

水力発電設備(ダム)の検討結果 (集中豪雨・地滑り)について

平成26年5月14日
電気事業連合会
電源開発株式会社

☐ ご報告内容

		南海トラフ巨大地震		首都直下地震		その他強振動	集中豪雨	大規模地滑り	暴風	火山噴火	太陽フレア
		地震	津波	地震	津波						
火力発電設備		○	○	○	○					○	
水力発電設備	ダム	○		○		○	○	○			
	水路等						○	○			
基幹送電設備 (17万V以上)		○	○	○	○		○		○	○	
基幹変電設備 (17万V以上)		○	○	○	○					○	○

1. 集中豪雨

(1) 共通項目（検討項目・検討フロー・結果一覧・検討結果分析）

(2) 事例紹介（個社説明資料）

評価事例①～③：検討結果（Ⅰ）

評価事例④～⑥：検討結果（Ⅱ）

評価事例⑦～⑨：検討結果（Ⅲ）

(3) まとめ

2. 地滑り

(1) 共通項目（検討項目・地滑り等への基本的対応）

(2) 監視地点紹介（個社説明資料）

監視地点①：ダム貯水池の地山調査・監視状況について

監視地点②：ダム地すべり監視箇所について

監視地点③：調整池上流左岸法面崩落対策工事・監視状況について

(3) まとめ

1. (1) はじめに

第2回電気設備自然災害等対策ワーキンググループ(資料5)

「水力発電設備についての検討に係る考え方」(平成26年2月18日 商務流通保安グループ 電力安全課)4pおよび8pより抜粋。

○水力発電設備に関する検討項目

原則として、高さ15m以上の発電専用ダムについて

・洪水に対するダムの耐性(特にフィルダム)

○経緯及び検討目的

最近、異常な集中豪雨による災害が増えていることを踏まえ、集中豪雨がもたらす洪水に対するダムの耐性、なかでも洪水が堤体を越流する事象が発生するかどうかや堤体への影響について検討する。

○検討項目

最近の洪水量のデータも考慮して、200年に1回発生する洪水流量を推定し、洪水時に**フィルダムの堤体**を越流する事象が発生するかどうかや堤体への影響について検討する

第4回電気設備自然災害等対策ワーキンググループ(資料10)

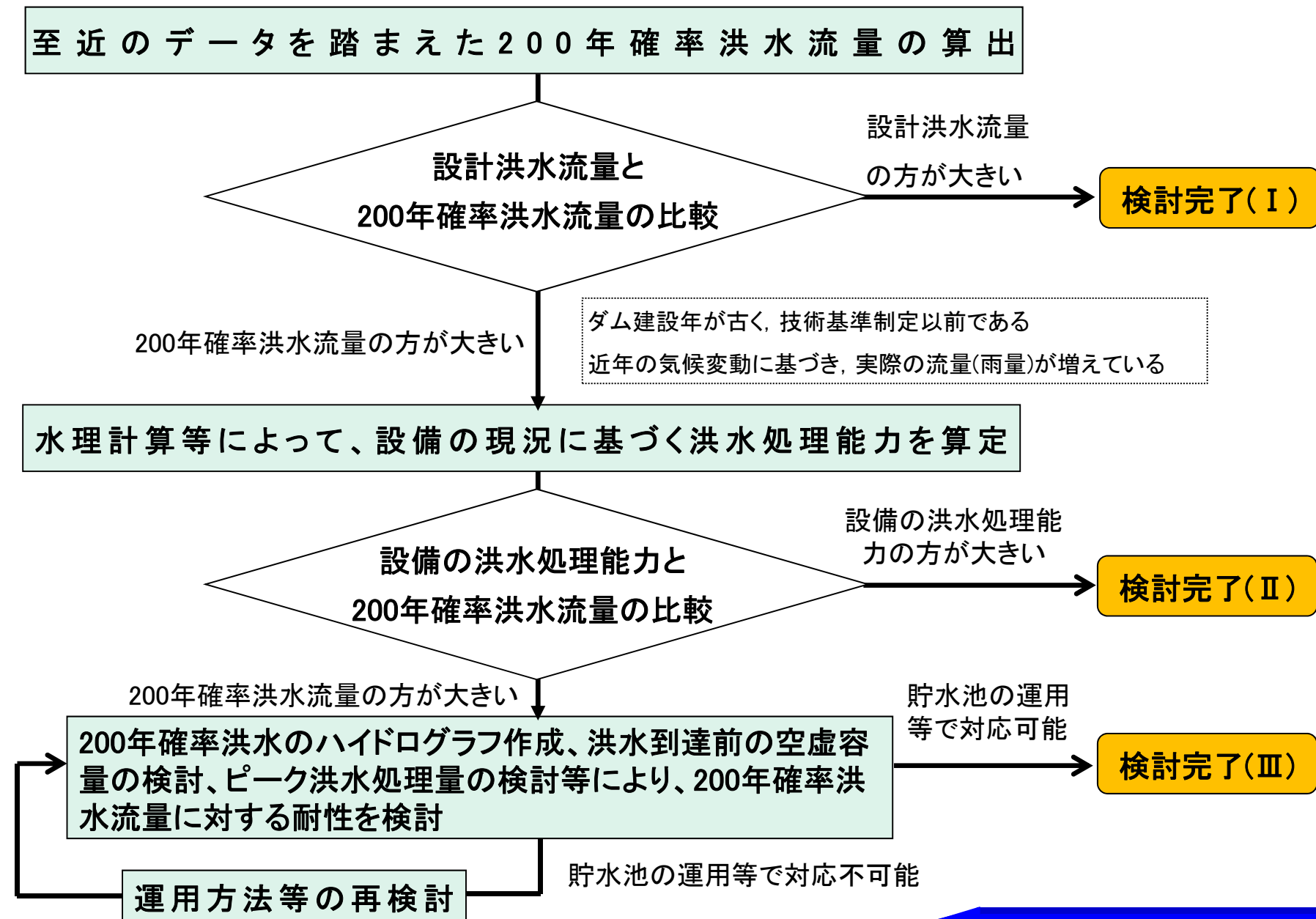
「水力発電設備の耐性を検討するに当たっての評価の視点及び残された論点(案)」(平成26年4月22日 商務流通保安グループ 電力安全課)1pより抜粋。

※以下の項目については、第5回WGで検討

(集中豪雨)

事業者による**最新のデータに基づく200年に1回発生する洪水流量**を検討中であり、その結果を踏まえ、**現状のダム洪水吐の放流能力や貯水池の運用等に対応できるか確認**する予定。

1. (1) 耐性評価の検討フロー



1. (1) 水文データの取扱い

○設計洪水流量

現行の設計は、河川管理施設等構造令(1976年)に基づき下記①～③のうちいずれか最大の流量を採用することになっているが、フィルダムにあたっては、この流量の1.2倍の流量が採用される。

- ①ダム地点において超過確率200年に1回の割合で発生が予測される流量(※)
- ②ダム地点の既往最大洪水の流量
- ③ダム地点に発生すると客観的に認められる洪水の流量
(地域別比流量図(クリーガー曲線)によることができる)

※200年につき1回の割合で発生する極値を求めることが、計算技法上不適當であるときには、100年につき1回の割合で発生する流量の1.2倍とすることができる。

1. (1) 水文データの取扱い

○至近のデータを踏まえた200年確率流量の算出方法

至近の流量データの統計処理による算出、至近の確率雨量と合理式等の組合せによる算出等、水文データの種類およびデータ数に応じて下記のとおり、算出方法を選定している。

①河川流量(統計処理)

当該ダム地点もしくは類似地点の河川流量記録を、統計処理に十分な長期間有している場合(※1)、統計処理によって当該ダム地点における200年確率洪水流量を算定する。

②合理式

当該ダム地点もしくは類似地点の河川流量記録を、統計処理に十分な長期間有していない場合は、当該ダム地点が含まれる至近の降雨強度式を収集し(※2)、洪水到達時間を考慮した上で、合理式により当該ダム地点における200年確率洪水流量を算定する。

※1: 200年確率流量算定にあたって、データ期間が短い場合は、100年確率流量の1.2倍を算定することができる。また、100年確率洪水流量算定の場合の必要データは、概ね30ヵ年程度となる。

※2: 200年確率降雨強度式がない場合は、100年確率洪水流量の1.2倍とすることができる。

1. (1) 検討結果一覧①

NO.	形式	竣工年	経過 年数	集水面積	湛水面積	ダム高	既往最大 洪水流量	設計(異常) 洪水流量	200年確率洪水流量		検討 結果 (Ⅰ) (Ⅱ) (Ⅲ)
				(km ²)	(km ²)	(m)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	算定方法	
1	E	1920	94	9.00	0.188	20.30	108	11	122	合理式	(Ⅲ)
2	E	1922	92	6.11	0.23	21.8	86	—	69	河川流量 (統計処理)	(Ⅱ)
3	E	1932	82	2.9	0.36	18.5	8	16	85	合理式	(Ⅲ)
4	FA	1956	57	9.29	1.8	44	79	147(流入量) 52.2(放流設備)	189	合理式	(Ⅲ)
5	G,E 混合	1960	54	94.2	0.19	18.6	160	504	218	河川流量 (統計処理)	(Ⅰ)
6	R	1961	53	399	8.8	131	3,273	3,000	3,938	河川流量 (統計処理)	(Ⅱ)
7	G,E 混合	1961	53	34	0.21	35	962	1,320	1,043	河川流量 (統計処理)	(Ⅰ)
8	R	1963	51	20.1	0.67	95	340	400	268	河川流量 (統計処理)	(Ⅰ)
9	R	1965	49	69.1	0.08	32	166	350	264	河川流量 (統計処理)	(Ⅰ)
10	R	1965	49	5.2	0.087	34	69	130	73	河川流量 (統計処理)	(Ⅰ)
11	R	1965	49	100.7	2.91	115	1,320	2,300	1,952	河川流量 (統計処理)	(Ⅰ)
12	FA	1968	46	17.4	0.13	52	62	170	63	河川流量 (統計処理)	(Ⅰ)
13	R	1969	45	57.6	0.841	105	376	1,250	519	河川流量 (統計処理)	(Ⅰ)
14	R	1970	44	0.93	0.309	91	404mm	598mm	469mm	降雨量 (統計処理)	(Ⅰ)

(凡例) E：アースダム、R：ロックフィルダム、FA：アスファルトフェイシングダム、G：重力式コンクリートダム

※対象：堤高15m以上のフィルダム

1. (1) 検討結果一覧②

NO.	形式	竣工年	経過 年数	集水面積	湛水面積	ダム高	既往最大 洪水流量	設計(異常) 洪水流量	200年確率洪水流量		検討 結果 (Ⅰ) (Ⅱ) (Ⅲ)
				(km ²)	(km ²)		(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	算定方法	
15	R	1973	41	161.7	2.818	119	1,328	1,920	1,827	河川流量 (統計処理)	(Ⅰ)
16	R	1974	40	192.9	4.350	102.8	1,325	1,800	1,507	河川流量 (統計処理)	(Ⅰ)
17	R	1974	40	5.2	0.87	98	60	175	104	河川流量 (統計処理)	(Ⅰ)
18	FA	1974	40	13.4	0.87	64.5	104	375	167	河川流量 (統計処理)	(Ⅰ)
19	R	1975	39	12.0	0.24	85.5	92	395	108	河川流量 (統計処理)	(Ⅰ)
20	R	1975	39	13.82	0.23	82.0	113	520	546	合理式	(Ⅱ)
21	R	1975	39	2.42	0.31	64.0	50	135	114	合理式	(Ⅰ)
22	R	1976	38	1.4	0.25	88.5	1	65	63	合理式	(Ⅰ)
23	R	1978	35	131	1.78	176	524	1,700	571	河川流量 (統計処理)	(Ⅰ)
24	R	1978	35	150	0.72	125	600	1,950	658	河川流量 (統計処理)	(Ⅰ)
25	R	1978	36	2.9	0.48	110.5	71	230	99	河川流量 (統計処理)	(Ⅰ)
26	R	1978	36	4.5	0.66	90	43	114	57	河川流量 (統計処理)	(Ⅰ)
27	R	1978	36	107.8	0.77	87	390	1,950	962	河川流量 (統計処理)	(Ⅰ)
28	R	1980	34	270.7	0.220	15.5	262	1,350	611	河川流量 (統計処理)	(Ⅰ)

(凡例) E：アースダム、R：ロックフィルダム、FA：アスファルトフェイシングダム、G：重力式コンクリートダム

※対象：堤高15m以上のフィルダム

1. (1) 検討結果一覧③

NO.	形式	竣工年	経過 年数	集水面積	湛水面積	ダム高	既往最大 洪水流量	設計(異常) 洪水流量	200年確率洪水流量		検討 結果 (Ⅰ) (Ⅱ) (Ⅲ)
				(km ²)	(km ²)	(m)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	算定方法	
29	R	1982	31	6.5	0.057	116	15	160	135	合理式	(Ⅰ)
30	R	1982	32	2.35	0.29	88	41	230	59	河川流量 (統計処理)	(Ⅰ)
31	R	1986	28	1.8	0.30	86.7	8	80	46	合理式	(Ⅰ)
32	R	1986	28	0.76	0.14	69.0	11	51	49	合理式	(Ⅰ)
33	R	1987	27	773	0.489	27.5	452	3,100	533	河川流量 (統計処理)	(Ⅰ)
34	R	1988	25	0.9	0.32	98	—	52	34	合理式	(Ⅰ)
35	R	1988	26	3.7	0.7	102	4	176	8	河川流量 (統計処理)	(Ⅰ)
36	R	1989	25	742.2	0.8	30	2,650	6,000	2,860	河川流量 (統計処理)	(Ⅰ)
37	FA	1994	19	2	0.47	91	8	110	76	合理式	(Ⅰ)
38	R	1995	19	12	0.51	98	78	480	106	河川流量 (統計処理)	(Ⅰ)
39	R	1995	19	1.64	0.598	44.5	22	75	41	河川流量 (統計処理)	(Ⅰ)
40	R	1999	14	6.7	0.51	87	28	300	174	合理式	(Ⅰ)
41	R	2005	8	6.2	0.59	136	17	280	116	合理式	(Ⅰ)
42	FA	2007	7	1.70	0.27	65.5	—	113	83	合理式	(Ⅰ)

