

第2回 尾原ダム湧水対策検討委員会

委員会資料

平成23年7月22日

国土交通省中国地方整備局
出雲河川事務所 尾原ダム管理支所

第2回 尾原ダム湧水対策検討委員会 委員会資料

目 次

- 1 尾原ダム左岸下流地山湧水の経緯と現状
- 2 湧水量、水温および水質等の計測結果
 - 2.1 貯水位と湧水量の経時変化
 - 2.2 貯水位と地下水位の経時変化
 - 2.3 湧水温、調査孔内水温の経時変化
 - 2.4 水質の経時変化
 - 2.5 水質分析結果
- 3 左岸BL7下流地山湧水要因調査
 - 3.1 左岸 BL7 下流地山湧水要因調査の概要
 - 3.1.1 仮説 3 : BL7 F-1 断層からの経路
 - 3.1.2 仮説 4 : 左岸花崗岩部からの経路
 - 3.1.3 仮説 7 : 左岸下流地山地下水の経路
 - 3.1.4 仮説 8 : 左岸花崗岩深部からの経路
 - 3.2 BL7 下流地山湧水の要因調査結果
 - 3.3 BL7 下流地山湧水の評価
- 4 今後の対応

【参考資料1】左岸下流湧水に対する堤体等の安全性

- 1 ダム安定性の確認
 - 1.1 重力ダムの安定性検討
 - 1.2 安定計算手法—荷重とその組み合わせ—
 - 1.3 ダム堤体左岸ブロックの安定性照査

1 尾原ダム左岸下流地山湧水の経緯と現状

【試験湛水 経緯】

平成 22 年 11 月 15 日に試験湛水開始。

平成 23 年 2 月 21 日に、尾原ダム BL7 の左岸下流の地山（以下「BL7 下流」という）の法面法枠内（EL184.5m付近）において湧水確認。

→ 確認時点での貯水位は EL.203.5m（2 月 21 日 9:00）：256L/min（22 日 18:00 時点）

平成 23 年 2 月 21 日湧水確認後、降雨による貯水位上昇に伴い、湧水量が増加傾向を示し続けたことから、2 月 28 日に貯水位上昇を停止（EL.212.8m）し、要因調査を開始。

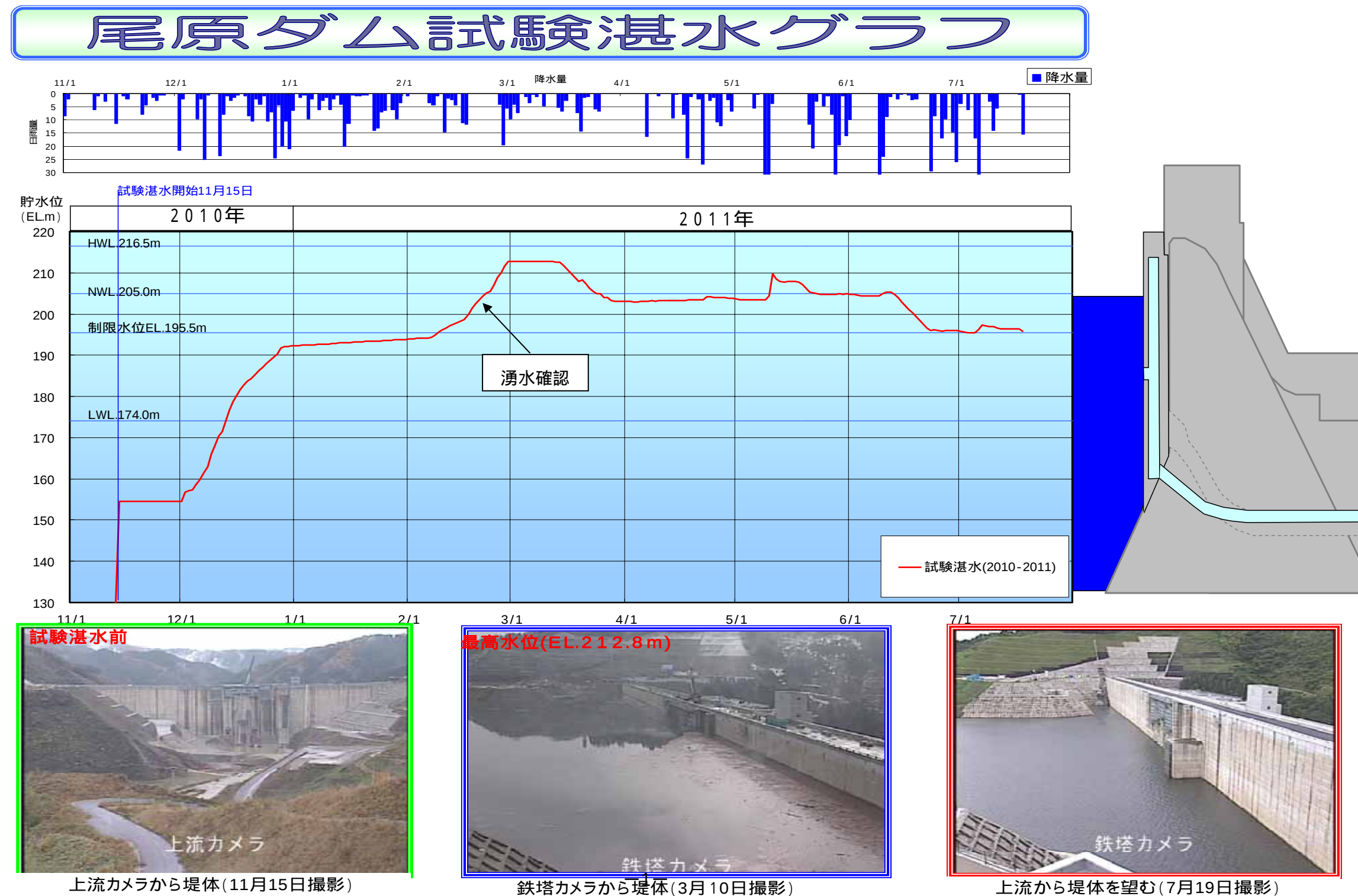
平成 23 年 3 月 15 日に貯水位低下を開始。

→ 水位保持状況においても、湧水量の減少傾向が見られないこと、長期安全性の確保の観点から、水位低下させながら計測・調査を継続。

平成 23 年 3 月 29 日に 2 月 21 日湧水確認貯水位（EL203.5m）を下回ったことから、貯水位を保持し、計測・調査を継続。

平成 23 年 6 月 10 日 第 1 回湧水対策検討委員会開催。

平成 23 年 6 月 12 日より制限水位（EL.195.5m）へ向け貯水位低下開始。（斐伊川出水期：6 月 26 日～10 月 20 日）



試験湛水開始直後(EL:154.5m)(H22.11.24 撮影)



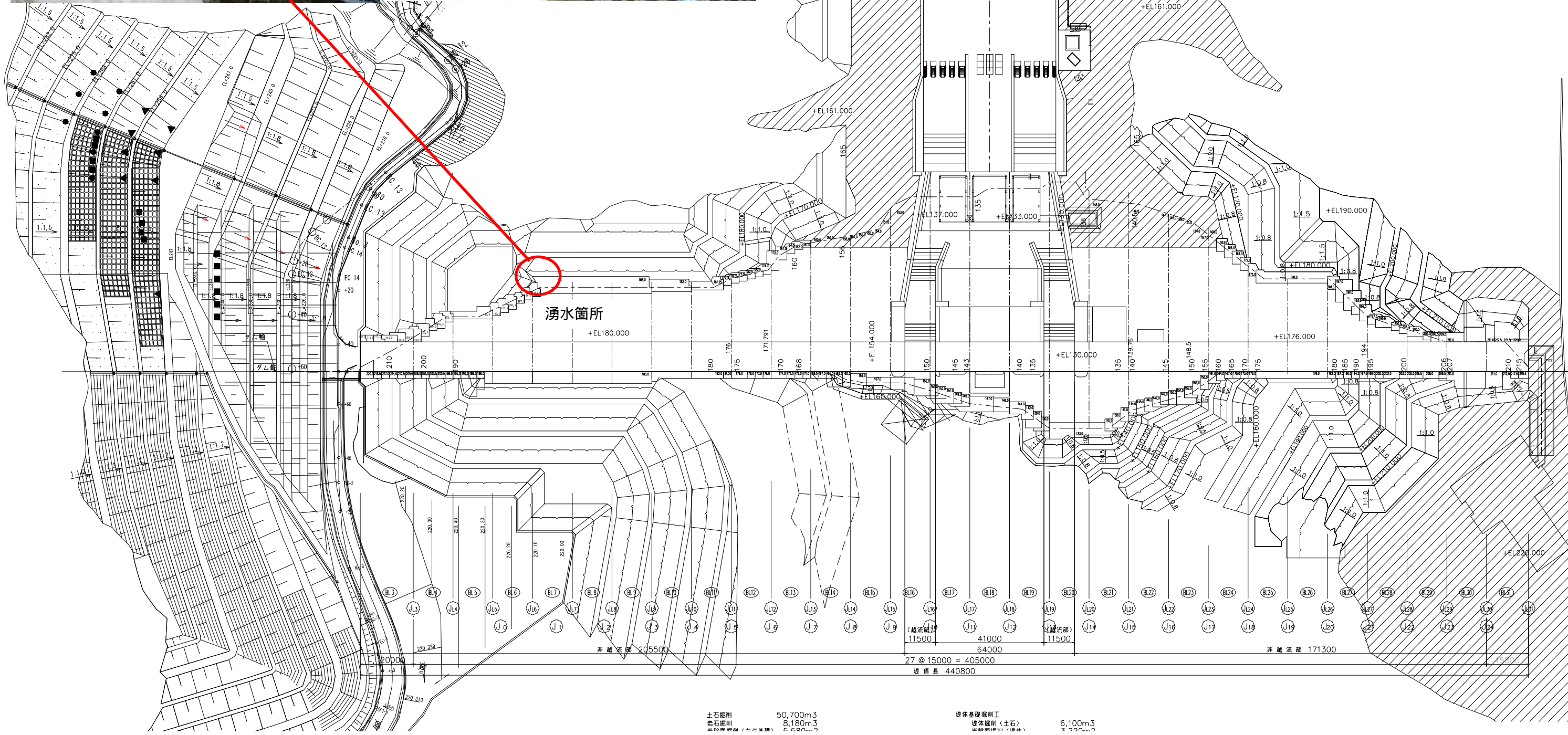
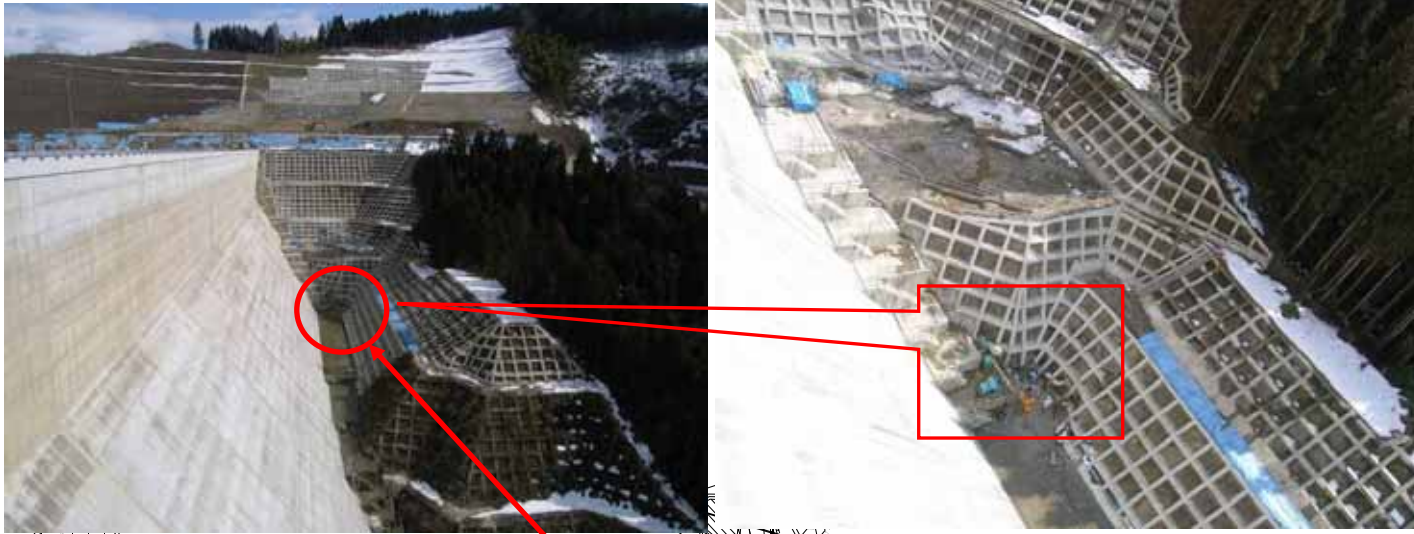
H22 試験湛水最高水位時(EL:212.8m)(H23.3.12 撮影)



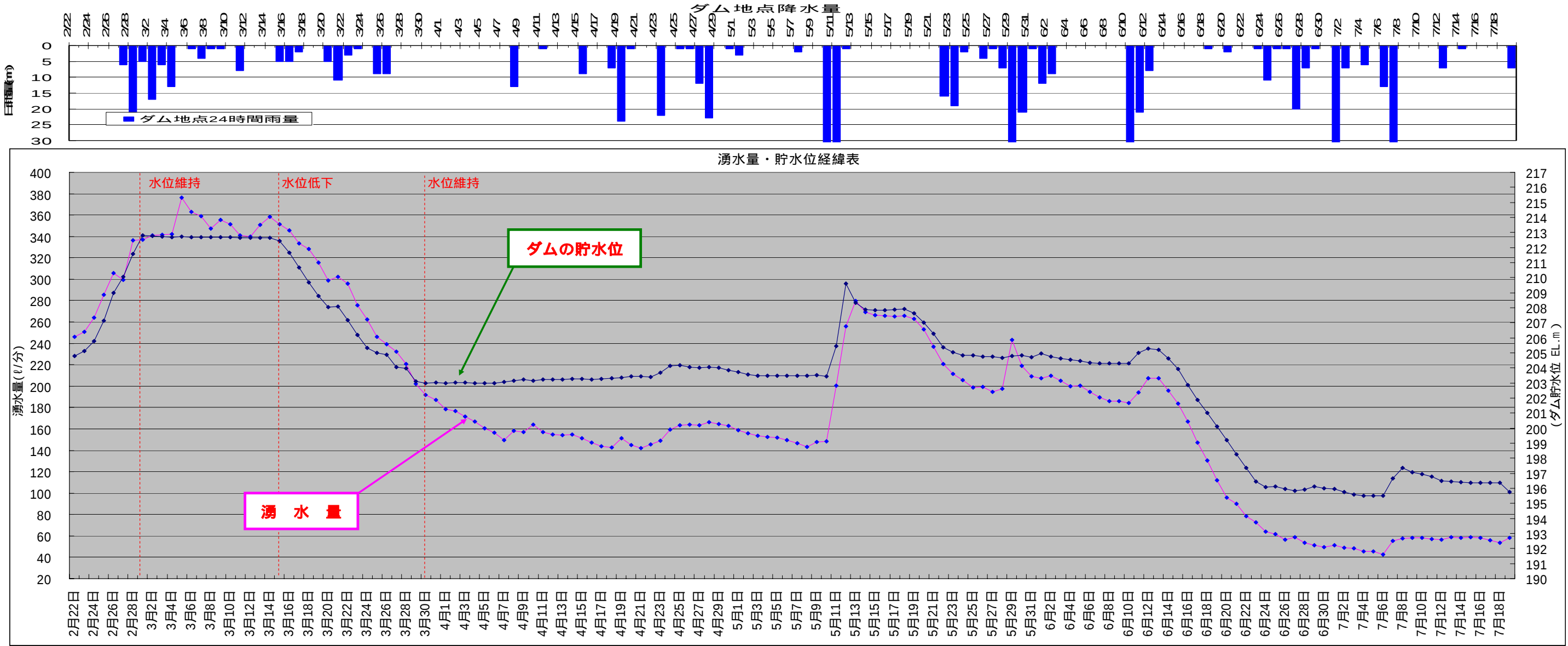
左岸側地山状況(EL:203.1m)(H23.4.7 撮影)



BL7 下流湧水発生箇所（ダム平面図）



貯水位と湧水量の経緯



湧水発生確認時：H23.2.21 時点

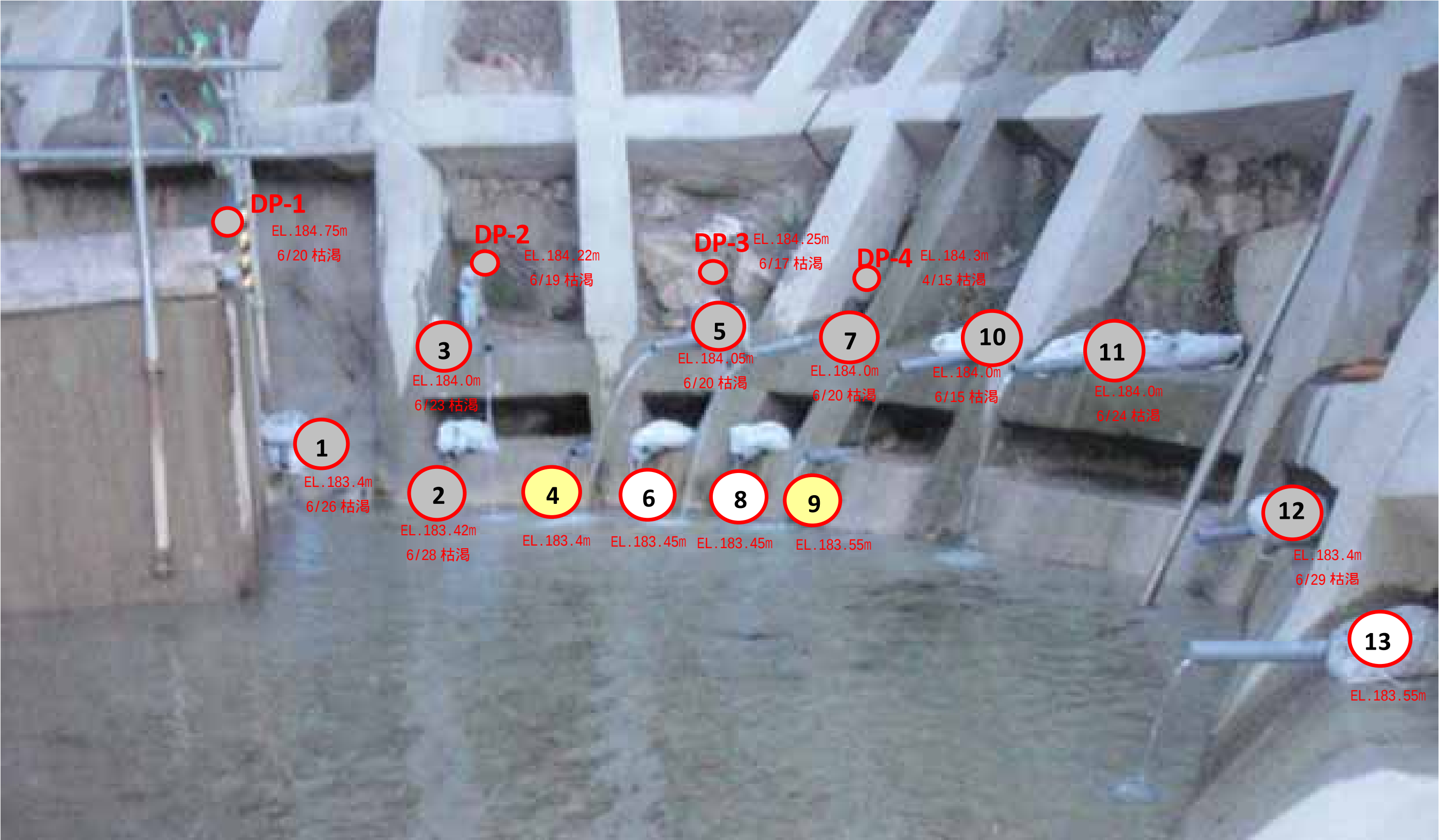


最高水位時：H23.3.4 時点(342.0L/min)



現状 EL195m：H23.6.27 時点(58.5L/min)

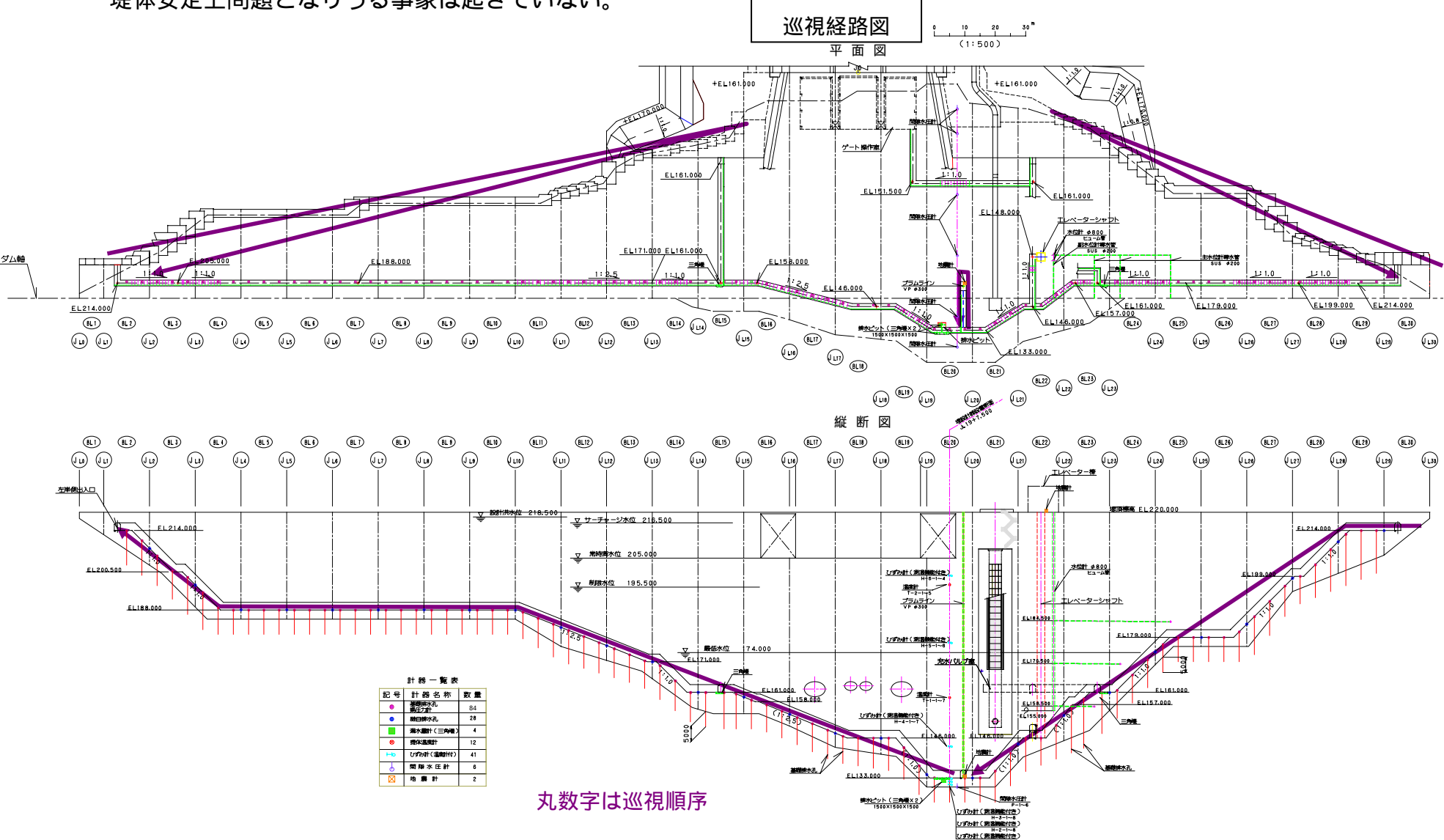
BL7 下流法面湧水測定番号



凡例		: 7/17 時点湧水枯渇孔
		: 7/17 時点 10 ㍓/分以上の湧水湧出孔
		: 7/17 時点 2 ㍓/分未満の湧水湧出孔

試験湛水中の左岸部堤体計測結果

堤体巡視・湖面巡視
堤体及び貯水池周辺の変状を早期に把握するため、ダム堤体及び貯水池周辺を巡視しているが、
堤体安定上問題となりうる事象は起きていない。



堤体巡視（堤体上流面船上巡視）



貯水池周辺巡視（貯水位 EL.196.0m）



堤体下流面巡視（天端より）



堤体下流面巡視



通廊内巡視

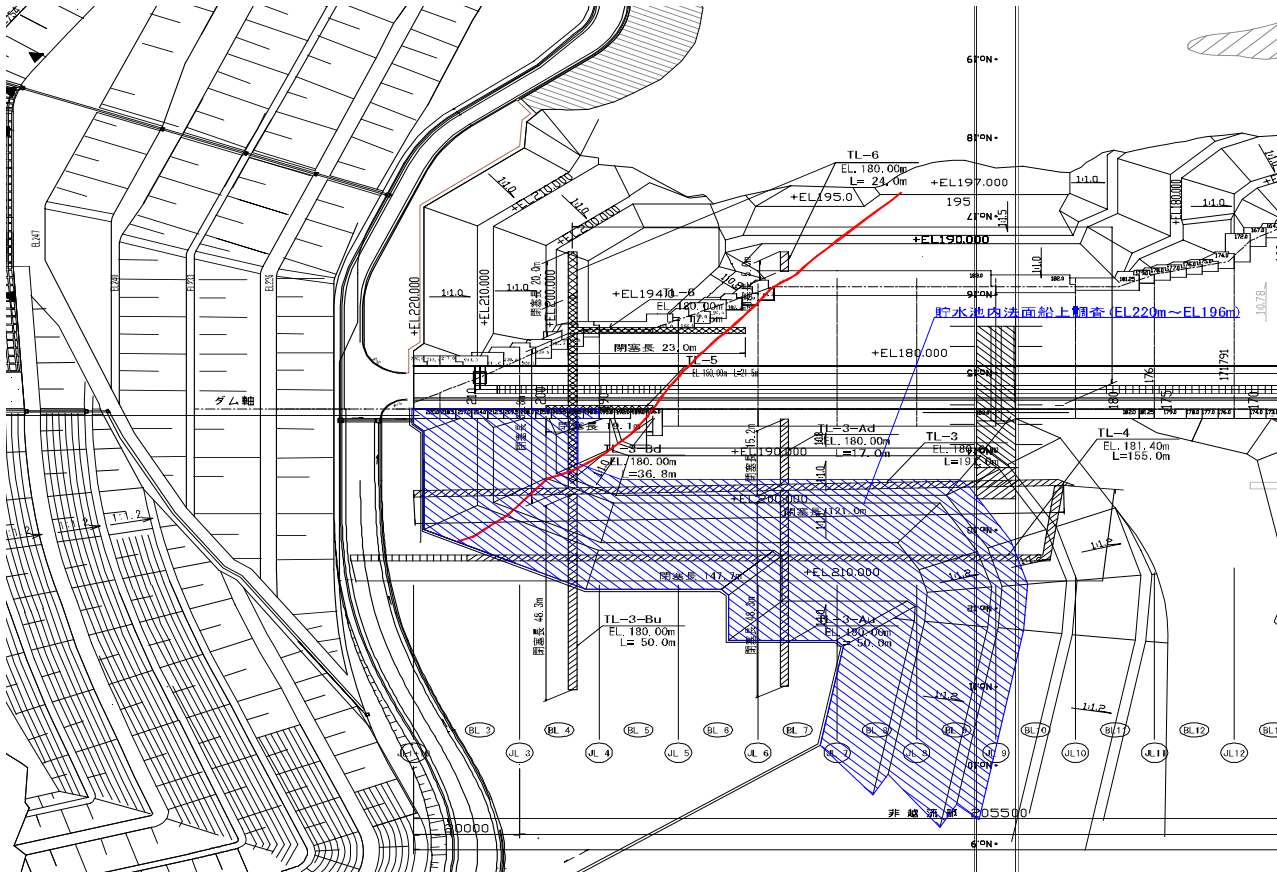


水位低下時貯水池内目視調査

目的： 湛水により潜水調査しか実施できなかった、法面・ダム堤体において、制限水位への水位低下に伴い、露出した法面・ダム堤体の目視調査を行い、異常の有無を確認する。

目視調査

	曜日	調査時の貯水位	天候	調査範囲標高	点検異常の有無
H23.6.15	水	EL203.8	晴	EL205.0～EL203.8	無
H23.6.16	木	EL202.7	曇	EL203.8～EL202.7	無
H23.6.17	金	EL201.8	晴	EL203.5～EL202.0	無
H23.6.18	土	EL200.9	曇	EL202.0～EL200.9	無
H23.6.19	日				
H23.6.20	月				
H23.6.21	火	EL198.4	晴	EL202.0～EL198.4	無
H23.6.22	水	EL197.45	曇	EL199.0～EL197.5	無
H23.6.23	木	EL196.35	晴	EL197.5～EL196.5	無
H23.6.24	金	EL196.0	晴	EL197.5～EL196.0	無



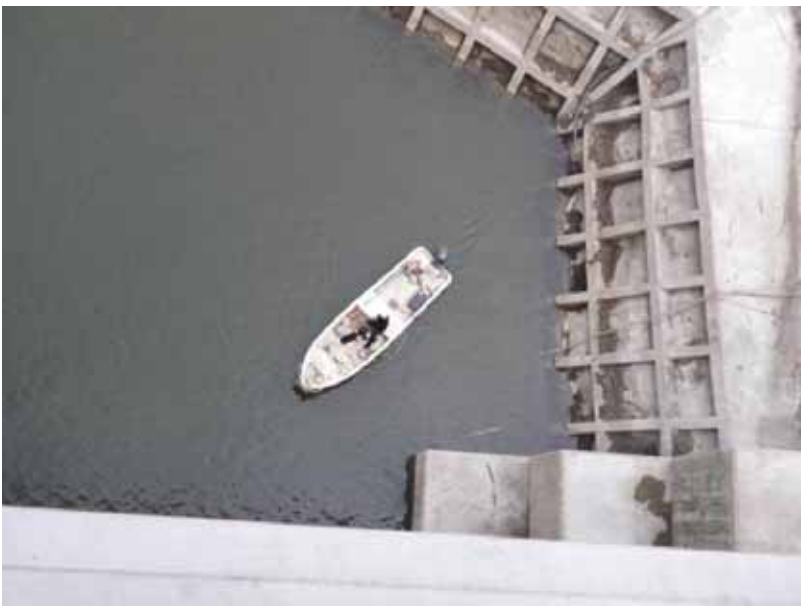
船上調査状況（左岸堤体直上流法面）



船上調査状況（左岸堤体直上流法面）

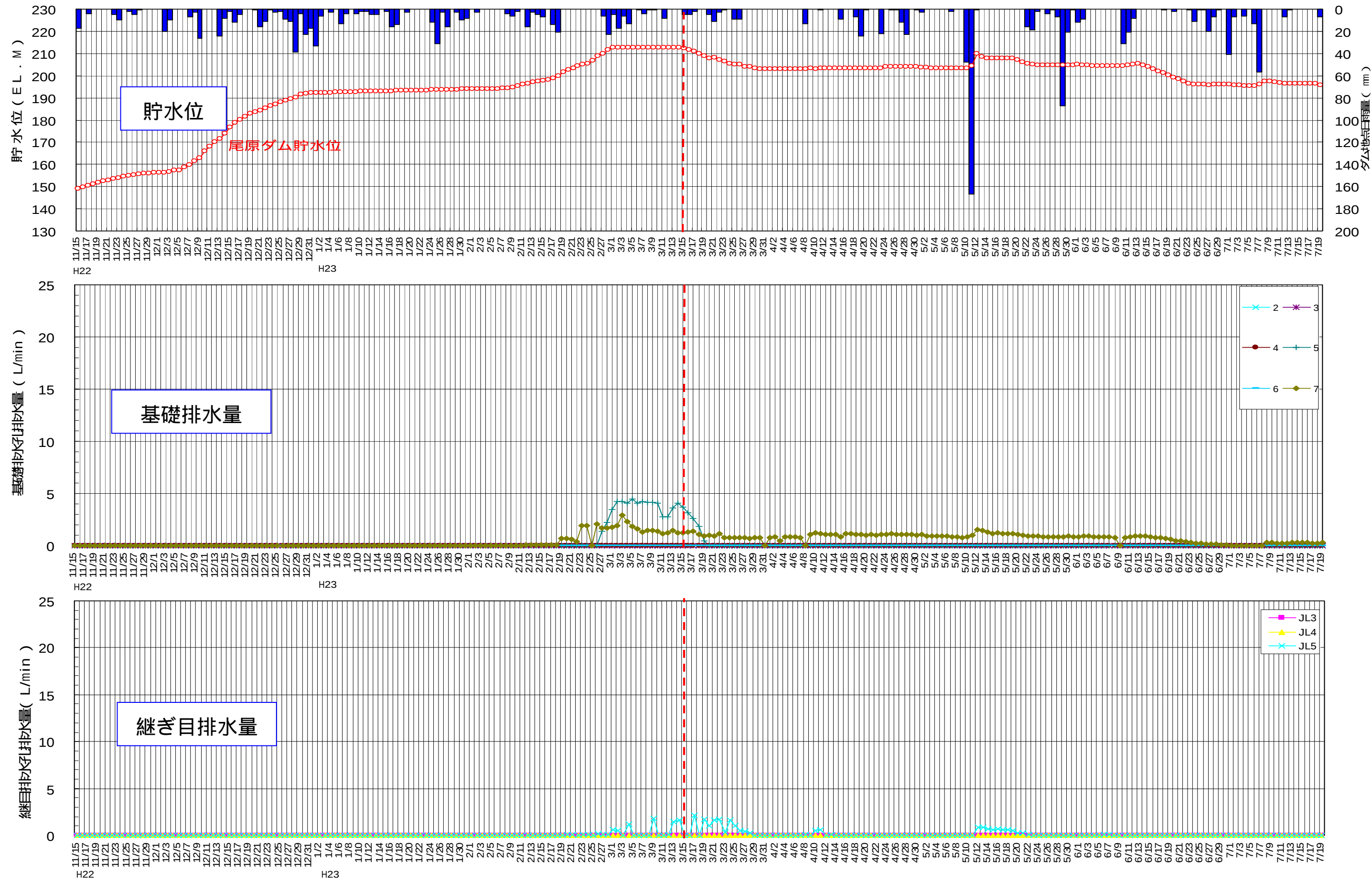


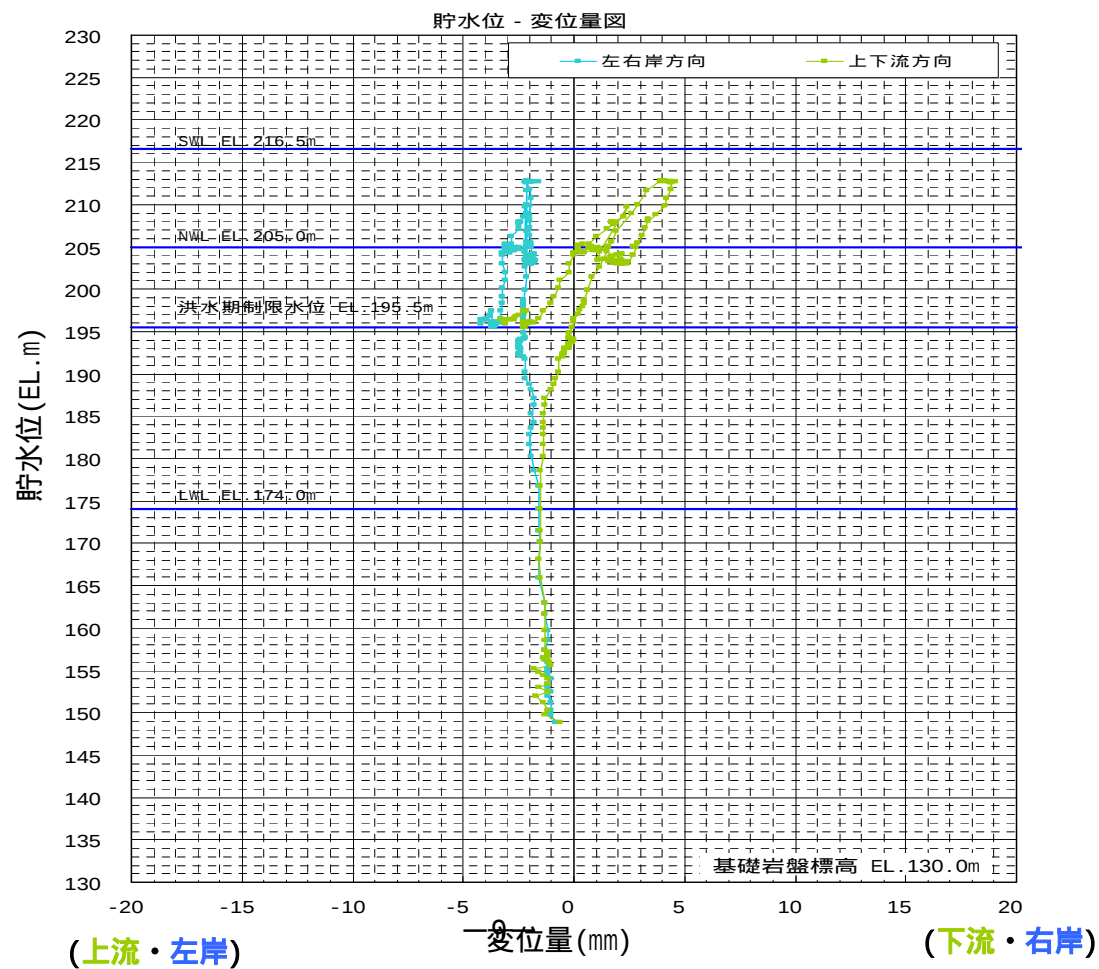
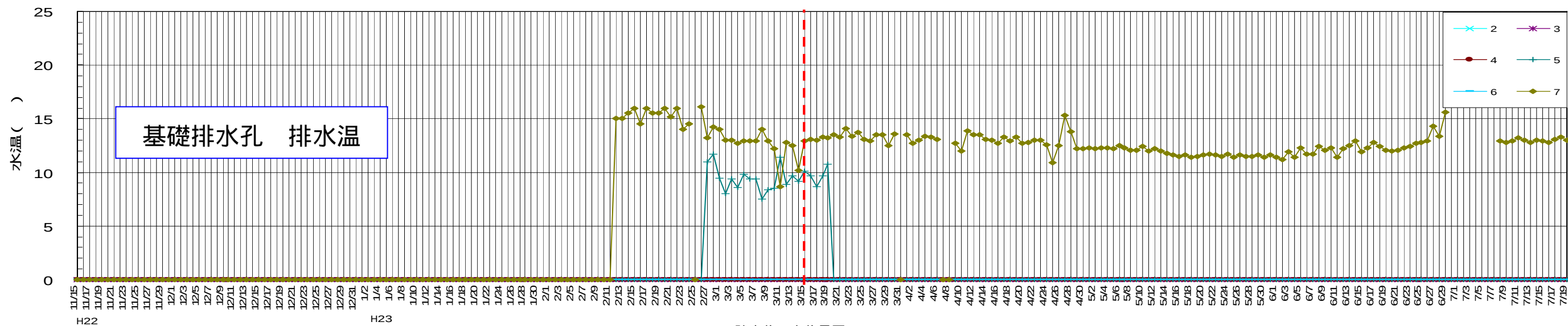
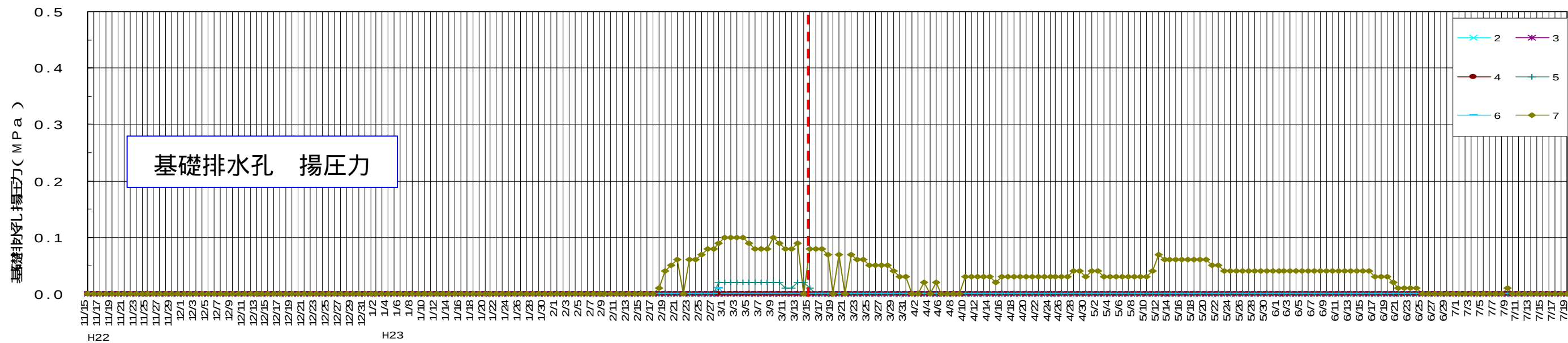
船上調査状況（堤体左岸上流面）



