

丸山ダム健全性検討委員会

第1回委員会参考資料

平成21年1月7日

中部地方整備局
新丸山ダム工事事務所

目 次

1. 丸山ダムの堤体状況.....	1-1	2.4 漏水に関する調査.....	2-40
1.1 漏水量.....	1-1	2.4.1 潜水調査(堆砂位から上位標高の調査).....	2-40
1.2 変形量.....	1-9	2.4.2 堤内排水孔の現況調査.....	2-42
1.2.1 プラムラインによる計測.....	1-9	2.4.3 堤体のボーリング調査.....	2-44
1.2.2 天端変位.....	1-23	2.4.4 基礎岩盤のボーリング調査.....	2-49
1.3 揚圧力.....	1-27	2.4.5 4BL 監査廊のボーリング調査.....	2-58
1.4 既設堤体コンクリートの強度等.....	1-45	2.4.6 4BL 旧揚圧力配管の調査.....	2-69
1.4.1 採取コアの圧縮強度・静弾性係数.....	1-45	2.4.7 他ダムの堤体漏水量の事例.....	2-73
1.4.2 フェノールフタレインによる中性化試験.....	1-52		
2. 4BL の漏水について.....	2-1		
2.1 漏水箇所.....	2-1		
2.2 4BL の漏水の経緯.....	2-13		
2.3 漏水の現状.....	2-18		
2.3.1 漏水量データ.....	2-18		
2.3.2 継目の開き.....	2-22		
2.3.3 水温・水質.....	2-25		
2.3.4 監査廊土砂量.....	2-30		
2.3.5 漏水箇所に堆積した土の分析.....	2-31		
2.3.6 建設時の施工状況.....	2-37		

1. 丸山ダムの堤体状況

ダムに設置する計測装置については、河川管理施設等構造令第13条において、ダムの種類および堤高毎に規定されている。丸山ダムの場合、堤高 50m以上の重力式コンクリートダムであることから、計測事項は、漏水量、変形、揚圧力が対象となる。

丸山ダムは、同政令施行以前の昭和 30 年に竣工しているが、湛水当初から、関西電力(株)により、この3項目が定期的に観測されている。以下にそれぞれの計測による丸山ダムの堤体状況の概要を記す。

1.1 漏水量

(1) 計測概要

丸山ダムでは、4BL 漏水を除く堤体全体の漏水量(以下、4BL 漏水量を除く全漏水量)を 9BL の上下流監査廊に導き、三角堰を設置して計測している。4BL の漏水量については、4BL 上下流監査廊に三角堰を設置して計測している。漏水量計測箇所を図－ 1.1.1、写真－ 1.1.1に、計測の概要を表－ 1.1.1に示す。



写真－ 1.1.1 9BL 三角堰

三角堰の越流水深を物差しにより手動で計測し、流量を算定している。

表－ 1.1.1 漏水量計測概要

対象期間	計測方法または計測項目	計測頻度	備考
昭和 29 年 2 月(湛水開始) ～昭和 29 年 12 月	三角堰, 越流水深	1 回/週	(別途, 国土交通省により超音波式の水圧計が設置され, 関西電力(株)の計測値の検証が行われている)
昭和 30 年 1 月 ～昭和 41 年 1 月	同上	1 回/月	
昭和 41 年 2 月 ～昭和 56 年 3 月	同上	1 回/日	
昭和 56 年 4 月 ～平成 3 年 3 月	同上	1 回/1～2 週	
平成 3 年 4 月 ～平成 14 年 6 月 4 日	同上	1 回/日	
平成 14 年 6 月 5 日 ～平成 14 年 11 月下旬	流速	同上	平成 14 年 6 月 5 日～同年 11 月の間に, 流量が三角堰の測定限界を超過したため, 漏水量を流速により換算
平成 14 年 11 月下旬 ～平成 20 年 3 月 13 日	三角堰, 越流水深	同上	平成 16 年 3 月 31 日に三角堰を改修し, 測定限界を増加 (582 ℓ/分 →1,511 ℓ/分)
平成 20 年 3 月 14 日 ～平成 20 年 11 月末現在	同上	同上	平成 20 年 3 月 14 日より, 4BL 漏水の流下方向を変え, 全漏水から分離する。

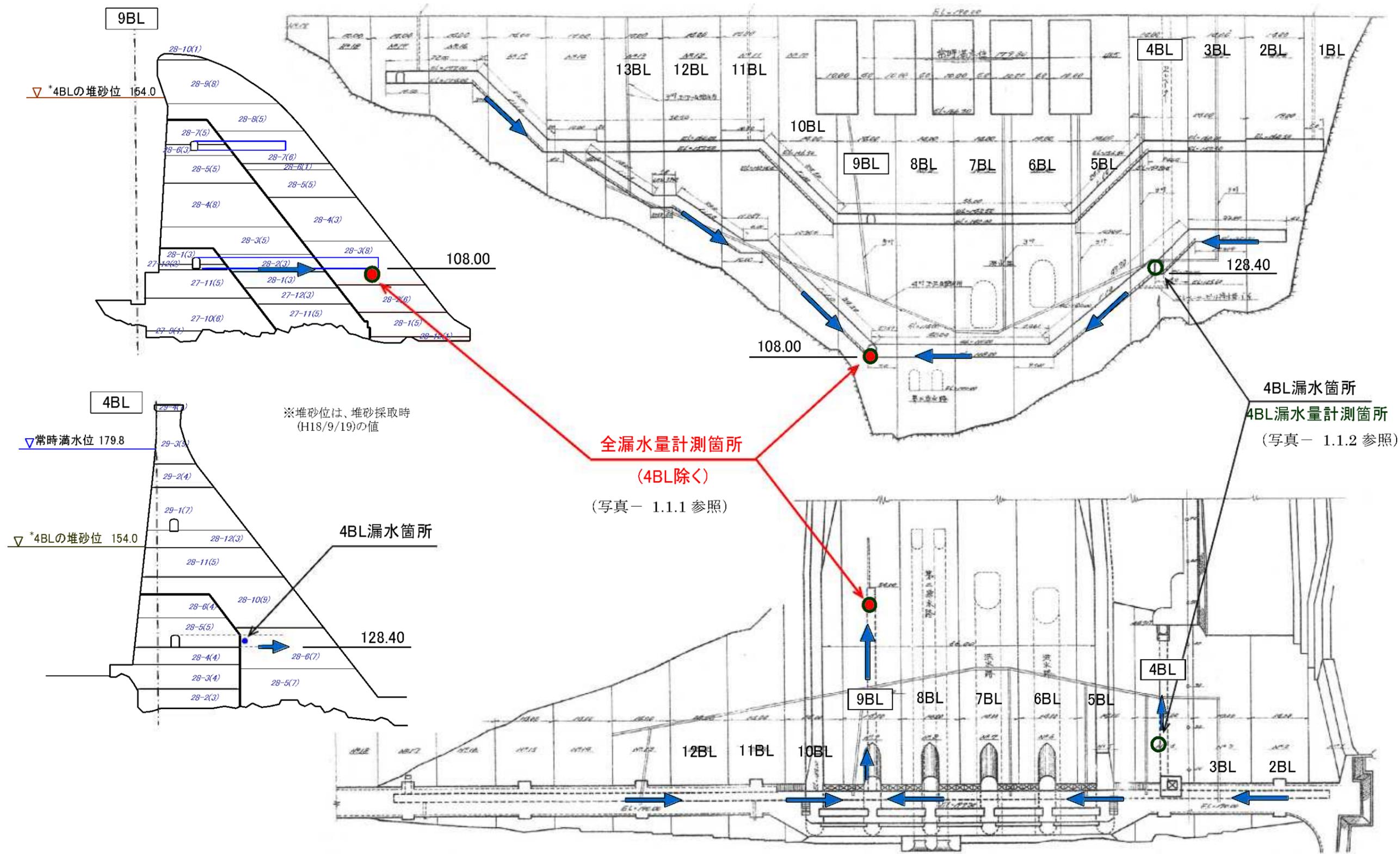


図 - 1.1.1 漏水量計測箇所

(2) 計測結果

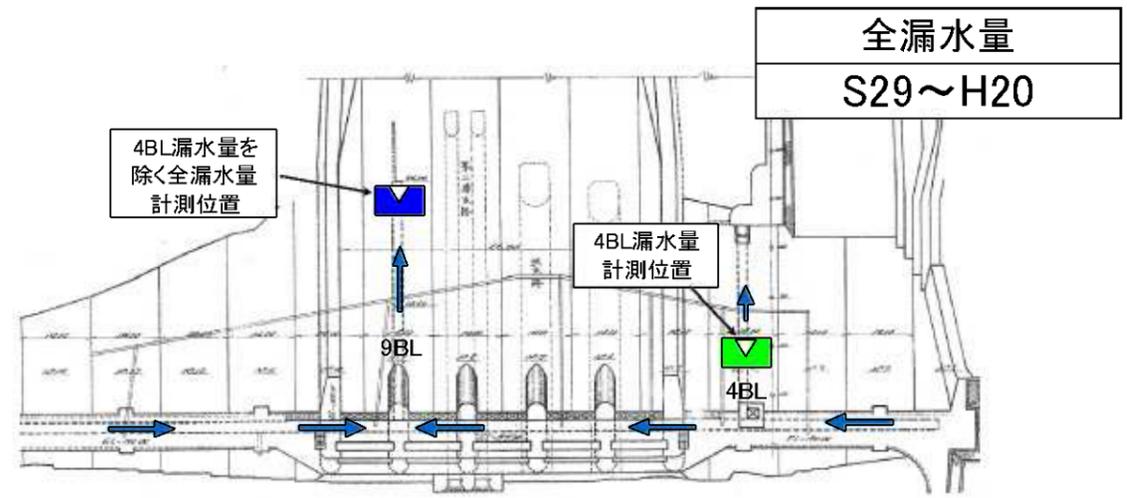
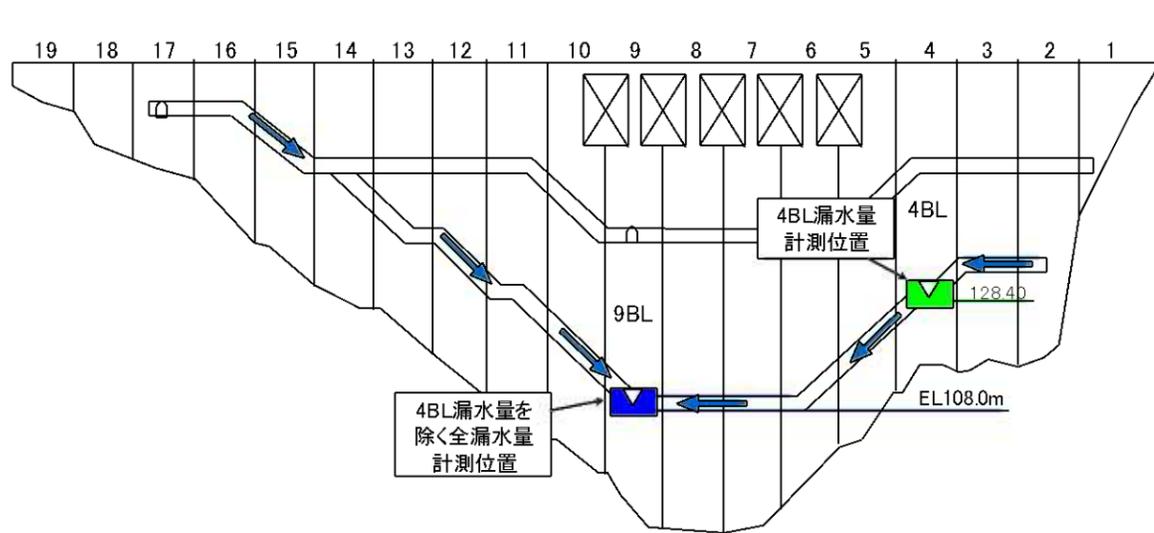
9BLの三角堰と4BLの三角堰での計測値を合計した全漏水量の経時変化図を図－1.1.2に、4BLの漏水量を除いた全漏水量の経時変化図を図－1.1.4に示す。また、近年の例として、平成元年～平成20年の経時変化図を図－1.1.5(1)および(2)に示す。これらより、以下のことがわかる。

- ① 湛水1年目の昭和29年に、最大値約410ℓ/分を記録し、その後10年程度で50ℓ/分程度に収束している。
- ② 昭和42年に100ℓ/分程度に、平成8年に150ℓ/分程度に増加した時期がある他は、全体として安定している。
- ③ 平成12年以降、漏水量が急激に増加している(図－1.1.2参照)。
- ④ 4BLを除くと、平成12年以降の変動の中心は100～150ℓ/分程度であり、過去の漏水量と同様である。(図－1.1.4参照)
- ⑤ 図－1.1.5より、漏水量の多くなる時期は外気温の最低値から2～4ヶ月程度遅れ、漏水量の少なくなる時期も外気温の最高値から2～4ヶ月程度遅れるかたちで、外気温に連動した規則的な年変動を示している。



写真－1.1.2 4BL 三角堰と超音波流量計

堤体の全漏水量から4BLの漏水量を除いた漏水量については、平成12年以降、漏水量が0～200ℓ/分の間で変動しているが、4BL、9BLの双方の測定精度に起因するものである可能性がある。



全漏水量
S29~H20

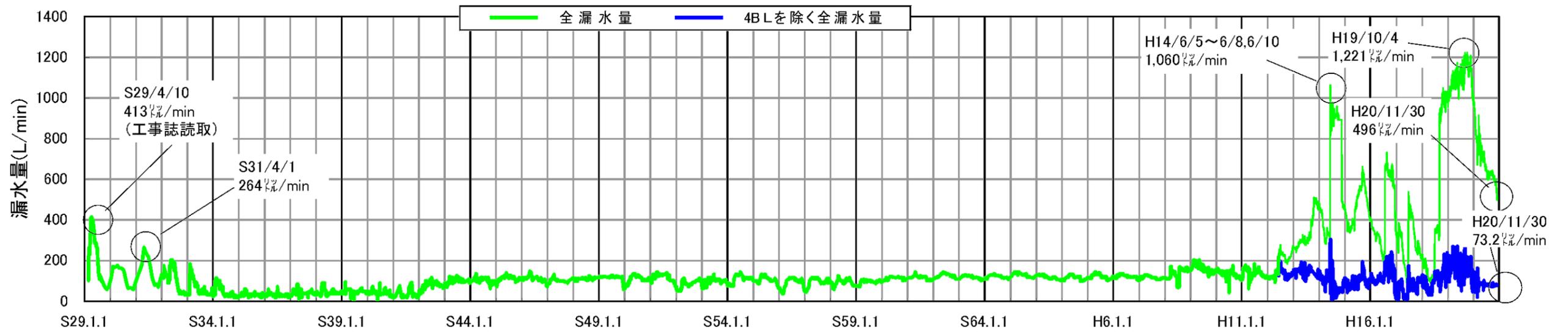
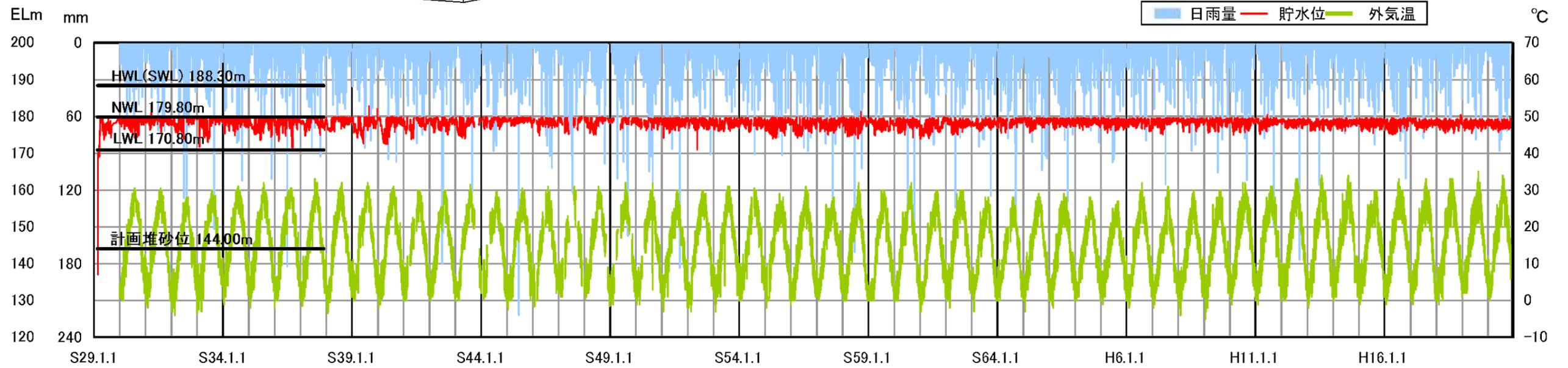


図 - 1.1.2 4 全漏水量の経時変化図 (昭和 29 年 ~ 平成 20 年)

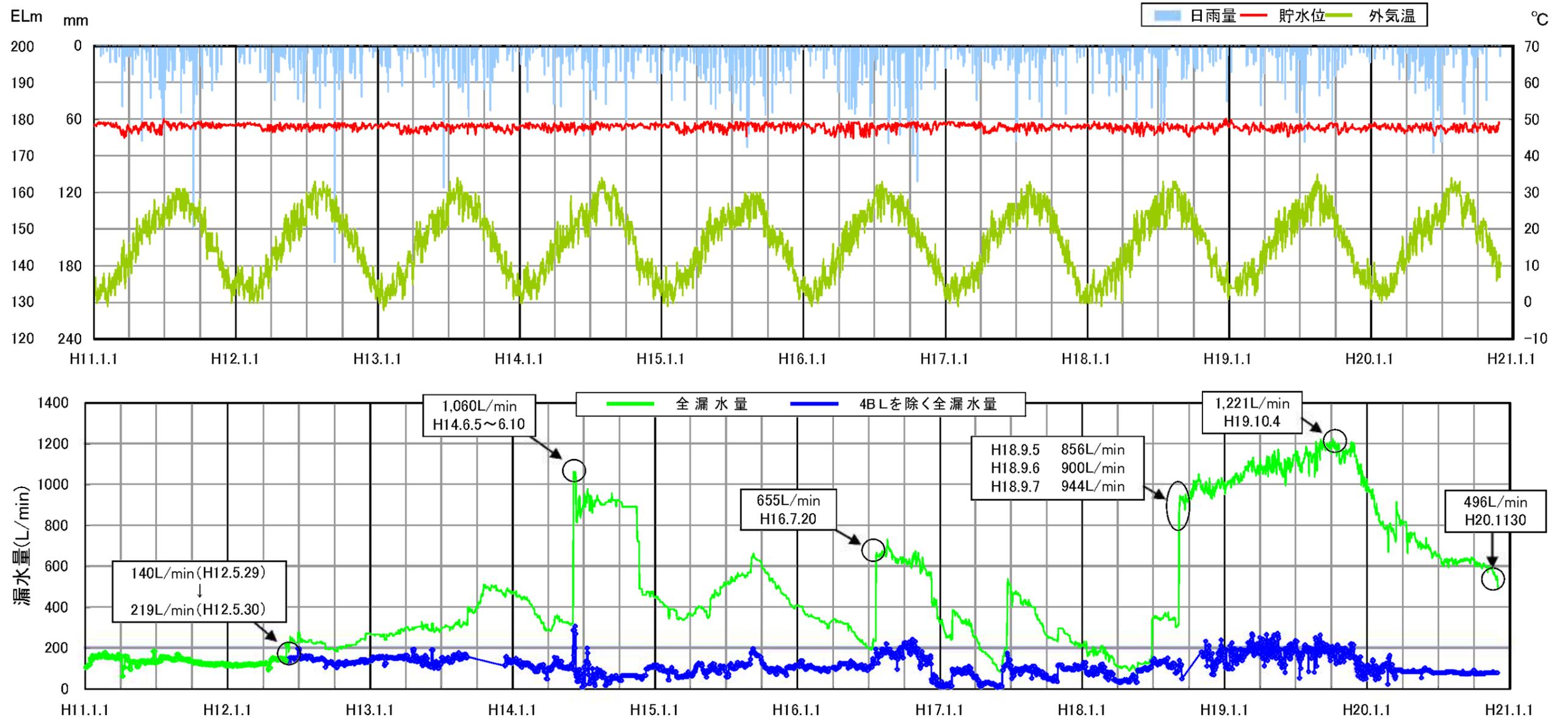
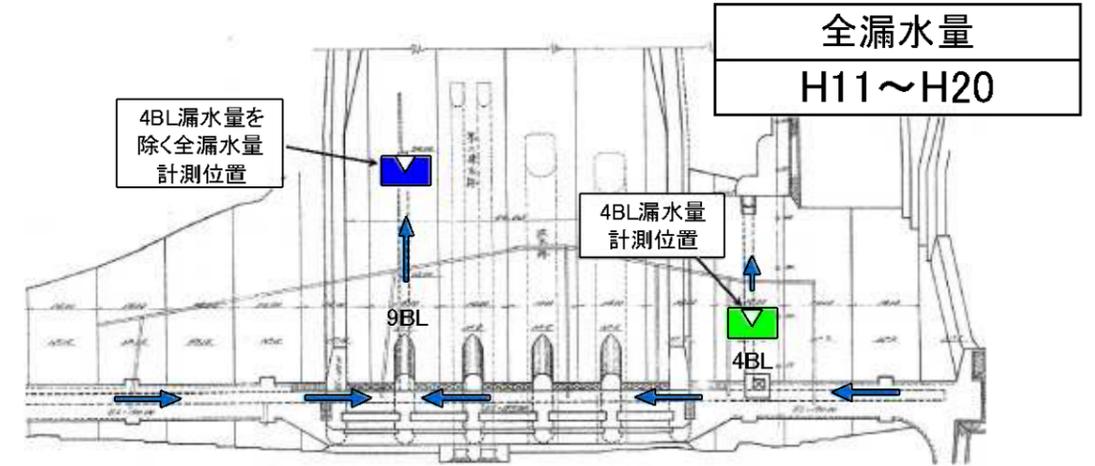
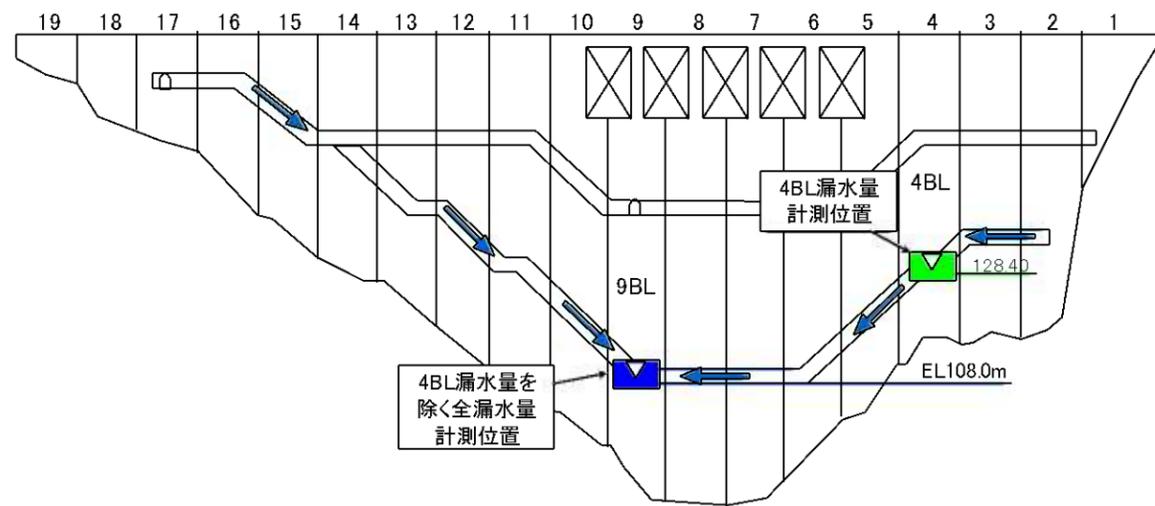


図 - 1.1.3 4 全漏水量の経時変化図 (平成 11 年 ~ 平成 20 年)

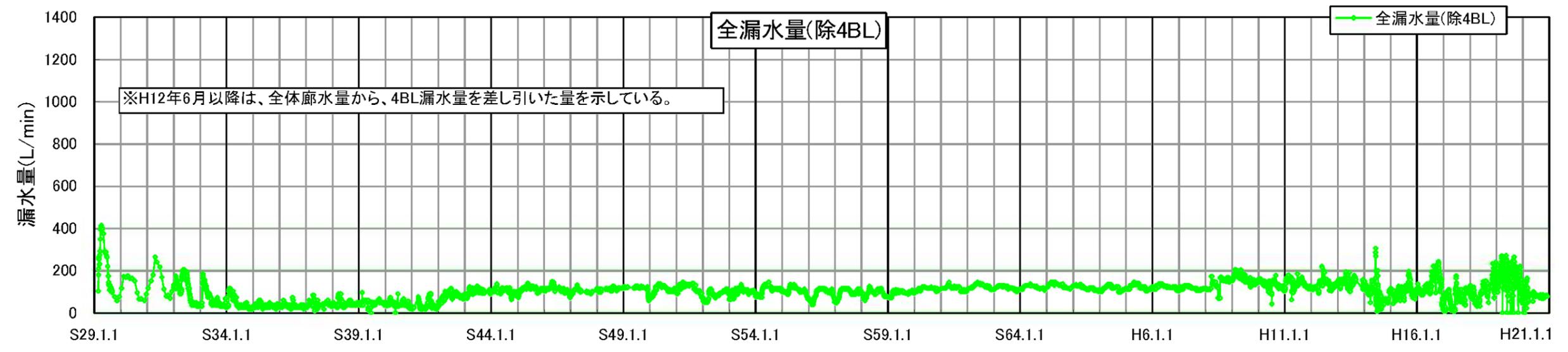
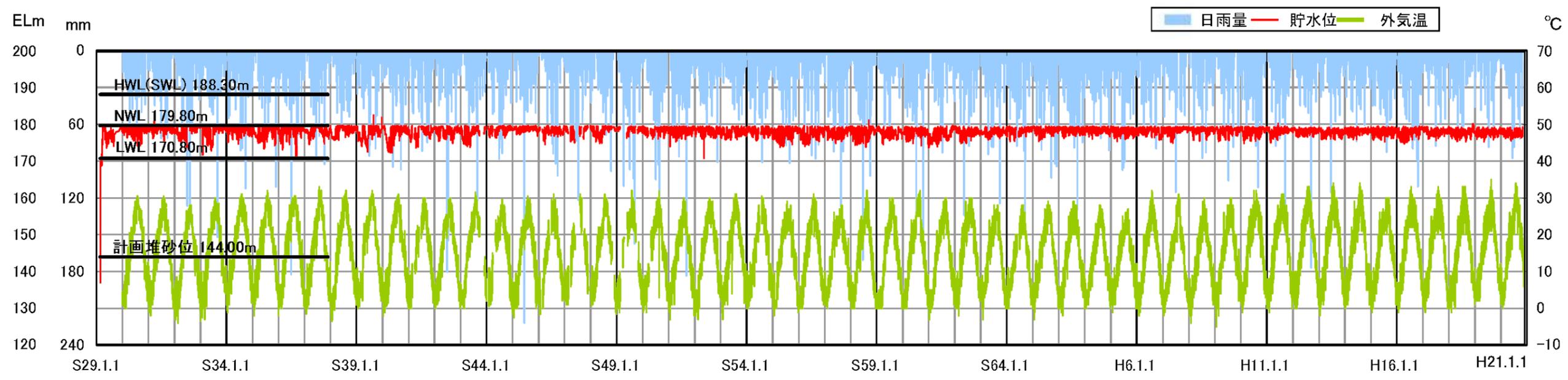
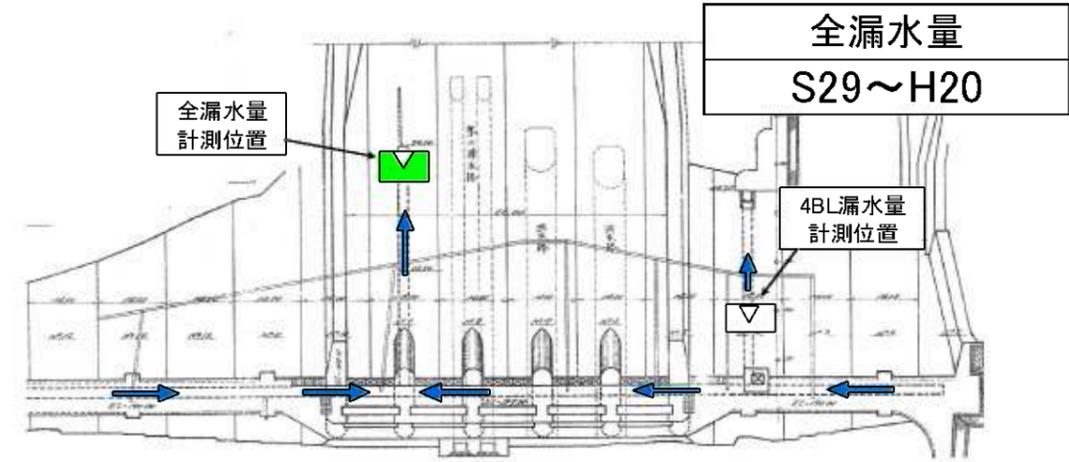
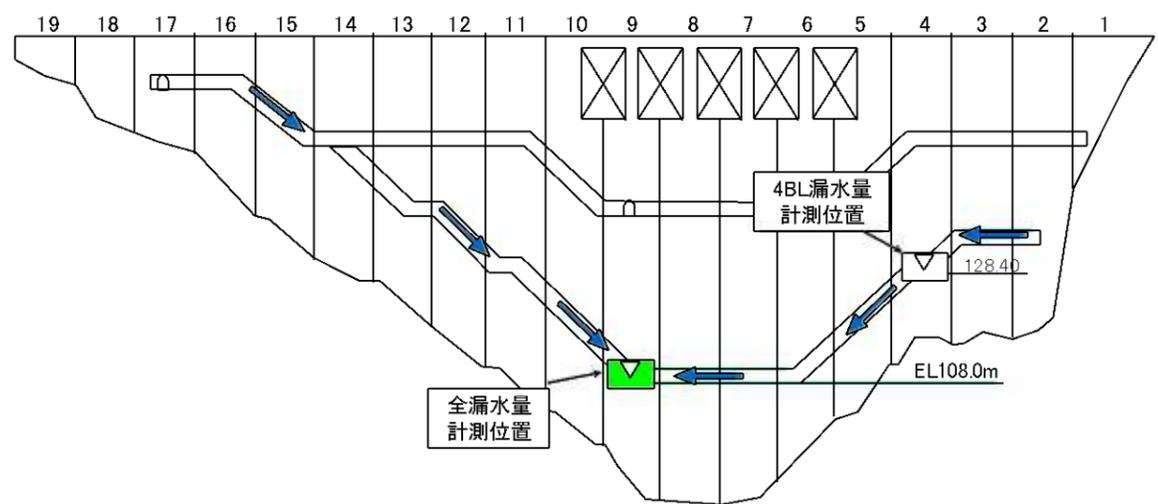


図 - 1.1.4 4BLを除いた全漏水量の経時変化図(昭和29年~平成20年)

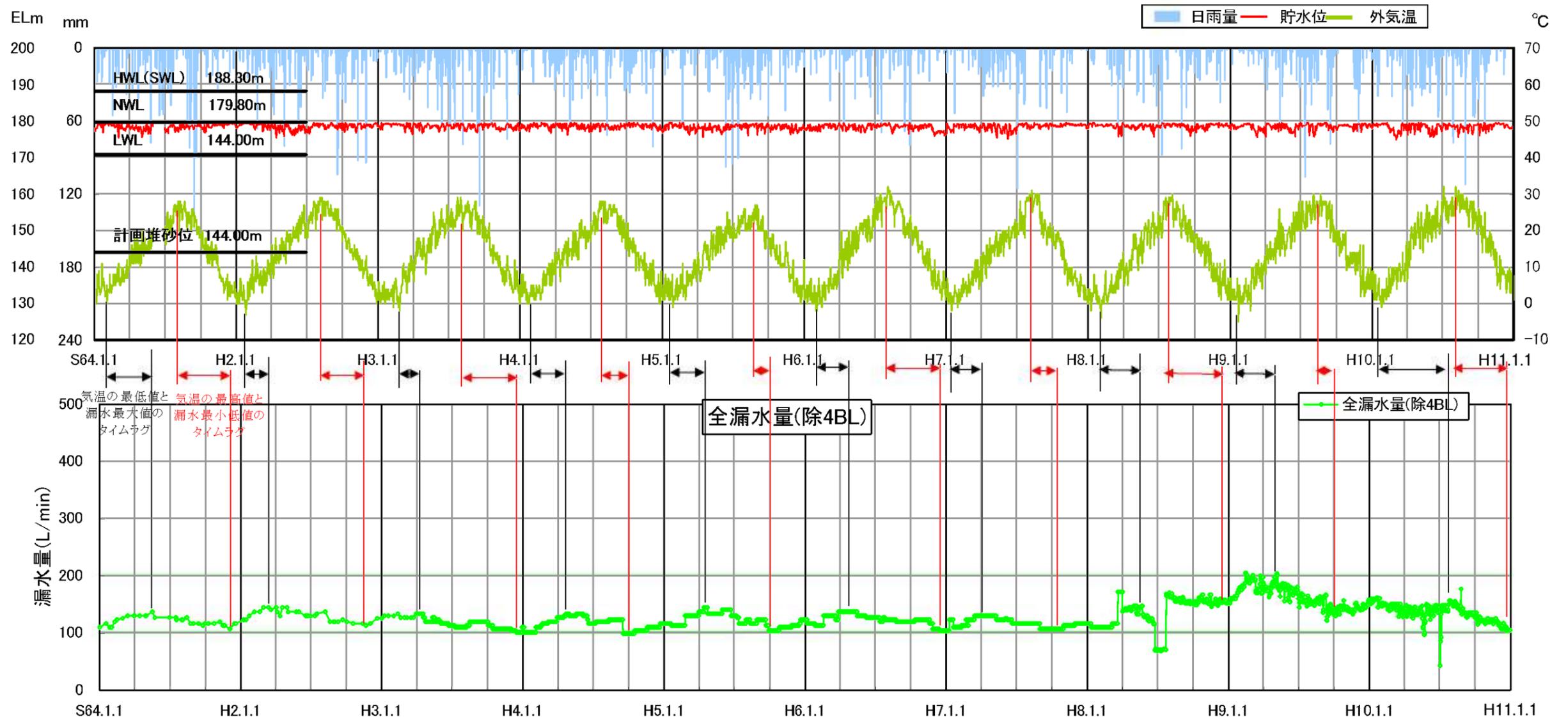
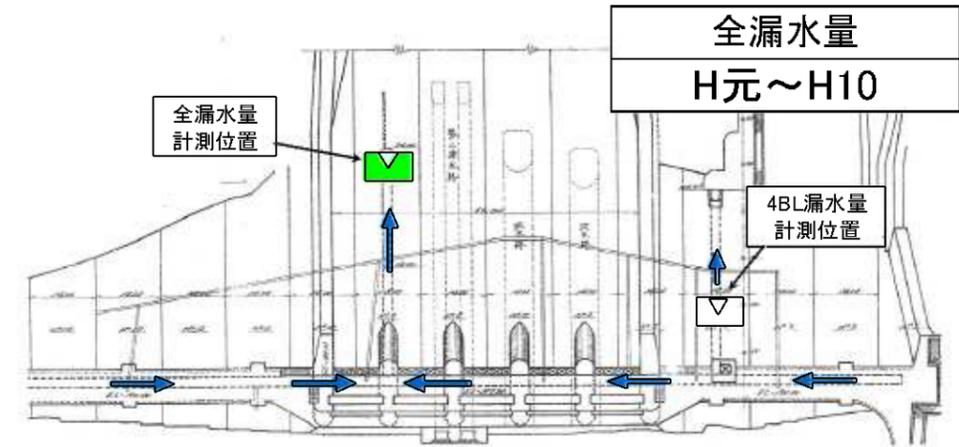
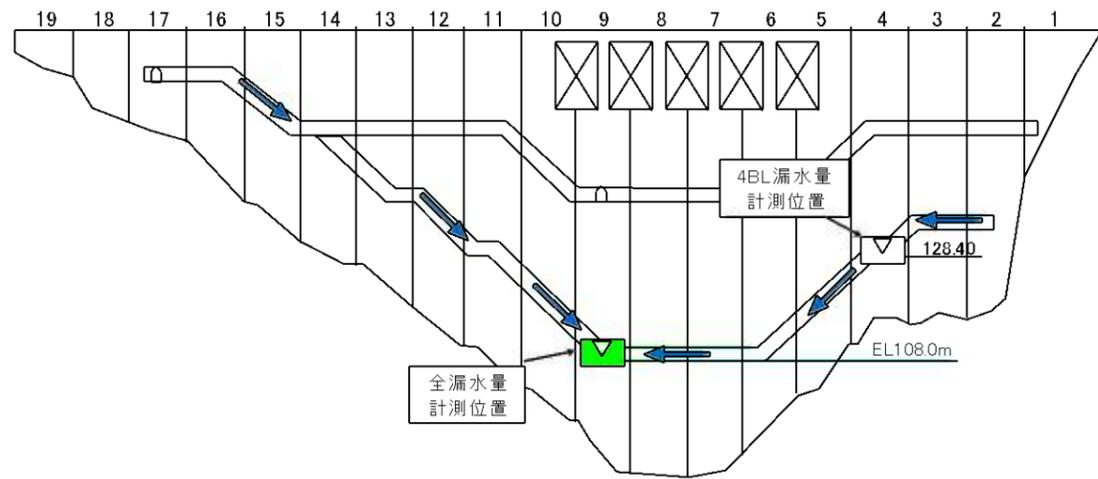


図 - 1.1.5(1) 4BLを除いた全漏水量の経時変化図(平成元年~平成10年)

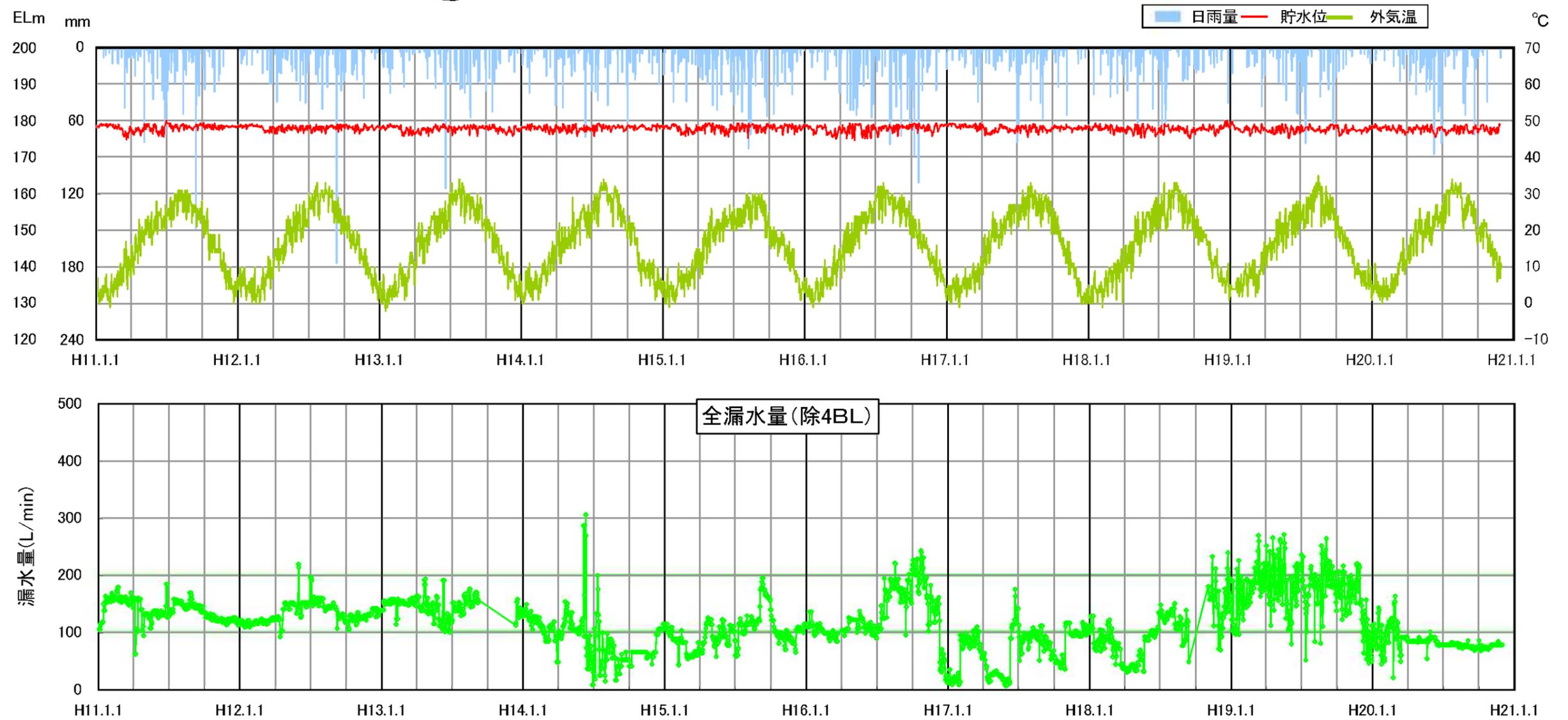
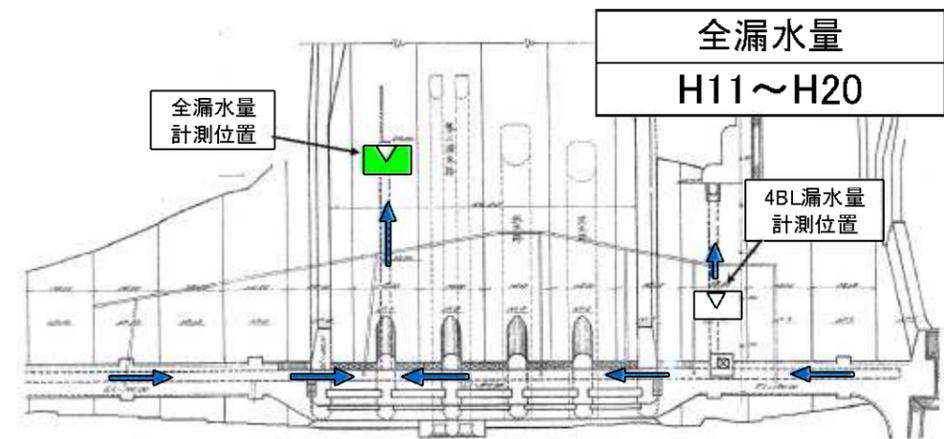
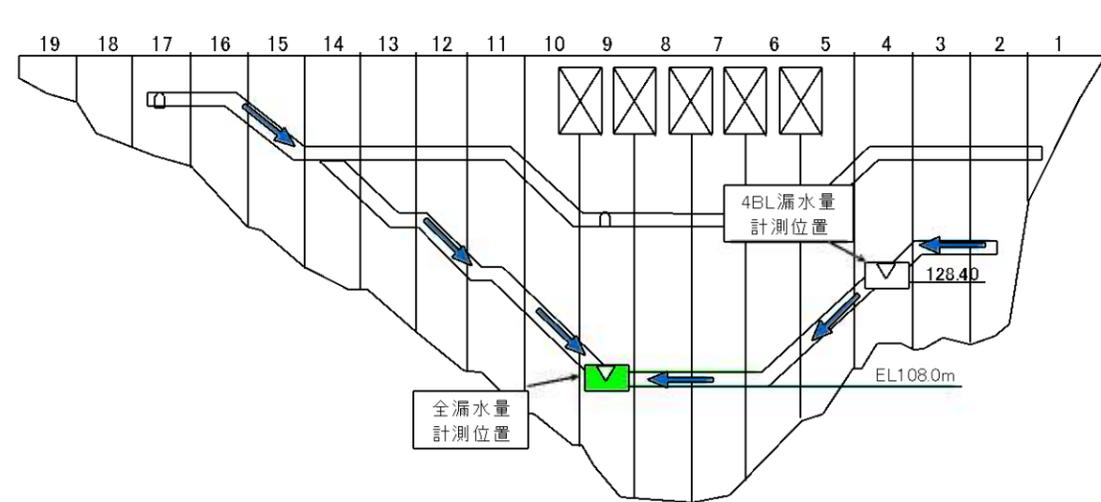


図 - 1.1.5(2) 4BLを除いた全漏水量の経時変化図(平成11年~平成20年)

1.2 変形量

1.2.1 プラムラインによる計測

(1) 計測概要

丸山ダムでは、最大断面である8BLおよび非越流部の4BLにそれぞれプラムラインを設置し、堤体の変位量を測定している。

プラムラインの設置箇所を図- 1.2.2 に、計測の概要を表- 1.2.1 に示す。

丸山ダムでは、平成 5 年に改修工事を行い、観測装置を変更している。改修以前の観測装置を図- 1.2.1 に、改修後の観測装置による計測状況を写真- 1.2.1 に示す。いずれも、観測者が観測装置から直接読み取る方式で計測している。

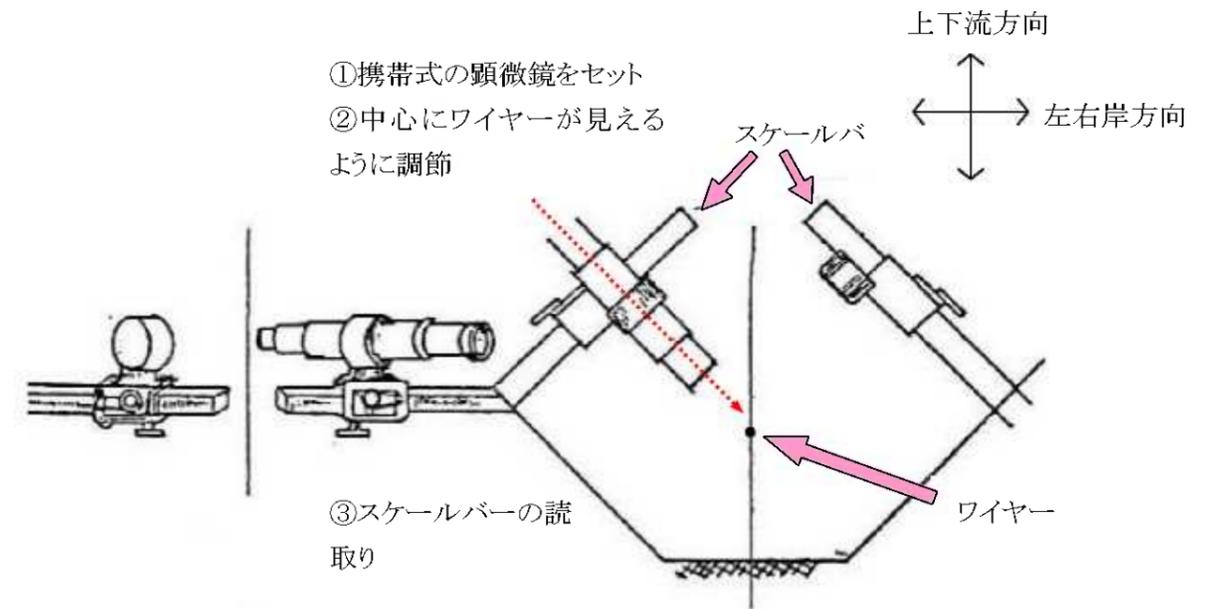


図- 1.2.1 平成 5 年改修工事以前の観測装置 (丸山発電所工事誌)

表- 1.2.1 変形 (プラムライン) 計測概要

対象期間	計測方法または計測項目	計測頻度	備考
昭和 29 年 2 月 (湛水開始) ～昭和 29 年 12 月	ダム軸と 45° をなす方向にそれぞれ設置されたスケールバー(バーニヤ付)に交互に携帯式の顕微鏡を取付け、顕微鏡の中心にワイヤーが見える位置でそれぞれのスケールを読み取る(図- 1.2.1 参照) (測定精度 0.01mm 丸山発電所工事誌)	1 回/週	
昭和 30 年 1 月 ～昭和 41 年 1 月	同上	3 回/月	
昭和 41 年 2 月 ～平成 5 年改修工事前	同上	1 回/月	
平成 5 年改修工事後 ～平成 20 年 11 月末現在	固定台に、携帯式の観測装置を取付け、直行する 2 方向の値を読み取る(写真- 1.2.1 参照)。	同上	

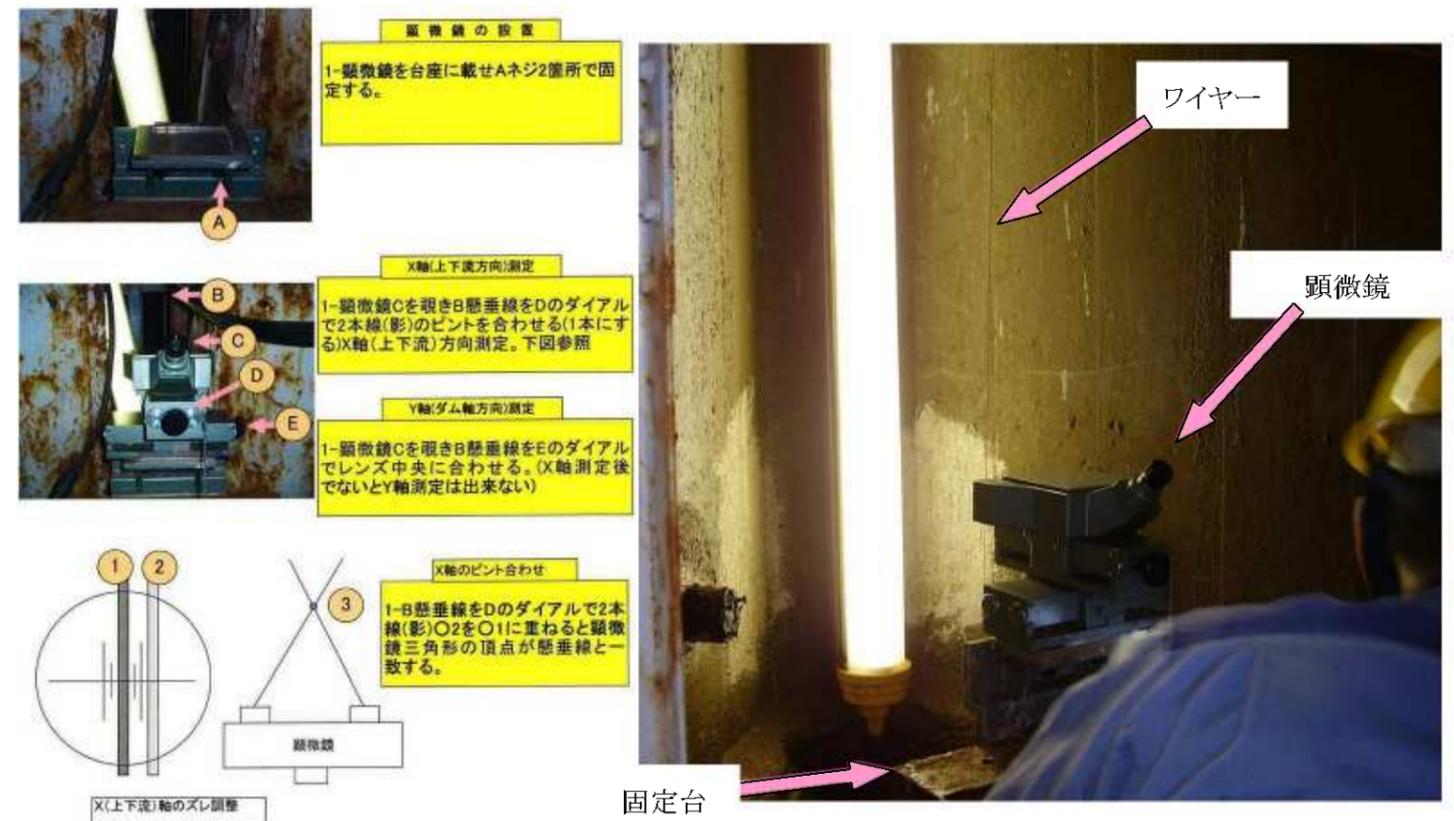


写真- 1.2.1 現在の観測状況 (平成 18 年)

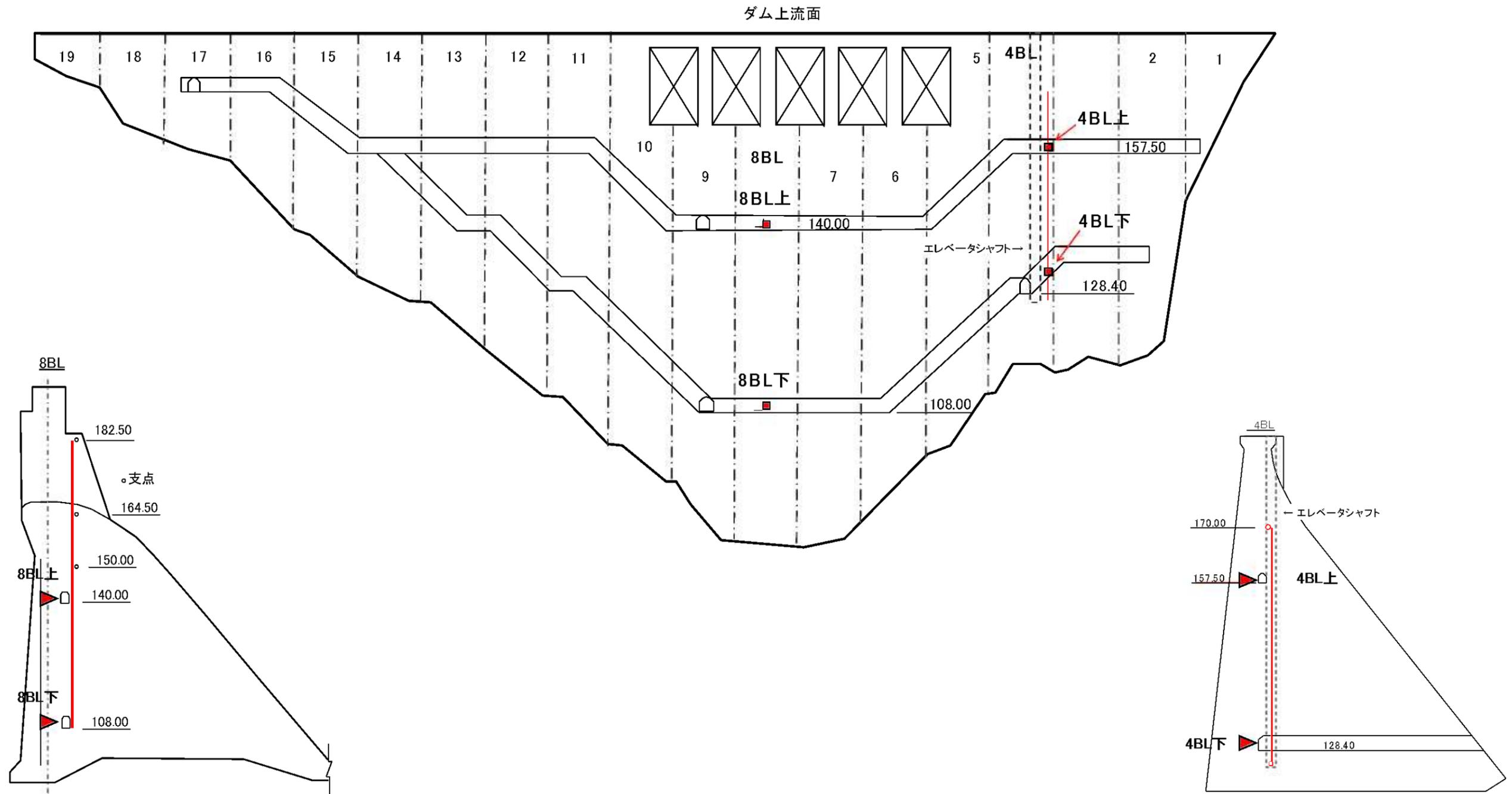


図 - 1.2.2 堤体変形計測箇所(プラムライン設置箇所)

(2) 計測結果

プラムラインにより計測された堤体変位の経時変化図を図－ 1.2.3～図－ 1.2.6 に示す。また、改修前のデータが正しく得られていたと推定される期間の例として、昭和34年～38年における上下流方向の経時変化図を図－ 1.2.7～図－ 1.2.8 に、最近の状況として平成16年以降における上下流方向の経時変化図を図－ 1.2.9～図－ 1.2.10 に示す。これより、以下のことがわかる。

- ① 丸山ダムは発電のために、貯水位をほぼ一定に保っているため、堤体変位の変化は貯水位の影響をほとんど受けない。
- ② プラムラインは、8BL 下で 6mm、4BL 下で 3mm 程度の振れ幅で、7～9 月に上流側、1～2 月に下流側へ変位する季節変動を示しながら推移している。
- ③ 8BL は昭和53年頃から、4BL では平成元年頃から、計器の老朽化に起因するものと思われる不規則な変化を示し、その後計測を停止している。
- ④ 平成5年のプラムラインの改修により、再度計測を開始している。平成18年まではバラツキのある計測結果であったが、平成18年後半から平成20年現在まで、改修前の建設時と同様の振れ幅での規則的な季節変動を示しており、安定した状態である。なお、図－ 1.2.13 にプラムラインによる堤体変位の軌跡を、ダム完成当初の昭和34年～38年と、改修後の直近の平成19年以降を合わせて示すが、いずれも変動幅は8BL で 6mm 程度、4BL で 3mm 程度と、改修の前後で変わらない。

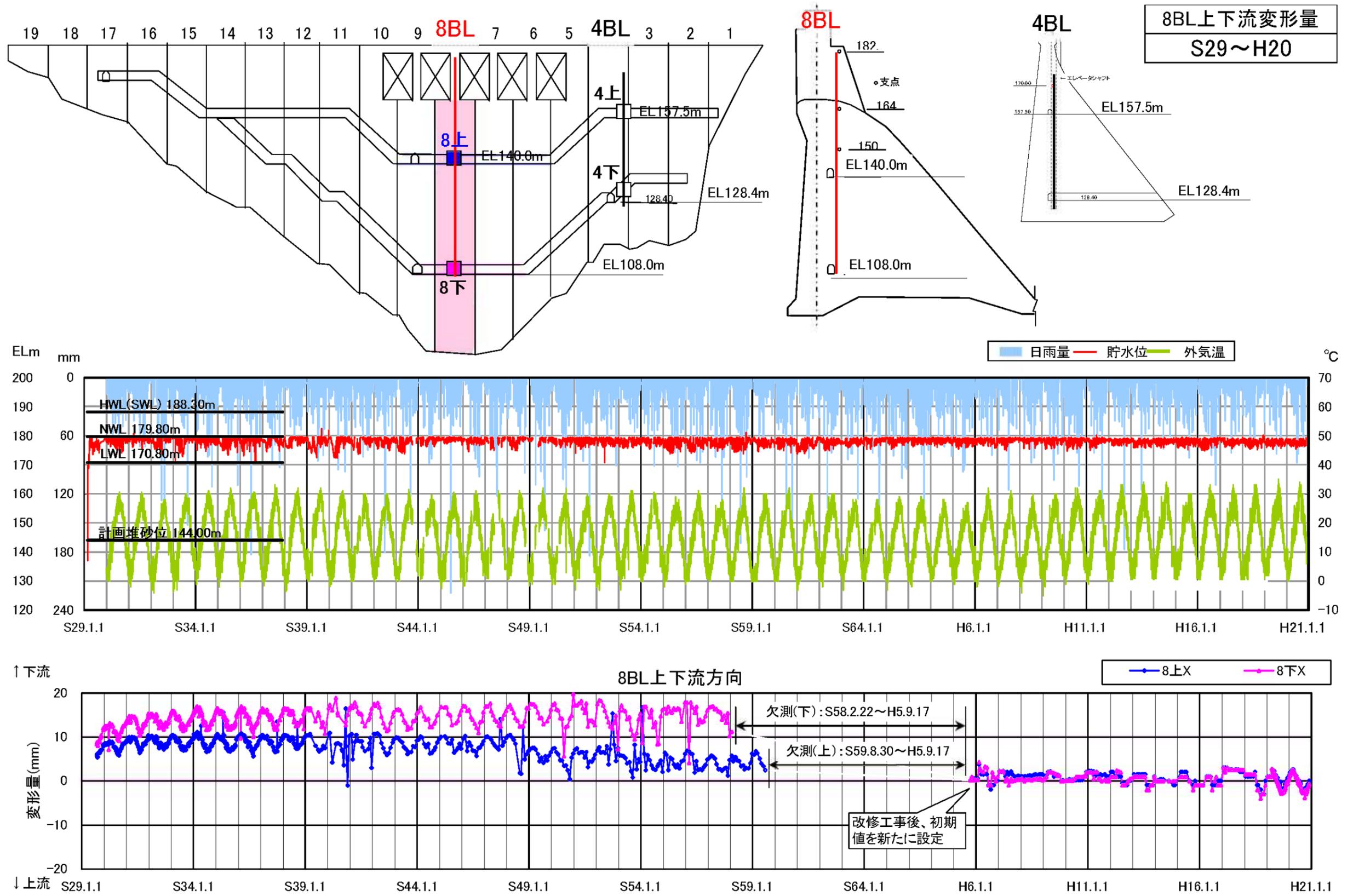


図 - 1.2.3 堤体変形(8BL プラムライン, 上下流方向)の経時変化図(昭和 29 年~平成 20 年)

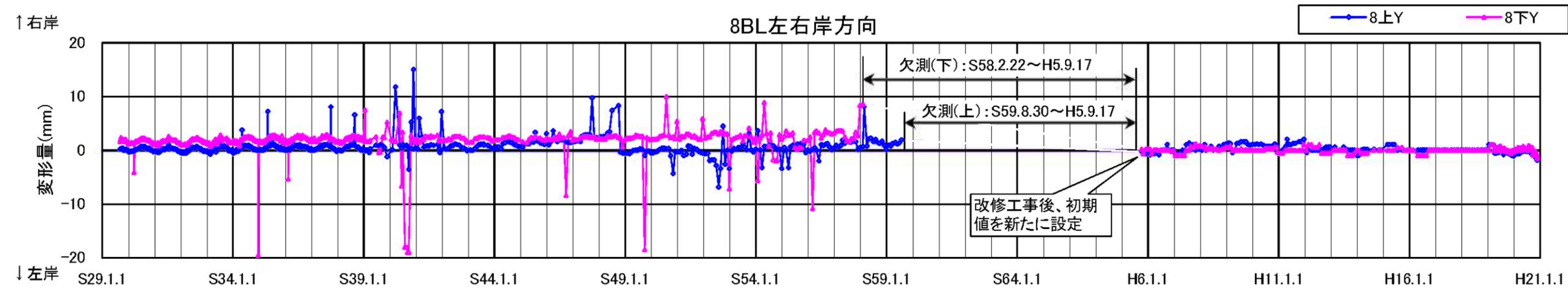
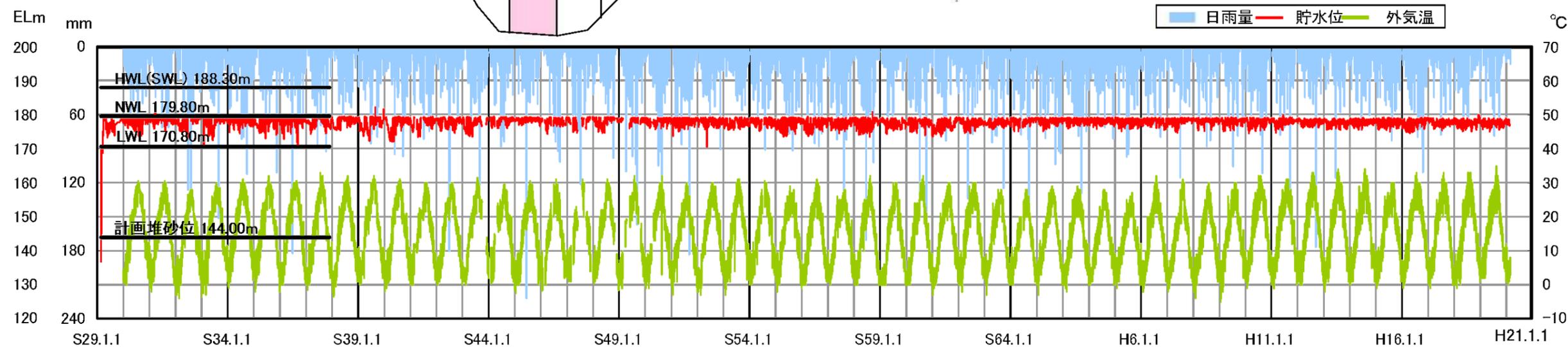
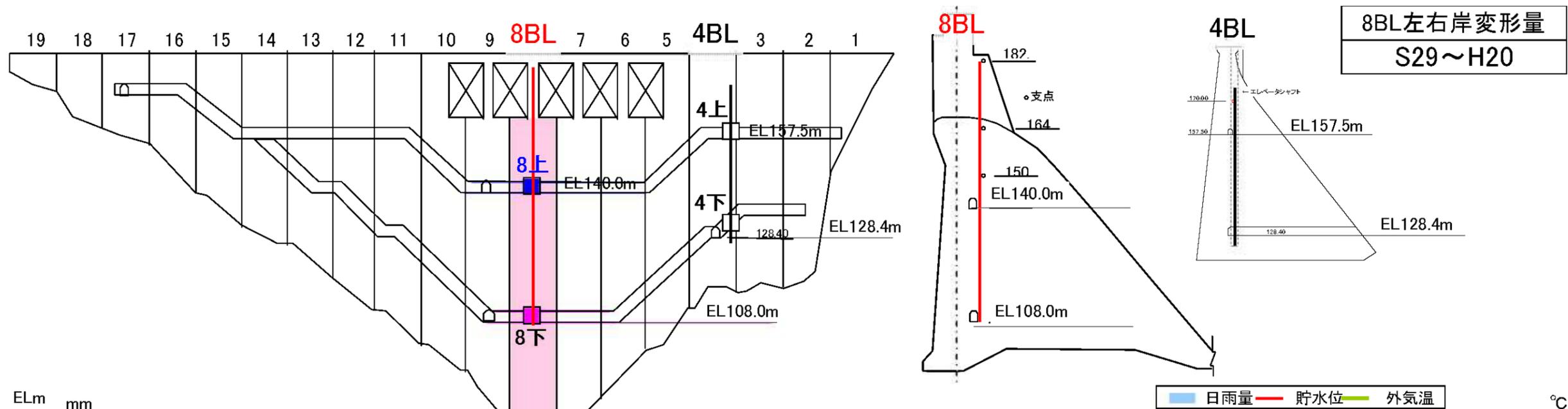


図 - 1.2.4 堤体変形(8BL プラムライン, 左右岸方向)の経時変化図(昭和 29 年~平成 20 年)

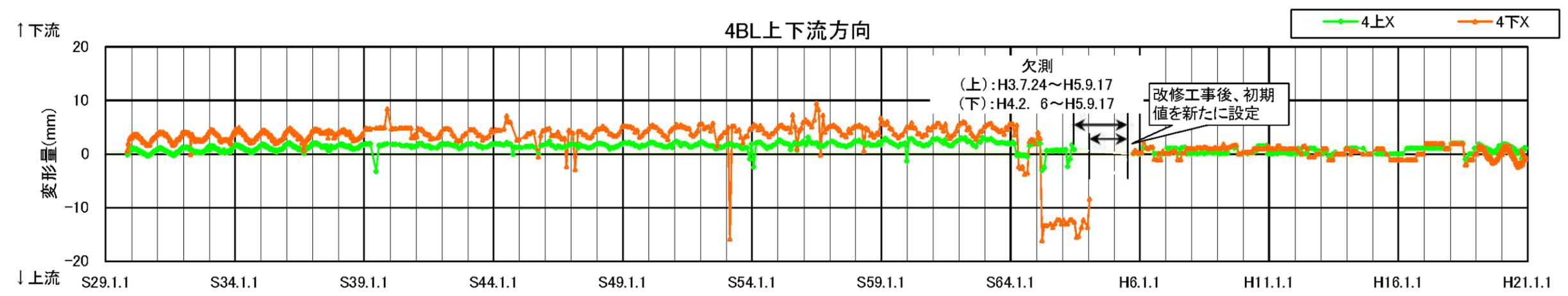
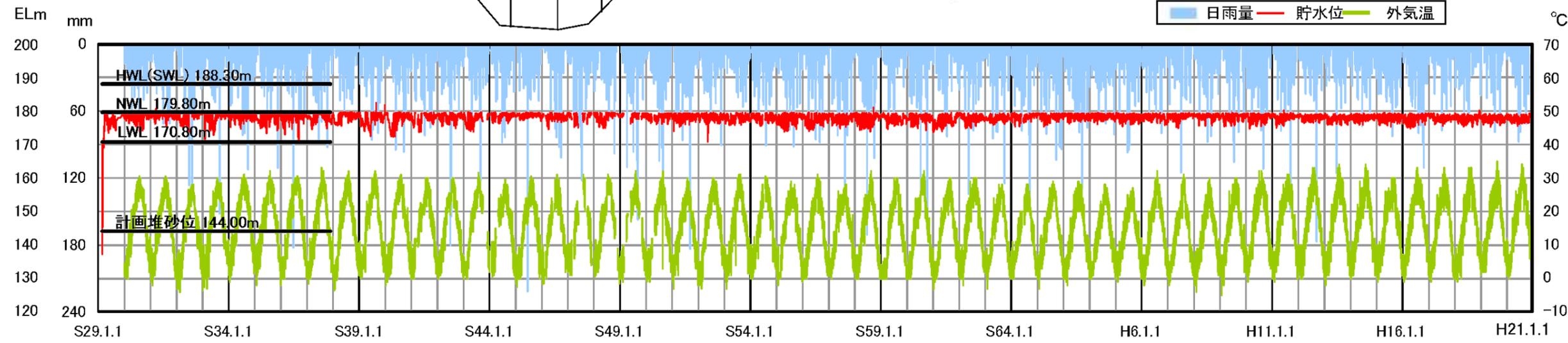
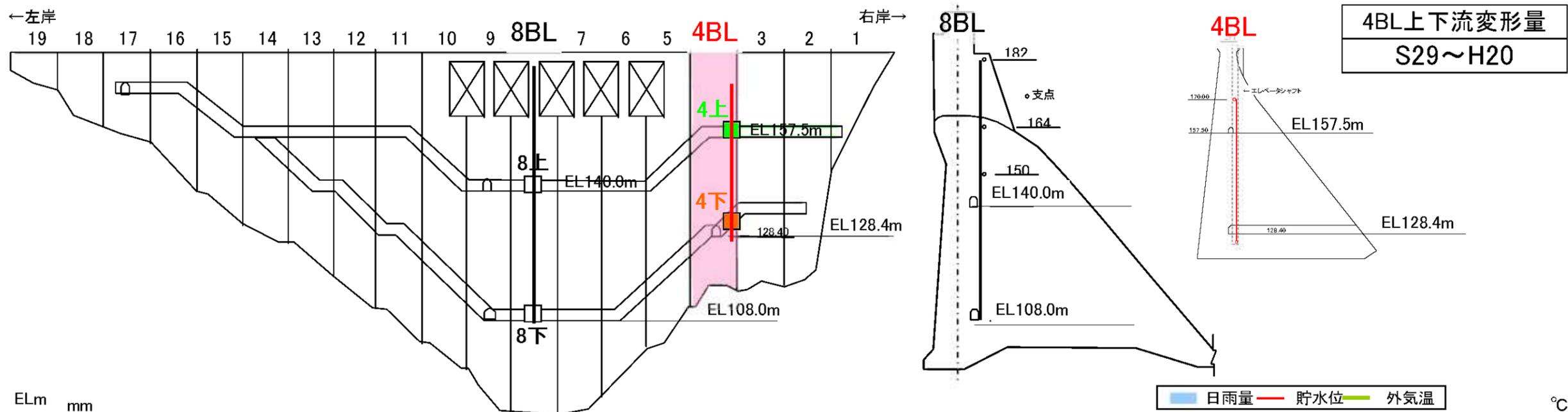


図 - 1.2.5 堤体変形(4BL プラムライン, 上下流方向)の経時変化図(昭和 29 年~平成 20 年)