(凡例) E：アースダム、R：ロックフィルダム、FA：アスファルトフェイシングダム、G：重力式コンクリートダム

※対象：堤高15m以上のフィルダム

1. (1) 検討結果の分析

(Ⅰ) 36ダム: **200年確率洪水流量** < 設計(異常)洪水流量

- 評価事例①(No. 14ダム): 設計洪水量設定根拠(200年確率雨量)
- 評価事例②(No. 16ダム): 設計洪水量設定根拠(100年確率: 合理式)
- 評価事例③(No. 23ダム): 設計洪水量設定根拠(合理式: 想定最大雨量)

(Ⅱ) 3ダム: 設計(異常)洪水流量 < **200年確率洪水流量** < 洪水処理能力(※)

- 評価事例④(No. 2ダム)
- 評価事例⑤(No. 6ダム)
- 評価事例⑥(No. 20ダム)

※下記の2項目を確認

- ・200年確率洪水流量流下時の貯水位がダム天端より低くなること
- ・200年確率洪水流量流下時の越流水面と洪水吐ゲート下端の距離が1.5m以上となること

(Ⅲ) 3ダム: 設計(異常)洪水流量 < 洪水処理能力 < **200年確率洪水流量**

- 評価事例⑦(No. 1ダム)
- 評価事例⑧(No. 3ダム)
- 評価事例⑨(No. 4ダム)

※下記の検討により、貯水池の運用等による200年確率洪水流量に対する耐性を検討

- ・200年確率洪水のハイドログラフ作成
- ・洪水到達前の空虚容量の検討
- ・ピーク洪水処理量の検討等

1. 集中豪雨

(1) 共通項目（検討項目・検討フロー・結果一覧・検討結果分析）

(2) 事例紹介（個社説明資料）

評価事例①～③：検討結果（Ⅰ）

評価事例④～⑥：検討結果（Ⅱ）

評価事例⑦～⑨：検討結果（Ⅲ）

(3) まとめ

2. 地滑り

(1) 共通項目（検討項目・地滑り等への基本的対応）

(2) 監視地点紹介（個社説明資料）

監視地点①：ダム貯水池の地山調査・監視状況について

監視地点②：ダム地すべり監視箇所について

監視地点③：調整池上流左岸法面崩落対策工事・監視状況について

(3) まとめ

○ダム諸元

竣工年	1970年
ダム高	91m
湛水面積	0.309km ²
集水面積	0.93km ²

○設計概念

本ダムの計画および異常洪水量は、常時満水位以上に全量貯留した後、降雨終了後洪水吐にて水位低下させる。したがって、**ダムの容量および洪水吐の放流能力は、洪水時の貯留量と水位低下に必要な能力で決定している。**

○評価対象

本検討では、設計時のダム洪水貯留量と洪水吐放流能力の算出元である異常洪水雨量(一雨)とダム設置以降も含めた200年確率雨量(一雨)の比較により、設計洪水雨量(異常洪水雨量)に対する安全性を確認する。

○設計洪水雨量(異常洪水雨量)

計画洪水雨量	499mm
異常洪水雨量	598mm

【参考】	全流出量	洪水位
(計画)	463,800 m ³	297.460 m
(異常)	556,500 m ³	297.750 m

※常時満水位:296.00m、非越流高:300.00m

1) 計画洪水雨量

岩井法による200年確率雨量をもとに、一雨降雨量を算出

2) 異常洪水雨量

計画洪水雨量の20%増

○算定方法

ダム観測降雨量 (一雨) の統計処理

○データ

観測項目	ダム観測雨量 (mm)
データ種別	年最大一雨降雨量 (mm)
データ期間	94年
期間最大雨量	404.1mm

○統計処理方法

使用ソフト：水文統計ユーティリティver1.5 (国土技術研究センター)

13の確率分布モデルから最も適合度の高いモデルを選定

※SLSC: Standard Least Square Criterionの略
確率分布モデルに対する適合度判定の指標の一つ

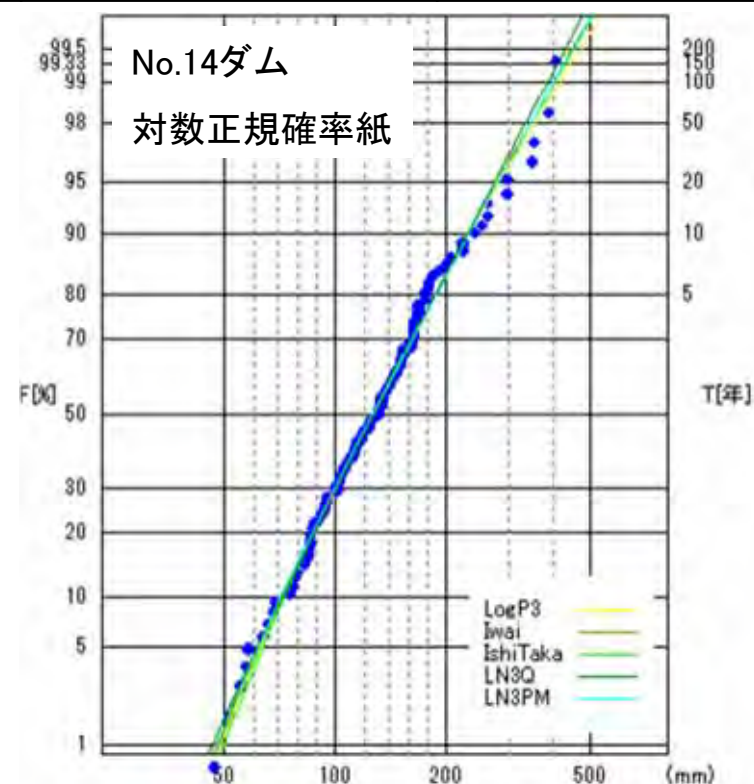
1. (2) 評価事例① (NO. 14ダム) : 検討結果 (I)

15

○算出結果

項 目		対数ピアソン Ⅲ型分布 (対数空間法)	岩井法	石原・高 瀬法	対数正規分布 3母数クォンタイル法	対数正規分布 3母数(Slade II)
SLSC		0.017	0.017	0.018	0.019	0.017
確 率 年	100年	408.4	393.9	397	380	394.3
	200年	469.4	446.6	451.4	427.6	446.8

200年確率雨量



○比較結果

設計洪水雨量	200年確率雨量
598mm	469.4mm (78.5%※)

※設計洪水雨量に対する比率

設計洪水雨量 $\geq$ 200年確率雨量であり、
大規模洪水雨量に対するダムの必要容量および洪水吐
の放流能力を有してることを確認した。

○諸元

ダム形式	ロックフィルダム
竣工年	1974年
堤高	102.8m
堤長	326.0m
総貯水容量	145,000千m ³
有効貯水容量	117,000千m ³

○設計時考慮した洪水流量

設計洪水流量 ¹⁾	1,500m ³ /s
異常洪水流量 ²⁾	1,800m ³ /s

⇐今回対象とする洪水流量

1) 設計洪水流量

- ①降雨による100年確率洪水流量の20%増
- ②既往最大洪水流量の20%増
- ③実績洪水流量による100年確率洪水流量の20%増

上記のうち最大となる①により決定

2) 異常洪水流量

設計洪水流量の20%増

※異常洪水流量: 計画洪水流量(設計洪水流量)を超える流量が万一発生しても、貯水池の水位上昇がダムの余裕高の範囲にとどまれば、越流に対して安全であることから、異常洪水流量はその意味でダムの放流能力およびそれに対する余裕高を検討するためのもの(ダム設計基準1967年3月改定版より抜粋)

○算定方法

- ・ダム流入量による統計処理

○データ

観測項目	ダム流入量 (m ³ /s)
データ種別	年最大流量 (m ³ /s)
データ期間	40年
期間最大流量	1,325m ³ /s

○統計処理方法

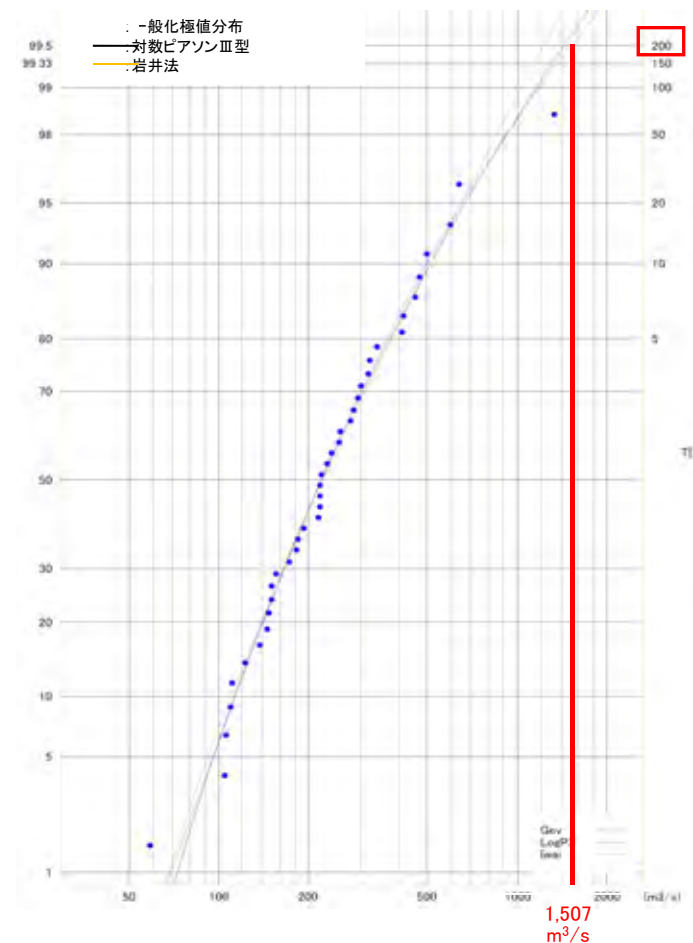
- ・使用ソフト: 水文統計ユーティリティver1.5 (国土技術研究センター)
- ・13の確率分布モデルから適合度の高いモデルを選定 (SLSC※を考慮)

※SLSC: Standard Least Square Criterionの略
確率分布モデルに対する適合度判定の指標の一つ

○算定結果

項目		一般化 極値分布	対数ピア ソンⅢ型	岩井法
SLSC		0.026	0.028	0.033
確 率 年	50年	920m ³ /s	923m ³ /s	856m ³ /s
	100年	1,181m ³ /s	1,157m ³ /s	1,030m ³ /s
	200年	1,507m ³ /s	1,434m ³ /s	1,221m ³ /s

↑
200年確率洪水流量



流量確率分布図

○比較結果

設計時の洪水流量	200年確率流量
1,800m ³ /s	1,507m ³ /s (83.7%※)

※設計時の洪水流量に対する比率

設計時考慮した洪水流量 $\geq$ 200年確率洪水流量であり、
大規模洪水流量に対する流下能力を有してることを確認した。

○諸元

ダム形式	ロックフィルダム
竣工年	1978年
堤高	176m
堤長	362m
総貯水容量	76.2百万m ³
有効貯水容量	16.2百万m ³

○設計時考慮した洪水流量

設計洪水流量 1)	1,400 m ³ /s
異常洪水流量 2)	1,700 m ³ /s

← 今回、照査対象とする洪水流量

1) 設計洪水流量

- ① 降雨による100年確率洪水流量の20%増
- ② 既往最大流量（流域換算）の20%増
- ③ 想定最大雨量による洪水流量の20%増

上記のうち最大となる③により決定

2) 異常洪水流量

設計洪水流量の20%増

○算定方法

- ・ダム流入量による統計処理

○統計処理方法

- ・使用ソフト： エクセルによる統計処理
- ・複数 (5) の確率分布モデルから最も適合度の高いモデルを選定

確率分布モデルの適合度は、SLSCで評価する。

※SLSC: Standard Least Square Criterionの略

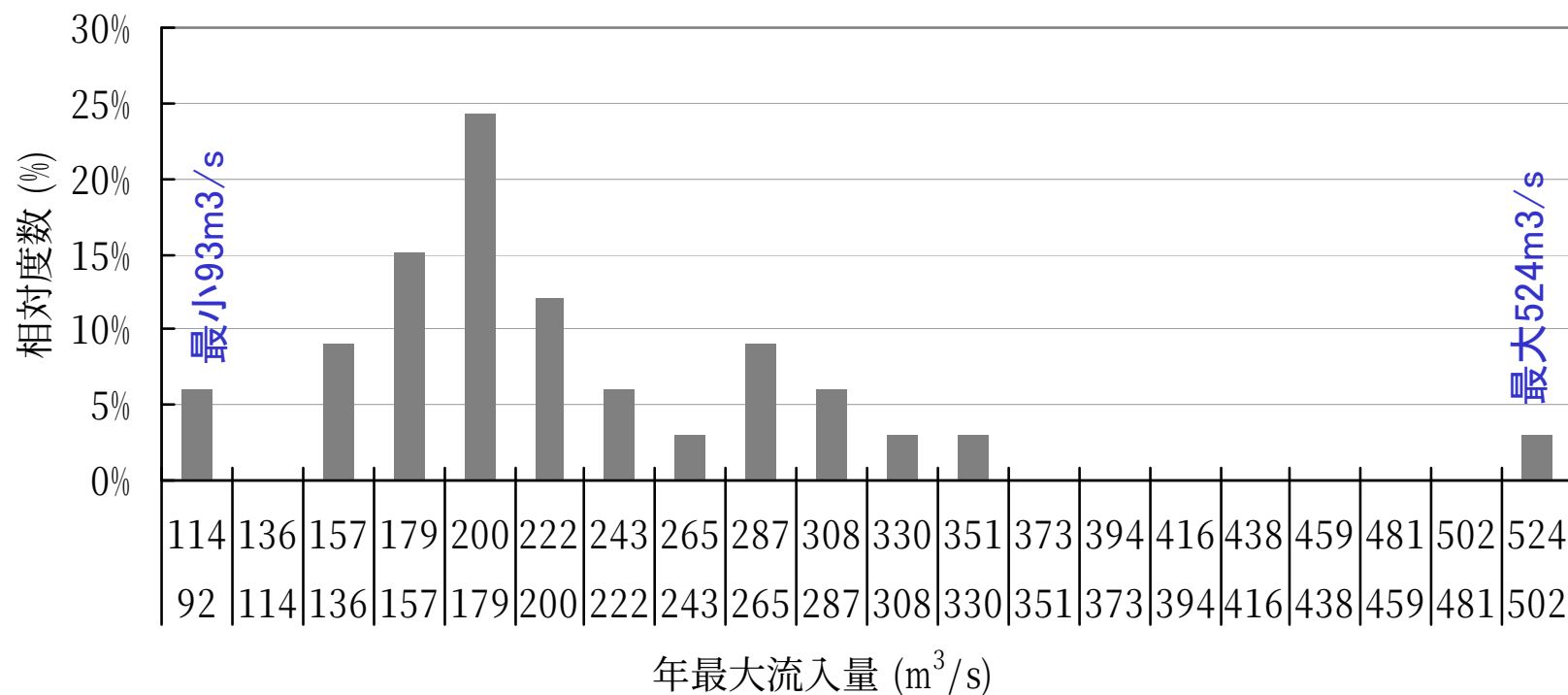
確率分布モデルに対する適合度判定の指標の一つ

○データ

観測項目	ダム流入量 (m ³ /s)
データ種別	年最大流量 (m ³ /s)
データ期間	33ヶ年
期間最大流量	524m ³ /s (S57.8.2)