堤体安定上問題となりうる亀裂等は確認していない。

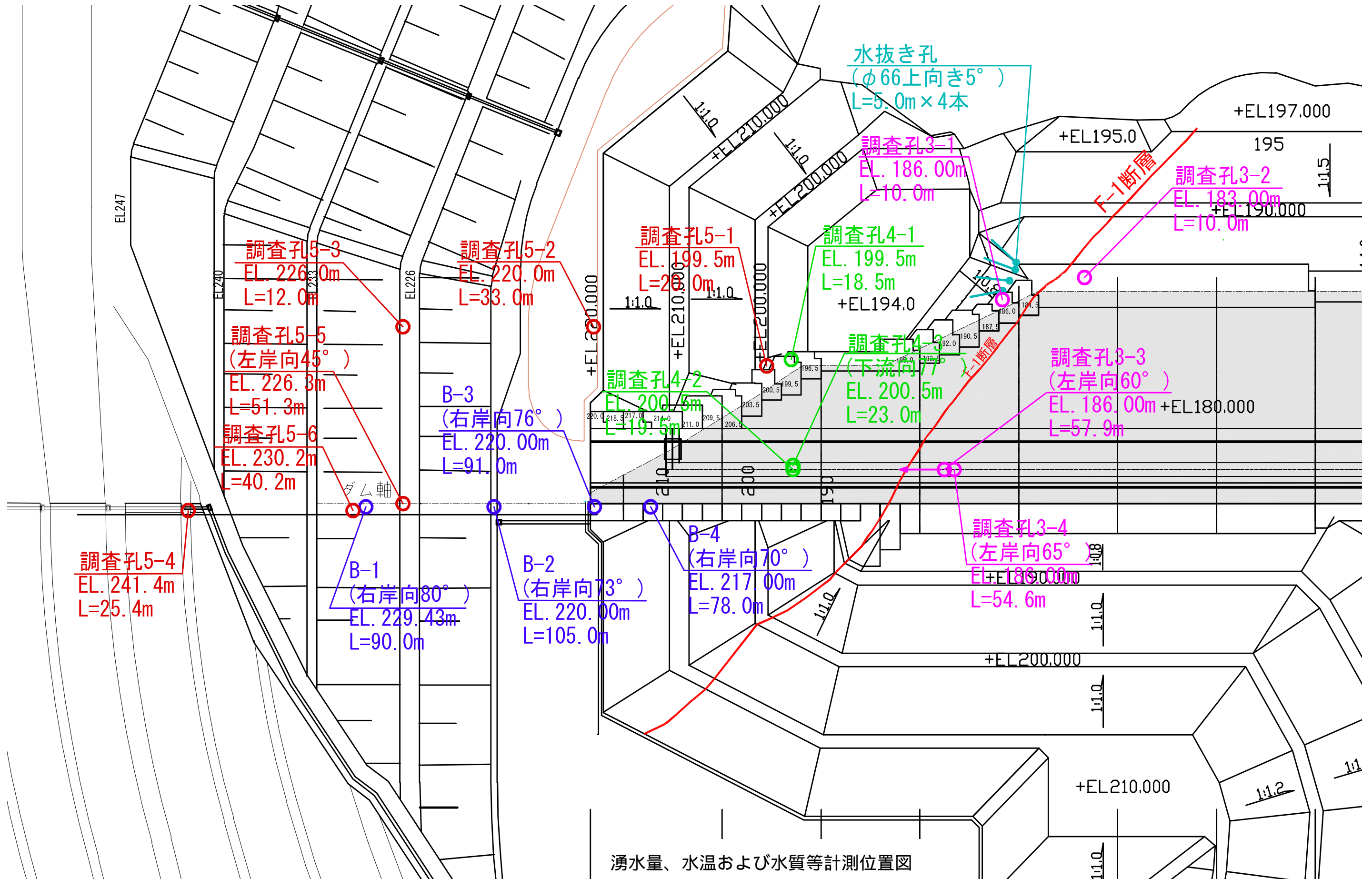
平成 23 年 11 月 15 日から試験湛水を開始し、着手時点から現在迄の巡視の結果では、異常な状況は確認されていない。また、湧水が生じている B L 7 より左岸部の基礎排水孔、継ぎ目排水孔において、ダム堤体の安定性上問題となるような計測値は認められていない。また、貯水位と堤体の変位量においても、異常は認められていない。





2 湧水量、水温および水質等の計測結果

下図に示す、湧水箇所、調査ボーリング孔および基礎排水孔において、引き続き湧水量、水温および水質等を計測した。



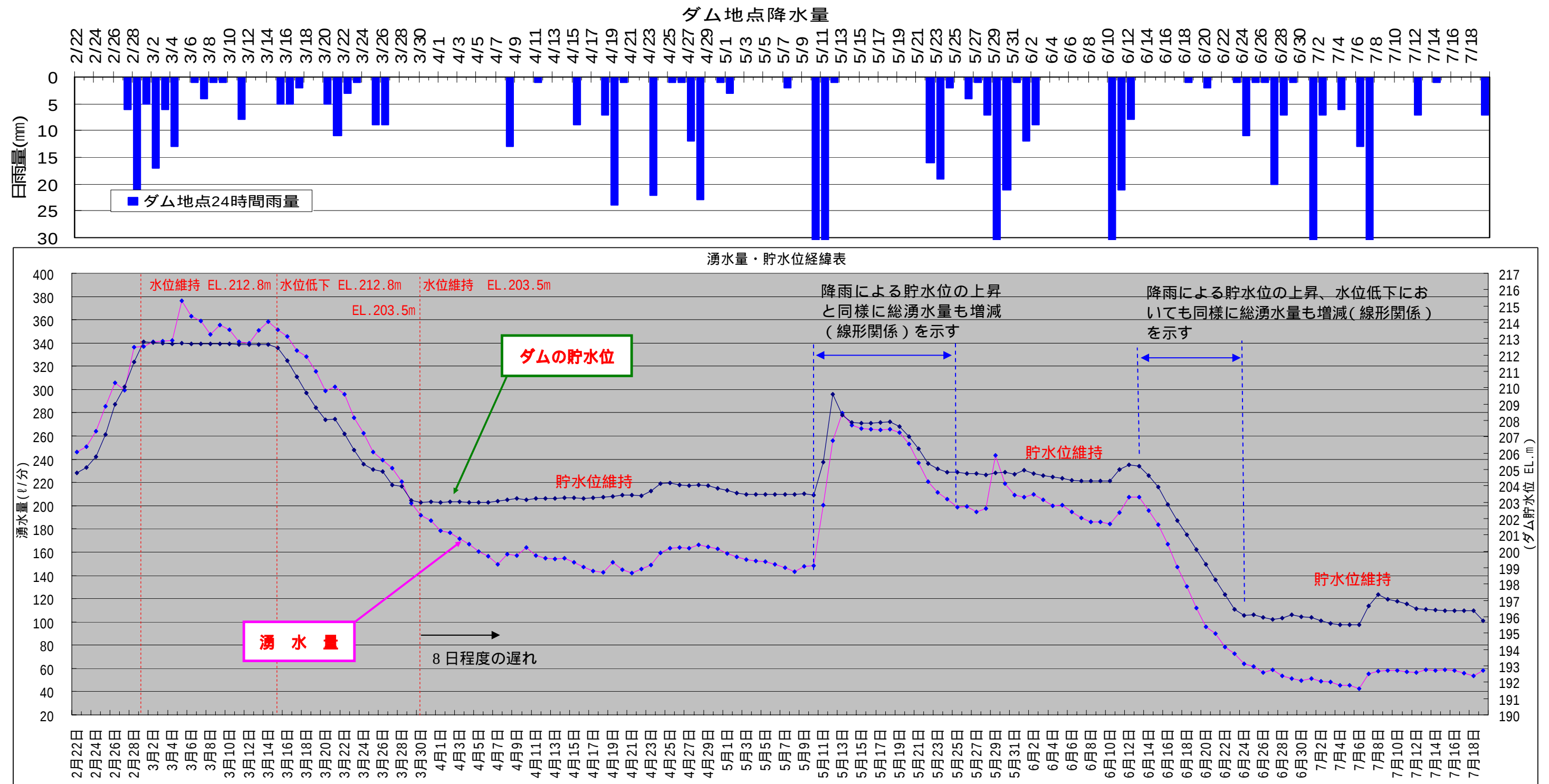
2.1 貯水位と湧水量の経時変化

湧水発生の確認後、ダム貯水位を低下・保持させているが、ダム貯水位の動きに連動して湧水量の増減が見られている。

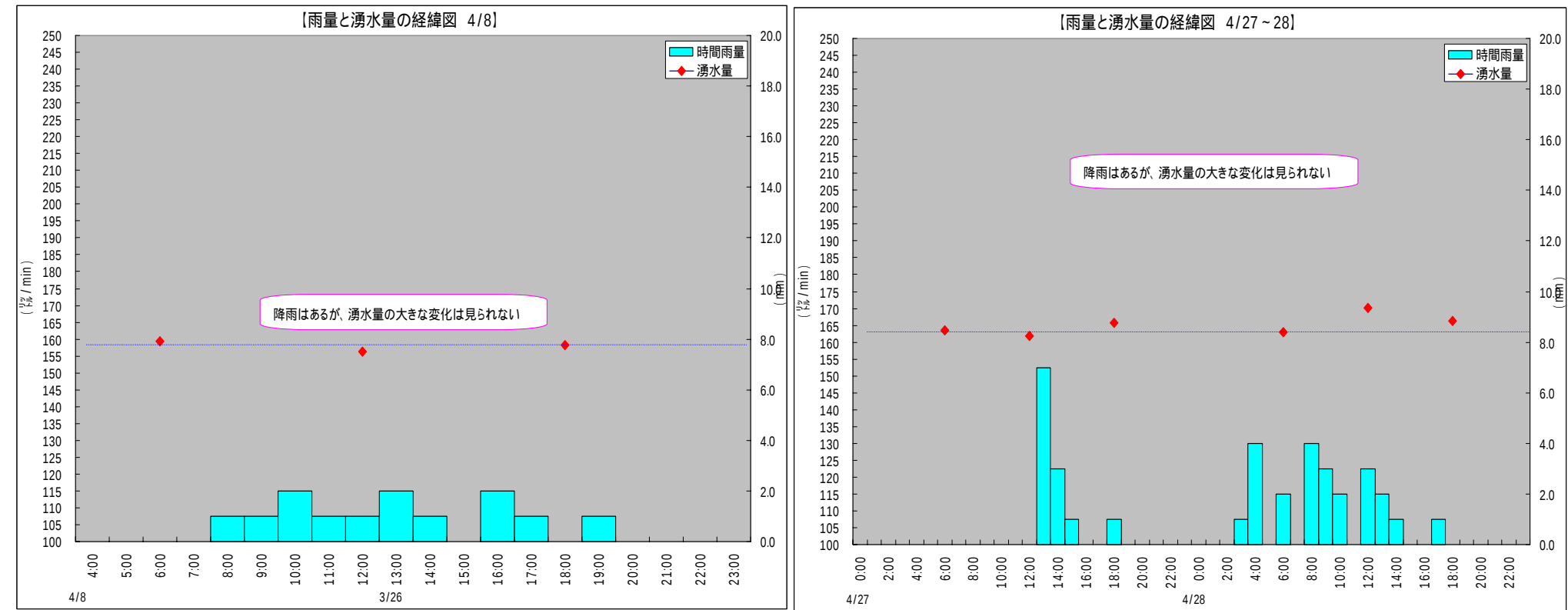
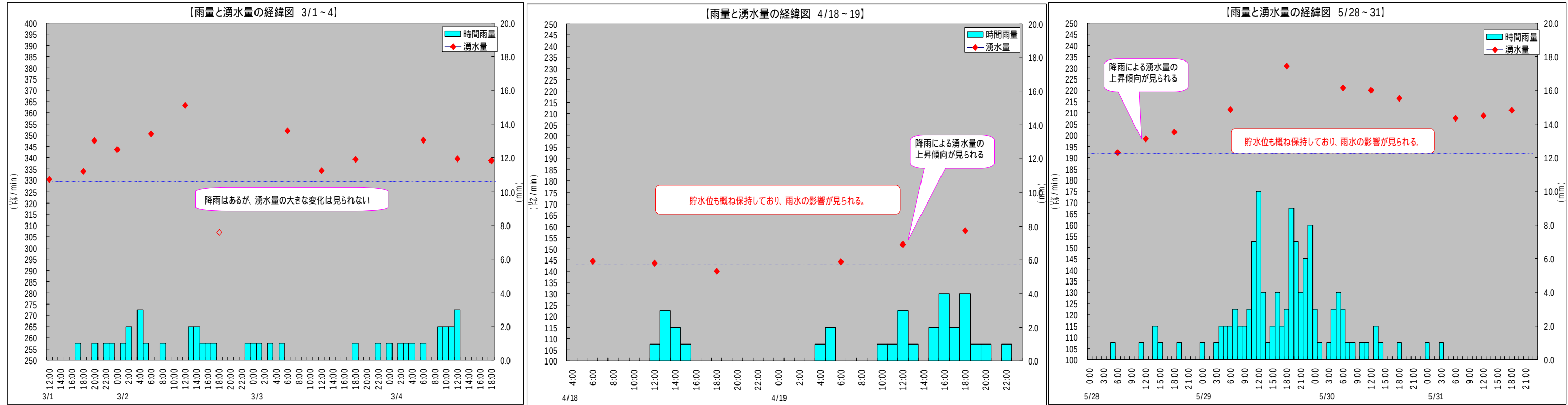
3月29日に貯水位上昇時の湧水確認水位(EL.203.5m)を下回り、EL.203.0m付近でダム貯水位を保持したところ、初期においては湧水量の減少傾向が見られていたが、8日後には安定傾向を示している。また、その後の貯水位の変動においては、概ね1日程度の遅れで同傾向を示している。

貯水位を概ね保持した状況においても、降雨により湧水量の増加傾向を示すが、時間降雨量が少量の場合は、湧水との関連性は明確ではない。(次頁参照)

現時点において、湧水はピーク湧出量の約15%程度の概ね55ℓ/分程度で推移している。



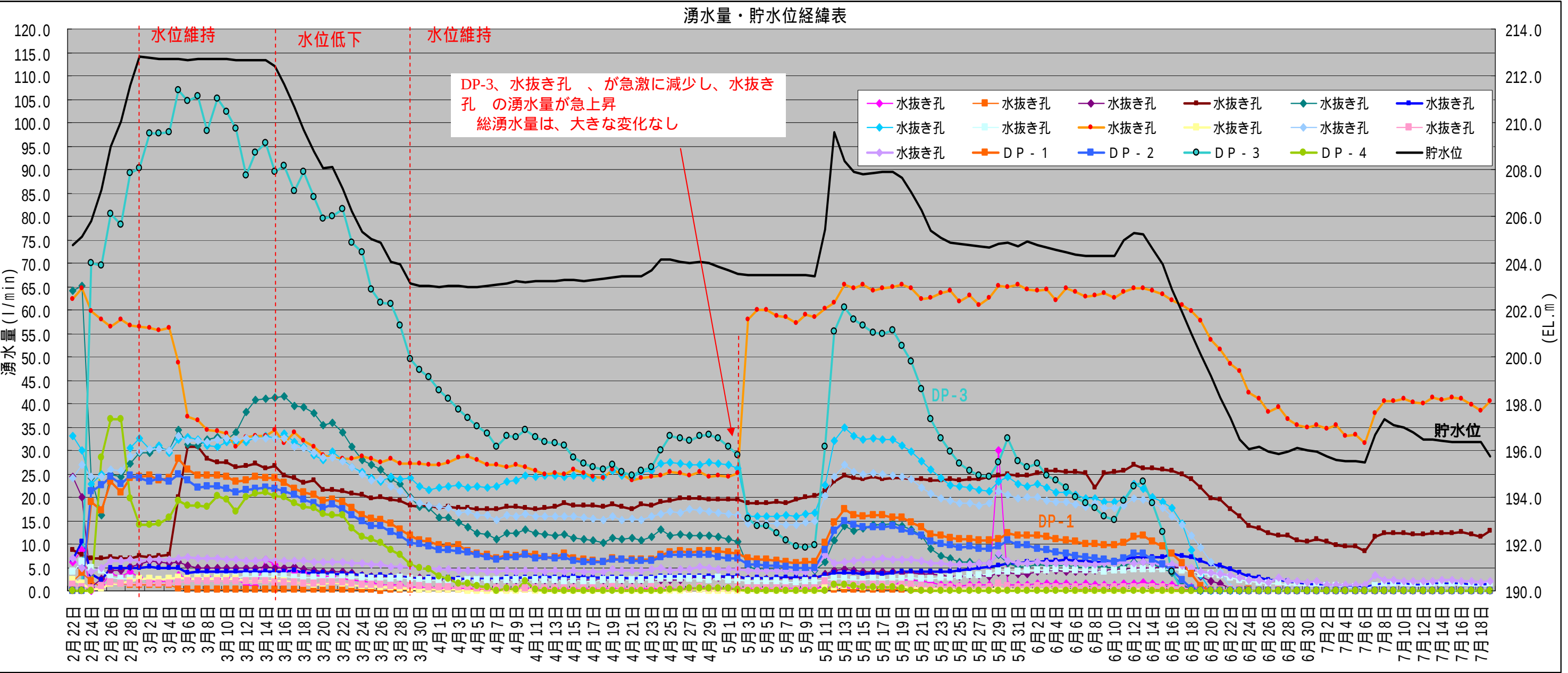
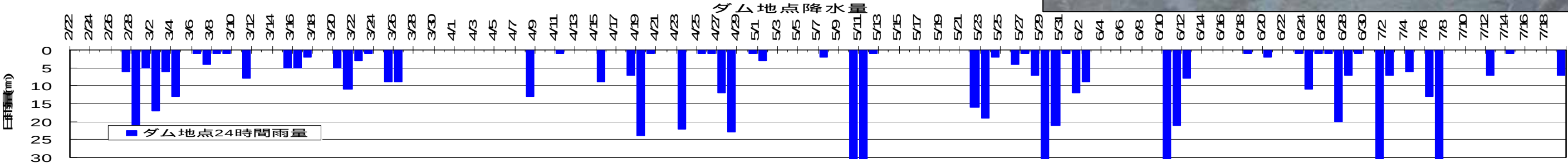
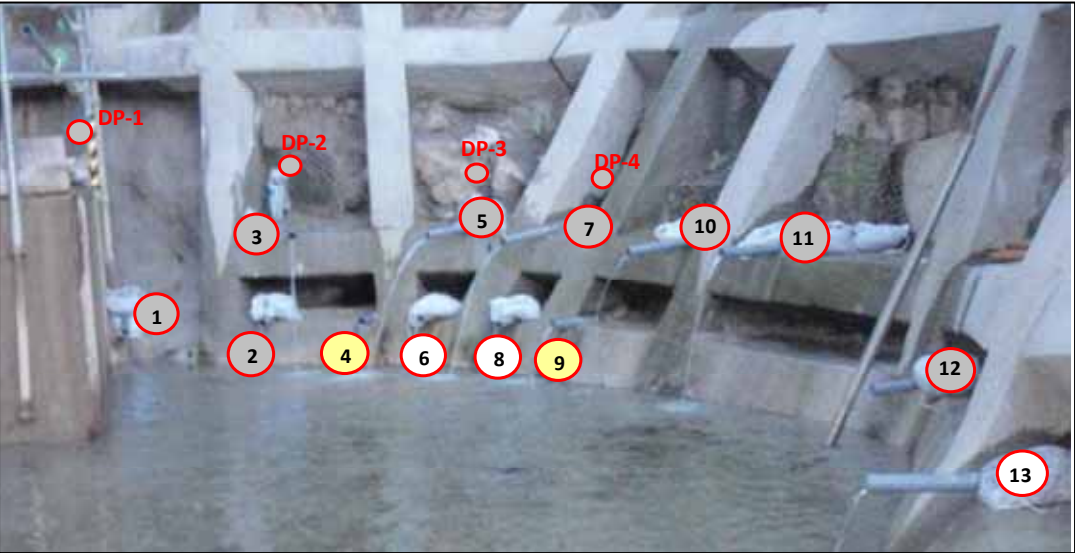
貯水位を維持した状況での湧水量と時間雨量の関係



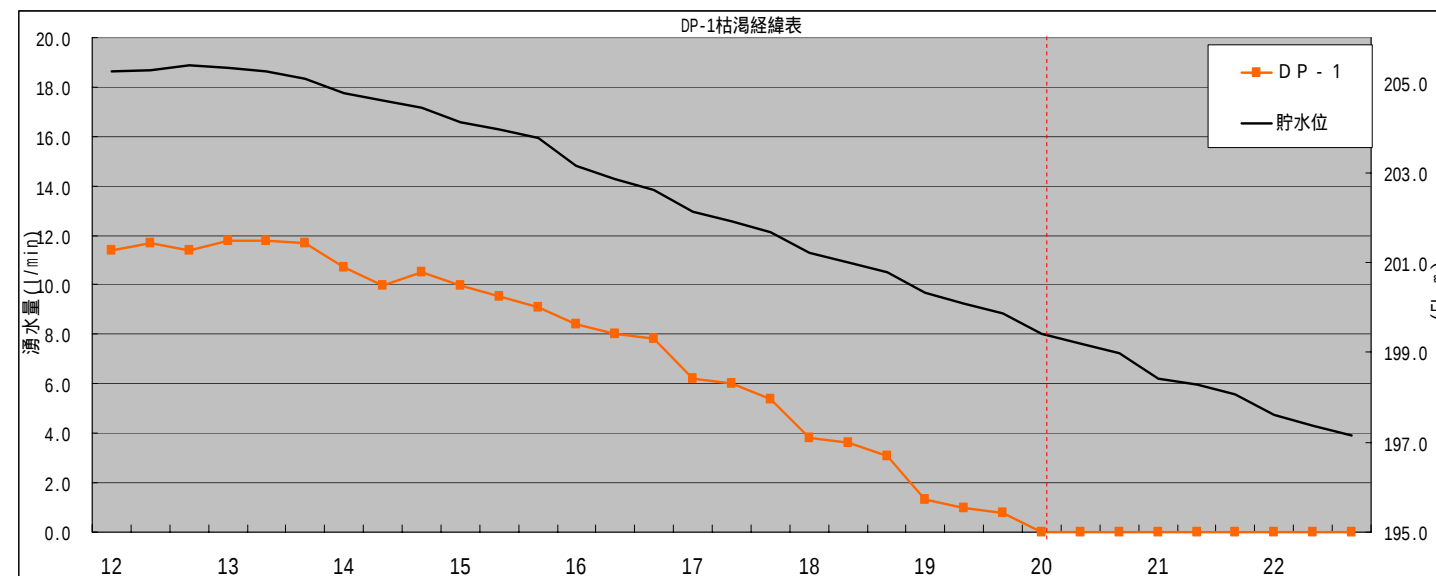
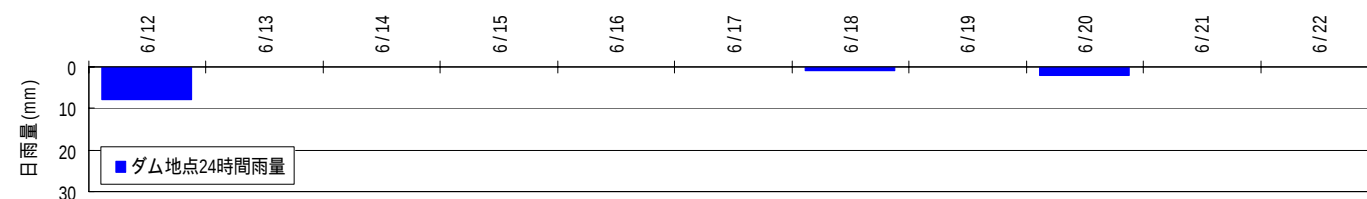
降雨により地山表面水が湧水箇所から、湧出することは想定される事象であるが、少雨量の場合は、明確な関係性は見られない。

湧水箇所中央部の DP-3、水抜き孔 1, 2, 3, 4 の湧水量が多い状況であったが、制限水位へ水位低下を開始した、6月17日（貯水位 EL.202m 付近）前後にて、多くの孔が枯渇。

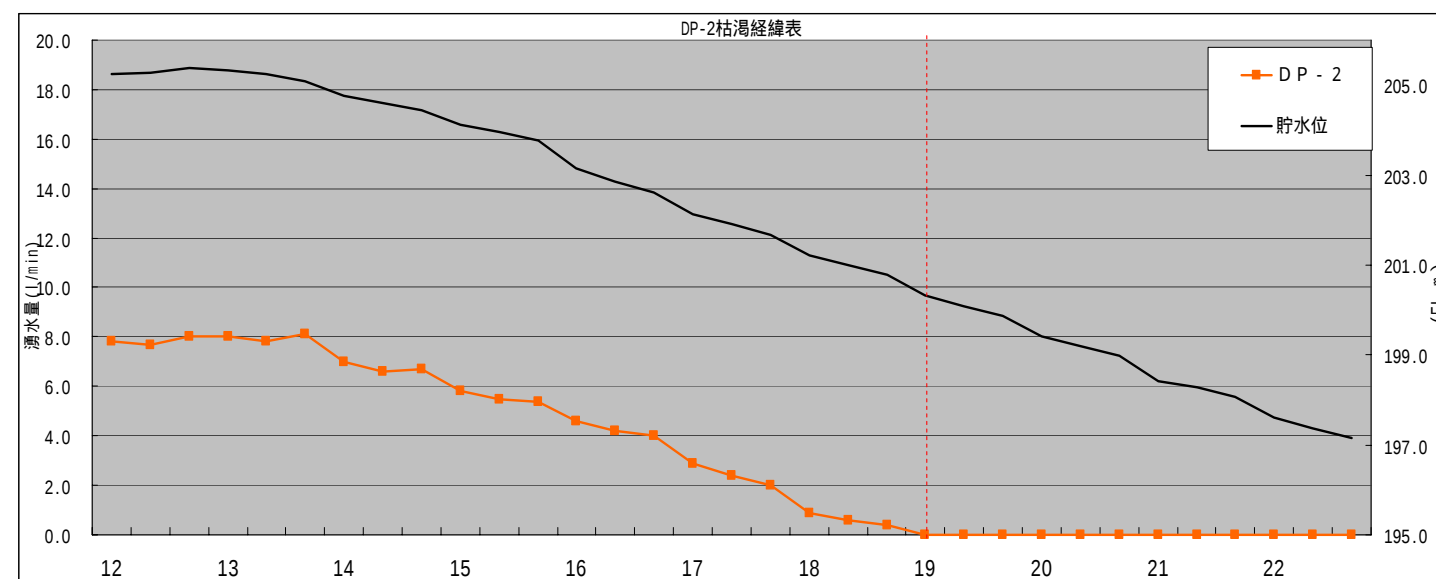
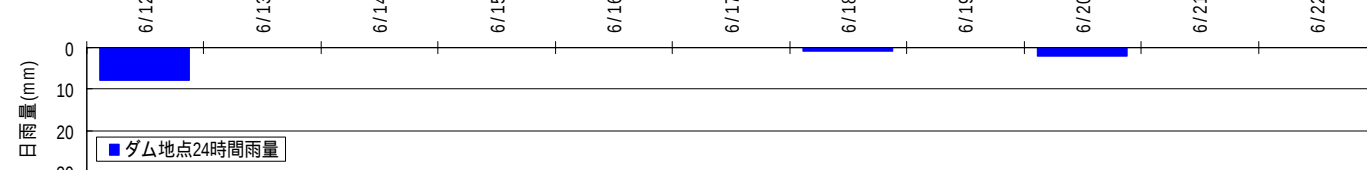
特に、地山 5 m の地下水を湧出させていた DP 1～4 の全ての孔が 6月19日（貯水位 EL.200m 付近）には枯渇した。その後も枯渇する孔が続き、現時点において 5 孔のみで湧水がある。そのうち、水抜き孔 4 及び 9 の量が 10 ㍓/分以上の多い量を湧出しており、水抜き孔 6, 8, 13 は 2 ㍓/分以下の極少量である。



D P 1 ～ 3 の枯渇した時点の貯水位・降雨状況



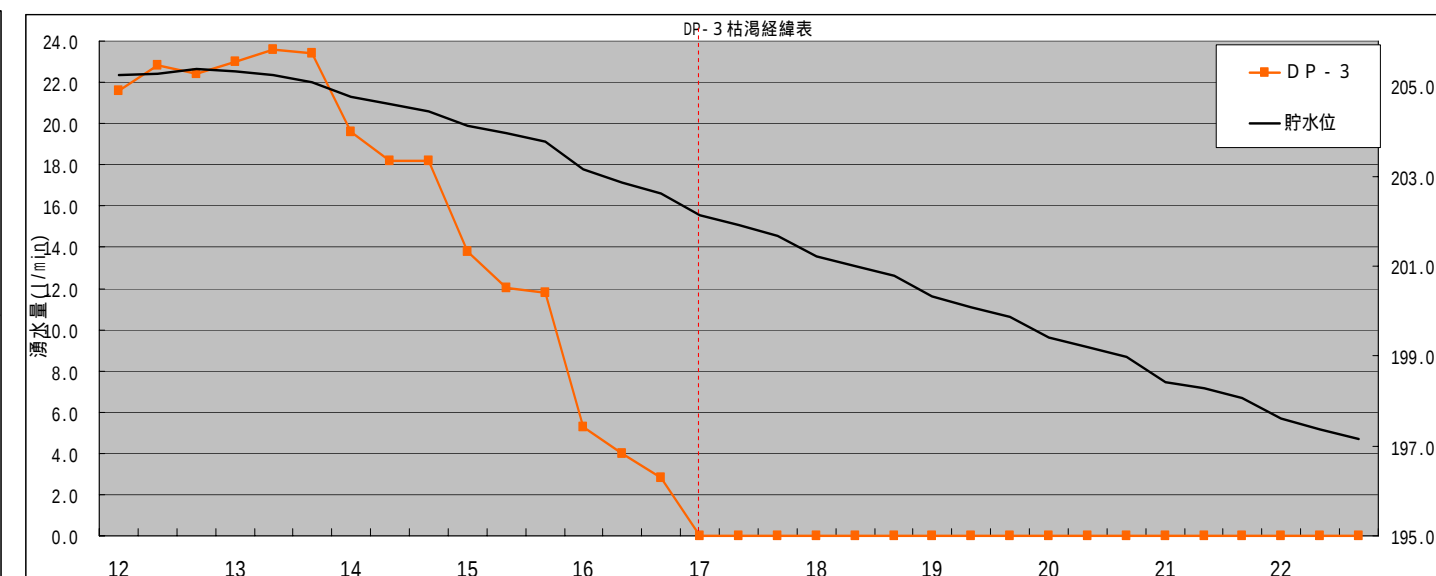
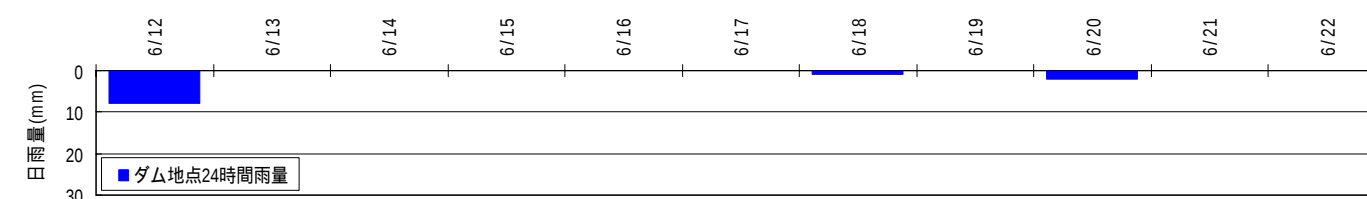
6月



