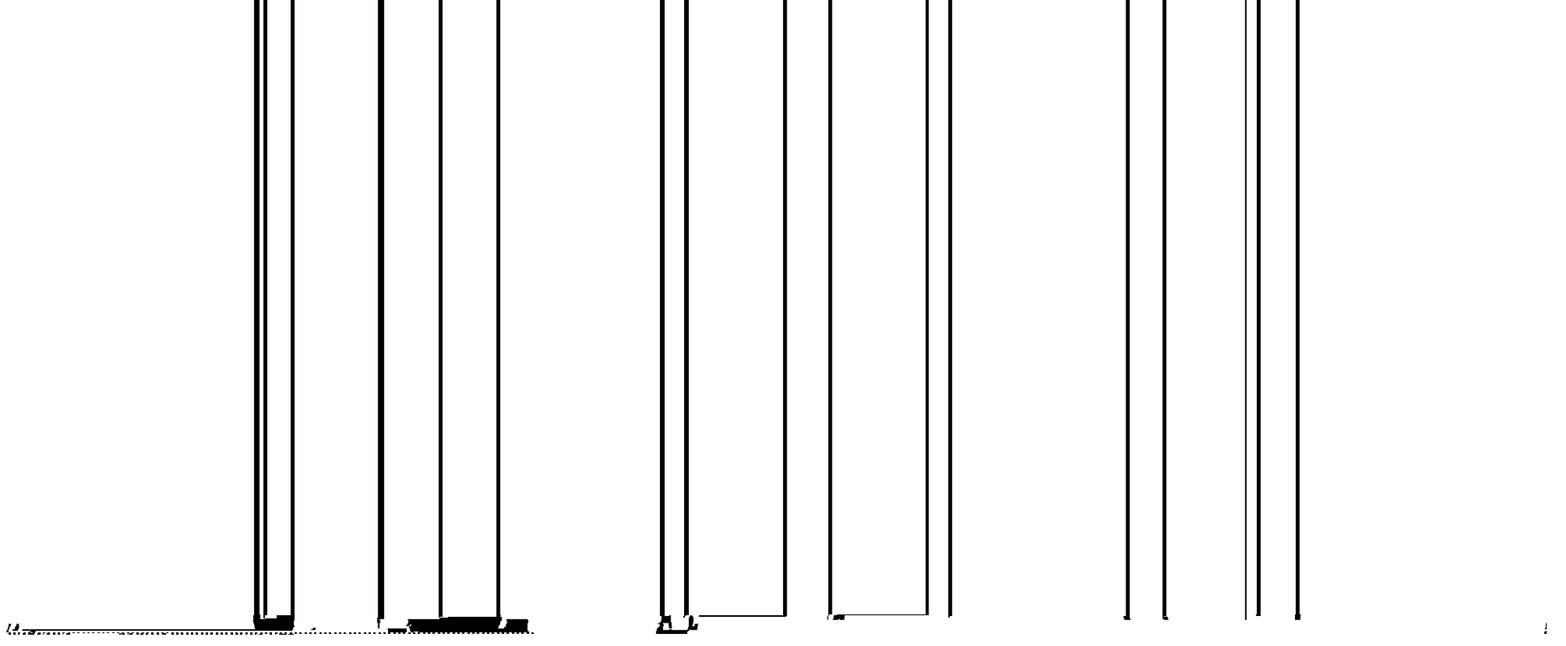
丸山ダム健全性検討委員会

第1回　委員会　資料



1. 新丸山ダムの概要

新丸山ダムは、既設丸山ダムのダム軸より下流 47.5mに、

・洪水調節の増強

・流水の正常な機能の維持の確保

・発電出力の増強

を目的として、設置される嵩上げダムである。ダム諸元を表－ 1.1 に、貯水池諸元を表－ 1.2 に, 容量配分図を図－ 1.1 に、堤体四面図を図－ 1.2～図－ 1.5 に示す。

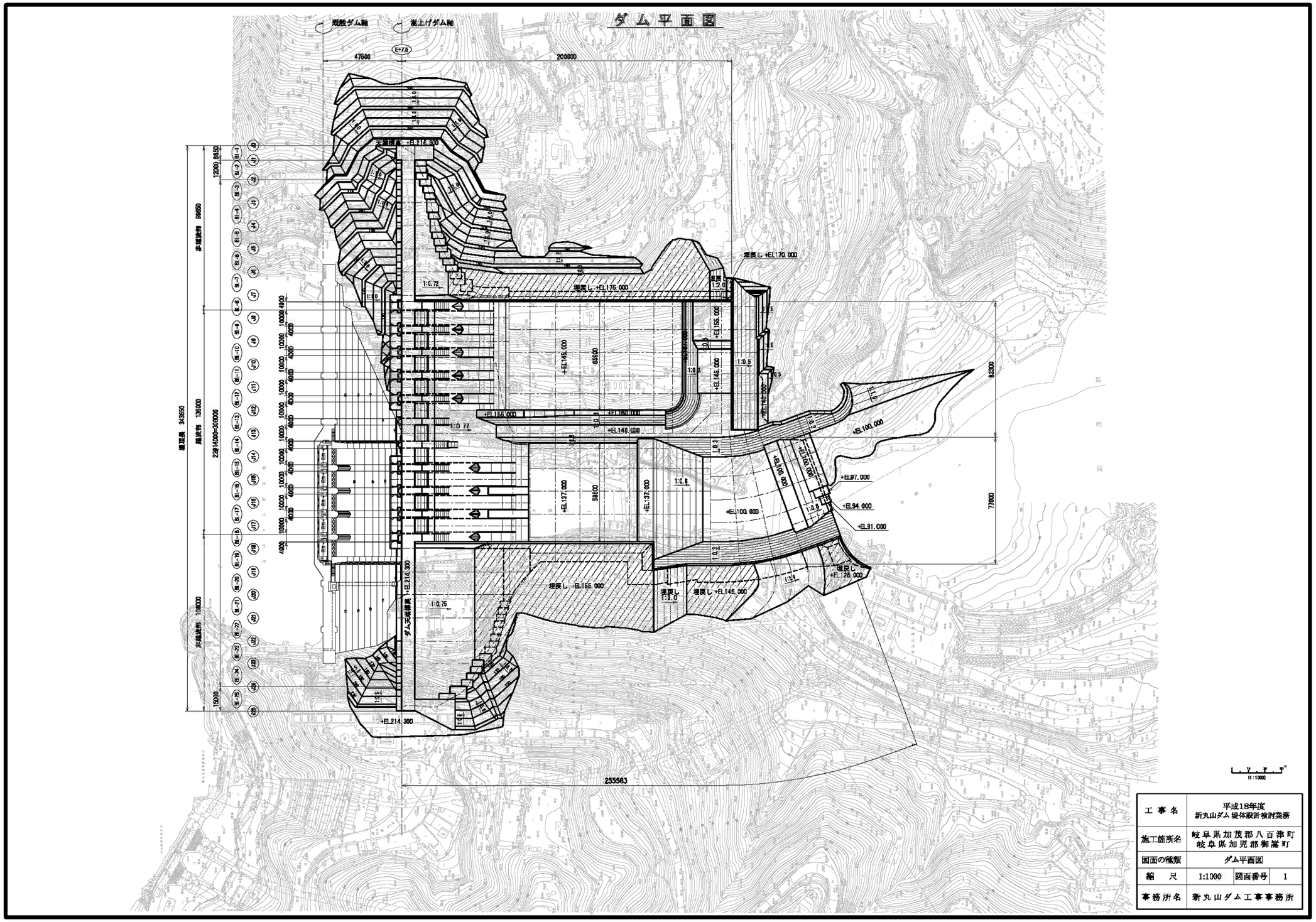
表－ 1.1 新丸山ダム諸元

項　目	新丸山ダム
位　置	右岸　岐阜県加茂郡八百津町八百津 左岸　岐阜県可児郡御嵩町小和沢
型　式	重力式コンクリートダム
堤　高	122.5m
堤頂長	382.0m
堤頂幅	10.0m
堤体積	1,220,000m³
非越流部標高	EL.214.3m
ダム最低基礎標高	EL.91.8m
堤体法勾配	上流面　鉛直 下流面　1:0.77

表－ 1.2 新丸山ダム貯水池諸元

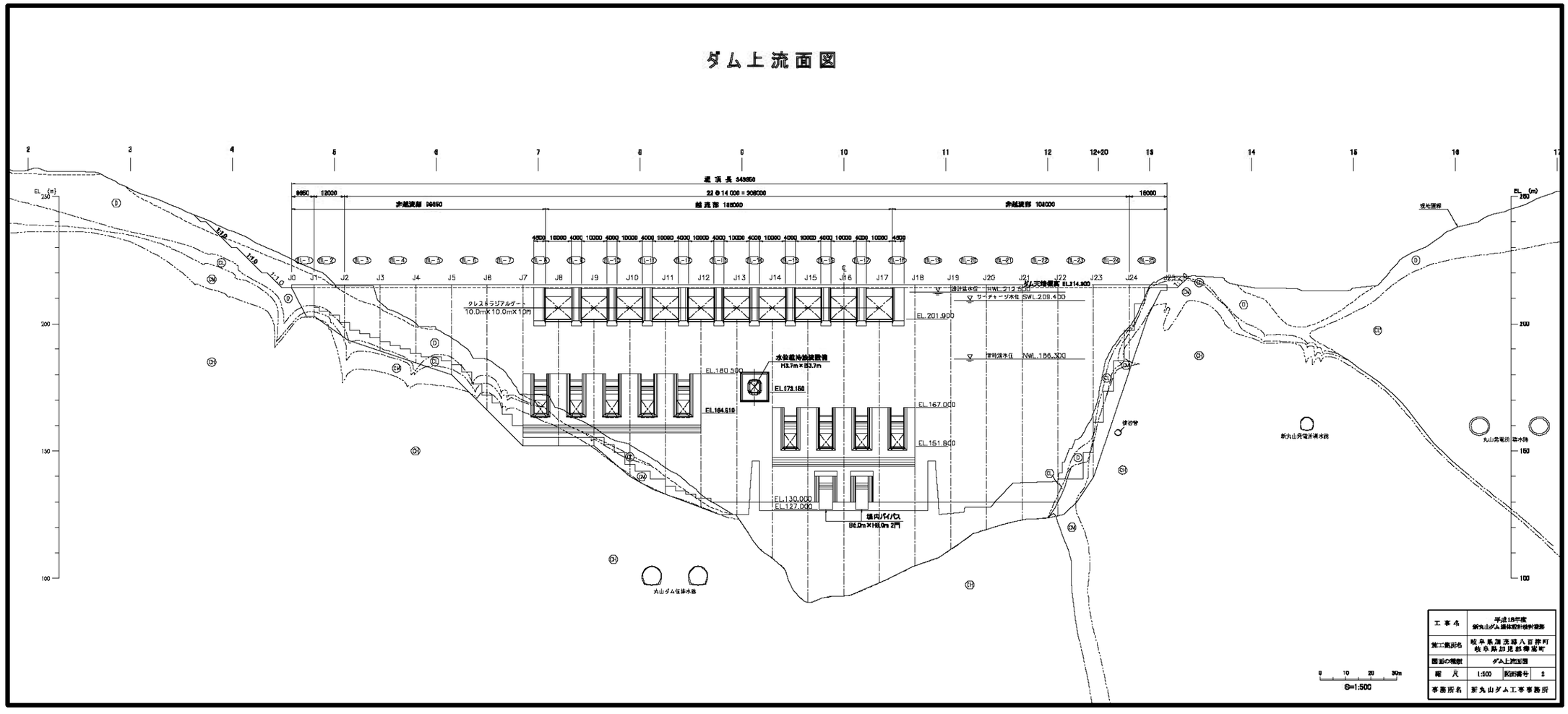
項　目	新丸山ダム
流域面積	2,409km²
湛水面積	3.87km²
総貯水容量	146,350,000m³
有効貯水容量	105,220,000m³
洪水調節容量	72,000,000m³
流水の正常な機能の維持流量	15,000,000m³
発電専用容量	18,220,000m³
計画高水流量	6,800m³/s
調節後最大流量	4,700m³/s
洪水調節方式	一定量
ダム設計洪水流量	15,500m³/s
最低水位	EL.170.8m
常時満水位	EL.186.3m
サーチャージ水位	EL.209.4m
設計洪水位	EL.212.5m
最大発電力	210,500kW

図－ 1.1 容量配分図



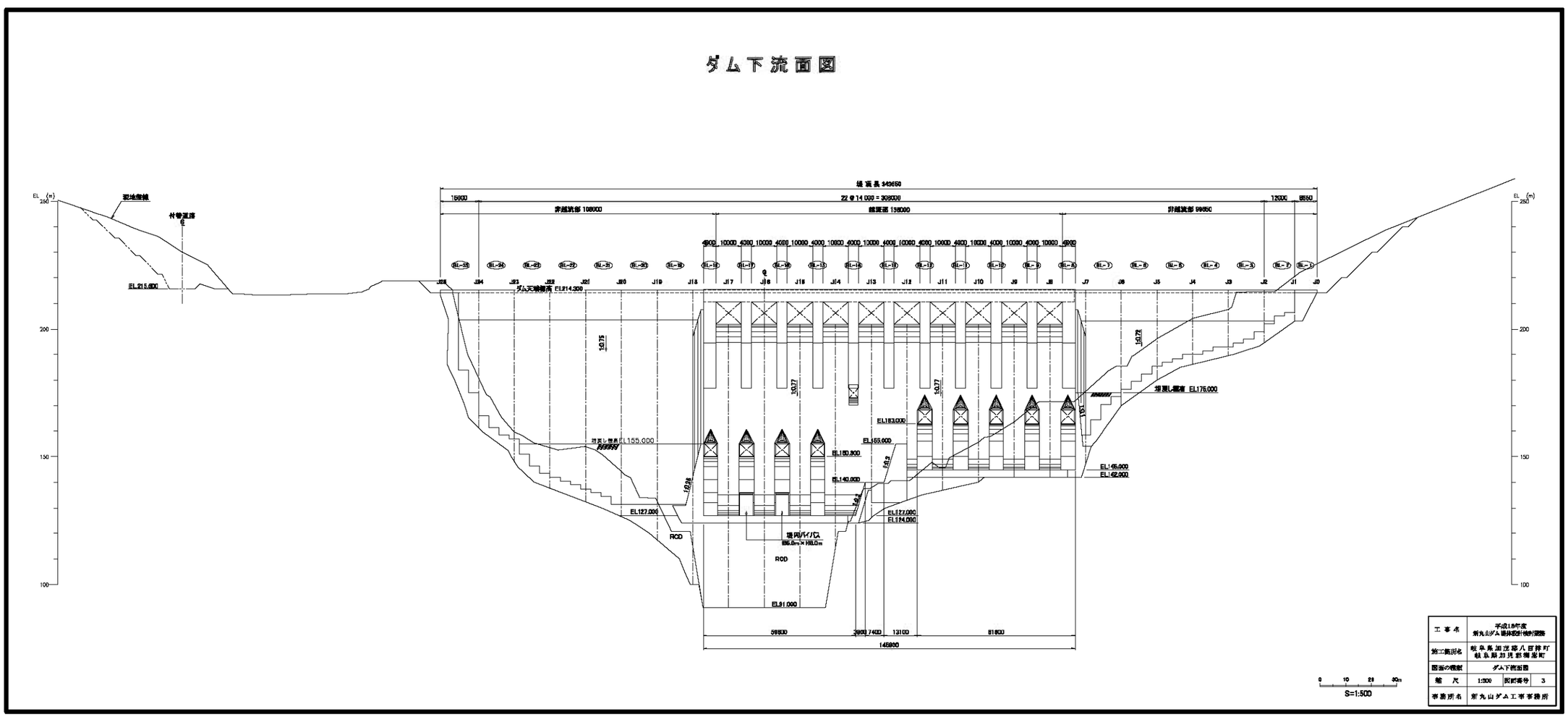
図－ 1.2 堤体平面図

※ 平成 18 年度新丸山ダム堤体設計検討業務における形状



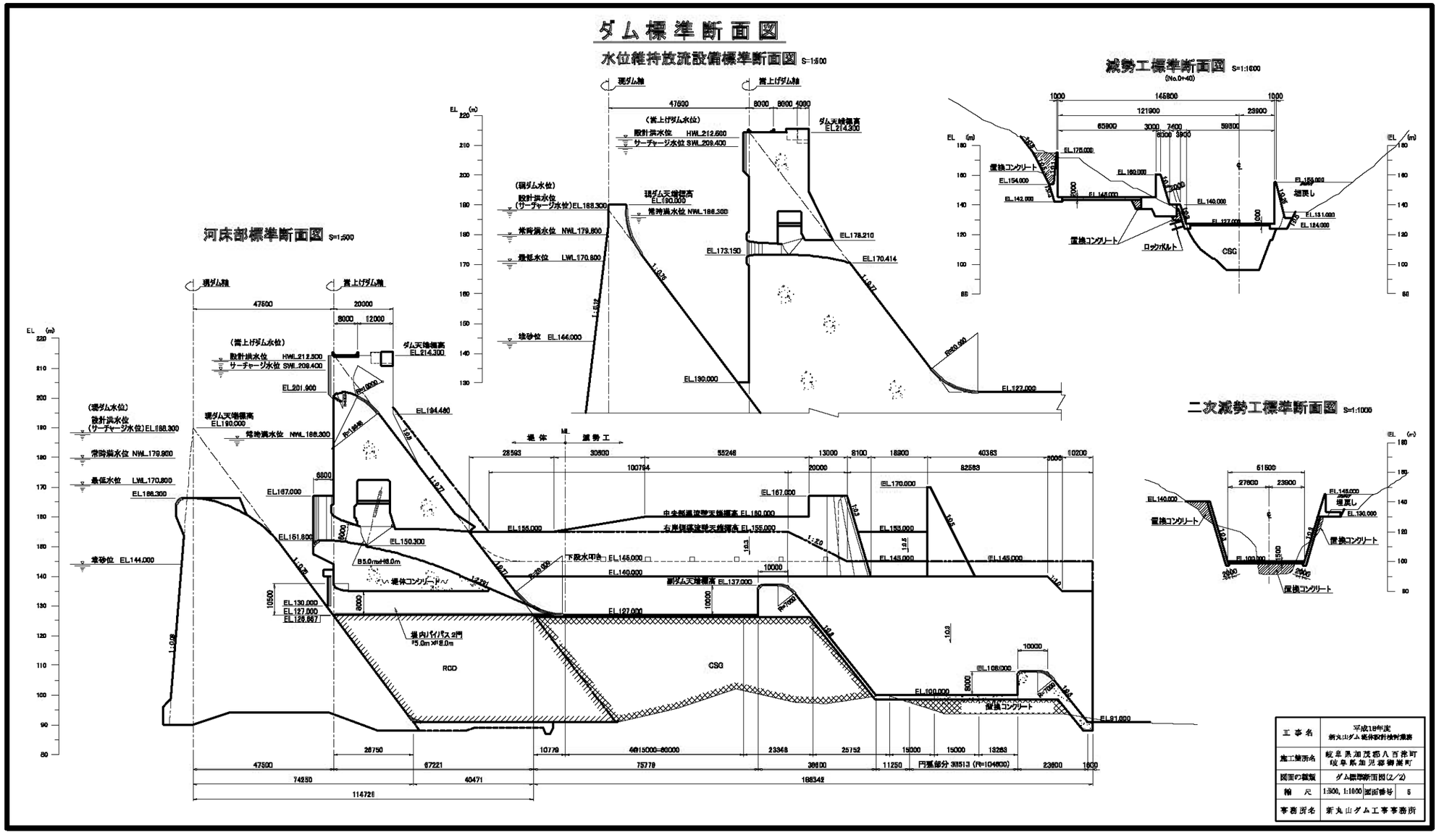
図－ 1.3 堤体上流面図

※ 平成 18 年度新丸山ダム堤体設計検討業務における形状



図－ 1.4 堤体下流面図

※ 平成 18 年度新丸山ダム堤体設計検討業務における形状



図－ 1.5 堤体標準断面図

※ 平成 18 年度新丸山ダム堤体設計検討業務における形状

2. 丸山ダムの概要

2.1 堤体・貯水池の概要

丸山ダムは、洪水調節および発電を目的として木曽川水系木曽川に建設された堤高 98.2m，堤頂長 260m，堤体積 49.7 万 m^3 の重力式コンクリートダムで、昭和 29 年 2 月に湛水を開始し、4 月より発電を、7 月より洪水調節を開始している。

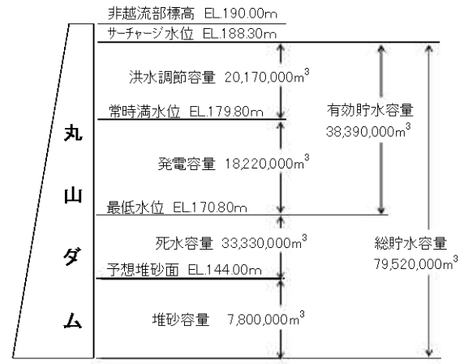
丸山ダムの位置図を図－ 2.1.1 に示す。貯水池諸元を表－ 2.1.1 に，容量配分図を図－ 2.1.2 に、堤体四面図を図－ 2.1.3～図－ 2.1.6 に示す。

図－ 2.1.1　丸山ダム位置図

※ 丸山ダム管理所 HP より

表－ 2.1.1 貯水池諸元

流域面積	2,409km²
湛水面積	2.63km²
計画高水流量	6,600m³/s
計画最大放流量	4,800m³/s
洪水調節流量	1,800m³/s



図－ 2.1.2 貯水池容量配分図

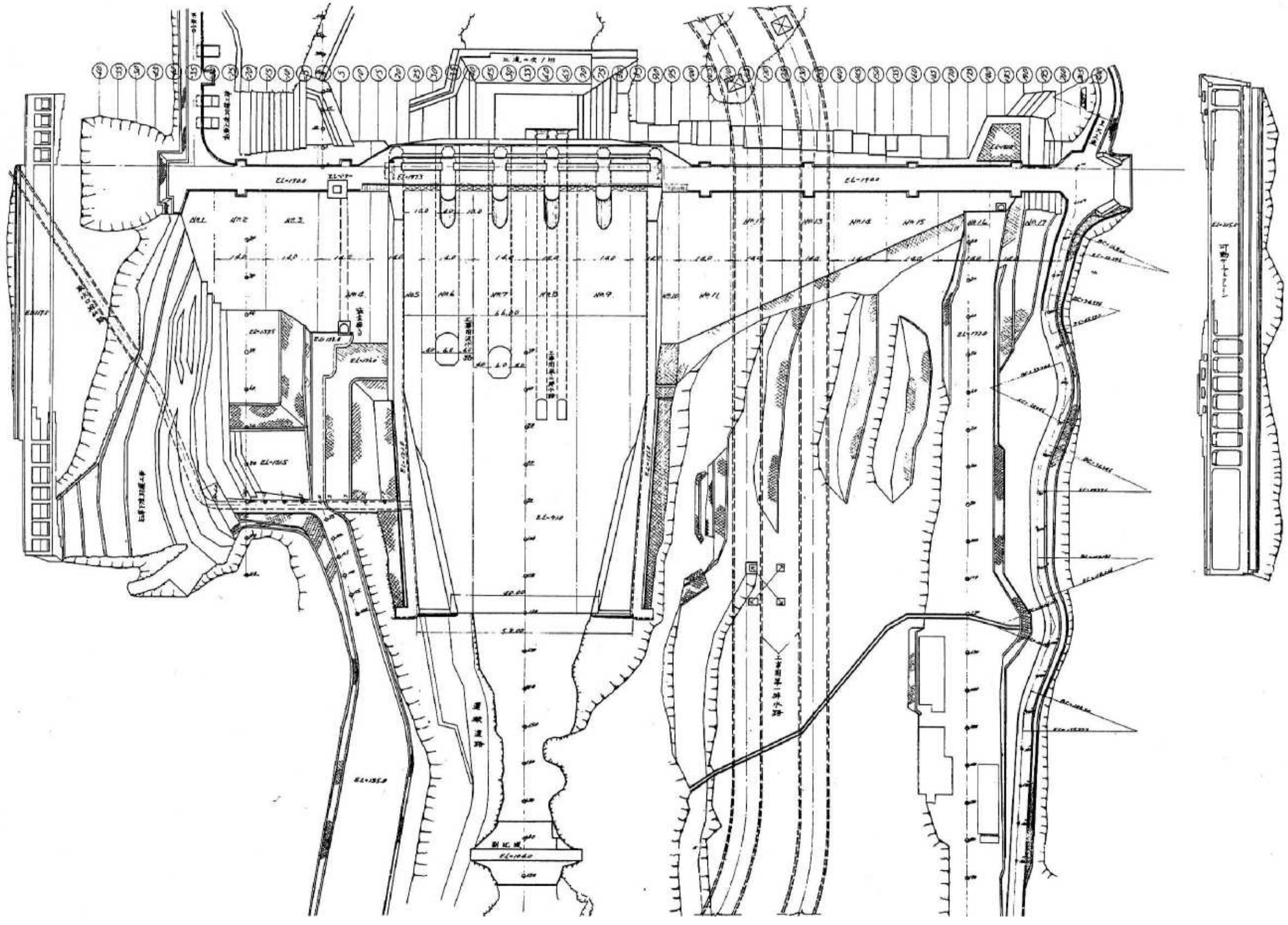
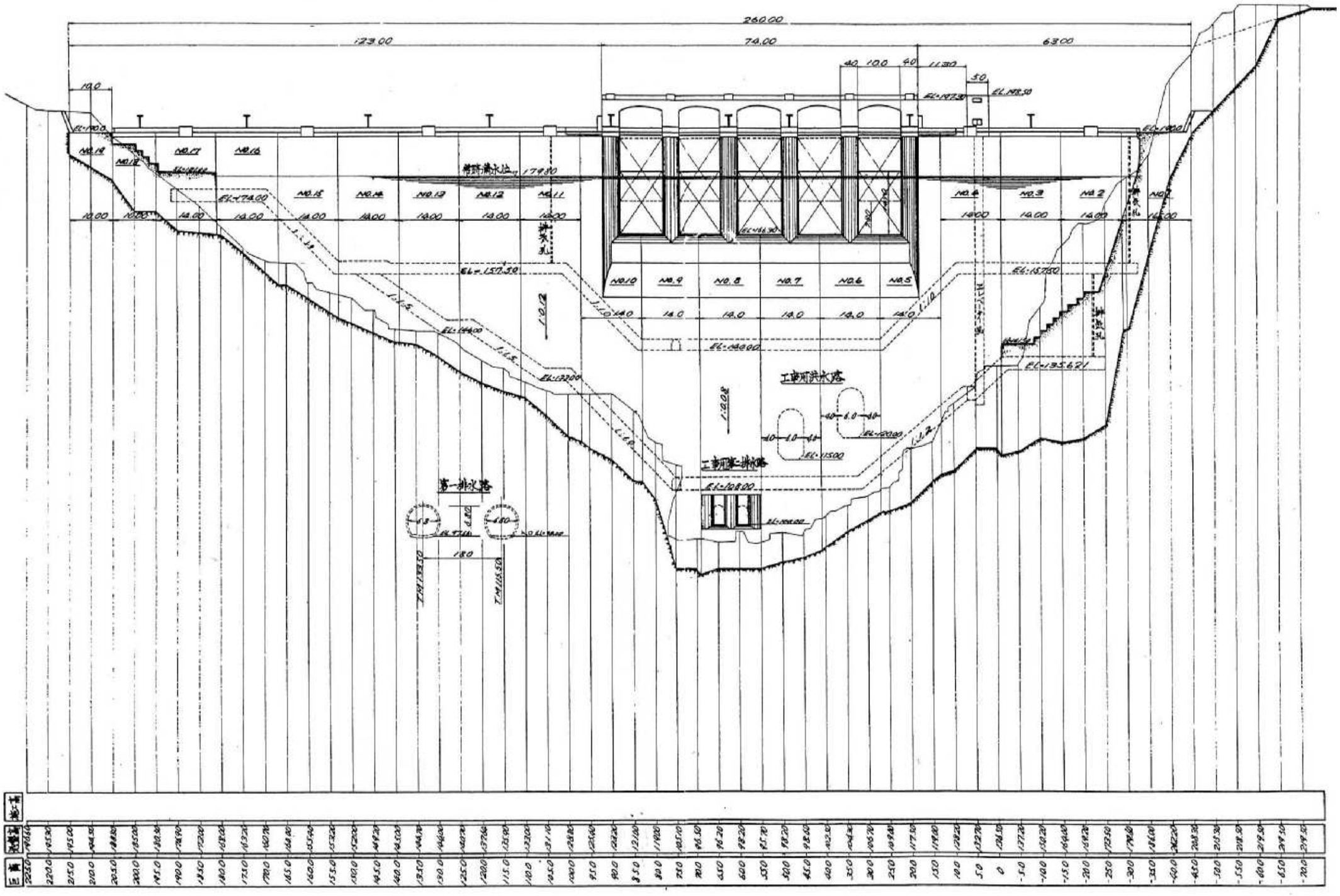


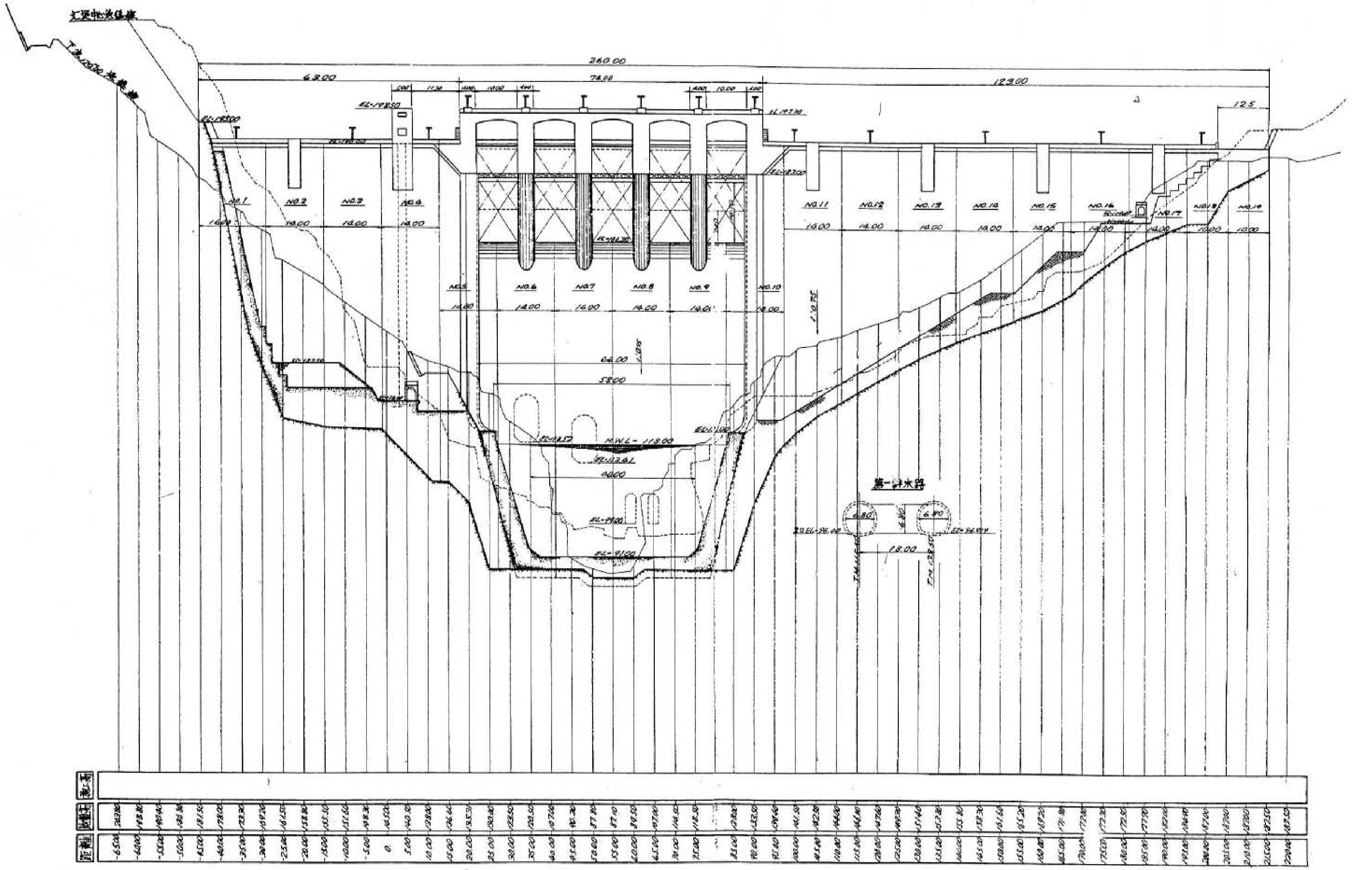
図 － 2.1.3 ダム平面図

※ 丸山発電所工事誌 竣工図譜 より



図－ 2.1.4 上流面図

※ 丸山発電所工事誌 竣工図譜 より

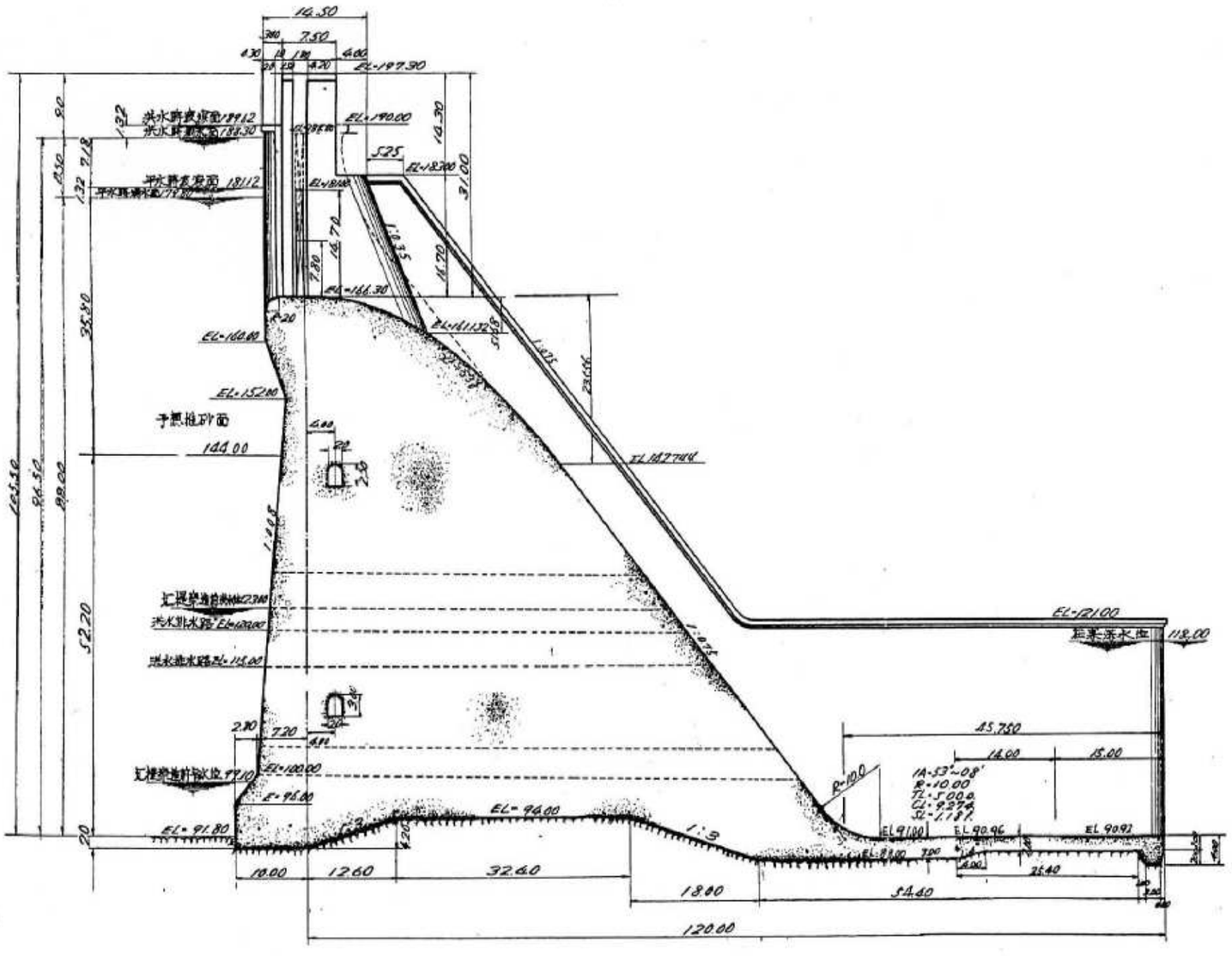


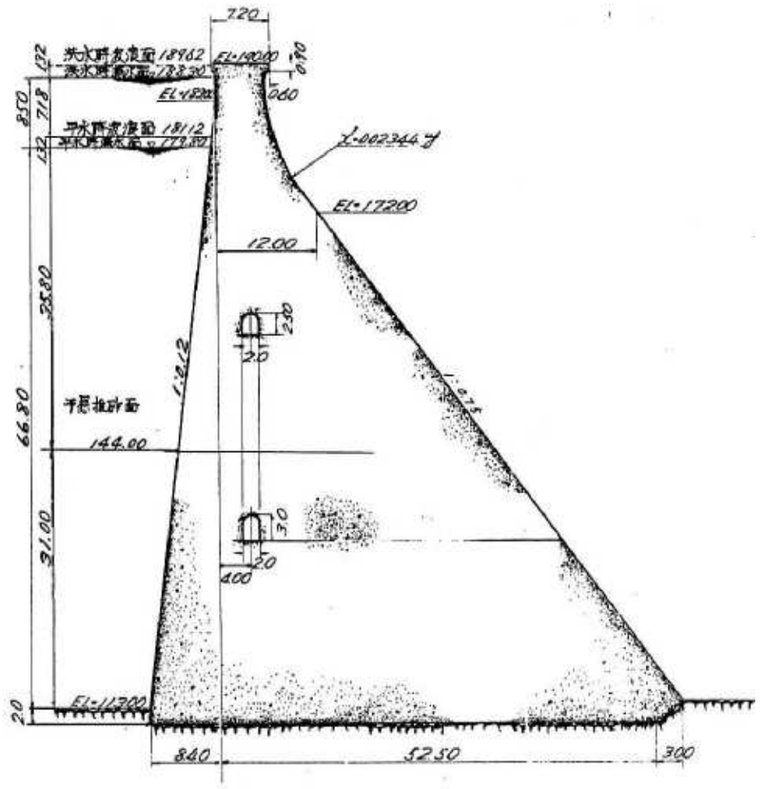
図－ 2.1.5 下流面図

※ 丸山発電所工事誌 竣工図譜 より

溢流部

非溢流部





図－ 2.1.6 標準断面図

※ 丸山発電所工事誌 竣工図譜 より

2.2　地形・地質概要

2.2.1　地形概要

丸山ダムサイトが位置する木曽川は、木曽山脈鳥居峠北方の鉢盛山を水源とし、木曽谷・三河高原・濃尾平野を経て伊勢湾に注いでいる一級河川である（主流路延長 227km、流域面積 9,100ｋ㎡）。

