用が考えられる箇所は立入禁止措置や巡視等を行う。	高水敷が冠水しない放流量として、最大放流量64m ³ /s(水位低下放流ゲート全開)を設定して実施し、水位上昇により高水敷が冠水することはなく、安全な放流量であった 川の中の遊歩道等に立入禁止措置を行い、ゆっくりと放流量を増加させながら安全巡視を行い、安全に貯水位低下を行うことができた。	p.8
		一般的な試験湛水より、冠水する期間が短くなるため環境への影響は大きくなることは想定されない。	—	貯水位下降速度を速めたことで、一般的な試験湛水(1m/日以下で下降)よりも冠水期間が約47日間短縮されたものと試算される。	p.9
環境への影響	湛水期間	異常濁水等が生じた場合、湛水が長期化する可能性がある。	流況や植生の活性等の視点で環境への影響を最も緩和できる開始時期を設定する。 異常濁水等により計画以上に湛水が長期化した場合、想定以上の自然環境(阿蘇北向谷原始林)への影響が発生することが懸念されるため、試験湛水中断基準についてあらかじめ決めておく。	気温、流況等を考慮し適切な開始時期を設定した。濁水ではあったがシミュレーションどおりの湛水を行うことができた。 あらかじめ異常濁水時の中断基準を定めて実施したが、該当しなかった。	資料-1 p.1 - p.3

急激な水位変動速度に対する計測・監視頻度の確保

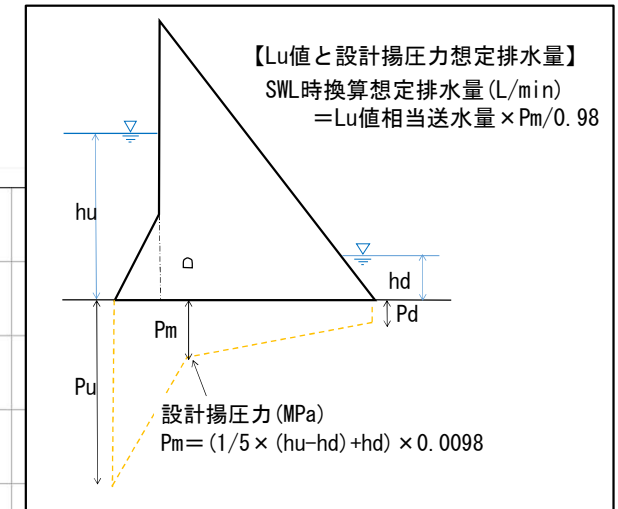
- 立野ダムの試験湛水では、水位変動速度が他ダムと比較して速いため、全ての計測機器を自動計測とし、水位下降に対し、1回/時間の計測を行うことにより、1m/日以下で下降する一般的な試験湛水と同等の計測データを確保した。また、計測されたデータを自動的にシステムにアップロードし、クラウドシステムでリアルタイムにデータを監視できる体制を構築し運用した。
- 一部、自動計測機器の観測値に異常値も確認されたが、手動計測を並行して実施することで計測結果を補完し、適切に監視することができた。



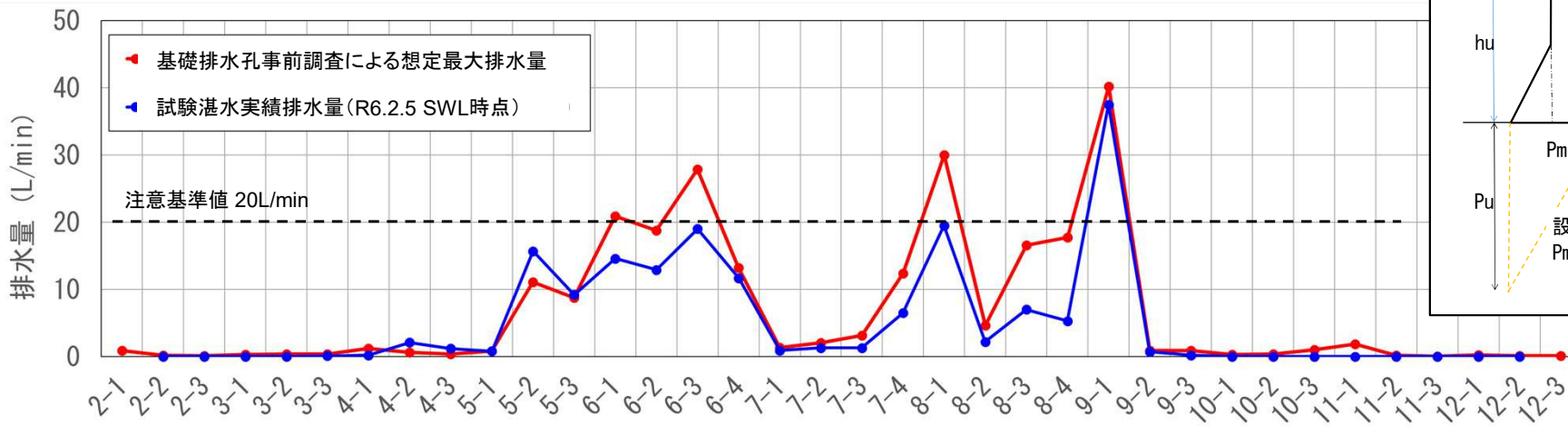
基礎排水孔排水量事前調査想定値と実測値の比較

- 貯留時の大規模な漏水等の異常に対し、要因調査や対策実施の時間が確保できないため、これらのリスクを極力回避すべく基礎排水孔事前調査（透水試験）を実施した。
- 事前調査では透水試験等により全ての基礎排水孔の透水性状を確認し、設計揚圧力を用いてSWL時の基礎排水孔排水量を想定した。
- その結果、9-1孔は特に透水性が高く基礎排水量が多くなることが想定されたため、事前の対策を実施した。その他、8-1孔、6-3孔は、注意基準値20L/minを超過する想定となった。
- 一般に、漏水量が多くなると貯水位との線形関係が失われることがあり、貯水位を維持して要因調査等を行う必要があるため、事前に対策や、監視カメラ等の準備を行った。
- 試験湛水（SWL）時の実測値と比較すると、全体的に想定排水量は再現性があることが確認された。なお、基礎排水量は注意基準値を超過した孔があるものの貯水位との線形関係を維持しており、問題となる事象は確認されなかった。

■基礎排水孔事前調査による想定排水量の算出方法



■事前調査結果と試験湛水実績の比較



試験湛水の中止基準(基礎排水孔)について

計測値と貯水位との線形関係が失われ、さらに観測値が増加する場合には、貯水位上昇を中断した上で調査・対応を検討し、試験湛水が25日以内に完了出来ない場合、試験湛水中止判断を行う。

注意基準(基礎排水孔)について

一般に、個々の計測値と貯水位の関係が線形関係であれば、ダムの挙動は安定した状態にあるとされるが、漏水量などは一定量を超過すると、計測値と貯水位との線形関係が失われることがあるため、他ダム実績を考慮し注意基準値・警戒基準値を設定し、計測・巡視の体制を強化。

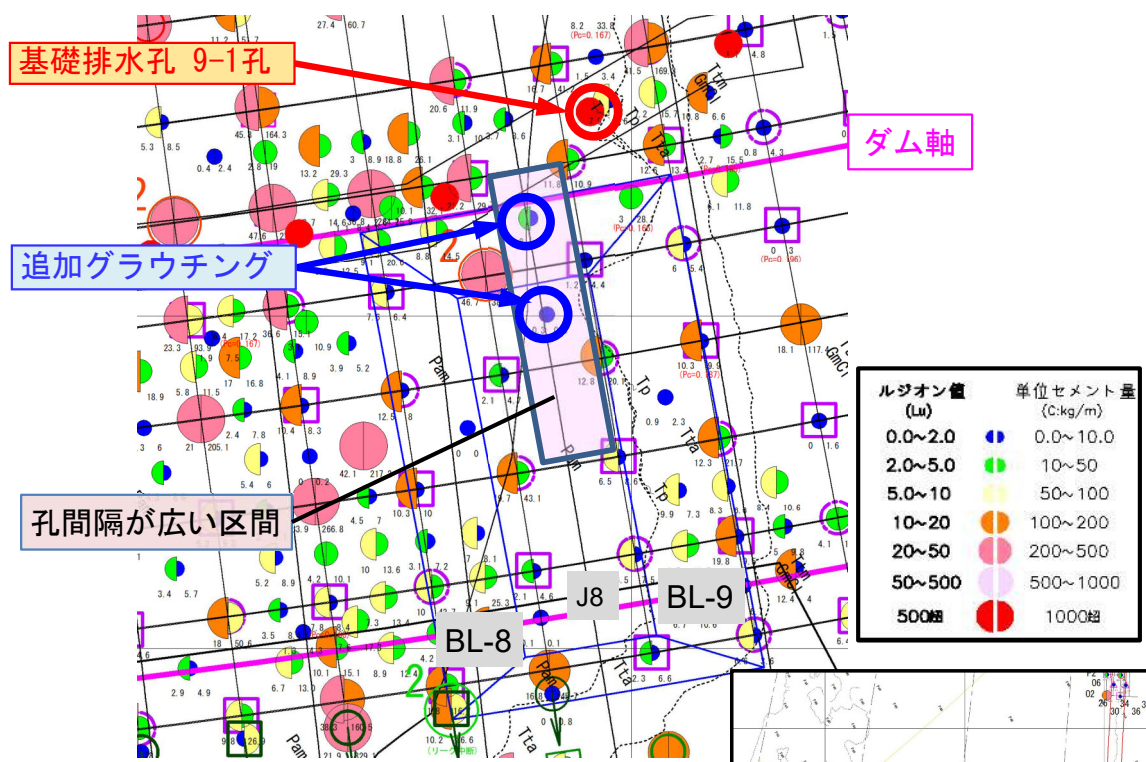
基礎排水孔事前調査結果により試験湛水前に実施した対策

➤ 事前調査において高透水性を示した孔（9-1孔）では、その要因を分析し追加グラウチング対策を事前に実施することで、異常発生のリスクを低減できた。

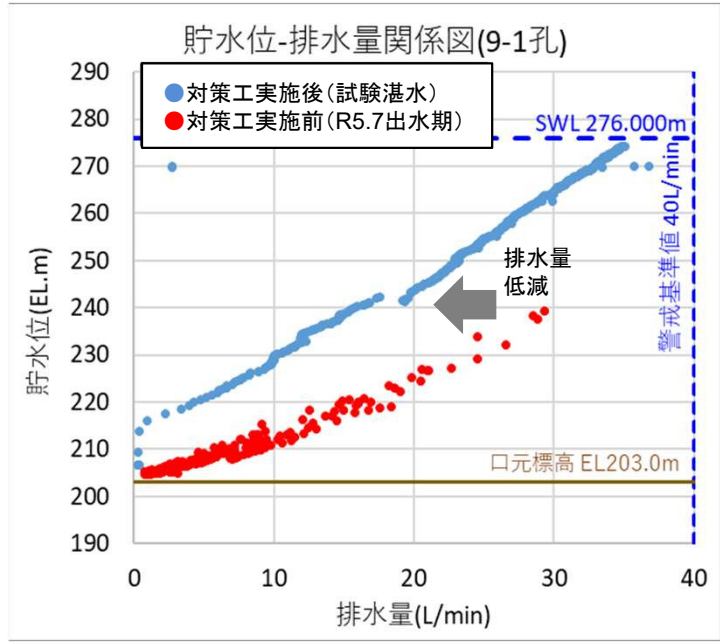
【9-1孔の状況】

9-1孔は、細かな割れ目が網目状に連続し、一部の節理は密着していないこと、隣接孔に比べセメントミルクの充填がやや少ないことが透水要因と推察した。9-1孔上流側では他に比べ孔間隔が広がっていることを踏まえ、貯留前に追加グラウチングを実施した。その結果、対策工実施前と比較して排水量の低減が確認された。