ダム諸元：

- ・ 設計洪水流量1,400m³/s
- ・ 異常洪水流量1,700m³/s



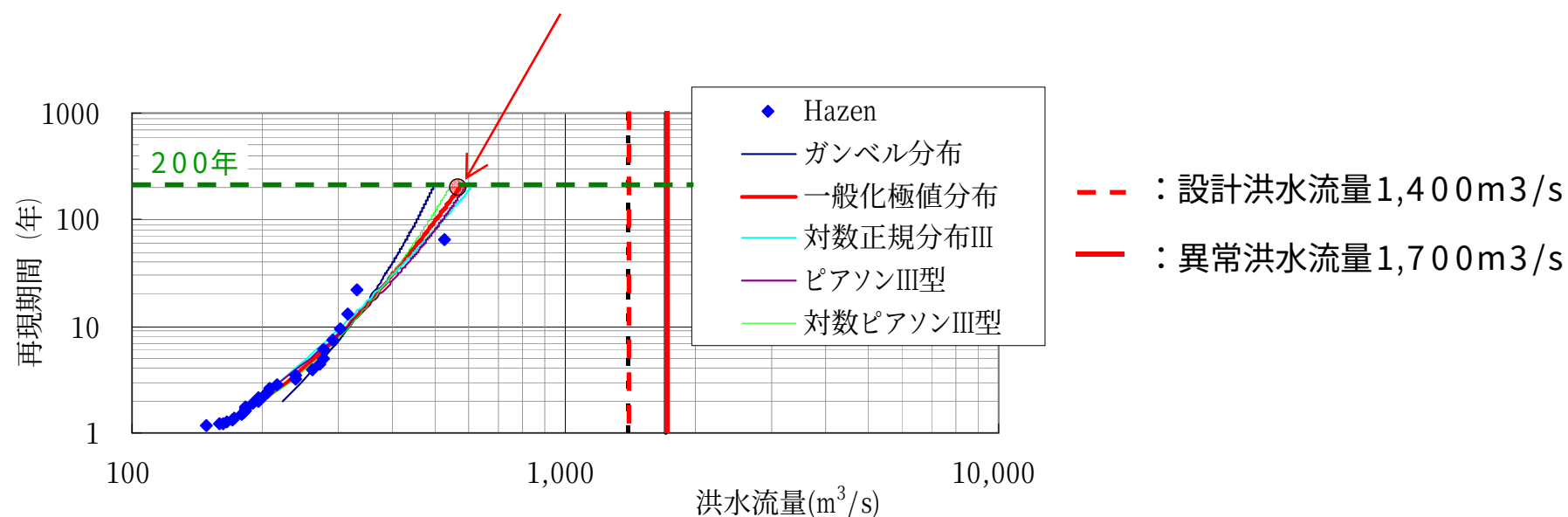
1. (2) 評価事例③ (NO. 23ダム) : 検討結果 (I)

26

項目		ガンベル分布	一般化極値分布	対数正規分布Ⅲ	ピアソンⅢ型	対数ピアソンⅢ型
SLSC		0.058	0.043	0.048	0.054	0.060
確率年	50年	413	441	449	456	434
	100年	455	503	523	521	486
	200年	496	571	606	588	541



200年確率洪水流量 (=571m³/s)



○比較検討

ダム諸元	200年確率洪水流量
設計洪水流量： 1400m ³ /s 異常洪水流量： 1700m ³ /s	571m ³ /s ※ 設計洪水の41%、異常洪水の34%

設計洪水流量および異常洪水流量 $\geq$ 200年確率洪水流量

であり、当該ダムは大規模洪水流量に対する
流下能力を有してることを確認した。

1. 集中豪雨

(1) 共通項目（検討項目・検討フロー・結果一覧・検討結果分析）

(2) 事例紹介（個社説明資料）

評価事例①～③：検討結果（Ⅰ）

評価事例④～⑥：検討結果（Ⅱ）

評価事例⑦～⑨：検討結果（Ⅲ）

(3) まとめ

2. 地滑り

(1) 共通項目（検討項目・地滑り等への基本的対応）

(2) 監視地点紹介（個社説明資料）

監視地点①：ダム貯水池の地山調査・監視状況について

監視地点②：ダム地すべり監視箇所について

監視地点③：調整池上流左岸法面崩落対策工事・監視状況について

(3) まとめ

ダムの概要

○諸元

ダム型式	アースダム
竣工年	1922年
堤高	21.8m
堤長	95.3m
総貯水容量	1.4百万m ³
有効貯水容量	1.4百万m ³

○設計時考慮した洪水流量

設計洪水流量	不 明
--------	-----

200年確率洪水流量の算定

○算定方法

- ・ 近傍測水所の流量記録による統計処理

○データ

観測項目	河川流量 (m ³ /s)
データ種別	年最大流量 (m ³ /s)
データ期間	36年
期間最大流量	270m ³ /s

○統計処理方法

- ・ 使用ソフト：水文統計ユーティリティ ((一財)国土技術研究センター)
- ・ 複数の確率分布モデルから最も適合度の高いモデルを選定
(確率分布モデルの適合度は、SLSC※で評価)

※ SLSC : Standard Least Square Criterion

200年確率洪水流量の算定

○算定結果

(単位：m³/s)

確率分布モデル		Gumbel分布	平方根指数型 最大値分布	一般化 極値分布
SLSC		0.026	0.044	0.025
確率年	50年	289	373	283
	100年	327	446	315
	200年	364	525	346

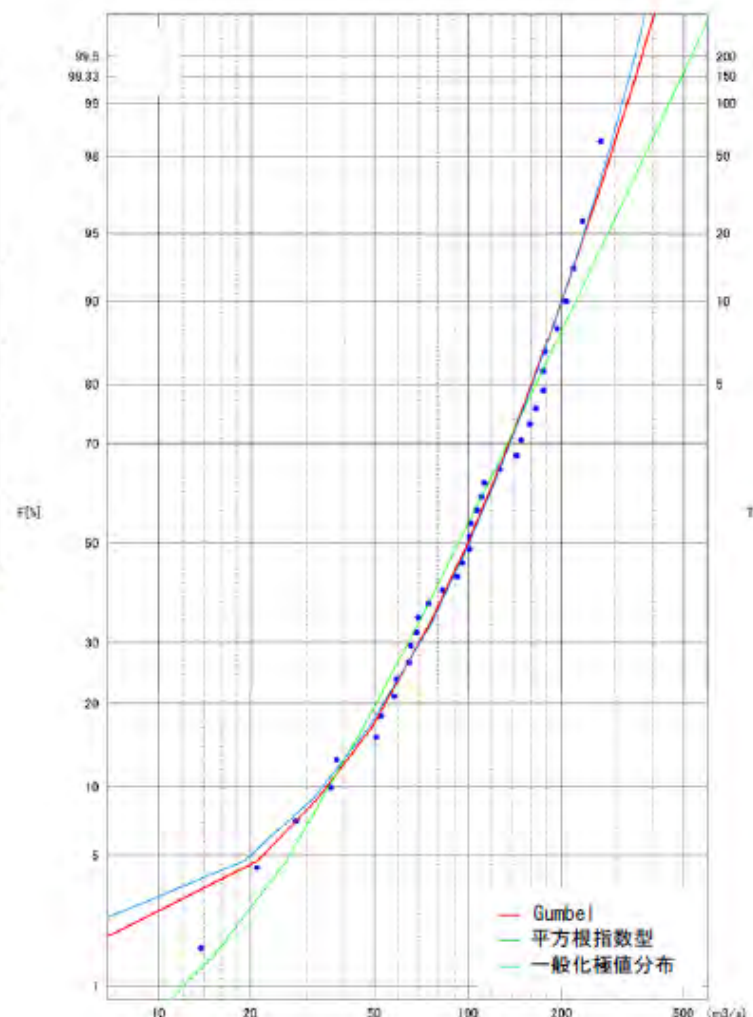
SLSCが小さく、推定誤差が小さいモデルを選定

近傍測水所の200年確率洪水流量

流域換算によりダム地点流量を算出

$$364\text{m}^3/\text{s} \times 6.11\text{km}^2 / 32.3\text{km}^2 = \boxed{69\text{m}^3/\text{s}}$$

近傍測水所の流域面積：32.3 km²
ダム地点の流域面積：6.11km²

↑
200年確率洪水流量


検討結果

○設計時考慮した洪水流量と200年確率洪水流量の比較

- 設計時考慮した洪水流量が不明であることから比較ができない。

設計時考慮した洪水流量 (a)	200年確率洪水流量 (b)
不 明	69m ³ /s

○設備の洪水処理能力と200年確率洪水流量の比較

- 200年確率洪水流量流下時の貯水位がダム天端より低くなることを確認した。

200年確率洪水流量 流下時の貯水位	ダム天端標高
WL. 794.84m	EL. 796.28m

⇒ 大規模洪水流量に対する流下能力を有していることを確認した。



ダムの概要

○諸元

ダム型式	ロックフィルダム
竣工年	1961年
堤高	131.0m
堤長	405.0m
総貯水容量	370百万m ³
有効貯水容量	330百万m ³

○設計時考慮した洪水流量

設計洪水流量 ¹⁾	1,800m ³ /s
異常洪水流量	3,000m ³ /s

← 今回対象とする洪水流量

1) 設計洪水流量

近傍測水所の流量記録から求めた200年確率洪水流量

200年確率洪水流量の算定

○算定方法

- ・ ダム流入量による統計処理

○データ

観測項目	貯水池流入量 (m ³ /s)
データ種別	年最大流量 (m ³ /s)
データ期間	53年
期間最大流量	3,273m ³ /s

○統計処理方法

- ・ 使用ソフト：水文統計ユーティリティ ((一財)国土技術研究センター)
- ・ 複数の確率分布モデルから最も適合度の高いモデルを選定
(確率分布モデルの適合度は、SLSC※で評価)

※ SLSC : Standard Least Square Criterion

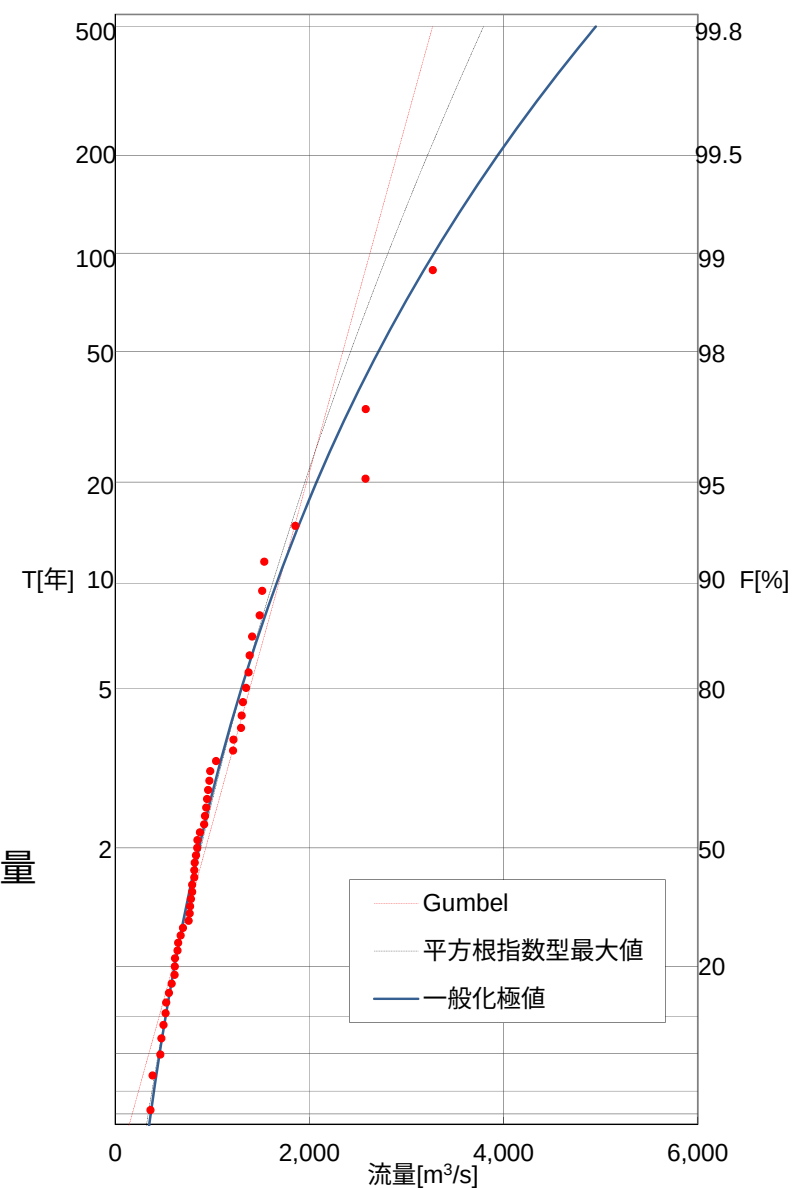
200年確率洪水流量の算定

○算定結果

(単位：m³/s)