岐阜県内の木曽川流域は美濃高原と呼ばれており、地形は北西－南東に延びる阿寺・赤河の 2 本の第四紀断層によって以下の 3 つの山地に分けられる。

1）阿寺（あてら）山地　・・・阿寺断層の北東側

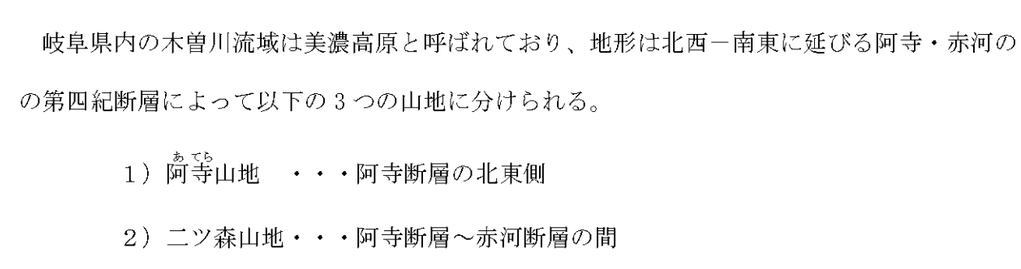
2）二ツ森山地・・・阿寺断層～赤河断層の間

3）見行（けんぎょう）山地　・・・赤河断層の南西側

丸山ダムサイトを含めた恵那市～八百津町にかけての貯水池周辺は、3）の見行山地に位置する。

見行山地は、標高 300～700ｍの定高性のある山地であり、全体としては西南西に緩やかに傾動している。恵那市から八百津町にかけての木曽川流域および貯水池周辺の稜線部は、標高 400～500m の丘陵状の地形を呈しているが、貯水池に面する斜面は急峻な地形を呈している。

定高性のある丘陵状の地形には、新第三紀鮮新世に形成された礫層（土岐砂礫層）が分布しており、定高性のある地形の成因はこの時代の堆積作用によるものと推定されている。したがって、**現在の木曽川の河道は、鮮新世以降第四紀に入ってからの急激な侵食によって形成**されたものと考えられる。図－ 2.2.1 にダムサイト周辺地域の地形概略断面図、図－ 2.2.2 にダムサイト周辺の地形図を示す（図中の赤線は「新編　日本の活断層（活断層研究会，1991）」による活断層）。



図－ 2.2.1　見行山地から阿寺山地の地形概略断面図

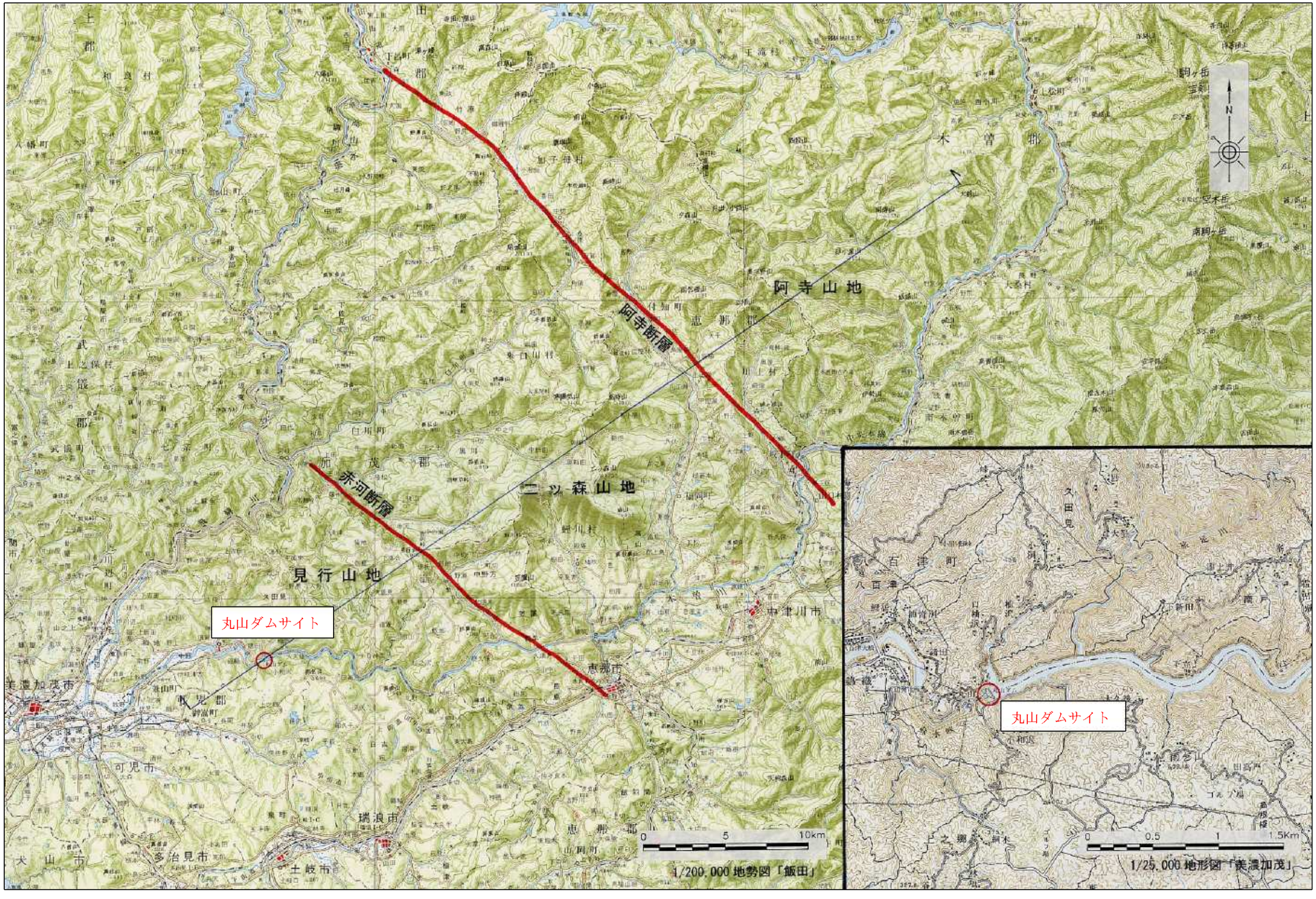
2.2.2　地質概要

丸山ダムサイトの周辺は、美濃帯に属する珪質粘土岩（前期三畳紀）、チャート（三畳紀～前期ジュラ紀）、珪質泥岩（前～中期ジュラ紀）、混在岩[*1]（中～後期ジュラ紀）などからなる。これらの地層群は概ね整合しているが、断層により繰り返し出現することもある。ダムサイトにはこれらのうち、大局的に**河床～左岸側に混在岩**、**右岸側にチャート**が分布し、ほぼ東西（ほぼ上下流方向）走向で南（左岸側）に 60～90° 傾斜の構造を有している。

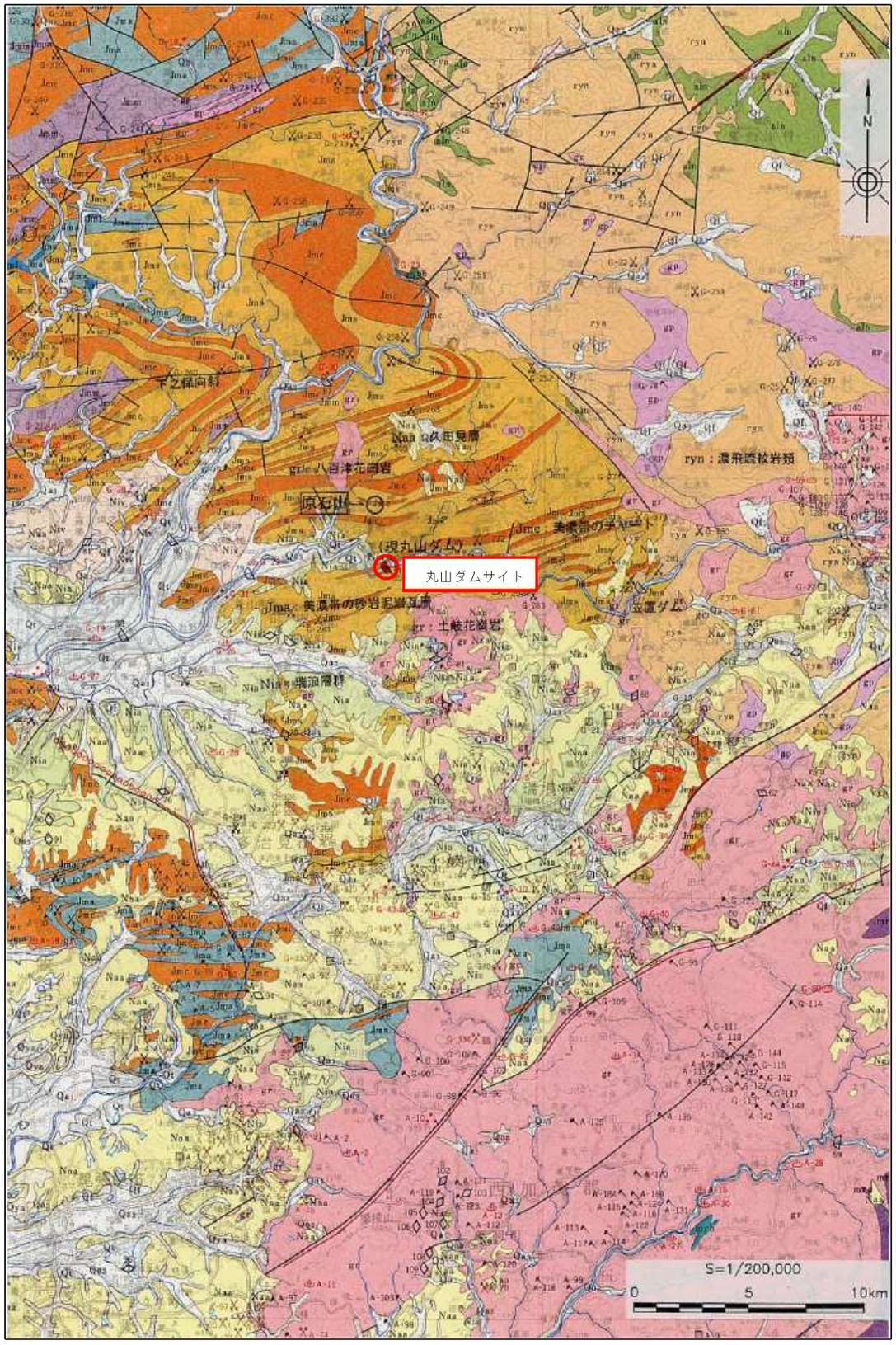
これら美濃帯の地層群に、白亜紀末期～古第三紀初頭にかけて、ダムサイト南方に土岐花崗岩が、北方に八百津花崗岩が貫入したとされており、**ダムサイト周辺の地層群はこれら貫入岩の接触変成作用（ホルンフェルス化）を受け**、新鮮部では**堅硬・緻密な岩盤性状を呈している**。

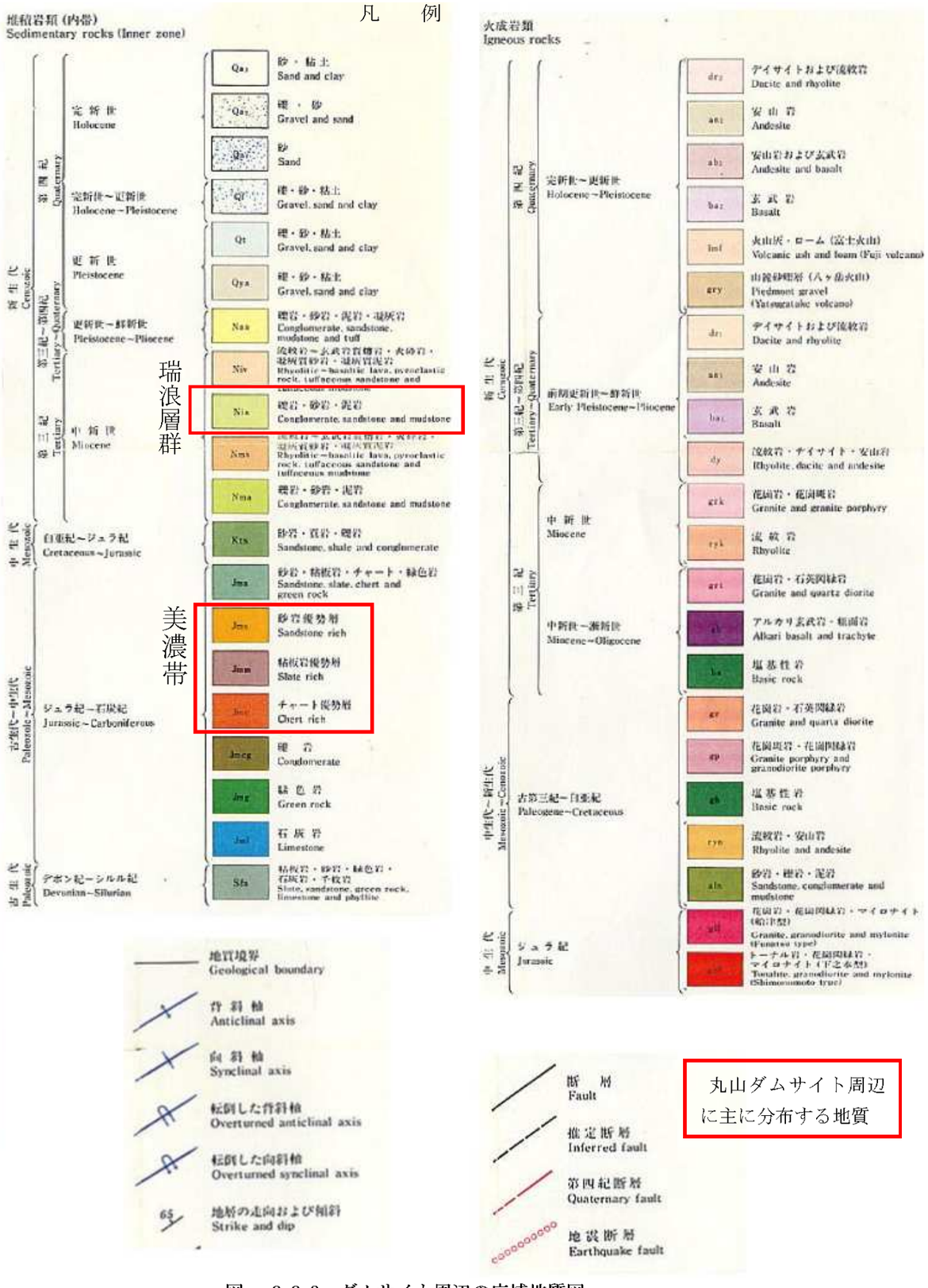
これらの基盤岩類に第三紀の瑞浪層群が不整合で分布する。瑞浪層群は前期中新世の堆積層よりなり、ダムサイト周辺では右岸山側に伏在する旧谷地形を埋積しているほか、下流左岸側の支川合流部にも分布する。

*1 混在岩：調査初期には、泥質部を“粘板岩”とし、左岸～河床に広く分布する地質を“砂岩粘板岩互層”と称していたが、当ダムサイトにおける泥質部は一般的な粘板岩とは岩相が大きく異なり、泥質基質中に砂岩やチャートの礫をブロック状に取り込んだ特徴を有していることから、その特徴を的確に表す“混在岩”の名称を用いている。



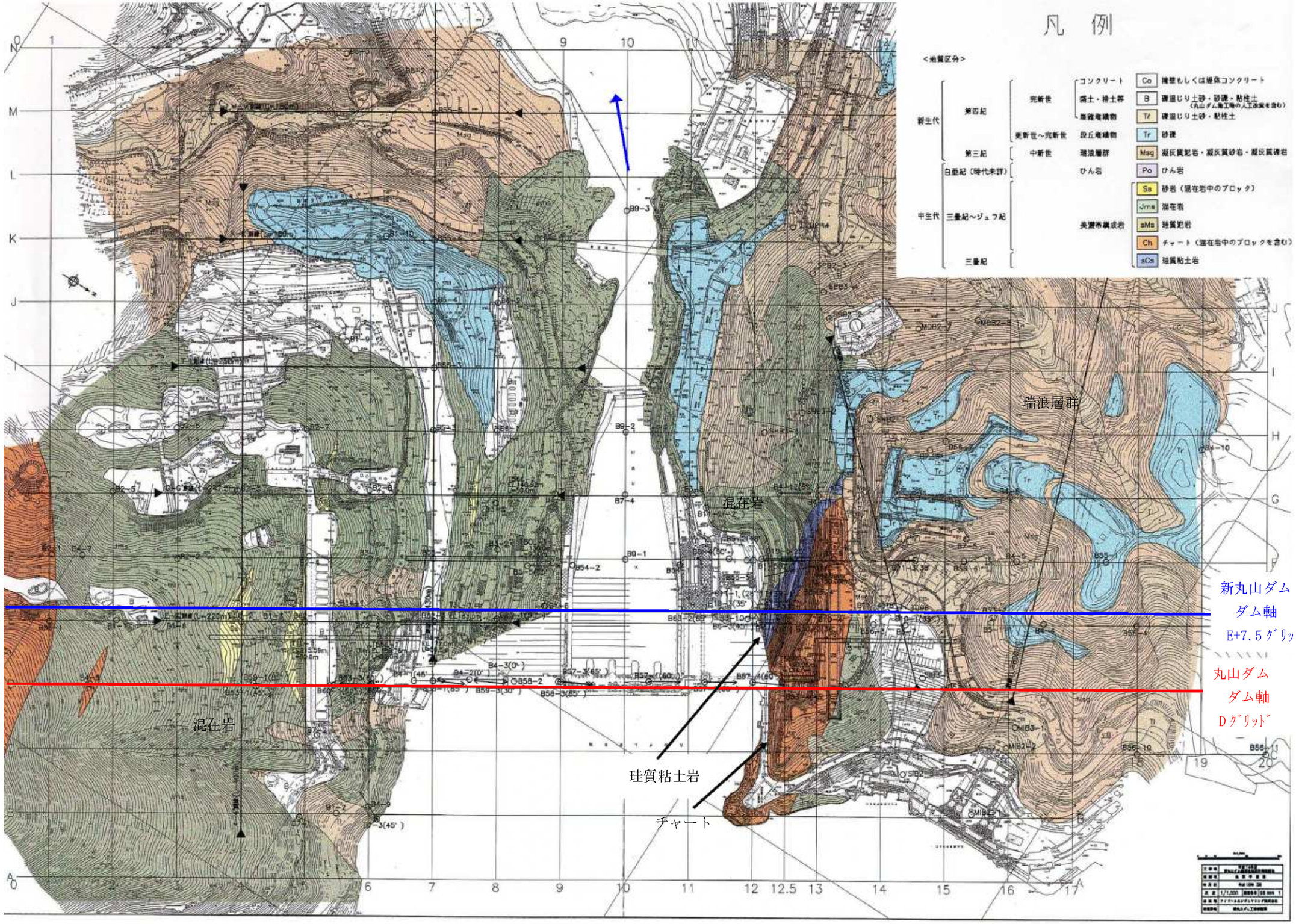
図－ 2.2.2 調査地域周辺の地形図　※国土地理院発行『1/200,000 地勢図および 1/25,000 地形図』に一部加筆





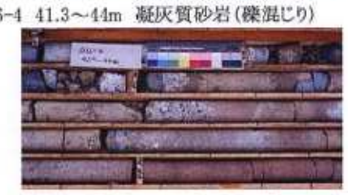
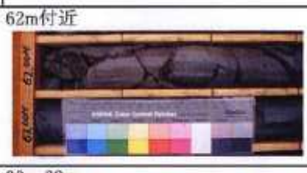
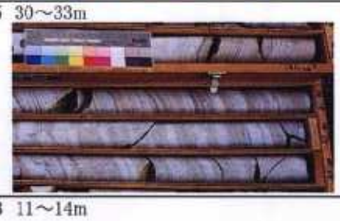
図－ 2.2.3　ダムサイト周辺の広域地質図

※中部地方土木地質図編纂委員会『中部地方土木地質図』（平成 4 年 12 月）に一部加筆

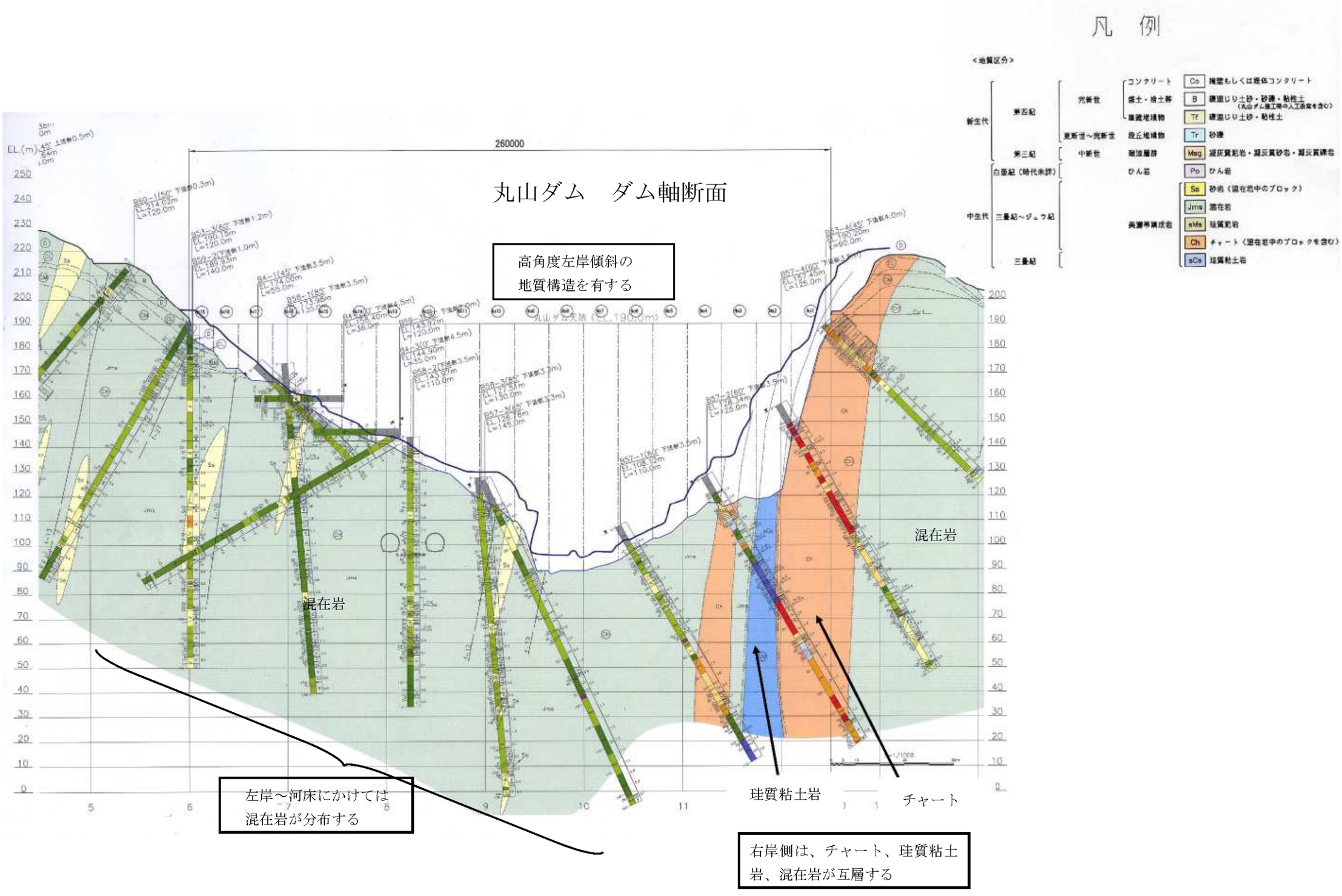


図－ 2.2.4　ダムサイト地質平面

※『平成 14 年度　新丸山ダム基礎岩盤検討業務委託報告書』成果に一部加筆

地質時代		地質名	地質記号	代表的な写真 ボーリングコア	代表的な写真 横坑または露岩	分布や岩相上の特徴
新生代	中新世	瑞浪層群	Msg	B5-1　33～37m　凝灰質礫岩 B56-4　41.3～44m　凝灰質砂岩(礫混じり) 	T55R-1　125m付近上流壁 凝灰質礫岩と凝灰質泥岩 T55R-1　120m付近下流壁 貝殻状断口を示す凝灰質泥岩	・ダムサイトでは右岸展望台より山側で、旧谷地形を埋積するように分布する。左岸下流側にも小規模に分布する。 ・美濃帯との関係は不整合関係にある。 ・凝灰質な礫岩、砂岩、泥岩からなる。 ・凝灰質泥岩は割れ目が貝殻状断口を示す場合が多い。 ・美濃帯構成岩や濃飛流紋岩類、花崗岩類など基盤岩類の岩片を多量に取り込んでいる。 ・横坑では良く締まっているがボーリングでは礫と基質が分離しており、コアの状態が悪い。
	白亜紀（時代未詳）	ひん岩	Po	B62-1　40.8～41m 	横坑では見られない	・ダムサイトのボーリングで局所的に見られる。横坑では認められない。 ・左岸下流側の急崖露頭に小規模に分布する。 ・美濃帯構成岩の層理面構造を切断して貫入する。 ・再結晶していることから、接触変成作用に寄与した土岐花崗岩の貫入以前のものと推定される。
	ジュラ紀～三畳紀	砂岩	Ss	B14-1　2～5m 	T1L-1　50m下流壁 	・混在岩にレンズ状に含まれる砂質ブロックのうち、まとまって分布するものを砂岩として分類した。 ・明灰色を呈しており、粒度が粗く、接触変成作用によりかなり珪質な部分も見られる。
		混在岩	Jms	砂質部優勢混在岩 B62-3　18～20m B4-1　52～55m(ブロックインマトリクス構造を示す) 	減勢工下流側左岸部の急崖露頭 	・堤敷に広く分布する混在岩のうち、砂質部が優勢な部分である。河床部～右岸部にかけて多い。 ・乾燥状態で明灰色を呈する。 ・ブロックインマトリクス構造を示すものがある。 ・**接触変成作用によりホルンフェルス化しており、堅硬**である。泥質部の一部に菫青石が見られるものがある。
				泥質部優勢混在岩 B62-3　15～20m(T3L-1坑と交差) B1-4　48m付近　菫青石(変成鉱物)を多含 		・堤敷に広く分布する混在岩のうち、泥質部が優勢な部分である。 ・ブロックインマトリクス構造を示すものがある。 ・**接触変成作用によりホルンフェルス化しており、堅硬**である。全般的に菫青石が見られるものがある。 ・乾燥状態で暗灰色を呈する。 ・左岸高位標高部において、選択的に風化の影響を強く受ける箇所が見られる。
		珪質泥岩	sMs	B6-3　62m付近 	横坑では見られない	・右岸のチャート中に断続的に分布する。 ・特に右岸部の混在岩中にも小規模ブロックとして含まれるが、連続性に乏しい。
		チャート	Ch	B1-5　30～33m 	右岸展望台の露岩 	・右岸部にまとまって分布し、少なくとも3ユニットに区分される。混在岩中にも小規模ブロックとして含まれる。 ・詳細な岩相は4岩種に区分される。
	三畳紀	珪質粘土岩	sCs	B6-3　11～14m 	T13R-1　9m付近下流壁 	・右岸部にのみ分布する。 ・非常に細かいせん断を著しく受けている。 ・部分的にチャート様を呈する。 ・**分布に調和的な脆弱部を多含し、地質分布に沿って岩盤劣化部が見られる。**

