

大洗研究所（南地区）
高速実験炉原子炉施設（「常陽」）

耐震重要施設の基礎地盤及び
周辺斜面の安定性評価について
（コメント回答）

令和4年5月30日
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

No.	審査会合	コメント	回答状況
1	令和2年11月6日 第382回審査会合	地下水位について、夏海湖の水面高さT.P.29mであるのに対し、設定地下水位はT.P.6.7mであり、夏海湖との関係性、他の地下水位観測データを含め、地下水位の設定の妥当性を説明すること。	第396回審査会合にて説明
2	〃	抑止杭の周辺地盤について、新規制基準への適合性の観点から説明すること。	次回以降 【地震・津波審査部門へのご説明事項】
3	〃	周辺地盤変状による影響について、埋戻土の液状化影響を説明すること。また、周辺地盤の変状による影響だけでなく、すべり安全率に対しては施設を横から押す起動力となることも考えられるため、抑止杭の構造、成立性にどのような影響を与えるか説明すること。	〃
4	〃	解析用地盤物性値について、HTTRとの相違点を整理し、使用した物性値が「常陽」とHTTRで本質的に変わらないことを定量的に示すこと。	今回ご説明 資料1 【地震・津波審査部門へのご説明事項】
5	〃	すべり安全率の評価結果について、最小すべり安全率発生時刻が異なるため、各発生時刻の結果を比較し、説明すること。	次回以降 【地震・津波審査部門へのご説明事項】
6	〃	各断面について、建物基礎底面のみでのすべり安全率の評価結果を提示すること。	〃
7	〃	最小すべり安全率を示す時刻の抑止杭の応力分布を示し、応力が適切に算定されているか説明すること。	〃
8	〃	抑止杭の応力は時々刻々深度方向に変わることから、抑止杭にとって安全側かの観点で評価方法の妥当性を説明すること。	抑止杭工法から周辺地盤改良工法への変更に伴い 不要となる項目

No.	審査会合	コメント	回答状況
9	令和2年11月6日 第382回審査会合	抑止杭による地盤改良前後に地盤に生じるせん断応力の変化を示し、現在の設計・評価に相互作用が影響しないか説明すること。	次回以降 【研究炉等審査部門へのご説明事項】
10	〃	抑止杭と主冷却機建物が非常に近接しているため、建家と杭の相互作用(建家が地盤を介して杭にもたれる現象や杭反力が建家に過剰な荷重を与えていないか)を説明すること。	〃
11	〃	抑止杭設置による原子炉建物、主冷却機建物の耐震評価(建物・機器)への影響について説明すること。	〃
12	〃	抑止杭の対策効果を確認するため、抑止杭の設計仕様、施工方法及び施工管理項目について説明をすること。	抑止杭工法から周辺地盤改良工法への変更を踏まえ、No.26のコメントと併せて説明
13	〃	抑止杭のモデル化について、根入れ深さが妥当であること等、設計方針を踏まえ説明すること。	抑止杭工法から周辺地盤改良工法への変更に伴い不要となる項目
14	令和3年3月5日 第396回審査会合	地下水位は東西方向に高低差がある。解析用地下水位(T.P.+6.7m)の設定については、後段規制への影響も含め、その妥当性について説明すること。	今回ご説明 資料1 【地震・津波審査部門へのご説明事項】
15	〃	地下水位より上部に分布する宙水について、解析上の位置づけを明確にすること。	今回ご説明 資料1 【地震・津波審査部門へのご説明事項】
16	〃	用語(洪積層)について、地質学の用語を踏まえた記載に適正化すること。	今回ご説明 資料1 【地震・津波審査部門へのご説明事項】

No.	審査会合	コメント	回答状況
17	令和3年11月29日 第421回審査会合	<p>抑止杭工法による地盤改良を用いる場合、以下の観点から抑止杭工法による第3条1項への適合性を説明すること。</p> <p>(1)基準地震動による地震力に対して中抜けしないことについて引用文献の適用性 (2)杭根入れ部の周辺地盤の破壊領域を踏まえた評価により杭の支持性能等を期待できることの根拠とその妥当性 (3)他サイトでの抑止杭工法と地盤・地形・併用工法が異なることを踏まえても、同様の抑止効果が期待できるとした根拠 (4)千鳥配列（2列）の抑止杭を1列に集約してモデル化することの根拠とその妥当性 (5)平面ひずみ状態である抑止杭を梁要素にモデル化することの根拠とその妥当性</p>	<p>次回以降 【地震・津波審査部門へのご説明事項】</p>
18	〃	抑止杭工法の適合性については、原子力施設に限らず一般産業施設での杭工の地震被害事例等も参考に検討すること。	抑止杭工法から周辺地盤改良工法への変更に伴い不要となる項目
19	〃	工法選定について、評価基準値1.5を満足する対策範囲の精緻な検討を行い、再整理すること。	<p>次回以降 【地震・津波審査部門へのご説明事項】</p>
20	令和4年1月28日 第428回審査会合	改良体について、設置許可段階において試験施工等のデータをもとに物性値の妥当性を示すこと。	〃
21	〃	設置許可段階において地盤改良の品質管理及び施工管理に関する方針を示すこと。	〃

1 解析用地盤物性値に関するコメント回答	5
2 解析用地下水位に関するコメント回答	26

解析用地盤物性値に関するコメント回答

コメントNo. 4（令和2年11月6日 第382回審査会合）

解析用地盤物性値について、HTTRとの相違点を整理し、使用した物性値が「常陽」とHTTRで本質的に変わらないことを定量的に示すこと。

回答

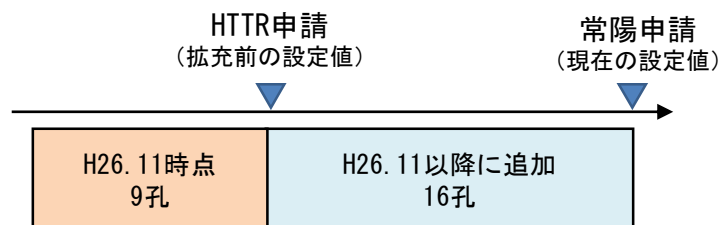
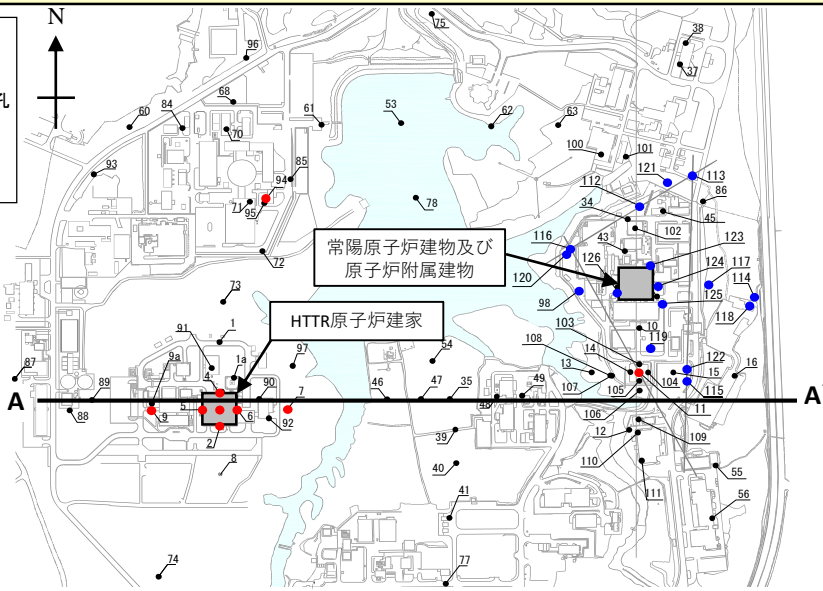
常陽の解析に用いた地盤物性値は、敷地に分布する地層を全体的に調査しHTTR申請時より拡充しており、常陽付近の地盤条件も踏まえた設定とすることができていると判断している。なお、データ拡充前後の比較からは、解析用地盤物性値の大きな違いは見られないことを確認した。

常陽の解析用地盤物性値について

- ・大洗研究所には、更新統から中新統が水平に堆積しており、常陽とHTTRでは同じ地層が分布している。
- ・解析用地盤物性値設定のためのボーリング調査は、平成26年11月時点 (HTTR申請時点) では9孔であったが、その後16孔を拡充し、計25孔のデータを用いて解析用の地盤物性値を設定している。
- ・データを追加したことによる解析用地盤物性値※(湿潤密度、初期動せん断弾性係数、動ポアソン比、ピーク強度・残留強度)の相違について確認した。

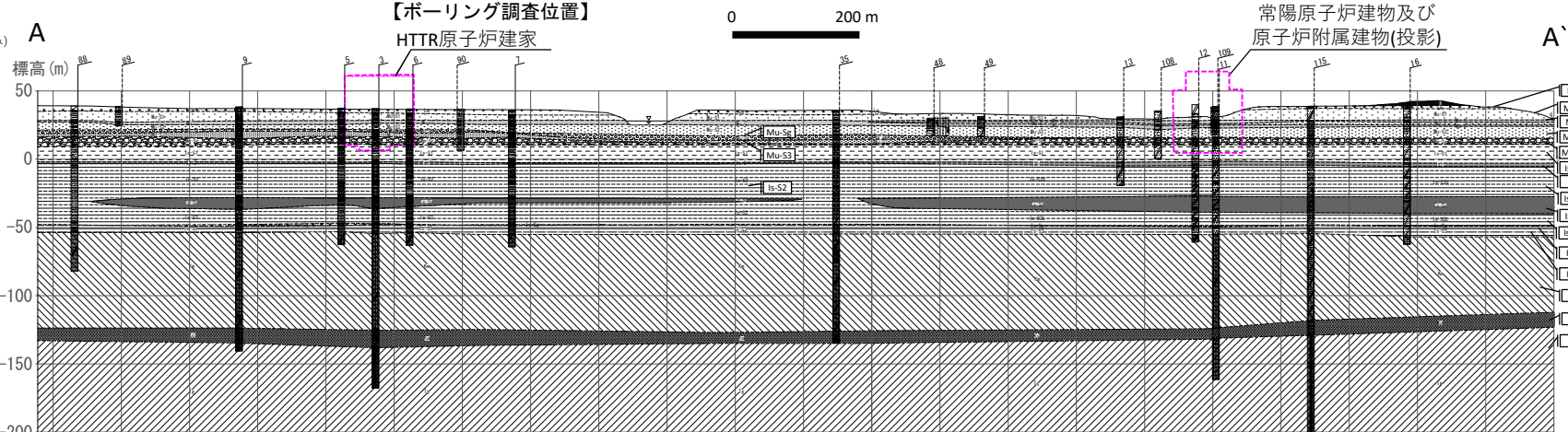
※ JEAG 4601-2015 参考資料3.8地盤物性値のばらつきの影響評価を参考に選定

- 物性値設定用ボーリング孔**
- H26.11時点 9孔
 - H26.11以降に追加 16孔
- 地質調査ボーリング**
- 敷地全体 93孔



【解析用地盤物性値の設定】

- 凡例**
- 更新統
- 砂丘砂層
 - 砂質土層
 - M1段丘堆積物
 - Lm 火山灰質粘土
 - Mu-S1 砂質土層
 - Mu-C 粘性土層
 - Mu-S 砂質土層 (Mu-C中挟み)
 - Mo-S2 砂質土層
 - Mo-S1 礫質土層
 - Mu-S3 砂質土層
 - 東茨城層群
 - Is-S1 砂質土層
 - Is-C 粘性土層
 - Is-S2U 砂質土層
 - Is-S1 粘性土層
 - Is-S2L 砂質土層
 - Is-S3 礫質土層
 - Is-S3 砂質土層
- 鮮新統
- Km 久米層
 - 砂質泥岩層
 - 砂岩層
- 中新統
- Ts 多賀層群
 - 砂岩泥岩互層