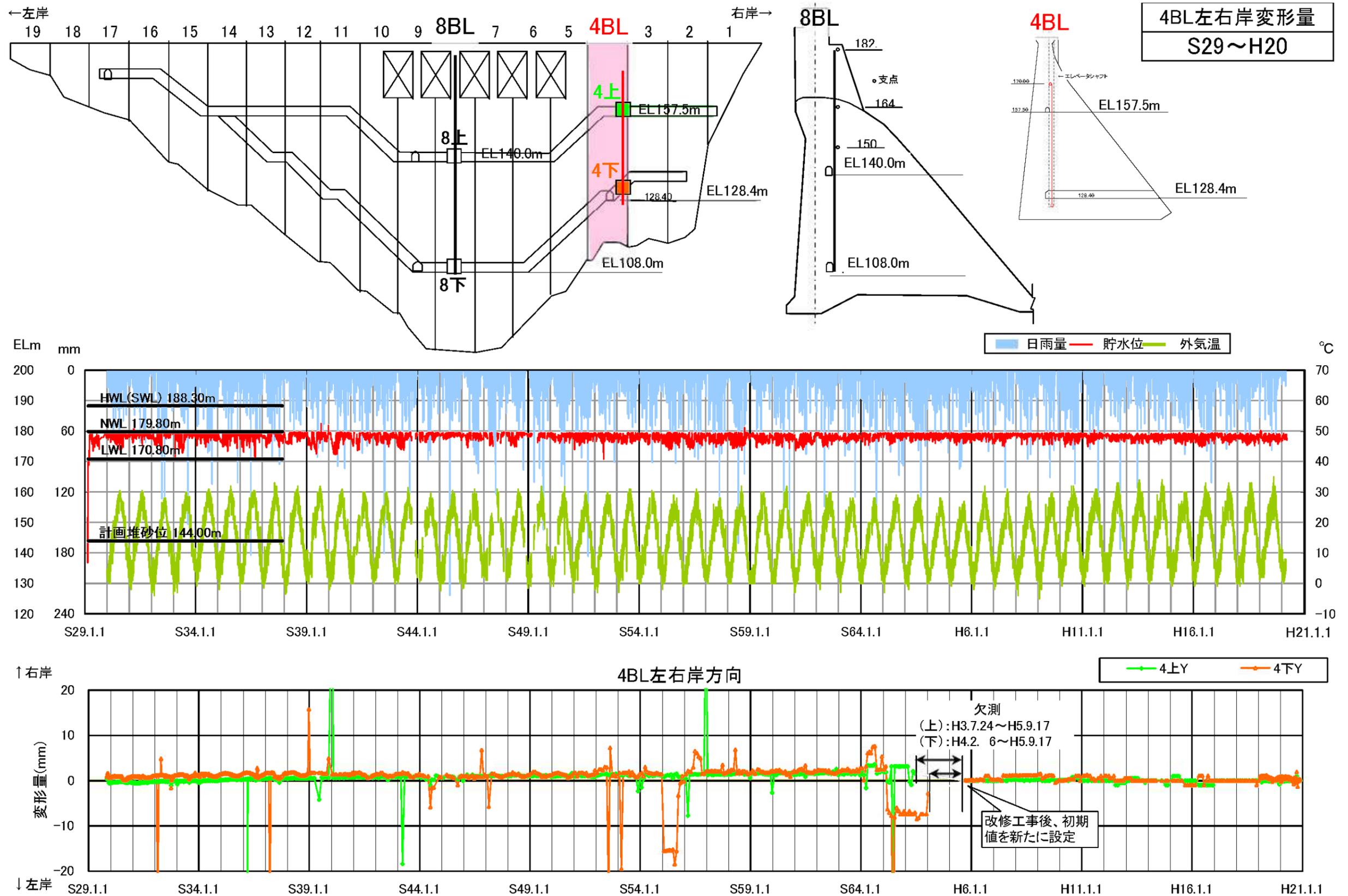
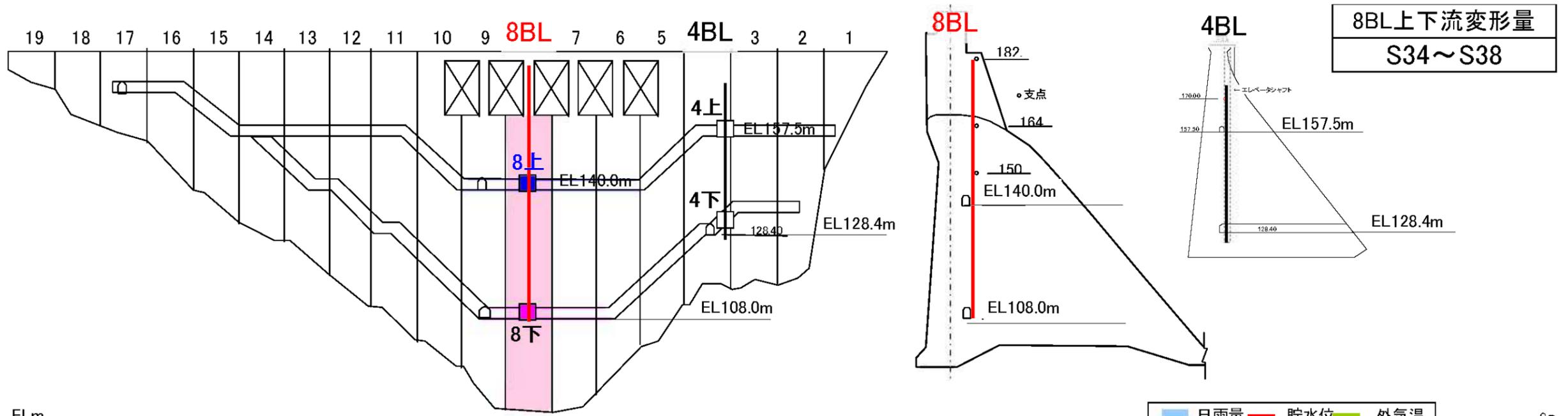


図 - 1.2.6 堤体変形 (4BL プラムライン, 左右岸方向) の経時変化図 (昭和 29 年 ~ 平成 20 年)



8BL上下流変形量
S34~S38

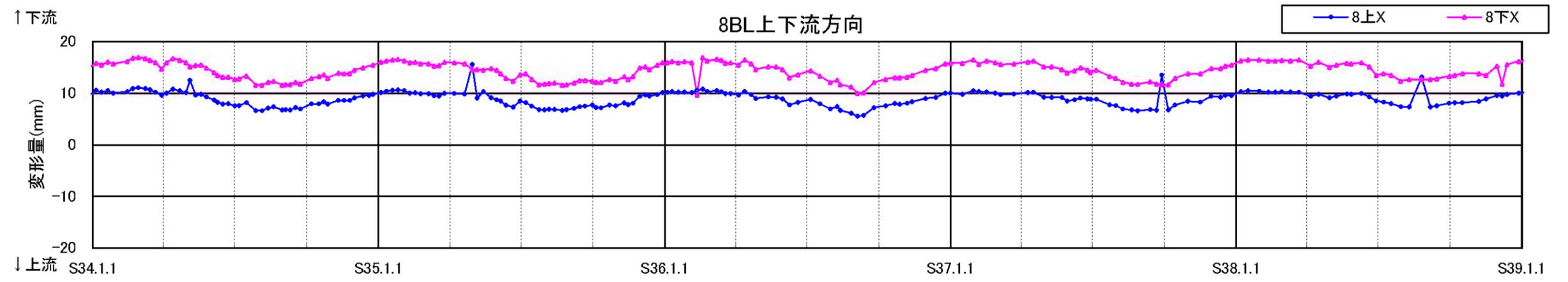
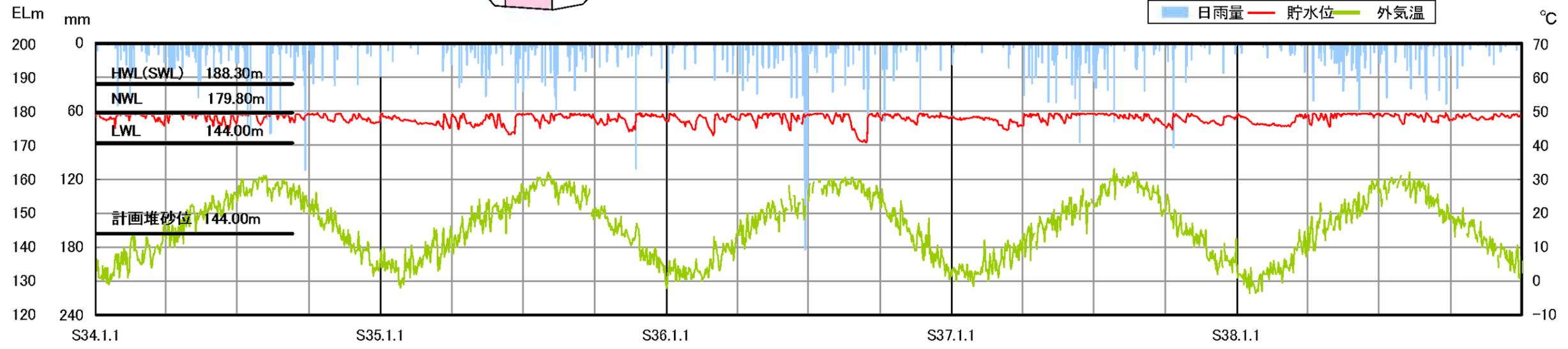


図 - 1.2.7 堤体変形(8BL プラムライン, 上下流方向)の経時変化図(昭和 34 年~昭和 38 年)

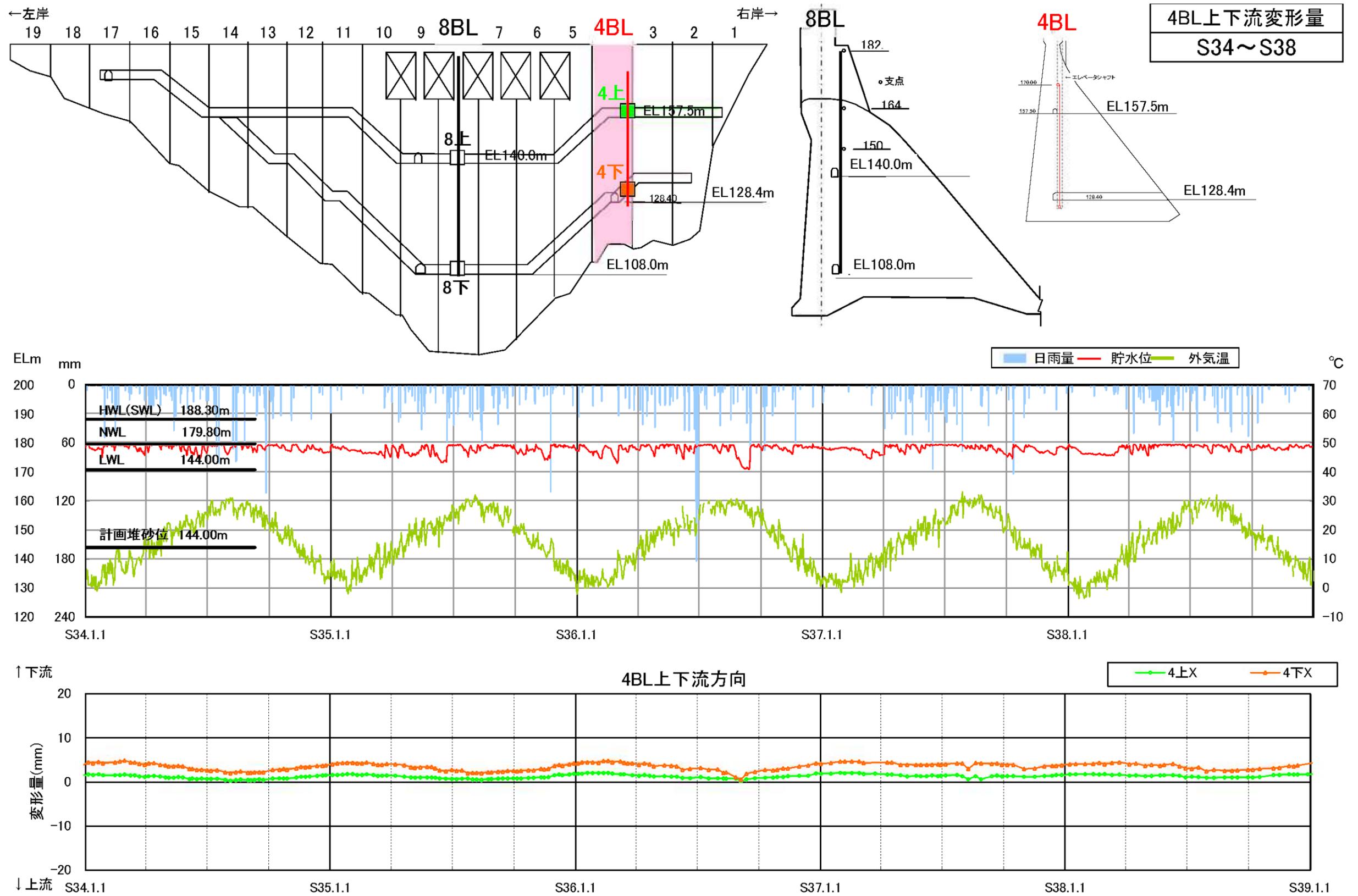


図 - 1.2.8 堤体変形(4BL プラムライン, 上下流方向)の経時変化図(昭和34年~昭和38年)

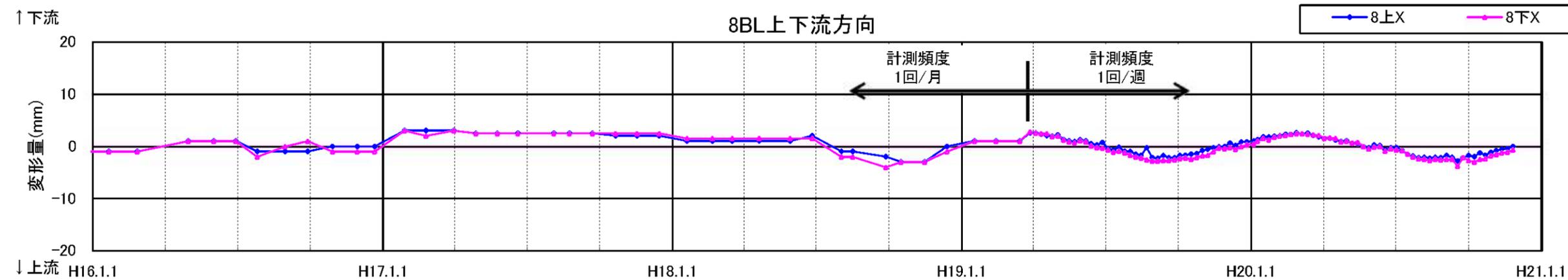
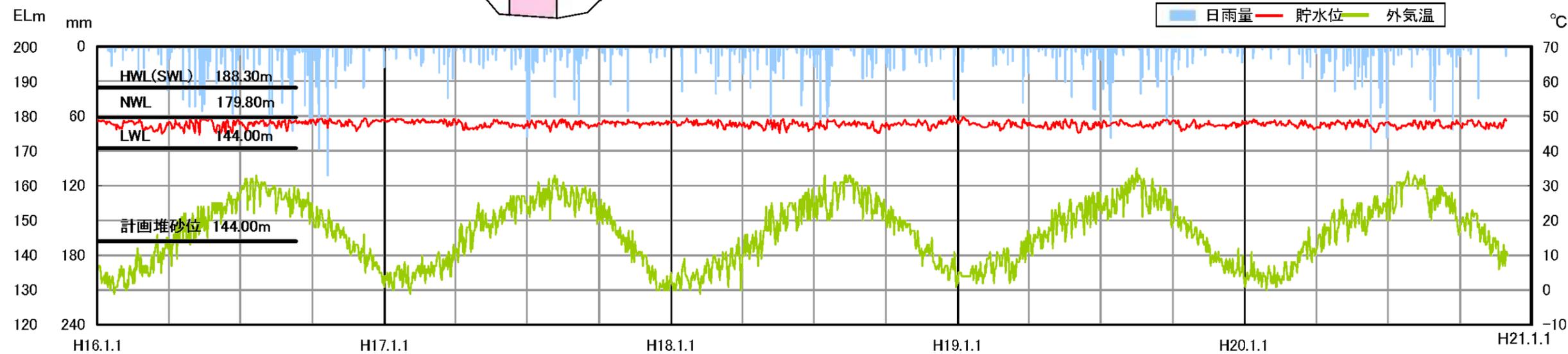
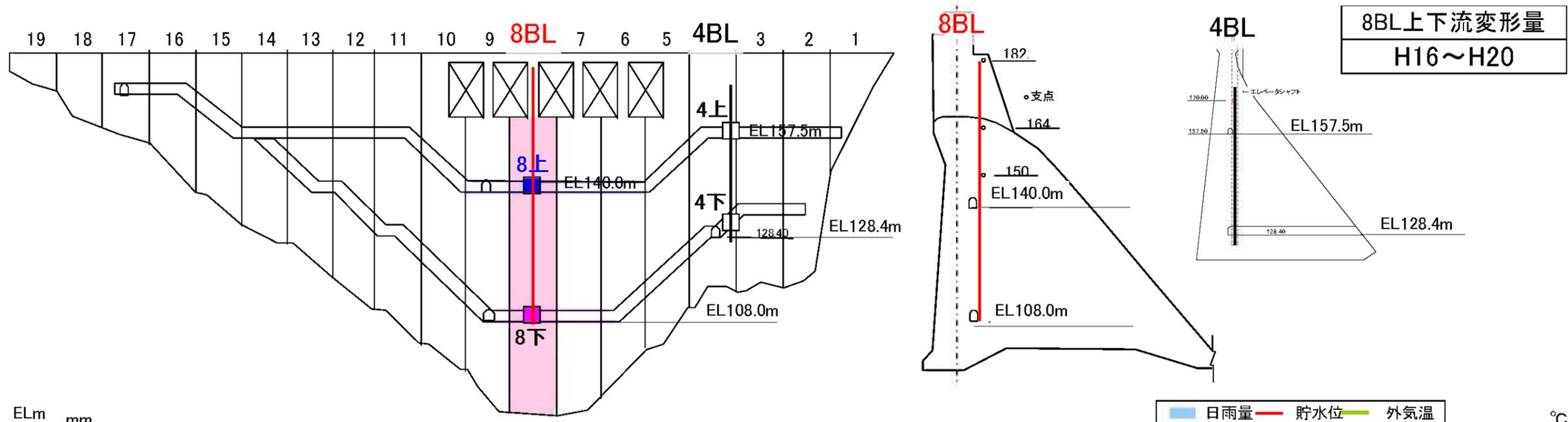


図 - 1.2.9 堤体変形(8BL プラムライン, 上下流方向)の経時変化図(平成 16 年~平成 20 年)

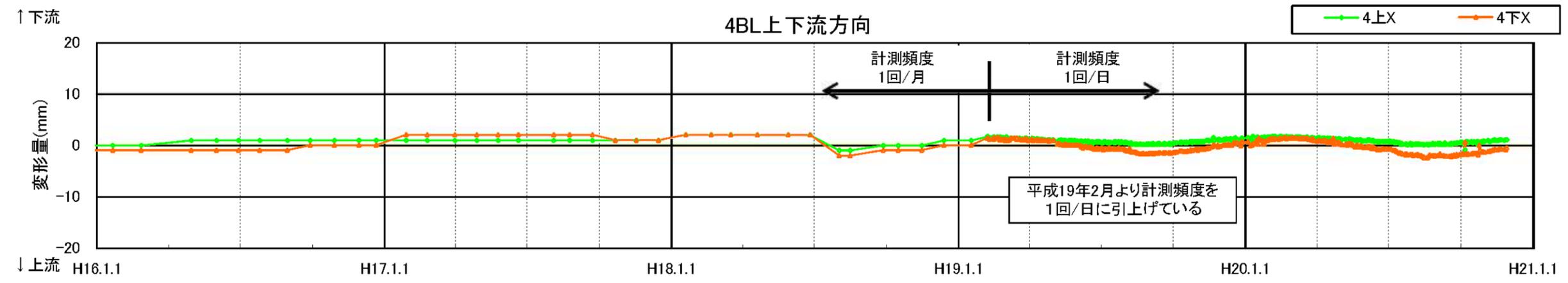
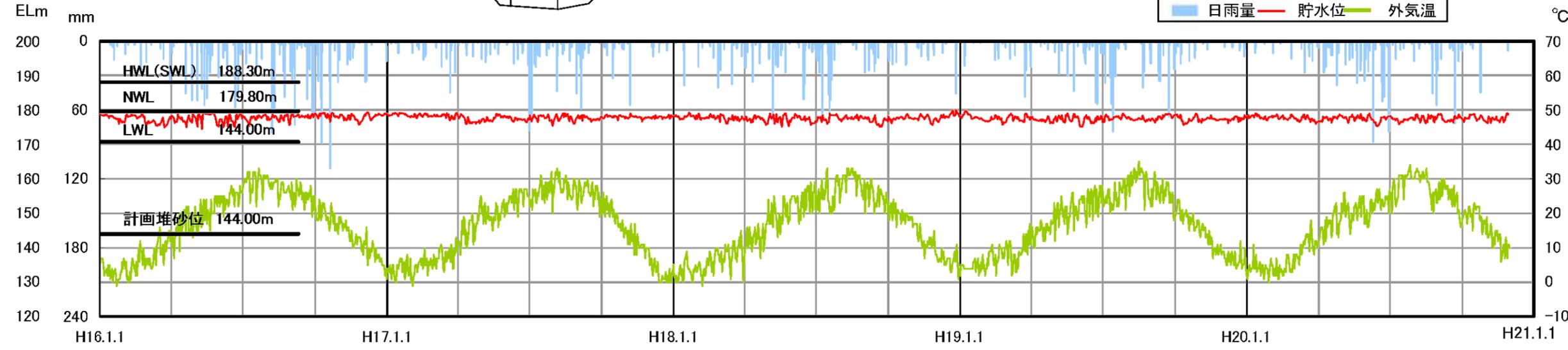
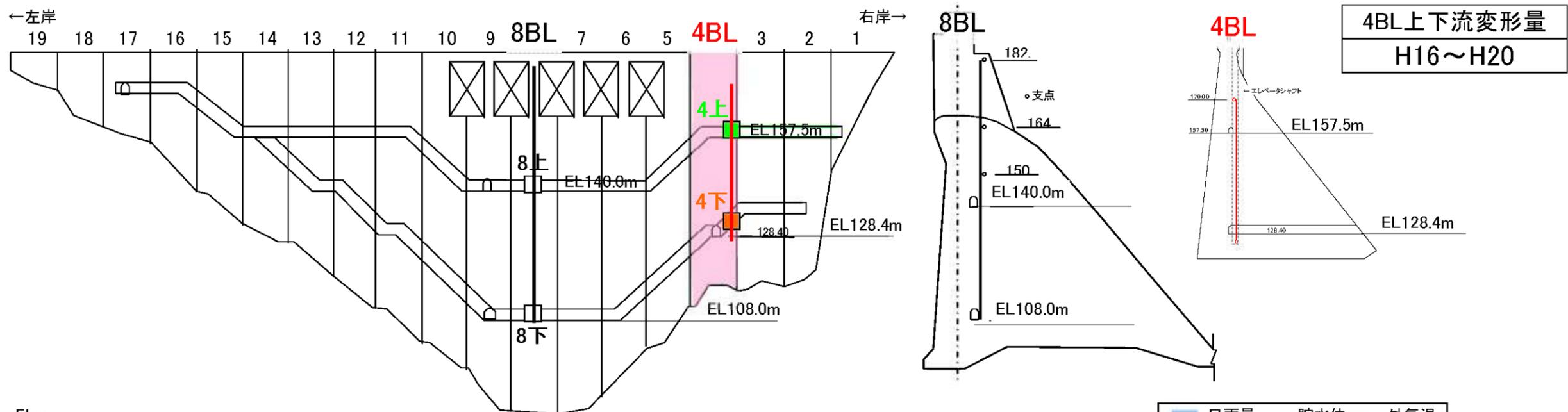


図 - 1.2.10 堤体変形(4BL プラムライン, 上下流方向)の経時変化図(平成16年~平成20年)

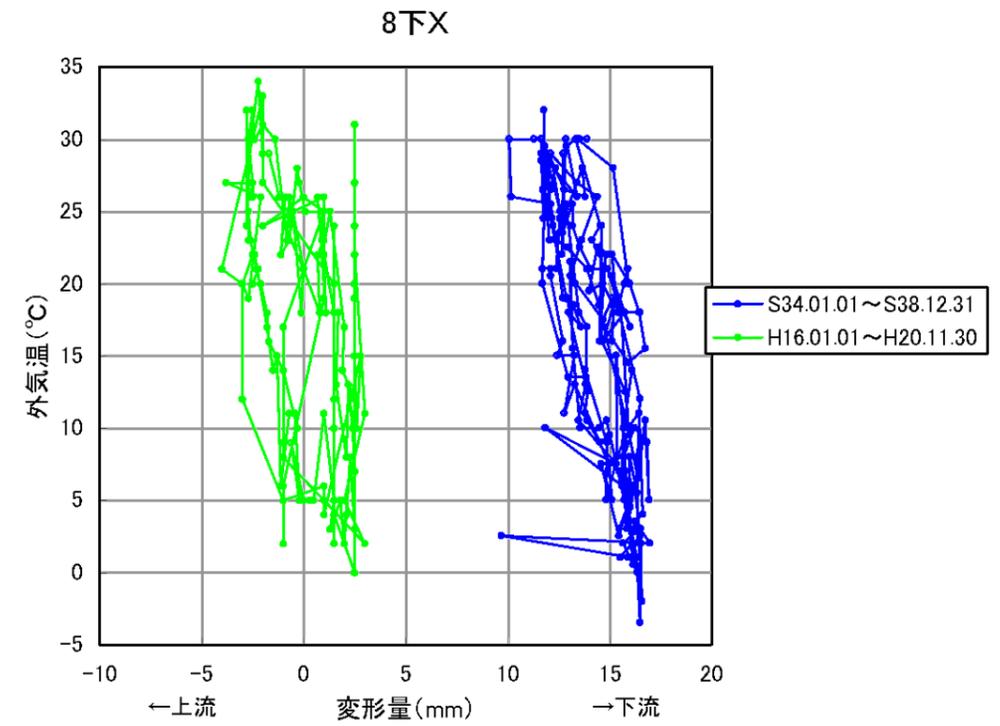
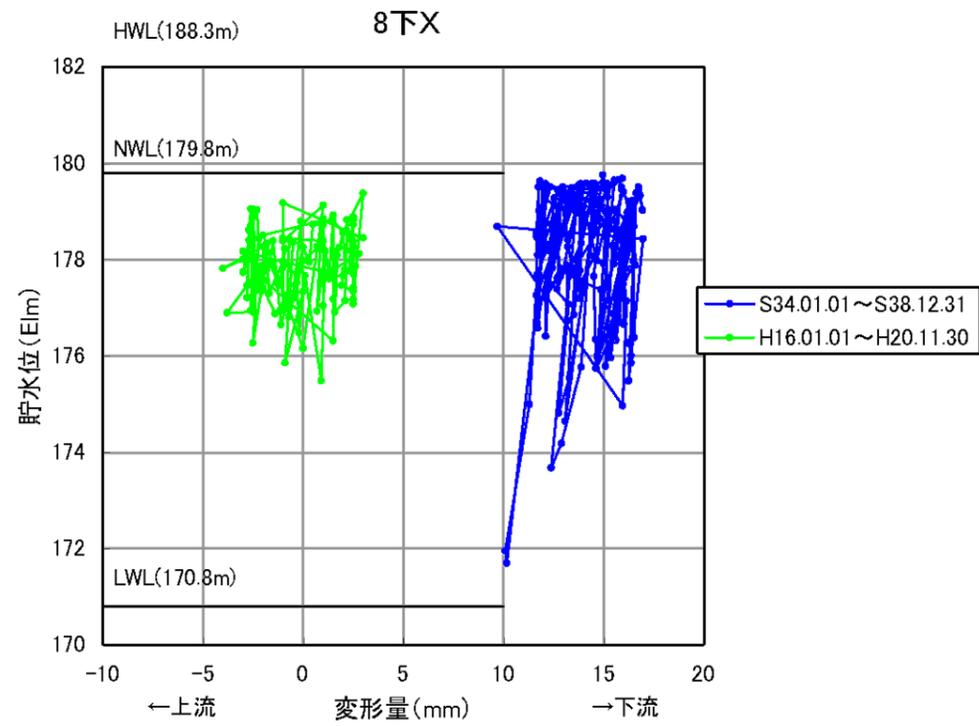
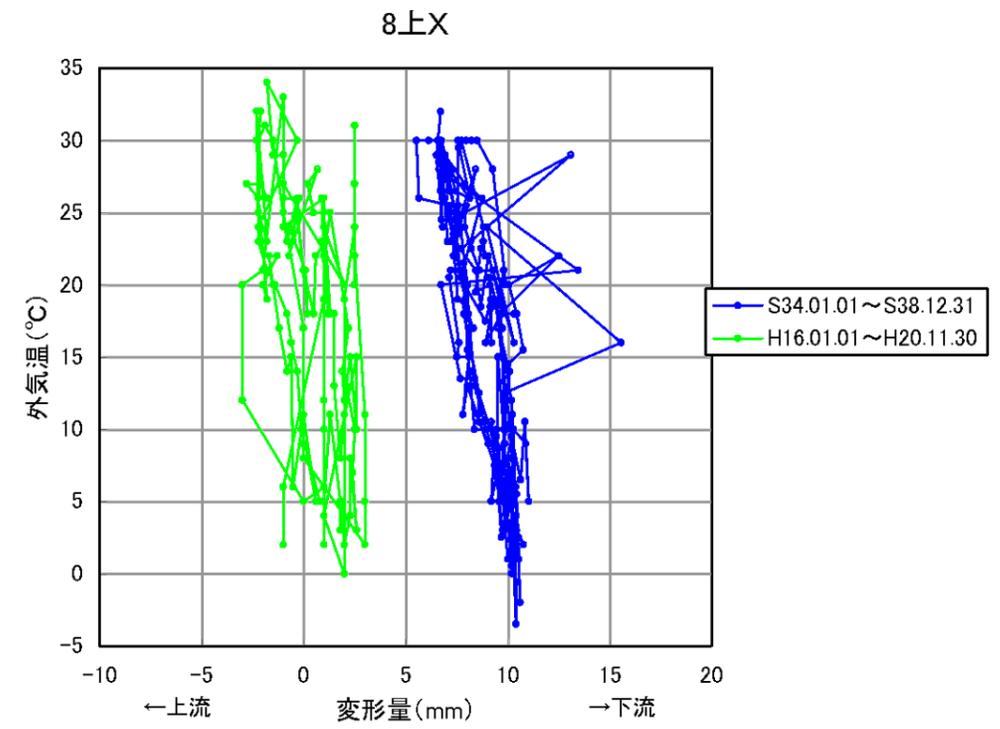
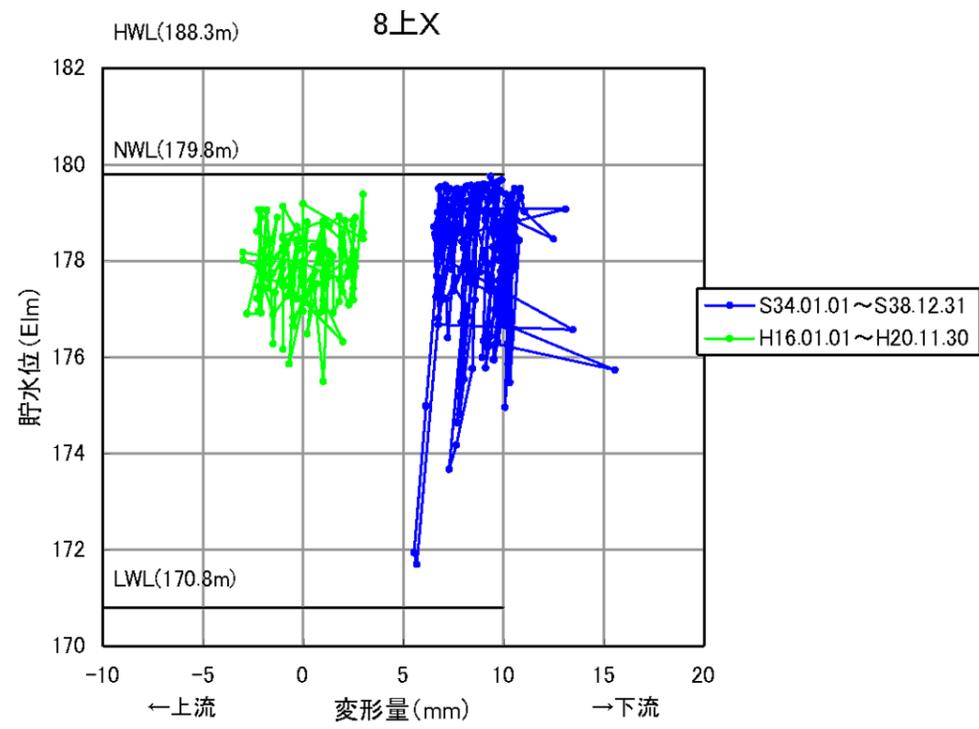


図 - 1.2.11 堤体変形(8BL プラムライン, 上下流方向)と貯水位および外気温との関係図

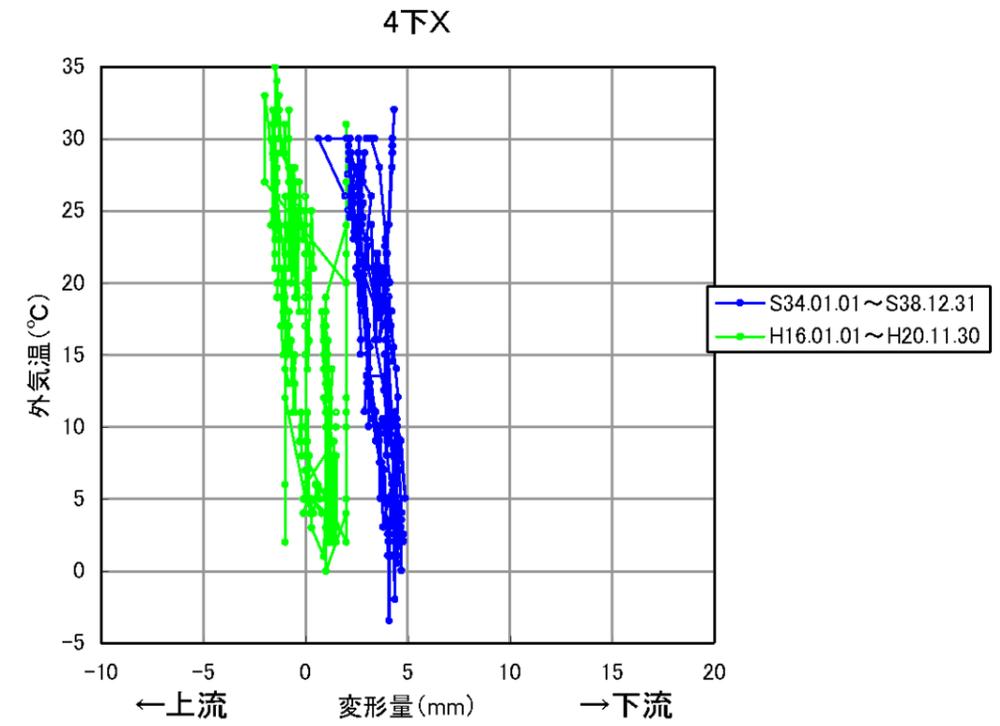
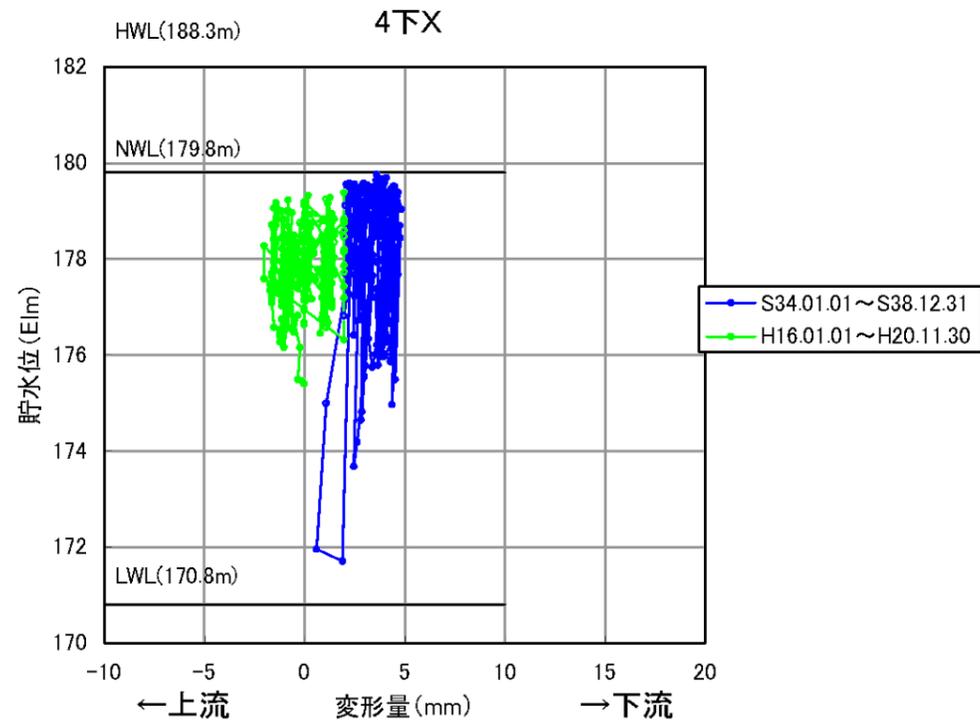
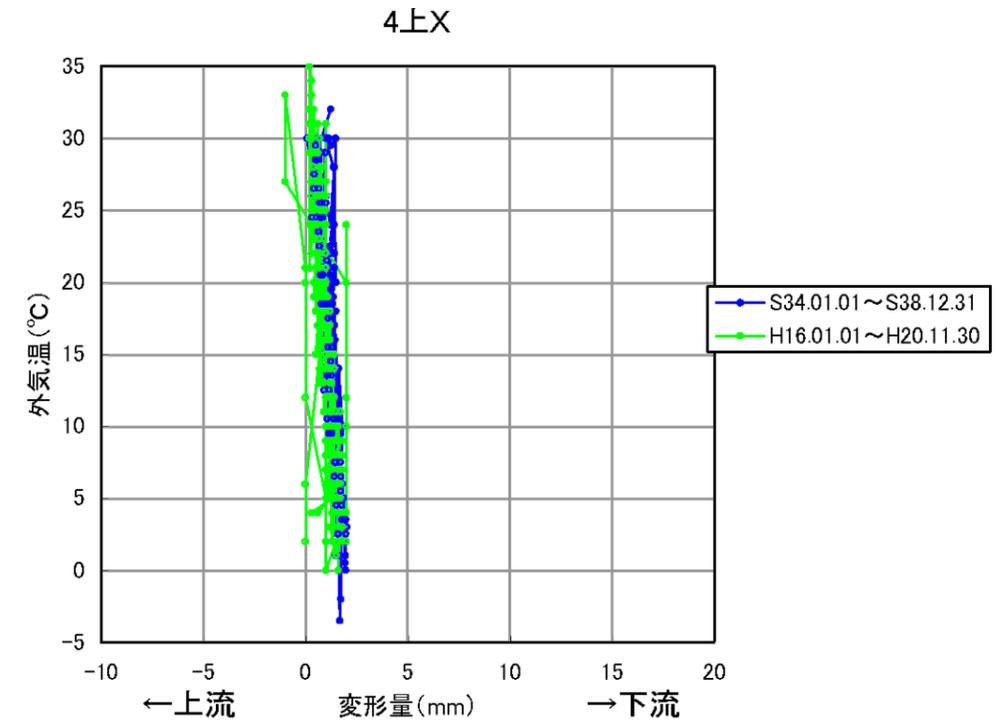
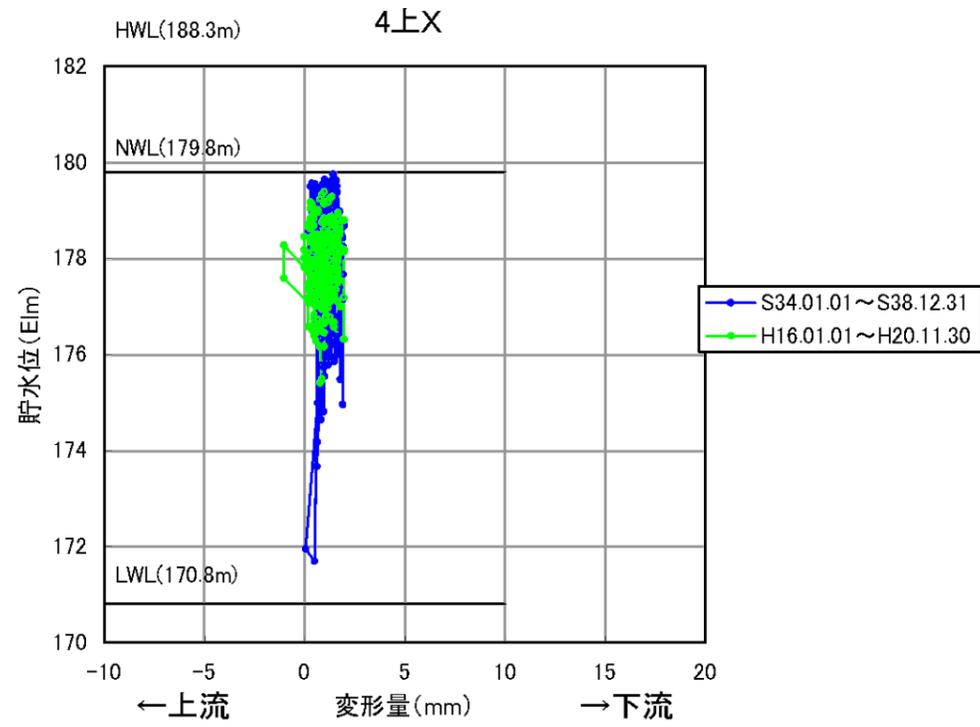
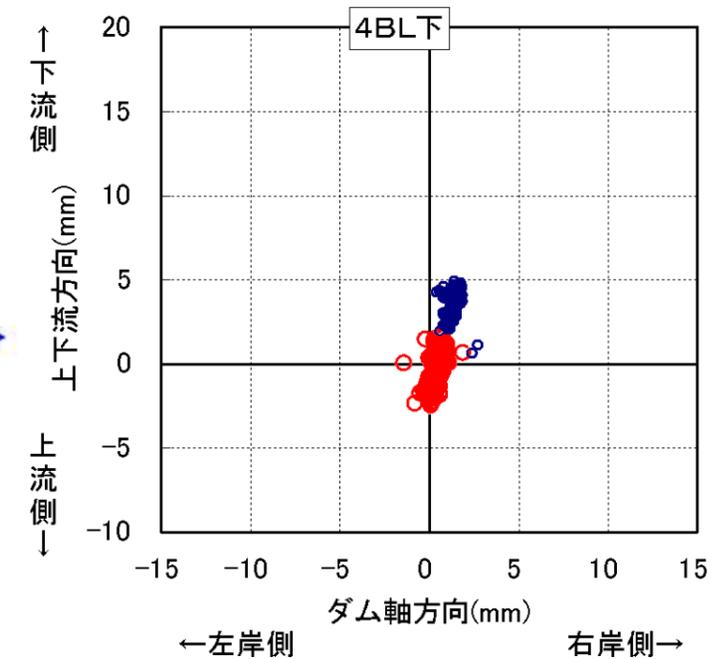
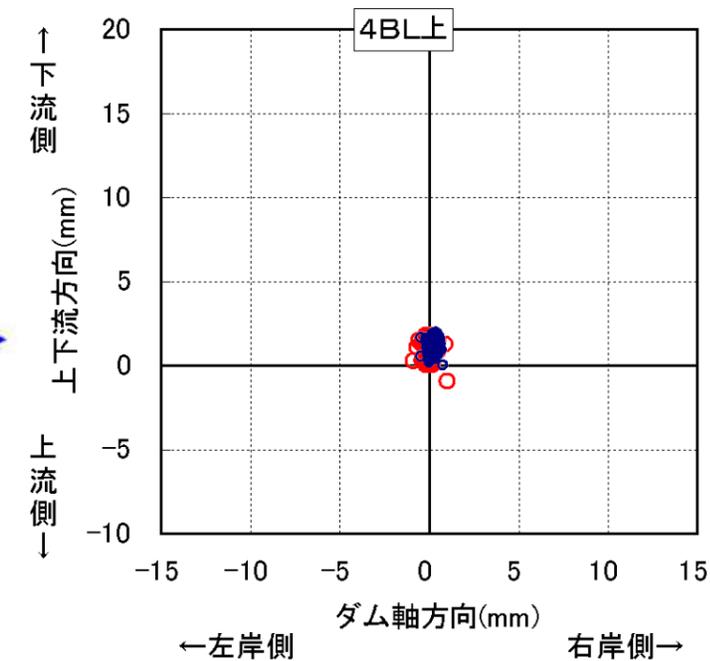
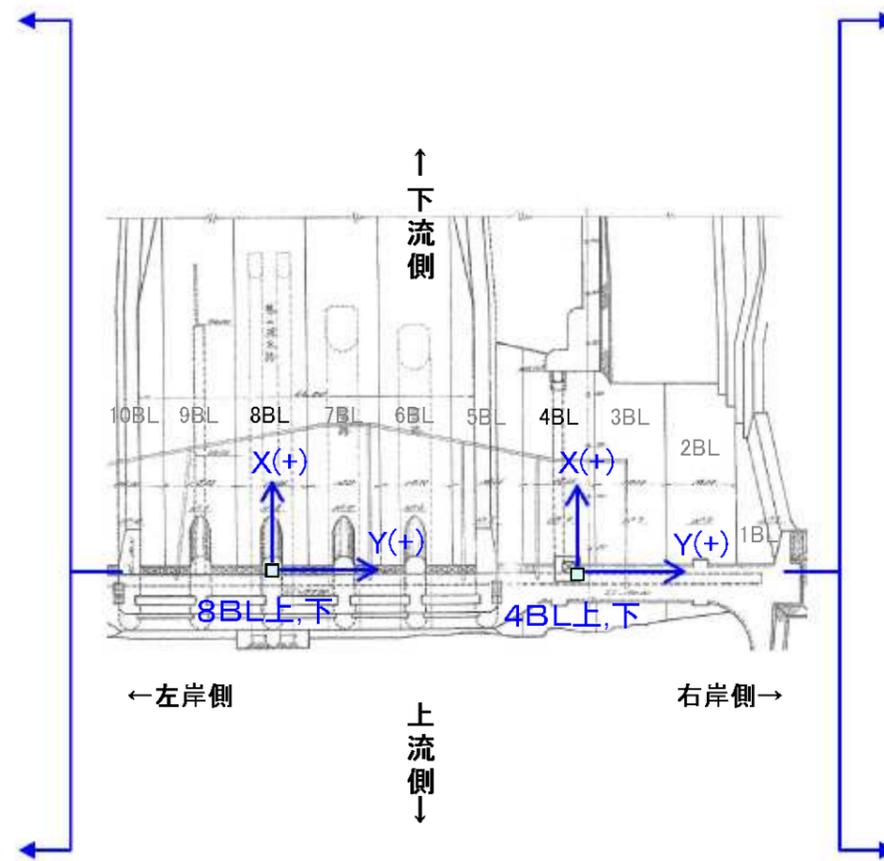
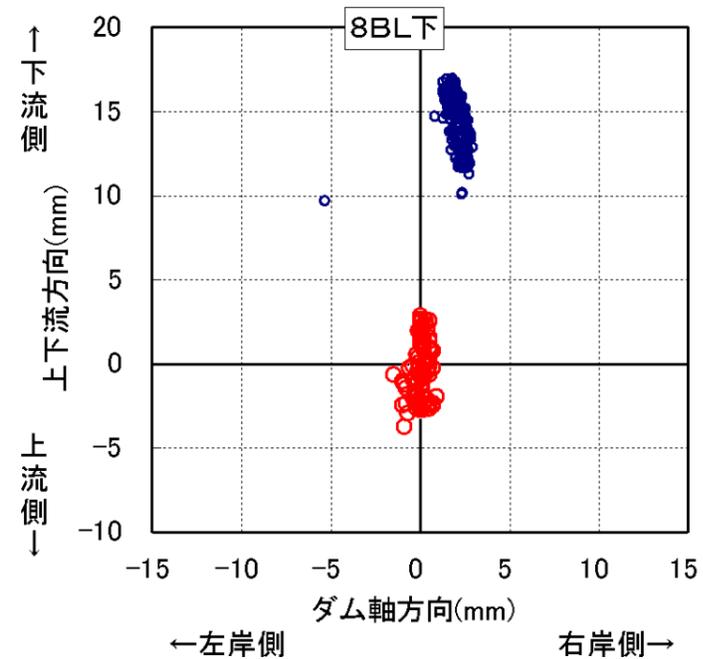
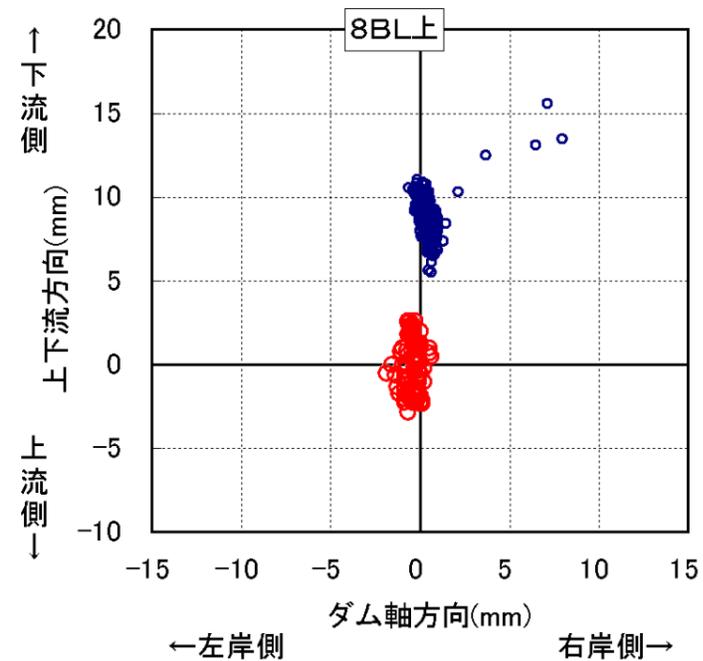


図 - 1.2.12 堤体変形(4BL プラムライン, 上下流方向)と貯水位および外気温との関係図



- 昭和34年～昭和38年のデータ (旧計器によるデータ)
- 平成19年3月28日以降のデータ (新計器によるデータ)

図 - 1.2.13 丸山ダム堤体変位図(4BL, 8BL)

1.2.2 天端変位

(1) 計測概要

天端変位の計測は、EL.138mに取付けた移動的を観測所に取り付けたトランシットにより観測し、移動的を水平方向に調節し、中心に来る位置で 1/20mm 読みのヴァーニアを読み取ることで実施している。

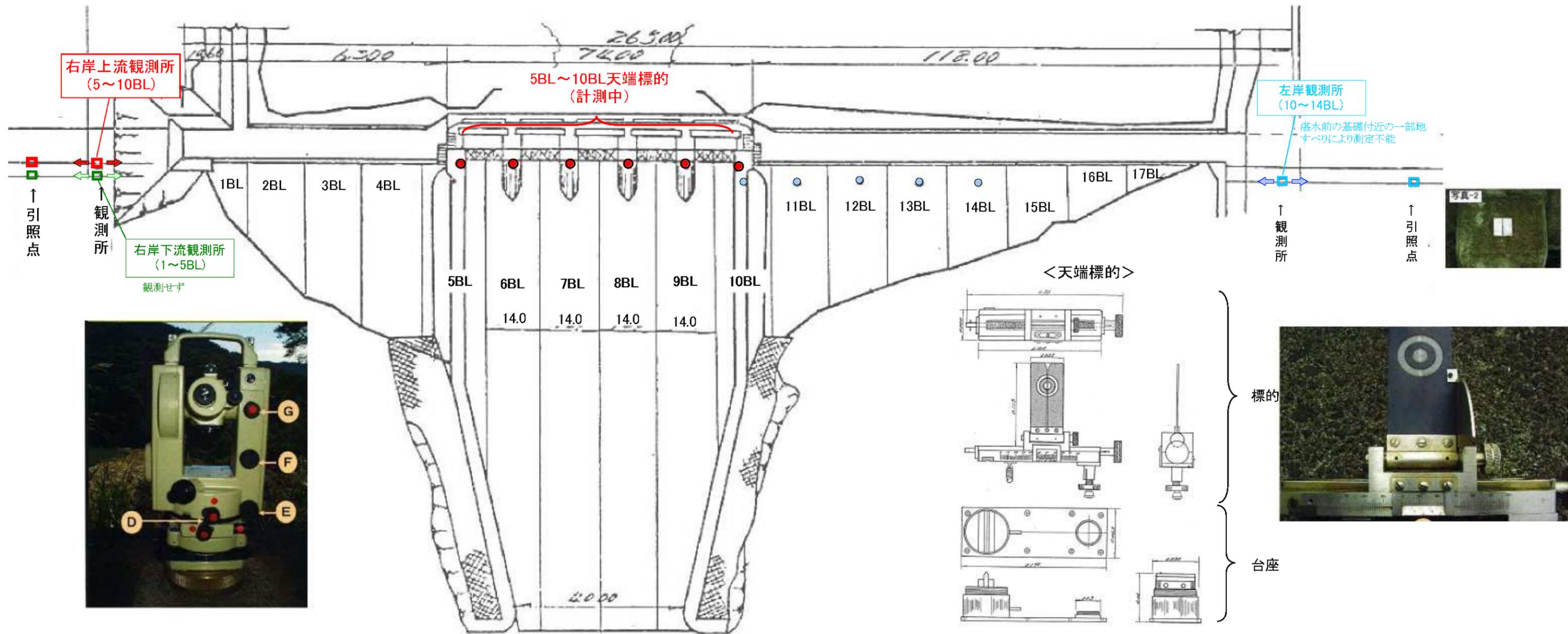


図 - 1.2.14 天端変位の計測箇所

(2) 計測結果

天端変位の計測結果を、図－ 1.2.15～図－ 1.2.16 に示す。

標的の測量により計測されている天端変位については、測定誤差によるものと思われる変動が大きいですが、概ね安定している。8BL の天端変位とプラムラインの変位を見ると、天端変位に夏期に上流側、冬期に下流側に変位する傾向が見て取れ、プラムラインによる計測結果と整合する。

天端変位 5~7BL
S29~H20

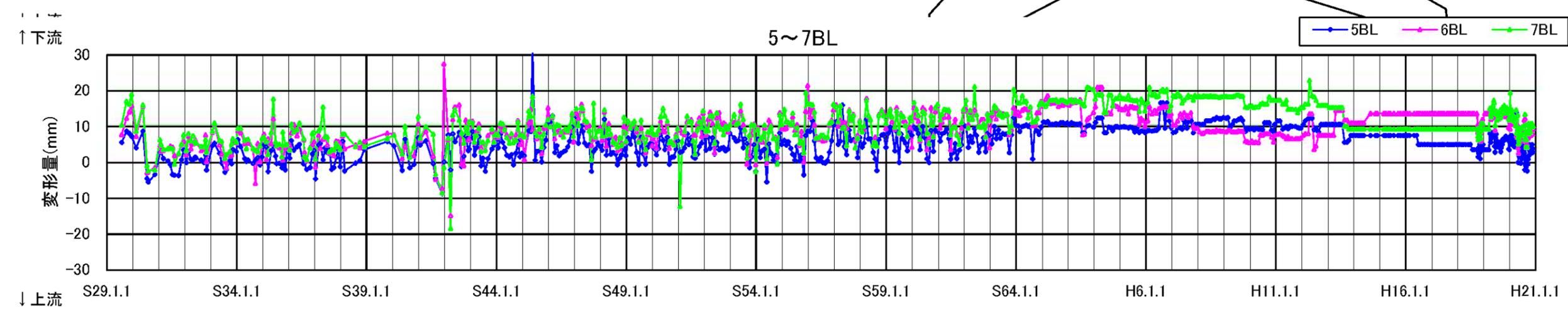
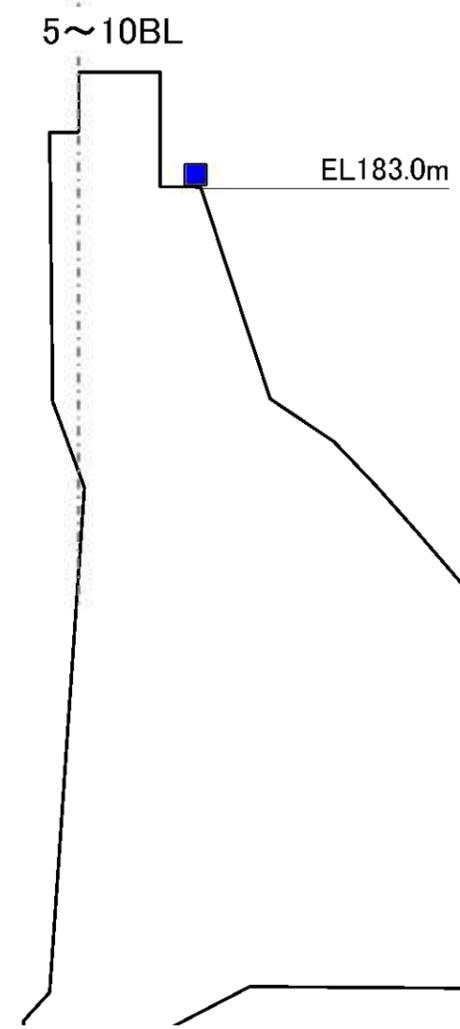
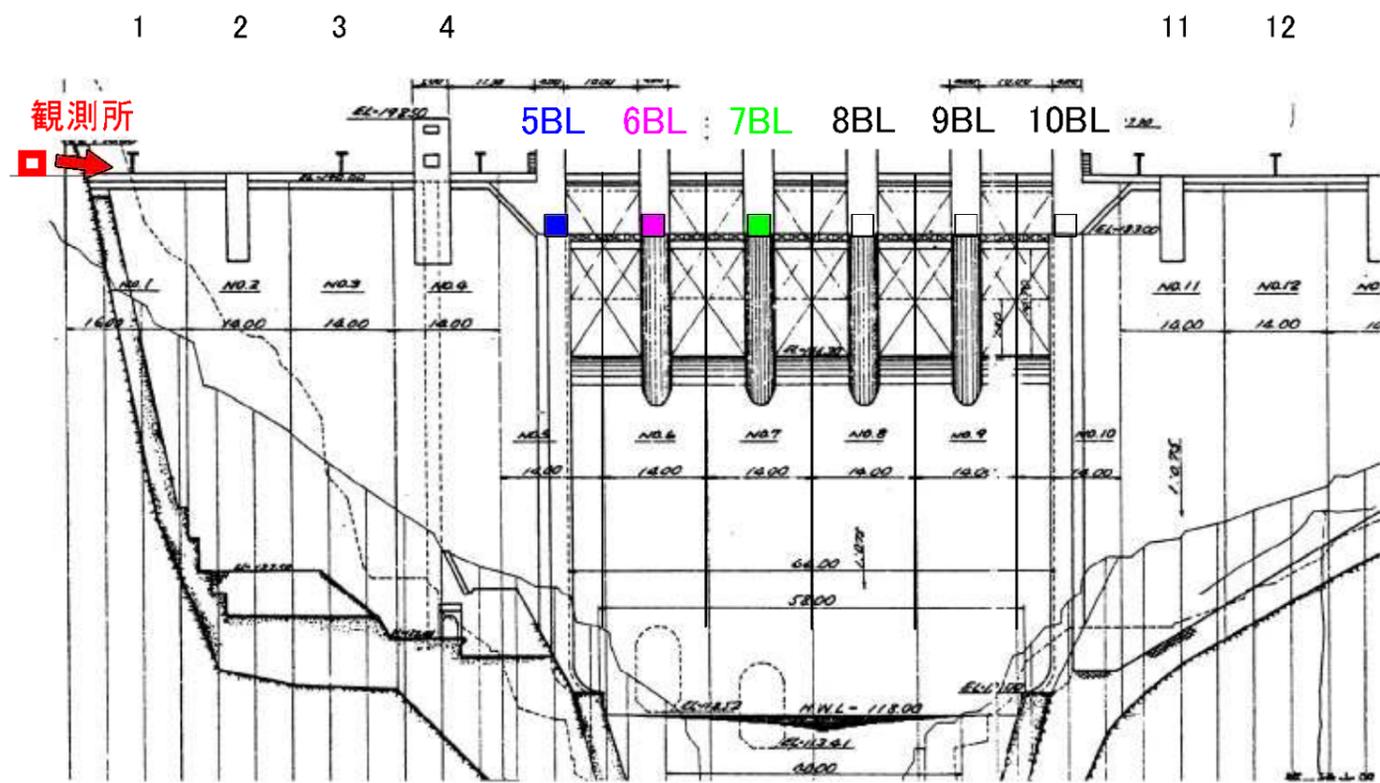


図 - 1.2.15 天端変位の経時変化図 (5~7BL)

天端変位 8~10BL
S29~H20

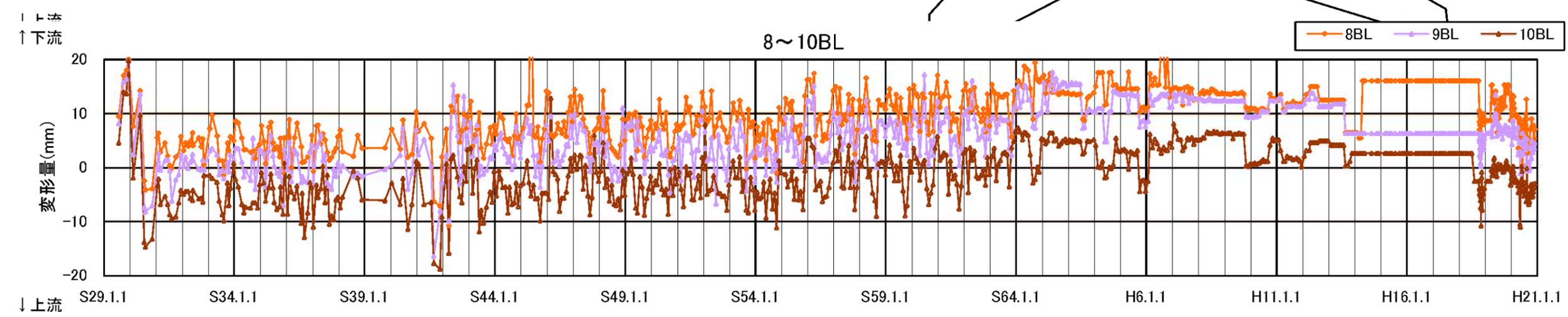
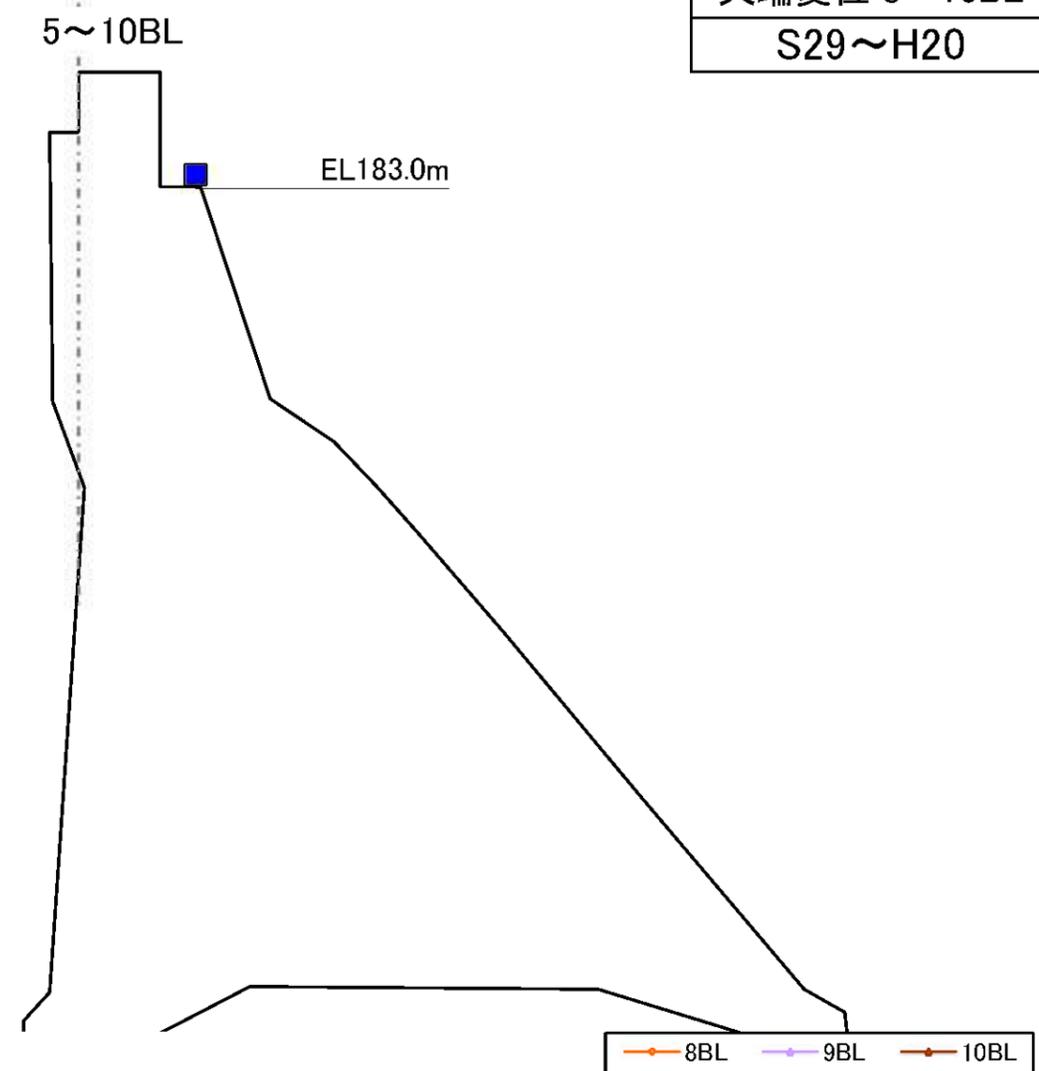
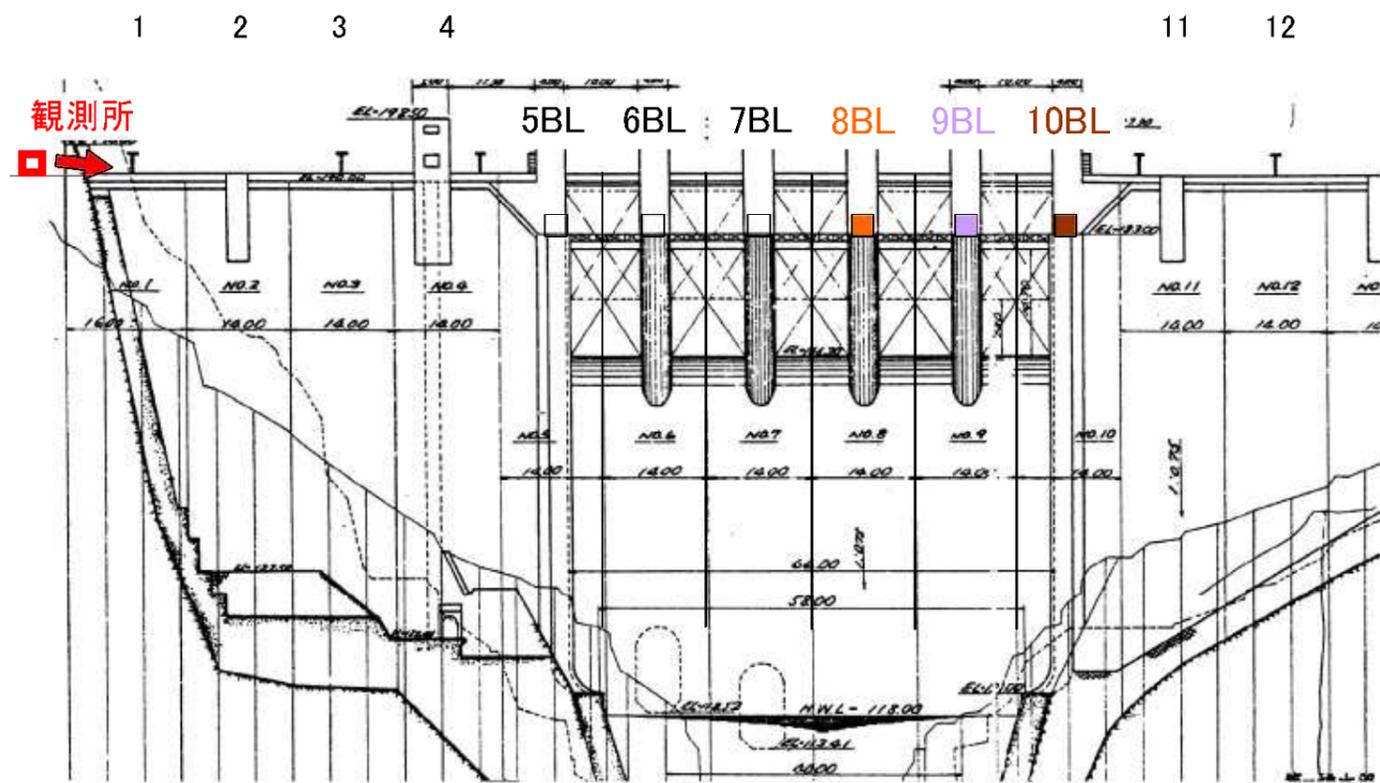


図 - 1.2.16 天端変位の経時変化図(8~10BL)

1.3 揚圧力

(1) 計測概要

揚圧力は、基礎揚圧力を7BLおよび9BLに上下流方向に設置された揚圧力計で計測している。また、基礎監査廊付近の断層の揚圧力を対象に、7～9BLのダム軸方向に設置された揚圧力計で、計測している。

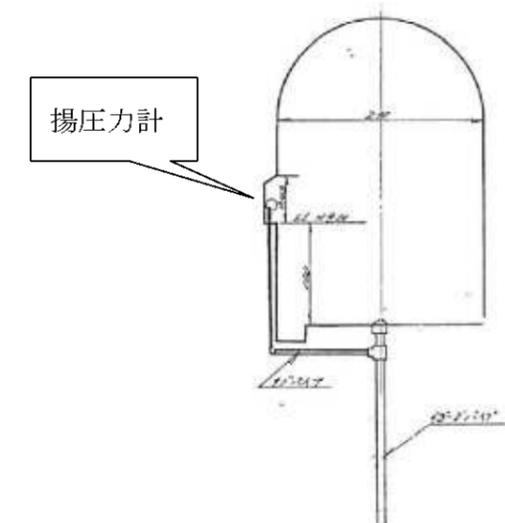
図－ 1.3.1 に揚圧力の測定位置図を、図－ 1.3.2 に揚圧力測定位置と、基礎処理、断層の平面図を示す。計測の概要を表－ 1.3.1 に示す。図－ 1.3.1 に示すように、7BLや9BLの下流部など、監査廊のない部分については、配管で監査廊位置まで引出して揚圧力計を設置し、計測している。

表－ 1.3.1 揚圧力計測概要

対象期間	計測方法および計器設置箇所	計測頻度	備考
昭和 29 年 2 月 (湛水開始) ～昭和 29 年 12 月	(計測方法) 揚圧力計が写真－ 1.3.1 のとおり設置されている。バルブは常時排水されない状態としており、揚圧力の測定はそのままゲージを読む。 (計器設置箇所) 基礎揚圧力: 7BL, 9BL(上下流方向) 断層揚圧力: 7BL～9BL(ダム軸方向) (図－ 1.3.1, 図－ 1.3.2 参照)	不明	当初 4,11BL にも基礎揚圧力計が設置され、計測が計画されたが、4BLについては堤体工事中の出水により基礎の一部が剥奪され、コンクリート充填後入念にグラウト注入を行ったことにより揚圧力計の半数が機能を失い、11BL については、将来の漏水が最も懸念され集中的にグラウトを実施したことにより、殆どが揚圧力測定孔として機能しなかったため、いずれも計測を実施していない。(丸山発電所工事誌より) ブルドン管は平成 18 年 12 月 18 日および平成 8 年 7 月に交換しており、交換の前後において計測値に大きな差が無いことが確認されている。(平成 8 年 7 月以前の交換状況は不明)
昭和 30 年 1 月 ～平成 20 年 11 月末現在	同上	1 回/月	