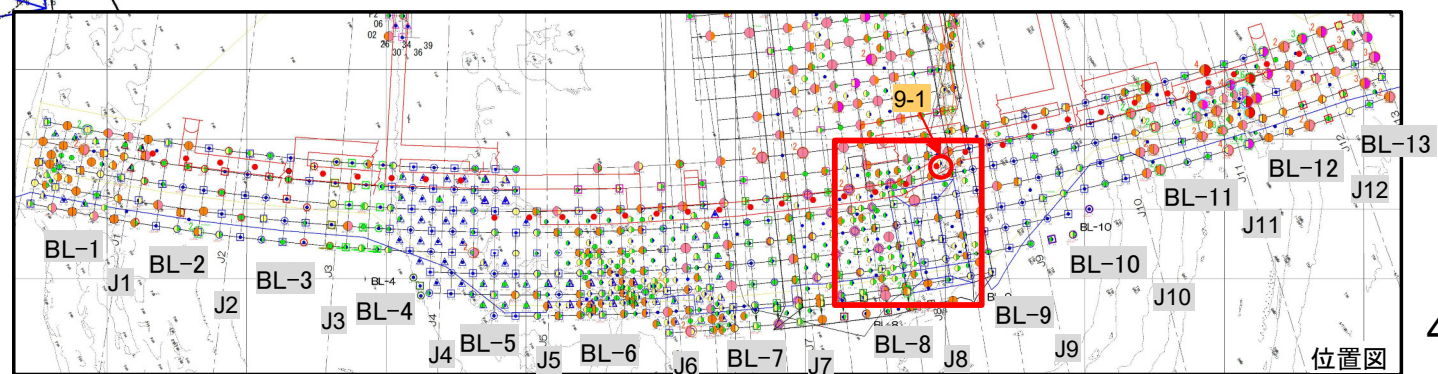
9-1孔に対する対策工（追加グラウチング）



9-1孔における対策工効果



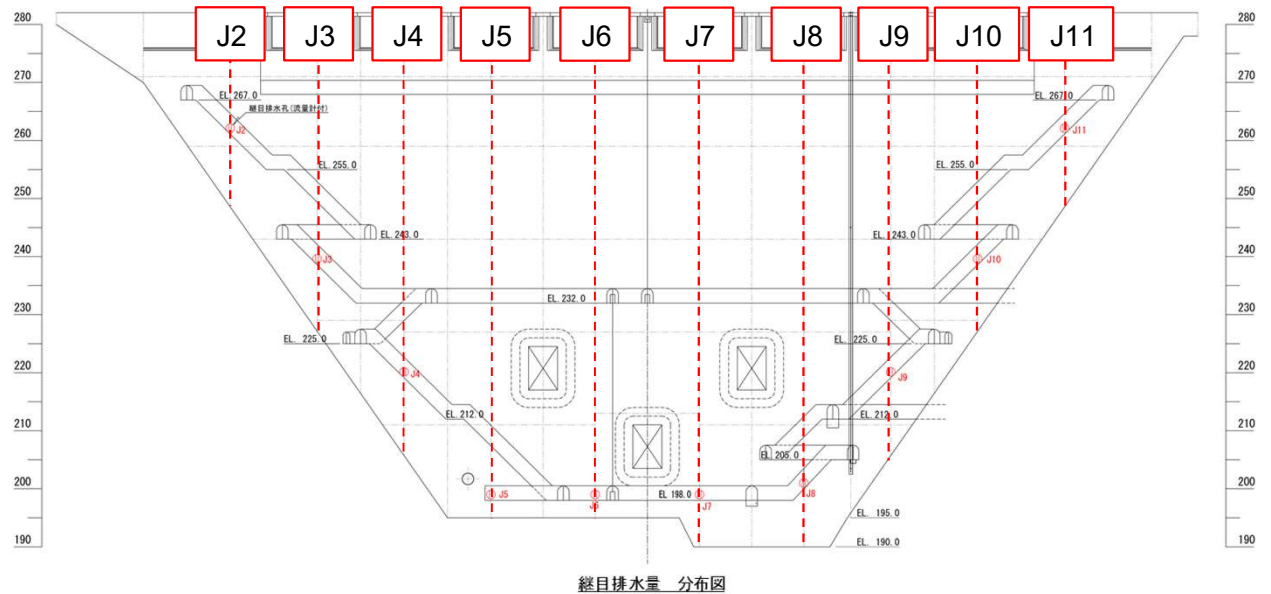
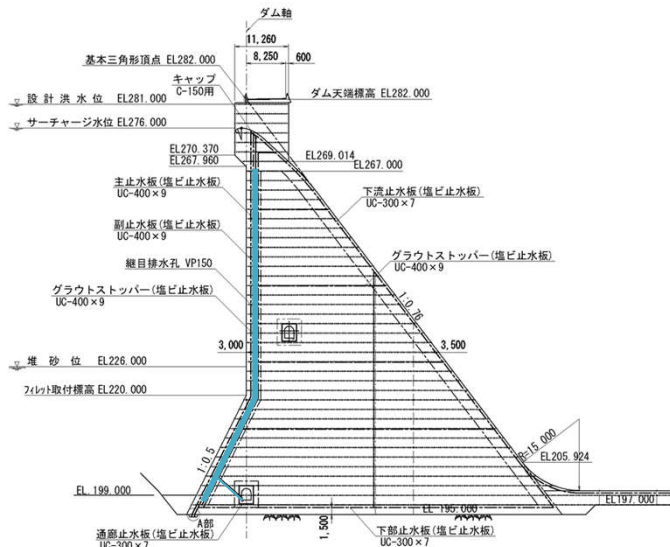
対策工実施前（中間湛水時）に対し、対策工実施後で排水量の低減が確認できる



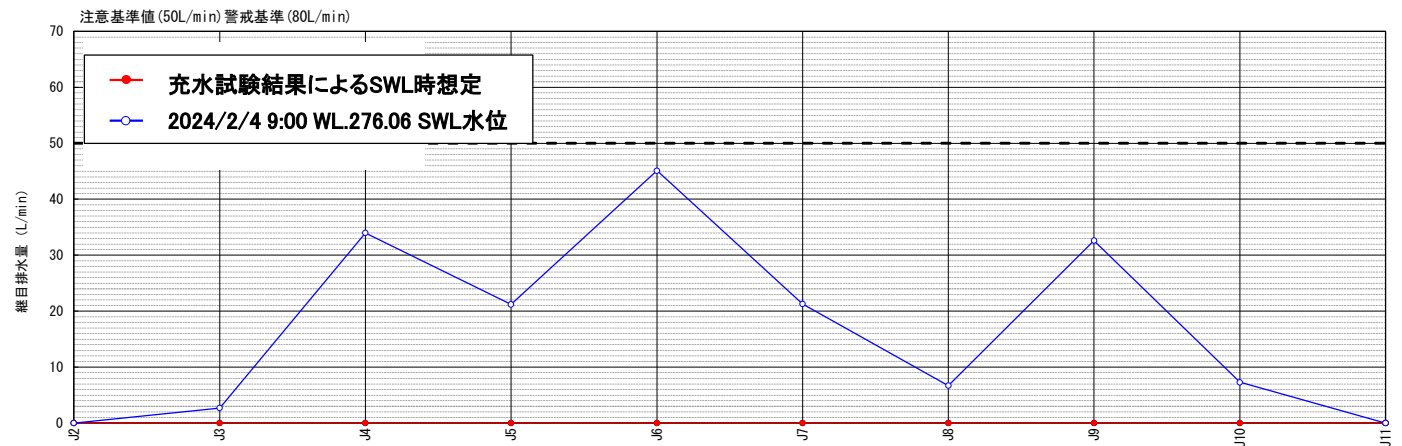
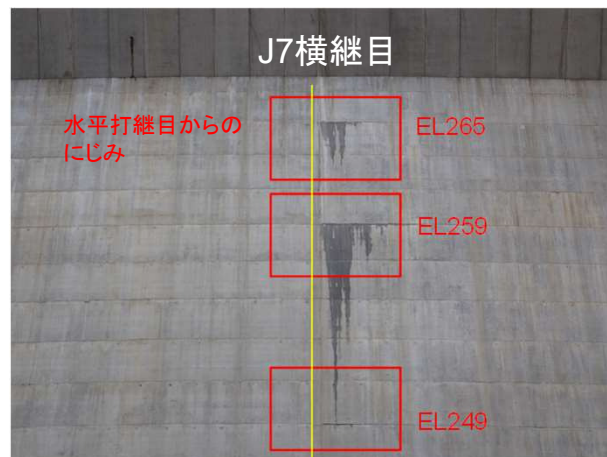
継目排水孔充水試験結果との比較

- 貯留開始前に継目排水孔に水圧をかけて充水しクラック等漏水箇所の有無を確認する継目排水孔充水試験を行った結果、堤体の上下流面や監査廊内への漏水は確認されず、継目排水孔からの排水量はほとんど計測されないと考えていた。
- 貯留時の計測結果では、注意基準値50L/minには達しないもののある程度の排水量が確認され、貯水位低下後に再度実施した充水試験において、堤体上流面の水平打継目からののにじみが確認された。
- これらの状況から、堤体上流面の水平打継目からの漏水であることが想定されるが、安定計算の結果、堤体安定性上問題ないことを確認しており、長期的な管理の視点や景観を配慮し、必要に応じて補修等を実施していく。

■ 継目排水孔の位置



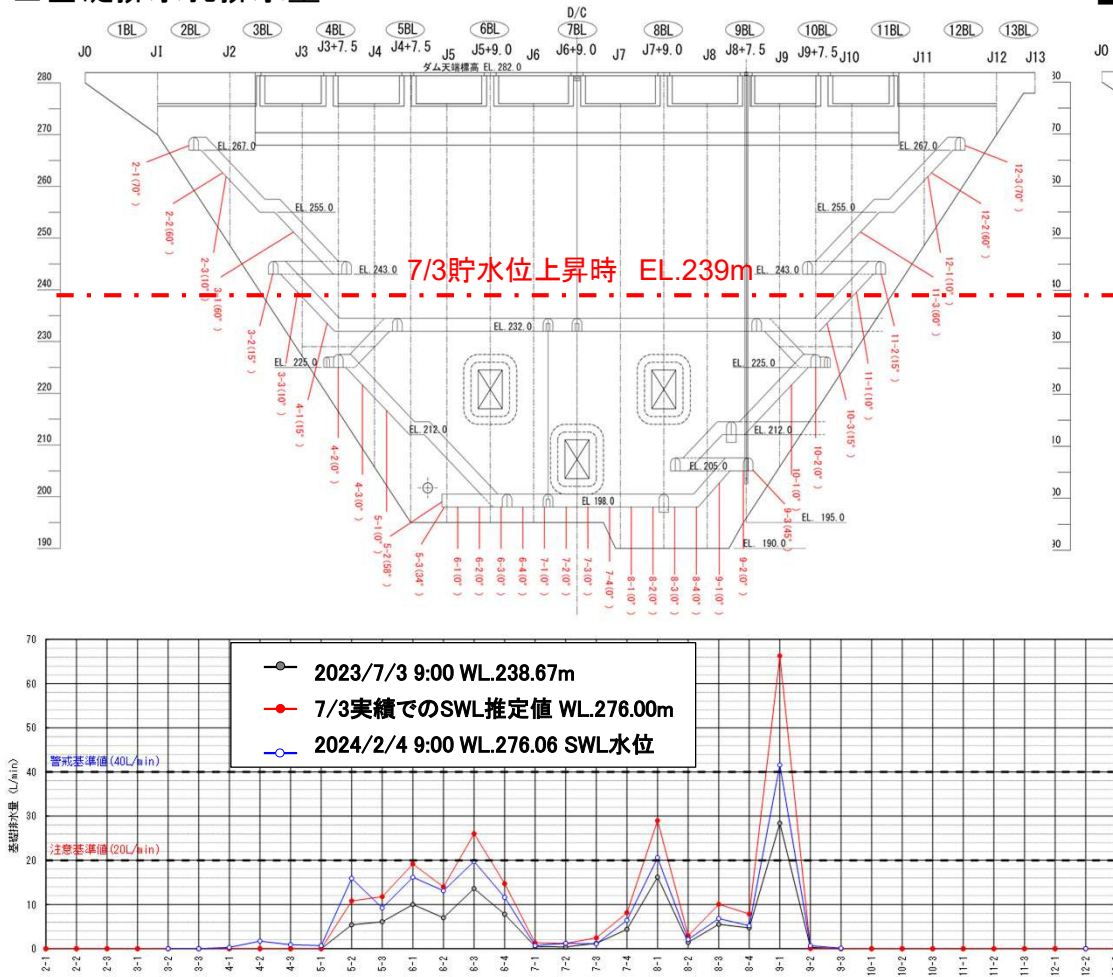
■ 試験湛水後充水試験時の堤体上流面の滲み



出水時の計測値によるSWL時想定

- 7月3日出水時にEL. 239m程度まで一時的に貯水位が上昇したため、そのときの計測値の傾向から貯留（SWL）時の想定を行った。
- SWL時の想定値と実際の貯留（SWL時）時の実測値を比較すると、4BL, 5BLで想定よりも若干大きくなったものの全体的に再現性があり、貯水位上昇時の計測値からSWL時の予測を行うことで、貯留時に注意すべき観測孔の抽出を行うことができた。
- なお、各孔の設計揚圧力を参考にした注意基準値を4-2'孔のみ超過したが、計測した揚圧力にて安定解析を実施した結果、堤体安定性に影響はないことを確認しており、その他問題となる事象は確認されなかった。

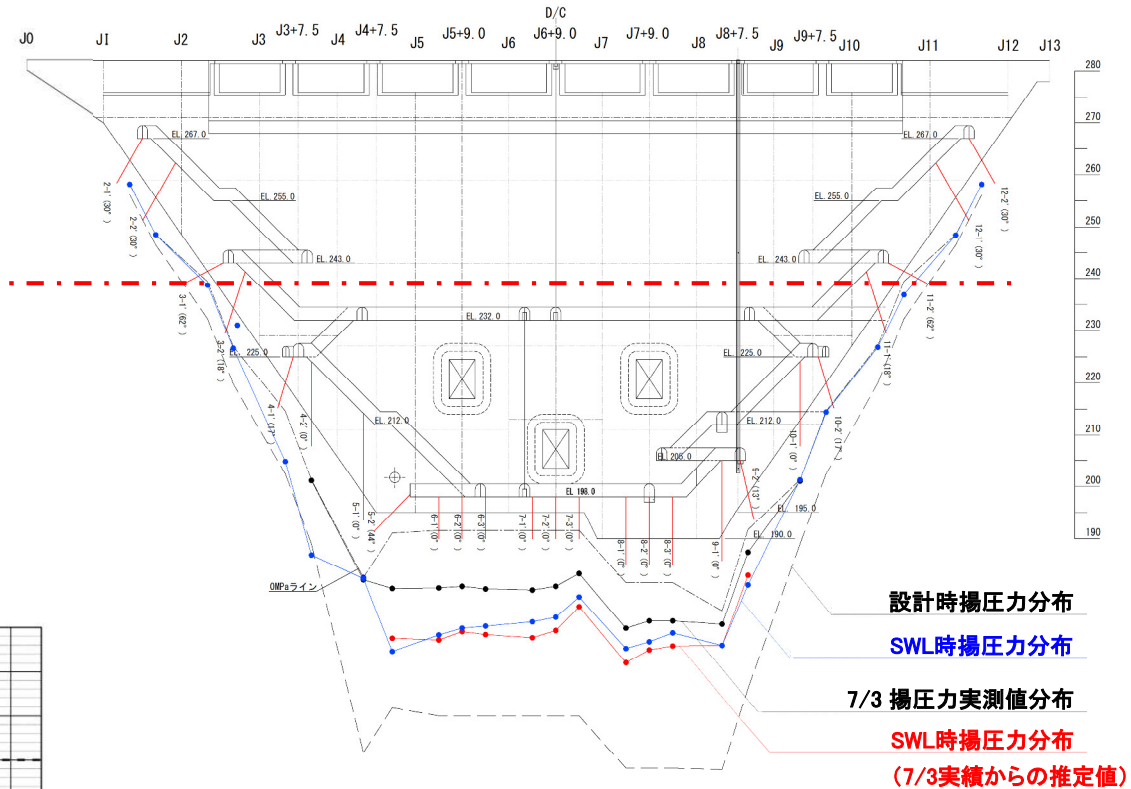
■基礎排水孔排水量



試験湛水の中止基準(基礎排水孔・揚圧力)について

計測値と貯水位との線形関係が失われ、さらに観測値が増加する場合には、貯水位上昇を中断した上で調査・対応を検討し、試験湛水が25日以内に完了出来ない場合、試験湛水中止判断を行う。

■揚圧力



注意・警戒基準(基礎排水孔)について

一般に、個々の計測値と貯水位の関係が線形関係であれば、ダムの変動は安定した状態にあるとされるが、漏水量などは一定量を超過すると、計測値と貯水位との線形関係が失われることがあるため、他ダム実績を考慮し注意基準・警戒基準を設定し、計測・巡視の体制を強化。

