

立野ダム試験湛水計画について

令和5年 5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

立野ダム試験湛水基本方針に対する課題と対応方針

- 立野ダムの試験湛水基本方針に基づき、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とそれぞれの対応方針を以下に示す。
- また、阿蘇北向谷原始林における環境モニタリングへの課題と対応方針を以下に示す。

赤字: 前回委員会からの追加

| 項目 | 小項目 | 一般的な試験湛水と比較した場合の課題 | 対応方針 | 説明 |
|---------------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 堤体・基礎地盤の 安全性確認 (漏水・堤体安定性) | 計測頻度 | <ul style="list-style-type: none"> 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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。 | 第1回 |
| | | <ul style="list-style-type: none"> 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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。 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。 異常発生リスクを低減するため、事前にできる調査解析を実施する。 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。 | 今回 |
| 貯水池周辺地山の 安全性確認 | 残留間隙水圧の残留率 | <ul style="list-style-type: none"> 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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。 | 第1回 |
| | 計測頻度 | <ul style="list-style-type: none"> 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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。 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。 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。 保全対象のある地区については、万が一異常が発生しても社会的影響がでないような措置を行う。 | 今回 |
| 河川の 安全性確保 | 下流河川水位(水位上昇量) | <ul style="list-style-type: none"> 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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。 | 第1回 |
| 環境への 影響 | 湛水期間 | <ul style="list-style-type: none"> 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。 | — | — |
| | | <ul style="list-style-type: none"> 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。 | <ul style="list-style-type: none"> 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。 | 今回 |

| 項目 | 課題 | 対応方針 | 説明 |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 阿蘇北向谷原始林における環境モニタリング | <ul style="list-style-type: none"> 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。 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。 急峻な地形であるため、現地調査が困難である。 | <ul style="list-style-type: none"> 一般的な試験湛水前後のモニタリング調査(植生図・コ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。 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。 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、広域かつ高頻度のデータ取得に努める。 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 | 今回 |

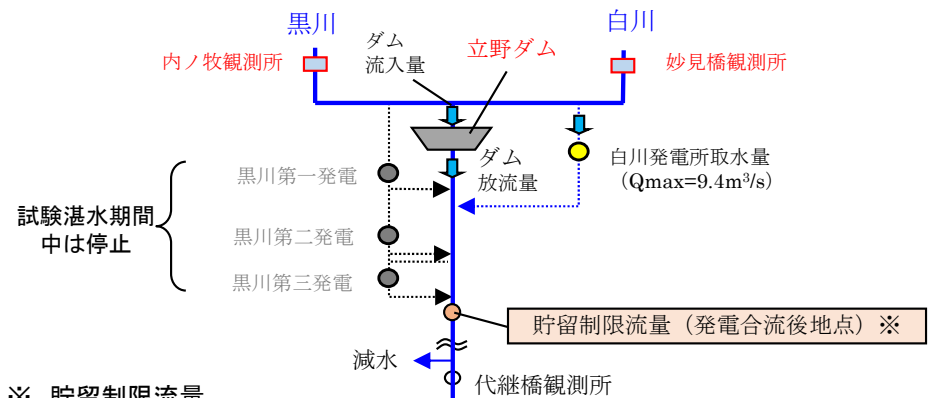
試験湛水実施時期の再整理

- 第1回委員会において、11月以降の20ヶ年分の湛水シミュレーション結果を示し、11月1日開始ケースの湛水所要日数が最も短い傾向があることを整理した。今回は、10月も対象に同様のシミュレーション条件で追加検討した。
- 検討の結果、対象期間内では、10月中旬～11月上旬の湛水所要日数が短い傾向であることを確認した。
 - 10月上旬は、下流河川の維持流量が多く、ダムから放流すべき流量(貯留制限流量)が多くなるため、湛水所要日数が長くなる傾向にある。
 - 11月中旬以降は、湛水所要日数が徐々に長くなり、21日以上も発生する。
- 開始日毎の湛水所要日数を流況別に見ると、開始日が10/16～11/6の間であれば、いずれも大きな違いはない。

湛水シミュレーション条件

| 条件項目 | 計算条件 |
|---------------|--------------------------------------------------------------------|
| 対象年・期間 | 20ヶ年(平成13年～令和2年)の10月～4月 |
| 計算単位 | 日計算 |
| 試験湛水開始日 | 5日毎に設定(各年42ケース×20ヶ年=840ケース) |
| 貯水位の上昇・下降範囲 | 最低水位:EL.217.0m(=上段洪水吐き数高く原始林分布下限標高)※ 最高水位:EL.276.0mまで(サーチャージ水位) |
| SWL水位保持 | サーチャージ水位EL.276.0mで1日保持 |
| ダム流入量 | 内ノ牧観測所(黒川)、妙見橋観測所(白川)の実測流量をもとに、水収支計算にて算出(内ノ牧観測所は、一部タンクモデル推算値) |
| 発電所の取水制限 | 黒川第一発電所:全期間停止、白川発電所:稼働 |
| 貯留制限流量(発電合流後) | 代継橋正常流量(案)+減水量 |
| 貯水位下降時の放流 | 水位低下放流ゲート(φ1800)の放流能力(全開) |

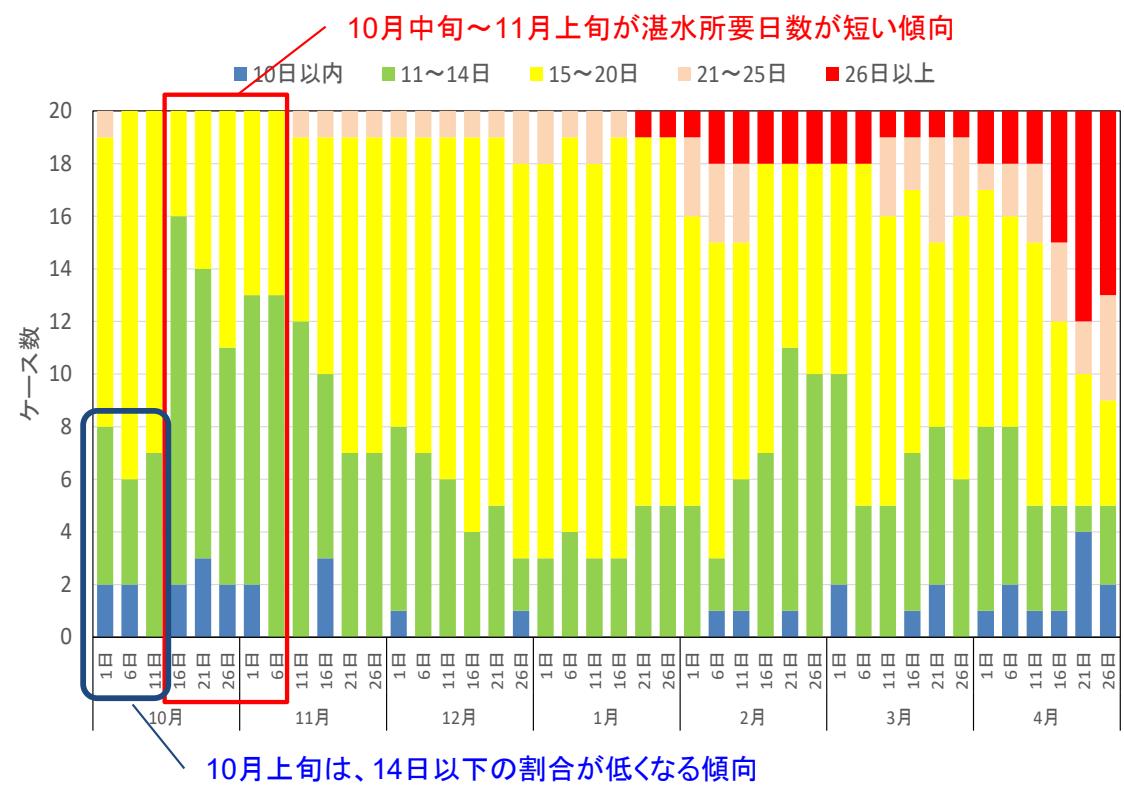
※試験湛水時の最低水位はEL.203.5mであるが、阿蘇北向谷原始林の湛水所要日数を検討するうえでEL217m(<原始林植生生育標高)でシミュレーションを実施



※ 貯留制限流量

| 貯留制限流量 | 10/1～10/15 | 10/16～12/31 | 1/1～1/31 | 2/1～4/30 |
|--------------|------------|-------------|----------|-----------|
| ①代継橋維持流量 | 4.15m³/s | 3.32m³/s | 2.78m³/s | 3.01m³/s |
| ②減水量(ダム～代継橋) | 11.28m³/s | 7.46m³/s | 6.99m³/s | 7.77m³/s |
| ①+②貯留制限流量 | 15.43m³/s | 10.78m³/s | 9.77m³/s | 10.78m³/s |

■ 20ヶ年湛水シミュレーションによる湛水開始日毎の湛水所要日数



■ 開始日毎の湛水所要日数(流況別)

(単位:日)

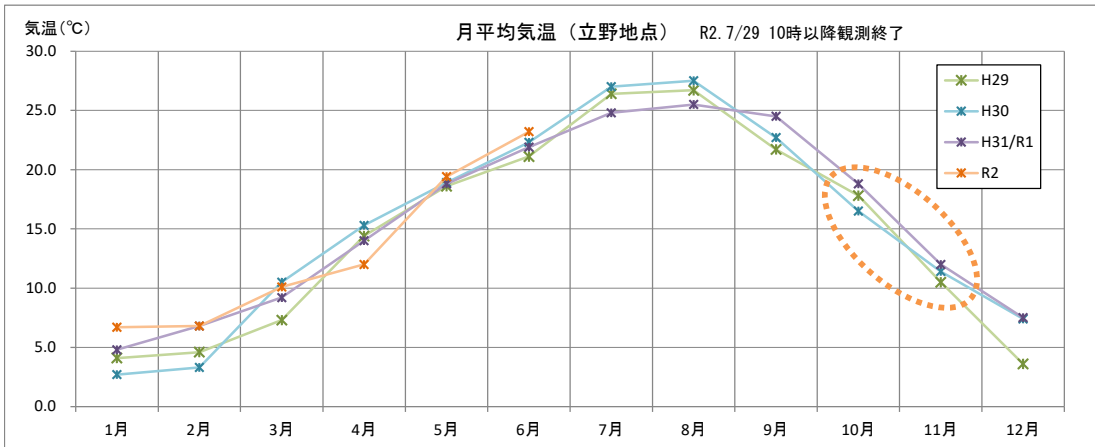
| | 湛水開始日 | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|------|------|
| | 10/16 | 10/21 | 10/26 | 11/1 | 11/6 |
| 豊水(2/20ヶ年) | 10 | 9 | 10 | 10 | 11 |
| 平水(10/20ヶ年) | 13 | 13 | 14 | 14 | 14 |
| 渇水(19/20ヶ年) | 16 | 16 | 17 | 18 | 19 |

- ▶ 令和5年2月に開催した「第1回立野ダム試験湛水検討委員会」において、『植物の活性が低い時期の方が冠水による影響が小さいと考えられる』『阿蘇北向谷原始林に関しては、10月に試験湛水を行うより、11月以降に実施する方が影響は小さいと思う』との意見があった。
- ▶ 洪水による植生への影響について報告された論文(C.Glenzら,2006)においては、以下のとおり記述されている。

- ・休眠期に冠水するよりも、成長期に冠水する方が有害である。
- ・冬季は酸素の需要が最小限であるため、冠水による影響は殆ど無い又は全く無い。
- ・冠水による影響が最も大きいのは成長が始まったばかりの晩春である。
- ・晩春や夏に冠水すると実生への影響が大きく植生全体に重大な影響を与える。

- ▶ 阿蘇北向谷原始林においても、夏季と比較すると秋季は植生の活性が低下している様子がうかがえる。
- ▶ 阿蘇北向谷原始林周辺(立野地点)の気温(月平均気温)は、10月(17.7℃)から11月(11.3℃)にかけて大きく低下する傾向にある。
- ▶ 現在の工事状況(施工計画)では、仮排水トンネル閉塞の工程が10月下旬までかかる見込みである。

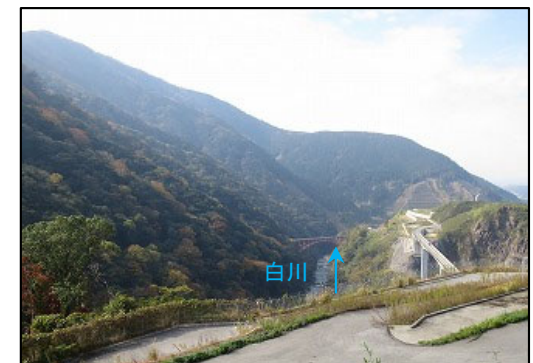
以上を踏まえ、試験湛水の開始日は、流況が良く、植物の活性が少しでも低くなると考えられる原案の「11月1日開始」とする。



立野ダム近傍の気温変化(月平均気温)



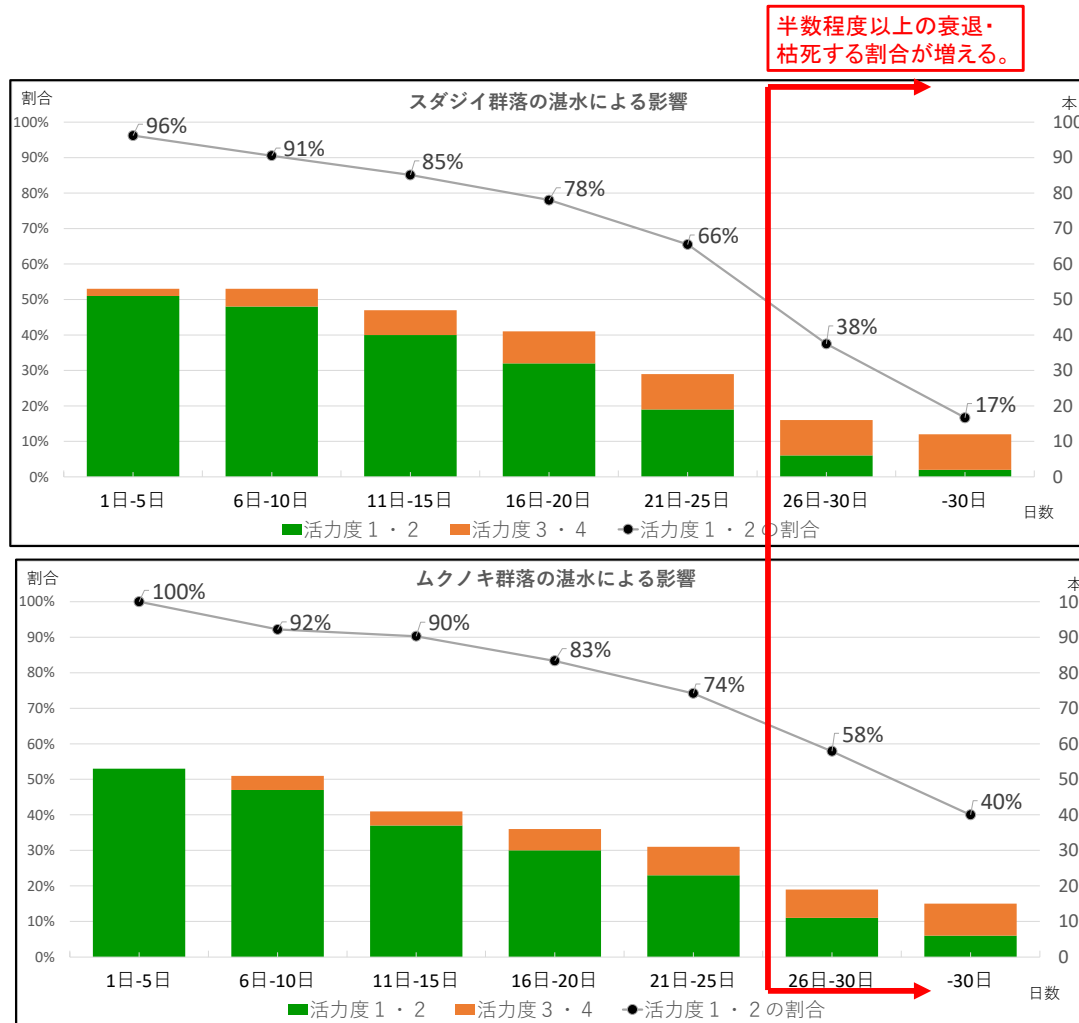
夏季(8月19日)



秋季(11月11日)

試験湛水開始後の中断基準

- 阿蘇北向谷原始林への影響について、湛水区域が阿蘇北向谷原始林のうち4%程度(標高276m以下の主な群落に係る範囲)であり、その影響はわずかである。長期的な観点で見ると、影響を受けた植生は同様な植生に回復すると考えられる。また、「立野ダム建設事業における環境保全への取り組み」時に想定していた湛水期間94日間に対して、本計画にて試験湛水を短縮することにより、樹木の生育の維持への影響を相当程度低減できると想定している。
- 既往の調査結果から整理した結果では、判別不能なものを除けば冠水する日数が短くなるほど生育の維持の割合は増えており、湛水日数を短縮することにより、湛水区域の樹木について影響は軽減されると考えられる。
- 但し、異常渇水等により湛水期間が長期化してしまうと本来の目的が達成されないこととなる。一方で、中断した場合には、ダムの安全性を確実に確認するという目的が達成できない場合が考えられ、再度試験湛水を実施する必要性が生じる可能性がある。そのため、試験湛水開始後の中断基準を設定する。
- 既往事例では、湛水日数が26日を超過すると半数程度以上の樹木が衰退・枯死していると考えられる。このため、湛水区域の植生環境をできるだけ保持するという観点から、阿蘇北向谷原始林植生生育標高E1.225m以上の湛水日数が25日を超過することが懸念される場合には試験湛水を中断する。