中生代

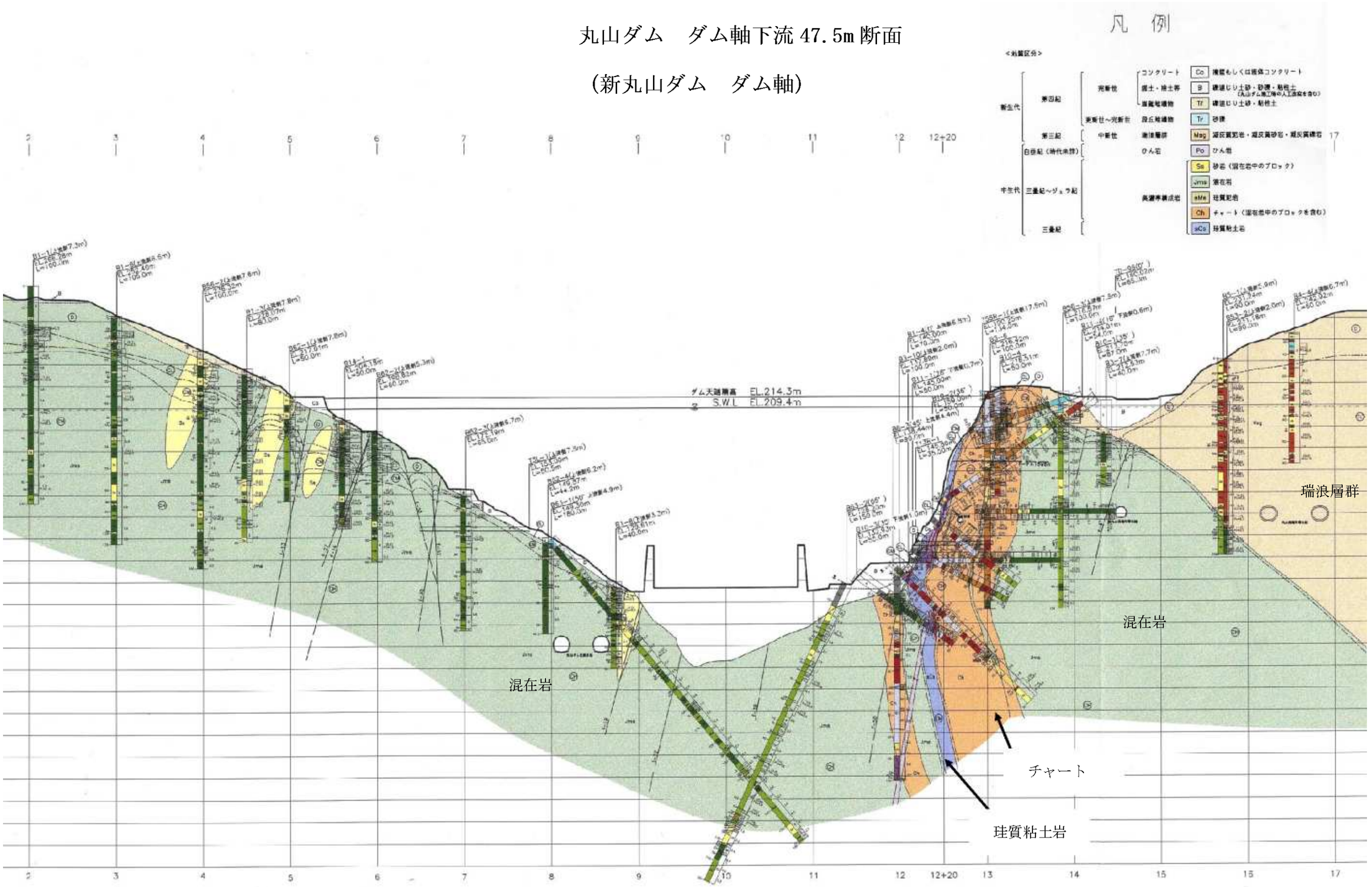


図－ 2.2.5　丸山ダム　ダム軸地質断面図

※『平成 14 年度　新丸山ダム基礎岩盤検討業務委託報告書』成果に一部加筆

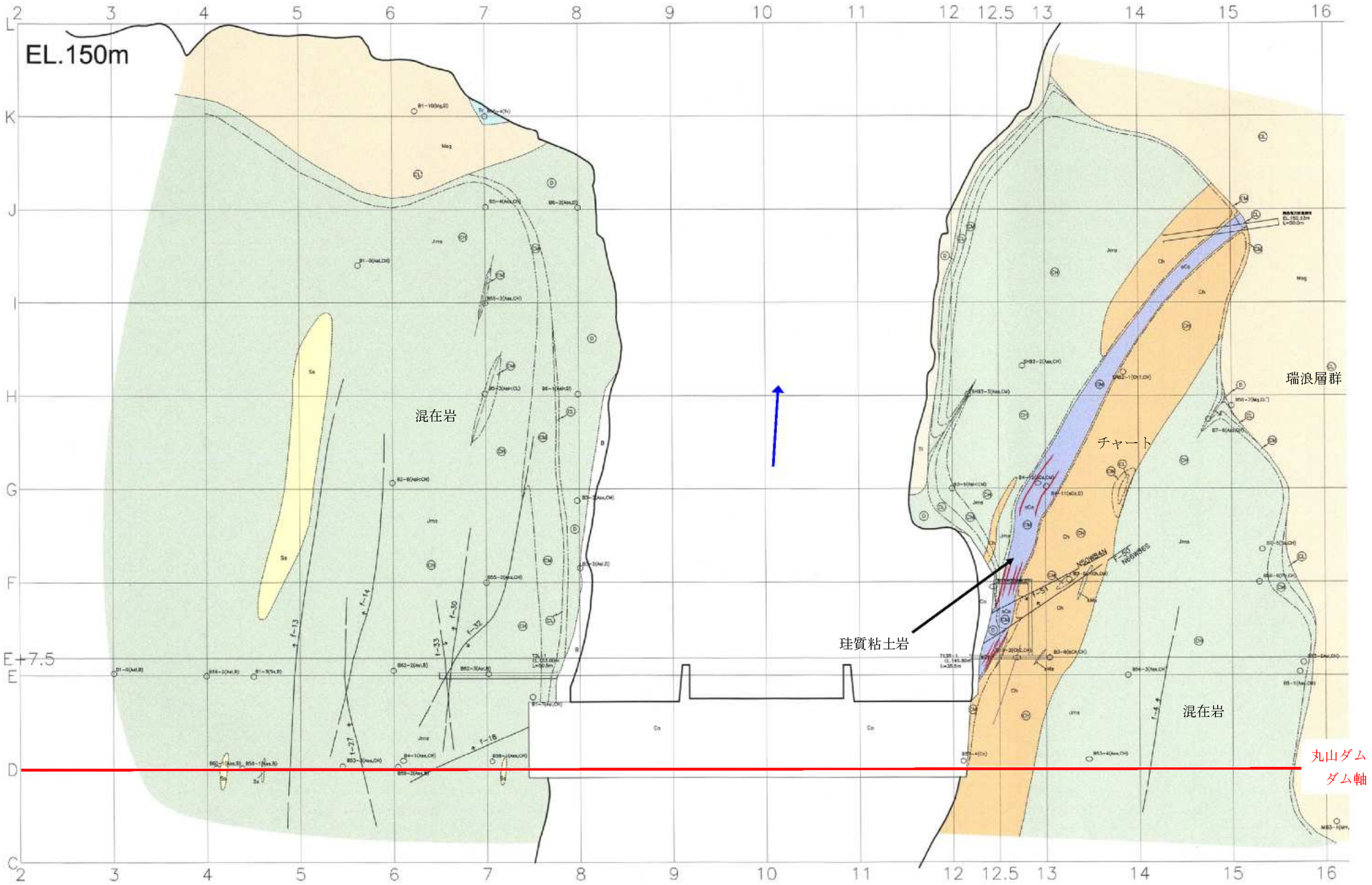
丸山ダム　ダム軸下流 47.5m 断面

（新丸山ダム　ダム軸）



図－ 2.2.6　丸山ダム　ダム軸下流 47.5m（新丸山ダム　ダム軸）地質断面図

※『平成 14 年度　新丸山ダム基礎岩盤検討業務委託報告書』成果に一部加筆

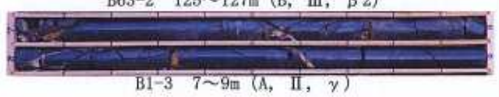


図－ 2.2.7　EL.150m　地質水平断面図

※『平成 14 年度　新丸山ダム基礎岩盤検討業務委託報告書』成果に一部加筆

2.3　基礎岩盤の状況

表-2.3.1　岩級区分基準

岩級区分	定性的特徴	代表的な細区分組合せ 〔　〕は特に多い組合	代表的な横坑写真	代表的なコア写真 混在岩	代表的なコア写真 チャート
B	岩片は新鮮かつ堅硬であり、割れ目は密着している。割れ目の赤褐色化および挟在物は認められない。密着した割れ目に沿って灰白色鉱物がフィルム状に晶出したものを含む。割れ目間隔は10cm以上で、ハンマーで強打しても割れない。	A, Ⅰ, α A, Ⅱ, α	 T60L-1　48m付近上流壁（A, Ⅱ, α～β1）	 B56-2　52～54m（A, Ⅰ, α）	存在しない
CH	岩片はおおむね新鮮で堅硬。割れ目はおおむね密着しているが、一部に挟在物が見られることもある。割れ目沿いが赤褐色化している場合が多いが、横坑ではハンマーの打診で鋭い金属音を発し、強打しても割れにくい。	〔A, Ⅱ, β1〕 A, Ⅲ, β1 A, Ⅱ, β2 B, Ⅲ, β1	 T3L-1　10m付近上流壁（A, Ⅲ, β1）	 B63-2　103～105m（A, Ⅱ, β1）	 B3-10　90～93m（A, Ⅰ～Ⅱ, β1）
CM	岩片はおおむね堅硬であるが、層理面沿いの一部で割れやすいものもある。割れ目間隔は10cm以下で、割れ目沿いに細粒物質を挟在することが多い。横坑では締まりが良いが、ハンマーの強打で割れる。	A, Ⅳ, β2 A, Ⅲ, γ 〔B, Ⅳ, β1〕 B, Ⅳ, β2	 T56L-2　14m付近下流壁（B, Ⅲ～Ⅳ, β2）	 B63-2　125～127m（B, Ⅲ, β2）  B1-3　7～9m（A, Ⅱ, γ）	 B3-10　67～69m（A, Ⅳ, β2） B3-6　47～49m（A, Ⅱ, γ）
CL	岩片は風化の影響によりやや軟質化しており、ハンマーの打診では鈍い音を発して容易に崩れるものと、岩片は堅硬であるが割れ目が密に発達し、全般に脆く割れやすいものがある。	〔B, Ⅳ, γ〕 C, Ⅲ, γ	 T55R-1　95m付近下流壁（C～B, Ⅱ, γ）	 B56-1　62～63m（B, Ⅴ, γ） B62-4　3～4m（B, Ⅲ, γ2）	 B3-6　6～8m（C, Ⅳ～Ⅴ, γ）
D	大きく以下の2種類が存在する。 ①　岩片は堅硬で割れ目間隔も比較的広いが、流入粘土や流入土砂または木根を頻繁に挟在して緩んでいる岩盤。表層付近に分布する。 ②　風化・変質などの影響により岩片が軟質化したもの。ハンマーのピックを容易に突き刺すことができる。	①　A; Ⅱ, δ ②　B, Ⅴ, δ ②　硬さD, E	 T55L-1　40m付近上流壁（B～C, Ⅱ, δ） T55L-1　4m付近下流壁（D, Ⅳ～Ⅴ, δ）	 ①　B14-1　2～5m（A, Ⅱ～Ⅰ, δ） ②　B1-3　21～23m（D, Ⅴ, δ） ②　B1-6　3～5m（D, Ⅵ, ε）	 ②　B56-1　1～3m（B, Ⅴ, δ） ②　B56-1　22～23m（D, Ⅴ, ε）

※『平成14年度　新丸山ダム基礎岩盤検討業務委託報告書』成果より引用

表－2.3.2　岩級区分細区分基準

要素	区分	定　義	備　考
岩片の硬さ	A	岩片は非常に堅硬・緻密かつ新鮮であり、潜在的な割れ目もほとんど存在しない。ハンマーの打撃で割れず、金属音（キンキン）を発する。	塊状の砂岩・混在岩および新鮮なチャートに見られる。
	B	岩片は堅硬であるが潜在的な割れ目が存在し、ハンマーの打撃でやや鈍い金属音（カンカン）を発する。強打すると、層理面や酸化した割れ目沿いに割れることがある。コアではコア肌がやや粗い傾向にある。	層理面の発達したチャートや層理面の目立つ混在岩に多い。
	C	岩片は中硬であり、ハンマーの打撃ではやや鈍い音（コンコン）を発する。潜在的な割れ目や層理面で割れやすく、ピックの先で傷が付く。岩芯までやや変色している。	混在岩に多い。
	D	軟質であり、ハンマーの打撃では濁音を発する。割れ目以外でも割れる。岩芯まで変色している。	混在岩の風化部に多い。
	E	極軟であり、砂～粘土状もしくはスライム。	
割れ目の間隔	Ⅰ	横坑およびコアで30cm以上（棒状コア）	
	Ⅱ	横坑およびコアで10～30cm（長柱状コア）	
	Ⅲ	横坑およびコアで5～10cm（短柱状コア）	
	Ⅳ	横坑で2～5cm コアで5cm以下の短柱～角礫状コア コアの外周が認められるもの	
	Ⅴ	横坑で2cm以下の割れ目密集部 コアで角礫～細片状を呈し、 円筒形のコアに復元できないもの	
	Ⅵ	砂～粘土状	
割れ目の状態	α	新鮮でよく密着している。ごくわずかにフィルム状の白色鉱物を挟在する場合もあるが、赤褐色化は認められない。	
	β1	割れ目沿いが薄く赤褐色化しているが、軽微である。灰白色の細粒物質を普遍的に挟在するものも含む。	割れ目の赤褐色化はチャートより混在岩で顕著である。 透水性の観点から、コア観察上はγを2分しているが、組合せ上ではγで統一している。
	β2	割れ目沿いが赤褐色化しているもしくは、割れ目沿いに赤～黄褐色化した挟在物を薄く挟む。	
	γ1	割れ目沿いの赤褐色化が著しく、黄褐色の細粒物質または細粒粘土を挟在するが、その幅は1～2mm程度である。	
	γ2	割れ目沿いに黄褐色化し、黄褐色の細粒物質または細粒粘土を2～5mm挟在する。黒灰～灰白色粘土を挟在する場合も含む。	
	δ	全体に割れ目が開口気味で、割れ目沿いに5mm以上の粘土または土砂を挟在する。左岸側の深部での軟質化箇所を含む。また、横坑の坑口付近で木根を頻繁に挟在する場合もある。	
	ε	割れ目として認識できない。	

表－2.3.3　岩級区分細区分組合せ基準

＜硬さA＞

割れ目の状態	コア形状 Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ
α	B	B	CH	CH	－	－
β1	CH	CH	CH	CH	CM	－
β2	CH	CH	CH	CM	CM	－
γ	CM	CM	CM	CM	CL	－
δ	－	D	D	－	－	－
ε	－	－	－	－	－	－

＜硬さB＞

割れ目の状態	コア形状 Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ
α	CH	CH	CH	CH	CM	－
β1	CH	CH	CH	CM	CM	－
β2	CH	CH	CM	CM	CL	－
γ	CM	CM	CM	CL	CL	－
δ	－	D	D	D	D	－
ε	－	－	－	－	－	－

＜硬さC＞

割れ目の状態	コア形状 Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ
α	－	－	－	－	－	－
β1	－	－	CL	CL	CL	－
β2	－	CL	CL	CL	CL	－
γ	－	CL	CL	CL	D	－
δ	－	－	D	D	D	－
ε	－	－	－	－	－	－

＜硬さD＞

割れ目の状態	コア形状 Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ
α	－	－	－	－	－	－
β1	－	－	－	－	－	－
β2	－	－	－	－	－	－
γ	－	D	D	D	D	－
δ	－	D	D	D	D	－
ε	－	－	－	－	D	－

＜硬さE＞

割れ目の状態	コア形状 Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ
α	－	－	－	－	－	－
β1	－	－	－	－	－	－
β2	－	－	－	－	－	－
γ	－	－	－	－	－	－
δ	－	－	－	－	－	－
ε	－	－	－	－	－	D

「－」は組合せ上存在しないもの。

※『平成 14 年度　新丸山ダム基礎岩盤検討業務委託報告書』成果より引用

丸山ダム発電所工事誌竣工図譜およびボーリング調査結果に基づき推定した、丸山ダムダム軸岩級区分断面図を図－2.3.1、河床部（10 グリッド）の岩級区分断面図を図－2.3.2 に示す。

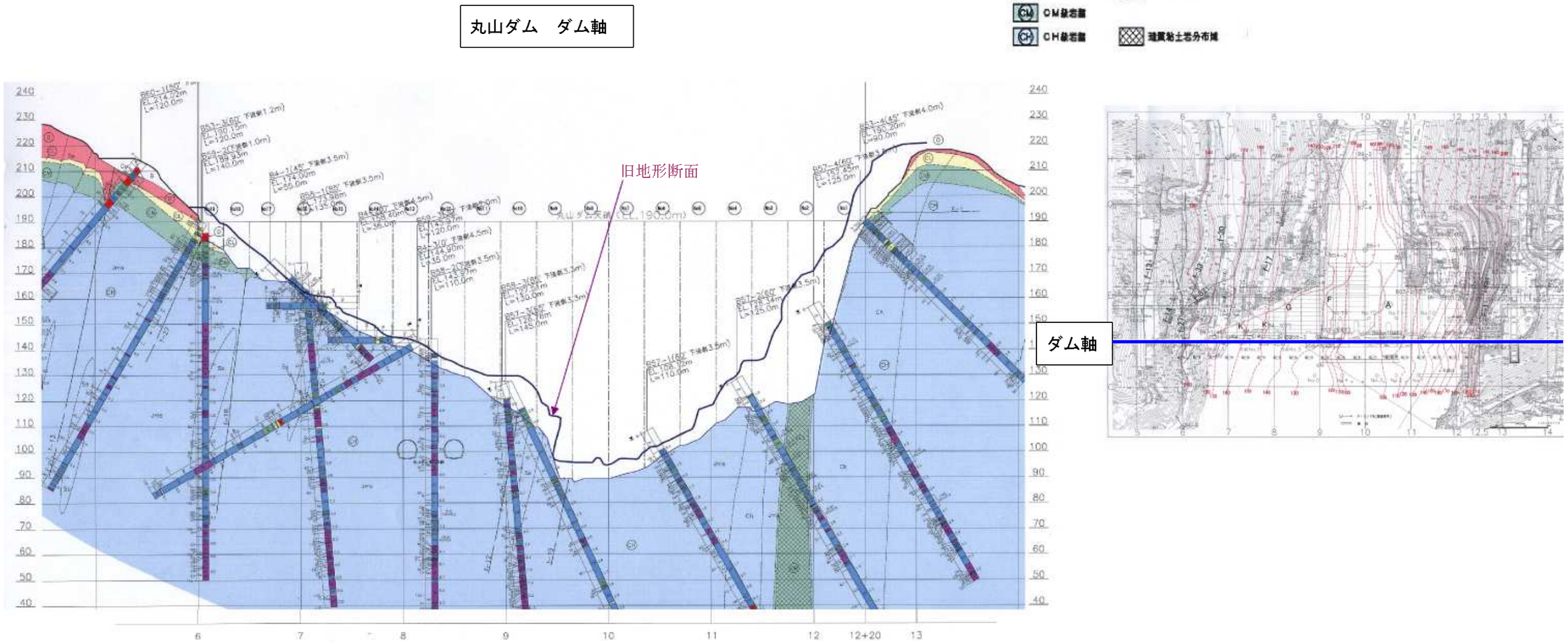


図-2.3.1　丸山ダムの岩級区分断面図（ダム軸）

※『平成 14 年度　新丸山ダム基礎岩盤検討業務委託報告書』成果に一部加筆

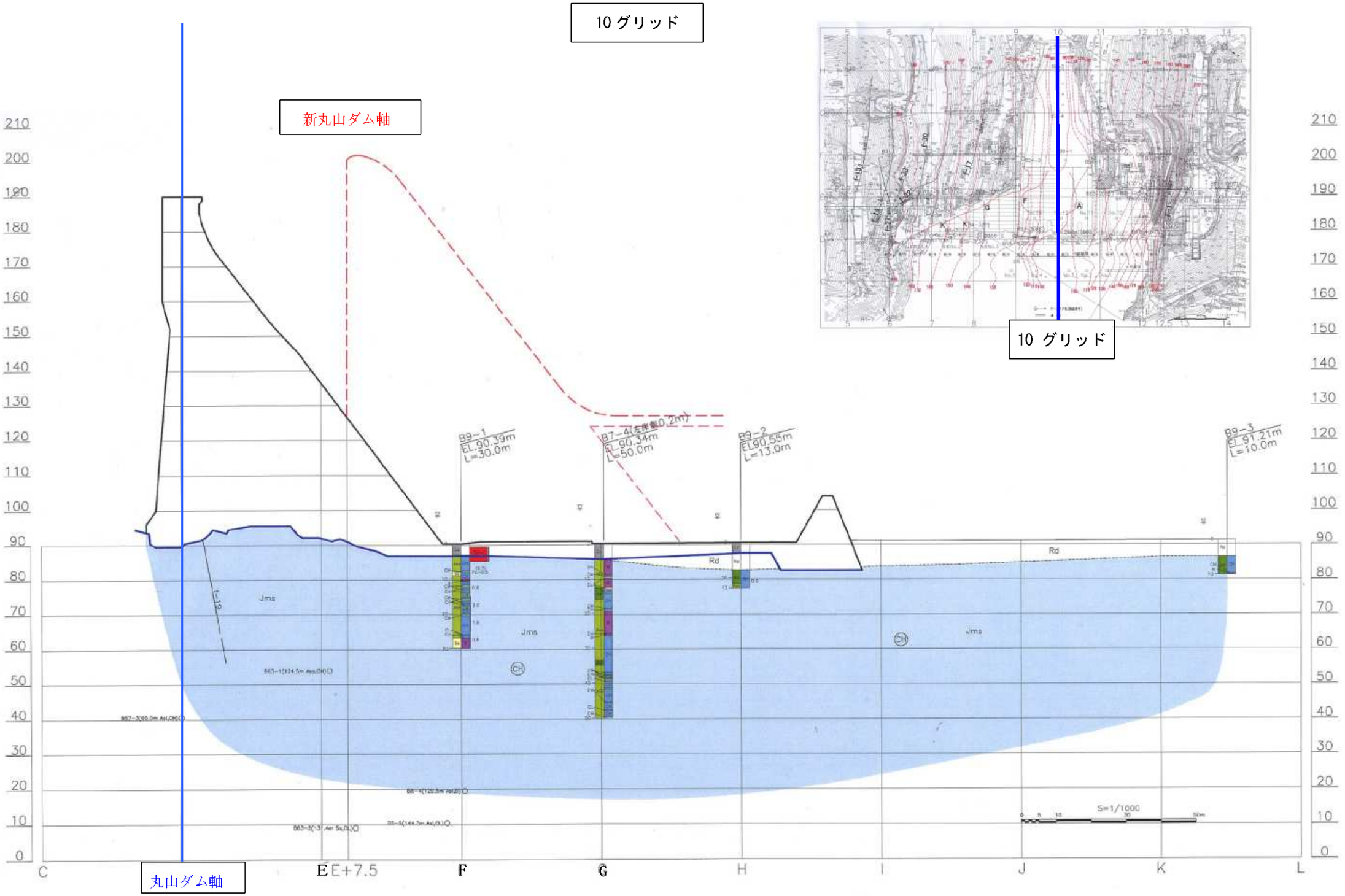


図-2.3.2　10 グリッド（河床）の岩級区分断面図

※『平成 14 年度　新丸山ダム基礎岩盤検討業務委託報告書』成果に一部加筆

3. 丸山ダムの健全性の検討項目

(1) 丸山ダムに要求される性能

丸山ダムは、現在は単独のダム堤体としての機能が要求されるが、将来の新丸山ダムの打設により、新丸山ダムのダム基礎としての機能が要求される。ここでは、ダム堤体および基礎としての要求性能を整理する。

河川管理施設等構造令に規定される、ダムおよび基礎岩盤の構造の原則は以下のとおりである。

（構造の原則）

第４条　ダムの堤体及び基礎地盤（これと堤体との接合部を含む。以下同じ。）は、必要な水密性を有し、及び予想される荷重に対し必要な強度を有するものとする。

2. コンクリートダムの堤体は、予想される荷重によって滑動し、又は転倒しない構造とするものとする。

3. フィルダムの堤体は、予想される荷重によって滑り破壊又は浸透破壊が生じない構造とするものとする。

4. ダムの基礎地盤は、予想される荷重によって滑動し、滑り破壊又は浸透破壊が生じないものとするものとする。

5. フィルダムの堤体には、放流設備その他の水路構造物を設けてはならない。

※　下線は、重力式コンクリートダム堤体および基礎岩盤に関わる項目

丸山ダムに要求される性能は、「丸山ダム単独時」、および「新丸山ダムの基礎として」、これらの構造の原則を満足し、安定性が確保されることである。

(2) 丸山ダムの健全性の検討項目

丸山ダムに要求される性能として、「丸山ダム単独時の安定性」、「新丸山ダムの基礎としての安定性」を照査するために、以下の検討を行う。

第１回　委員会

1) 丸山ダム堤体の現状把握

①丸山ダムの堤体挙動、②コンクリート強度等の現状を把握する。

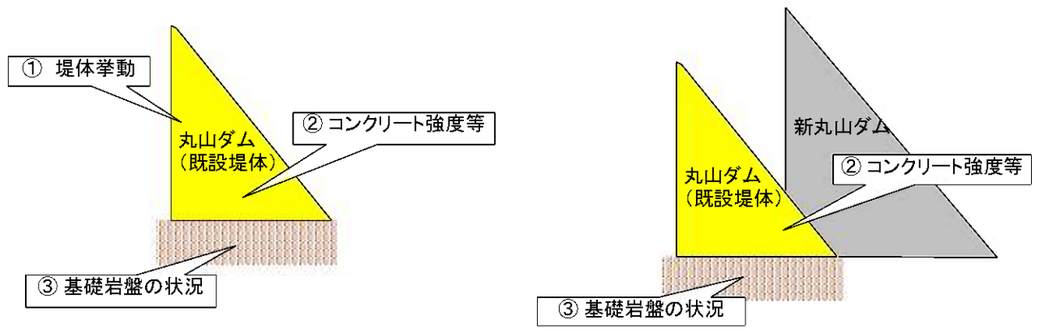
第２回　委員会

2) 基礎岩盤の状況把握

既往図面資料、既往ボーリング調査結果から、③丸山ダムの基礎岩盤の状況（岩盤状況、断層の状況、基礎の密着性）を把握する。

3) 丸山ダムの安定性の検討

有限要素法による安定計算を行い、丸山ダム単独時、および新丸山ダム乗座後の堤体、基礎岩盤の安定性の照査を行う。



［丸山ダム単独時の安定性］　［新丸山ダムの基礎としての安定性］

図－ 3.1 丸山ダムに要求される性能

4. 丸山ダムの堤体状況

4.1 堤体観測状況

4.1.1 観測項目

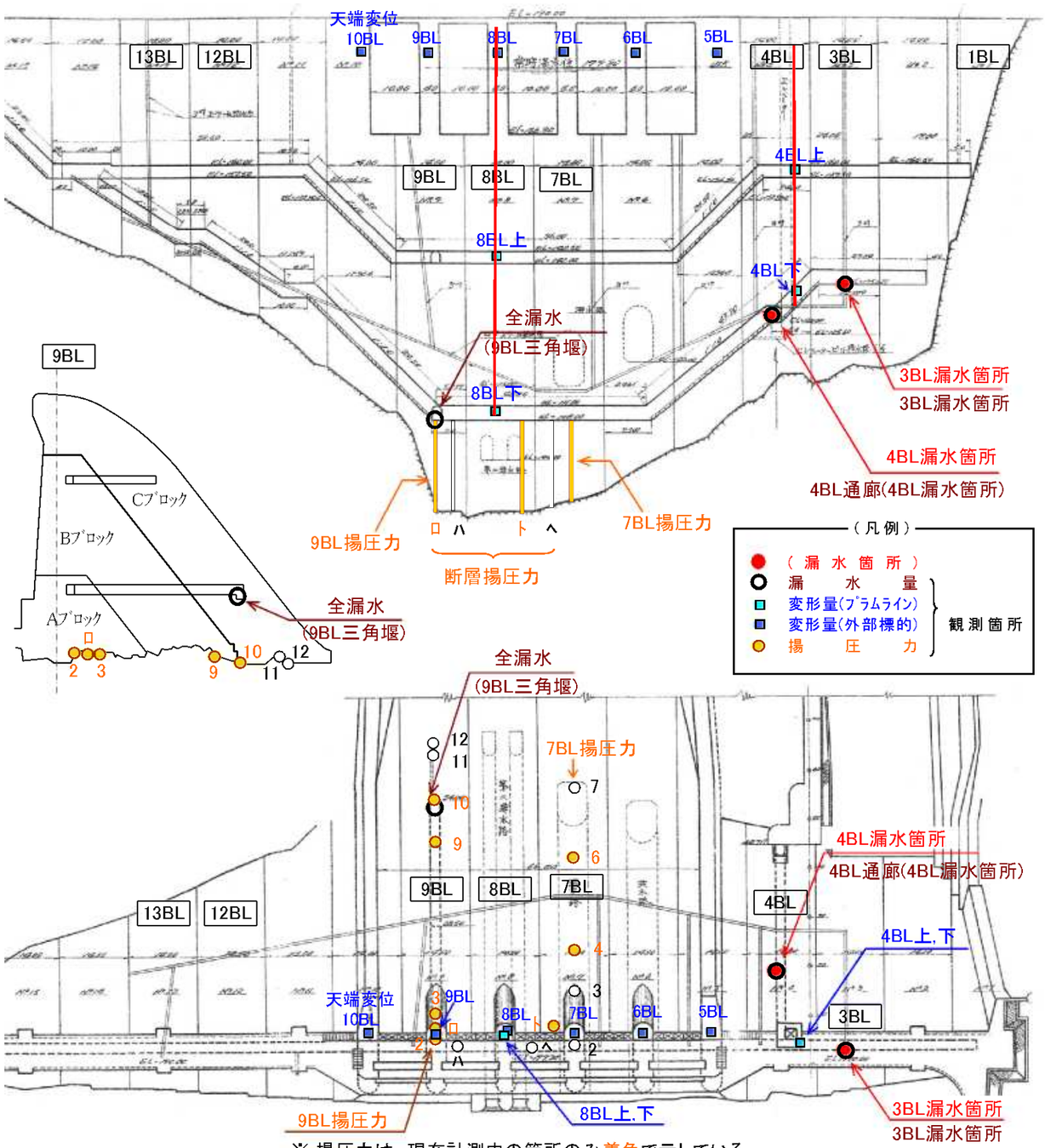
ダムに設置する計測装置については、河川管理施設等構造令第13条において、ダムの種類および堤高毎に規定されている。丸山ダムの場合、堤高 50m以上の重力式コンクリートダムであることから、計測事項は、漏水量、変形、揚圧力が対象となる。丸山ダムは、同政令施行以前の昭和 30 年に竣工しているが、湛水当初から、関西電力(株)により、この3項目が定期的に観測されている。

観測結果については、別途計測している貯水位、外気温、雨量との関係で整理している。また、天端および基礎監査廊に地震計を設置して地震時の挙動を計測している。

表－ 4.1.1 観測項目と観測頻度

観測項目		観測頻度		備 考
区 分	観測箇所	現在の観測頻度※1	通常の観測頻度※2	
外観(巡視)	堤体全体	1 回/日	－	(適宜写真で記録する)
漏水量	全漏水量(9BL 三角堰)	1 回/日	1 回/月	手動計測(平成 20 年 3 月 14 日より、4BL 漏水を分離)
	4BL 漏水量(4BL 三角堰)	1 回/日	1 回/月	自動計測 (平成 20 年 4 月 10 日より)
	3BL 漏水量(3BL 四角堰)	1 回/日	1 回/月	手動計測
変形量	プラムライン(4BL 上・下段監査廊)	1 回/日	1 回/3 月	2 ヶ所
	プラムライン(8BL 上・下段監査廊)	1 回/週	1 回/3 月	2 ヶ所
	天端変位(5, 6, 7, 8, 9, 10BL)	1 回/週	1 回/3 月	6 ヶ所
揚圧力	7BL(4,6), 9BL(2,3,9,10), 断層揚圧力 7～9BL(ト,ロ)	1 回/週	1 回/3 月	8 ヶ所

※1 4BL の漏水量の急増を受けて、平成 19 年度より各観測項目の観測頻度を引き上げて実施している。
※2 第3期のダムの計測回数(「ダム構造物管理基準」)



※ 揚圧力は、現在計測中の箇所のみ着色で示している。

図－ 4.1.1 観測位置図

4.1.2 漏水量

漏水量のまとめ

漏水量は、平成 14 年および平成 19 年に一時増加したが、現在は半減し減少傾向にある。平成 20 年現在の漏水量は、4BL の漏水量の多い箇所を除けば、100 ﾘｯﾄﾙ/程度を中心とした変動を示し、安定している。

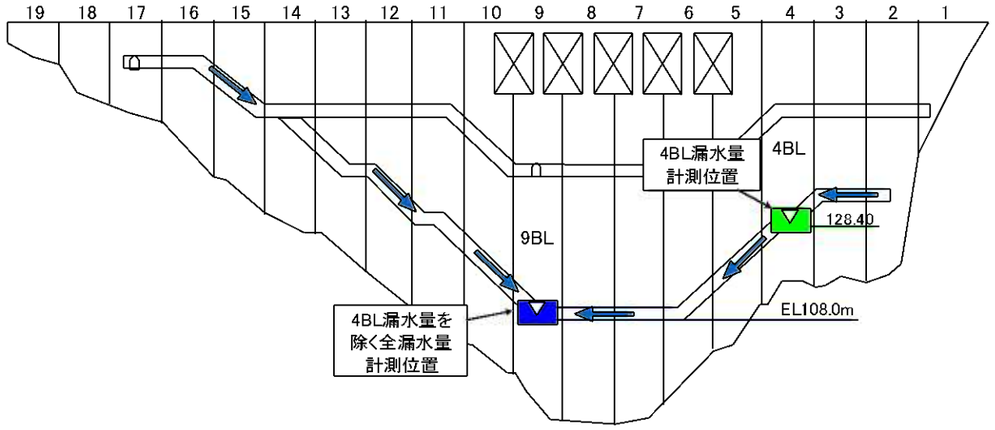
丸山ダムでは、4BL 漏水を除く堤体全体の漏水量(以下、4BL 漏水量を除く全漏水量)を 9BL の上下流監査廊に導き、三角堰を設置して計測している。4BL の漏水量については、4BL 上下流監査廊に三角堰を設置して計測している。

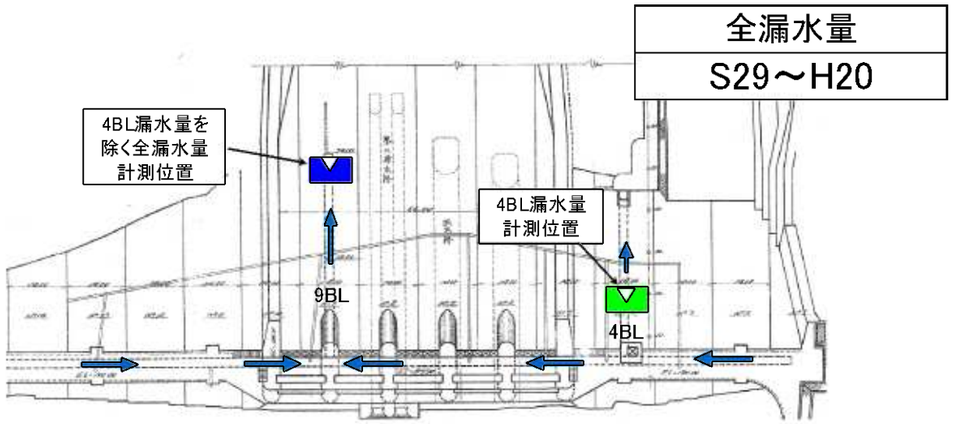
9BL の三角堰と 4BL の三角堰で計測値を合計した全漏水量の経時変化図を図－ 4.1.2 に、4BL の漏水量を除いた全漏水量の経時変化図を図－ 4.1.3 に示す。これらより、以下のことがわかる。