注意基準(揚圧力)について

ダムの堤体安定計算上で想定される設計揚圧力を基準値として、貯水位相当で想定される設計揚圧力を注意基準として設定し、計測・巡視の体制を強化

残留間隙水圧の残留率の実績

- 水位下降速度を速めることで地山に地下水位が残留しやすくなり、斜面が不安定化することが考えられた。そのため、残留率を一般的に設定される50%よりも危険側に設定して念のため安定計算を行い不安定化しないことを確認したうえで、監視体制を充実させ、試験湛水を実施した。
- 計測対象としていた、KL1地区、KL2地区では地下水位を計測しており、今回のような通常よりも速い貯水位低下に対し、最大で15%程度(KL2地区)の残留率であったことを確認した。その結果、一般的に設定される残留率50%と比較して十分小さく、今回の試験湛水は安全側の条件となった。

【KL1地区】

KL1地区では1か所で地下水位観測を実施しており、貯水位との関係から、残留間隙水圧は6%程度と試算した。

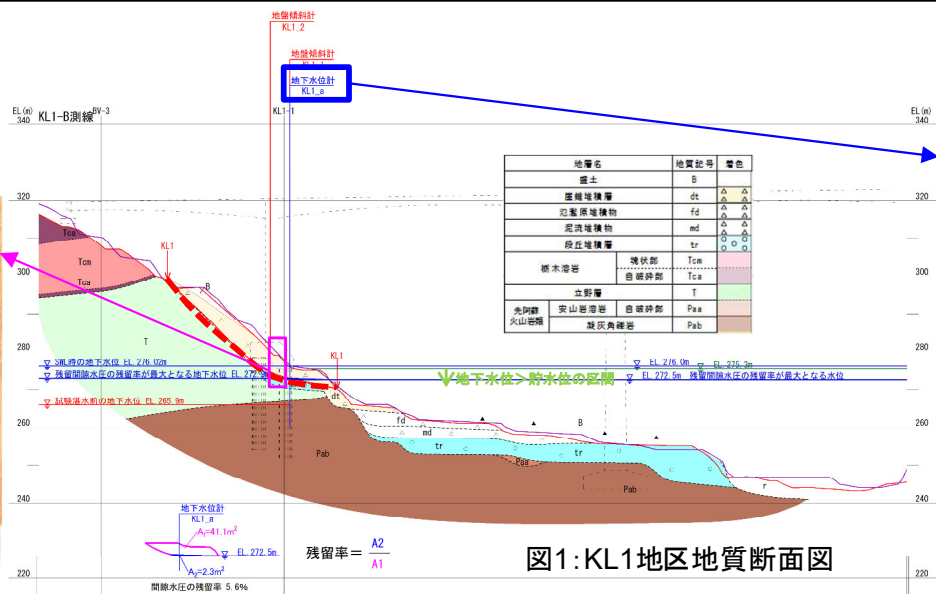
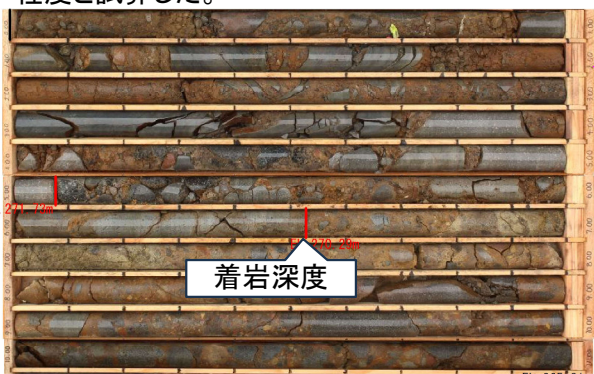
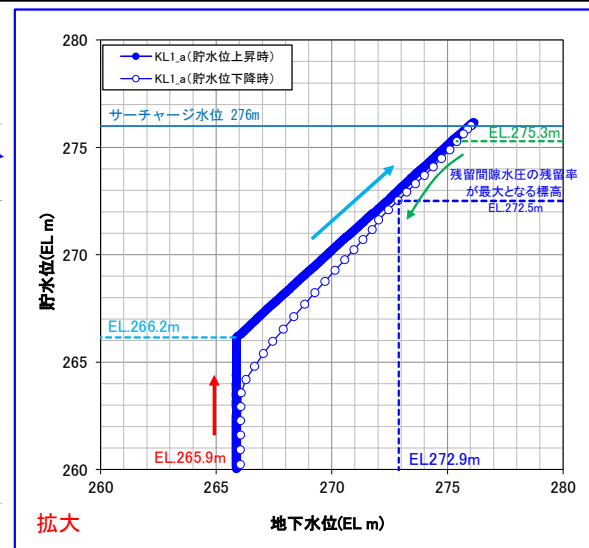


図1: KL1地区地質断面図



【KL2地区】

KL2地区では2か所で地下水位観測を実施しており、貯水位との関係から、残留間隙水圧はそれぞれ6%~15%程度と試算した。

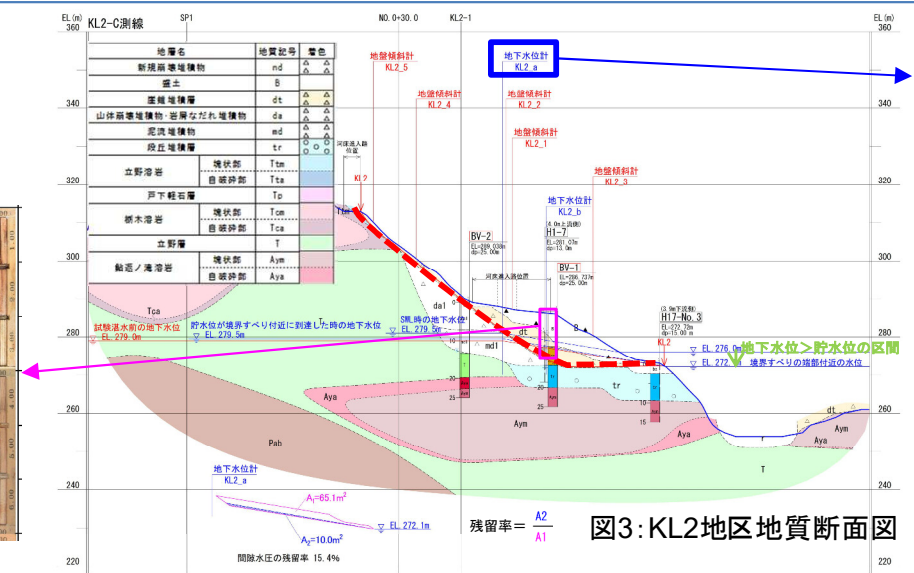
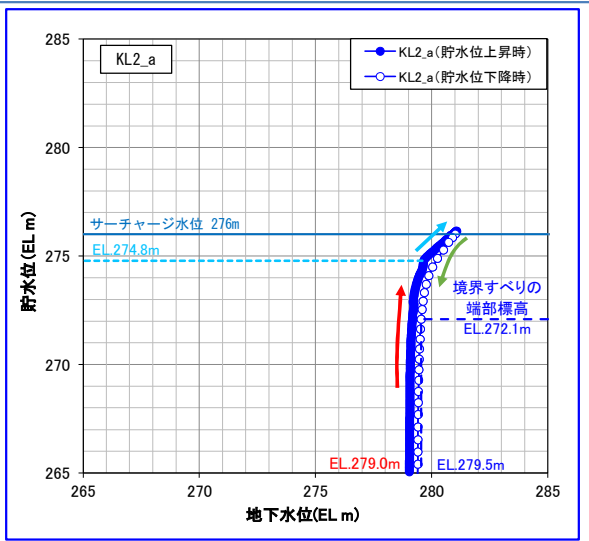


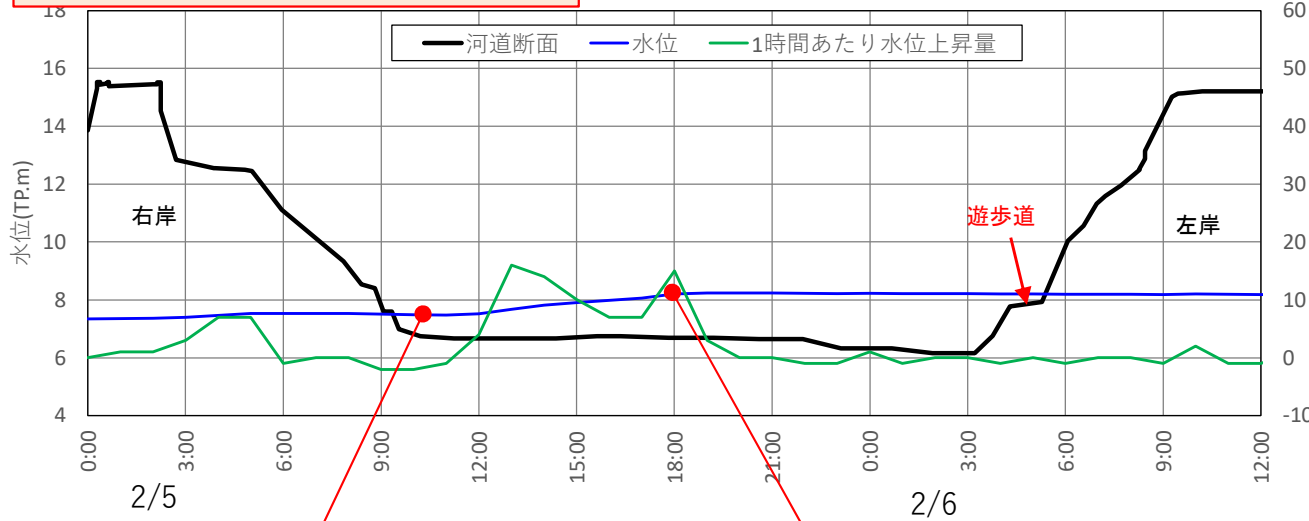
図3: KL2地区地質断面図



下流河川利用者の安全を確保した貯水位低下計画

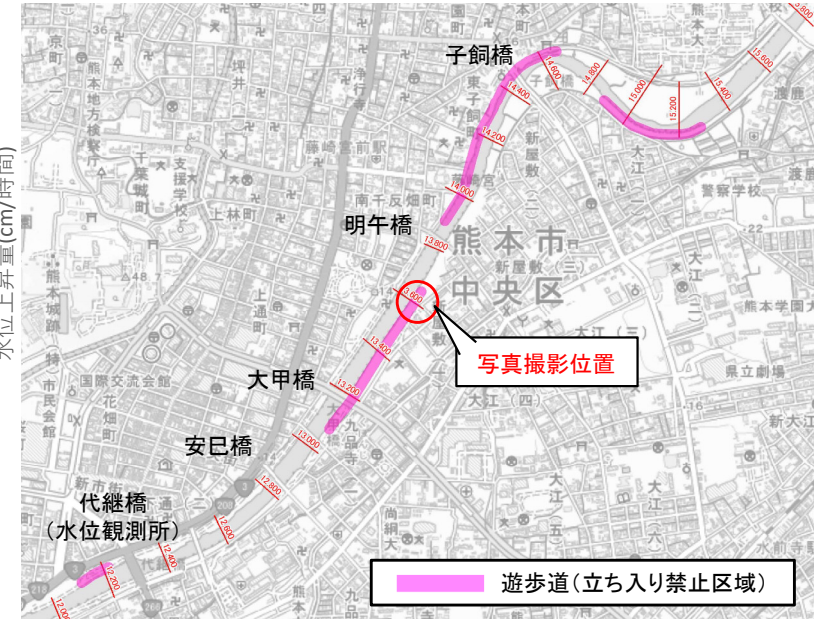
- 貯水位低下にあたっては、下流河川の高水敷にあがらないよう最大放流量(約64m³/s)を設定し、川の中にある遊歩道など冠水する箇所は安全対策のためマスコミ等を通じ周知したうえで、立入禁止措置を行った。
- 2月5日10時から放流量を徐々に増加させ、下流基準地点の代継橋水位観測所では、約8時間かけて約70cm水位がゆっくりと上昇した。その間、地元自治体、河川管理者、利水者とも連携し、川の中に人が立ち入っていないか確認しながら安全巡視を行い、安全に貯水位低下を行うことができた。

代継橋(基準地点)河川水位観測所



2/5 10:00 代継橋上流遊歩道の状況

2/5 18:00 代継橋上流遊歩道の状況



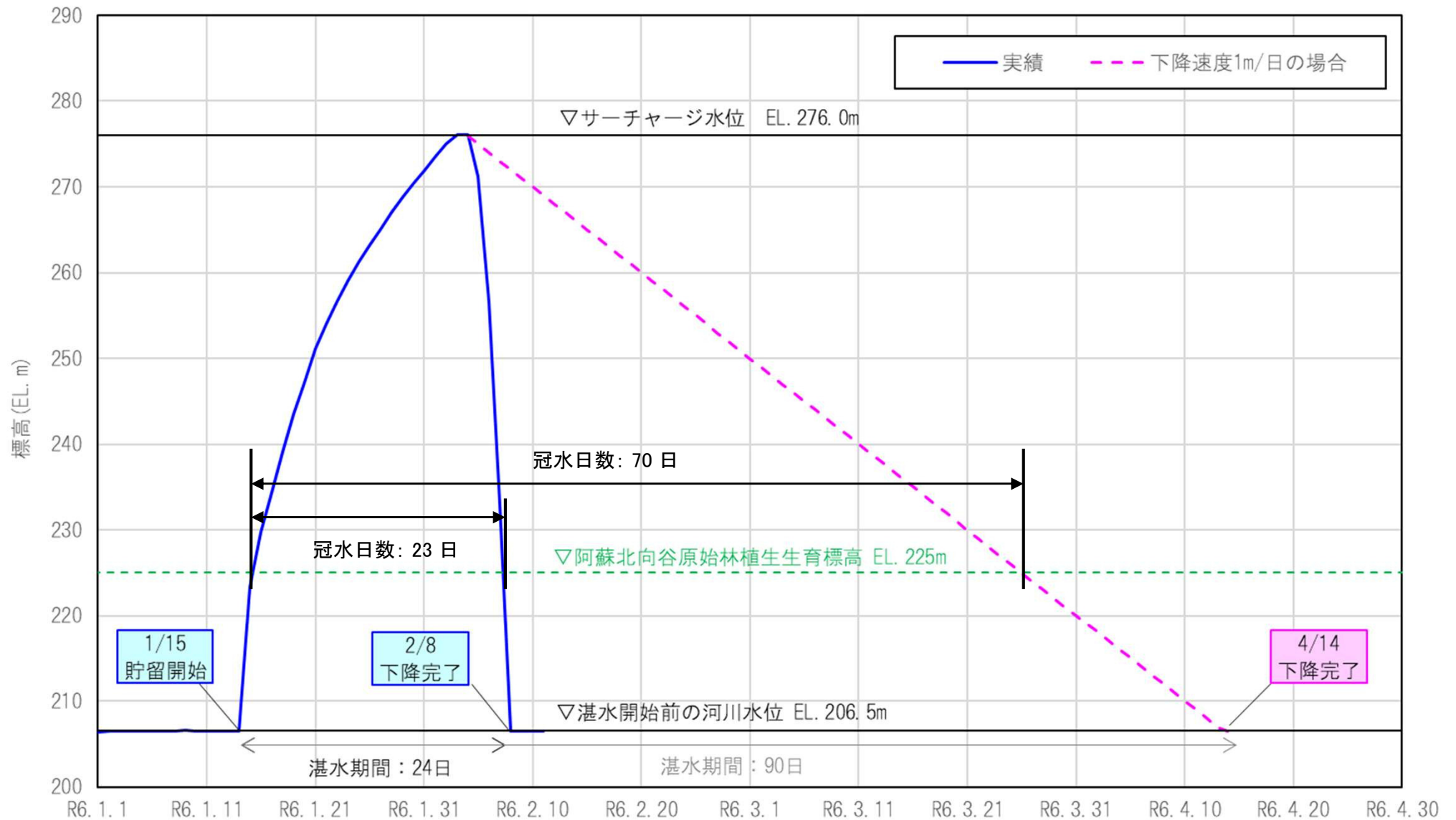
70cm程度
水位上昇
(最大:15cm/時間)