写真－ 1.3.1 揚圧力計の設置状況



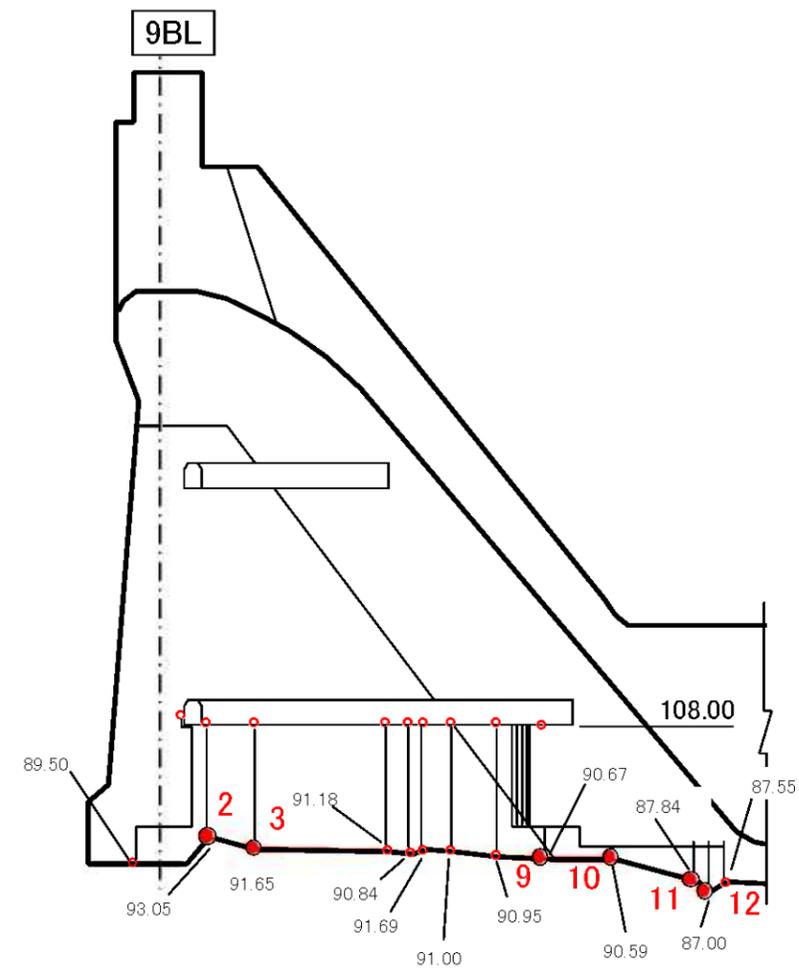
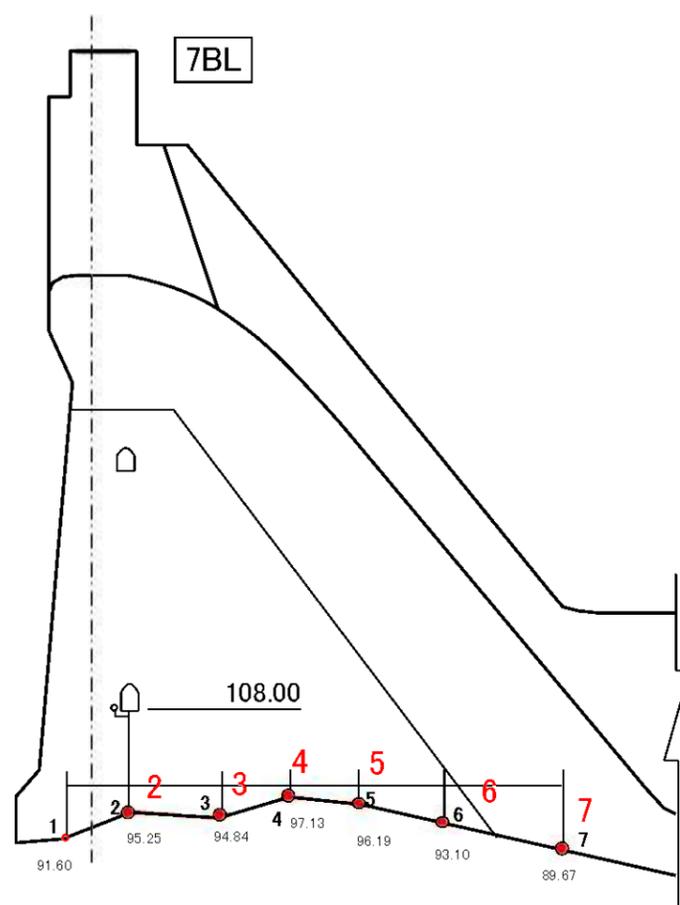
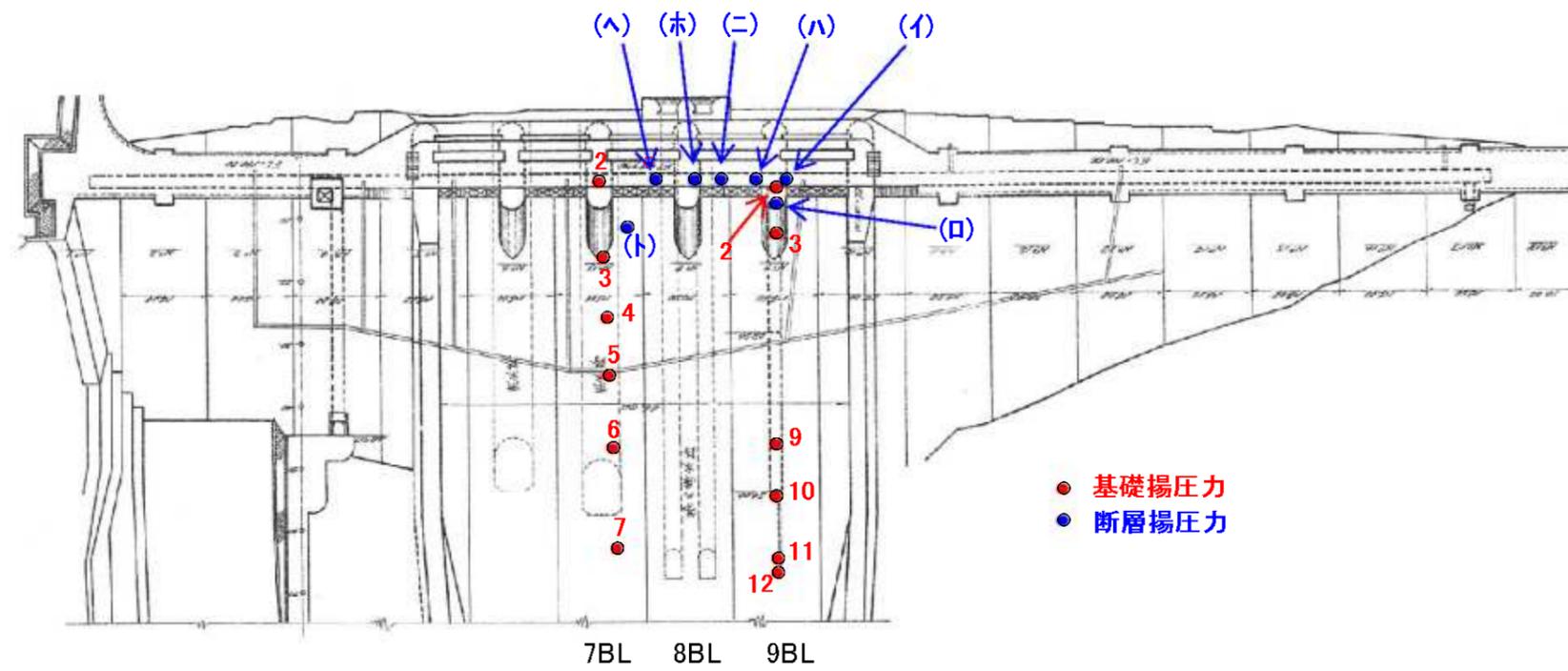
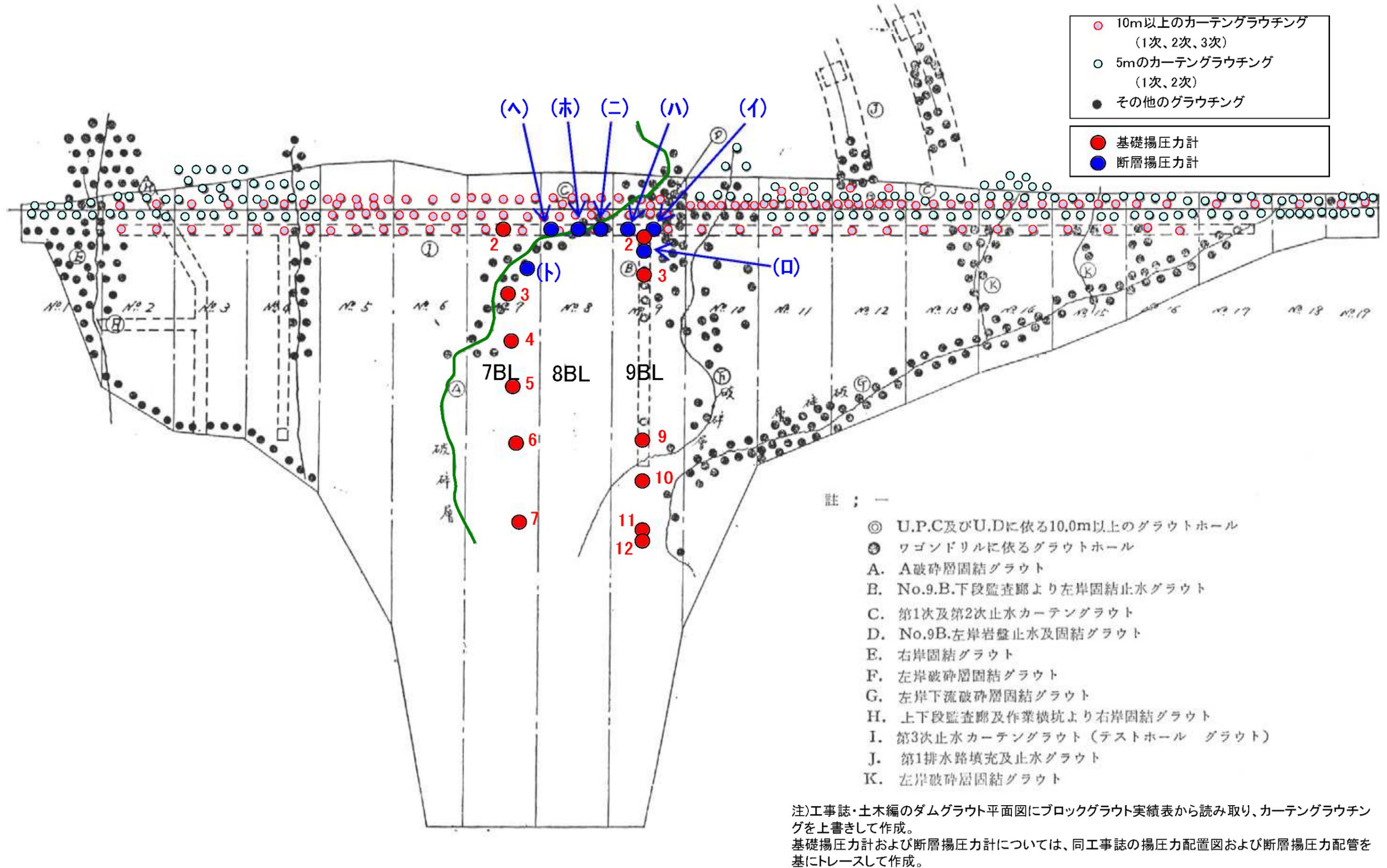


図 - 1.3.1 7BL, 9BL 基礎揚圧力, 断層揚圧力の測定位置



図一 1.3.2 揚圧力測定位置，基礎処理，断層平面図

(2) 計測結果

7BL 基礎揚圧力の経時変化図を図－ 1.3.3, 図－ 1.3.4 に, 9BL 基礎揚圧力の経時変化図を図－ 1.3.5, 図－ 1.3.6 に示す。7BL の基礎揚圧力の分布図を図－ 1.3.7 に, 9BL の基礎揚圧力の分布図を図－ 1.3.8 に示す。

経時変化図を見ると, 7BL, 9BL の揚圧力は, 完成当初 5 年程度は一定の値を示していたが, その後 10 年程度で徐々に増加し, 建設後 15 年以降はほぼ一定の値で推移している。揚圧力の増加した理由としては, ドレーンの目詰まり等が推定される。

分布図から, 7BL の揚圧力は建設時とほぼ同程度であるが, 9BL の揚圧力は建設時より多少高くなっている(9BL の 2,3 孔で揚圧力係数 50%程度)。

断層揚圧力の経時変化図を図－ 1.3.9, 図－ 1.3.10 に示す。断層揚圧力の分布図を図－ 1.3.11 (完成直後), 図－ 1.3.12 (直近)に示す。

断層揚圧力も基礎揚圧力と同様に, 完成後 10 年程度で徐々に増加し, 建設後 15 年以降はほぼ一定の値で推移している。断層揚圧力では口孔の値が高いが, 近傍の 9BL の 2 孔と同様の動きを示しており, 特異な値ではない。

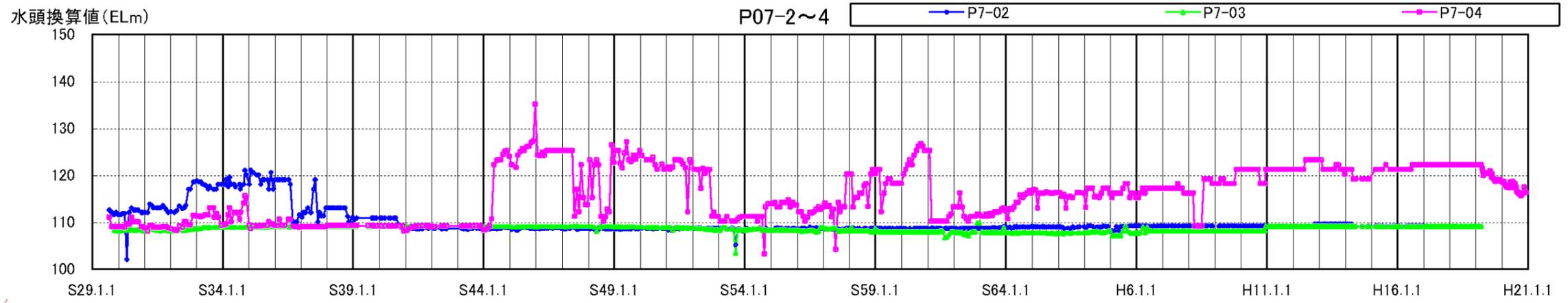
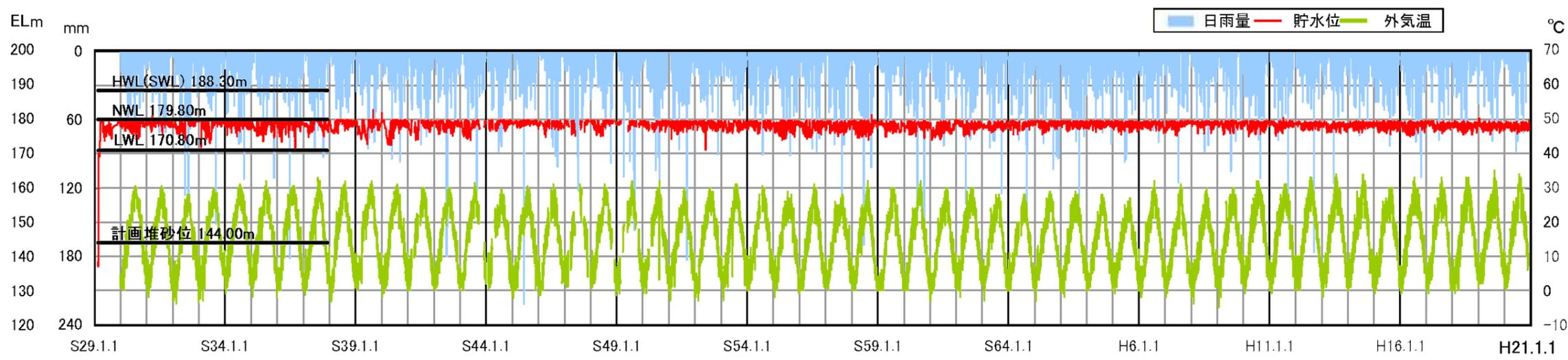
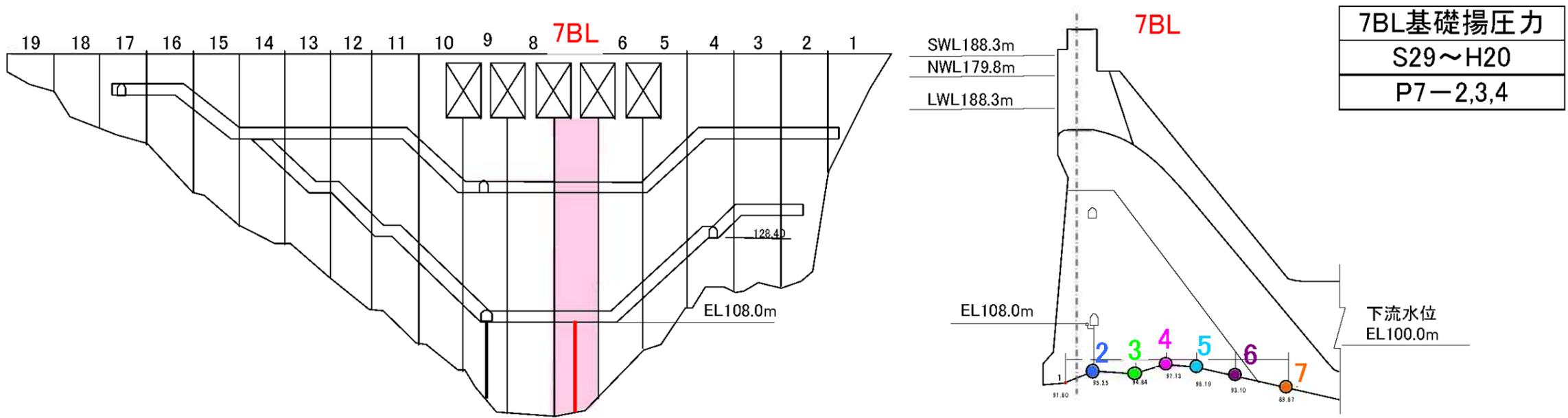


図 - 1.3.3 7BL 基礎揚圧力の経時変化図 (1/2)

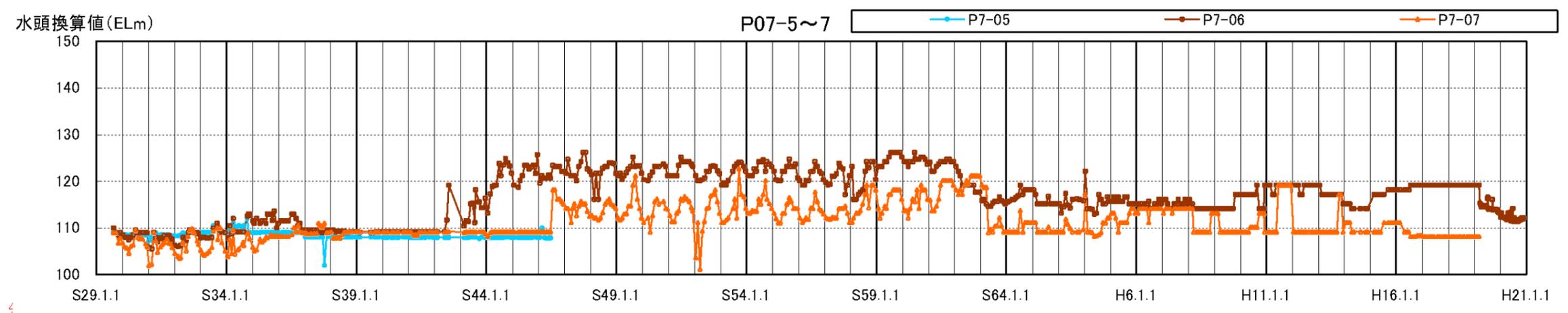
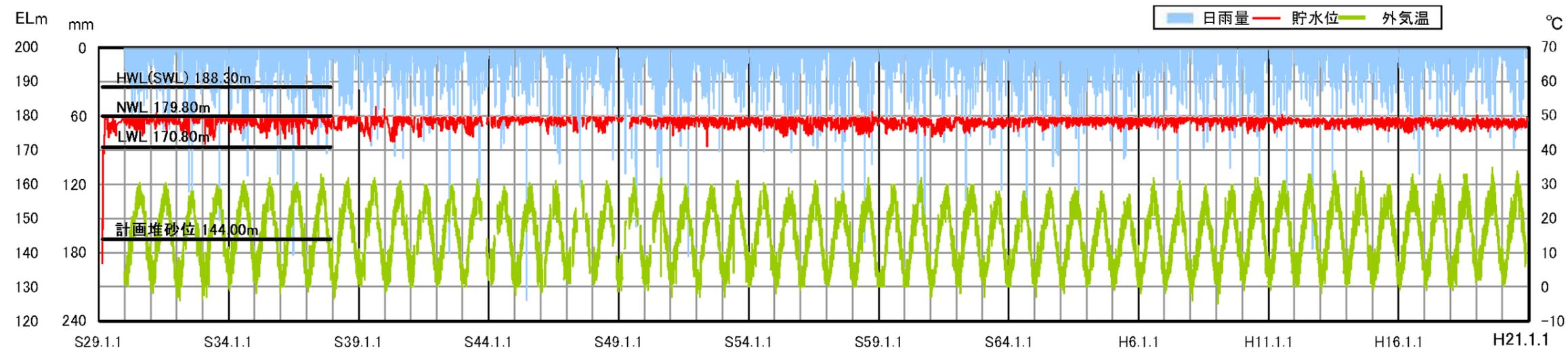
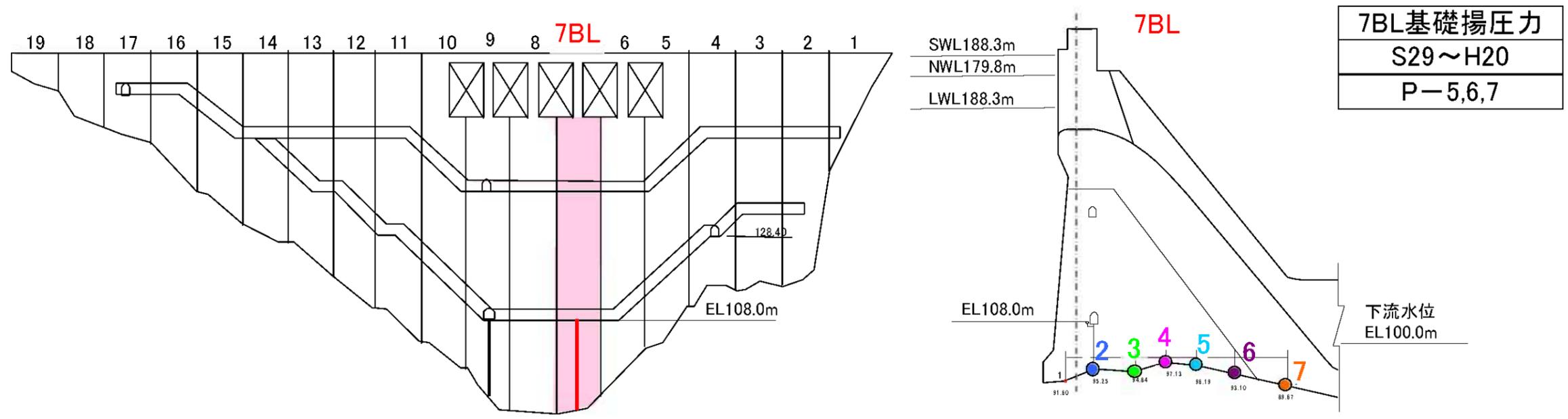
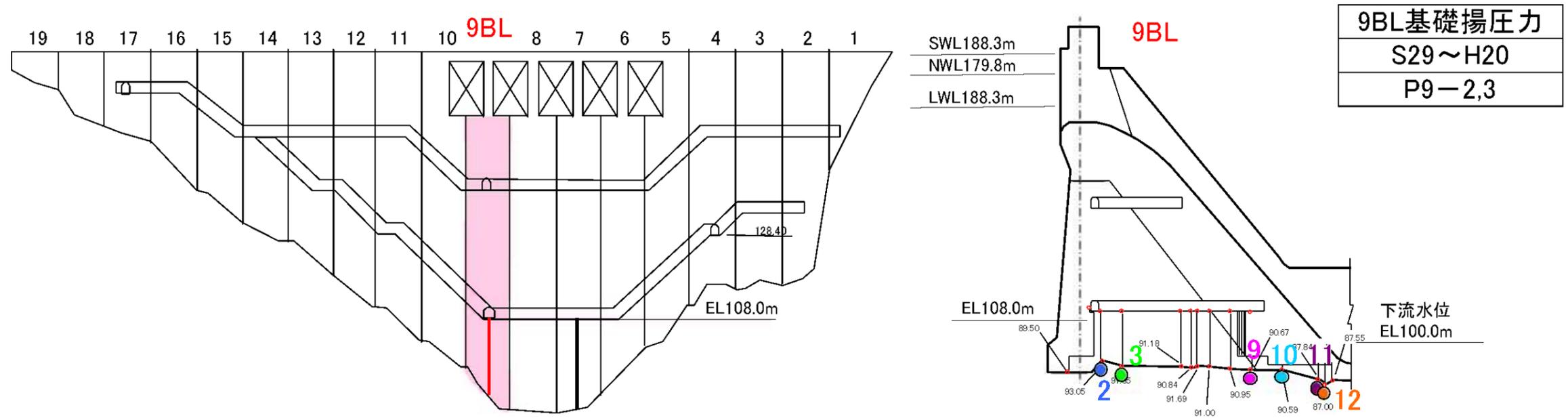


図 - 1.3.4 7BL 基礎揚圧力の経時変化図 (2/2)



9BL基礎揚圧力
S29~H20
P9-2,3

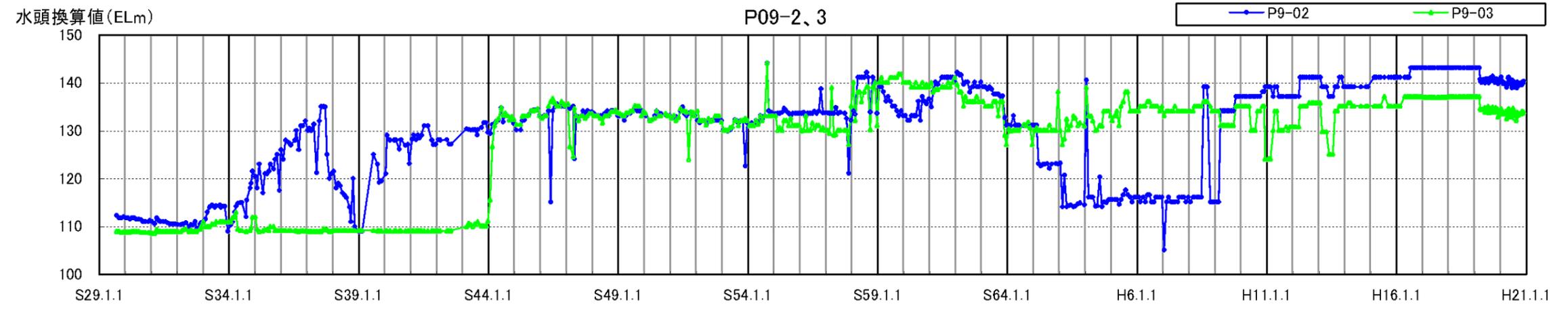
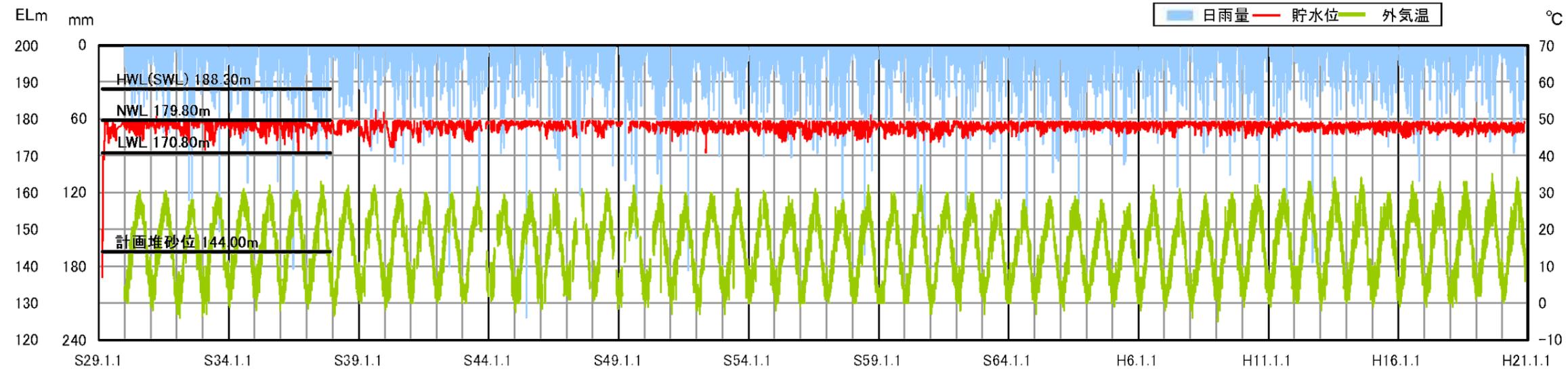
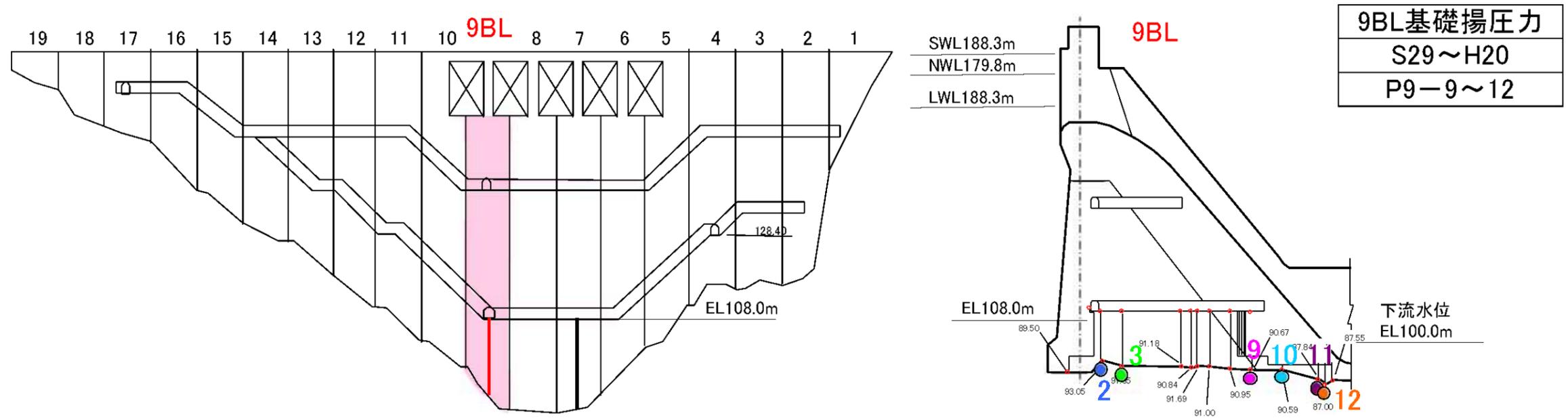


図 - 1.3.5 9BL 基礎揚圧力の経時変化図 (1/2)



9BL基礎揚圧力
S29~H20
P9-9~12

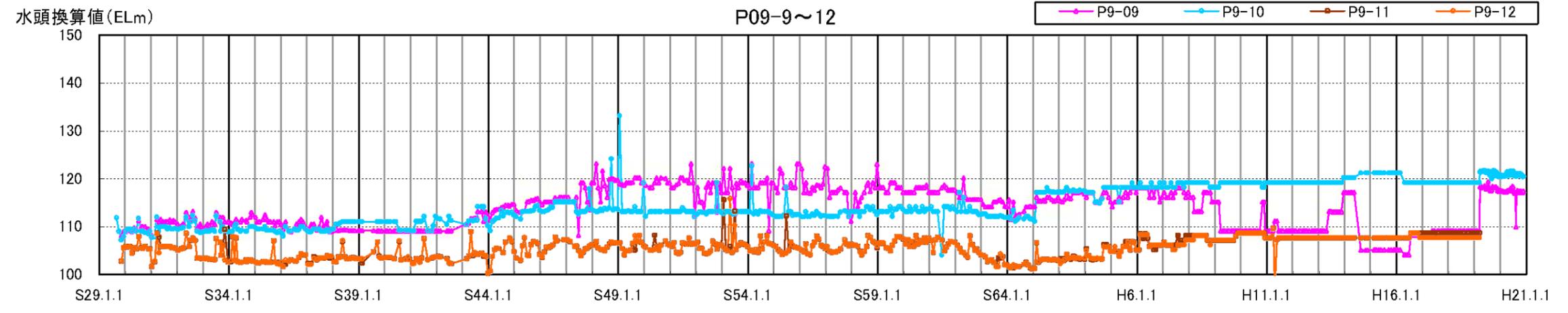
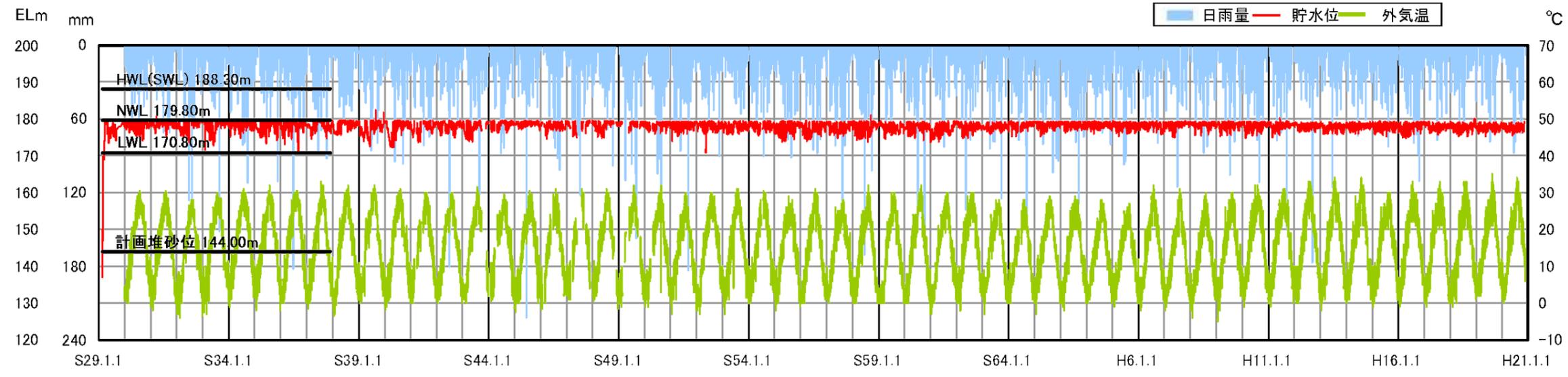
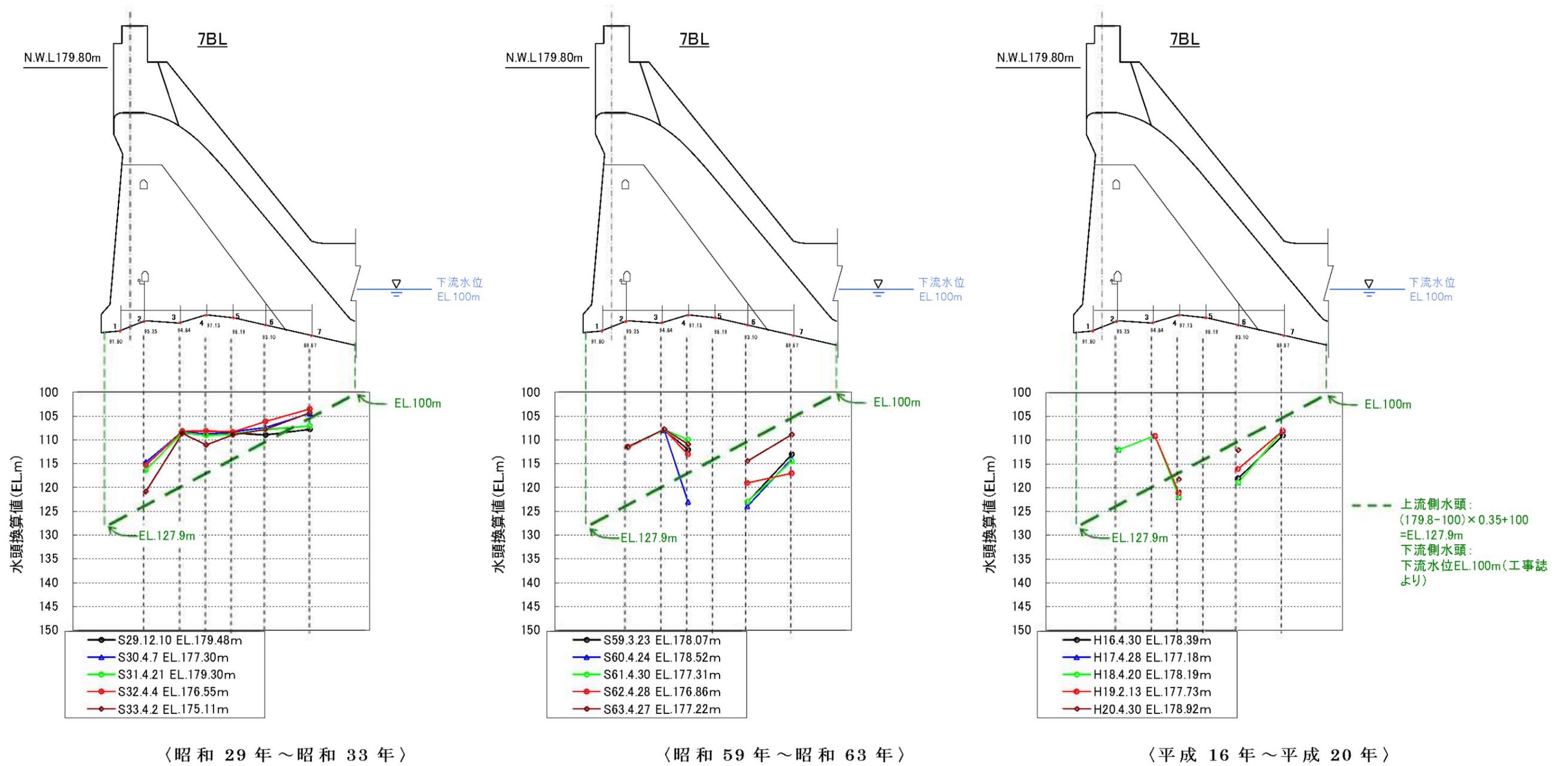
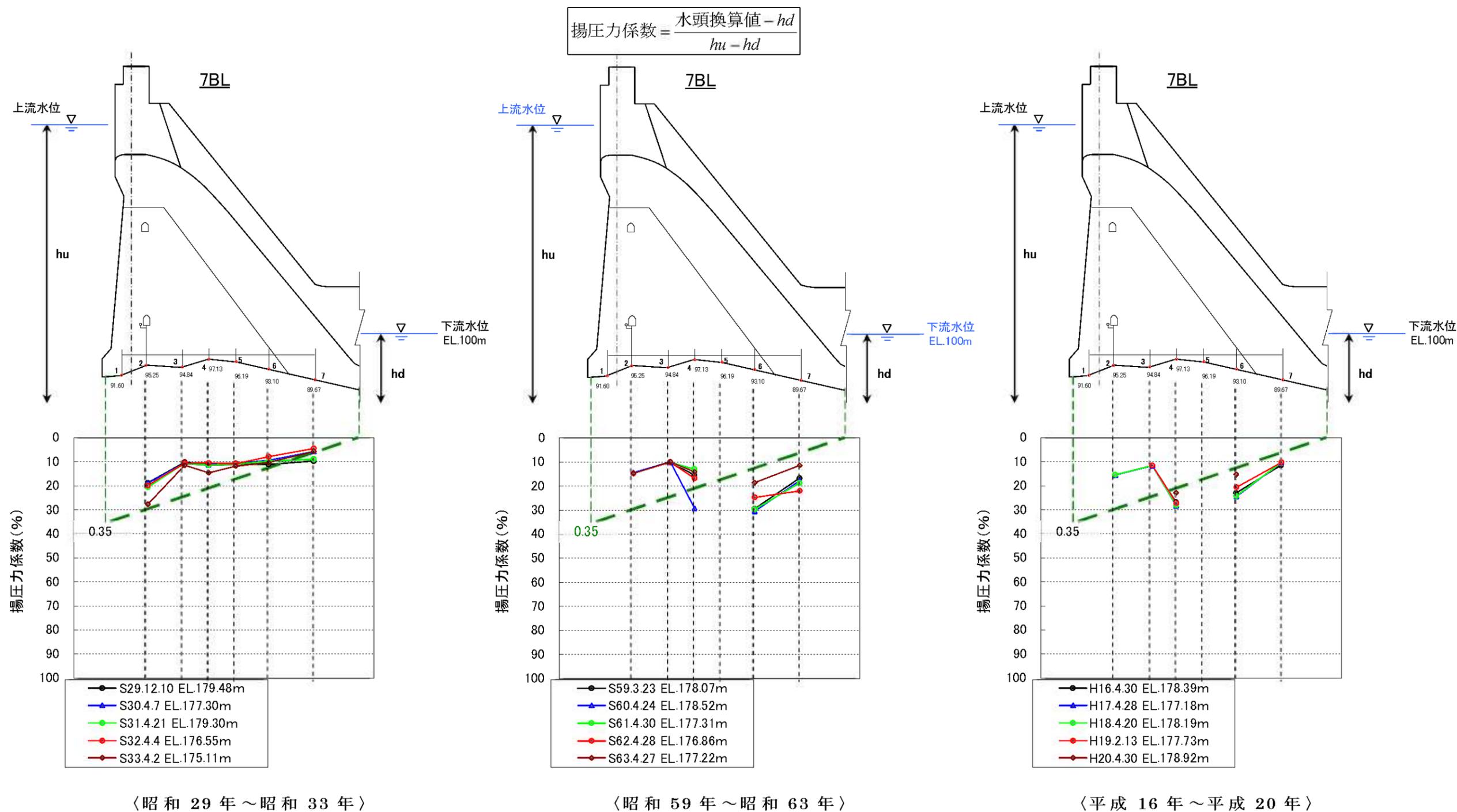


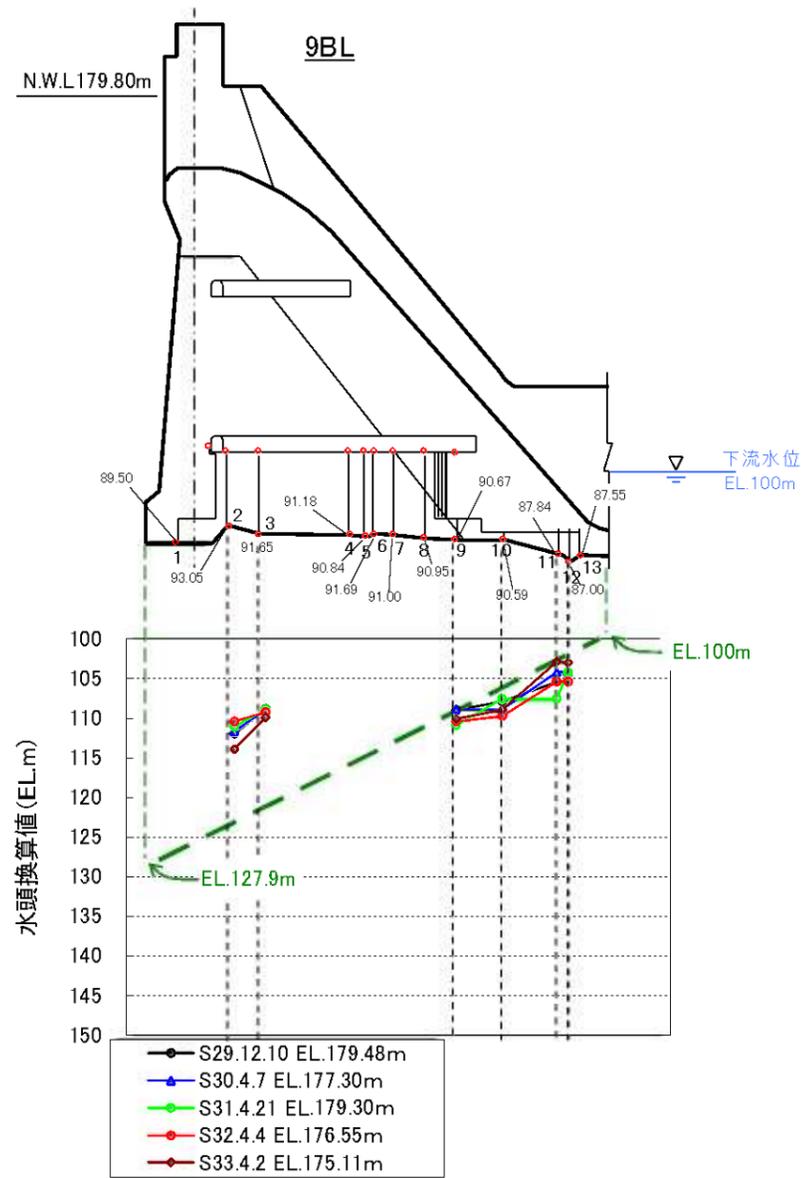
図 - 1.3.6 9BL 基礎揚圧力の経時変化図 (2/2)



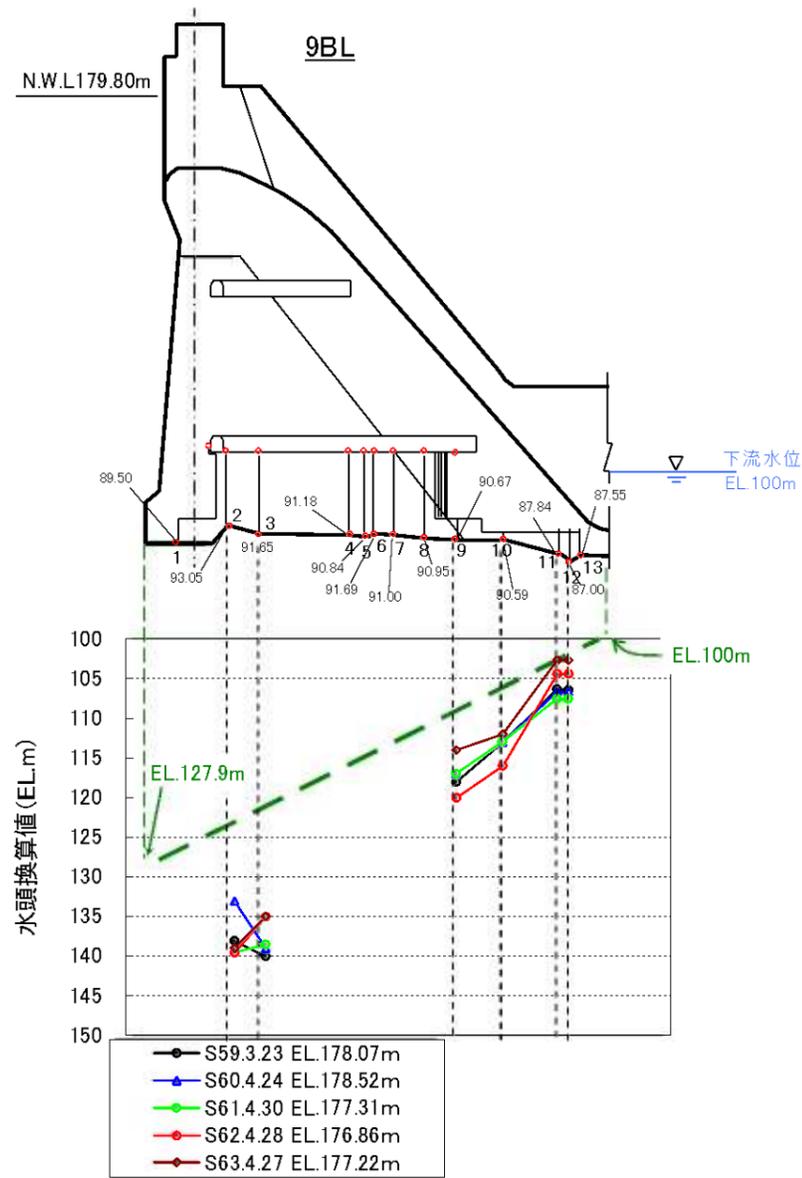
図一 1.3.7(1) 7BL基礎揚圧力 水頭換算値分布図



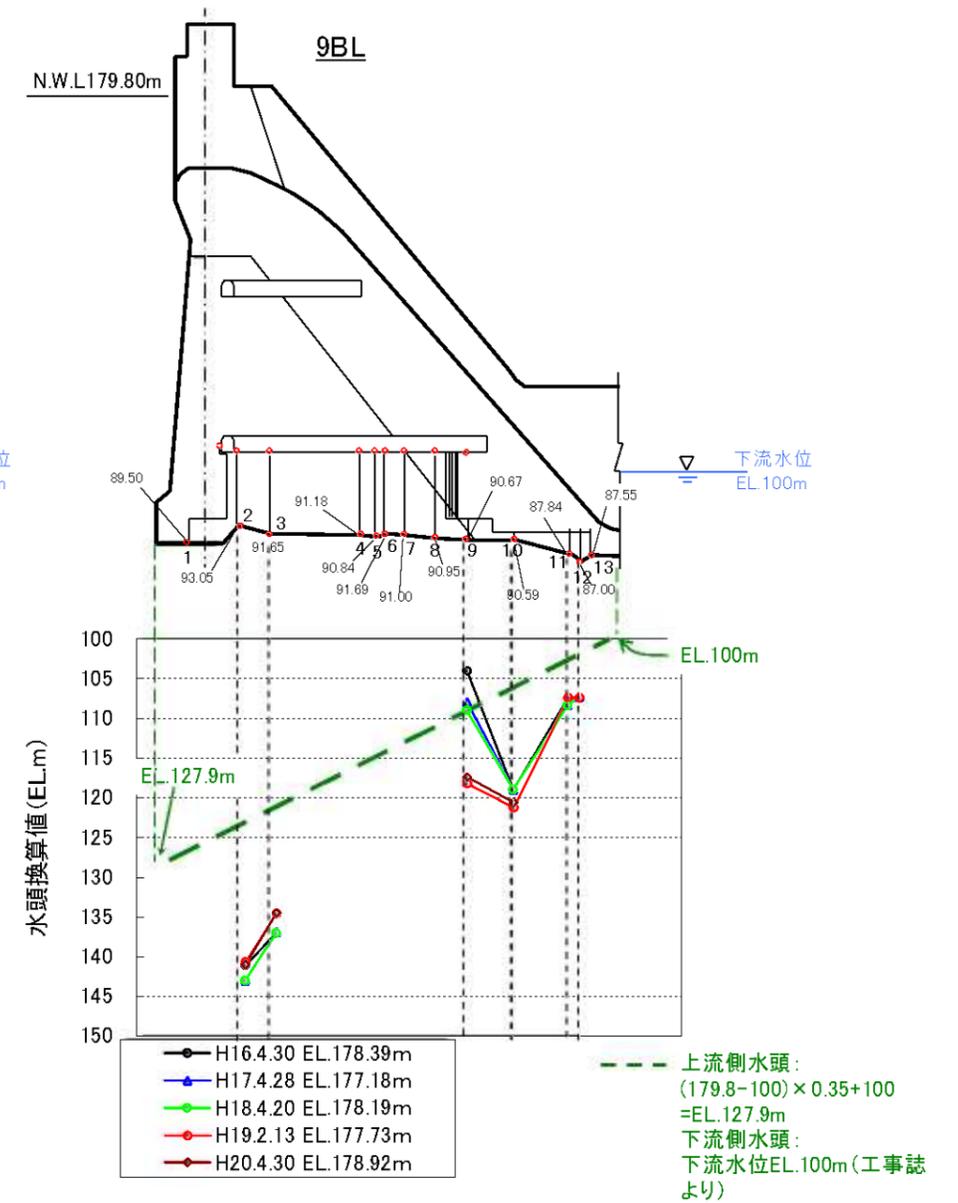
図一 1.3.7(2) 7BL基礎揚圧力 揚圧力係数分布図



〈昭和 29 年～昭和 33 年〉



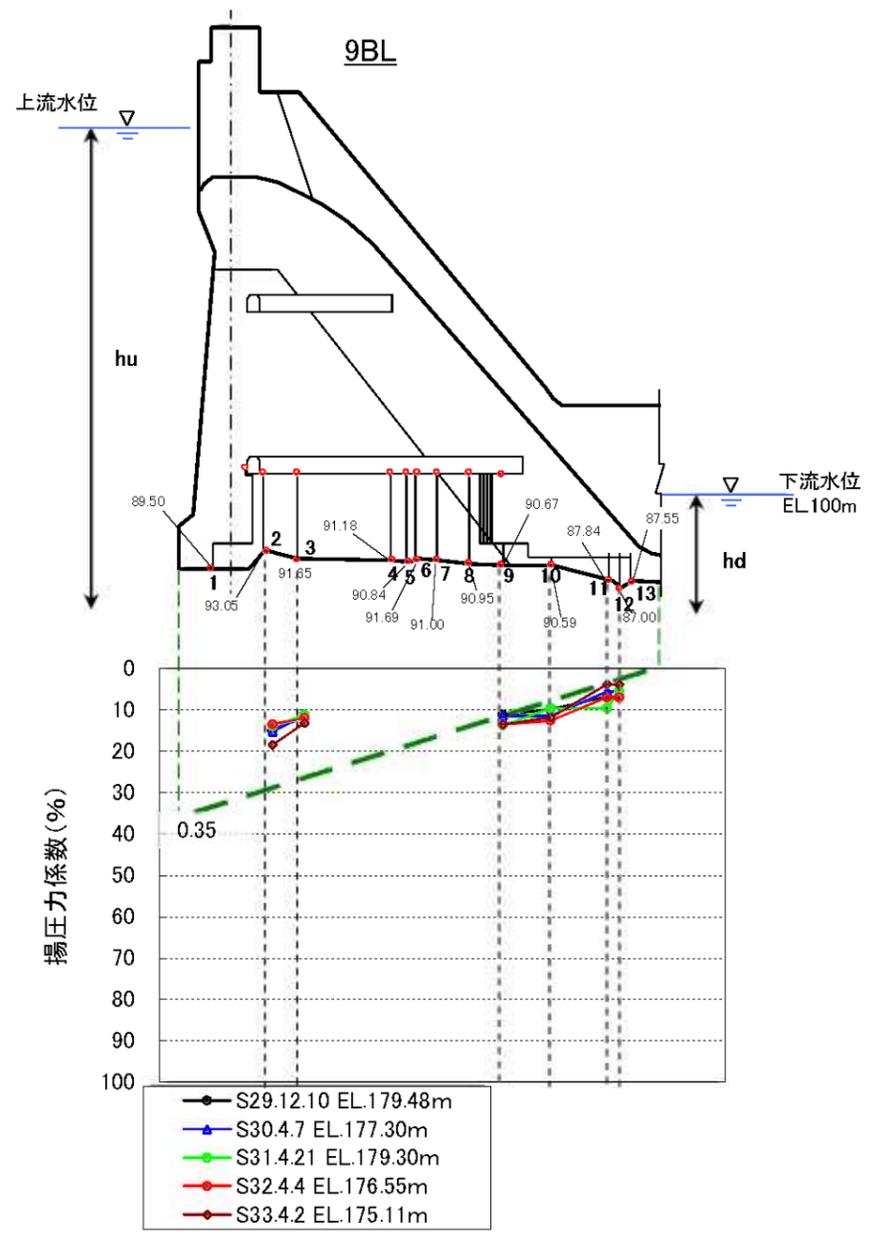
〈昭和 59 年～昭和 63 年〉



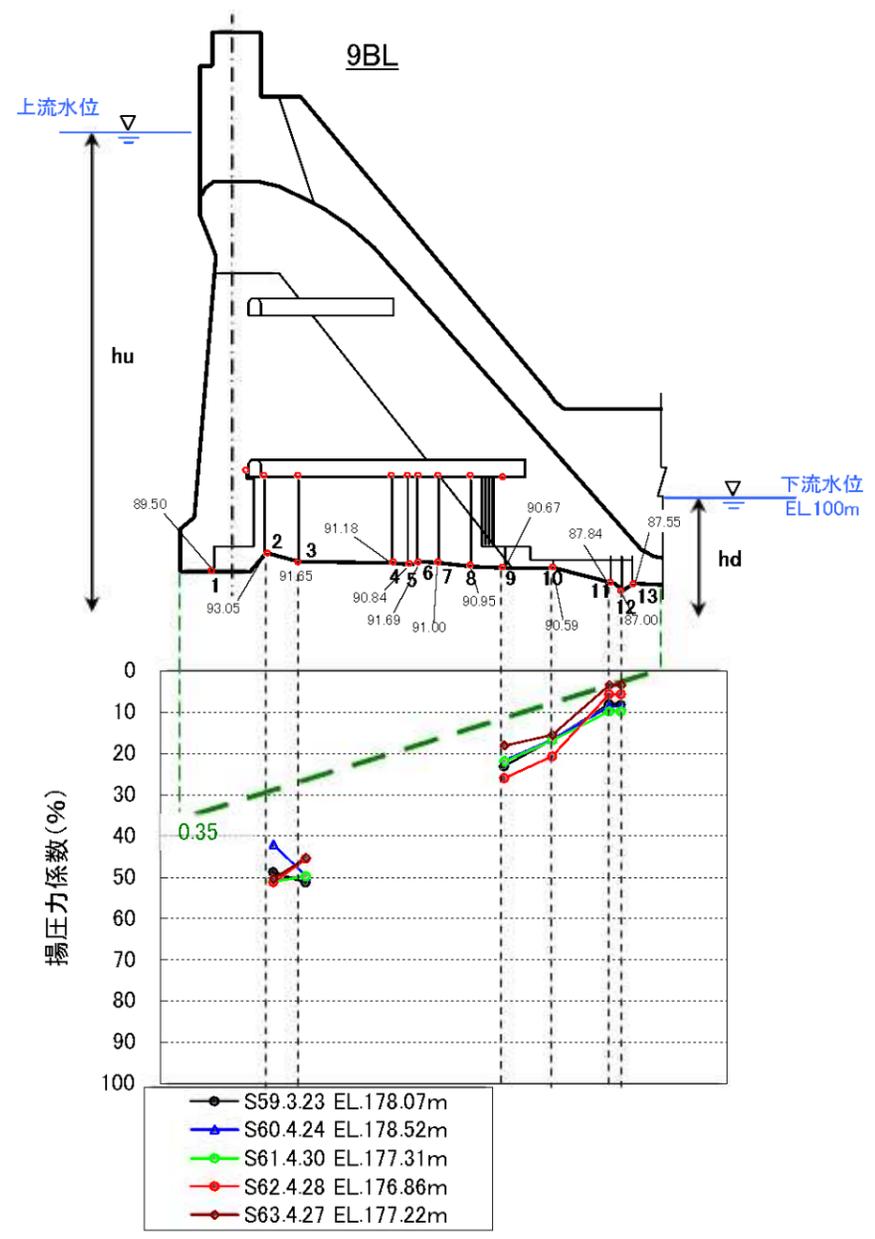
〈平成 16 年～平成 20 年〉

図一 1.3.8(1) 9BL基礎揚圧力 水頭換算値分布図

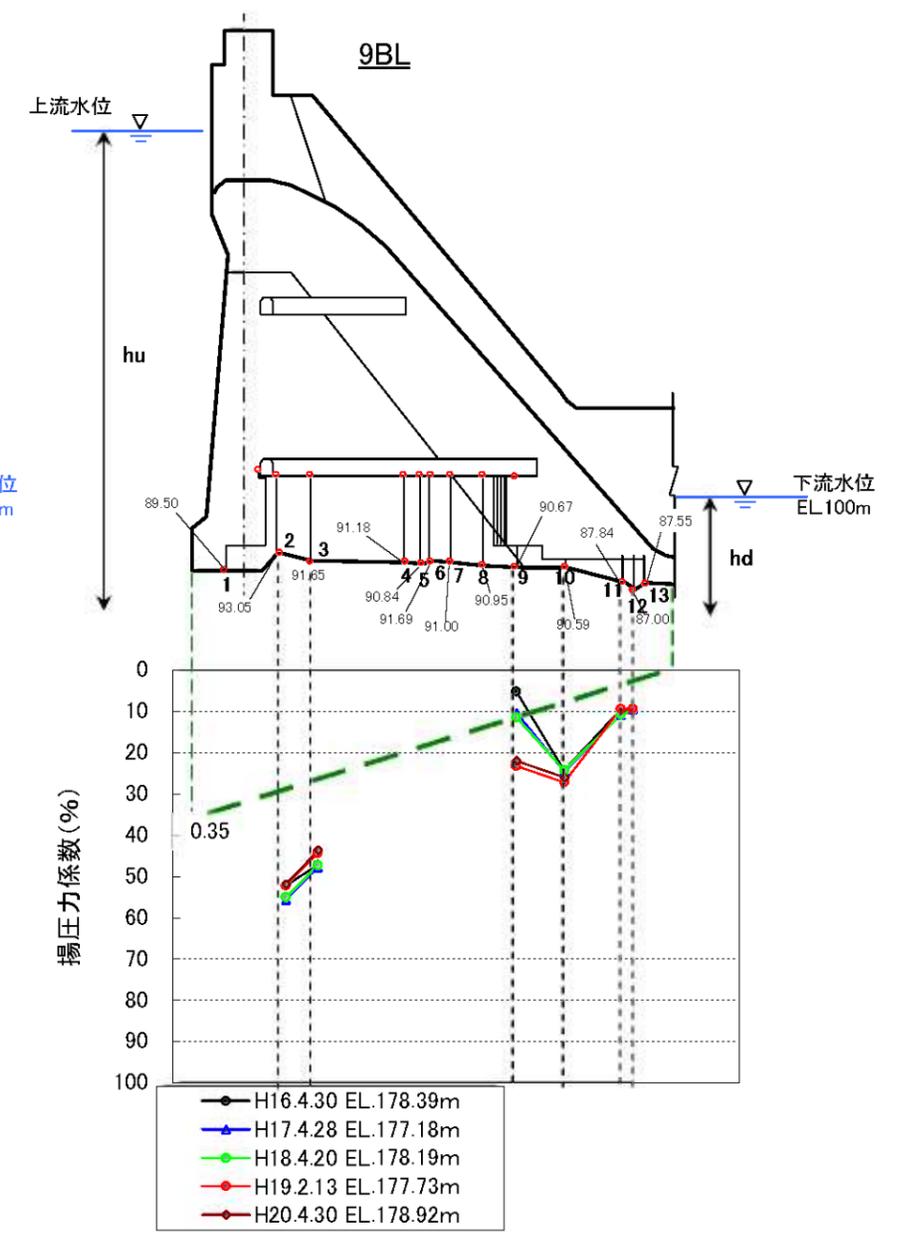
$$\text{揚圧力係数} = \frac{\text{水頭換算値} - hd}{hu - hd}$$



〈昭和 29 年～昭和 33 年〉



〈昭和 59 年～昭和 63 年〉



〈平成 16 年～平成 20 年〉

図 - 1.3.8(2) 9BL基礎揚圧力 揚圧力係数分布図

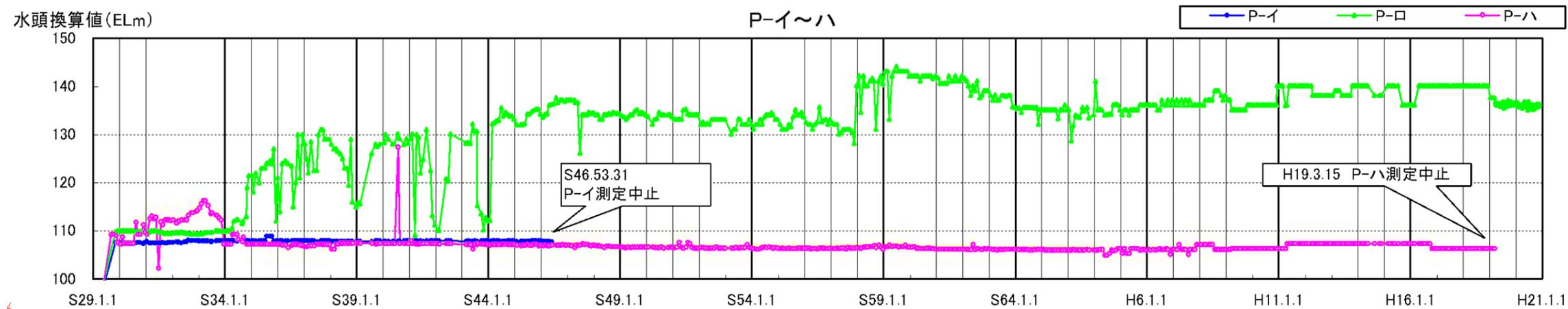
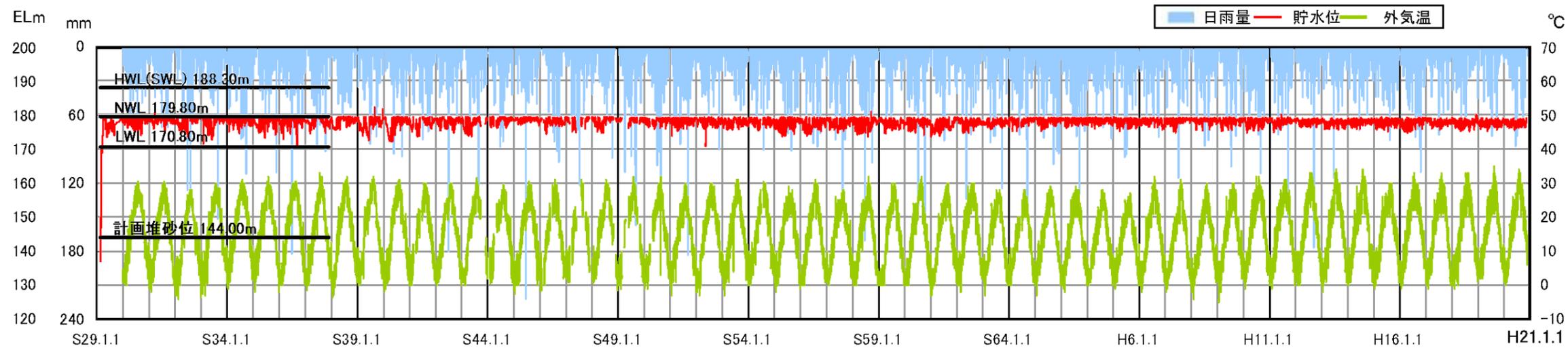
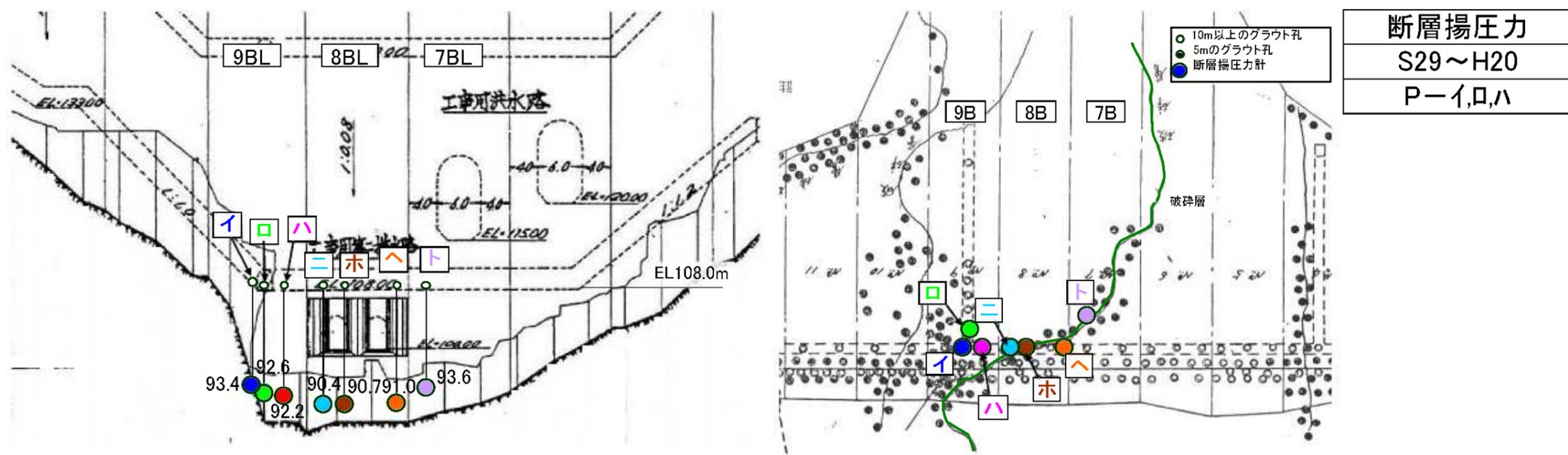


図 - 1.3.9 断層揚圧力の経時変化図 (1/2)

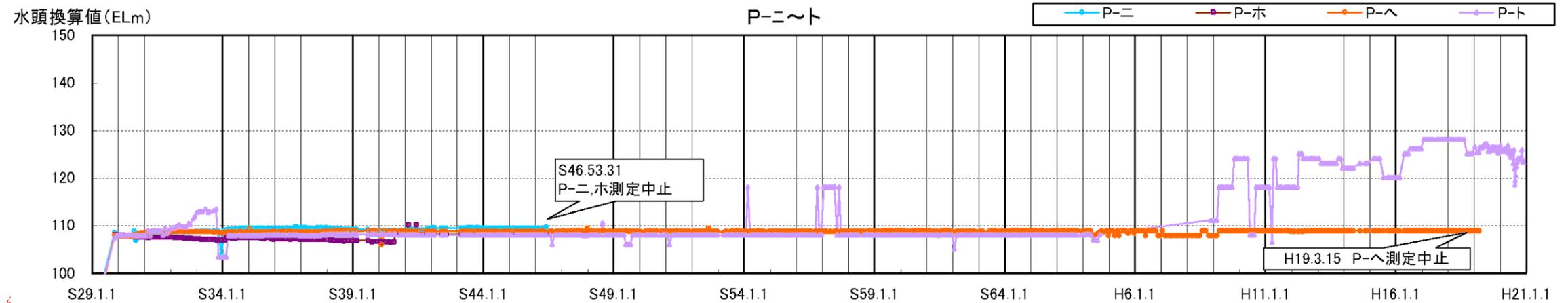
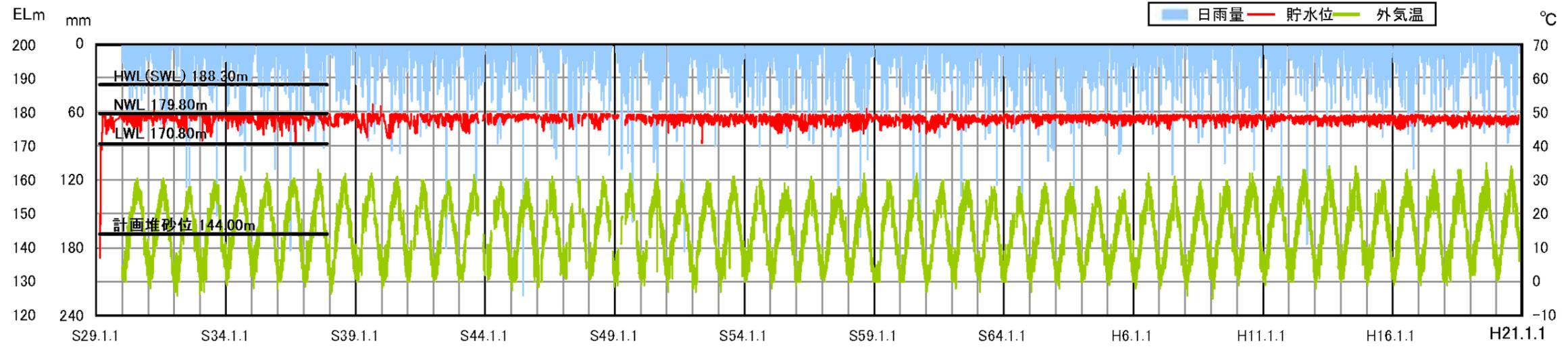
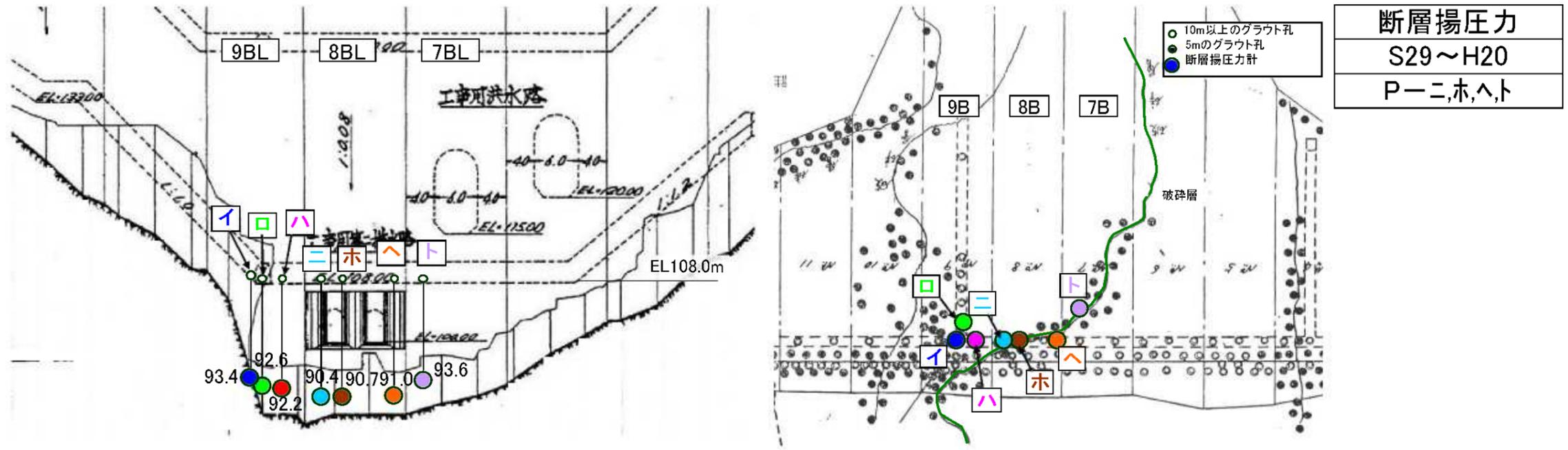
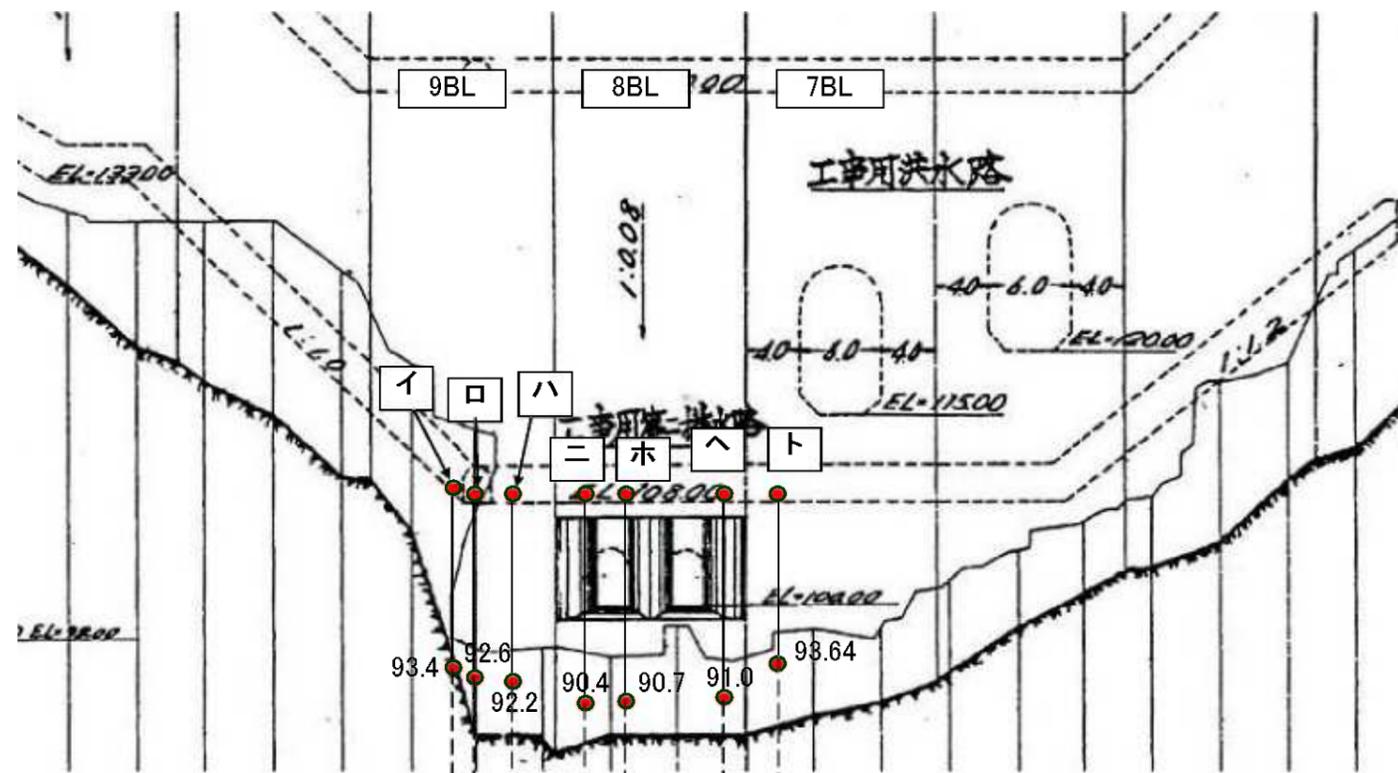