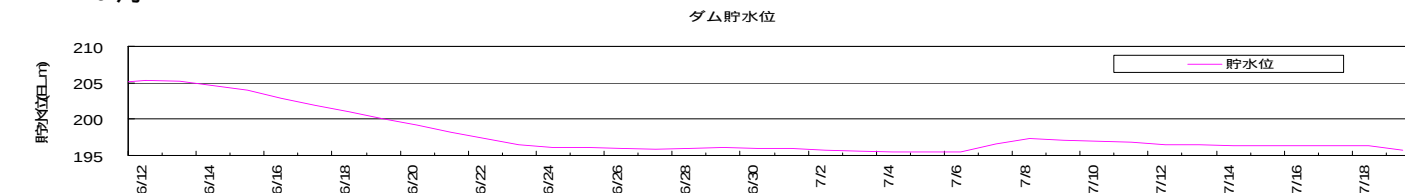
6月

D P の枯渇に至る条件として、貯水位の低下以外、明確な事象は見受けられない。

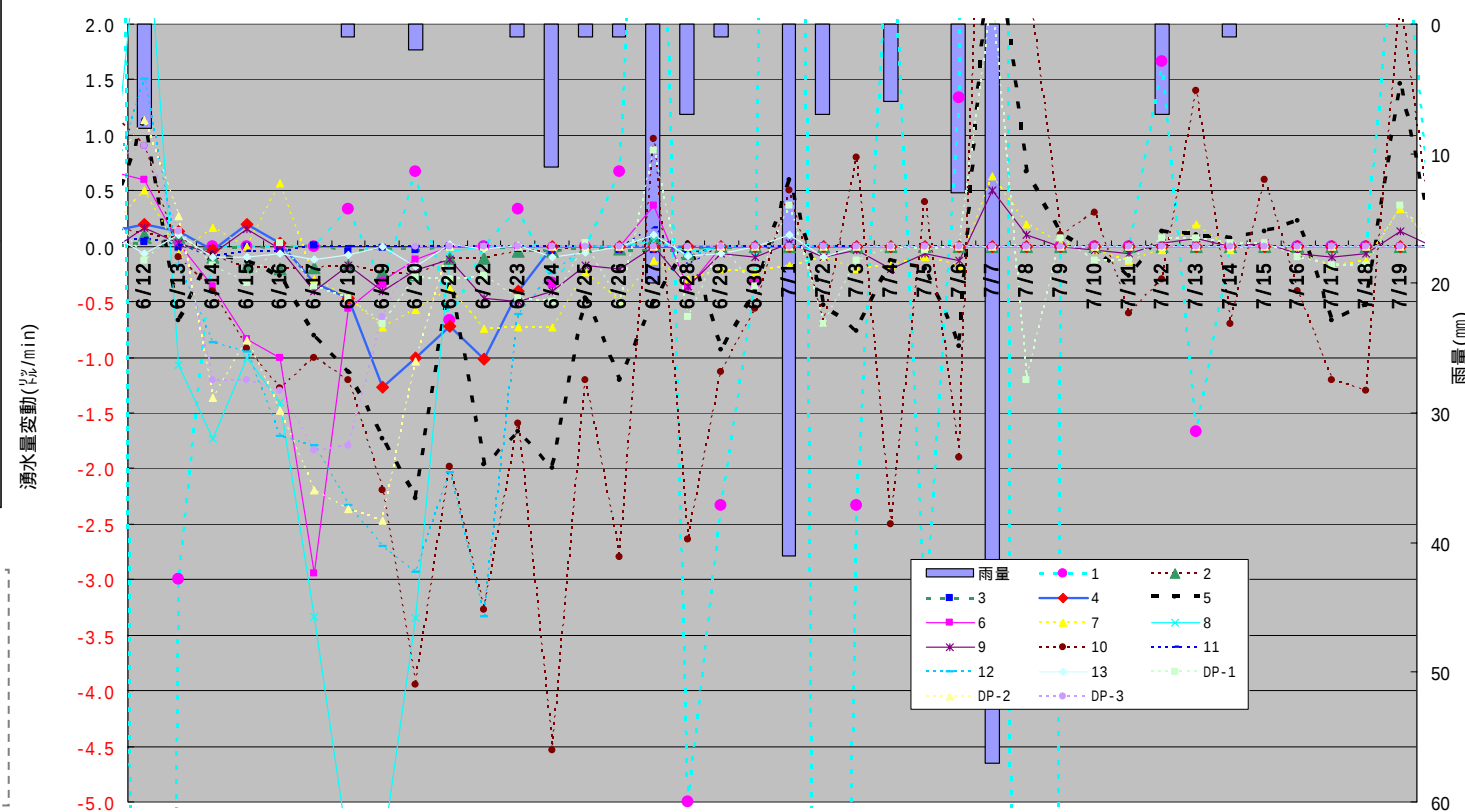
各孔の湧水量の変動経緯においても貯水池との明確な関係性は見受けられない。



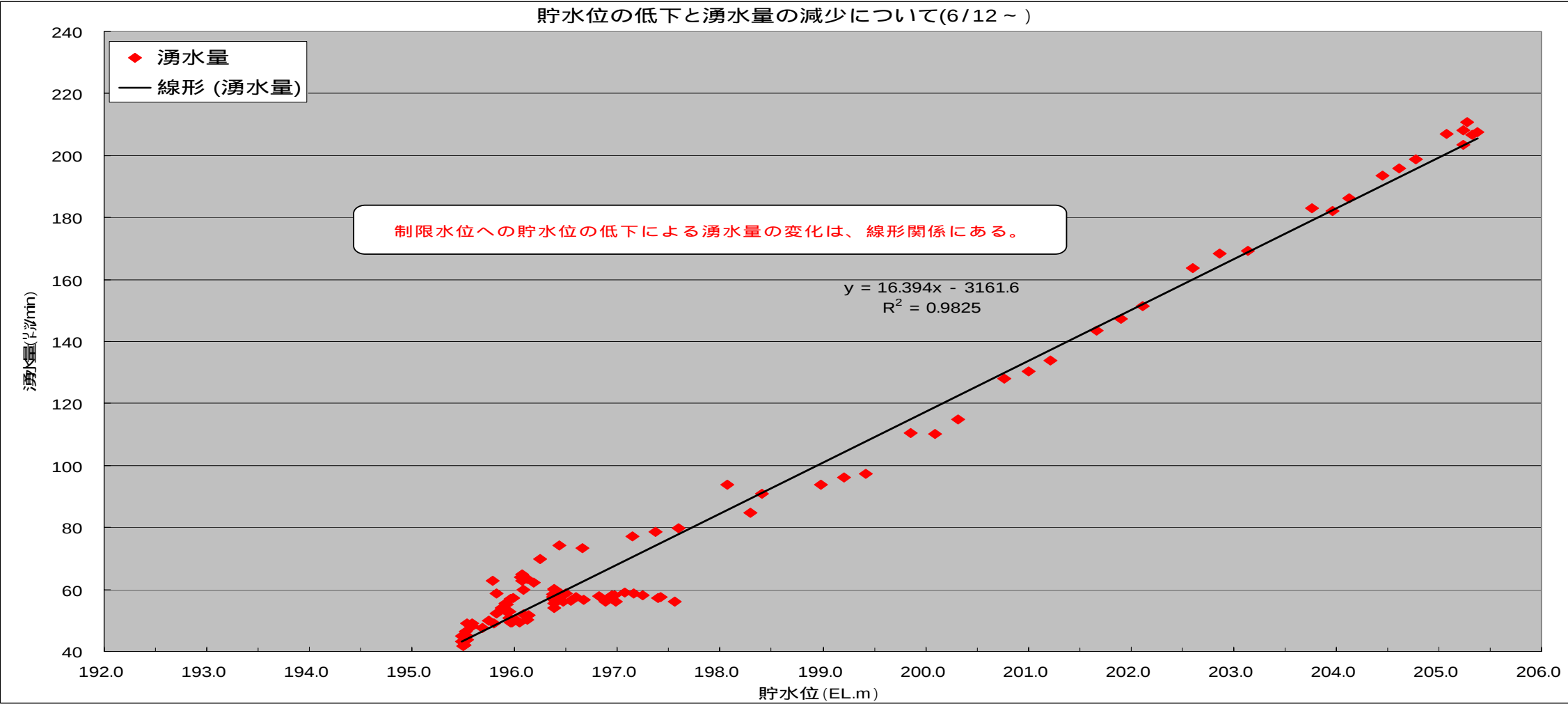
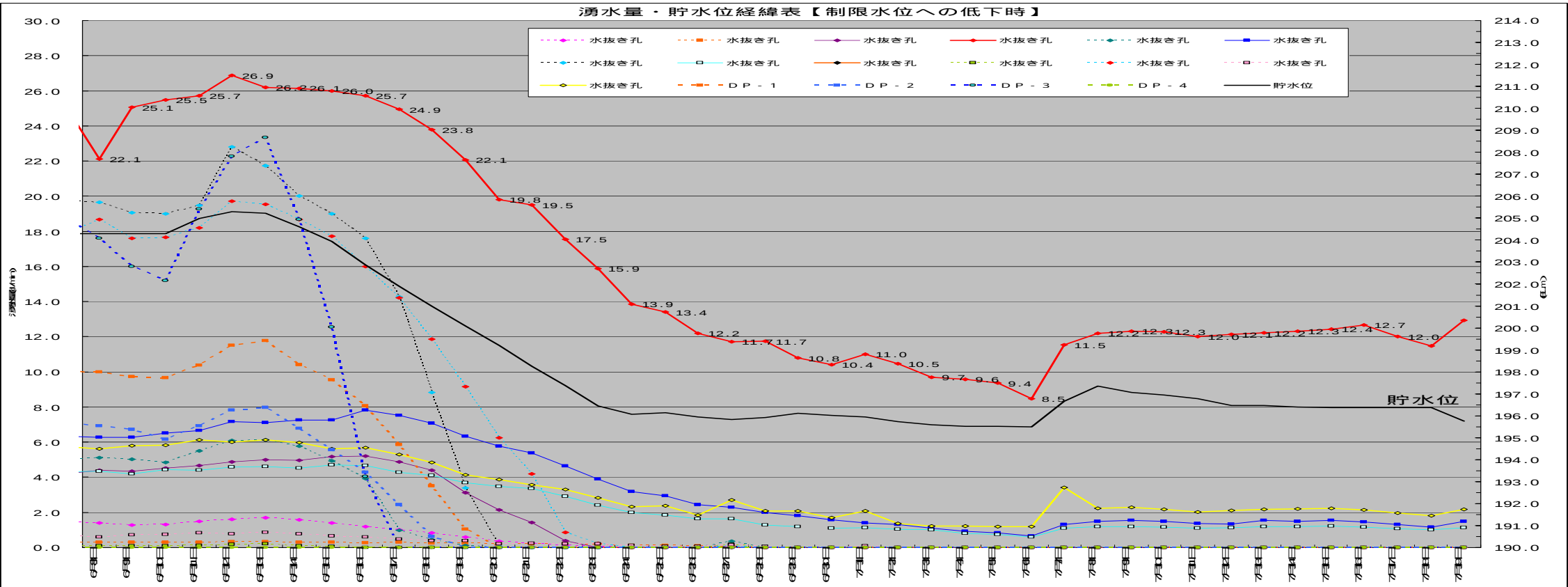
6月



湧水量の減少変動経緯



6月12日からの制限水位への貯水位低下による湧水状況及び貯水位との関係



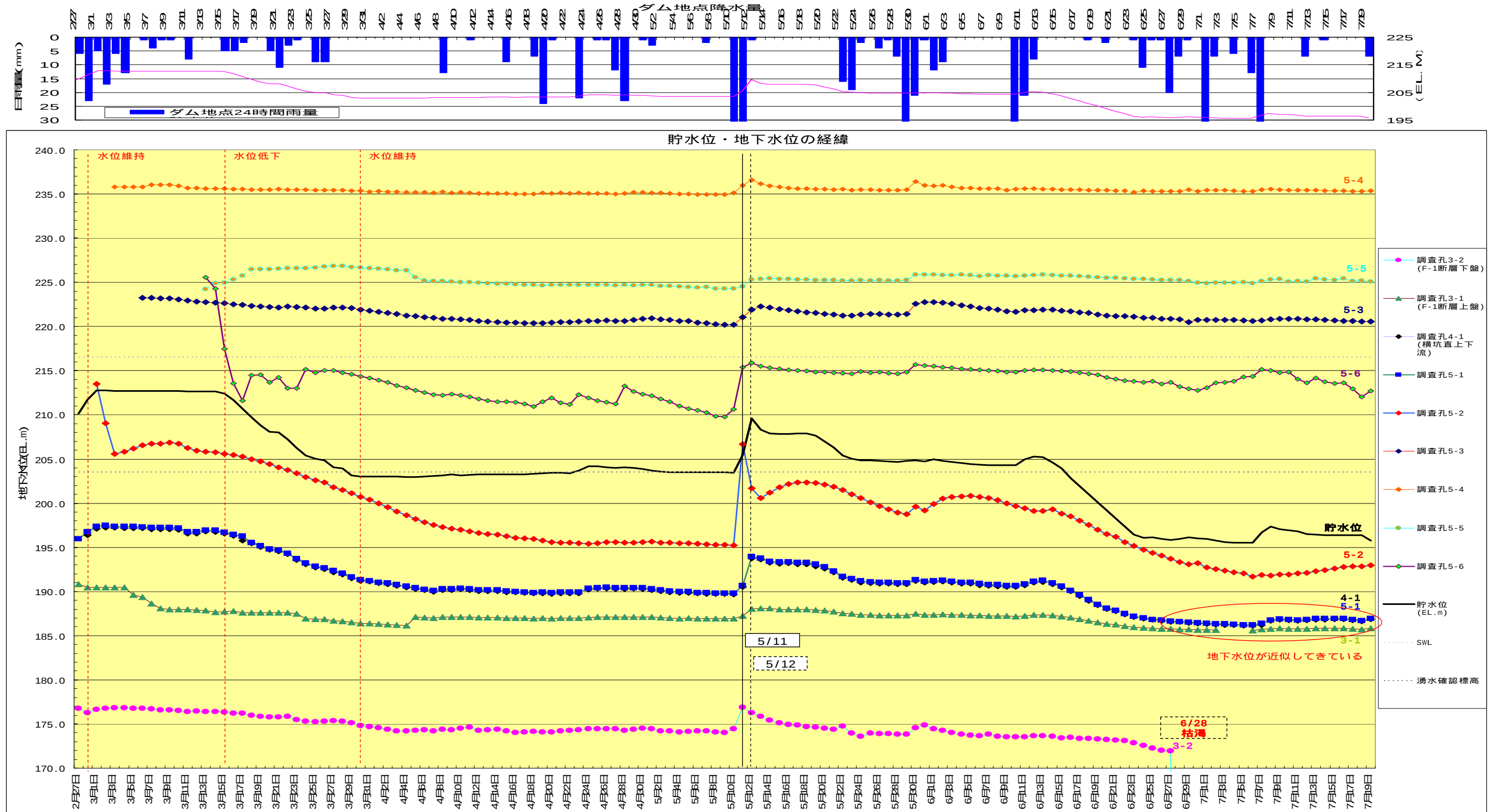
2.2 貯水位と地下水位の経時変化

ダム左岸部より、山側に設置されている調査孔 5-3,5-4,5-5 では、地下水位の大きな変化は見られない。

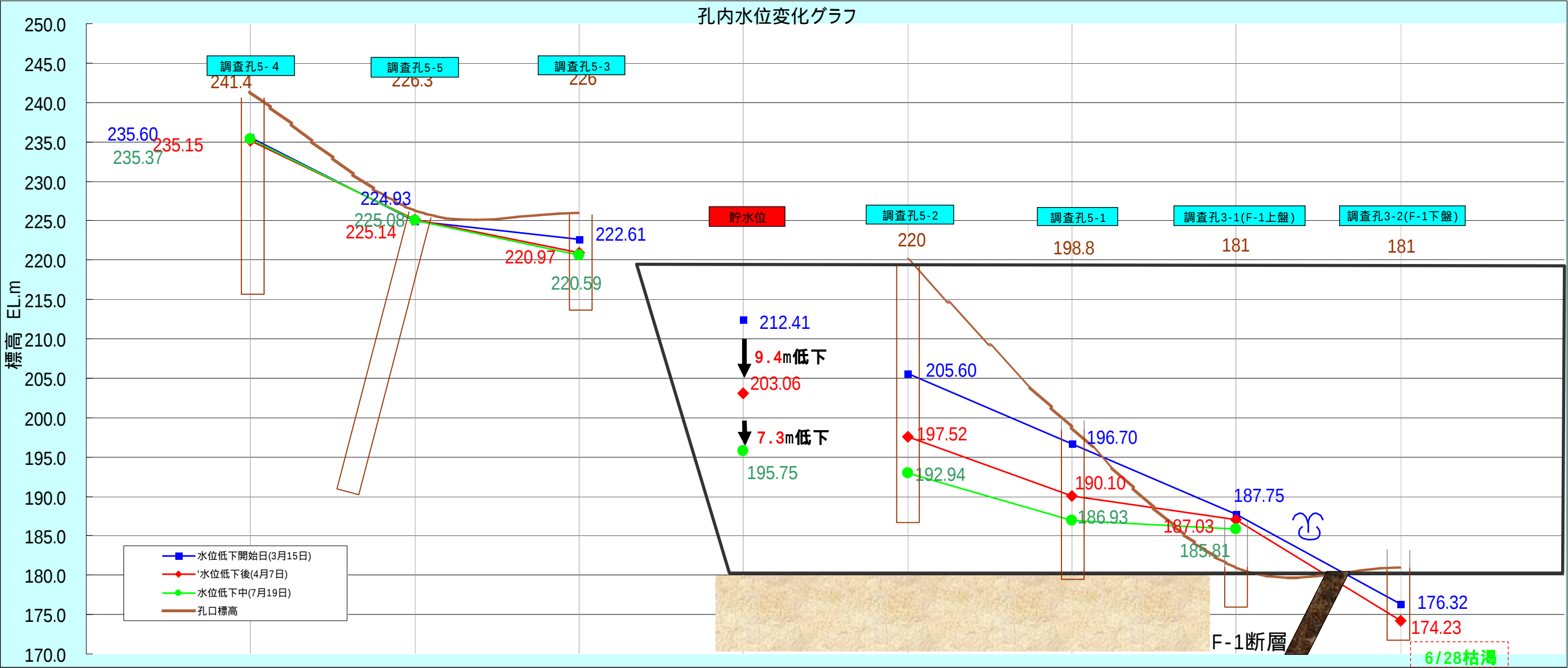
ダム堤趾部の F-1 断層を挟む調査孔 3-1 (F1 断層上盤) ,3-2 (F1 断層下盤) では、10mを超える地下水位差が見られることから、地下水位は F-1 断層に規制され、不連続となっていることが推定される。また、調査孔 3-2 は、6 月 28 日に地下水位が低下し計測不能となった。

ダム天端より標高の低い調査孔 4-1,5-1 の地下水位は、ダム貯水位に追随した挙動を示している。

調査孔 4-1,5-1 の地下水位が低下し、調査孔 3-1 とほぼ同標高の水位まで低下している。

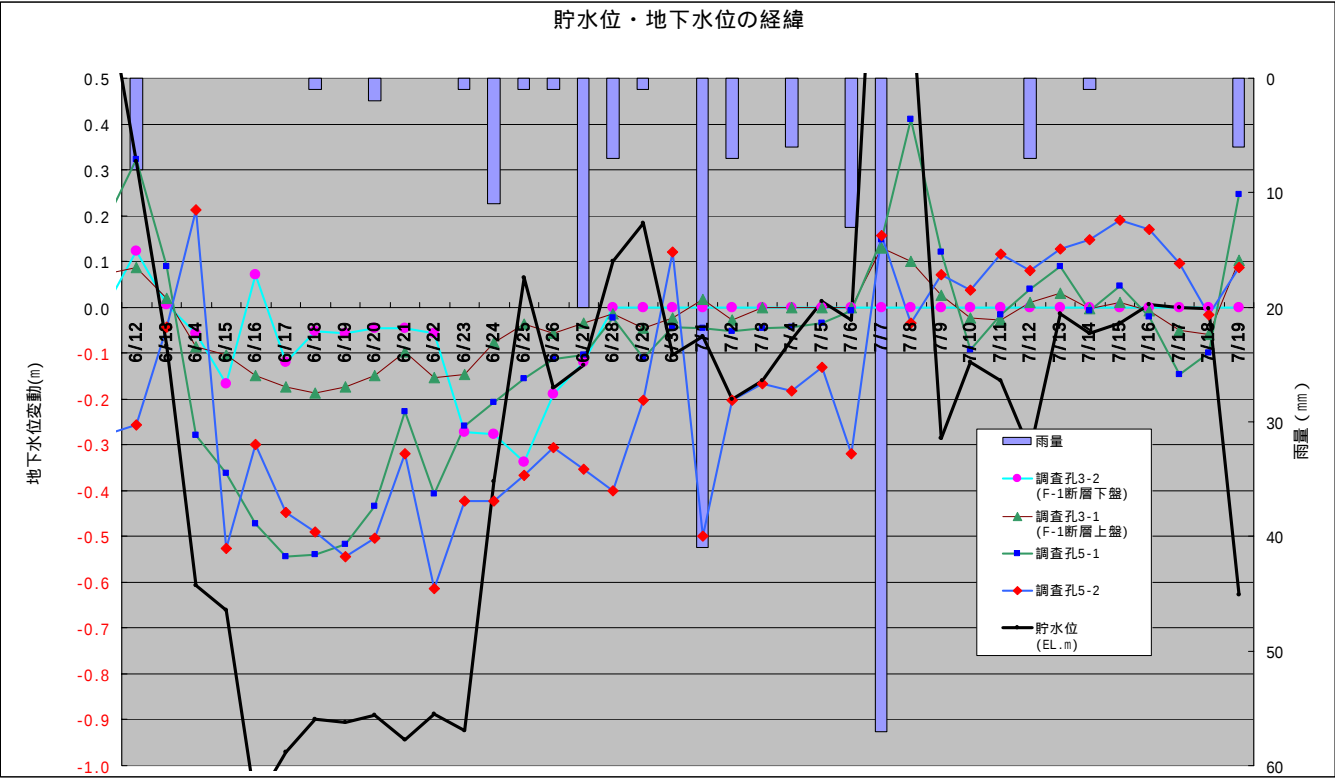


地下水位の縦断的経時変化

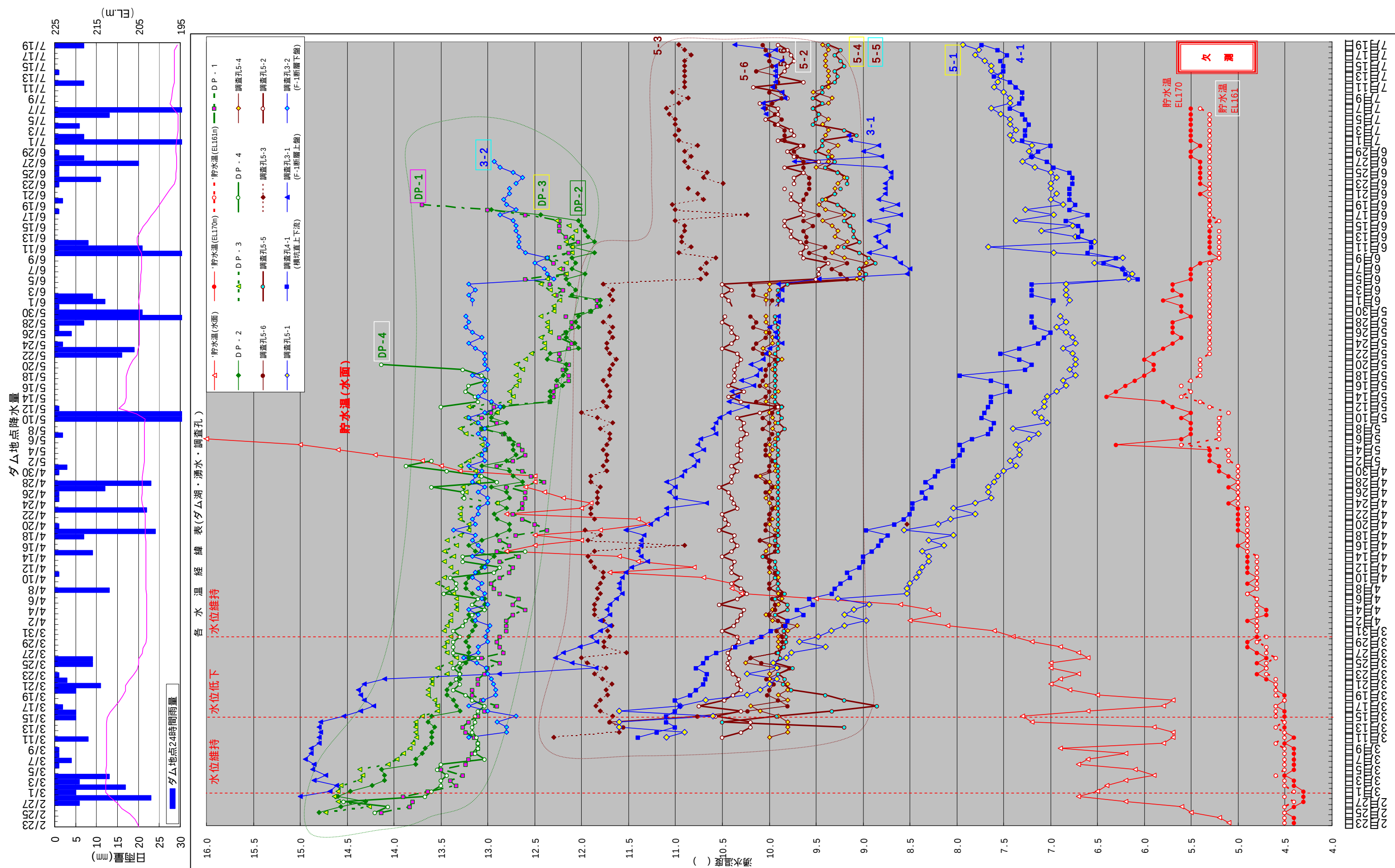


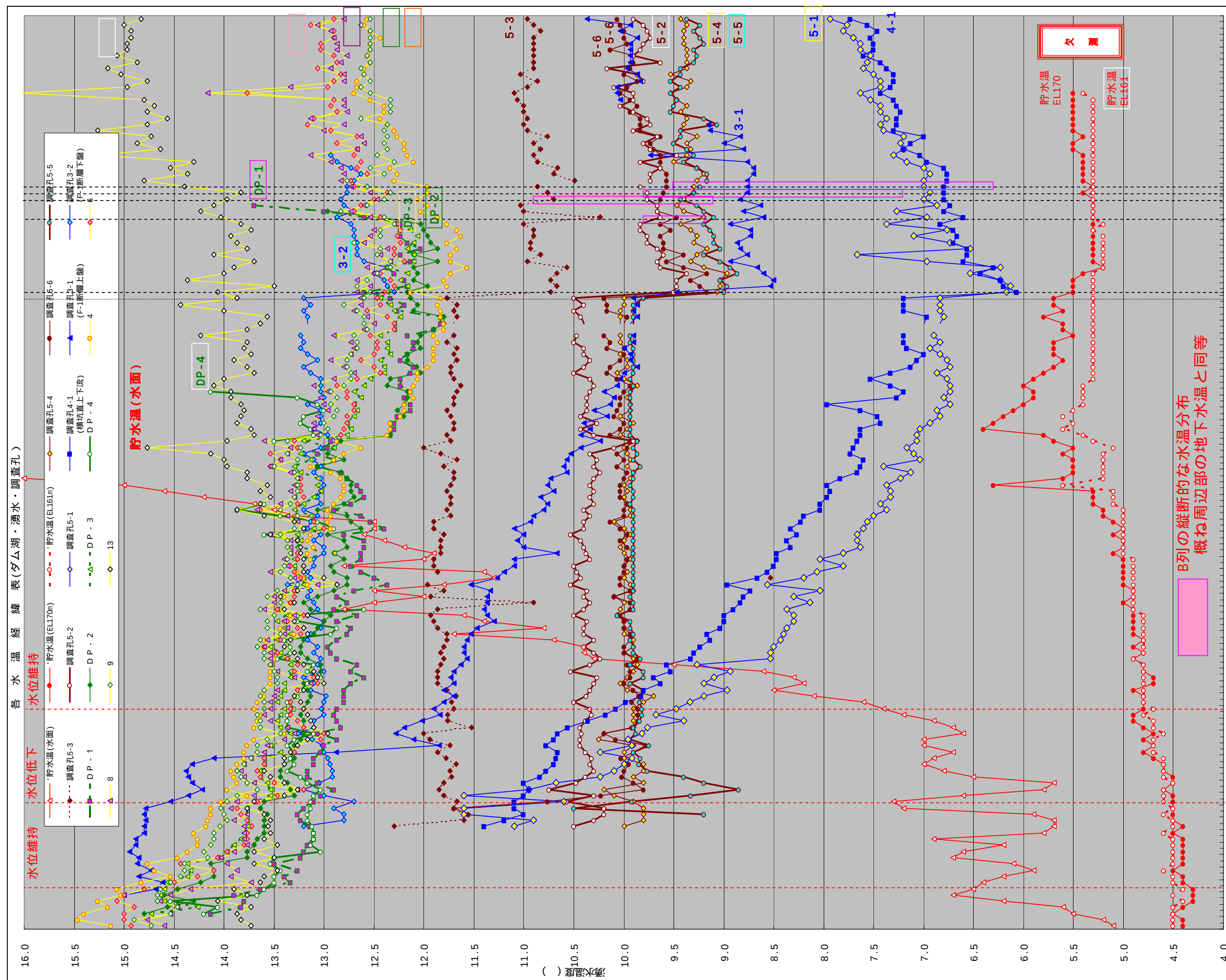
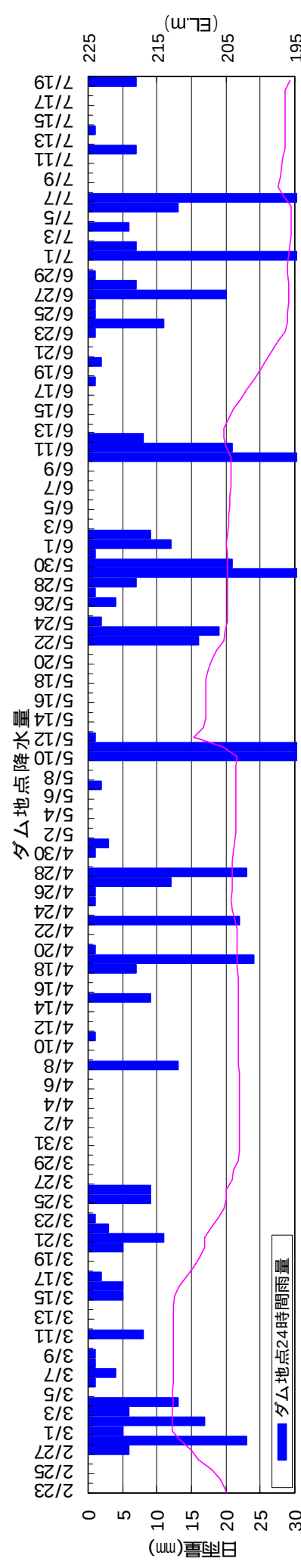
【地下水位からの推定】

- 地下水位は、ダム天端以上の調査孔では変化がなく、調査孔 5-2, 5-1, 4-1 の挙動は貯水位と関係性が推定される。
- 湧水箇所も標高的に高い箇所は枯渇し、低い箇所のみから湧出している状況であり、ダム左岸下流地山地下水位が低下しているものと推定される。



2.3 湧水温、調査孔内水温の経時変化

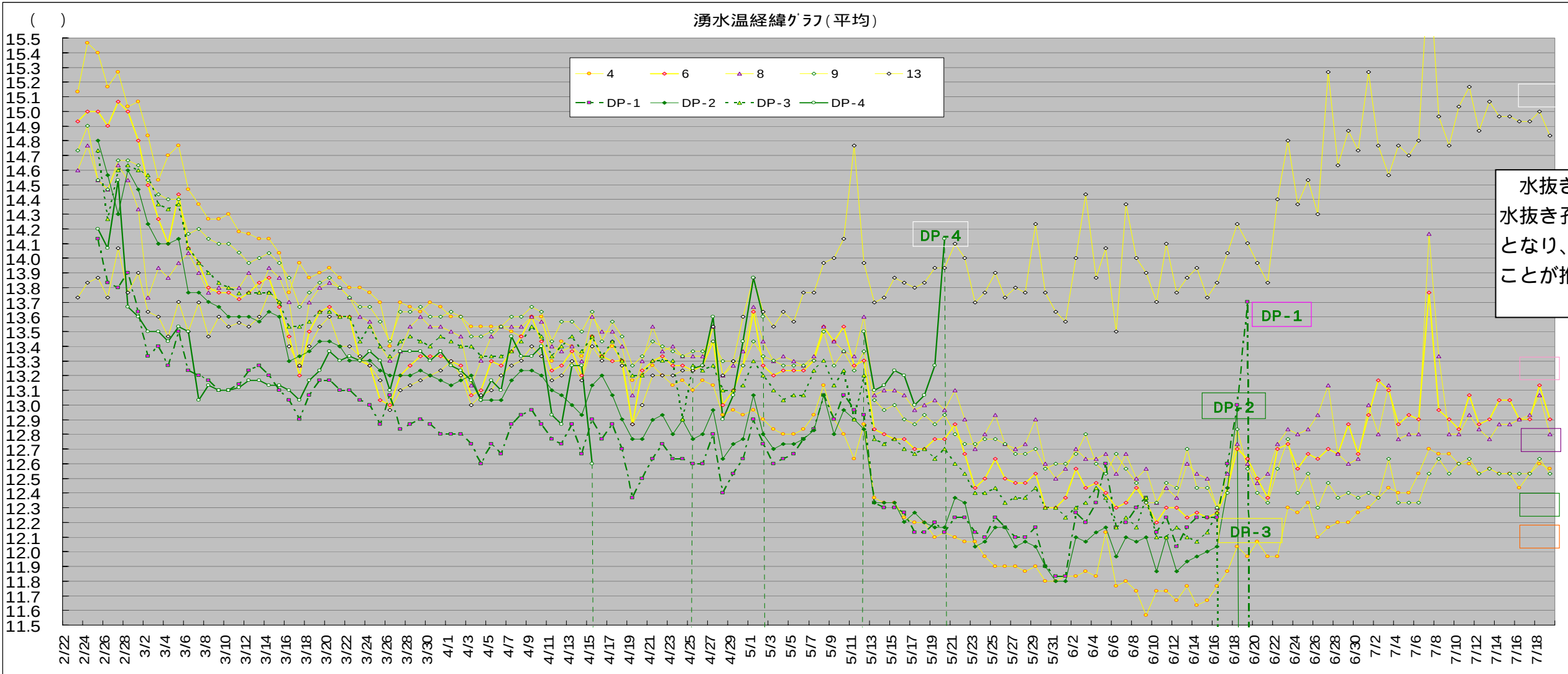




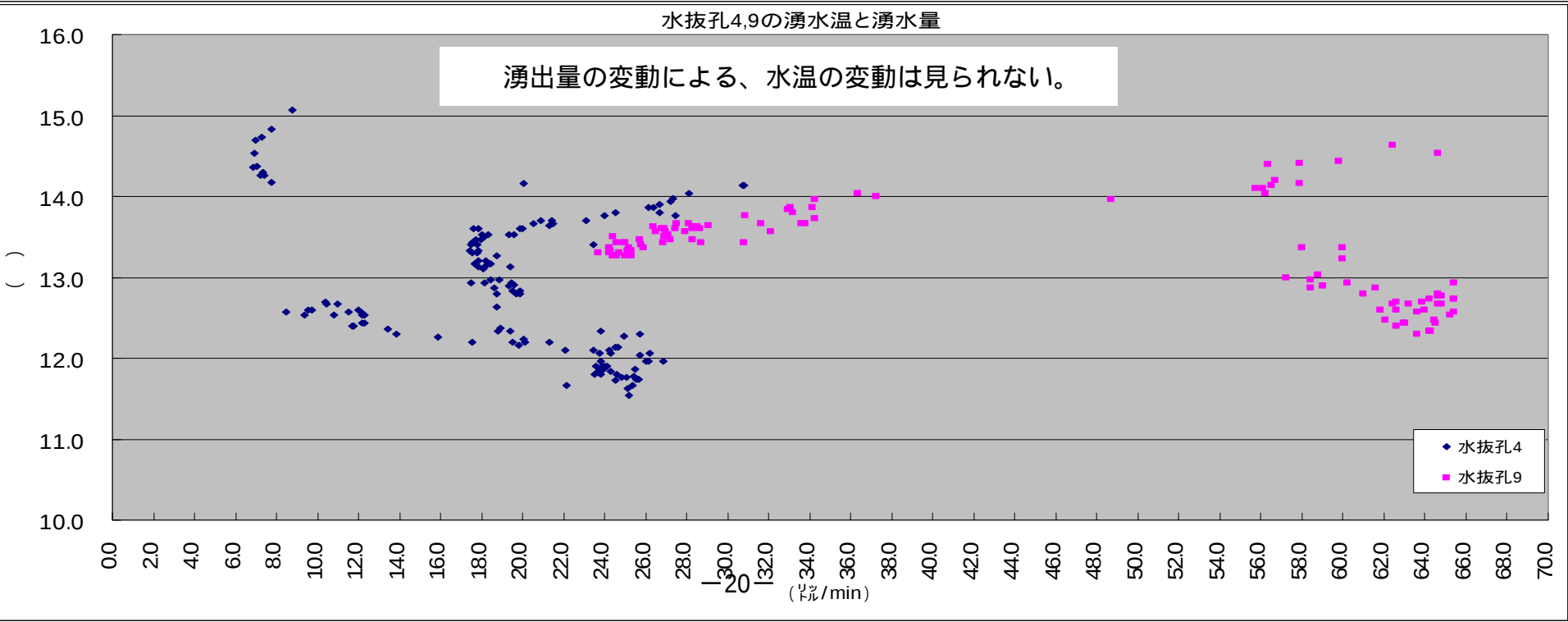
6月12日からの制限水位への貯水位低下による湧水温の経緯

D P孔が枯渇したことから、D P孔と湧出している水抜き孔の湧水温を示す。

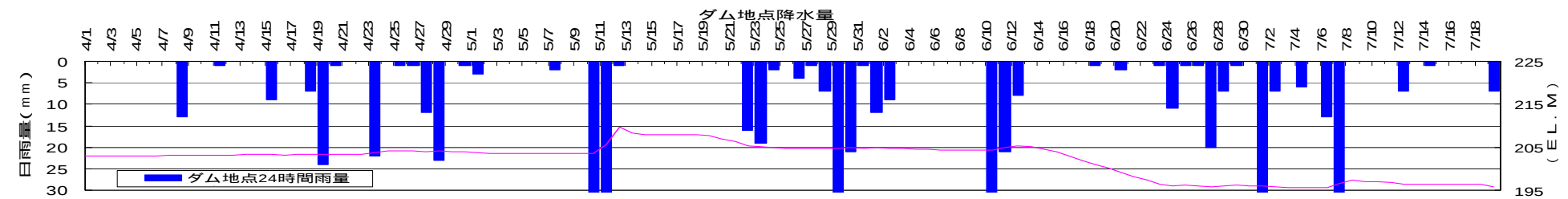
水抜き孔は、法面からの湧水を集水していることから、外気温の影響を受けている可能性がある。