確率分布モデル		Gumbel分布	平方根指数型最大値分布	一般化極値分布
SLSC		0.066	0.043	0.026
確率年	50年	2,345	2,425	2,713
	100年	2,624	2,809	3,283
	200年	2,902	3,216	3,938

↑
200年確率洪水流量



検討結果

○設計時考慮した洪水流量と200年確率洪水流量の比較

- 200年確率洪水流量が設計時考慮した洪水流量を上回る結果となった。

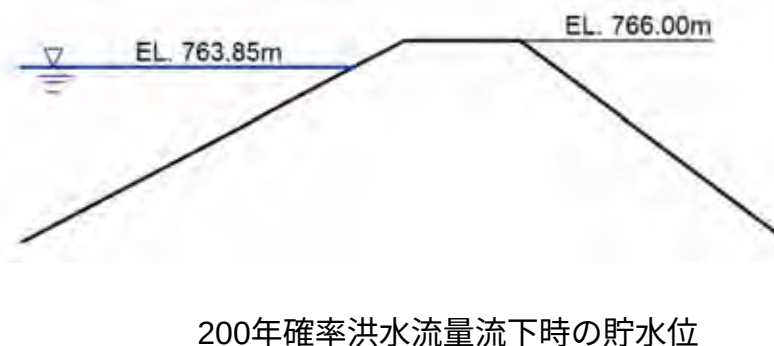
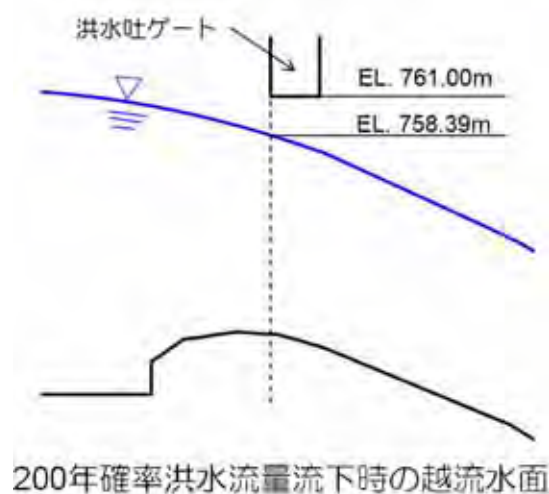
設計時考慮した洪水流量 (a)	200年確率洪水流量 (b)	(b) / (a)
3,000m ³ /s	3,938m ³ /s	131%

検討結果

○設備の洪水処理能力と200年確率洪水流量の比較

- 200年確率洪水流量流下時の越流水面と洪水吐ゲート下端の距離が1.5m以上となることを確認した。
- 200年確率洪水流量流下時の貯水位がダム天端より低くなることを確認した。

200年確率洪水流量 流下時の越流水面標高	洪水吐ゲート下端 標高	200年確率洪水流量 流下時の貯水位	ダム天端標高
EL. 758.39m	EL. 761.00m	EL. 763.85m	EL. 766.00m



⇒ 大規模洪水流量に対する流下能力を有していることを確認した。

ダムの概要

○諸元

ダム型式	ロックフィルダム
竣工年	1975年
堤高	82.0m
堤長	189.2m
総貯水容量	4.9百万m ³
有効貯水容量	3.6百万m ³

○設計時考慮した洪水流量

設計洪水流量 ¹⁾	430m ³ /s
異常洪水流量 ²⁾	520m ³ /s

← 今回対象とする洪水流量

1) 設計洪水流量

降雨による100年確率洪水流量の20%増

2) 異常洪水流量

設計洪水流量の20%増

200年確率洪水流量の算定

○算定方法

- 合理式より200年確率洪水流量を算定

$$Q = 1/3.6 \cdot f \cdot r \cdot A$$

$$= 546 \text{m}^3/\text{s}$$



200年確率洪水流量

Q : 最大洪水流量

f : 流出係数

r : 雨量強度 (県の確率降雨強度式)

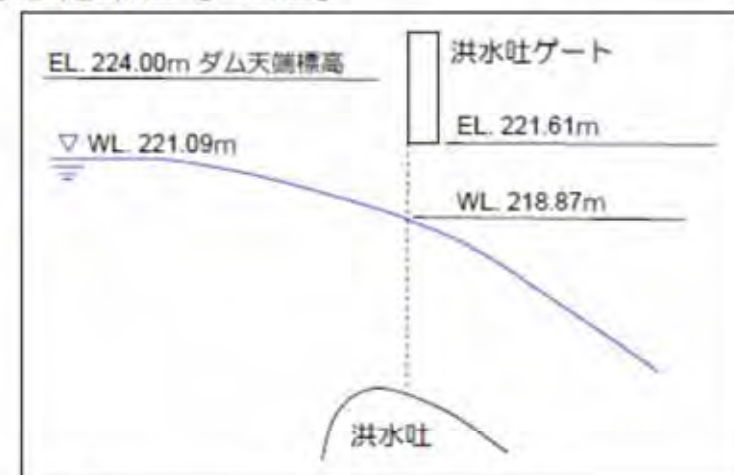
A : 流域面積

検討結果

○設計時考慮した洪水流量と200年確率洪水流量の比較

- 200年確率洪水流量が設計時考慮した洪水流量を上回る結果となった。

設計時考慮した洪水流量 (a)	200年確率洪水流量 (b)	(b)/(a)
520m ³ /s	546m ³ /s	105%



○設備の洪水処理能力と200年確率洪水流量の比較

- 200年確率洪水流量流下時の貯水位がダム天端より低くなることを確認した。
- 200年確率洪水流量流下時の越流水面と洪水吐ゲート下端の距離が1.5m以上となることを確認した。

200年確率洪水流量流下時の貯水位	ダム天端標高	200年確率洪水流量流下時の越流水面標高	洪水吐ゲート下端標高
WL. 221.09m	EL. 224.00m	WL. 218.87m	EL. 221.61m

⇒ 大規模洪水流量に対する流下能力を有していることを確認した。

1. 集中豪雨

(1) 共通項目（検討項目・検討フロー・結果一覧・検討結果分析）

(2) 事例紹介（個社説明資料）

評価事例①～③：検討結果（Ⅰ）

評価事例④～⑥：検討結果（Ⅱ）

評価事例⑦～⑨：検討結果（Ⅲ）

(3) まとめ

2. 地滑り

(1) 共通項目（検討項目・地滑り等への基本的対応）

(2) 監視地点紹介（個社説明資料）

監視地点①：ダム貯水池の地山調査・監視状況について

監視地点②：ダム地すべり監視箇所について

監視地点③：調整池上流左岸法面崩落対策工事・監視状況について

(3) まとめ

○ダムの諸元

ダム型式	アースダム
竣工年	1920年
ダム高	20.3m
堤長	91.5m
総貯水容量	2,236千m ³
有効貯水容量	903千m ³

○設計洪水量

設計洪水流量 ¹⁾	11.12m ³ /s
----------------------	------------------------

- 1) ダム近傍の雨量観測所の日最大雨量（1910年～1914年の5年間）に
余裕を見込んだ想定最大雨量から合理式で算定した洪水流量

200年確率洪水量の算定

○算定方法

- ・雨量データ (県の確率降雨強度式) を用いた合理式

○算定結果

算定方法	洪水流量
合理式による	122m ³ /s



200年確率流量

<参考> 既往最大ダム流入量: 108 m³/s (1998.9.22発生)

○比較結果

設計洪水流量	200年確率流量
11.12m ³ /s	122m ³ /s

設計洪水流量<200年確率流量のため、
設備の現況に基づく洪水処理能力を算定

○ダムの放流設備と放流能力の算定

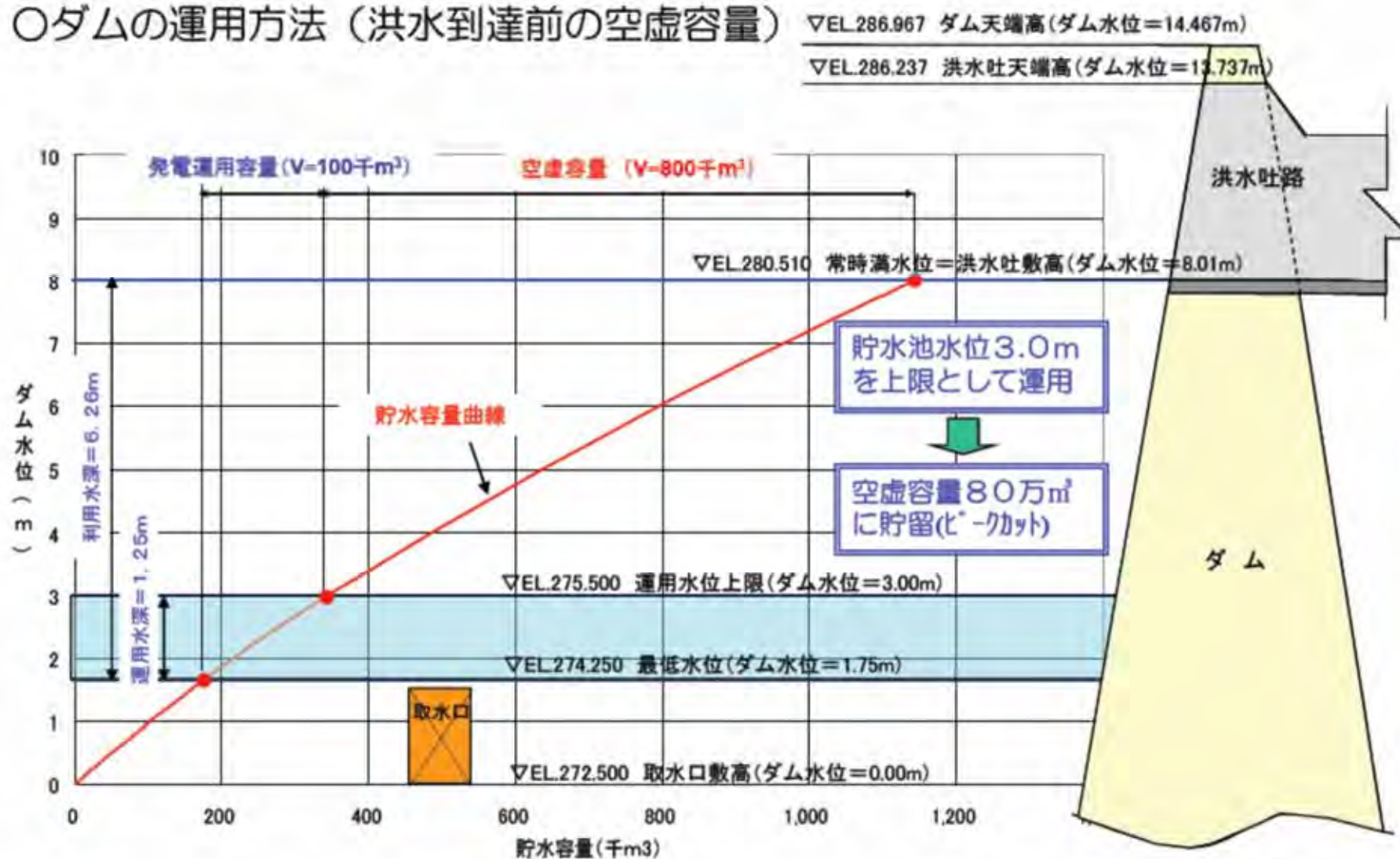
放流設備名称	放流方法	最大放流量 (m ³ /s)
①洪水吐	自然越流方式	18.0
②水位低下用放流設備	導水路排水ゲート	7.3
③発電取水口	発電使用水量	0.835
合 計		26.135

○比較結果

全設備の洪水処理能力	200年確率流量
26.135m ³ /s	122m ³ /s

全設備の洪水処理能力<200年確率流量のため、
ダムの実運用による貯水池空虚容量で、
200年確率洪水への耐性を有するか検討

○ダムの運用方法 (洪水到達前の空虚容量)