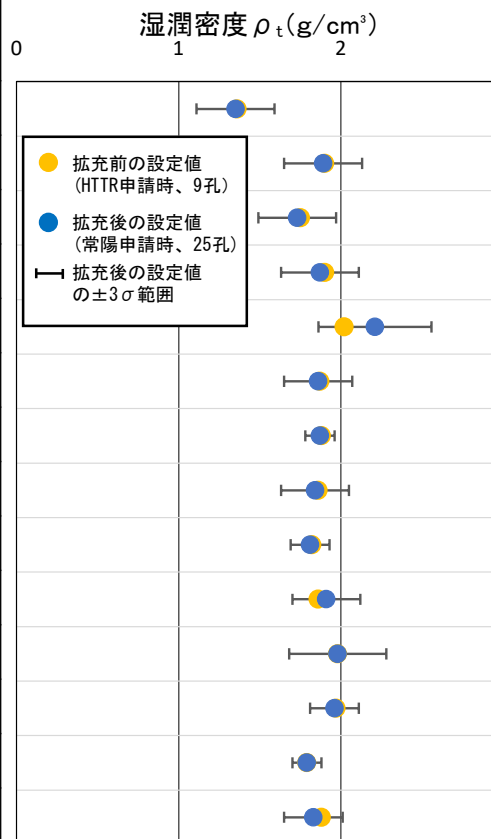
【地質断面図】

解析用地盤物性値の比較結果 (湿潤密度 ρ_t)

- ・地層毎にデータ拡充前後の値を比較すると、拡充前 (HTTR申請時) の値は拡充後 (常陽申請時) の値付近 (分布の中央付近) に位置することから、データ拡充の前後で解析用地盤物性値の大きな違いは確認されない。
- ・統計的に母集団の相違について評価 (t検定) したところ、データの拡充前後で母集団の有意差が確認された地層 ($P < 0.05$) については拡充前 (HTTR申請時) の試験個数が極端に少ない、または試験個数が多いものが該当した。

【湿潤密度】

地層名	湿潤密度 (g/cm^3)	
	拡充後 (常陽申請時)	拡充前 (HTTR申請時)
Lm	1.35	1.36
Mu-S ₁	1.89	1.90
Mu-C	1.73	1.75
Mu-S ₂	1.87	1.90
Mm-Sg	2.21	2.02
Is-S ₁	1.86	1.87
Is-C	1.87	1.88
Is-S ₂ U	1.84	1.86
Is-Sc	1.81	1.82
Is-S ₂ L	1.91	1.86
Is-Sg	(拡充なし)	1.98
Is-S ₃	1.96	1.97
Km	1.79	1.79
Ks	1.83	1.88



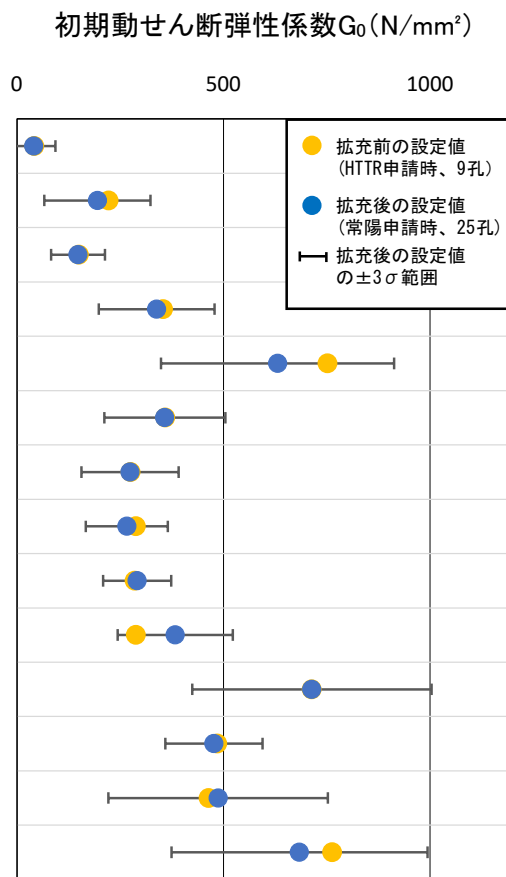
試験個数		P値
拡充後 (常陽申請時)	拡充前 (HTTR申請時)	
43	27	0.60
119	67	0.15
63	27	0.31
128	40	0.21
61	5	0.01 *
250	158	0.04 *
46	30	0.11
164	190	0.01 *
60	40	0.06
66	190	0.00 *
(拡充なし)	11	—
40	20	0.19
159	111	0.11
26	10	0.03 *

* (有意水準以下)

- ・地層毎にデータ拡充前後の値を比較すると、拡充前（HTTR申請時）の値は拡充後（常陽申請時）の値付近（分布の中央付近）に位置することから、データ拡充の前後で解析用地盤物性値の大きな違いは確認されない。
- ・統計的に母集団の相違について評価（t検定）したところ、データの拡充前後で母集団の有意差が確認された地層（ $P < 0.05$ ）については拡充前（HTTR申請時）の試験個数が極端に少ない、または試験個数が多いものが該当した。

【初期動せん断弾性係数】

地層名	初期動せん断弾性係数（ N/mm^2 ）	
	拡充後 （常陽申請時）	拡充前 （HTTR申請時）
Lm	40.8	42.3
Mu-S ₁	195	222
Mu-C	148	150
Mu-S ₂	338	354
Mm-Sg	631	752
Is-S ₁	358	359
Is-C	274	275
Is-S ₂ U	266	288
Is-Sc	291	285
Is-S ₂ L	383	288
Is-Sg	（拡充なし）	714
Is-S ₃	477	485
Km	487	464
Ks	684	763



試験個数		P値
拡充後 （常陽申請時）	拡充前 （HTTR申請時）	
39	27	0.76
103	67	0.00 *
55	27	0.63
96	40	0.01 *
41	5	0.00 *
214	158	0.78
42	30	0.88
156	190	0.00 *
52	40	0.16
58	190	0.00 *
（拡充なし）	11	—
32	20	0.33
159	111	0.02 *
26	10	0.01 *

*（有意水準以下）

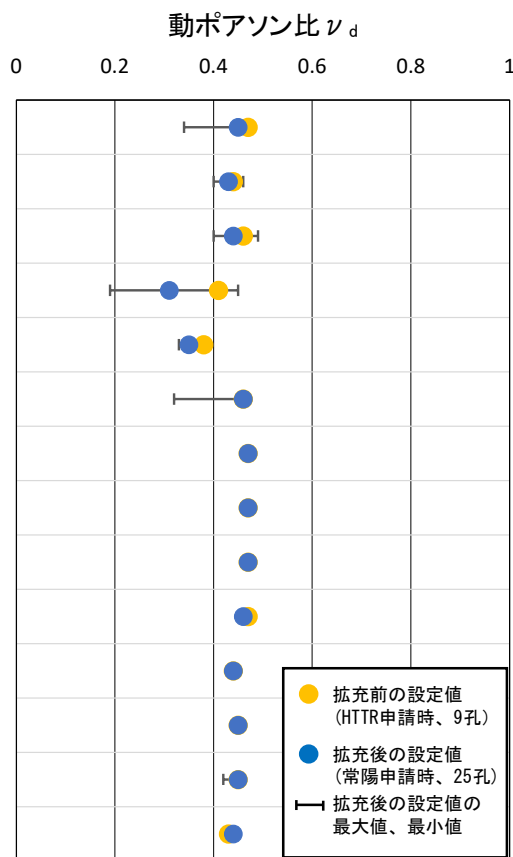
解析用地盤物性値の比較結果（動ポアソン比 ν_d ）

- ・地層毎にデータ拡充前後の値を比較すると、拡充前（HTTR申請時）の値は拡充後（常陽申請時）の値付近に位置することから、データ拡充の前後で解析用地盤物性値の大きな違いは確認されない。
- ・動ポアソン比は、関係式※に V_s/V_p の除算を含んでおり、母集団が正規分布しないことからt検定を実施していない。