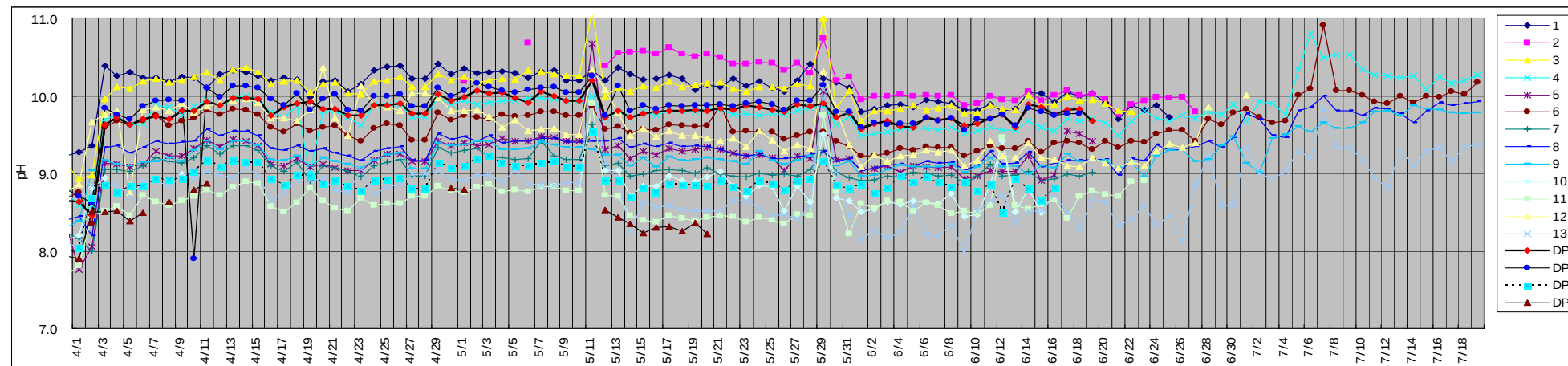
主要湧水箇所である
水抜き孔 4 , 9 の湧水量
と湧水温の分布



2.4 水質の経時変化

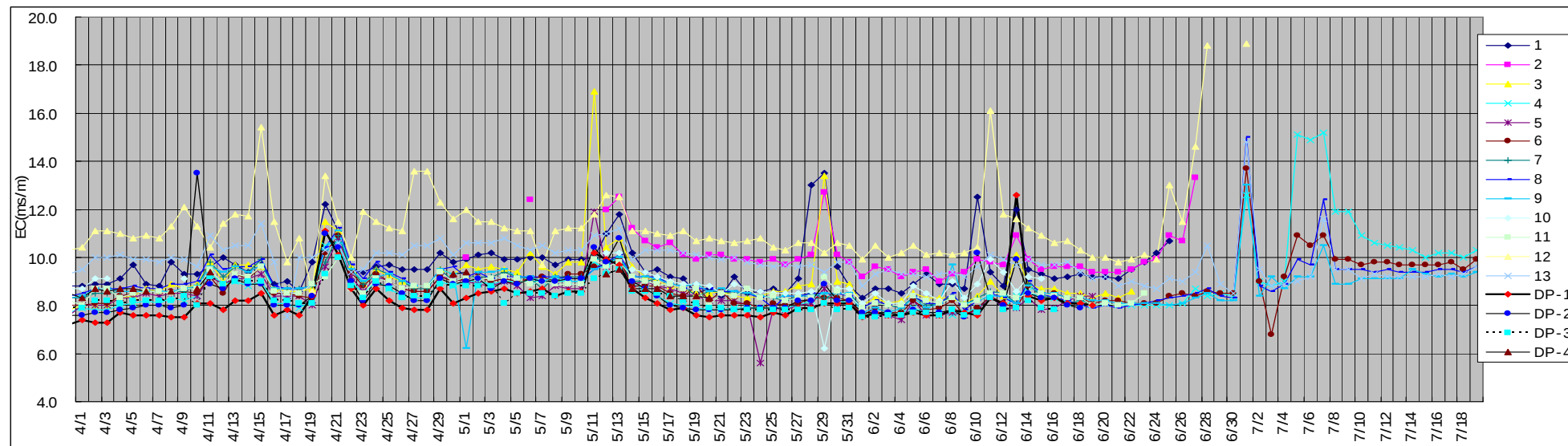


BL7左岸法面湧水関係（pH）



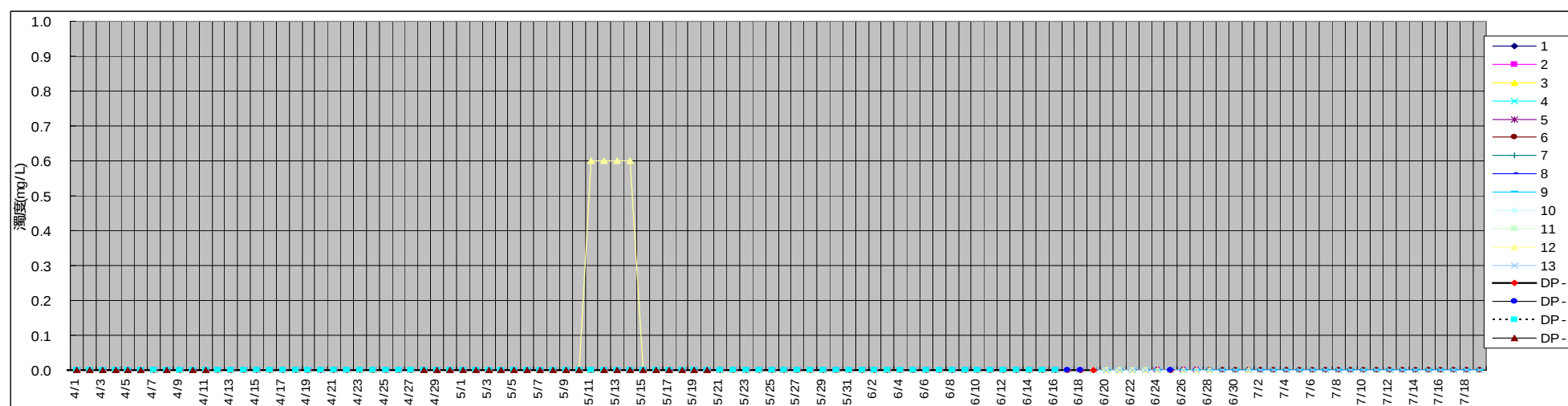
- ・湧水はP H値が8～10程度であり、アルカリ性を示す。
- また、降雨によりP H値は上昇傾向を示す。
- ・6月下旬から数値が上昇傾向である。

BL7左岸法面湧水関係（EC）



- ・電気伝導度は8～10ms/mで概ね推移している。
- ・水抜き孔2，3，12，13は10～12ms/mと高い値を示す。
- また、降雨により上昇傾向を示す。

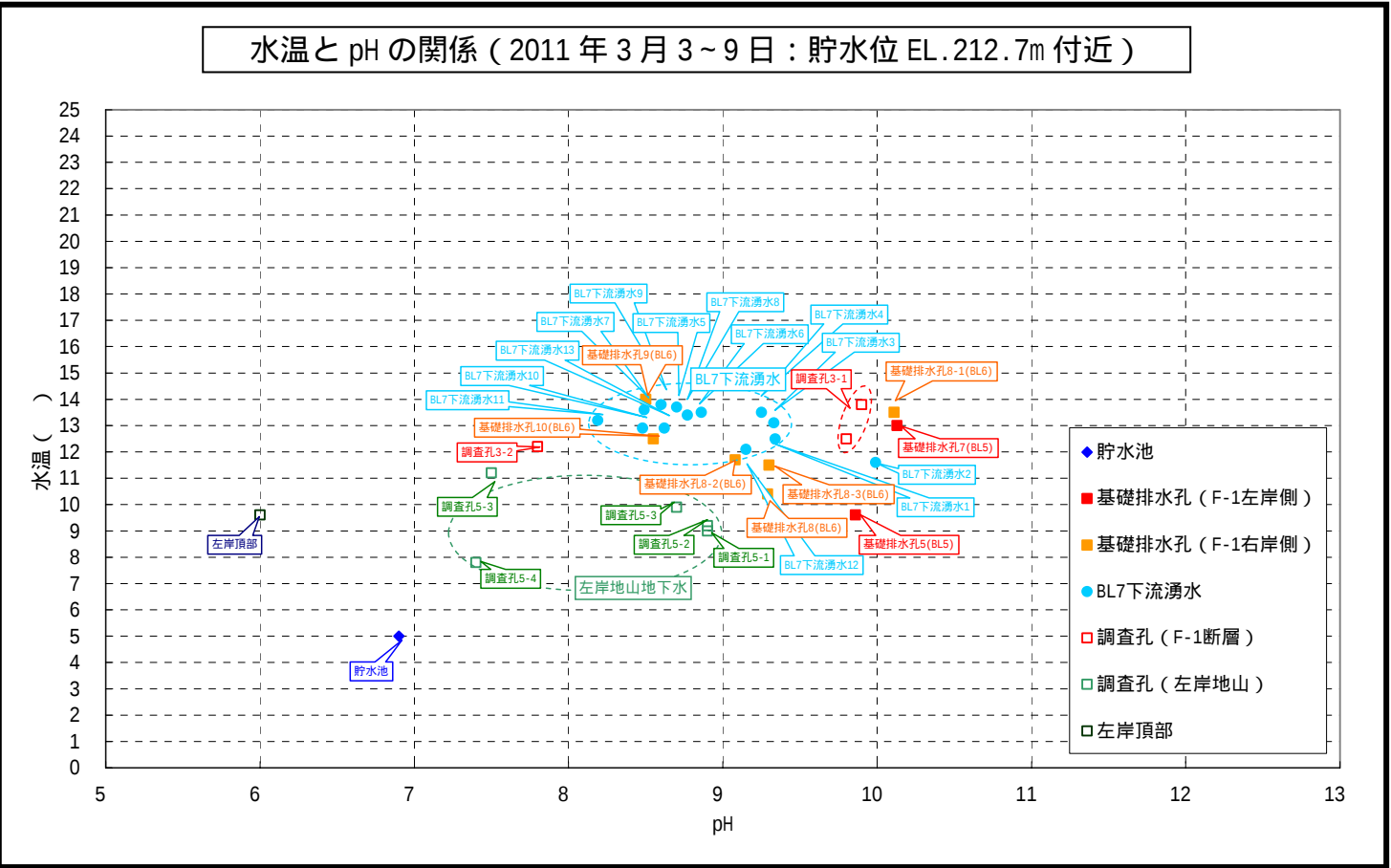
BL7左岸法面湧水関係（濁度）



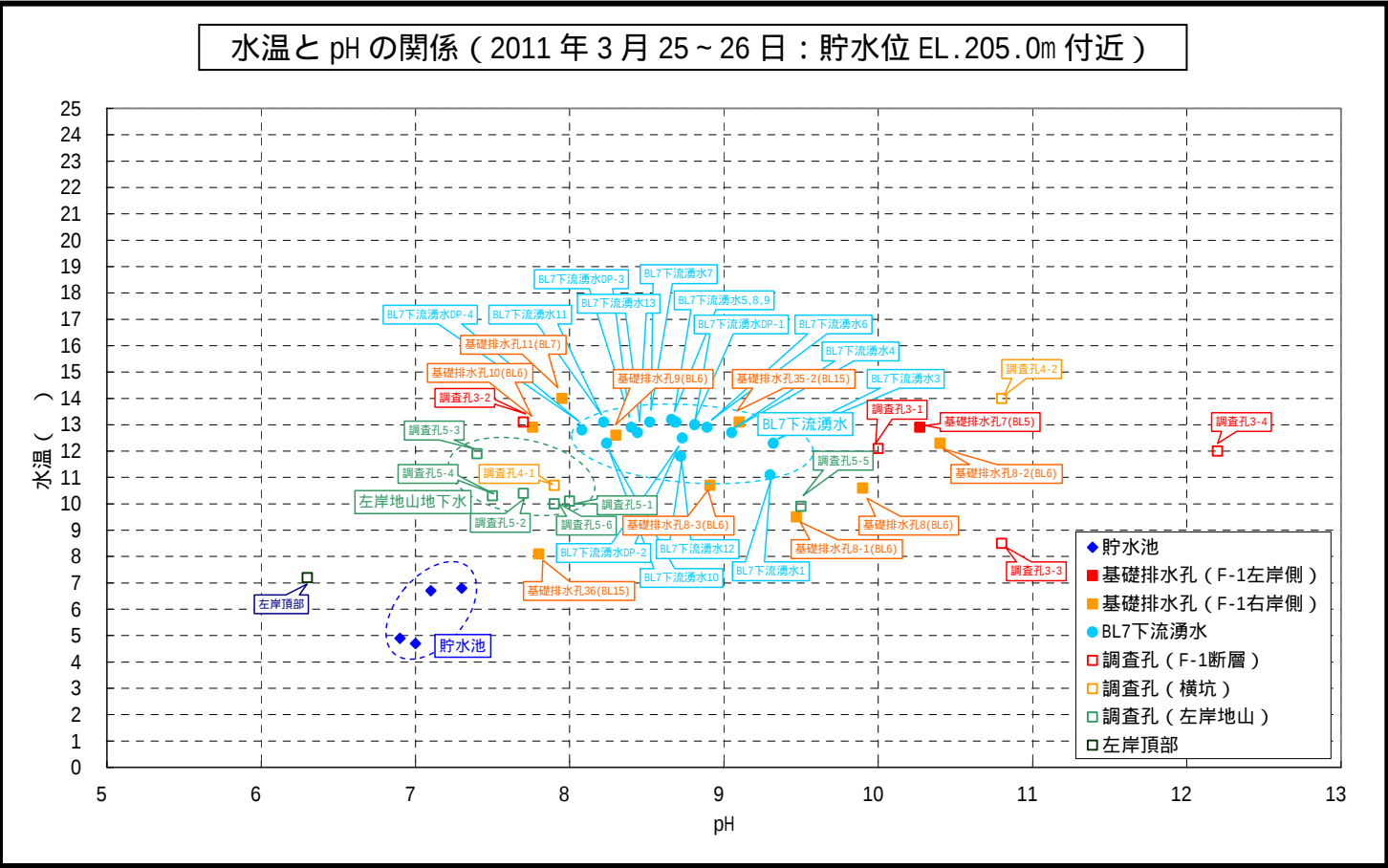
- ・湧水には、濁りがない。
- ・唯一、水抜き孔3から濁りを検出している。
- これは、5月11日の降雨(尾原ダム地点167mm)による表面水の影響と考えられる。

2.5 水質分析結果

- ・ 貯水池の水は、水温 6 前後、pH7 前後である。
- ・ BL7 下流湧水は、水温 13 前後、pH9 前後であり、貯水池水より水温、pH 共に高い傾向にある。
- ・ 左岸地下水（調査孔 5-1～5-6）は、水温、pH が貯水池より高く、BL7 下流湧水より低い傾向にあり、貯水池と BL7 下流湧水の中間の傾向を示している。
- ・ 基礎排水孔水の内、9～11（BL6,7）については、BL7 下流湧水と類似した傾向にある。
- ・ 継ぎ目排水は、BL7 下流湧水と異なり、水温が低いもしくは pH が高い傾向にある。
- ・ 上記の傾向は、貯水位の降下（EL.212.7m→EL.205.0m）後も概ね変化はない。
- ・ 7月6日のデータでは、調査孔 3-1、4-1、5-1 は、BL7 下流湧水より水温が低くなり、pH が高くなった。
- ・ BL7 下流湧水の pH は、F-1 断層に近い右岸側（DP-3 側）から左岸側（DP-1 側）に向けて高くなる傾向にある。

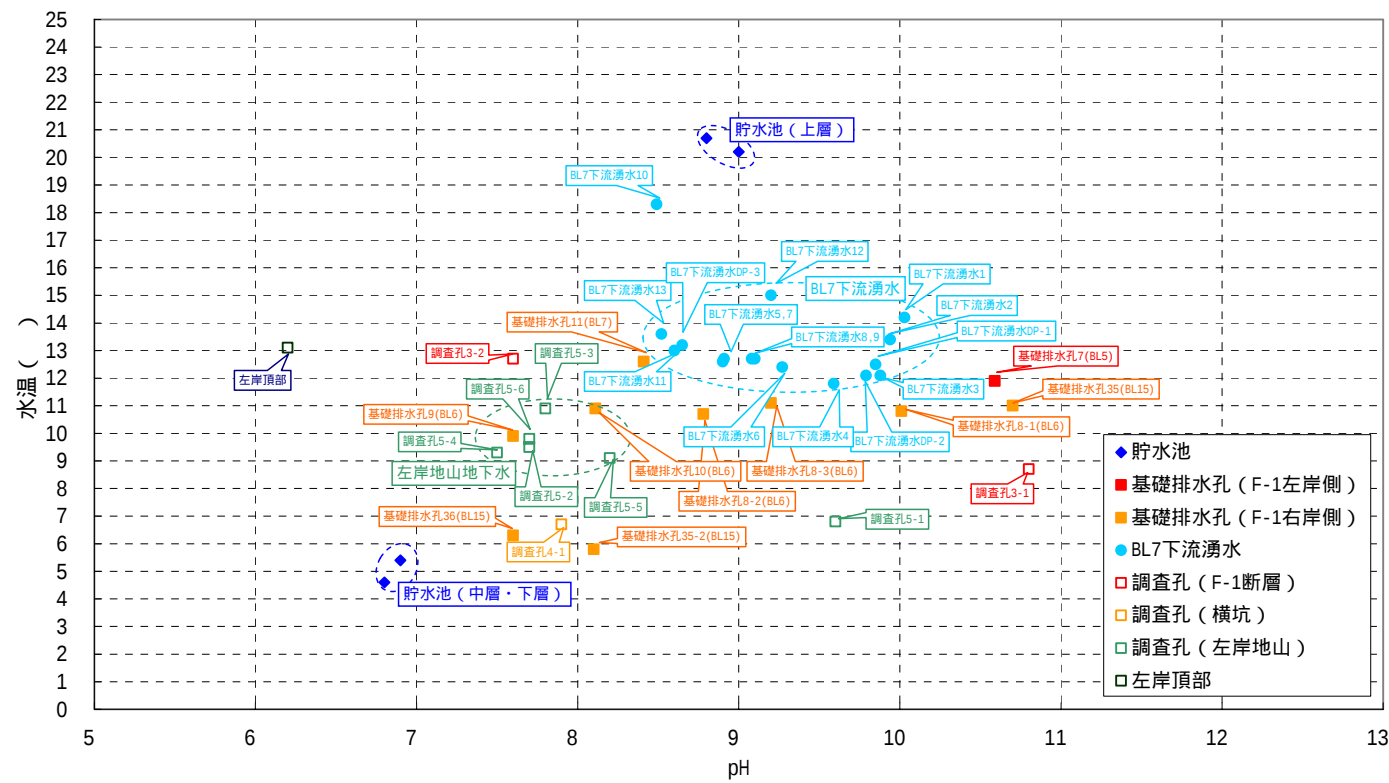


BL7 下流湧水 DP-1～DP-4（水抜孔）は、施工前につきデータなし。



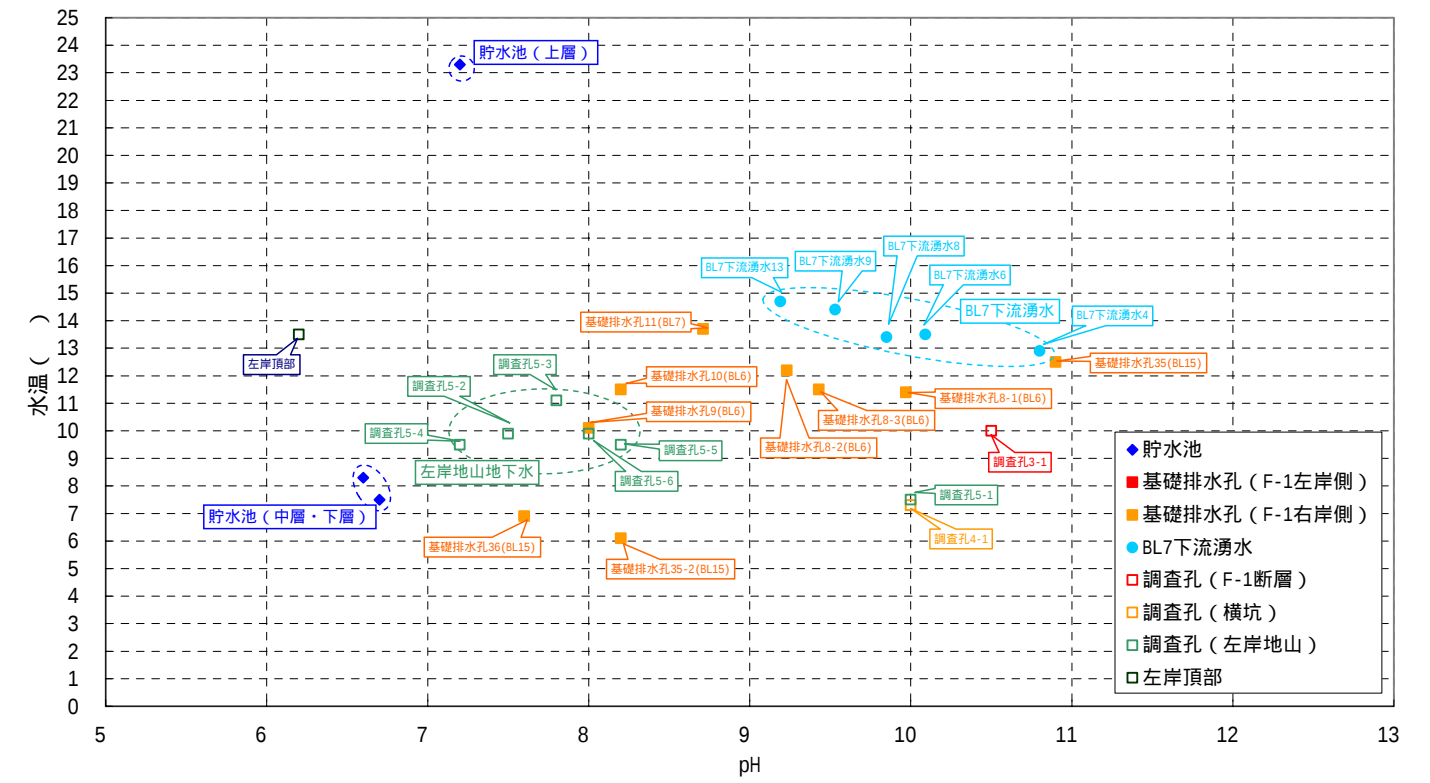
BL7 下流湧水 2 は、欠測。

水温と pH の関係（2011 年 6 月 15 日：貯水位 EL.203.0m 付近）



BL7 下流湧水 DP-4 (水抜孔) は、枯渇したため欠測。

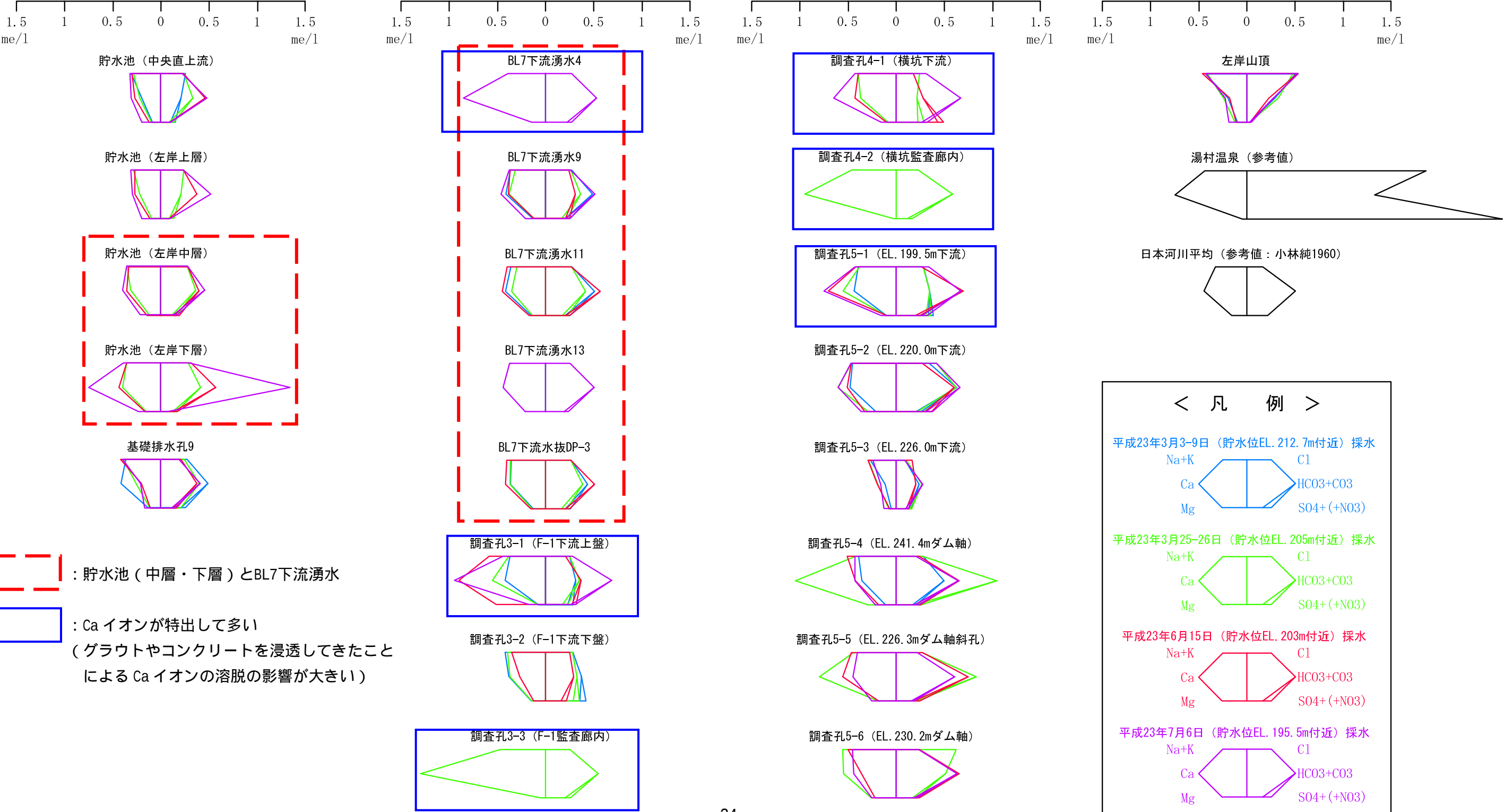
水温と pH の関係（2011 年 7 月 6 日：貯水位 EL.195.5m 付近）



BL7 下流湧水 1,2,3,5,7,10,11,12 および DP-1 ~ DP-4 (水抜孔) は、枯渇したため欠測。

- ・ BL7 下流湧水は、イオン分析からは、河川水に近く、貯水池水(特に中層・と7月6日以外の下層)と類似している。
- ・ BL7 下流湧水や貯水池水は、溶存成分が少ない。
- ・ BL7 下流湧水 4、調査孔 3-1,4-1,5-1 は、カルシウム (Ca) イオンが多い傾向が認められ、調査およびグラウトやコンクリート部の浸透の影響が推定される。
- ・ 貯水池や BL7 下流湧水、調査孔 3-1,4-1,5-1 に重炭酸 (HC03) イオン、炭酸 (C03) イオンの増加傾向が認められる。

イオン分析：ヘキサダイアグラム
(地下水の溶存成分(溶存イオン)を図で表現する方法)

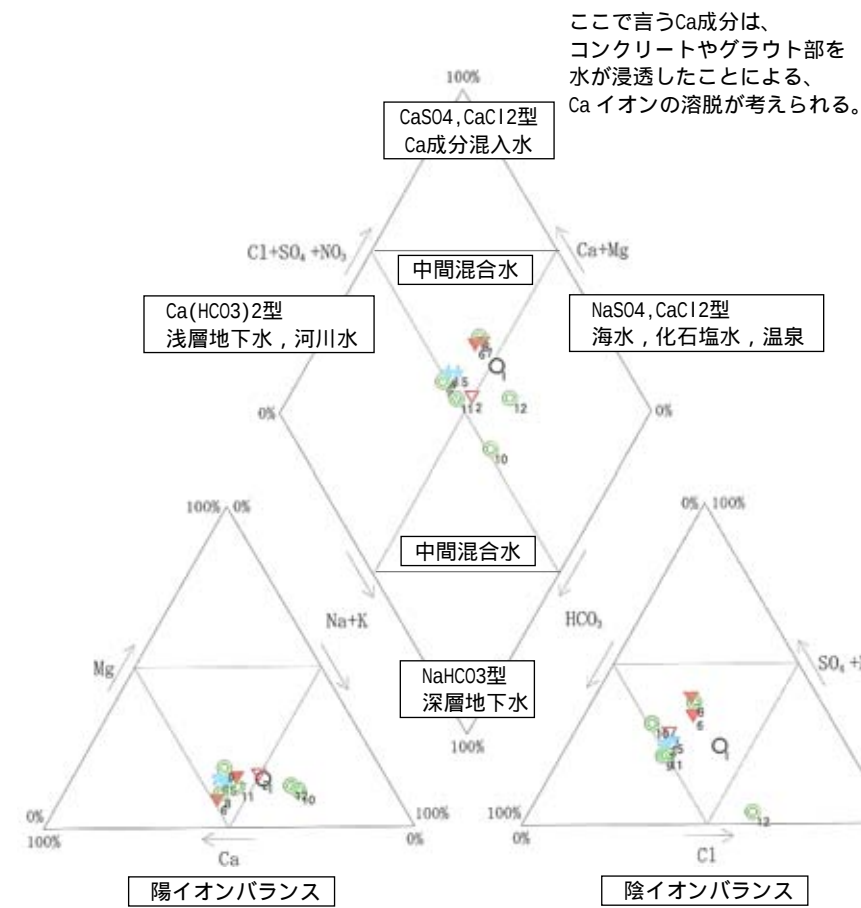


- ・ BL7下流湧水や貯水池（中層、下層）の水は、左岸天端以上の調査孔（5-2,5-3,5-4,5-5,5-6）、左岸山頂や調査孔4-1,5-1とは異なる。

イオン分析：トリリニアダイアグラム

（溶存成分（溶存イオン）の濃度そのものでなく、溶存比（成分比）の特徴を表示する方法）

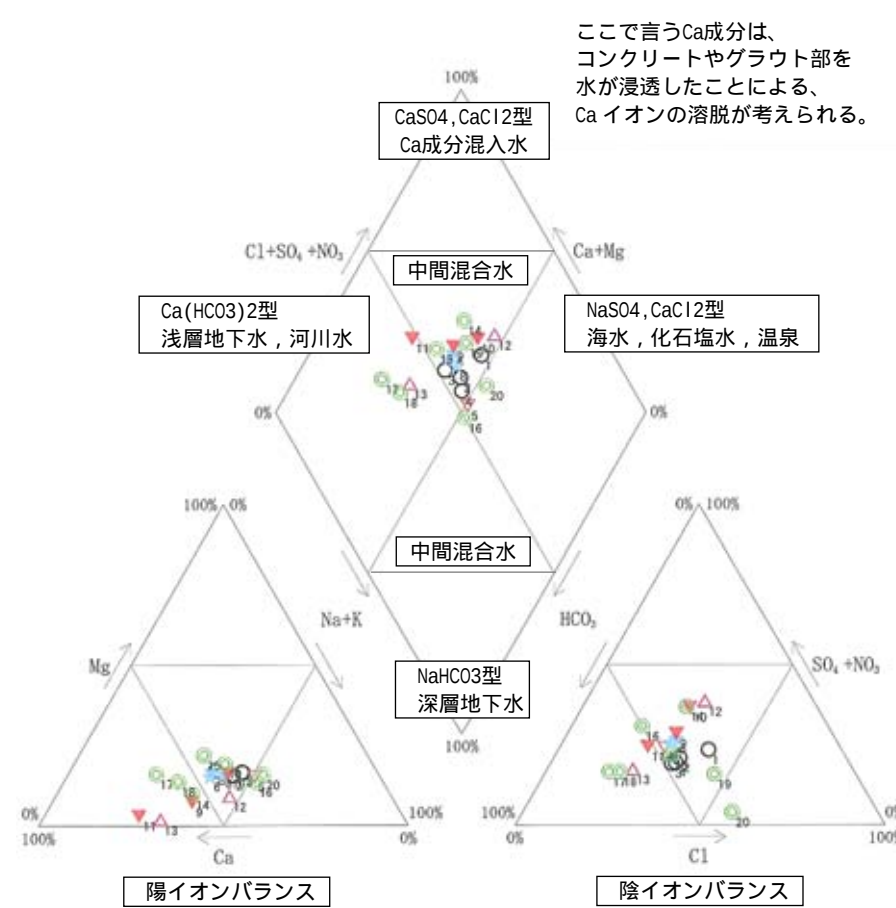
2011年3月3～9日（貯水位 EL.212.7m 付近）採水



< 凡例 >

- 1 : 貯水池（左岸上層）
- 2 : 基礎排水孔9
- 3 : BL7下流湧水9
- 4 : BL7下流湧水11
- 5 : BL7下流水抜DP-3
- ▼ 6 : 調査孔3-1（F-1断層下流上盤）
- ▼ 7 : 調査孔3-2（F-1断層下流下盤）
- 8 : 調査孔5-1（EL.199.5m下流）
- 9 : 調査孔5-2（EL.220.0m下流）
- 10 : 調査孔5-3（EL.226.0m下流）
- 11 : 調査孔5-4（EL.241.4mダム軸）
- 12 : 左岸山頂

2011年3月25～26日（貯水位 EL.205m 付近）採水



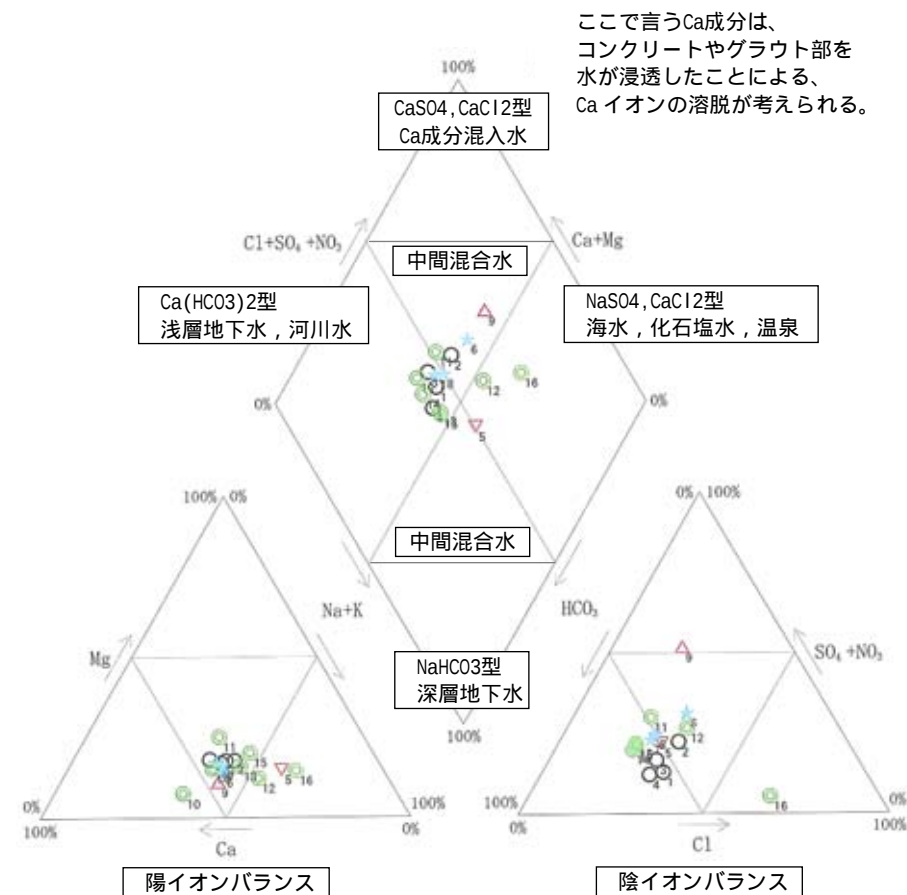
< 凡例 >

- 1 : 貯水池（左岸上層）
- 2 : 貯水池（左岸中層）
- 3 : 貯水池（左岸下層）
- 4 : 貯水池（中央直上流）
- 5 : 基礎排水孔9
- 6 : BL7下流湧水9
- 7 : BL7下流湧水11
- 8 : BL7下流水抜DP-3
- ▼ 9 : 調査孔3-1（F-1断層下流上盤）
- ▼ 10 : 調査孔3-2（F-1断層下流下盤）
- ▼ 11 : 調査孔3-3（F-1断層監査廊内）
- 12 : 調査孔4-1（横坑下流）
- 13 : 調査孔4-2（横坑監査廊内）
- 14 : 調査孔5-1（EL.199.5m下流）
- 15 : 調査孔5-2（EL.220.0m下流）
- 16 : 調査孔5-3（EL.226.0m下流）
- 17 : 調査孔5-4（EL.241.4mダム軸）
- 18 : 調査孔5-5（EL.226.3mダム軸斜孔）
- 19 : 調査孔5-6（EL.230.2mダム軸）
- 20 : 左岸山頂

イオン分析：トリリニアダイアグラム

(溶存成分(溶存イオン)の濃度そのものでなく、溶存比(成分比)の特徴を表示する方法)

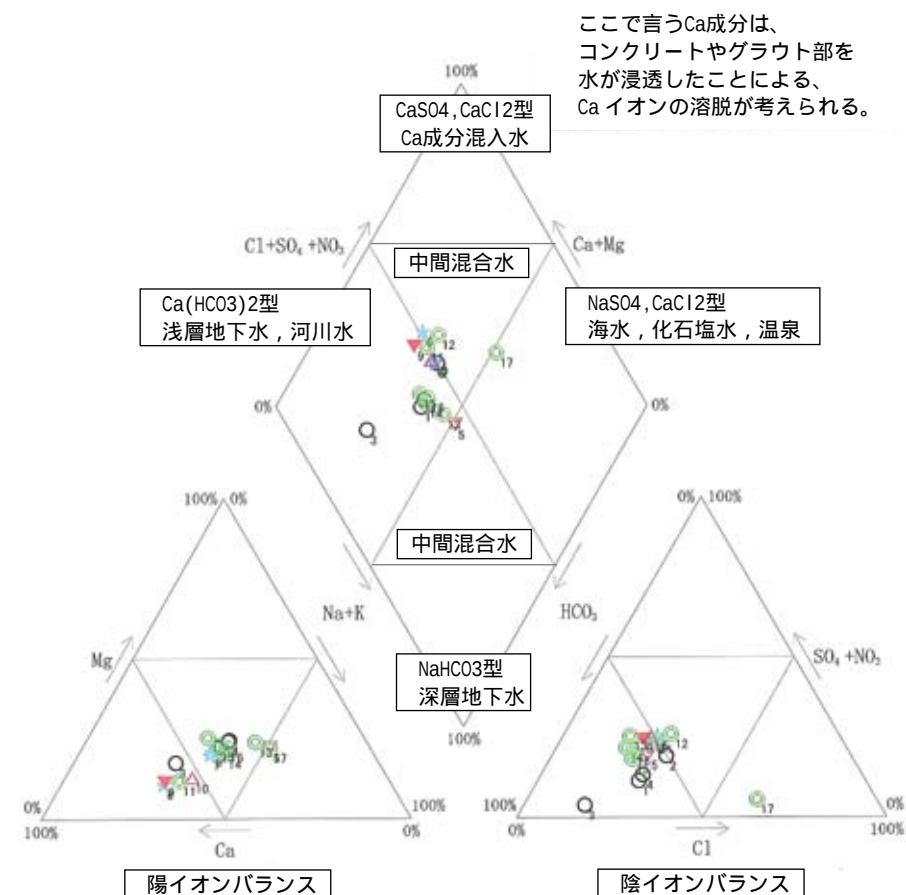
2011年6月15日(貯水位 EL.203m 付近) 採水



< 凡例 >

- | | |
|------------------|-----------------------------|
| ○ 1 : 貯水池(左岸上層) | 10 : 調査孔5-1(EL.199.5m下流) |
| ○ 2 : 貯水池(左岸中層) | 11 : 調査孔5-2(EL.220.0m下流) |
| ○ 3 : 貯水池(左岸下層) | 12 : 調査孔5-3(EL.226.0m下流) |
| ○ 4 : 貯水池(中央直上流) | 13 : 調査孔5-4(EL.241.4mダム軸) |
| 5 : 基礎排水孔9 | 14 : 調査孔5-5(EL.226.3mダム軸斜孔) |
| 6 : BL7下流湧水9 | 15 : 調査孔5-6(EL.230.2mダム軸) |
| 7 : BL7下流湧水11 | 16 : 左岸山頂 |
| 8 : BL7下流水抜DP-3 | |
| 9 : 調査孔4-1(横坑下流) | |