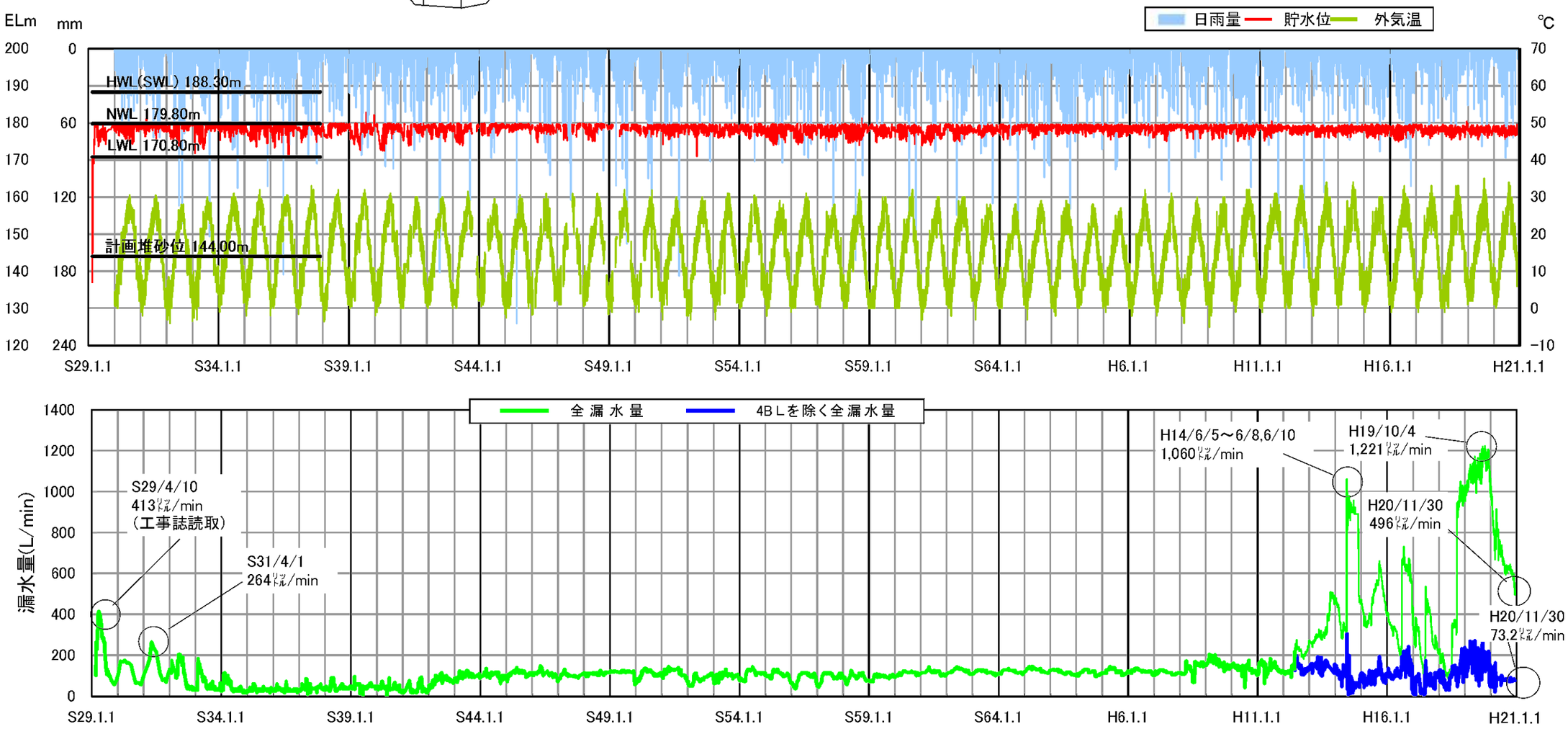
1) 湛水1年目の昭和 29 年に、最大値約 410 ﾘｯﾄﾙ/分を記録し、その後 10 年程度で 50 ﾘｯﾄﾙ/分程度に収束し、その後は 100 ﾘｯﾄﾙ/分程度で推移している(図－ 4.1.2)。
2) 平成 14 年および平成 19 年に、約 1,000～1,200 ﾘｯﾄﾙ/分程度に増加したが、いずれも経過時間とともに減少し、現在は約 500 ﾘｯﾄﾙ/分程度に減少してきている(図－ 4.1.2)。
3) 4BL を除く平成 12 年以降の変動の中心は 100～150 ﾘｯﾄﾙ/程度であり、過去の漏水量と同様である(図－ 4.1.3)。

写 真 － 4.1.1 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。

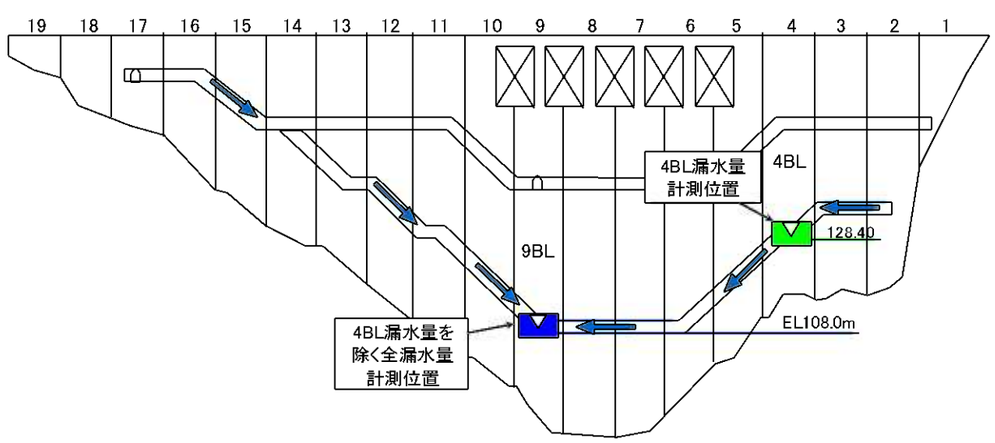
写 真 － 4.1.2 4BL 三 角 堰 と 超 音 波 流 量 計

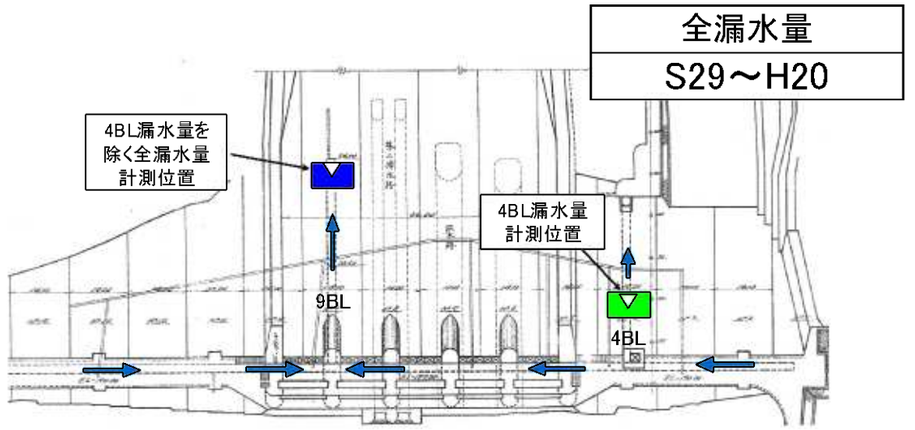


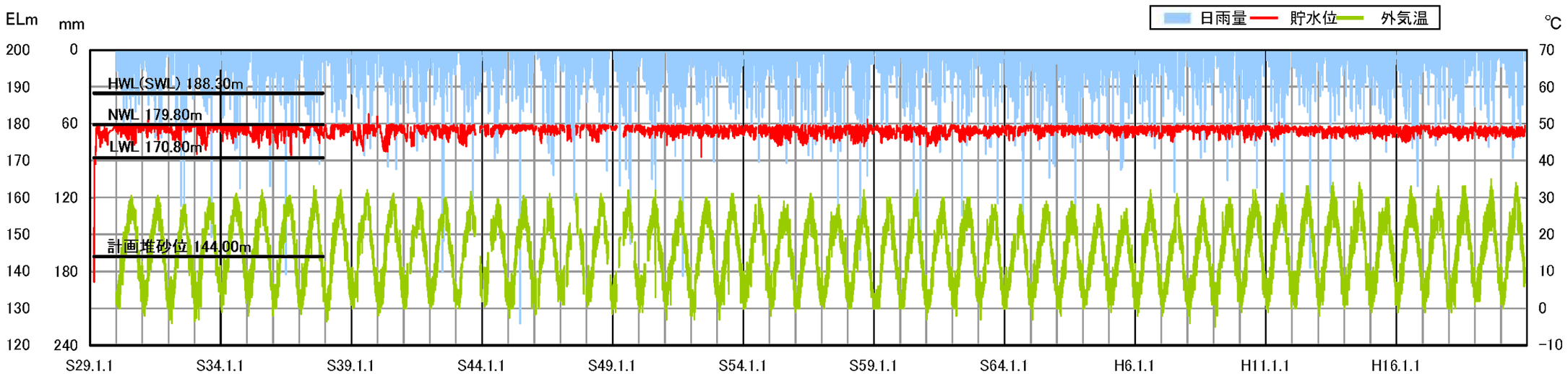


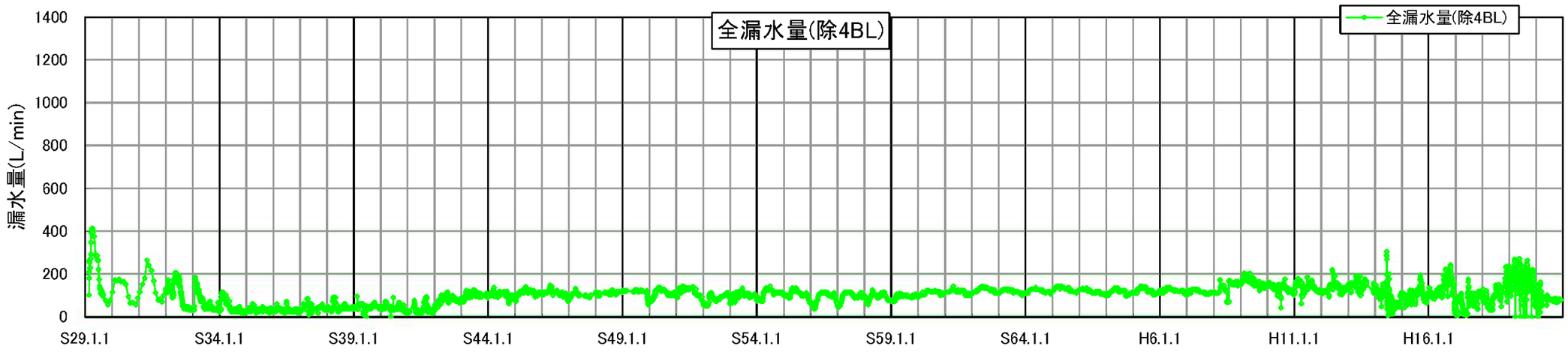


図－ 4.1.2 全漏水量の経時変化図（昭和 29 年～平成 20 年観測値）









図－ 4.1.3 4BL 漏水量を除く全漏水量の経時変化図（昭和 29 年～平成 20 年観測値）

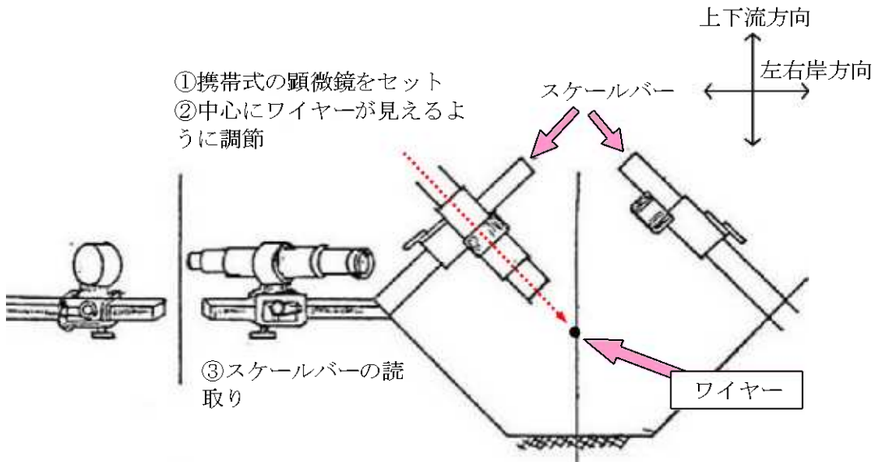
4.1.3 変形量

変形量のまとめ

堤体変位は、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おり、安定した状態である。

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。

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および計測の概要を図－4.1.4 に示す。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－ 4.1.4 平成 5 年改修工事以前の観測装置（丸山発電所工事誌）

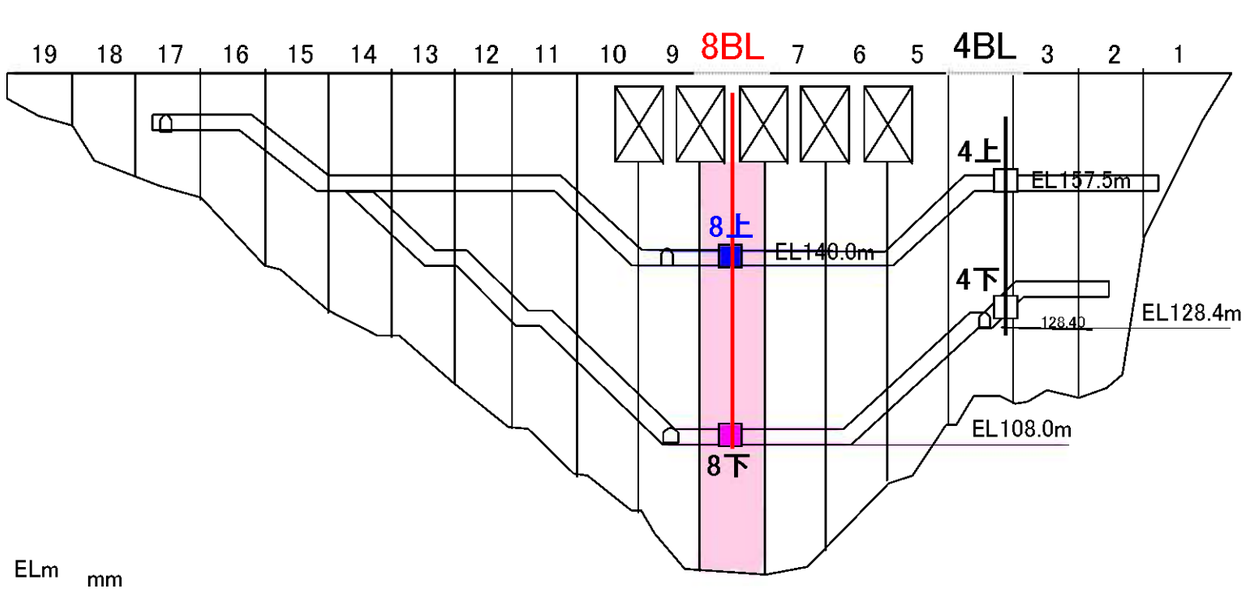
プラムラインにより計測された堤体変位の経時変化図を図－ 4.1.5～図－ 4.1.7（8BL），図－ 4.1.8～図－ 4.1.10（4BL）に示す。これより、以下のことがわかる。

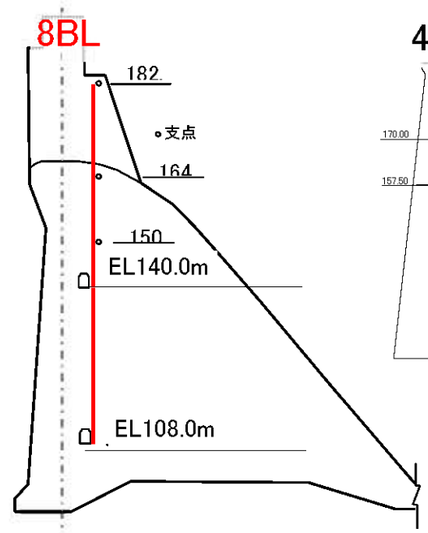
1） 丸山ダムは発電のために、貯水位をほぼ一定に保っているため、堤体変位の変化は貯水位の影響をほとんど受けない。

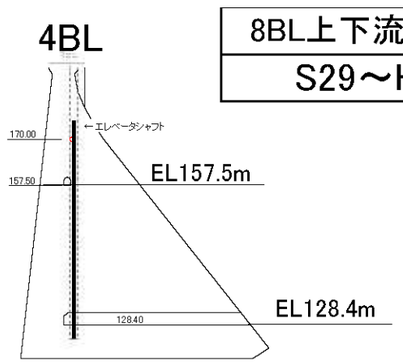
2） プラムラインは、8BL 下で 6mm（図－ 4.1.5）、4BL 下で 3mm 程度の振れ幅で（図－ 4.1.8）、7～9 月に上流側、1～2 月に下流側へ変位する季節変動を示しながら推移している。

3） 8BL は昭和 53 年頃から（図－ 4.1.5）、4BL では平成元年頃から（図－ 4.1.8）、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。

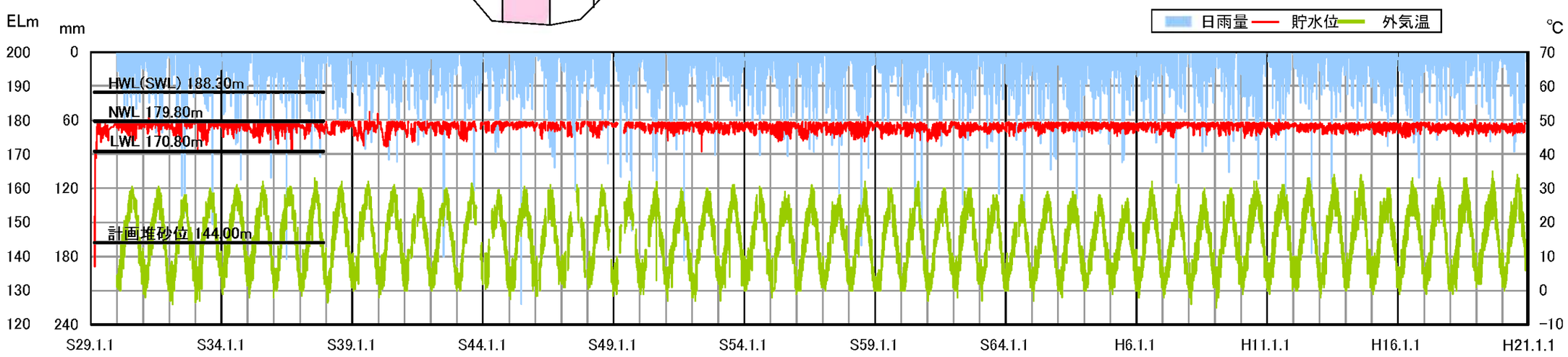
4） 平成 5 年のプラムラインの改修により、再度計測を開始している。平成 18 年まではバラツキのある計測結果であったが、平成 18 年後半から平成 20 年現在まで、改修前の建設時と同様の振れ幅での規則的な季節変動を示しており、安定した状態である（図－ 4.1.7，図－ 4.1.10）。

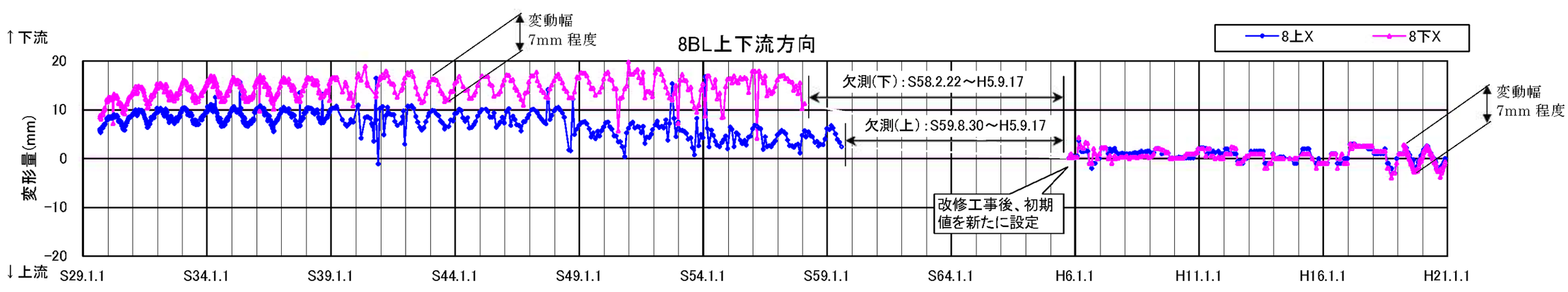




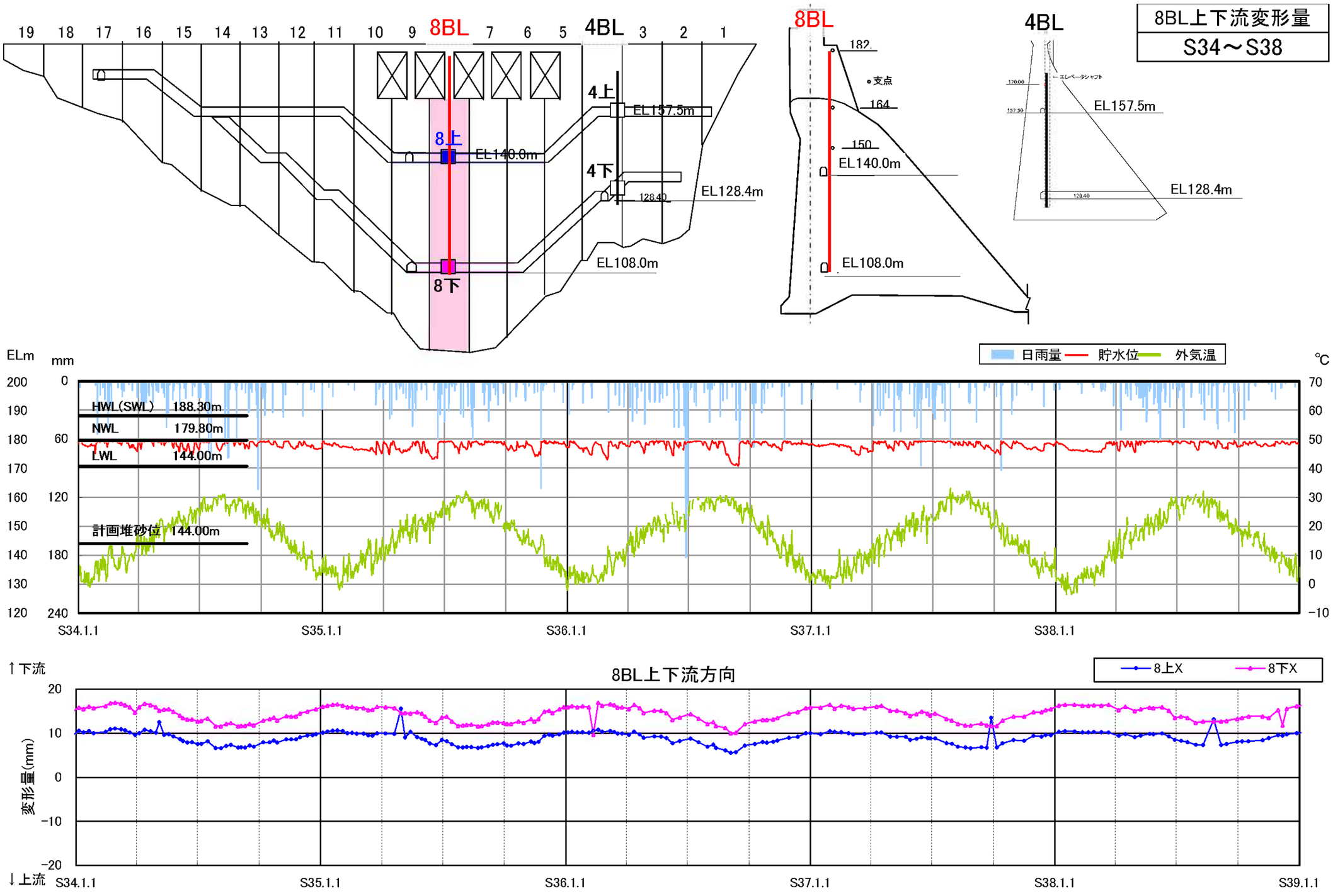


8BL上下流変形量
S29～H20

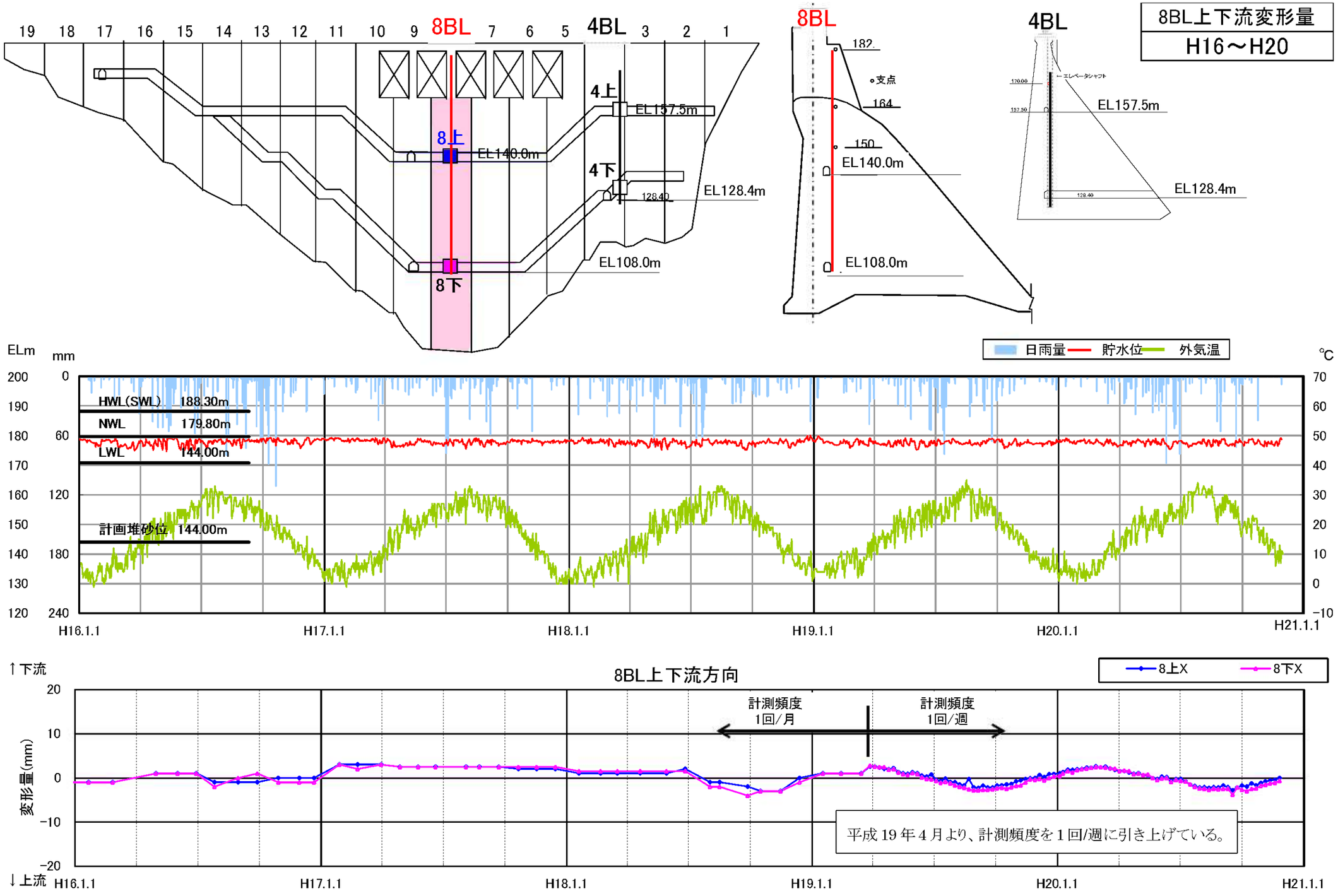




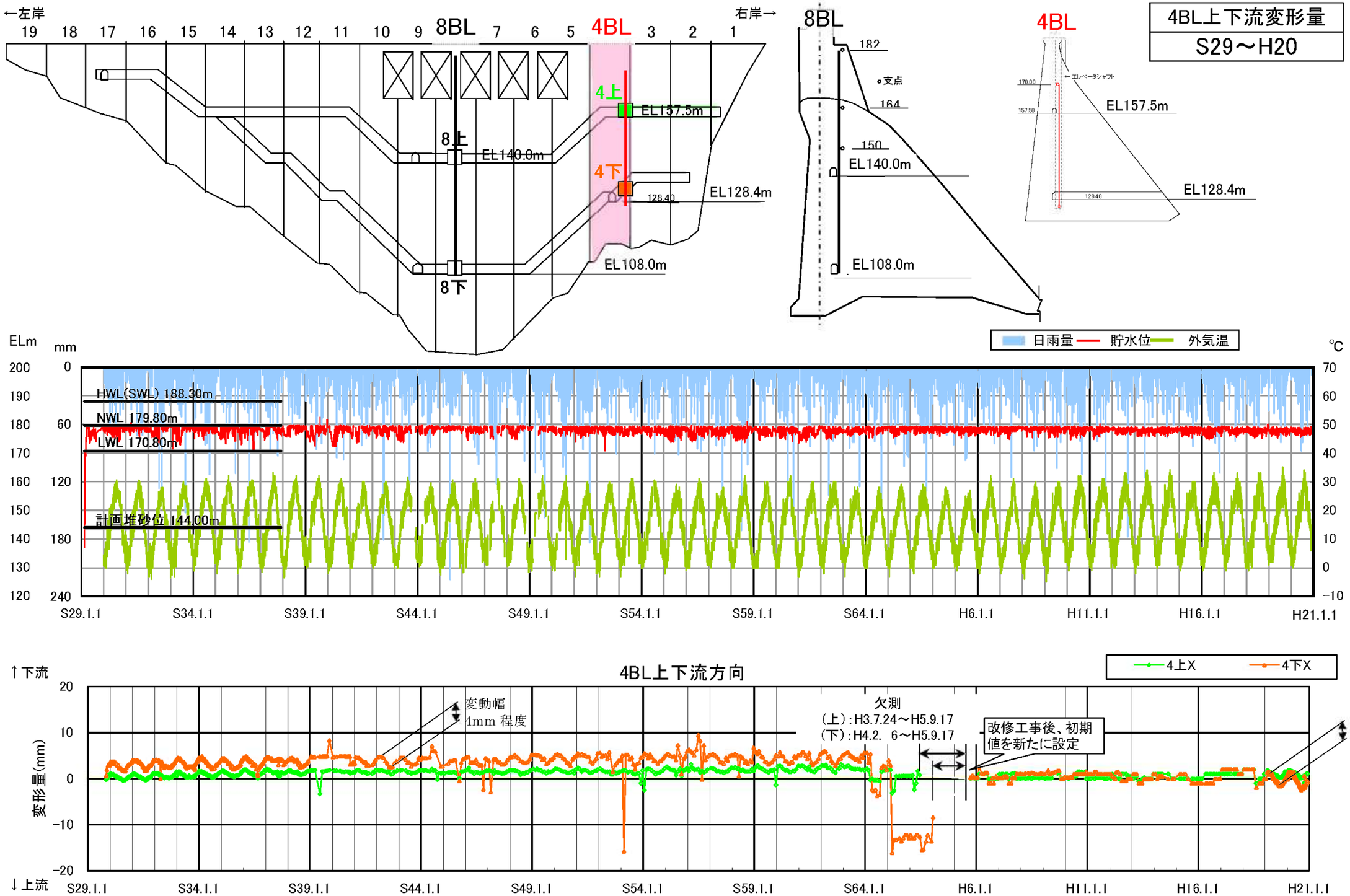
図－ 4.1.5 堤体変形量(8BL プラムライン，上下流方向)の経時変化図(昭和 29 年～平成 20 年)



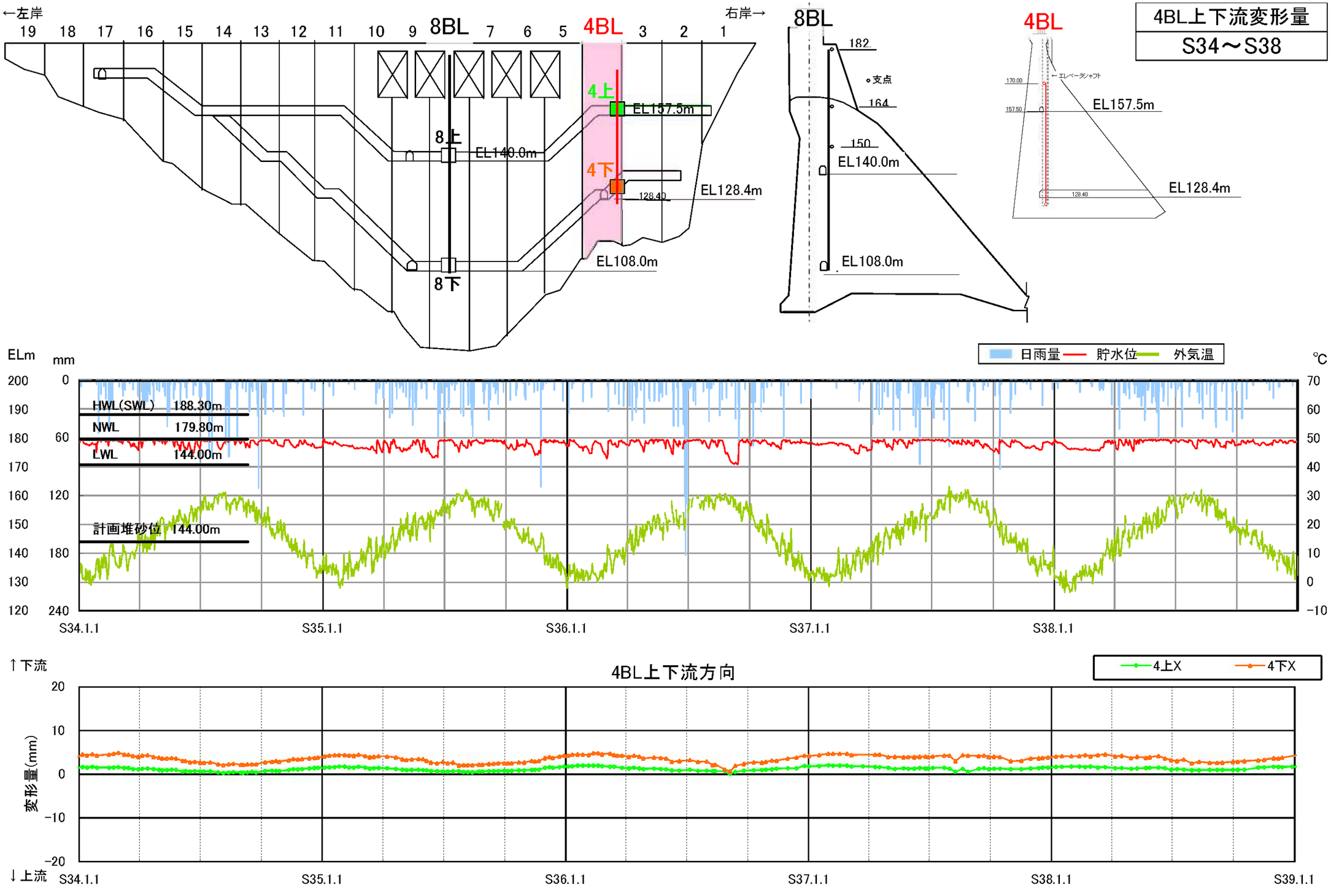
図－ 4.1.6 堤体変形量(8BLプラムライン，上下流方向)の経時変化図(昭和34年～昭和38年)