凡例

| | |
|--|-------------------------|
| | 活力度1・2 ...「生育の維持」が考えられる |
| | 活力度3・4 ...「衰退・枯死」が考えられる |

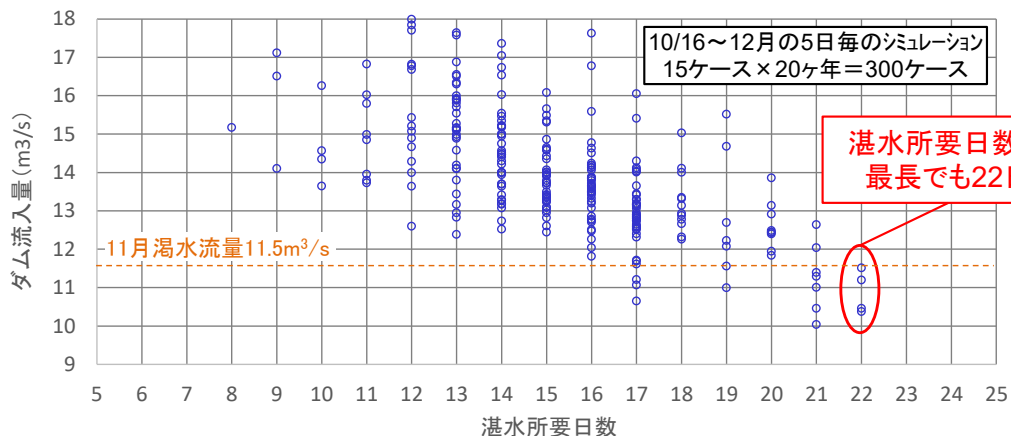
| 活力度 | 樹木の状態 |
|------|--------------------------|
| 活力度1 | 旺盛な生育状態を示し、被害が全くみられない。 |
| 活力度2 | 幾分被害の影響を受けているが、あまり目立たない。 |
| 活力度3 | 異常が認められる。 |
| 活力度4 | 生育状態が劣悪で回復の見込みがない。 |

※ 活力度：樹木を現地にて目視し、生育状態を総合的に判断・区分した指標

左のグラフは、「第1回立野ダム試験湛水検討委員会」において、湛水による樹木への影響の説明に用いた既存ダムの植生調査の樹木本数の割合である。

- ▶ 10月～12月の流況を用いた20ヶ年湛水シミュレーション(計300ケース)によると、流況の悪い12月を含めても、湛水所要日数は最長でも22日となっている。そのため、濁水時でも11月1日に湛水を開始すれば、湛水所要日数が25日を超える可能性は非常に小さい。
- ▶ 湛水所要日数が25日を超えると見込まれた場合は、試験湛水の中断を検討する。水位保持・下降到計4日を要することから、阿蘇北向谷原始林植生生育標高E1.225m以上の湛水開始後、21日目時点でSWLに到達していない場合に試験湛水中断を判断する。
- ▶ 中断後、それまでに取得した計測データや記録、阿蘇北向谷原始林のモニタリング調査結果等を整理し、総合的に判断したうえで再開の手順について検討する。中断期間は、試験湛水ゲートを撤去し、常用洪水吐を解放することで、貯水位上昇を抑えるものとする。
- ▶ 中断した場合には、再度試験湛水を実施する可能性が生じることで、阿蘇北向谷原始林へのさらなる負荷が想定されることから、SWL到達まであとわずかであるなど、湛水所要日数が大幅に超過することが想定されない場合は、この限りではない。

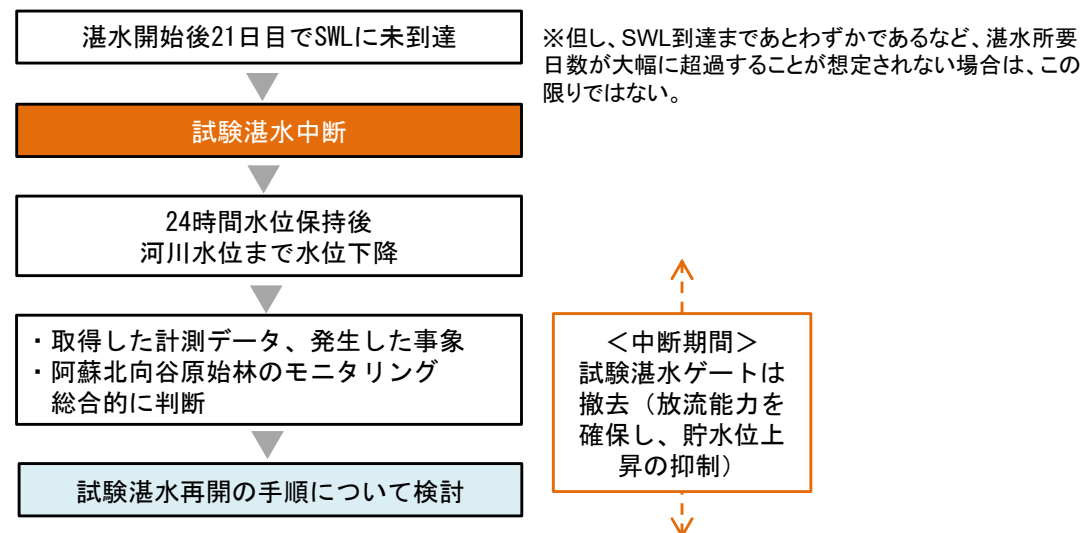
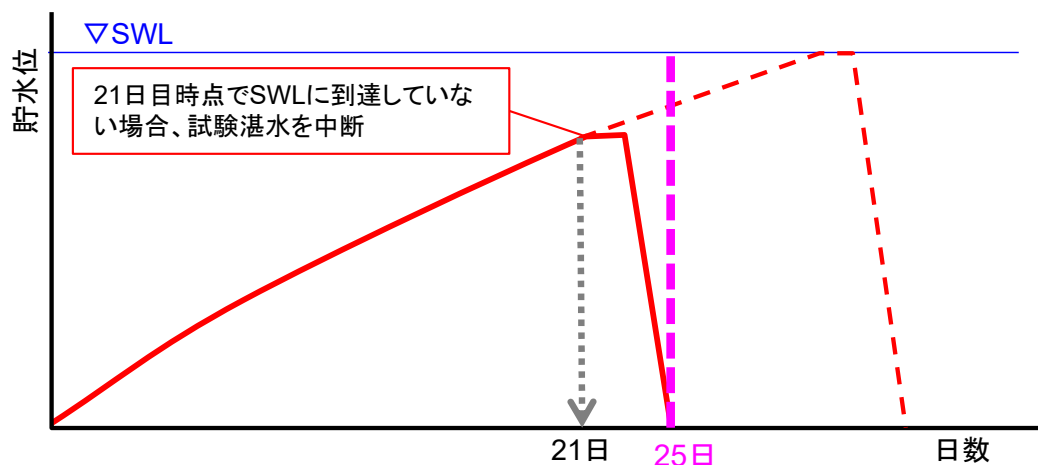
■湛水開始日のダム流入量と湛水所要日数の関係



(参考) ダム流入量の月別流況表※H13-R2年を対象

| ダム流入量 [m³/s] | 10月 | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 豊水流量 | 17.9 | 15.9 | 14.4 | 13.4 | 14.2 | 14.8 | 15.1 | 15.3 |
| 平水流量 | 15.3 | 14.2 | 13.2 | 12.0 | 12.6 | 13.2 | 12.4 | 11.7 |
| 低水流量 | 14.0 | 13.2 | 12.5 | 11.3 | 11.3 | 11.4 | 10.1 | 9.3 |
| 濁水流量 | 12.8 | 11.5 | 10.8 | 10.0 | 9.5 | 9.1 | 8.3 | 7.3 |

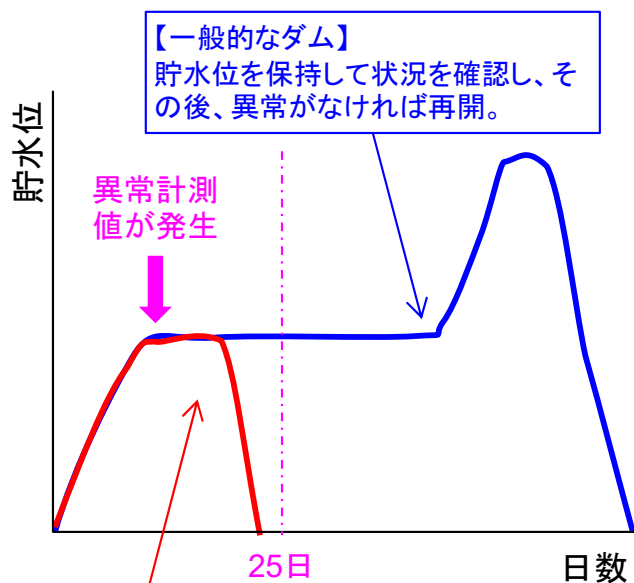
■試験湛水中断判断(21日目時点でSWL未到達の場合)イメージ図



➤ 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、ゲート操作までの時間差により貯水位が変動してしまうなど、短時間の間に状況が変化してしまうことが懸念される。そのため、堤体・基礎地盤、貯水池周辺地山の監視体制は、以下の方針にて対応する。

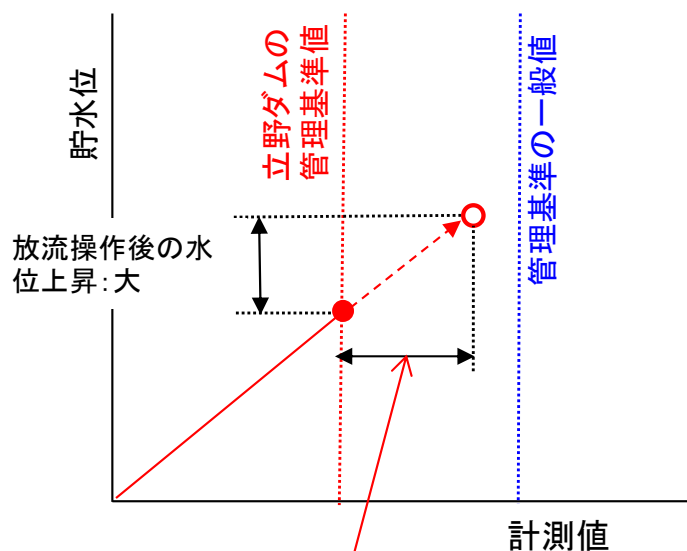
1. 立野ダムでは、自然環境(阿蘇北向谷原始林)への影響を極力低減させるため湛水日数をできる限り短くするという観点から、貯水位を長期間維持して状況を確認できないため、試験湛水を中止し水位下降する条件や管理基準値を明確化し、そのときの貯水位操作の考え方をあらかじめ定めておく。
2. 立野ダムでは、水位変動速度が速いため、ゲート操作までに計測値が増加しないよう、一般的に管理基準値がある計測項目は、一般的な基準値よりも安全側に設定する。
3. 堤体・基礎地盤における計測異常値の発生リスクを低減するため、事前にできる調査解析を実施し、試験湛水前に対応を講じる。
4. 貯水池周辺地山において、近隣に保全対象がある地区では、リスクに対する対応をあらかじめ定めておく。

■中止判断基準等をあらかじめ設定



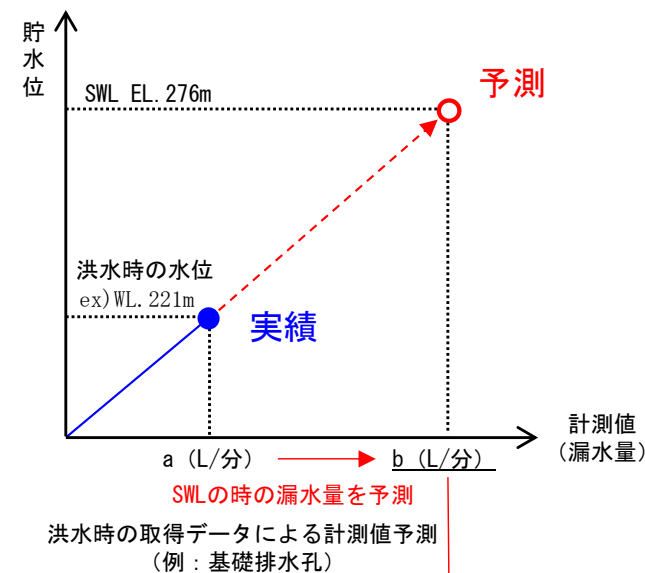
試験湛水の中止基準や貯水位操作の方法をあらかじめ定めておく

■管理基準は、一般値よりも安全側に設定



下流河川の水位上昇を抑えるため、放流量は漸増させる必要がある。この間、貯水位は上昇するため、計測値の管理基準は一般値に対し安全側に設定する

■事前調査解析を実施し試験湛水前に対応

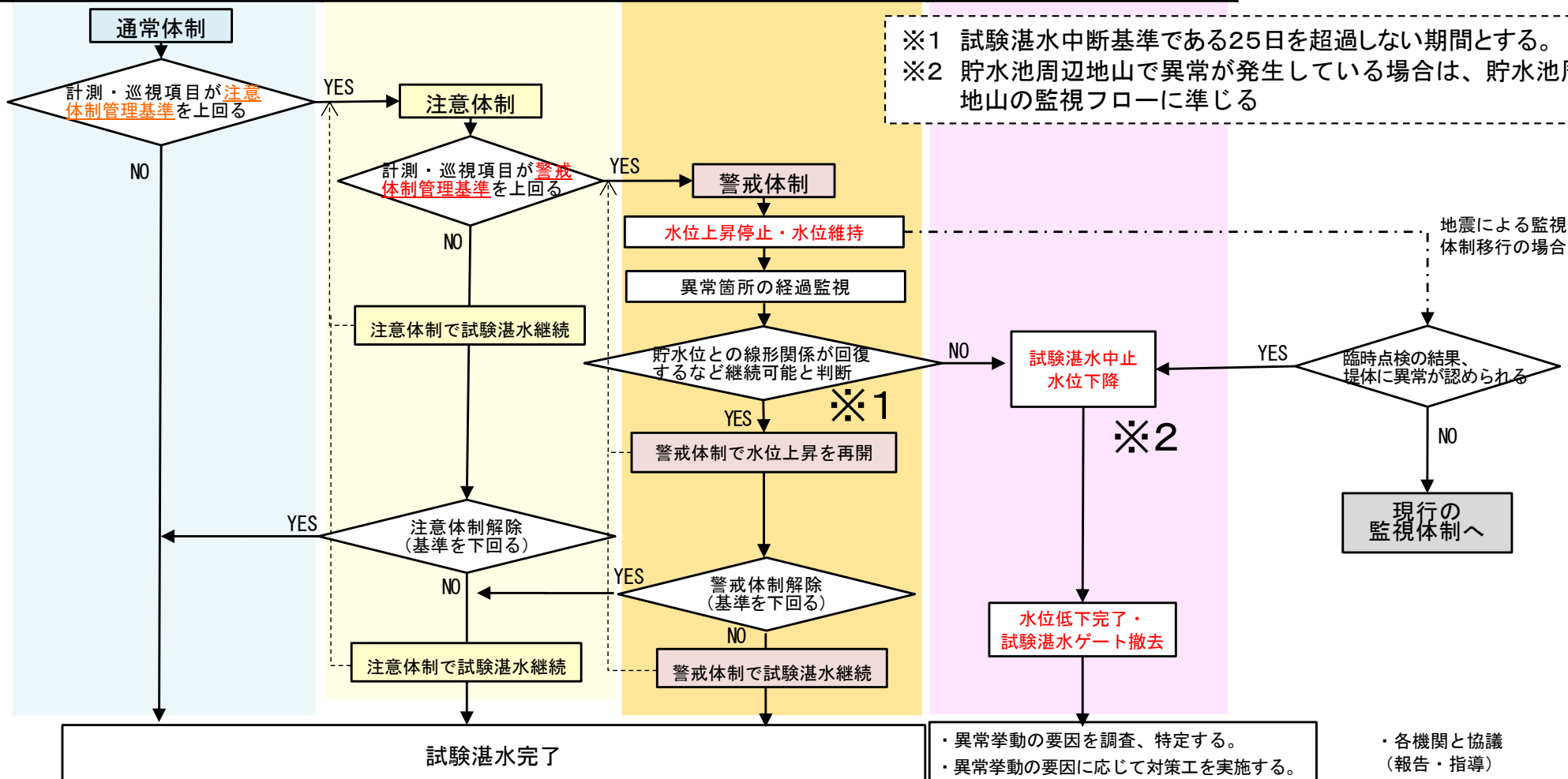


漏水量が多い孔がある場合には、対策工の検討・実施をするなど対応

堤体・基礎地盤 異常時の移行判断

- 試験湛水中は、堤体・基礎地盤及び貯水池周辺地山について計測・巡視を行い、異常が認められた場合には、「通常体制→注意体制→警戒体制」へと体制を移行し、試験湛水を遂行する。立野ダム試験湛水中の堤体・基礎地盤の計測は、試験湛水時の水位変動速度を考慮して1回/1時間としている。
- その上で、異常が確認された場合に迅速に対応できるよう注意体制、警戒体制移行基準を明確化し、かつ、一般的に使用される基準よりも安全側に設定した。
- また、異常の事象毎にどのような処置を行うか事前に定めておくことで、警戒体制移行後、水位低下を迅速な判断で行える体制とした。

| 監視体制 | 通常体制 | 注意体制 | 警戒体制 | 試験湛水中止 |
|------|-------------------|------------------------|---------------------------------------------|---------------------|
| 定義 | 試験湛水実施中の通常の安全管理体制 | 計測や巡視の体制を強化し、試験湛水を継続する | 計測・巡視の体制を強化し、水位上昇停止・水位維持を行う ※再開後は水位上昇させる | 計測・巡視を継続しつつ、水位下降させる |