川の中の遊歩道への立入禁止措置

立野ダム試験湛水計画による湛水期間短縮日数

- 今回、一般的な試験湛水(1m/日以下で下降)よりも水位下降速度を速めたことで、「阿蘇北向谷原始林」の試験湛水中の冠水期間は、約70日間から約23日間へ約47日間短縮されたと推定している。
- なお、試験湛水により「阿蘇北向谷原始林」が影響を受ける範囲は、原始林全体のうち4%程度(標高276m以下の主な群落に係る範囲)である。



試験湛水時に発生した事象に対する対応と評価

➤ その他、試験湛水時に発生した事象に対する対応と評価を下記で整理する。

項目	発生した事象	対応と評価	説明
その他試験湛水で発生した事象	・貯水池が広がることで、斜面にあったであろう枯木や塵芥が浮遊、流下した。	<ul style="list-style-type: none"> ・貯水位低下後に斜面に残ったり、ダム越流時に下流に流下するのを防ぐため、あらかじめダム上流には網場(あば)を設置して捕捉した。 ・網場に捕捉もしくは貯水池に浮遊している流木塵芥を、塵芥集積船にて、毎日集積した。 ・管理移行後は、堤体に設置しているスクリーンと河床の流木捕捉施設にて流木塵芥について対応していく。 	p.11
	・降雨により流入河川の濁度が上昇し、貯水池内に流入したことなどから貯水位低下後に樹木や斜面にシルト分が沈降・付着した。	<ul style="list-style-type: none"> ・冠水した範囲にある樹木は、貯水位低下後、シルト分の付着が確認された。シルト分の付着は葉の裏面にはほとんど確認されないことから、樹木の生育への影響は小さいと考えられる。 ・また、貯水位低下後の降雨により、葉の表面に付着したシルト分のほとんどが流されていることを確認した。 ・令和5年7月出水時は湛水時間が短く、流速があったことによりシルト分の付着は確認されなかったが、管理移行後においても洪水によるシルト付着・堆積状況について、引き続き確認を行う。 	p.12 - p.15
	・流入河川の濁度が降雨により上昇し、また、貯水位低下時の貯水池から河川形態へ戻る過程で河床材料の巻き上げが生じ、放流濁度が流入濁度よりも大きくなる事象が生じた。	<ul style="list-style-type: none"> ・貯水位低下時の濁度変化を調査するため、ダム直下、下流河川の複数箇所濁度調査を実施した。 ・降雨による流入河川の濁度は、白川は約6時間ほど続いたのに対し、ダム直下のダム放流濁度は約3～4時間程度であり、濁水の長期化は発生しなかった。 ・濁度は、ダム直下での白川発電所の放流が合流することにより希釈されたうえで、河川を流下するにしたがい沈降等が生じたと考えられ、濁度のピークは低下している。 	p.16,17

貯水池に流入する流木塵芥への対応

- 貯留時はダム上流に仮設網場を設置し、流木塵芥の捕捉を行った。
- 捕捉した流木塵芥は、毎日、集積船により集積・荷揚げし、仮置場へ運搬した。
- 管理移行後は、堤体に設置しているスクリーンと河床の流木捕捉施設にて流木塵芥について対応していく。
- 管理移行後の網場の活用については今後も検討を行う。



仮設網場による流木塵芥捕捉状況



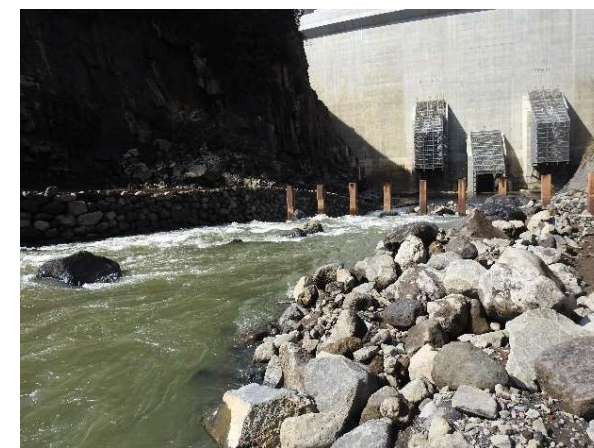
流木塵芥集積状況



流木塵芥仮置状況



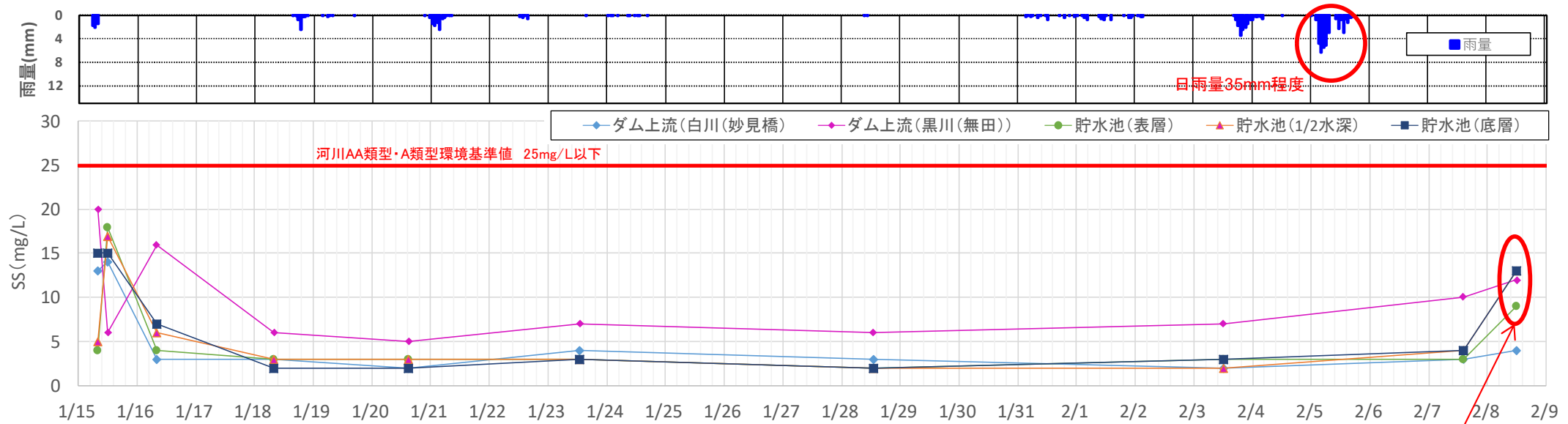
堤体に設置しているスクリーン
(試験湛水後の状況)



堤体上流に設置している流木捕捉施設
(試験湛水後の状況)

貯留中の貯水池と上流河川の濁りの変化

- 湛水期間中、貯水位が10m上昇する毎に貯水池内で採水を行い水質分析を行っている。貯水池内のSSは、貯水池の形成による濁度分の滞留や沈降などの影響もなく、ダム上流河川(白川・黒川)と比較して同程度か低く、環境基準値(河川AA類型25mg/L以下)を超過することはなかった。2月5日に日雨量35mm程度の降雨があり流入河川のSSが上昇した。その後、貯水位低下時においては、元の河川に戻る過程で河床細粒分の土砂を巻き上げる現象が発生しSSが上昇している。



流入河川観測位置



白川黒川合流点(2月6日撮影)



貯水池採水位置(貯留時)



貯水池採水位置(河川時)

貯水位低下後の樹木へのシルト分付着状況

- 2月5日降雨による濁水流入の影響もあり、冠水した樹木や斜面、河床のレキなどにシルト分が付着していることが貯水位低下後確認された。その後、そのほとんどが降雨により洗い流された。

貯留前 1月12日

阿蘇北向谷原始林

SWL



満水時 2月4日

阿蘇北向谷原始林

SWL



低下直後 2月8日

阿蘇北向谷原始林

SWL



冠水した樹木や斜面、河床のレキなど
シルト分が付着

降雨後 2月23日

阿蘇北向谷原始林

SWL



降雨により貯留前の状況に戻る

樹木へ付着したシルト分の降雨後の状況

➤ 2月21日に、日雨量113mmの降雨があり、湛水により樹木等に付着したシルト分は、そのほとんどが洗い流された。



貯水位低下後の阿蘇北向谷原始林へのシルト分付着状況

- 試験湛水直後では、林床に塵芥（落ち葉）が堆積していた。また、葉の表面には付着したシルト分が確認されたが、葉の裏面にはほとんど付着は確認されなかった。表面はクチクラが発達していることからシルトの付着に耐性があると考えられる。また、植物が呼吸を行う気孔は葉の裏面にあるため、生育への影響は小さいと考えられる。
- 令和6年2月15日に佐藤委員と阿蘇北向谷原始林周辺および林内の状況を確認した。主な意見は以下のとおり。
 - ・試験湛水直後の状況を目視で確認する範囲では、全般的には大きな影響はなかったといえる。
 - ・一部で土砂や塵芥（落ち葉）の堆積が確認されているが、現時点では限定的なものと考えられる。
 - ・樹木の葉の表面にシルトが付着しているが、葉の表面にゴミが付着することは一般的なことであり、今回程度の付着では特に問題はないと思われる。
 - ・一部の低木で葉が傷んでいるが、芽にダメージが無ければ、発芽期を過ぎると回復すると考えられる。
 - ・来年度の春や夏以降の調査結果も踏まえて最終的な評価を行うこと。
- 令和5年7月出水時は湛水時間が短く、流速があったことによりシルト分の付着は確認されなかったものの洪水によっては、試験湛水時のようにシルト分の付着が生じる可能性がある。そのため、管理移行後においても洪水によるシルト付着・堆積状況について、引き続き確認を行う。



低標高部にてシルト分の堆積状況等を確認



阿蘇北向谷原始林内にて林床の状況を確認



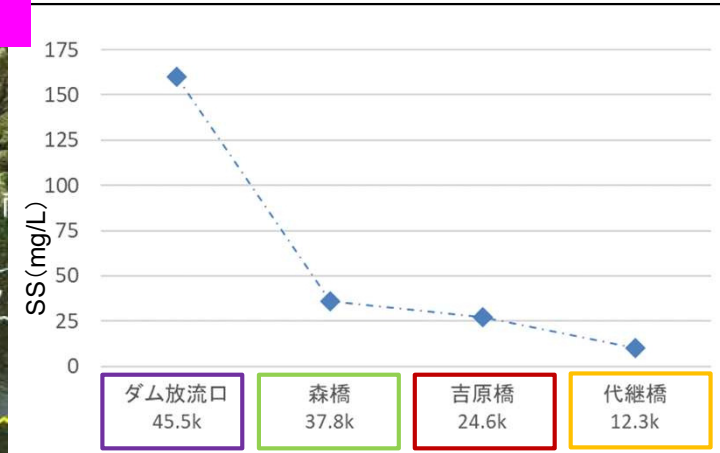
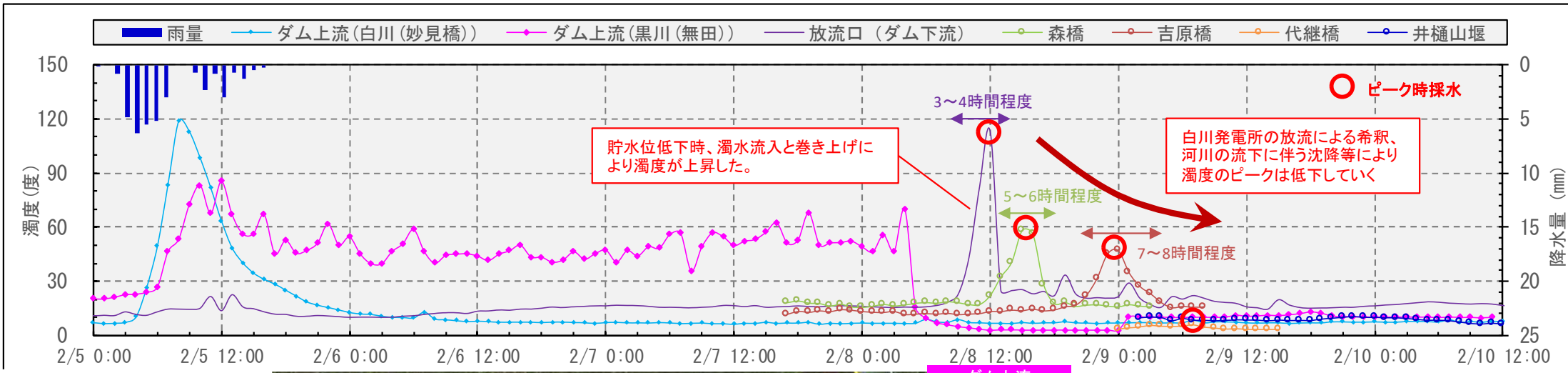
林床に塵芥（落ち葉）が堆積



葉へのシルト付着状況（表と裏）

貯水位低下時の貯水池及び下流河川の濁りの変化

- 2/5の降雨により貯水池上流の白川から濁水の流入が約6時間ほど継続した。貯水池上流の黒川は、調整池堰が出水を貯留し元の貯水位に戻るまで、濁水の流入が約3日間ほど継続した。
- 貯水位低下末期、これらの濁水流入と貯水池から元の河川に戻る過程において土砂の巻き上げが生じて、立野ダム直下放流口では、濁度が高い状態が3～4時間継続した。下流河川(森橋、吉原橋)の濁度も上昇したが、立野ダム直下で白川発電所の放流が合流することで希釈されたうえで、河川の流下に伴い沈降等も生じたと考えられ、放流口の濁度と比較して低下している。なお、濁度が高い状態は、5～8時間程度であった。
- また、下流河川の濁度ピーク時に採水分析したSSは、森橋で36mg/L、吉原橋で27mg/Lであったものの、下流の基準地点代継橋等では河川の流下に伴い堰等で沈降したと考えられ、濁度ピーク時に代継橋で採水分析したSSは6mg/Lであった。※環境基準は日平均値で25mg/L