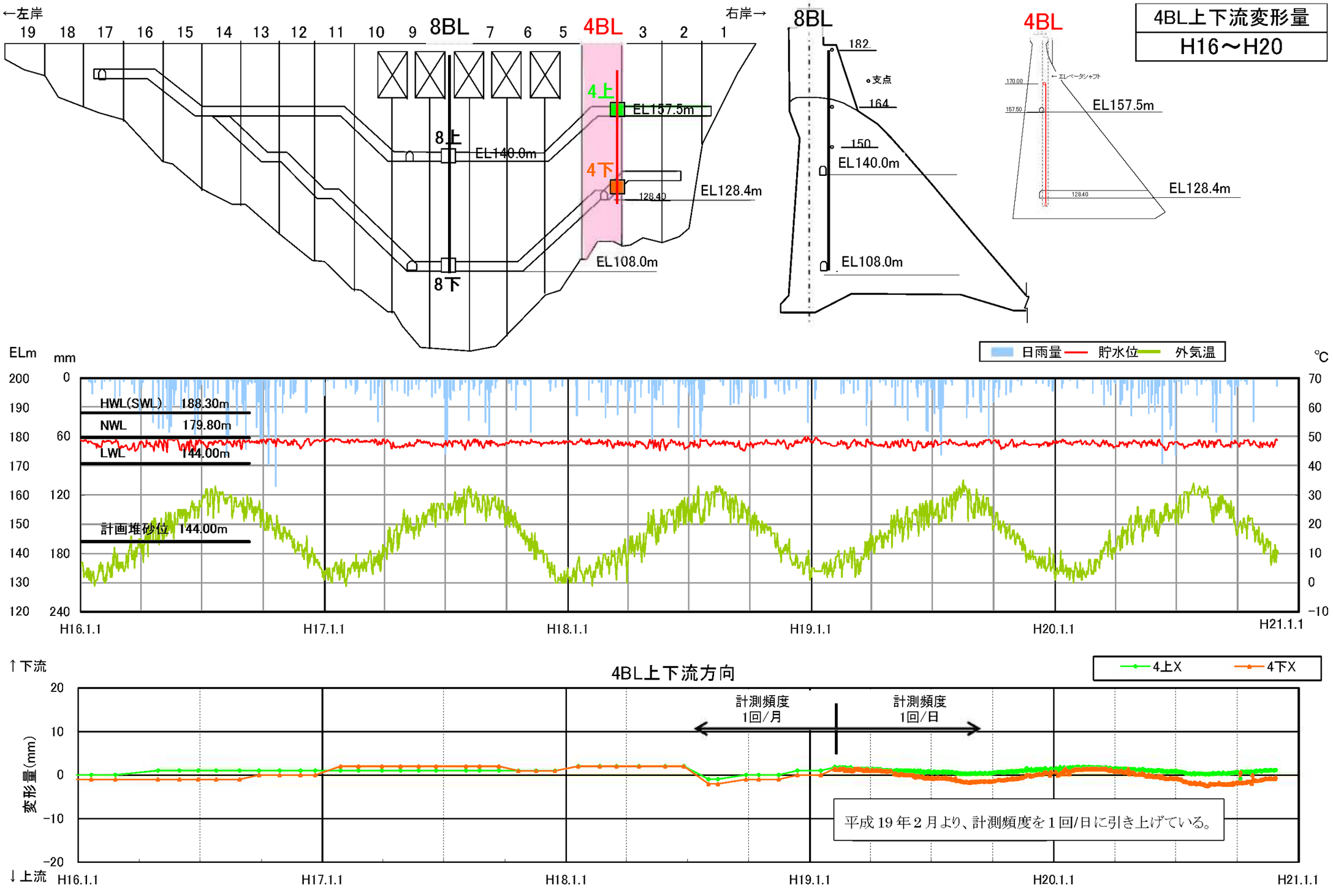
図－ 4.1.7 堤体変形量（8BLプラムライン，上下流方向）の経時変化図（平成 16 年～平成 20 年）



図－ 4.1.8 堤体変形量(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－ 4.1.9 堤体変形量（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－ 4.1.10 堤体変形量（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）

4.1.4 揚圧力

揚圧力のまとめ

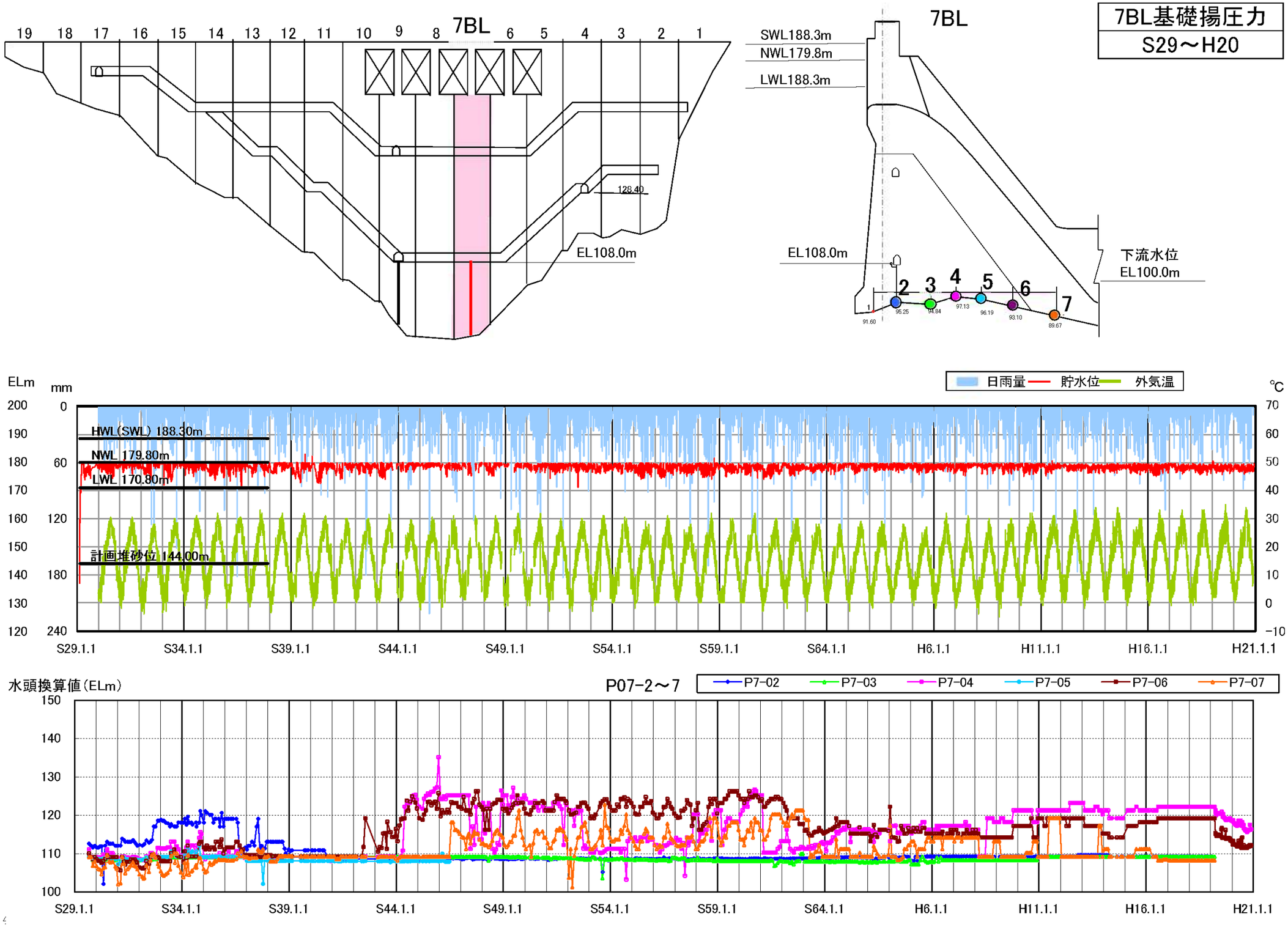
揚圧力は、全般的に、完成当初 5 年程度は一定の値を示していたが、その後 10 年程度で断続的に増加し、建設後 15 年以降はほぼ一定の値で推移している。

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。

基礎揚圧力の経時変化図を図－ 4.1.11（7BL）、図－ 4.1.13（9BL）に、上下流方向の揚圧力分布を揚圧力係数で表したものを図－ 4.1.12（7BL）、図－ 4.1.14（9BL）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 年程度で断続的に増加し、建設後 15 年以降はほぼ一定の値で推移している。

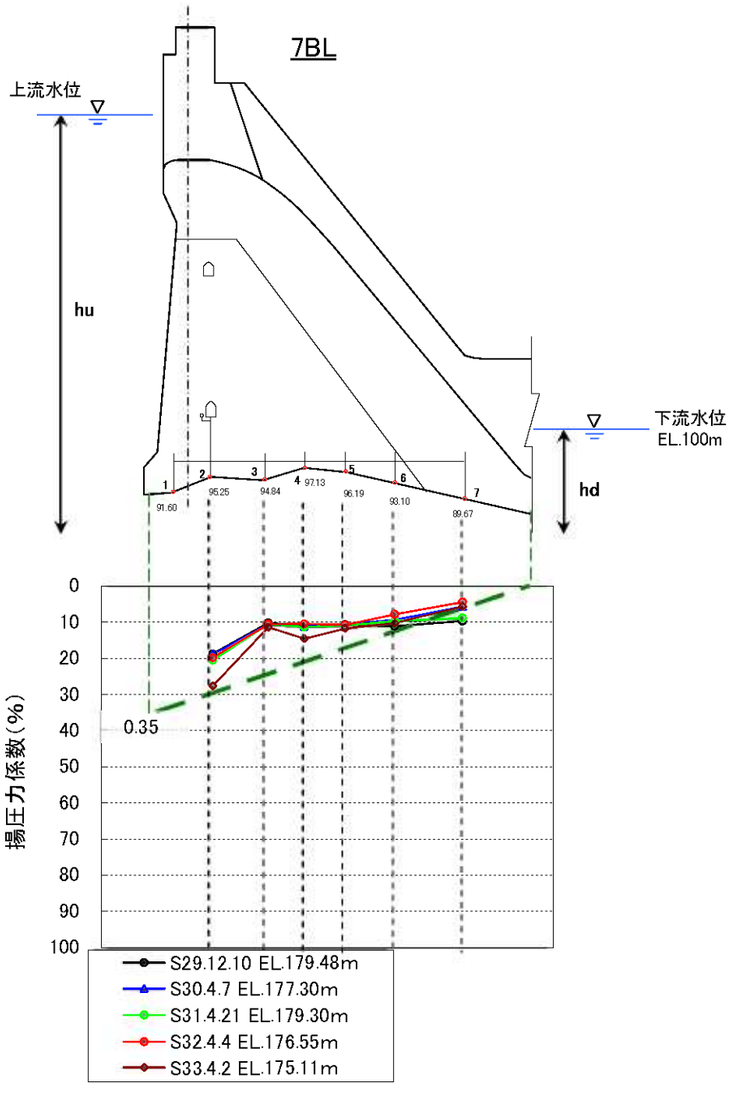
揚圧力分布を見ると、上流側の揚圧力係数が、建設当初は 35%（設計値）以下であったものが、昭和 59 年には、9BL の 2,3 孔では揚圧力係数 50%程度となり、平成 20 年現在も同様の分布となっている。

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。

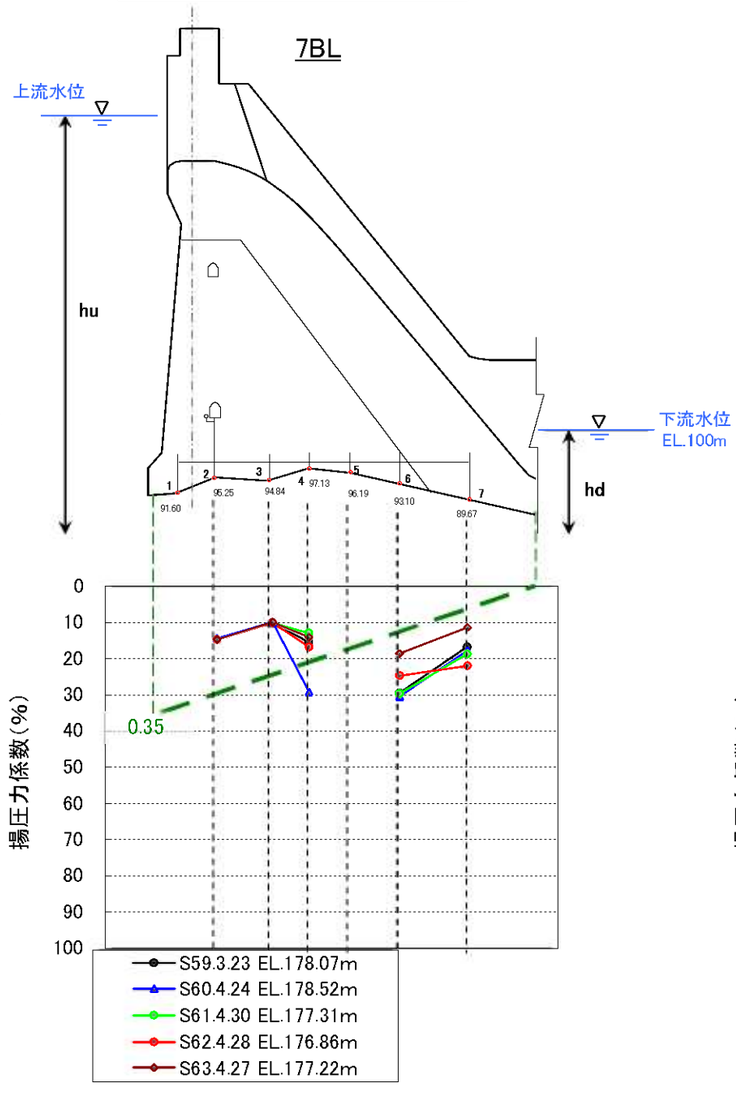


図－ 4.1.11 7BL 基礎揚圧力の経時変化図(昭和 29 年～平成 20 年)

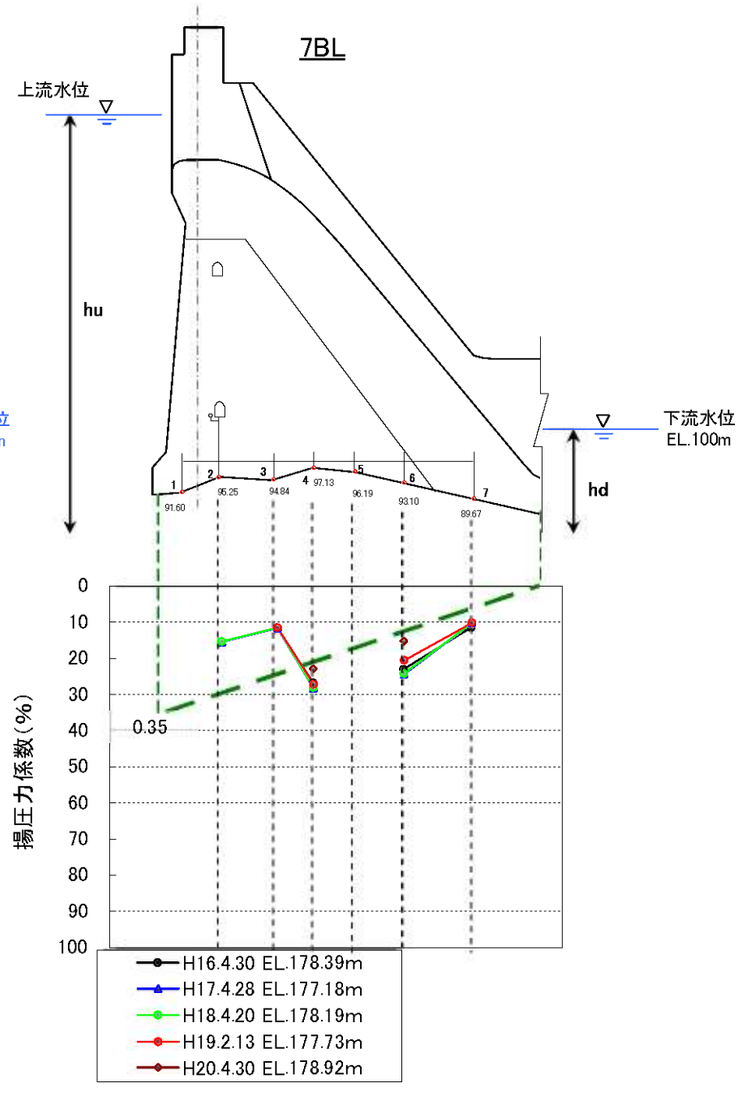
$$揚圧力係数 = \frac{水頭換算値 - hd}{hu - hd}$$



〈昭和 29 年～昭和 33 年〉

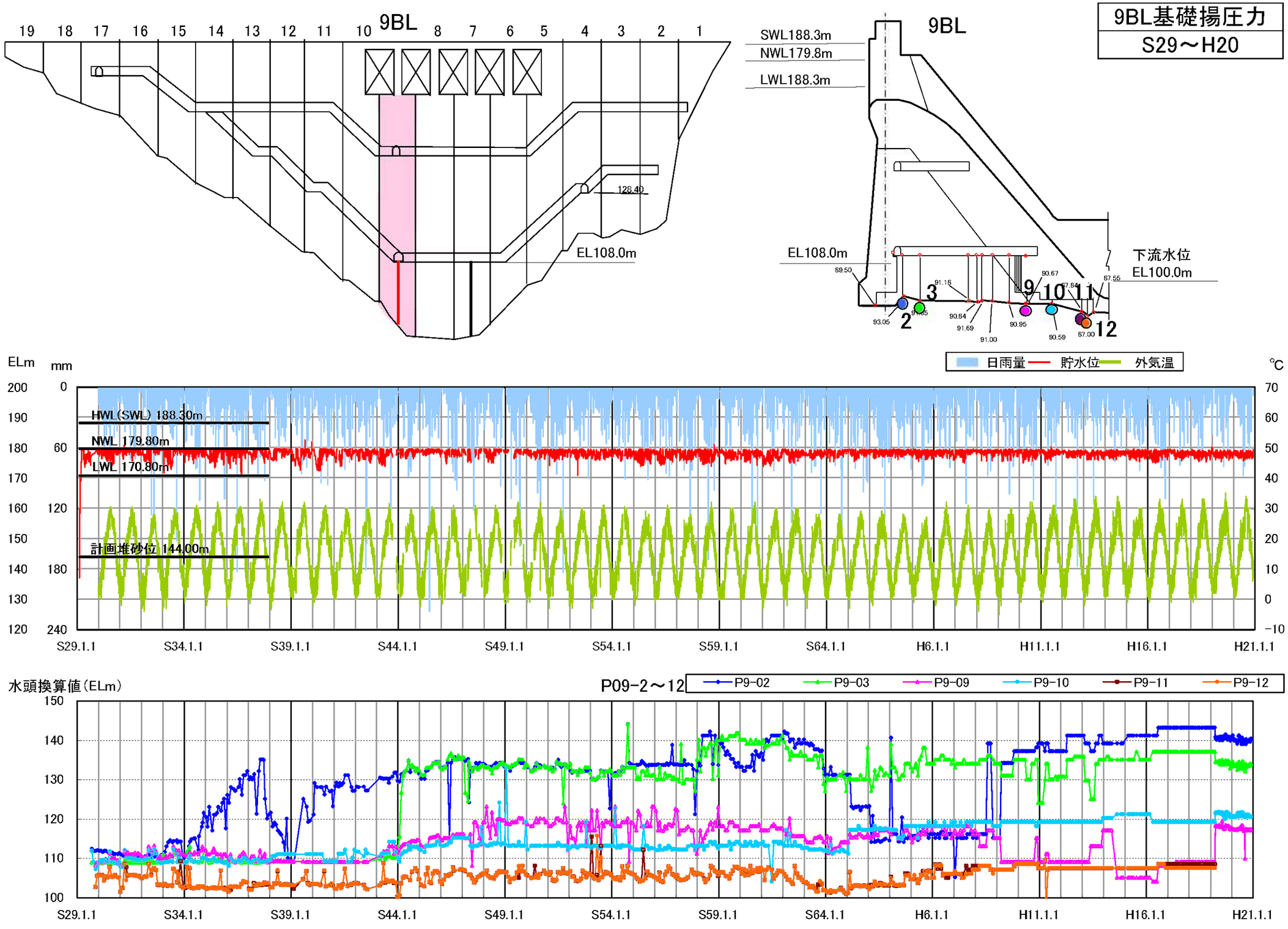


〈昭和 59 年～昭和 63 年〉



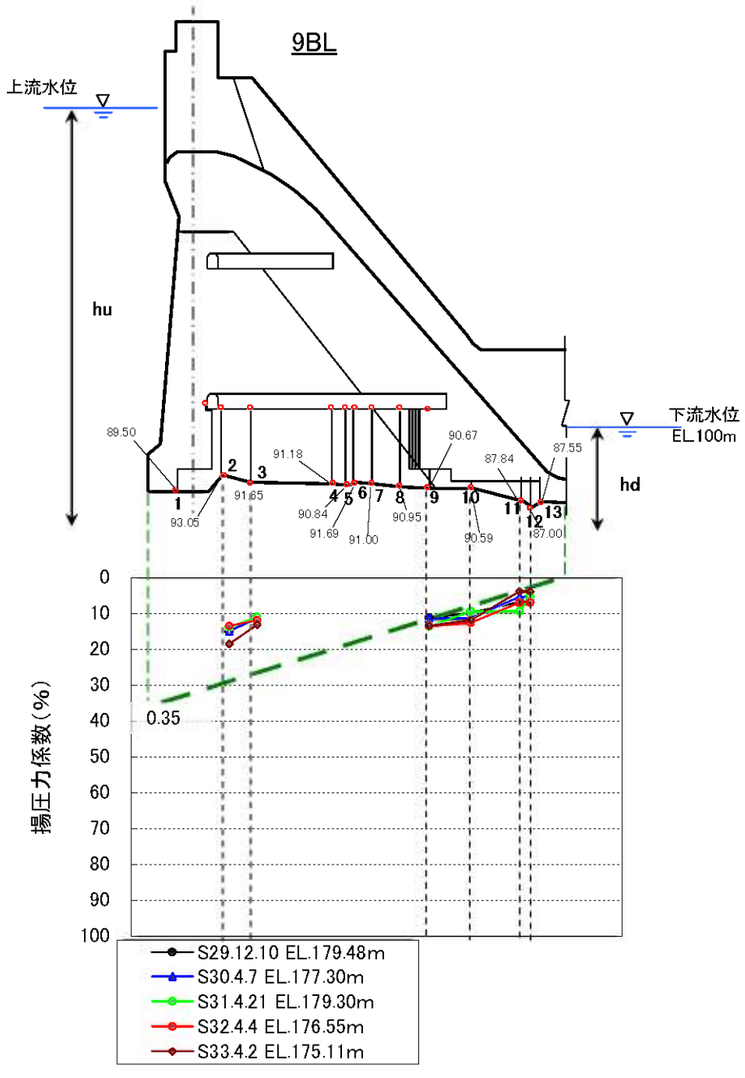
〈平成 16 年～平成 20 年〉

図－ 4.1.12 7BL 基礎揚圧力 揚圧力係数分布図

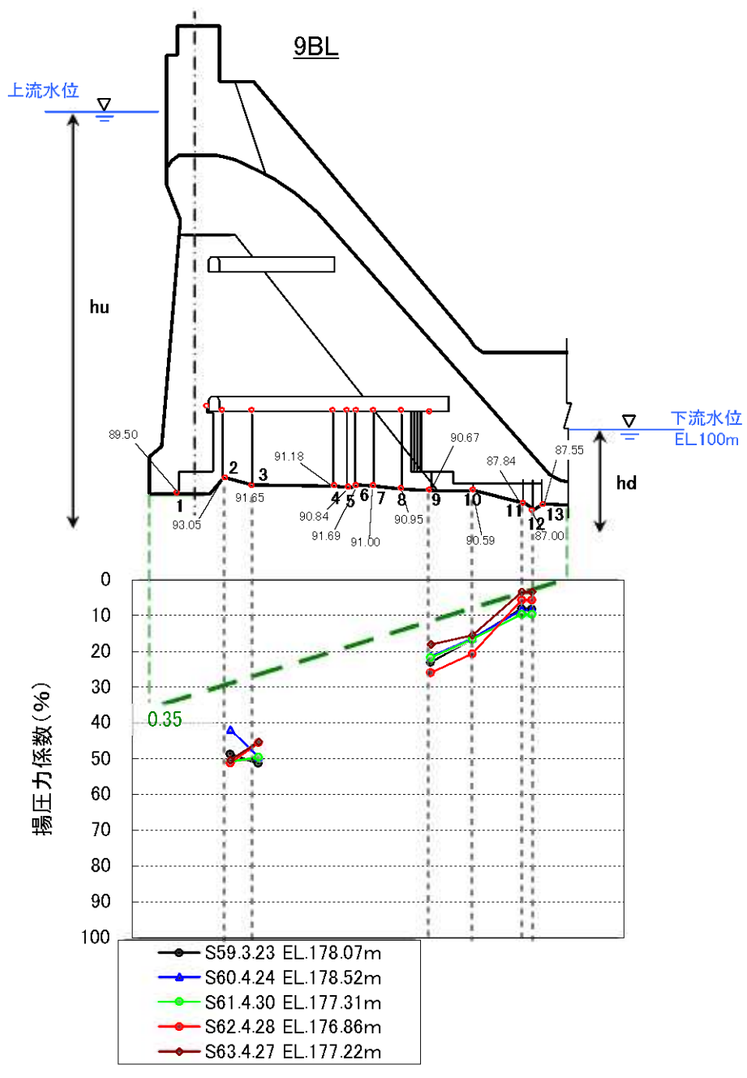


図－ 4.1.13 9BL 基礎揚圧力の経時変化図(昭和 29 年～平成 20 年)

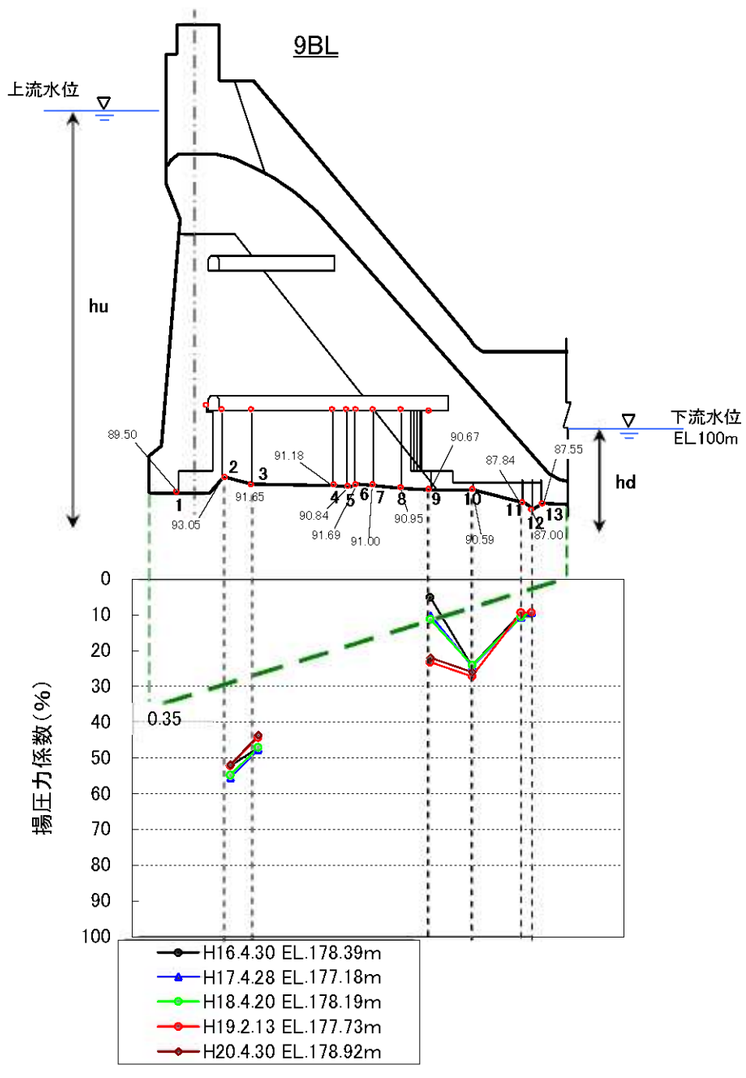
$$揚圧力係数 = \frac{水頭換算値 - hd}{hu - hd}$$



〈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－ 4.1.14 9BL 基礎揚圧力 揚圧力係数分布図

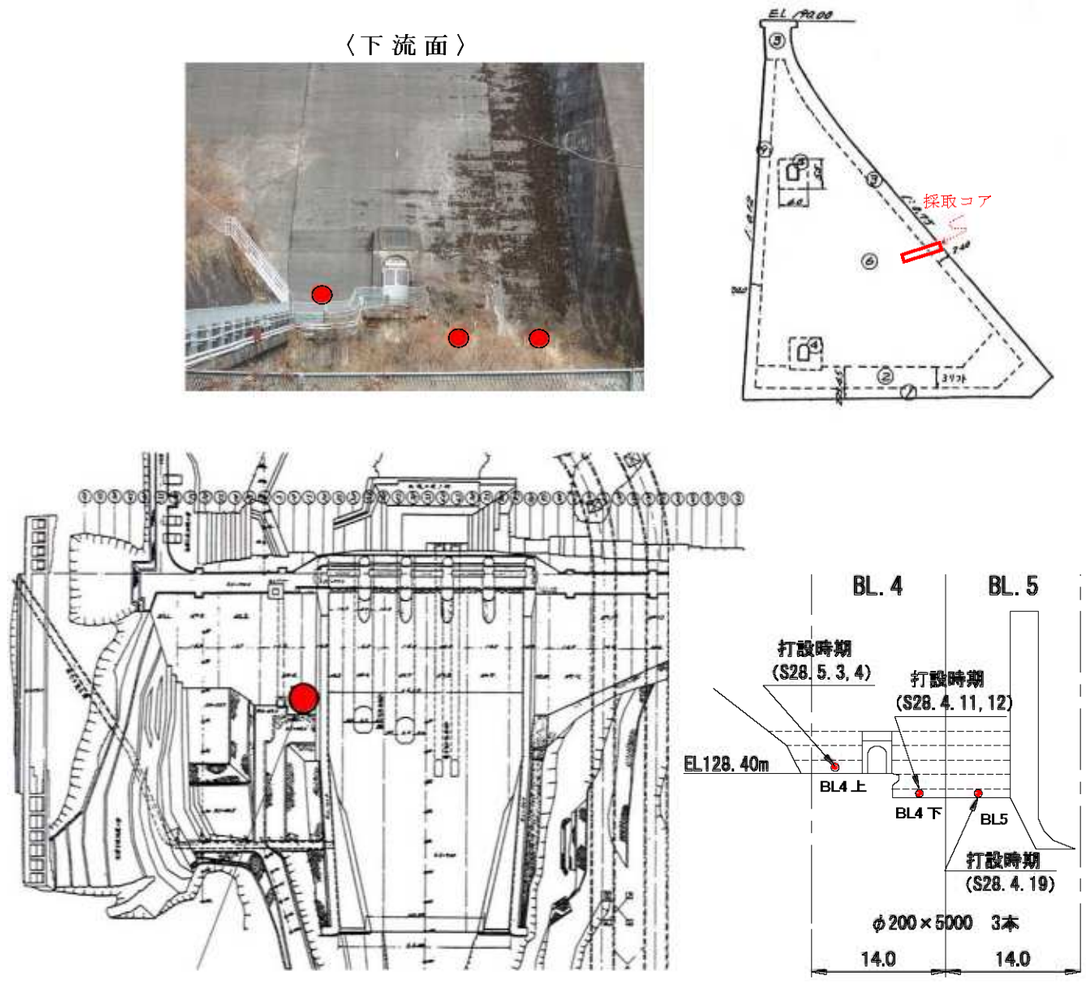
4.2 堤体コンクリート強度等

4.2.1 採取コアの圧縮強度等

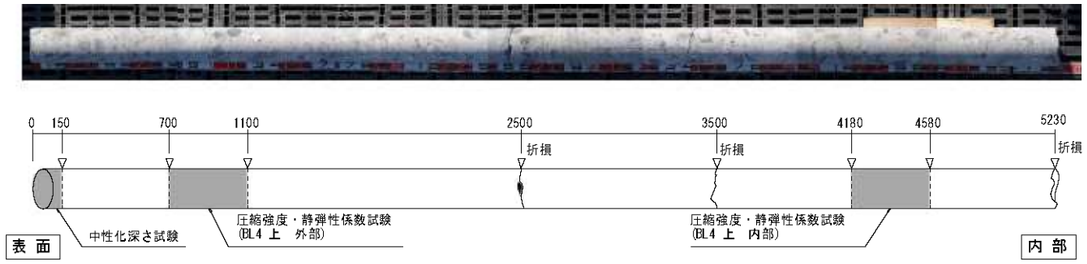
堤体コンクリート強度のまとめ

採取コアの圧縮強度試験結果によると、丸山ダムの堤体コンクリートは、建設時の目標強度以上であり、建設当時の標準供試体圧縮強度と同程度である。

図－ 4.2.1 に示す位置からコア試料を採取し、コアの外観を観察のうえ、圧縮強度試験および静弾性係数試験を実施した(平成 20 年 1～2 月に実施)。図－ 4.2.2 に採取コアの写真の一例を示すが、いずれもひび割れ，ジャンカ等の変状は認められない。



図－ 4.2.1 調査(堤体コンクリートコア採取)位置図



※ 折損箇所は、コアを孔から引き出すために折った箇所である。

図－ 4.2.2 採取コアの外観観察結果の例(BL4 上)

採取コアの圧縮強度試験・静弾性係数の試験結果を表－ 4.2.1 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－ 4.2.1 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) C前	高さH(mm) C後	H/D	質量 (g)	密度 (t/m³)	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
BL4 上	外部	193.4	380	392.1	2.03	26,501	2.375	26.1 N/mm²			30.1 kN/mm²
								266.2 kgf/cm²	150 kgf/cm²	312.6 kgf/cm²	307,000 kgf/cm²
	内部	193.5	382.5	389.5	2.01	26,839	2.387	29.6 N/mm²			29.9 kN/mm²
								301.9 kgf/cm²	90 kgf/cm²	189.9 kgf/cm²	305,000 kgf/cm²
BL4 下	外部	193.3	376.6	385.2	1.99	26,861	2.432	29.6 N/mm²			30.2 kN/mm²
								301.9 kgf/cm²	150 kgf/cm²	312.6 kgf/cm²	308,000 kgf/cm²
	内部	193.3	380.2	389.2	2.01	26,970	2.418	30.1 N/mm²			34.4 kN/mm²
								307.0 kgf/cm²	90 kgf/cm²	189.9 kgf/cm²	351,000 kgf/cm²
BL5	外部	193.2	381.5	387.2	2.00	27,248	2.438	38.3 N/mm²			38.4 kN/mm²
								390.7 kgf/cm²	150 kgf/cm²	312.6 kgf/cm²	391,000 kgf/cm²
	内部	193.3	381.9	390.7	2.02	26,260	2.344	36.2 N/mm²			35.1 kN/mm²
								367.2 kgf/cm²	90 kgf/cm²	189.9 kgf/cm²	358,000 kgf/cm²