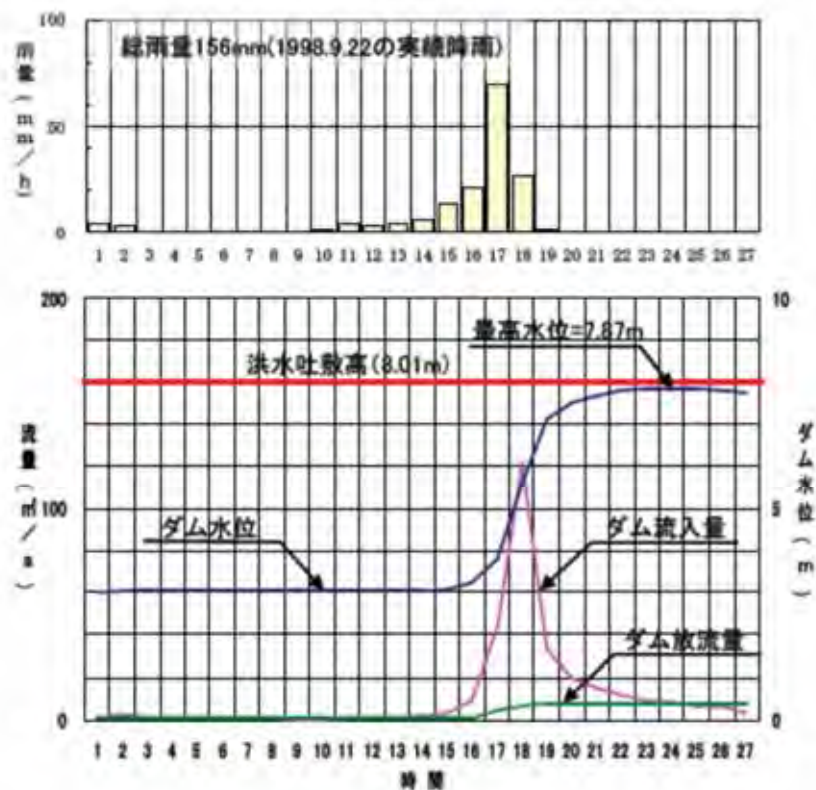
○200年確率洪水のハイドログラフの作成

検討ケース	ハイドログラフの作成方法	備 考
ケース1	既往最大時におけるハイドロ波形を 200年確率流量まで引伸ばし作成 (倍率≒1.1倍)	既往最大流量 108m ³ /s 200年確率流量 122m ³ /s
ケース2	200年降雨強度式より後方集中型の降 雨強度波形 ¹⁾ を求め、合理式により作 成	最大降雨強度 75.1mm/h (総雨量 238.2mm/24h)

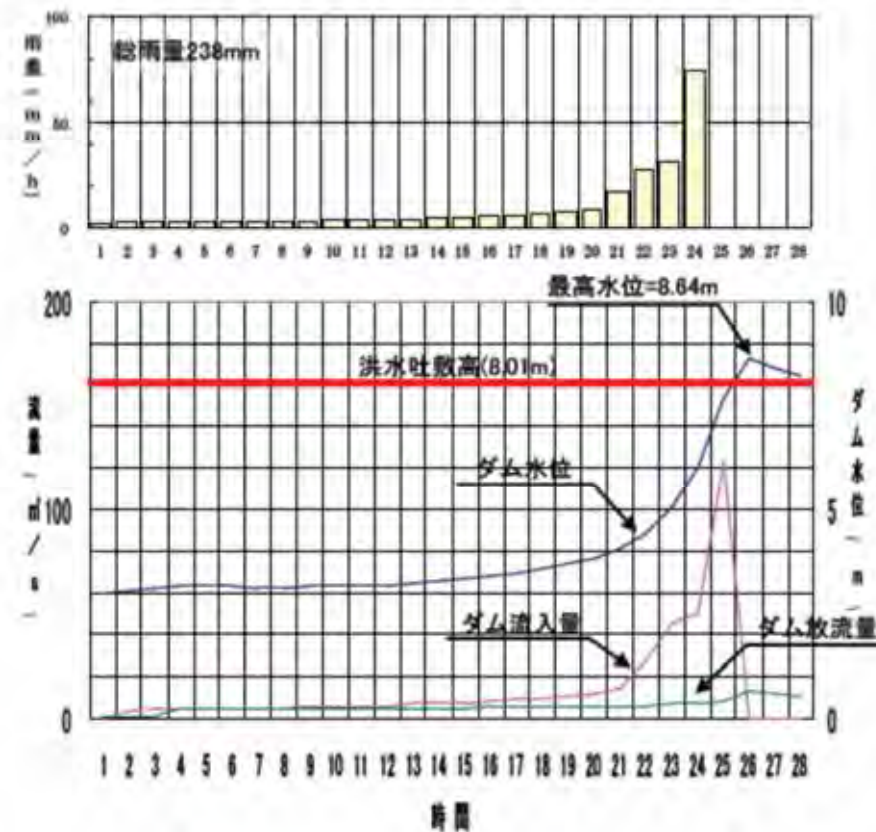
1) モデルハイドログラフの作成は「中小河川計画の手引き(案)」(平成11年9月)による。
降雨タイプは、最も危険側となる後方集中型で検討。

○検討結果

ケース1(既往最大ハイドロ引伸ばし)



ケース2(200年確率後方集中型降雨波形)



○比較検討

検討ケース	貯水池最高水位 (m)	洪水吐天端高 (m)	洪水吐からの放 流量 (m ³ /s)	洪水吐の放流 能力 (m ³ /s)
1	EL.280.37	EL.286.237	0	18
2	EL.281.14		4.7	

いずれのケースでも,

- ・ 貯水池の最高水位 < 洪水吐天端高,
- ・ 洪水吐からの放流量 < 洪水吐の放流能力であり,

大規模洪水流量に対する耐性を有することを確認した。

ダムの概要

ダム型式	アースダム
竣工年	1932年
堤高	18.5m
堤長	78.5m
総貯水容量	1.8百万m ³
有効貯水容量	1.8百万m ³

設計洪水流量

設計洪水流量*	15.7m ³ /s
---------	-----------------------

* 比流量 (類似地点) による

200年確率洪水流量の算定と比較

○算定方法

・ 合理式による算定

[降雨強度式(200年確率)は県の確率雨量強度式に基づく]

○比較結果

設計洪水流量*	200年確率洪水流量
15.7m ³ /s	85m ³ /s

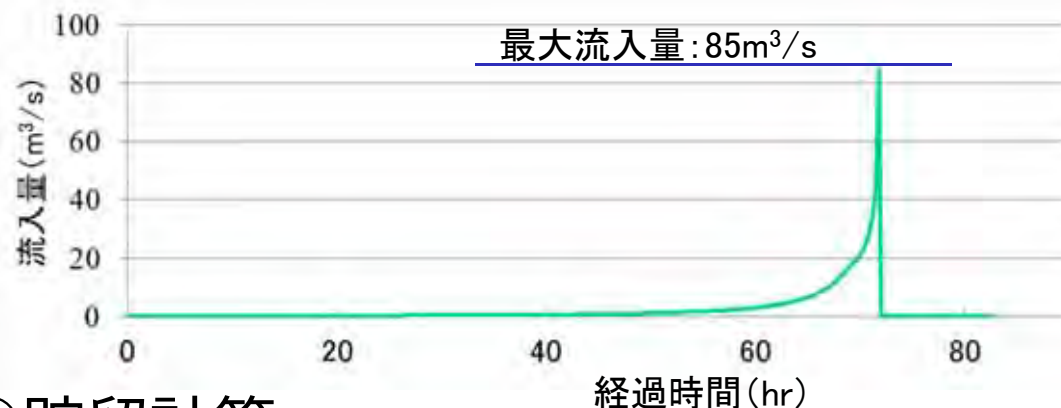
* 設備の洪水処理能力は、設計洪水流量と同程度

⇒ 200年確率洪水のハイドログラフを作成し、
洪水到達前の空虚容量による耐性を検討

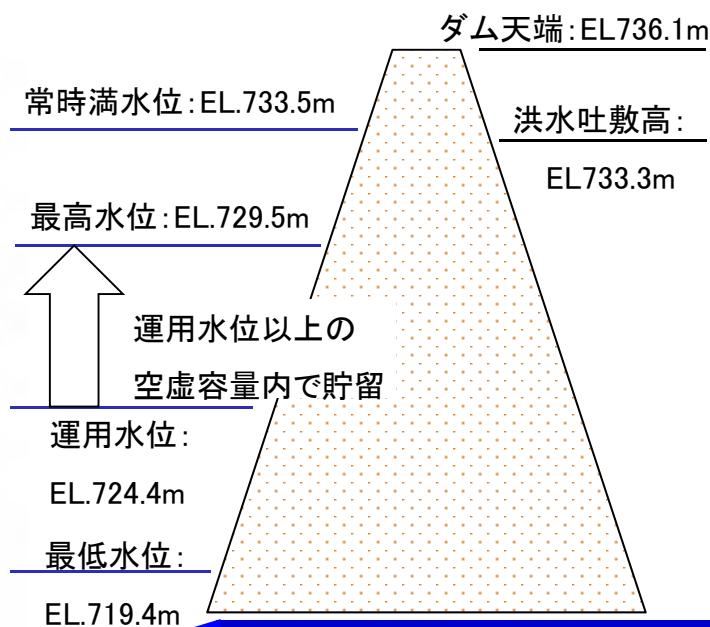
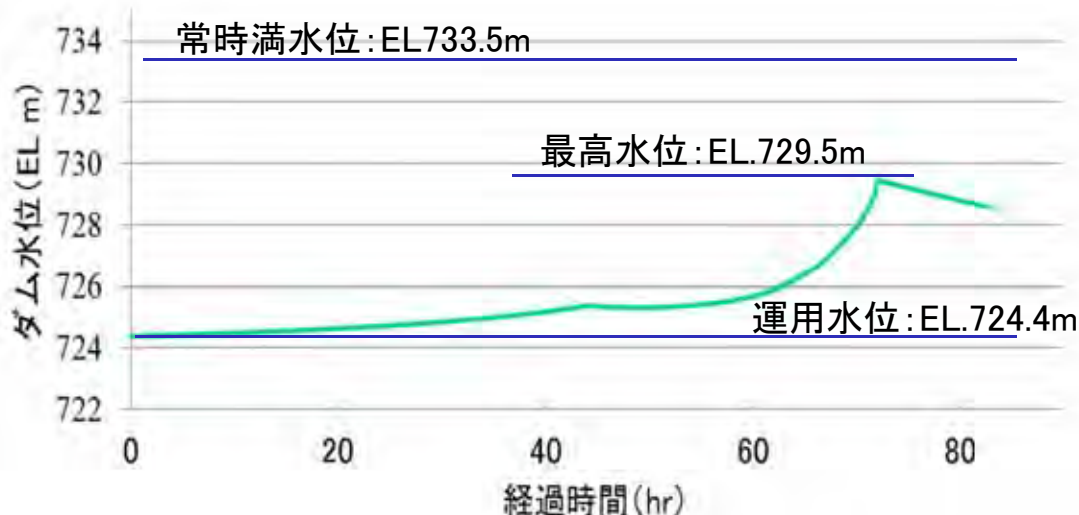
200年確率洪水流量に対する耐性検討

○ハイドログラフの作成

- ・降雨波形 (後方集中型) を基に洪水波形を作成 (合理式)



○貯留計算



検討結果

200年確率洪水時の最高水位		ダムの常時満水位
EL.729.5m	<	EL.733.5m

⇒ 大規模洪水流量に対する耐性を有することを確認した

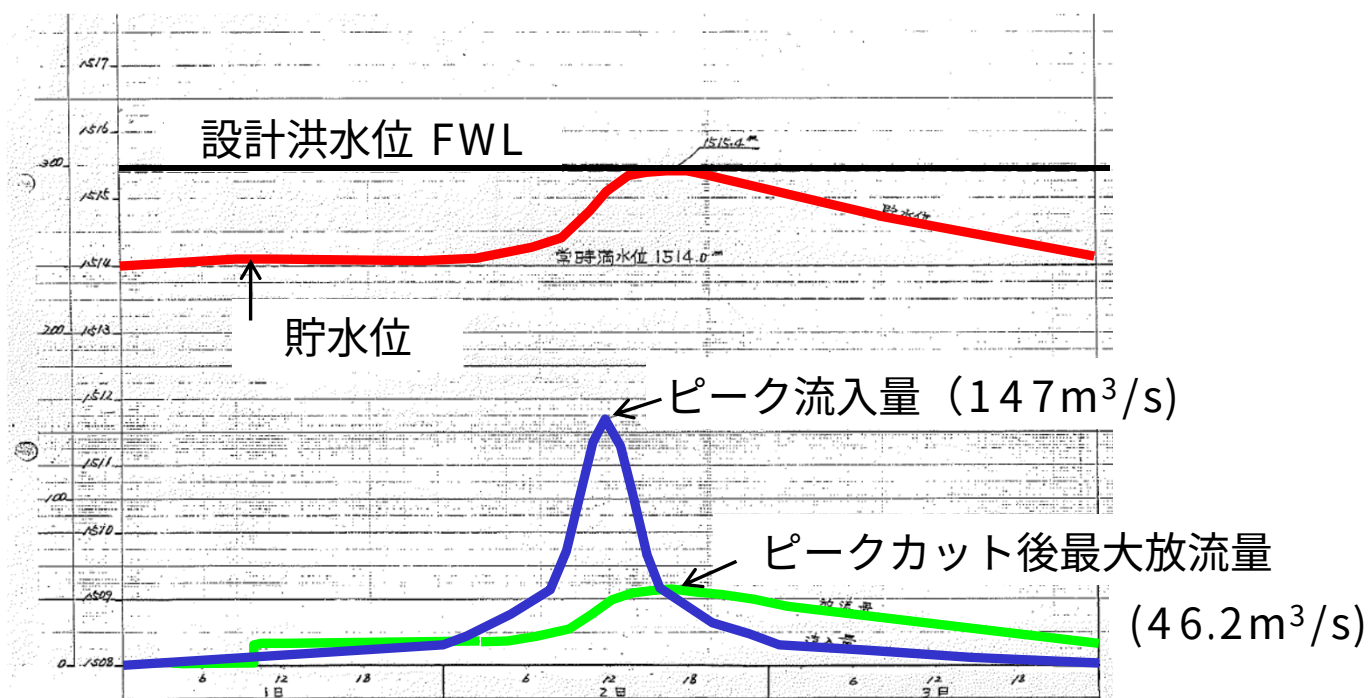
○諸元

ダム形式	表面遮水型ロックフィルダム
竣工年	1956年
堤高	44m
堤長	152.5 m
総貯水容量	27.1 百万m ³
有効貯水容量	26.8 百万m ³

○設計洪水流量

- ① 200年確率降雨
- ② 想定最大雨量

上記のうち最大雨量となる②により合理式によってハイドログラフを作成し、貯留によるピークカットによって洪水処理を行う設計である。



1. (2) 評価事例⑨ (NO. 4ダム) : 検討結果 (Ⅲ)