$$\text{※ } \nu_d = \frac{1 - 2(V_s/V_p)^2}{2\{1 - (V_s/V_p)^2\}}$$

【動ポアソン比】

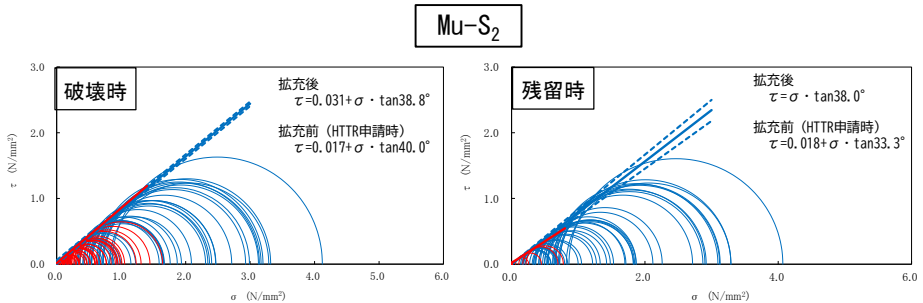
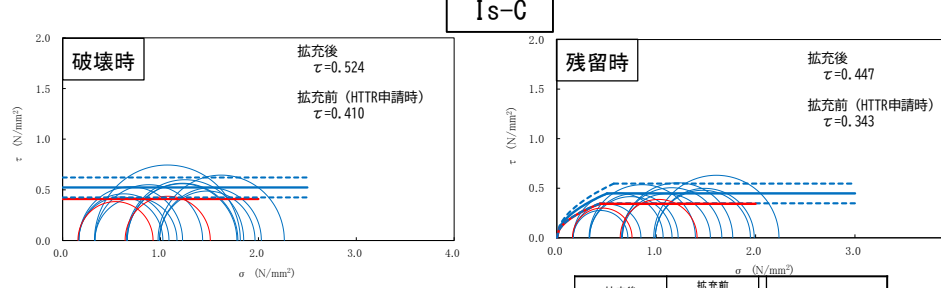
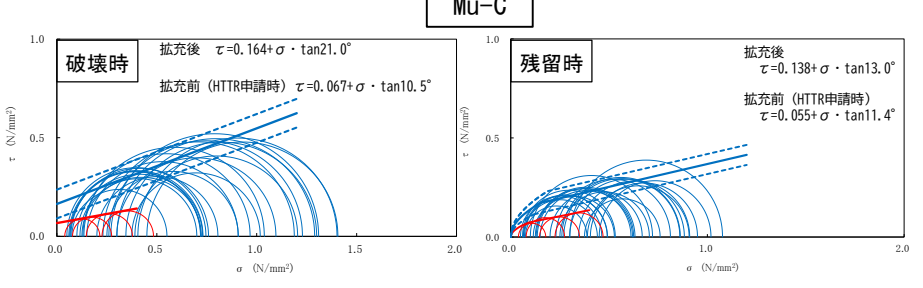
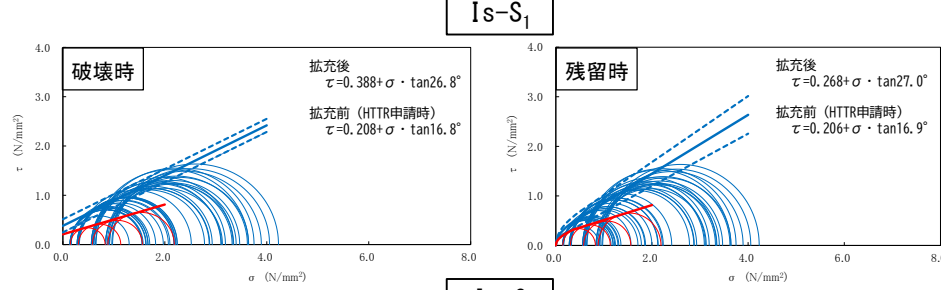
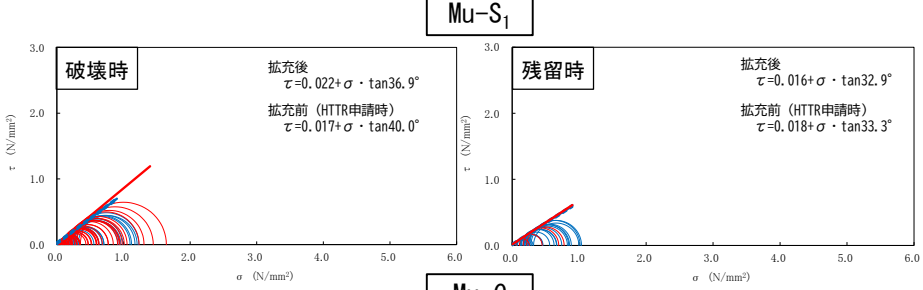
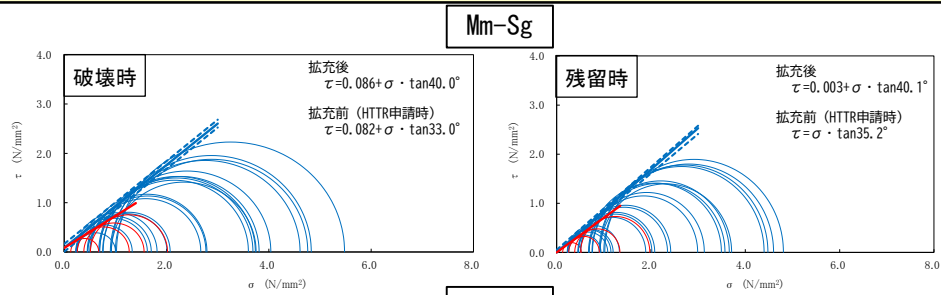
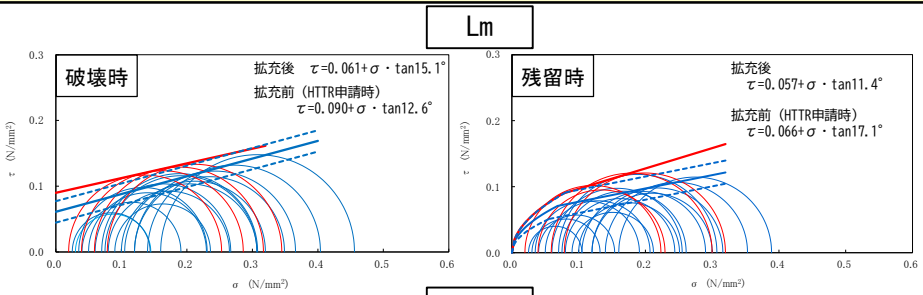
地層名	動ポアソン比	
	拡充後 (常陽申請時)	拡充前 (HTTR申請時)
Lm	0.45	0.47
Mu-S ₁	0.43	0.44
Mu-C	0.44	0.46
Mu-S ₂	0.31	0.41
Mm-Sg	0.35	0.38
Is-S ₁	0.46	0.46
Is-C	0.47	0.47
Is-S ₂ U	0.47	0.47
Is-Sc	0.47	0.47
Is-S ₂ L	0.46	0.47
Is-Sg	(拡充なし)	0.44
Is-S ₃	0.45	0.45
Km	0.45	0.45
Ks	0.44	0.43



試験個数	
拡充後 (常陽申請時)	拡充前 (HTTR申請時)
39	27
103	67
55	27
96	40
41	5
214	158
42	30
156	190
52	40
58	190
(拡充なし)	11
32	20
159	111
26	10

JAEA 解析用地盤物性値の比較結果 (ピーク強度 τ ・ 残留強度 τ_r)

- ・ すべり安定評価の対象となる地層について、ピーク強度・残留強度の試験結果をグラフで示す。
- ・ 拡充により、データ数が増え、常陽付近の地盤条件も踏まえた解析用地盤物性値を設定することができている。
- ・ 常陽原子炉建物及びHTTR原子炉建家の基礎底面に位置するIs-S₁層では、拡充後の設定値の方が強度が高く、拡充前のデータは試験結果の下限値付近の値となっている。



- 凡例
- 拡充後のデータの回帰線
 - - - 拡充後のデータの $\pm 1\sigma$ 範囲
 - 拡充前 (HTTR申請時) のデータの回帰線

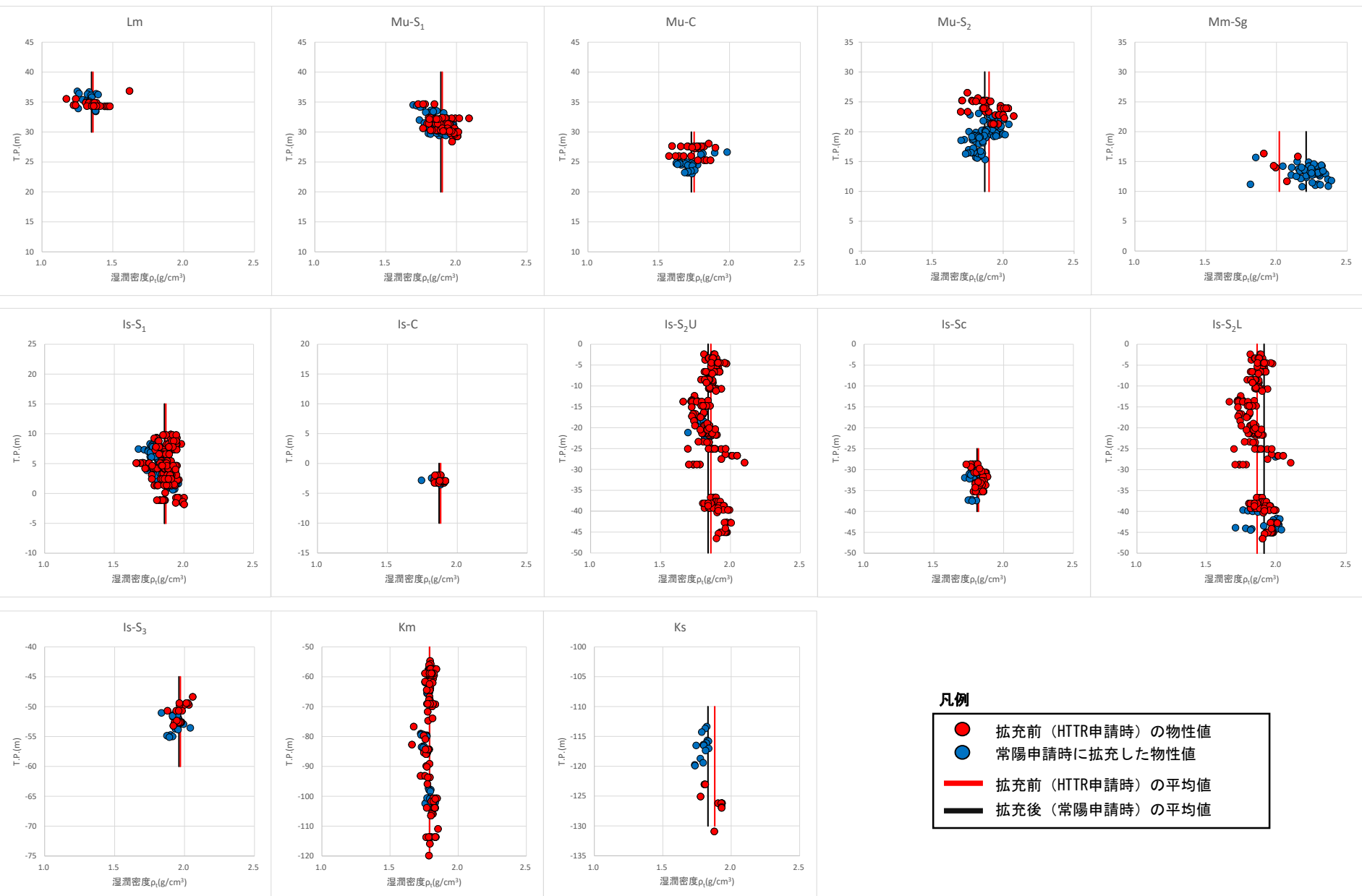
すべり安定率算定に用いる地層

拡充後	拡充前 (HTTR申請時)	主な層相
地質記号		
Lm	Lm	火山灰質粘土
Mu-S ₁	Mu-S ₁	砂質土
Mu-C	Mu-C	粘性土
Mu-S ₂	Mu-S ₂	砂質土
Mm-Sg	Mm-Sg	礫質土
* Is-S ₁	Is-S ₁	砂質土
Is-C	Is-C	粘性土
Is-S ₂ U	Is-S ₂	砂質土
Is-S ₂ L	Is-S ₂	砂質土
Is-S ₂ C	Is-S ₂	粘性土
Is-S ₂ L	Is-S ₂	砂質土
Is-S ₂ G	Is-S ₂	礫質土
Is-S ₂ S	Is-S ₂	砂質土
Km	Km	砂質泥岩
Ks	Ks	砂岩