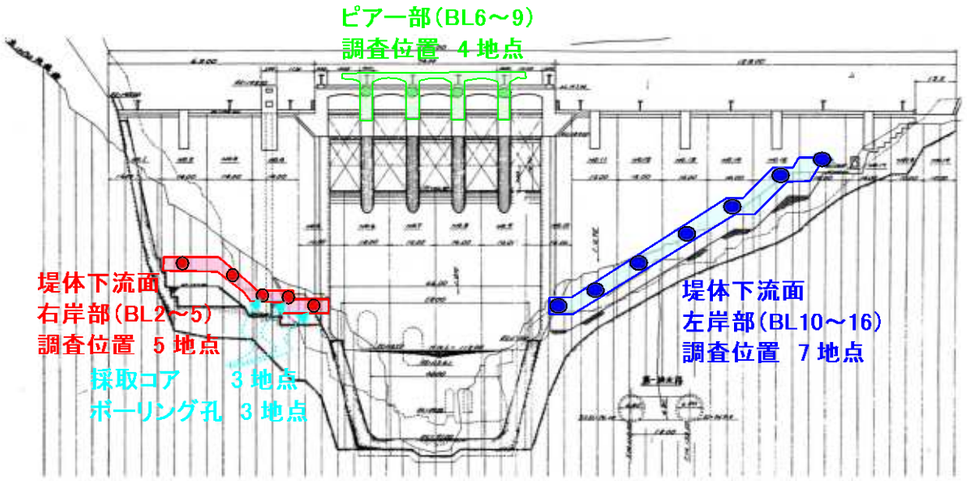
※1 高さの記号C前、C後は、キャッピング前、キャッピング後を示す。
※2 丸山ダム工事誌より。

4.2.2 中性化試験結果

中性化試験結果のまとめ

フェノールフタレイン法による中性化試験の結果、丸山ダムの堤体コンクリートは最大でも 20mm 以深は健全である。

図－ 4.2.3 に示す調査位置および，室内試験用に採取したコアおよびコアを採取したボーリング孔の削孔面について、フェノールフタレインによる中性化試験を実施した。



図－ 4.2.3 調査位置図

中性化深さ測定結果を表－ 4.2.2 に、堤体部における中性化深さ試験結果の頻度を図－ 4.2.5 に示す。

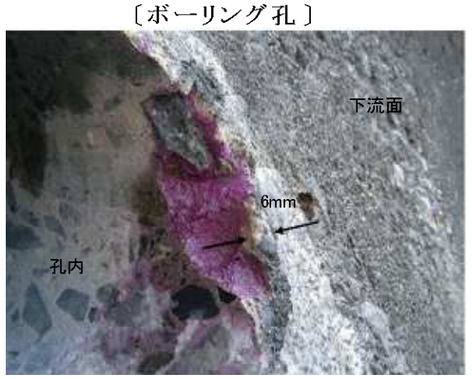
試験結果をまとめると，以下のとおりである。

1) 堤体（外部コンクリート）の中性化深さは最大 10.5mm である。

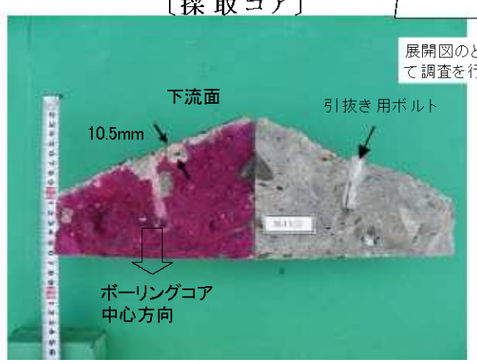
2) ピア（構造用コンクリート）の中性化深さは最大 16.5mm である。

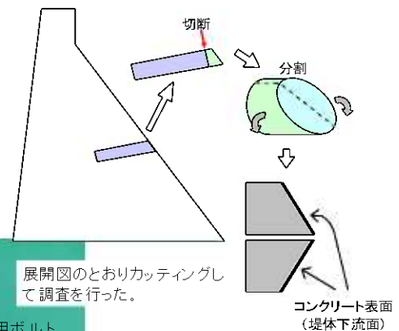
以上より、丸山ダムの堤体コンクリートの約 20mm 以深は健全であると評価できる。

〔ボーリング孔〕



〔採取コア〕





図－ 4.2.4 中性化深さの計測例

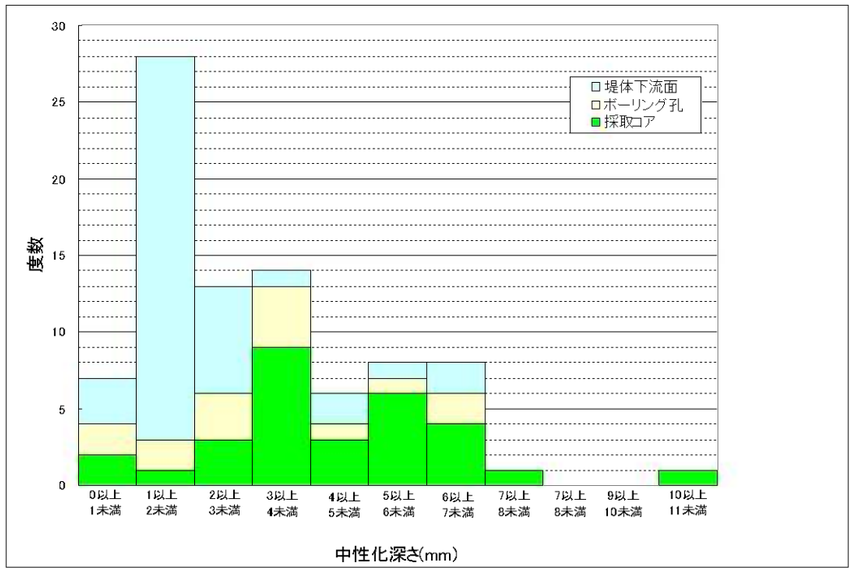
表－ 4.2.2 中性化深さの試験結果

調査箇所	測定位置	標高 EL.m	配合	中性化深さ（mm） 堤体およびピアー表面（一部1） 測定値	平均	ボーリング孔2) 測定値	平均	採取コア3) 測定値	平均
堤体下流面右岸部	BL2	138.5	③外部 C=210kg/m³	2.0 1.5 2.4	2.0	-	-		-
	BL3	138.5	③外部 C=210kg/m³	2.3 2.6 3.2 2.5 1.9	2.5	-	-		-
	BL4上	129.0	③外部 C=210kg/m³	4.8 4.8 5.8 6.9 6.0	5.7	6.0 5.0 6.0 3.0 4.0	4.8	4.5 4.0 3.5 6.5 10.5 3.0 3.0 3.0 3.0 3.5	4.5
	BL4下	126.0	③外部 C=210kg/m³	1.7 1.4 1.4 1.1	1.4	3.5 1.0 2.0 3.0 2.0	2.3	5.5 5.0 6.0 6.0 6.5 5.0 0.0 2.5 5.5 5.5	4.8
	BL5	126.0	③外部 C=210kg/m³	1.3 1.0 0.7	1.0	2 0.5 3 1 0.5	1.4	3.5 3.0 5.5 4.0 7.5 3.5 2.0 2.0 0.0 1.0	3.2
ピアー部	BL6	184.0	③構造 C=230kg/m³	4.0 3.4 2.5 2.9	3.2	-	-	-	-
	BL7	184.0	③構造 C=230kg/m³	15.0 14.0 16.5 12.8	14.6	-	-	-	-
	BL8	184.0	③構造 C=230kg/m³	4.4 2.8 4.8	4.0	-	-	-	-
	BL9	184.0	③構造 C=230kg/m³	1.2 1.6 2.0	1.6	-	-	-	-
堤体下流面左岸部	BL10	124.0	③外部 C=210kg/m³	0.9 1.1 1.6	1.2	-	-	-	-
	BL11	130.0	③外部 C=210kg/m³	1.2 1.1 0.9	1.1	-	-	-	-
	BL12	136.0	③外部 C=210kg/m³	1.1 1.3 1.1	1.2	-	-	-	-
	BL13	145.0	③外部 C=210kg/m³	1.6 1.4 1.3	1.4	-	-	-	-
	BL14	155.0	③外部 C=210kg/m³	1.5 1.3 1.9	1.6	-	-	-	-
	BL15	166.0	③外部 C=210kg/m³	2.1 1.6 1.1	1.6	-	-	-	-
	BL16	173.0	③外部 C=210kg/m³	2.3 1.6 1.9	1.9	-	-	-	-

堤体部最大

ピアー部最大

注 1)小径ドリル法
2)はつり法
3)割裂法



図－ 4.2.5 堤体部における中性化深さ試験結果の頻度

4.3　4BL の漏水について

4.3.1 漏水の状況

4.3.1.1　　漏水の経緯

(1) 4BL の漏水の経緯

平成 11 年 1 月 1 日以降の漏水量の経時間変化を図－ 4.3.1 に示す。

表－ 4.3.1 4BL の漏水の経緯

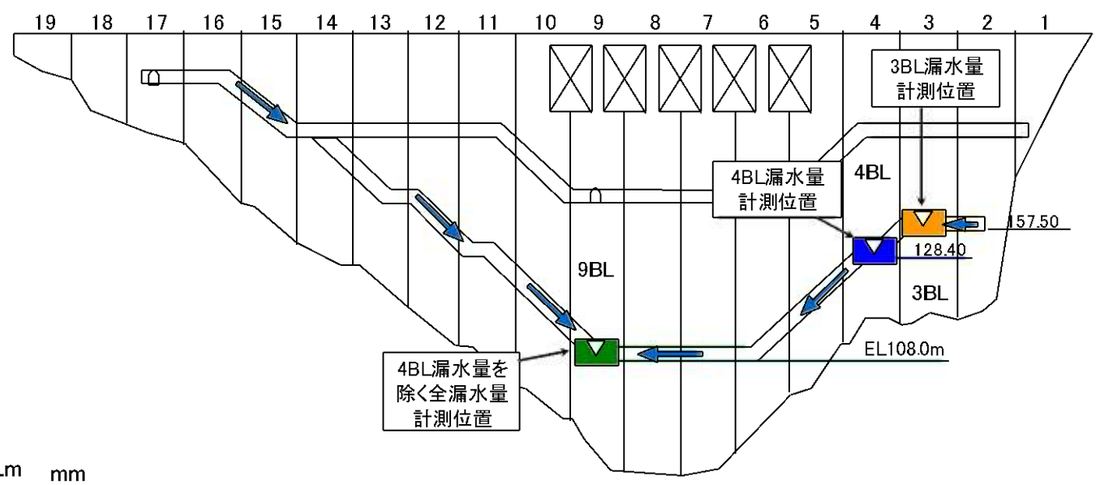
時　　期	4BL の漏水量および全漏水量の状況
平成 12 年 5 月 30 日から	・ 全漏水量が約 100～300 ﾘｯﾄﾙ/分と徐々に増加する。 ・ その後の全漏水量は 300～500 ﾘｯﾄﾙ/分程度で推移する。
平成 14 年 6 月 5 日 ～平成 14 年 12 月	・ 4BL の漏水量は約 900 ﾘｯﾄﾙ/分に急増する。 ・ 全漏水量で最大 1,060 ﾘｯﾄﾙ/分となる。
平成 14 年 12 月 ～平成 18 年 9 月	・ 漏水量は4BL のみで 100～500 ﾘｯﾄﾙ/分、全漏水量で 200～700 ﾘｯﾄﾙ/分で推移
平成 18 年 9 月 5 日から	・ 再び 4BL 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 ﾘｯﾄﾙ/分、全漏水量で 1,221 ﾘｯﾄﾙ/分となる。
平成 20 年 11 月末現在	・ 4BL で約 420 ﾘｯﾄﾙ/分、全漏水量で約 500 ﾘｯﾄﾙ/分と、減少傾向となってきている。

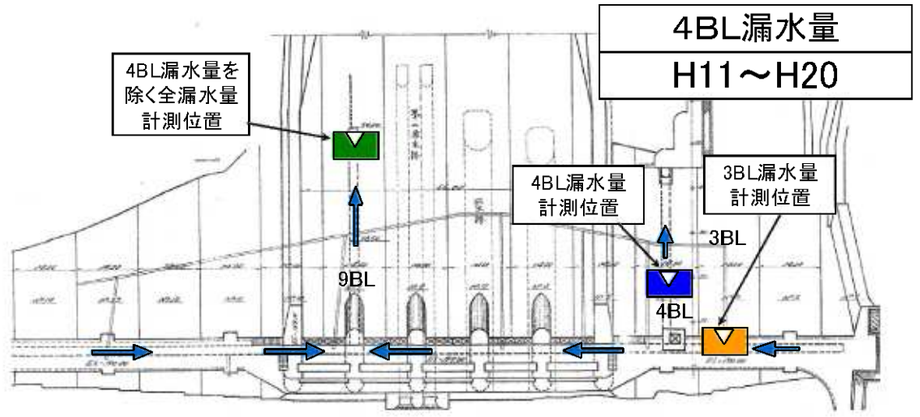
漏水量に、貯水位および気温との明瞭な関係は認められない。

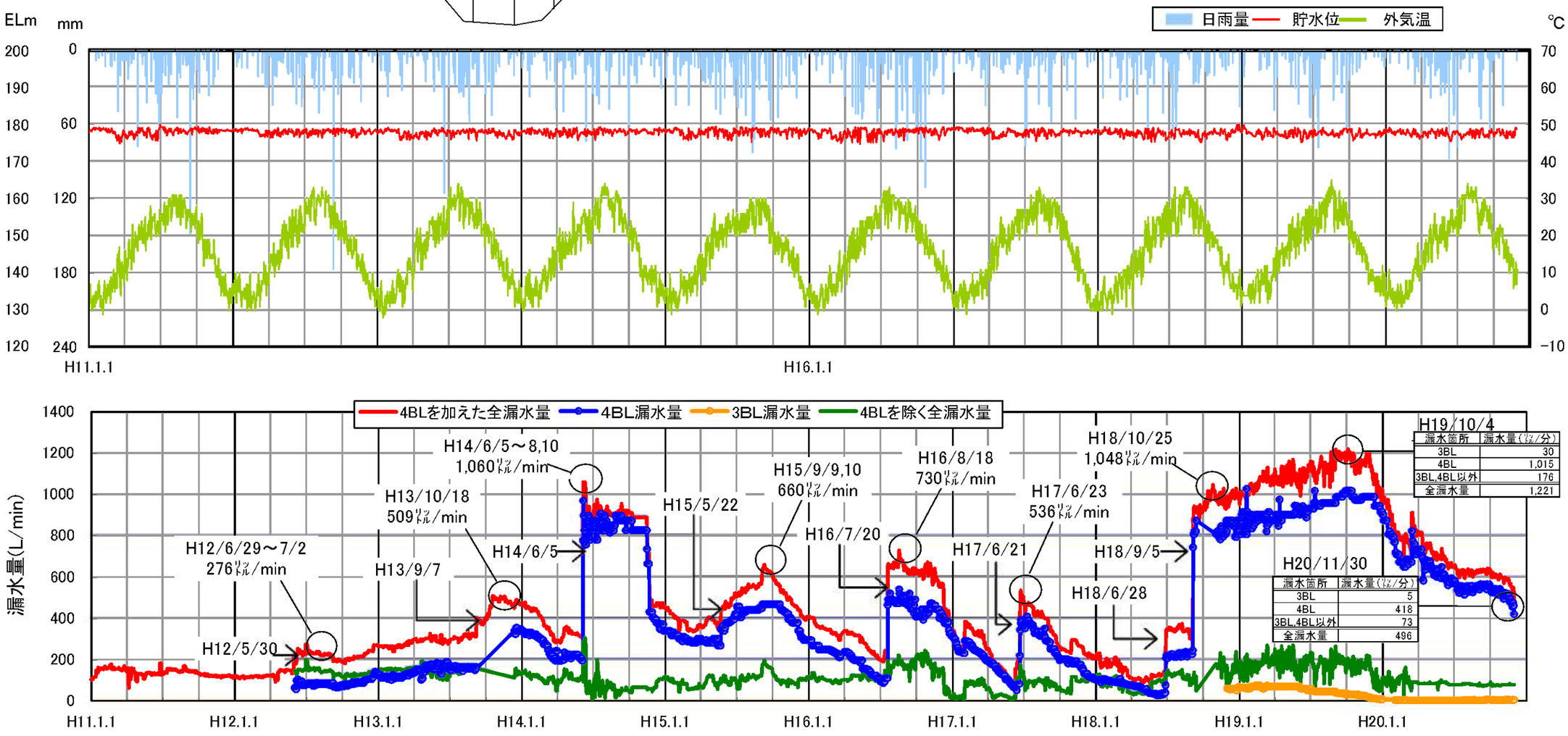
写真－ 4.3.1 飛散防止カバー設置前の 4BL 漏水箇所（平成 12 年頃）

写真－ 4.3.2 飛散防止カバー設置後の状況
（調査のため周辺のモルタルをはつってある）

写真－ 4.3.3 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）



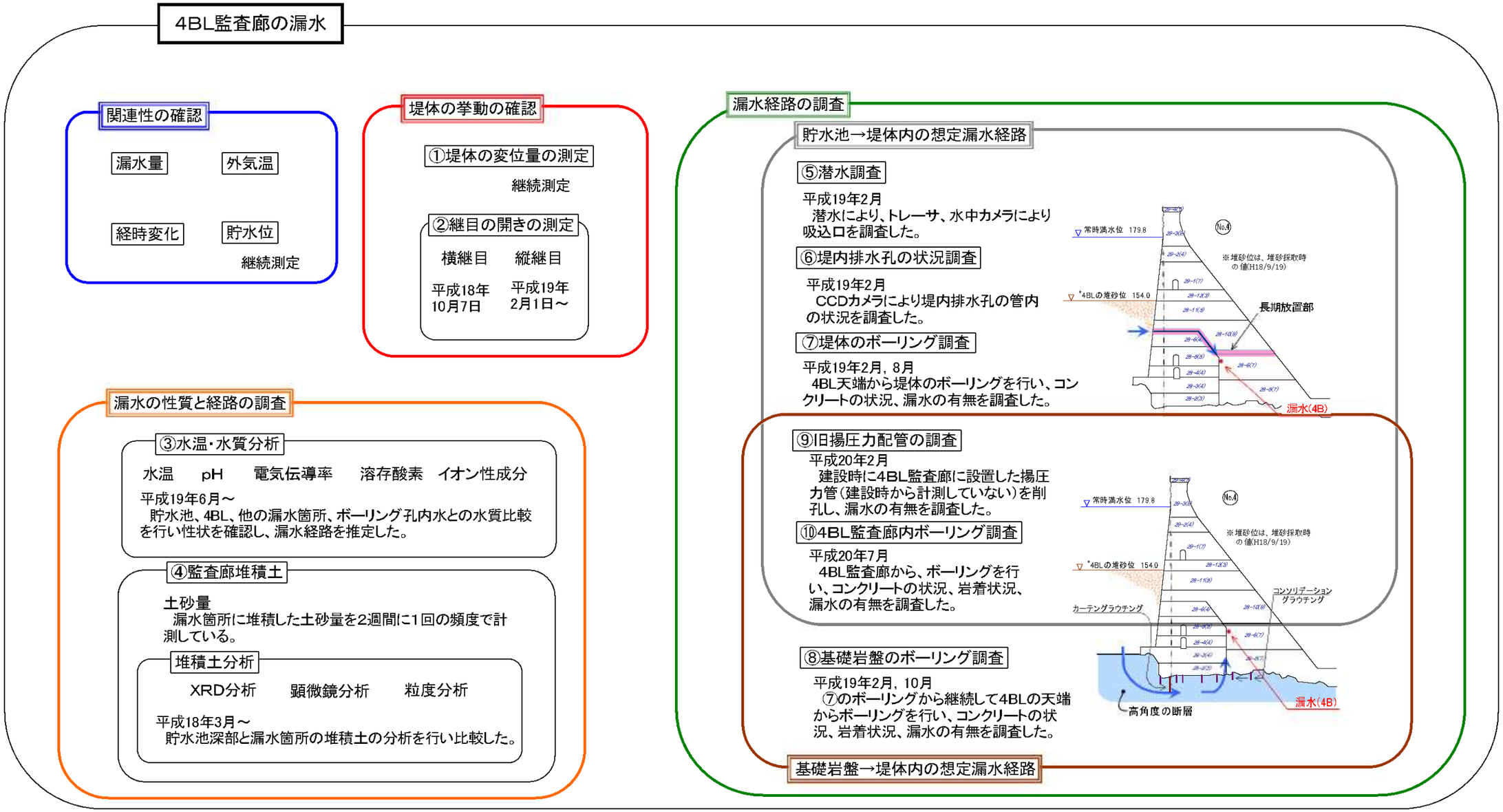




図－ 4.3.1 丸山ダム堤体漏水量経時変化図（平成 11 年以降）

(2) 漏水調査の経緯

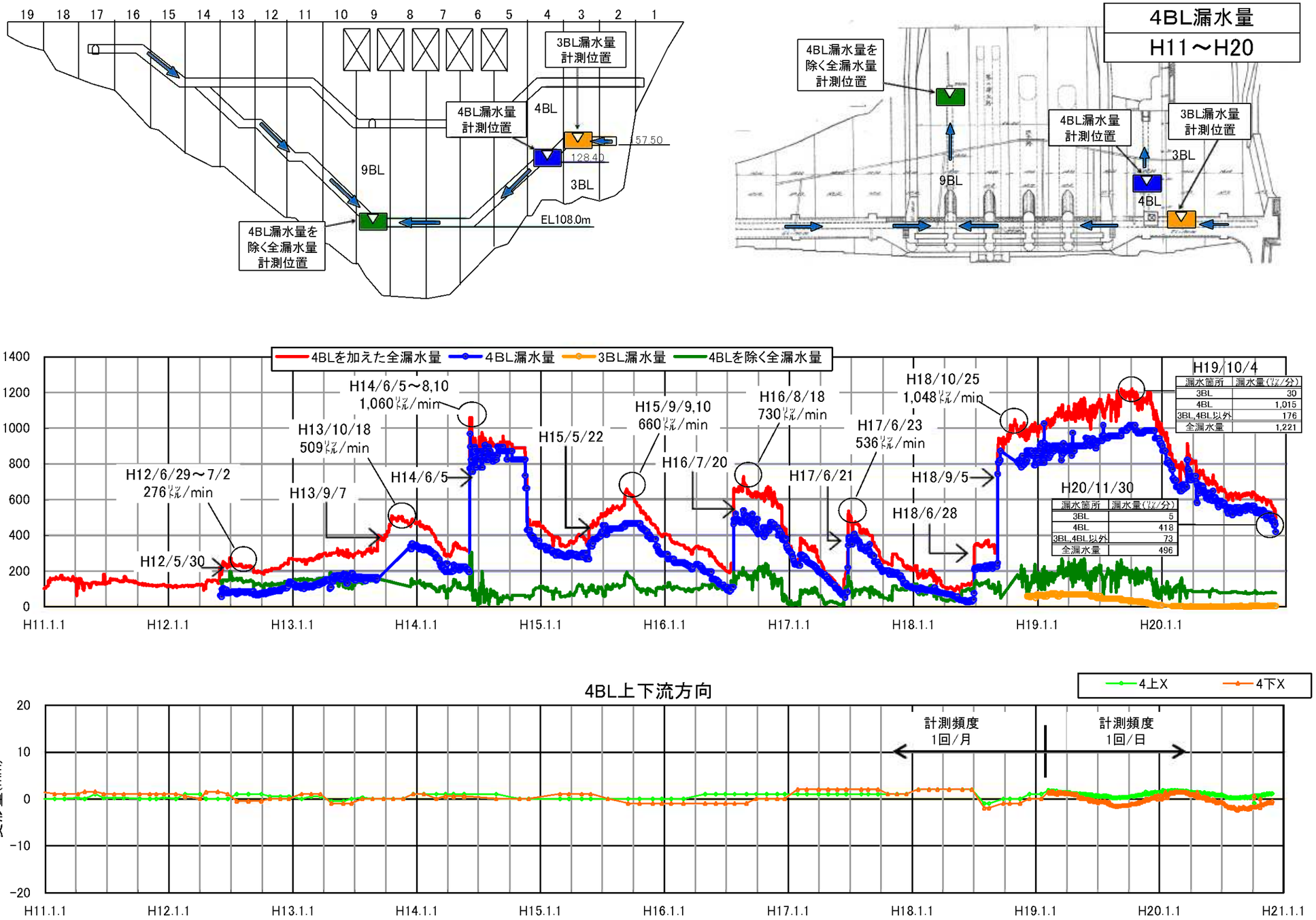
平成 20 年度までに実施された 4BL の漏水調査の項目を図－ 4.3.2 に示す。貯水池→堤体内の漏水経路、基礎岩盤→堤体内の漏水経路を想定した調査を行ったが、漏水経路は確認できなかった。



図－ 4.3.2 漏水調査項目

4.3.1.2　変形の状況

図－ 4.3.3 に丸山ダムの堤体漏水量の経時変化図と、4BL のプラムラインによる堤体変形量の経時変化図を併せて示す。これより、堤体の変形量に、漏水量の急増との関連は認められない。

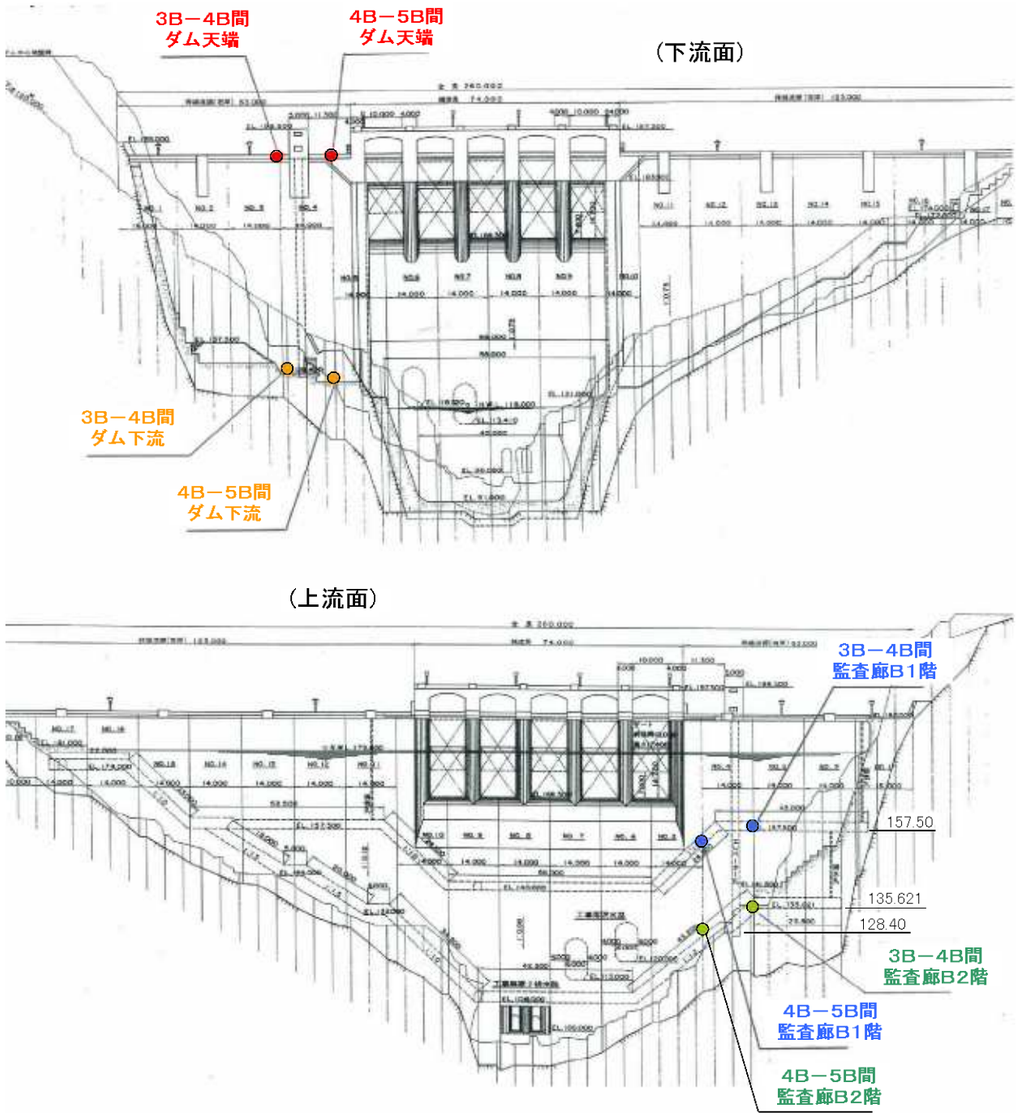


図－ 4.3.3 丸山ダム堤体漏水量と堤体変形量(4BL)の関係

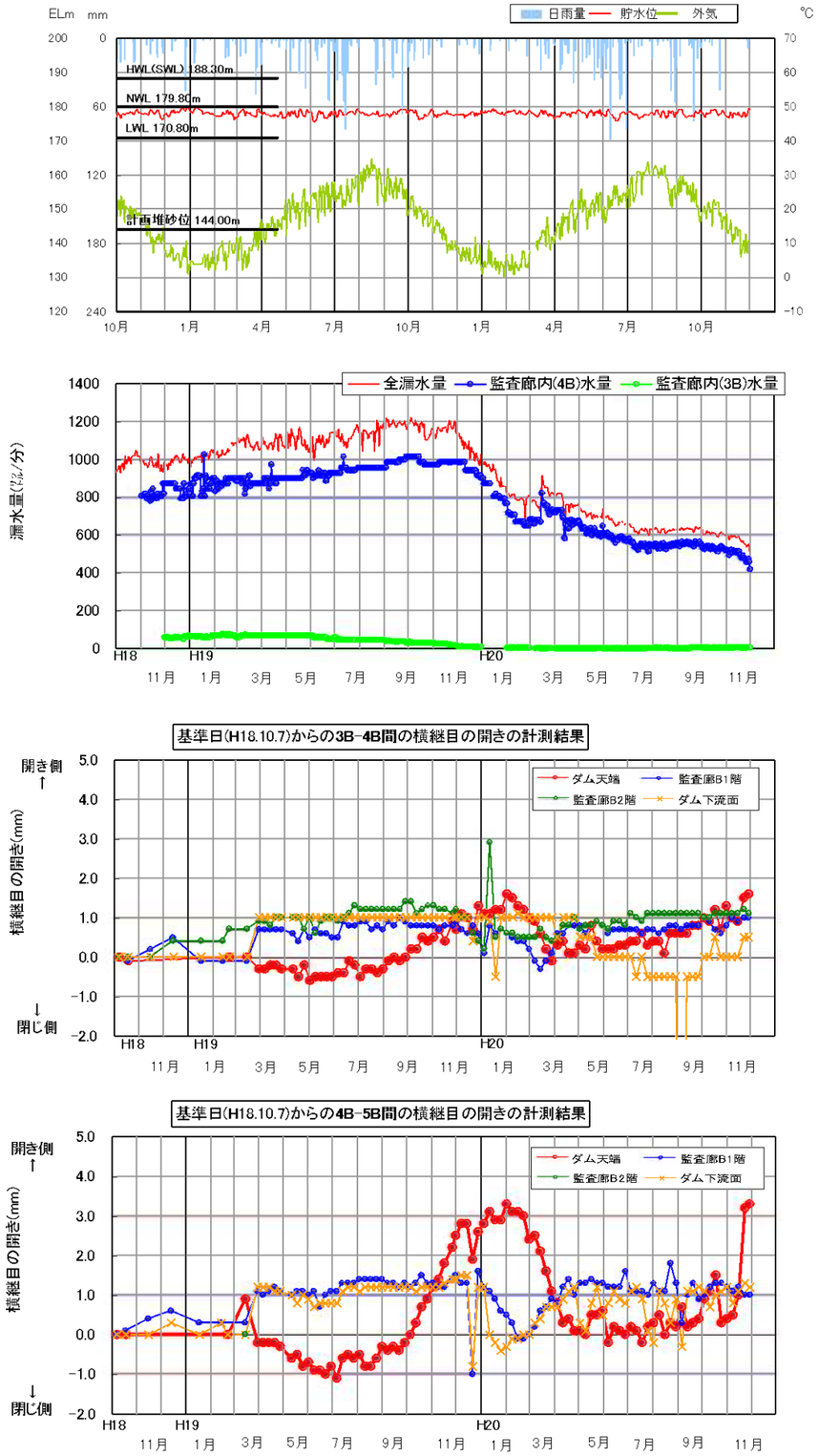
4.3.1.3　継目の開き

平成 18 年 10 月 7 日から 4BL 周辺（3･4BL 間，4･5BL 間）の横継目の開きを、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、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。

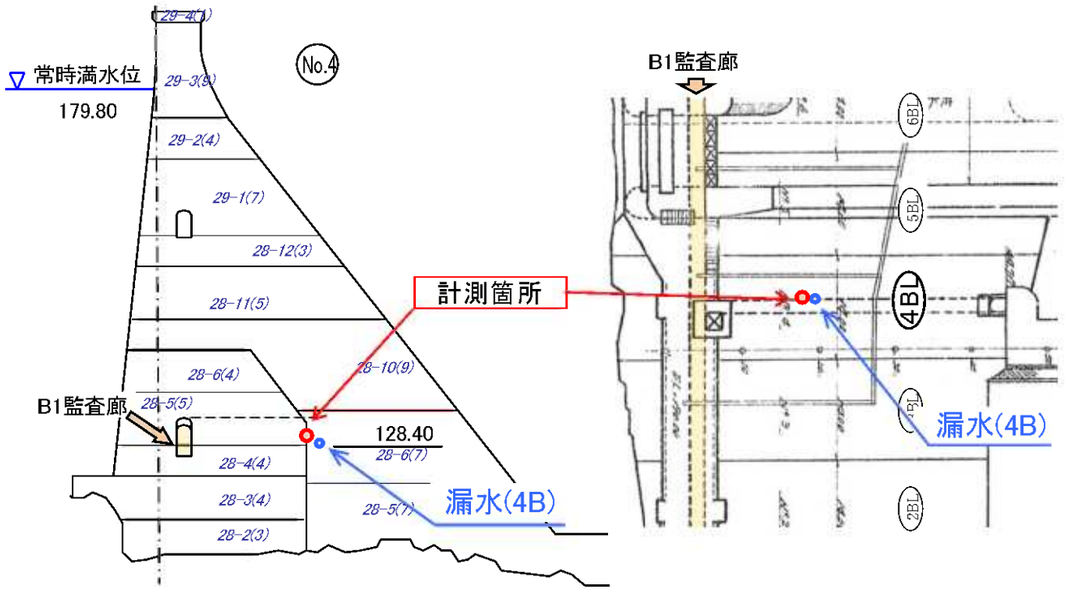
計測結果を図－ 4.3.5，図－ 4.3.7 に示すが、ダム天端の継目のみ季節変動を示している。また、継目の開きと漏水量との関係は認められない。