57

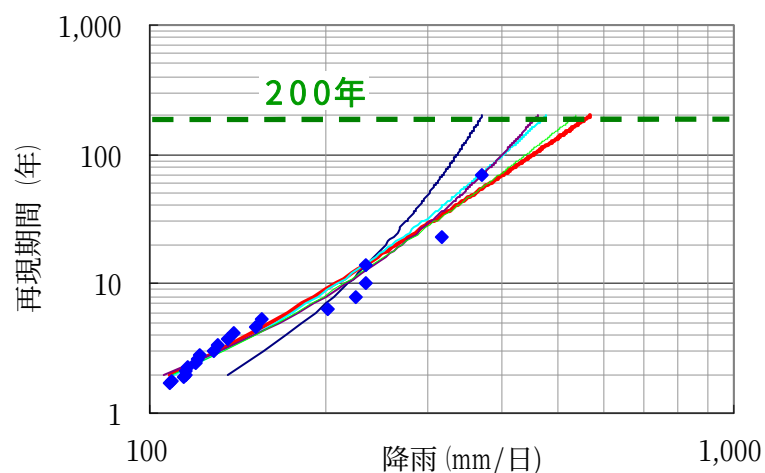
○ 200年確率降雨の算定

項目		ガン ベル 分布	一般化 極値 分布	対数 正規 分布Ⅲ	ピア ソン Ⅲ型	対数ピア ソン Ⅲ型
1日最大 降雨	SLSC	0.0671	0.0320	0.0394	0.0355	0.0659
	200年確率	371.3	568.7	477.2	461.3	537.2
2日最大 降雨	SLSC	0.0591	0.0528	0.0527	0.0504	0.0582
	200年確率	498.5	699.2	548.6	536.5	675.9

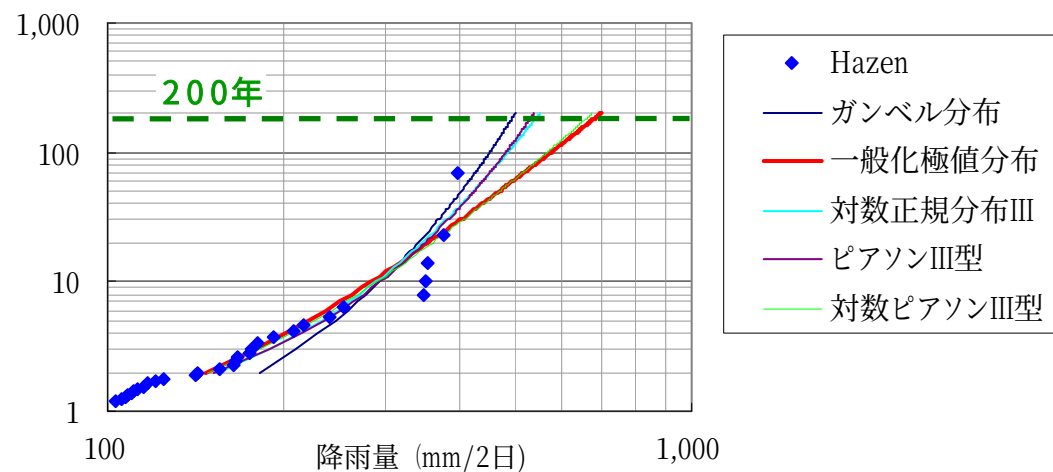
ダム地点降雨記録データ： 1979年～2013年 (n=35)



200年確率降雨量 (=568.7mm/日、 699.2mm/2日)



1日最大降雨



2日最大降雨

○ 200年確率降雨のハイドログラフの作成

ハイドログラフ の作成方法	備考 (降雨)	
	引き延ばし前	引き延ばし後
最大流入量観測時の降雨波形を200年確率降雨に引き延ばし、合理式によりハイドログラフを作成	220.5mm/日	568.7 mm/日 (2.6倍)
	348mm/2日	699.2 mm/2日 (2.0倍)

《元降雨波形》

観測時期 : 平成23年台風12号

観測最大流入量 : $Q = 78.6 \text{ m}^3/\text{s}$

○ 設計時考慮した計画流入量との比較

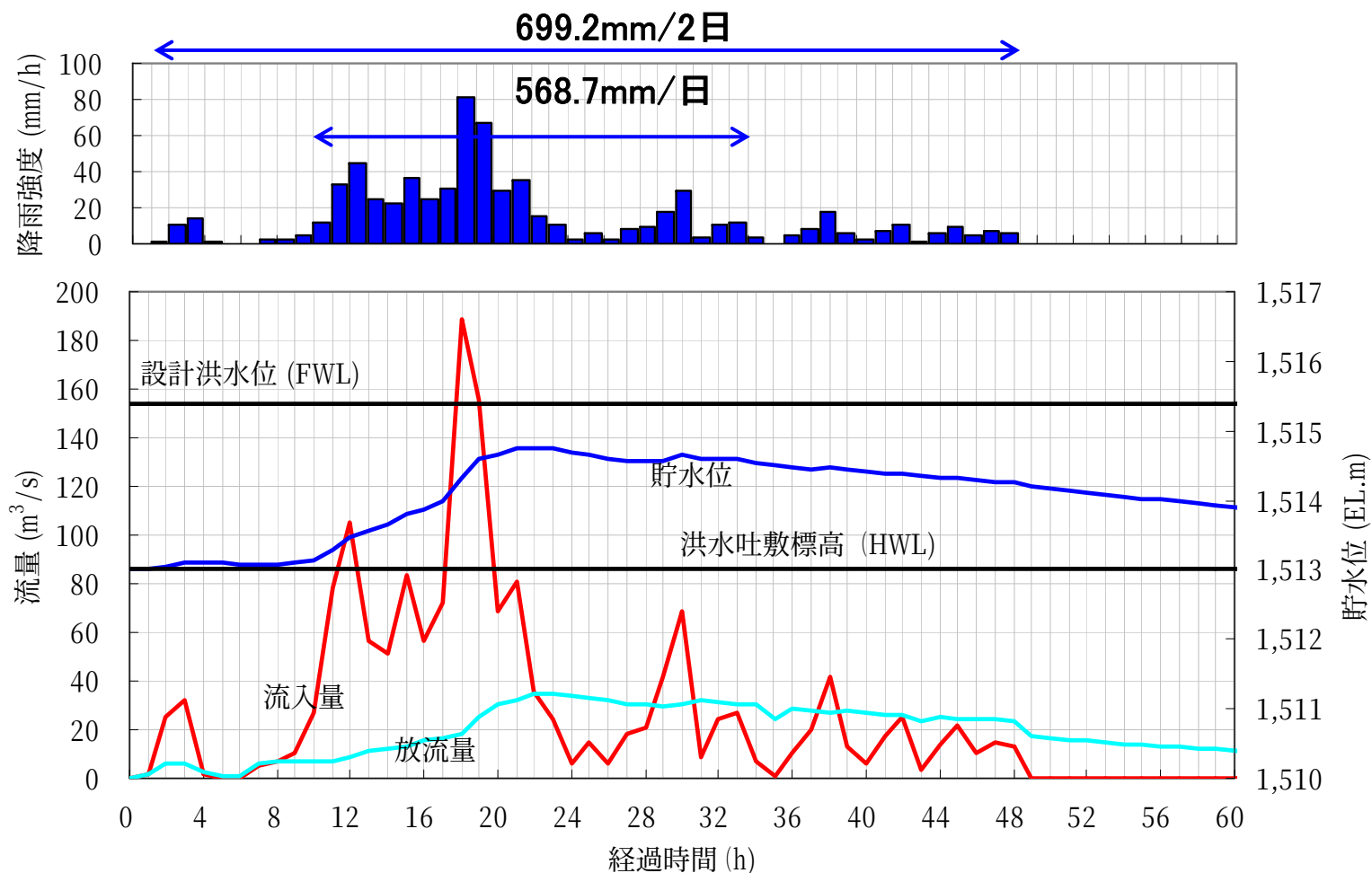
設計時考慮したピーク流量 (a)	147 m^3/s
200年確率洪水流量 (b)	188.7 m^3/s (b/a = 128%)

今回検討のハイドログラフにおけるピーク流入量 ($188.7 \text{ m}^3/\text{s}$)は、当該ダムの放流設備の容量 ($52.2 \text{ m}^3/\text{s}$)を超過するため、貯留を考慮した検討を行う。

○ 検討結果

以下確認より、当該ダムは大規模洪水流量に対する貯留、流下能力を有している。

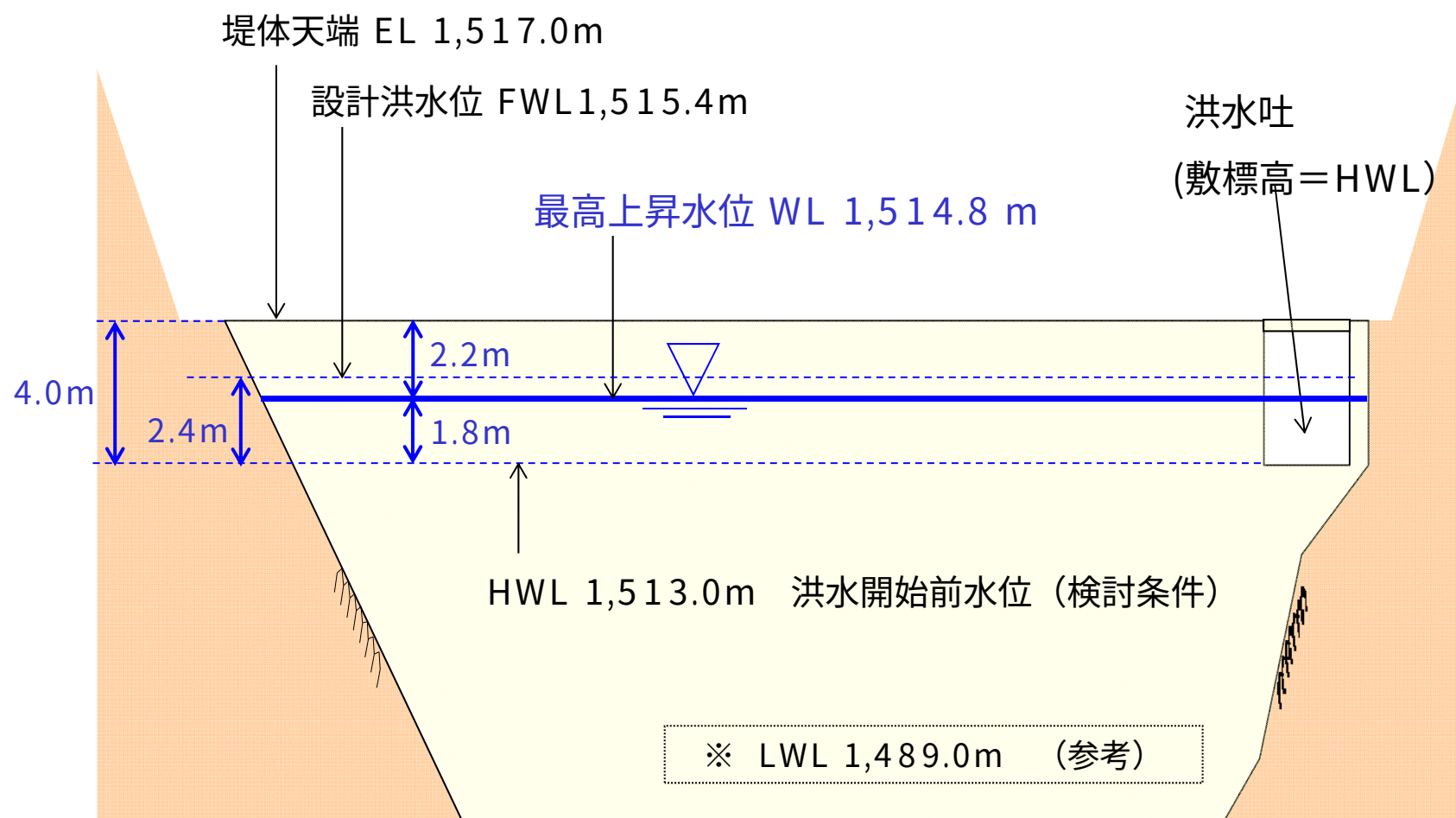
- ・ 最大放流量は、放流設備容量 ($52.2\text{m}^3/\text{s}$)以下である。
- ・ 最高上昇水位は、設計洪水位 (FWL $1,515.4\text{m}$) 以下である。



洪水前水位： 現行HWL (設計時HWL - 1.0m)

○ 検討結果

- 最高上昇水位は、設計洪水位 (FWL1,515.4m) 以下である。



ダム正面イメージ図

1. 集中豪雨

(1) 共通項目（検討項目・検討フロー・結果一覧・検討結果分析）

(2) 事例紹介（個社説明資料）

評価事例①～③：検討結果（Ⅰ）

評価事例④～⑥：検討結果（Ⅱ）

評価事例⑦～⑨：検討結果（Ⅲ）

(3) まとめ

2. 地滑り

(1) 共通項目（検討項目・地滑り等への基本的対応）

(2) 監視地点紹介（個社説明資料）

監視地点①：ダム貯水池の地山調査・監視状況について

監視地点②：ダム地すべり監視箇所について

監視地点③：調整池上流左岸法面崩落対策工事・監視状況について

(3) まとめ

○洪水に対するダムの耐性(フィルダム)評価

至近の洪水量のデータに基づく200年確率流量について、一部(6ダム)のダムにおいて、設計時に考慮した洪水流量を上回る結果であったが、全てのダムにおいて、洪水処理能力の範囲内であることを確認

○至近の200年確率流量が設計時に考慮した洪水流量を上回る要因

設計時に考慮した洪水流量に比べ、至近の200年確率流量が大きくなる要因としては、以下の2通りが考えられる。(P4のフローにも記載)