* 常陽原子炉建物基礎底面に位置する地層

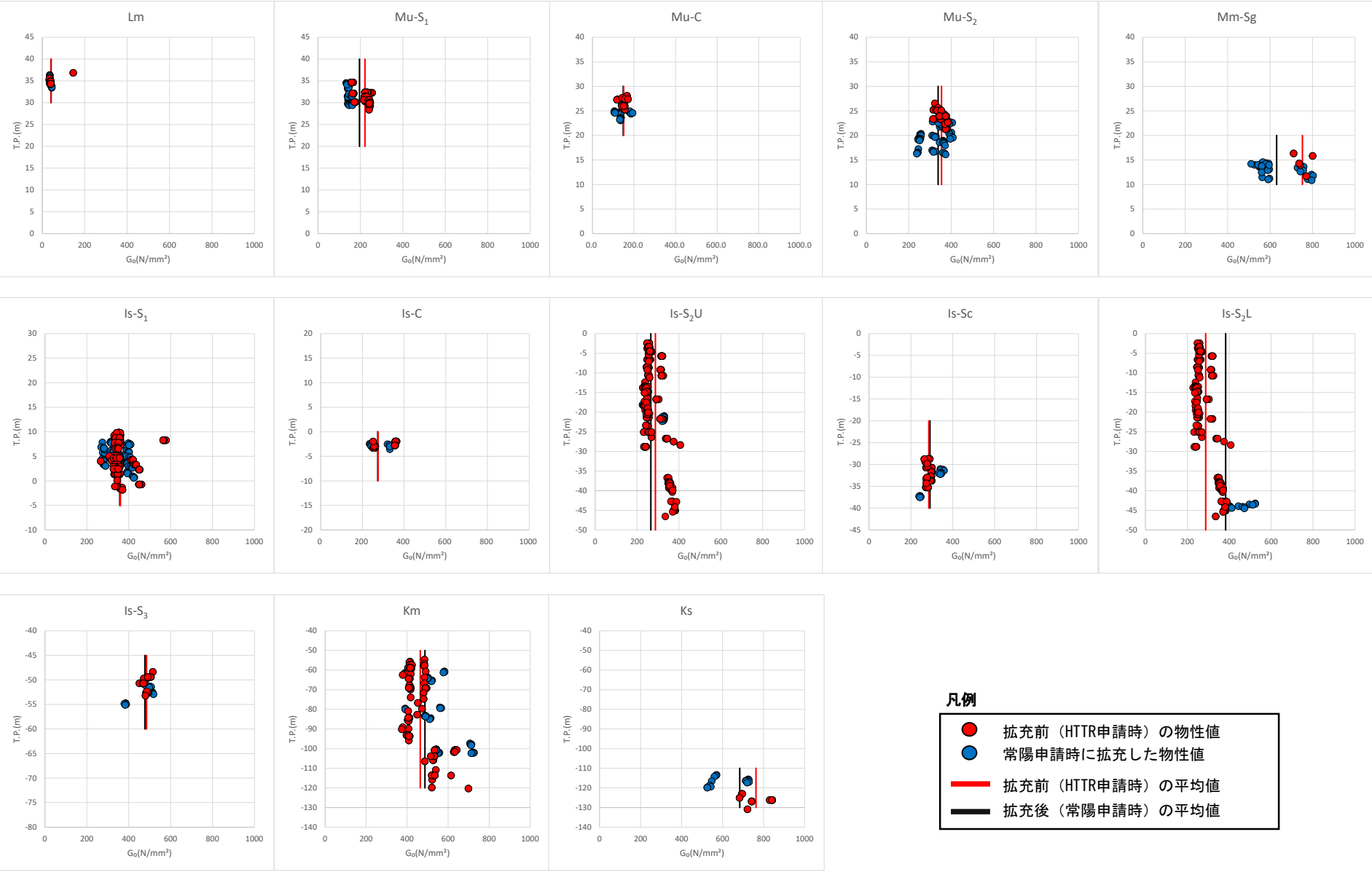
- 大洗研究所では、平成26年11月のHTTR申請時以降に追加の地質調査を実施し、敷地全体に分布する地層について、解析用地盤物性値のデータを拡充した。
- 拡充前後のデータの違いについて、以下のことを確認した。
 - ✓ 湿潤密度について、拡充前(HTTR申請時)の値は拡充後(常陽申請時)の値付近(分布の中央付近)に位置することから、地層毎に大きな物性値の違いは見られなかった。
 - ✓ 初期動せん断弾性係数について、拡充前(HTTR申請時)の値は拡充後(常陽申請時)の値付近(分布の中央付近)に位置することから、地層毎に大きな物性値の違いは見られなかった。
 - ✓ 動ポアソン比について、拡充前(HTTR申請時)の値は拡充後(常陽申請時)の値付近に位置することから、地層毎に大きな物性値の違いは見られなかった。
 - ✓ ピーク強度・残留強度については、すべり安定性評価の対象となる地層毎に拡充前後の違いを確認した。その内、常陽原子炉建物の基礎底面に位置する I_s - S_1 層においては、データ拡充後(常陽申請時)の強度が高くなっており、拡充前(HTTR申請時)のデータは試験結果の下限値付近の値となっていることを確認した。
- 常陽では、上記の拡充データを用いることで、常陽付近の地盤条件も踏まえた解析用地盤物性値を設定することができていると判断しており、種々の評価を行っている。

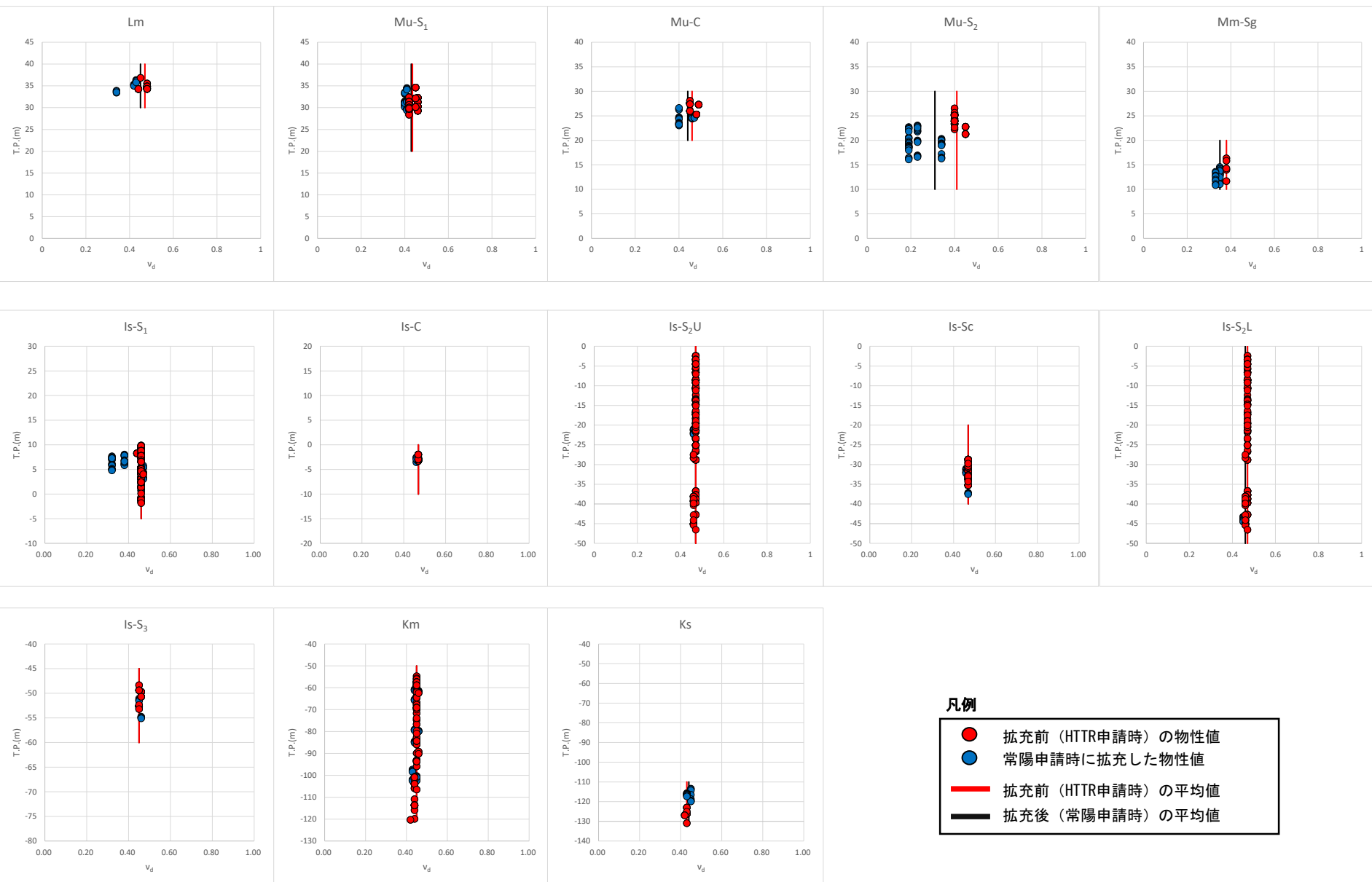
参考（試験データ集）

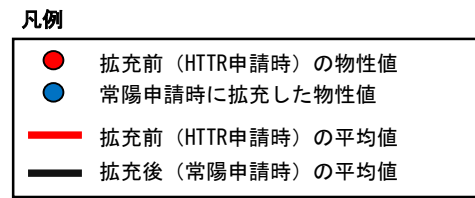
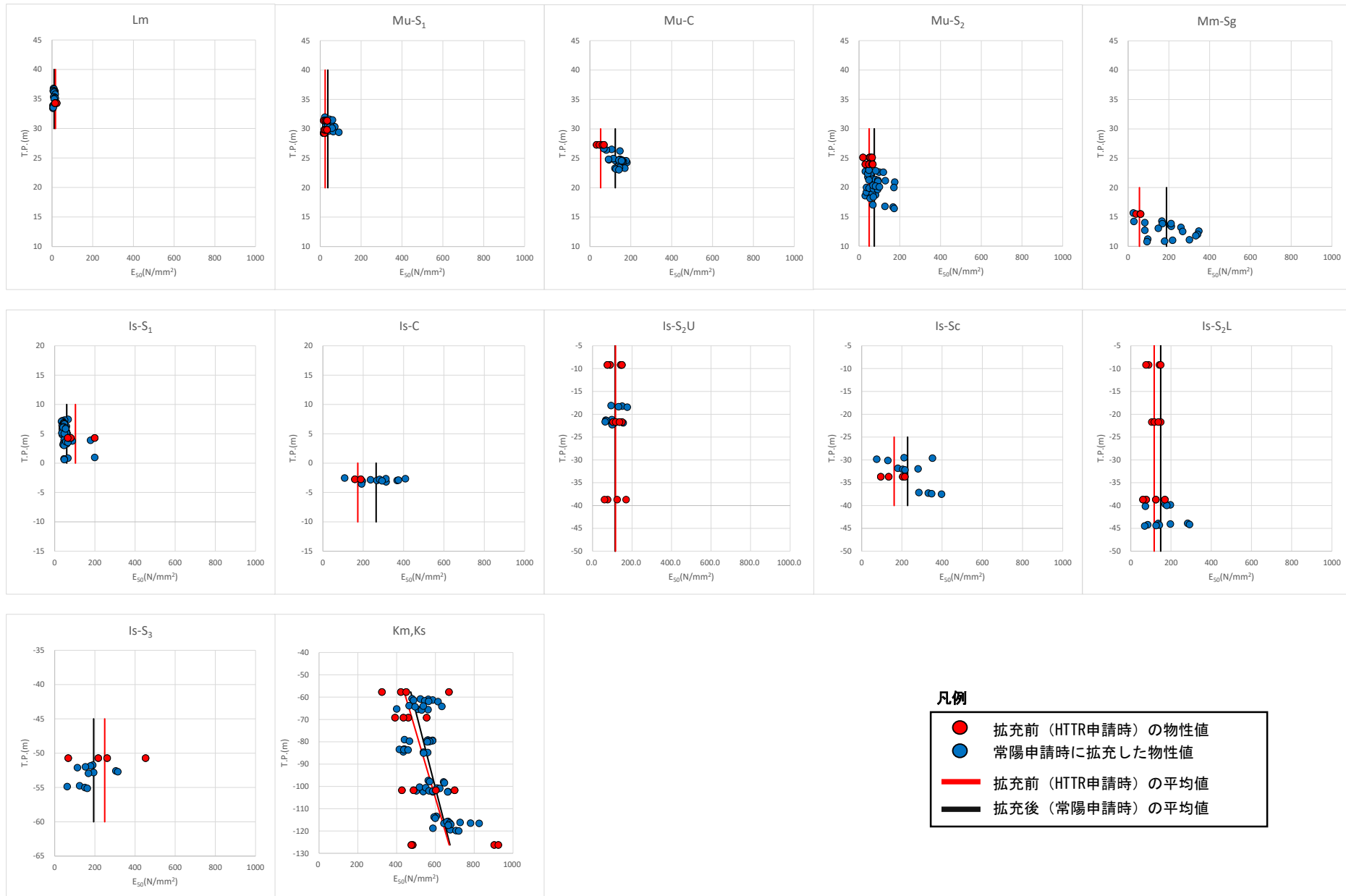