図 - 1.3.10 断層揚圧力の経時変化図 (2/2)



断層揚圧力分布図
(昭和29年~33年)

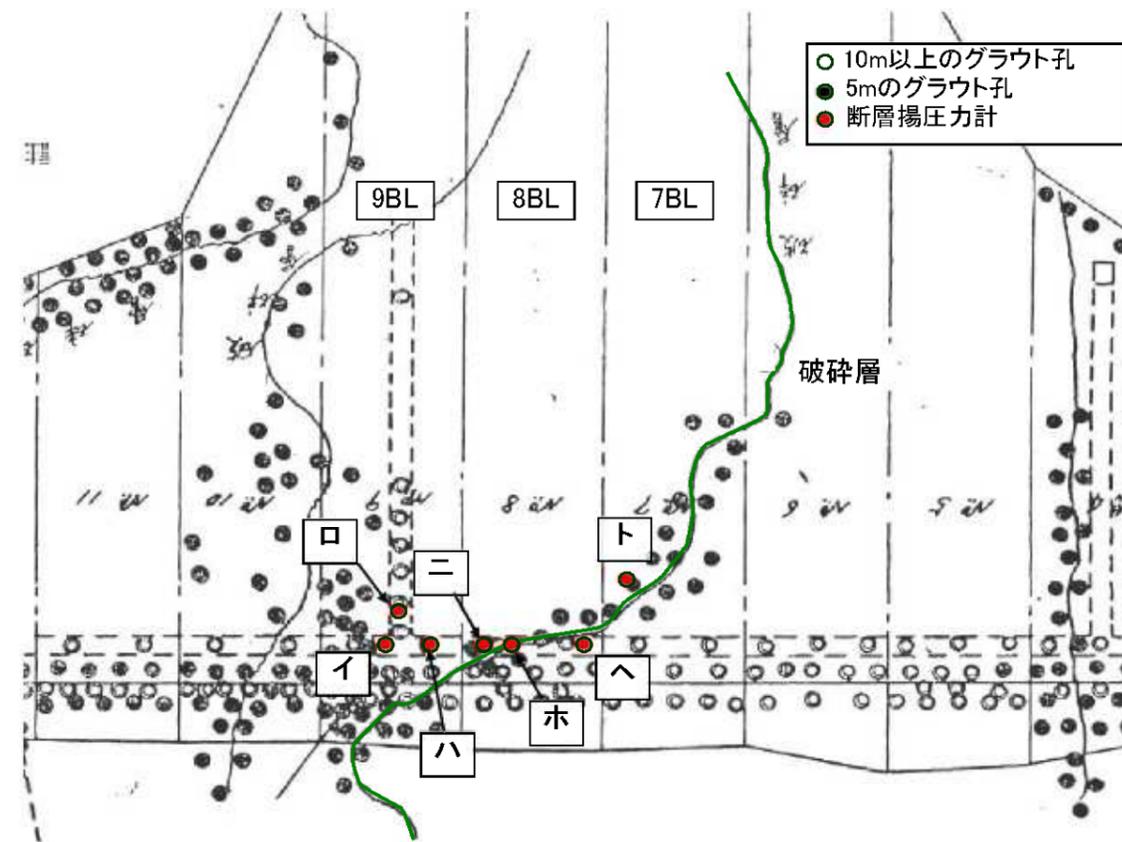
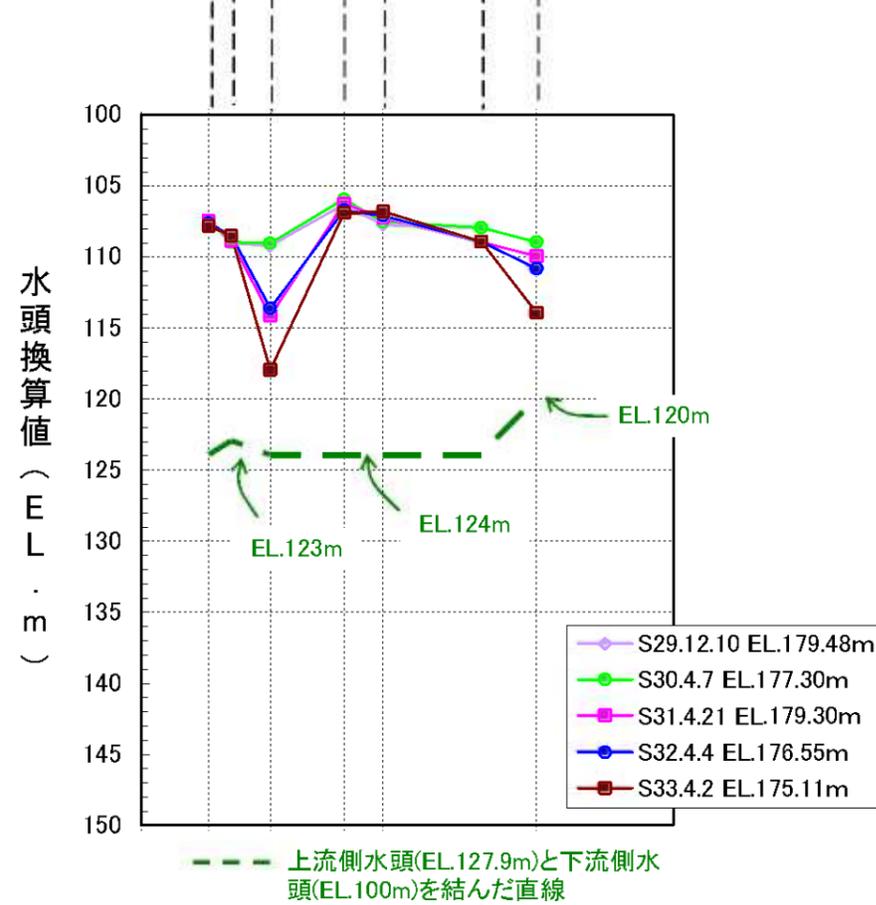
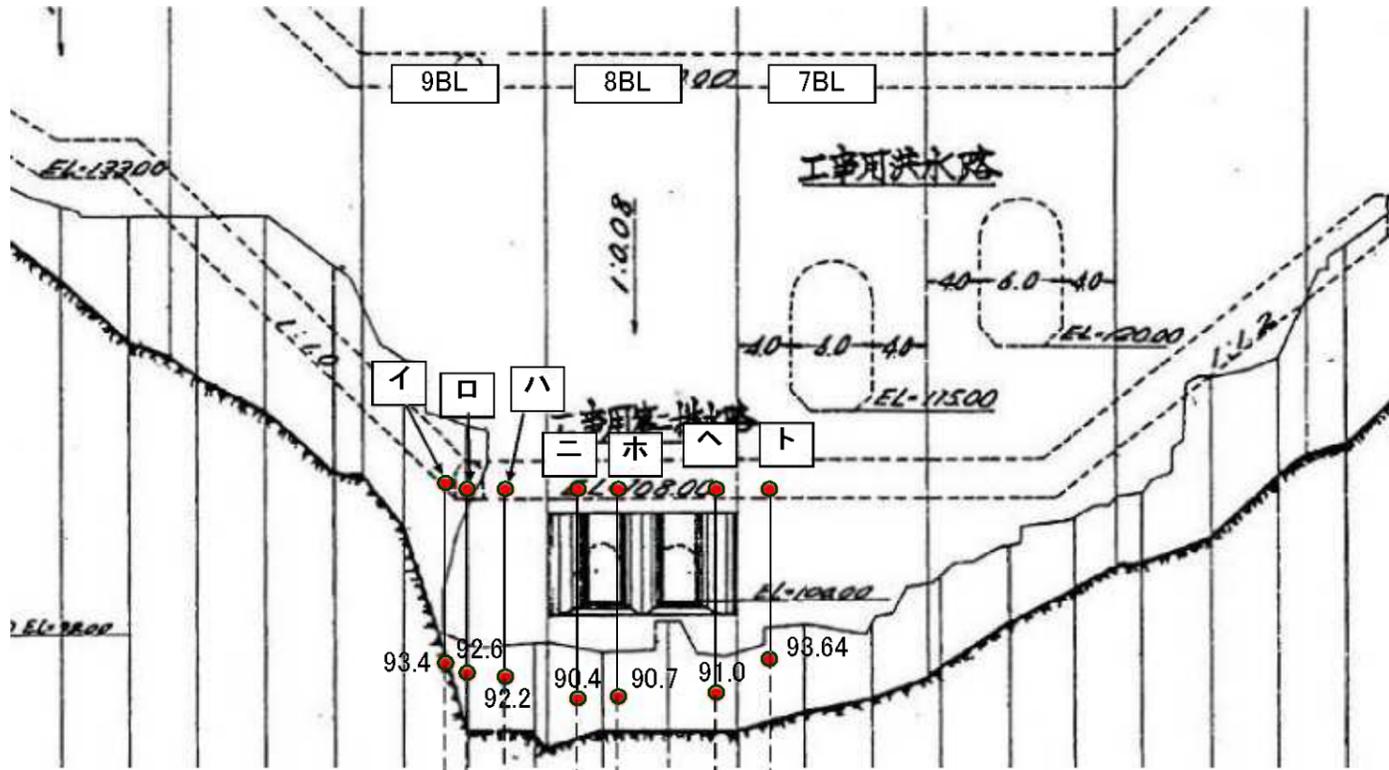


図 - 1.3.11(1) 断層揚圧力 水頭換算値分布図 (S29~S33)



断層揚圧力分布図
(昭和29年~33年)

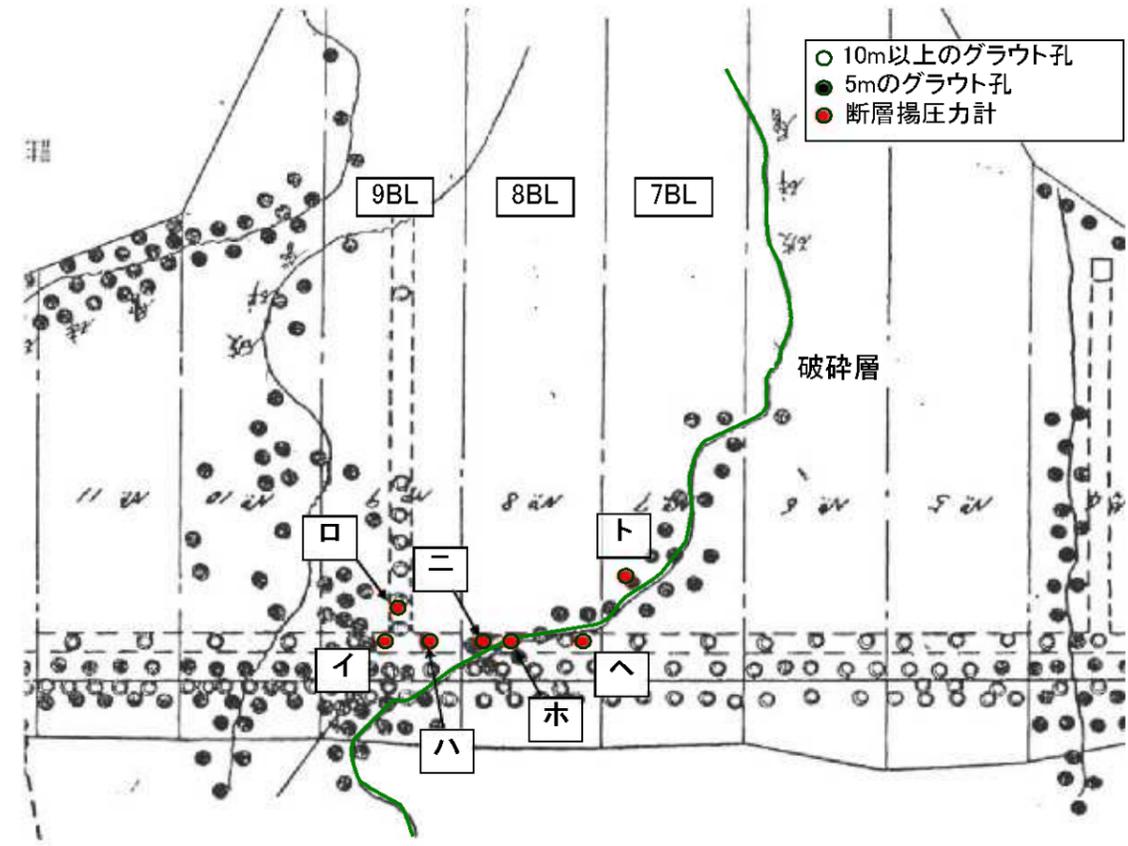
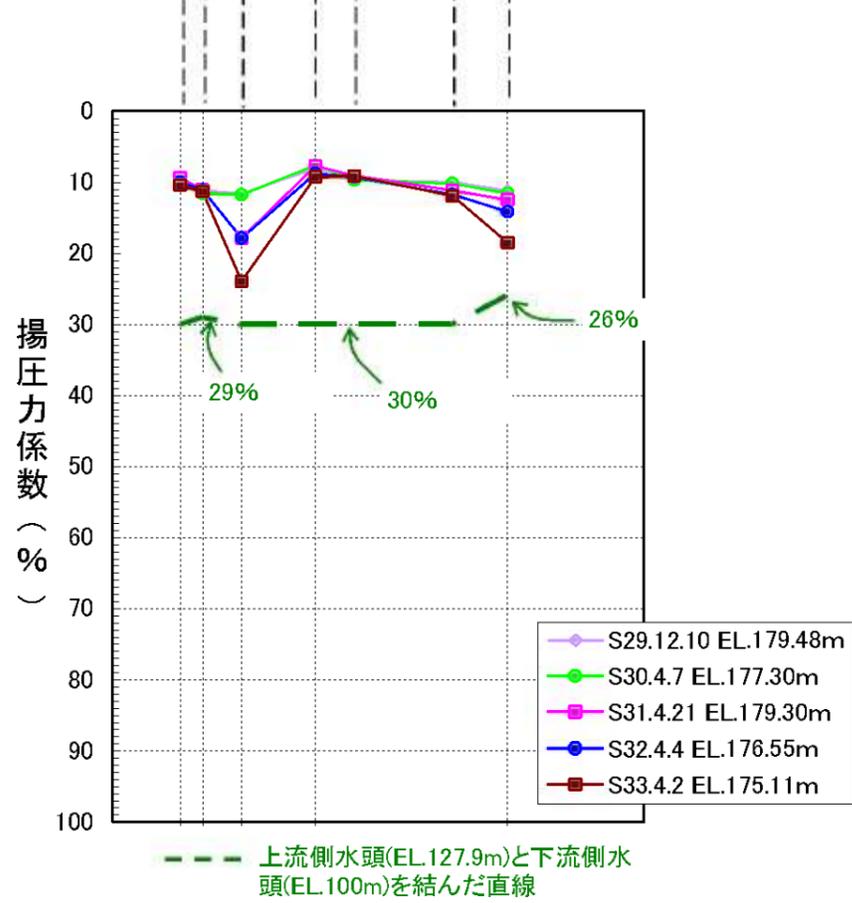
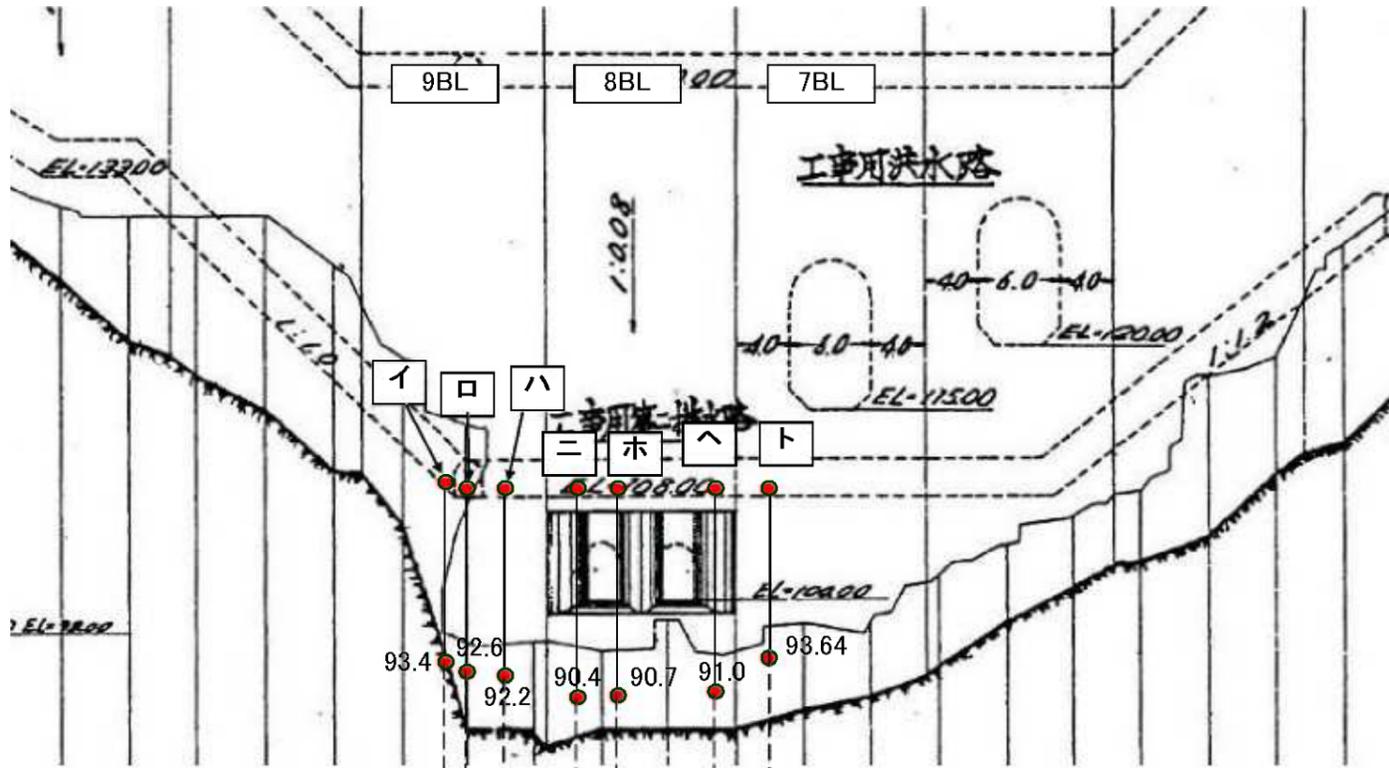
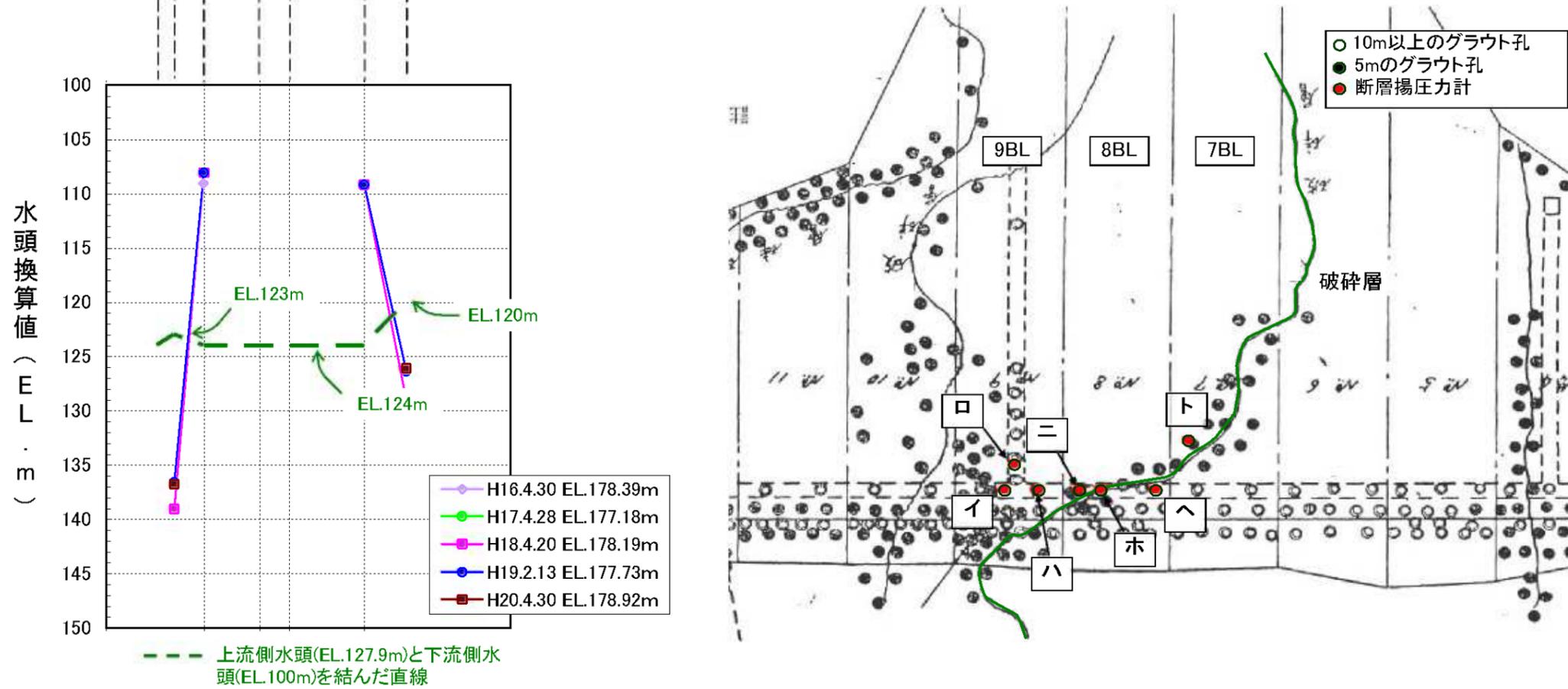


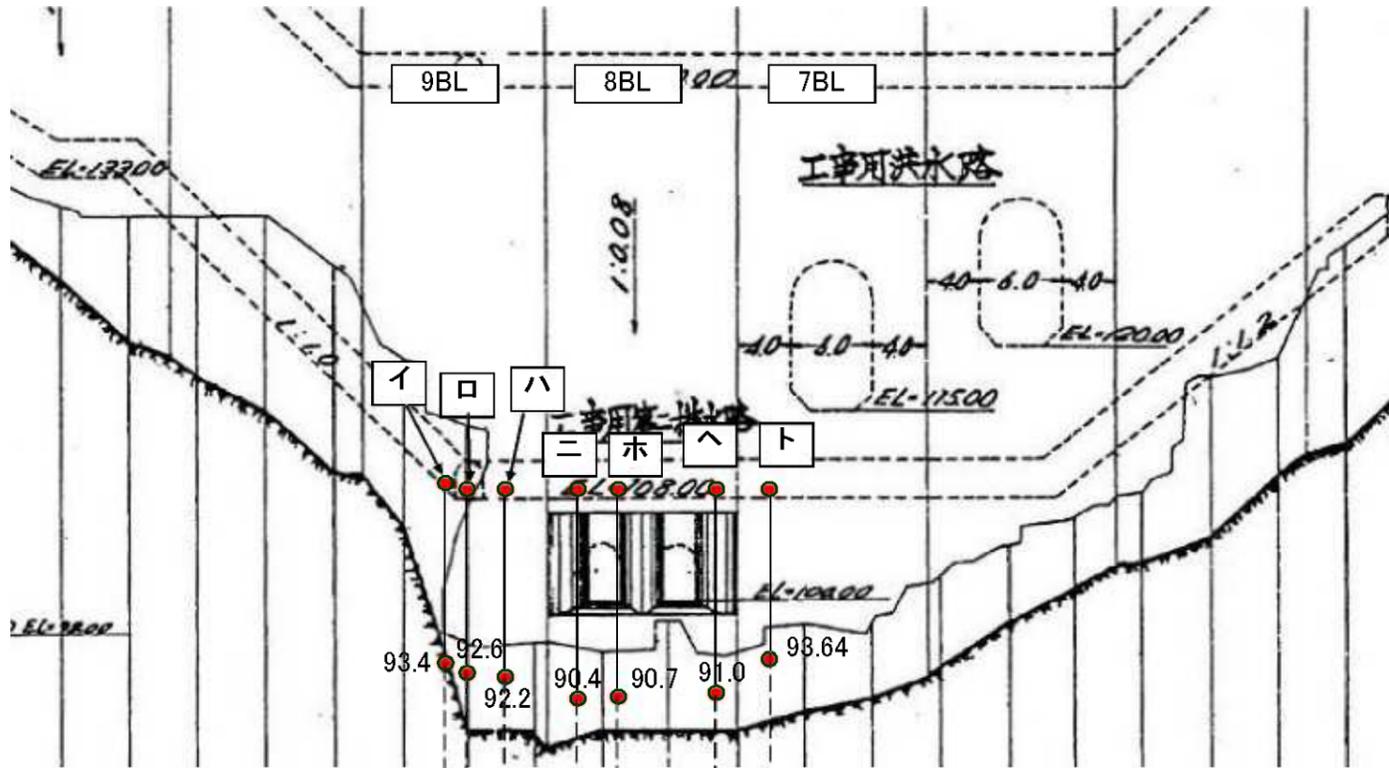
図 - 1.3.11(2) 断層揚圧力 揚圧力係数分布図 (S29~S33)



断層揚圧力分布図
(平成16年~20年)



図一 1.3.12(1) 断層揚圧力 水頭換算値分布図 (H16~H20)



断層揚圧力分布図
(平成16年~20年)

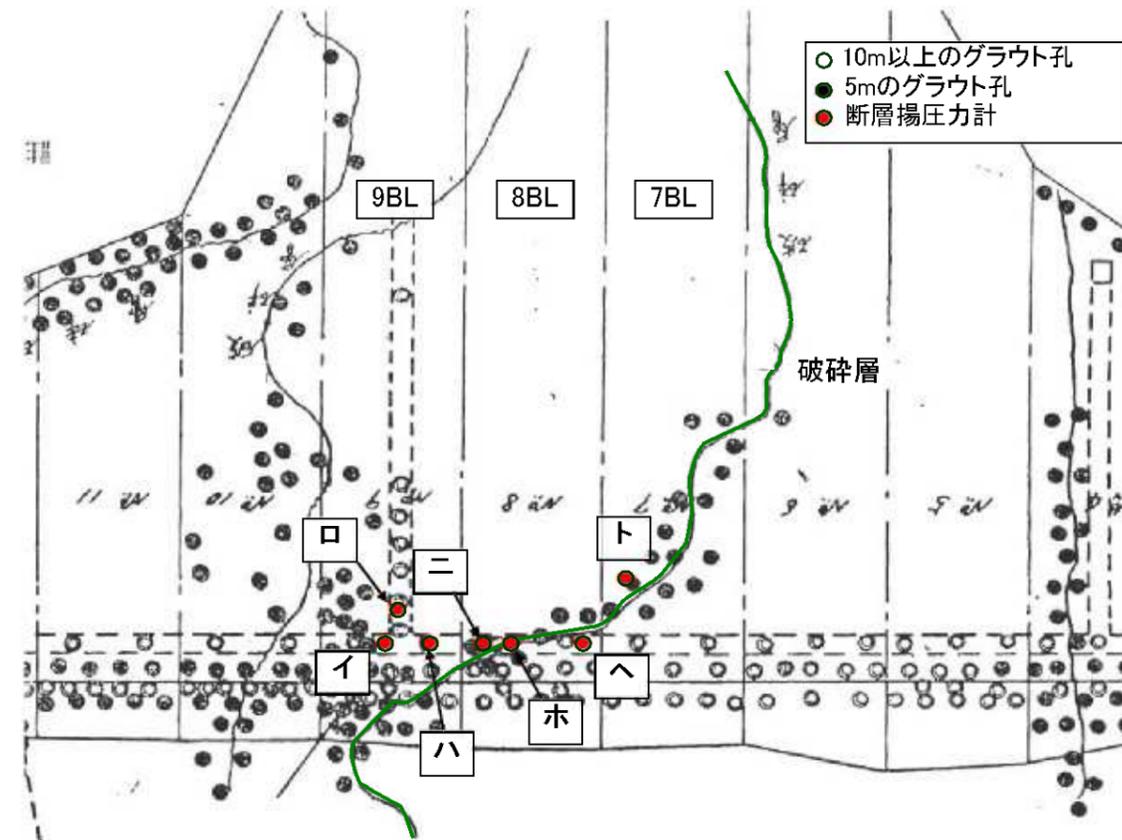
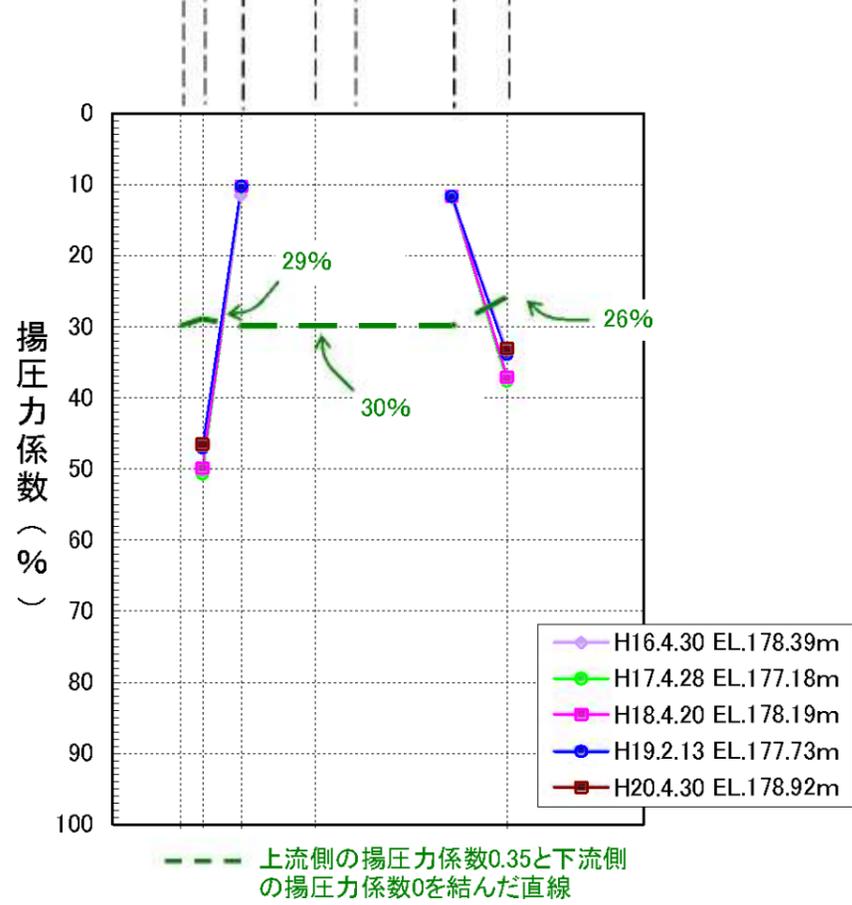


図 - 1.3.12(2) 断層揚圧力 揚圧力係数分布図 (H16~H20)

1.4 既設堤体コンクリートの強度等

丸山ダムコンクリートの強度特性を把握するため、丸山ダムから採取したコンクリートコアの圧縮強度試験・非破壊試験(テストハンマーによる反発度)により力学特性を把握し、中性化深さ試験により表面からの劣化度を調査した。

1.4.1 採取コアの圧縮強度・静弾性係数

(1) 調査位置

図- 1.4.2 に示す位置からコア試料を採取した。

表 - 1.4.1 室内試験数量

試験項目		試験方法	試験数量	採取コア
室内試験	圧縮強度試験*1	採取コア Φ200×400	外部配合×3本	5m×3本
	静弾性係数試験*2		内部配合×3本	

*1: JIS A 1108 に準じる。

*2: JIS A 1149 に準じる。

〈下流面〉

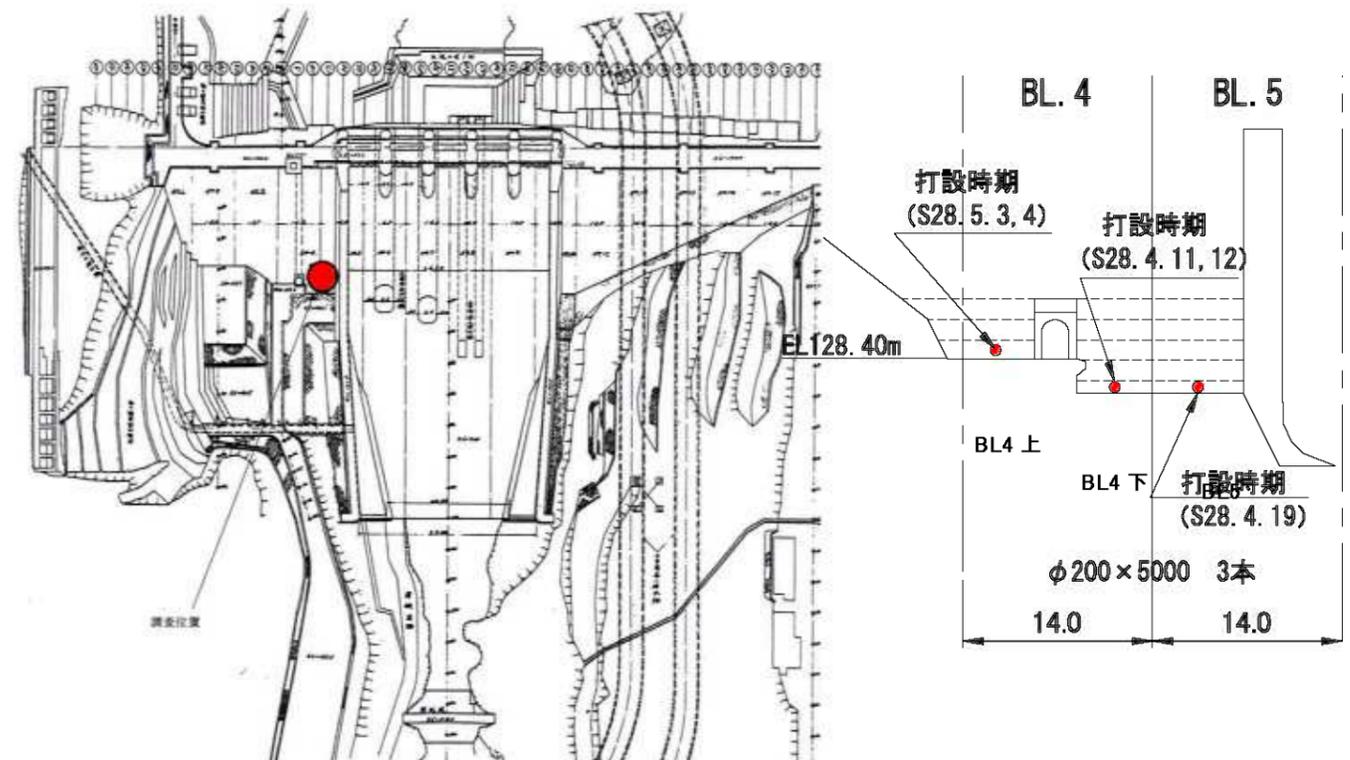


図 - 1.4.1 調査位置図

(2) 調査方法

コアボーリングマシンを堤体にセットし、 $\phi 200 \times 5000\text{mm}$ のコアを採取した。

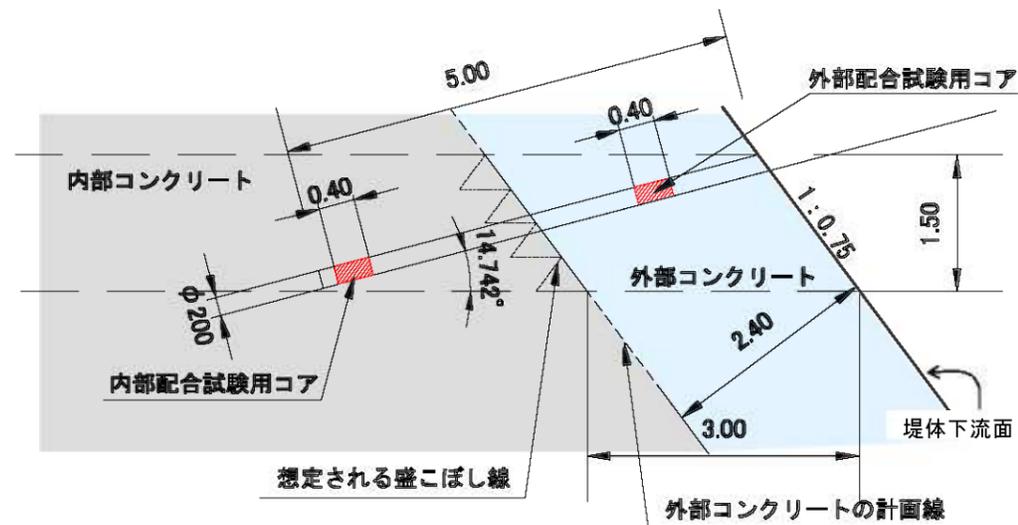


図 - 1.4.2 コアリング断面図

コンクリートカッターを用いて図 - 1.4.2 に示す所定の位置から試料を切断採取し、JISA1107:2002「コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮強度試験方法」により圧縮強度を試験し、同時に JISA1149:2001「コンクリートの静弾性係数試験方法」により静弾性係数を試験した。

室内試験用のコアリング位置は、新堤体が載る堤体下流面で、道路からの進入が可能な右岸側で図に示す3箇所で行った。

コア採取部3箇所の打設時期は、工事誌に掲載されているリフトスケジュールによると、S28年4～5月とほぼ同時期である。

なお、外部コンクリートと内部コンクリートの配合は、工事誌によると以下のとおり。

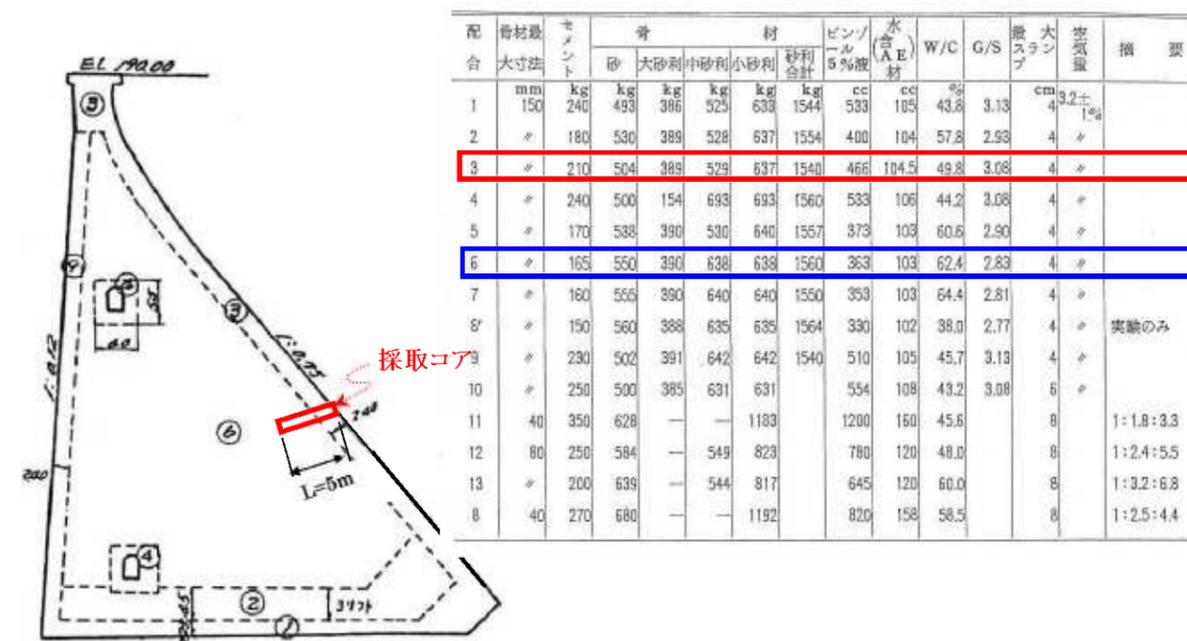


図 - 1.4.3 コア採取位置と示方配合

(3) 調査結果

<採取コアの外観観察>

採取コアの外観観察結果を図 - 1.4.4～図 - 1.4.6 に示す。

採取コアにはいずれもひび割れ、ジャンカ等の変状は認められない。



折損面(2500mm 付近)表面側 内部側



折損面(3500mm 付近)表面側 内部側



折損面(5230mm 付近)

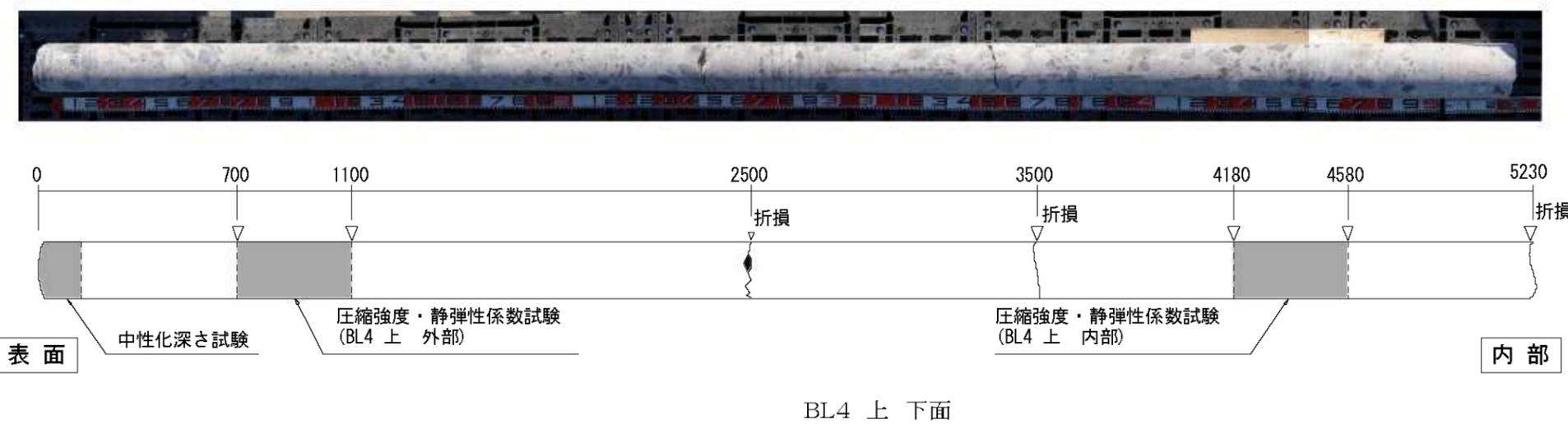
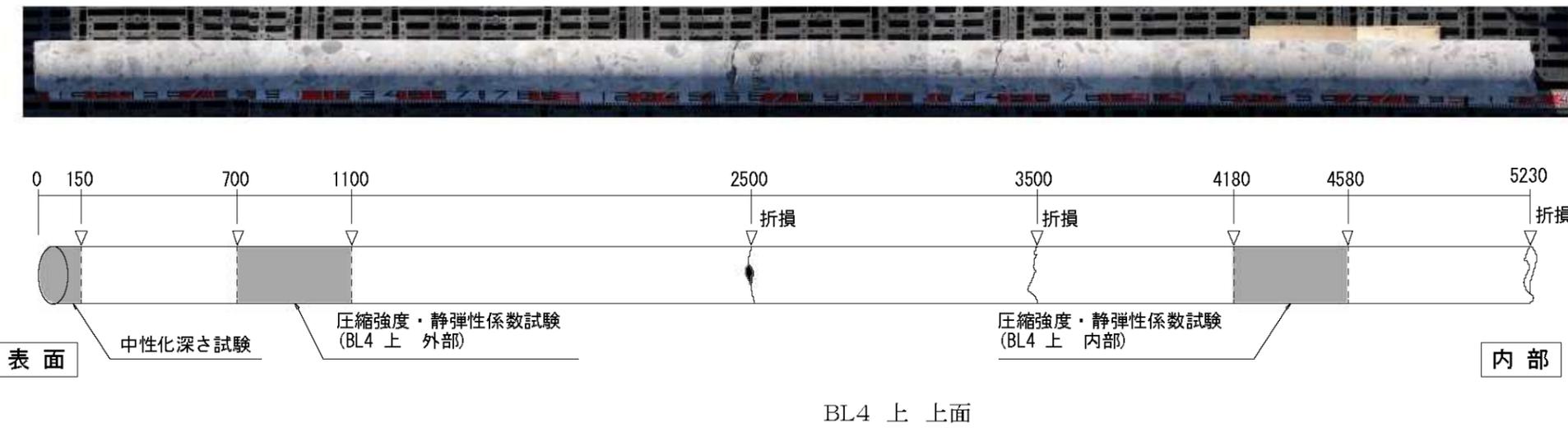


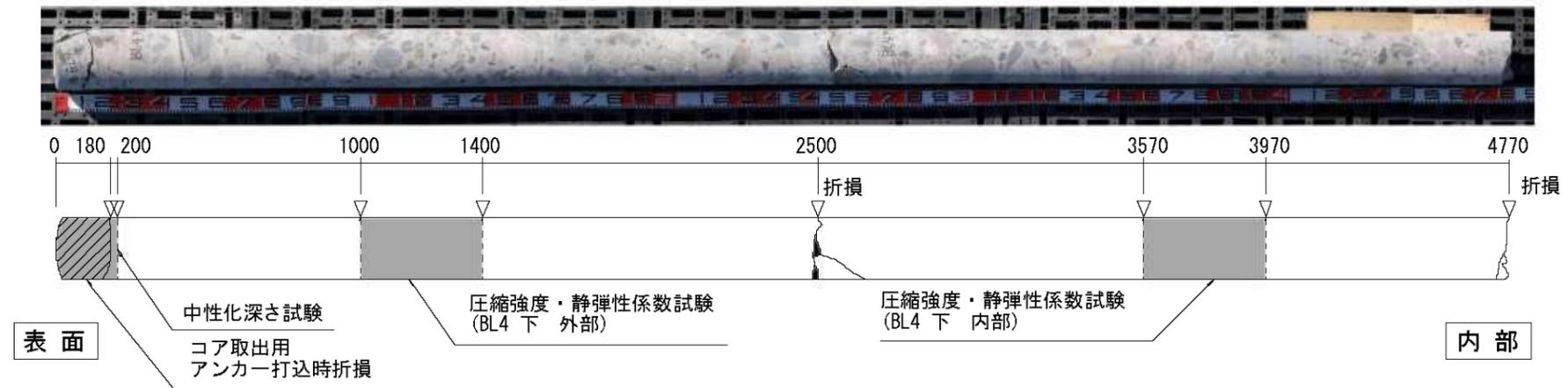
図 - 1.4.4 採取コアの外観観察結果:BL4 上
1-47



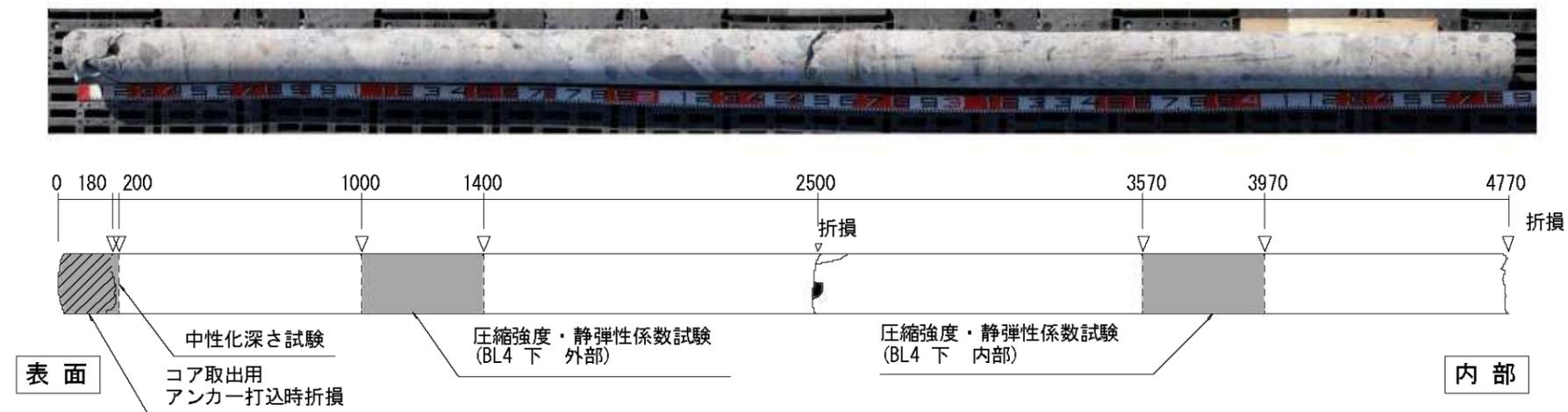
損面(2500mm 付近)表面側 内部側



折損面(4770mm 付近)



BL4 下 上面



BL4 下 下面

図 - 1.4.5 採取コアの外観観察結果:BL4 下
1-48



折損面(1500mm 付近)表面側

内部側



折損面(2400mm 付近)表面側

内部側



折損面(4790mm 付近)

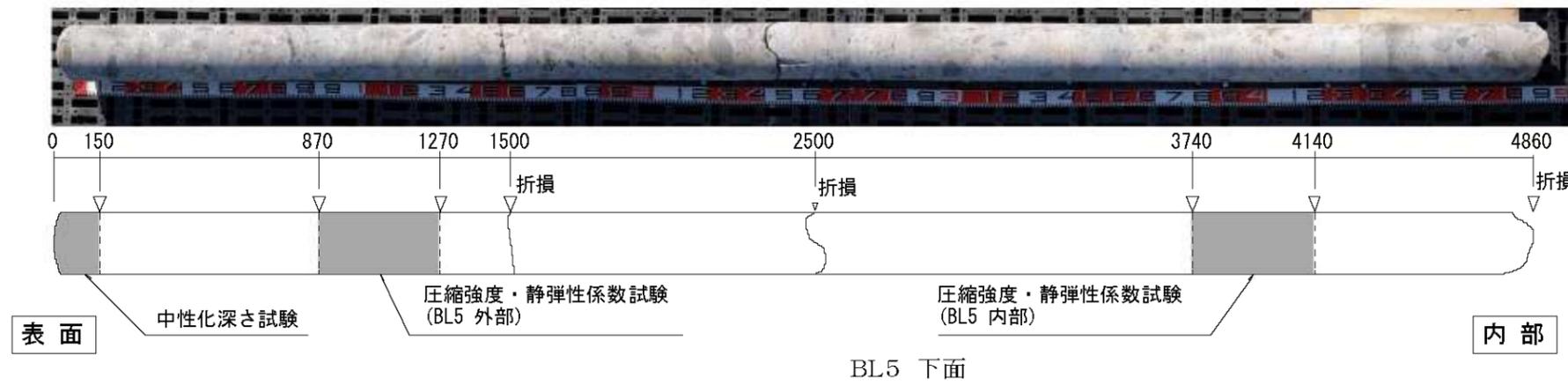
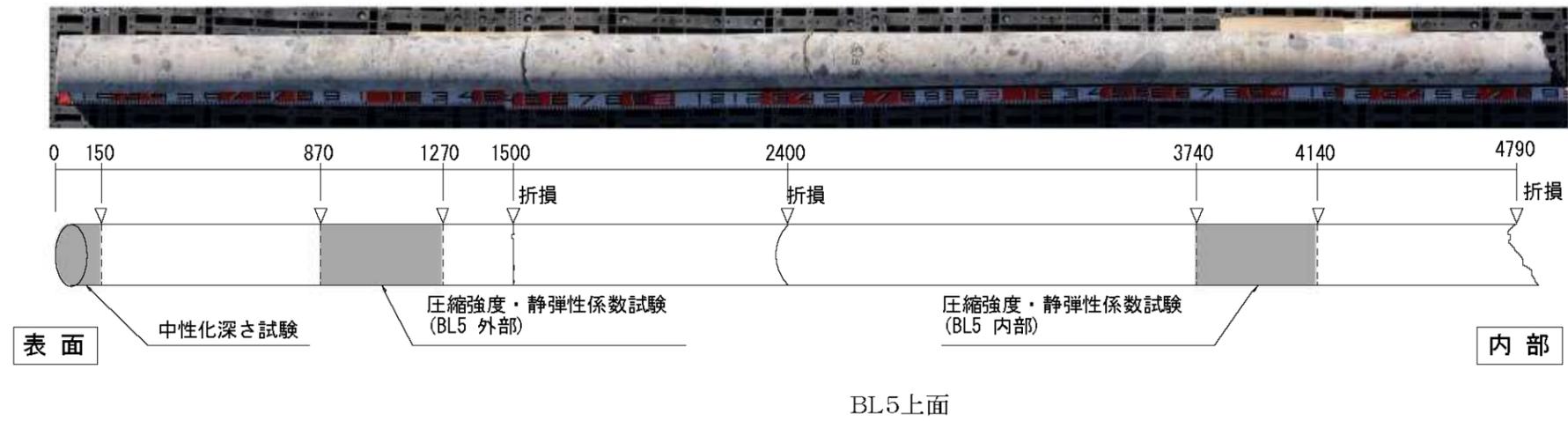


図 - 1.4.6 採取コアの外観観察結果:BL5

<圧縮強度試験・静弾性係数試験>

採取コアの圧縮強度試験・静弾性係数の試験結果を表－ 1.4.2 に示す。

試験結果より得られた、密度と圧縮強度、静弾性係数と圧縮強度の関係について、工事誌に掲載されている同配合の標準供試体による圧縮試験結果と併せて表記する。

試験結果をまとめると以下のとおりである。

- ① 堤体コアの圧縮強度は、外部コンクリートが 26.1～38.3 N/mm²、内部コンクリートが 29.6 ～36.2 N/mm²である。
- ② 採取コアのコンクリートの圧縮強度は、施工時に実施した標準供試体試験での圧縮強度と同程度の数値を示す。

表－ 1.4.2 採取コアの圧縮強度試験・静弾性係数の試験結果

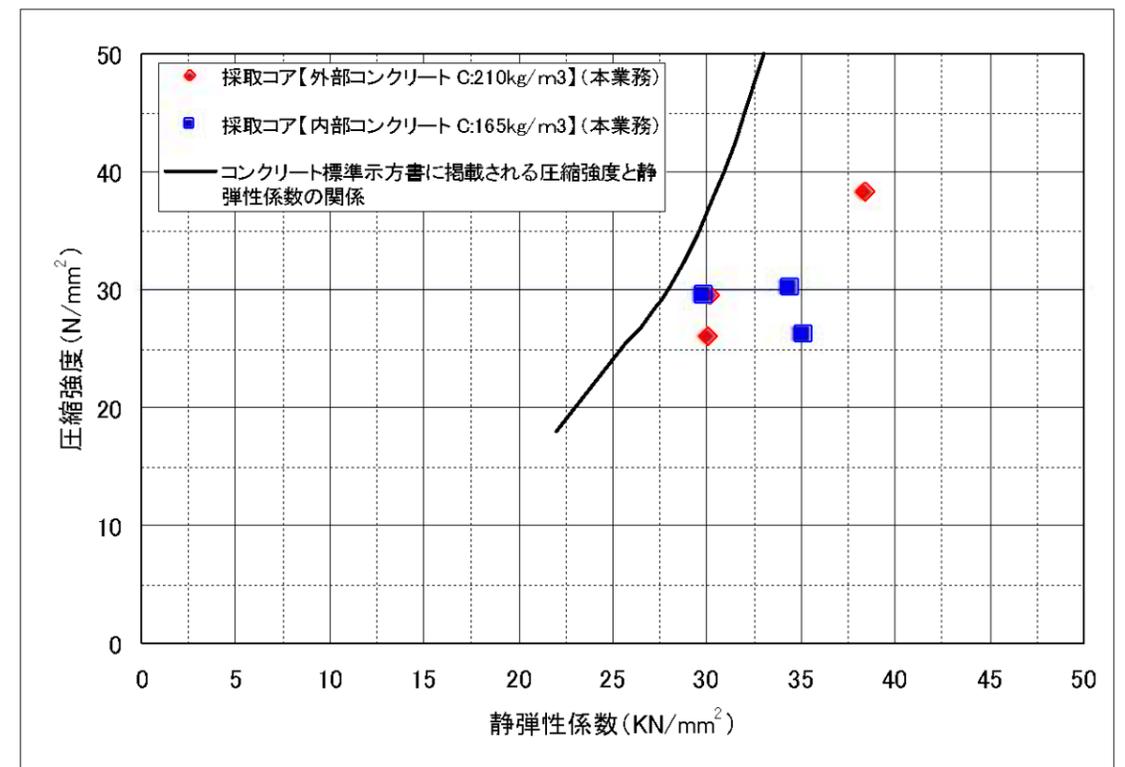
調査箇所	直径 d(mm)	高さH(mm)		H/D	質量 (g)	密度 (t/m ³)	圧縮強度	建設時の目標強度※2	建設時の標準供試体圧縮強度※2	静弾性係数	
		C前	C後								
BL4上	外部	193.4	380	392.1	2.03	26,501	2.375	26.1 N/mm ²			30.1 kN/mm ²
								266.2 kgf/cm ²	150 kgf/cm ²	312.6 kgf/cm ²	307.000 kgf/cm ²
内部	193.5	382.5	389.5	2.01	26,839	2.387	29.6 N/mm ²			29.9 kN/mm ²	
							301.9 kgf/cm ²	90 kgf/cm ²	189.9 kgf/cm ²	305.000 kgf/cm ²	
BL4下	外部	193.3	376.6	385.2	1.99	26,861	2.432	29.6 N/mm ²			30.2 kN/mm ²
								301.9 kgf/cm ²	150 kgf/cm ²	312.6 kgf/cm ²	308.000 kgf/cm ²
内部	193.3	380.2	389.2	2.01	26,970	2.418	30.1 N/mm ²			34.4 kN/mm ²	
							307.0 kgf/cm ²	90 kgf/cm ²	189.9 kgf/cm ²	351.000 kgf/cm ²	
BL5	外部	193.2	381.5	387.2	2.00	27,248	2.438	38.3 N/mm ²			38.4 kN/mm ²
								390.7 kgf/cm ²	150 kgf/cm ²	312.6 kgf/cm ²	391.000 kgf/cm ²
内部	193.3	381.9	390.7	2.02	26,260	2.344	36.2 N/mm ²			35.1 kN/mm ²	
							367.2 kgf/cm ²	90 kgf/cm ²	189.9 kgf/cm ²	358.000 kgf/cm ²	

※1 高さの記号C前、C後は、キャッピング前、キャッピング後を示す。
 ※2 丸山ダム工事誌より。

<採取コアのその他の力学特性>

静弾性係数と圧縮強度、セメント水比(C/W)と圧縮強度の関係について、工事誌に掲載されている採取コアおよび標準供試体試験結果と併せて図－ 1.4.7～図－ 1.4.8 に示す。

- ① 図－ 6.1.18 は、圧縮強度と静弾性係数の関係を土木学会基準と比較したものであり、本試験における静弾性係数はいずれも土木学会基準(「コンクリート標準示方書」(構造性能照査編 P28)より大きい。
- ② 施工時に行われた試験において、セメント水比と圧縮強度は概ね比例関係にある。今回の試験値は、内部コンクリートの数値が大きく、外部コンクリートは概ね妥当な強度を示す。



図－ 1.4.7 静弾性係数と圧縮強度

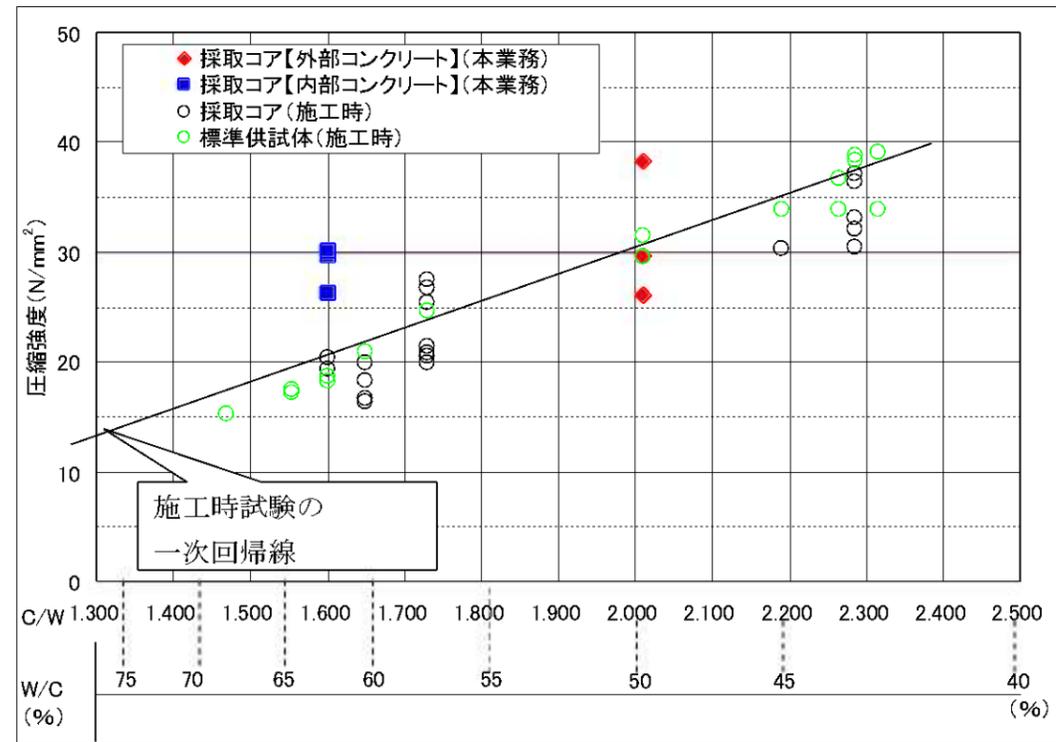
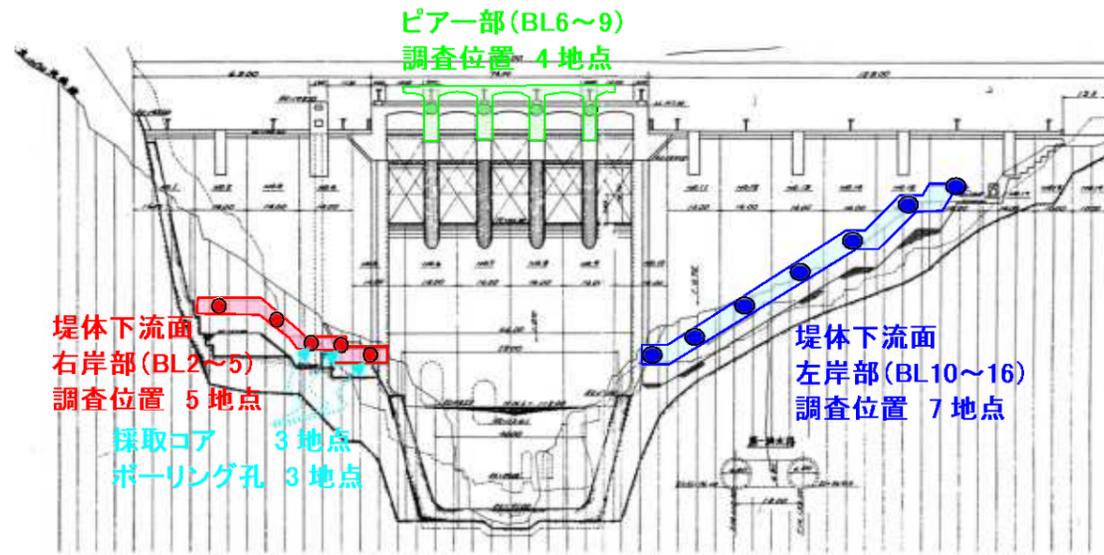


図 - 1.4.8 セメント水比 (C/W) と圧縮強度の関係

1.4.2 フェノールフタレインによる中性化試験

(1) 調査位置

中性化試験の調査位置および調査数量を図－ 1.4.9 に示す。試験は、室内試験用に採取したコアおよびコア孔断面についても実施した。



図－ 1.4.9 調査位置図

(2) 調査方法

JIS A 1152 およびNDIS 3419「ドリル削孔粉を用いたコンクリート構造物の中性化深さ試験方法」に従い、中性化深さを測定した。

表－ 1.4.3 調査状況

工程	状況写真	備考
①ドリルによりコンクリート粉末を採取しながら、粉末をフェノールフタレインをしみこませた試験紙に受ける		
②変色を確認したら削孔を中止し、削孔穴にフェノールフタレインを直接噴霧し、反応の確認を行う		
③削孔深さをノギスで計測する		
④削孔穴を無収縮モルタルで閉塞する		

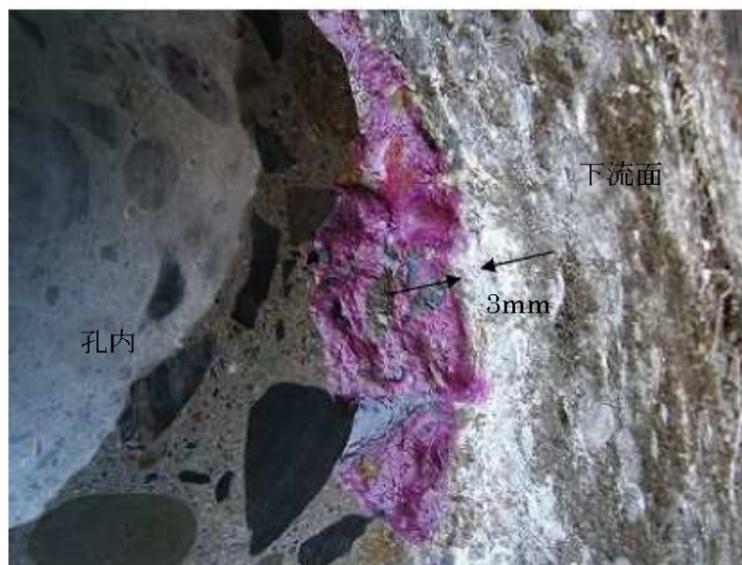
[ボーリング孔]



中性化深さ測定
BL4 上
はつり法

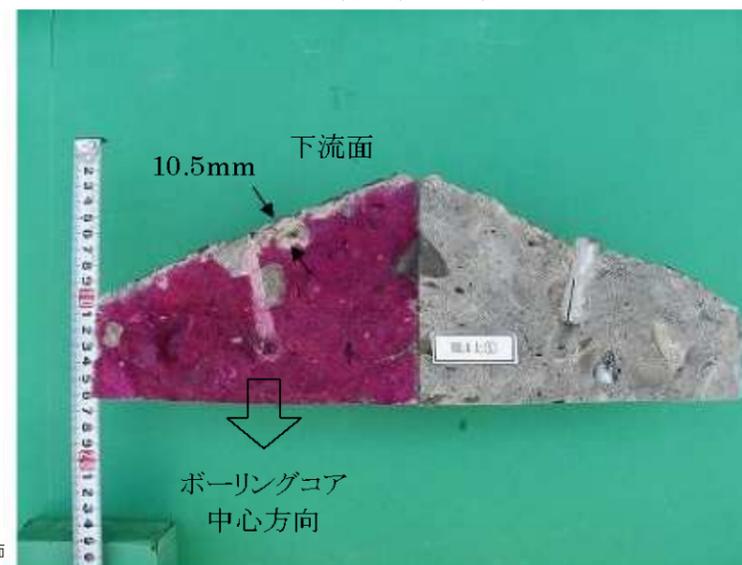


中性化深さ測定
BL4 下
はつり法

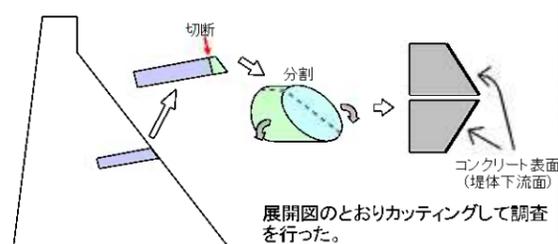


中性化深さ測定
BL5
はつり法

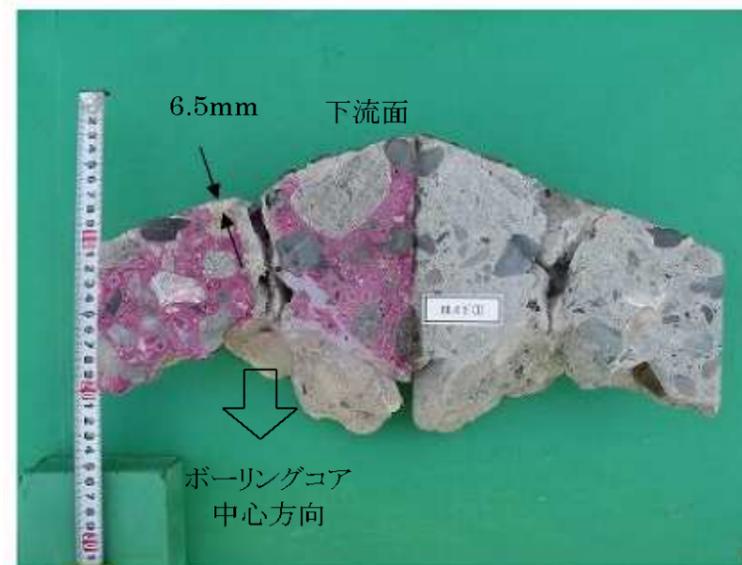
[採取コア]



中性化深さ測定
BL4 上
割裂法



中性化深さ測定
BL4 下
割裂法



中性化深さ測定
BL5
割裂法

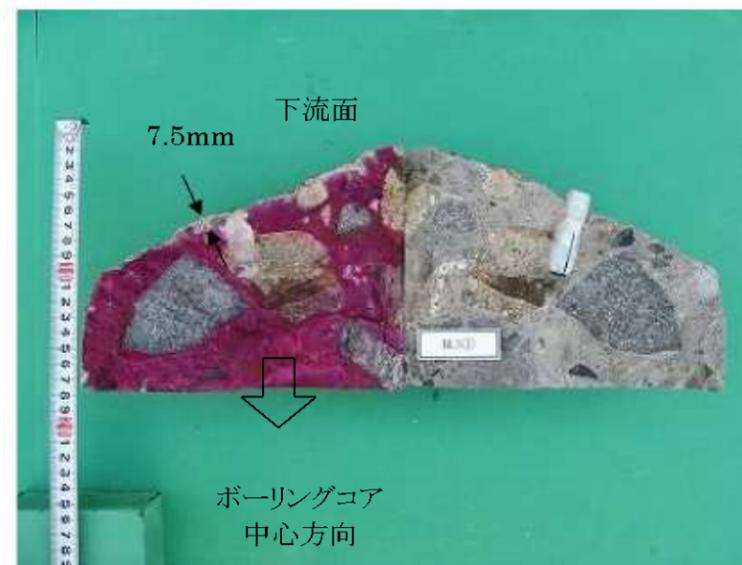


写真 - 1.4.1 中性化深さの確認状況
1-54

これら中性化深さを既往の中性化速度式(岸谷式)と比較して図－ 6.1.22～図－ 6.1.23 に示す。

$$\text{中性化速度式(岸谷式)} \quad t = \frac{7.2}{R^2(4.6X - 1.76)^2} \times C^2$$

ここに, t:Cまで中性化する期間(年)