※1 試験湛水中断基準である25日を超過しない期間とする。
 ※2 貯水池周辺地山で異常が発生している場合は、貯水池周辺地山の監視フローに準じる

- ・異常挙動の要因を調査、特定する。
- ・異常挙動の要因に応じて対策工を実施する。
- ・各機関と協議（報告・指導）

堤体監視体制フロー

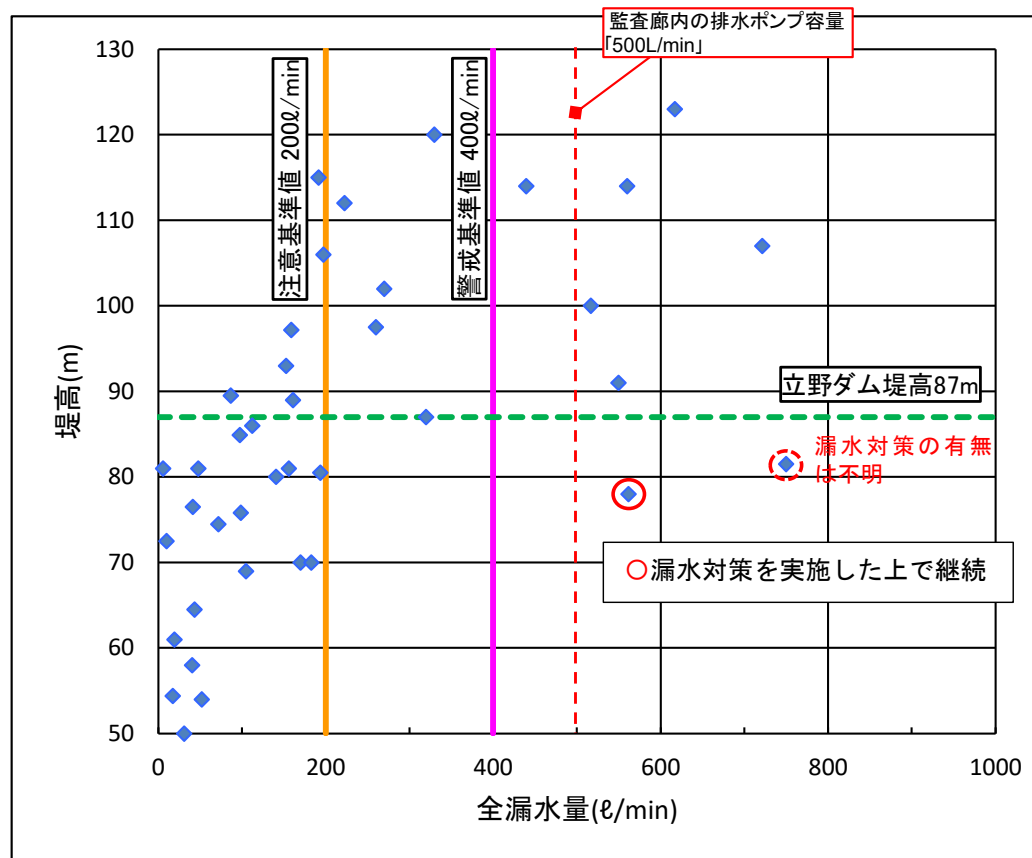
- 監視体制を注意体制、警戒体制に移行する判断および試験湛水中止判断となる管理基準(案)は、異常が確認された場合に迅速に対応できるよう設定した。
- 一般に、個々の計測値と貯水位の関係が線形関係であれば、ダムの手動は安定した状態にあるとされるが、漏水量などは一定量を超過すると貯水位との線形関係が失われることがあるとして、管理基準値が設けられている。立野ダムにおいても、計測値と貯水位の関係に着目しつつ、一般的な基準値よりも安全側の設定で下表のとおり主要な監視項目の管理基準(案)を設定した。ただし、これによりがたい場合は、事務所長が判断・決定する。
- なお、各項目の管理基準値については、令和5年出水期の水位上昇時に得られる計測値等から必要に応じて見直すことも検討する。

主な堤体・基礎地盤管理基準(案) 注意体制、警戒体制および試験湛水中止基準

| 主な管理基準項目 | | 注意体制移行基準 | 警戒体制移行基準 | 試験湛水中止(水位下降)基準 |
|----------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 漏水量 | 全漏水量 | ・貯水位との線形関係はずれて増加する場合 ・全漏水量が「 200 L/min以上」となる場合 | ・貯水位との線形関係が回復せずさらに増加し、「 400 L/min以上」となる場合 | 左記の場合、経過監視後、25日以内に完了出来ない場合には、試験湛水中止する。 |
| | 基礎漏水等 | ・貯水位との線形関係はずれて増加する場合 ・1孔当りの排水量が「 20 L/min以上」となる場合 ・濁りを伴う漏水が認められる場合 | ・貯水位との線形関係が回復せず、1孔当りの排水量が「 40 L/min以上」となる場合 ・濁りを伴う漏水の進行が認められる場合 | 左記の場合、経過監視後、25日以内に完了出来ない場合には、試験湛水中止する。 |
| | 継目漏水量 | ・貯水位との線形関係はずれて増加する場合 ・1孔当たりの排水量が「 50 L/min以上」となる場合 | ・貯水位との線形関係が回復せず、1孔当りの排水量が「 80 L/min以上」となる場合 | 左記の場合、経過監視後、25日以内に完了出来ない場合には、試験湛水中止する。 |
| 揚圧力 | | ・貯水位との線形関係はずれて増加する場合(揚圧力計、間隙水圧) ・貯水位相当で想定される揚圧力を超過する場合 【参考:各BLの設計揚圧力(単位:MPa)】2BL: 0.02 3BL: 0.07 4BL: 0.12 5BL: 0.33 6BL: 0.35 7BL: 0.35 8BL: 0.35 9BL: 0.30 10BL: 0.12 11BL: 0.07 12BL: 0.02 | ・貯水位相当で想定される揚圧力を超過後、貯水位との線形関係が回復せずさらに増加傾向が顕著になる場合 | 左記の場合、経過監視後、25日以内に完了出来ない場合には、試験湛水中止する。 |
| 変形量 | | ・貯水位との相関関係をはずれて増加する場合 ・変形量が 10mm を超過する場合 | ・変形量が 15mm を超過後、貯水位との相関関係が回復せず、さらに増加傾向が顕著になる場合 | 左記の場合、経過監視後、25日以内に完了出来ない場合には、試験湛水中止する。 |
| 地震 | | ・ダム地点近傍の気象庁震度階 4以上 または地震計(基礎部)により「 25 gal以上 」が計測された場合 | ・ダム地点近傍の気象庁震度階 5弱以上 または地震計(基礎部)により「 80 gal以上 」が計測された場合 | 二次点検実施後、異常が認められる場合は試験湛水中止する。 ※二次点検実施後、異常がないことを確認した場合には試験湛水を継続する。 |
| 巡視 | | ・堤体に亀裂等の変状が認められた場合 ・濁りを伴う漏水が認められた場合 ・ダム直下流の斜面から漏水が確認される場合 | ・堤体に亀裂等の変状が認められた場合 ・濁りを伴う漏水が認められる場合 ・ダム直下流の斜面の浸食や崩壊が懸念されるような著しい漏水が確認される場合 | 左記の場合、経過監視後、25日以内に完了出来ない場合には、試験湛水中止する。 |

- 計測値と貯水位の関係が線形関係にあれば、ダムの挙動は安定した状態にあるとされ、全漏水量は貯水位との関係に着目する。
- 一方で、漏水量などは一定量を超過すると貯水位との線形関係が失われることがあるとされ、他ダムの実績等を踏まえ全漏水量の管理基準を次のとおり設定した。
 - 他ダムの全漏水事例をもとに、堤高90m程度と同規模他ダム事例を包括する「200L/min」を注意基準に設定する。
 - 全漏水量が監査廊内の排水ポンプ容量「500L/min」に対して、「400L/min」を超過し、さらに増加する場合には警戒体制に移行し、試験湛水を中止する。
- なお、「ダム管理の実務」、「多目的ダムの建設」等では、全漏水量に対する具体的な数値の記載はなく、貯水位との相関性が確保されていることが重要で、一般には管理基準として設定していない事例が多い。

他ダムの全漏水量実績は、堤高90m程度と同規模他ダム事例を包括すると、概ね200L/min程度である。



コンクリートダムの全漏水量の観測値

管理基準の設定(基礎排水孔および継目排水孔漏水量)

- 基礎排水量、継目排水量は、貯水位との関係に着目するとともに、1孔当りの管理基準を設定する。
- 立野ダムでは、水位変動速度が速いため、ゲート操作までに計測値が増加して状況が変化しないよう、警戒体制移行基準については、漏水対策を実施した既往ダムにおける実績を考慮して、一般的な管理基準値(※)に対し、安全側の基準設定を行う。(注意体制移行基準については、一般的な管理基準値にて設定する。)

一般的な管理基準値(50~100 ℓ/min)より厳しい基準

- 具体の管理基準値は以下のとおり設定した。

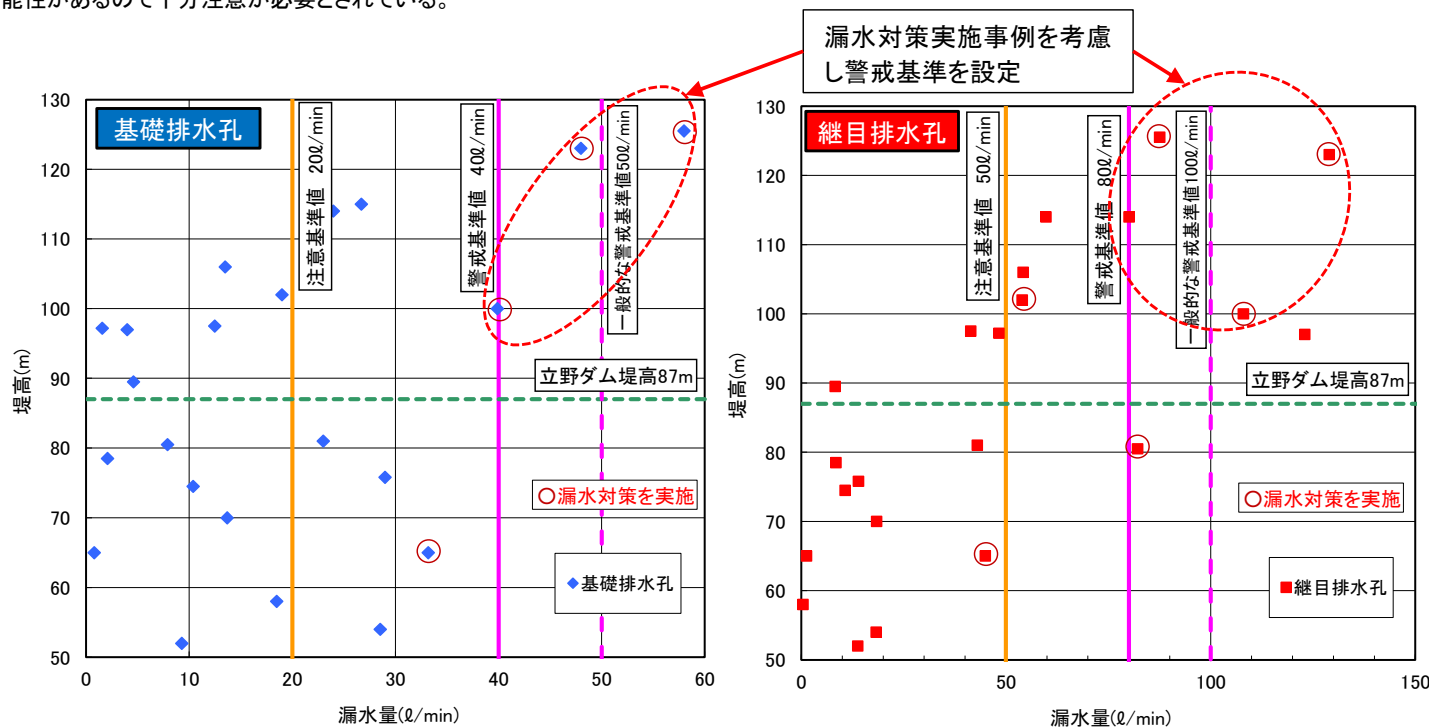
- ・基礎排水孔漏水量は、注意体制移行基準値を「**20 ℓ/min**」、警戒体制移行基準値を「**40 ℓ/min**」とする。
- ・継目排水孔漏水量は、注意体制移行基準値を「**50 ℓ/min**」、警戒体制移行基準値を「**80 ℓ/min**」とする。

一般的な管理基準値(100 ℓ/min)より厳しい基準

※一般的な管理基準値

「ダム管理の実務」では、基礎漏水量が「50~100L/min」程度を超えると漏水量と貯水位の線形性が失われることが多いため注意が必要とされている。

「土研資料第1834号 ダムの安全管理」では、1孔当り「100L/min」程度以上の漏れが観測される場合、または観測されることが予想される場合も異常が生じている可能性があるので十分注意が必要とされている。

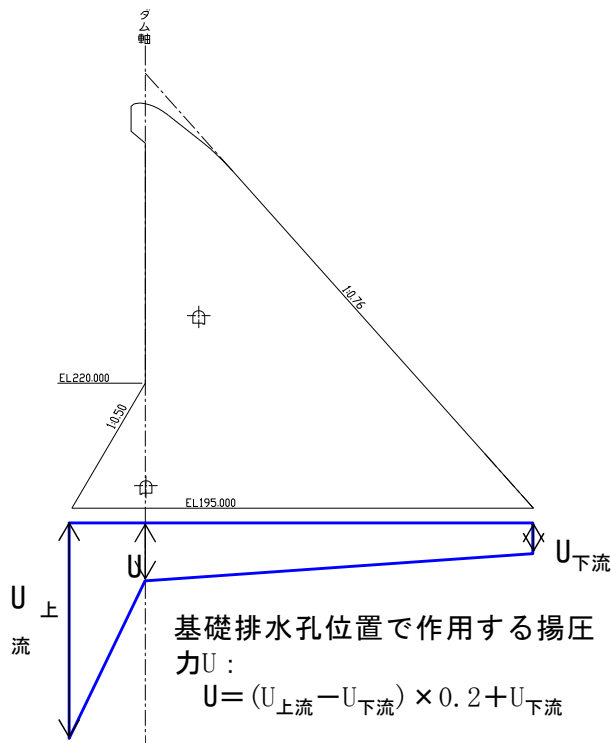


- ・基礎排水孔の漏水量実績の最大値は、漏水対策を実施したダムを除外すると、概ね20~30 ℓ/min程度。
- ・継目排水孔の漏水量実績の最大値は、漏水対策を実施したダムを除外すると、概ね50~80 ℓ/min程度。

コンクリートダムの基礎排水孔・継目排水孔の観測値

- 揚圧力については、計測値と貯水位との関係に着目するとともに、揚圧力の設計値と計測値を比較することでダムの安全性を評価することとする。
- 立野ダムでは、基礎排水孔(常時開栓)の間に揚圧力を常時自動計測するための揚圧力専用孔を設置している。そこで、貯水位相当で想定される設計揚圧力を基準値として揚圧力専用孔計測値と比較することで揚圧力の管理をBL毎に行う。
 - ・注意基準: 貯水位との線形関係はずれて増加する場合、貯水位相当で想定される揚圧力を超過する場合
 - ・警戒基準: 貯水位相当で想定される揚圧力を超過後、貯水位との線形関係が回復せずさらに増加する場合

- プラムラインによる変形量計測は、貯水位との関係に着目するとともに、他ダムの実績等を踏まえ管理基準を設定するものとした。
- 立野ダムの試験湛水では、他ダム事例をもとに、管理の目安として、「**10 mm**」を注意基準とし、堤高90m程度と同規模他ダム実績の最大値を包括する「**15 mm**」を超過して変形が継続される場合には警戒体制に移行する。
- なお、「ダム管理の実務」、「多目的ダムの建設」等では、変形量の具体的な数値の記載はなく、貯水位との相関性が確保されていることが重要である。