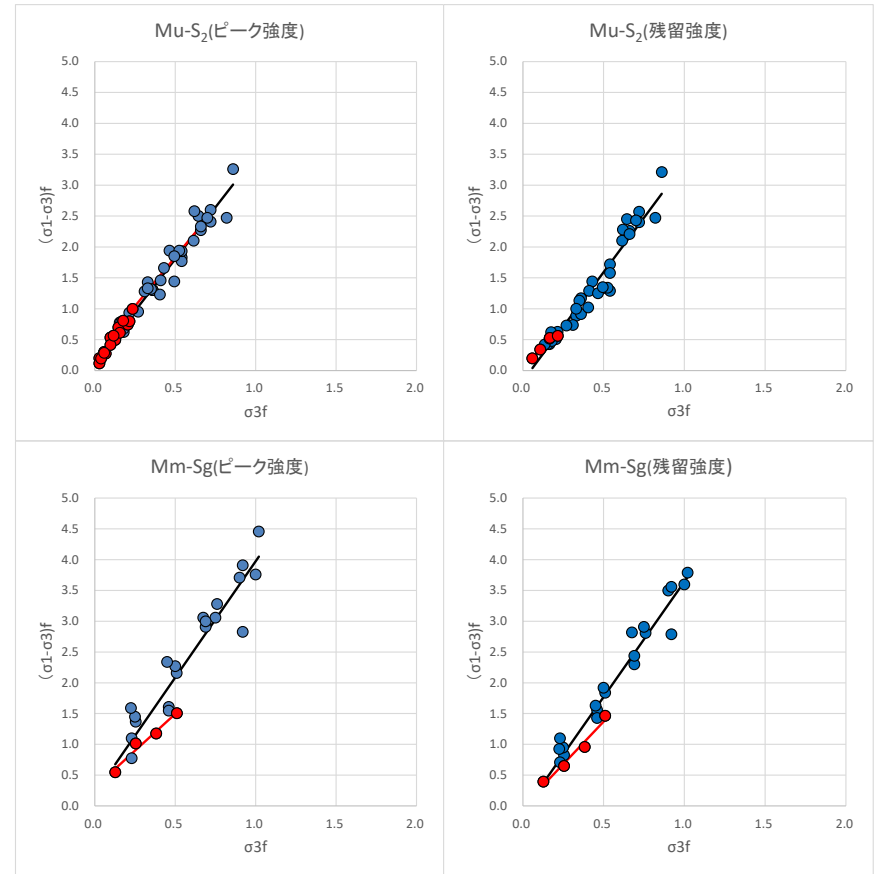
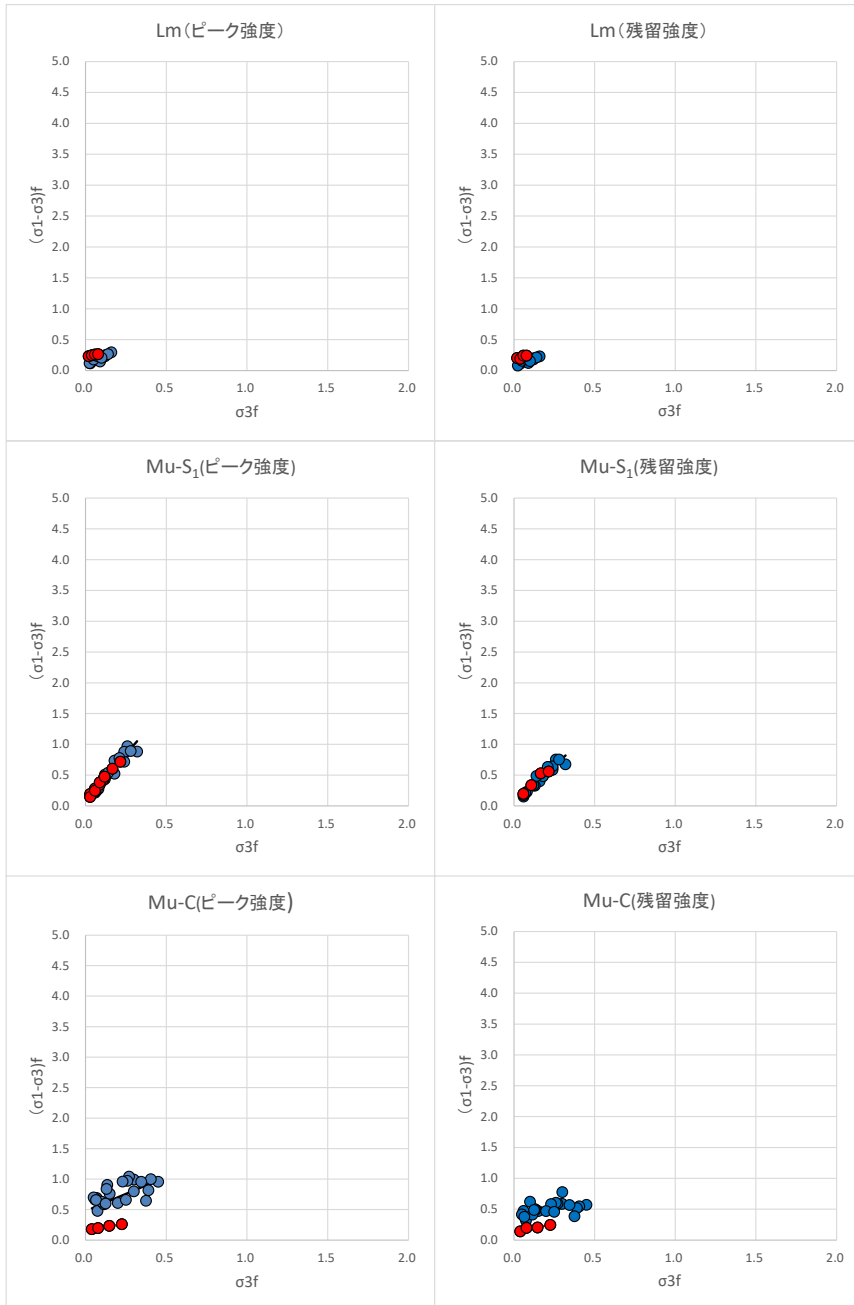
凡例

- 拡充前 (HTTR申請時) の物性値
- 常陽申請時に拡充した物性値
- 拡充前 (HTTR申請時) の平均値
- 拡充後 (常陽申請時) の平均値



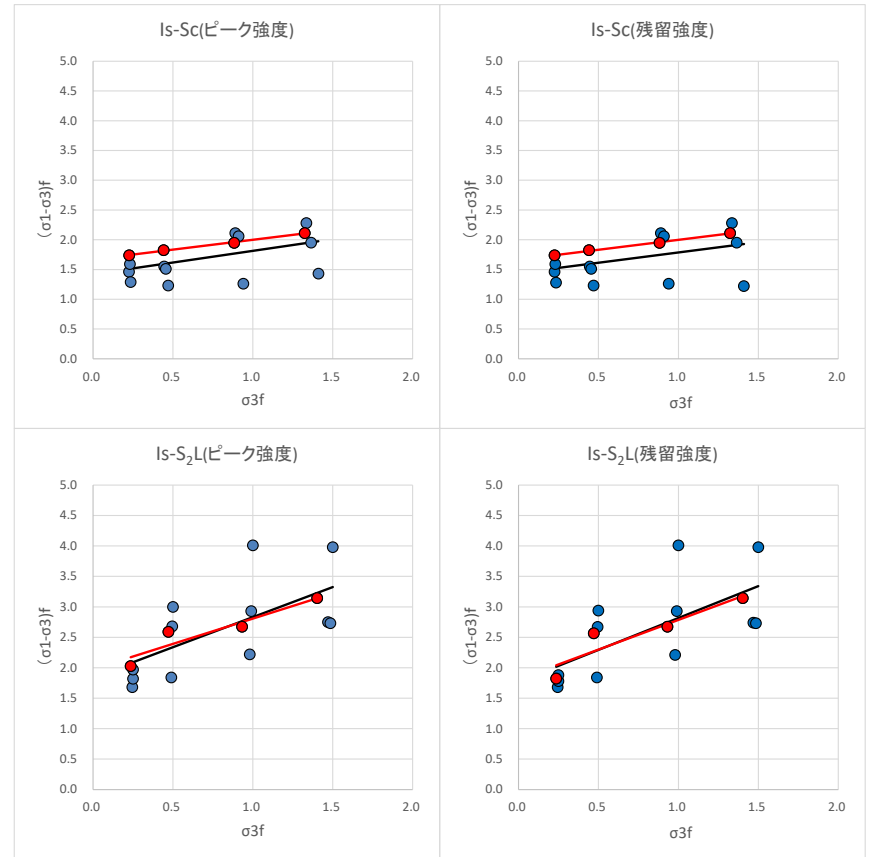
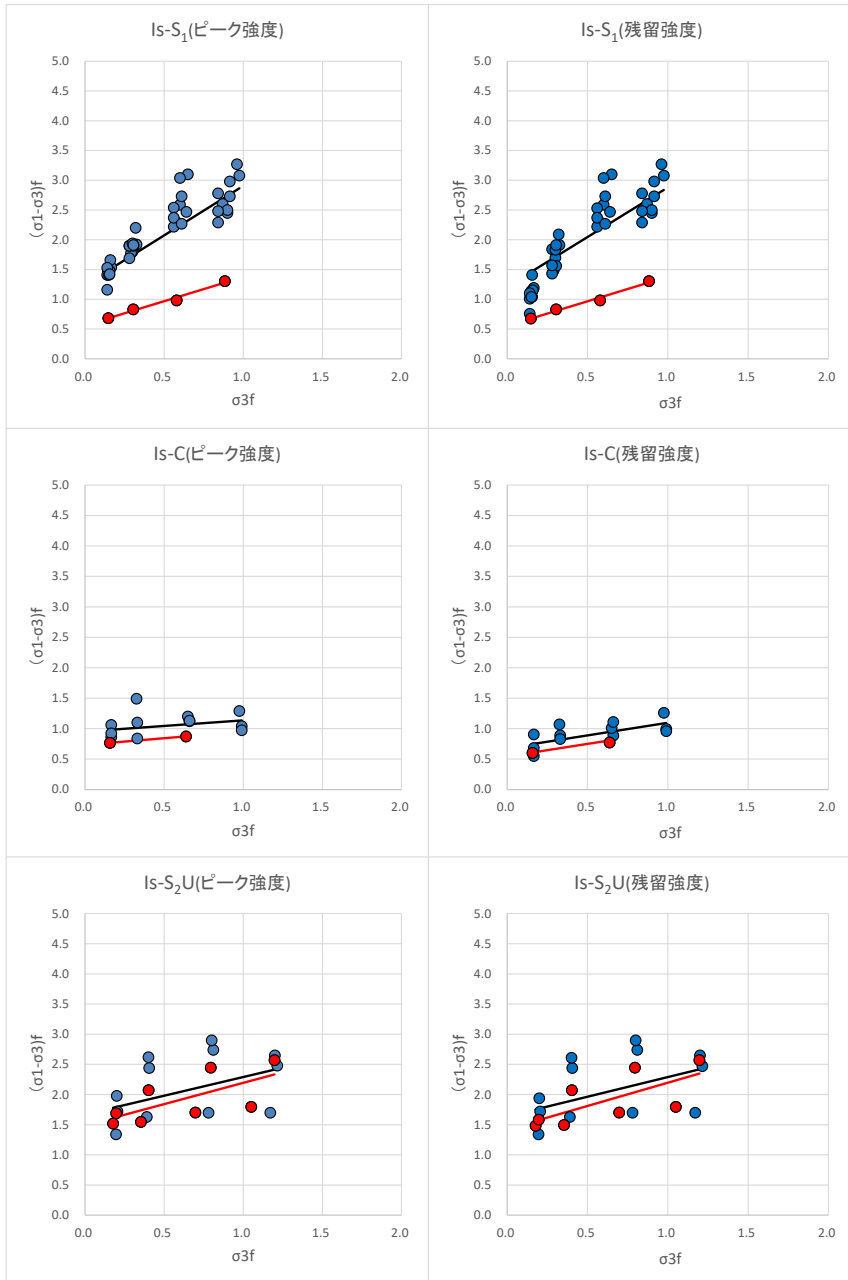