下流河川濁度ピーク時のSS採水分析結果

貯水位低下後の下流河川の状況

- ダム直下の内牧橋、白川発電所付近の貯留前、ダム最大放流時、貯水位低下後の写真を下記に示す。貯水位低下後は、元の河床状況に戻っており、水際に細粒分の堆積は見られない。

■内牧橋(42k/500)より下流を望む



1月12日9時(貯留前)



2月5日16時(ダム最大放流時)



2月9日10時(貯水位低下後)

■白川発電所(44k/800)より下流を望む



12月12日11時(貯留前)



2月6日14時(ダム最大放流時)



2月10日13時(貯水位低下後)

- 試験湛水による阿蘇北向谷原始林の影響について、モニタリングを適切に実施するため、各課題に対し、一般的な試験湛水前後のモニタリング調査(植生図・コードラート調査等による概況把握調査)より調査を拡充し対応した。
- 阿蘇北向谷原始林のモニタリングの課題に対する立野ダムのモニタリング計画の対応について以下に整理した。

項目	課題	課題に対応したモニタリング調査計画	対応	説明
阿蘇北向谷原始林における	・自然環境(阿蘇北向谷原始林)への影響を極力低減させるため試験湛水期間をできる限り短くするものの、植生への影響を正確に把握する必要がある。	・一般的な試験湛水前後のモニタリング調査(植生図・コードラート調査等による概況把握調査)に加え、阿蘇北向谷原始林の環境変化を把握するための追加調査を実施する。	・事前に計画していたモニタリング調査に加え、毎木調査(樹木活力度の変化把握)、ドローン撮影、NDVI調査(ドローンによる広域の活性度調査)、下層植生(草本類)植被率について実施している。	p.19 - p.25
	・冠水による植生への影響については知見が不足している。	・冠水による植生への影響を正確に把握するため、調査数量(頻度・本数・樹種等)をできるだけ増やして毎木調査を実施する。	・主要な群落であるスタジイ群落、ムクノキ群落などを中心に、1,600本以上の毎木調査(樹木活力度の変化把握)を試験湛水前から年4回継続実施しており、詳細な環境変化の把握を行うとともに、知見の蓄積を行うことができた。今後も継続して調査を実施し、発芽期以降のモニタリングを行う。	p.19 - p.22
	・急峻な地形であるため、現地調査が困難である。	・現地への立ち入りが困難な箇所については、ドローンによる空中写真撮影、マルチスペクトル画像撮影(NDVI調査)を実施し、広域的かつ高頻度のデータ取得に努める。	・毎木調査の実施と同時に、年4回のドローン撮影、NDVI調査を実施しており、貯水池斜面全体のNDVIデータの取得を行うことができた。今後も継続して調査を実施し、その評価方法やデータ精度について検証を行う。	p.24,25
	—	・毎木調査結果(現地目視にて「活力度」を記録)とNDVI調査結果(ドローン撮影にて「活性度」を画像解析)の関係性を解析し、今後の同様事例への活用可能性を検討する	・広域に調査したNDVI値(樹木の活性度)と同時に取得したドローン写真から、毎木調査を実施した樹木のNDVI値を抽出し、その樹木の活力度調査結果との比較を実施している。現時点では、活力度と活性度の関係は明瞭にされていないが今後も引き続きその活用可能性について検討を行う。	p.27

環境モニタリング調査の拡充(毎木調査)

- 阿蘇北向谷原始林の環境変化を詳細に把握するため、一般的なモニタリング調査(植生図・コドラート調査による概況把握調査)に加え、樹木活力度の変化把握のための毎木調査を実施している。
- 阿蘇北向谷原始林内外の冠水する箇所と冠水しない箇所において、樹高1m以上の総計1,600本以上の樹木を対象に実施し、1本毎に樹種、樹高、胸高直径、虫食状態、萌芽状態、活力度、位置等を記録し、冠水前後の変化を確認した。
- この調査を令和4年秋(R4.10月)から年4回実施、試験湛水直後のR6.2月にも実施しており、今後も継続的にモニタリングしていく。

令和6年2月
(試験湛水後)
の調査結果

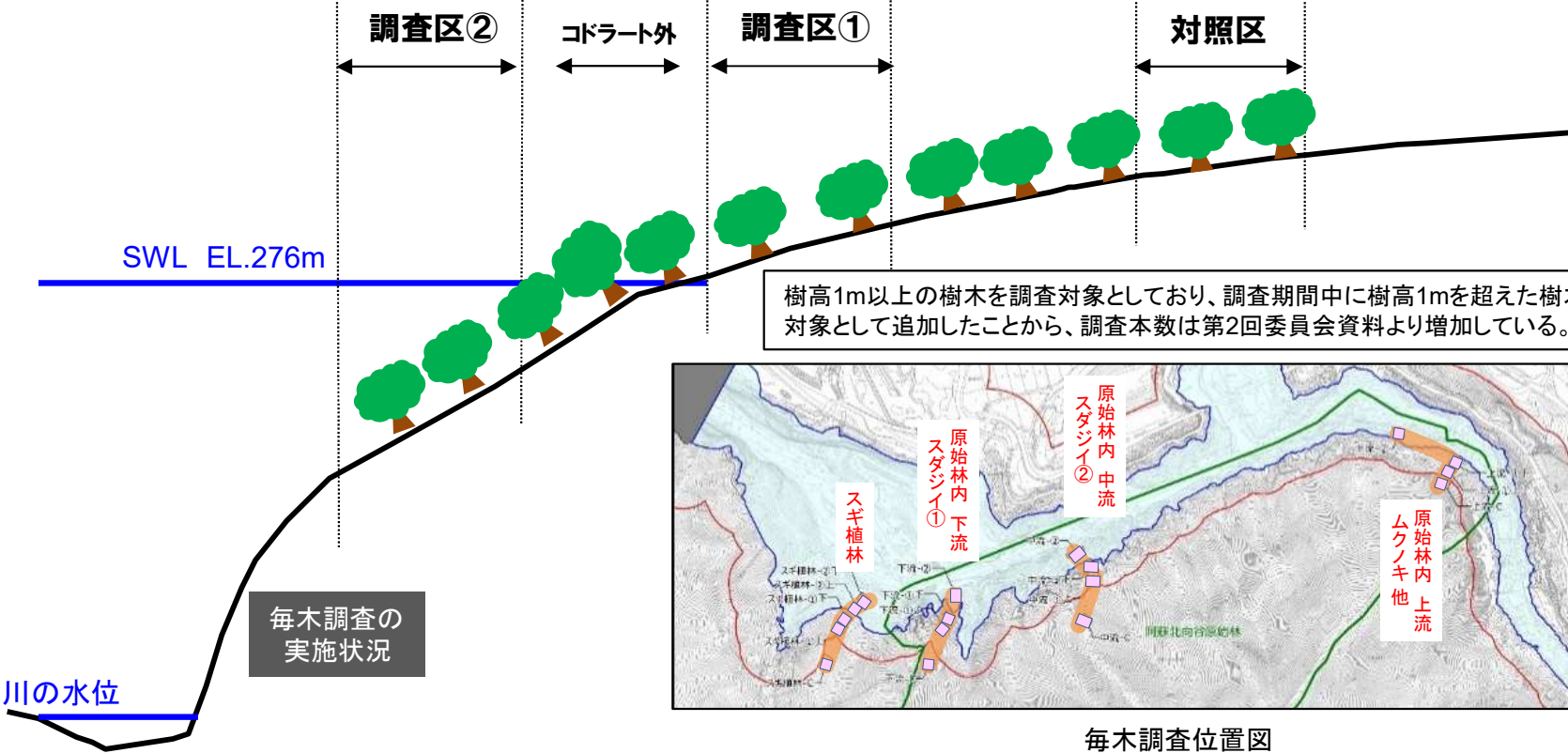
スギ植林		192本		180本		132本	計 504本
スタジイ①	下流	40本		246本		85本	計 371本
スタジイ②	中流	90本		246本		101本	計 437本
ムクノキ、エノキ、ケヤキ	上流	100本		63本		46本	計 209本
(コドラート外)※補足調査			(129本)				計 129本
計		422本	(129本)	735本		364本	総計 1,650本



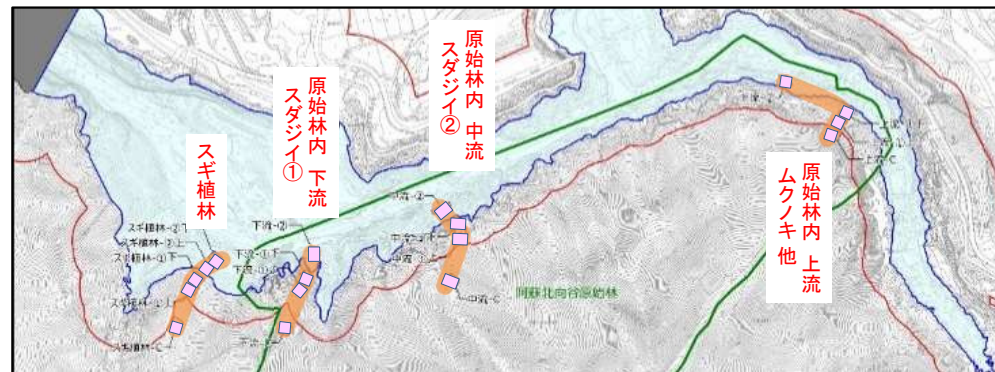
毎木調査実施状況

毎木調査の実施状況

通常時の河川の水位



樹高1m以上の樹木を調査対象としており、調査期間中に樹高1mを超えた樹木は調査対象として追加したことから、調査本数は第2回委員会資料より増加している。

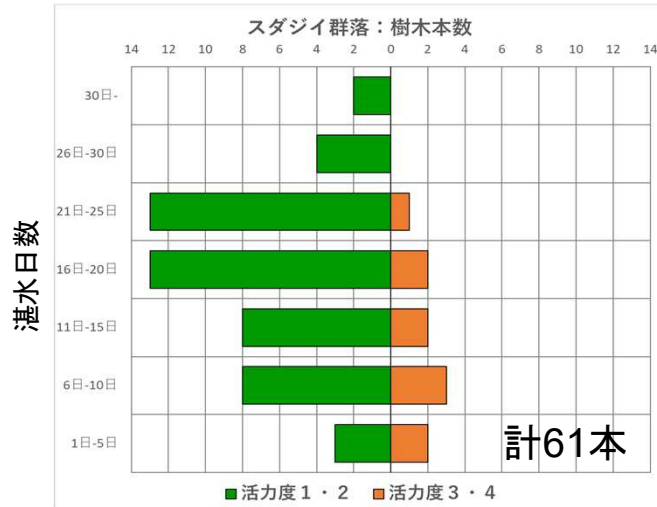
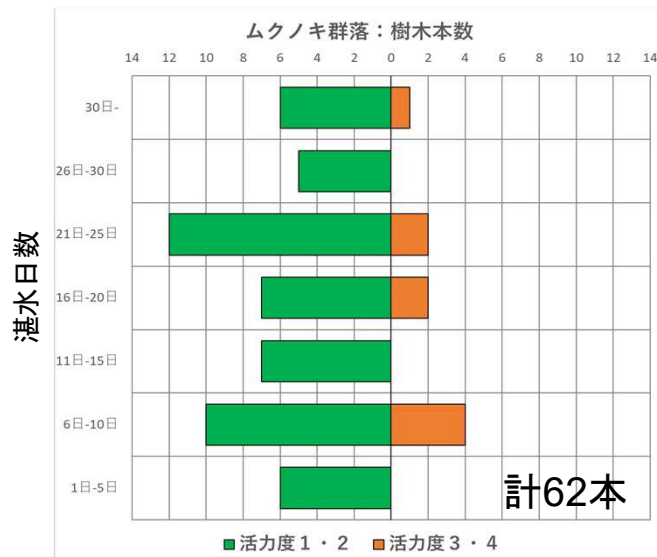


毎木調査位置図

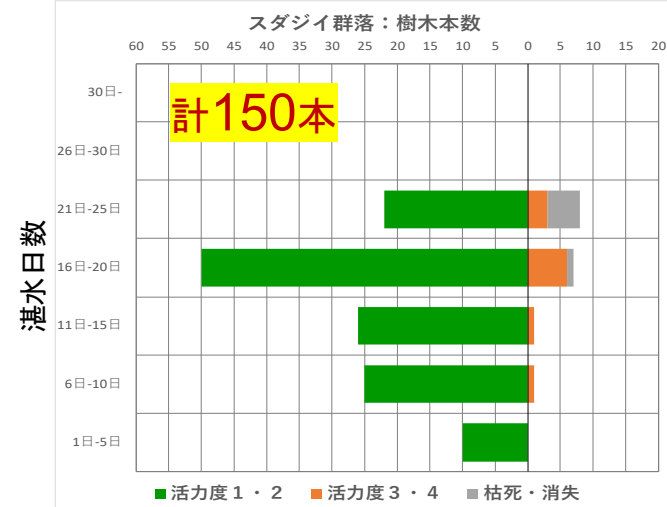
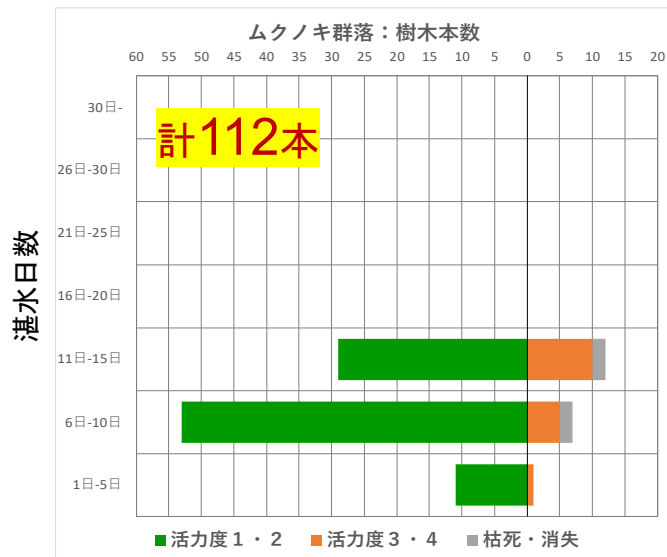
毎木調査による樹木活力度の把握