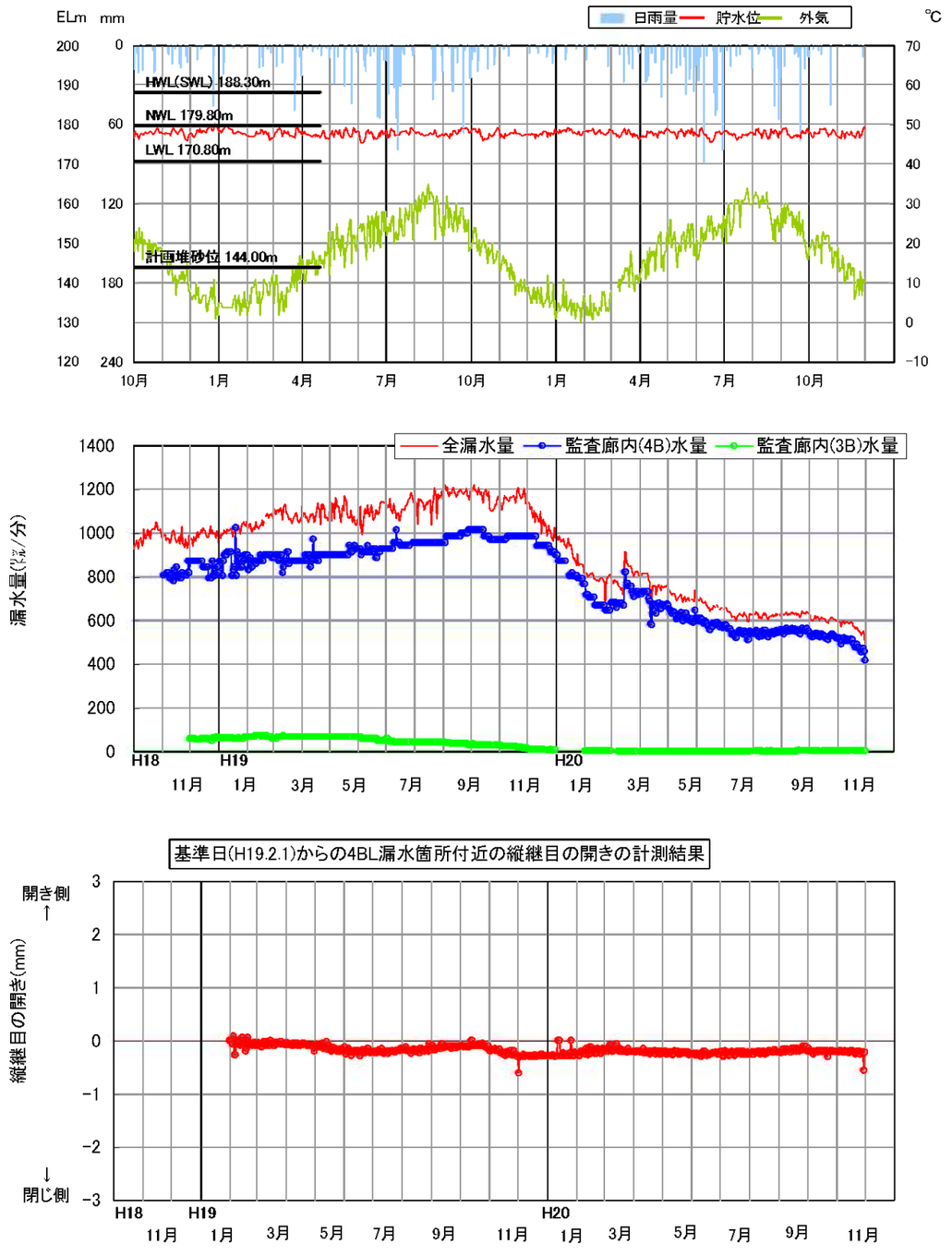
図－ 4.3.4 4BL 漏水箇所周辺における横継目の開きの計測箇所



図－ 4.3.5 4BL の横継目の開きの経時変化図



図－ 4.3.6 4BL 漏水箇所直近における縦継目の開きの計測箇所



図－ 4.3.7 4BL 漏水箇所直近の縦継目の開きの経時変化図

4.3.1.4　水温・水質・監査廊堆積土砂

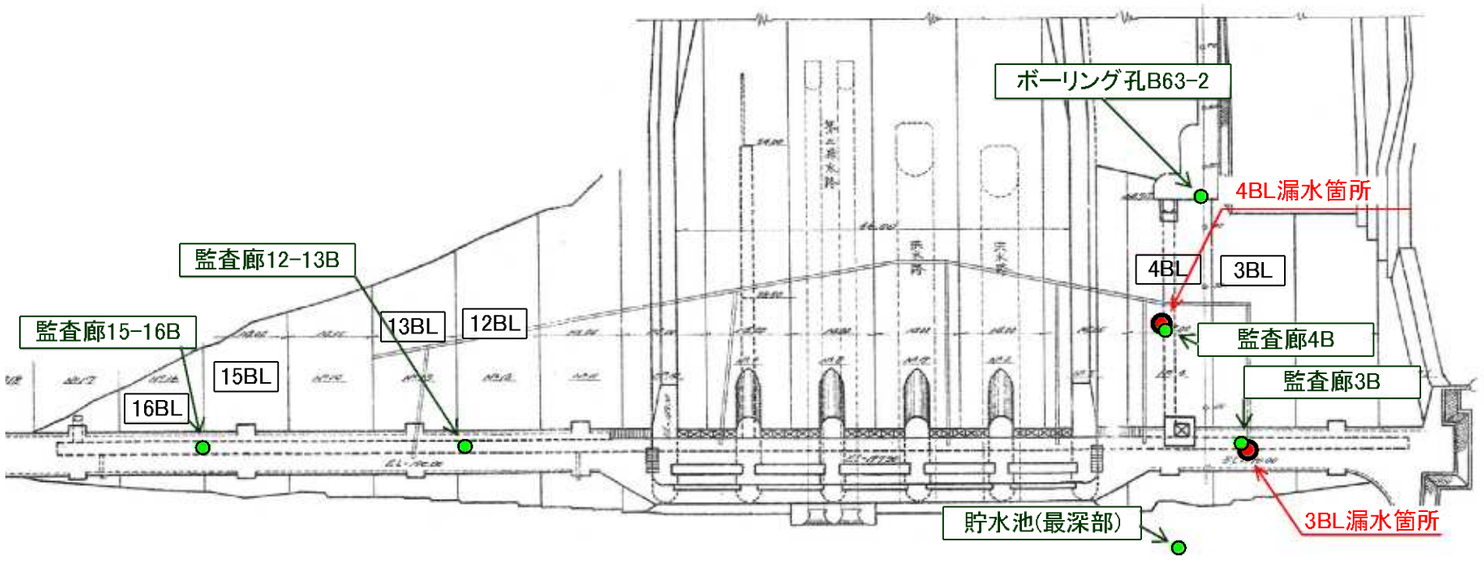
(1) 水温・水質

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。

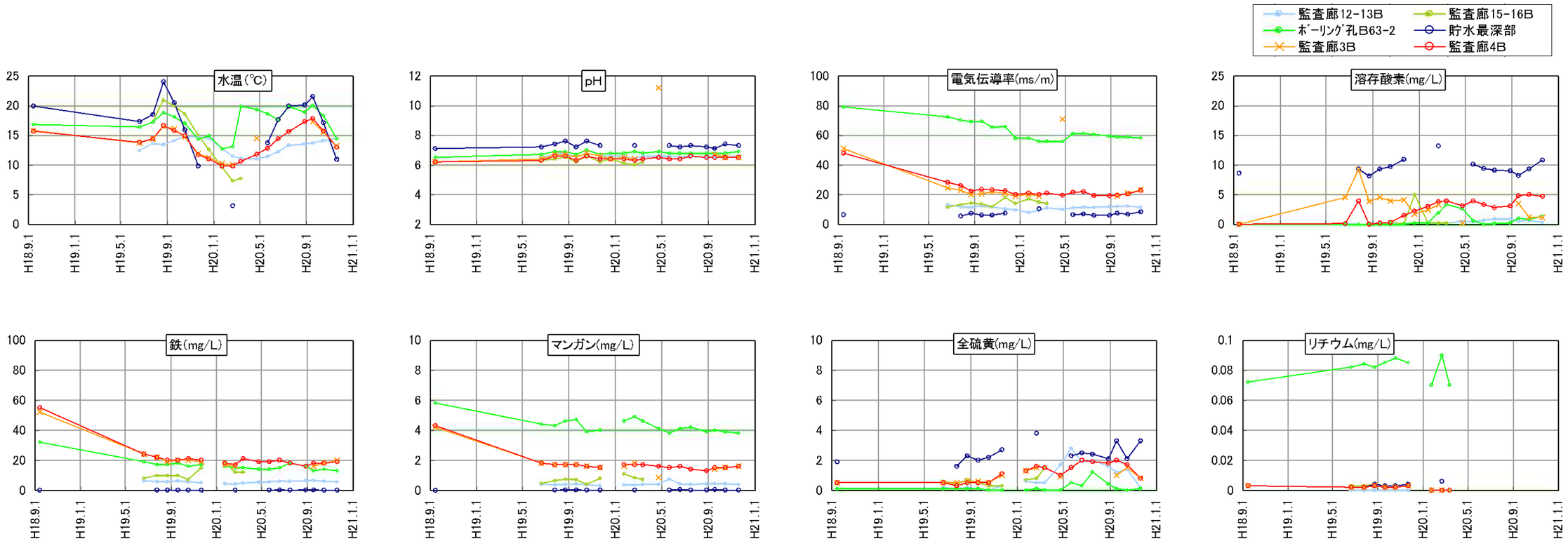
4BL, 3BL 漏水、左岸側の監査廊排水 2 箇所（4BL、3BL 漏水は含まず）、4BL 下流のボーリング孔湧水、および貯水池下層の水質を比較した結果、次のことがいえる。（図－ 4.3.9 参照）

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。

以上より、4BL と 3BL の水質はほぼ等しいが、これらは貯水池水質ともボーリング孔内水質とも異なっているといえる。



図－ 4.3.8 水質調査位置図



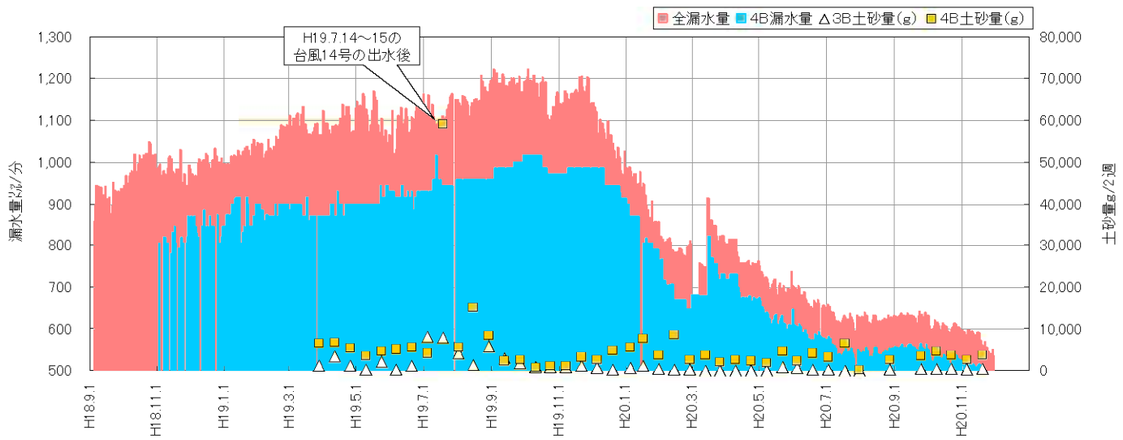
図－ 4.3.9 水質の分析結果の経時変化図

・国土交通省丸山ダム管理事務所測定データにより作成

(2) 監査廊堆積土砂

1) 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－ 4.3.10 に示す。漏水には出水時に濁りが認められた(写真－ 4.3.4)。



図－ 4.3.10 漏水量と監査廊土砂量の経時変化図

写真－ 4.3.4 出水時の 4BL 漏水の状況(平成 15 年 4 月)

2) 堆積土砂の分析（平成 18 年 9 月採取試料）

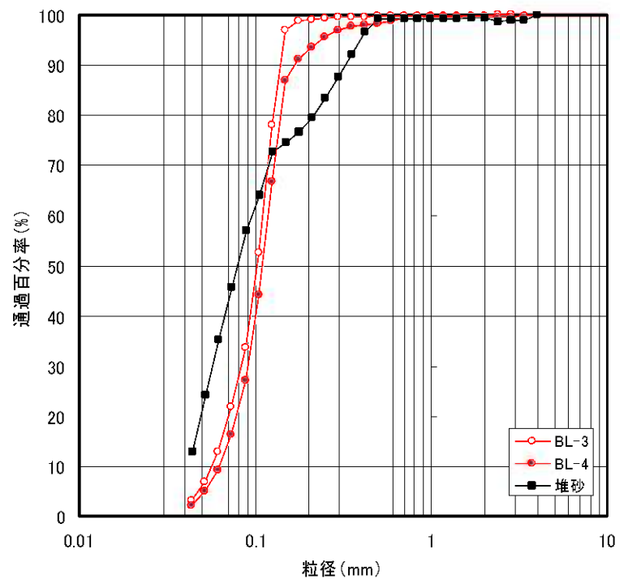
漏水箇所に堆積した土と、比較試料として貯水池に堆積している土砂を分析した結果は、次のとおりである。

① 粒度分析の結果では、3BL, 4BL の堆積物は、細砂(0.25mm 以下)主体の粒径が均一な砂である。ダム堆砂はこれらより、粒径範囲がやや広い粒度分布である(図－ 4.3.11)。

② XRD 分析の結果、監査廊内の堆積物(3BL、4BL)と貯水池内堆砂は、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。ダム堆砂の水簸分析(砂粒子から粘土鉱物主体に抽出)の結果では、緑泥石、カオリナイトとなどの粘土鉱物が、ダム堆砂と、3BL 堆積物にはあるが、4BL 堆積物にはほとんどない。

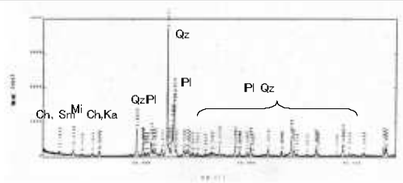
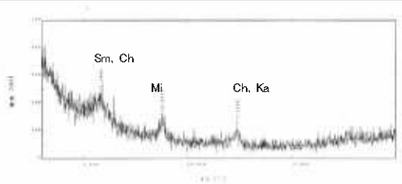
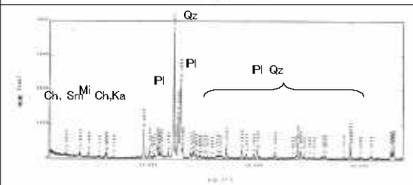
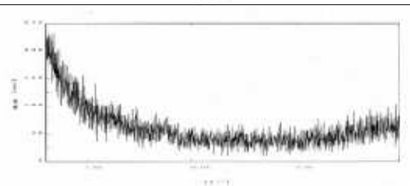
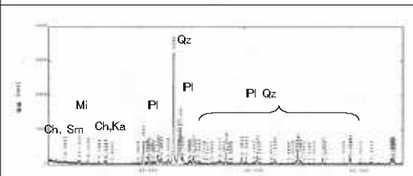
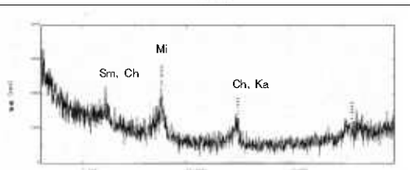
③ 堆積物を実体顕微鏡で観察した結果、粒子はいずれも破片状のものは極まれで、亜円～亜角状に円磨(磨耗)されている。監査廊内の堆積物およびダム堆砂とも、構成粒子は、石英、斜長石を主体とし、泥質岩片や黒雲母も認められる。

このように、3BL, 4BL の堆積物は、ダム堆砂と粒度分布は多少異なるが、成分は類似している部分もある。



図－ 4.3.11 粒度分布

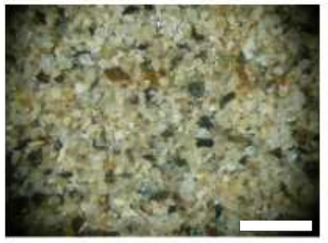
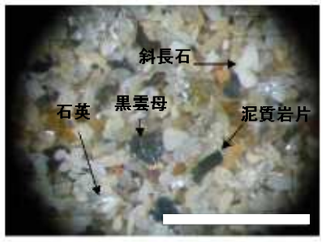
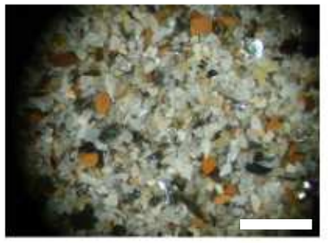
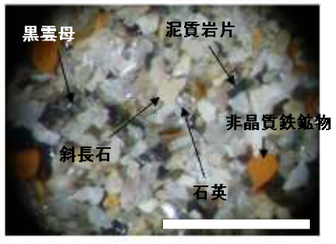
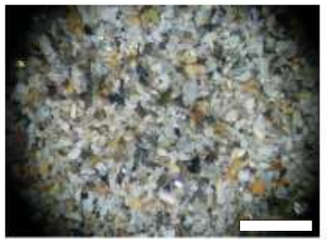
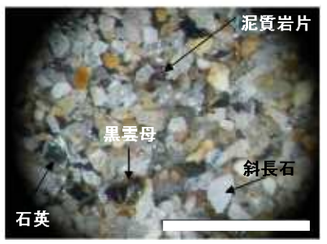
表－ 4.3.2 XRD分析結果（鉱物鑑定・XRDチャート）一覧表

	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	◎		Qz	
		Pl	○		Pl	
		Mi	・		Mi	○
		Ch	・		Ch	△
		Ka	・		Ka	
		Sm	・		Sm	△
		その他			その他	
BL-4		Qz	◎		Qz	
		Pl	○		Pl	
		Mi	・		Mi	
		Ch	・		Ch	
		Ka	・		Ka	
		Sm	・		Sm	
		その他			その他	
ダム堆砂		Qz	◎		Qz	
		Pl	△		Pl	
		Mi	・		Mi	○
		Ch	・		Ch	△
		Ka	・		Ka	
		Sm	・		Sm	△
		その他			その他	

凡例

鉱物種		鉱物含有量(相対的, 定性的)
Qz	石英	◎：多量
Pl	斜長石	◎：普遍的
Mi	雲母	△：少量
Ch	緑泥石	・：極少量
Ka	カオリナイト	
Sm	スメクタイト	

表－ 4.3.3 実体顕微鏡観察一覧

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

4.3.2 漏水に関する調査

4.3.2.1　潜水調査（堆砂位から上位標高の調査）

(1) 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－ 4.3.12 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。

(2) 調査結果

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。

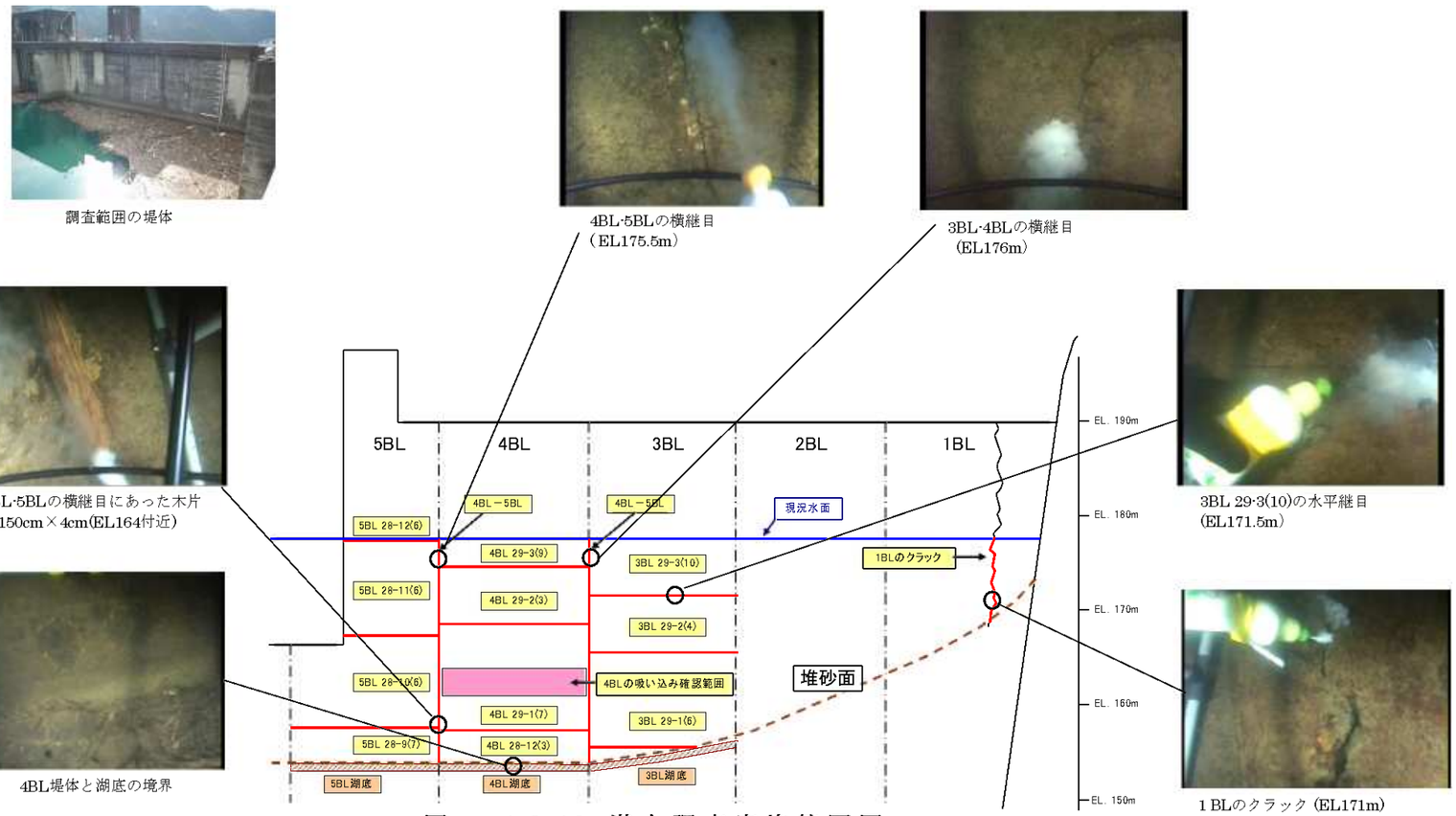
3) 1BL のクラック

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－ 4.3.12 潜水調査実施範囲図

4.3.2.2　　堤内排水孔の現況調査

(1) 調査方法

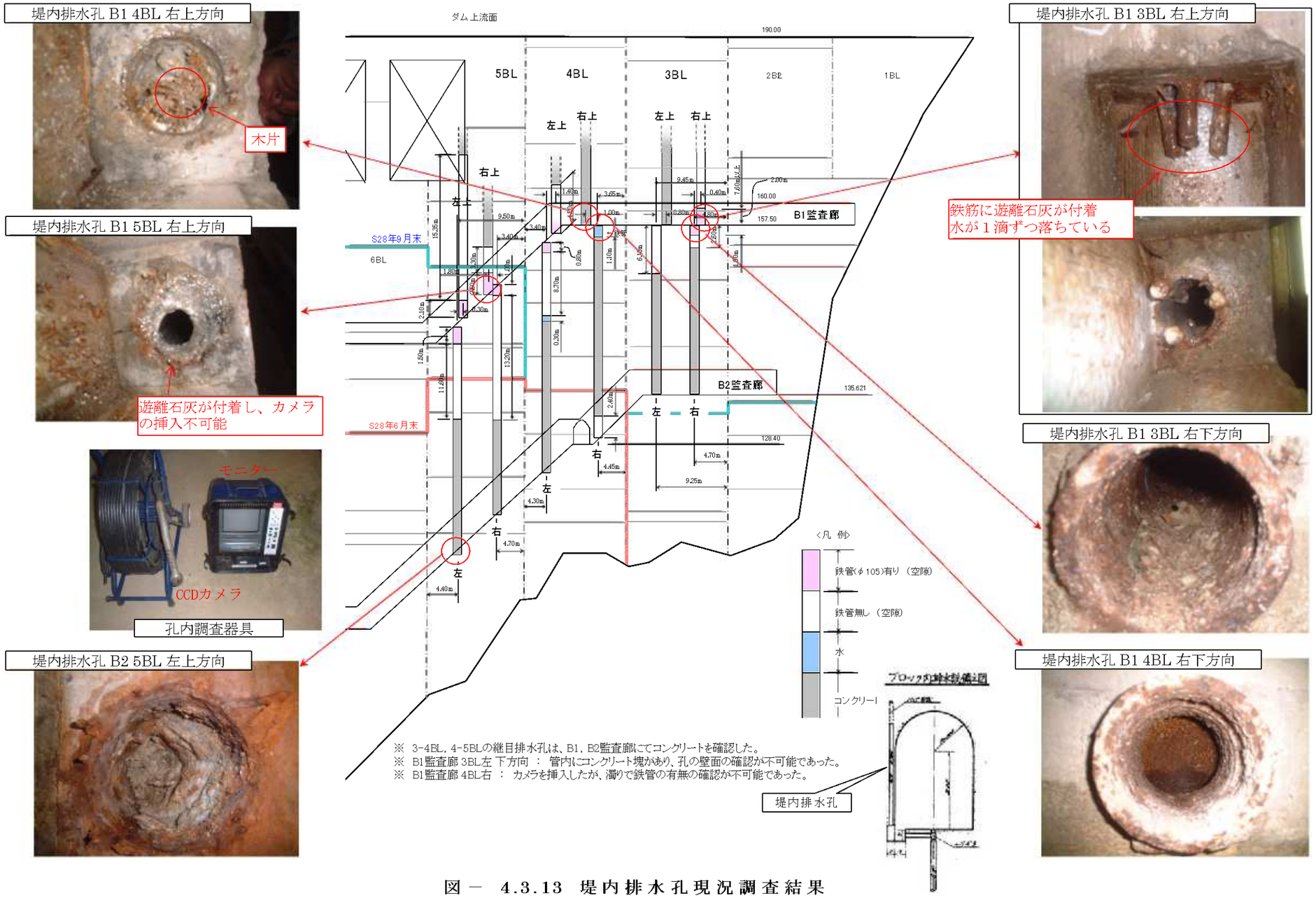
丸山ダムには、堤体コンクリートへの貯水池からの浸透水を排水する目的で、上流面の堤体コンクリート内に 1 ブロック当たり 2 孔の堤内排水孔が、上下方向に配置されている。水平打継目が漏水経路となっている可能性を確認するために CCD カメラにより調査を行った。

［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、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－ 4.3.13 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。



図－ 4.3.13 堤内排水孔現況調査結果

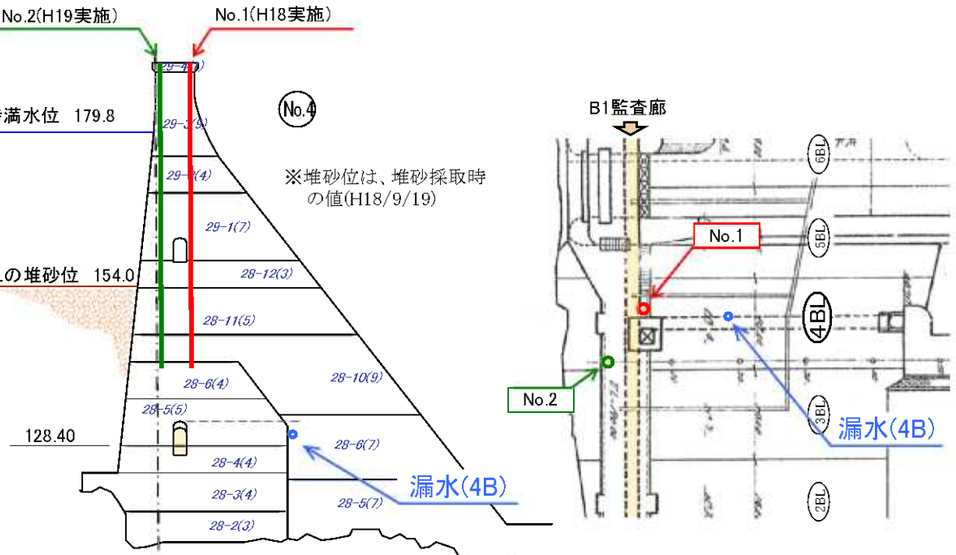
4.3.2.3　堤体のボーリング調査

(1) 調査箇所および調査方法

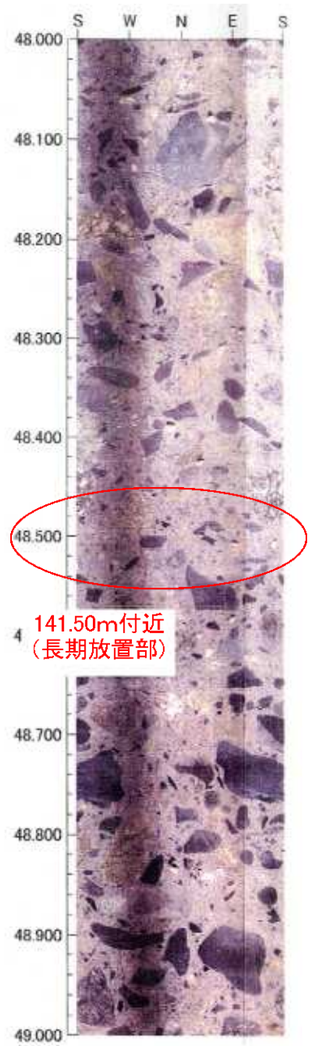
4BL の水平打継目のボーリング調査を行った。4BL の水平打継目に対して、4BL のダム天端から 4BL の中央に上段監査廊を避ける位置に鉛直下方にコアボーリングを行い、ボーリング孔からの漏水の有無を確認した。また、ボーリング前後の 4BL の漏水量の増減を調査した。

No.1 孔：天端～EL.138m（L=52m）　　H19 年 2 月 1 日～8 日

No.2 孔：天端～EL.140m（L=50m）　　H19 年 8 月 10 日～15 日



図－4.3.14　4BL の水平打継目へのボーリング調査



写真－　4.3.5　ボアホールカメラの映像（No.1 孔）

(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

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、削孔に伴う4BL 漏水の明瞭な変化は認められなかった。ボーリング孔内水位については、EL.169.45～159.40m 間で削孔後に水位が低下し、水が抜ける区間があると考えられた。

コア観察およびボアホールカメラによる観察の結果、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。

②No.2 孔（H19 実施）[調査実施日]　H19 年 8 月 10 日～15 日

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かった。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。

コア観察およびボアホールカメラによる観察の結果、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。

4.3.2.4　基礎岩盤のボーリング調査

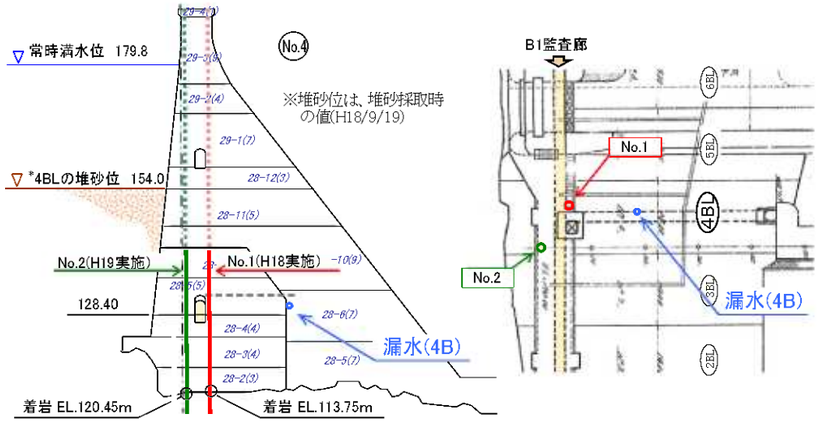
（1） 調査箇所および調査方法

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）



図－ 4.3.15 4BL の堤体着岩部へのボーリング調査

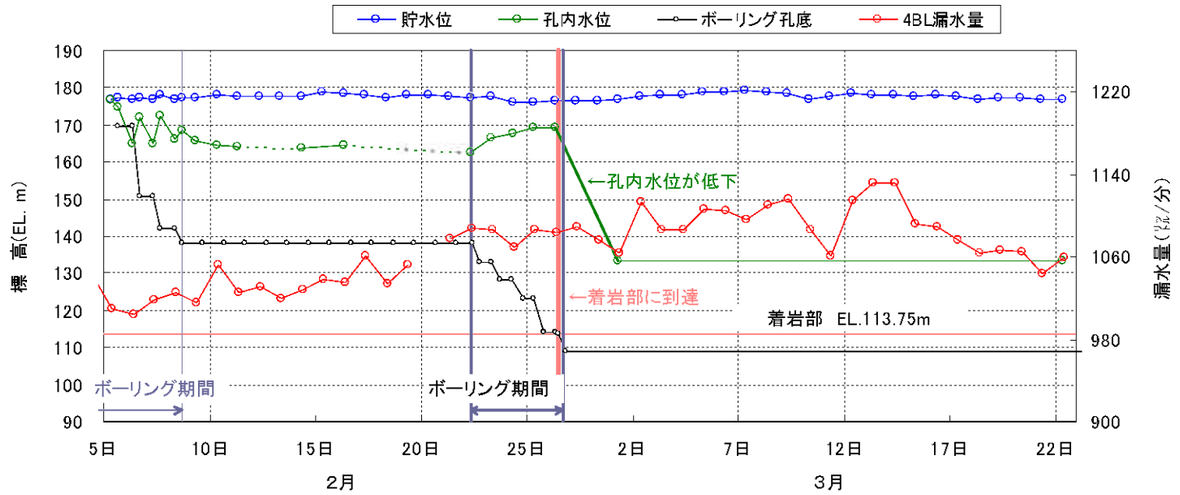
(2) 調査結果

① No.1 孔（H18 年度実施）［調査実施日］ H19 年 2 月 1 日～8 日

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－ 4.3.16 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。

一方、孔内水位は着岩後に低下し、おおよそ 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）



図－ 4.3.16 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

2) ボーリングコアおよびボアホールカメラによる観察結果

コア観察およびボアホールカメラによる観察結果では、堤体内に開口した打継目は認められず、着岩部も密着していた。

3) 水押試験結果

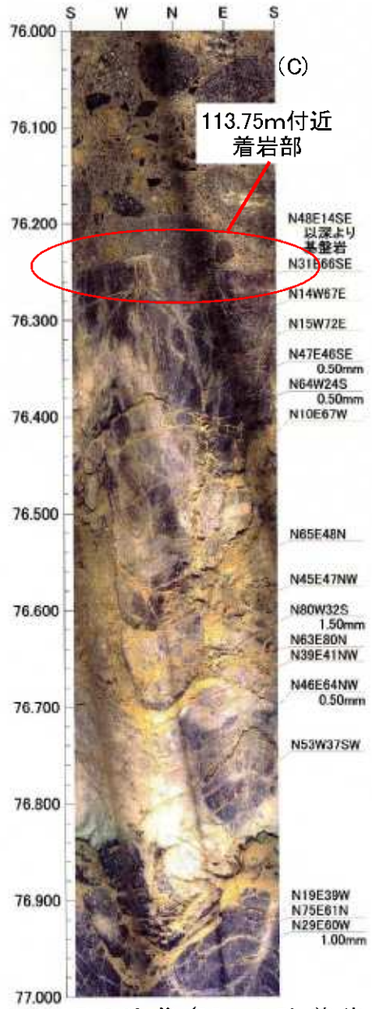
水押試験の結果を、堤体コンクリート内では Lu 値は 0（透水係数は 10^{-7}～10^{-8} ｵｰﾀﾞｰ）、基礎岩盤で Lu 値 0.1（透水係数は 10^{-6} ｵｰﾀﾞｰ）、程度であり、漏水経路を類推させるような透水性を示す箇所は認められなかった。