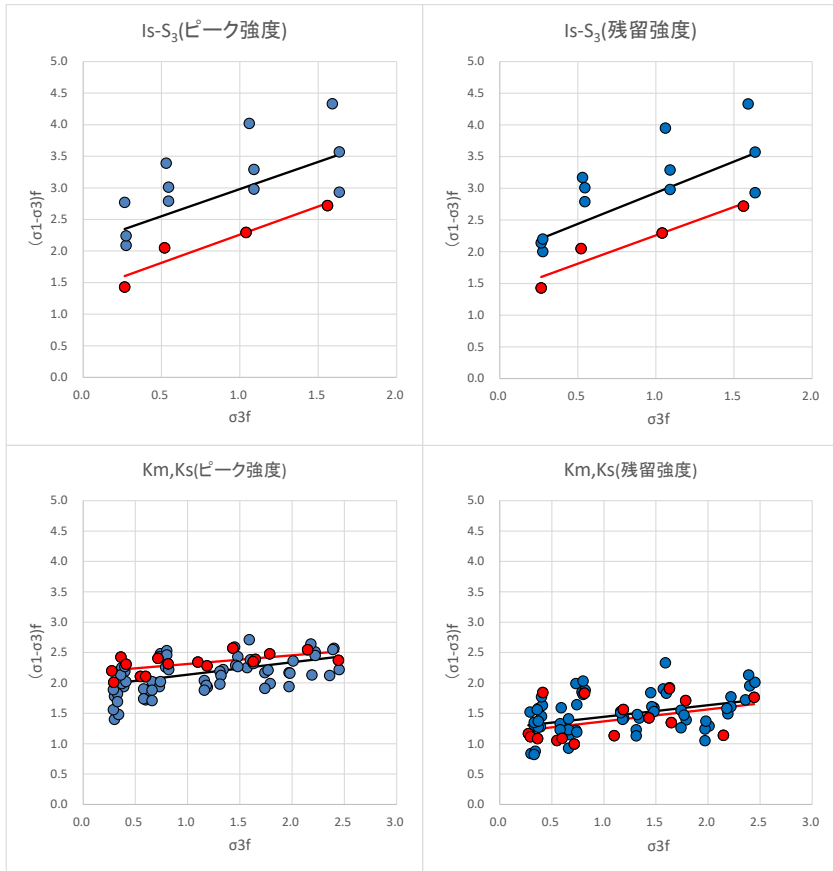
凡例

- 拡充前（HTRR申請時）の物性値
- 常陽申請時に拡充した物性値
- 拡充前（HTRR申請時）の物性値の回帰線
- 拡充後（常陽申請時）の物性値の回帰線



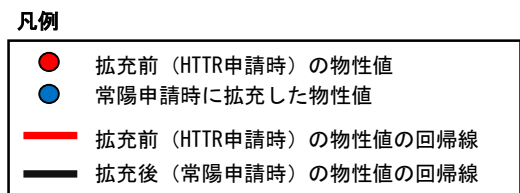
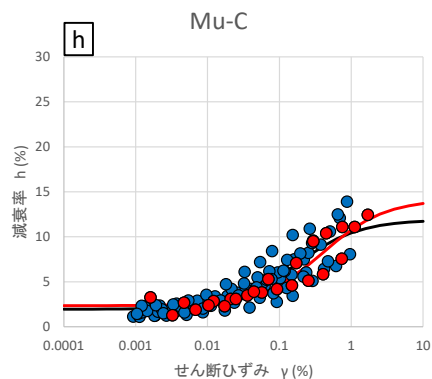
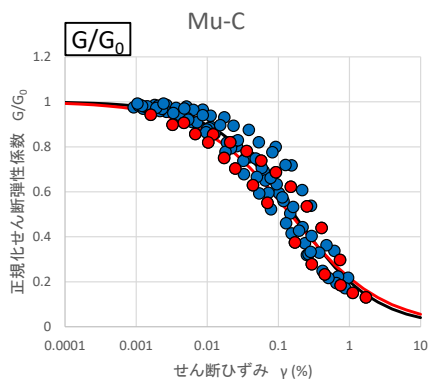
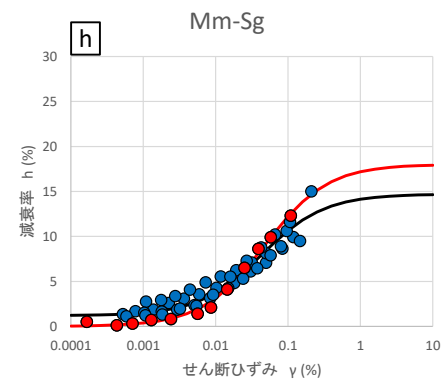
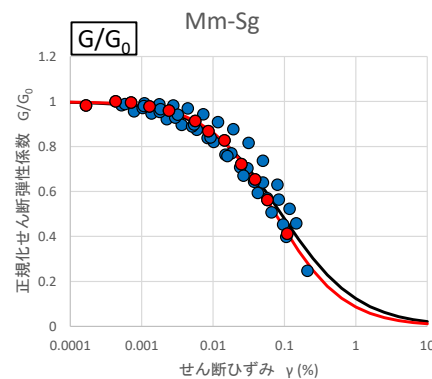
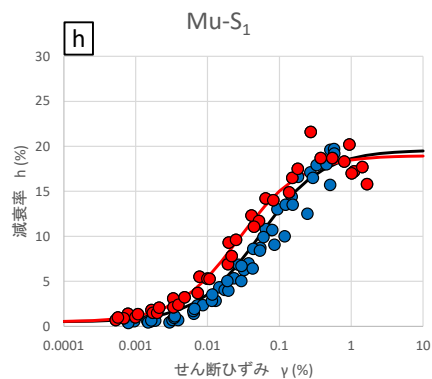
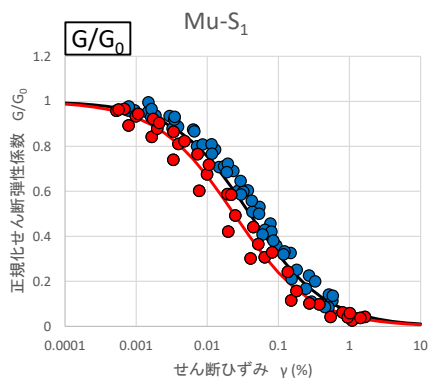
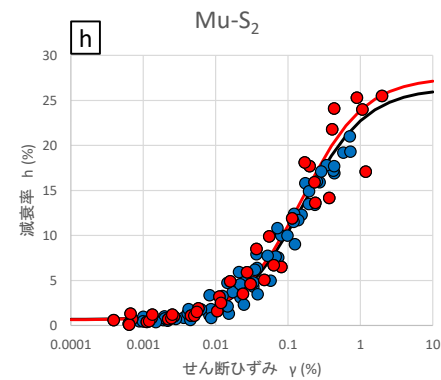
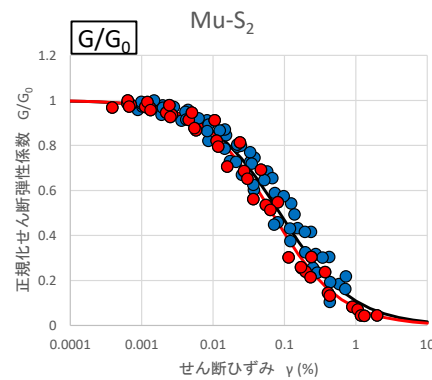
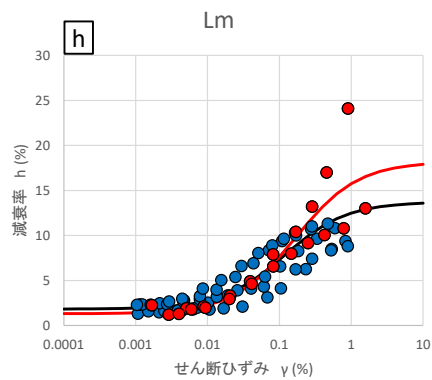
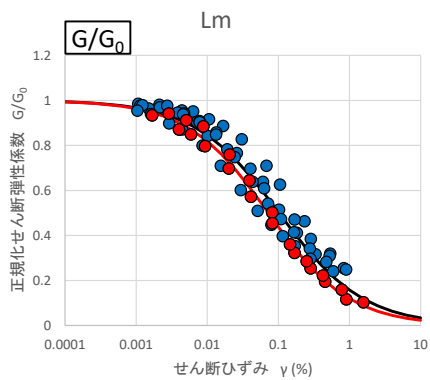
凡例