X:実際の水セメント比

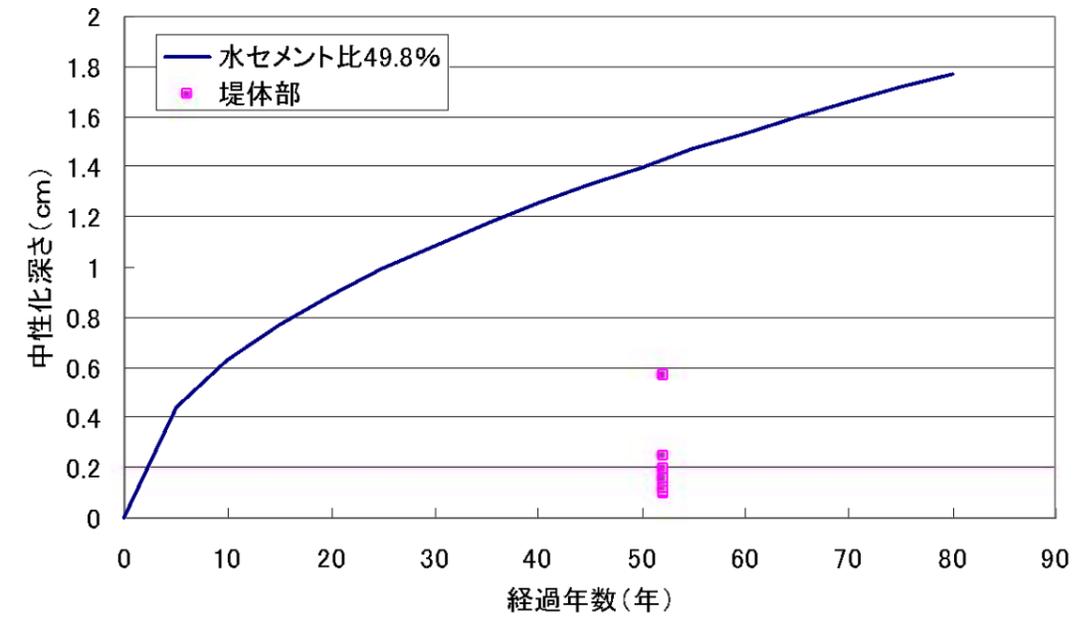
C:中性化深さ(cm)

R:中性化比率=1

右図より, 以下のことがわかる。

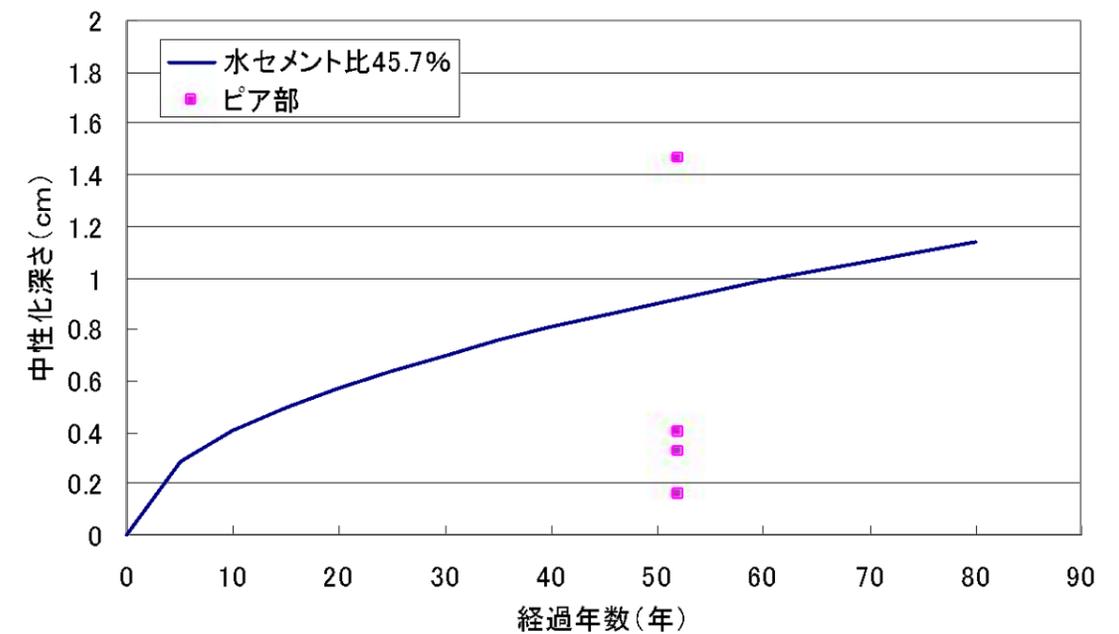
- BL7 は, 中谷式より提案されている一般的なコンクリートより中性化の進行がやや大きく, その他の堤体, ピアは経過年数 52 年にしては中性化の進行が小さい。

以上より, 丸山ダムの堤体コンクリートは健全であると評価できる。



図－ 1.4.12 中性化深さ試験結果と岸谷式との関係

(堤体部・水セメント比 49.8)



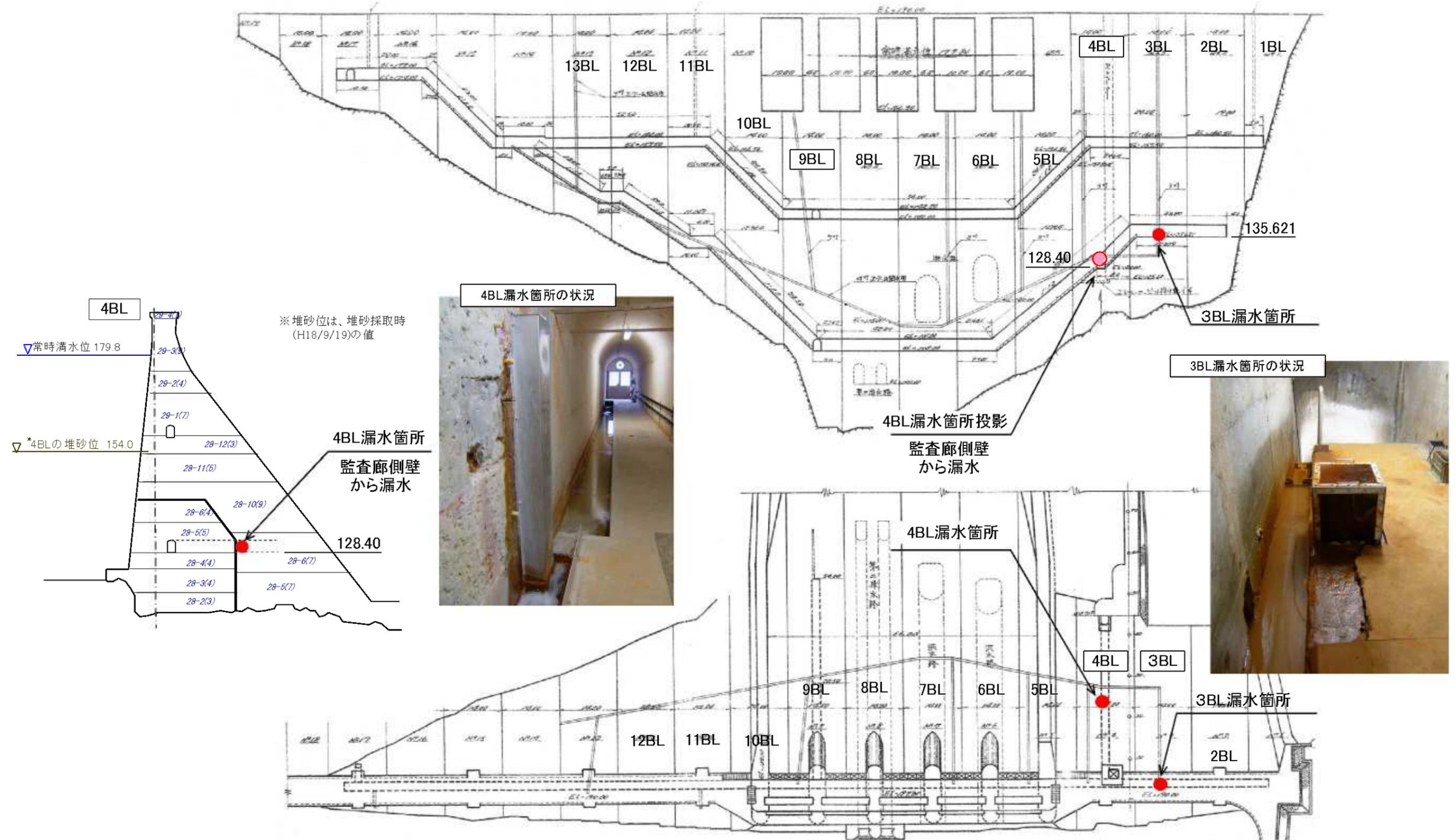
図－ 1.4.13 中性化深さ試験結果と岸谷式との関係

(ピア部・水セメント比 45.7)

2. 4BLの漏水について

2.1 漏水箇所

図－ 2.1.1 に丸山ダム堤体内の主要な漏水箇所を示す。



図－ 2.1.1 漏水箇所位置図

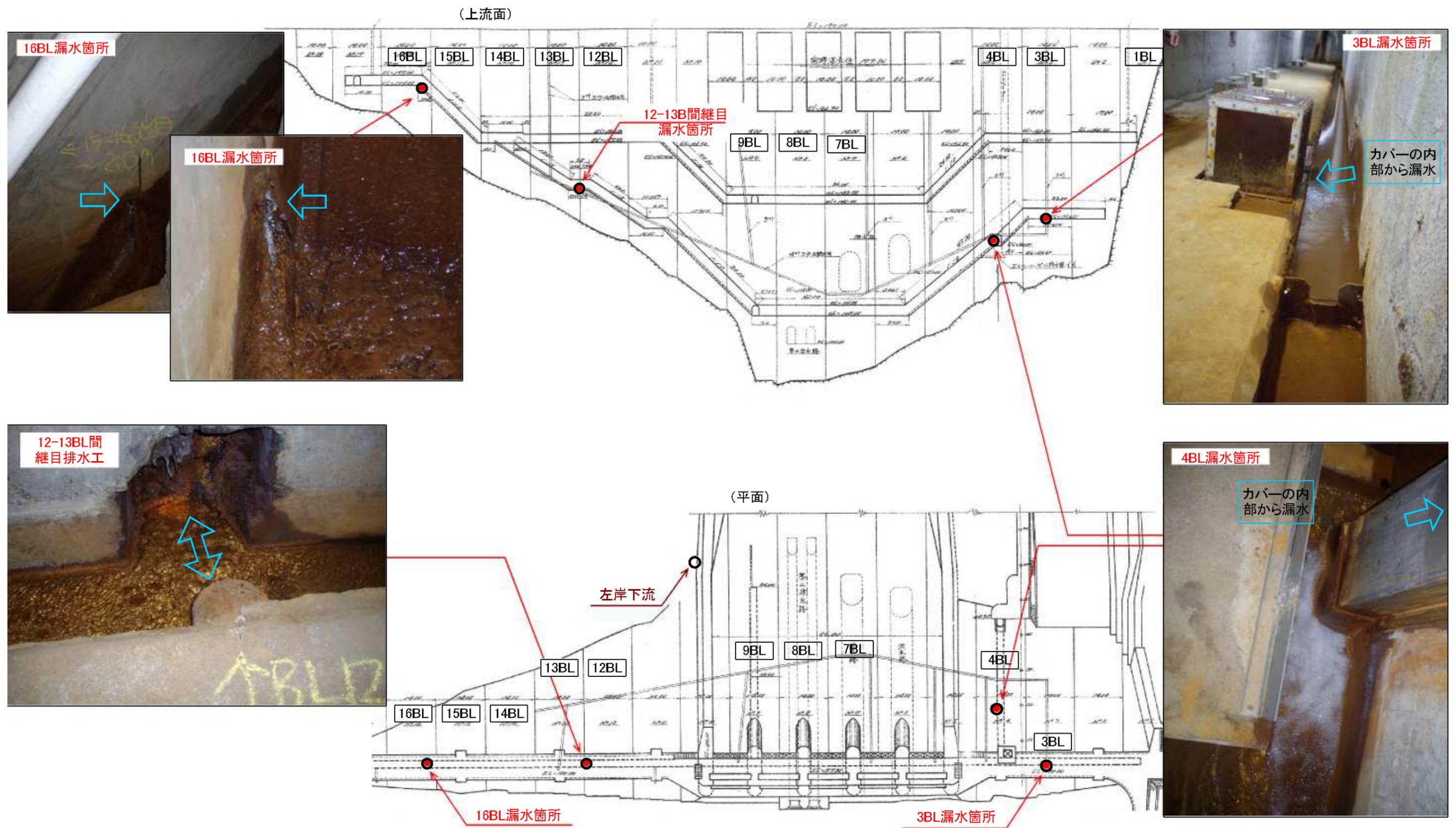


図 - 2.1.2 丸山ダム堤体の主要漏水箇所

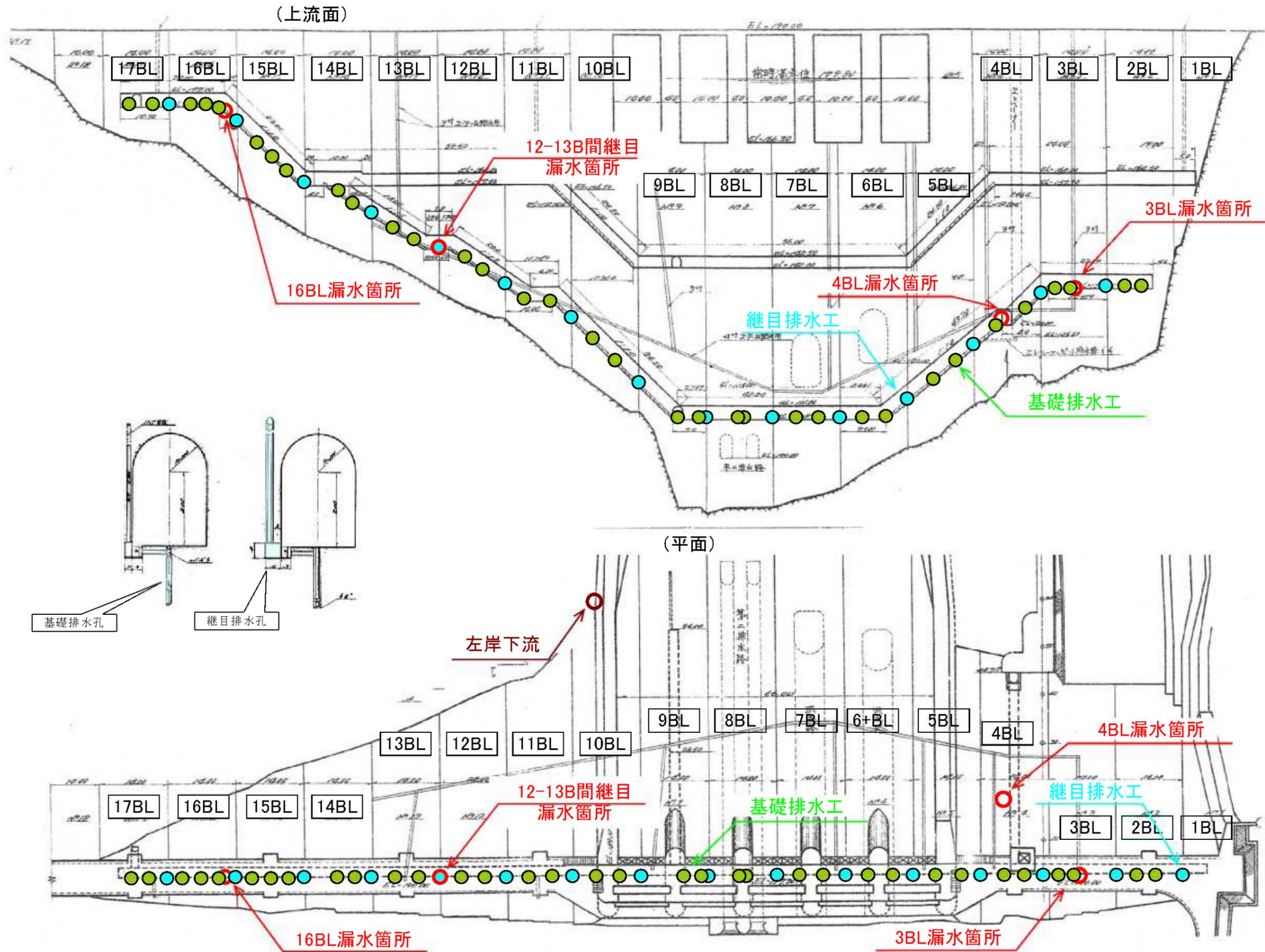


図 - 2.1.3 継目排水工および基礎排水工位置図

継目	BL16-17	BL15-16	BL14-15	BL13-14	BL12-13
漏水有無	△	×	△	△	○
状態		継目に関き BL16のBL15-16から 2mlに3ℓ/分漏水	継目に遊離石灰	継目の遊離石灰の上 に関き	漏水量50ℓ/分程度 継目に関き

漏水 ○:流れる程度, △:滴り程度, ×:無し

<BL16-17>



<BL14-15>



<BL12-13>



<BL15-16>



<BL13-14>



図 - 2.1.4 継目排水工の状況(平成20年12月現在)(1/3 ; 17BL~12BL間)

継目	BL11-12	BL10-11	BL9-10	BL8-9	BL7-8
漏水有無	△	△	×	△	△
状態	遊離石灰で詰まり			継目から染みだし	継目から染みだし

漏水 ○:流れる程度, △:滴り程度, ×:無し

<BL11-12>



<BL9-10>



<BL7-8>



<BL10-11>



<BL8-9>



図－ 2.1.5 継目排水工の状況(平成 20 年 12 月現在) (2/3 ; 12BL～7BL 間)

継目	BL6-7	BL5-6	BL4-5	BL3-4	BL2-3
漏水有無	×	△	×	△	×
状態			詰まり		遊離石灰で詰まり

漏水 ○:流れる程度, △:滴り程度, ×:無し

<BL6-7>



<BL4-5>



<BL2-3>



<BL5-6>



<BL3-4>



図 - 2.1.6 継目排水工の状況(平成20年12月現在) (3/3 ; 7BL~2BL間)

ブロックNo.	17		16			
孔番(仮称)	2	1	3	2	1	
漏水有無	×	×	×	×	×	
孔の位置	隣接継目(右岸側)	BL16-17から		BL15-16から		
	からの距離(m)	8.3	3.7	10	7.55	3.2
	測溝の～側	下流	下流	下流	下流	下流
備考						

漏水 ○:流れる程度, △:滴り程度, ×:無し

<17-2>



<16-3>



<16-1>



<17-1>



<16-2>



図 - 2.1.7 基礎排水工の状況(平成20年12月現在) (1/6 ; 17BL,16BL)

ブロックNo.	15			14		
孔番(仮称)	3	2	1	2	1	
漏水有無	×	×	×	×	×	
孔の位置	隣接継目(右岸側)	BL14-15から			BL13-14から	
	からの距離(m)	10.7	7	3.4	8.1	4.05
	測溝の～側	下流	下流	下流	下流	下流
備考						

漏水 ○:流れる程度, △:滴り程度, ×:無し

<15-3>



<15-1>



<14-1>



<15-2>



<14-2>



図 - 2.1.8 基礎排水工の状況(平成20年12月現在) (2/6 ; 15BL,14BL)

ブロックNo.	13		12		11		
孔番(仮称)	2	1	2	1	2	1	
漏水有無	×	×	×	×	×	×	
孔の位置	隣接継目(右岸側)	BL12-13から		BL11-12から		BL10-11から	
	からの距離(m)	10.2	4.65	9.6	4.6	9.4	4.45
	測溝の～側	下流	下流	下流	下流	下流	下流
備考					詰まり		

漏水 ○:流れる程度, △:滴り程度, ×:無し

<13-2>



<12-2>



<11-2>



<13-1>



<12-1>



<11-1>



図 - 2.1.9 基礎排水工の状況(平成20年12月現在) (3/6 ; 13BL~11BL)

ブロックNo.	10		9		8	
孔番(仮称)	2	1	2	1	2	1
漏水有無	×	×	×	×	×	×
孔の位置	隣接継目(右岸側)からの距離(m)		BL8-9から		BL7-8から	
	9.05	4.45	5.7	1.85	7.7	6.7
	測溝の～側		下流	下流	上流	上流
備考					BL7-8から1.5mで断層揚圧力(ト)測定	

漏水 ○:流れる程度, △:滴り程度, ×:無し

<10-2>



<9-2>



<8-2>



<10-1>



<9-1>



<8-1>



図 - 2.1.10 基礎排水工の状況(平成20年12月現在) (4/6 ; 10BL~8BL)

ブロックNo.	7		6		5	
孔番(仮称)	2	1	2	1	2	1
漏水有無	×	×	×	×	×	×
孔の位置	隣接継目(右岸側) からの距離(m)		BL6-7から		BL4-5から	
	9.6	4.5	9.7	5.25	9.6	3.8
	測溝の～側		下流	下流	下流	下流
備考					詰まり	詰まり

漏水 ○:流れる程度, △:滴り程度, ×:無し

<7-2>



<6-2>



<5-2>



<7-1>



<6-1>



<5-1>



図 - 2.1.11 基礎排水工の状況(平成20年12月現在) (5/6 ; 7BL~5BL)

ブロックNo.	4		3		2	
孔番(仮称)	2	1	2	1	2	1
漏水有無	×	×	×	△	×	×
孔の位置	隣接継目(右岸側) からの距離(m)		BL3-4から		BL2-3から	
	10.3	4.5	11	9.5	10.8	7.15
	測溝の～側		下流	下流	下流	下流
備考	詰まり	詰まり	BL2-3から10.1mに 3BL漏水			

漏水 ○:流れる程度, △:滴り程度, ×:無し

<4-2>



<3-2>



<2-2>



<4-1>



<3-1>



<2-1>



図 - 2.1.12 基礎排水工の状況(平成20年12月現在) (6/6 ; 4BL~2BL)

2.2 4BLの漏水の経緯

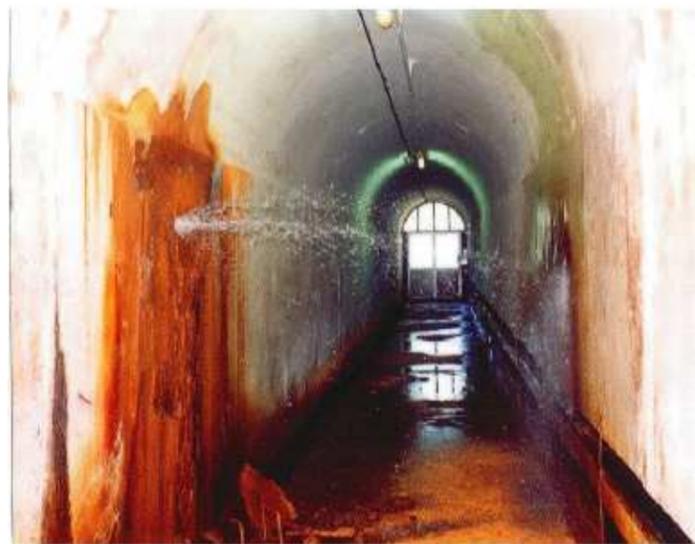
(1) 4BLの漏水の経緯

図－ 2.2.2 に、丸山ダム完成後から平成 20 年 11 月 30 日現在までの漏水量の推移を示す。このうち、平成 11 年 1 月 1 日以降を図－ 2.2.3 に示す。

表－ 2.2.1 4BLの漏水の経緯

時 期	4BLの漏水量および全漏水量の状況
平成 12 年 5 月 30 日から	<ul style="list-style-type: none"> 全漏水量が約 100～300 ㎥/分と徐々に増加する。 その後の全漏水量は 300～500 ㎥/分程度で推移する。
平成 14 年 6 月 5 日 ～平成 14 年 12 月	<ul style="list-style-type: none"> 4BLの漏水量は約 900 ㎥/分に急増する。 全漏水量で最大 1,060 ㎥/分となる。
平成 14 年 12 月 ～平成 18 年 9 月	<ul style="list-style-type: none"> 漏水量は4BLのみで 100～500 ㎥/分、全漏水量で 200～700 ㎥/分で推移
平成 18 年 9 月 5 日から	<ul style="list-style-type: none"> 再び4BLの漏水量が急増する。 平成 19 年 10 月 4 日のピーク時には4BLのみで約 1,000 ㎥/分、全漏水量で 1,221 ㎥/分となる。
平成 20 年 11 月末現在	<ul style="list-style-type: none"> 4BLで約 420 ㎥/分、全漏水量で約 500 ㎥/分と、減少傾向となってきた。

4BLの漏水の特徴として、漏水が増加した H12 から概ね夏期に 1,000 ㎥/min 急増を示す特徴があり、冬期には減少する傾向がある。漏水量の急増は、1 日程度の短時間で生じている(図－ 2.2.2, 図－ 2.2.3 参照)。



写真－ 2.2.1 飛散防止カバー設置前の 4BL 漏水箇所



写真－ 2.2.2 飛散防止カバー設置後の状況
(調査のため周辺モルタルをはつてある)



写真－ 2.2.3 4BL 漏水箇所の飛散防止カバーを外した状況(平成 20 年 7 月)

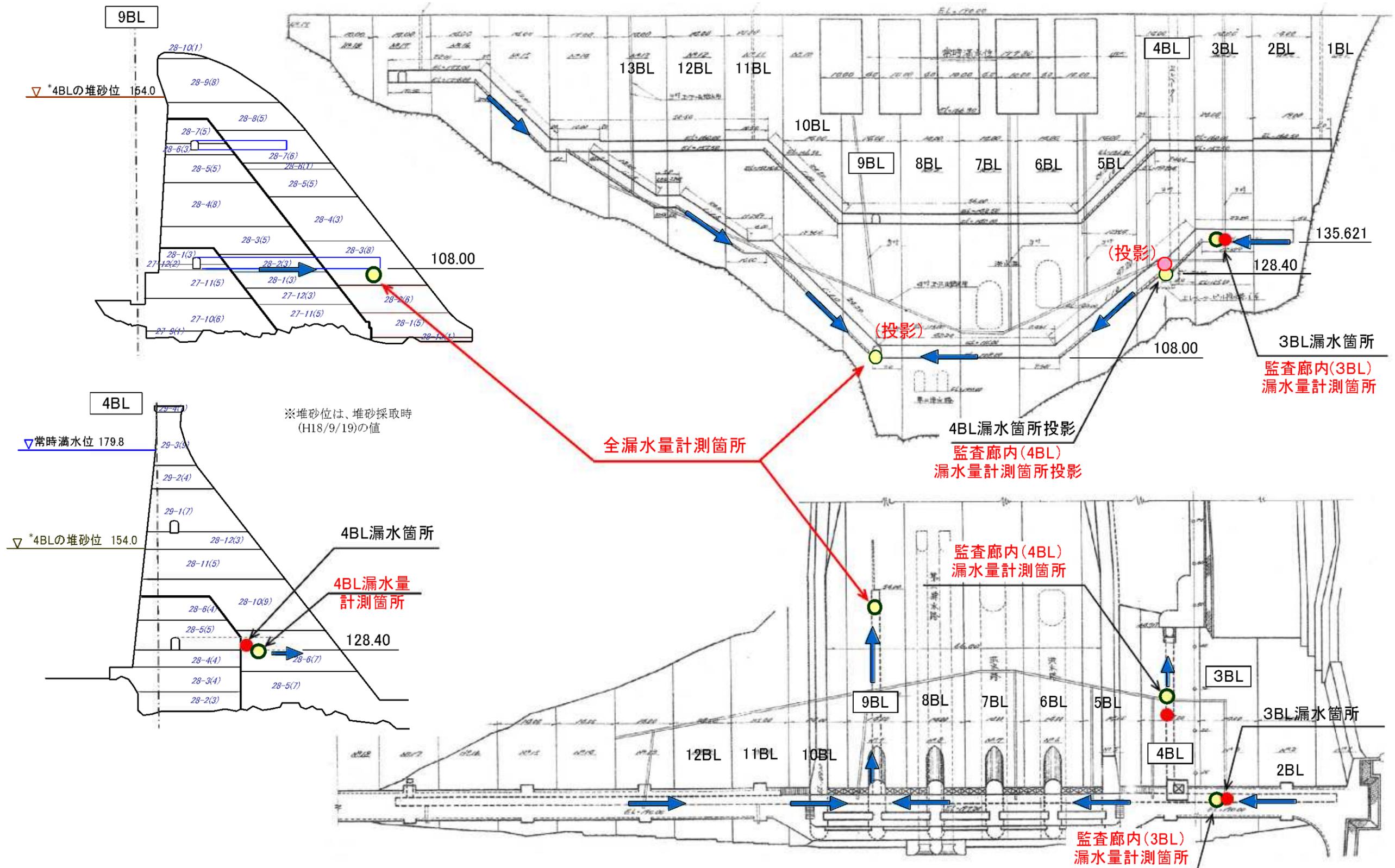


図 - 2.2.1 漏水量計測位置図

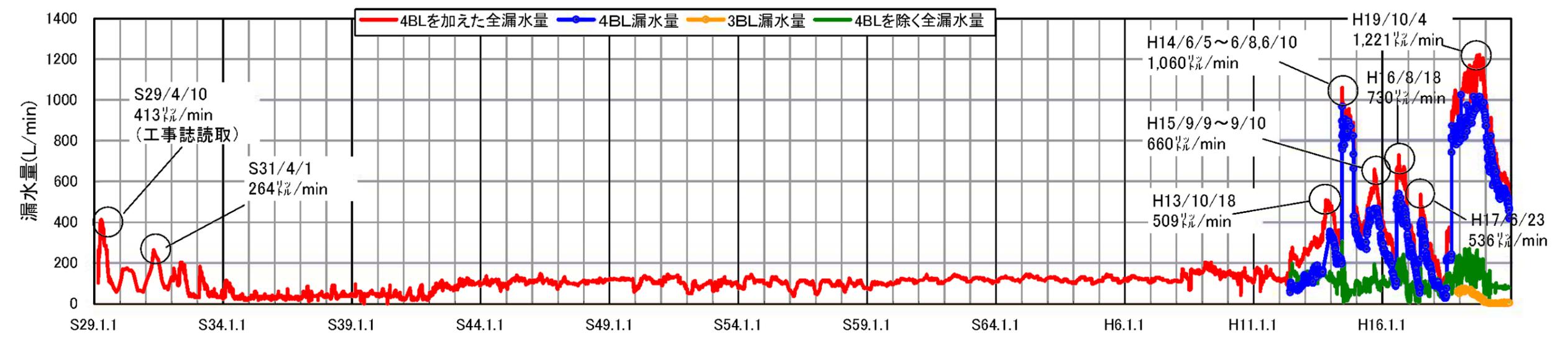
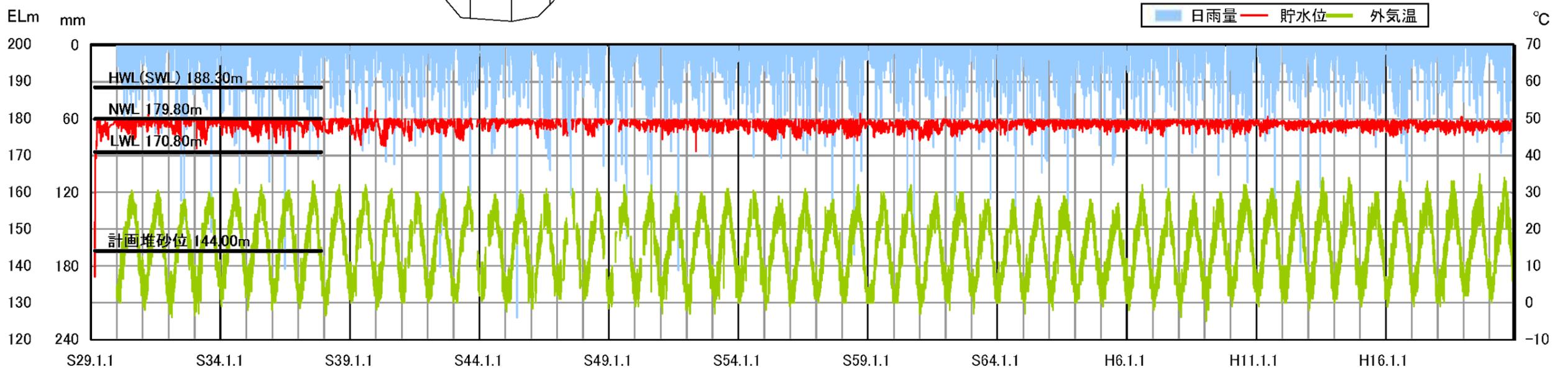
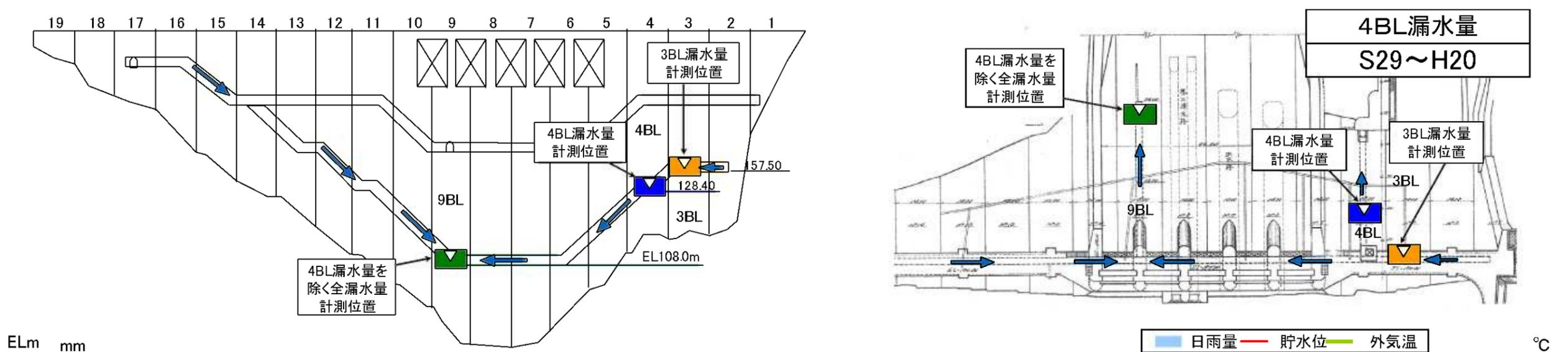


図 - 2.2.2 丸山ダム堤体漏水量経時変化図

(雨量は日雨量(総量)、外気温は定時測定(9時または10時))

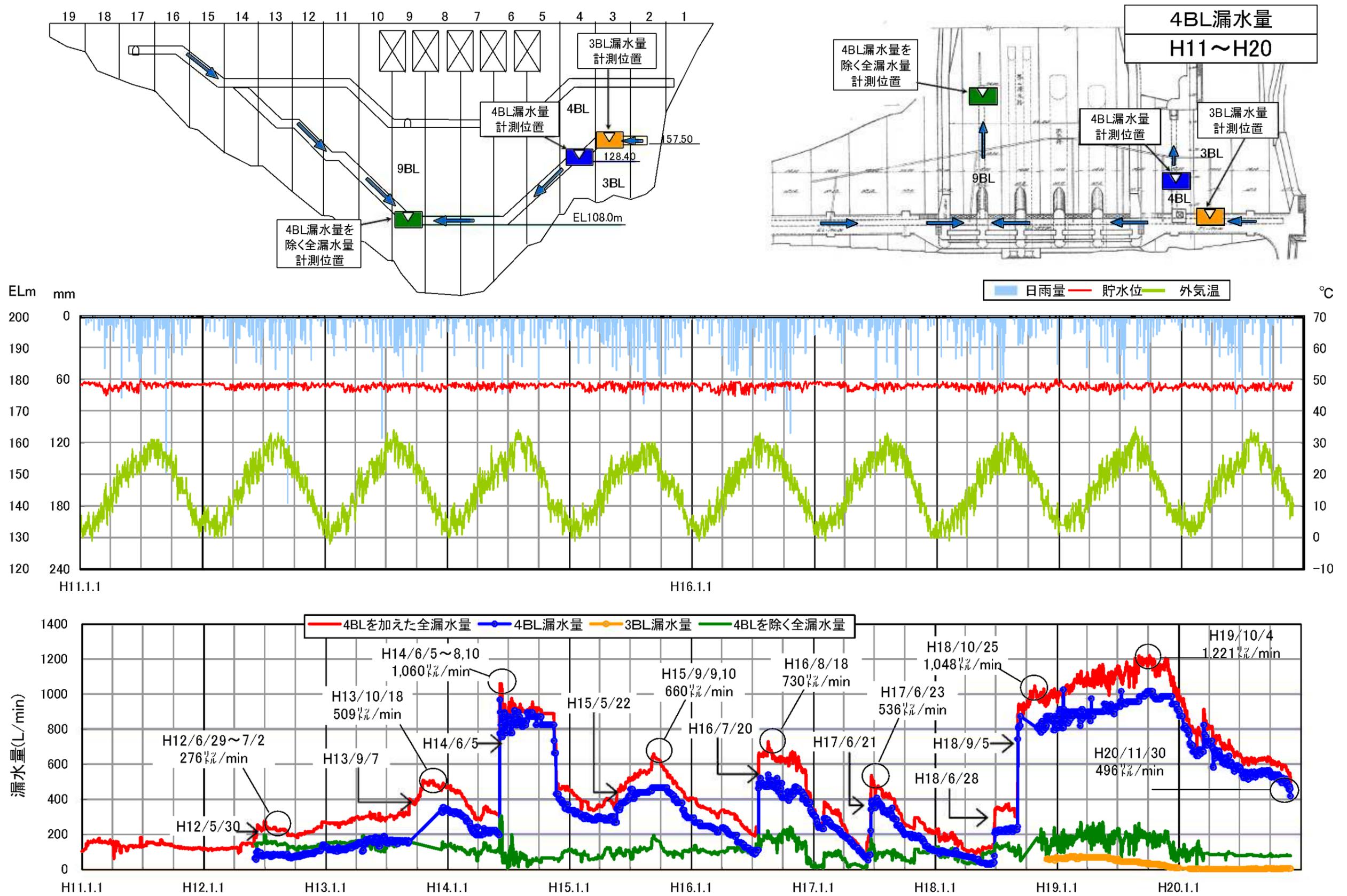


図 - 2.2.3 丸山ダム堤体漏水量経時変化図(平成 11 年以降)

(2) 漏水調査の経緯

表 - 2.2.2 想定漏水ルートと調査項目, 調査結果

目的	予想経路	調査項目	測定場所	内容	実施年月	結果	
漏水と堤体挙動の確認		① 変位量	4BL 監査廊	堤体の変位量と漏水量との関連を分析した。	継続測定	変形量と漏水量との関係は認められない。	
		② 継目の開き	横継目 (3-4BL, 4-5BL)	堤体下流面、天端、監査廊上部、監査廊下部	継目変位量と漏水量との関連を分析した。	平成18年10月7日 ~	ダム天端のみ季節変動を示すが、継目の開きと漏水量との関係は認められない。
			縦継目	4BL 監査廊漏水箇所近く	継目変位量と漏水量との関連を分析した。	平成19年2月1日 ~	ほとんど変化は無く、漏水量との関係は認められない。
漏水性状および経路の調査	貯水池→漏水 地下水→漏水	③ 水温・水質	水温	貯水池最深部、監査廊4BL漏水、監査廊3BL漏水、監査廊12-13BL漏水、監査廊15-16BL漏水	他の測定箇所と漏水箇所との水温の比較を行った。	平成19年6月 ~	水温は夏場に高く、冬場に低くなる季節変動がある。貯水池より4BLにおいて変動幅は小さい。
			PH、電気伝導率、溶存酸素(3項目) 鉄、マンガン、全硫黄、リチウム、ナトリウムカリウム、カルシウム、マグネシウム、塩素イオン、硫酸イオン、硝酸イオン、炭酸水素イオン	ボーリング孔B63-2 (計6試料)	他の測定箇所と漏水箇所との水質の比較を行った。	平成19年6月 ~	4BLと3BLの水質を比較すると水質はほぼ等しい。 PH、電気伝導率は、4BLと貯水池水質は異なり、B63-2孔内水質と似ている。
		④ 監査廊堆積土砂	土砂量	4BL 漏水箇所	漏水箇所に堆積した土砂量を2週間に1回の頻度で計測した。	平成18年3月 ~	平常時は5kg/回土砂が貯まるが、出水後は60kg/回近くとなり、濁りが認められた。
			堆積土分析 (顕微鏡観察、XRD、粒度試験)	貯水池堆積土、4BL漏水箇所、3BL漏水箇所、基礎岩盤	貯水池深部と漏水箇所の堆積土の分析を行い比較した。	平成18年3月	顕微鏡観察では粒子成分は貯水池の堆砂と似通っている。 粒土分布でh、貯水池の堆砂が、漏水部の堆積土より粗めである。
漏水経路の調査	貯水池→堤体→漏水	⑤ 潜水調査	貯水池内、堆砂位より上部の4BL付近	潜水により、トレーサ、水中カメラにより吸込口を調査した。	平成19年2月	3、4、5BL堆砂位以上で、湖水の吸い込みは見られなかった。	
	貯水池→堤体→漏水	⑥ 堤内排水孔の調査	4BL 監査廊内	CCDカメラにより管内の状況を調査した。	平成19年2月	堤内排水孔は何れもコンクリートで閉塞しており、漏水は認められなかった。	
	貯水池→堤体→漏水	⑦ 堤体ボーリング調査	4BLダム天端から4BLの堤体中央部	ボーリング調査により、堤体内の状況、漏水箇所を調査した。	平成19年2月 平成19年8月	削孔に伴う4BL漏水の明瞭な変化は認められなかった。 堤体継目部の密着を確認した。	
	貯水池→岩盤→漏水	⑧ 基礎岩盤のボーリング調査	4BL堤体中央部から基礎岩盤(4m程度)	ボーリング調査により、堤体、基礎岩盤の状況、漏水箇所を調査した。	平成19年2月 平成19年10月	削孔に伴う4BL漏水の明瞭な変化は認められなかった。 コア観察およびポアホールカメラによる観察から、堤体内に開口した打継目は認められなかった。 着岩部の密着を確認した。 基礎岩盤の透水性に、漏水経路を類推するような値は認められなかった。	
	?→旧揚圧力配管→漏水	⑨ 旧揚圧力配管の調査	4BL 監査廊	建設時に4BL監査廊に設置した揚圧力管(建設時から計測していない)を削孔し、漏水箇所を調査した。	平成20年2月	削孔し漏水の有無を確認したが、いずれにもじみ程度であった。	
	?→堤体継目→漏水 ?→基礎岩盤→漏水	⑩ 4BL 監査廊内のボーリング調査	4BL 監査廊	ボーリング調査を行い、漏水箇所を調査した。	平成20年7月	いずれのボーリングにおいてもコンクリート内の漏水は確認されなかった。 岩盤において最大1.0%/分の漏水が確認されたが、湧水箇所は確認できなかった。 コアおよびポアホールカメラによる観察から、継目、着岩部での密着を確認した。	

2.3 漏水の現状

2.3.1 漏水量データ

貯水位および外気温と漏水量との関係を図－ 2.3.1 および図－ 2.3.2 に、丸山ダムで示す。漏水量に、貯水位および気温と漏水量との明瞭な関係は認められない。

また、漏水量と地震記録との関係を図－ 2.3.3 に示すが、漏水量の変化と地震との関係は認められない。

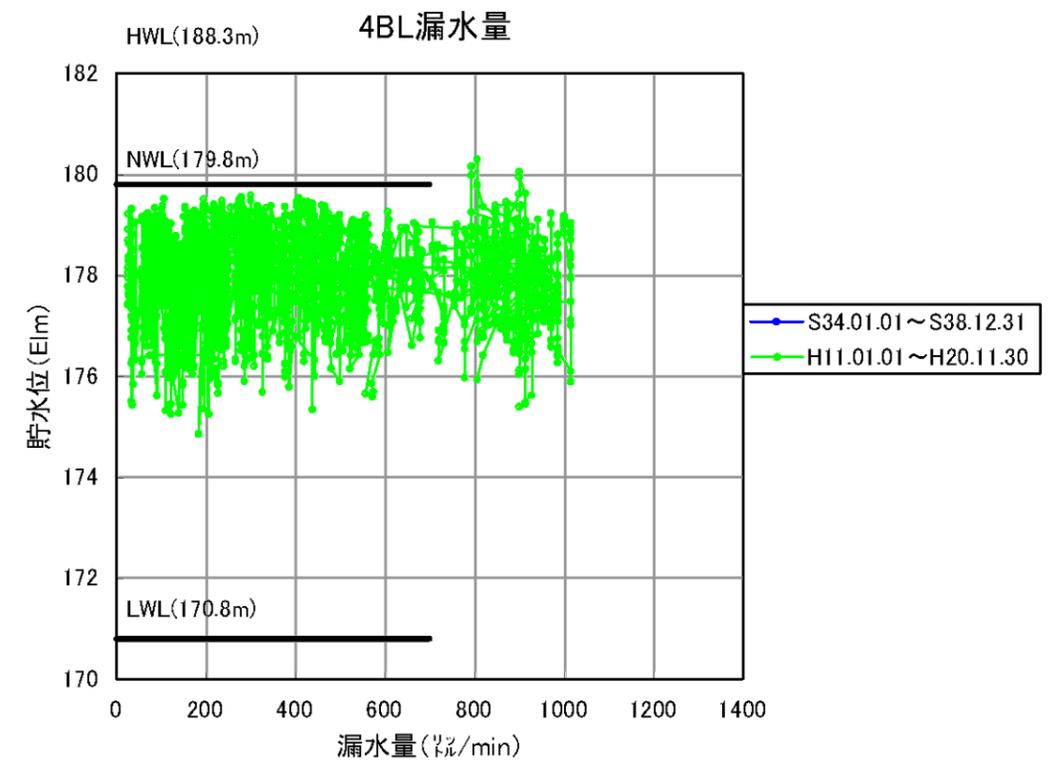
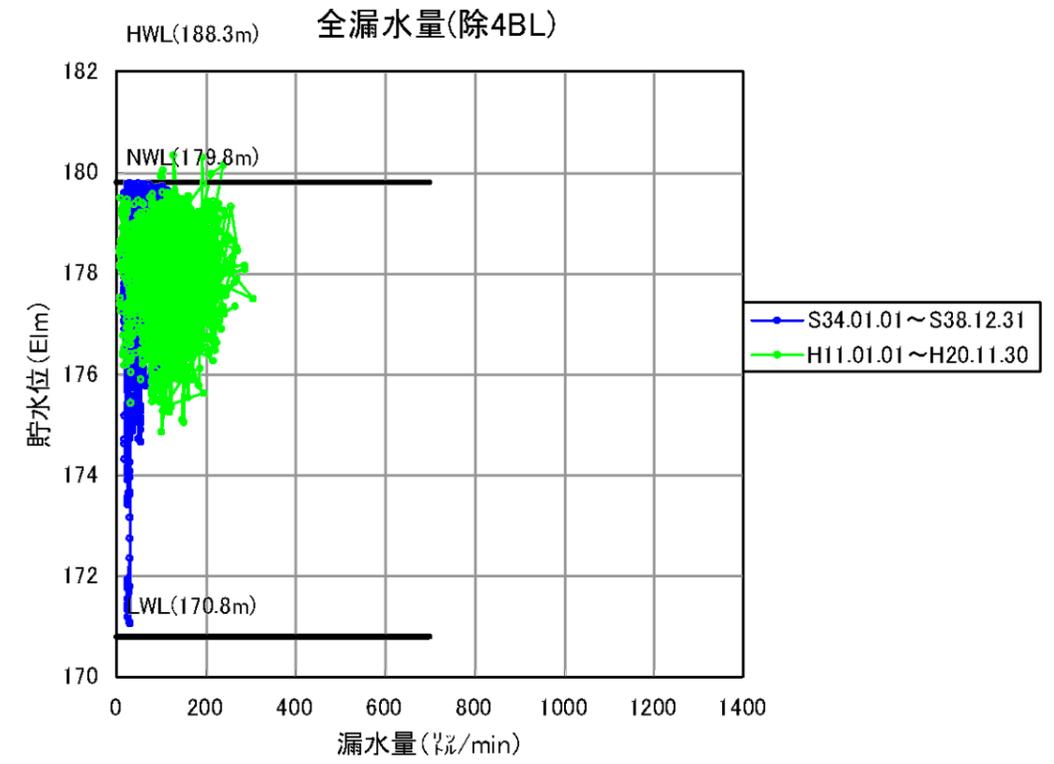
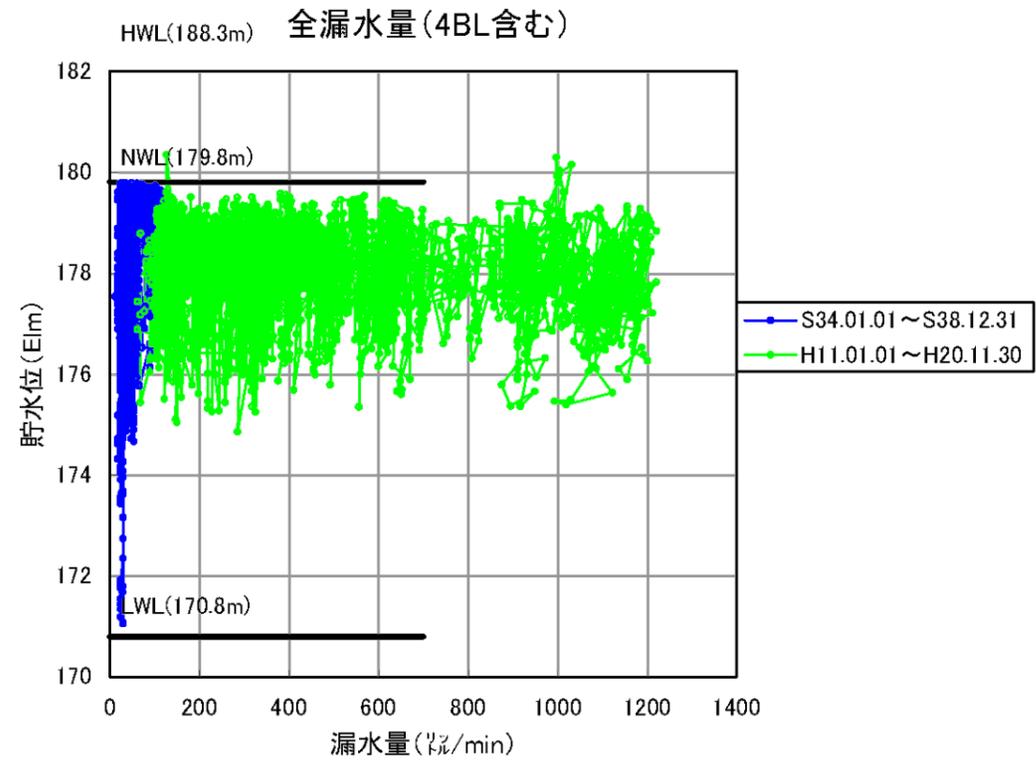


図 - 2.3.1 丸山ダム貯水位と堤体漏水量との関係

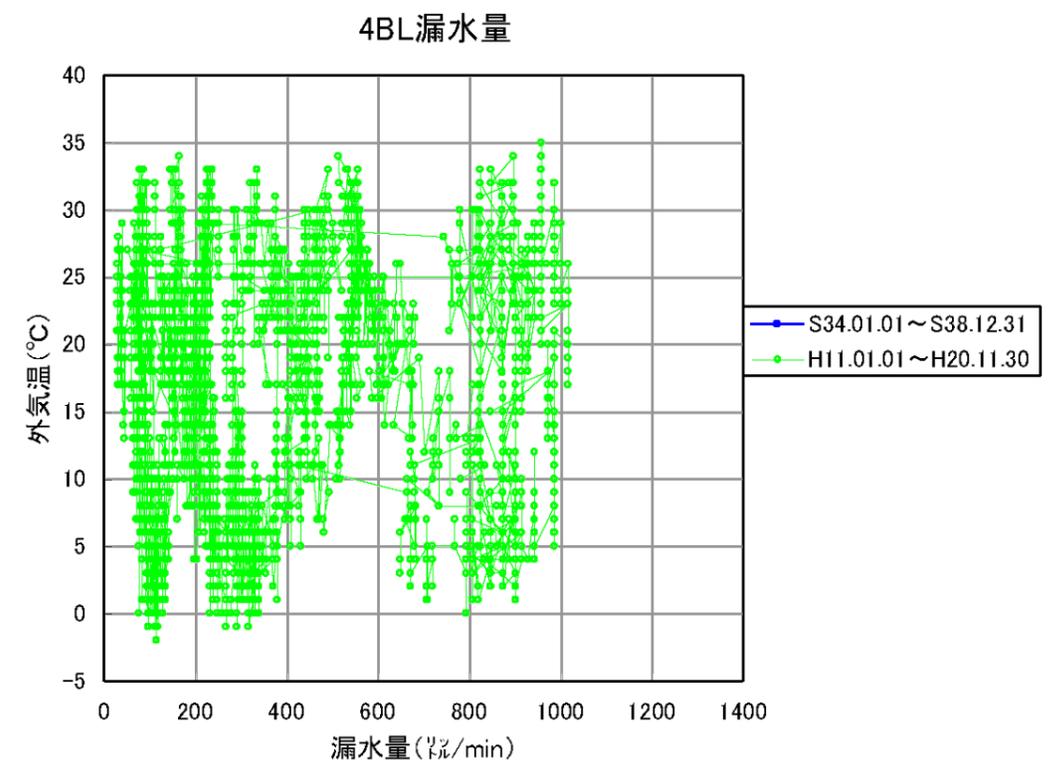
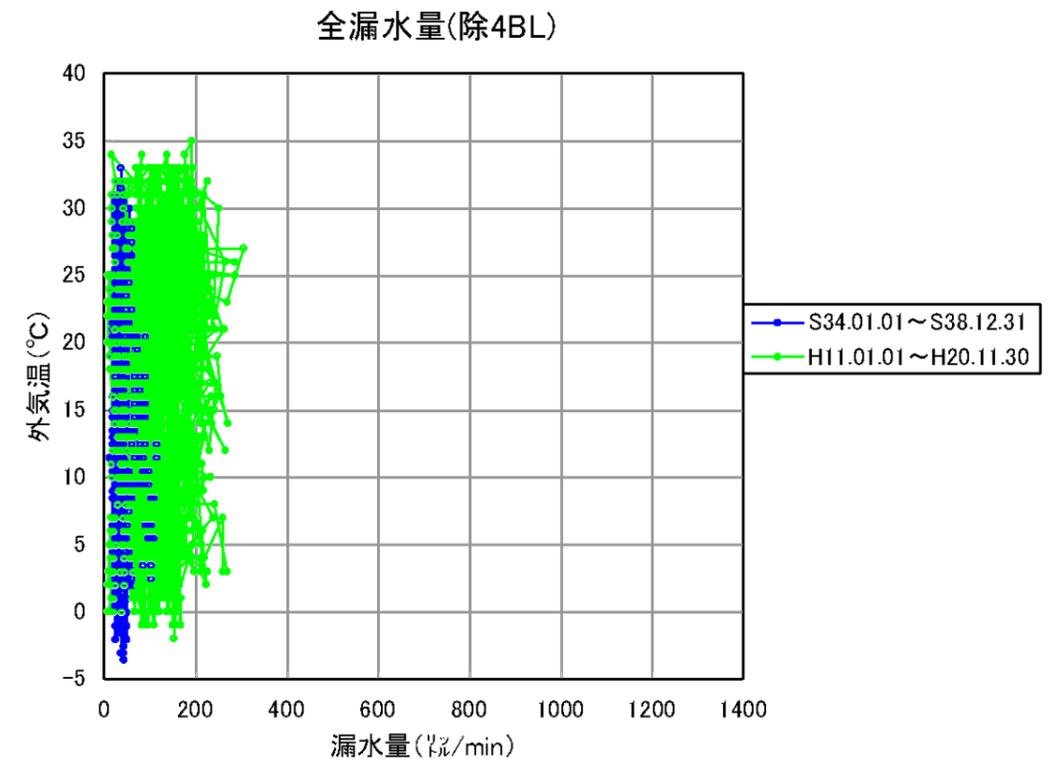
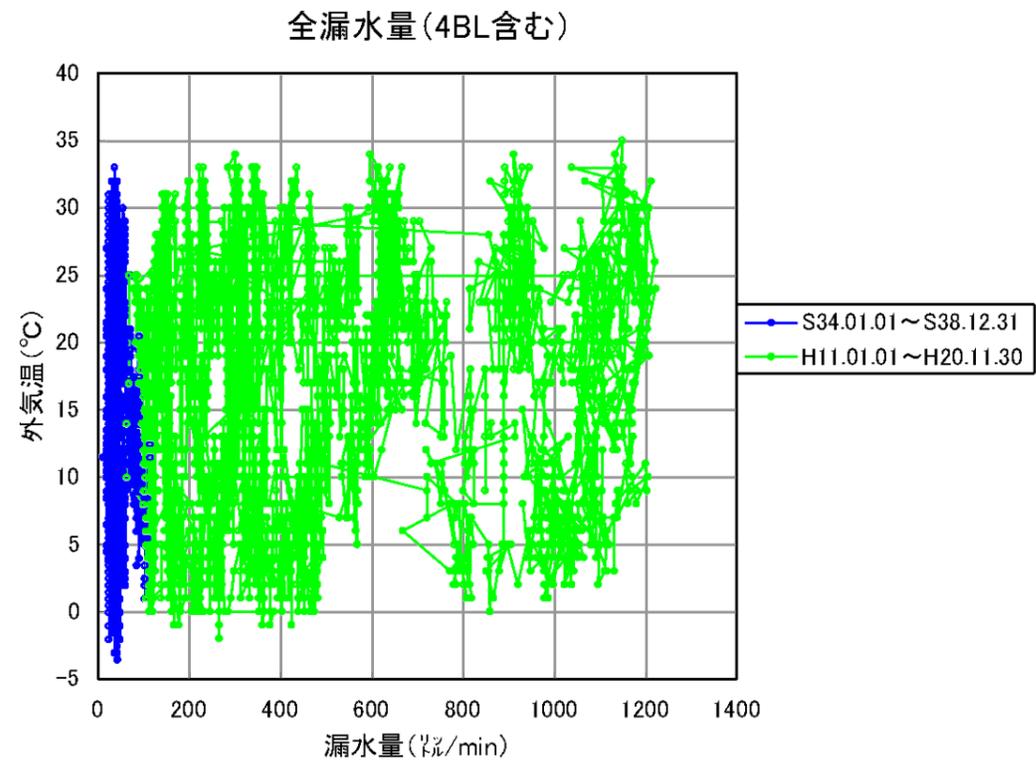
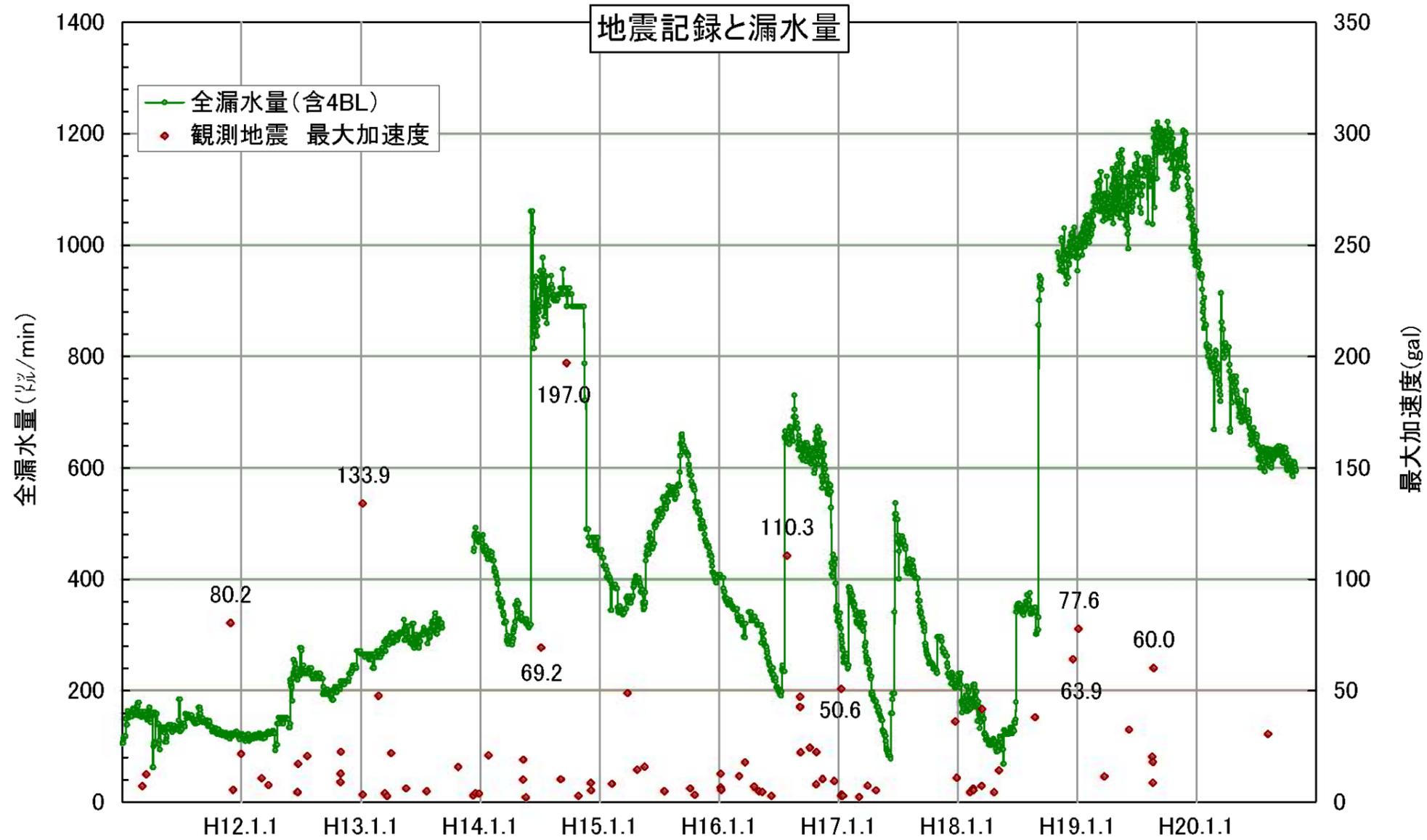


図 - 2.3.2 外気温と丸山ダム堤体漏水量との関係



年月日	最大下速度 (gal)	最大下速度観測方向	マグニチュード	震源	震度
平成11年03月03日	6.9	天端 上下流方向			
平成11年03月16日	12.3	天端 上下流方向	5.2	滋賀県北部	1
平成11年11月29日	80.2	天端 上下流方向	4.8	愛知県西部	2
平成11年12月06日	5.4	天端 上下流方向			
平成11年12月31日	21.4	天端 上下流方向			
平成12年03月03日	10.6	天端 上下流方向			
平成12年03月24日	7.4	監査廊 上下流方向	4.2	福井県嶺北	1
平成12年06月20日	4.3	監査廊 上下流方向			
平成12年06月23日	17.0	監査廊 上下流方向			
平成12年07月20日	20.6	天端 上下流方向	3.8	愛知県西部	1
平成12年10月29日	8.8	天端 上下流方向			
平成12年10月30日	12.6	天端 上下流方向			
平成12年10月31日	22.4	天端 上下流方向	5.7	三重県南部	2
平成13年01月06日	133.9	天端 上下流方向	4.8	岐阜県美濃東部	3
平成13年01月06日	3.2	天端 上下流方向			
平成13年02月23日	47.5	天端 上下流方向	5.0	静岡県西部	3
平成13年03月15日	3.8	天端 上下流方向			
平成13年03月22日	2.5	天端 上下流方向			
平成13年04月03日	21.8	天端 上下流方向	5.3	静岡県中部	2
平成13年05月19日	6.0	天端 上下流方向	3.7	長野県南部	1
平成13年07月21日	4.7	天端 上下流方向			
平成13年10月25日	15.6	天端 上下流方向			
平成13年12月10日	2.8	天端 上下流方向			
平成13年12月17日	3.8	天端 上下流方向			
平成13年12月28日	3.6	天端 上下流方向			
平成14年01月26日	20.8	天端 上下流方向	3.0	愛知県西部	1
平成14年05月12日	18.9	天端 上下流方向	3.9	愛知県東部	1
平成14年05月12日	9.8	天端 上下流方向			
平成14年05月20日	1.9	天端 上下流方向			
平成14年07月06日	69.2	天端 上下流方向	4.1	岐阜県美濃中西部	2
平成14年09月04日	10.1	天端 上下流方向	4.3	滋賀県北部	1
平成14年09月22日	197.0	天端 上下流方向	4.0	愛知県西部	2
平成14年10月28日	2.5	天端 上下流方向			
平成14年12月04日	8.4	天端 上下流方向	4.5	長野県南部	1
平成14年12月05日	5.1	天端 上下流方向	3.2	岐阜県美濃中西部	1
平成15年02月07日	8.0	天端 上下流方向	4.1	愛知県西部	1
平成15年03月27日	46.7	天端 上下流方向	3.8	愛知県西部	1
平成15年04月26日	14.4	天端 上下流方向	3.6	愛知県西部	1
平成15年05月18日	15.7	天端 上下流方向	4.7	長野県南部	2
平成15年07月18日	4.8	天端 上下流方向			
平成15年10月05日	6.0	天端 上下流方向			
平成15年10月19日	3.0	天端 上下流方向			
平成16年01月06日	6.5	天端 上下流方向			
平成16年01月06日	12.5	天端 上下流方向	5.4	三重県南東沖	2
平成16年01月08日	5.4	天端 上下流方向			
平成16年03月03日	11.5	天端 上下流方向			
平成16年03月21日	17.6	天端 上下流方向	3.3	愛知県西部	1
平成16年04月17日	6.8	天端 上下流方向			
平成16年05月02日	4.7	天端 上下流方向			
平成16年05月12日	4.4	天端 上下流方向			
平成16年06月09日	2.5	天端 上下流方向			
平成16年07月27日	110.3	天端 上下流方向	4.5	岐阜県美濃中西部	3
平成16年09月05日	42.6	天端 上下流方向	7.1	三重県南東沖	2
平成16年09月05日	47.0	天端 上下流方向	7.4	三重県南東沖	3
平成16年09月07日	22.1	天端 上下流方向	6.5	三重県南東沖	2
平成16年10月05日	24.2	天端 上下流方向	4.8	福井県嶺北	2
平成16年10月24日	7.8	天端 上下流方向			
平成16年10月25日	22.2	天端 上下流方向	3.2	岐阜県美濃中西部	1
平成16年11月13日	10.2	天端 上下流方向			
平成16年12月19日	9.3	天端 上下流方向	3.1	岐阜県飛騨地方	1
平成17年01月09日	50.6	天端 上下流方向	4.7	愛知県西部	3
平成17年01月09日	2.7	天端 上下流方向			
平成17年01月09日	2.9	天端 上下流方向			
平成17年01月10日	3.3	天端 上下流方向			
平成17年01月10日	2.8	天端 上下流方向			
平成17年01月14日	2.7	天端 上下流方向			
平成17年03月05日	2.0	天端 上下流方向			
平成17年03月31日	7.2	天端 上下流方向			
平成17年04月25日	5.1	天端 上下流方向			
平成17年12月24日	36.0	天端 上下流方向	4.8	愛知県西部	2
平成17年12月28日	10.7	天端 上下流方向	3.8	愛知県西部	1
平成18年02月08日	4.3	天端 上下流方向			
平成18年02月16日	5.9	天端 上下流方向	4.4	岐阜県美濃中西部	1
平成18年02月18日	5.1	天端 上下流方向			
平成18年03月15日	7.0	天端 上下流方向			
平成18年03月16日	41.6	天端 上下流方向	4.0	愛知県西部	1
平成18年04月22日	4.3	天端 上下流方向			
平成18年05月07日	14.1	天端 上下流方向			
平成18年08月25日	37.9	天端 上下流方向	3.9	愛知県西部	1
平成18年12月19日	63.9	天端 上下流方向	4.4	愛知県西部	3
平成19年01月05日	77.6	天端 上下流方向	4.0	岐阜県美濃東部	3
平成19年03月25日	11.3	天端 上下流方向	6.9	能登半島沖	2
平成19年06月09日	32.3	監査廊 ダム軸方向			
平成19年08月19日	20.2	監査廊 ダム軸方向			
平成19年08月21日	17.8	監査廊 ダム軸方向			
平成19年08月21日	8.5	監査廊 鉛直方向			
平成19年08月23日	60.0	天端 上下流方向	3.3	岐阜県美濃東部	1
平成20年08月07日	30.4	監査廊 ダム軸方向			