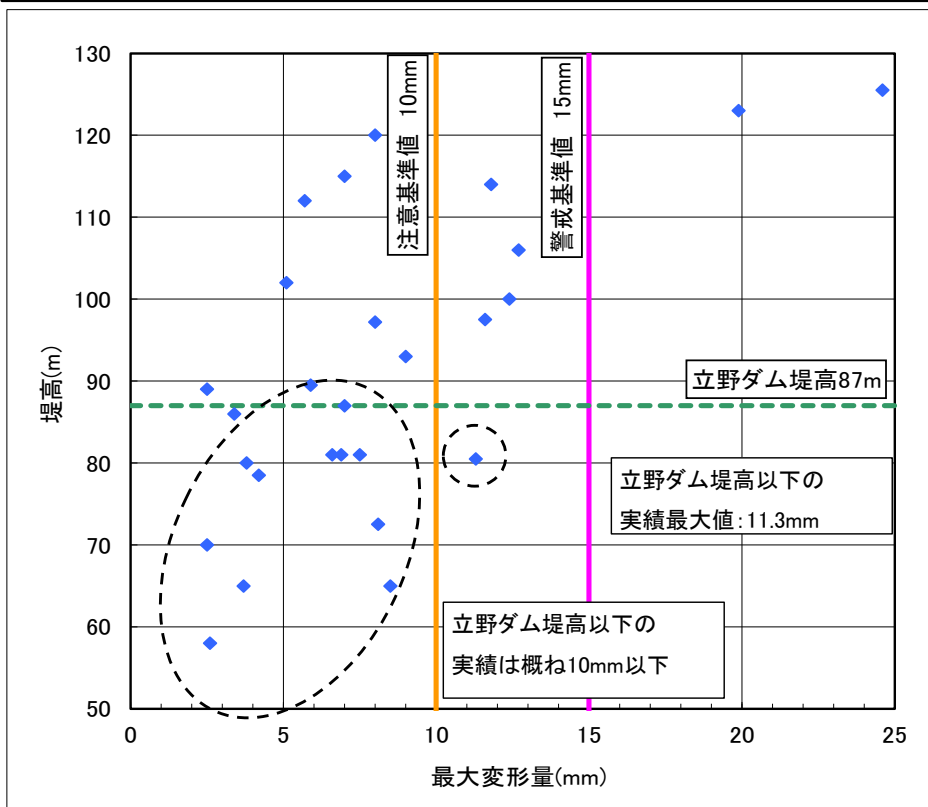


(参考) 安定計算上の設計揚圧力

| BL | 設計揚圧力 |
|------|----------|
| 2BL | 0.02 MPa |
| 3BL | 0.07 MPa |
| 4BL | 0.12 MPa |
| 5BL | 0.33 MPa |
| 6BL | 0.35 MPa |
| 7BL | 0.35 MPa |
| 8BL | 0.35 MPa |
| 9BL | 0.30 MPa |
| 10BL | 0.12 MPa |
| 11BL | 0.07 MPa |
| 12BL | 0.02 MPa |

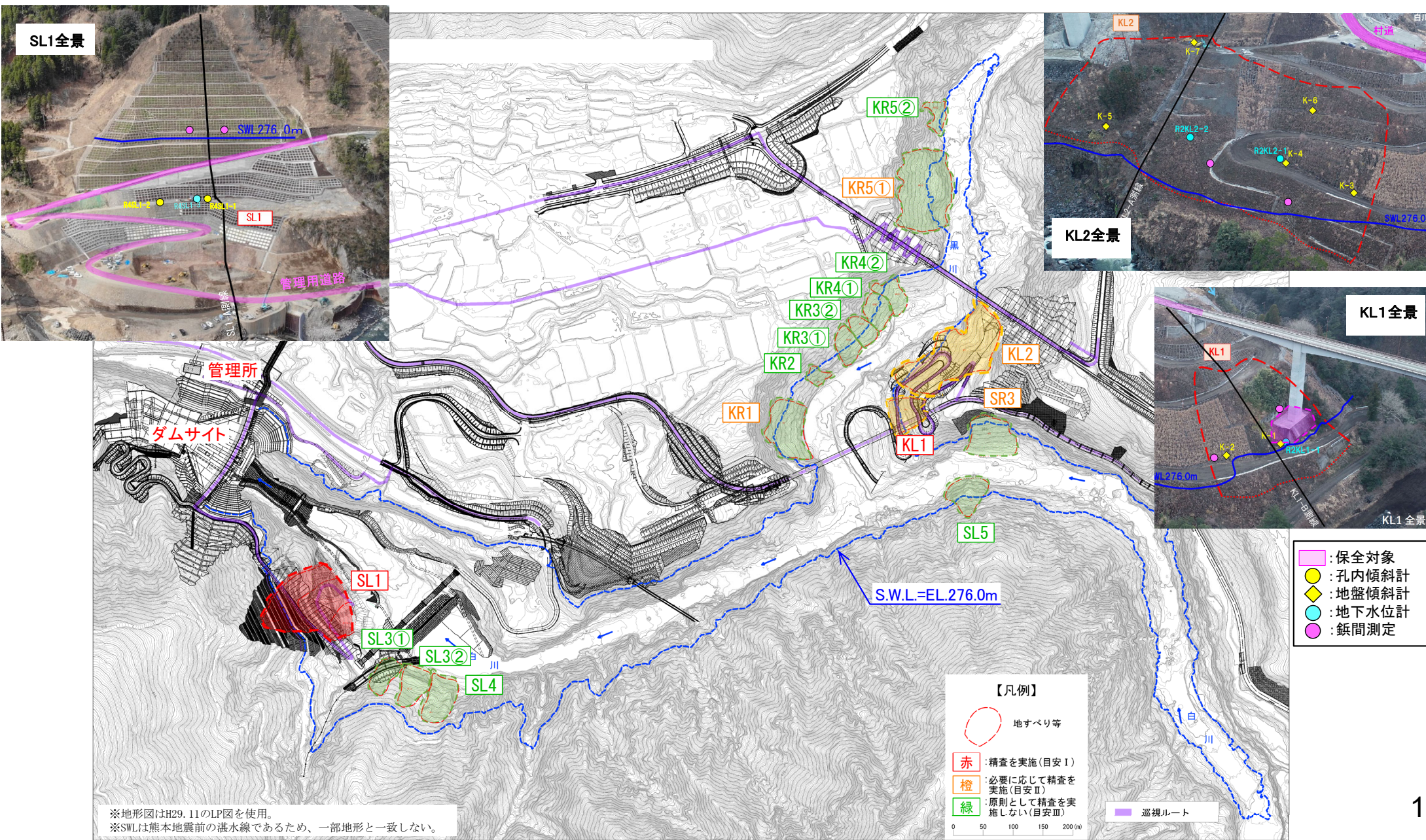
※基準値は、基礎排水孔位置での揚圧力から基礎岩盤～基礎排水孔孔口分の圧力を減じた値とする。

変形量の実績は、立野ダムと堤高が同程度のお他ダム事例の最大値を包括すると、概ね10mm程度となる。



湛水予定地周辺斜面の監視

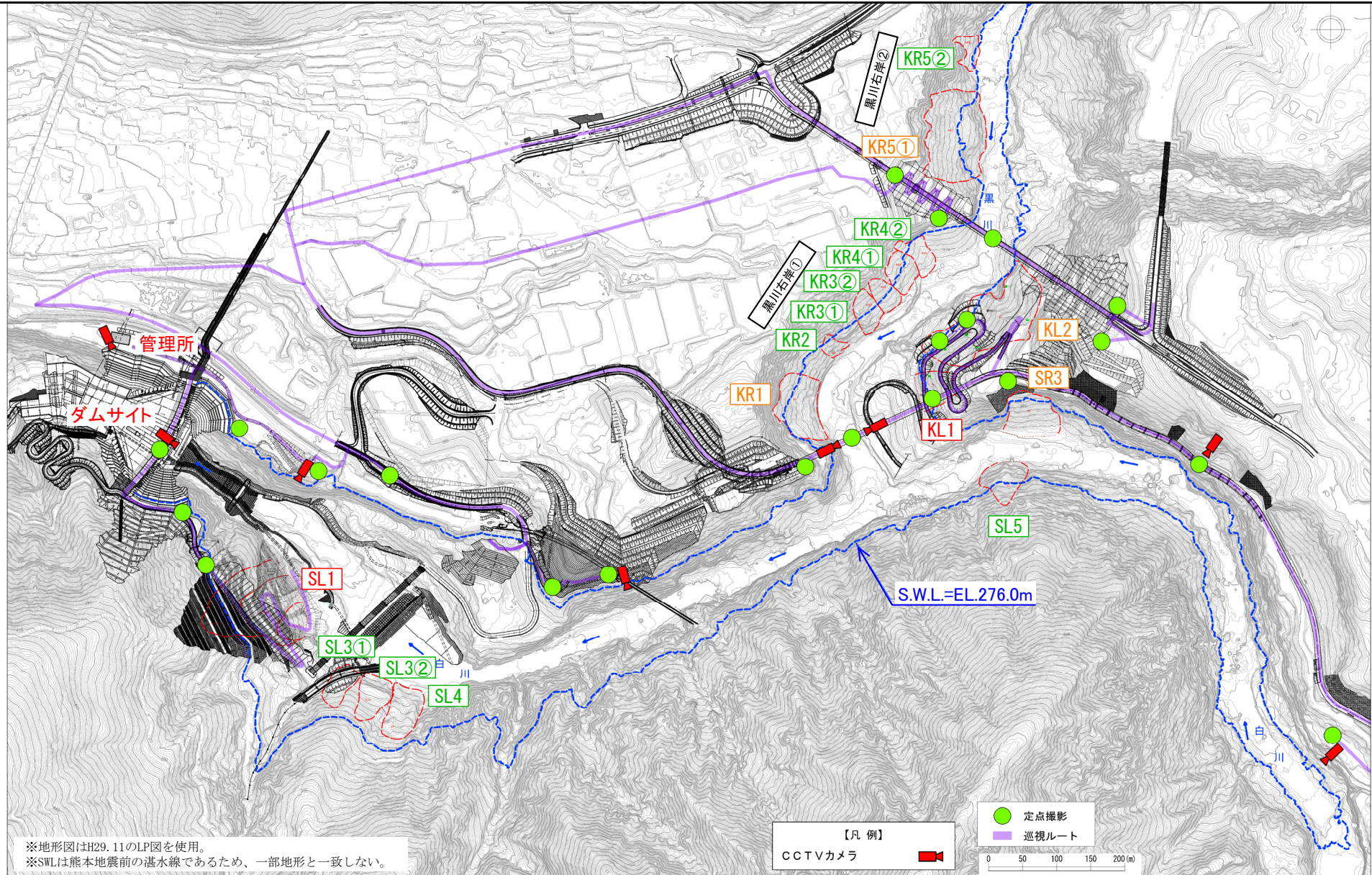
- ▶ 試験湛水時の貯水池周辺地山の監視は、概査の結果より、湛水予定地周辺斜面に該当する13地区を対象に行う。
- ▶ SL1, KL1, KL2地区は傾斜計等による計測及び巡視を行い、その他の地区は、巡視時に簡易測量等を行いながら監視する。



湛水予定地に近接するその他斜面の監視

▶ 湛水予定地に近接するその他斜面(※)は、巡視時の定点撮影およびCCTVカメラにより包括的に監視を行う。巡視ルートと定点撮影位置、カメラ設置位置を示す。

※湛水予定地に近接するその他斜面：貯水池周辺地山のうち、概査によって湛水予定地周辺斜面に抽出されていない斜面



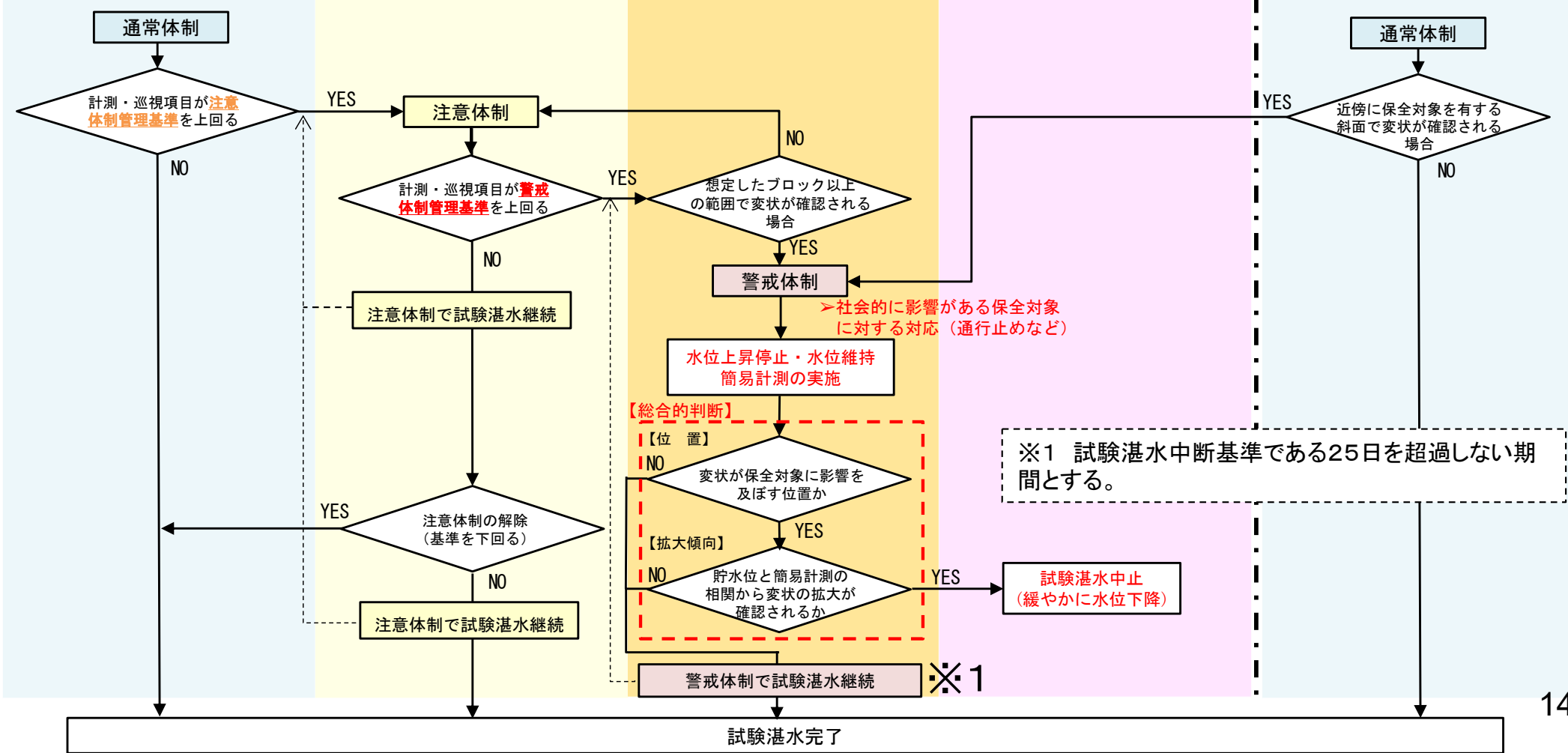
- 貯水池周辺地山の監視体制は、異常が認められた場合、通常体制→注意体制→警戒体制へと体制を移行し、巡視、計測頻度を上げて評価を行う。
- 概査により抽出された計器観測を行う地区は、1回/1時間の自動計測及び巡視による監視、その他の地区についても巡視や簡易測量等による監視を行い、異常を定量的に評価する体制を構築する。また、湛水予定地に近接するその他斜面についても巡視・定点撮影により異常がないか確認する。

【湛水予定地周辺斜面】

貯水池周辺地山監視体制フロー

【湛水予定地に近接する その他斜面】

| 管理体制 | 通常体制 | 注意体制 | 警戒体制 | 試験湛水中止 | 通常体制 |
|------|-------------------|-------------------------|---------------------------------------------|------------------------|-------------------|
| 定義 | 試験湛水実施中の通常の安全管理体制 | 計測や巡視の体制を強化し、試験湛水を継続する。 | 計測や巡視の体制を強化し、水位上昇停止・水位維持を行う ※再開後は水位変動させる | 計測・巡視項目を継続しつつ、水位下降させる。 | 試験湛水実施中の通常の安全管理体制 |



➤ 異常が確認された場合に迅速に対応できるよう注意体制、警戒体制移行基準を明確化し、かつ、一般的に使用される基準よりも安全側に設定した。

貯水池周辺地山 体制移行基準

| 項目 | | 内容 | 注意体制移行基準 | 警戒体制移行基準 |
|----|---------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 巡視 | 巡視 | 鋏間測定 ^{※3} | ・鋏間測定において、 10mm/日 以上の同一方向の変位が確認された場合 ・もしくは、 10mm 以上の同一方向の累積変位が確認された場合 | ・ 25mm/日 以上の同一方向の変位が確認された場合 ・もしくは、 25mm 以上の同一方向の累積変位が確認された場合 ・巡視において、前回の状況と比較したとき、斜面や構造物に明瞭な変状が確認された場合 |
| | | 巡視撮影 | | |
| | 遠望からの観察 | 簡易測量 ^{※2} | ・簡易測量において、 40mm/日 以上の同一方向の変位が確認された場合 ・もしくは、 40mm 以上の同一方向の累積変位が確認された場合 | ・ 60mm/日 以上の同一方向の変位が確認された場合 ・もしくは、 60mm 以上の同一方向の累積変位が確認された場合 |
| | | 定点撮影 | | ・定点撮影において、前回の状況と比較したとき、斜面や構造物に明瞭な変状が確認された場合 |
| 計測 | 孔内傾斜計 ^{※4} | 累積変位量 対象斜面：地すべり斜面 対象地区：SL1 | 同一方向に 0.1mm/日 以上の変位量が認められ、変位に累積性が確認される場合 | 同一方向に 0.2mm/日 以上の変位量が認められ、変位に累積性が確認される場合 |
| | 地盤傾斜計 ^{※4} | 日変動量 対象斜面：崖錐斜面 対象地区：KL1, KL2 | 同一方向に ±10秒/日(24時間平均値の差分) 以上の変動量が認められ、変動に累積性が確認される場合 | 同一方向に ±15秒/日(24時間平均の差分) 以上の変動量が認められ、変動に累積性が確認される場合 |