- 試験湛水計画時に、阿蘇北向谷原始林における湛水の影響を受ける主な群落である、ムクノキ群落、スダジイ群落に着目して、既存3ダムの調査結果を活用し、冠水による樹木への影響について整理を行い、第1回委員会で提示した。
- 今回、試験湛水により冠水した範囲で、樹冠まですべて冠水した408本の毎木(活力度)調査を行っている。
- 試験湛水前後で同様の調査を実施したことで、湛水による影響を詳細に把握するための知見を蓄積することができた。

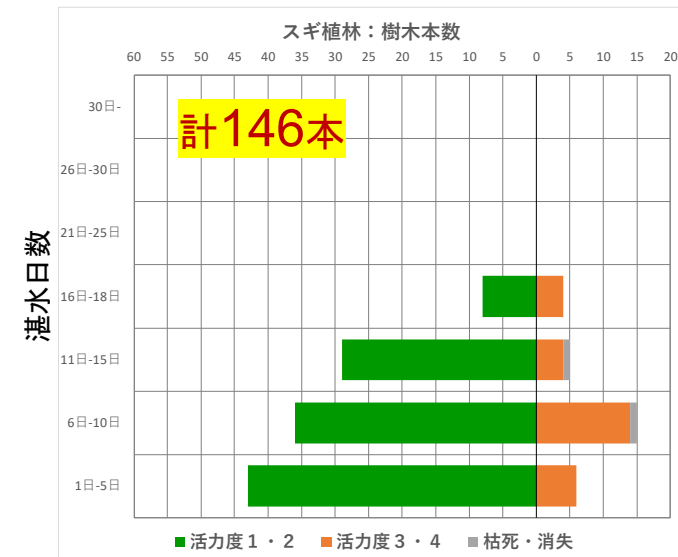
■既存ダムの調査結果(第1回委員会提示データ)



■立野ダムの調査結果



■その他群落(スギ等)の調査結果



活力度	樹木の状態	
活力度1	旺盛な生育状態を示し、被害が全くみられない。	「生育の維持」が考えられる
活力度2	幾分被害の影響を受けているが、あまり目立たない。	
活力度3	異常が認められる。	「衰退・枯死」が考えられる
活力度4	生育状態が劣悪で回復の見込みがない。	
枯死・消失	枯死または消失したもの。	

冠水による阿蘇北向谷原始林への影響

- スダジイ群落とムクノキ群落について、既存ダム の 調査結果より算出した冠水日数毎の活力度の維持割合(第3回委員会にて提示)と、今回の試験湛水前後の毎木調査で確認した活力度の維持割合を比較した。
- 試験湛水直前のデータと比較して、スダジイ群落で約96%、ムクノキ群落で約94%の樹木が活力度(1, 2)を維持していた。
- 現時点では、計画時点で想定していたよりも活力度が維持されていることが確認される。今後、発芽期以降の調査がさらに重要になってくることから、同様の手法でモニタリングを継続していく。

第3回委員会にて提示した1月中旬開始ケースの冠水影響想定(スダジイ群落)						試験湛水前後のモニタリング結果			
標高範囲	冠水日数 ※1	阿蘇北向谷原始林 のスダジイ群落面積 (ha) ※2	冠水日数に対し 活力度(1,2)が維持 される樹木の割合 ※3	阿蘇北向谷原始林のスダジイ群落で 活力度(1,2)が維持される面積・割合		冠水日数 (実績)	阿蘇北向谷原始林のスダジイ群落で 活力度(1,2)が維持された本数・割合		
				面積(ha) ※4	維持される割合 ※5		R5秋(R5.11) 試験湛水前	R5冬(R6.2) 試験湛水後	維持された割合
276m以下		2.02		1.73	85%		139	133	96%
276m-270m	6日	0.63	91%	0.57		6日	17	17	100%
270m-260m	11日	0.66	85%	0.56		12日	28	28	100%
260m-250m	14日	0.36	85%	0.31		16日	18	18	100%
250m-240m	17日	0.28	78%	0.22		19日	36	33	92%
240m-230m	19日	0.08	78%	0.07		22日	40	37	93%
230m-220m	20日	0.01	78%	0.01		23日	—	—	—

第3回委員会にて提示した1月中旬開始ケースの冠水影響想定(ムクノキ群落)						試験湛水前後のモニタリング結果			
標高範囲	冠水日数 ※1	阿蘇北向谷原始林 のムクノキ群落面積 (ha) ※2	冠水日数に対し 活力度(1,2)が維持 される樹木の割合 ※3	阿蘇北向谷原始林のムクノキ群落で 活力度(1,2)が維持される面積・割合		冠水日数 (実績)	阿蘇北向谷原始林のムクノキ群落で 活力度(1,2)が維持された本数・割合		
				面積(ha) ※4	維持される割合 ※5		R5秋(R5.11) 試験湛水前	R5冬(R6.2) 試験湛水後	維持された割合
276m以下		1.74		1.51	86%		99	93	94%
276m-270m	6日	0.19	92%	0.18		6日	18	18	100%
270m-260m	11日	0.42	90%	0.38		12日	81	75	93%
260m-250m	14日	0.25	90%	0.23		16日	—	—	—
250m-240m	17日	0.11	83%	0.09		19日	—	—	—
240m-230m	19日	0.06	83%	0.05		22日	—	—	—
230m-220m	20日	0.70	83%	0.58		23日	—	—	—

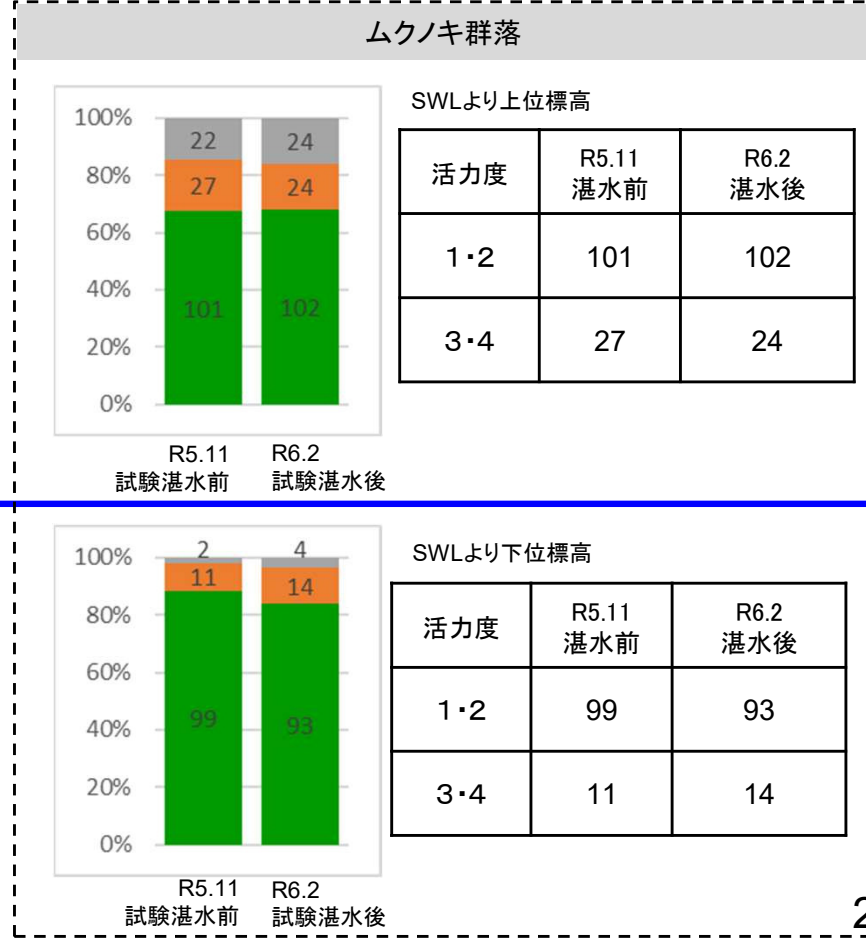
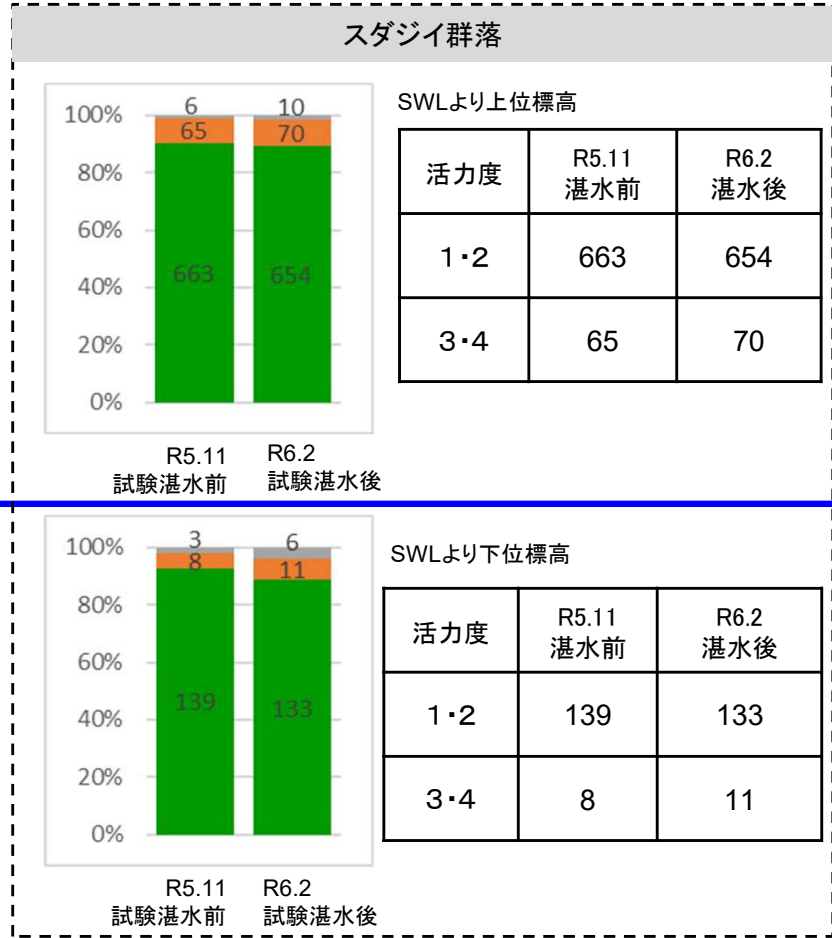
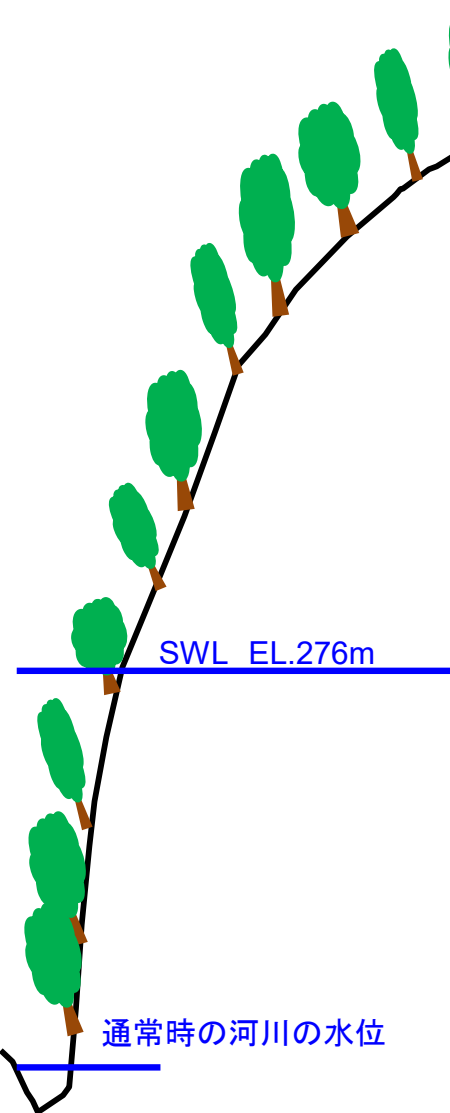
＜試算条件＞

- ※1 冠水日数は、第3回委員会で提示した渇水年(R1)の貯水位を使用し、各標高で冠水する日数を算出。
- ※2 阿蘇北向谷原始林の標高別群落面積は、第1回委員会で提示した資料のとおりであり、標高10mおきに区分した面積を使用。
- ※3 冠水による樹木の影響は、第1回委員会で提示した他ダム の 調査結果を使用し、判別不能なものを除く樹木のうち、良好な生育状態(活力度1, 2)と判定された樹木の割合を冠水日数5日ごとに算出。
- ※4 冠水前の主要群落 が 全て活力度1,2と仮定した場合に、冠水後の活力度1,2となる面積を「3.」で算出した割合から算定。
(「現状の主要群落面積」×「3の割合」=「活力度1,2が維持される面積」)
- ※5 冠水する範囲(276m以下)で群落の活力度が維持される割合を集計。