注) 最大加速度は、ダム天端、監査廊の2ヶ所における上下流方向、ダム軸方向、鉛直方向の各加速度の最大値のうち、最も大きな値を示す。

※震度は、平成11年までは、美濃加茂市太田町、平成12年以降は、八百津町八百津の観測値

図 - 2.3.3 丸山ダムにおける地震記録と漏水量

2.3.2 継目の開き

(1) 横継目の開き

平成18年10月7日から4BL周辺の横継目の開きを観測している。観測は、横継目の両脇にピンを設置し、ピンの間隔を計測することにより行っている。

計測結果を図-2.3.5および図-2.3.6に示すが、ダム天端の継目のみ季節変動を示している。また、継目の開きと漏水量との関係は認められない。

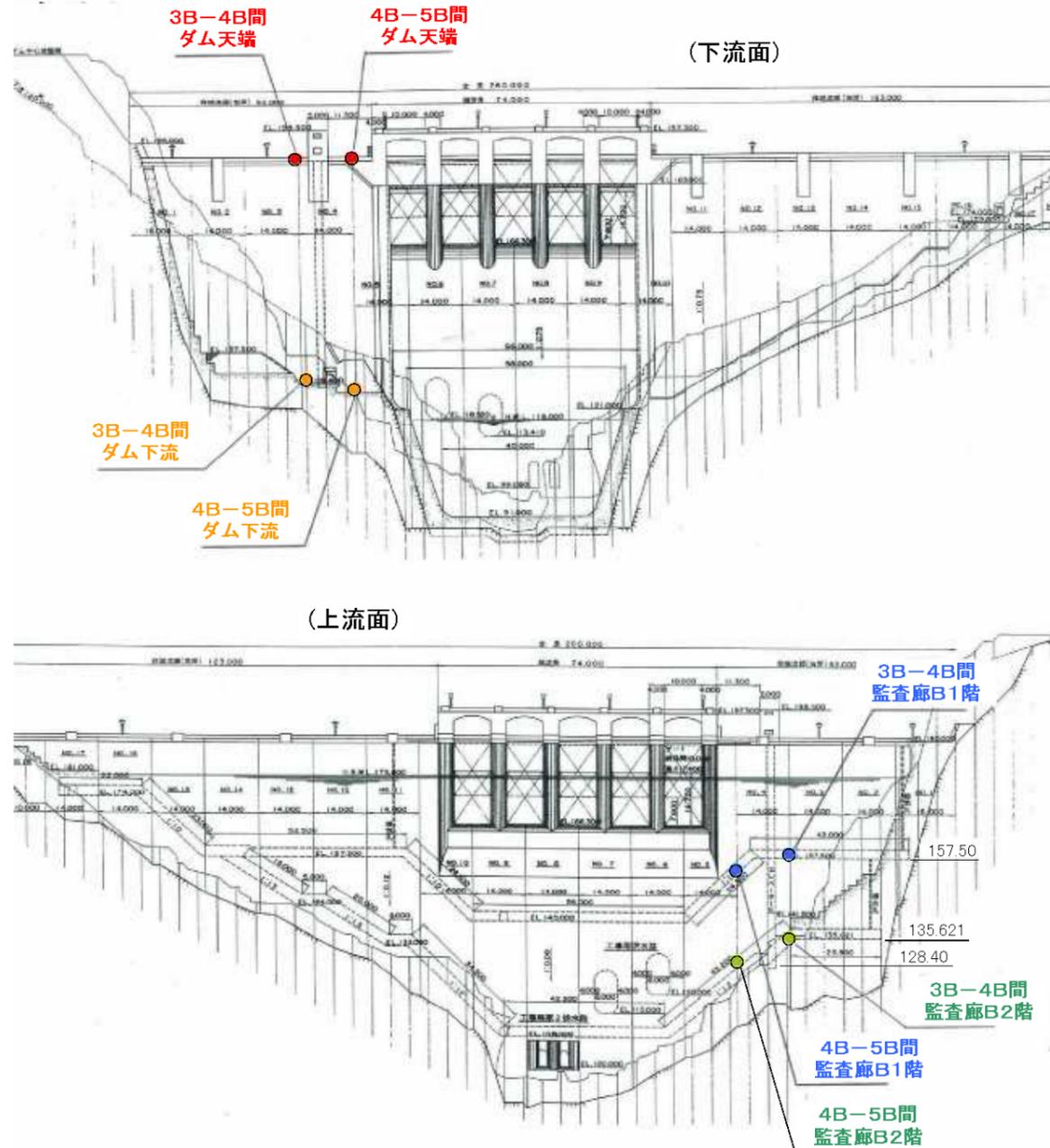


図-2.3.4 4BL漏水箇所周辺における横継目の開きの計測箇所

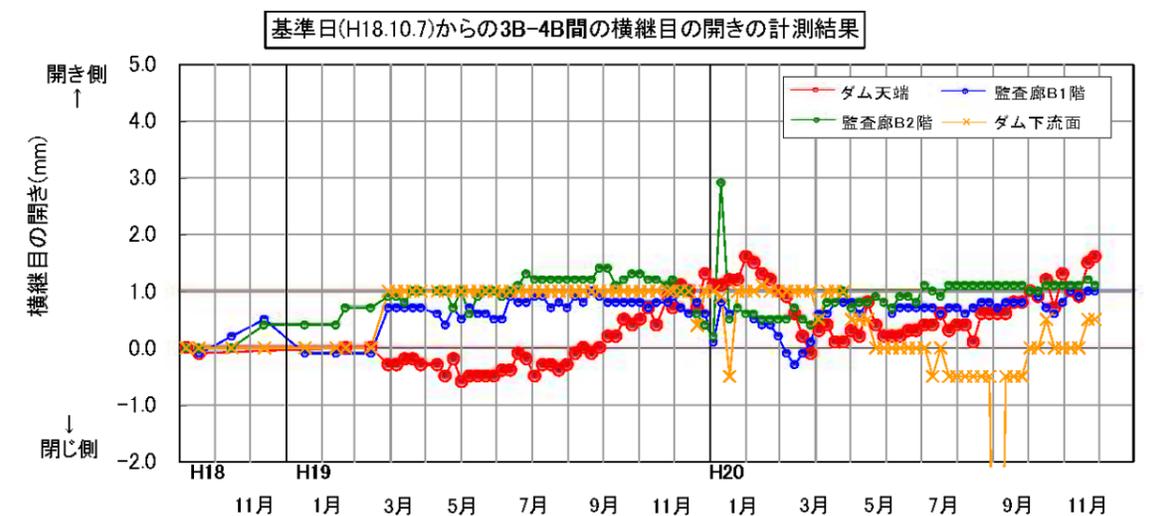
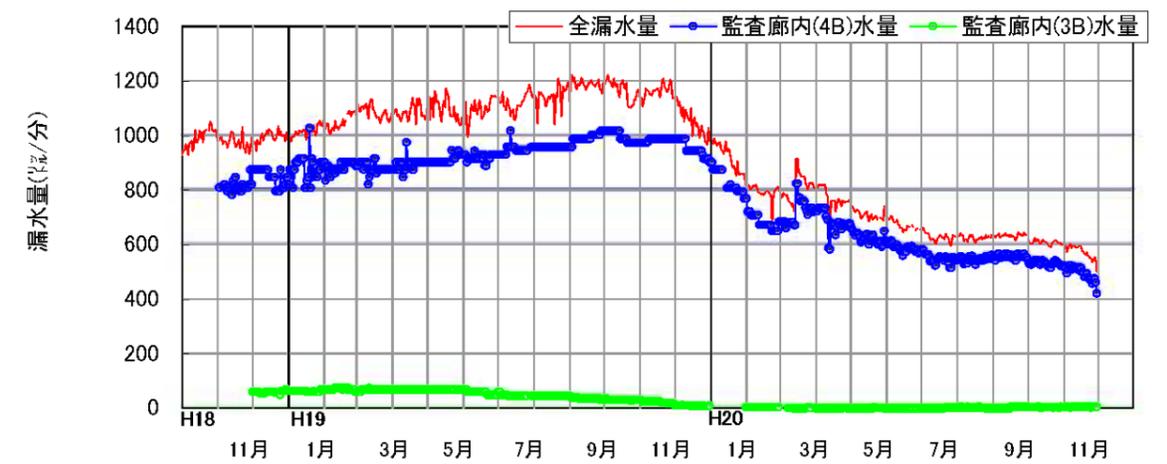
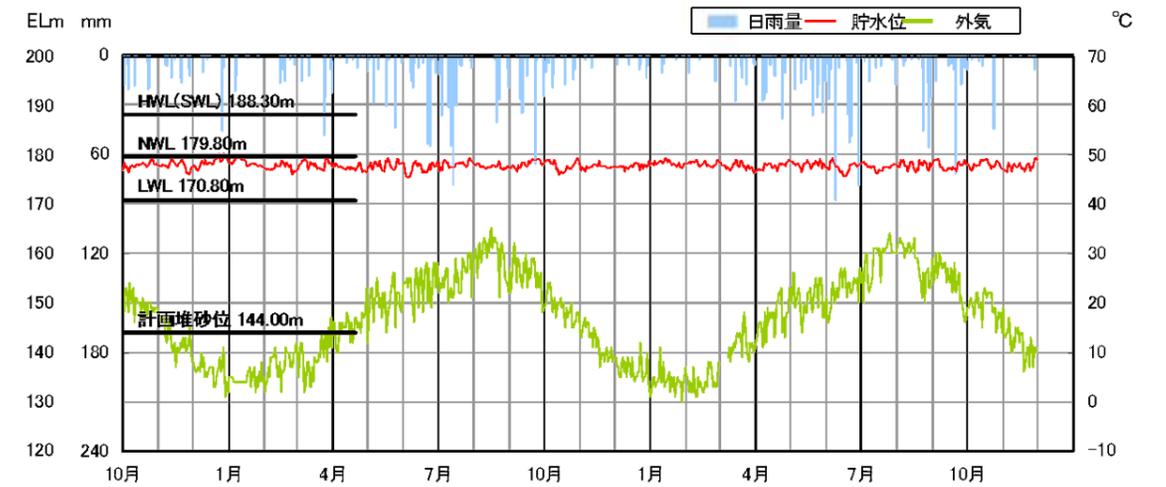


図-2.3.5 3BL-4BL間の横継目の開きの経時変化図

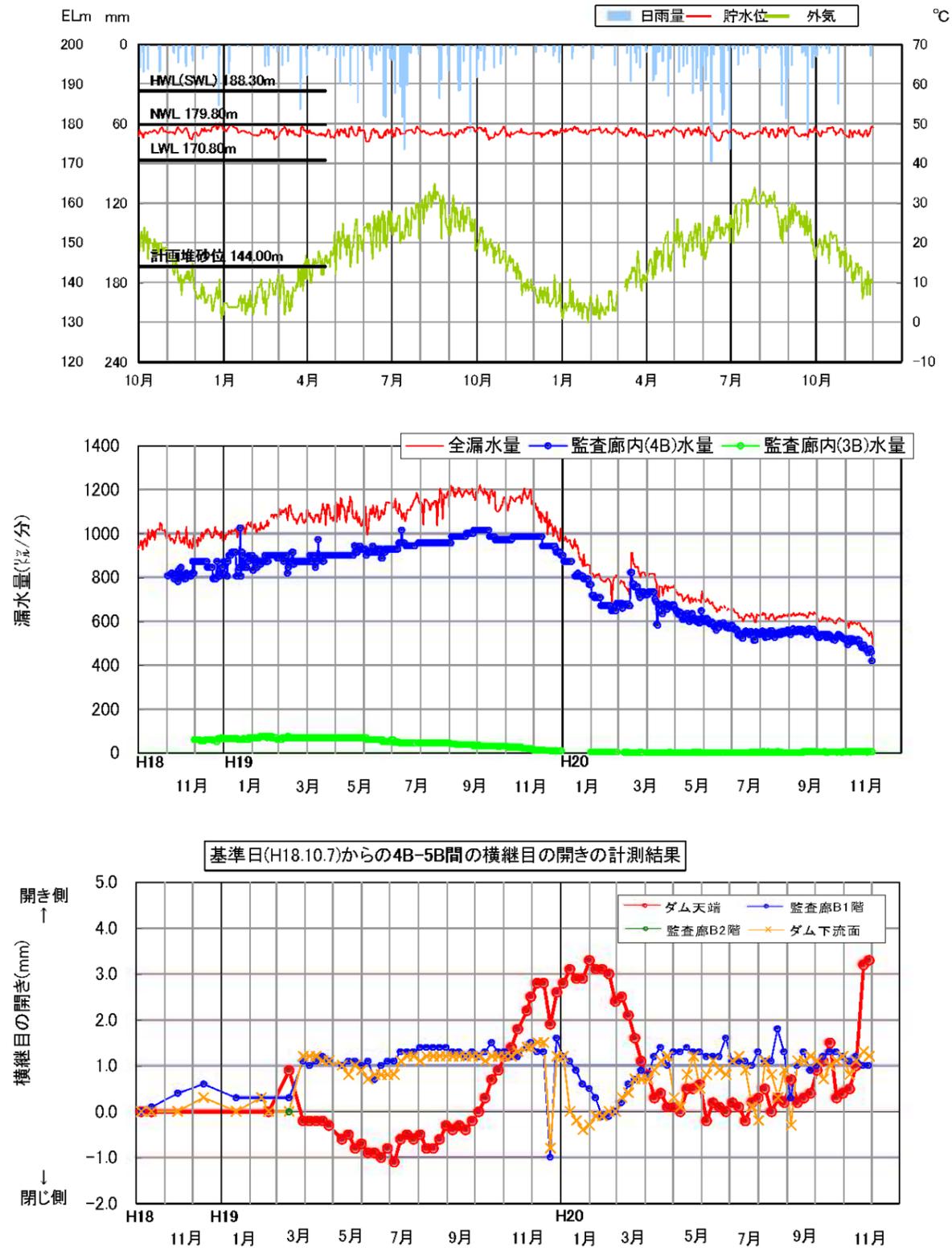


図 - 2.3.6 4BL-5BL 間の横継目の開きの経時変化図

(2) 縦継目の開き

平成19年2月1日から4BL漏水箇所近くの縦継目の開きを観測している。観測は、縦継目の両脇にピンを設置し、ピンの間隔を計測することにより行っている。

計測結果を図-2.3.8に示すが、ほとんど変化はない。

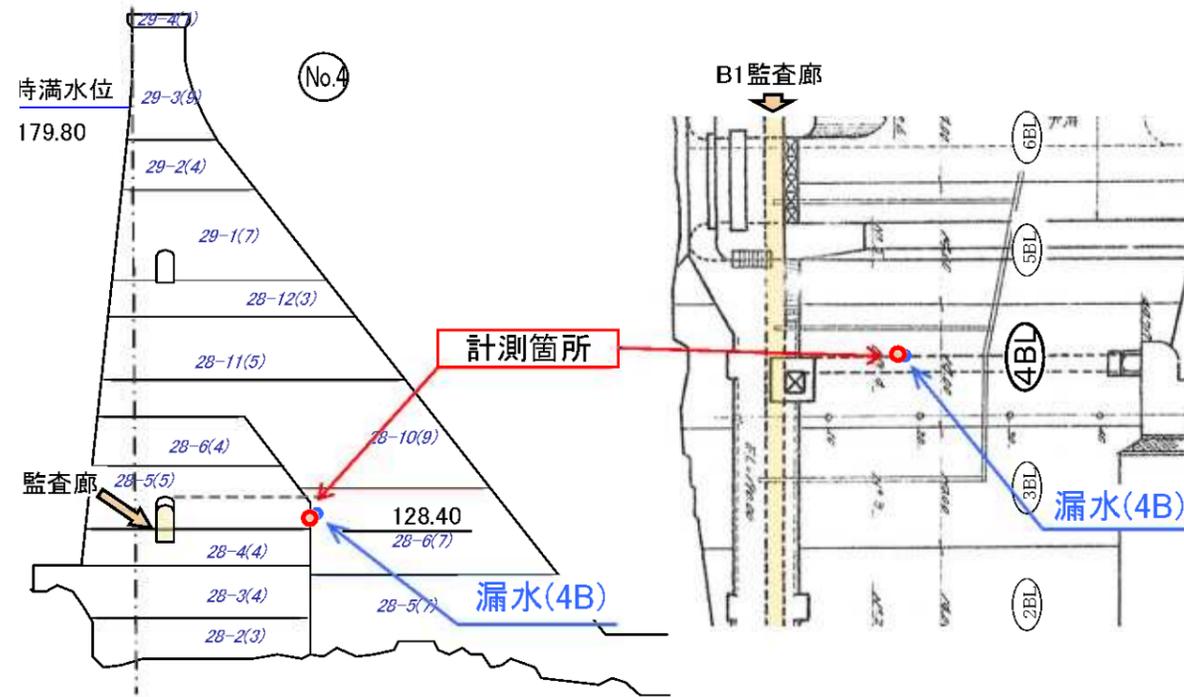


図-2.3.7 4BL漏水箇所直近における縦継目の開きの計測箇所

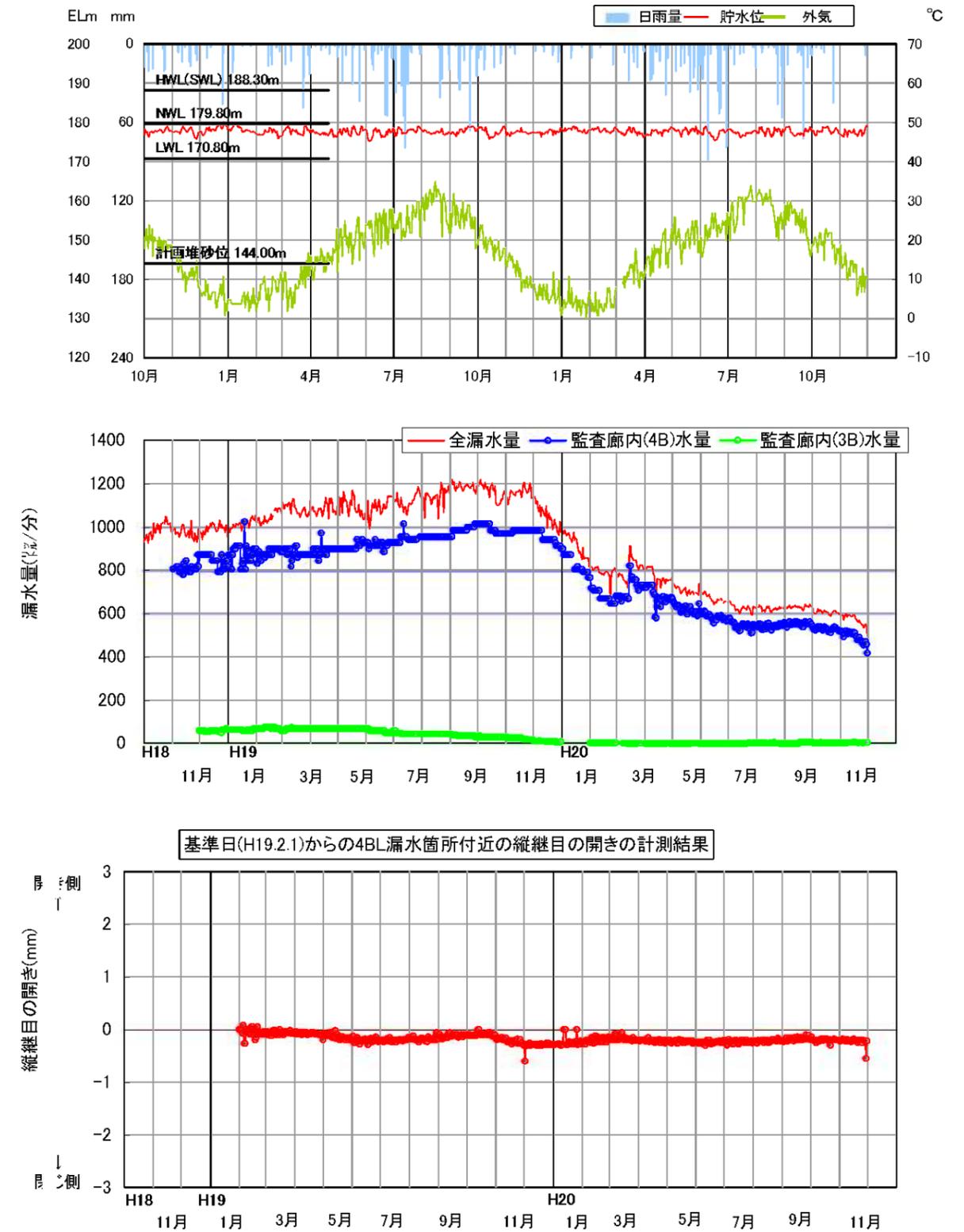
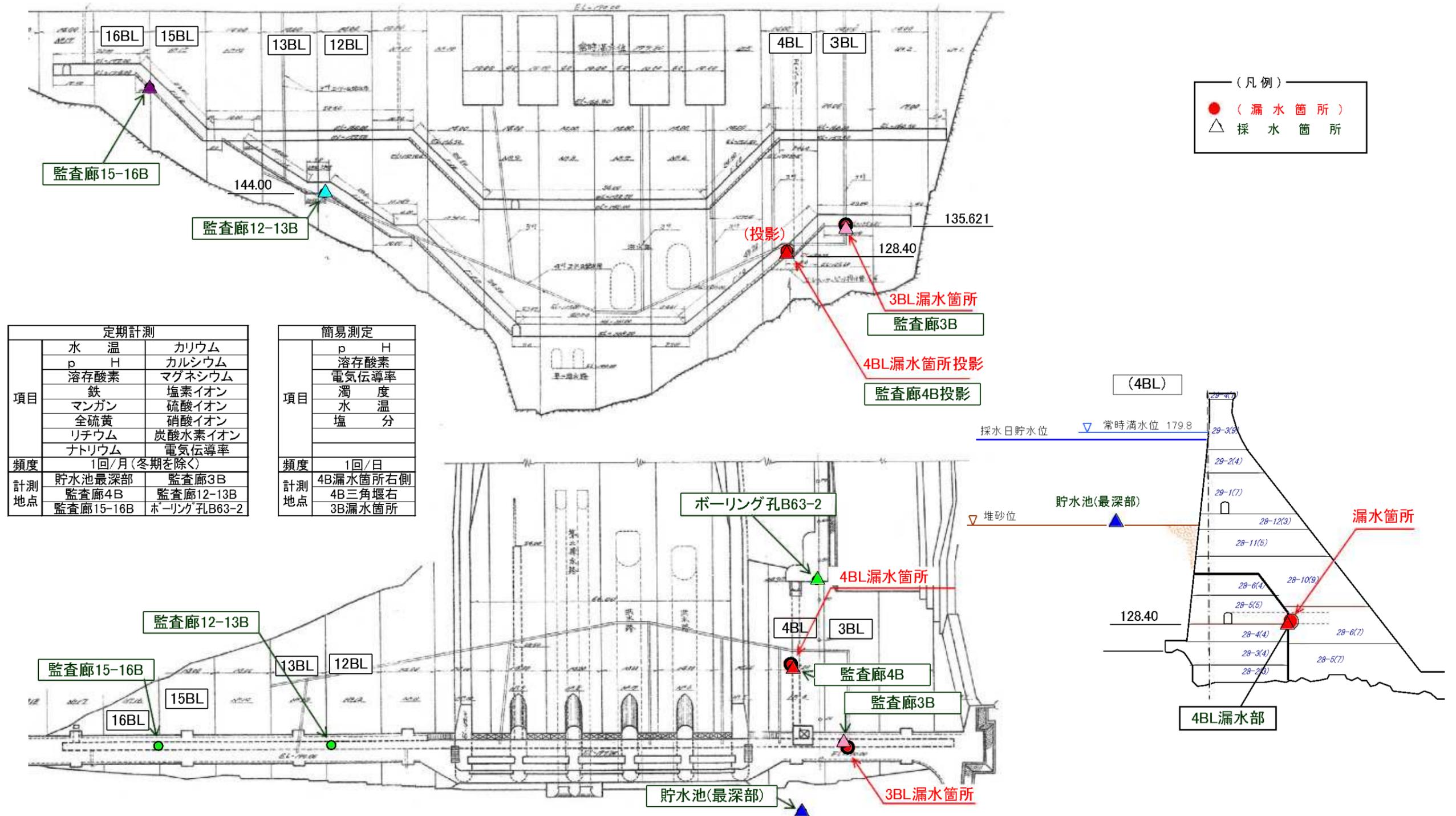


図-2.3.8 4BL漏水箇所直近の縦継目の開きの経時変化図

2.3.3 水温・水質

4BL 監査廊からの漏水量の増加をうけて、平成 19 年 6 月から定期的に関連箇所の水質分析を実施している。分析結果を図－ 2.3.10～図－ 2.3.12 に示す。



図－ 2.3.9 水質調査位置図

(1) 水温

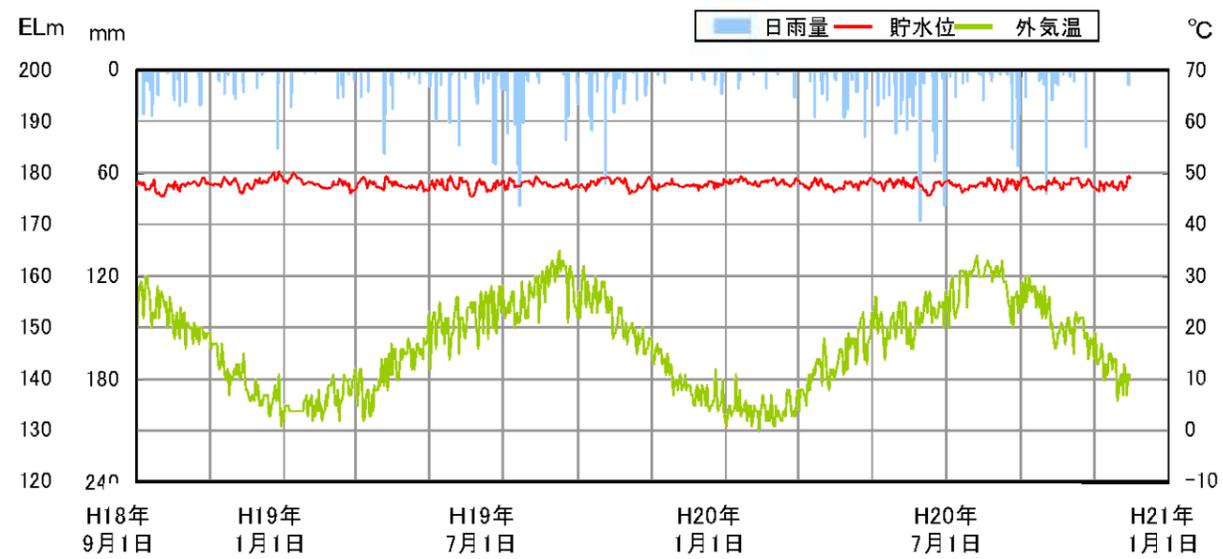
図－ 2.3.10 に、水質の簡易測定時の 4BL、3BL 漏水、貯水池表層水温の経時変化を示す。また、図－ 2.3.11 に、水質測定時の 4BL、3BL 漏水、左岸側の監査廊排水 2 箇所(4BL、3BL 漏水は含まず)、4BL 下流のボーリング孔湧水、および貯水池下層の水温の経時変化を示す。これより、次のことがいえる。

- ① 4BL と 3BL の水温は、ほぼ等しい。
- ② 4BL、3BL の水温は、冬期はほぼ一定であり、夏期は貯水温にやや遅れて追随する。

(2) 水質

図－ 2.3.12 に、4B、3B 漏水、左岸側の監査廊排水 2 箇所(4BL、3BL 漏水は含まず)、4BL 下流のボーリング孔湧水、および貯水池下層における水質分析結果の経時変化図を示す。これより、次のことがいえる。

- ① 4BL と 3BL の水質を比較すると、両漏水箇所の水質の各項目はほぼ等しい。
- ② 4BL、3BL と、貯水池、ボーリング孔内の水質を比較すると、4BL、3BL の水質は、貯水池水質と異なり、ボーリング孔内水質ともやや異なっている。
- ③ 溶存酸素、全硫黄、硫酸イオン、硝酸イオンが、貯水池に多く、4BL、3BL では少ない。
- ④ 鉄、マンガン、カリウム、カルシウムなどの金属イオンと炭酸水素イオンが、貯水池と比較して、3BL、4BL で高い値を示している。なかでもカルシウム、炭酸水素イオンが特に高い値を示している。この傾向は、ボーリング孔内水質で更に顕著である。



・平成 18 年 9 月 5 日から平成 20 年 8 月 6 日の関西電力(株)データにより作成

図 - 2.3.10 水温の経時変化図(水質簡易測定時)

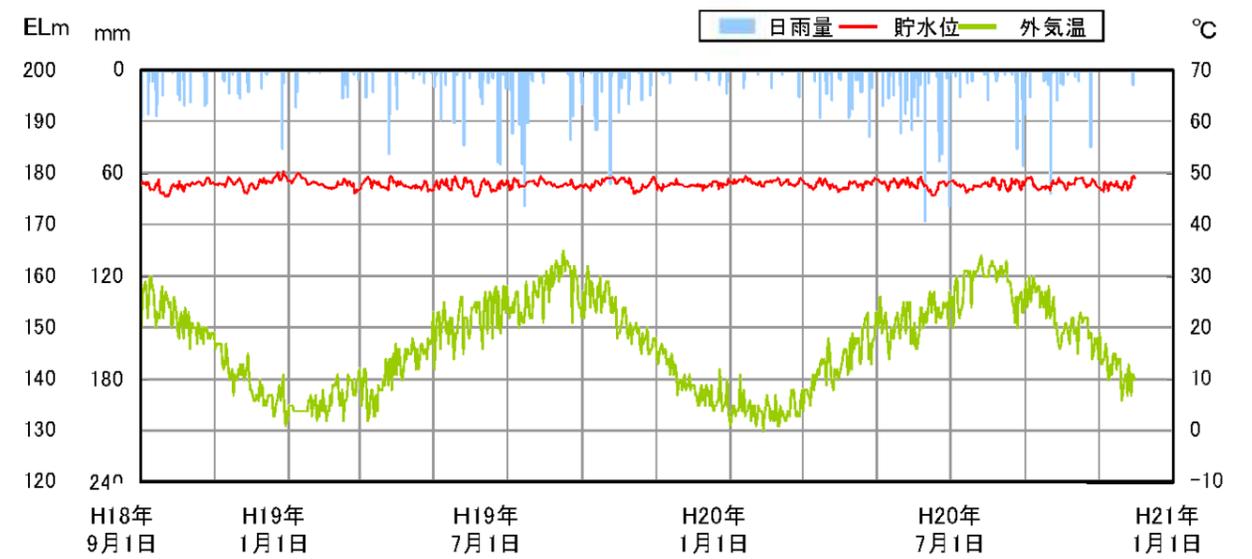


図 - 2.3.11 水温の経時変化図(水質測定時)

・平成 18 年 9 月から平成 20 年 1 月の国土交通省丸山ダム管理事務所測定データにより作成

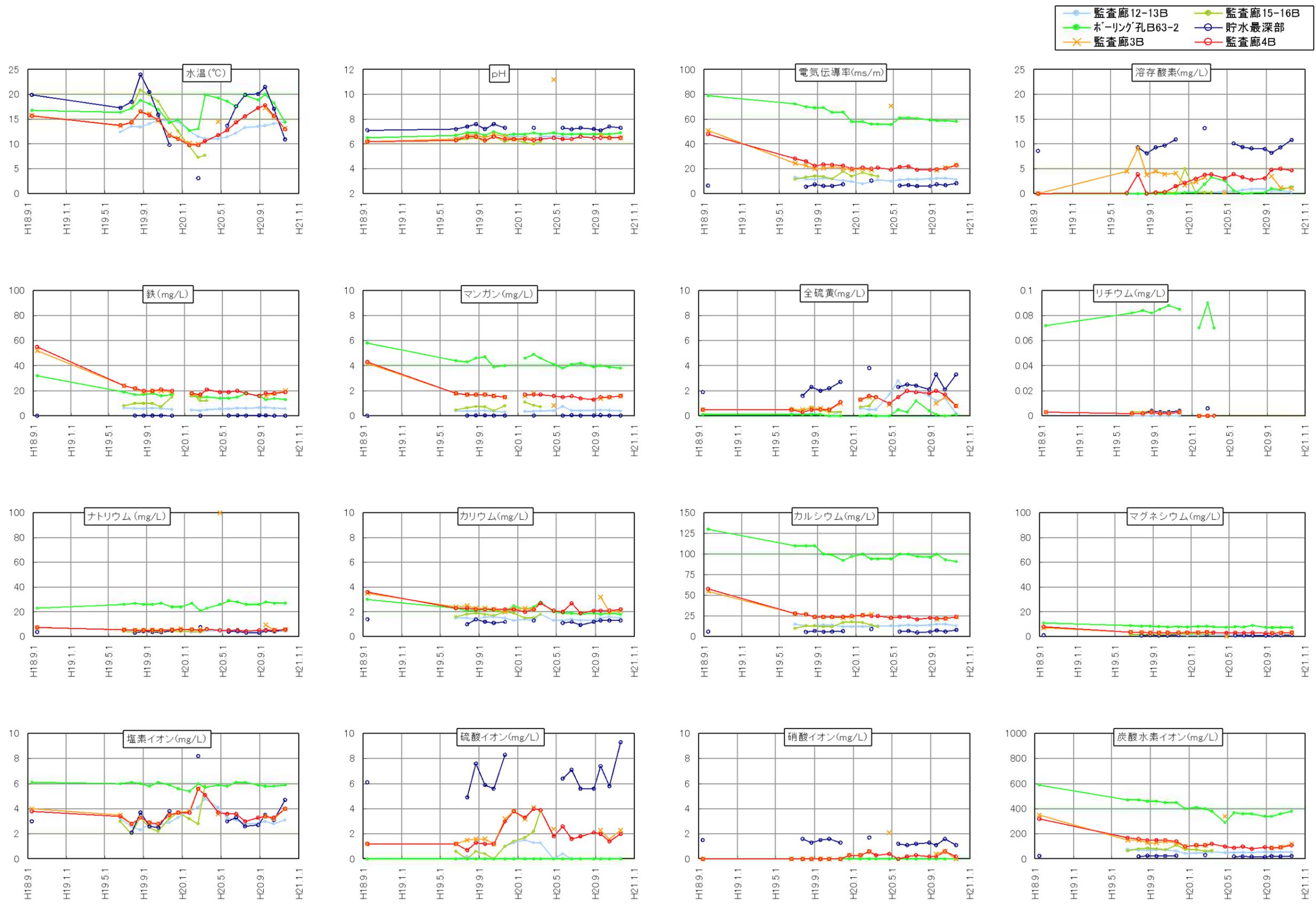


図 - 2.3.12 水質の分析結果の経時変化図
2-28

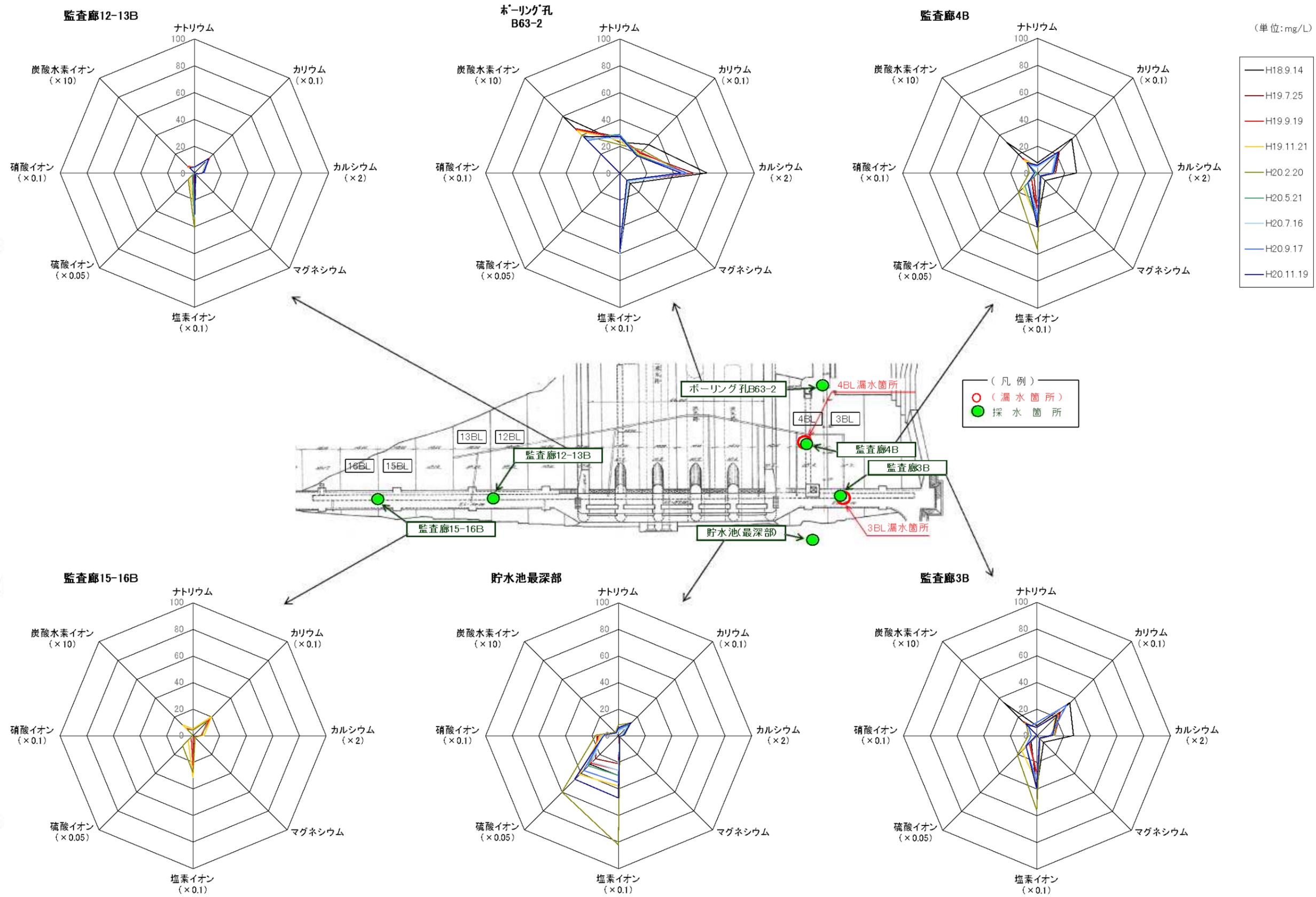
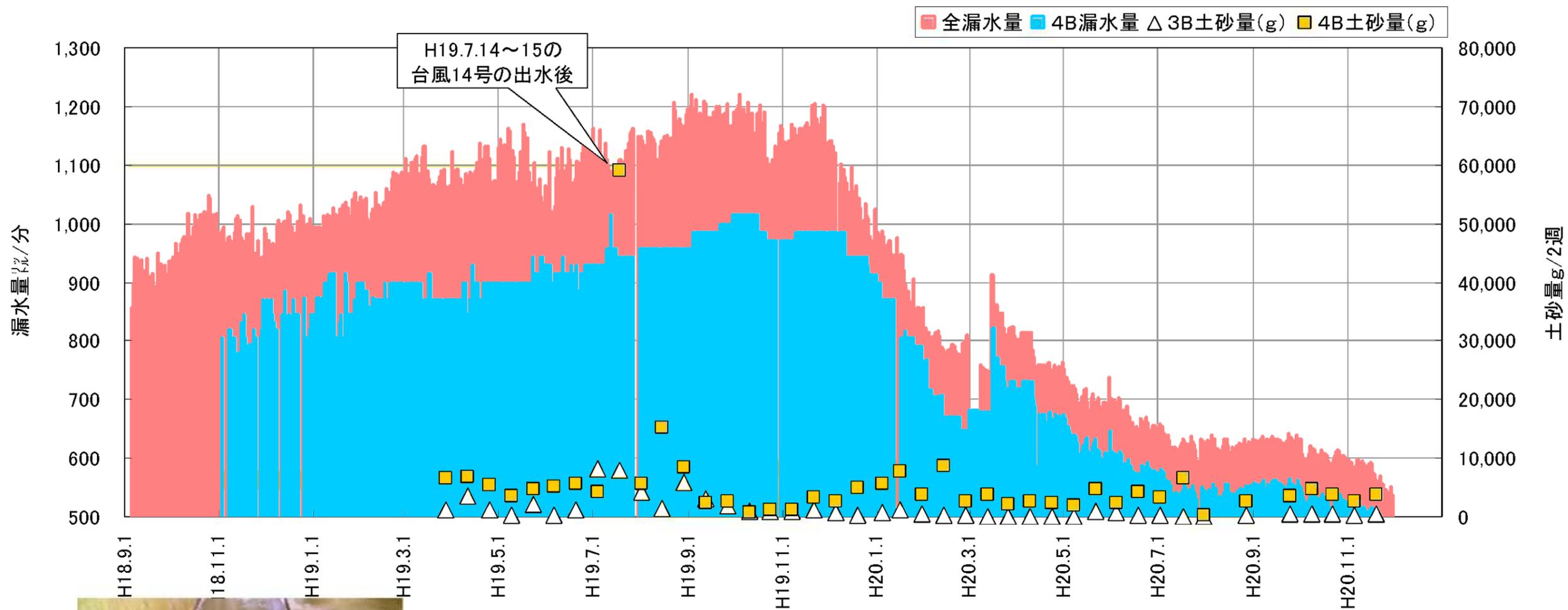


図 - 2.3.13 水質の分析結果
2-29

2.3.4 監査廊土砂量

3BL 土砂量、4BL 土砂量および漏水量の経時変化図を図－ 2.3.14 に示す。監査廊の土砂は、後述する X 線回折分析結果、実態顕微鏡観察結果から、貯水池の堆砂と類似している。また、漏水には出水時に濁りが認められる。



出水時の4BL漏水の状況

図－ 2.3.14 漏水量と監査廊土砂量の経時変化図

・平成 18 年 9 月 5 日から平成 20 年 8 月 6 日の国土交通省丸山ダム管理事務所計測データにより作成

2.3.5 漏水箇所に堆積した土の分析

漏水箇所に堆積した土、基礎岩盤(ボーリングコア)と貯水池に堆積している土砂をサンプリングし分析した。分析は、未固結のもの(漏水箇所に堆積した土、ダム貯水池堆砂の土)については、土の密度、粒度分布といった基本性状を把握するとともに構成鉱物及び実際に粒子の状況を直接確認するため、以下の項目を実施した。基礎岩盤については、岩盤状態であることから、構成鉱物の把握のみとした(表- 2.3.1 参照)。

表 - 2.3.1 分析項目一覧表

試験項目	漏水箇所に堆積した土		比較データ		
	3BL	4BL	ダム貯水池 堆砂土	基礎岩盤(ボーリングコア)	
				泥質岩部	珪質岩部
土粒子の密度	○	○	○	—	—
粒度分布	○	○	○	—	—
X線回折線装置分析	○	○	○	○	○
実体顕微鏡観察	○	○	○	—	—

(1) 分析試料

以下の試料の分析を行った。

漏水箇所の堆積物とその位置

- ・ 3BL 側溝
- ・ 4BL 側溝(国土交通省採取試料)

ダム貯水池堆砂土とその位置

- ・ 4BL 直上流(関西電力採取: 図- 2.3.15 に採泥箇所位置図を示す)

基礎岩盤(ボーリングコア B63-2)

- ・ 泥質岩部(21.2m)
- ・ 珪質岩部(割れ目粘土含む)(20.45m)

(試料採取位置を図- 2.3.16 および図- 2.3.17 に示す)

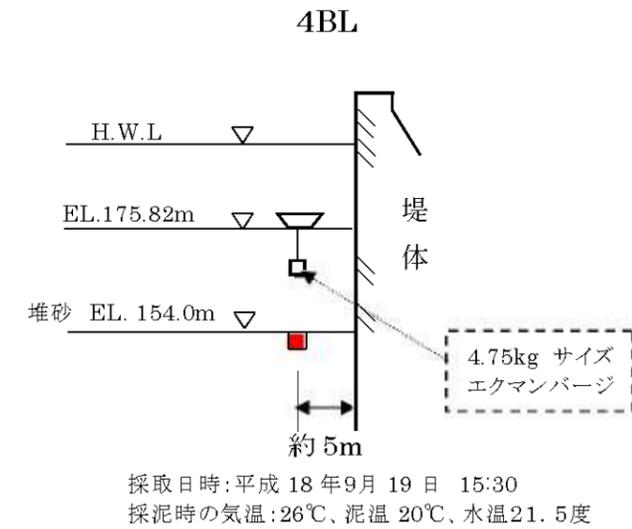


図 - 2.3.15 貯水池の採泥箇所位置図



[泥質岩部]



[珪質岩部]

写真 - 2.3.1 分析試料(B63-2孔)

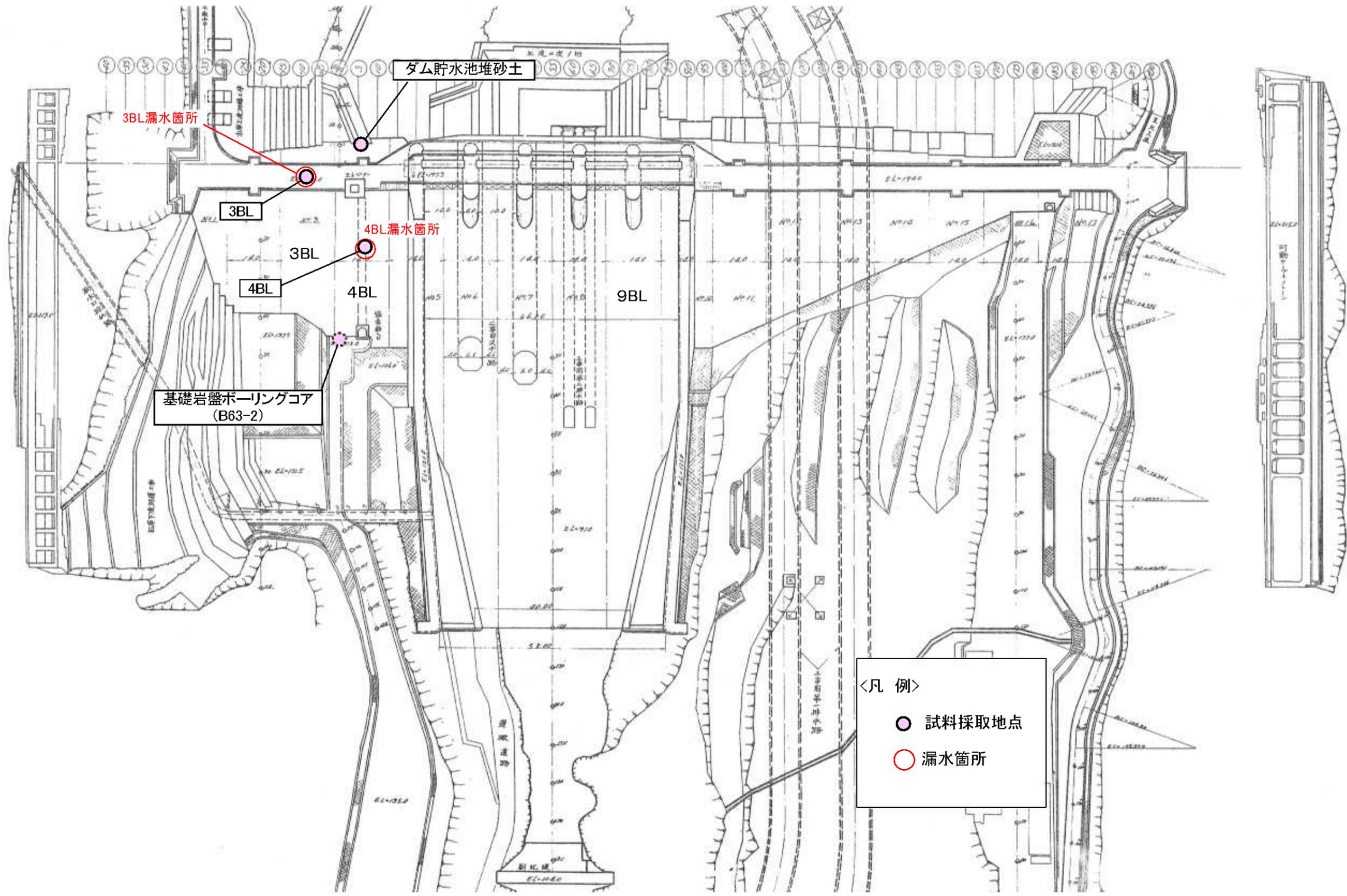


図 - 2.3.16 水質堆積物等の調査の試料採取位置平面図

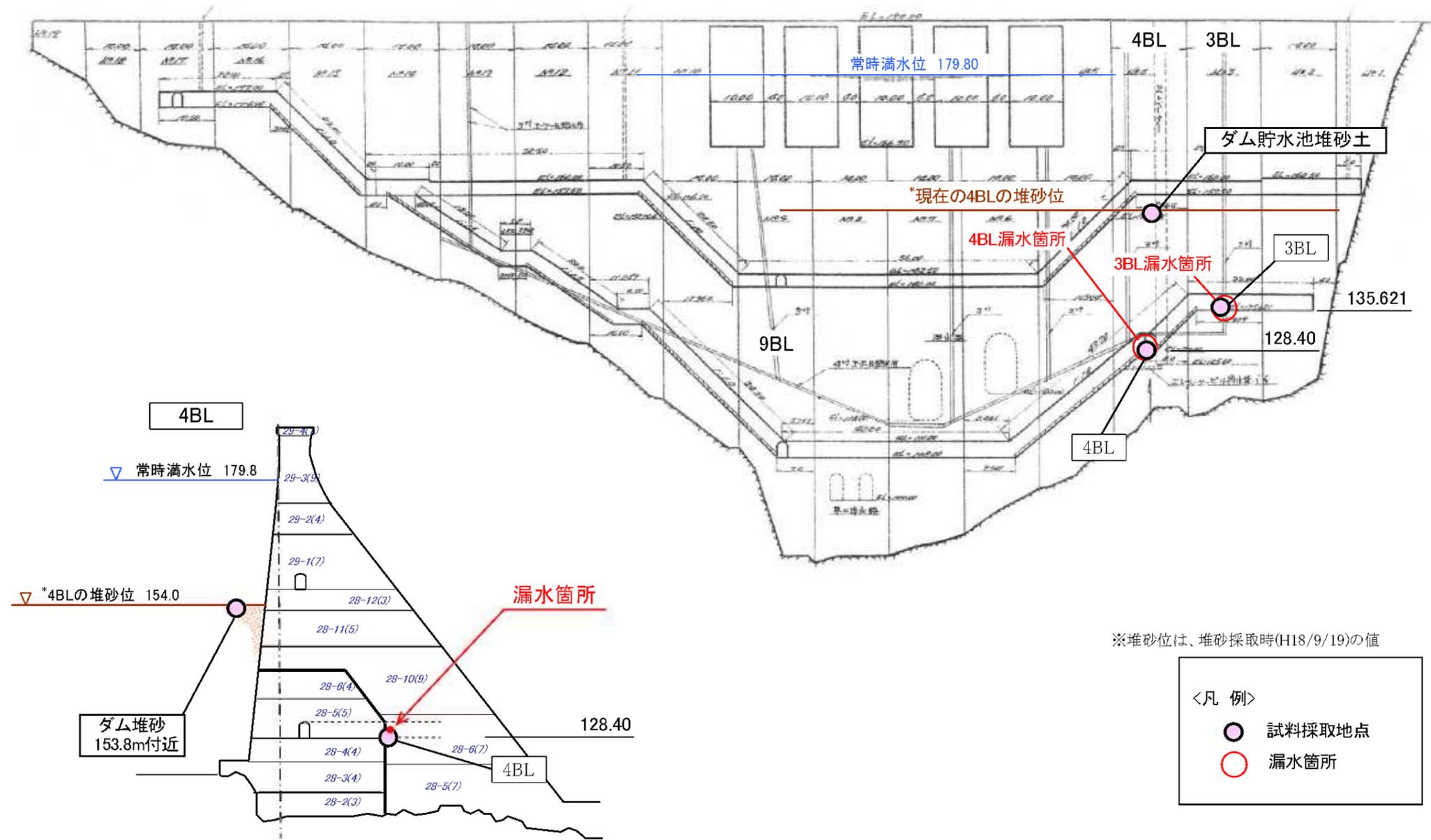


図 - 2.3.17 水質堆積物等の調査の試料採取位置断面図

(2) 分析結果

1) 土粒子の密度試験結果

土粒子の密度試験結果を、表－ 2.3.2 に示す。3BL, 4BL, ダム貯水池内堆砂の試料は、類似した密度である。

表－ 2.3.2 土粒子密度一覧

試料採取箇所	土粒子の密度		
	測定回数	密度	平均値
BL-3	1	2.810	2.776
	2	2.739	
	3	2.780	
BL-4	1	2.820	2.828
	2	2.831	
	3	2.833	
ダム貯水池内堆砂	1	2.768	2.742
	2	2.744	
	3	2.713	

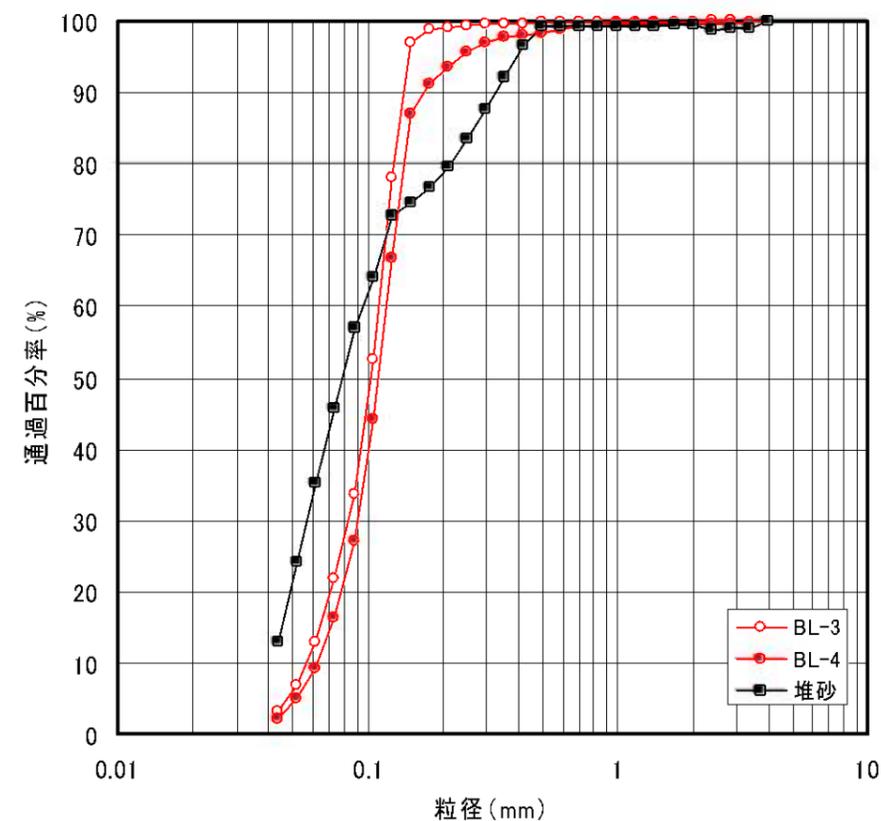
2) 粒度分布結果

粒度分布試験の結果は、表－ 2.3.3, 図－ 2.3.18 のとおりであり、概要は以下のとおりである。

- ① 3BL, 4BL は、細砂(0.25mm 以下)主体の粒径が均一な(淘汰がよい)砂である。シルト以下(0.075mm 以下)の粒径は、3BL が約 21.7%、4BL が約 16.2%である。
- ② ダム堆砂は、3BL,4BL よりも粗めの細砂(0.25～0.125mm)～中砂(0.85～0.25mm)が多く、シルト以下(0.075mm 以下)の粒径が、他の試料よりも多い(約 45.7%)傾向にある。

表－ 2.3.3 粒度分析結果表

粒径(mm)	BL-3	BL-4	堆砂
4.000		100.00	100.00
3.364		99.64	98.97
2.828	100.00	99.58	98.97
2.378	99.92	99.52	98.79
2.000	99.84	99.58	99.48
1.682	99.76	99.58	99.48
1.414	99.76	99.46	99.31
1.189	99.68	99.40	99.31
1.000	99.76	99.40	99.31
0.841	99.84	99.34	99.31
0.707	99.84	99.28	99.31
0.595	99.68	98.70	99.31
0.500	99.76	98.14	99.31
0.420	99.44	98.02	96.55
0.354	99.36	97.54	92.07
0.297	99.36	96.77	87.59
0.250	99.12	95.57	83.45
0.210	98.88	93.41	79.48
0.177	98.56	91.19	76.72
0.149	96.95	86.76	74.66
0.125	78.03	66.75	72.59
0.105	52.37	44.16	63.97
0.088	33.60	27.08	57.07
0.074	21.73	16.18	45.69
0.063	12.83	9.23	35.17
0.053	6.74	4.97	24.14
0.044	3.13	2.10	12.76



図－ 2.3.18 粒度分布

3) XRD 分析結果

漏水に伴う堆積物の砂粒子と、基礎岩盤のボーリングコアからの採取試料の XRD 分析結果を表 2.3.4 に示す。これより、以下のことがわかる。

- ① 監査廊内の堆積物(3BL、4BL)、貯水池内堆砂、基礎岩盤のボーリングコアは、X線チャートの形状が類似しており、構成鉱物が類似している。
- ② X線チャートのピークの形状からは、漏水箇所の堆積物の鉱物組成は、基礎岩盤より、貯水池内堆砂により類似している。
- ③ 漏水箇所の堆積物には、基礎岩盤の泥質岩中に存在する緑泥石やカオリナイトの粘土鉱物が非常に少ない。また、基礎岩盤の緑泥石のピークはシャープで、堆積物のものは不明瞭という差異もみられる。
- ④ ダム貯水池の堆砂の水簸分析(砂粒子から粘土鉱物主体に抽出)の結果では、緑泥石、カオリナイトなどの粘土鉱物が、基礎岩盤より少なく、3BLと類似している傾向がある。

表 2.3.4 XRD 分析結果 (鉱物鑑定・XRD チャート) 一覧表

	XRD分析			
	砂成分全体	確認鉱物	砂成分中の粘土鉱物	確認鉱物
BL-3		Qz ◎ Pl ○ Mi · Ch · Ka · Sm · その他		Qz Pl ○ Mi ○ Ch △ Ka △ Sm △ その他
BL-4		Qz ◎ Pl ○ Mi · Ch · Ka · Sm · その他		Qz Pl Mi Ch Ka Sm その他
ダム堆砂		Qz ◎ Pl △ Mi · Ch · Ka · Sm · その他		Qz Pl Mi ○ Ch △ Ka △ Sm △ その他
	全岩分析		水簸(粘土鉱物抽出)分析	
基礎岩盤 泥質岩		Qz ◎ Pl ○ Mi ○ Ch ○ Ka △ Sm その他		Qz Pl ○ Mi △ Ch ○ Ka △ Sm △ その他
基礎岩盤 珪質岩		Qz ◎ Pl △ Mi · Ch · Ka · Sm · その他		Qz ○ Pl ○ Mi · Ch ◎ Ka △ Sm △ その他

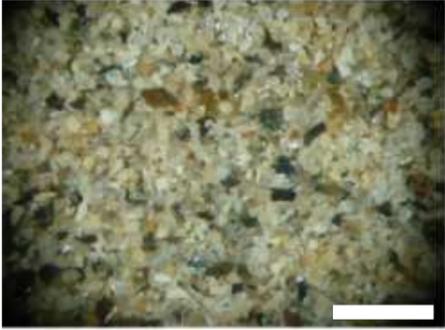
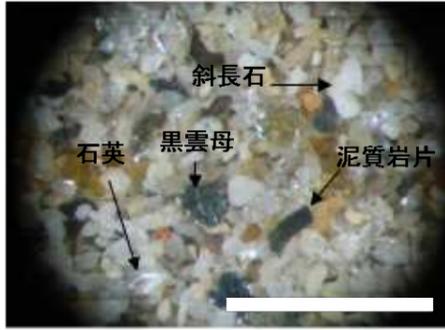
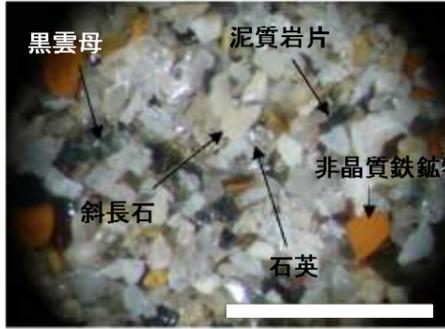
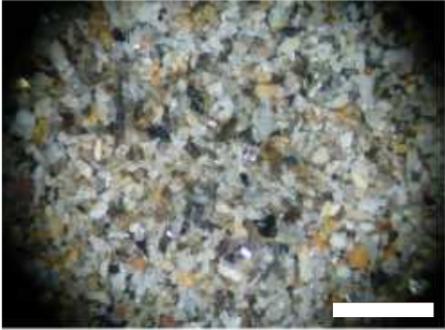
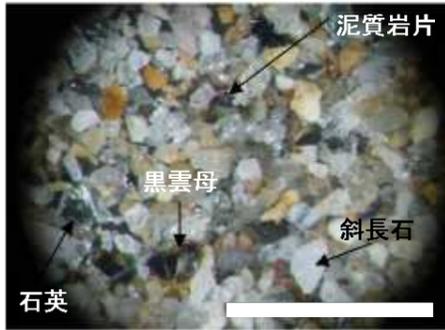
凡例
 鉱物種
 Qz 石英
 Pl 斜長石
 Mi 雲母
 Ch 緑泥石
 Ka ****
 Sm *****
 鉱物含有量(相対的、定性的)
 ◎: 多量
 ○: 普遍的
 △: 少量
 ·: 極少量

4) 実体顕微鏡観察果

表 - 2.3.5 実体顕微鏡観察一覧

堆積物を実体顕微鏡で観察した結果は、以下のとおりである。

- ① 堆積物およびダム堆砂とも、構成粒子は、石英、斜長石を主体とし、泥質岩片や黒雲母も認められる。
- ② さびた鉄鉱物や、ゲル状のさび物質が結合し、固まった粒子が認められる。
- ③ 3BL, 4BL, ダム貯水池の堆砂の構成は、多い順に、石英、斜長石、黒雲母、泥質岩片、さびた鉄鉱物・ゲル状のさび物質である。
- ④ ダム貯水池の堆砂は、最もさびた鉄鉱物・ゲル状のさび物質が少ない。
- ⑤ 粒子はいずれも破片状のものは極まれで、亜円～亜角状に円磨(磨耗)されているとともに、岩片は少なく、供給源の時点で粒子化された(堆積物)状態である(岩盤状態ではない)。

	堆砂の顕微鏡写真(ゲル状物質除去) 白いバーの長さが1mm	
BL-3		
BL-4		
ダム堆砂		

平成 18 年 9 月調査

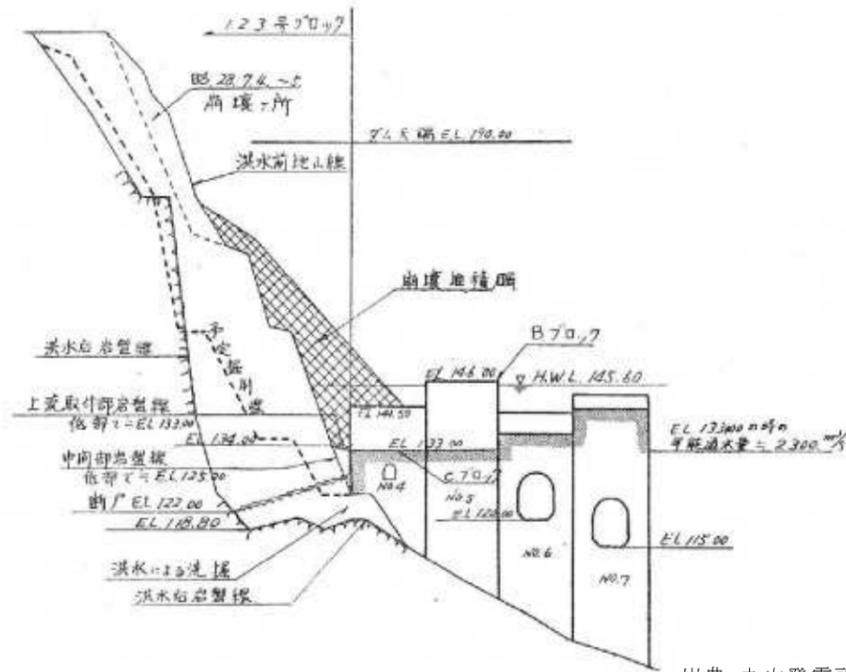
2.3.6 建設時の施工状況

(1) 右岸アバット地山の崩壊

丸山ダムでは、昭和28年7月の洪水に伴う右岸アバット地山の崩壊により、ダム堤体(基礎掘削線)の形状が大幅に変更された。図-2.3.19に洪水前地山線と当初掘削予定線を示す。図-2.3.21に4BL周辺の施工実績を示す。4BLのEL.141.5mでは、右岸アバット地山の崩壊時に昭和28年7月から10月の長期間にわたって打設が休止されている。このとき、4BLより右岸側については、未打設であった。この長期打設休止位置、および未打設部との境界となる4BLと3BLの境界とは、現在の漏水箇所に近い部分である。



写真-2.3.2 右岸崩落ならびに洪水状況(昭和28年7月20日出水)



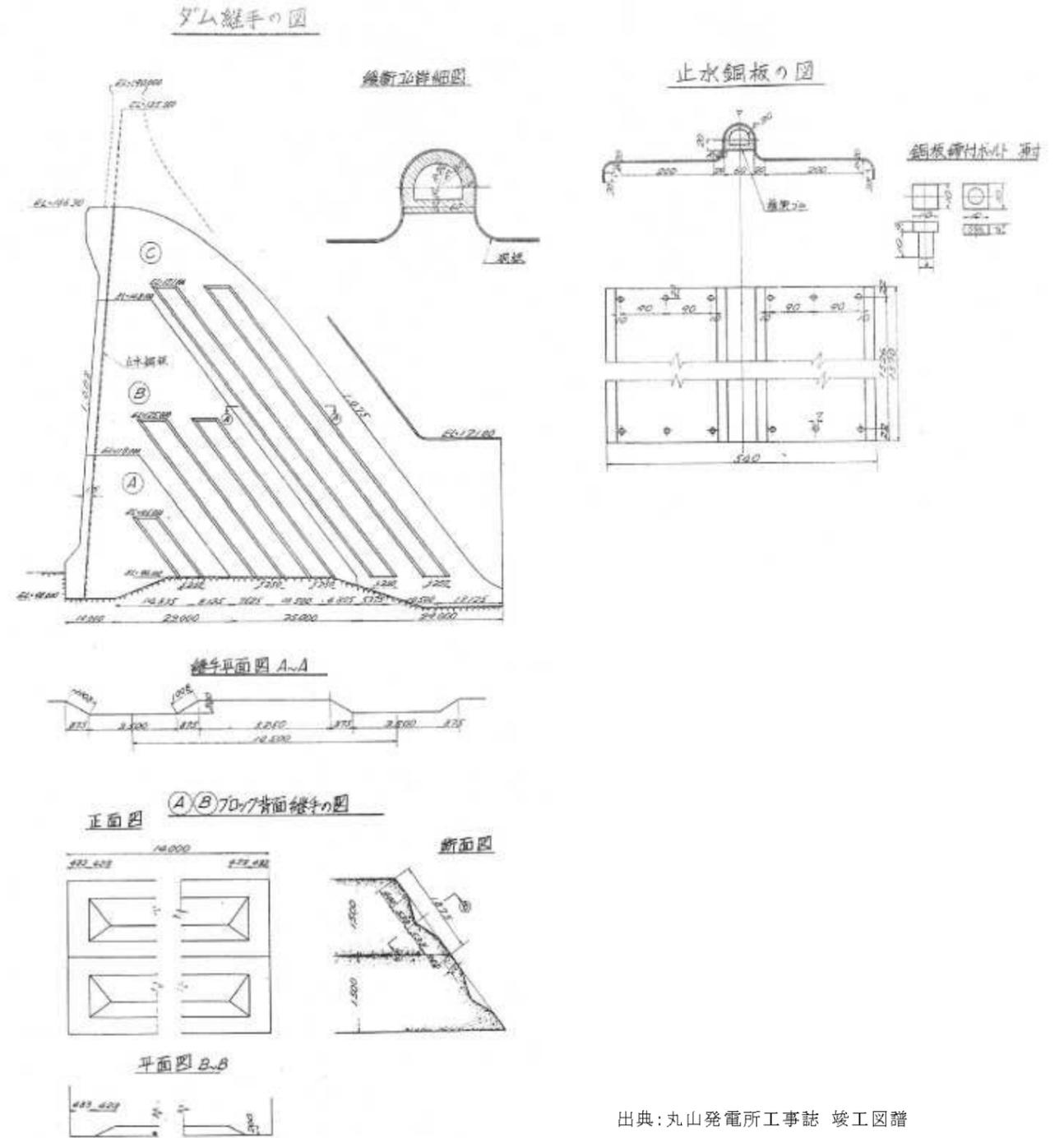
出典:丸山発電所工事誌 土木編

図-2.3.19 右岸取付部見取図

(2) 傾斜継目と施工継手の状況

丸山ダムは、傾斜継目を設けて施工されたダムである。図-2.3.20に丸山ダムの施工継手図を示す。丸山発電所工事誌によると、傾斜継目にはジョイントグラウチングが施された記述はない。また、継目消去部に水平止水板が設置されたかどうかについては、不明である。

附図(土)-11 ダムコンクリート施工継手の図



出典:丸山発電所工事誌 竣工図譜

図-2.3.20 施工継手図

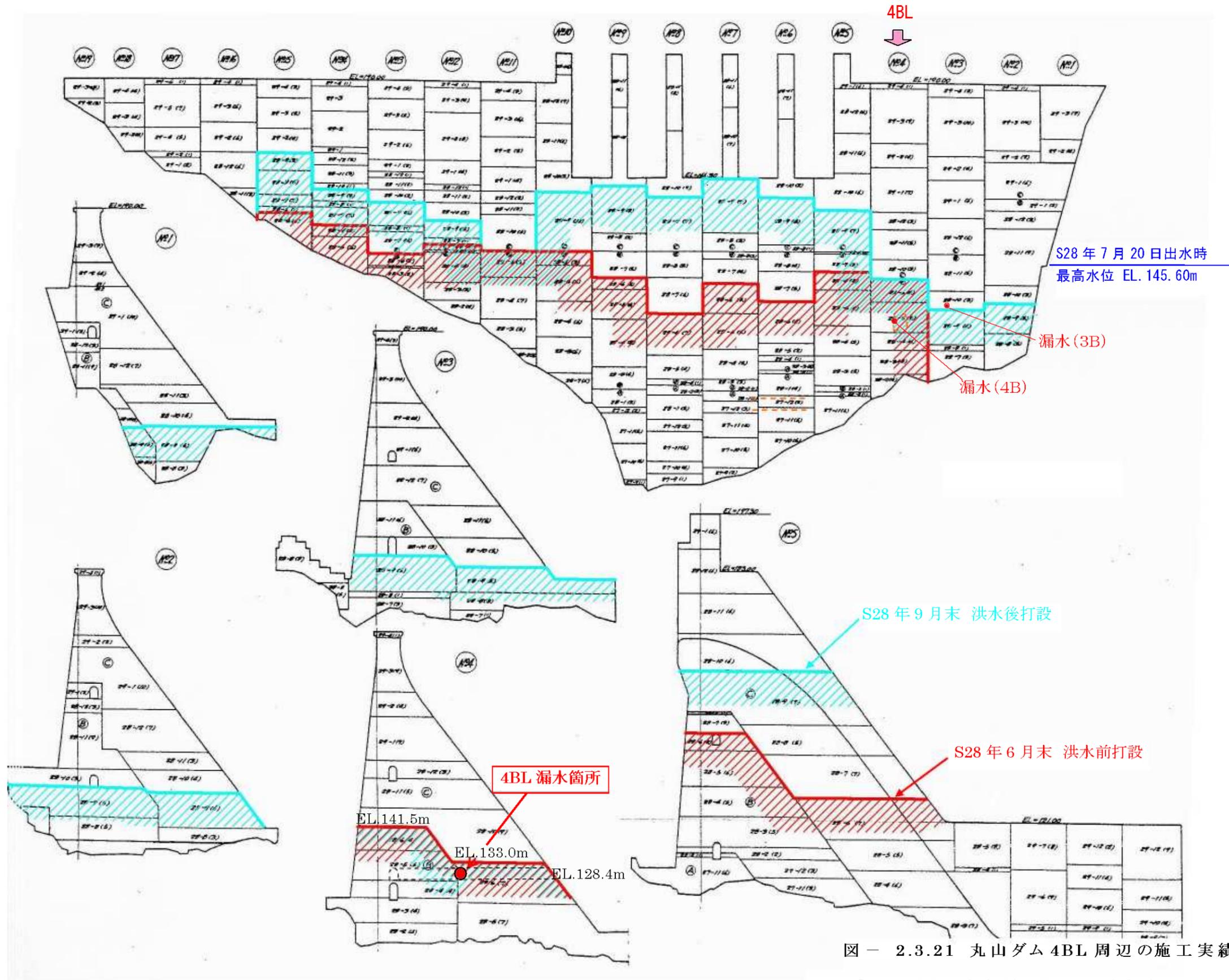


図 - 2.3.21 丸山ダム4BL周辺の施工実績

※「丸山発電所工事誌 竣工図譜」に一部加筆

(3) 基礎処理工配置

丸山発電所工事誌に記載される基礎処理工配置図を図- 2.3.2 に示す。同図には、掘削面において弱層部補強のグラウトを行った破碎層の位置が図示されている。

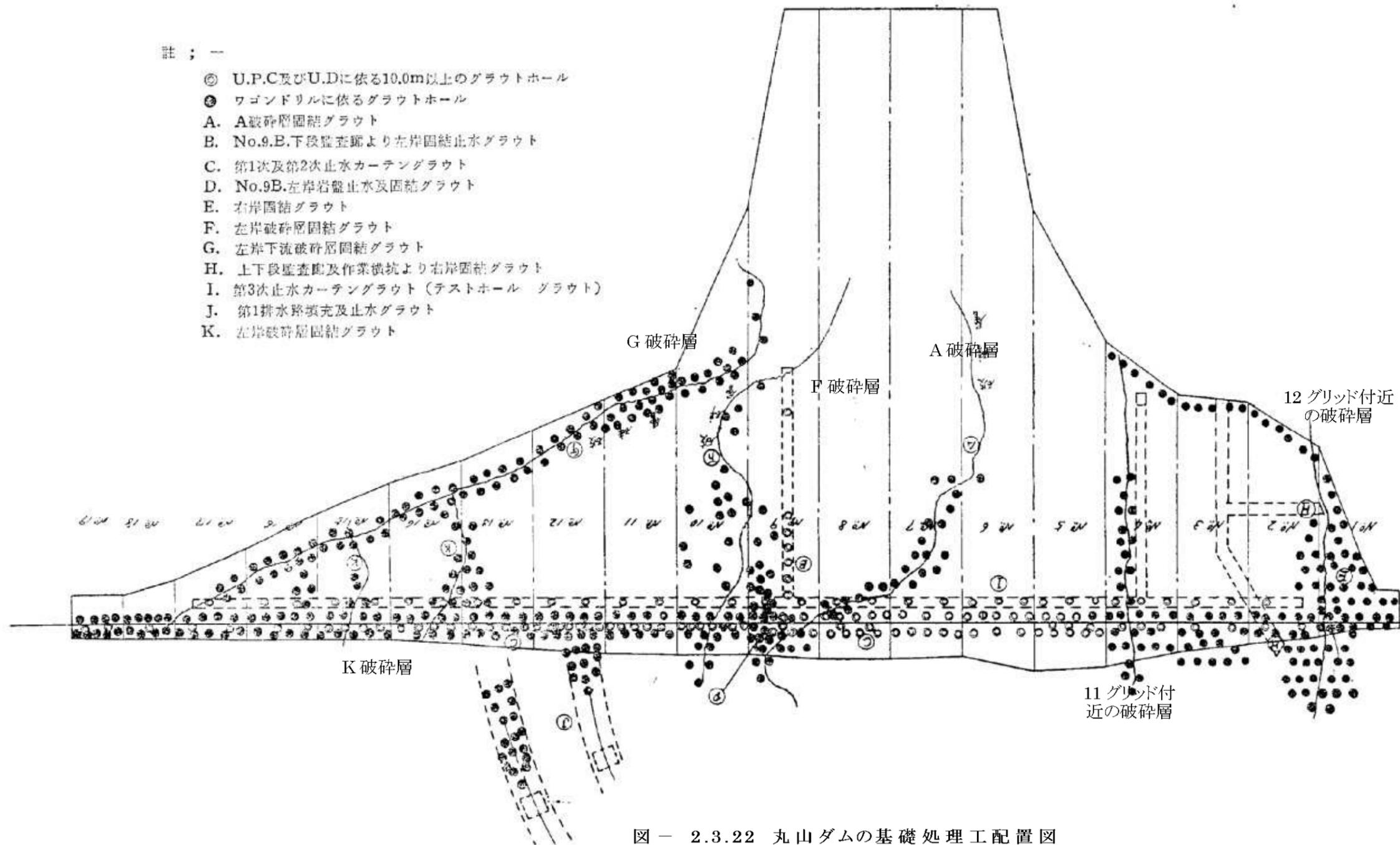


図 - 2.3.22 丸山ダムの基礎処理工配置図

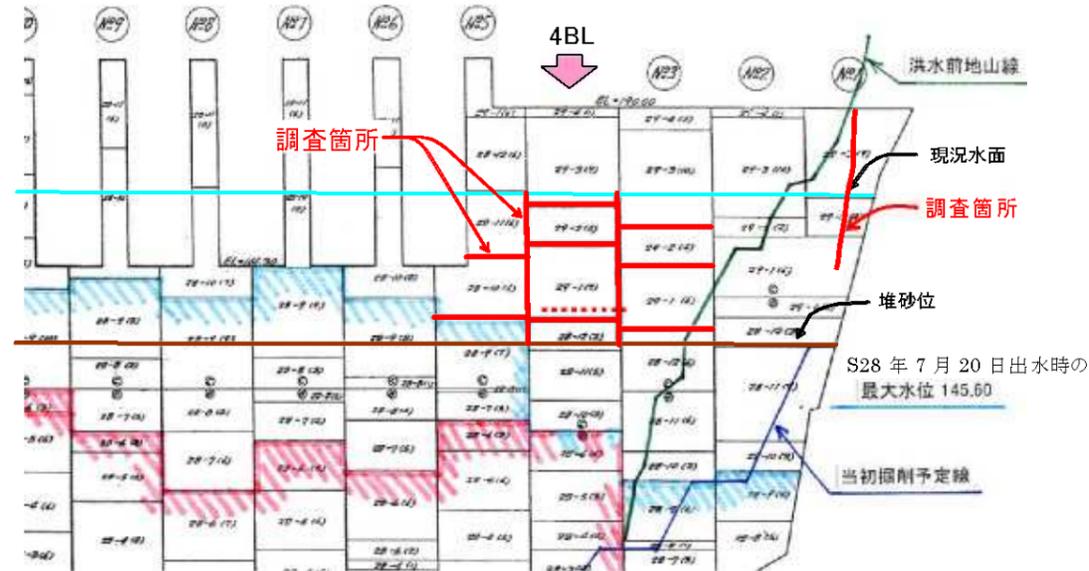
※ 「丸山発電所工事誌 土木編」に一部加筆

2.4 漏水に関する調査

2.4.1 潜水調査（堆砂位から上位標高の調査）

(1) 調査箇所

調査対象箇所を図－ 2.4.1 に示す。



図－ 2.4.1 潜水による吸込み箇所の調査箇所付近

(2) 調査方法

平成 19 年 1 月 29 日から 30 日にかけて、潜水により、調査対象範囲(図－ 2.4.2 参照)における漏水の有無の目視確認を実施するとともに、水中ビデオカメラによる撮影を行った。