※1 巡視・計測の頻度を高めるのは体制移行した地区のみである。夜間等に計測値に異常が認められた場合、随時行うこと。

※2 機械誤差および気象条件等により10～十数mm程度の測定誤差が発生する場合がある。

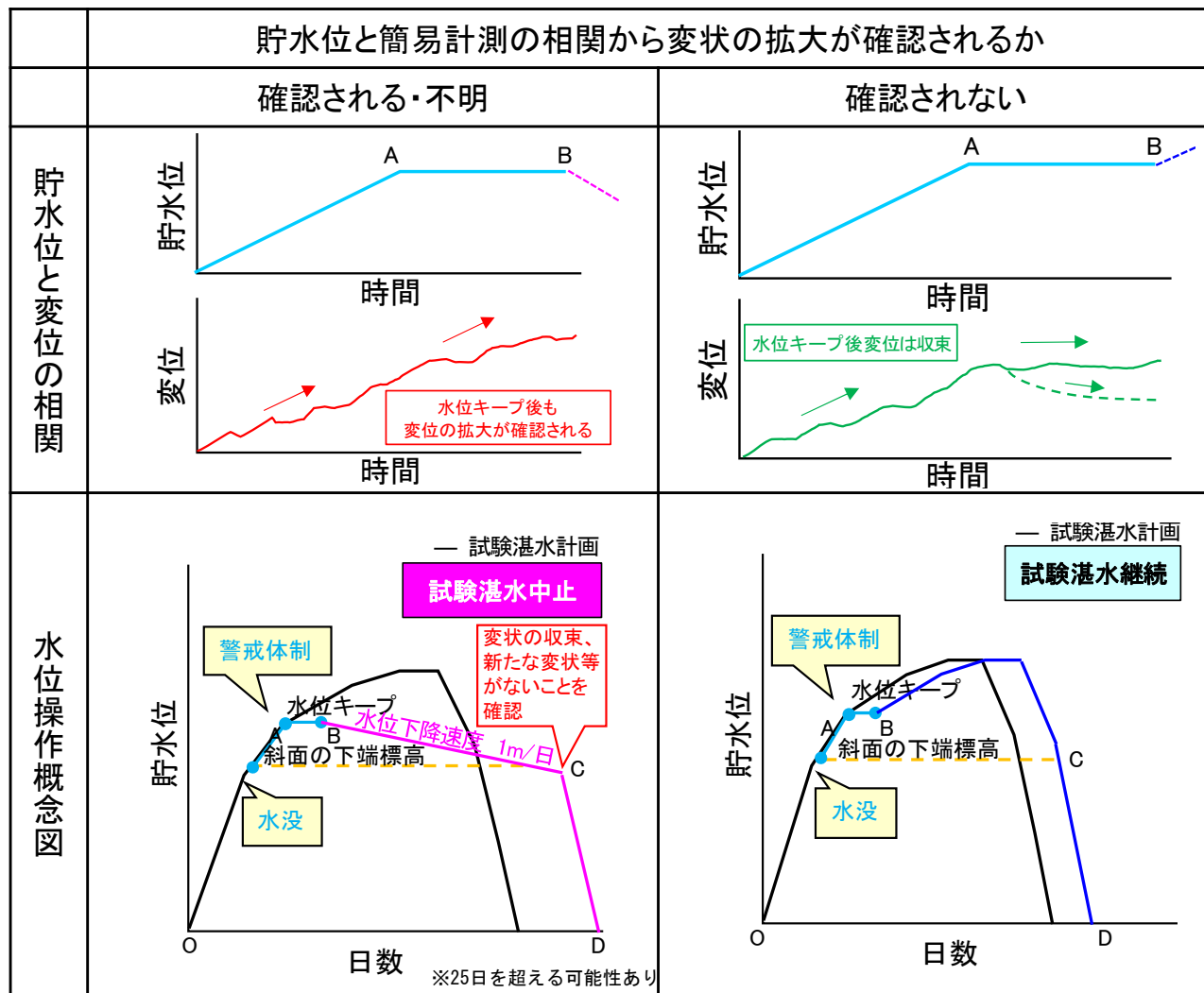
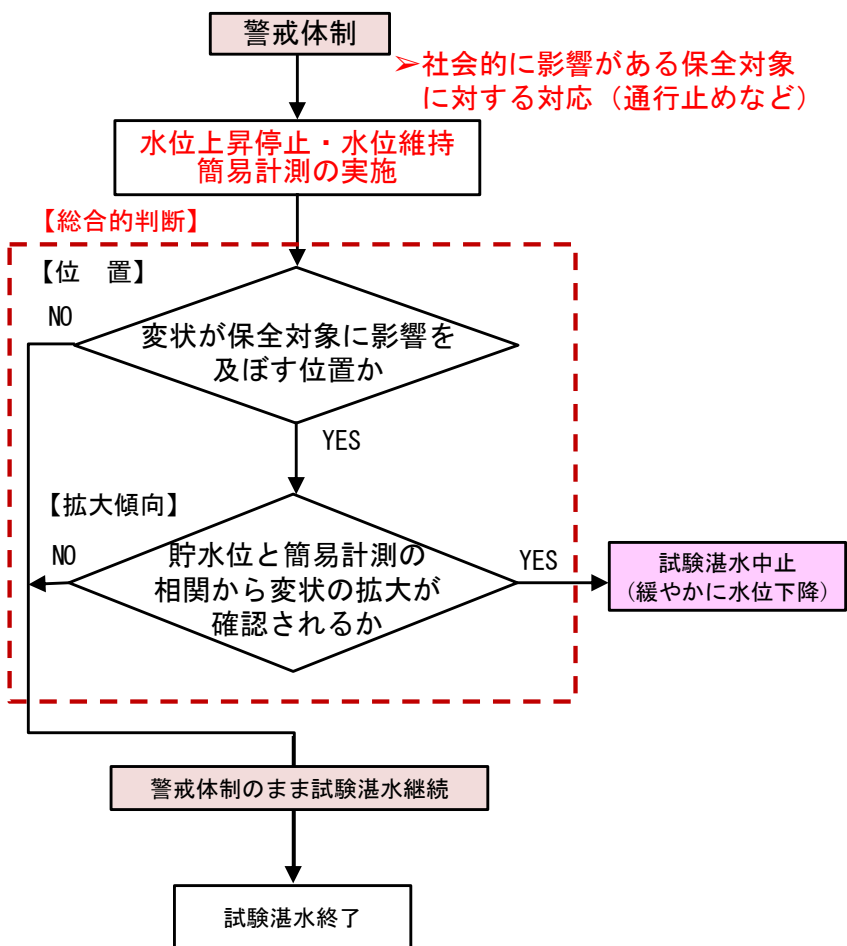
※3 手動計測であるため、誤差を踏まえて±5mmとしている。

※4 累積性の判断は、毎定時の24時間のデータから判断する。

※5 試験湛水中止後も水位低下が完了するまでは警戒体制と同等の頻度で巡視・計測は継続する。

- 警戒体制移行時においては、想定される貯水池周辺地山の範囲外で変状が認められる状況であるため、保全対象への影響を把握するため、水位上昇時・下降時ともに24時間水位キープを行ったうえで、変状の発生位置と拡大傾向を確認し、試験湛水中止を判断する。
- ”変状が保全対象に影響を及ぼす位置か”、”水位キープ時に簡易計測の変位と貯水位に相関が確認されるか”によって試験湛水継続、試験湛水中止の判断を行い、試験湛水中止となった場合は、緩やかに水位下降させることとする。この場合、湛水期間が25日を超えるケースも考えられる。
- 試験湛水中止時の水位下降速度は他ダムの事例を踏まえ1m/日で慎重に下降させる。水位下降時も継続して巡視・計測を行い、斜面の変状が収束したことを確認し、また、その周辺に新たな変状等がないことを確認した上で当初の計画通りの水位速度で下降を行う。

水位操作の選定表および水位操作概念図



- 異常の事象毎にどのような処置を行うか事前に定めておくことで、警戒体制移行後の対応、水位下降を迅速な判断で行える体制を確立した。
- なお、小規模崩壊であっても末端崩壊から拡大する恐れがあるため、これらの事象が生じた場合には、発生メカニズムを確認するものとする。

警戒体制時の対応及び試験湛水中止基準（湛水予定地周辺斜面）

| 対象地区 | SL1 | KL1 | KL2 | SL3(①,②),SL4,SL5,SR3,KR1, KR2,KR3(①,②),KR4(①,②), KR5(①,②) |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 保全対象物 | ダム施設(流木捕捉施設)管理用道路 | 阿蘇長陽大橋、管理用道路 | 村道、管理用道路 | — |
| 保全対象物の重要度 | 大 | 大 | 小 | — |
| 対策工の実施の有無 | ○(全排土) | × | × | × |
| 警戒体制移行時の対応 | 堤体上流左岸側の管理用道路を通行止めとし、SL1周辺の立ち入りを禁止する。 | 阿蘇長陽大橋・村道を通行止めとし、KL1周辺への立ち入りを禁止する。 | 村道を通行止めとし、KL2周辺への立ち入りを禁止する。 | 斜面頭部の民地への立ち入りを禁止する。 |
| 試験湛水中止基準 | 背後斜面の変状が進行し、法面・道路に広域に明瞭な変状が確認され、ダム施設(流木捕捉施設)が破損する可能性のある規模(3万m3以上)の変状が生じると判断した場合 | 背後斜面の変状が進行し、阿蘇長陽大橋P3橋脚や村道に影響が生じると判断した場合 | 背後斜面の変状が進行し、村道に影響が生じると判断した場合 | 背後斜面の変状が進行し、民地に影響が生じると判断した場合 |

警戒体制時の対応及び試験湛水中止基準（湛水予定地に近接するその他斜面）

| | |
|-----------------|---------------------------|
| 対象範囲 | 保全対象が隣接する斜面 |
| 警戒体制移行時の対応 | 管理者への連絡・通行止め等の対応 |
| 試験湛水中止基準 | 変状が進行し、保全対象に影響が生じると判断した場合 |

- 立野ダムでは、計測値異常が発生した場合や、想定している範囲以上に変状が発生した場合には、試験湛水中止に至る可能性が高くなるため、**事前にできる限り、これらのリスクを回避する措置を取る必要がある。**
- 具体的には、漏水の主たる要因となる基礎排水孔、継目排水孔について、試験湛水前に想定される漏水量や水みちの有無を把握し、試験湛水時やその後の要因分析に資する基礎資料とするとともに必要に応じて事前に対策案の検討や対策を行う方針とする。(以下の(1)～(4))

(1) 令和5年出水期の計器観測とSWL時点予測による対策

試験湛水前の令和5年出水期(令和5年6月1日から令和5年9月30日)は、洪水が発生すると本運用と同等の水位上昇が生じる。そのため、立野ダムでは、これらの期間も、試験湛水と同等の計測・監視体制で臨むものとする。取得された漏水量等のデータを元に、SWL時の予測が可能か検討し、状況に応じて対策を行う。

(2) 基礎排水孔事前調査と対策

基礎排水孔削孔時に、基礎排水孔設置位置の地質(割れ目、風化状況等)、グラウチングによる改良状況、透水性状を把握するために、コア採取および透水試験を実施して漏水量の予測が可能か検討し、状況に応じて対策を行う。

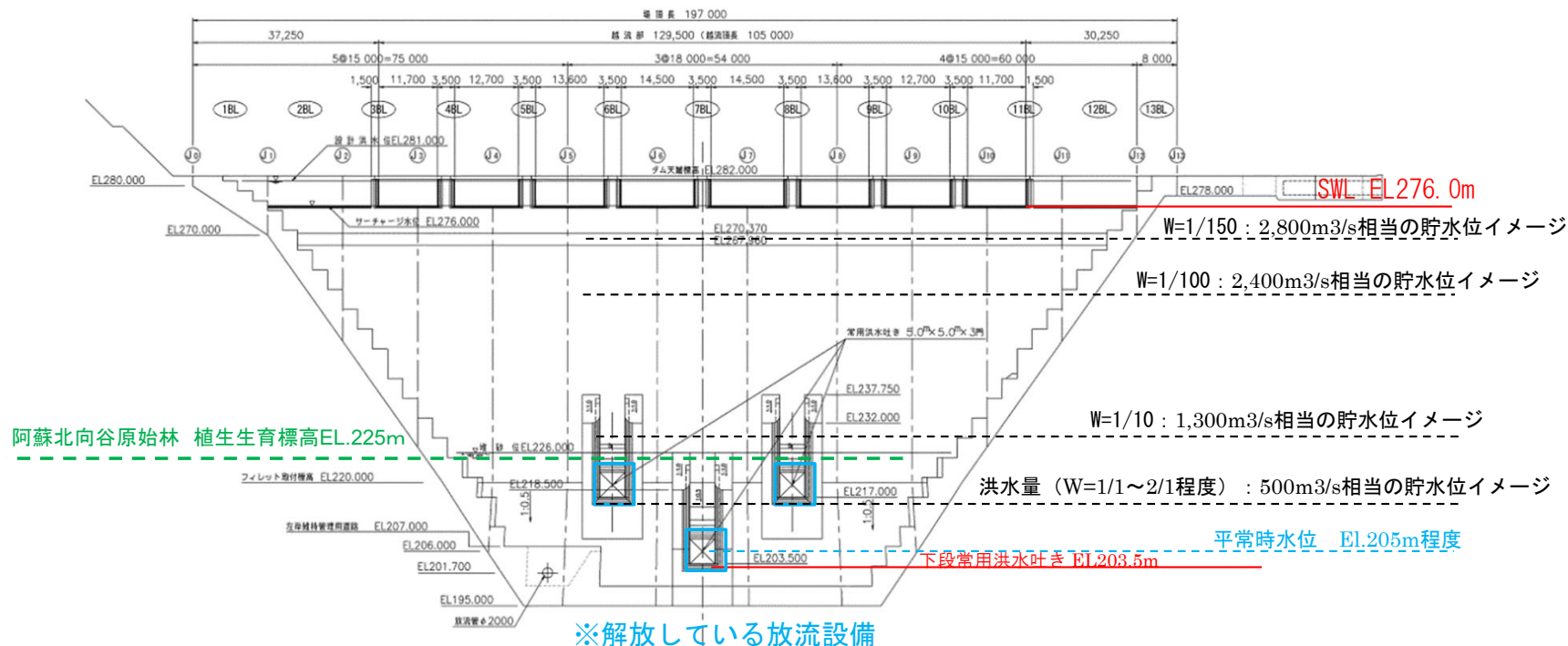
(3) 継目排水孔充水試験と対策

継目排水孔吐き口から堤体横継目内に充水して継目排水孔内の水位を上昇させ、漏水箇所を確認する「継目充水試験」を実施し、必要に応じて止水処理を実施する。

(4) 堤体ひび割れ調査

堤体上下流面、通廊内のクラックマップを作成し、監視対象クラックを選定するとともに、懸念があるひび割れは、事前に補修を行う。

- 令和5年出水期(令和5年6月1日～令和5年9月30日)は本体関連工事中であるが、堤外仮排水路をコンクリートで閉塞した状態で迎えるため、洪水が発生すると本運用と同等の湛水を行うこととなる。
- この期間は、常用洪水吐3門は開放した状態とし、計測・監視体制は試験湛水同等の体制で臨む。



令和5年出水期の放流設備の状況と水位変動範囲

各期間の湛水期別と放流設備の状況

| | 令和5年 | | | | | | | | | | | | 令和6年 | | |
|-------------------------|----------|------|---|---|---|----|---|---|---|----|----|----|------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 |
| 堤外仮排水路閉塞 | 二次 転流 | 坑内作業 | | | | 閉塞 | | | | | | | | | |
| 堤内仮排水路 (下段常用洪水吐兼用)閉塞 | | | | | | | | | | | 閉塞 | | | | |
| 常用洪水吐3門 閉塞 | | | | | | | | | | | 閉塞 | | | | |
| 水位低下放流設備1門 全開 | | 全開 | | | | | | | | | | | | | |
| 水位低下放流設備1門 調節 | | | | | | | | | | | 調節 | | | | |
| 水位低下放流設備1門 閉塞 | | | | | | | | | | | | 閉塞 | | | |

試験湛水

- 令和5年出水期中の洪水により貯水位が上昇し、堤体・基礎地盤や貯水池周辺地山に予期せぬ異常が発生した場合にも、それらを察知し、即座に関係機関に情報共有できるように計測する必要がある。
- また、令和5年11月から予定している試験湛水に万全の体制で臨むためにも、各計測データや事前調査結果を活用することで、必要に応じて補修、対策等を実施する計画としており、それらを踏まえ、以下のとおり試験湛水と同等の体制で臨むものとする。

計測 : 堤体・基礎地盤、貯水池周辺地山の計測頻度は、試験湛水時同等の1回/時間の自動計測体制を構築する。
 巡視・点検 : 平常時～小雨(水位変動小)は、管理第1期相当の1回/日、洪水時(警戒体制時)は、試験湛水時同等の2回/日とする。
 報告 : 平常時～小雨(水位変動小)は、1回/週報告、洪水時(警戒体制時)は、毎日報告とする。