阿蘇北向谷原始林の冠水範囲内外の毎木調査結果

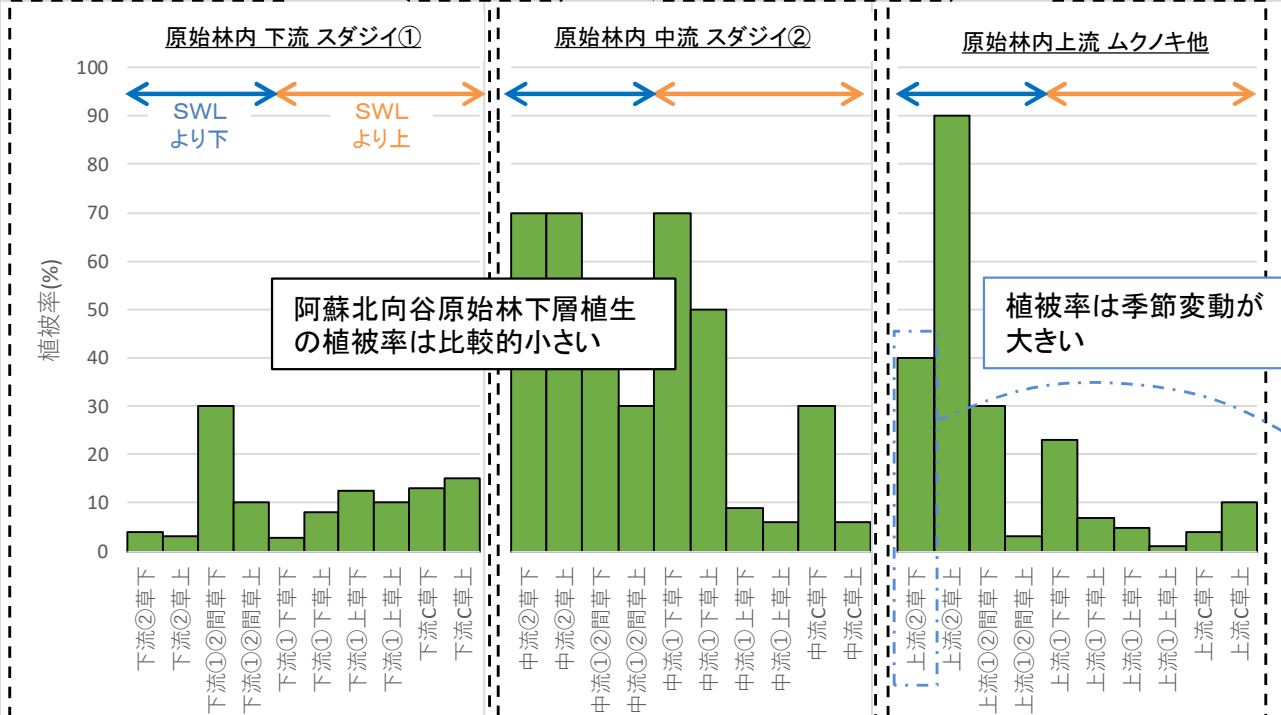
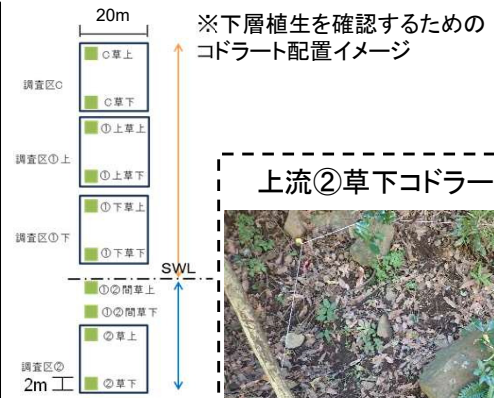
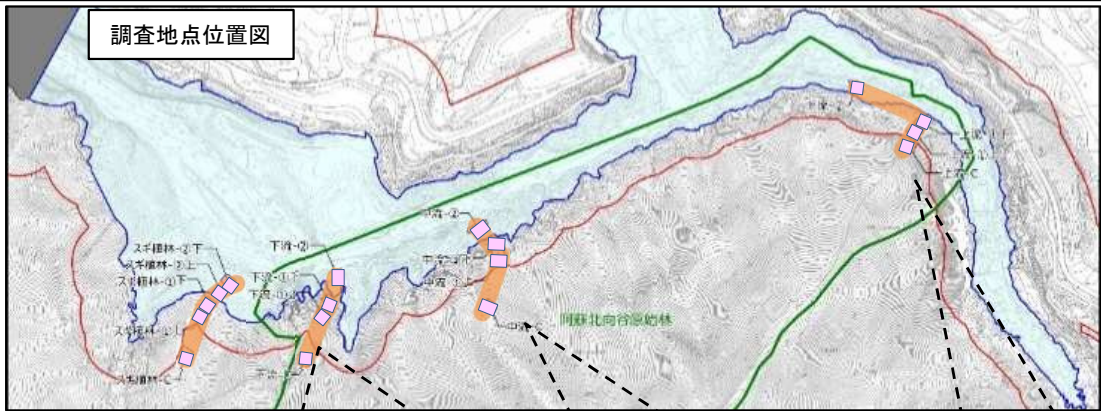
- 立野ダムで実施している毎木調査は、比較対象としてSWLの上位標高でも同じ調査を実施している。今回試験湛水により冠水していない範囲でも、枯死・消失や活力度3・4の樹木本数は変化している。
- よって、SWL以下の冠水した範囲での調査結果にも冠水の影響ではない活力度の変化も含まれているものと想定される。

活力度	樹木の状態	
活力度1	旺盛な生育状態を示し、被害が全くみられない。	「生育の維持」が考えられる
活力度2	幾分被害の影響を受けているが、あまり目立たない。	
活力度3	異常が認められる。	「衰退・枯死」が考えられる
活力度4	生育状態が劣悪で回復の見込みがない。	
枯死・消失	枯死または消失したもの。	



阿蘇北向谷原始林の下層植生の調査実施状況

- 阿蘇北向谷原始林の下層植生の状況を把握するため、各調査区に2m×2mのコドラート(調査区)を2箇所設け群落組成調査を実施している。下層植生の植被率については季節毎に年4回、詳細な情報(%表記可能なレベル)を取得、各コドラートの日照条件等についても記録している。
- 阿蘇北向谷原始林の林床は、高木層の樹冠に覆われている場所が多いことから、下層植生の植被率が比較的小さいことが特徴である。
- また、下層植生は季節変動が大きいいため、来年度以降も継続的に調査を実施し、試験湛水による影響等を確認する。それらについては、立野ダムモニタリング部会および立野ダム貯水地植生検討会他、専門家の意見を聞きながら調査・分析・評価を行う。



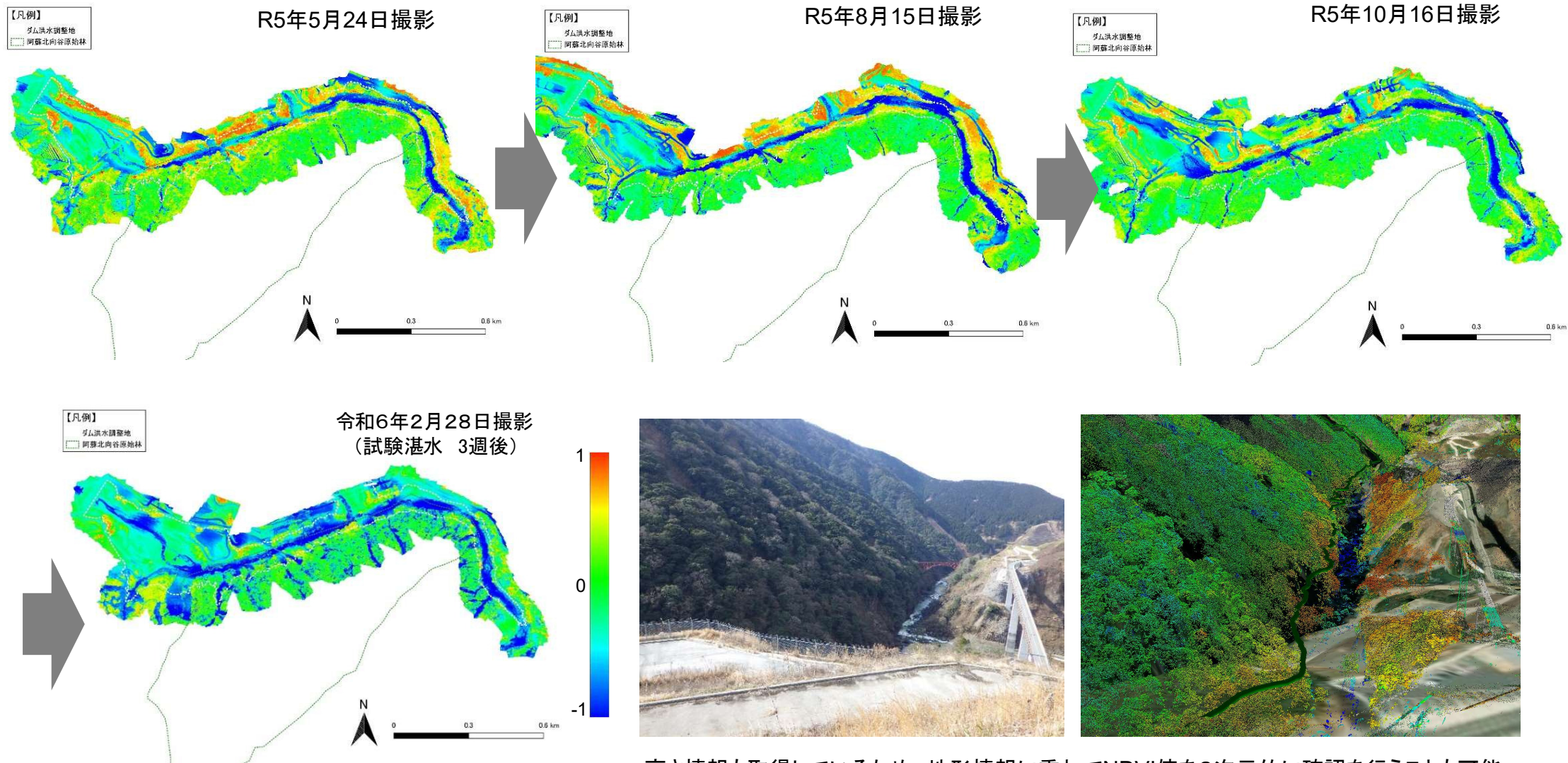
優占種	R5春季	R5夏季	R5秋季	R5冬季 (試験湛水後)
オオバイモトソウ	30%	40%	20%	15%

植被率の変化(上流②草下コドラートの例)

阿蘇北向谷原始林の下層植生の植被率 (R5夏季調査時:試験湛水前)

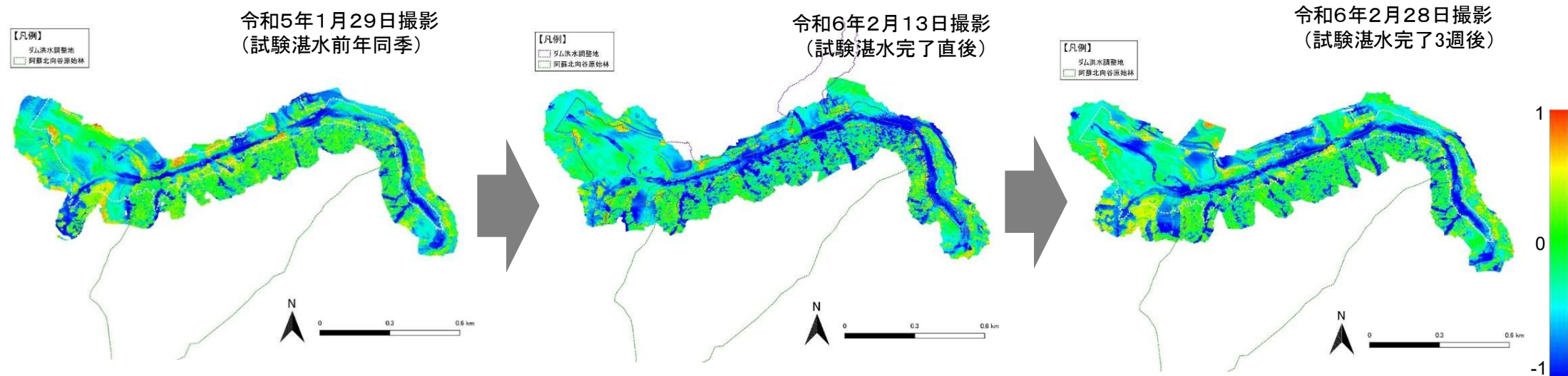
環境モニタリング調査の拡充(NDVI調査)

- 急峻な地形である阿蘇北向谷原始林とその周辺地域において、広域かつ高頻度のデータを取得するため、現地立ち入りにて計測調査を行う毎木調査等に加え、ドローンによる空撮とマルチスペクトル画像の解析による全体的な植生の活性度調査を実施している。
- 試験湛水前後において4回/年(四季毎)以上の調査を継続的に行っており、季節による変化する活性度の違いを把握できている。今後も継続的にモニタリングしていく。



前年同季節と試験湛水後のNDVI調査結果の比較

- ▶ 試験湛水前年同季と試験湛水完了直後のNDVI調査結果を比較したところ、冠水した範囲はNDVI値が低下しており、EL.276m(SWL)より上位標高ではNDVI値はあまりが変化ない。また、3週後にも同様な調査を実施したが、冠水した範囲のNDVI値は回復している傾向にある。
- ▶ これは、冠水した範囲が一定程度植生の活性度が低下した可能性を示している。なお、NDVI値は、植物表面の分光反射より算出するため、試験湛水後は地表の水分や葉の表面のシルトの付着などがデータに影響を与えている可能性もあり、特に試験湛水直後の調査結果が極端に低い要因になっている可能性がある。
- ▶ 春季以降も継続して実施し、試験湛水前の同季節との比較を行うことで阿蘇北向谷原始林全体の植生の活性度についてモニタリングしていく。



阿蘇北向谷原始林内の樹林地について標高別にデータを整理し、NDVI値の平均値を算出



NDVIの算出範囲	NDVI値の平均値		
	R5.1.29 (試験湛水前 前年同季)	R6.2.13 (試験湛水 直後)	R6.2.28 (試験湛水 3週後)
EL.276m (SWL) 以下	0.27	-0.02	0.13
EL.276~310m	0.09	0.09	0.14
EL.310~370m	0.27	0.15	0.20

今後のモニタリング計画について

- 試験湛水直後の活力度調査(毎木調査)では、湛水による活力度の影響は限定的であった。また、活性度調査(NDVI調査)では、試験湛水前の同時期と比較すると冠水した範囲が一定程度植生の活性度が低下した可能性のあるデータが取得されている。
- ただし、現時点では影響がなくても、今後、活力度や活性度等の影響が出てくる可能性もあるため、引き続き、立野ダムモニタリング部会および立野ダム貯水地植生検討会 他、専門家の意見を聞きながら調査結果の解析を行い、試験湛水による樹木への影響に関する評価をとりまとめる。

調査項目		R3				R4				R5				R6				R7				R8						
		春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬			
水環境	事業による影響の把握 (不確実性のある項目 の変化の把握)	水質	定期水質調査	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
			試験湛水時調査												●													
			出水時調査、詳細調査							△				●				△				△				△		
環境保全措置の効果検証		動物	コキウガシラコウモリのモニタリング調査	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
			陸産貝類の移植後のモニタリング調査(3種)							●				●				●				△				△		
		植物	植物の移植対象個体のモニタリング調査(7種)					●	●			●	●			●	●			●	●			●	●			
			植物の監視対象個体の生育状況調査(13種)	●	●			●	●			●	●			●	●			●	●			●	●			
			冠水後の状況確認調査 (重要な群落の状況確認調査)	植生調査											●				●				●				●	
毎木調査							●	●			●	●			●	●			●	●			●	●				
定点写真撮影、NDVI調査、ドローン撮影							●	●			●	●			●	●			●	●			●	●				
生物(動物・植物・生態系)	事業による影響の把握 (不確実性のある項目 の変化の把握)	生態系上位性	猛禽類調査	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		生態系典型性(陸域)	ベルトランセクト調査	植生調査、陸上昆虫類等調査							●	●			●	●			○	○	●							
				毎木調査							●	●			●	●			●	●			●	●			●	●
				陸域鳥類調査、哺乳類調査							●	●			●	●			○		○							
				両生類・爬虫類調査							●	●			●	●			○		○							
				定点写真撮影、NDVI調査、ドローン撮影							●	●			●	●			●	●			●	●			●	●
		周辺環境調査	植物調査、陸上昆虫類等調査					●	●	●				●	●			●	●			●	●					
			陸域鳥類調査、哺乳類調査					●	●	●				●	●			●	●			●	●					
			両生類・爬虫類調査					●	●	●				●	●			●	●			●	●					
		植生調査	植生図作成調査、群落組成調査							●				●				●				●				●		
生態系典型性(河川域)	動植物調査	植物調査		●		●							●	●			●	●			●	●			●	●		
		陸域鳥類調査		●	●	●							●	●			●	●			●	●			●	●		
		両生類調査		●		●							●	●			●	●			●	●			●	●		
		魚類調査		●		●							●	●			●	●			●	●			●	●		
		魚類移動性・連続性調査							●	●			●	●			●	●			●	●			●	●		
底生動物調査			●		●						●	●			●	●			●	●			●	●				
河床材料調査			●								●	●			●	●			●	●			●	●				
景観	環境保全策の効果検証	周辺景観調査												●							●							
		変更跡地の植生回復状況確認調査	法面の植生調査		●					●				●				●				●				●		
		洪水調節地植生概況調査		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
その他	水源地動態	資料収集整理			●												●											
		ダム利用実態調査		●	●	●	●	●	●				●	●			●	●										
	洪水調節の実績調査											●				△				△				△				
堆砂状況の実績調査															●				●				●					