漏水の有無の確認方法は、陸上でカメラアングル操作が出来る水中カメラを堤体の継ぎ目またはクラックに当て、潜水士が継ぎ目に牛乳を散布した後、拡散した牛乳が継ぎ目に吸い込まれるかどうかを目視で確認するとともに、船上においてモニターで確認し、録画を行った。

(3) 調査結果

調査実施範囲および調査状況写真を図－ 2.4.2 に示す。

調査結果は以下のとおりであった。

1) 3BL,4BL,5BL の堤体の継目

調査範囲における 3BL,4BL,5BL の堤体の継目においては、潜水士による目視確認およびモニターでは、牛乳の吸い込みは認められない。

2) 湖底と堤体の境界

堤体との境目周辺部には木の葉や枝が壁面で 1m 程度堆積しており、堆砂面は確認できなかった。また、湖水の吸い込みがあると想定されるような箇所は認められなかった。

3) 1BL のクラック

堤体の 1BL 天端から湖底まで通じるクラックがあり、漏水の有無の確認を行ったが、潜水士による目視確認およびモニターでは、牛乳の吸い込みは認められない。

水中カメラの記録映像からも漏水箇所は認められない。

4) 4BL の EL.161～164m の範囲

堤体建設時における施工継目の延長線上にあたる 4BL の EL.161～164m の範囲で水中カメラによる吸い込み確認作業を行ったが、水中の微小浮遊物の動きからも吸い込みは認められない。

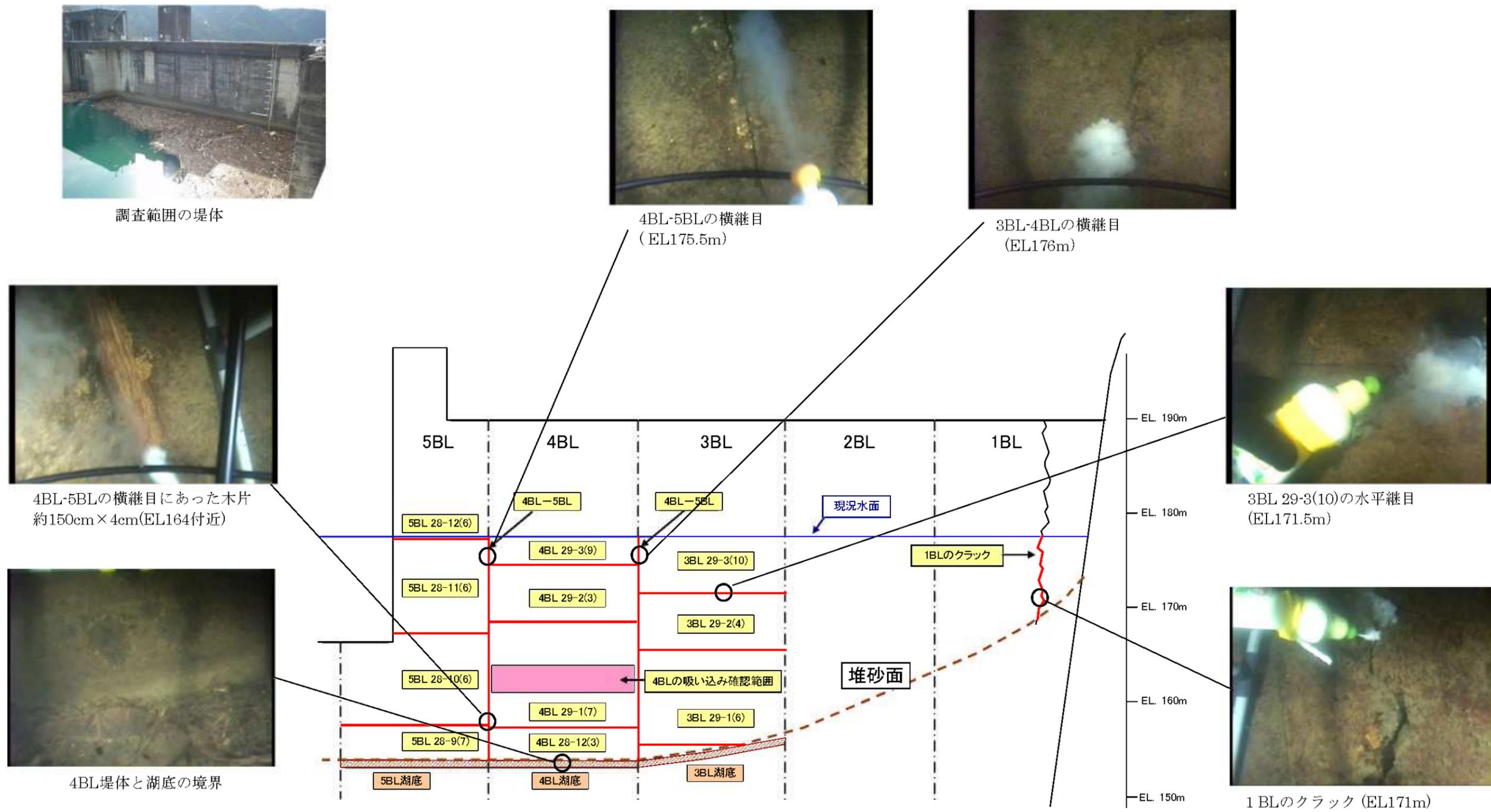


図 - 2.4.2 潜水調査実施範囲図

2.4.2 堤内排水孔の現況調査

(1) 調査方法

丸山ダムには、上流面の堤体コンクリート内に1ブロック当たり2孔の堤内排水孔が、上下方向に配置されている。水平打継目が漏水経路となっている可能性を確認するために CCD カメラにより調査を行った。

〔調査実施日〕 H19 年 1 月 24～26 日, 2 月 2 日

(2) 調査結果

平成 19 年 1 月 24 日から 26 日にかけて、3～5BL の堤内排水孔の上下方向での連続性を CCD カメラにより調査した。調査結果、調査状況および堤内排水孔の状況を図－ 2.4.3 に示す。

調査の結果、これらの管は何れもコンクリートで閉塞していた。

堤内排水孔 B1 4BL 右上方向



木片

堤内排水孔 B1 5BL 右上方向

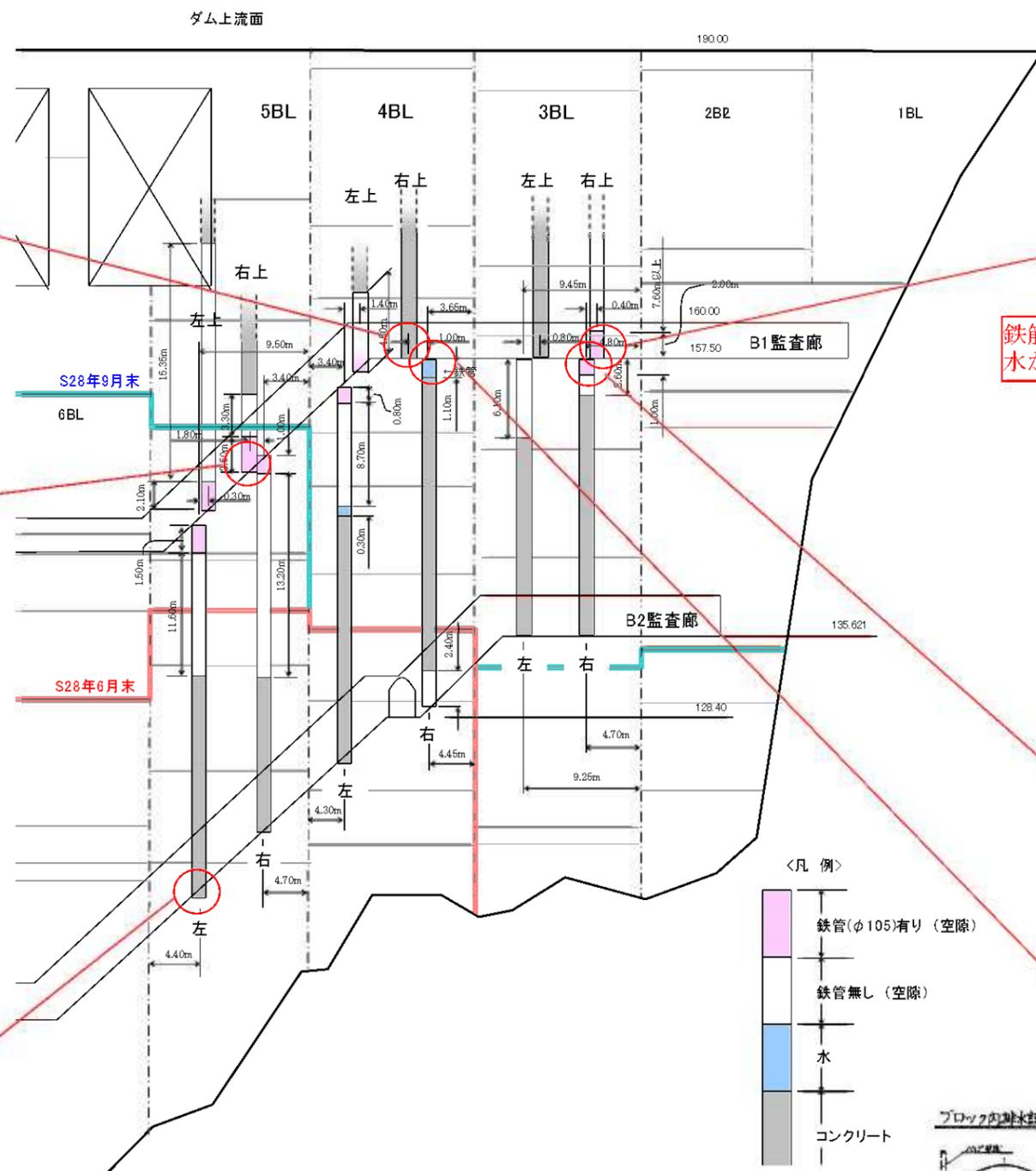


遊離石灰が付着し、カメラの挿入不可能



孔内調査器具

堤内排水孔 B2 5BL 左上方向



- ※ 3-4BL, 4-5BLの継目排水孔は、B1, B2 監査廊にてコンクリートを確認した。
- ※ B1 監査廊 3BL左 下方向 : 管内にコンクリート塊があり、孔の壁面の確認が不可能であった。
- ※ B1 監査廊 4BL右 : カメラを挿入したが、濁りで鉄管の有無の確認が不可能であった。

堤内排水孔 B1 3BL 右上方向



鉄筋に遊離石灰が付着
水が1滴ずつ落ちている



堤内排水孔 B1 3BL 右下方向



堤内排水孔 B1 4BL 右下方向



図 - 2.4.3 堤内排水孔現況調査結果

2.4.3 堤体のボーリング調査

(1) 調査箇所および調査方法

4BLの水平打継目のボーリング調査を行った。4BLの水平打継目に対して、4BLのダム天端から4BLの中央に上段監査廊を避ける位置に鉛直下方にコアボーリングを行い、ボーリング孔からの漏水の有無を確認した。また、ボーリング前後の4BLの漏水量の増減を調査した。

No.1孔:天端～EL.138m(L=52m)

H19年2月1日～8日

No.1孔:天端～EL.138m(L=52m)

H19年2月1日～8日

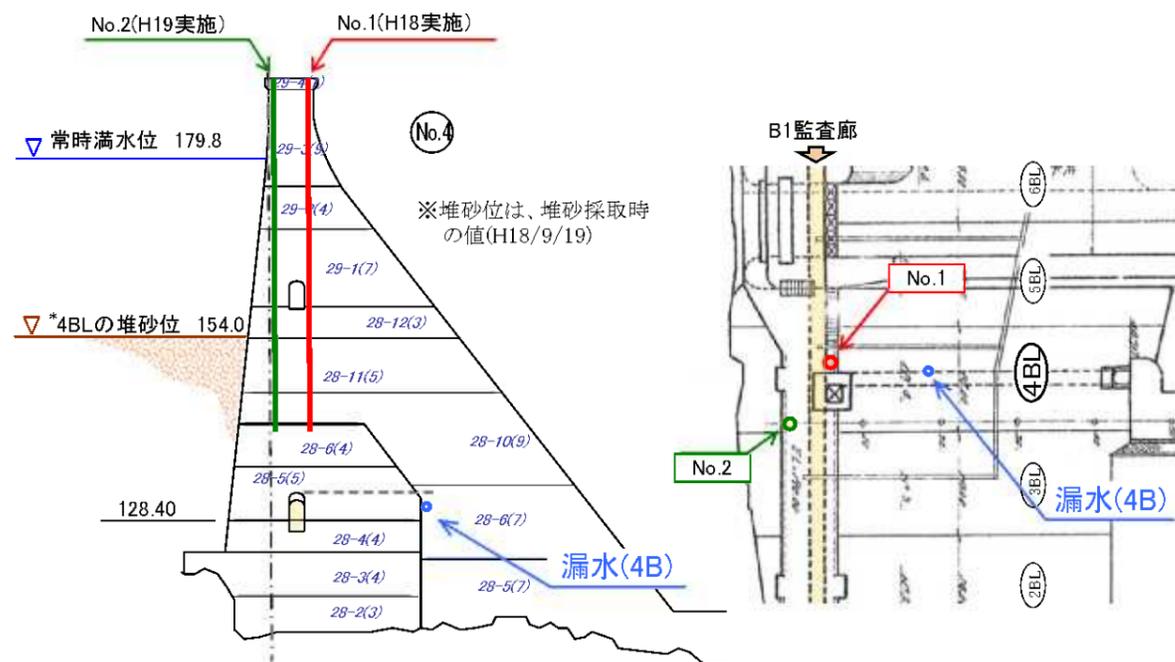


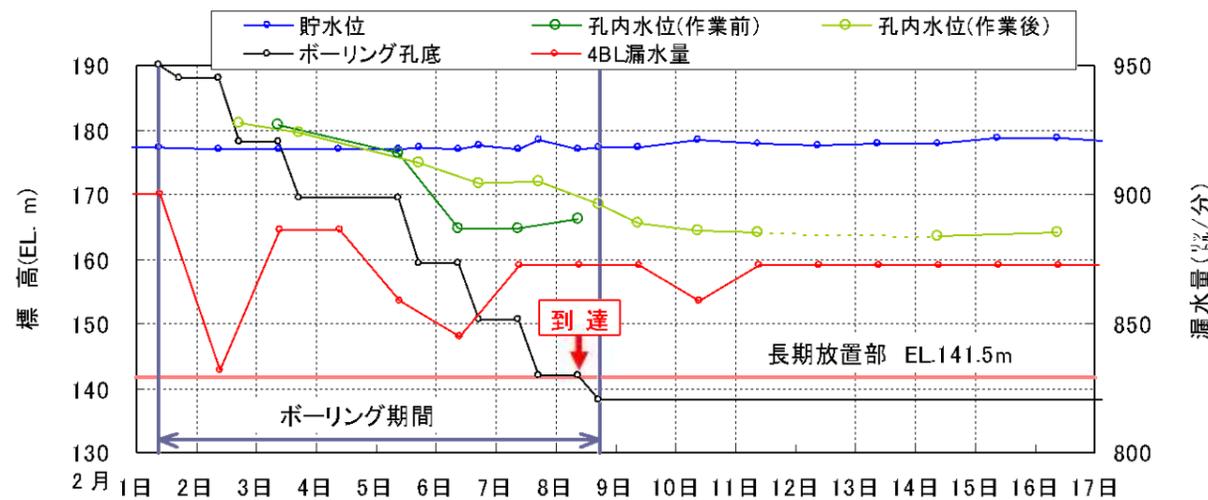
図-2.4.4 4BLの水平打継目、傾斜継目へのボーリング調査(案)

(2) 調査結果

①No.1 孔(天端～EL.178m; H18 実施)

[調査実施日] H19年2月1日～8日

平成19年2月1日から8日において、ダム天端水平打継目直下の EL.178m までのボーリング調査を実施した。この間の全漏水量、ボーリングの深度、貯水位および孔内水位の経時変化を図－2.4.5 に示す。表－2.4.1 写真－2.4.1 に示すとおり削孔中において堤体上下流面および監査廊から軽微な漏水が認められたが、図－2.4.5 に示すとおり、削孔に伴う4BL 漏水の明瞭な変化は認められない。ボーリング孔内水位については、2月4日までは作業前水位と作業後の水位がほぼ同じであるが、5日の削孔完了後は翌日の作業前水位 EL.163.5～164.5m 付近(ボーリング作業完了後の安定した孔内水位とほぼ同じ)まで下がっており、5日の掘削範囲である EL.169.45～159.40m 間には水が抜ける区間があると考えられる。



図－2.4.5 ボーリング調査中における孔内水位および貯水位の経時変化

また、コア観察およびボアホールカメラによる観察により、180.85m 付近および 164.4m 付近において亀裂が確認されている(「丸山発電所ダム堤体ボーリング調査工事報告書(H19.3)」より)ほか、177.8m 付近で施工時のジャンカと思われる空隙が確認された。164.4m の亀裂については、上述の EL.169.45～159.40m 間の掘削による水抜けとの関連がある可能性があるが、いずれも削孔に伴う水の噴出しや上昇はなく、4BL 漏

水との関連性は無いと考えられる。

また、今回のボーリングでは、141.5m 付近は密着しており、施工時における長期放置部の打継目は確認できなかった。

表－2.4.1 ボーリング調査中における堤体からの漏水等の状況

	ボーリング孔底 (EL. m)	漏水等確認状況				
		堤体上流面漏水 EL.180.8m付近	堤体下流面漏水 EL.176.0m付近 EL.180.0m付近		B1監査廊漏水 エレベーター前	B1監査廊しみだし 側壁
2月5日	169.45	●				
2月6日	150.70	●	●			
2月7日	142.00	●	●	●	●	●
2月8日	138.00	●	●	●	●	●

※ ●は漏水またはしみだしが確認されたことを示す。

堤体上流面 180.8m付近より漏水



堤体下流面 180.0m付近・176.0m付近より漏水



B1 監査路エレベーター前漏水



B1 監査路側壁部からのしみだし



写真－2.4.1 ボーリング調査中における堤体からの漏水等の状況

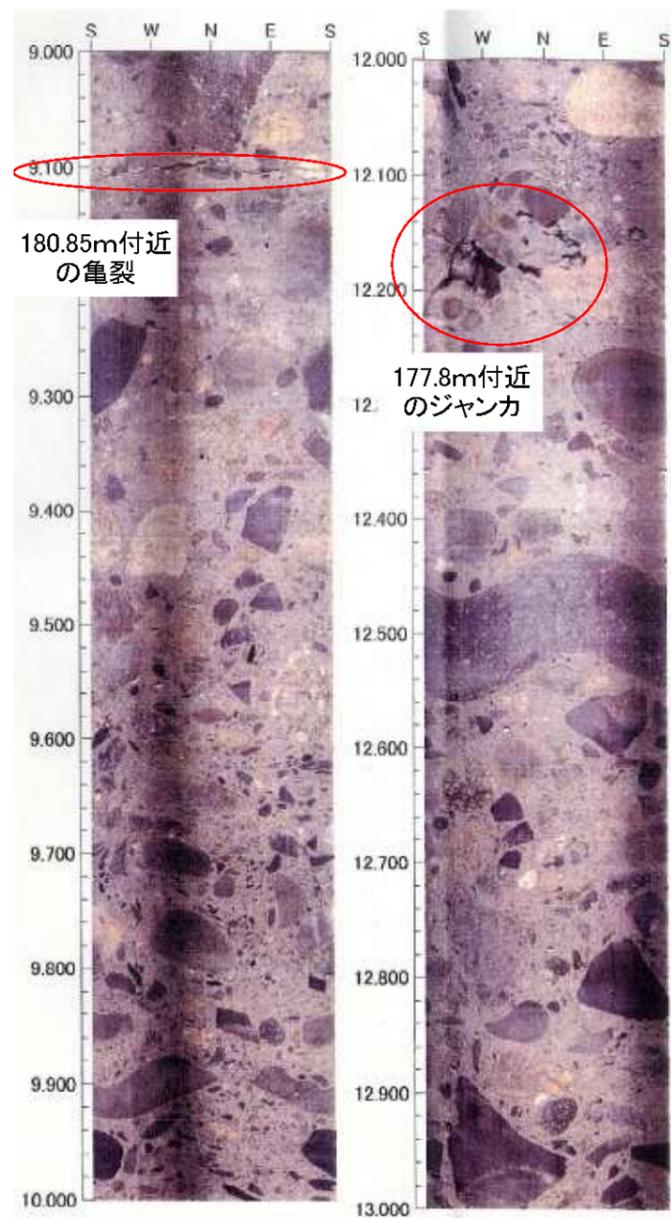


写真 - 2.4.2 ボアホールカメラの映像 (1/2)

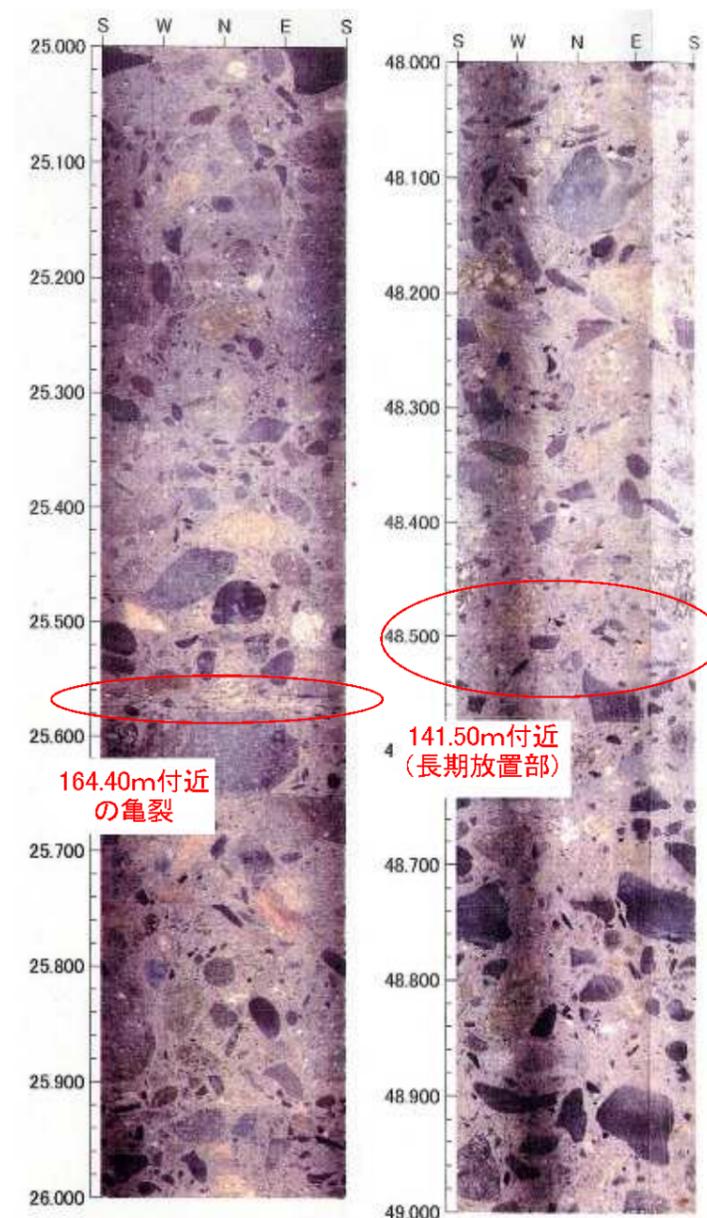


写真 - 2.4.3 ボアホールカメラの映像 (2/2)

②No.2 孔 (H19 実施)

【調査実施日】 H19年8月10日～15日

平成19年8月10日から15日において、水平継目直下の EL.140m までのボーリング調査を実施した。この間の全漏水量、ボーリングの深度、貯水位および孔内水位の経時変化を図-2.4.6 に示す。削孔中において堤体上下流面および監査廊からの漏水は認められず、削孔に伴う 4BL 漏水の変化も認められない。ボーリング孔内水位についても作業前水位、作業後ともほぼ一定であり、特に水が抜ける区間は認められなかった。

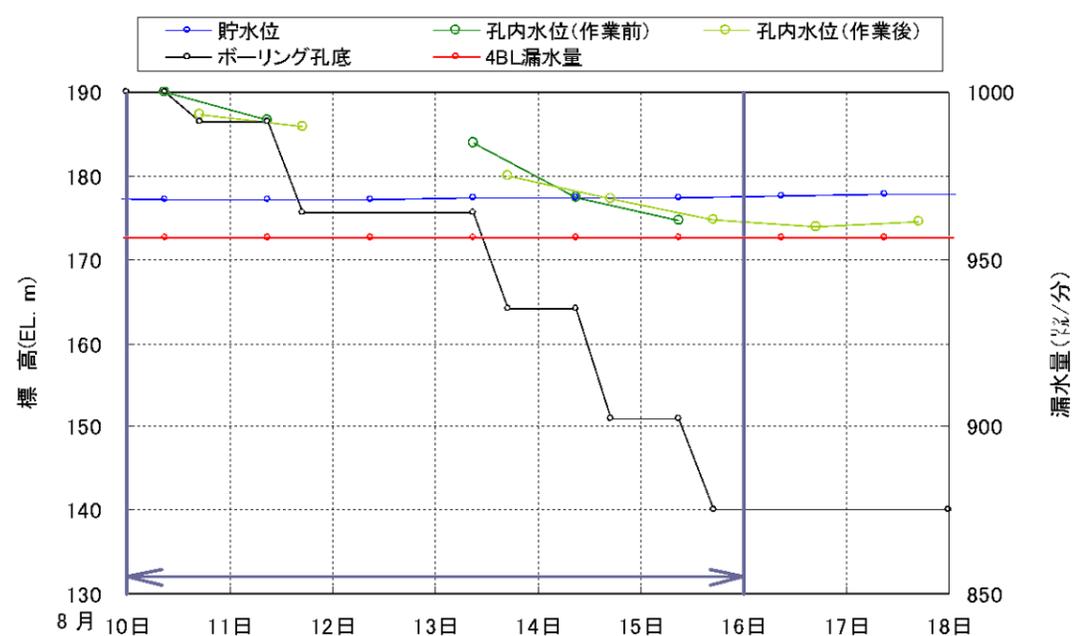


図-2.4.6 ボーリング調査中における構内水位および貯水位の経時変化

また、コア観察およびボアホールカメラによる観察により、186.7m、179.15m、166.6m 付近において亀裂が確認されている(「丸山発電所ダム堤体ボーリング(Ⅱ期)調査工事報告書(H19.8)」より)ほか、170.2m 付近に 2mm 程度の鉄板を挟んでいるのが確認されたが、いずれも削孔に伴う水の噴出しや上昇はなく、4BL 漏水との関連性は無いと考えられる。

また、今回のボーリングでは、141.5m 付近は密着しており、施工時における長期放置部の打継目は確認できなかった。

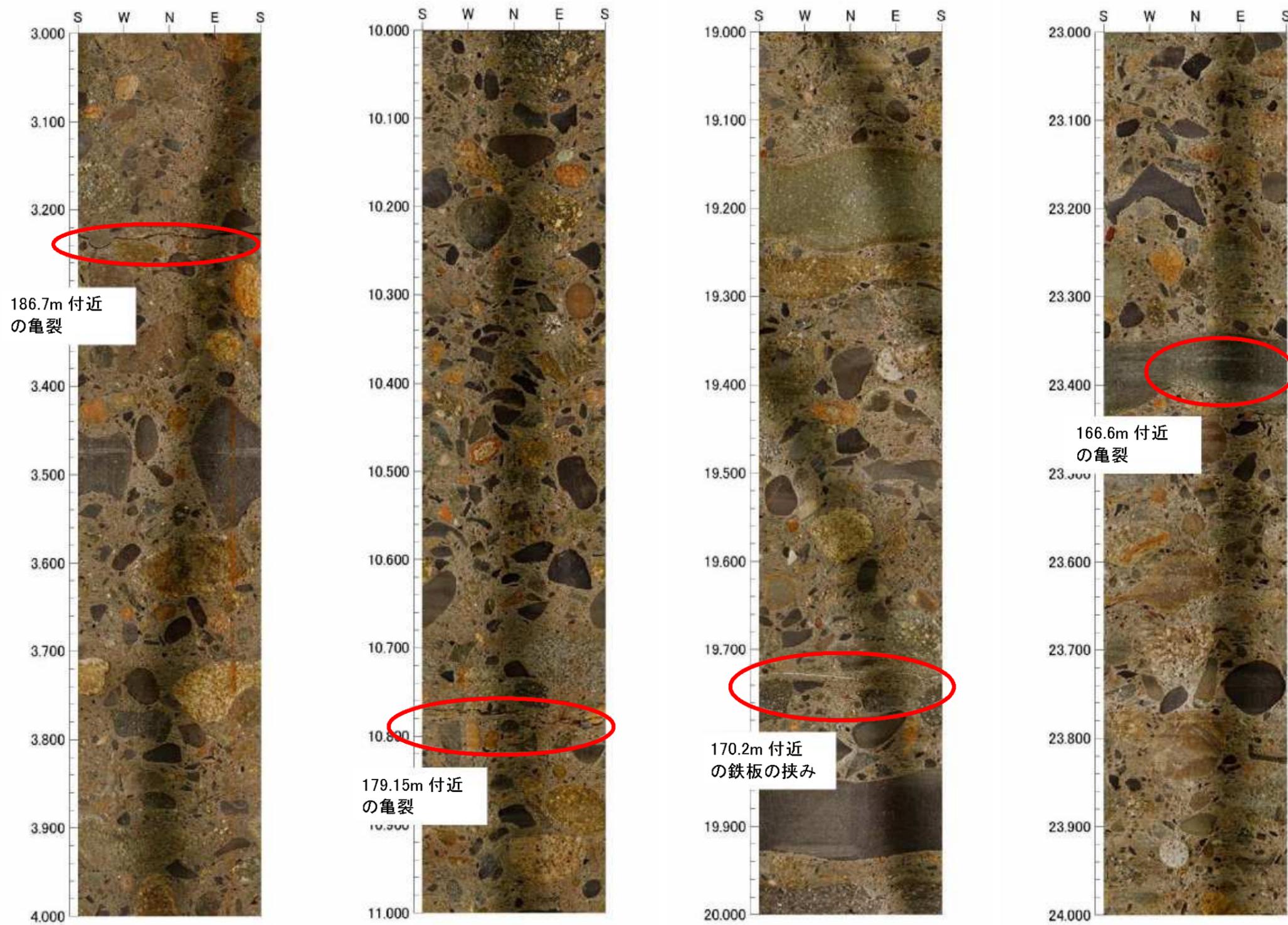


写真 - 2.4.4 ボアホールカメラの映像

2.4.4 基礎岩盤のボーリング調査

(1) 調査箇所および調査方法

前項の4BLの天端から掘削したボーリング孔から引き続き、鉛直下方に着岩部のコアボーリングを行う。

No.1孔(H18実施):EL.138m～着岩(113.75m)～109m

No.2孔(H19実施):EL.140m～着岩(120.45m)～117m

- ・ボーリング孔を利用して、ボアホールカメラ観察、水押試験を行う。(No.1孔、No.2孔)
- ・ボーリング孔を利用して、揚水試験、孔内水の簡易水質分析を行う。(No.1孔)
- ・ボーリング孔から漏水があった場合は、ボーリング孔からの漏水量を測定し、ボーリング前後の4BLの漏水量の増減との関係を把握する。また、ボーリング孔の開閉による4BLの漏水量の変化を調査する。

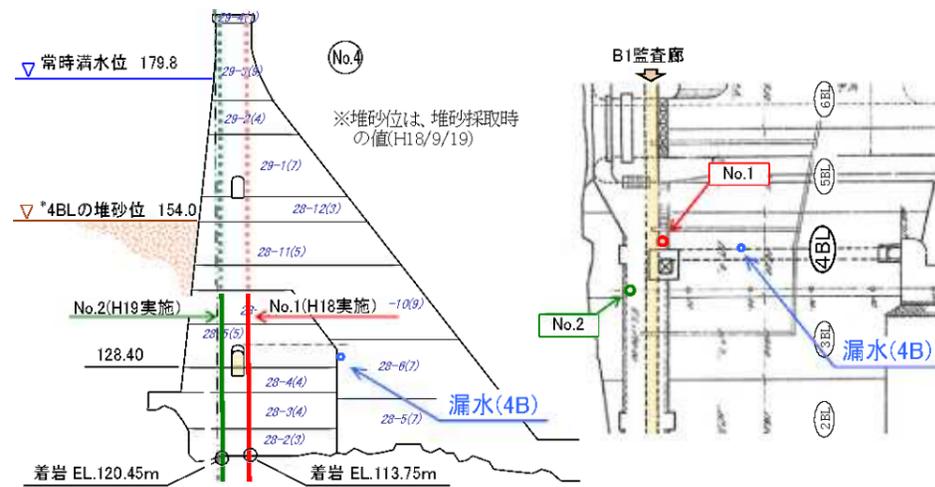


図 - 2.4.7 4BLの堤体着岩部へのボーリング調査(案)

表 - 2.4.2 堤体着岩部の調査項目

調査	調査箇所	作業内容	評価方法
4BLの着岩部のボーリング調査	No.1孔(H18実施) φ66, L=26m, 鉛直下方	・コアボーリング ・ボアホールカメラ観察 ・水押試験 ・揚水試験 ・簡易水質分析	
	No.2孔(H19実施) φ66, L=26m, 鉛直下方	・コアボーリング ・ボアホールカメラ観察 ・水押試験	

(2) 調査結果

①No.1孔(H18年度実施)

[調査実施日] H19年2月1日～8日

平成19年2月22日から26日においてEL.138m～着岩(113.75)～109mのボーリング調査を実施し、コア観察、ボアホールカメラによる観察、水押試験、揚水試験、簡易水質分析を実施した。

1) ボーリング実施中における孔内水位の変化

ボーリング実施中および前後における漏水量、ボーリングの深度、貯水位および孔内水位の経時変化は図 - 2.4.8 に示すとおりである。堤体コンクリート内の掘進では明瞭な漏水量との関係は見られない。なお、コンクリート掘進中には孔内水位の低下は認められずコンクリート内で水の抜ける箇所は無かった。

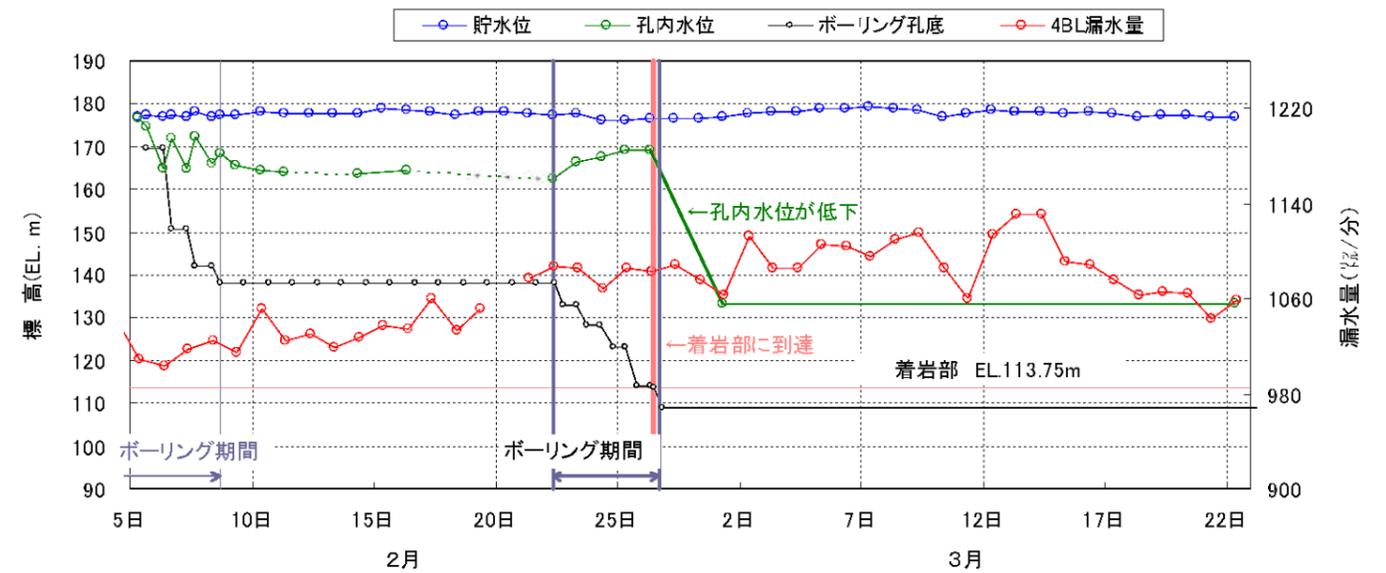


図 - 2.4.8 ボーリング調査前後における孔内水位および貯水位の経時変化

一方、孔内水位は着岩後に低下し、およそEL.133m付近で安定した。これは、岩盤内の浸透水圧とバランスした結果と考えられる。(浸透水圧 = EL.133 - EL.113.75 = 20m)

2) ボーリングコア観察結果およびボアホールカメラによる観察結果

コア観察の結果では、堤体内に開口した打継目は認められなかった。また着岩部も密着している。

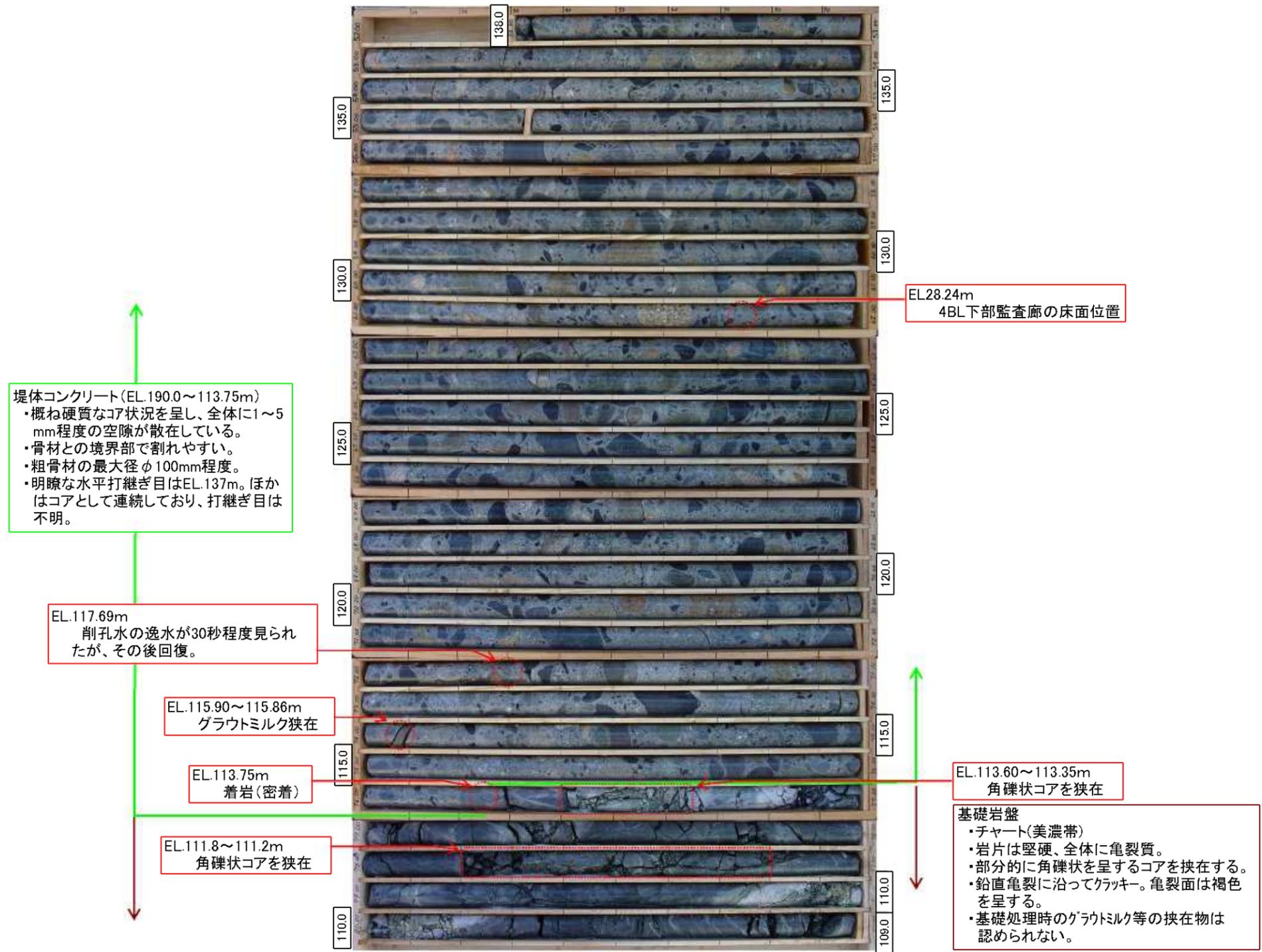


写真 - 2.4.5 ボーリングコアの観察結果

また、ボアホールカメラによる観察結果の概要は以下のとおりである、「丸山ダム堤体内ボーリング調査報告書(H19年3月)」より

- A) ボーリングコアで確認できなかった施工時の打継目が確認されたが(EL.132.45, 129.40, 123.60, 122.05, 120.65, 116.15m 付近)、いずれも密着している。
- B) EL.127.90m および 117.70m 付近で施工時のジャンカと考えられる開口亀裂が確認された。
- C) EL.113.75m 付近(着岩部)は密着している。
- D) 着岩後の岩盤は亀裂質でヘアクラックが多数認められる。これらの割れ目系はグラウトで充填されており、施工時の基礎処理の成果が確認された。
- E) EL.111.8m～111.7m 付近は礫状コアを呈しコア観察ではグラウトが確認できなかったが、ボアホールカメラによる観察ではグラウトによる充填が確認できた。
- F) 明瞭な亀裂系は概ね東西方向の走行を示し、施工時に確認されている断層破碎帯の走行にほぼ一致する。

以上より、コア観察とボアホールカメラ観察からは漏水と関連するような現象は認められなかった。

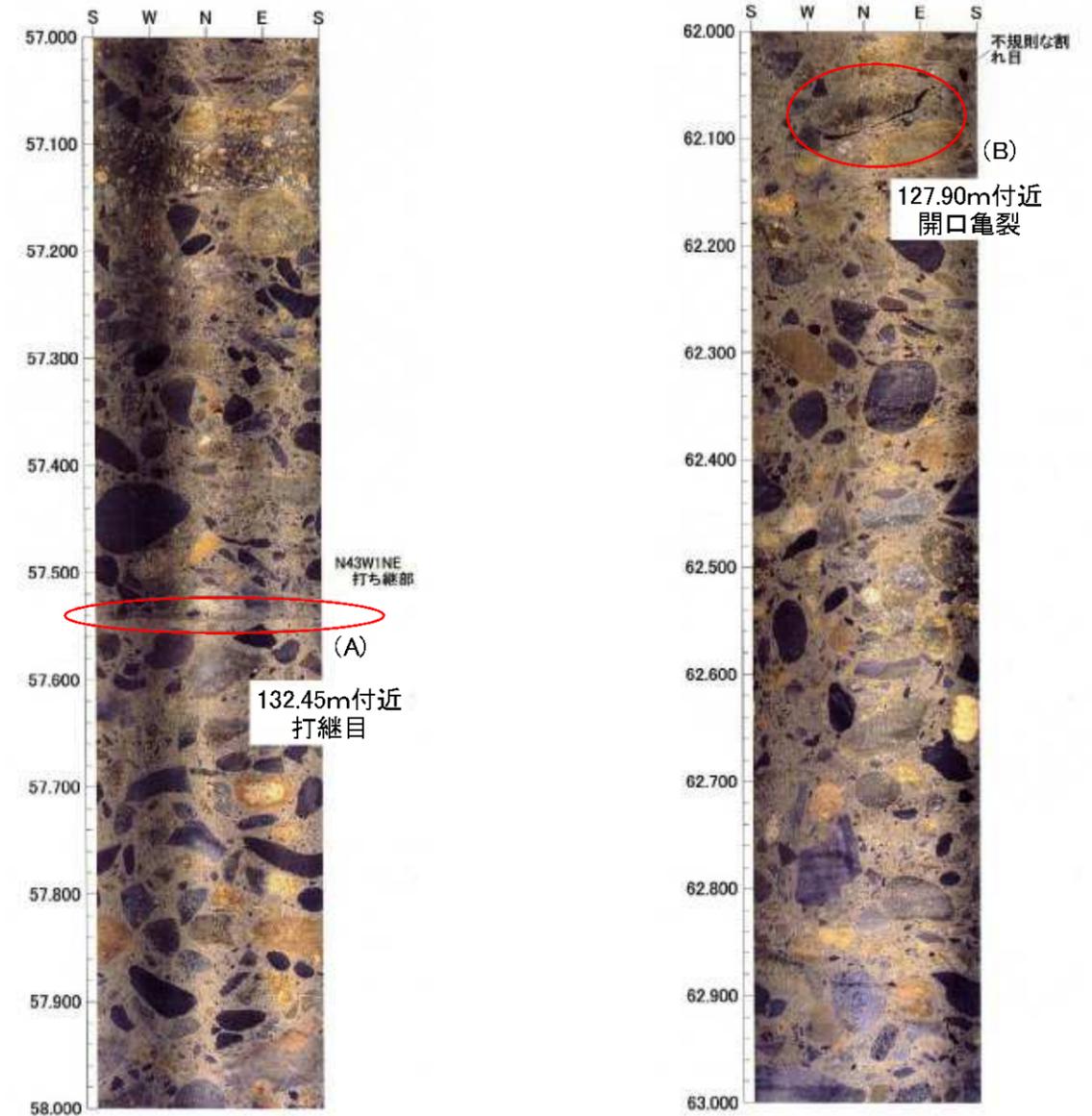


写真 - 2.4.6 ボアホールカメラの映像(1/3)

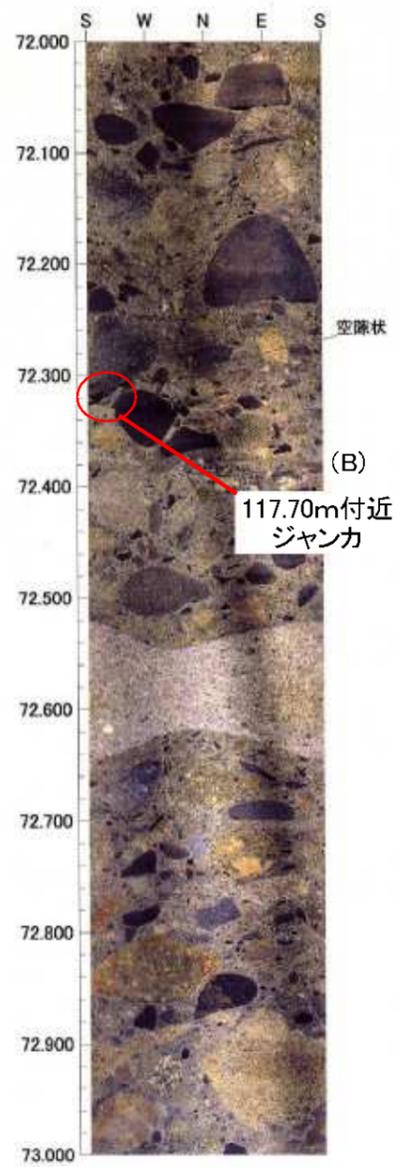


写真 - 2.4.7 ボアホールカメラの映像 (2/3)

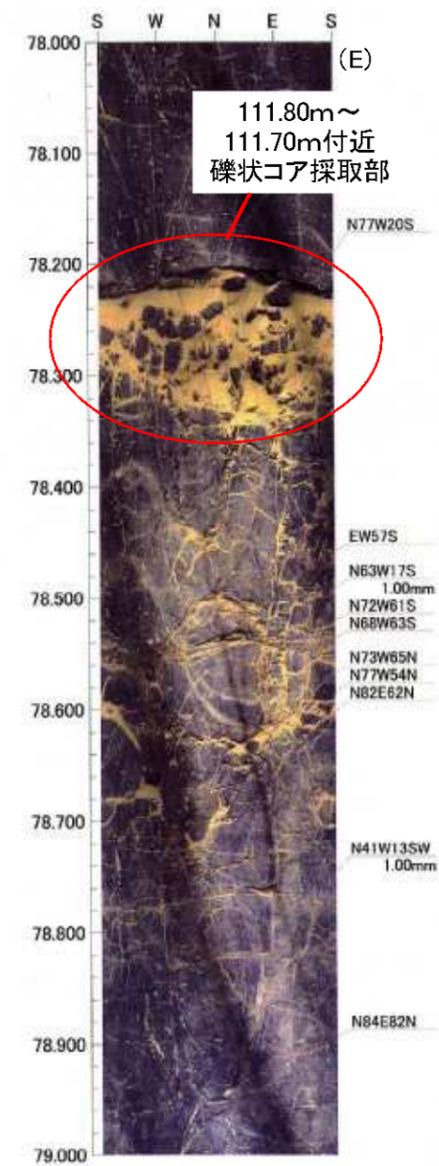
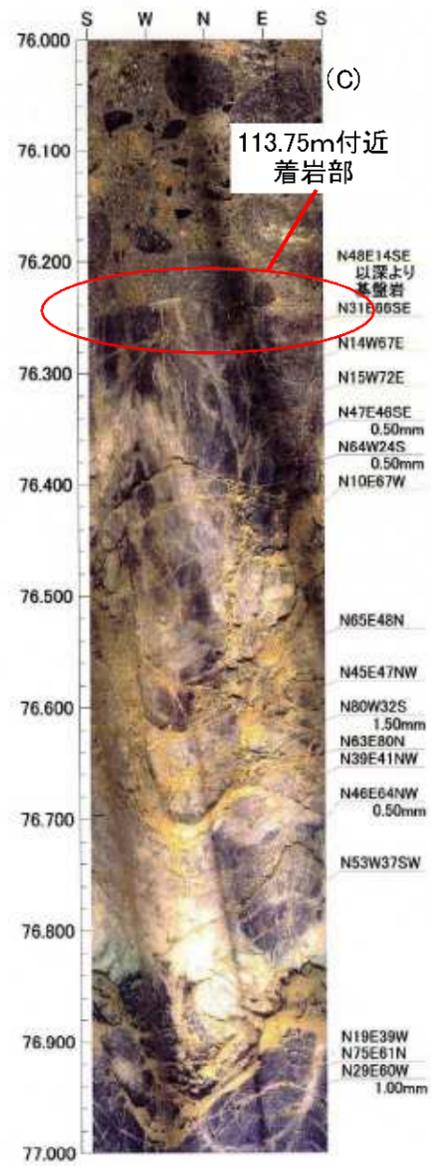


写真 - 2.4.8 ボアホールカメラの映像 (3/3)

3) 水押試験結果

水押試験の結果を表－ 2.4.3 に示すが、堤体コンクリート内では Lu 値は 0 (透水係数は $10^{-7} \sim 10^{-8}$ オーダー)、基礎岩盤で Lu 値 0.1 (透水係数は 10^{-6} オーダー)、程度であり、漏水経路を類推させるような透水性を示す箇所は認められなかった。

表－ 2.4.3 ボーリング孔内の水押試験結果

区分	試験区間(EL.m)	注入量(ml/min)	Lu値	透水係数(cm/s)	記 事
堤 体 コンクリート	138.0 ~ 133.0	26	0.0	3.74E-0.7	
	129.0 ~ 128.0	0	0.0	0	コアで割目がない区間で実施
	130.0 ~ 128.0	0	0.0	0	コアで割目がない区間で実施
	133.0 ~ 128.0	14	0.0	6.29E-0.8	4BL下部監査廊上部付近
	138.0 ~ 128.0	40	0.0	1.14E-0.7	チェックとして10m区間で実施
	128.0 ~ 123.0	50	0.0	2.09E-0.7	4BL下部監査廊下部付近
	123.0 ~ 118.0	12	0.0	4.67E-0.7	
	118.0 ~ 114.0	16	0.0	7.02E-0.7	着岩(EL.113.75m)直上
岩 盤	114.0 ~ 109.0	430	0.1	1.48E-0.6	岩盤部

4) 揚水試験(回復法)結果

基礎監査廊(B2 監査廊)標高付近(EL.128m)まで削孔した段階で、削孔前に孔内水位を 5m (EL.167.4 → 162.4m) 低下させて、回復量を確認した。結果は表－ 2.4.4 のとおりであり、水位変動は極めて小さいものであった。

表－ 2.4.4 揚水試験(回復法)結果

試験日	ボーリング孔底(EL. m)	水位低下量(cm)	回復量(cm)	揚水量(ml/min)	Lu値換算	透水係数(cm/s)	貯水池水位(EL. m)
2月24日	128	500	7.5/20分	12.82	0.0	1.23E-07	176.11

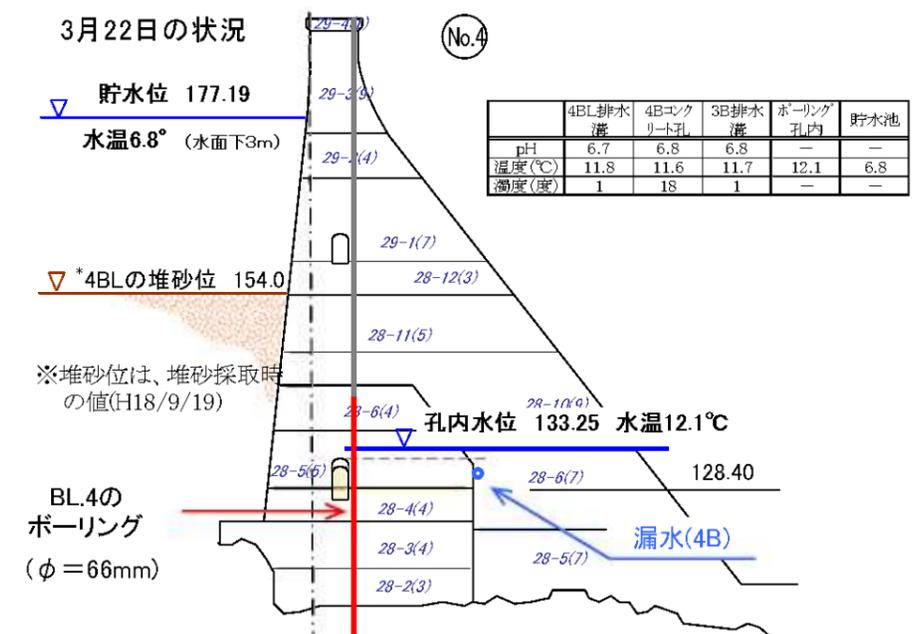
5) 簡易水質分析結果

堤体内漏水、貯水池およびボーリング孔内の水について、携帯式の簡易水質測定器により、水素イオン濃度および電気伝導度を測定した結果を表－ 2.4.5 に示す。ボーリング孔内の水質は、コンクリート削孔の影響で貯水池等との関連を比較出来る値では無かったが、4BL 漏水は貯水池内の水質と異なる結果であった。

表－ 2.4.5 簡易水質試験結果

測定日	測定場所	水素イオン濃度 pH	電気伝導度 EC(mS/m)	備 考
2月24日	貯水池表面	9.16	8.89	
	ボーリング孔内	12.00	110.40	
	4BL三角堰	6.34	36.50	
2月25日	貯水池表面	9.41	7.51	水温6.7℃, 気温9.7℃
	貯水池湖底	9.02	7.40	水温6.6℃

以上のとおり、No.1 ボーリングでは、基礎岩盤および堤体着岩部付近を含め、EL.138m 以下の堤体内には4BL漏水との関連性が示唆されるような箇所は確認できなかった。参考として、直近の3月22日の貯水位とボーリング孔内水位の関係等を図－ 2.4.9 に示す。



図－ 2.4.9 平成 19 年 3 月 22 日における状況

②No.2 孔 (H19 年度実施)

[調査実施日] H19 年 10 月 23 日～26 日

平成 19 年 10 月 23 日から 26 日において EL.140m～着岩(120.45)～117m のボーリング調査を実施し、コア観察、ボアホールカメラによる観察、水押試験を実施した。

1) ボーリング実施中における孔内水位の変化

ボーリング実施中および前後における漏水量、ボーリングの深度、貯水位および孔内水位の経時変化は図 2.4.10 に示すとおりである。堤体コンクリート内の掘進では明瞭な漏水量との関係は見られない。なお、コンクリート掘進中には孔内水位の低下は認められずコンクリート内で水の抜ける箇所は無かった。

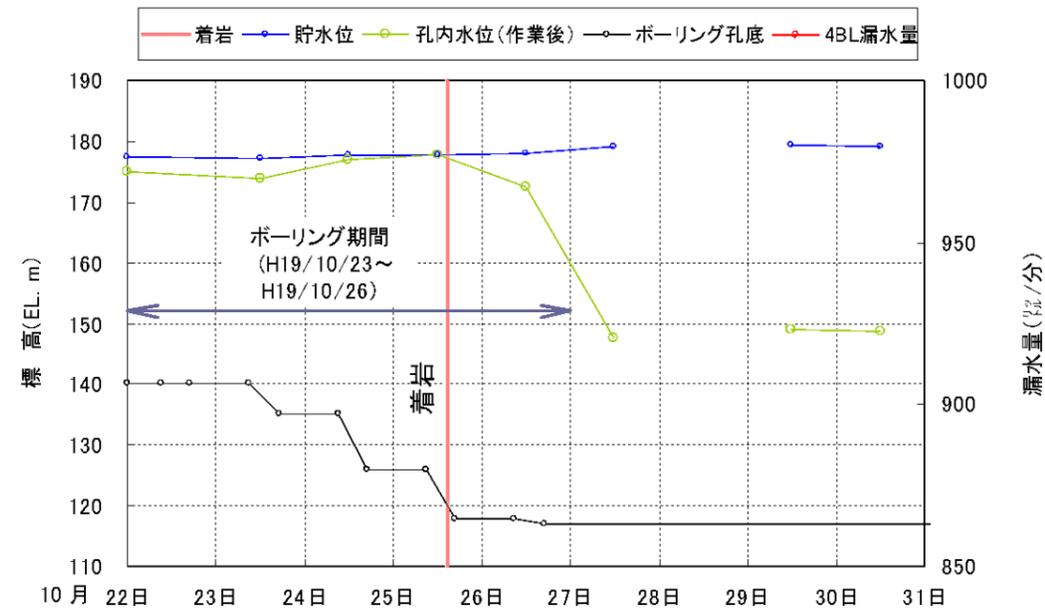


図 2.4.10 ボーリング調査前後における孔内水位および貯水位の経時変化

一方、孔内水位は着岩後に低下し、およそ EL.149m 付近で安定した。これは、岩盤内の浸透水圧とバランスした結果と考えられる。(浸透水圧 = EL.149 - EL.120.45 = 28.5m)

なお、ボーリング掘進中において、監査廊内の湧水箇所、ダム上下流面の湧水状況を確認したが、ダム上下流面の打継部を除けば、ボーリング施工時に湧水量の増加や、新たな湧水箇所の出現は認められなかった。

ボーリング開始前(10/23 9:00)



ダム上流側
H19.10.23 AM9:00 (掘進開始前)
湧水なし



ダム下流側
H19.10.23 AM9:00 (掘進開始前)
湧水なし

ボーリング作業時(10/25 9:00)



ダム上流側
H19.10.24 PM5:00 (L=64.0m掘進)
打ち継ぎ部より湧水滲む(↓部)



ダム下流側
H19.10.24 PM5:00 (L=64.0m掘進)
打ち継ぎ部より湧水滲む(↓部)



ダム下流側(拡大)
H19.10.24 PM5:00 (L=64.0m掘進)
打ち継ぎ部より湧水滲む(↓部)

写真 2.4.9 ボーリング調査中における堤体からの漏水等の状況

2) ボーリングコア観察結果およびボアホールカメラによる観察結果

コア観察の結果では、堤体内に開口した打継目は認められなかった。また着岩部も密着している。

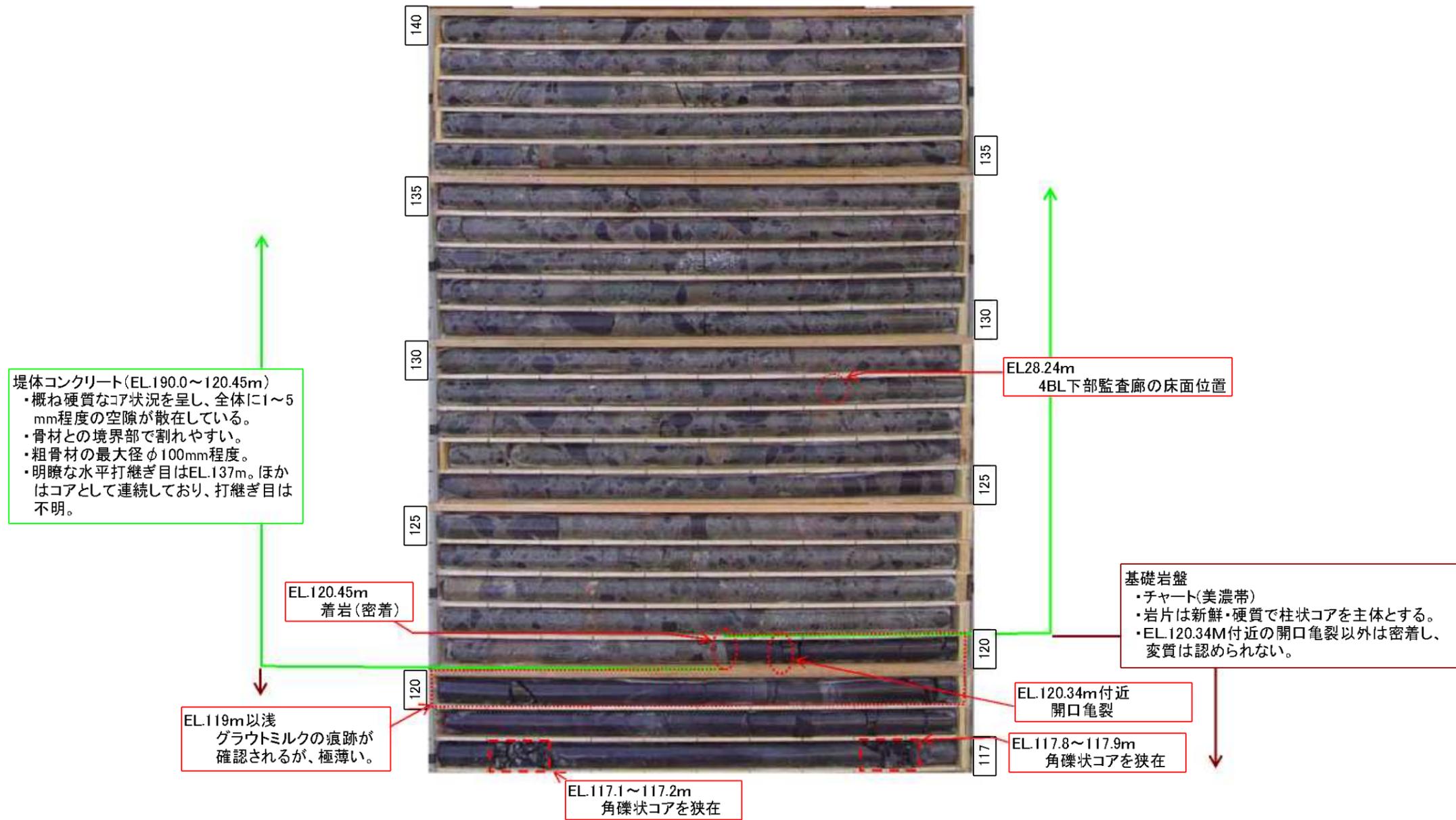


写真 - 2.4.10 ボーリングコアの観察結果

また、ボアホールカメラによる観察結果の概要は以下のとおりである、「平成19年度 新丸山ダムダムサイト 周辺地質調査業務 堤体調査報告書(H19年3月)」より)

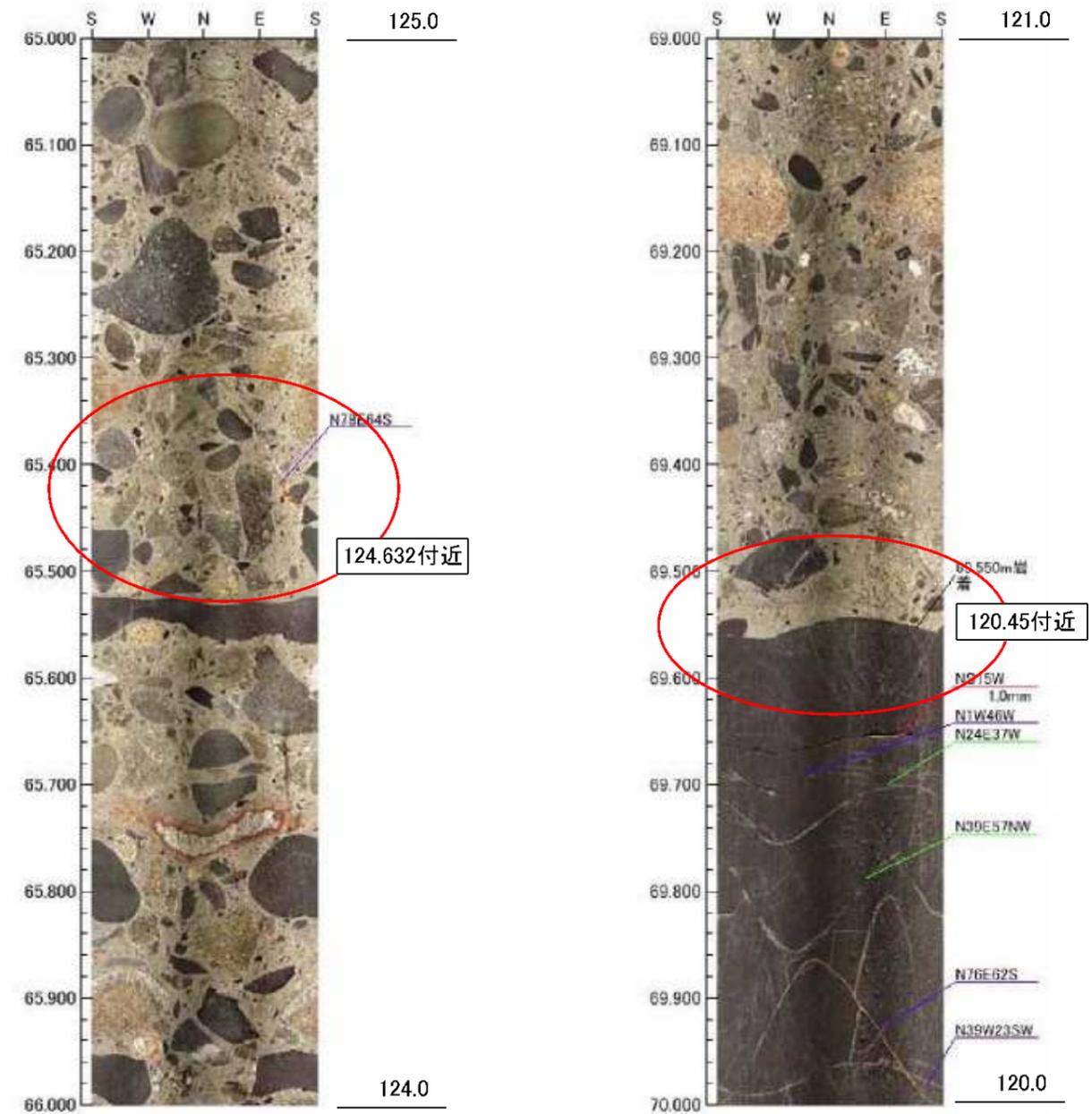
<堤体コンクリート>

- A) 観察深度(117.12~142.00m)において、監査廊内の漏水原因となるような開口亀裂は確認されなかった。
- B) 明瞭な打継目については、確認されていない。
- C) 124.632m に不規則な亀裂を確認できているが、開口はない。
- D) 120.45m の着岩部は密着している。

<岩盤>

- E) 着岩後の亀裂は、ヘアクラックが主体である。
- F) 亀裂間には、充填物が認められる。丸山ダム施工時における基礎処理のグラウトと推定される。
- G) 不連続面は、概ね東西方向(河川の上下流方向)の走行を示す。

以上より、コア観察とボアホールカメラ観察からは漏水と関連するような現象は認められなかった。



写真一 2.4.11 ボアホールカメラの映像(1/2)

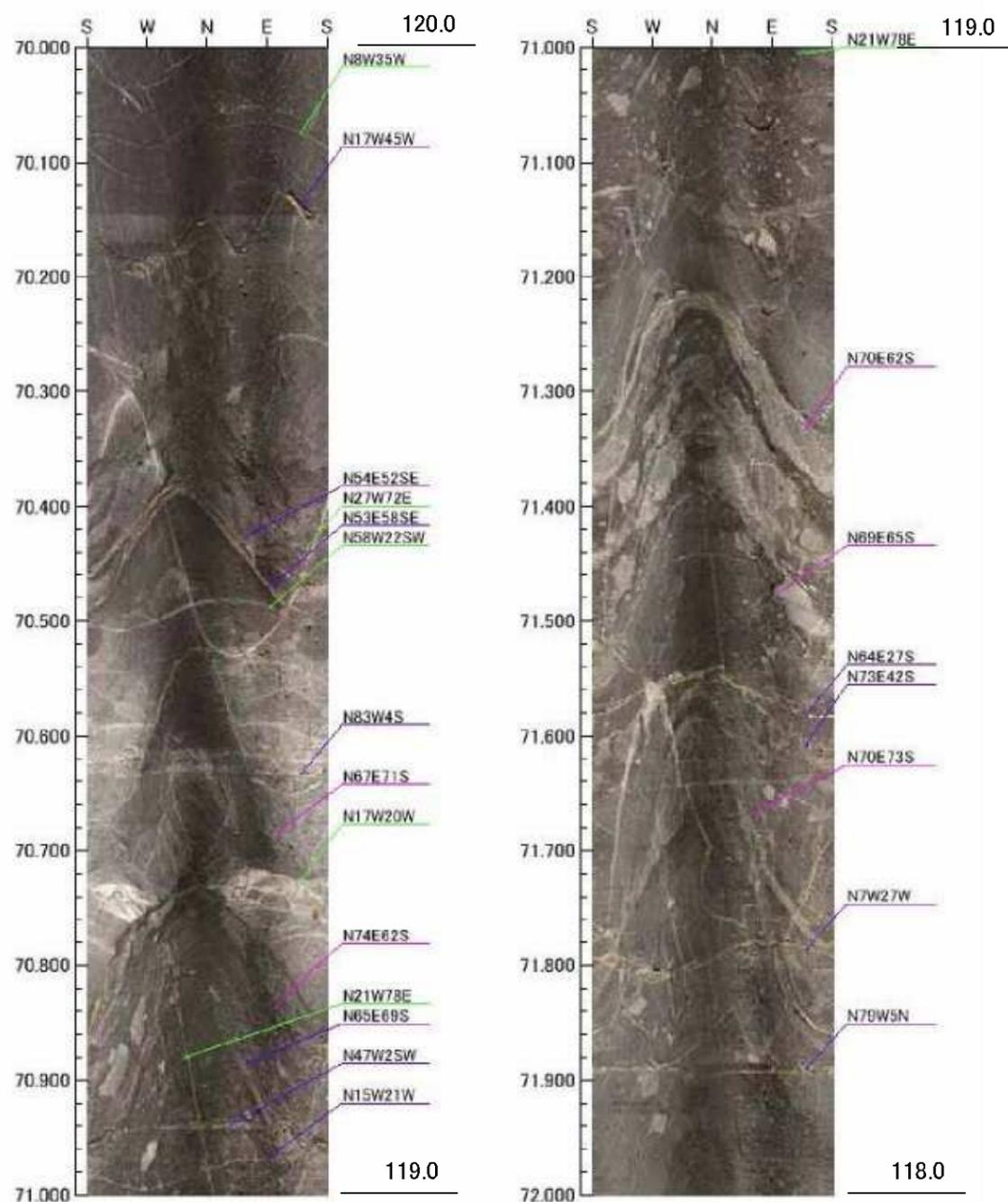


写真 - 2.4.12 ボアホールカメラの映像 (2/2)