- 拡充前（HTTR申請時）の物性値
- 常陽申請時に拡充した物性値
- 拡充前（HTTR申請時）の物性値の回帰線
- 拡充後（常陽申請時）の物性値の回帰線

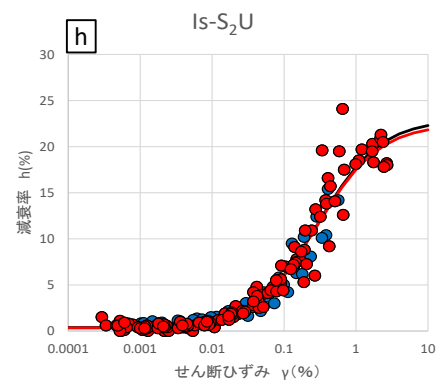
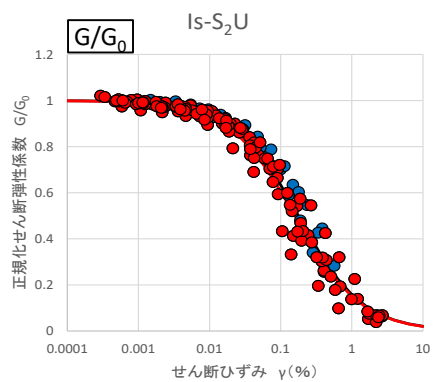
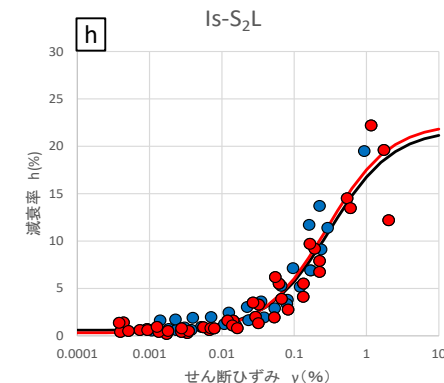
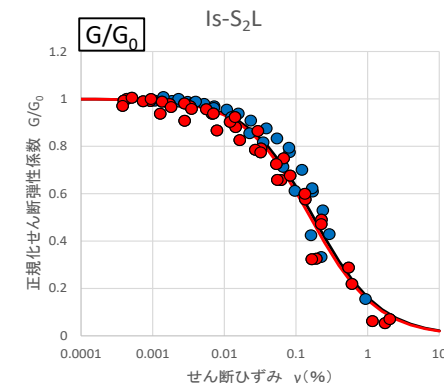
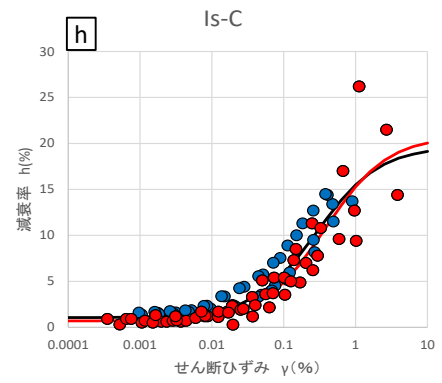
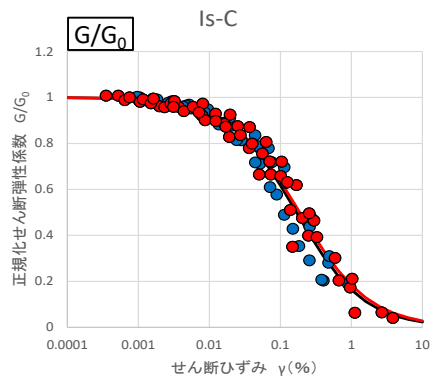
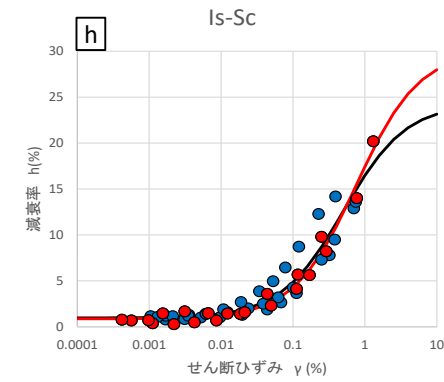
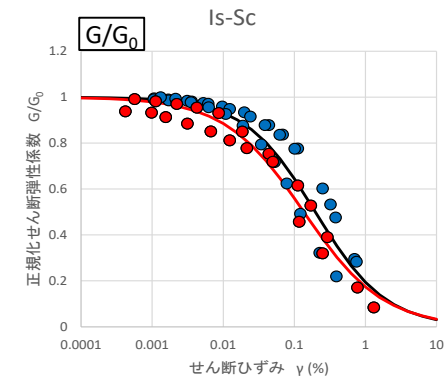
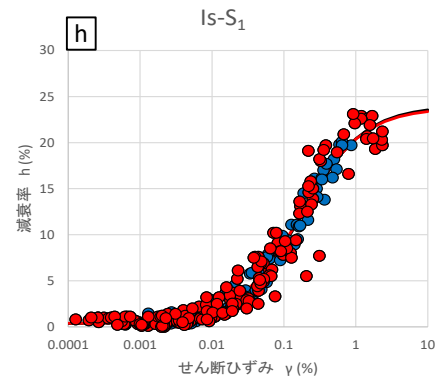
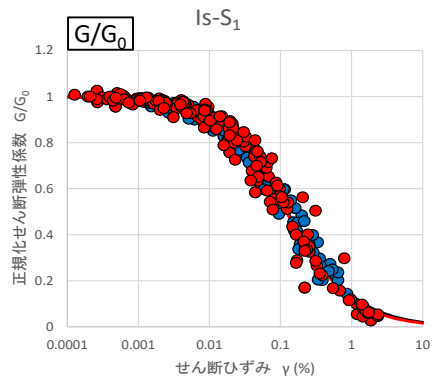


凡例

- 拡充前（HTR申請時）の物性値
- 常陽申請時に拡充した物性値
- 拡充前（HTR申請時）の物性値の回帰線
- 拡充後（常陽申請時）の物性値の回帰線

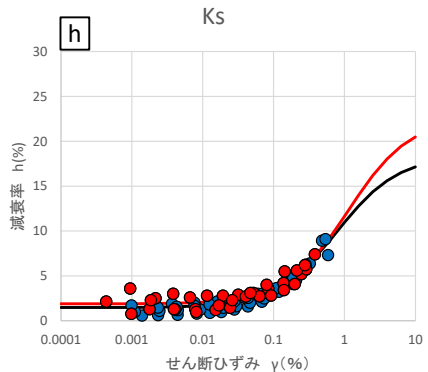
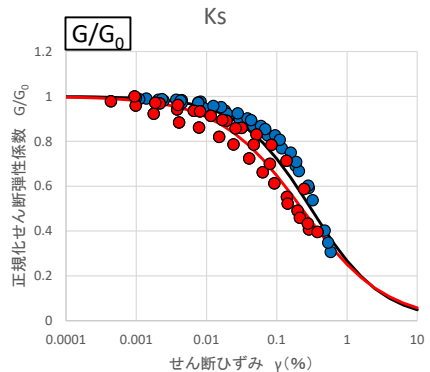
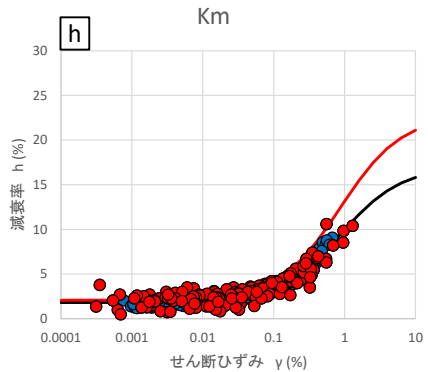
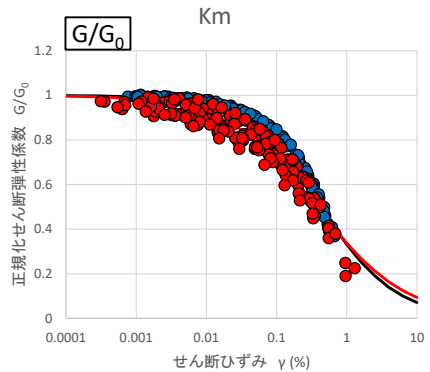
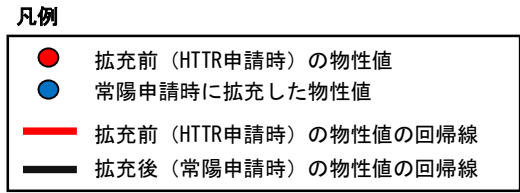
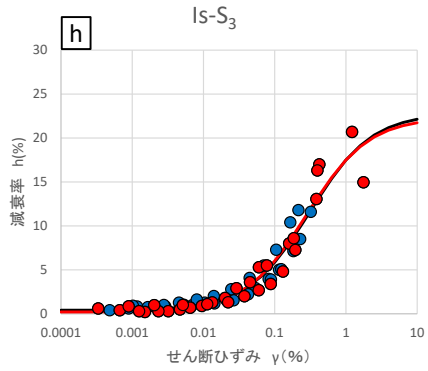
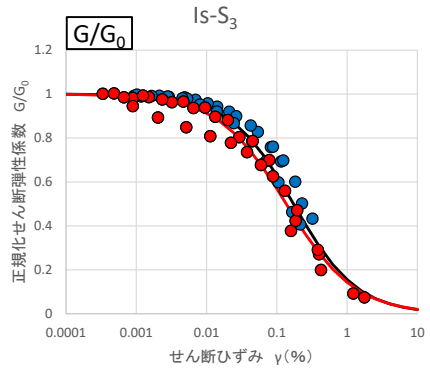


解析用地盤物性値（正規化せん断弾性係数 G/G_0 ・減衰率 h ）（2）



凡例

- 拡充前（HTTR申請時）の物性値
- 常陽申請時に拡充した物性値
- 拡充前（HTTR申請時）の物性値の回帰線
- 拡充後（常陽申請時）の物性値の回帰線



常陽とHTTRの解析用地盤物性値一覽

物性項目	地層名	解析用地盤物性値				
		常陽			HTTR	
		平均値	標準偏差 σ	試験個数	平均値	試験個数
湿潤密度 $\rho_t(\text{g}/\text{cm}^3)$	Lm	1.35	0.08	43	1.36	27
	Mu-S ₁	1.89	0.08	119	1.90	67
	Mu-C	1.73	0.08	63	1.75	27
	Mu-S ₂	1.87	0.08	128	1.90	40
	Mm-Sg	2.21	0.12	61	2.02	5
	Is-S ₁	1.86	0.07	250	1.87	158
	Is-C	1.87	0.03	46	1.88	30
	Is-S ₂ U	1.84	0.07	164	1.86	190
	Is-Sc	1.81	0.04	60	1.82	40
	Is-S ₂ L	1.91	0.07	66	1.86	190
	Is-Sg	(HTTRと同じ)			1.98	11
	Is-S ₃	1.96	0.05	40	1.97	20
	Km	1.79	0.03	159	1.79	111
	Ks	1.83	0.06	26	1.88	10
初期動せん断 弾性係数 $G_0(\text{MN}/\text{m}^2)$	Lm	40.8	17.47	39	42.3	27
	Mu-S ₁	195	42.80	103	222	67
	Mu-C	148	21.77	55	150	27
	Mu-S ₂	338	46.75	96	354	40
	Mm-Sg	631	94.03	41	752	5
	Is-S ₁	358	48.77	214	359	158
	Is-C	274	39.26	42	275	30
	Is-S ₂ U	266	33.02	156	288	190
	Is-Sc	291	27.43	52	285	40
	Is-S ₂ L	383	46.48	58	288	190
	Is-Sg	(HTTRと同じ)			714	11
	Is-S ₃	477	39.29	32	485	20
	Km	487	88.43	159	464	111
	Ks	684	103.37	26	763	10

物性項目	地層名	解析用地盤物性値				
		常陽			HTTR	
		平均値	標準偏差 σ	試験個数	平均値	試験個数
動ポアソン比 ν_d	Lm	0.45	0.04	39	0.47	27
	Mu-S ₁	0.43	0.02	103	0.44	67
	Mu-C	0.44	0.03	55	0.46	27
	Mu-S ₂	0.31	0.10	96	0.41	40
	Mm-Sg	0.35	0.01	41	0.38	5
	Is-S ₁	0.46	0.00	214	0.46	158
	Is-C	0.47	0.00	42	0.47	30
	Is-S ₂ U	0.47	0.00	156	0.47	190
	Is-Sc	0.47	0.00	52	0.47	40
	Is-S ₂ L	0.46	0.01	58	0.47	190
	Is-Sg	(HTTRと同じ)			0.44	11
	Is-S ₃	0.45	0.01	32	0.45	20
	Km	0.45	0.01	159	0.45	111
	Ks	0.44	0.01	26	0.43	10
静弾性係数 $E_{50}(\text{N}/\text{mm}^2)$	Lm	10.9	4.93	20	16.9	4
	Mu-S ₁	37.2	17.63	32	37.3	24
	Mu-C	124	41.47	28	52.6	4
	Mu-S ₂	75.1	39.68	44	37.3	24
	Mm-Sg	188	100.15	20	55.4	4
	Is-S ₁	60.2	38.08	44	104	4
	Is-C	264	88.50	14	173	2
	Is-S ₂ U	114	33.16	20	116	12
	Is-Sc	228	96.09	16	162	4
	Is-S ₂ L	149	71.00	16	116	12
	Is-Sg	(Is-S ₂ Lと同じ)			(Is-S ₂ と同じ)	
	Is-S ₃	194	99.61	16	249	4
	Km, Ks	$E_{50}=302-2.96 \cdot Z$ 標準偏差 σ 89.16 試験個数 80			$E_{50}=244-3.39 \cdot Z$ 試験個数 16	