令和5年出水期の計測・巡視・報告頻度の考え方

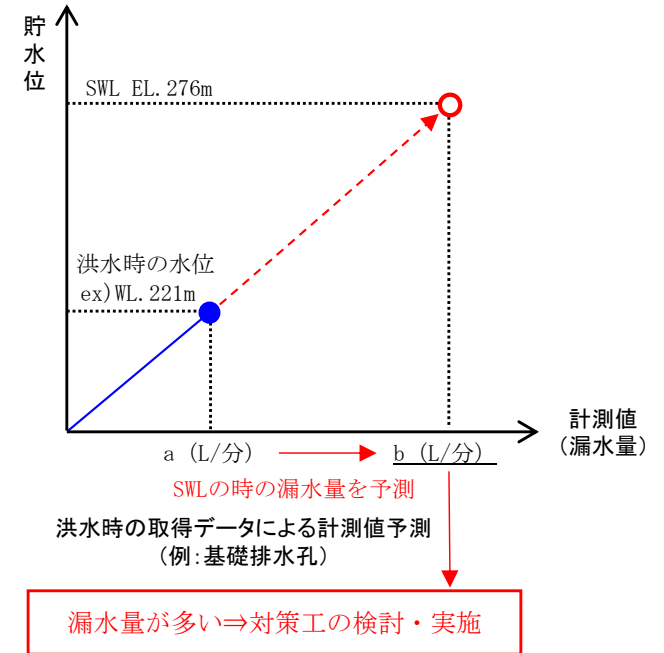
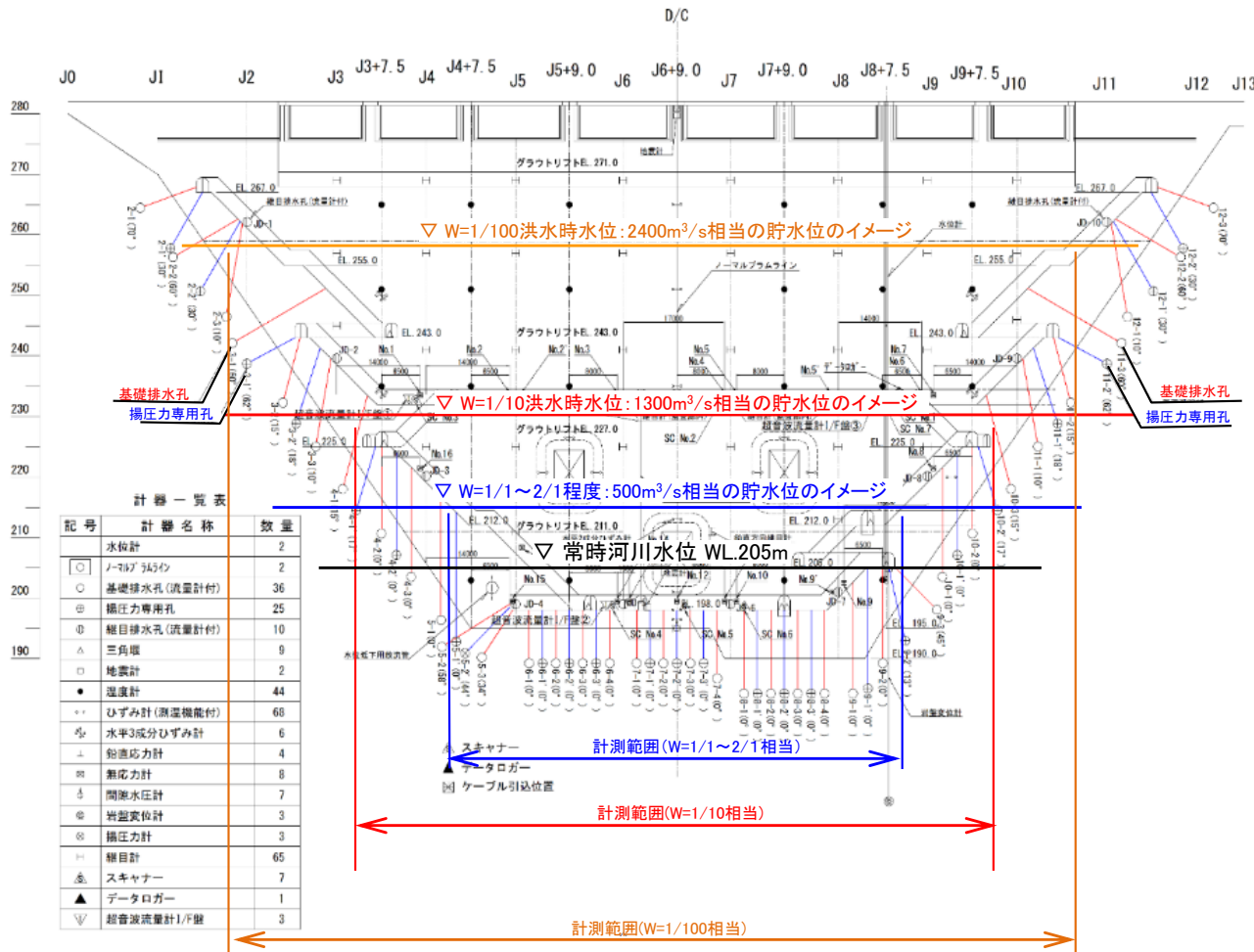
| 湛水計画 | | 令和5年出水期 | | | 試験湛水(非出水期) | 本運用 | (参考) |
|-----------|-------------------|-------------------|----------------|-------------------|------------------|-------|-------|
| 管理区分 | | 管理第1期 | | | | 管理第2期 | 管理第1期 |
| 貯水位 状況 | | 平常時～小雨 (水位変動小) | 洪水時 (警戒体制時) | 平常時～小雨 (水位変動小) | 一般的なダムよりも水位変動が速い | | |
| 計測 | 漏水量 | 1回/時間 | 1回/時間 | 1回/時間 | 1回/時間 | 1回/週 | 1回/日 |
| | 変形 | 1回/時間 | 1回/時間 | 1回/時間 | 1回/時間 | 1回/月 | 1回/週 |
| | 揚圧力 | 1回/時間 | 1回/時間 | 1回/時間 | 1回/時間 | 1回/月 | 1回/週 |
| | 基礎地盤 (地下水位,水質) | 1回/時間 | 1回/時間 | 1回/時間 | 1回/時間 | — | — |
| | 地すべり (傾斜計) | 1回/時間 | 1回/時間 | 1回/時間 | 1回/時間 | 1回/週 | 1回/週 |
| 巡視 | 堤体内外 | 1回/日 | 2回/日 | 1回/日 | 2回/日 | 1回/週 | 1回/日 |
| | 湛水地 | 1回/日 | 2回/日 | 1回/日 | 2回/日 | 1回/週 | 1回/日 |
| 報告 | | 1回/週 | 1回/日 | 1回/週 | 1回/日 | — | 1回/週 |

注)ダム管理の期間区分

第1期:試験湛水開始から満水以後2ヵ月以上を経過するまでの期間

第2期:第1期経過後、貯水位等の変化に計測値が正しく追随し、その値が妥当と判断されることにより、ダムの挙動が安定したと確認できるまでの期間

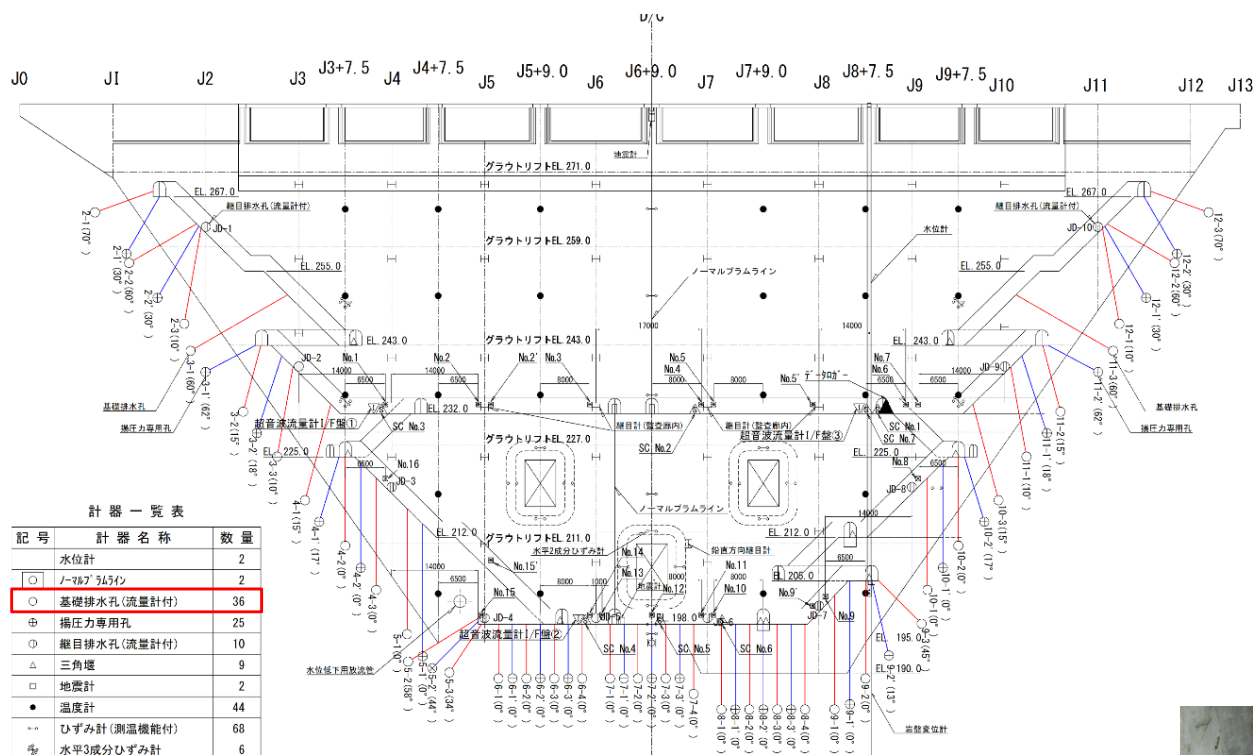
➤ 令和5年出水期には、試験湛水時と同様の計測・監視体制をとることから、水位上昇時には河床部の計器を中心に計測データ(基礎排水, 揚圧力, 継目排水)が取得可能となる。これにより、試験湛水時のSWLにおける計測値の予測を検討するとともに、状況に応じて対応策の検討や対策工を実施する方針とする。



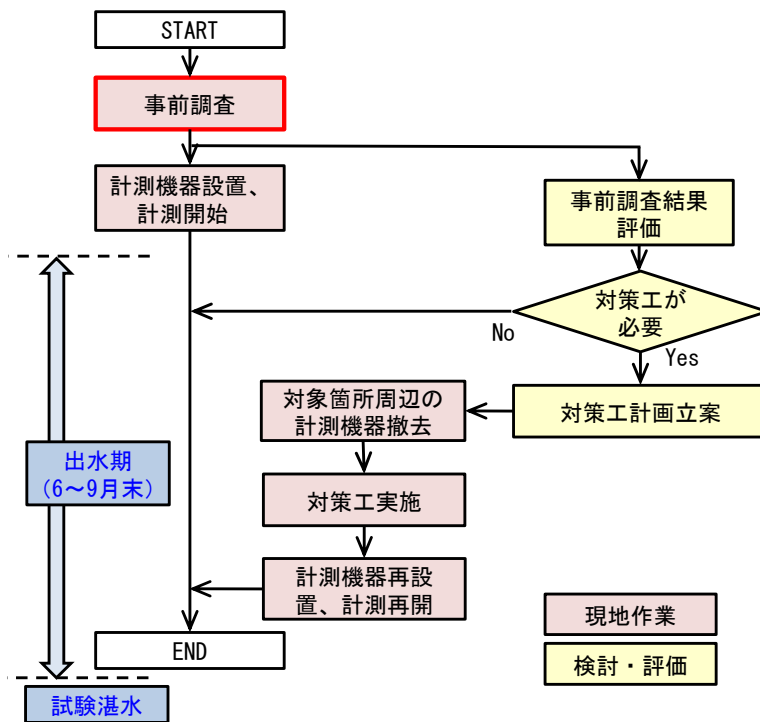
- 出水期の水位上昇時に得られる計測値からSWLでの計測値を予測
 - 予測値が管理基準等を超過すると想定される場合は、必要に応じて以下の検討を実施する
- ① 線形関係を逸脱しないことを条件に管理基準値の再設定
 - ② 計測箇所のカメラ監視など試験湛水時の監視体制の充実
 - ③ 掘削面スケッチ、グラウチング施工実績の他、事前調査(基礎排水孔のコア・孔壁状況、透水性など)の情報より、透水経路を推定
 - ④ 透水経路に対する追加グラウチングの配置計画検討
 - ⑤ 対策工の事前施工および施工結果の整理・評価

洪水時の取得データによる試験湛水時の計測値予測と対応のイメージ(例:基礎排水孔)

- ▶ 試験湛水時の漏水量増大や濁り発生等の可能性に備えて、基礎排水孔設置時に、湛水前の基底値を把握する。
- ▶ 基礎排水孔の設置に際し、事前に地質調査(割れ目、風化状況等)及び透水試験を実施して透水性状を把握するとともに、必要に応じて対策工(追加グラウチング等)の計画を検討する。
- ▶ 特に、透水試験により基礎排水孔周辺の透水性状が把握できるため、令和5年出水期の水位上昇では経験しない可能性がある中位～高位標高部の基礎排水孔の評価に資する情報を取得したい。
- ▶ 事前調査結果より漏水対策が必要と判断される孔が発生した場合には、対策工(追加グラウチング等)の計画を検討・立案するとともに、試験湛水開始前までに対策工を実施する。



基礎排水孔配置図(赤線の孔が基礎排水孔(全36孔)=事前調査対象)



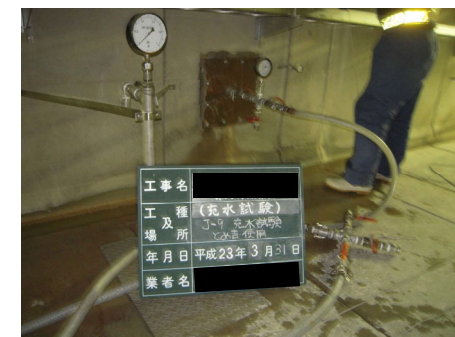
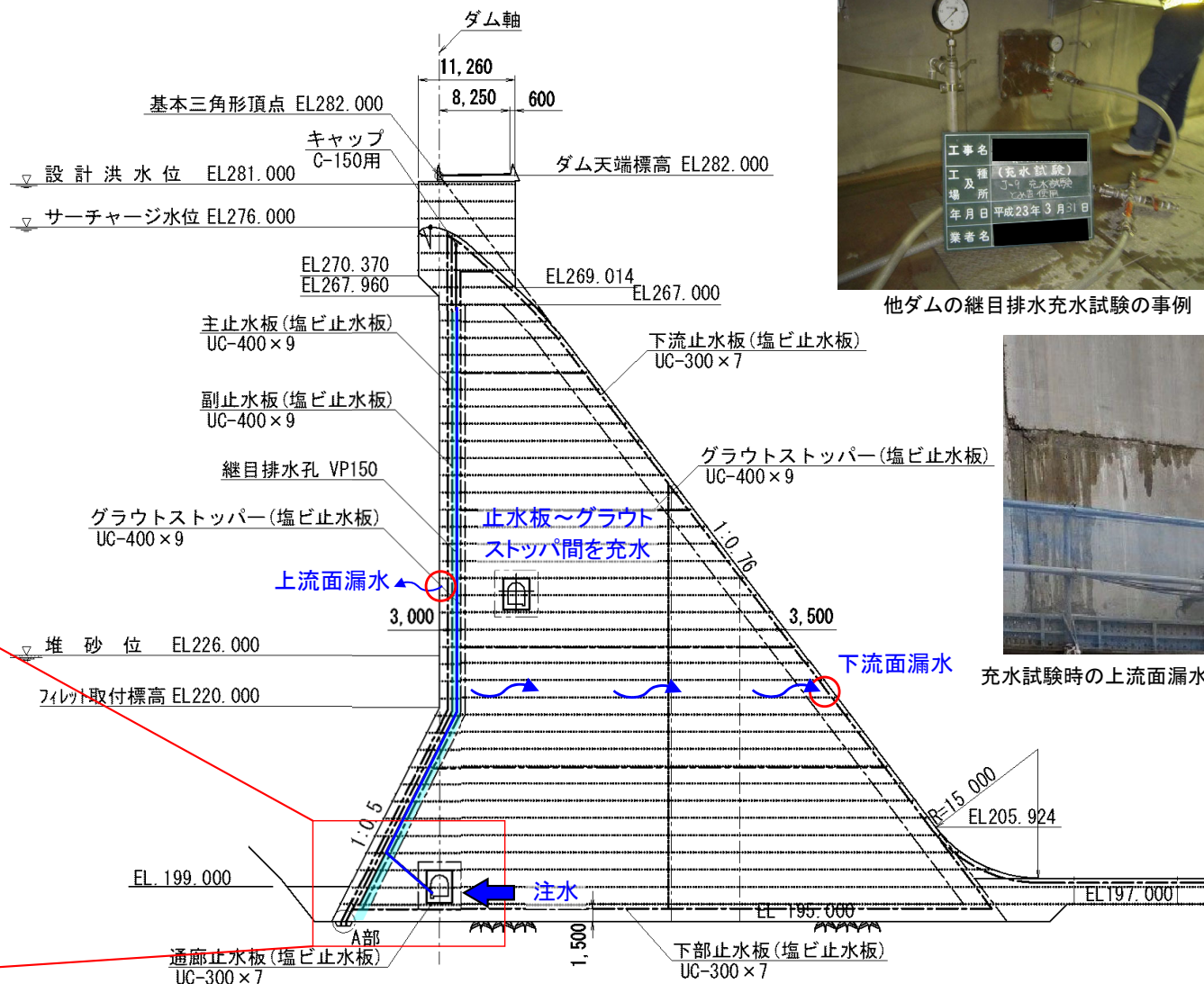
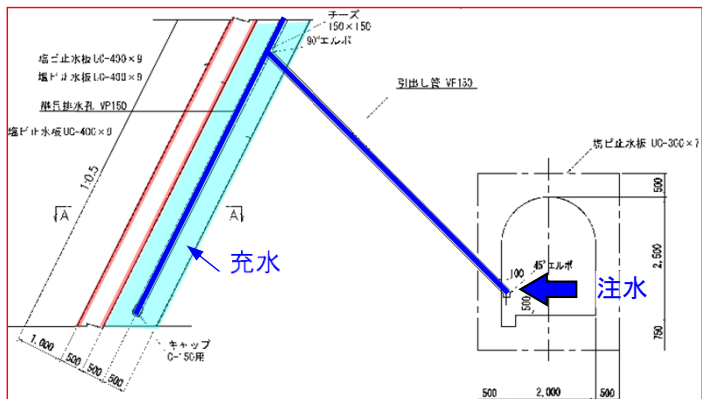
基礎排水孔の事前調査～計器設置までの実施フロー