2011年7月6日(貯水位 EL.195.5m 付近) 採水

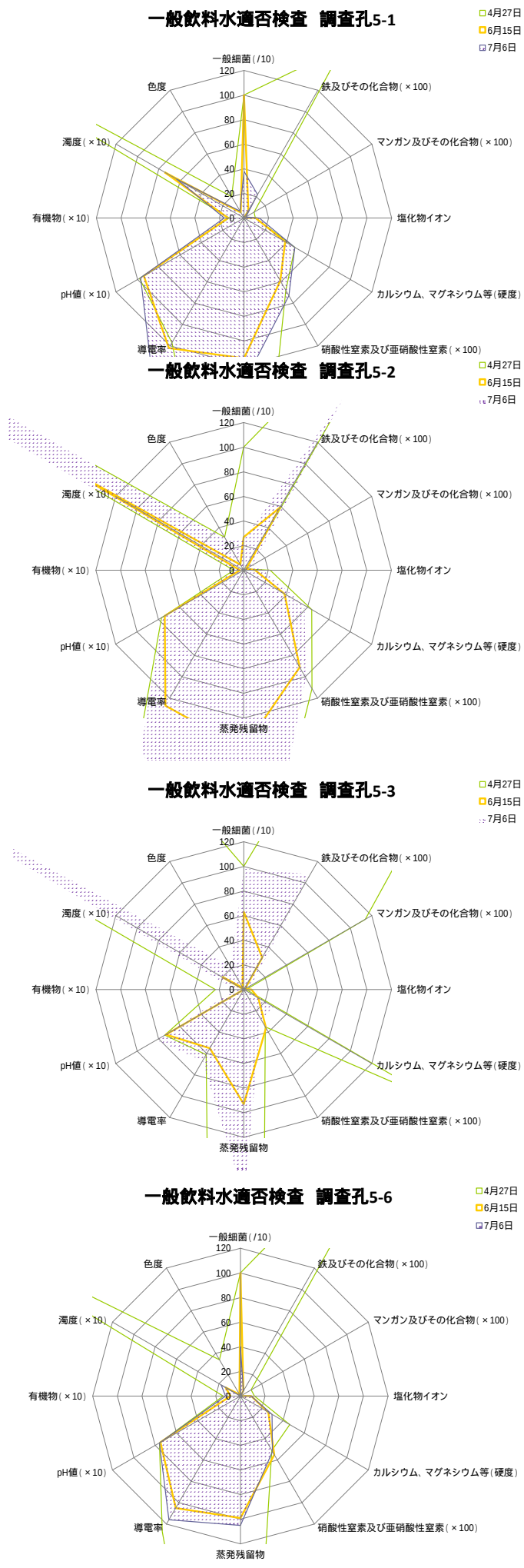
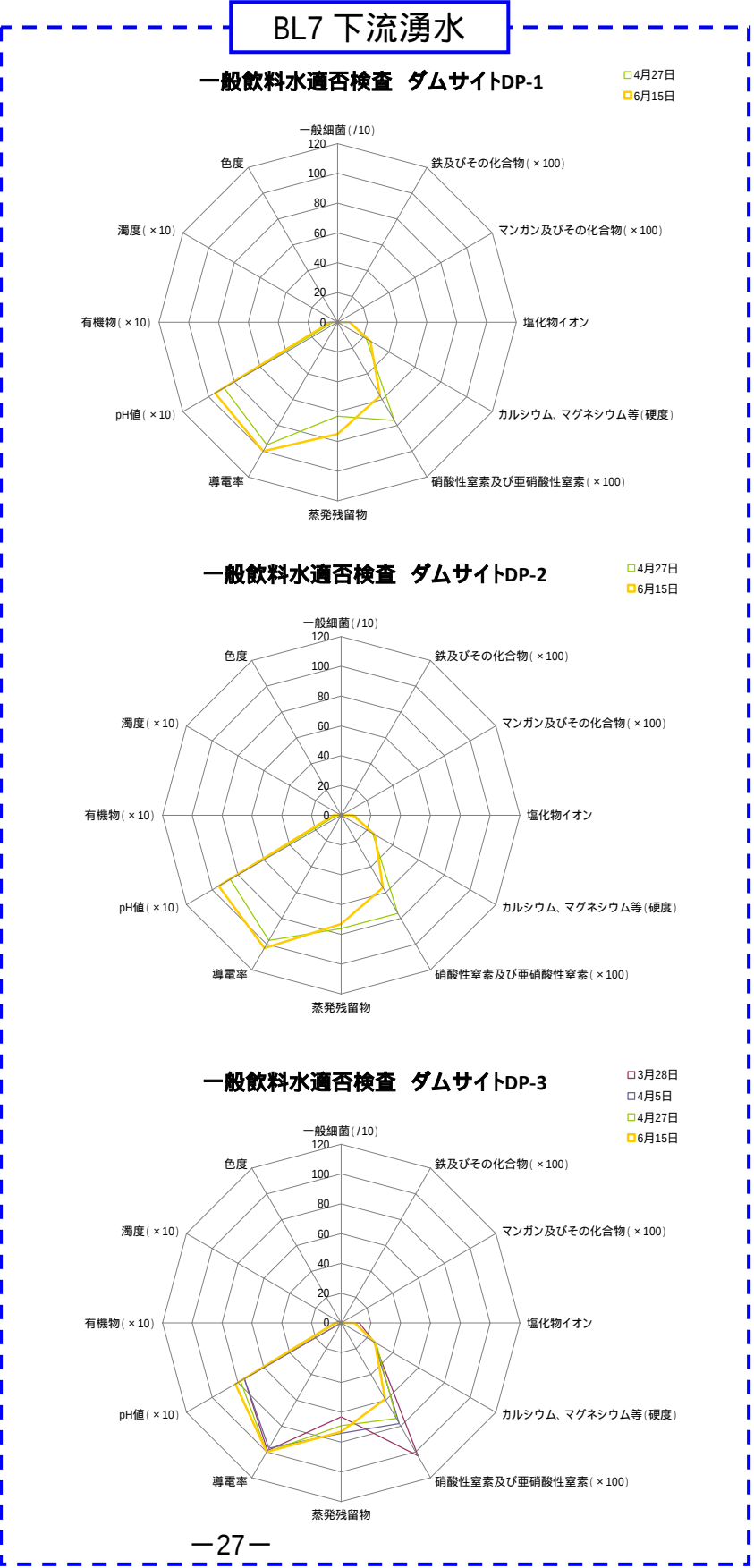
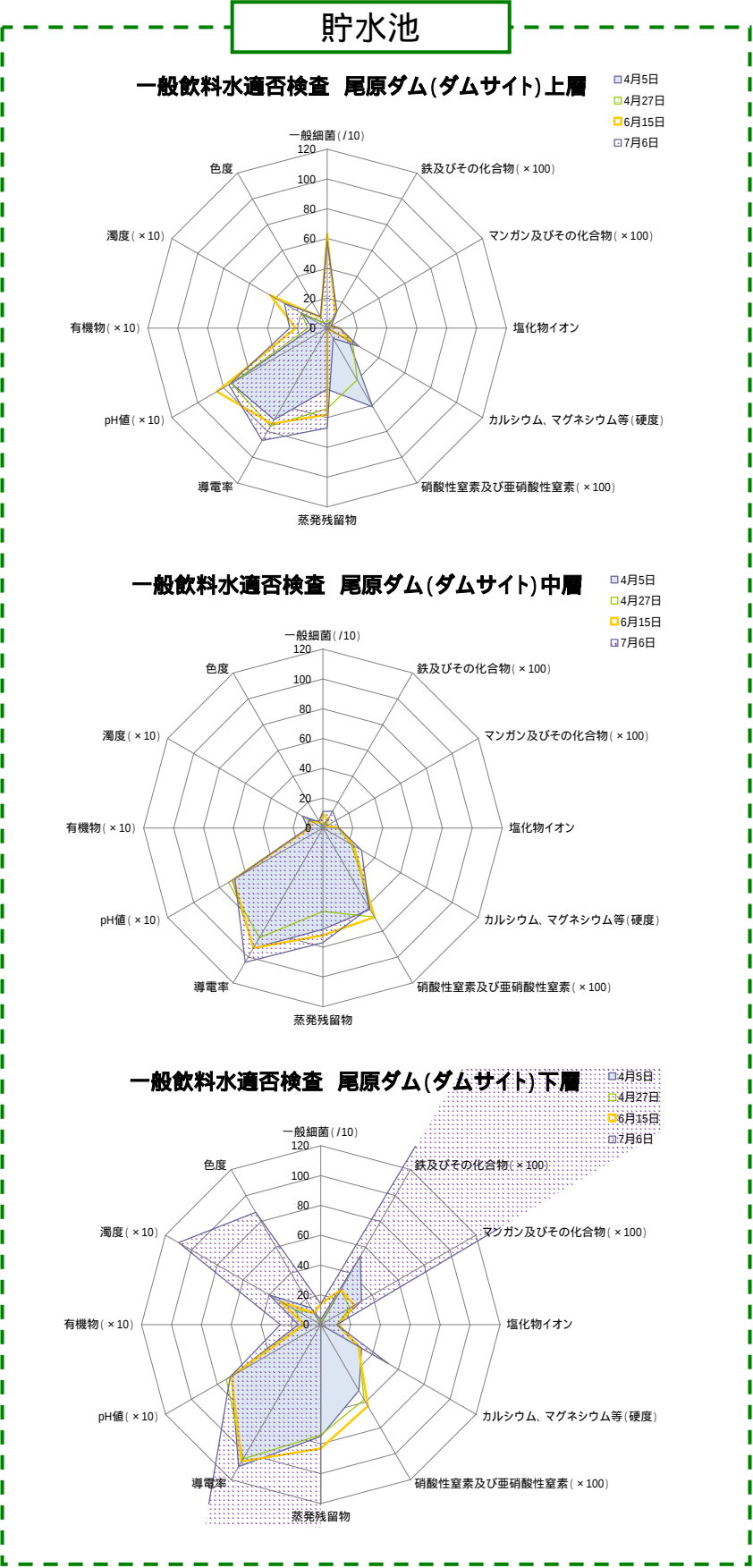


< 凡例 >

- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| ○ 1 : 貯水池(左岸上層) | 11 : 調査孔5-1(EL.199.5m下流) |
| ○ 2 : 貯水池(左岸中層) | 12 : 調査孔5-2(EL.220.0m下流) |
| ○ 3 : 貯水池(左岸下層) | 13 : 調査孔5-3(EL.226.0m下流) |
| ○ 4 : 貯水池(中央直上流) | 14 : 調査孔5-4(EL.241.4mダム軸) |
| 5 : 基礎排水孔9 | 15 : 調査孔5-5(EL.226.3mダム軸斜孔) |
| 6 : BL7下流湧水4 | 16 : 調査孔5-6(EL.230.2mダム軸) |
| 7 : BL7下流湧水9 | 17 : 左岸山頂 |
| 8 : BL7下流湧水13 | |
| ▼ 9 : 調査孔3-1(F-1断層下流上盤) | |
| 10 : 調査孔4-1(横坑下流) | |

一般的飲料水質項目の試験

- 一般的飲料水質項目では、BL7 下流湧水は、左岸側の調査孔（調査孔 5-1,5-2,5-3,5-6）の水とは異なる。
- 一般的飲料水質項目では、湧水（DP-1～3）において、6月15日の試験において一般細菌が全く検出されていない。
湧水は、一般細菌がいないことから、地山表面の地下水及び貯水池の短い経路での水とは考えられない。



3 左岸BL7下流地山湧水要因調査

3.1 左岸 BL7 下流地山湧水要因調査の概要

左岸 BL7 下流地山湧水の要因を解明するため、湧水箇所での湧水量、湧水温および水質(pH、電気伝導度等)の計測を継続的に行うと共に、左岸 BL 7 下流地山湧水の発生源として、下記 8 経路を想定し調査を実施した。

仮説 1：ダム上流面（堤体上流面・ダムサイト法枠工）からの経路

仮説 2：ダム堤体着岩部からの経路

仮説 3：BL7 F-1 断層からの経路

仮説 4：左岸花崗岩部(浅部)からの経路

仮説 5：調査横坑からの経路

仮説 6：ダムサイト左岸リム部からの経路

仮説 7：左岸下流地山地下水からの経路

仮説 8：左岸花崗岩部(深部)からの経路

各仮説に対して、第 1 回委員会にてしぼり込みを行い、抽出された仮説 3，4，7，8 について再整理を実施した。

調査目的		調査方法・内容			対象ボーリングなど
仮説 1	ダム上流面(堤体上流面・ダムサイト法枠工)からの経路を確認する調査		潜水調査	打ち継ぎ目(横継目, 水平打継目)からの吸い込み・亀裂調査。 貯水池上流法枠工等からの吸い込み・亀裂調査	-
			堤体直上流法面の法枠の水抜き孔閉塞	堤体上流法面の水抜き孔閉塞し、湧水箇所での湧水量の増減を調査	
			船上目視調査	ダム貯水位低下時に JL11 より左岸側の堤体上流面を目視調査	
仮説 2	ダム堤体着岩部からの経路を確認する調査		トレーサー試験	F-1 断層左岸側に位置する基礎排水孔(No2～6, No.8)からフローレッセンを投入し、湧水箇所での反応の有無を調査	-
仮説 3	BL7 F-1 断層からの経路を確認する調査		地下水位確認調査	F-1 断層を挟んで上盤側と下盤側でボーリング調査を実施し、地下水位を調査	調査孔 3-1, 3-2
			F-1 断層周辺のボーリング調査	F-1 断層周辺の地質・岩盤性状, 透水性を調査	調査孔 3-3, 3-4
			トレーサー試験	調査孔 3-3, 3-4 にフローレッセンを投入し、湧水箇所での反応の有無を調査	
仮説 4	左岸花崗岩部(浅部)からの経路を確認する調査		ボーリング調査	調査孔 3-3 を延長して、花崗岩深部の地質・岩盤性状, 透水性を調査	調査孔 3-3
			ボーリング調査	カーテンライン直下流の上流フーチングから調査を実施し、地質・岩盤性状, 透水性を調査	B-2～B-4 孔
			トレーサー試験	調査孔 3-3, B-3, B-4 の深部でフローレッセンを投入し、湧水箇所での反応の有無を調査	調査孔 3-3 B-3, B-4
仮説 5	調査横坑からの経路を確認する調査		ボーリング調査	既存調査横坑を貫通させ、横坑上・下盤の地質・岩盤状況、透水性を調査	調査孔 4-1～4-3
			ボアホールカメラ観察	閉塞コンクリートと横坑直上、直下の岩盤との密着性を調査する	
			トレーサー試験	調査孔(4-1～4-3)にフローレッセンを投入し、湧水箇所での反応の有無を調査	
仮説 6	ダムサイト左岸リム部からの経路を確認する調査		ボーリング調査	左岸リム部から堤体部にかけての地下水位と透水性を確認する調査	調査孔 5-1～5-6 B-1, B-2
			ボアホールカメラ観察	地山内の割れ目性状、開口の有無を調査	調査孔 5-5, 5-6
			トレーサー試験	調査孔(5-1, 5-5, 5-6)にフローレッセンを投入し、湧水箇所での反応の有無を調査	調査孔 5-1, 5-5, 5-6
仮説 7	左岸下流地山地下水からの経路を確認する調査		ダム下流地区井戸の水位変化調査	地下水位の経年変化を確認	全調査孔 基礎排水孔 継ぎ目排水孔 BL7 下流湧水部
			湧水箇所、ダム貯水池、地山地下水等の水質分析による調査	イオンバランスによる水質評価(ヘキサダイアグラム, トリリニアダイアグラム)	
				一般飲料水水質項目による調査	
				水質分析(水温・pH・電気伝導度)	
仮説 8	左岸花崗岩部(深部)からの経路を確認する調査		-	周辺地下水温に関する資料収集・整理	-

3.1.1 仮説3：BL7 F-1断層からの経路

【調査目的】

F-1断層の周辺部を局所的な漏水経路として想定し、湧水箇所への連通性を確認する調査を実施。

【調査方法】

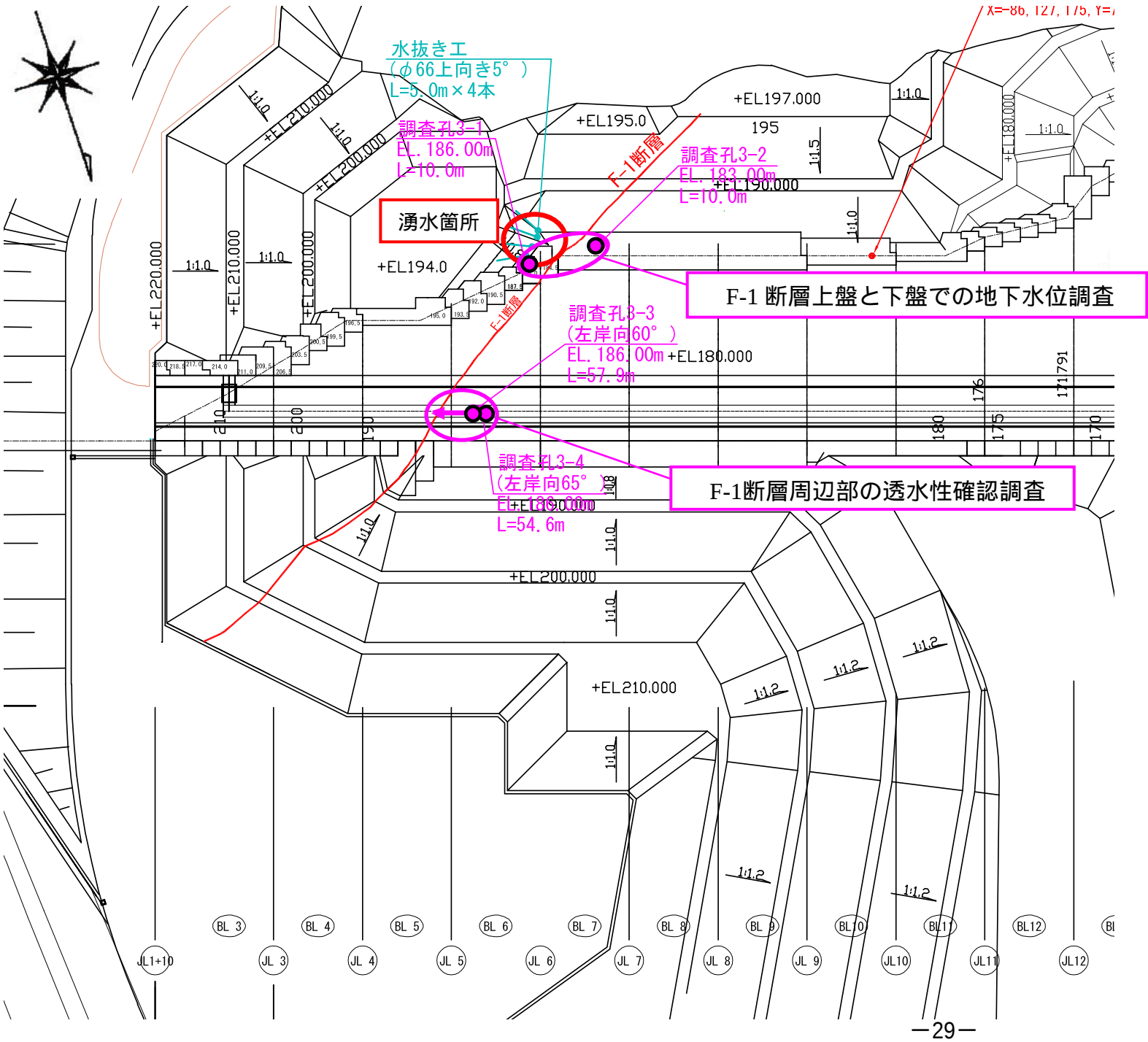
堤趾部下流で、F-1断層を挟む上盤と下盤での地下水位調査

・F-1断層の上盤（調査孔3-1）、下盤（調査孔3-2）にて10mのボーリングを実施

ダム軸付近で、F-1断層周辺部の透水性確認調査

・F-1断層に向け斜め（65°（3-3）、80°（3-4））に貫く、ボーリングを実施（調査孔3-3：58.0m、調査孔3-4：54.60m）

・調査孔3-3、調査孔3-4にトレーサー（フローレッセン）を注入し、湧水箇所で反応を調査。



【掘削面におけるF-1断層の性状】

- ・規模 粘土幅：10～100cm 破碎幅：70～250cm
- ・走向傾斜 N70°E 83°S（東北東 - 西南西走向 高角度左岸側傾斜）
- ・性状 白色および青灰色の変質粘土を厚く挟在する破碎帯。断層内に、閃緑岩と花崗岩、細粒花崗岩の地質境界が存在する。上盤側で湧水箇所が複数認められる。



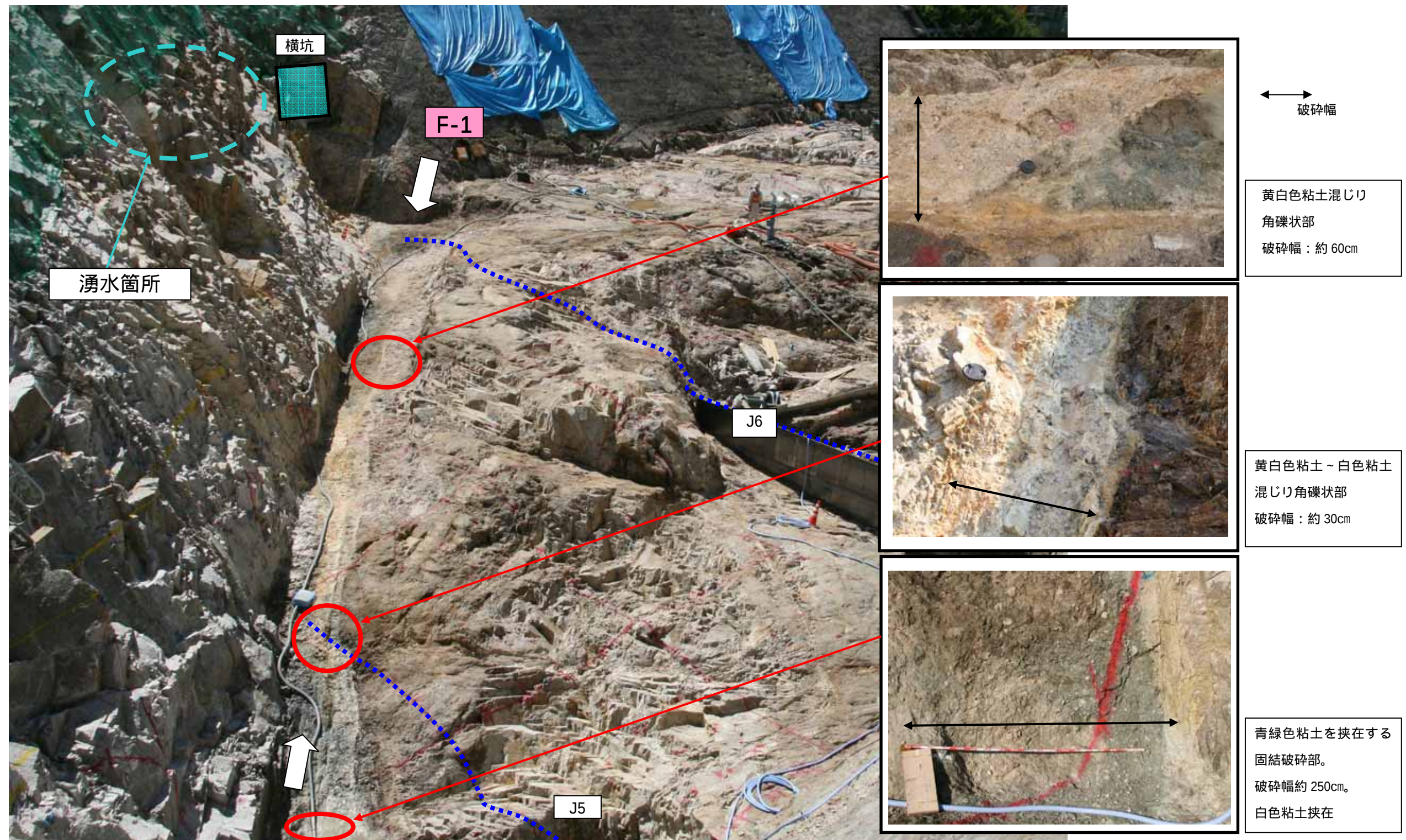
写真 F-1断層
（ダム軸側から堤趾方向を撮影）
上下流に堤敷き内を横断する。
F-1断層は減勢工下流側まで連続する。



写真 F-1断層
（堤体下流付近）
全体に変質を伴い、断層内部は、固結した礫混じり粘土を主体とする。

F-1 断層の性状について

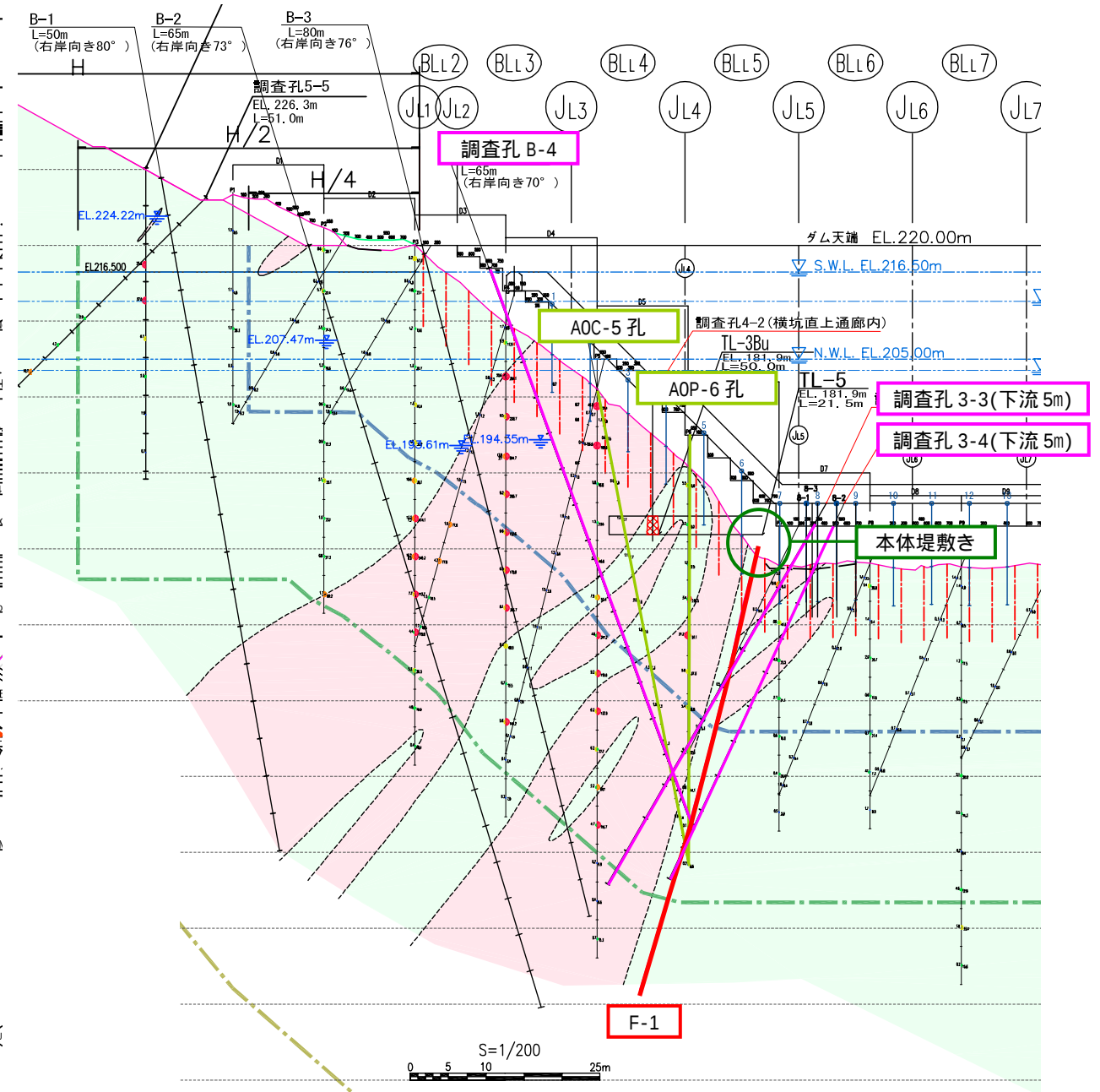
尾原ダム左岸に分布する F-1 断層は、東北東 - 西南西走向で堤敷き内上下流方向に連続する。幅 10～100cm の白色および青灰色の変質粘土を厚く挟在する破碎帯で、破碎幅は最大 2.5m 程度の断層である。F-1 断層主部は変質粘土を厚く挟在しており、難透水であるとみられる。



F-1 断層部の写真

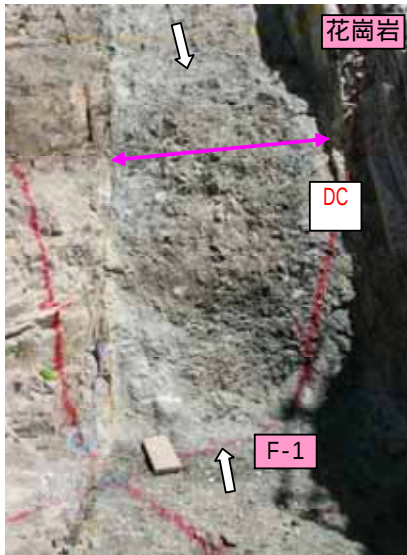
(基礎掘削時：ダム軸寄りから下流側に向かって撮影)

基礎掘削時においても、F-1 断層上盤側から湧水(浸みだし程度)が確認されていた。(下盤側では確認されない)



調査ボーリング、調査横坑、基礎掘削面、グラウチング施工時パイロット孔・チェック孔、今回調査孔

調査時および基礎掘削時に確認された F-1 断層の性状

調査時（既往地質解析報告書より引用）						掘削面					
断 層	位 置	代表的な走向・傾斜	規模（cm）		性状	断 層	代表的な走向・傾斜	規模（cm）		性 状	写 真
			粘土	破碎幅				粘土幅	破碎幅		
F-1	横坑	TL-3坑 深度171m付近	N68E80S 条線顕著	1	100	F-1	【本体堤敷き】 N70～72E 83～87S	10～100	70～250	白色および青灰色の変質粘土を厚く挟在する破碎帯。変質粘土は、青灰色～黄白色粘土を主体とする。断層内部は、花崗岩、閃緑岩の岩片を含み、固結している。断層上盤側の花崗岩との境界部には、白色～黄白色の変質粘土を5～10cm程度挟在する。 BL7の堤趾付近、DC-27～-33.5mに断層内に閃緑岩と花崗岩の地質境界が存在する。断層上盤側で湧水箇所（少量）が複数認められる。 周辺岩盤は、同系統および断層と直交するようなNS系統の割れ目が密に発達する。断層周辺部の割れ目には、網目状に変質粘土を挟在する。 BL5の上流側法面に分布するF-BL6a断層により、みかけ左横ズレ変位している。 本断層は、堤敷きより減勢工下流端部付近まで連続している。	
		TL-4坑 深度63m付近	N60E85S 条線顕著	---	120						
		坑	TL-5坑 深度25m付近	N65E85S 条線顕著	---		200				
	TL-3坑-Bd坑 深度9m付近		N75E88S	---	80～100						
	ボーリング	13No.81孔 深度30～31.0m	-----	---	---		【減勢工】 N50～65E 70～80S	0～60	5～250	変質した角礫混じり粘土を主体とした破碎帯。No.0+105m，左岸30.0mからNo.0+150m，センター付近にかけて連続する。断層主部は白色化した熱水変質を伴う。断層上盤側（下流側）の粗粒花崗岩は全体にクラッキーであり、変質粘土を網目状に挟在する。	
No.112孔 深度2.1～6.0m （気泡ボーリング）		-----	---	---							



25m

No.81孔

30m
F-1

35m
(透水試験未実施)

40m

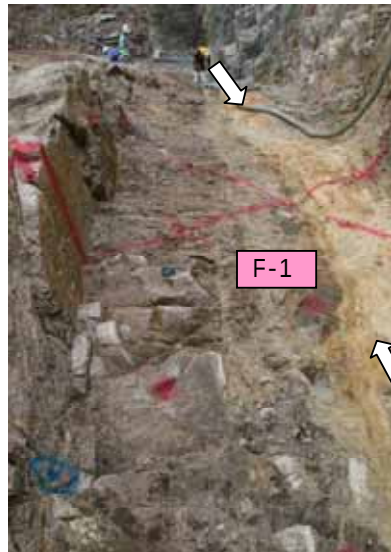


2m
F-1

No.112孔

6m
(透水試験未実施)

< 掘削面における F-1断層の性状 >



J5+6、DC-15m付近より下流側からダム軸方向を望む。
堤敷きを横断するF-1断層。
断層沿い、黄白色～白色の変質粘土を挟在する。

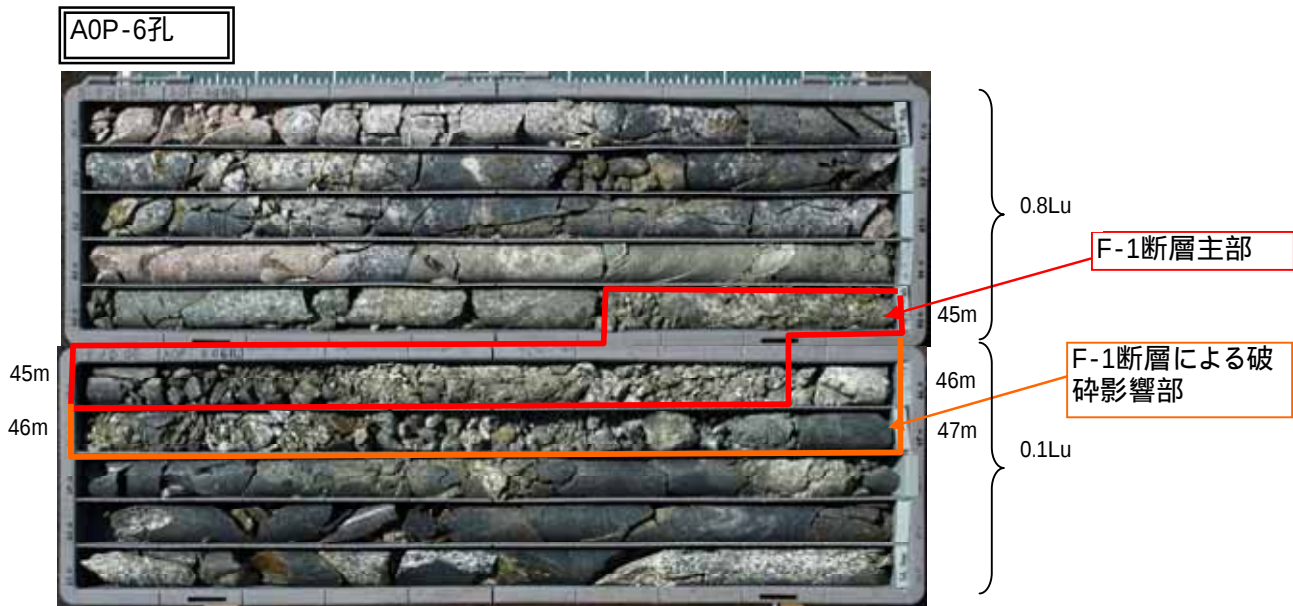


J5+6、DC-15m付近のF-1断層（掘削面底盤）
断層周辺部は、破碎され角礫状を呈する。固結。
黄白色の変質粘土を網目状に挟在する。

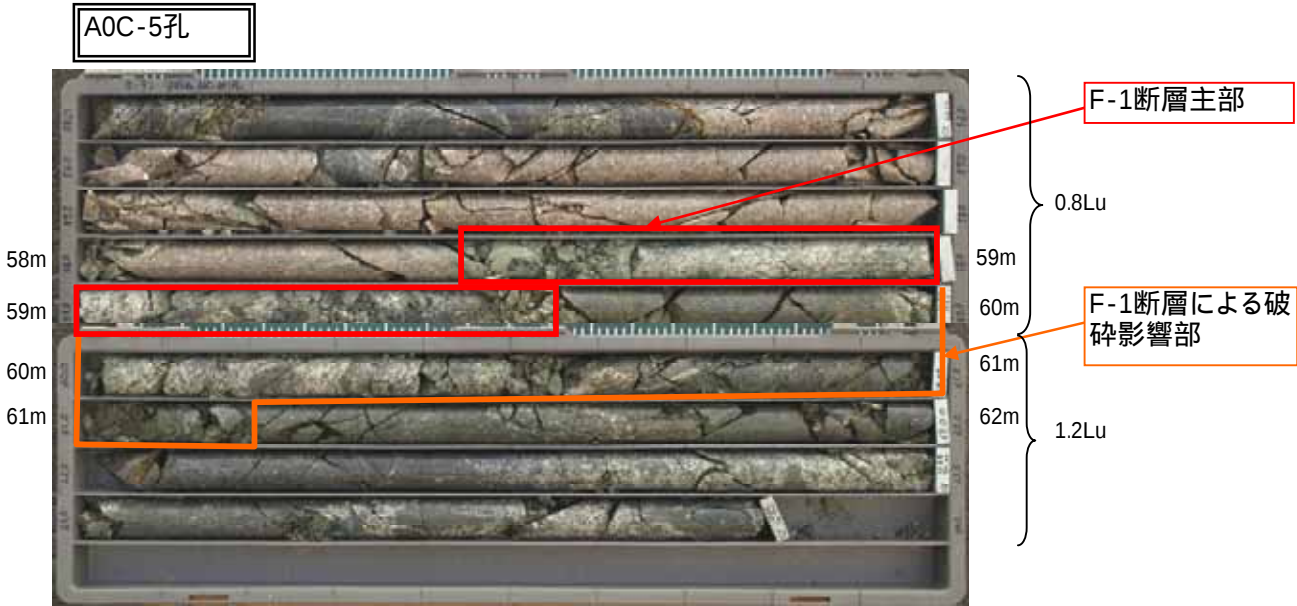
施工時に確認された F-1 断層の性状(基礎グラウチングパイロット孔、チェック孔)

施工時 （グラウチング孔）			
断 層	位 置	性 状	
		F-1断層主部	F-1断層による影響破碎部
F-1	AOP-6孔 【パイロット孔】 深度44.6～45.8m付近	全体に細礫状～細片状コア主体。 割れ目沿いに白色粘土，緑灰色粘土を挟在する。	45.8～47m付近は、破碎の影響により細礫状コア主体となる。
	AOC-5孔 【チェック孔】 深度58.45～59.5m付近	58.45～58.65m間は幅20cm緑灰色粘土化。上盤側の見かけの傾斜は60度。下盤側の境界は不明。 全体に淡緑色に変色。割れ目沿い変質粘土を挟在する。	59.5～61.2m間は、破碎による影響ゾーンでやや角礫状となっている。