(R8までの状況を勘案し)

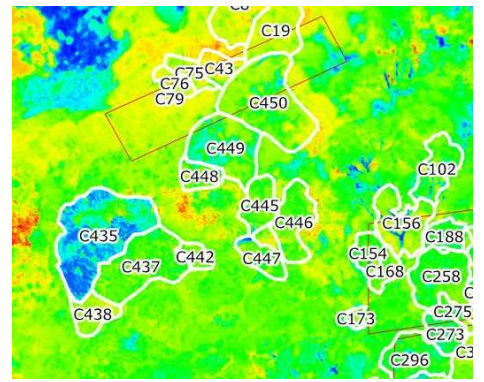


・ 河川水辺の国勢調査等にて継続監視
・ モニタリング調査の継続

毎木調査とNDVI調査の比較における課題

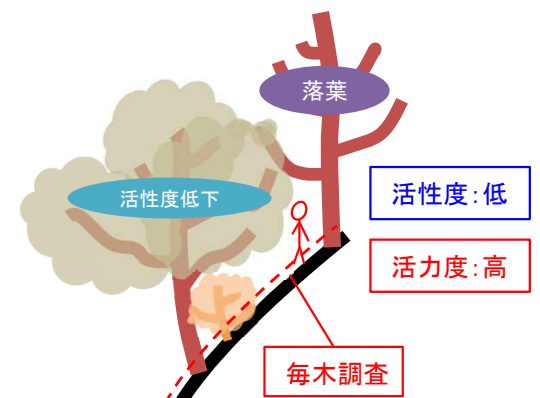
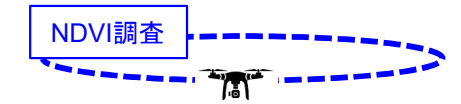
- これまでに実施した毎木調査で得られた植生の樹木毎の活力度と、NDVI調査で得られる活性度を樹木毎に整理したNDVI値との関係を整理しているが現時点では、明確な相関関係はなく同じ活力度でもNDVI値は幅広い値を示している。
- NDVIは樹林の表層部の状態により、活性を判断している。これに対して活力度は目視にて樹木の生育状態を総合的に判断するもので、上空からは見えない幹や下枝に損傷が認められる場合は活力度が低く判断されるなどがばらつきの要因であるが、季節別や広葉樹のみなど一定の条件下での関係性など、今後も継続的に調査分析を継続する。

■ 毎木調査結果とNDVI調査結果の重ね合わせ方法

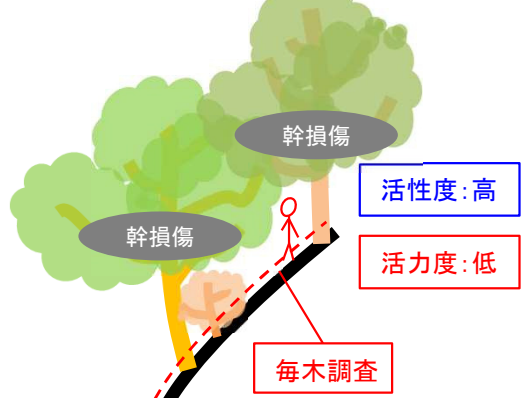
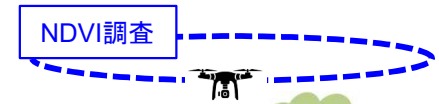


1. 現地調査により毎木調査を実施した樹木のうち、ドローン写真に樹冠が写っている樹木を特定しポリゴンを作成
2. 作成したポリゴン内のNDVIの平均値を算出
3. 毎木調査で取得した活力度とNDVIの相関について検証

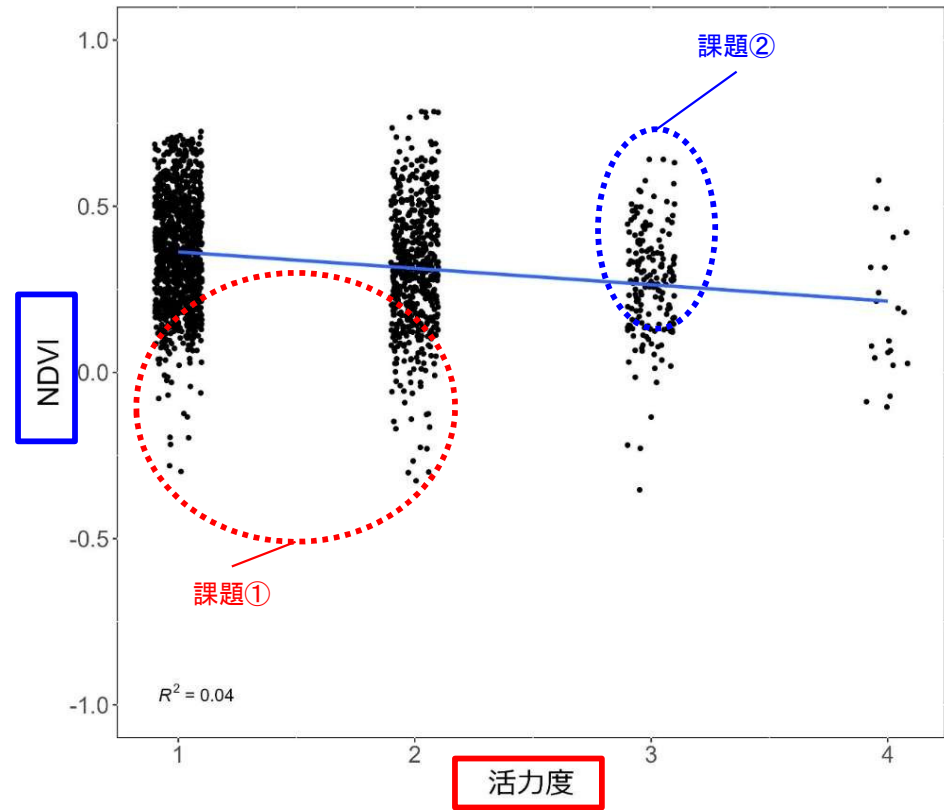
NDVI(活性度) ⇒
カメラで主に『葉』を見る



季節的要因で葉が色落ちしている、落葉している等でNDVI調査で活性度は低く判定されるが、毎木調査では樹形等の総合的の評価から活力度が高いと判断される。(課題①)



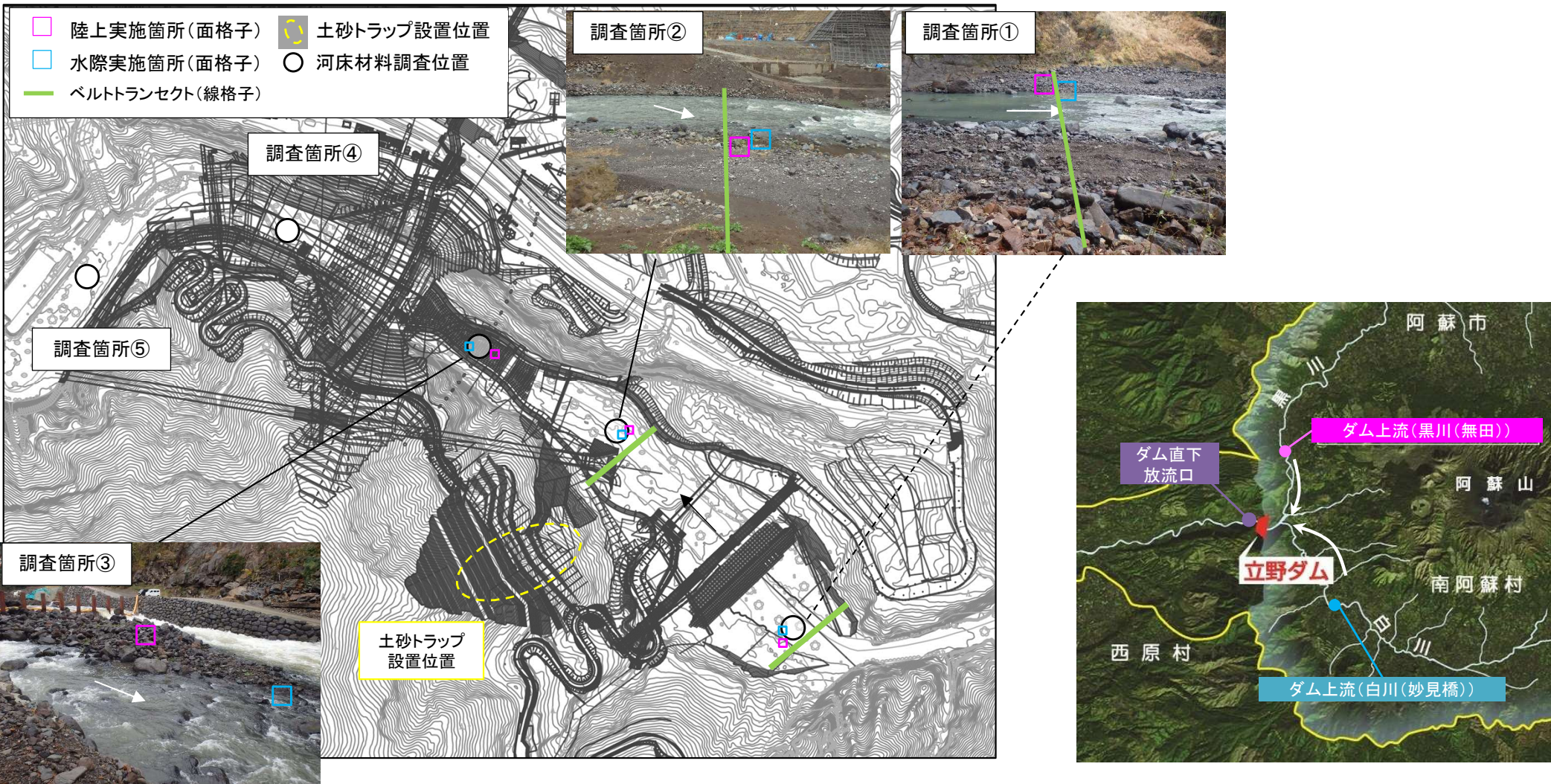
幹が損傷しており、毎木調査では活力度が低く判定されるが、葉の活性は高くNDVI調査では活性度が高いと判定される。(課題②)



毎木調査(活力度) ⇒
人の目で『樹木全体』を見る

※活力度
活力度1: 旺盛な生育状態を示し、被害が全くみられない。
活力度2: 幾分被害の影響を受けているが、あまり目立たない。
活力度3: 異常が認められる。
活力度4: 生育状態が劣悪で回復の見込みがない。

- 試験湛水中に確認されたシルト分の堆積については、運用中(洪水貯留)においてどのような影響が生じるか詳細に把握するため、以下の内容の調査を継続的に実施する。
- 1) 土砂トラップによるシルト分堆積量調査(捕捉されたシルト分は粒度調査もあわせて行う)
 - 2) 洪水後の河床材料調査(水際が変化するため、面格子法及び線格子法にて調査)
 - 3) 流入濁度、放流濁度の計測(現在設置している自動計測機器にて今後も計測を継続する)



シルト分堆積量調査・河床材料調査 位置図

濁度計測位置図

立野ダム試験湛水の評価と今後のモニタリングについて

【立野ダム試験湛水の評価結果(案)】

■ 巡視・計測・監視について

- 貯水池内に存在する阿蘇北向谷原始林(全体の約4%)へのインパクトを少しでも抑制することを目的に、その冠水期間をできるだけ短くするため、貯水位下降速度を一般的な試験湛水よりも速め、試験湛水を行った。
- 試験湛水計画で定めた巡視・計測・監視についてはいずれも、貯水位下降速度が速い状況下においても計画どおり実施することができ、的確に状況把握できることが確認できた。

■ 堤体・基礎岩盤の安全性について

- 巡視・計測・監視により、ダム堤体及び基礎岩盤の安全性を確認した。また、ダム堤体周辺で実施した基礎処理の有効性を確認した。

■ 貯水池周辺地山の安全性について

- 巡視・計測・監視により、貯水池周辺において地すべりや斜面崩壊は確認されず、ダムの貯水機能や保全対象への影響がなかったことを確認した。

■ 下流河川の安全性について

- 河川内の遊歩道を立ち入り禁止にするとともに、注意を呼びかけることで、貯水位下降時における下流河川の安全性を確保することが確認できた。

■ 試験湛水による環境への影響について

- 阿蘇北向谷原始林への影響について、その一部が最大23日間冠水したが、スダジイ群落及びムクノキ群落の活力度は現時点では概ね維持されていることを確認した。
- 下流河川の濁りについて、貯水位下降の終盤における貯水池内の土砂の巻き上げ現象に起因して、ダム放流口において濁度の高い状態が一時的に発生したが、下流では土砂の沈降や希釈によって濁度が低下したほか、いずれも約5～8時間程度で平常状態に戻ったことを確認した。

【今後のモニタリング方針(案)】

- 阿蘇北向谷原始林への影響について、専門家の意見を聴きながら、NDVI調査などモニタリング調査を継続的に実施するとともに、その結果の解析を行い、長期的な評価を行う。
- シルト分の沈降・付着について、試験湛水後に確認されたが、ほとんどが降雨により洗い落とされた。シルト分の貯水池内での堆積特性や下流河川への流出特性の把握のため、専門家の意見を聴きながら、調査・検討を行う。