写真 他ダムにおける基礎排水孔削孔時の調査状況および基礎排水孔

- ▶ 湛水時の堤体コンクリート内の水みちを把握するため、継目排水孔吐き口から堤体横継目内に充水して継目排水孔内の水位を上昇させ、漏水箇所を確認する「継目充水試験」を実施する。
- ▶ 継目充水試験では、貯水位がサーチャージ水位付近まで上昇した状態を模擬的に再現し、湛水時における継目排水孔からの漏水の「入り口」を特定できるため、漏水確認箇所(打ち継ぎ等)で止水処理を事前に実施することにより、試験湛水時の継目漏水を軽減することが可能となる。

- ① 継目排水孔吐口にマニホールドを設置し、注入ポンプを設置する。
- ② 水押し注入して、横継目内に充水し、横継目内水位を上昇させる。
- ③ 最大注水圧力は、ジョイントグラウティング対象標高(EL.267mグラウトストップ設置標高)相当とし、最高値を記録する。(注入圧力の最高値＝横継目内の上昇水位)
- ④ 注水にトレーサ(バスクリン、洗剤等)を投入し、漏水箇所を確認する。
- ⑤ 上下流面等の流出箇所(打ち継ぎ等)が確認された箇所は、止水処理を実施し、試験湛水前に手当てしておく。
 - ・コーキング処理
 - ・注入処理



他ダムの継目排水充水試験の事例



充水試験時の上流面漏水事例

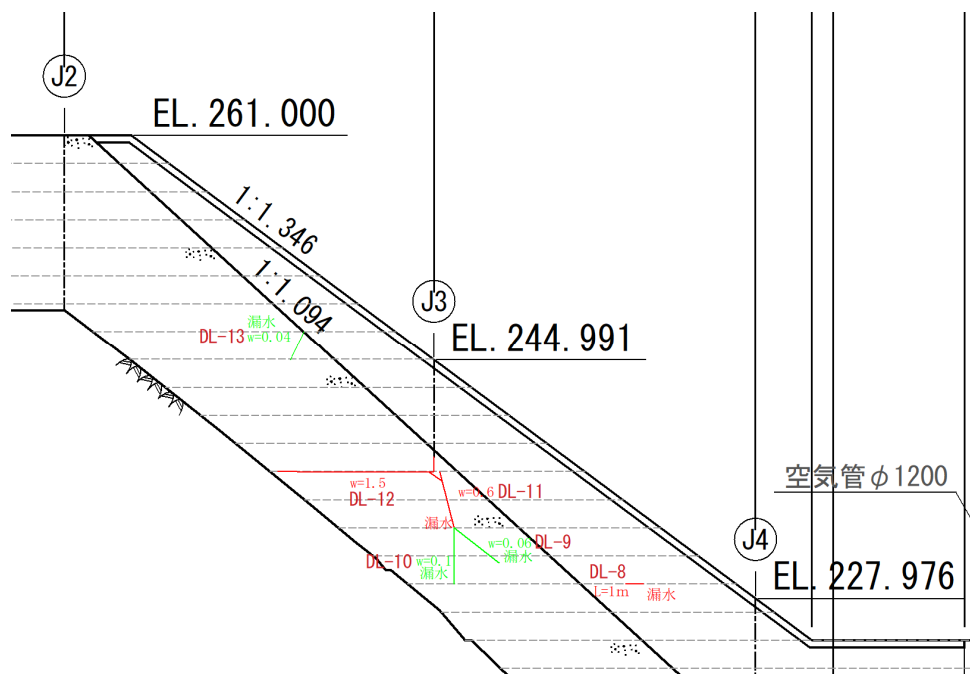
継目充水試験イメージ図

- ▶ 試験湛水に先立ち、堤体上下流面、通廊内のクラックマップを作成し、監視対象クラックを選定する。
- ▶ 規模が大きい、湧水が確認されたひび割れ等については、事前に止水処理を行うことで、試験湛水時の全漏水を軽減することが可能となる。

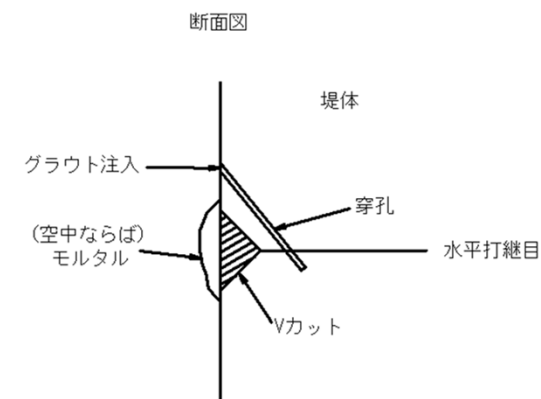
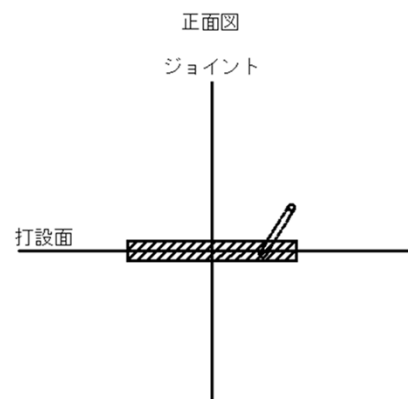
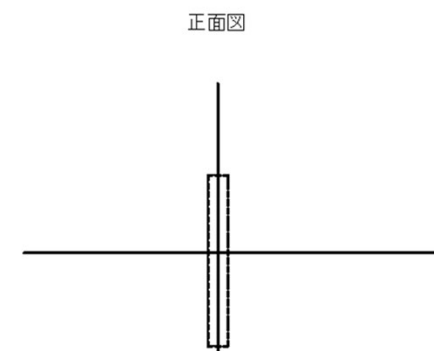
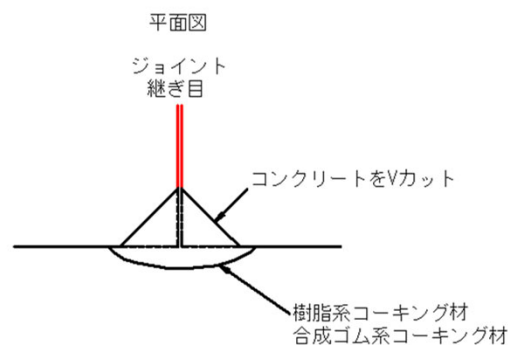
【クラックマップ作成方法】

- ゴンドラによる直接計測
- ひび割れ計測システム(KUMONOS)(検討中)
- ドローン撮影、3Dスキャナ(点群データ)(検討中)

- ・確認したクラックは目視による漏水、湧水観察、クラックスケールによるクラックの開きを監視する。手が届く位置に発生したクラックは、マーキングして長さや幅を継続計測する基礎資料とする。
- ・クラックマップ作成時にリフト打設記録を確認し、長期放置リフト等を記録する。
- ・ジョイント部は監査廊内において、開き量をノギスで計測し、予め監視箇所を設定しておく。(上流側・下流側・高さ等)



ひび割れマップの例



補修工のイメージ

環境モニタリング調査の概要

立野ダムにおける前提条件 (阿蘇北向谷原始林の存在)

- 立野ダムの対象事業実施区域内に国の天然記念物である「阿蘇北向谷原始林」が存在する。
- 試験湛水等により阿蘇北向谷原始林のうち4%程度(標高276m以下の主な群落に係る範囲)が一時的に冠水することから、植生等への影響が想定される。

事業による環境影響検討

- 事業による環境影響等について「立野ダム環境保全検討委員会」を設立し学識経験者も含めた討議(全24回)を行った。

モニタリング調査計画の立案 試験湛水前後の調査実施

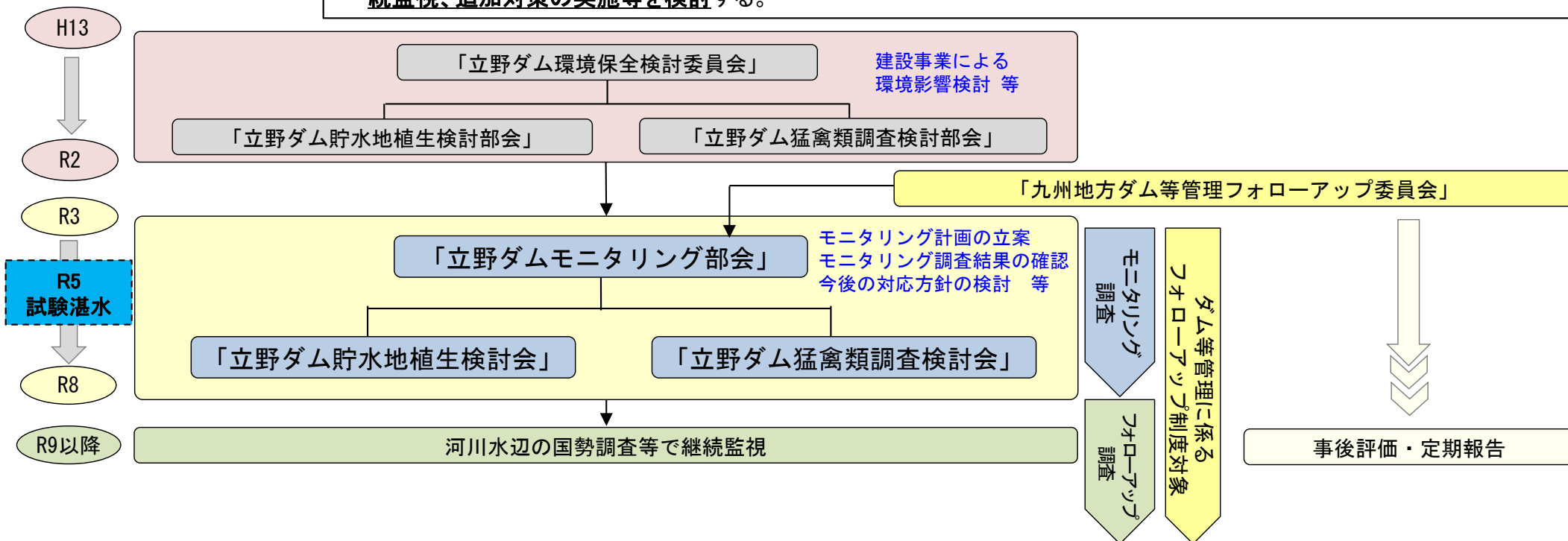
- ダム等の管理に係るフォローアップ制度に基づき、「九州地方ダム等管理フォローアップ委員会 立野ダムモニタリング部会」(以後、「立野ダムモニタリング部会」)を令和3年7月に設立した。
- 立野ダムモニタリング部会において、試験湛水前後の環境変化を把握するためのモニタリング調査計画を立案した。
- **モニタリング調査は試験湛水前から開始し、試験湛水後に同様の調査を実施することで環境変化を把握する。**

立野ダム特有の モニタリング 調査内容の拡充

- 阿蘇北向谷原始林の環境変化を正確かつ詳細に把握することを目的に、**一般的な試験湛水前後のモニタリング調査(植生図・コドラート調査等による概況把握調査)に加え、新技術も活用した詳細かつ高頻度な調査を追加実施する。**
⇒ 毎木調査(阿蘇北向谷原始林周辺の樹木活力度の変化把握)やドローン撮影・NDVI調査(広域的な植生活性度調査)

試験湛水後の対応 フォローアップ調査への移行

- 「立野ダムモニタリング部会」において、モニタリング調査結果の確認、モニタリング調査計画の見直し等を行う。
- **モニタリング期間終了(R8予定)後においても、必要に応じて、モニタリング調査の継続や「河川水辺の国勢調査」等による継続監視、追加対策の実施等を検討する。**



モニタリング調査計画の概要

- 一般的な試験湛水前後のモニタリング調査に加え、特に阿蘇北向谷原始林の環境変化を正確かつ詳細に把握するための調査(毎木調査・ドローン撮影・NDVI調査)を追加実施する計画とした。
- モニタリング調査は令和8年度まで継続予定であり、令和8年度までの状況を勘案し、令和9年度以降の調査計画(水国調査等)についても立野ダムモニタリング部会において検討する。

| 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 | | | | | | | △ | | | | △ | | | | △ | | | | △ | | | | △ | |
| 生物(動物・植物・生態系) | 環境保全措置の効果検証 | 動物 | コキク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) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 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 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | | | ベルトトランセクト調査 | 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 | | | | | | | | ● | | | | ● | | | | ○ | | | | ● | | | | ● | |
| 生態系典型性(陸域) | 定點写真撮影、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 | | | | | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | |
| 生態系典型性(河川域) | 植生調査 | 定點写真撮影 | | | | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | |
| | | 植生調査 | | | | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | |
| | 動植物調査 | 植生図作成調査、群落組成調査 | | | | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | |
| | | 植物調査 | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | |
| | | 陸域鳥類調査 | | | ● | ● | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | |
| 両生類調査 | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | |
| 魚類調査 | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | |
| 底生動物調査 | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | |
| 河床材料調査 | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | | |

(R8までの状況を勘案し)

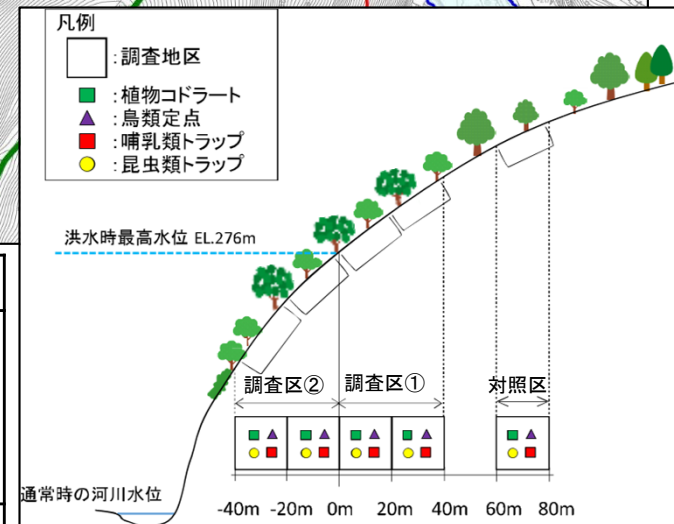
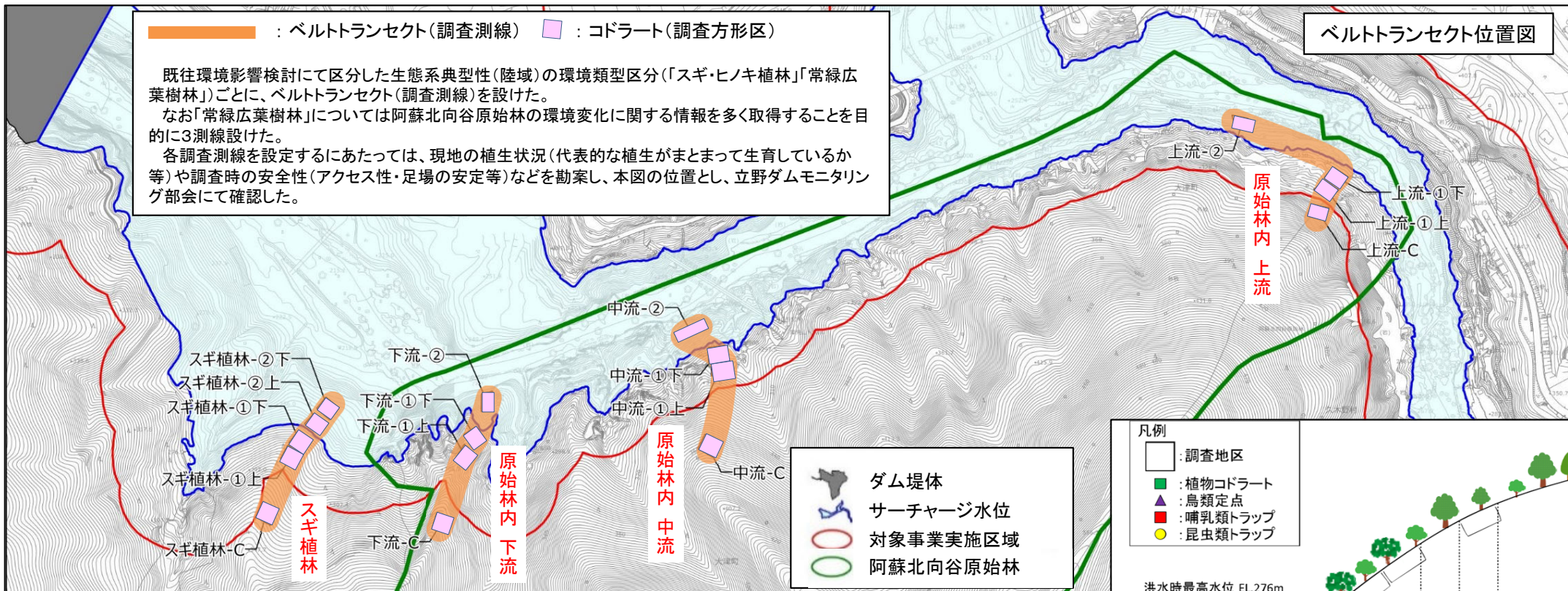
河川水辺の国勢調査等にて継続監視
モニタリング調査の継続