<パイロット孔>



<チェック孔>

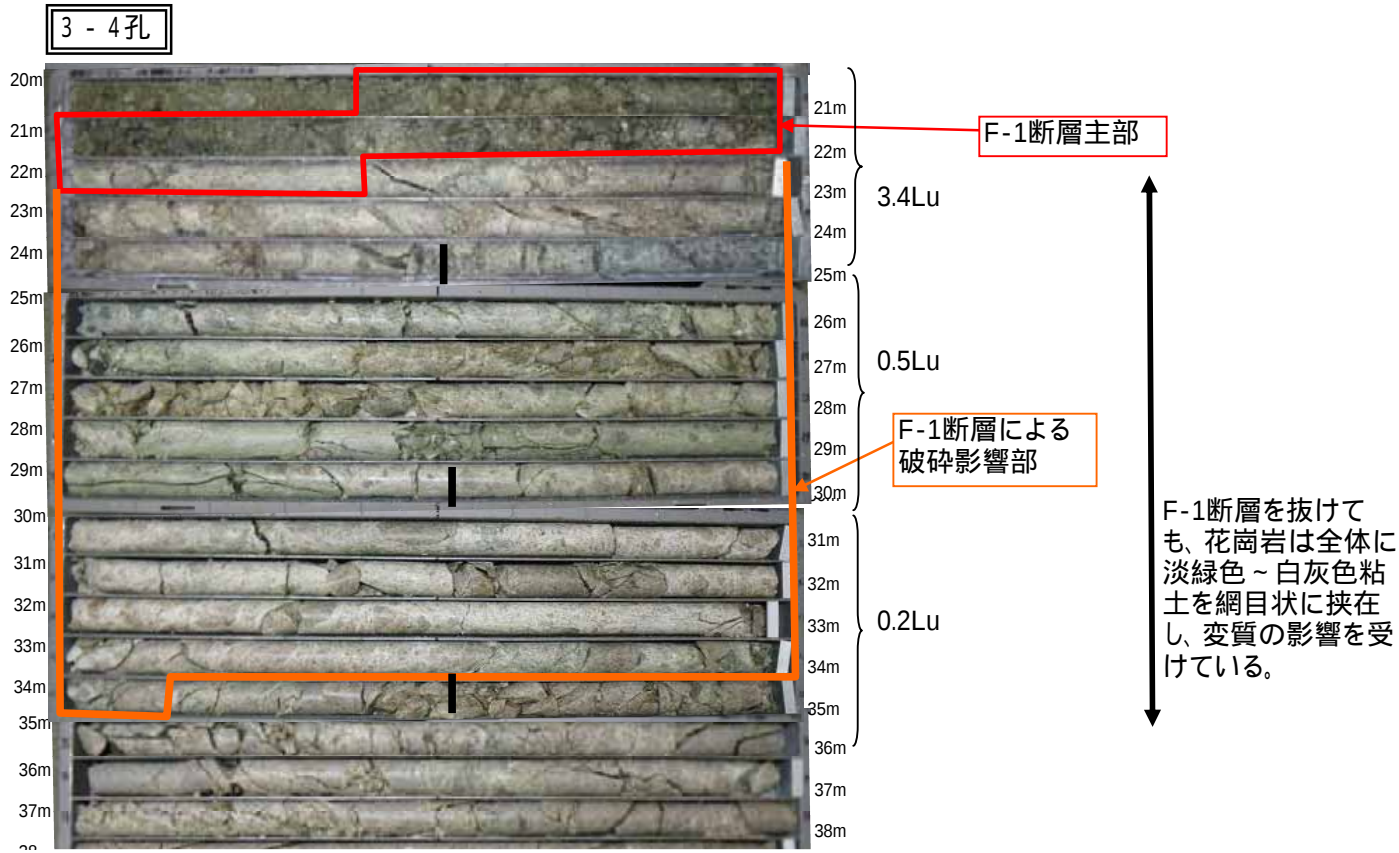
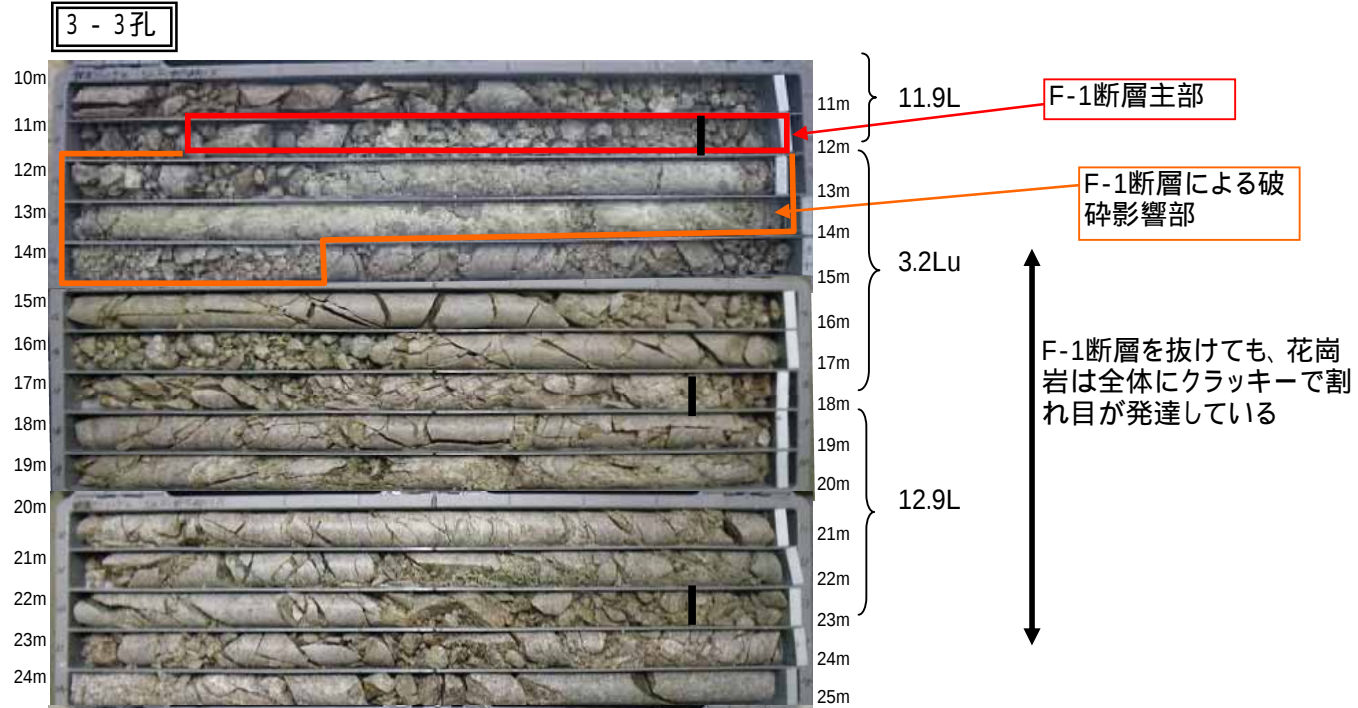


本調査で確認された F-1 断層の性状(調査孔)

施工時 （調査孔）			
断 層	位 置	性 状	
		F-1断層主部	F-1断層による影響破碎部
F-1	3 - 3 孔 【調査孔】 深度11.2～12.0m付近	淡緑色～白灰色粘土を挟在する細片状部。	12.0～14.35m付近は、破碎による影響ゾーンで角礫～細片状となり、割れ目沿い変質粘土を充填。全体にクラッキーである。
	3 - 4 孔 【調査孔】 深度20.4～22.4m付近	粘土混じりの礫状コア主体である。軟質で淡緑色の変質粘土を挟在する。	22.4～34.1m間は断層の影響を受け、割れ目沿い白色粘土～淡緑色粘土を網目状に挟在する。細片～礫状コア主体。
	B-4孔 【調査孔：カーテンライン下流0.5m】 深度75.85～76.5m付近	変質により青緑色を呈しており軟質。礫混じり土砂状コアを呈する。	76.5～77.7m付近は、F-1断層の影響により細礫状コア主体となる。変質によりやや軟質。脆い。

< 調査孔 >

B-4孔



- F-1 断層は破碎幅の膨縮は認められるものの、最大幅約 250cm 程度の断層で、堤敷き～下流側減勢工へと連続する。鉛直方向にも同様に連続する。
- 断層内部は、角礫状を呈し固結している。断層沿いには緑灰色粘土や白色～黄白色の変質粘土を挟在する。
- 断層主部を含む破碎影響部の透水性は、概ね 3Lu 程度以下であり低透水を示す。

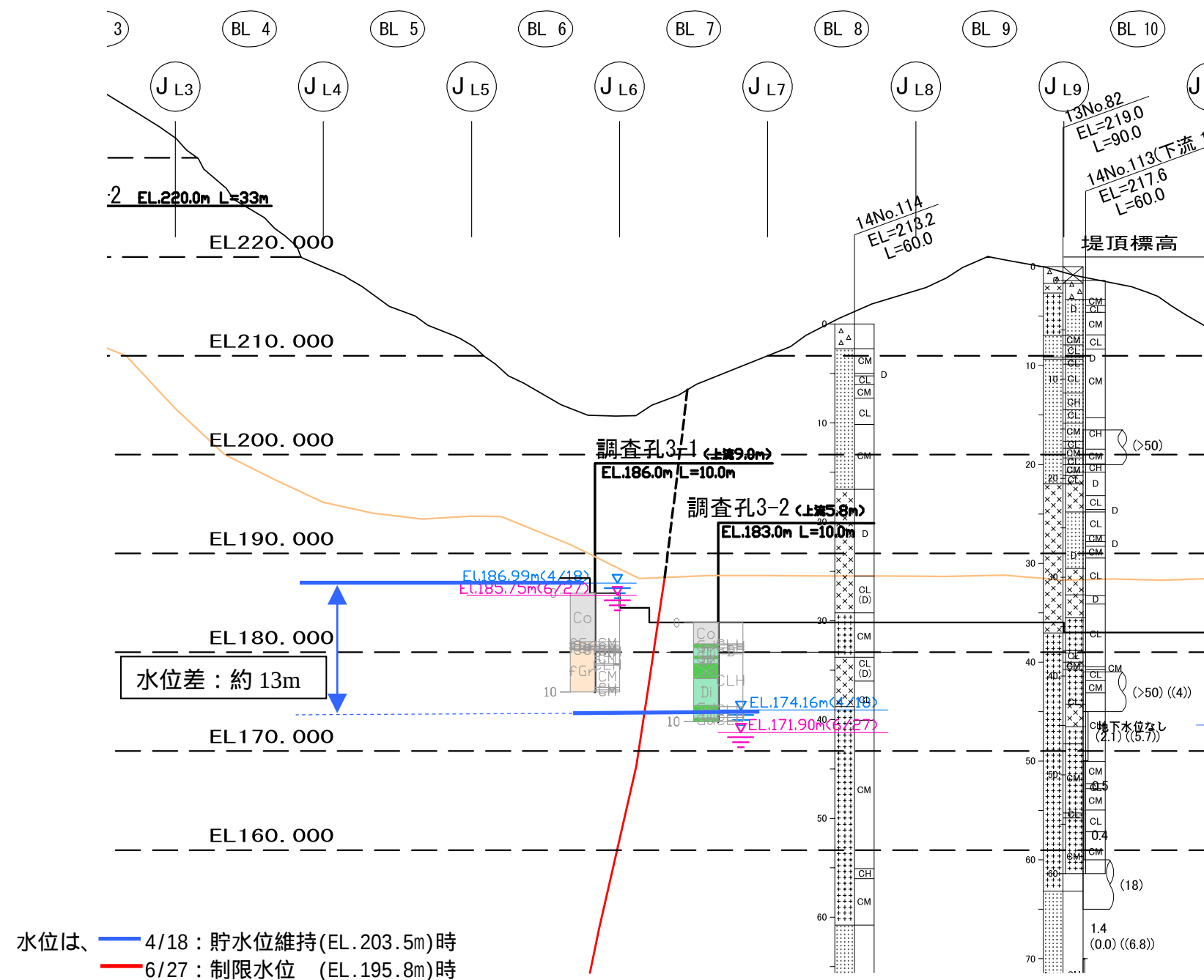
【調査結果】

堤趾部下流で、F-1断層を挟む上盤と下盤での地下水位調査結果

- ・ F-1断層上盤（調査孔 3-1）と F-1断層下盤（調査孔 3-2）には、約十数 m の水位差が確認される。
- ・ 調査孔 3-2 の地下水位は、6 月 27 日 18:00 の観測時に孔底標高(EL.171.9m)以下に低下した(調査孔 3-1 の地下水位標高は、EL.185.75m)。
- ・ 制限水位へ貯水位を低下した 6 月 27 日時点においても、貯水位を維持した 4 月と同様に、F-1断層上盤（調査孔 3-1）と F-1断層下盤（調査孔 3-2）には、約 13m の水位差が確認される。

基礎通廊(ダム軸下流 5m)ラインでの F-1断層周辺部の透水性確認調査結果

- ・ F-1断層および周辺の破碎帯は、基本的に難透水性を示す。
- ・ 調査孔 3-3、3-4 でのフローレッシェン注入の結果、下流湧水箇所での反応は認められない。



—37—

【調査結果】

調査孔 3-3 延伸による花崗岩の透水性確認結果

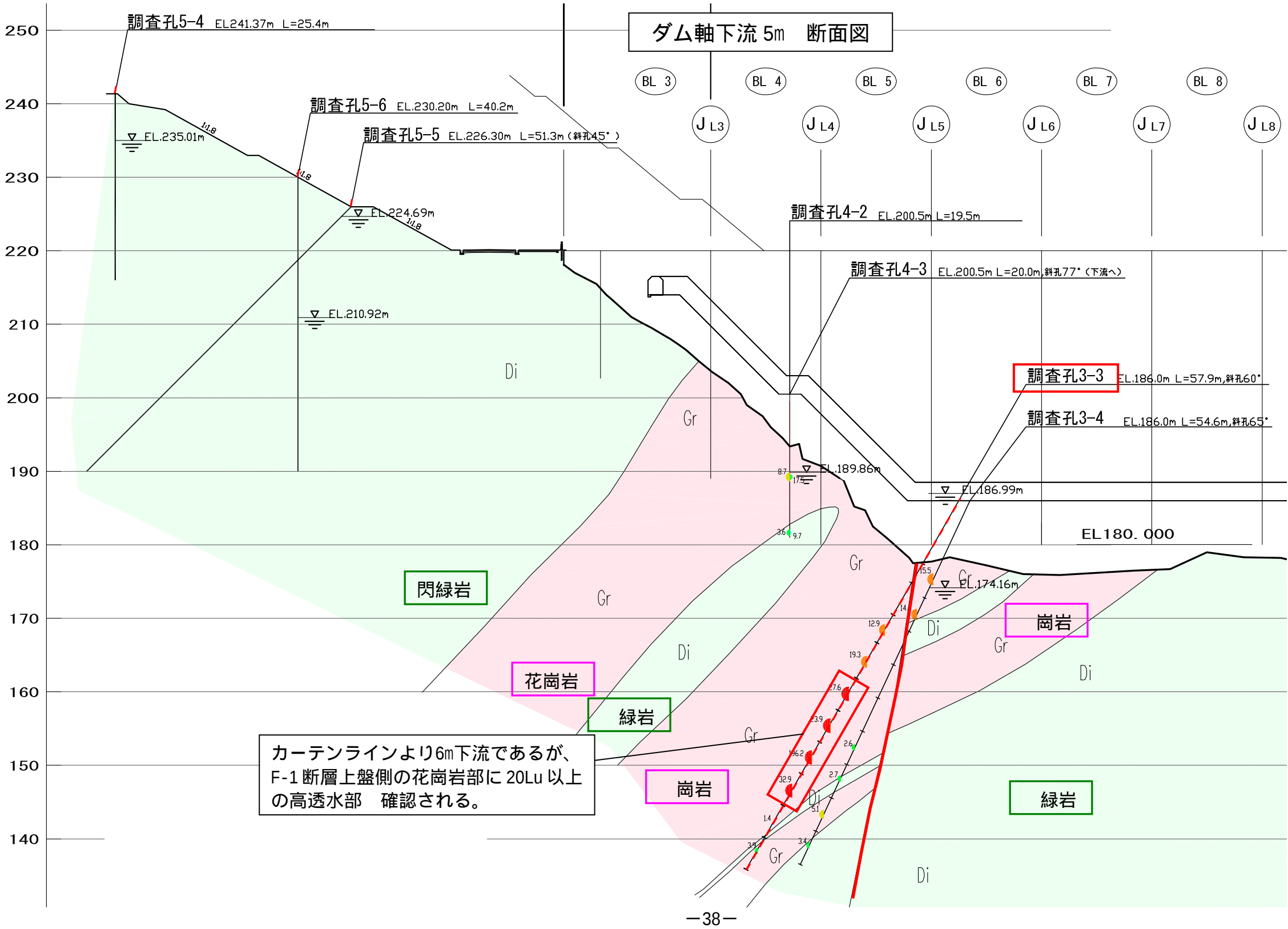
- ・カーテンラインより約 6m 下流であるが、F -1 断層上盤側の花崗岩に 20Lu 以上の高透水部が確認される。

特に、7st(37.9～42.9m)については昇圧していない。

高透水ゾーンを確認したことから本調査孔を活かし、注入改良を実施し、湧水量の挙動を調査したが、明確な変化は確認できず。

- ・3～8st では、孔内からの水の湧出(湧水量 10～30L/min、湧水圧 0.04～0.08MPa)を確認

ただし、フローレッシェン注入による BL7 下流湧水での反応は確認されない。



B-1、B-2、B-3、B-4(カーテンライン下流 50cm で実施)による花崗岩の透水性確認結果

B-1：表層(改良範囲外)を除いて、閃緑岩部、花崗岩部共に概ね 5Lu 以下である。

B-2：閃緑岩部は概ね 5Lu 以下であるが、花崗岩部である 10～14st、18st で 5Lu 以上が存在し、特に 12st で 21.6Lu、19st で 43.6Lu を確認。

12st でのフローレッセン注入により、BL7 下流湧水での反応を確認。

削孔時に孔内からの水の湧出は確認されていない。

B-3：概ね 5Lu 以下であるが、10st で 12.9 Lu を確認。

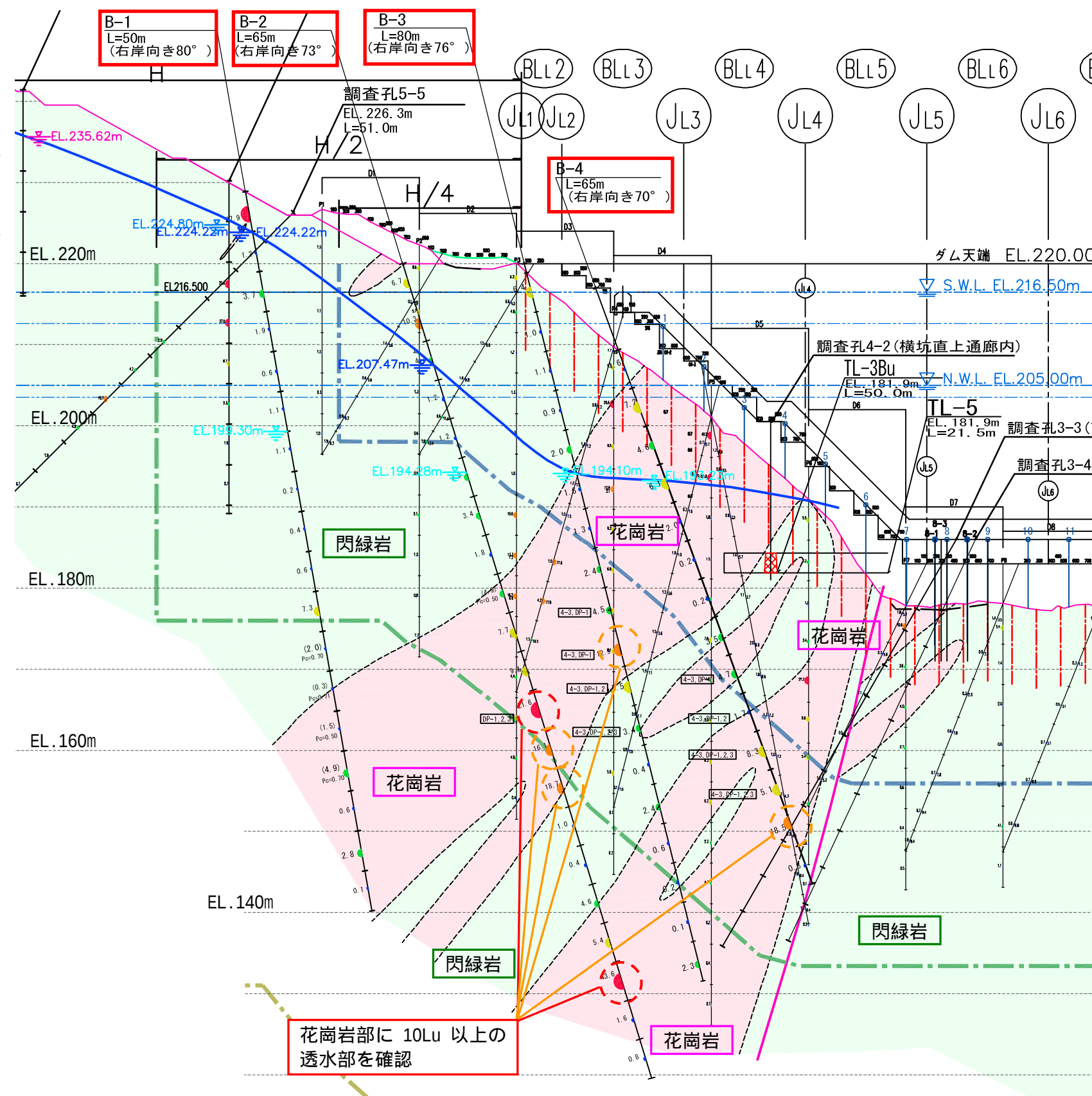
削孔時に孔内からの水の湧出は確認されていない。

9～12st でのフローレッセン注入により、BL7 下流湧水での反応を確認。

B-4：5～10Lu が点在、13st で 18.6 Lu を確認。

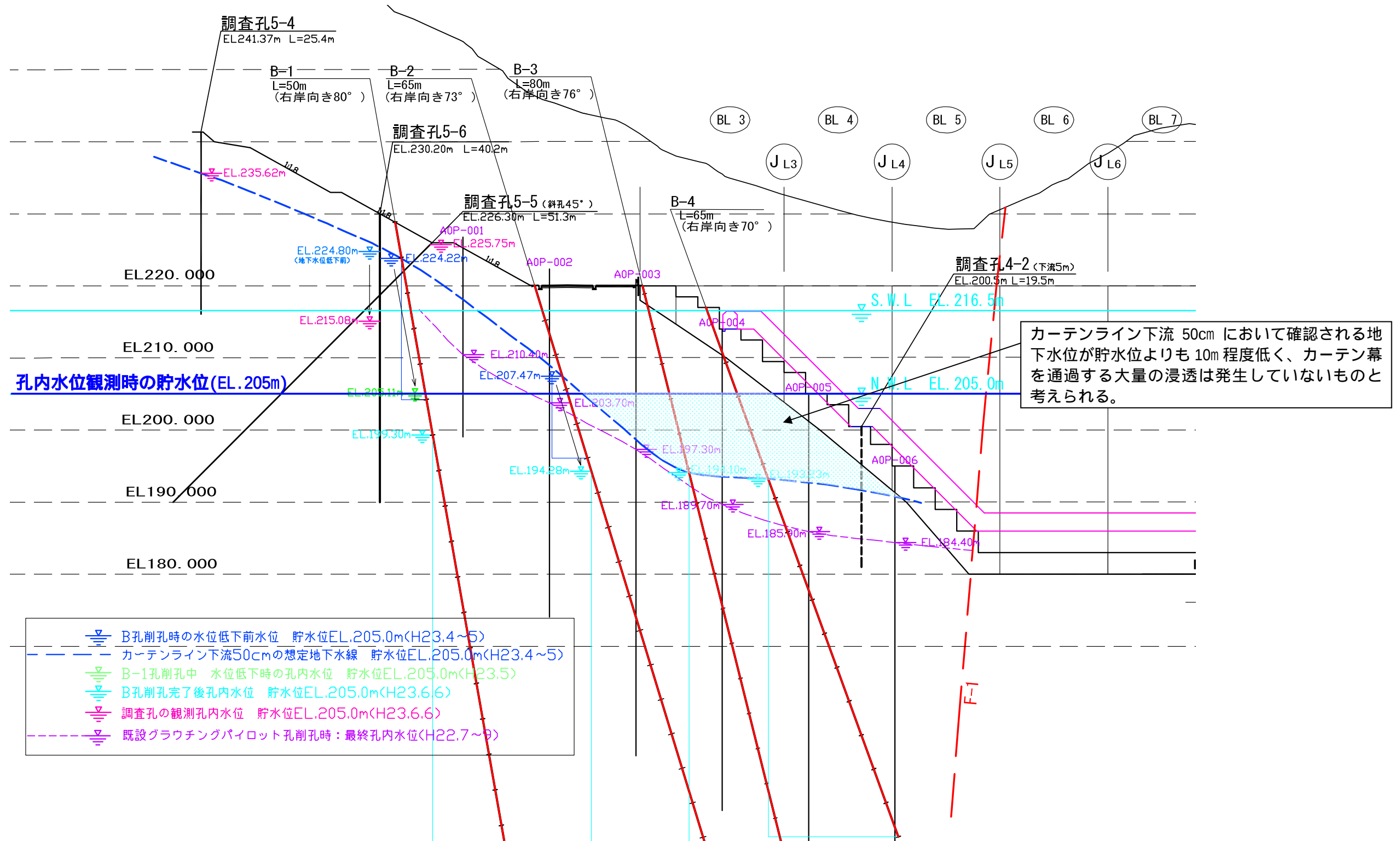
9～12st でのフローレッセン注入により、BL7 下流湧水での反応を確認。

削孔時に孔内からの水の湧出は確認されていない。



調査孔(B-1～4)における地下水位の状況

- ・ 透水性の確認のための調査孔 B-1, B-2, B-3, B-4(カーテンライン下流 50cm で実施)において地下水位を確認した結果、B-3, B-4 の地下水位(最終孔内水位)は EL.194m 付近で確認されており、孔内水位観測時の貯水位 (EL.205m) よりも 11m 程度低い標高で確認されている。
- ・ また、削孔中に観測時の貯水位まで上昇するような孔内からの水の湧出は確認されず、削孔途中での水位低下も確認されていない。
- ・ 以上の状況より、カーテンラインでのグラウチングによる改良の効果がみとめられ、カーテン幕を通過する大量の浸透は発生していないものと考えられる。
- ・ B-1, B-2 の孔内水位は、削孔中に低下し、最終孔内水位は B-1 : EL.199.30m、B-2 : 194.28m となっているが、水位低下前の水位および左岸天端標高以上の調査孔の観測水位から、本来の地下水位は、より高標高部に存在しているものと想定される。

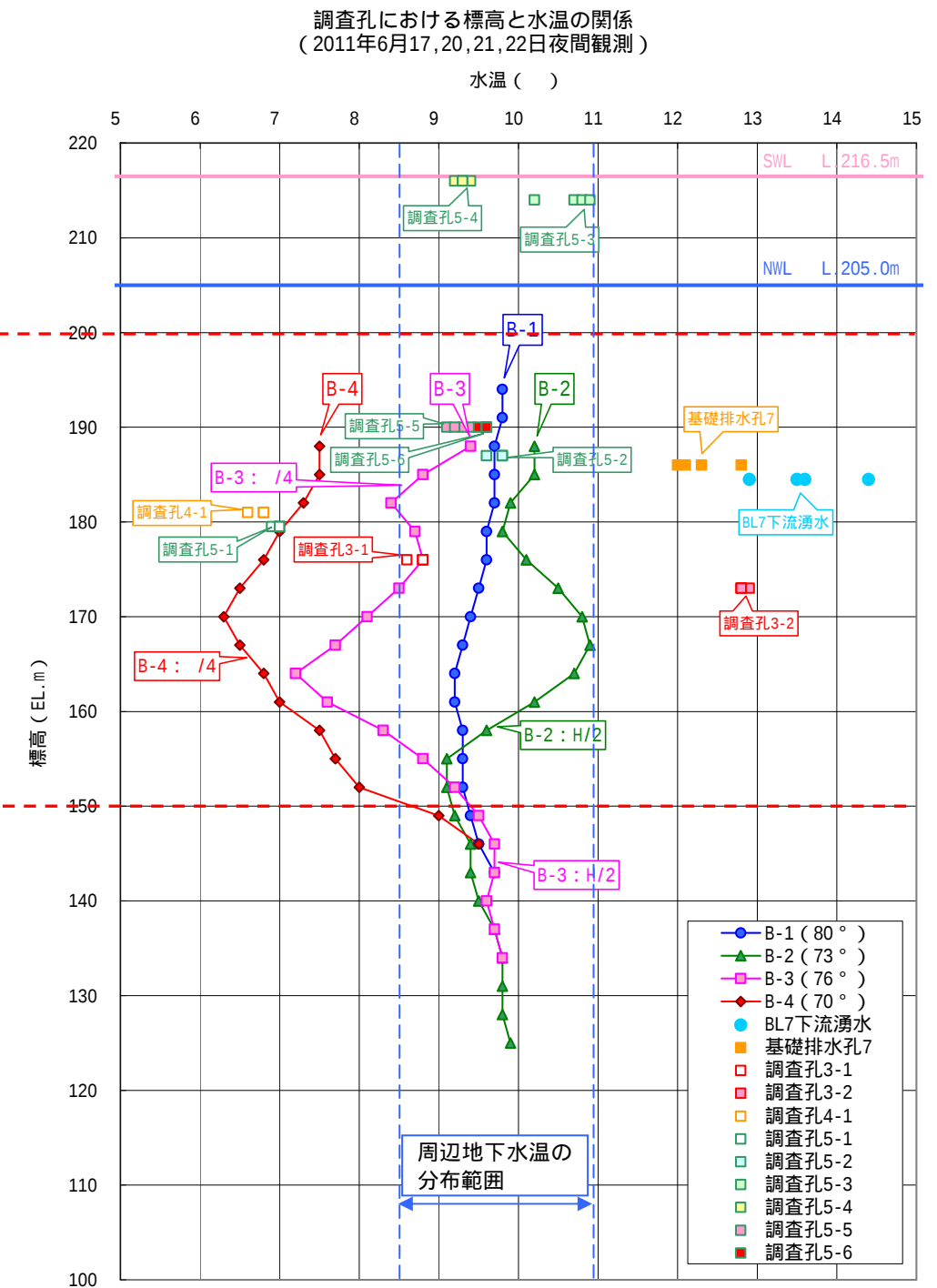
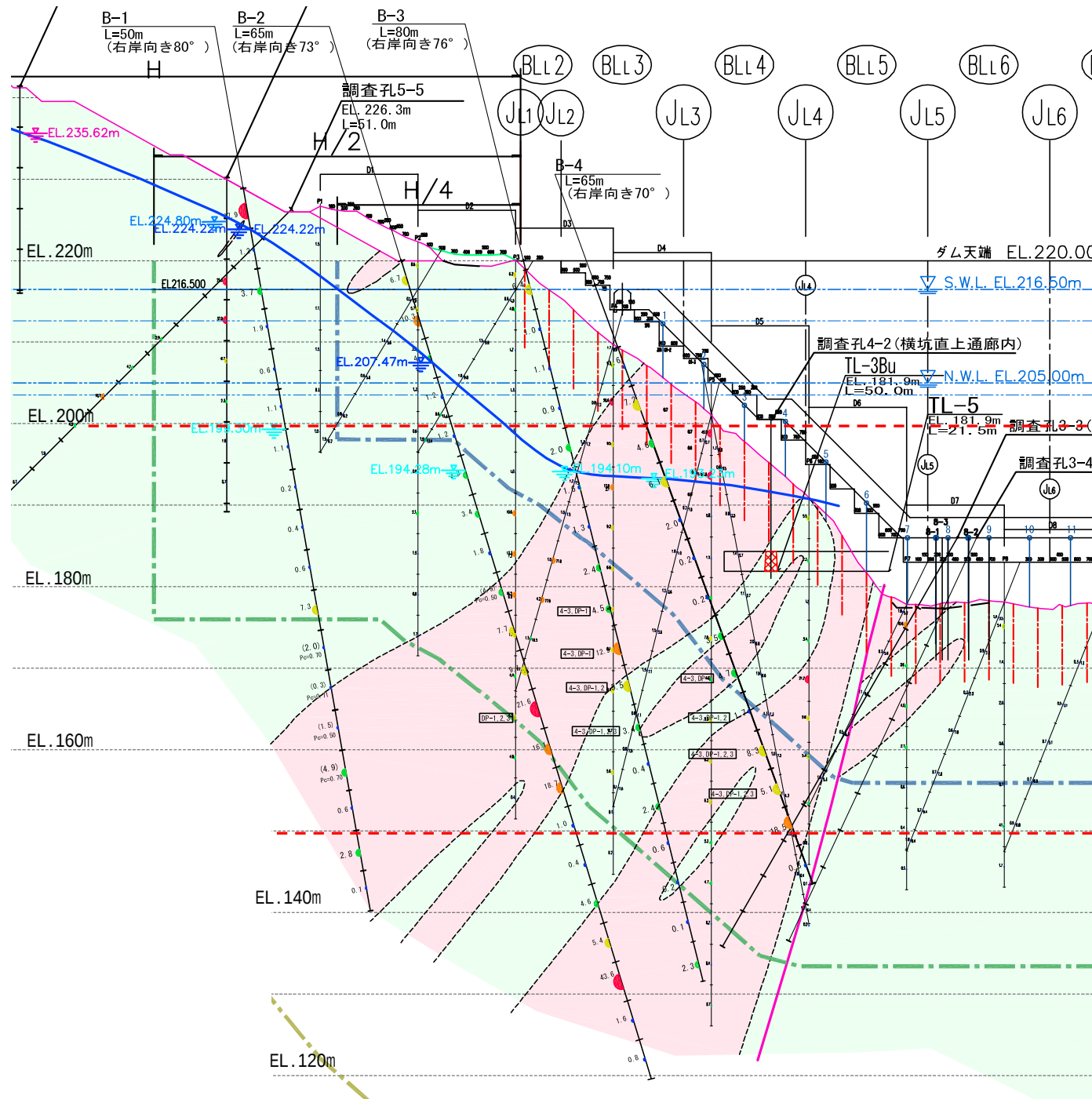


孔内水温

透水性の確認のための調査孔 B-1, B-2, B-3, B-4(カーテンライン下流 50cm で実施)における孔内水温の観測結果は、以下のとおり。

- ・ B-1 は、概ね 9～10 で安定している。
- ・ B-2 は、閃緑岩が分布する位置で水温が 11 程度まで上昇が認められるが、花崗岩の分布範囲では水温が 9 程度まで低下する。
- ・ B-3 と B-4 は、透水性が高めであった花崗岩分布ゾーン付近の標高(EL.160～170m 付近)で水温の低下(最低で 6～7)が確認される。
- ・ 調査孔 4-1,5-1 の孔底 EL.180m 付近の水温は、B-4 の EL.180m 付近(花崗岩分布域)とほぼ一致し、7 程度である。
- ・ B-1,B-2,B-3 の EL.190m 付近の水温は、調査孔 5-2,5-3,5-4,5-5,5-6 の孔底付近の水温と一致し、9～11 である。

以上の状況より、高透水部が確認される花崗岩分布ゾーン付近においては、左岸地山(調査孔 5-2～5-6)の地下水位とは異なり、カーテン幕を浸透する水の影響が認められる。なお、ダム基礎岩盤の遮水処理設計では完全止水ではなく、高透水部の遮水性を改良し浸透を抑制することを目的としている。