3) 水押試験結果

着岩標高(EL120.45m.)付近の EL.117m~122m (堤体および基礎岩盤)において水押試験を実施した。結果の概要は、以下のとおりである。(「平成 19 年度 新丸山ダムサイト周辺地質調査業務 堤体調査報告書」より)

- ・ 静水圧において注入量の増加が認められた。
- ・ 限界圧力は 0.5MPa と判断される。
- ・ P-Q 曲線より求められる換算 Lu 値は $Lu'=1.5$ である。ダムの基礎処理改良目標値(2Lu 以下)を下回っており、ダム基礎として問題ない。
- ・ 昇降段階はほぼ同経路である。岩盤中の亀裂は、送水により緩みが生じたと推定される。

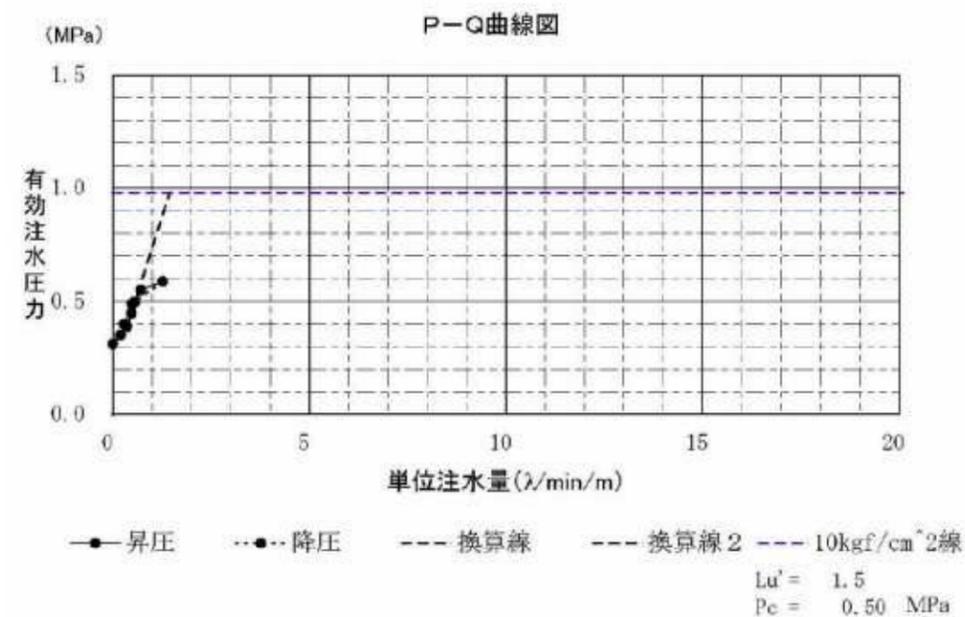


図 - 2.4.11 静水圧による P-Q 曲線

以上のとおり、No.2 ボーリングでは、基礎岩盤および堤体着岩部付近を含め、EL.140m 以下の堤体内には4BL漏水との関連性が示唆されるような箇所は確認できなかった。

2.4.5 4BL 監査廊のボーリング調査

(1) 調査方法

4BL の漏水箇所周辺において以下に示すコアボーリング調査を行い、ボーリング孔からの漏水の有無を確認した。また、ボアホールカメラによりコンクリートおよび岩盤の状況を確認した。

なお、ボーリングに先立ち、漏水箇所のカバー等を一時撤去し、漏水状況の写真撮影等を実施している。

C-1 孔:4BL 監査廊漏水箇所上流約 7.5m において斜下方向 6° (右岸向き), L=20m

H20 年 7 月 22 日～7 月 26 日

B 孔:4BL 監査廊漏水箇所上流約 0.6m において斜下方向 6° (上流向き), L=8m

H20 年 7 月 30 日～7 月 31 日

A 孔:4BL 監査廊漏水箇所上流約 0.5m において水平方向(右岸向き), L=8m

H20 年 7 月 28 日～7 月 30 日

C-2 孔:4BL 監査廊漏水箇所下流約 3.5m において斜下方向 6° (右岸向き), L=20m

H20 年 7 月 31 日～8 月 5 日

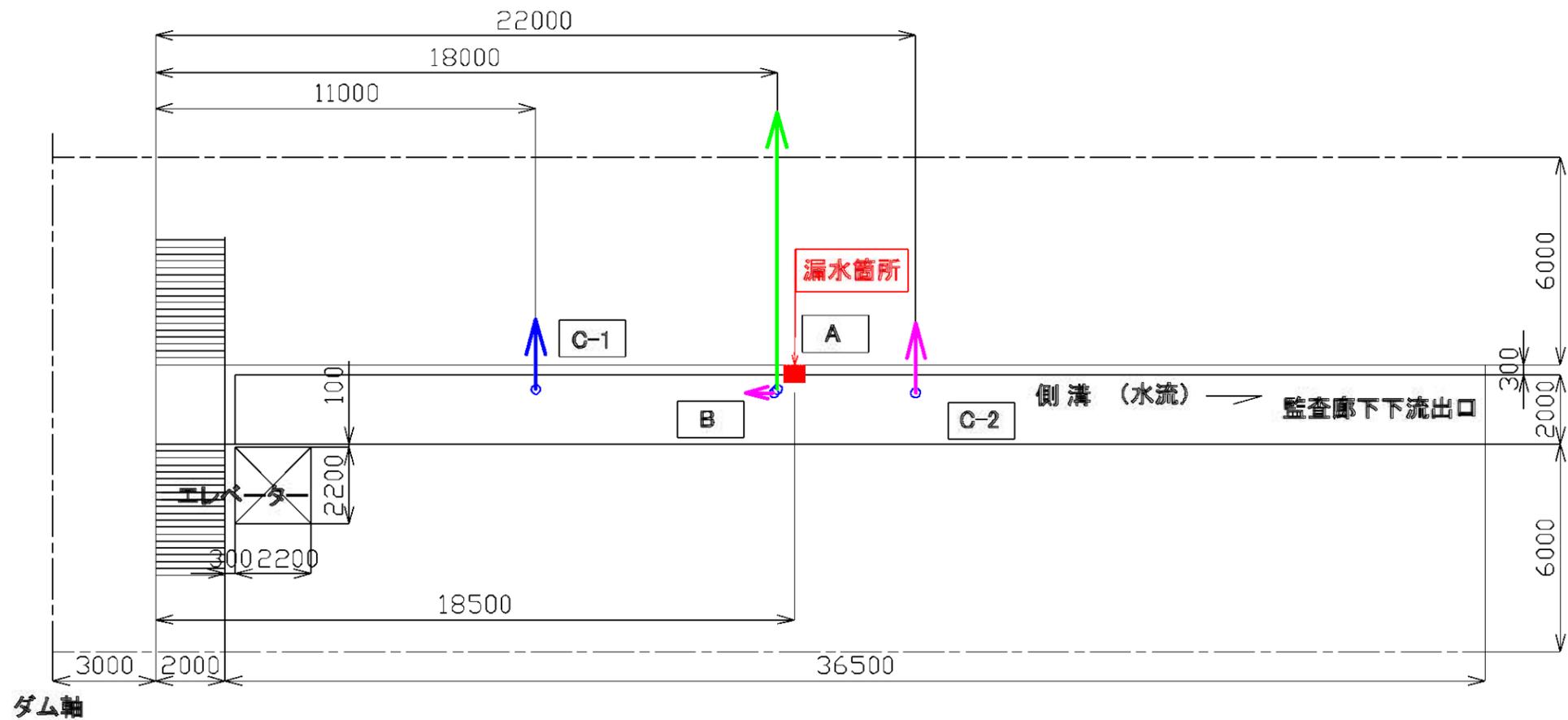


図 - 2.4.12 4BL監視廊下ボーリング調査位置図

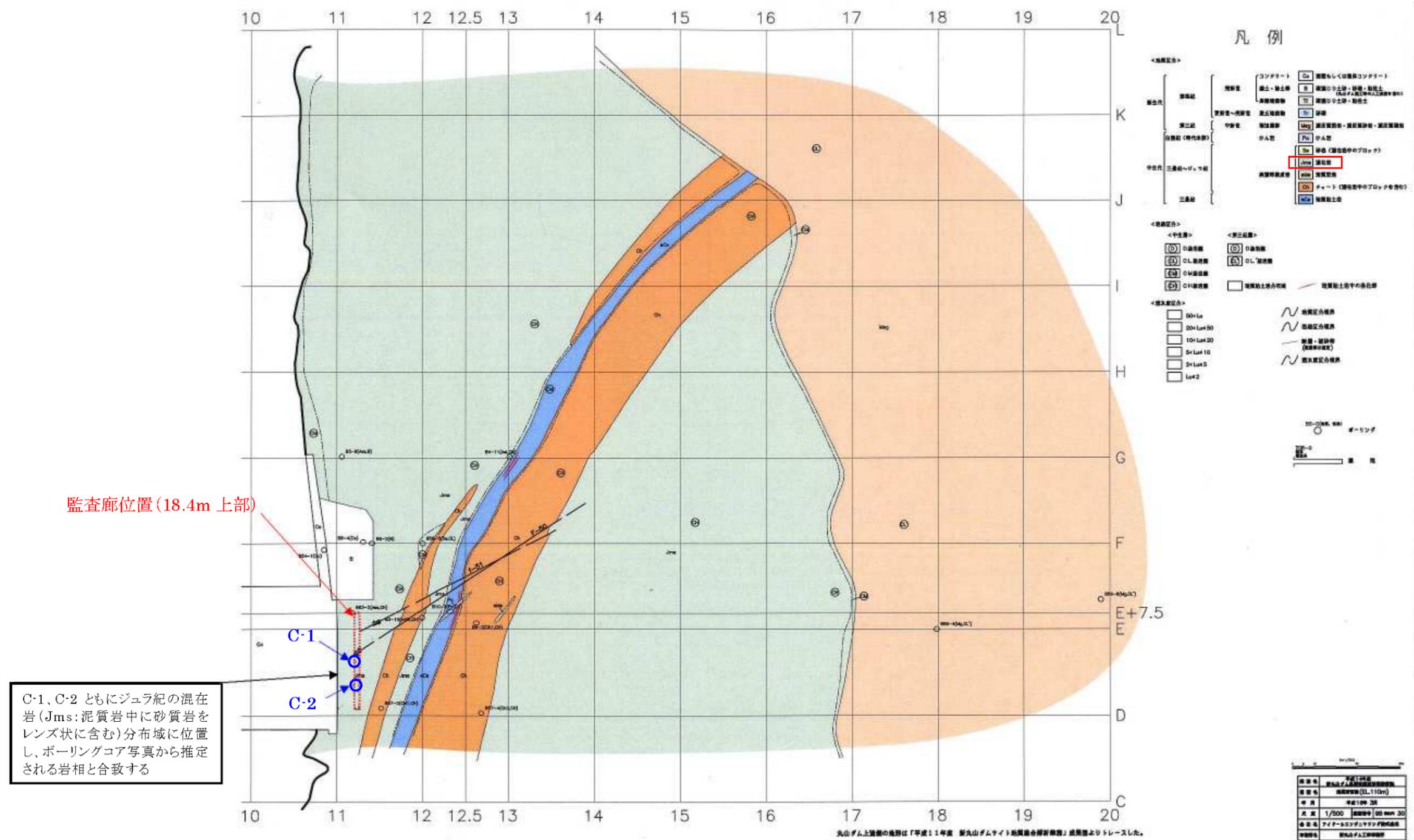


図 - 2.4.13 EL.110m の地質水平断面図

(2) 調査結果

①4BL 漏水状況

平成 20 年 7 月 16 日 (10:30~11:30) に、漏水箇所のカバーを撤去し、漏水状況の確認を行った。

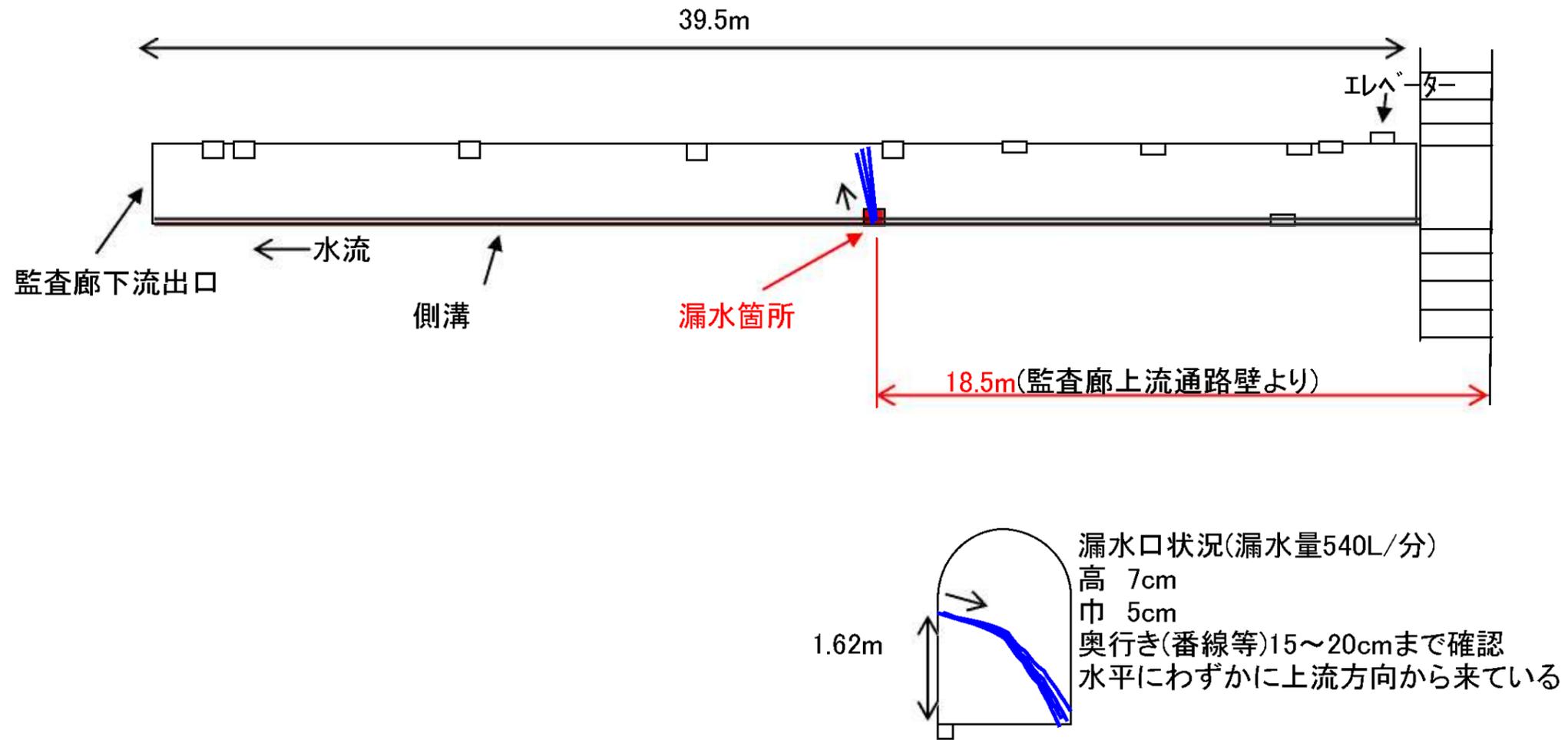


図 - 2.4.14 4BL 漏水箇所の確認状況



写真 - 2.4.13 漏水状況写真

②A 孔(水平ボーリング 8m)

コンクリート打継は壁面から 6.1m で確認された。B 孔で確認した継目に比べ、やや隙間がある。これはダム表面や監査廊内で確認できる継目位置と整合する。

コンクリートに大きな亀裂、劣化などは確認されなかった。

掘削時には湧水は無かったが、ボーリング掘削後は湧水が認められた。また、バルブ仕上げ後(8/5 時点)では湧水が認められなかった。作業前まではおよそ 0.3L/min 程度の湧水が認められていた。

7/31 14:00 0.3L/min

8/5 15:00 0.0L/min

即ちコンクリートからの漏水が確認されたが、ボアホールカメラにおいて湧水箇所は特定できなかった。また、継目周辺には変色や付着物などの明確な湧水跡は認められなかった。



写真 - 2.4.14 ボーリングコア写真

□内の数値は掘削深度(m)を示す。

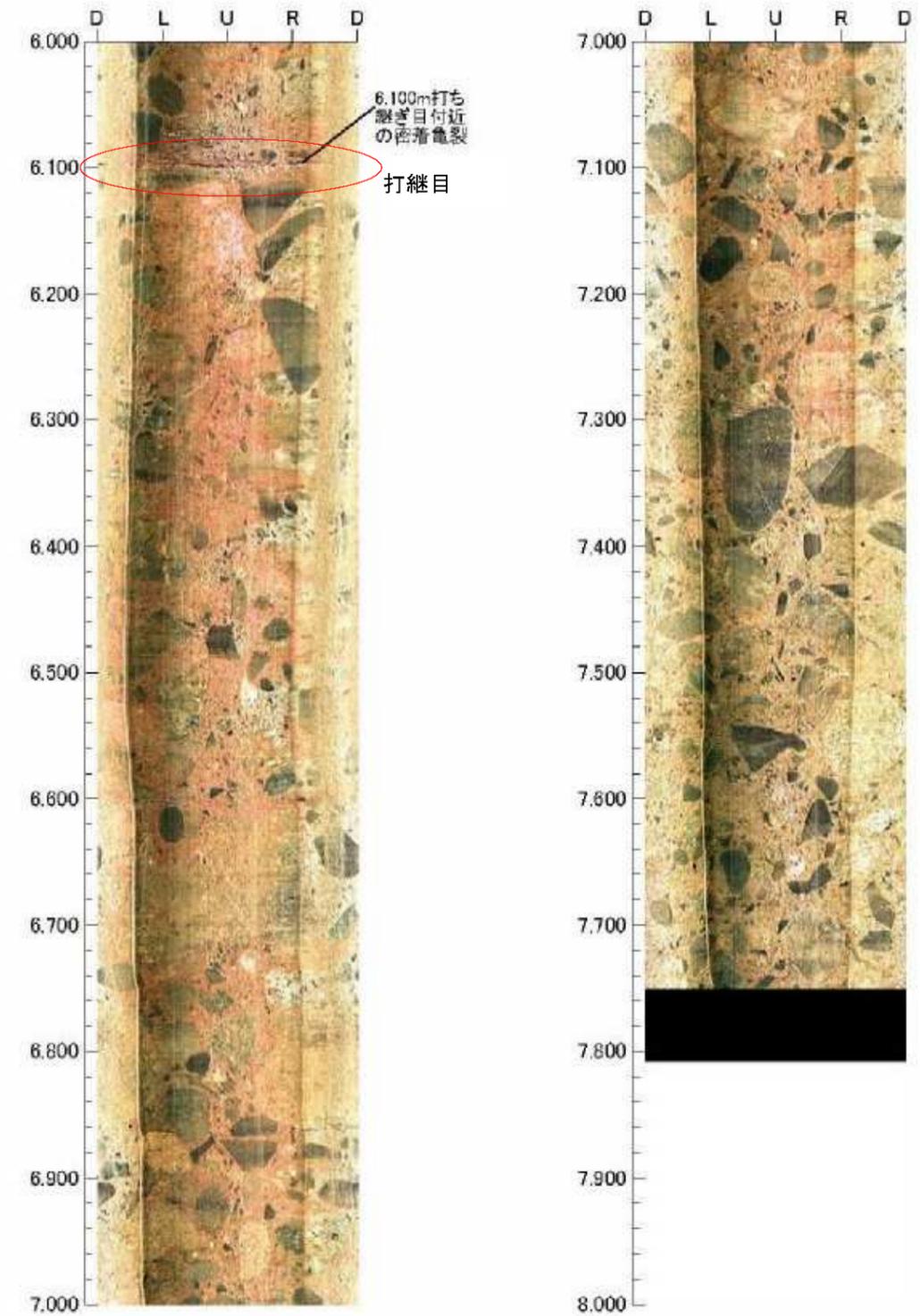


写真 - 2.4.15 ボアホールカメラの映像

③B孔(上流方向へ6°の斜め下方ボーリング 8m)

コンクリート打継は5.3~5.9m(5.6m センター)で確認された。継目の傾斜はボーリング角度とほぼ一致するため、継目は鉛直方向である。継目は完全に密着しており、隙間は認められない。これは監査廊内で確認できる継目位置と整合する。

コンクリートに大きな亀裂、劣化などは確認されなかった。

ボーリング掘削時、掘削後ともに湧水は確認されなかった。

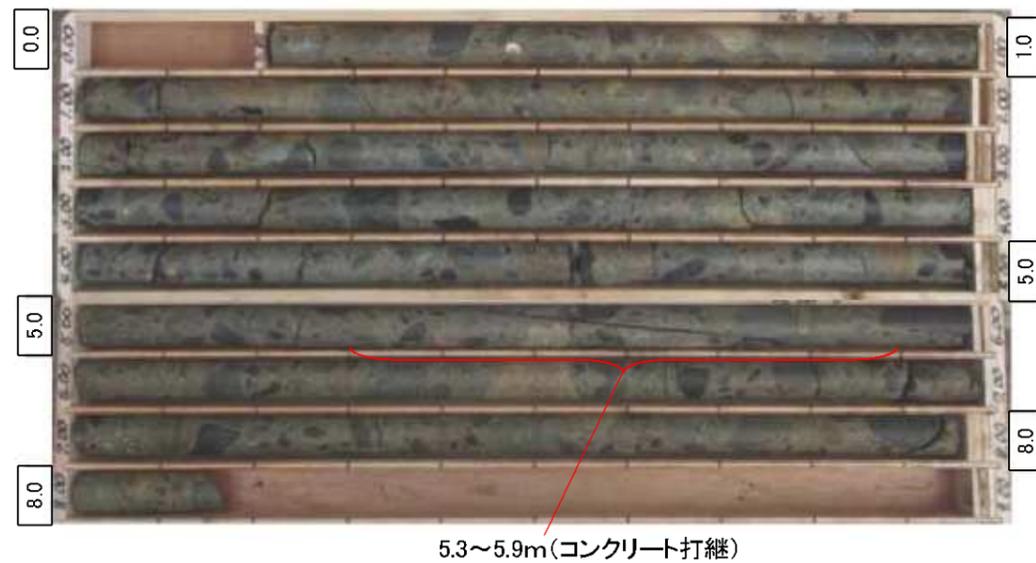


写真 - 2.4.16 ボーリングコア写真

□内の数値は掘削深度(m)を示す。

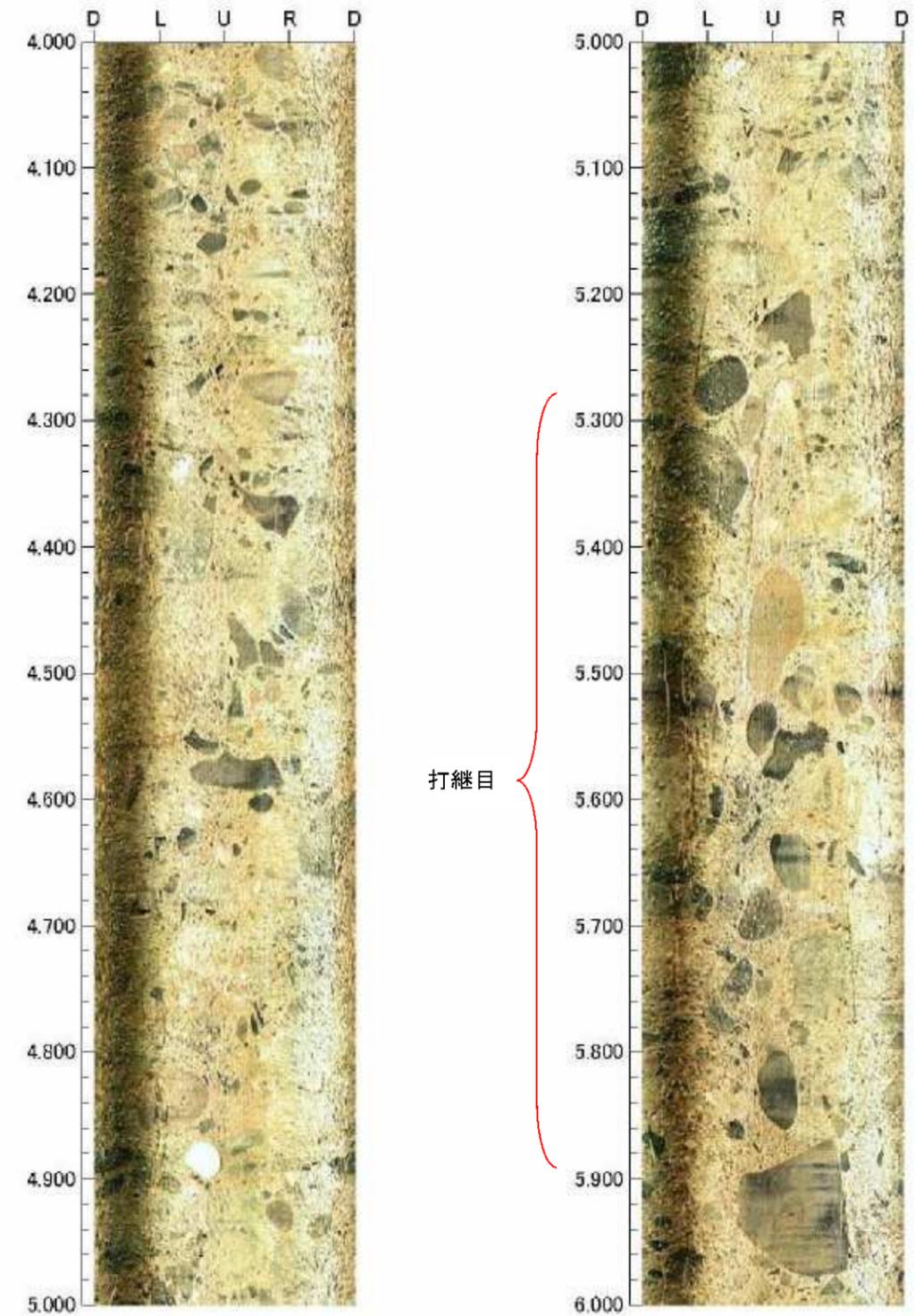


写真 - 2.4.17 ボアホールカメラの映像

④C-1 孔(監査廊奥 ダム中央方向へ6°の斜め下方ボーリング 20m)

コンクリートに大きな亀裂、劣化などは確認されなかった。

コンクリートと地山(粘板岩)との境界は14.1m付近で確認された。

地山(粘板岩)は亀裂が多く、一部で孔壁崩壊するものの、岩片は硬質でほとんど風化・変質しておらず、調査前に予想していた破碎帯は確認できなかった。

コンクリート掘削時には湧水がなかったが、地山掘削時、掘削後は常時、湧水が認められた。

7/25 17:00 0.3L/min

7/26 13:00 0.57L/min

8/5 15:00 1.0L/min

即ちコンクリート内では湧水は確認されず、ボーリングが地山に到達してから湧水が観測されたが、ボアホールカメラにおいて湧水箇所は判別できなかった。

また、水圧は0.01~0.03MPa程度であり、かなり変動がみられた。

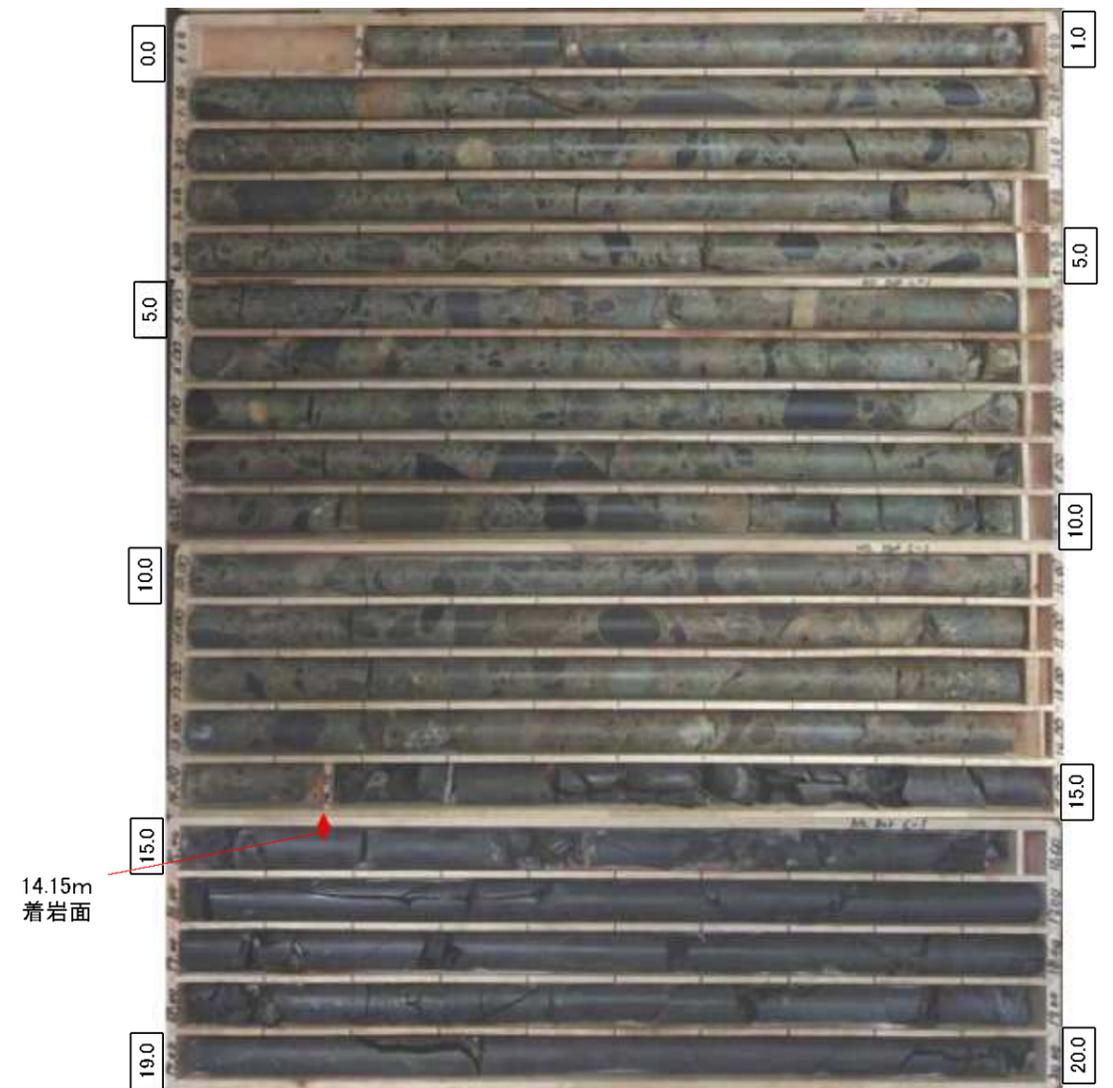


写真 - 2.4.18 ボーリングコア写真

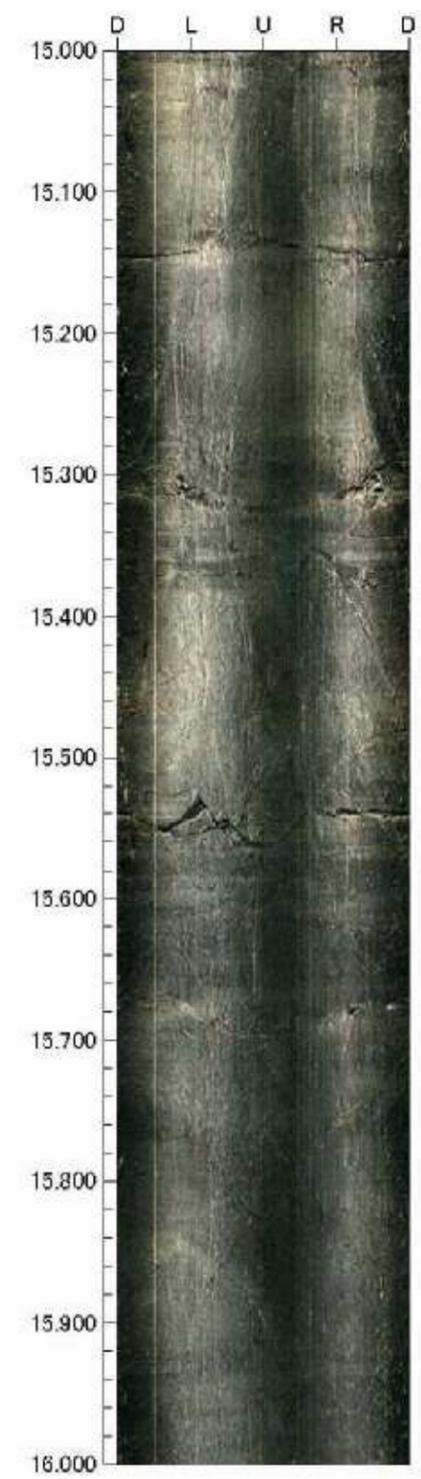
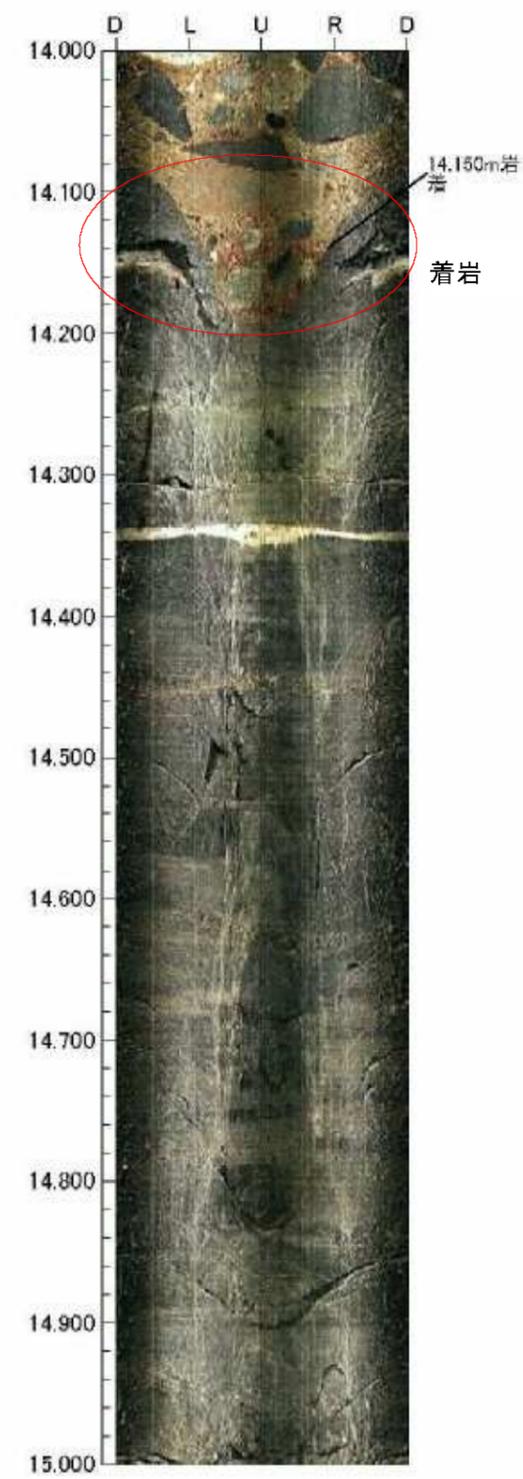
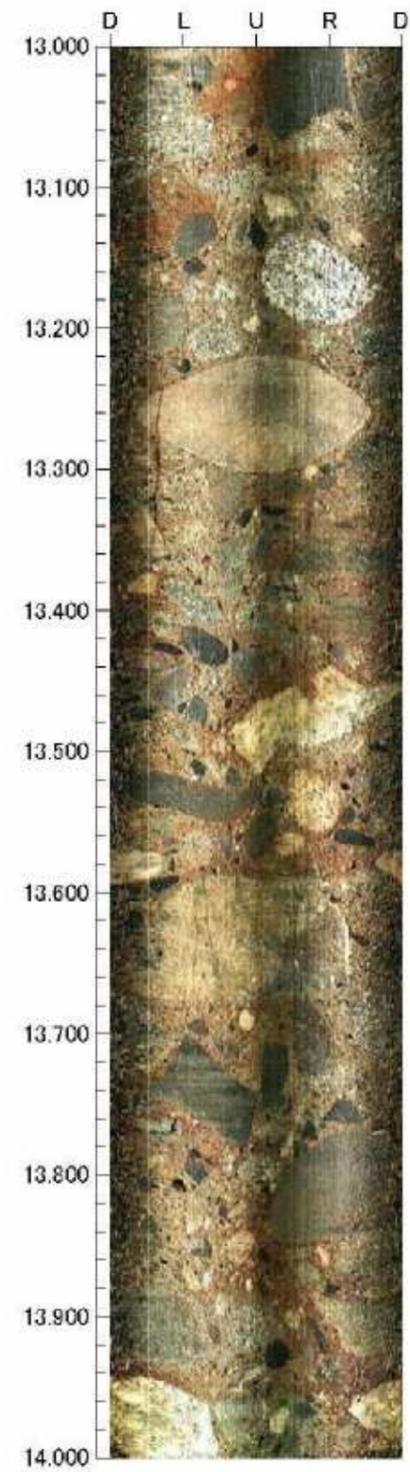
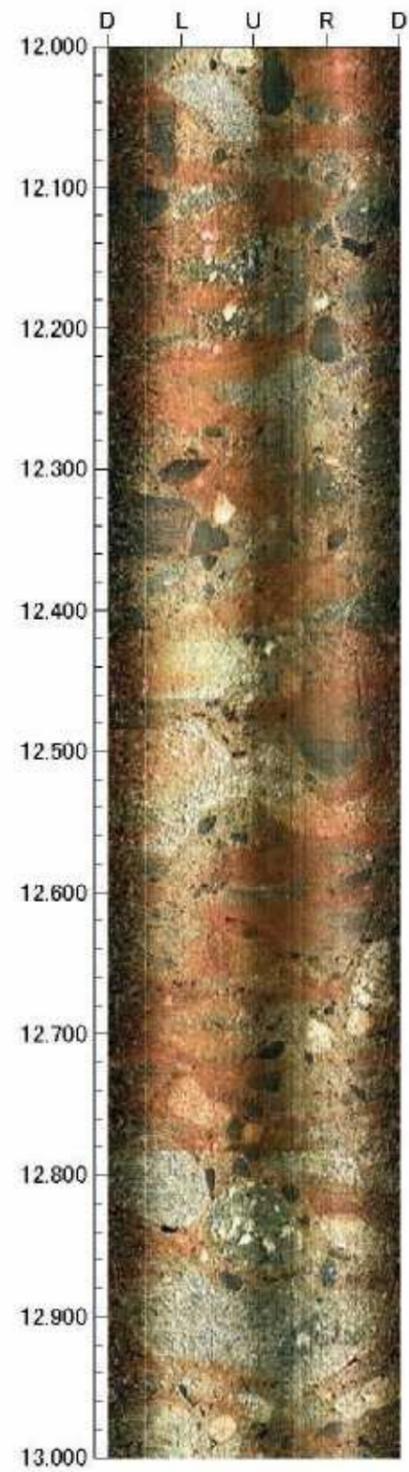


写真 - 2.4.19 ボアホールカメラの映像 (1/2)

写真 - 2.4.20 ボアホールカメラの映像 (2/2)

⑤C-2 孔(監査廊手前 ダム中央方向へ6°の斜め下方ボーリング 20m)

コンクリートに大きな亀裂、劣化などは確認されなかった。

コンクリートと地山(粘板岩、チャート)との境界は 11.05m 付近で確認された。

地山(粘板岩)は亀裂が多く、特にコンクリートとの境界部 11~12.3m 付近で孔壁の崩壊が顕著である。

以深は岩盤状態が良好となり、C-1 孔と同程度の岩質であった。岩片は硬質でほとんど風化・変質しておらず、調査前に予想していた破碎帯は確認できなかった。

コンクリート掘削時には湧水がなかったが、地山掘削時、掘削後は常時、湧水が認められた。

8/2 13:00 0.5L/min

8/2 15:00 0.35L/min

即ちコンクリート内では湧水は確認されず、ボーリングが地山に到達してから湧水が観測されたが、ボアホールカメラにおいて湧水箇所は判別できなかった。

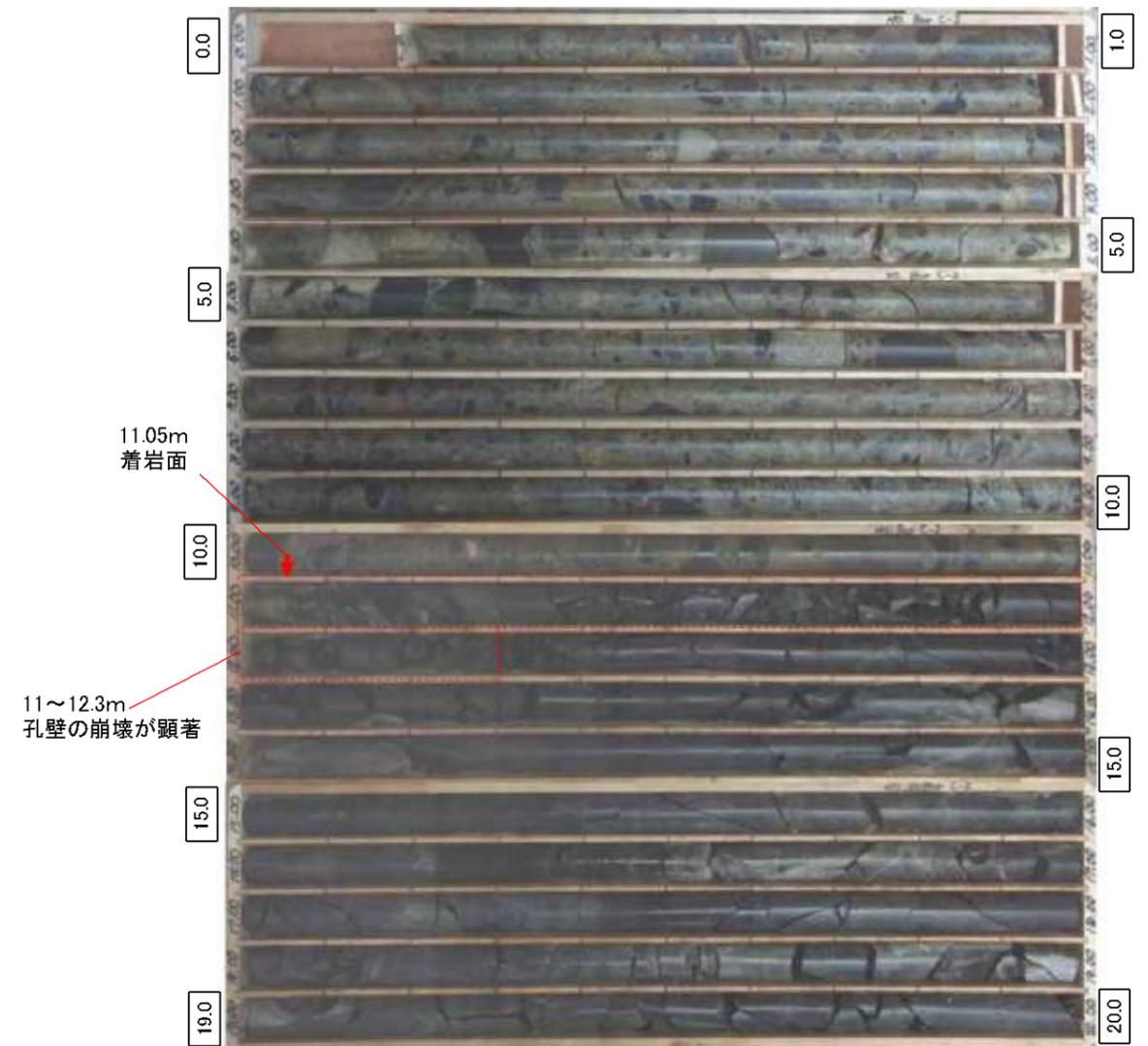


写真 - 2.4.21 ボーリングコア写真

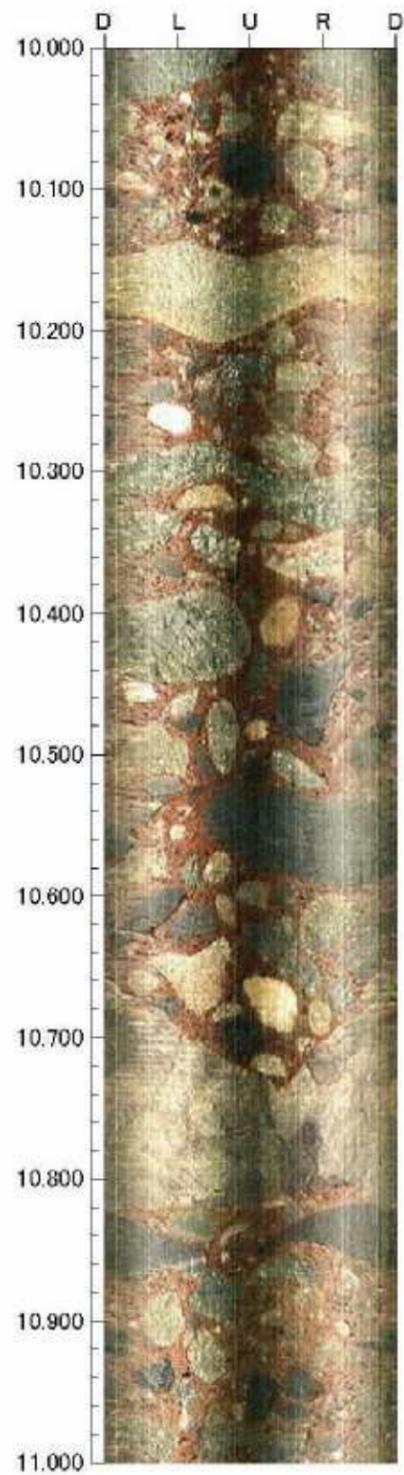
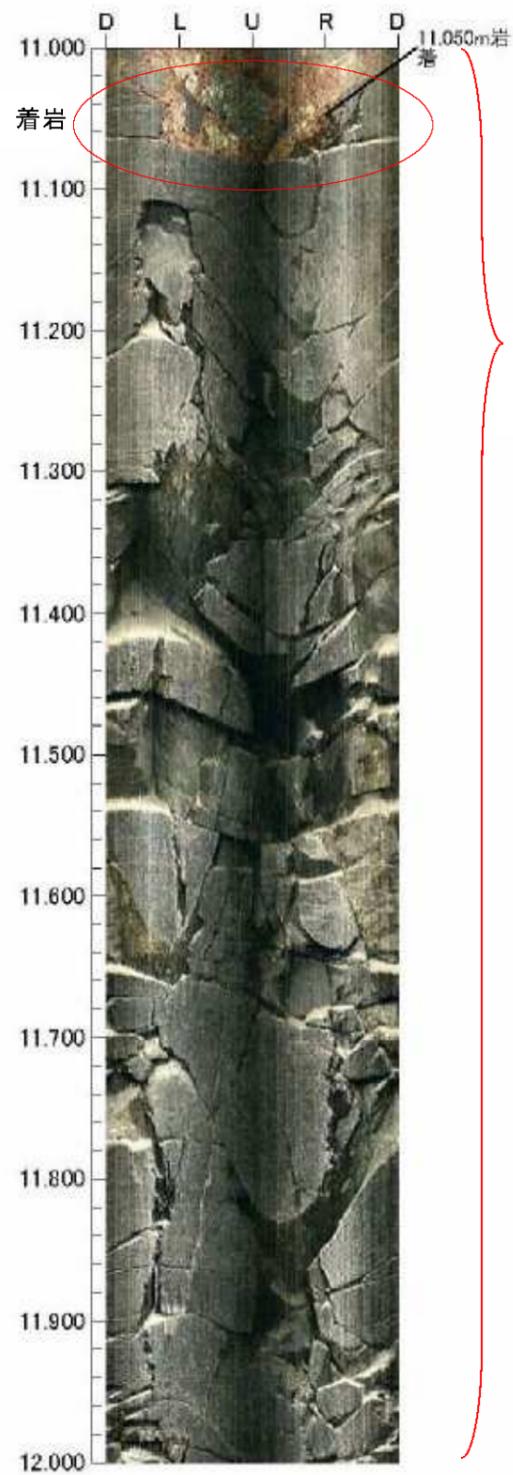


写真 - 2.4.22 ボアホールカメラの映像 (1/2)



11~12.3m 付近
孔壁の崩壊が顕著

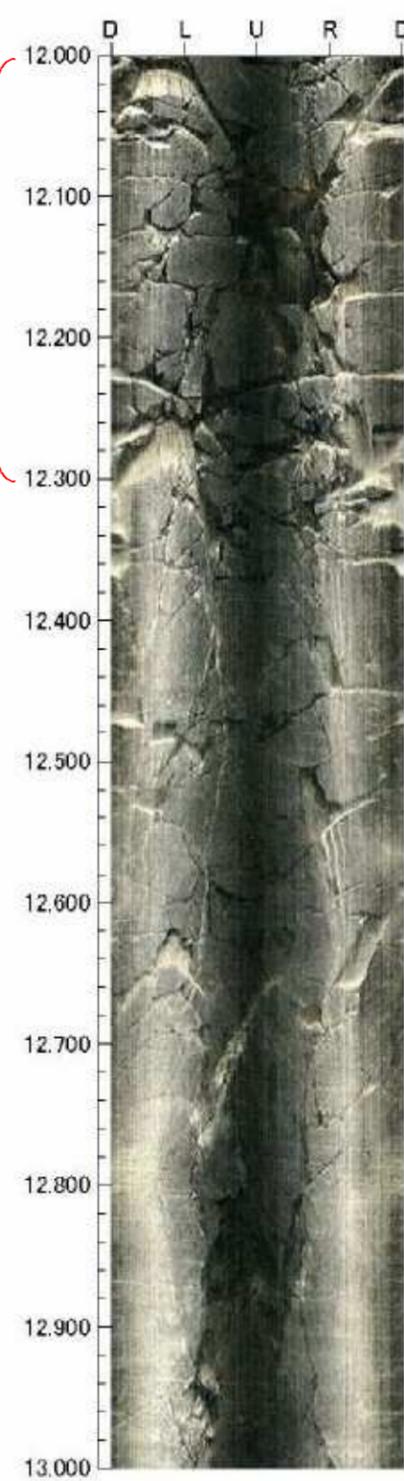


写真 - 2.4.23 ボアホールカメラの映像 (2/2)

2.4.6 4BL 旧揚圧力配管の調査

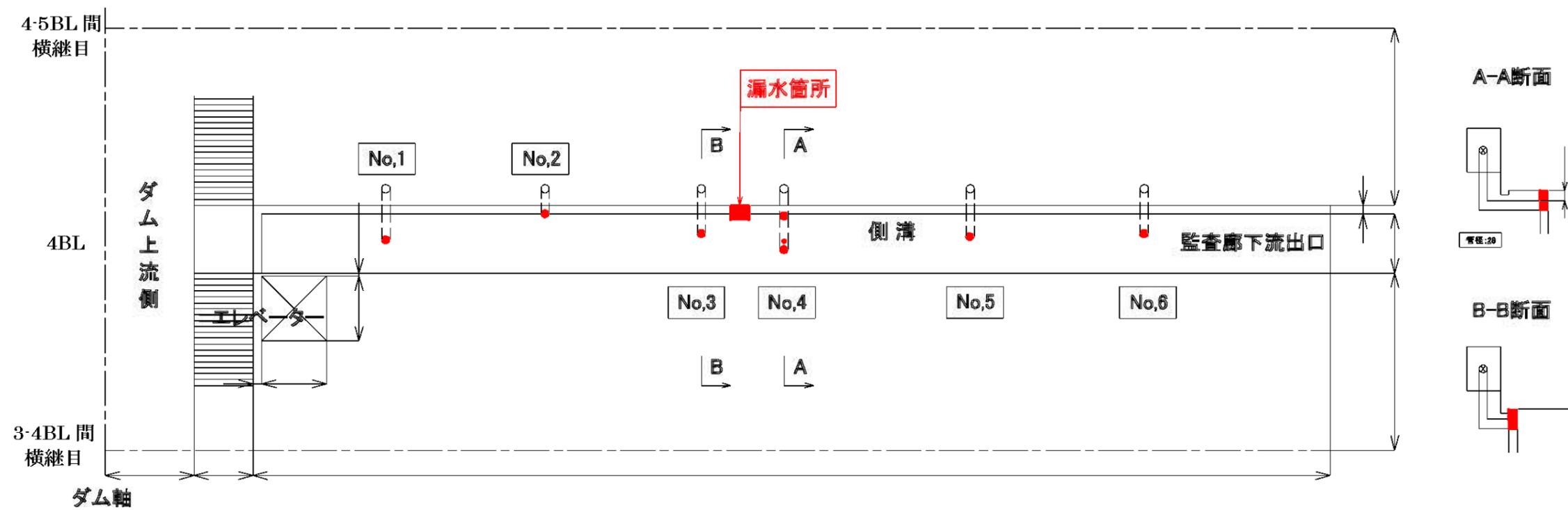
(1) 旧揚圧力配管

1) 調査箇所および調査方法

旧揚圧力配管NO. 4において小口径の穴を削孔し、漏水の有無を確認した。また、削孔箇所には配管を設置し、バルブおよび揚圧力測定装置を設置した。(図－ 2.4.15 参照)

2) 調査結果

旧揚圧力配管NO. 4において小口径の穴を削孔した結果、にじみ程度の漏水であり4BL 漏水との関係はなかった。また、他の配管NO. 2, 3, 5, 6においても同様の確認を行ったがいずれもにじみ程度の漏水であった。



図－ 2.4.15 旧揚圧力配管調査位置図

配管NO. 2



配管NO. 3



配管NO. 4



配管NO. 5



配管NO. 6



配管NO. 4(削坑直後)



(2) 旧揚圧力配管箱抜部周辺

1) 調査計画

旧揚圧力配管箱抜部周辺を電動ドリル等にて削孔し、漏水の有無を確認した。



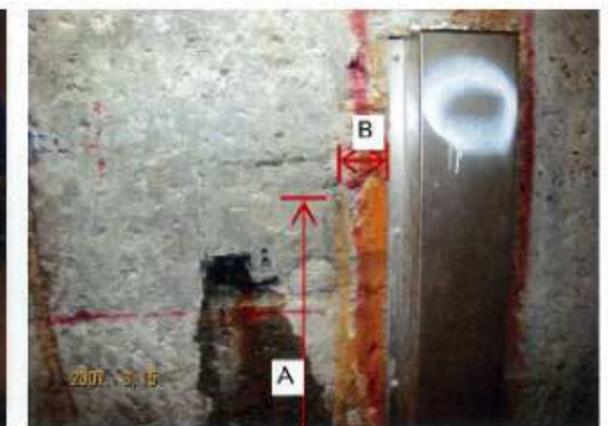
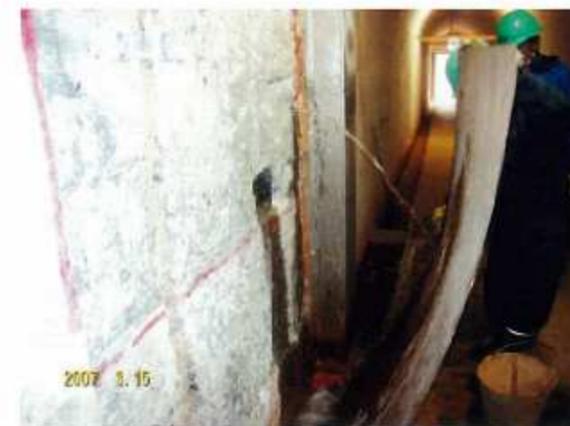
図 - 2.4.16 調査箇所

2) 調査結果

旧揚圧力配管箱抜部周辺を電動ドリルおよびコアボーリングにて削孔を行ったが、漏水は確認されなかった。

また、H19.3.15 に実施した際に毎分約15l の漏水が確認され木栓により閉塞していたが、木栓を外したところ、漏水は確認されなかった。

漏水位置及び漏水量



H19.3.15時点

漏水量	漏水位置
83秒:20L=60秒:X $X=20/83 \times 60=14.5L/sec$	A: 1,510 mm B: 163 mm

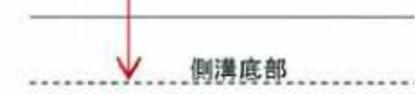


写真 - 2.4.25 H19.3.15 の調査状況

- 凡例
- コアボーリングΦ25mm、L=1m(H20.2.21実施)
 - 電動ドリルΦ10mm、L=10cm(H20.2.21実施)
 - 電動ドリルΦ11mm、L=10cm(H19.3.15実施)



写真 - 2.4.26 旧揚圧力配管箱抜部周辺調査状況

2.4.7 他ダムの堤体漏水量の事例

他ダムの堤体漏水量の事例を表－ 2.4.6 に、漏水量の経時変化図を図－ 2.4.17～図－ 2.4.19 に示す。

Aダムの例では、継目のコーキング、セメントミルクのグラウトや注入等の対策を行っている。また、Bダムの例では、基礎排水孔のグラウチングと、継目へのセメントミルクの散布等の対策を行っている。

表－ 2.4.6 堤体漏水量の事例

	堤高 (m)	竣工年	湛水開始からの 最大漏水量		主要漏水箇所	近年の漏水量		対策方法	備考
			漏水量 ℓ/分	最大漏水量 発生時期		漏水量 ℓ/分	整理年度		
Aダム	109.0	H14 (2002)	4,400	試験湛水時	継目漏水 (J11、520ℓ/分)	(410) 5	(2003.5.7) 2008.11.27	ジョイント部 止水対策工	明かり部(1次対策): 継目のコーキング(エポキシ樹脂, モルタル)およびクラックへの グラウチング(セメントミルク) 水中施工部(2次対策): 拡散防止箱を用い、クラックへのセメントミルク等を注入
Bダム	65.0	H17 (2005)	556	試験湛水時	基礎排水孔(No.37孔, 34ℓ/分) 継目漏水孔(J-15, 46.6ℓ/分)	145	H20 (2008)	基礎排水孔の グラウチング ジョイント部止 水対策工	基礎排水孔: グラウチングと代替孔の掘削 継目排水孔: セメント散布、セメントミルク散布、土砂散布、半割管による注入
Cダム	93.5	H20 (2008)	1,179	試験湛水時	基礎排水孔(9-2孔, 49.9ℓ/分) 継目漏水孔(J-13, 146.9ℓ/分)	760	H20 (2008)		ジョイントからの量は季節的な変動がある。

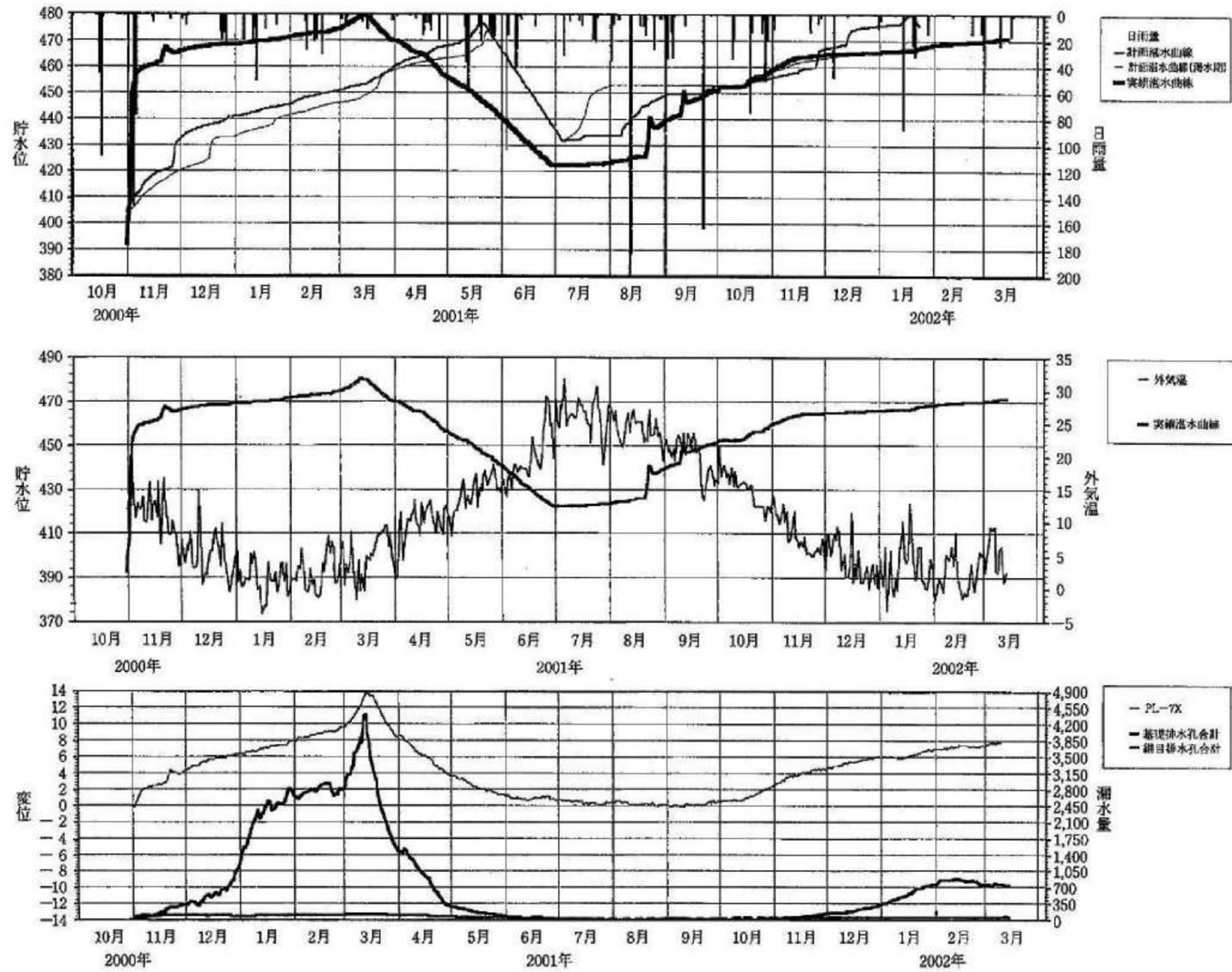


図 - 2.4.17 漏水量の経時変化の例(Aダム)

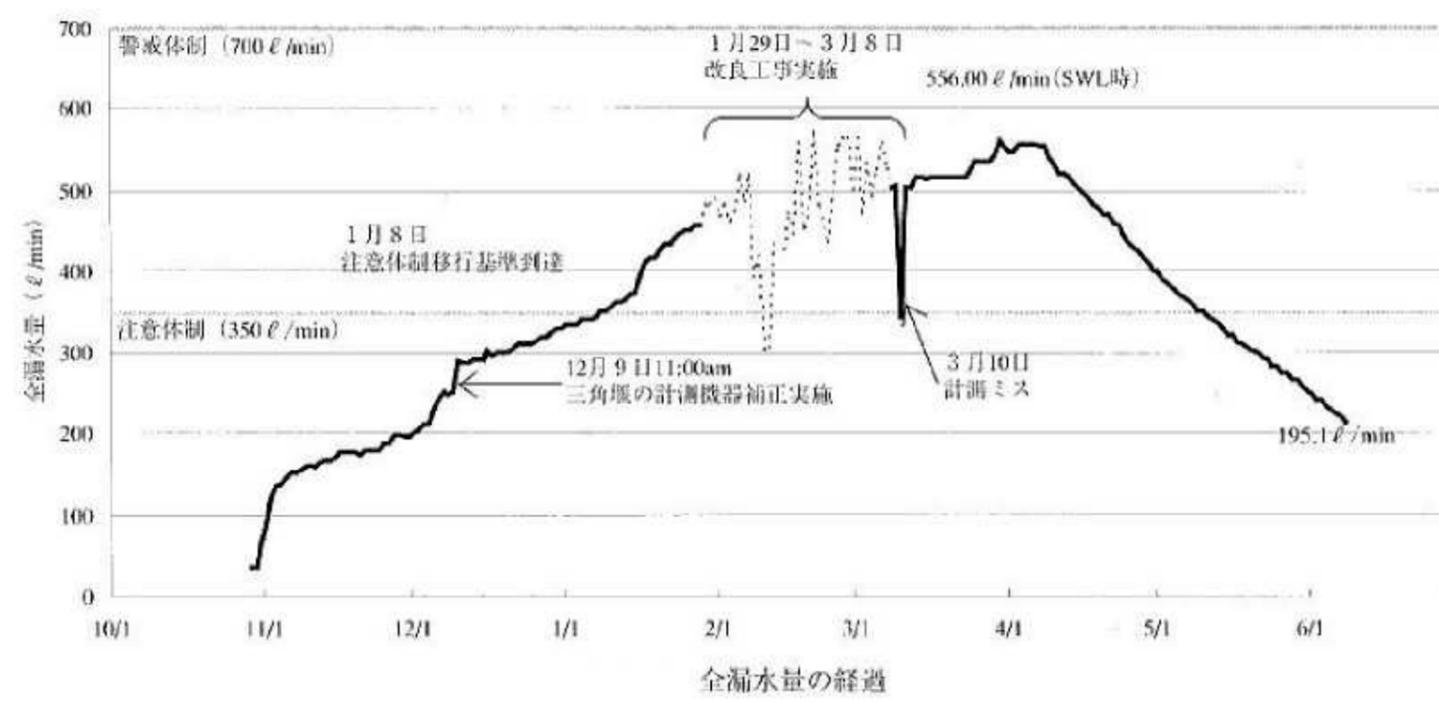
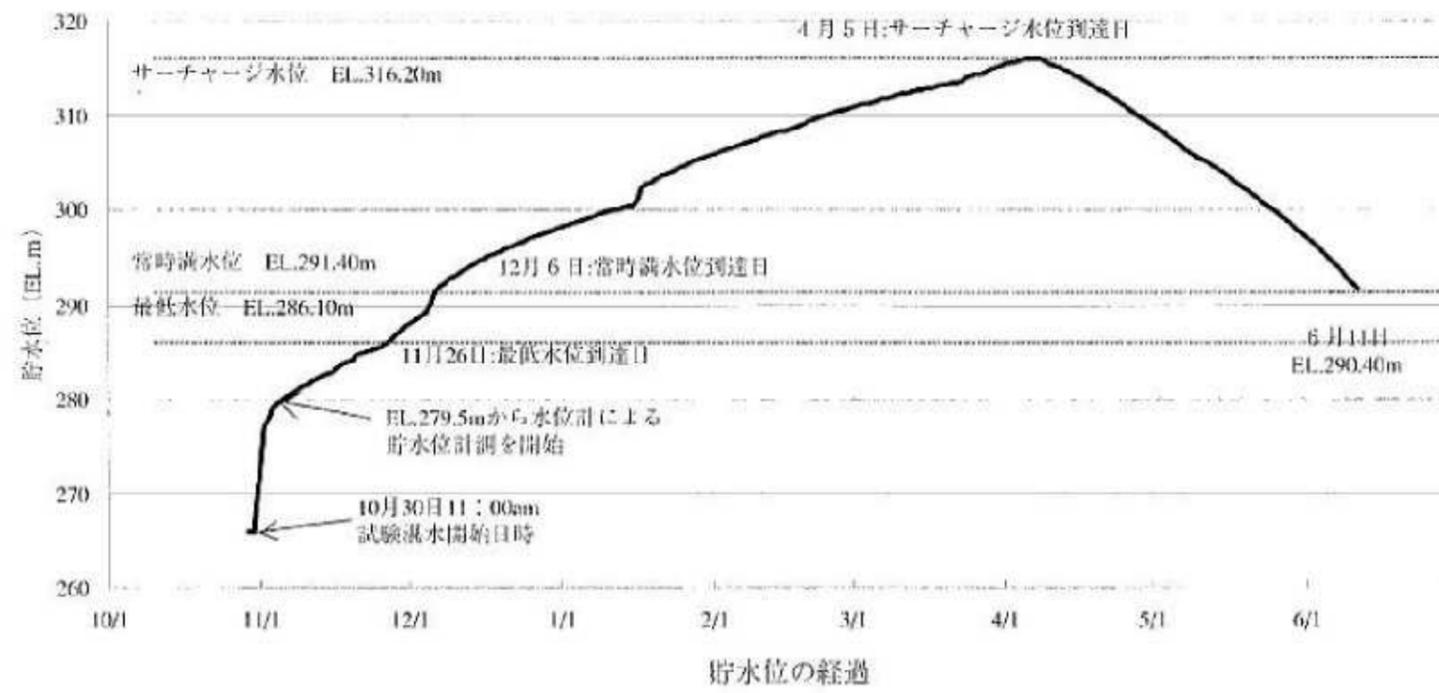


図 - 2.4.18 漏水量の経時変化の例 (Bダム:ダム技術 No.266(2008.11))

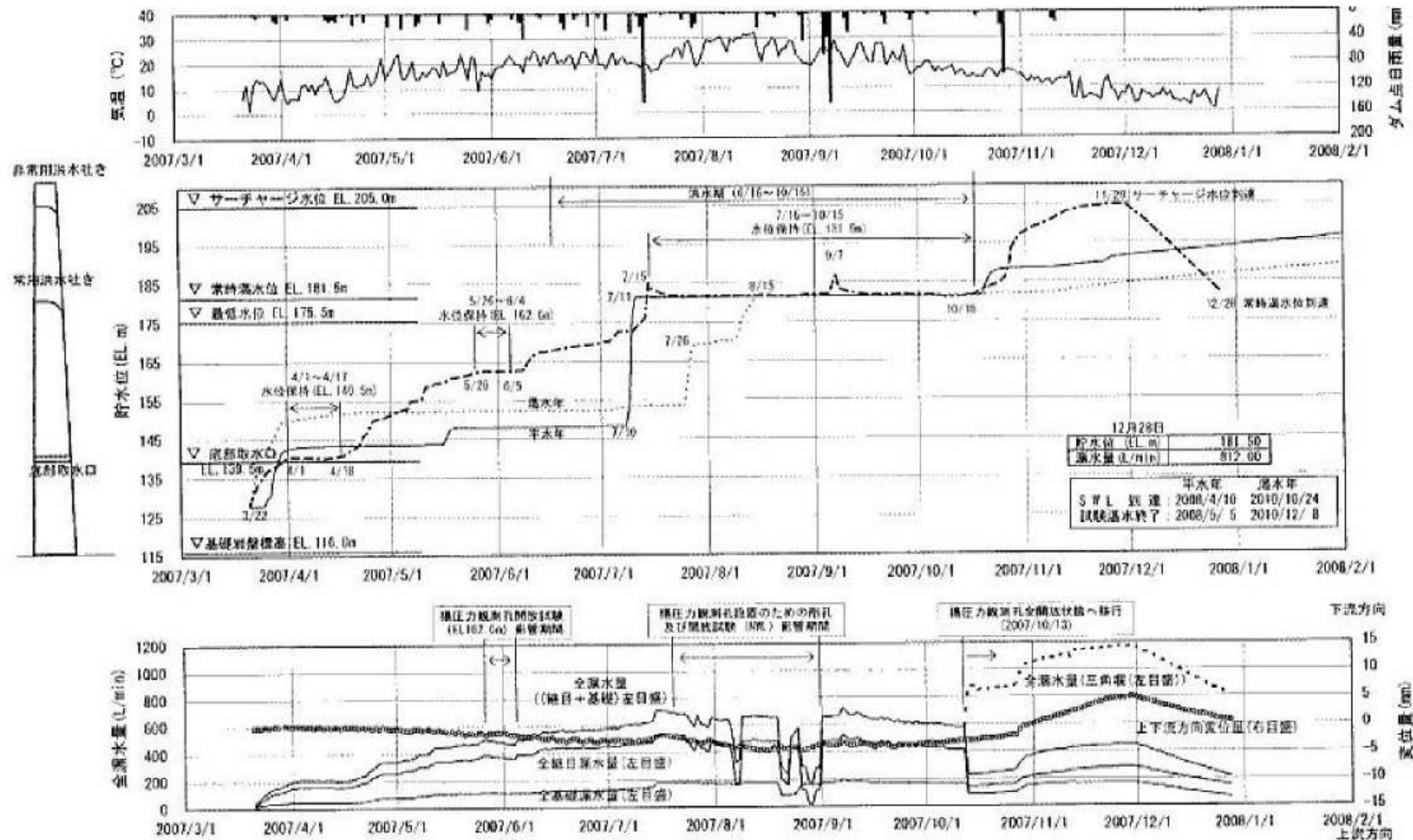


図 - 2.4.19 漏水量の経時変化の例 (Cダム:ダム技術 No.266(2008.11))