 : 阿蘇北向谷原始林に関する調査
 ● : 調査実施、○ : 猛禽類(クマタカ)の繁殖状況を踏まえ実施可能な場合に実施、△ : 必要に応じて調査実施

オレンジ字: 阿蘇北向谷原始林の状況把握のため追加した調査項目

阿蘇北向谷原始林の環境モニタリング調査(植生)

- ▶ 試験湛水による阿蘇北向谷原始林の環境変化を正確かつ詳細に把握することを目的に、試験湛水で冠水する箇所から冠水しない箇所までの範囲においてベルトランセクト(調査測線)を設け標高別に調査区を設定し継続監視を行う。
- ▶ ベルトランセクト(調査測線)内に標高別に設置する各調査区(コドラート)は、洪水時最高水位より下方の「調査区②」、洪水時最高水位より上方の「調査区①」、調査区①より上方で洪水時最高水位より50m以上離れた位置に「対照区」として配置する。
- ▶ 各コドラート内において群落組成調査等を実施する。加えて、コドラート及びその周辺において毎木調査を実施する。



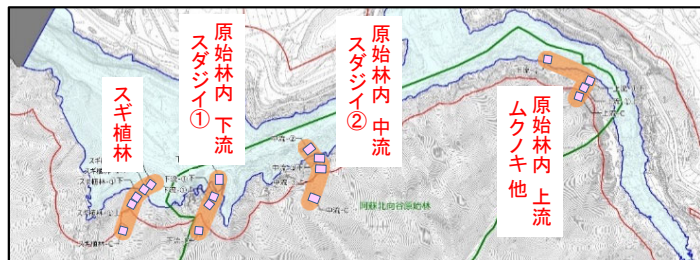
| 主な調査 | 調査方法の概要 |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 群落組成調査 | サーチャージ水位付近から斜面上下方向に、現地の樹高を考慮して、20m×20mの調査区(コドラート)を設定し、コドラート内において植生調査を実施する。 さらに、上記コドラート内に2m×2mのコドラートを2箇所(高標高部と低標高部)設け、草本層の変化を把握する。草本層の植被率については詳細な情報(%表記可能なレベル)を取得する。あわせて、各コドラートの日照条件等についても記録する。 |
| 毎木調査 | コドラート内に生育している樹高1m以上の樹木を対象に、樹種、樹高、胸高直径、虫食状態、萌芽状態、活力度、位置等を把握し、冠水に伴う植生変化を把握する。 コドラート内だけではなく、洪水調節地内のコドラート間に生育する樹木の一部についても記録対象とする。 |

ベルトランセクトによる各調査のイメージ
(モニタリング調査計画から抜粋)

環境モニタリング調査(毎木調査)

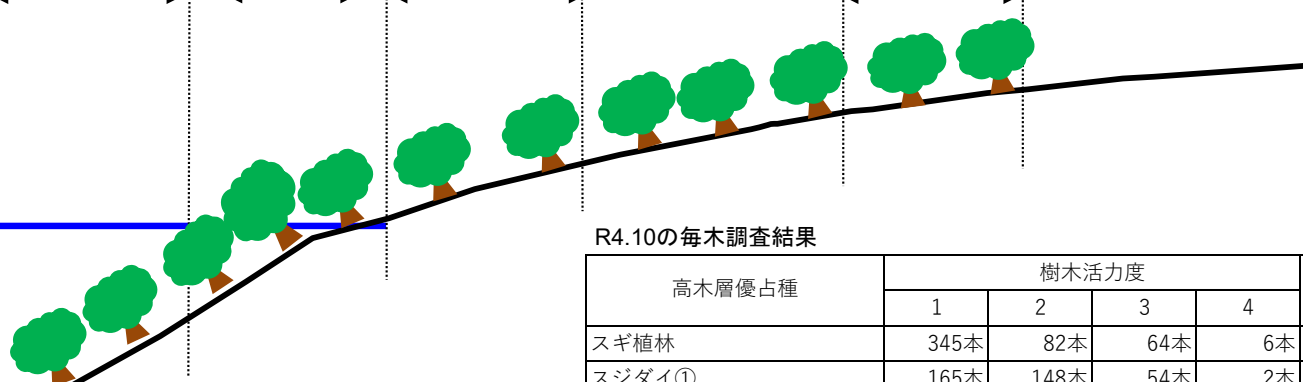
- 一般的なモニタリング調査では事業実施に伴う植生変化を植生図等で概況把握する機会が多いが、立野ダムでは湛水前後の毎木(1本毎)のデータを取得することで、湛水による環境変化を詳細に把握する。
- 前述のベルトトランセクトとスギ植林(阿蘇北向谷原始林外)の冠水する箇所と冠水しない箇所において、樹高1m以上の樹木を対象に毎木調査を実施する。
- 毎木調査では、1本毎に樹種、樹高、胸高直径、虫食状態、萌芽状態、活力度、位置等を記録し、冠水前後の変化を確認する。
- 令和4年度時点で総計1,629本のデータを取得した。樹木活力度は「活力度1:旺盛な生育状態」が大半であった。
- 今後、令和4年度に調査した樹木を継続的に確認し、活力度の変化などから試験湛水による影響を把握する。

| | | | | | | | |
|---------------|----|------|--------|------|--|------|------------------|
| スギ植林 | | 190本 | | 176本 | | 131本 | 計 497本 |
| スタジイ① | 下流 | 39本 | | 245本 | | 85本 | 計 369本 |
| スタジイ② | 中流 | 86本 | | 247本 | | 101本 | 計 434本 |
| ムクノキ、エノキ、ケヤキ | 上流 | 91本 | | 63本 | | 46本 | 計 200本 |
| (コドラート外)※補足調査 | | | (129本) | | | | 計 129本 |
| 計 | | 406本 | (129本) | 731本 | | 363本 | 総計 1,629本 |



SWL EL.276m

調査区② コドラート外 調査区① 対照区



毎木調査の実施状況



R4.10の毎木調査結果

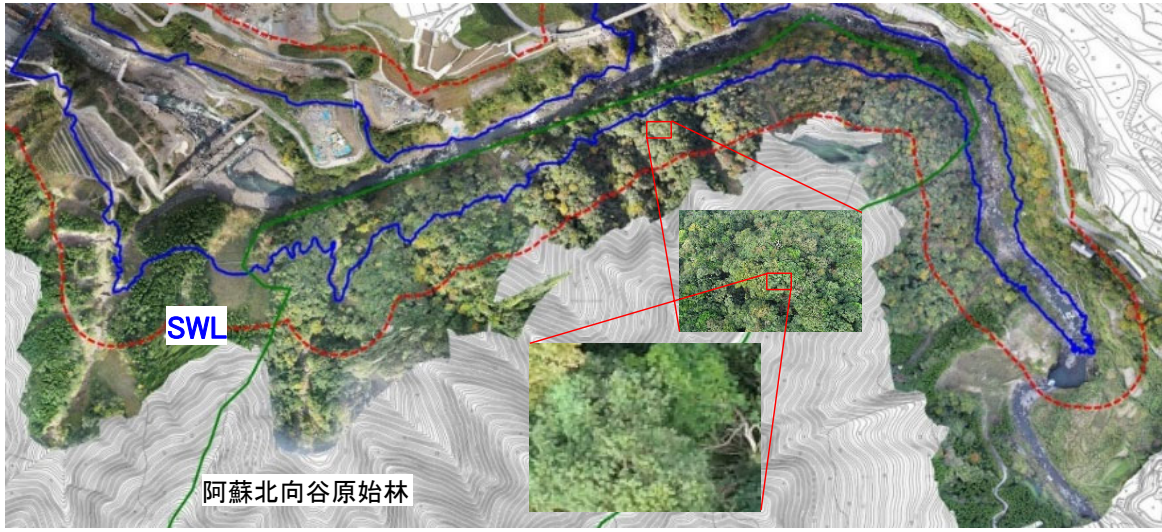
| 高木層優占種 | 樹木活力度 | | | | 総計 |
|--------------|-------|------|------|-----|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| スギ植林 | 345本 | 82本 | 64本 | 6本 | 497本 |
| スジダイ① | 165本 | 148本 | 54本 | 2本 | 369本 |
| スジダイ② | 413本 | 13本 | 5本 | 3本 | 434本 |
| ムクノキ、エノキ、ケヤキ | 189本 | 8本 | 3本 | | 200本 |
| コドラート外 | 82本 | 36本 | 10本 | 1本 | 129本 |
| 合計 | 1194本 | 287本 | 136本 | 12本 | 1629本 |

※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。

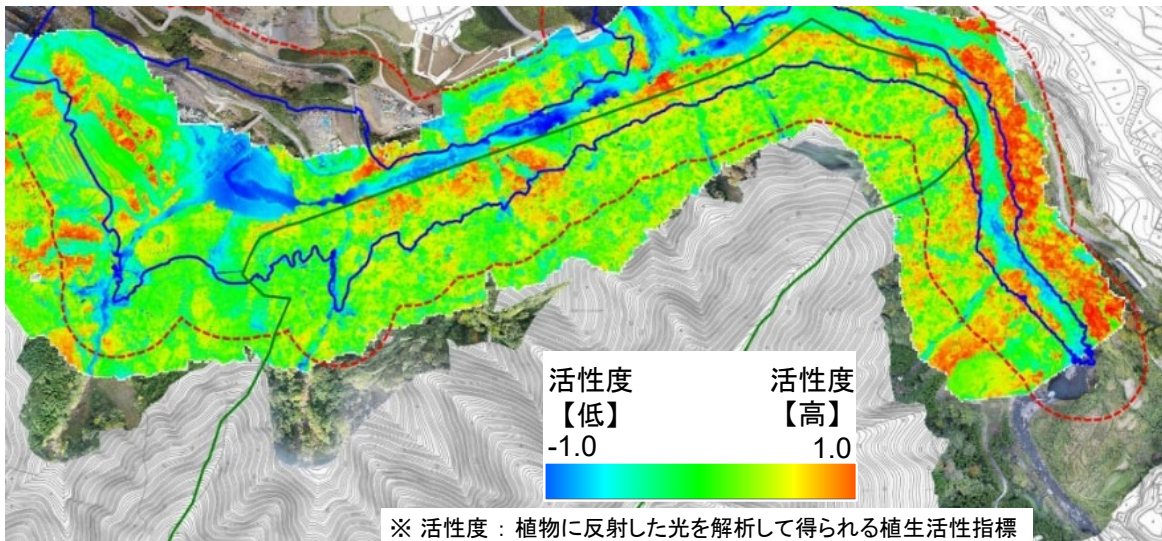
通常時の河川の水位

環境モニタリング調査(ドローン撮影・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、広域的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する。
- ▶ 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い、試験湛水による環境影響把握と知見の蓄積に努める。
- ▶ 今後の同様事例に活用可能な新たな技術開発のため、毎木調査により取得できた「活力度」の結果と、NDVI調査による「活性度」の結果を比較検証することで、NDVI調査のみで冠水による樹木への影響が評価できないか検討を行う。



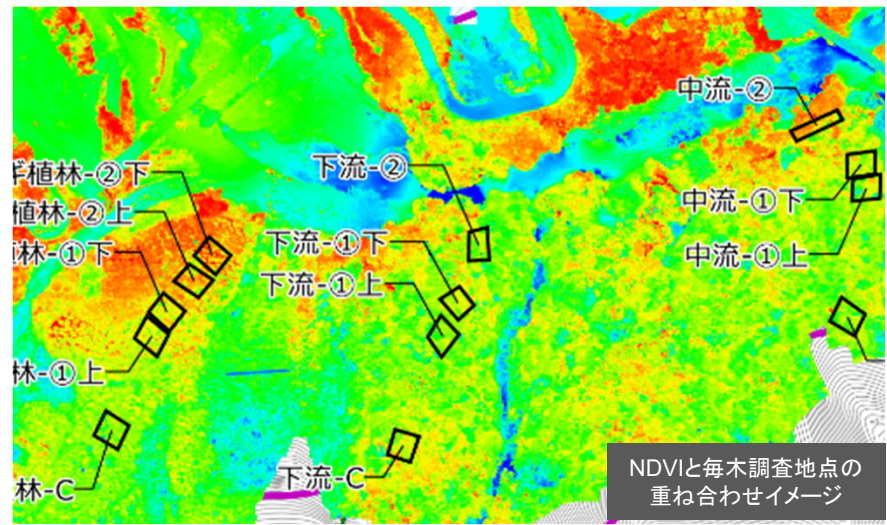
ドローン撮影:オルソ画像(令和4年10月24日撮影)



※ 活性度：植物に反射した光を解析して得られる植生活性指標
NDVI調査:マルチスペクトル画像(令和4年10月24日撮影)

■ 同様事例への活用可能性検討

| | 毎木調査 | NDVI調査 |
|-------------------|-------------------------------|---------------------|
| 取得できる情報 (取得方法) | 「活力度」 (現地で目視) | 「活性度」 (画像から解析) |
| 情報の精度 | 中～高 | 低(～中) |
| 調査の難易度 | 一定の情報(本数・季別)を取得するためには多くの人員が必要 | ドローン撮影等で広域的な情報取得が容易 |



NDVIと毎木調査地点の重ね合わせイメージ

立野ダムにおける試験湛水計画について

■試験湛水の開始日

1. 10月～4月の湛水シミュレーションを実施し、開始日が10/16～11/6の間は、湛水所要日数が短く、大きな違いがないことを確認した。そのうえで、工事工程や、植物の活性が低い時期の方が冠水による影響が小さいと考えられることを踏まえ、「11月1日開始」とする。

■試験湛水開始後の中断基準

1. 阿蘇北向谷原始林への影響について、湛水区域が阿蘇北向谷原始林のうち4%程度(標高276m以下の主な群落に係る範囲)であり、その影響はわずかである。長期的な観点で見ると、影響を受けた植生は同様な植生に回復すると考えられる。また、「立野ダム建設事業における環境保全への取り組み」時に想定していた湛水期間94日間に対して、本計画にて試験湛水を短縮することにより、樹木の生育の維持への影響を相当程度低減できると想定している。
2. 既往事例では、湛水日数が26日を超過すると半数程度以上の樹木が衰退・枯死していると考えられる。このため、湛水区域の植生環境をできるだけ保持するという観点から、阿蘇北向谷原始林植生生育標高El.225m以上の湛水日数が25日を超過することが懸念される場合には試験湛水を中断する。
3. 中断後は、それまでに取得した計測データや記録、阿蘇北向谷原始林のモニタリング調査結果等を整理し、総合的に判断したうえで再開の手順について検討する。中断期間は、試験湛水ゲートを撤去し、常用洪水吐を解放することで、貯水位上昇を抑えるものとする。
4. 阿蘇北向谷原始林植生生育標高El.225m以上の湛水開始後、21日目時点でSWLに達していない場合に試験湛水中断を判断することとするが、中断した場合には、再度試験湛水を実施する可能性が生じることで、阿蘇北向谷原始林へのさらなる負荷が想定されることから、SWL到達まであとわずかであるなど、湛水所要日数が大幅に超過することが想定されない場合は、この限りではない。

■堤体・基礎地盤、貯水池周辺地山の監視・危機管理体制

1. 立野ダムでは、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湛水日数をできる限り短くする観点から、貯水位を長期間維持して状況を確認できないため、試験湛水を中止し水位下降する条件や管理基準値を明確化し、そのときの貯水位操作の考え方をあらかじめ定めておく。
2. 立野ダムでは、水位変動速度が速いため、ゲート操作までに計測値が増加しないよう、一般的に管理基準値がある計測項目は、一般的な基準値よりも安全側に設定する。
3. 堤体・基礎地盤における計測異常値の発生リスクを低減するため、事前にできる調査解析を実施し、試験湛水前に対応を講じる。
4. 貯水池周辺地山において、近隣に保全対象がある地区では、リスクに対する対応をあらかじめ定めておく。

■阿蘇北向谷原始林への湛水による影響を評価するためのモニタリング調査

1. 一般的な試験湛水前後のモニタリング調査に加え、阿蘇北向谷原始林の環境変化を正確かつ詳細に把握できるよう、ベルトトランセクト内にコドラートを設定することで、群落組成調査及び1,600本以上の樹木を対象とした湛水前後の毎木調査を実施する。
2. 急峻で立ち入りが難しい阿蘇北向谷原始林でのモニタリング調査を補足するため、全体を調査できるドローン撮影やNDVI調査を実施する。
3. 今後の同様事例に活用可能な新たな技術開発のため、毎木調査により取得できた「活力度」の結果と、NDVI調査による「活性度」の結果を比較検証することで、NDVI調査のみで冠水による樹木への影響が評価できないか検討を行う。
4. モニタリング調査結果を立野ダムモニタリング部会において審議し、植生の変化など長期的なモニタリングが必要な項目は、継続調査を行う。