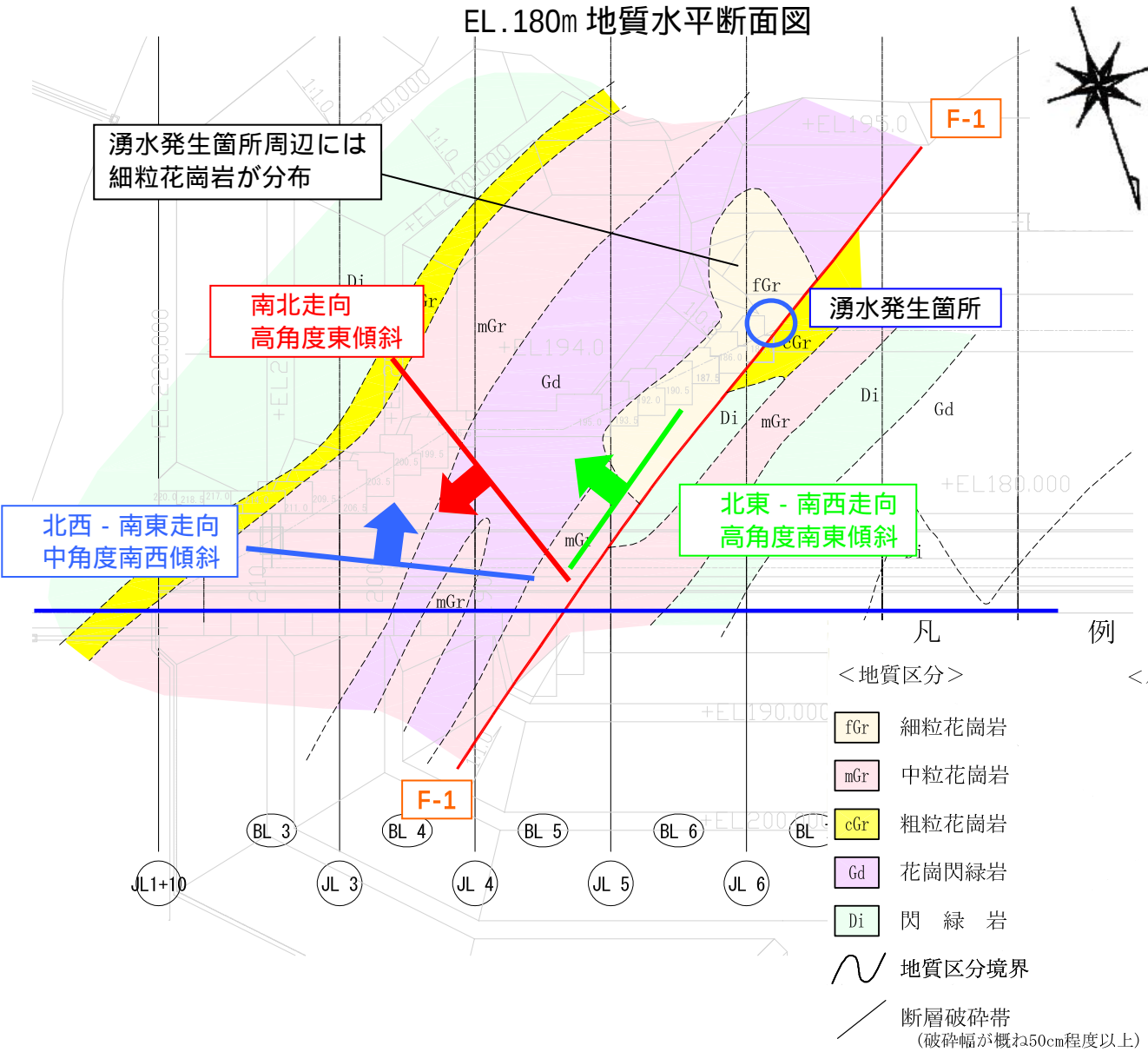
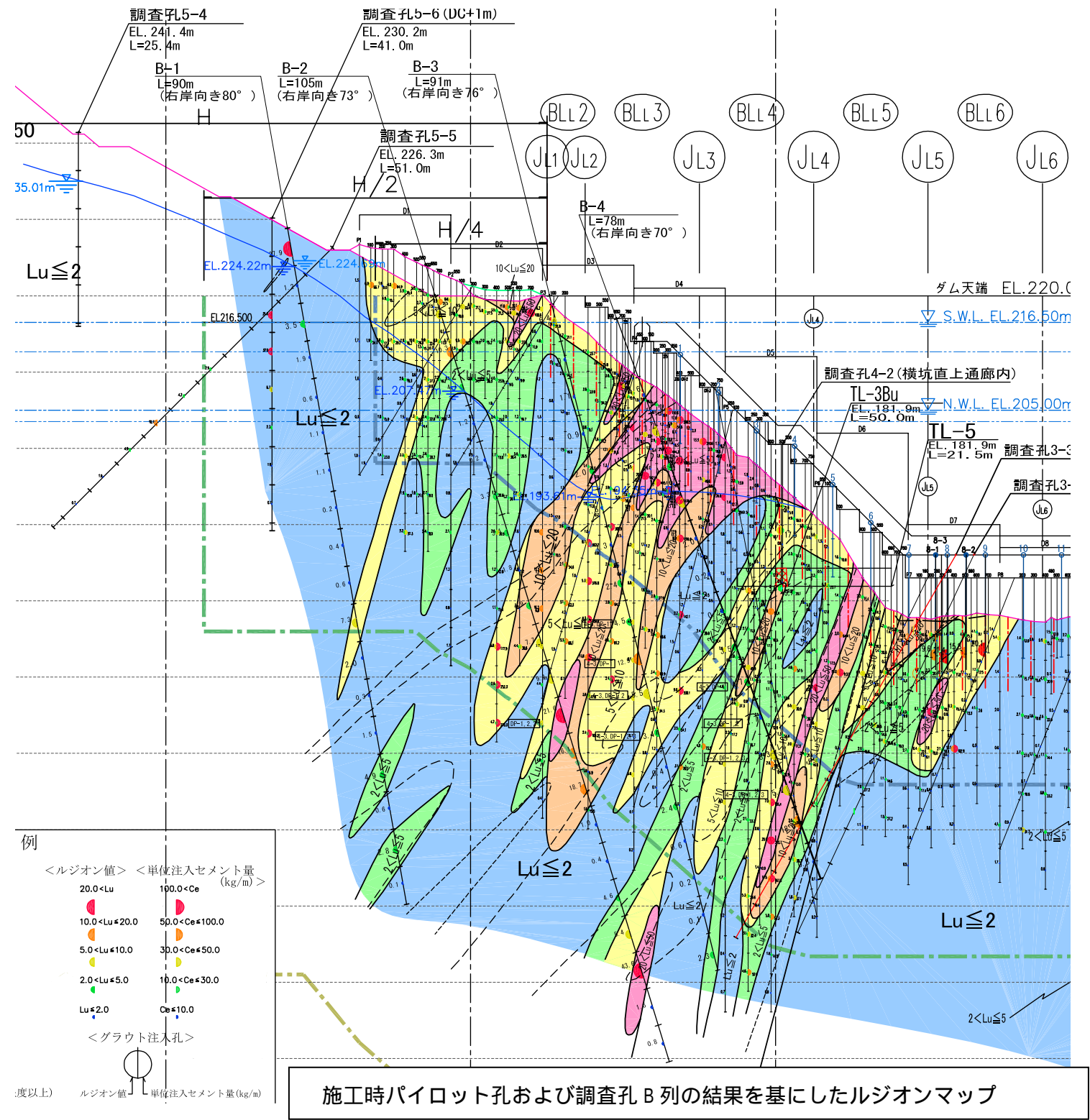
(4)花崗岩の水理地質構造

以下に示す状況から、左岸部のカーテンライン下流では、中粒花崗岩の高角度割れ目が卓越している。従って、カーテンライン下流への浸透水もしくは地下水の供給がある場合には、BL7 下流地山湧水への供給経路となる可能性がある。

高透水を示す中粒花崗岩分布ゾーンは、幅 40～50m 程度で上下流に連続して分布、BL7 下流地山湧水発生箇所周辺にはブロック状に細粒花崗岩が分布する。

中粒花崗岩には、F-1 断層に同系統と F-1 断層直交方向で高角度の割れ目が発達し、これらが高透水の要因と推測される。

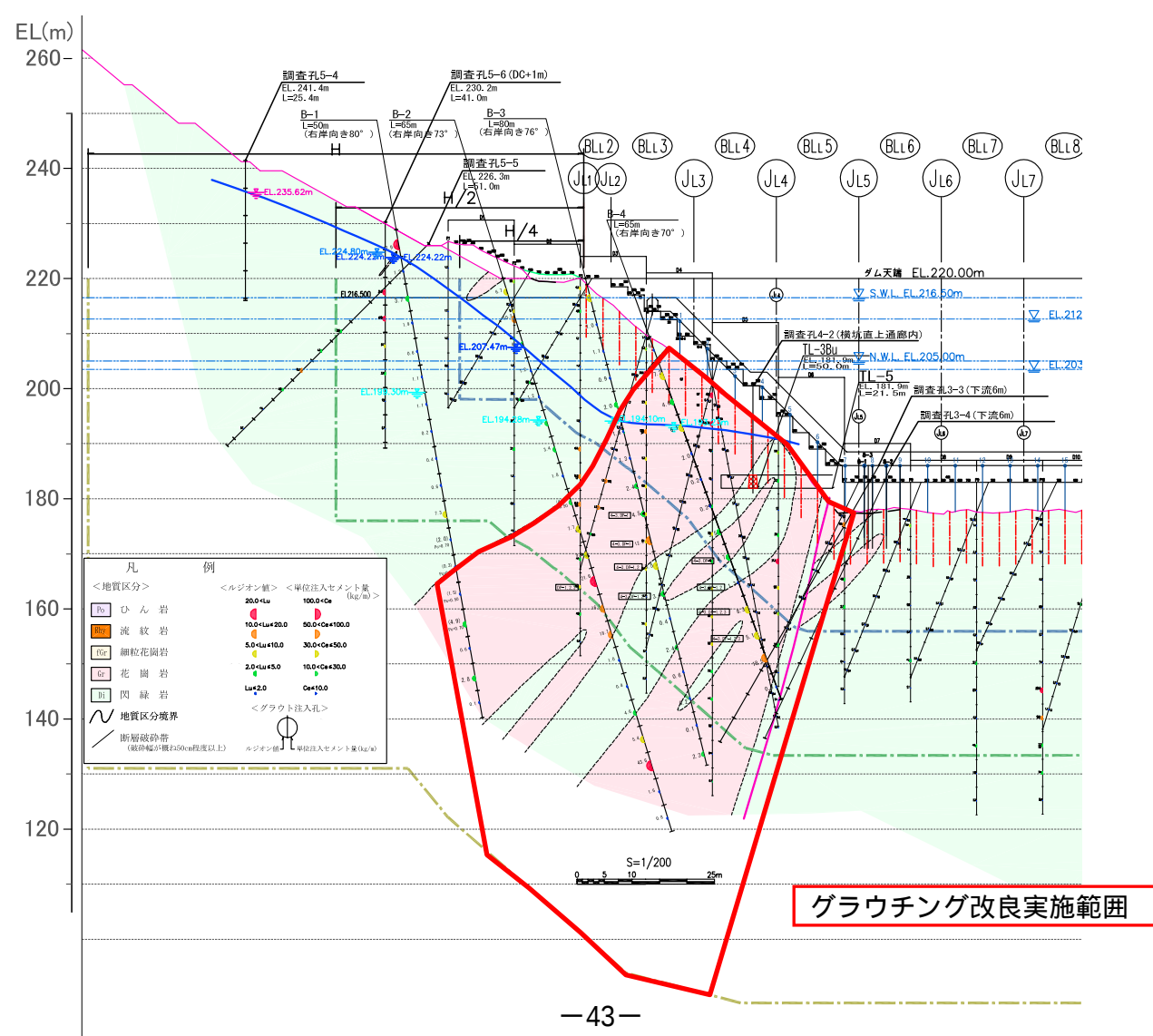
細粒花崗岩は、透水試験データはないが割れ目が密に発達し、割れ目沿いの酸化も著しい状況から、高透水であると推測される。



【左岸花崗岩部の評価】

- ・カーテンラインより下流側(50cm)には、局所的に透水性が高い箇所も見受けられるが、施工時にはカーテンラインにおいて所定の改良を確認しており、地下水位は貯水位よりも 10m 程度低い標高に確認されていることから、施工時の改良効果は確認される。また、削孔中に観測時の貯水位まで上昇するような孔内水位の湧出は確認されず、削孔途中での孔内水位の急低下も確認されていないことから、カーテン幕を通過する大量の浸透は発生していないものと考えられる。
- ・花崗岩分布ゾーン付近においては、カーテン幕を通過する水温の低い貯水池水(6.5～7 程度)の浸透が想定されるが、BL7 下流地山湧水の水温は 7 月現在でも 12～13 程度を示していることから、カーテン幕を通過する浸透水の影響は小さいと考えられる。
- ・カーテンラインより下流では、トレーサー試験において BL7 下流地山湧水への水みちを確認している。貯水池水の浸透がある場合にはこの水みちが下流湧水への経路となり得るものと想定される。しかし、基礎排水からの漏水もほとんどなく、調査孔 B-1～4 の水温分布調査結果から調査範囲で確認される水温は 7～10 程度と湧水温よりも低いことから、貯水池からの浸透が大量の湧水を引き起こすものではないと考えられる。

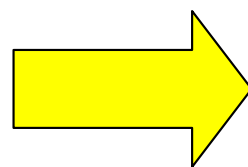
上記および地質・透水性の結果から、花崗岩分布ゾーンにおけるカーテン幕を通過する浸透水が湧水の主要因であるとは考えられない。なお、カーテンライン下流側(50cm)の調査孔ではあるが、尾原ダムでの設定値よりも高い透水性を示す箇所を確認したことから、事業者の判断として、花崗岩分布ゾーンについてはグラウチングによる改良を実施する。



3.1.3 仮説 7：左岸下流地山地下水の経路

【調査の目的】

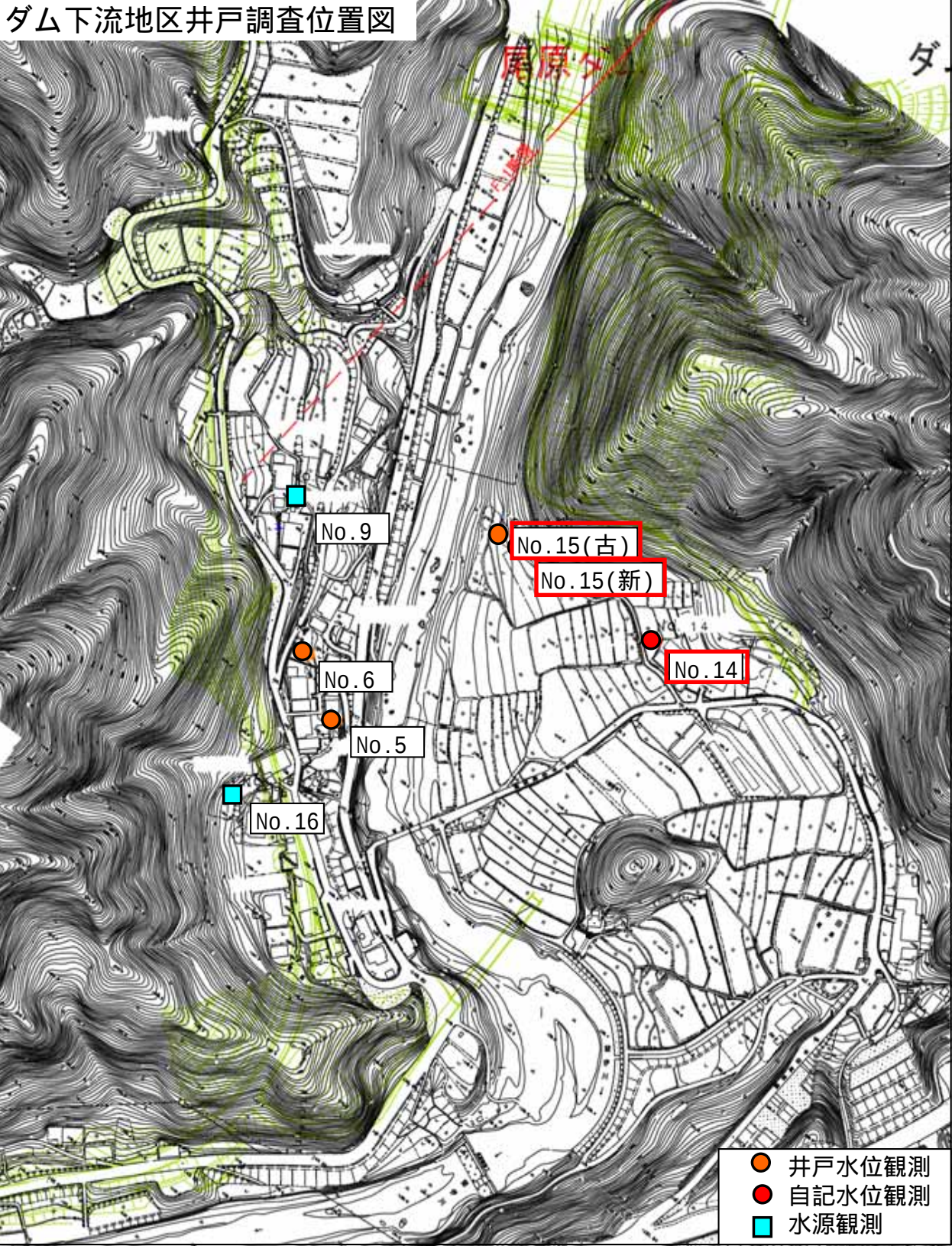
- ・ 湧水の発生箇所付近は、左岸地山の沢部付近に位置すると共に、岩盤掘削等の施工中においてもにじみ出しを確認しており、地山の掘削により F-1 断層の上盤を露出させるなど、湧水が出やすい状況(形状)となったと考えられる。
- ・ この地形的な要因に加え、試験湛水による地山周辺の貯水位上昇により地下水の湧出場所が制限されると共に、融雪時期とも相俟って、地山地下水位が上昇し、施工中には確認できなかった多量の湧水が本箇所から湧出したと考え、その可能性を検討する。



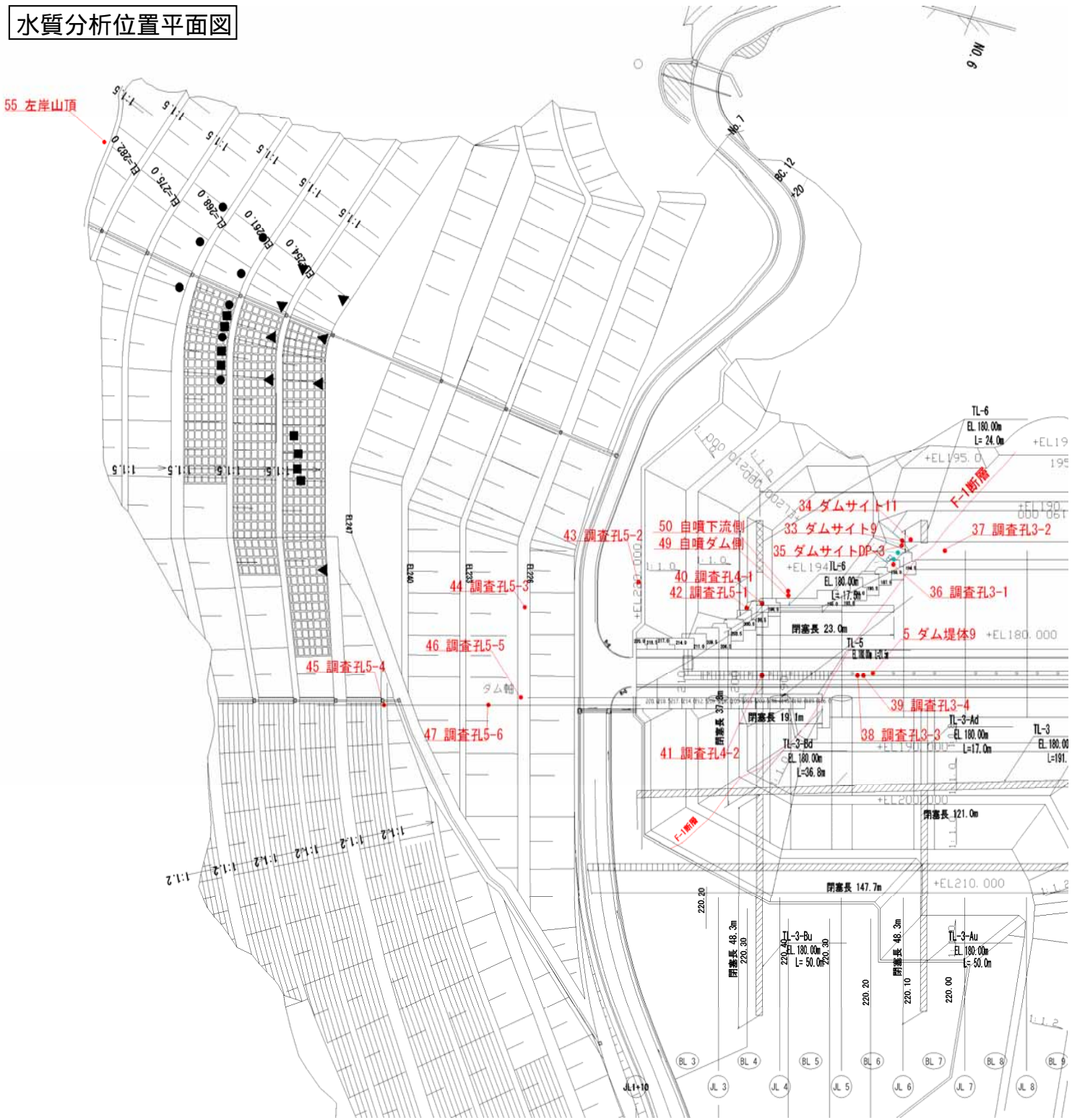
【調査の方法】

- ・ダム周辺井戸の水位変化の把握
- ・湧水、ダム貯水地、地山地下水等の水質分析による評価（イオンバランスによる水質評価、一般飲料水質項目での評価）
- ・湧水、ダム貯水地、地山地下水等の水質分析による評価（水温、pH、電気伝導度による水質評価）

ダム下流地区井戸調査位置図

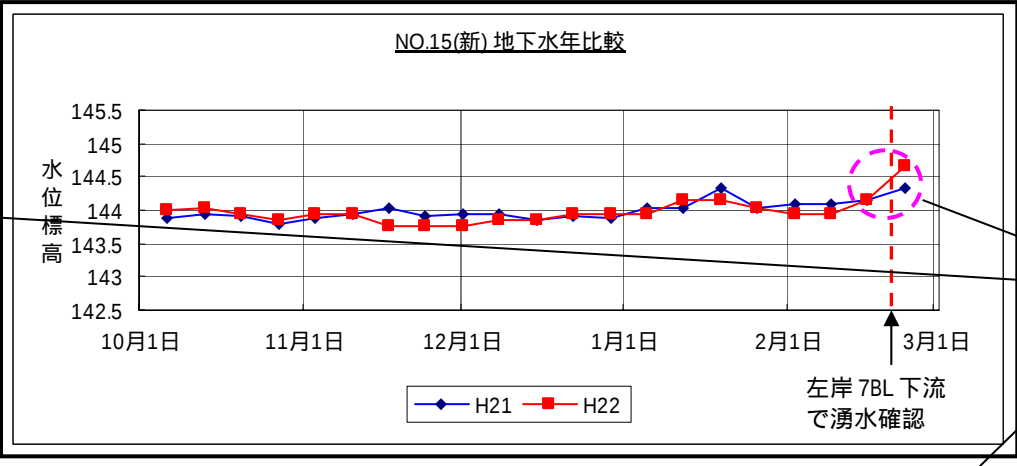
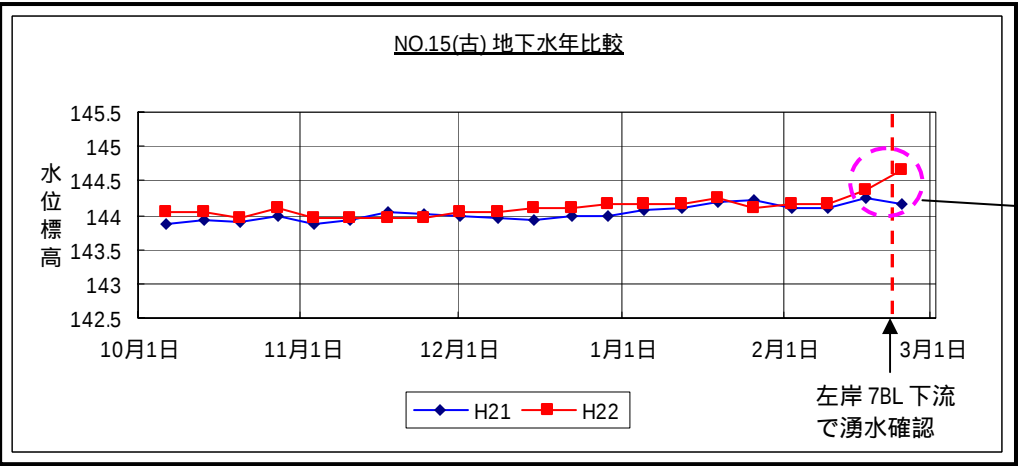


水質分析位置平面図

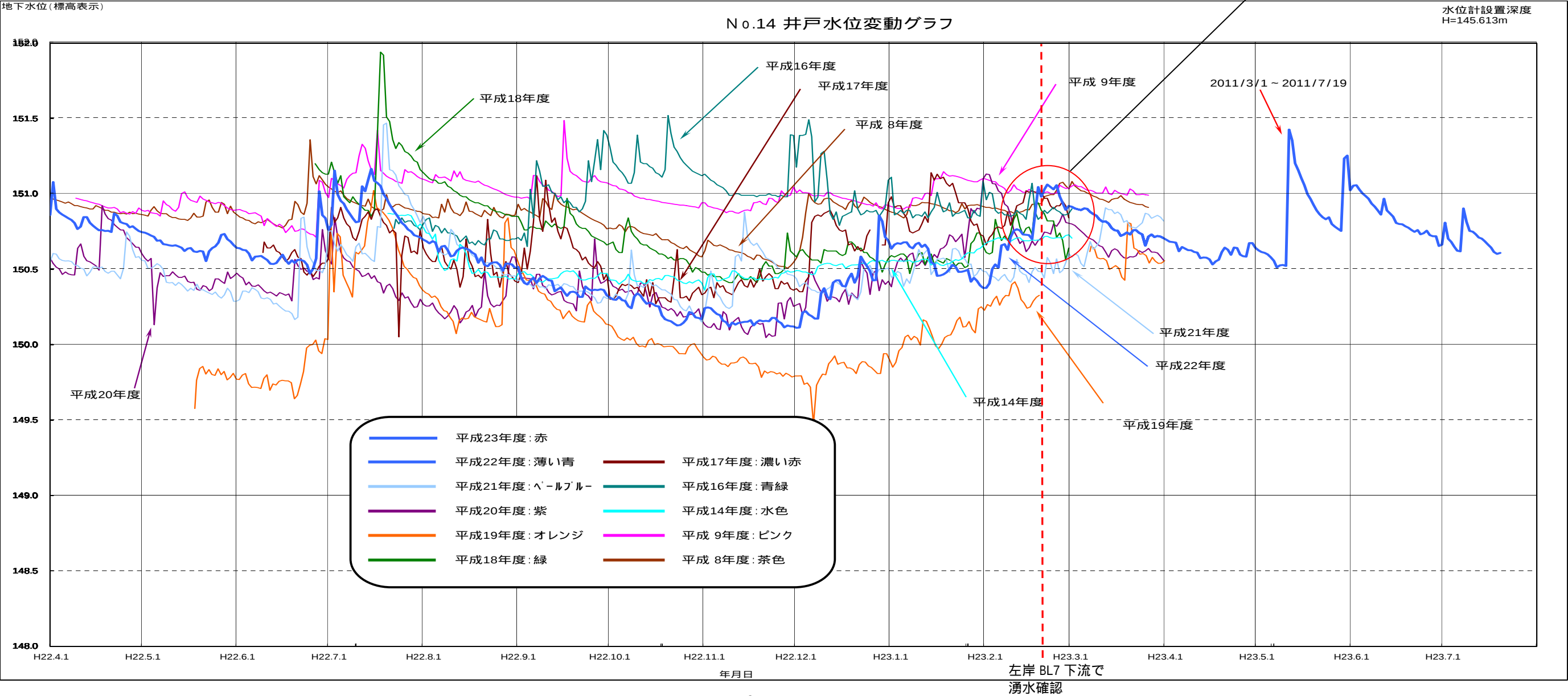


【調査の結果】

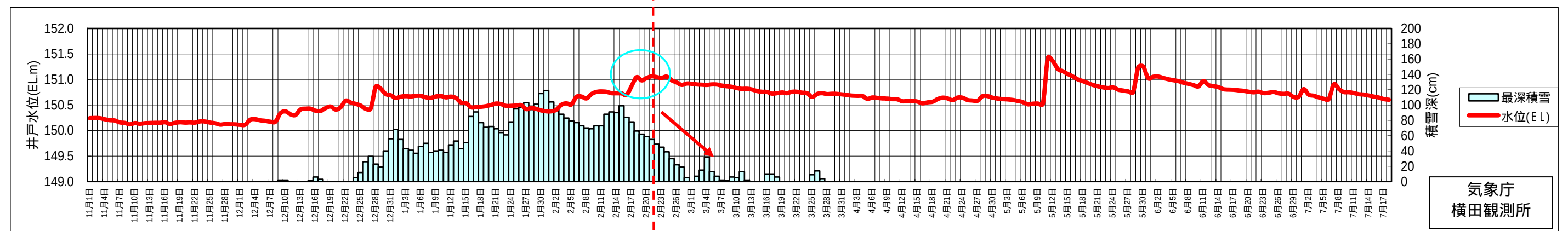
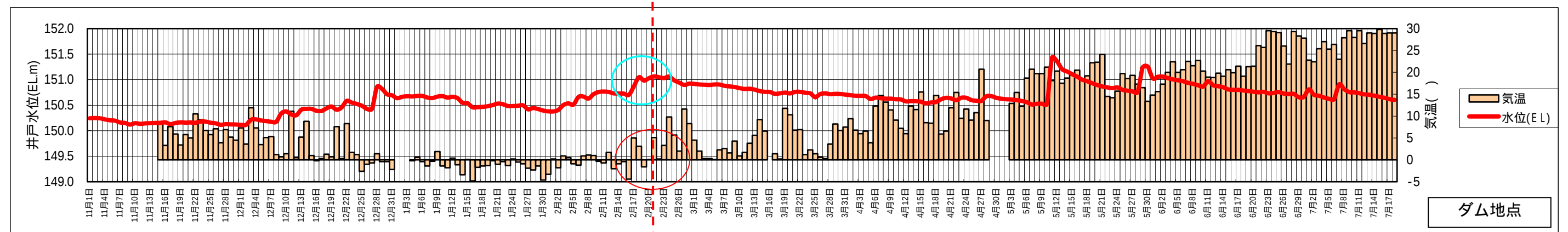
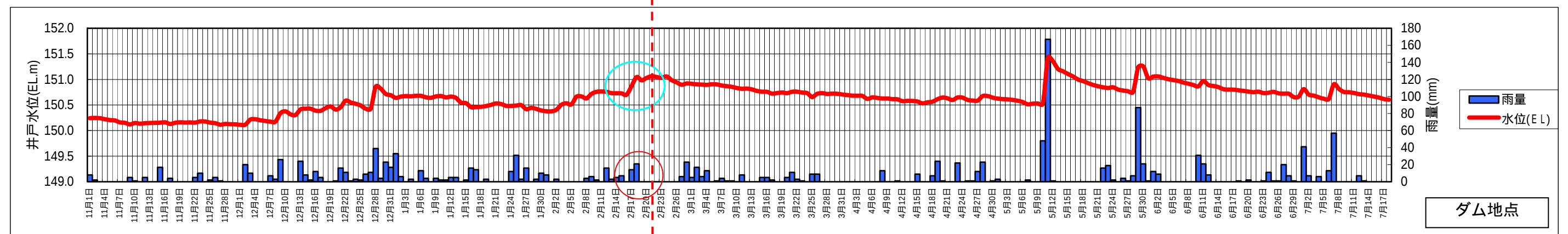
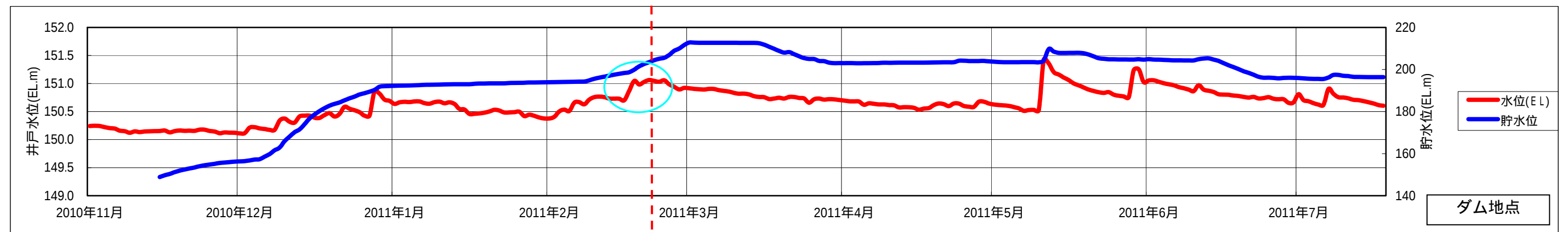
- 1. 左岸下流部の井戸水位は、左岸 7BL 下流での湧水確認時期付近で水位の上昇が確認される。
- 2. 下流部の井戸水位は、出水期の降雨等により水位上昇傾向を示し、非出水期にかけて低下傾向となり、冬季は降雪・融雪等により水位上昇を繰り返している。
- 3 .H21 年度から現掘削形状で冬季を迎えているが、H22 年度は近年の中では高い水位を示している。よって、湧水の発生した H22 年度冬期は地下水位も高い状況であったことが推測される。



左岸 7BL 下流での湧水確認時期付近で水位の上昇が確認される。



- ・湧水を確認した2月下旬に周辺地域の地下水位が急激な上昇が認められる。
- 地下水上昇の要因として「気温上昇」，「降雨」，「融雪」が考えられる。



左岸 BL7 下流で
湧水確認

水質分析結果

【水質分析結果：水温と pH】

- 1．水温・pH から、BL7 下流湧水は、左岸天端以上の調査孔（調査孔 5-2,5-3,5-4,5-5,5-6）の水とは異なる。
- 2．水温・pH から、BL7 下流湧水は、基礎排水孔 9～11 の水と類似した傾向にある。
- 3．6 月 15 日のデータでは、調査孔 3-1、4-1、5-1 は、BL7 下流湧水より水温が低くなり、調査孔 3-1、5-1 については、pH が高くなる傾向にある。
- 4．BL7 下流湧水箇所の pH は、F-1 断層に近い右岸下流側（DP-3 側）から左岸上流側（DP-1 側）に向けて高くなる傾向にある。

【水質分析結果：ヘキサダイアグラム】

- 1．イオンバランスによる評価では、BL7 下流湧水は、河川水に近く、貯水池（中層・下層）の水と類似する。
- 2．イオンバランスによる評価では、BL7 下流湧水は、溶存成分が少ない。
- 3．イオンバランスによる評価では、調査孔 3-1,4-1,5-1 は、カルシウム（Ca）イオンの増加傾向が認められ、調査およびグラウトやコンクリート部の浸透の影響が推定される。
- 4．イオンバランスによる評価では、貯水池や BL7 下流湧水（11 と DP-3）、調査孔 3-1,4-1,5-1,5-6 に重炭酸（ HCO_3 ）イオン、炭酸（ CO_3 ）イオンの増加傾向が認められる。

【水質分析結果：トリリニアダイアグラム】

- 5．イオンバランスによる評価では、BL7 下流湧水や貯水池（中層、下層）の水は、左岸天端以上の調査孔（5-2,5-3,5-4,5-5,5-6）、左岸山頂や調査孔 4-1、5-1 とは異なる。

【水質分析結果：一般的飲料水質】

- 6．一般的飲料水質項目では、BL7 下流湧水は、左岸天端以上の調査孔（調査孔 5-2,5-3,5-4,5-5,5-6）の水とは異なる。
- 7．一般的飲料水質項目では、BL7 下流湧水（DP-1～DP-3）において、一般細菌が全く検出されていない。

【左岸下流地山地下水の経路の評価】

- ・湧水発生時期と前後して左岸下流井戸の水位上昇が確認されており、左岸下流地山地下水位の上昇が湧水量に関係している可能性はある。しかし、以下の状況から、BL7 下流地山湧水の主要な供給経路ではないと考えられる。

左岸地山地下水の水温は、10 前後でほぼ一定しており、BL7 下流湧水の水温(7 月現在で 12～13)よりも低い。

BL7 下流地山湧水は、イオン分析から BL7 下流湧水と左岸地山地下水には明瞭な類似は確認されない。

3.1.4 仮説 8：左岸花崗岩深部からの経路

【調査の目的】

- ・ BL7 下流湧水は、近隣地山地下水及び貯水池水（中・低層部）よりも水温が高い。
 - ・ 本湧水は、ダム施工中確認されていないことからダム湛水による圧力伝達によりダム深部の水温の高い水が湧出していると推定される。
- 以上より、尾原ダム周辺地域における高温地下水存在の有・無を確認する。

【調査の結果】

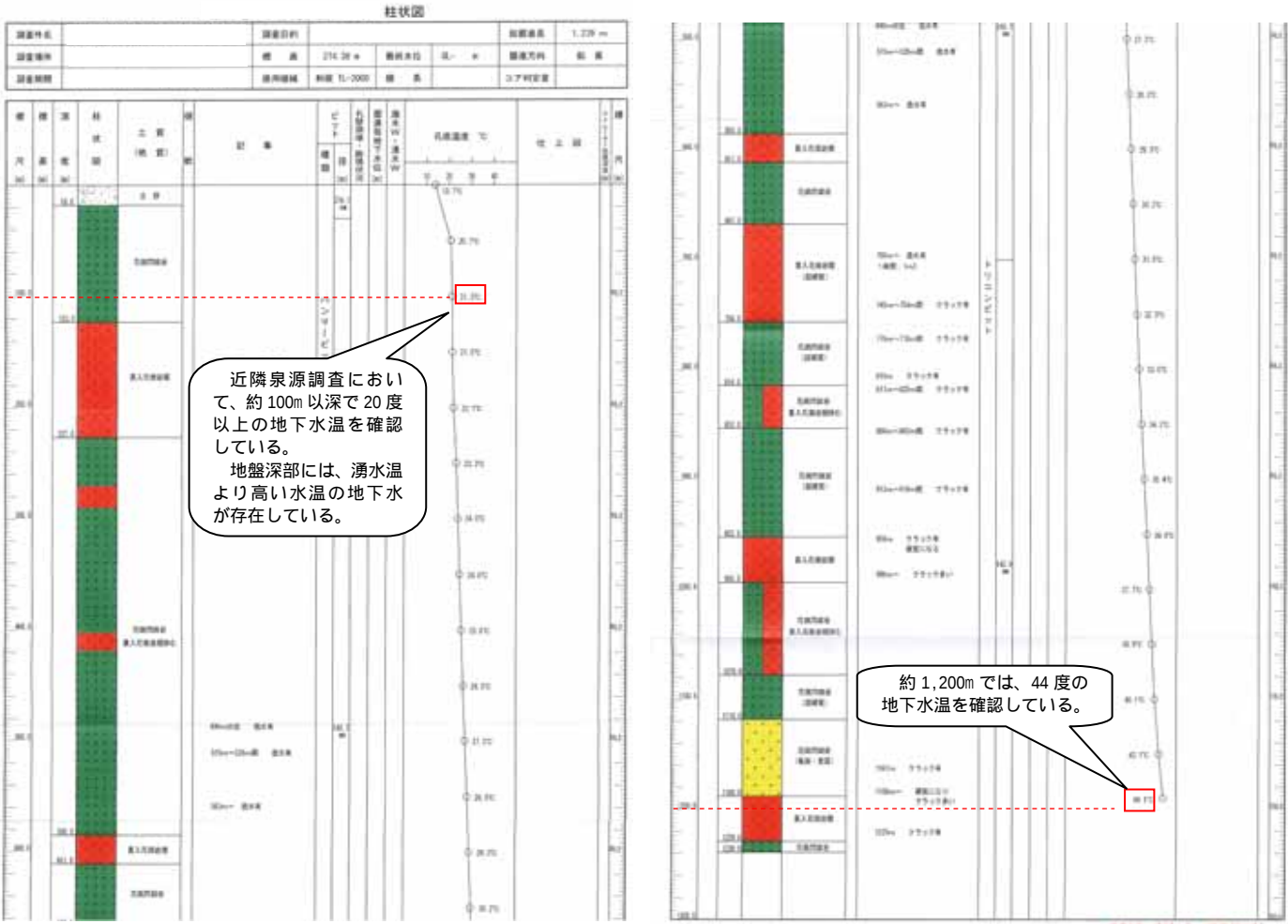
- ・尾原ダム下流には、出雲湯村温泉があり、泉温 43.1 の弱アルカリ温泉が湧出している。
- ・尾原ダム上流で実施された佐白地区温泉ボーリング調査においては、GL.-100m で約 20 、GL.-1,200m で約 44 の水温が確認されている。
- ・尾原ダム直下流には、温泉小学校等の温泉に由来したと思われる地名等が存在する。