- ・ダム建設年が古く、技術基準制定以前である場合
- ・近年の気候変動に基づき、実際の流量(雨量)が増えている場合

今回対象としたダムにおいては、建設時の設計洪水流量の考え方の違いによる影響(ダム建設年)が大きいと考えられるが、今後、既往最大洪水流量を上回るデータが観測されるなど、気候変動に基づき実際の流量(雨量)が増えている傾向が顕著となった際には、発電専用ダムに限らず、**地域性の影響分析なども含めた、検討・整理が必要**

1. 集中豪雨

- (1) 共通項目（検討項目・検討フロー・結果一覧・検討結果分析）
- (2) 事例紹介（個社説明資料）
 - 評価事例①～③：検討結果（Ⅰ）
 - 評価事例④～⑥：検討結果（Ⅱ）
 - 評価事例⑦～⑨：検討結果（Ⅲ）
- (3) まとめ

2. 地滑り

- (1) 共通項目（検討項目・地滑り等への基本的対応）
- (2) 監視地点紹介（個社説明資料）
 - 監視地点①：ダム貯水池の地山調査・監視状況について
 - 監視地点②：ダム地すべり監視箇所について
 - 監視地点③：調整池上流左岸法面崩落対策工事・監視状況について
- (3) まとめ

2. (1) はじめに

第2回電気設備自然災害等対策ワーキンググループ(資料5)

「水力発電設備についての検討に係る考え方」(平成26年2月18日 商務流通保安グループ 電力安全課)4p、9pおよび10pより抜粋。

○水力発電設備に関する検討項目

原則として、高さ15m以上の発電専用ダムについて

・ダム湛水池周辺地山の大規模地滑りに対するダムの耐性

○経緯及び検討目的

現在、当省では、湛水池周辺の地山について空中写真やレーザー測量の画像等を用いて、将来、大規模地滑りが発生する可能性がある地形を抽出するためのマニュアルを作成するための調査を実施しているところであり、マニュアル作成後は事業者の調査及び評価に活用する予定である。

ただし、既存のダムのなかには、地滑りの兆候があり、必要に応じて対策工も実施し、現在、監視中のダムがある。このため、本WGでは、監視中の地山の状態等について検討する。

○検討項目

- ①監視箇所の概要
- ②監視に至った経緯
- ③監視体制、計測項目
- ④対策工の実施状況
- ⑤地山の挙動、計測等の経過
- ⑥監視のあり方

○検討の進め方

地山の状況、対策工の実施状況、地山の挙動、計測値の経過などから地山の状態、監視の在り方について検討する。

2. (1) はじめに

第4回電気設備自然災害等対策ワーキンググループ(資料10)

「水力発電設備の耐性を検討するに当たっての評価の視点及び残された論点(案)」(平成26年4月22日 商務流通保安グループ 電力安全課)1pより抜粋。

※以下の項目については、第5回WGで検討
(地滑り)

既存のダムにおいて、現在、地山を監視中のダムがあることから、その確認方法、状態等を報告。

①ダム建設段階

- ・文献調査、空中写真判読、現地踏査などにより、地すべり地の分布、発生の可能性等を明らかにする。
- ・不安定化する可能性のあるものについてはボーリング等による精査や変動等の計測を行い安定性を明らかにする。
- ・安全管理上、必要な箇所については、計測機器を設置し、監視体制を構築する。

②初期湛水段階

- ・巡視による監視、計測を実施し、変状が発生した場合には、計測機器の追加、監視の強化、対策工の実施等を検討する。

③管理段階

- ・ダム完成後も巡視・計測等を継続する。

1. 集中豪雨

- (1) 共通項目（検討項目・検討フロー・結果一覧・検討結果分析）
- (2) 事例紹介（個社説明資料）
 - 評価事例①～③：検討結果（Ⅰ）
 - 評価事例④～⑥：検討結果（Ⅱ）
 - 評価事例⑦～⑨：検討結果（Ⅲ）
- (3) まとめ

2. 地滑り

- (1) 共通項目（検討項目・地滑り等への基本的対応）
- (2) 監視地点紹介（個社説明資料）
 - 監視地点①：ダム貯水池の地山調査・監視状況について
 - 監視地点②：ダム地すべり監視箇所について
 - 監視地点③：調整池上流左岸法面崩落対策工事・監視状況について
- (3) まとめ

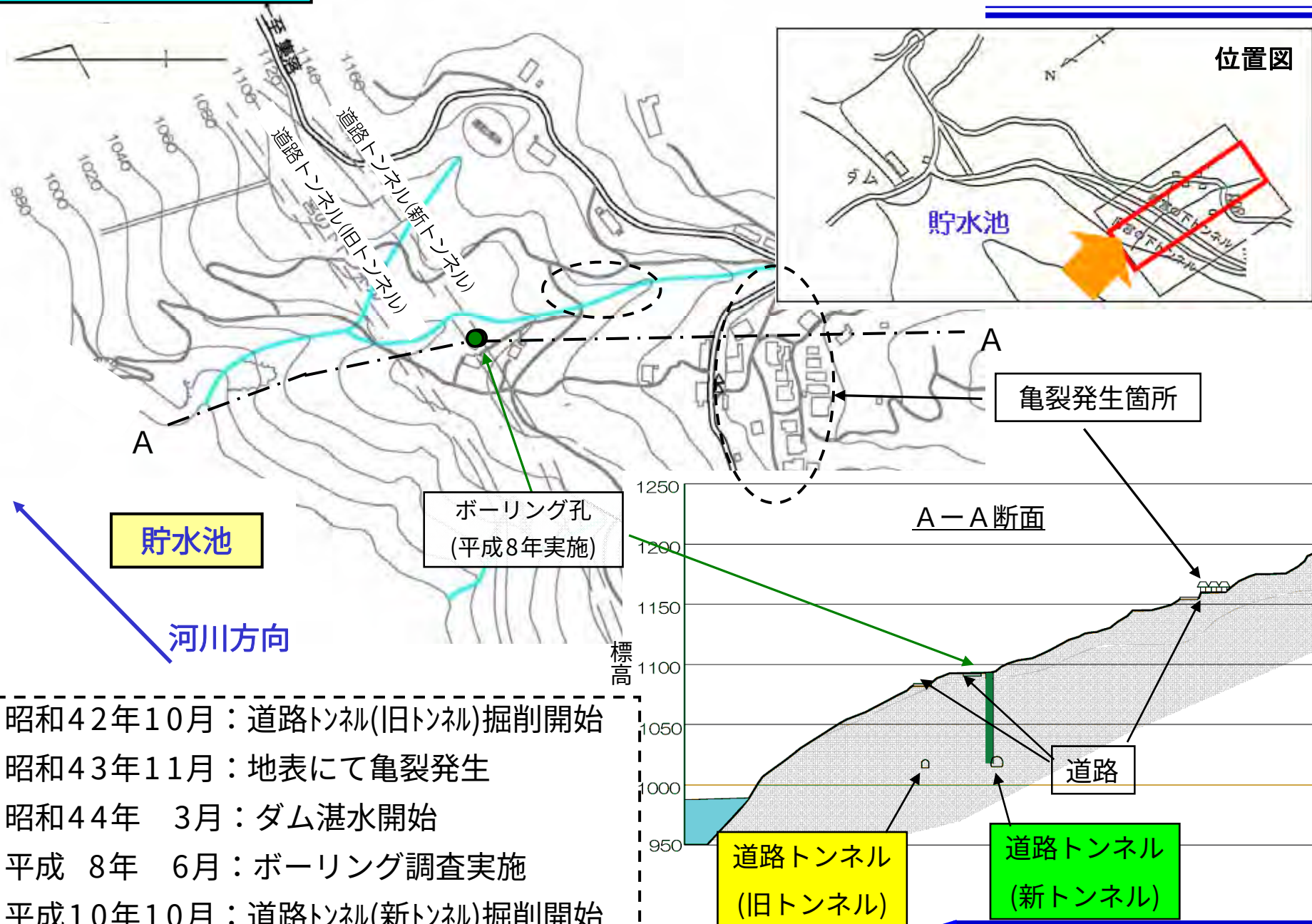
(1) 位置図



※ダム側(下流側)から撮影

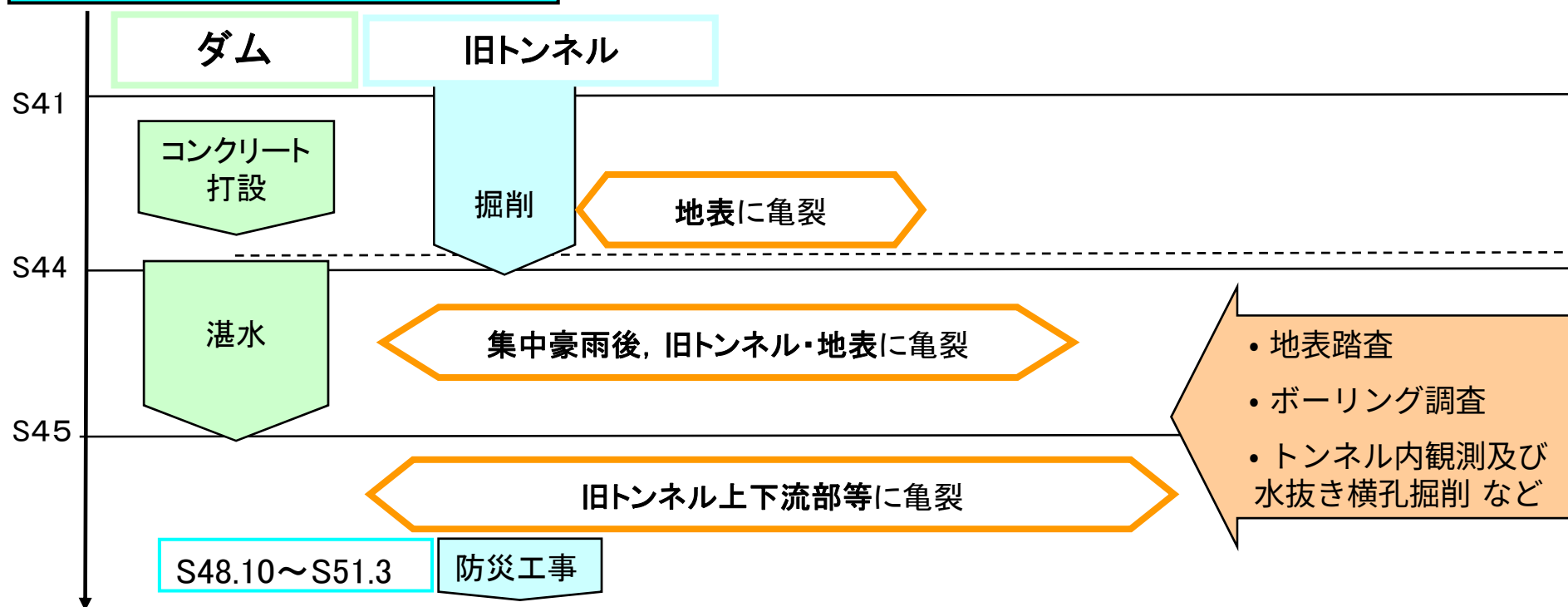
- 地山監視箇所は、ダムサイトの upstream 約1kmの右岸側に位置する
- この箇所は、貯水池に流れ込む沢や溪流に囲まれた尾根状斜面。斜面下方は徐々に傾斜が急となりダムに落ち込んでいるが、上部は10～20°程度の緩斜面となっている

(2) 監視箇所の概要



- ・昭和42年10月：道路トンネル(旧トンネル)掘削開始
- ・昭和43年11月：地表にて亀裂発生
- ・昭和44年 3月：ダム湛水開始
- ・平成 8年 6月：ボーリング調査実施
- ・平成10年10月：道路トンネル(新トンネル)掘削開始

(1) ダム建設・完成後の流れ

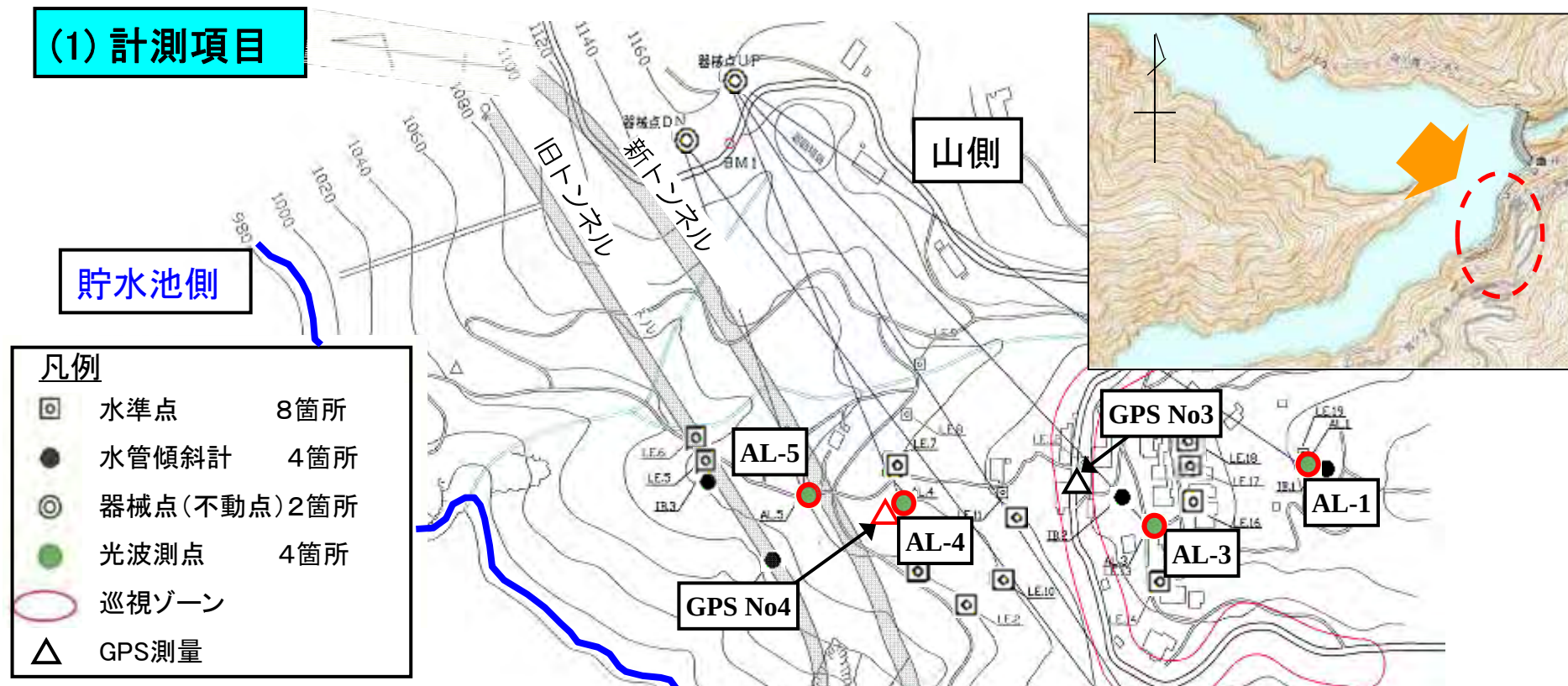


- 変状対策として行った旧トンネル内からの水抜きボーリング等により、計測結果に対して、その効果が現れた。
- 計測項目および範囲については、社外有識者を含めた委員会等で審議して現在に至る