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 低下させて、回復量を確認した結果、水位変動は 7.5cm/20 分と極めて小さいものであった。

5) 簡易水質分析結果

ボーリング孔内の水質は、貯水池とも 4BL 漏水とも異なる結果であった。



写真－ 4.3.6 ボアホールカメラの映像（No.1 孔着岩部）

② No.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－ 4.3.17 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。

一方、孔内水位は着岩後に低下し、おおよそ 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。

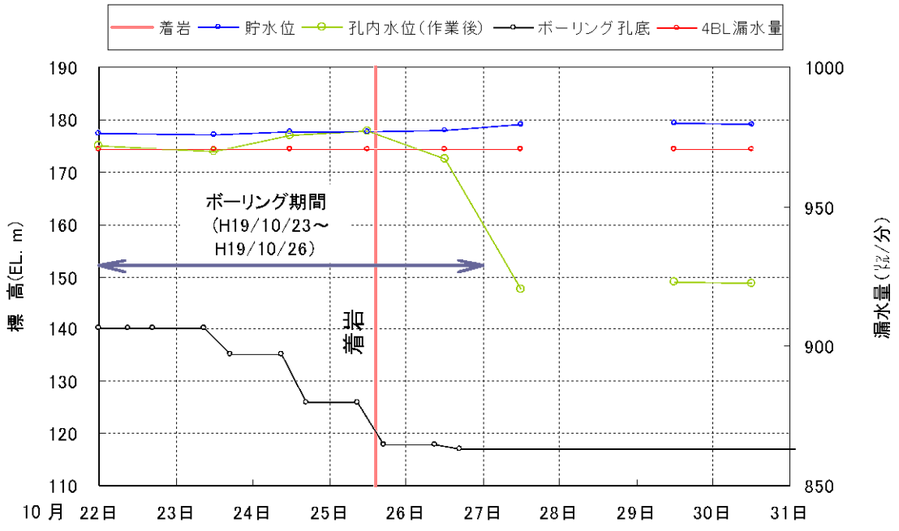


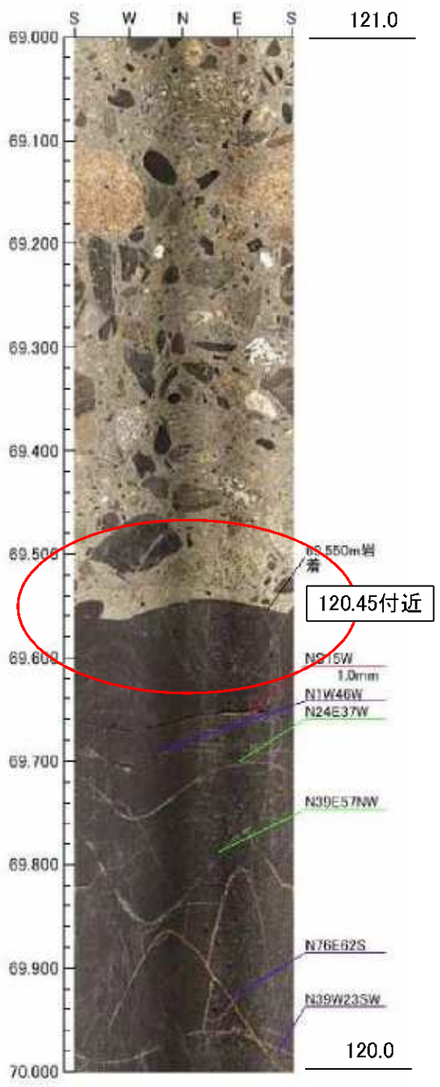
図 － 4.3.17 ボーリング調査前後における孔内水位および貯水位の経時変化

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

コア観察およびボアホールカメラによる観察結果では、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た。堤体と基礎は密着していることを確認した。また漏水も認められなかった。

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、P-Q 曲線より求められる換算 Lu 値は Lu'=1.5 であり、漏水経路を類推させるような透水性を示さなかった。



写 真 － 4.3.7 ボアホールカメラの映像（No.2 孔着岩部）

4.3.2.5　4BL監査廊のボーリング調査

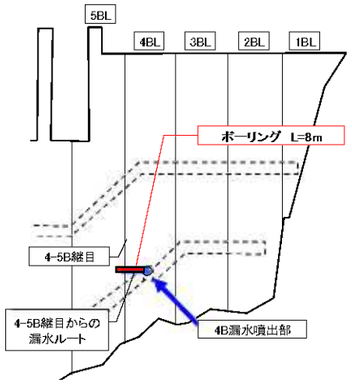
(1) 調査方法

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。

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

4－5BL 間の横継目を介した漏水の可能性に対して、横継目に向けた水平ボーリングを実施した。

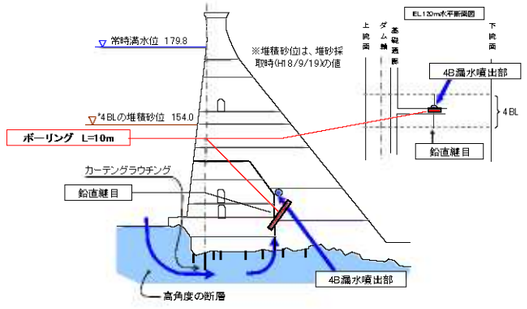


図－ 4.3.18 4－5BL 間の横継目へのボーリング調査

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

4BL の施工継目（縦継目）を介した漏水の可能性に対して、縦継目に向けた斜めボーリングを実施した。



図－ 4.3.19 4BL の施工継目（縦継目）へのボーリング調査

C－1 孔，C-2 孔

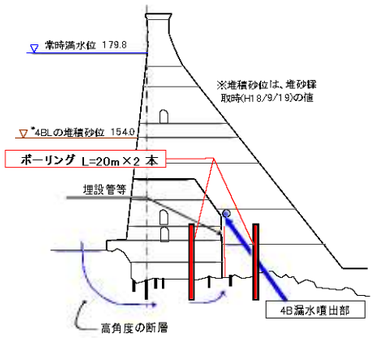
C－1 孔：4BL監査廊漏水箇所上流約 7.5m において斜下方向 6°（左岸向き），L=20m

H20 年 7 月 22 日～7 月 26 日

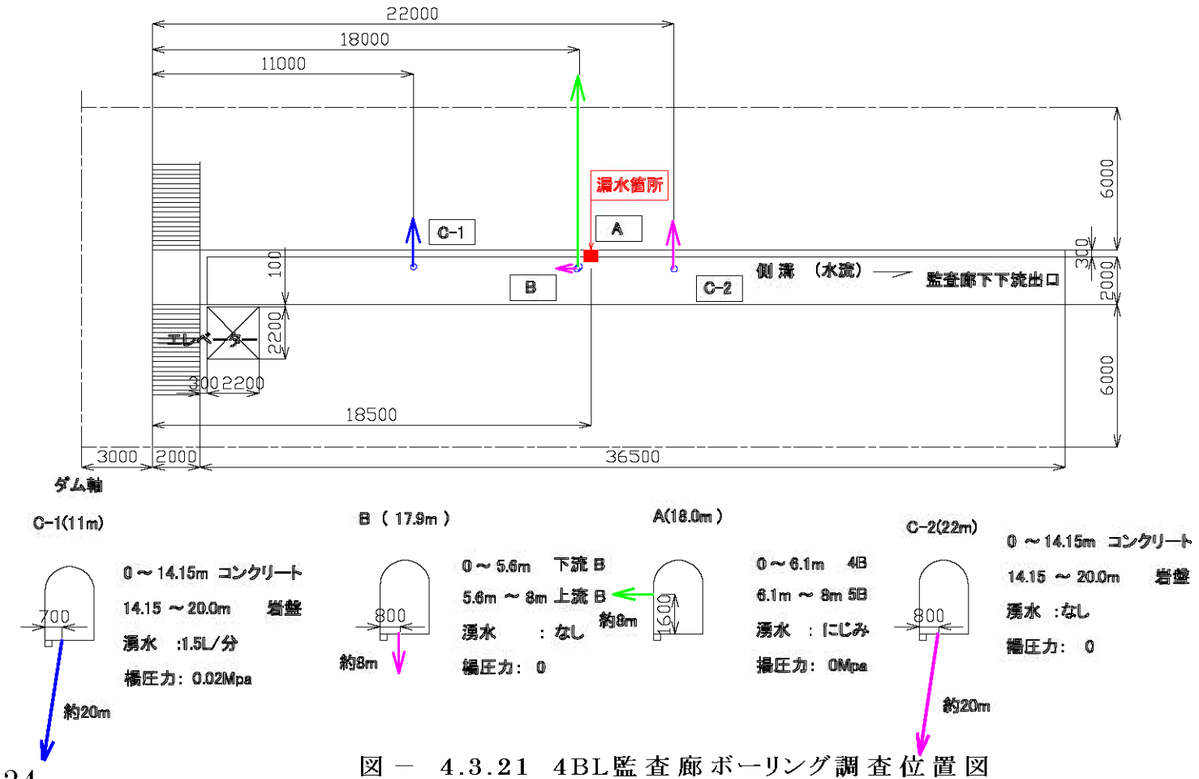
C－2 孔：4BL監査廊漏水箇所下流約 3.5m において斜下方向 6°（左岸向き），L=20m

H20 年 7 月 31 日～8 月 5 日

基礎岩盤の破砕層を介した漏水の可能性に対して、破砕層の想定面に向けた斜めボーリングを実施した



図－ 4.3.20 4BL の基礎岩盤の破砕層へのボーリング調査



図－ 4.3.21 4BL監査廊ボーリング調査位置図

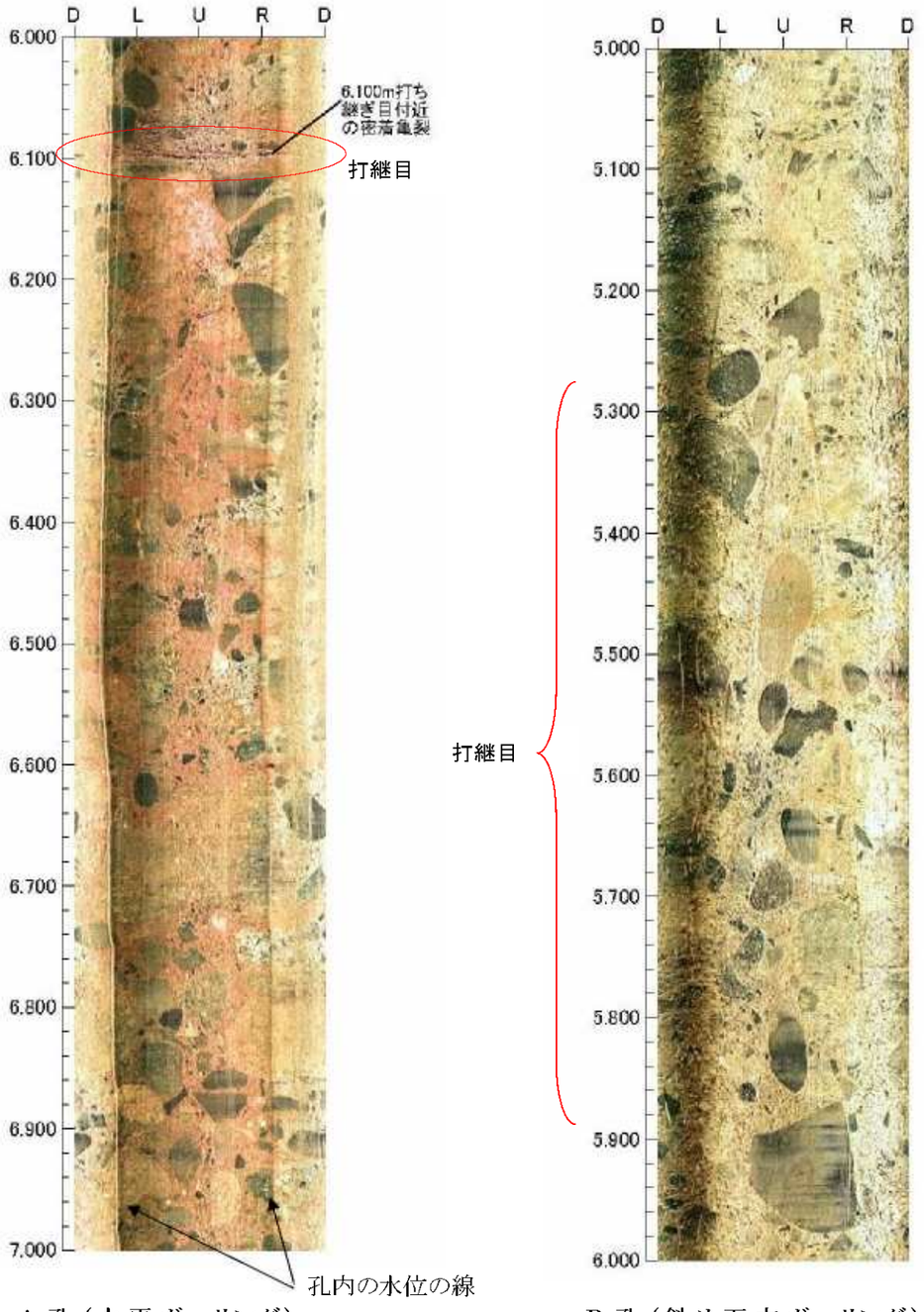
(2) 調査結果

① A 孔（水平ボーリング 8m）

- 横継目が壁面から 6.1m で確認された。
- 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。
- およそ 0.3L/min 程度の湧水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。

② B 孔（上流方向へ 6° の斜め下方ボーリング 8m）

- コンクリート打継目は 5.3～5.9m（5.6m センター）で確認された。
- 継目は完全に密着しており、隙間は認められなかった。
- 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。



A 孔（水平ボーリング） B 孔（斜め下方ボーリング）

写真－ 4.3.8 ボアホールカメラの映像（A 孔，B 孔）

・

③ C-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 付近で密着していることが確認された。

・ 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、破砕帯は確認できなかった。

・ ボーリングが地山に到達してから湧水が観測されたが（8/5　15:00　1.0L/min）、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。

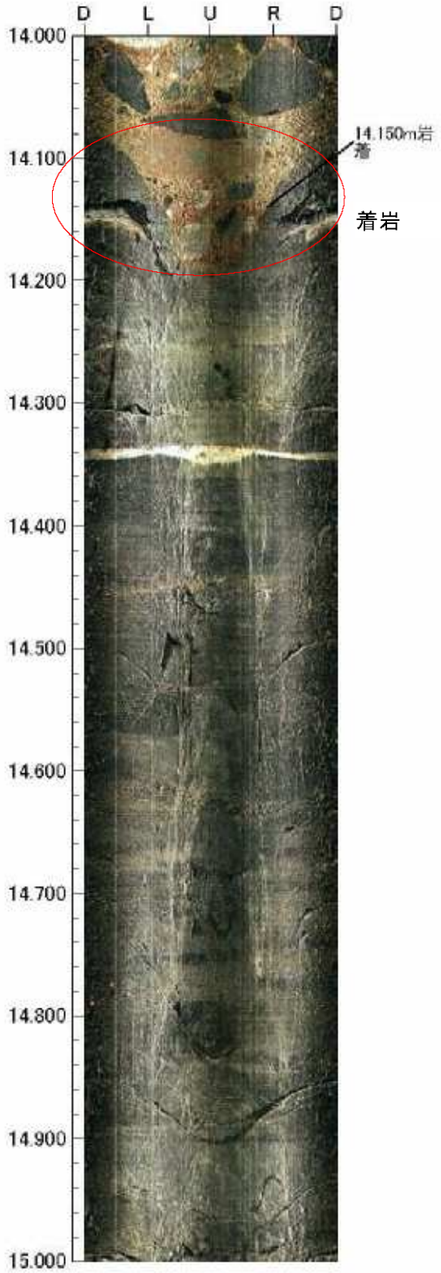
④ C-2 孔（監査廊手前　ダム中央方向へ 6° の斜め下方ボーリング　20m）

・ 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。

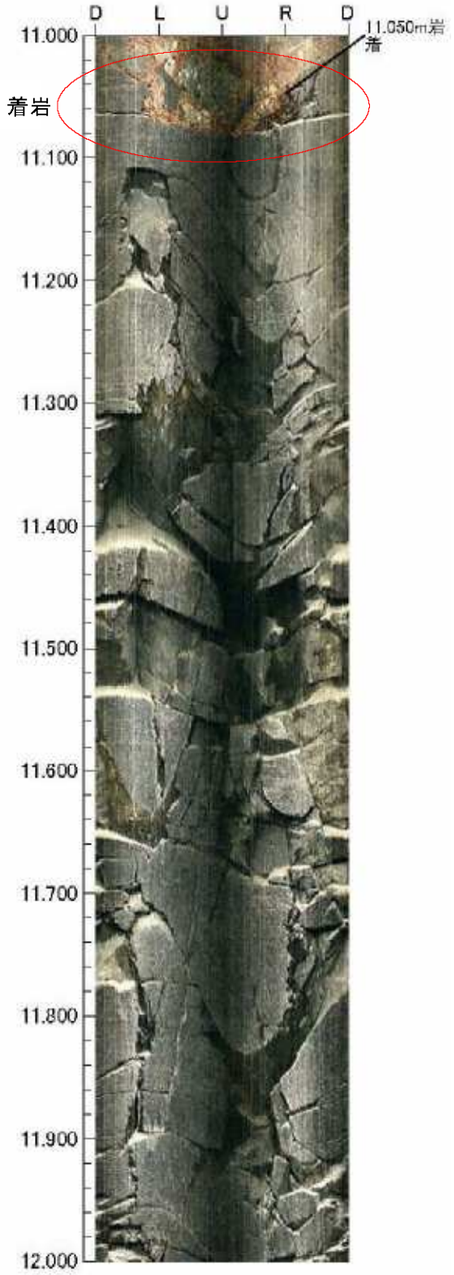
・ コンクリートと地山（粘板岩、チャート）との境界は 11.05m 付近で密着していることが確認された。

・ 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砕帯は確認できなかった。

・ ボーリングが地山に到達してから湧水が観測されたが（8/2　13:00　0.5L/min）、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。



C-1 孔（斜め下方ボーリング）



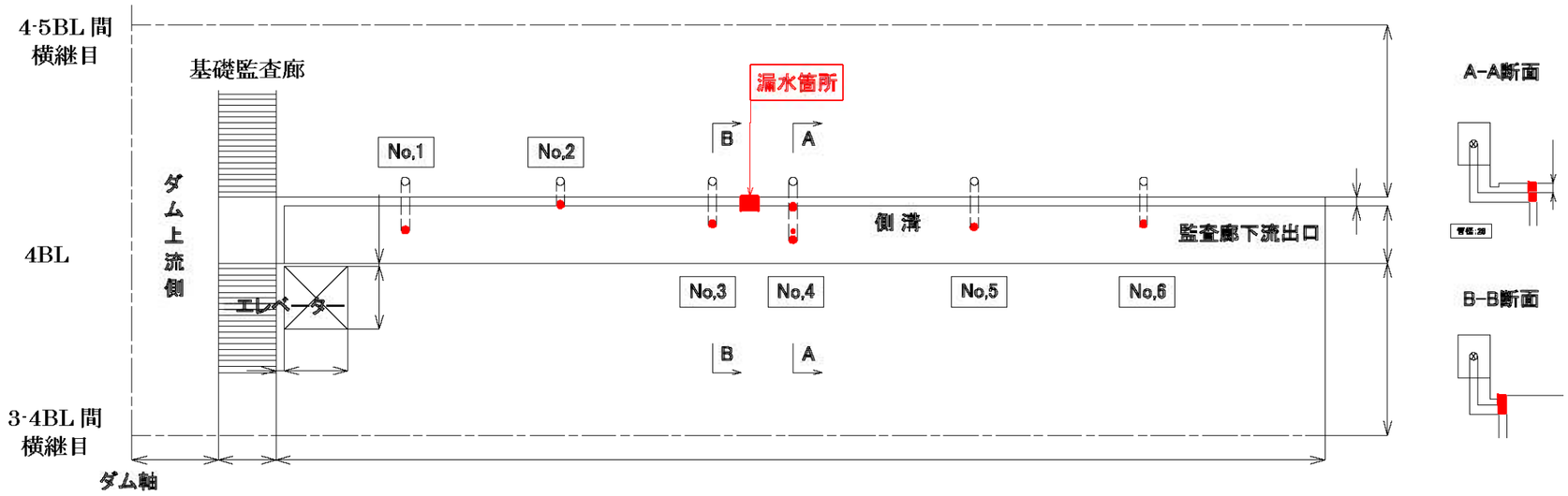
C-2 孔（斜め下方ボーリング）

写真－ 4.3.9 ボアホールカメラの映像

4.3.2.6　4BL 旧揚圧力配管の調査

(1) 旧揚圧力配管

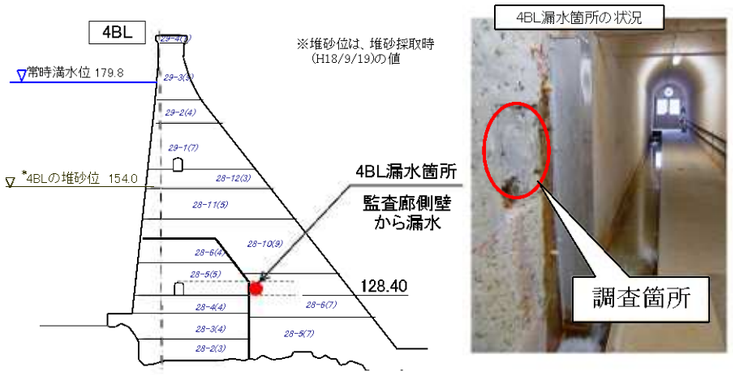
旧揚圧力配管NO. 4において小口径の穴を削孔した結果、にじみ程度の漏水であり4B漏水との関係はなかった。また、他の配管NO. 2, 3, 5, 6においても同様の確認を行ったがいずれもにじみ程度の漏水であった。



図－ 4.3.22 旧揚圧力配管ルート調査位置平面図

(2) 旧揚圧力配管箱抜部周辺

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坑を行ったが、漏水は確認されなかった。



図－ 4.3.23 調査箇所

写真－ 4.3.10 旧揚圧力配管箱抜部周辺の調査状況（H19/3）

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－ 4.3.11 旧揚圧力配管箱抜部周辺調査状況（H20/2）

4.3.3 4BLの漏水のまとめ （案）

(1) 4BLの漏水の状況

① H12 年 6 月の約 100 ﾘｯﾄﾙ/分から徐々に増加し、H14 年 6 月に全漏水量で 1,060 ﾘｯﾄﾙ/分（うち 4BL 漏水量 967 ﾘｯﾄﾙ/分）に急増したが、徐々に減少した。

② H18 年 10 月～H19 年 10 月までに全漏水量で最大 1,221 ﾘｯﾄﾙ/分（うち 4BL 漏水量 1,015 ﾘｯﾄﾙ/分）に増加、その後、減少し H20 年 12 月では全漏水量で 500 ﾘｯﾄﾙ/分（うち 4BL 漏水量 420 ﾘｯﾄﾙ/分）程度まで減少している。

(2) 変形の状況

漏水量が増加する H12 年以前と以後では変形の状況に変化は見られない。

(3) 継目の開き

継目の開きと漏水量の変化の関係は見られない。

(4) 水質、水温、監査廊土砂

4BL と 3BL の水質はほぼ等しいが、これらは貯水池水質ともボーリング孔内水質とも異なっている。監査廊内堆積土砂は、ダム堆砂と粒度分布は多少異なり、成分は類似している部分もみられる。

(5) 漏水に関する調査

① 潜水調査からは漏水の進入路は確認ができなかった。

② 堤体のボーリング調査からは堤体からの漏水は確認できなかった。

③ 基礎岩盤のボーリング調査からは基礎からの漏水は確認できなかった。

（堤体と基礎岩盤は密着していることを確認した。）

④ 4BL 監査廊からのボーリング調査では、いずれも漏水を確認できなかった。

（堤体と基礎岩盤は密着していることを確認した。）

(6) 4BLの漏水のまとめ（案）

① 4BL の漏水については増加と減少を繰り返す傾向を持っており、H12 年、H19 年と急増した時期があったが徐々に減少し現在は全漏水量で 500 ﾘｯﾄﾙ/分（うち 4BL 漏水量 420 ﾘｯﾄﾙ/分）程度で落ち着いている。

② 漏水量と堤体変形、継目の開き、地震との関係も見られない。

③ 漏水の水質は、貯水池水質ともボーリング孔内水質とも異なっている。監査廊の堆積土砂は、ダム堆砂と粒度分布は多少異なり、成分は類似している部分もみられる。

④ 堤体および基礎からの漏水経路は確認できなかった。

4.4 丸山ダムの堤体状況のまとめ（案）

① 漏水量は、平成 14 年および平成 19 年に一時増加したが、現在は半減し減少傾向にある。平成 20 年現在の漏水量は、4BL の漏水量の多い箇所を除けば、100 ﾘｯﾄﾙ/分程度を中心とした変動を示し、安定している

② 堤体変位は、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おり、安定した状態である。また、漏水との関係は認められない。

③ 揚圧力は、全般的に、完成当初 5 年程度は一定の値を示していたが、その後 10 年程度で断続的に増加し、建設後 15 年以降はほぼ一定の値で推移している。

④ 採取コアの圧縮強度試験結果によると、丸山ダムの堤体コンクリートは、建設当時の標準供試体圧縮強度と同程度であり、十分な強度を保持している。また、中性化は、最大でも 10 数 mm しか進行していない。

⑤ 4BL 漏水は、堤体変形、継目の開き、地震との関係は見られないことから、4BL 漏水により、丸山ダム安定性、機能性に大きな影響を与えることは無いと考えられる。

⑥ 今後は、漏水量の変化によりモニタリングを実施し対応して行くことが必要と考えられる。

5. モニタリング方針（案）

(1) 今後の観測計画（案）

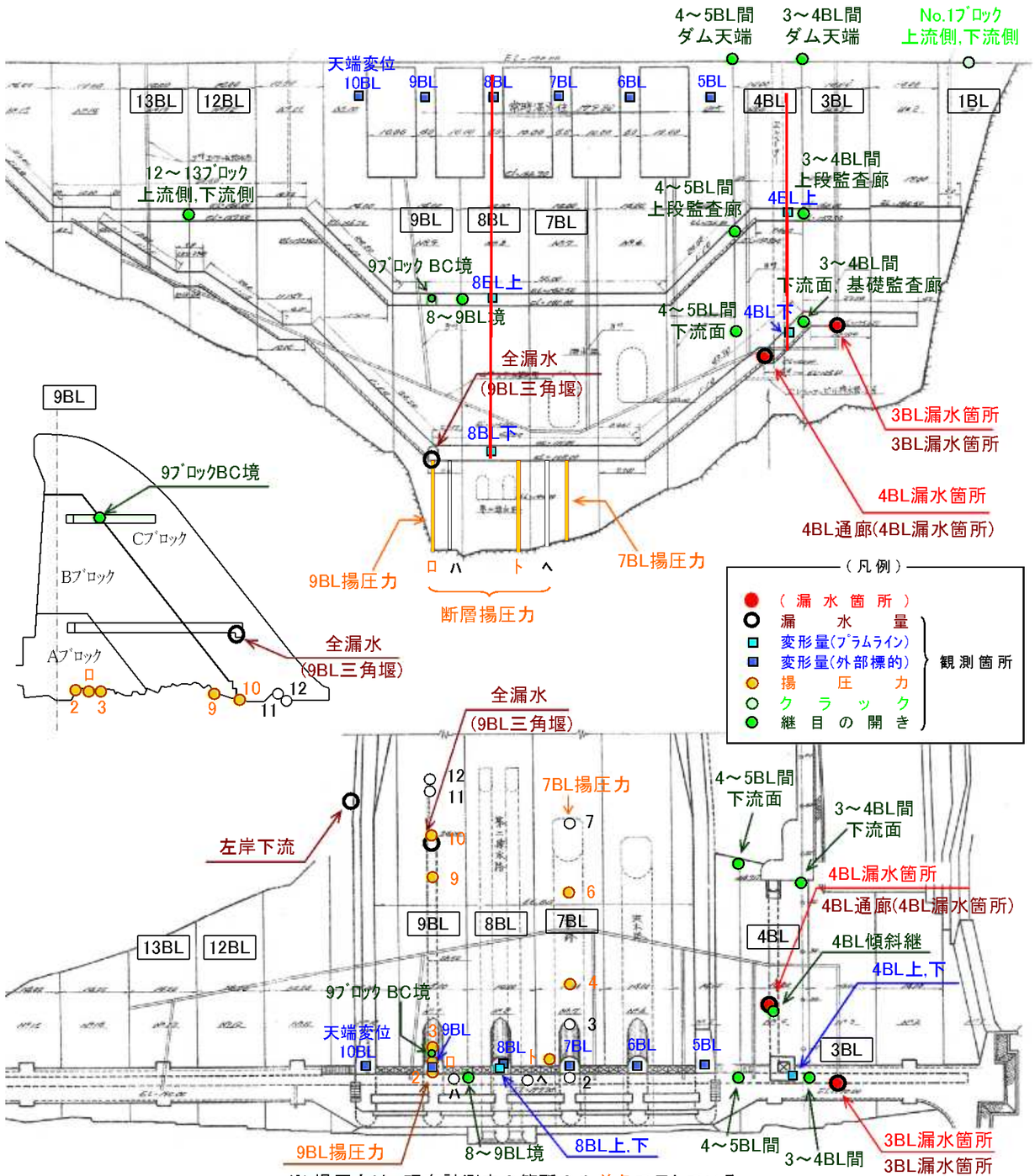
現在、全漏水（9BL）、4BL 漏水箇所、3BL 漏水箇所を 1 回/日で計測を行うとともに、3～4BL 間、4～5BL 間の継目の開きの計測を行っている。平成 19 年度から、当面の間、堤体の監視体制を強化し、漏水ブロックである 4BL のプラムラインの計測を 1 回/日に引き上げるなど、下表のとおり実施している。また、漏水量の急変に対しては、アラーム機能を設け、異常が確認された場合は観測体制の強化を実施するものとする。

表－ 5.1 観測計画（案）

観測項目		観測頻度		備考
区分	観測箇所	通常の観測頻度	現在の観測頻度※1	
外観（巡視）	堤体全体	1 回/日	1 回/日	適宜写真で記録する
漏水量	全漏水量（9BL 三角堰）	1 回/日	1 回/日	手動計測（平成 20 年 3 月 14 日より、4BL 漏水を分離）
	4BL 漏水量（4BL 三角堰）	1 回/日	1 回/日	自動計測，アラームシステム※2（平成 20 年 4 年 10 日より）
	3BL 漏水量（3BL 四角堰）	－	1 回/日	
	左岸下流	1 回/月	1 回/月	
流出土砂量	3B、4B排水路	－	1 回/2 週	
漏水水質	貯水池、3BL、4BL、12-13BL、15-16BL、B63-2	－	1 回/月	
変形量	プラムライン（4BL 上・下段監査廊）	1 回/月	1 回/日	2 ヶ所
	プラムライン（8BL 上・下段監査廊）	1 回/月	1 回/週	2 ヶ所
	天端変位（5, 6, 7, 8, 9, 10BL）	1 回/月	1 回/週	6 ヶ所
	4BL変位量（監査廊3箇所）	－	1 回/日	H20 年4月開始
揚圧力	7BL（4,6），9BL（2,3,9,10），断層揚圧力 7～9BL（ﾄ,ﾛ）4BL監査廊（4箇所）	1 回/月	1 回/週	8 ヶ所 H20 年7月に設置
継目の開き	8-9ﾌﾞﾛｯｸ境，9ﾌﾞﾛｯｸ BC 境，No.12-13ﾌﾞﾛｯｸ上流側，下流側	1 回/月	1 回/週	4 ヶ所
クラック	No.1ﾌﾞﾛｯｸ上流側，下流側	1 回/月	1 回/月	6 ヶ所
継目の開き	天端（3～4BL 間，4～5BL 間），下流面（3～4BL 間，4～5BL 間），基礎監査廊（3～4BL間，4～5BL間），上段監査廊（3～4BL 間），4BL 傾斜継目（4BL 漏水箇所付近の継目の開度）	－	4BL 傾斜継目以外；1 回/週 4BL 傾斜継目；1 回/日	8 ヶ所

※1 4BL の漏水量の急増を受けて、平成 19 年度より各観測項目の観測頻度を引き上げて実施している。

※2 ｱﾗｰﾑｼｽﾃﾑ：4BL漏水量が 800 ﾘｯﾄﾙ/分を記録した場合に、担当者（丸山ダム管理所）へ自動通報するものである。



※ 揚圧力は、現在計測中の箇所のみ着色で示している。

図－ 5.1 観測位置図（再掲）

(2) 体制の基準（案）

漏水量、変形量の観測に基づく管理体制（案）を表－ 5.2 に示す。

表－ 5.2 安全性判定の基準と管理体制（案）

レベル	対応	安全性判定の基本的な考え方	丸山ダムの判定基準（案）		各機関の体制	
			漏水量	変形量（プラムライン）	国土交通省丸山ダム管理所	関西電力（株）
1	通常の管理体制	過去（試験湛水時）に計測された最大値を上回らず、値の急変など、過去の傾向と異なる傾向は認められない。	・ 試験湛水時の漏水量（264 ﾘｯﾄﾙ/分）を上回らない。 ・ 年間の変動が過去と同様である。	年間の変動は過去と同様である。	通常の管理体制	通常の管理体制
2	注意しながら監視を継続	過去（試験湛水時）に計測された最大値を上回る、または、過去の計測結果と異なる傾向を示す。	・ 試験湛水時の漏水量（264 ﾘｯﾄﾙ/分）を上回る。 ・ 漏水量の変動（増加）が過去の年変動から予想されるものより大きい。 ・ 漏水中に濁り（微粒分）が発生する。	変形量の変動（増加）が過去の年変動から予想されるものより大きい。	観測頻度を増加させ、異常の有無を監視する。	観測頻度を増加させ、異常の有無を監視する。
3	関連機関へ連絡 水位低下	過去に計測された最大値を大きく上回る、または、計測値が急増し、増加し続ける。	・ 過去の漏水量の最大値（（4BL 漏水量 1,000 ﾘｯﾄﾙ/分）を上回り、漏水量が短時間で急増する。または増大し続ける。 ・ 漏水中に新たに濁り（微粒分）が発生し、濁りが増す。	変形量が短時間に急増する。または、増大し続ける。	警戒体制設置	警戒体制設置

が現在の状況である。