ダムサイト周辺の地形図
S=1/25,000 国土地理院発行「木次」、「湯村」、「上山佐」、「横田」を使用
(青線は貯水池を示している)

尾原ダム上流、佐白地区温泉ボーリング調査結果

GL.-100m で約 20 、GL.-1,200m で約 44 の水温が確認されている。



出雲湯村温泉の概要

出雲湯村温泉は、無色無臭、湯温約 43 度のアルカリ性単純泉で、開湯時期は不明だが、^{てんびょう}天平5年（733 年）に編纂された『出雲国風土記』には「^{しつに}漆仁の川^{くすりゆ}辺の薬湯」との記載があることから、奈良時代にはすでにあったと考えられている。斐伊川の川底から湧出していた温泉を発見したとされており、現在でも、深度の浅い川底からの湧出が確認される。



【左岸花崗岩深部からの経路の評価】

尾原ダム近隣地域の温泉の状況は、ダム上流域では、GL.-100m で約 20 、GL.-1,200m で約 44 の水温が確認されている。また、ダム下流域では、約 43 の温泉が自噴している。以上のことから、尾原ダム周辺は、地温が高い地域であることが推定され、地下水温も比較的高い状況であることが推定される。したがって、ダム貯水に伴う貯水位の変動による圧力伝達により、深部のより高温の地下水が湧水箇所に湧出することで、湧水温がダム周辺部では最も高温となっており、湧水の要因と考える。

3.2 BL7 下流地山湧水の要因調査結果

湧水要因調査結果

想定される湧水経路		「施工時の対応」と「調査結果」	調査結果の評価	7ブロック下流湧水要因の評価		カーテンラインの浸透水の評価
仮説 1	ダム上流面(貯水池斜面を含む)からの経路	潜水調査(目視) →ダムサイト法枠工、堤体からは亀裂は確認されず。 法枠工・上流面吸い込み調査 →吸い込みは確認されず。 上流掘削法面水抜閉塞調査 →閉塞による湧水量の変化はなし。(再開放済) 船上目視調査の結果 →亀裂等は確認できない。	ダム堤体、ダムサイト法枠工に亀裂および吸い込みは確認されないことから、浸透領域ではない。	湧水の要因ではない。	対策不要	浸透領域でないことから、カーテンラインの浸透経路の評価に問題はない。
仮説 2	ダム着岩部からの経路	湧水箇所は、遮水性が高いF-1断層より左岸側である。 →F-1断層より左岸側の基礎排水孔・継ぎ目排水孔からは問題となるような漏水は確認されない。 基礎排水孔からのトレーサー試験 →湧水箇所からの反応なし。(水みちは確認されない)	基礎排水孔の漏水量は問題となる量ではなく、岩着部の水みちは確認されないことから、浸透経路ではない。	湧水の要因ではない。	対策不要	浸透領域・浸透経路でないことから、岩着部のカーテンラインには問題はない。
仮説 3	F-1断層からの経路	遮水性を目的とするコンソリデーショングラウト(10m以深)を堤敷部に施工 F-1断層 上盤・下盤の地下水位調査 →F-1断層の上盤側と下盤側に約13mの水位差が確認される。(F-1は地下水の遮水壁となる) F-1断層周辺のボーリング調査 →F-1断層は基本的に難透水。 →調査孔3-3で掘削中に湧水が確認される(水温12.5℃) トレーサー試験→F-1断層周辺から湧水箇所への水みちは確認されない。	・F-1断層の性状より、浸透経路ではない。 ・F-1断層周辺部の水みちは確認されないことから浸透経路ではない。 ・F-1断層は岩盤深部まで連続しており、岩盤深部においても難透水路として存在している。	湧水の要因ではない。	対策不要	浸透経路ではないことから、カーテンラインの浸透経路の評価に問題ない。
仮説 4	左岸花崗岩部(浅部)からの経路	ボーリング調査(3列は6m下流、B列50cm下流) →基礎岩盤の2.5m以深の範囲は、カーテンライン下流においても低透水を確認 →カーテンライン直下流の地下水位は、貯水位よりも約10m低く確認される。 →カーテンラインより下流側6mの花崗岩部で、高透水部が確認される。 →カーテンラインより下流側50cmの花崗岩部で、局所的な高透水部が確認される。 トレーサー試験 →一部の区間では花崗岩部から、下流湧水への水みちが確認される。 孔内水温調査(B-1～B-4) →カーテンライン直下流の地下水位は、EL.170m付近では貯水池と同程度の水温となるが、さらにEL.130m付近では3℃程度高くなっている。	・カーテンライン下流の地下水位は低下しており、カーテングラウチングによる改良効果は認められる。 ・カーテンライン施工時には確認されなかった局所的に透水性が高い箇所が認められた。 ・花崗岩部で水みちが確認された。 以上より、浸透領域、浸透経路の可能性がある。	水温、水質の関係より、花崗岩部の浸透水が湧水の主要因とは考えられない。 浸透と思われる水温を確認しているが、湧水温から影響は小さいと考えられる。	右記、グラウチング改良によりある程度の効果も期待できる可能性もある。 特異事象確認のため、計測を継続する。	カーテンライン下流側50cmにおいて局所的な高透水部を確認した。下流50cmの試験値であるが、事業者として尾原ダムで設定した値を超える高透水箇所を確認したことから、確実に対処する。
仮説 5	上下流に連続する調査横坑周辺部からの経路	横坑閉塞は施工を確実に実施している。 →止水ライン部では、横坑及びその周辺に高透水性部は認められない。 ボーリング調査(調査位置カーテン下流6.11m) →横坑上部で5～10Lu程度、横坑下部で未昇圧であるが、隣接孔への連続は認められない。 →調査孔からは湧水圧も確認されない。 ボアホールカメラ観察 →横坑閉塞部は、上部・下部共に密着していることを確認。 トレーサー試験 →カーテンライン下流部(改良範囲外)では、横坑沿いの水みちが確認される 水温計測 →調査孔4-1の水温は湧水温よりも低く、貯水池水温に近づいている。	・止水ライン部では横坑及びその周辺に透水性が高い箇所は認められず、横坑閉塞部も密着を確認したことから、浸透領域としては問題ない。 ・カーテンラインより下流部(基礎岩盤の改良範囲外)で水みちを確認していることから、左岸地山地下水や貯水池浸透水を集水する浸透経路の可能性がある。	別ルートからの浸透水を集水していると推定されるが、湧水の要因ではない。	対策不要	トレーサー試験結果、水温計測結果とも、カーテンラインより下流側に起因する事象でありカーテンラインを浸透するものではない。

想定される湧水経路		「施工時の対応」と「調査結果」	調査結果の評価	7ブロック下流湧水要因の評価		カーテンラインの浸透水の評価
仮説 6	左岸リム部からの経路 (改良範囲)	ボーリング調査 →リム部の地下水位はサーチャージ水位より高いことを確認。 →調査孔 5-6 に局所的な高透水部は認められるが、B-1 調査孔により右岸側への連続は確認されない。 地下水位調査孔(左岸地山)からの透水性の確認・トレーサー試験 →調査孔 5-5、6、B-1 からの水みちは認められない。 水温計測 →地下水温は 10 前後で、湧水温よりも 3～4 程度低い。	・リム部の地下水位はサーチャージ水位より高く、貯水位変動による影響はほとんど確認されない。 ・局所的な高透水部は認められるが、水みちは確認されない。 以上より、左岸リム部は、浸透領域、浸透経路ではない。	湧水の要因ではない。	対策不要	浸透経路ではないことから、カーテンラインの浸透経路の評価に問題ない。
仮説 7	左岸下流地山地下水の経路	ダム下流地区井戸の水位変化 →周辺井戸水位は、湧水確認時期と前後して上昇が確認され、左岸下流地山地下水位が上昇した可能性はある。 →平成 22 年度冬季は、冬季として過去最高位レベルであった。 水質調査 →地山地下水の水温は 10 前後で BL7 下流地山湧水よりも低い。 →イオン分析からは明確な由来は解明できない。 (湧水:一般細菌なし、濁りなし)	・ダム貯水池の上昇、融雪等により、地山地下水位が上昇していると考えられる。 ・カーテンライン下流部の地山からの浸透経路の可能性はある。	貯水位に追隨して湧水量が変化している状況から、地山地下水が湧水の主な起因とは考えられないが、地下水位の上昇により湧水量への影響は考えられる。	堤体安定上問題とはならない。 特異事象確認のため、計測を継続する。	カーテンラインより下流側の地山に起因する事象である。 カーテンラインの浸透水、浸透経路の評価には関係ない。
仮説 8	左岸花崗岩部(深部)からの経路	湧水等の水温調査 →水温をグループ分けすると、湧水温が一番高く、ダム貯水温が一番低く分類される。 湧水等の水質調査 →水質では、明確な分類はできない。 →湧水について、「一般細菌がゼロ」という特徴がある。 →湧水には濁りなし 周辺地下水温に関する資料収集・整理 →近隣温泉:下流湯村温泉(43 度)、上流泉源調査(地下 50m で 20 度確認、1,200m で 44 度)という地域的特徴から地温が高い地域と推定される。	・尾原ダム周辺部は温泉があり、基礎岩盤深部の地温は高い地域であることが推定される。 ・湧水を構成するものとして、温度の高い地下水が貯水による圧力伝達を受け、湧出しているものと推定される。 以上より、基礎岩盤深部の地下水からの、浸透領域、浸透経路の可能性はある。	水温の関係より、温度の高い地下水(岩盤深部)が、湧水の要因と考えられる。	堤体安定上問題となるような深度ではなく、湧水に濁りもない。 特異事象確認のため、計測を継続する。	深部の地下水であるなら、カーテンラインの改良計画区間外が、浸透領域、浸透経路となる。 カーテンラインの浸透水、浸透経路の評価には関係ない。

3.3 BL7 下流湧水の評価

以上の検討結果より、

- ・左岸花崗岩部からの経路としては、カーテン幕を通過するある程度の浸透はあるものとみられる。しかし、浸透水の水温が低いことおよびカーテンライン下流の水位が貯水位より低いことなどから、影響は小さいと考えられる。
- ・左岸地山地下水の経路としては、地下水位の変動による湧水量への影響が考えられるが、地下水温は 10 程度でほぼ一定しており、水温が高い湧水に大量に混入しているものではないと考えられる。
- ・尾原ダム周辺は地温が高い地域であると考えられることから、比較的水温の高い地下水が貯水による圧力伝達により湧水箇所に湧出している可能性がある。

したがって、BL7 下流湧水は、上記の要因による水が様々な条件により混合されて湧出しているものとみられるが、その主体となっているのは の比較的水温の高い地下水であるものと考えられる。

4 今後の対応

- ・湧水の主要因は、「左岸花崗岩（深部）からの経路」とであると推測される。

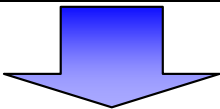
本判断は、湧水確認時からの調査・計測データを基にした判断であり、今秋に再度、貯水位を上昇する計画である。計測データに現データとは異なる特異な事象がないか継続監視することは必要不可欠であり、湧水の対策としては、継続監視とする。

また、湧水は法面から湧出しており、法面保護排水処理は適切に実施する。

引き続き計測を行うにあたり、下記計測計画で実施する。

【湧水確認からの計測期間の計測頻度】

貯水位	降雨量 【尾原ダム 地点】	堤体基礎排水 孔 【基礎排水孔 1～9】	堤体継ぎ目排水 孔 【JL2～JL9】	堤体揚圧力 【基礎排水孔 1～9】	堤体水質 【表層,EL203,180,170,161m】			湧水量 【全調査孔】	湧水水質 【DP-1～4】				調査孔(左岸頂部) 地下水 【調査孔5-2,3,4,5,6】		調査孔(左岸下流部) 地下水 【調査孔3-1,2,4-1,5-1】	
					温度	PH	EC		温度	PH	EC	濁度	水位	水温	水位	水温
自動	自動	手動	手動	手動	自動	自動	自動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動
毎正時	毎正時	1回/日	1回/日	1回/日	1回/日	1回/日	1回/日	3回/日	3回/日	1回/日	1回/日	1回/日	3回/日	3回/日	3回/日	3回/日



制限水位(EL.195.5m) 保持期間（ただし、出水等による貯水位の上昇及び特異な事象が確認された場合を除く）

貯水位	降雨量 【尾原ダム 地点】	堤体基礎排水 孔 【基礎排水孔 1～9】	堤体継ぎ目排水 孔 【JL2～JL9】	堤体揚圧力 【基礎排水孔 1～9】	堤体水質 【表層,EL203,180,170,161m】			湧水量 【総湧水量】	湧水水質 【DP-1～4】				調査孔(左岸頂部) 地下水 【調査孔5-2,3,4,5,6】		調査孔(左岸下流部) 地下水 【調査孔3-1,2,4-1,5-1】	
					温度	PH	EC		温度	PH	EC	濁度	水位	水温	水位	水温
自動	自動	手動	手動	手動	自動	自動	自動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動
毎正時	毎正時	1回/日	1回/日	1回/日	1回/日	1回/日	1回/日	1回/日	1回/日	1回/日	1回/日	1回/日	1回/日	1回/日	1回/日	1回/日

出水等による貯水位の上昇及び特異な事象が確認された場合は、下記貯水位上昇・降下期間の計測頻度による

貯水位の上昇・降下期間

貯水位	降雨量 【尾原ダム 地点】	堤体基礎排水 孔 【基礎排水孔 1～9】	堤体継ぎ目排水 孔 【JL2～JL9】	堤体揚圧力 【基礎排水孔 1～9】	堤体水質 【表層,EL203,180,170,161m】			湧水量 【全調査孔】	湧水水質 【DP-1～4】				調査孔(左岸頂部) 地下水 【調査孔5-2,3,4,5,6】		調査孔(左岸下流部) 地下水 【調査孔3-1,2,4-1,5-1】	
					温度	PH	EC		温度	PH	EC	濁度	水位	水温	水位	水温
自動	自動	手動	手動	手動	自動	自動	自動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動	手動
毎正時	毎正時	1回/日	1回/日	1回/日	1回/日	1回/日	1回/日	2回/日	2回/日	1回/日	1回/日	2回/日	2回/日	2回/日	2回/日	2回/日

湧水の状況に応じて適宜計測回数の検討を行う

青字：計測時期からの変更箇所

【参考資料 1】左岸下流湧水に対する堤体等の安全性

平成 23 年 2 月に、BL7 下流法面において、約 250L/min の湧水を確認した。

湧水が下流から生じており、尾原ダムの安定上、基礎排水孔より下流部においても設計より大きい揚圧力が生じていると仮定した場合の、ダムの安定性の確認を実施した。

1 ダム安定性の確認

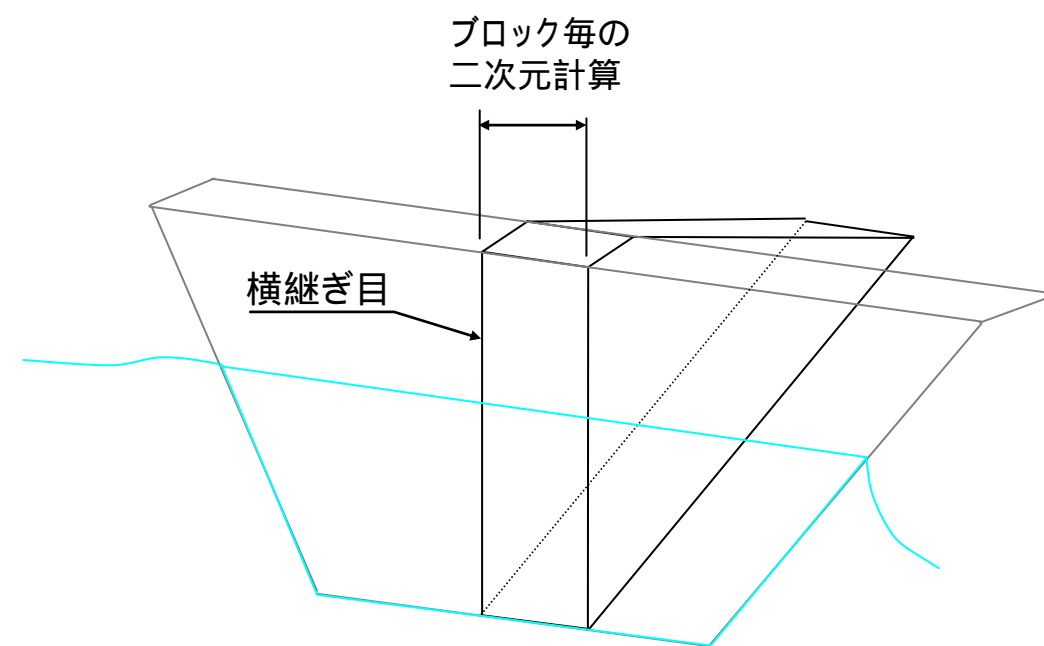
1.1 重力ダムの安定性検討

重力式コンクリートダムは、ダムに作用する水圧その他の荷重に対してダム自体の自重によって抵抗し、基礎岩盤までその力を伝達して岩盤の抵抗力と相俟って、その安定性を保持するように設計されている。

通常は、全ての荷重を片持ち梁要素によって基礎岩盤に伝達するという二次元設計法に基づく。つまり、隣接するブロックとは独立したものとして設計されるので、横継ぎ目で分離された各ブロック毎にその安定性が検討される。

安定性検討は、設計時点、施工時点、試験湛水時点でそれぞれ照査される。

堤体の安定性評価は、以下に示す「河川管理施設等構造令」に従って、以下の 3 条件を満足する必要がある。



ダムの堤体と基礎地盤との接合部及びその付近における剪断力による滑動に対し、必要な剪断摩擦抵抗力を有するものとする。
コンクリートダムの堤体に生ずる応力は、標準許容応力を超えてはならないものとする。ただし、地震時において、ダムの堤体に生ずる圧縮応力については、標準許容応力の 30% 以内の値を加えた値を超えてはならないものとする。
重力式コンクリートダムの堤体は、その上流面に引っ張り応力を生じない構造とするものとする。ただし、局部的な引っ張り応力に対して鉄筋等で補強されているダムの堤体の部分については、この限りでない。

の剪断摩擦抵抗力は、次式によって計算する。

$$f_s = \frac{\tau_0 L + f \sum V}{\sum H} \dots\dots\dots$$

- ここに、
- f_s ; せん断摩擦安全率
 - τ_0 ; せん断面のせん断強度
 - f ; せん断面の摩擦係数
 - L ; せん断抵抗を考える長さ
 - $\sum V$; 単位幅辺りのせん断面に作用する垂直力（揚圧力含む）
 - $\sum H$; 単位幅辺りのせん断面に作用するせん断力（地震力含む）

ここに、 f_s 4 と規定されている。

の堤体上流面における鉛直応力は、次式によって計算する。

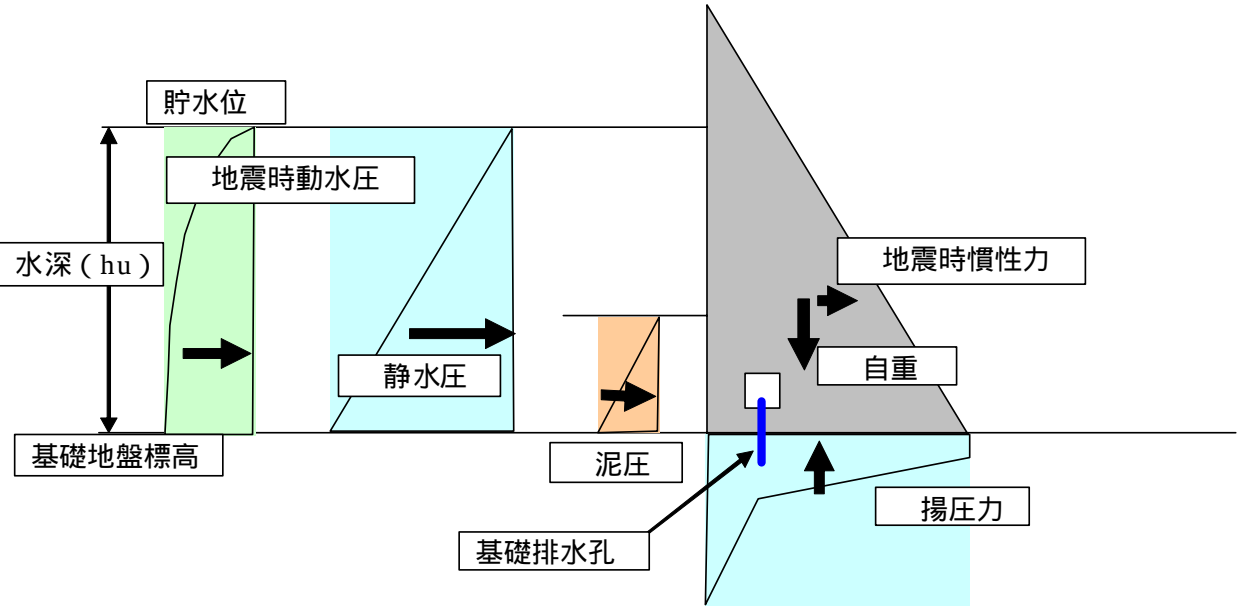
$$\sigma_u = \frac{\sum V}{L} (1 - \frac{6e}{L}) \dots\dots\dots$$

- ここに、
- $\sum V$; 単位幅辺りに作用する鉛直力
 - L ; 検討断面の上下流長さ
 - e ; 偏心距離 = $\sum M / \sum V - L/2$
 - $\sum M$; 単位幅辺りに作用するモーメント

1.2 安定計算手法 - 荷重とその組み合わせ -

堤体に関する構造設計において考慮すべき荷重の種類および組合せは、以下のとおりである。

図-1 堤体構造設計において考慮すべき荷重



- 自重：堤体の重さ
- 静水圧：堤体に作用する貯水池からの水圧（貯水池は風、地震時に発生する波の圧力を考慮しています。）
- 地震時動水圧：地震により貯留水が動くため、堤体に作用する水圧。
- 泥圧：貯水池内に堆積する土砂による圧力。
- 地震時慣性力：地震により堤体に振動して、水平方向に移動使用とする力。
- 揚圧力：ダムの堤体および基礎地盤との接触面に対して垂直な荷重として作用する浸透水の水圧

表-1 荷重の組合せ

貯水池の状態	堤体に作用する荷重					
	自重	静水圧	地震時動水圧	泥圧	地震時慣性力	揚圧力
設計洪水位	○	○	-	○	-	○
サーチャージ水位	○	○	○	○	○	○
常時満水位	○	○	○	○	○	○
最低水位	○	○	○	-	○	○
貯水池空虚	○	-	-	-	○	-

1.3 ダム堤体左岸ブロックの安定性照査

- 左岸下流湧水を考慮した安定照査について
左岸ブロックの BL7 下流法面で湧水が確認されている。
下流湧水を考慮したダムの安定性の照査を行う。

【安定計算条件】

基礎岩盤標高、圧力計口元標高、揚圧力計値を用いて、各ブロックの揚圧力係数を求めると表-1 のとおりとなる。
揚圧力係数を算定する揚圧力計値および貯水位は、試験湛水期間における最高到達水位時点の値を代表として採用する。揚圧力分布は、下図の通りとする。

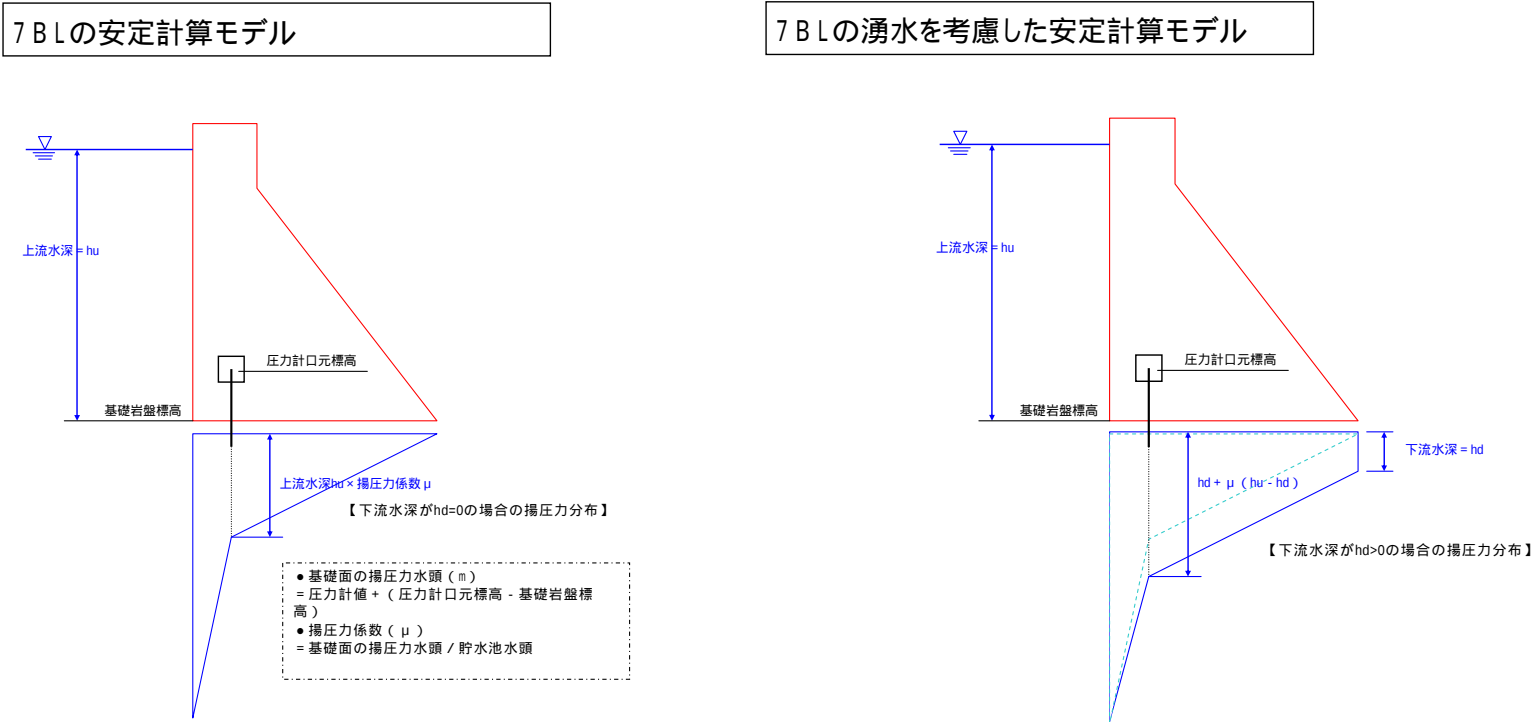
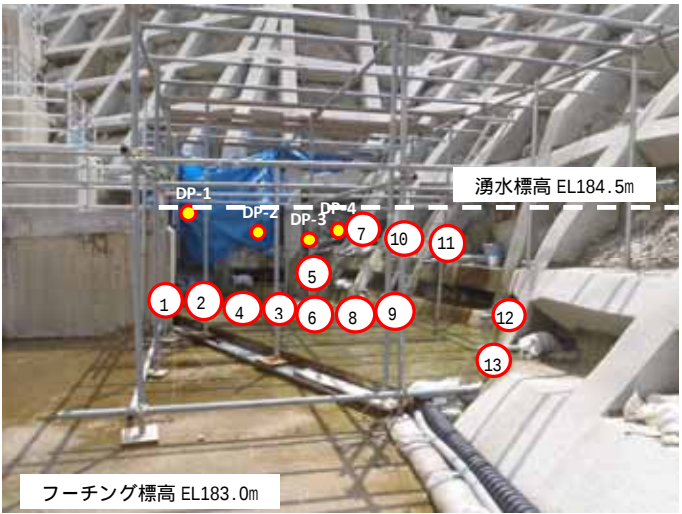


表-1 揚圧力計値を用いた各ブロックの揚圧力

貯水位 EL 212.8 m		試験湛水最高到達水位：平成23年3月2日データ									
BL	基礎排水孔 No.		着岩標高 hF EL.m	孔口標高 EL.m	孔口から圧力計までの高さ (m)	圧力計口元標高 hD (EL.m)	圧力計口元標高 - 着岩標高 hD-hF (m)	揚圧力 (Mpa)	揚圧力水頭 (m)	揚圧力係数	
	孔番	通番								孔別	ブロック平均
7	BL7-1	11	176.00	185.90	0.32	186.22	10.22	0.08	18.22	0.50	0.48
	BL7-2	12	175.90	185.90	0.32	186.22	10.32	0.08	18.32	0.50	
	BL7-3	13	176.20	185.90	0.32	186.22	10.02	0.06	16.02	0.44	

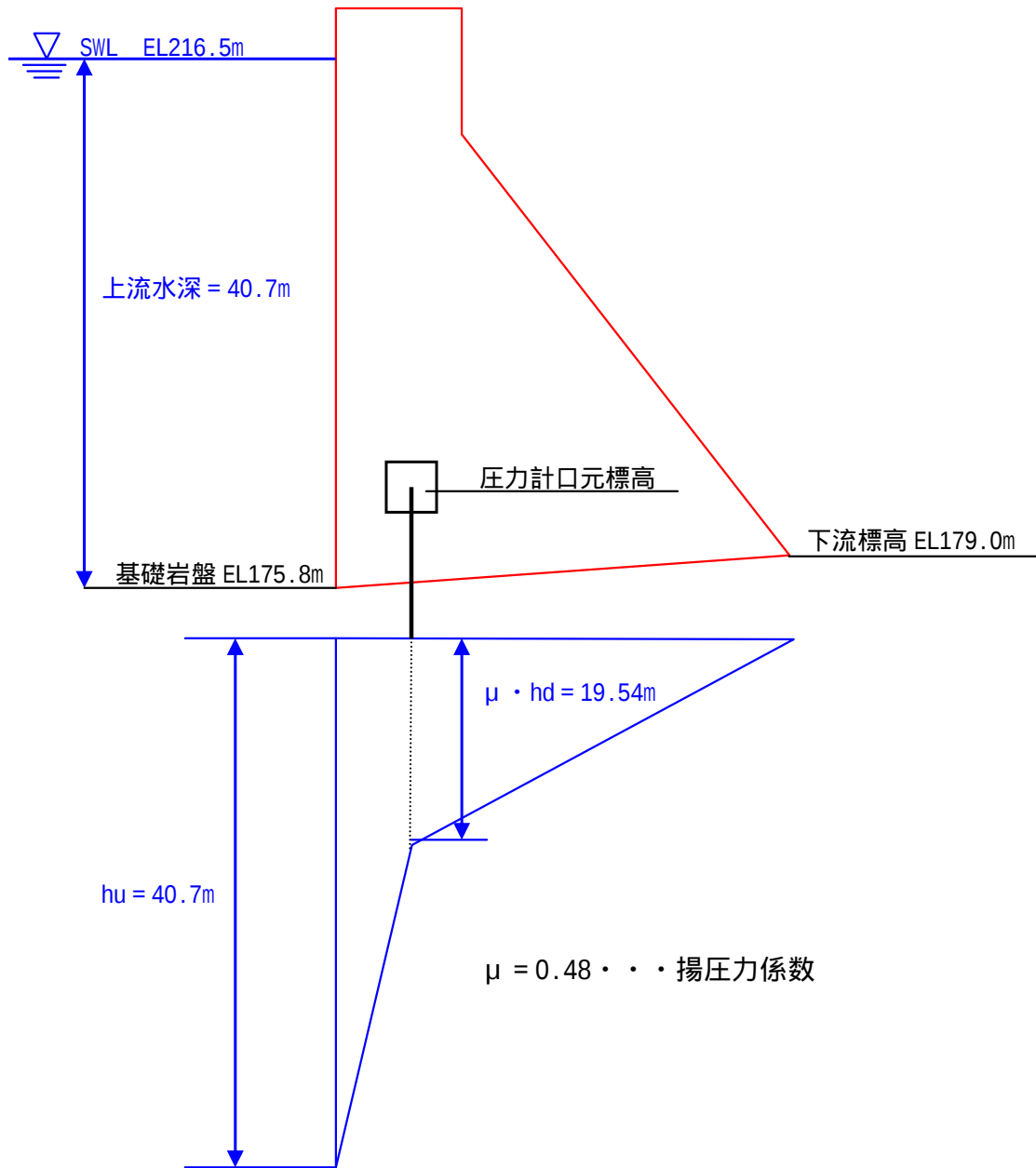
【安定計算】

- 左岸ブロックの安定計算結果
左岸ブロックの計算結果 [下流水深を考慮しない場合]
安全率が最も小さくなるサーチャージ水位を代表水位として、左岸ブロックの安定計算結果を表-2 に示す。（計算に用いた揚圧力係数は、表-1 の値とする。）
試験湛水最高到達水位時に確認された揚圧力により左岸ブロックの安定性を照査した結果、所要の安全率 $n=4.0$ を満足している。
BL7 の計算結果 [下流水深を考慮した場合]
下流湧水の確認されているブロック（BL7）については、各水位（NWL、SWL、HWL）の計算結果を表-3 に示す。
（計算に用いた揚圧力係数は、表-1 の値とし、下流水深は、以下の通りとする。）
BL7：下流法面からの湧水標高 → EL184.5m

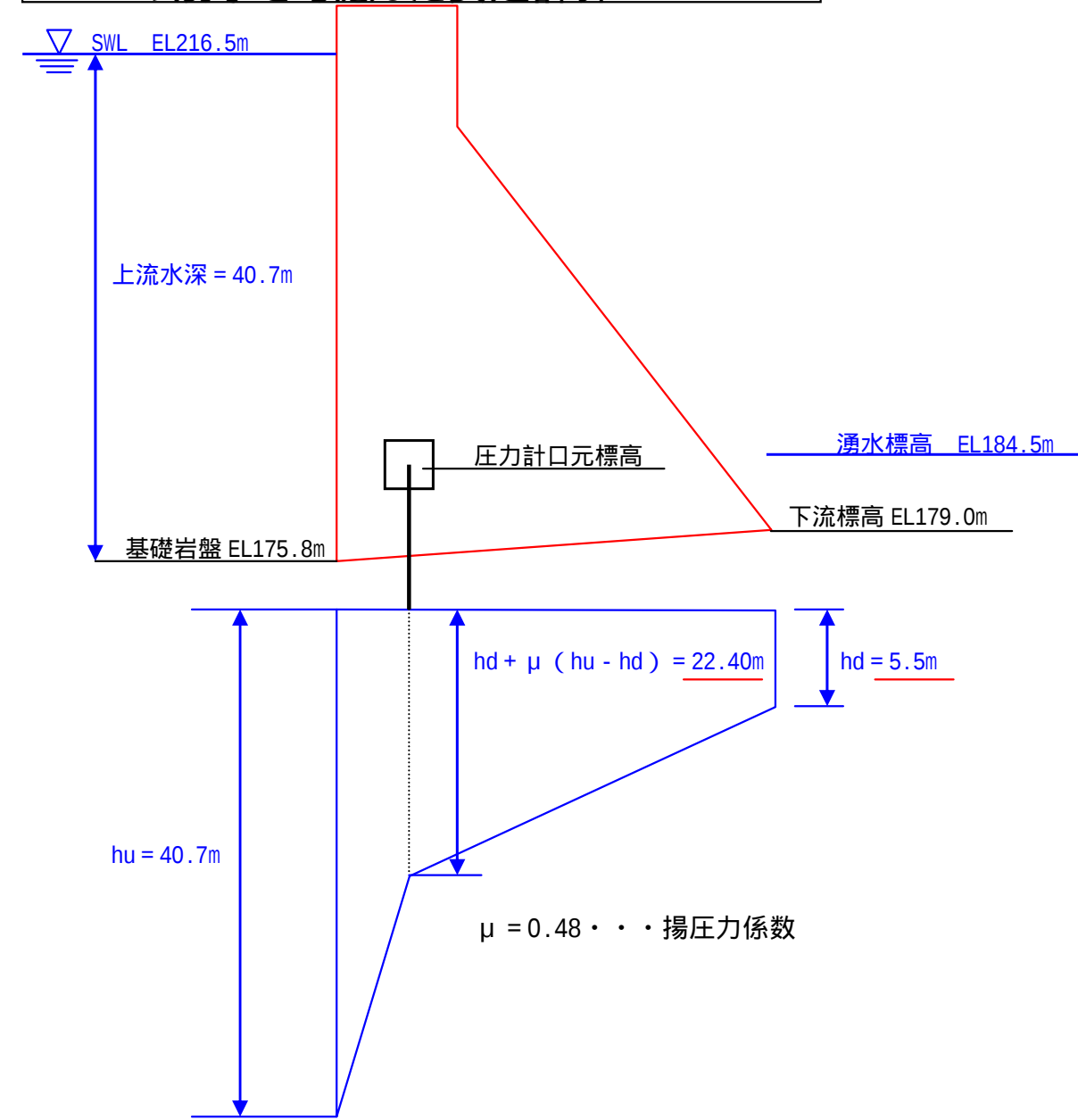


BL7 下流法面からの湧水状況

7BLの安定計算



7BLの湧水を考慮した安定計算



[下流水深を考慮しない場合]

BL	垂直力 N (KN)	せん断力 S (KN)	モーメント M (KN・m)	基礎幅 B (m)	σu 上流 (MPa)	σd 下流 (MPa)	安全率 n
BL7	14,570	8,610	290,787	32.14	0.12	0.78	4.27

検討水位: SWL

[下流水深を考慮した場合]

BL	垂直力 N (KN)	せん断力 S (KN)	モーメント M (KN・m)	基礎幅 B (m)	σu 上流 (MPa)	σd 下流 (MPa)	安全率 n	計算水位
BL7	14,244	5,644	222,083	32.14	0.48	0.40	6.46	NML
	13,364	8,610	267,867	32.14	0.11	0.72	4.15	SWL
	13,068	7,695	252,384	32.14	0.16	0.65	4.62	HML

B L 7

下流湧水が確認されている BL7 は、下流水深を考慮した揚圧力分布で堤体の安定性を照査した結果、
 所要の安全率 $n=4.0$ を満足している。