2. (2) 監視地点①：監視体制、計測項目

71

(1) 計測項目



計測項目	計測頻度	測点・計器No.	計器数
G P S 測量	1回／年	亀裂発生箇所周辺の14地点	14
視準測量 (H16.4以降光波測量)	1回/月 (4～12月)	AL-1,3,4,5 (AL-4,5は支障木のため平成22年4月以降、計測を中断)	4
水準測量	4,6,8,10,12月	LE-1,5,7,10,11,16,18,19	8
傾斜計	1回/月 (4～12月)	1～4 (各N-S,E-W)	4
巡視	1回/月 (4～12月)	道路周辺を目視	—

2. (2) 監視地点①：地山の挙動、計測値等の経過

72

(1) GPS測量による計測

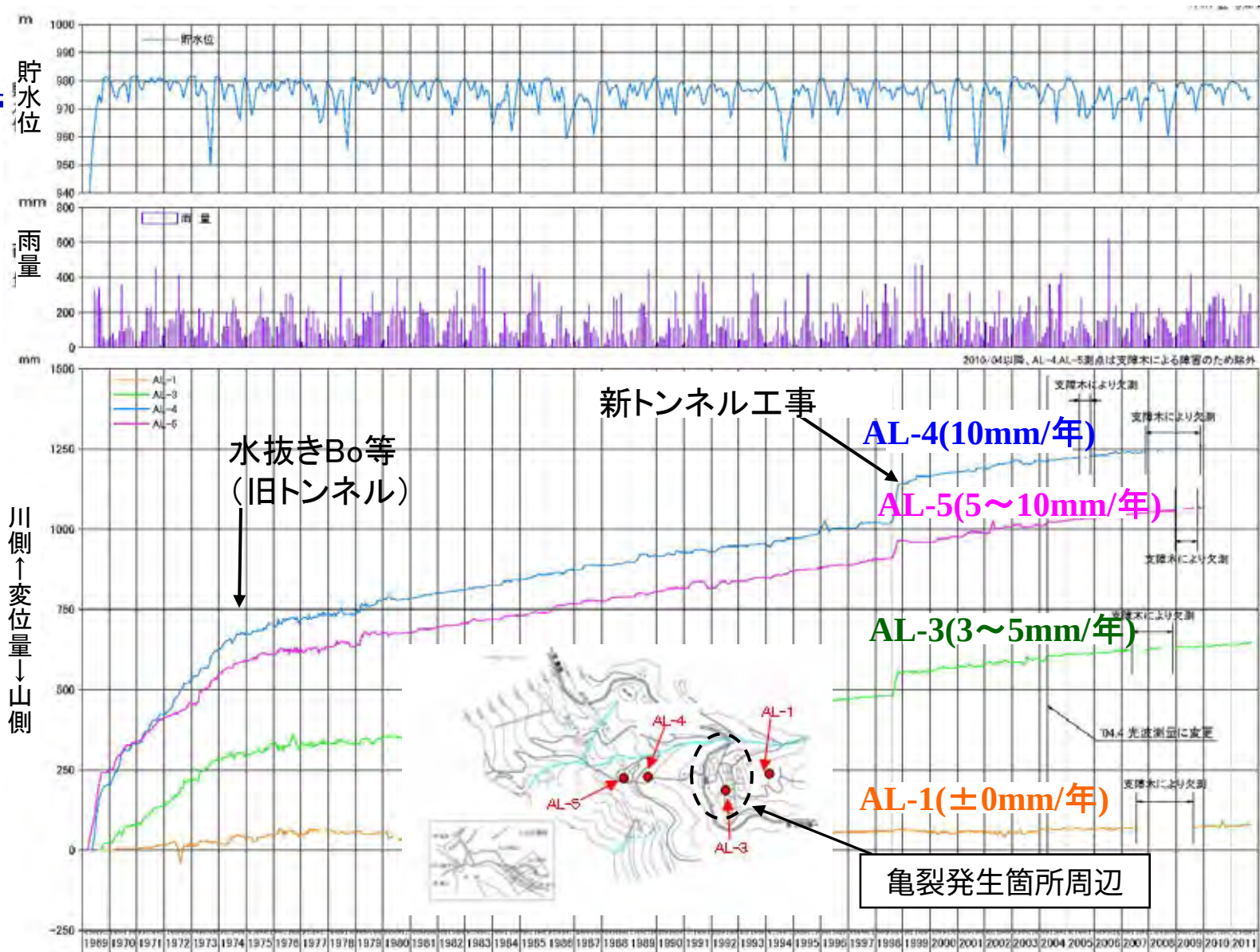


- 計14箇所にて、平成20年度より、計測を実施

- 特定方向に変位が蓄積する傾向が確認されているのは、No.4のみ
(他は、変位方向が不規則)

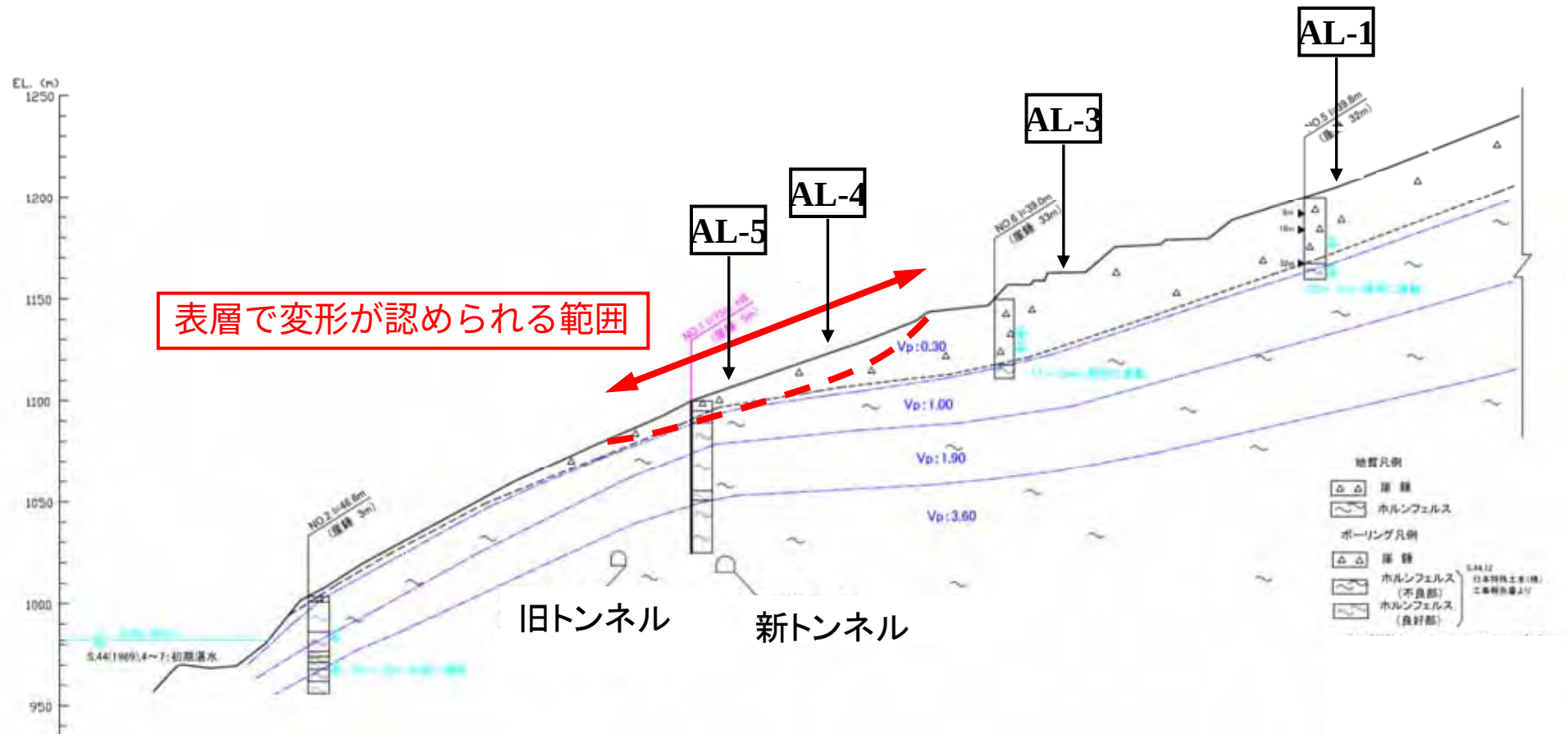
- No.4変位方向は、計測点が設置されている箇所の概ね斜面の最大傾斜方向に一致

(S44年～)



- ・湛水を開始したS44年からS49年頃までは、比較的顕著な変動があったが、対策工施工後は安定した動き
- ・H10/5より、新トンネル掘削の影響と考えられる一時的な変動を確認したが、以降は、安定した動き
- ・道路盤の上部(AL-1)では、ほとんど動きは確認されていない。

(3)ボーリング調査結果と地質断面図



- 表層部は未固結の崖錐堆積物
 - 深部は泥岩起源のホルンフェルス(熱による変成岩)で比較的堅硬
- 岩盤のクリープ変形の他に、表層の崖錐が移動しているとすれば、対象土量は約10万m³

調査項目	結果
表層すべり (崖錐堆積物の崩落)	計測結果および地表踏査より 崩壊する可能性のある土量は約10万m ³ →土量は、HWL以上の空き容量と比較して小さい ※ 湛水面積 × (堤体天端EL－HWL) = 約820万m ³

- 斜面については顕著な動きはみられないものの、変位が収束していない箇所もあるため、継続して監視を行う

1. 集中豪雨

- (1) 共通項目（検討項目・検討フロー・結果一覧・検討結果分析）
- (2) 事例紹介（個社説明資料）
 - 評価事例①～③：検討結果（Ⅰ）
 - 評価事例④～⑥：検討結果（Ⅱ）
 - 評価事例⑦～⑨：検討結果（Ⅲ）
- (3) まとめ

2. 地滑り

- (1) 共通項目（検討項目・地滑り等への基本的対応）
- (2) 監視地点紹介（個社説明資料）
 - 監視地点①：ダム貯水池の地山調査・監視状況について
 - 監視地点②：ダム地すべり監視箇所について
 - 監視地点③：調整池上流左岸法面崩落対策工事・監視状況について
- (3) まとめ

2. (2) 監視地点②：監視箇所の概要

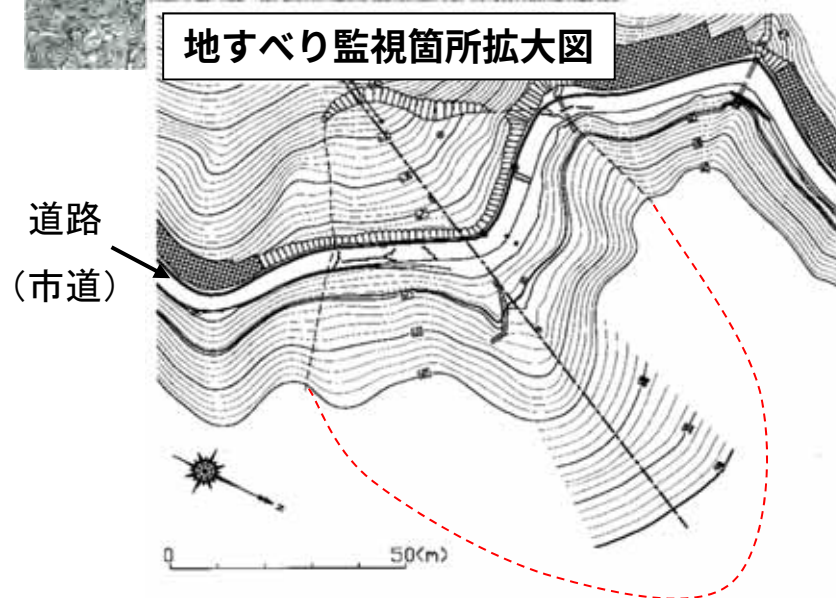
77

ダム周辺平面図



地すべり監視箇所

地すべり監視箇所拡大図



ダム諸元

竣工年	1974年
ダム高	98 m
総貯水容量	34百万 m ³
流域面積	約5.3 km ²

監視箇所全景写真



- ・地すべり監視箇所は、ダムサイトから上流左岸約1km付近の尾根上地形の箇所
- ・監視箇所周辺地質は、流紋岩質火砕岩類や頁岩の構造
- ・想定すべり量は、約4.6万m³
- ・平成10年(ダム湛水後24年)、舗装された道路面や側溝にクラック等変状が現れたため、以降、詳細調査、計測を実施

地すべり監視箇所 地質断面図