物性項目	地層名	解析用地盤物性値	
		常陽	HTTR
ピーク強度 τ (N/mm ²)	Lm	$\tau=0.061+\sigma \cdot \tan 15.1^{\circ}$ N/mm ²	$\tau=0.090+\sigma \cdot \tan 12.6^{\circ}$ N/mm ²
	Mu-S ₁	$\tau=0.022+\sigma \cdot \tan 36.9^{\circ}$ N/mm ²	$\tau=0.017+\sigma \cdot \tan 40.0^{\circ}$ N/mm ²
	Mu-C	$\tau=0.164+\sigma \cdot \tan 21.0^{\circ}$ N/mm ²	$\tau=0.067+\sigma \cdot \tan 10.5^{\circ}$ N/mm ²
	Mu-S ₂	$\tau=0.031+\sigma \cdot \tan 38.8^{\circ}$ N/mm ²	$\tau=0.017+\sigma \cdot \tan 40.0^{\circ}$ N/mm ²
	Mm-Sg	$\tau=0.086+\sigma \cdot \tan 40.0^{\circ}$ N/mm ²	$\tau=0.082+\sigma \cdot \tan 33.0^{\circ}$ N/mm ²
	Is-S ₁	$\tau=0.388+\sigma \cdot \tan 26.8^{\circ}$ N/mm ²	$\tau=0.208+\sigma \cdot \tan 16.8^{\circ}$ N/mm ²
	Is-C	$\tau=0.524$ N/mm ²	$\tau=0.410$ N/mm ²
	Is-S ₂ U	$\tau=0.656+\sigma \cdot \tan 13.7^{\circ}$ N/mm ²	$\tau=0.571+\sigma \cdot \tan 17.8^{\circ}$ N/mm ²
	Is-Sc	$\tau=0.601+\sigma \cdot \tan 9.5^{\circ}$ N/mm ²	$\tau=0.722+\sigma \cdot \tan 8.2^{\circ}$ N/mm ²
	Is-S ₂ L	$\tau=0.654+\sigma \cdot \tan 19.3^{\circ}$ N/mm ²	$\tau=0.571+\sigma \cdot \tan 17.8^{\circ}$ N/mm ²
	Is-Sg	(Is-S ₂ Lと同じ)	(Is-S ₂ と同じ)
	Is-S ₃	$\tau=0.777+\sigma \cdot \tan 17.5^{\circ}$ N/mm ²	$\tau=0.497+\sigma \cdot \tan 18.0^{\circ}$ N/mm ²
Km	$Cu=0.780+0.00333 \cdot Z$ N/mm ²	$Cu=1.062+0.00114 \cdot Z$ N/mm ²	
Ks	(Kmと同じ)	(Kmと同じ)	
残留強度 τr (N/mm ²)	Lm	$\tau r=0.057+\sigma \cdot \tan 11.4^{\circ}$ N/mm ²	$\tau r=0.066+\sigma \cdot \tan 17.1^{\circ}$ N/mm ²
	Mu-S ₁	$\tau r=0.016+\sigma \cdot \tan 32.9^{\circ}$ N/mm ²	$\tau r=0.018+\sigma \cdot \tan 33.3^{\circ}$ N/mm ²
	Mu-C	$\tau r=0.138+\sigma \cdot \tan 13.0^{\circ}$ N/mm ²	$\tau r=0.055+\sigma \cdot \tan 11.4^{\circ}$ N/mm ²
	Mu-S ₂	$\tau r=0.000+\sigma \cdot \tan 38.0^{\circ}$ N/mm ²	$\tau r=0.018+\sigma \cdot \tan 33.3^{\circ}$ N/mm ²
	Mm-Sg	$\tau r=0.003+\sigma \cdot \tan 40.1^{\circ}$ N/mm ²	$\tau r=\sigma \cdot \tan 35.2^{\circ}$ N/mm ²
	Is-S ₁	$\tau r=0.268+\sigma \cdot \tan 27.0^{\circ}$ N/mm ²	$\tau r=0.206+\sigma \cdot \tan 16.9^{\circ}$ N/mm ²
	Is-C	$\tau r=0.447$ N/mm ²	$\tau r=0.343$ N/mm ²
	Is-S ₂ U	$\tau r=0.637+\sigma \cdot \tan 13.7^{\circ}$ N/mm ²	$\tau r=0.524+\sigma \cdot \tan 17.8^{\circ}$ N/mm ²
	Is-Sc	$\tau r=0.601+\sigma \cdot \tan 8.5^{\circ}$ N/mm ²	$\tau r=0.722+\sigma \cdot \tan 8.2^{\circ}$ N/mm ²
	Is-S ₂ L	$\tau r=0.618+\sigma \cdot \tan 19.3^{\circ}$ N/mm ²	$\tau r=0.524+\sigma \cdot \tan 17.8^{\circ}$ N/mm ²
	Is-Sg	(Is-S ₂ Lと同じ)	(Is-S ₂ と同じ)
	Is-S ₃	$\tau r=0.691+\sigma \cdot \tan 17.5^{\circ}$ N/mm ²	$\tau r=0.496+\sigma \cdot \tan 18.0^{\circ}$ N/mm ²
Km	$Cur=0.322+0.00455 \cdot Z$ N/mm ²	$Cur=0.376+0.00356 \cdot Z$ N/mm ²	
Ks	(Kmと同じ)	(Kmと同じ)	

物性項目	地層名	解析用地盤物性値	
		常陽	HTTR
正規化せん断 弾性係数 G/Go	Lm	$G/G_0=1/(1+5.35\gamma^{0.734})$	$G/G_0=1/(1+7.42\gamma^{0.763})$
	Mu-S ₁	$G/G_0=1/(1+14.1\gamma^{0.819})$	$G/G_0=1/(1+20.4\gamma^{0.805})$
	Mu-C	$G/G_0=1/(1+4.00\gamma^{0.771})$	$G/G_0=1/(1+3.61\gamma^{0.671})$
	Mu-S ₂	$G/G_0=1/(1+8.24\gamma^{0.858})$	$G/G_0=1/(1+11.7\gamma^{0.911})$
	Mm-Sg	$G/G_0=1/(1+7.14\gamma^{0.815})$	$G/G_0=1/(1+10.7\gamma^{0.912})$
	Is-S ₁	$G/G_0=1/(1+6.42\gamma^{0.889})$	$G/G_0=1/(1+7.27\gamma^{0.935})$
	Is-C	$G/G_0=1/(1+5.15\gamma^{0.921})$	$G/G_0=1/(1+4.49\gamma^{0.893})$
	Is-S ₂ U	$G/G_0=1/(1+5.34\gamma^{0.966})$	$G/G_0=1/(1+5.66\gamma^{0.942})$
	Is-Sc	$G/G_0=1/(1+4.14\gamma^{0.876})$	$G/G_0=1/(1+4.75\gamma^{0.782})$
	Is-S ₂ L	$G/G_0=1/(1+5.20\gamma^{0.946})$	$G/G_0=1/(1+5.66\gamma^{0.942})$
	Is-Sg	(Is-S ₂ Lと同じ)	(Is-S ₂ と同じ)
	Is-S ₃	$G/G_0=1/(1+5.44\gamma^{0.965})$	$G/G_0=1/(1+6.00\gamma^{0.898})$
Km	$G/G_0=1/(1+2.02\gamma^{0.808})$	$G/G_0=1/(1+1.97\gamma^{0.689})$	
Ks	$G/G_0=1/(1+2.74\gamma^{0.853})$	$G/G_0=1/(1+2.98\gamma^{0.737})$	
減衰率 h	Lm	$h=11.9\gamma/(\gamma+0.117)+1.82$	$h=16.9\gamma/(\gamma+0.168)+1.30$
	Mu-S ₁	$h=19.1\gamma/(\gamma+0.0527)+0.49$	$h=18.5\gamma/(\gamma+0.0273)+0.481$
	Mu-C	$h=9.94\gamma/(\gamma+0.171)+1.95$	$h=11.8\gamma/(\gamma+0.406)+2.35$
	Mu-S ₂	$h=25.7\gamma/(\gamma+0.164)+0.667$	$h=26.9\gamma/(\gamma+0.157)+0.621$
	Mm-Sg	$h=13.5\gamma/(\gamma+0.0429)+1.20$	$h=18.0\gamma/(\gamma+0.0474)$
	Is-S ₁	$h=23.6\gamma/(\gamma+0.176)+0.353$	$h=23.4\gamma/(\gamma+0.169)+0.362$
	Is-C	$h=18.6\gamma/(\gamma+0.287)+1.05$	$h=20.1\gamma/(\gamma+0.376)+0.691$
	Is-S ₂ U	$h=22.6\gamma/(\gamma+0.297)+0.349$	$h=22.1\gamma/(\gamma+0.285)+0.307$
	Is-Sc	$h=23.3\gamma/(\gamma+0.502)+0.969$	$h=29.2\gamma/(\gamma+0.760)+0.859$
	Is-S ₂ L	$h=21.2\gamma/(\gamma+0.311)+0.583$	$h=22.1\gamma/(\gamma+0.285)+0.307$
	Is-Sg	(Is-S ₂ Lと同じ)	(Is-S ₂ と同じ)
	Is-S ₃	$h=22.4\gamma/(\gamma+0.312)+0.412$	$h=22.1\gamma/(\gamma+0.281)+0.208$
Km	$h=15.2\gamma/(\gamma+0.861)+1.82$	$h=13.9\gamma/(\gamma+0.870)+2.07$	
Ks	$h=16.9\gamma/(\gamma+0.779)+1.47$	$h=20.7\gamma/(\gamma+1.12)+1.88$	

解析用地下水位に関するコメント回答

コメントNo. 14（令和3年3月5日 第396回審査会合）

地下水位は東西方向に高低差がある。解析用地下水位(T.P.+6.7m)の設定については、後段規制への影響も含め、その妥当性について説明すること。

コメントNo. 15（令和3年3月5日 第396回審査会合）

地下水位より上部に分布する宙水について、解析上の位置づけを明確にすること。

回答

解析用地下水位の設定については、原子炉施設の近傍の地下水位観測データを踏まえ、T.P.+6.7 mに設定した解析を基本とし、すべり安全率の評価を行う。
ただし、地下水位の変動を考慮し、地下水位を地表面に設定した場合の評価を行い、原子炉施設周辺の地下水位分布及び宙水による影響を包含したすべり安全率を確認する。



審査会合におけるコメント回答（基礎地盤の安定性評価に関するもの）
回答要旨

コメントNo. 16（令和3年3月5日 第396回審査会合）

用語（洪積層）について、地質学の用語を踏まえた記載に適正化すること。

回答

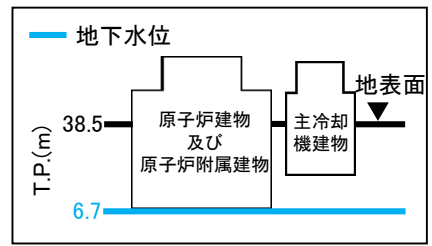
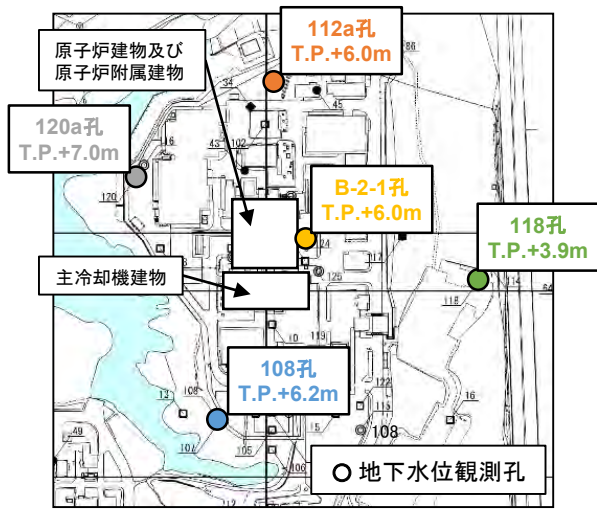
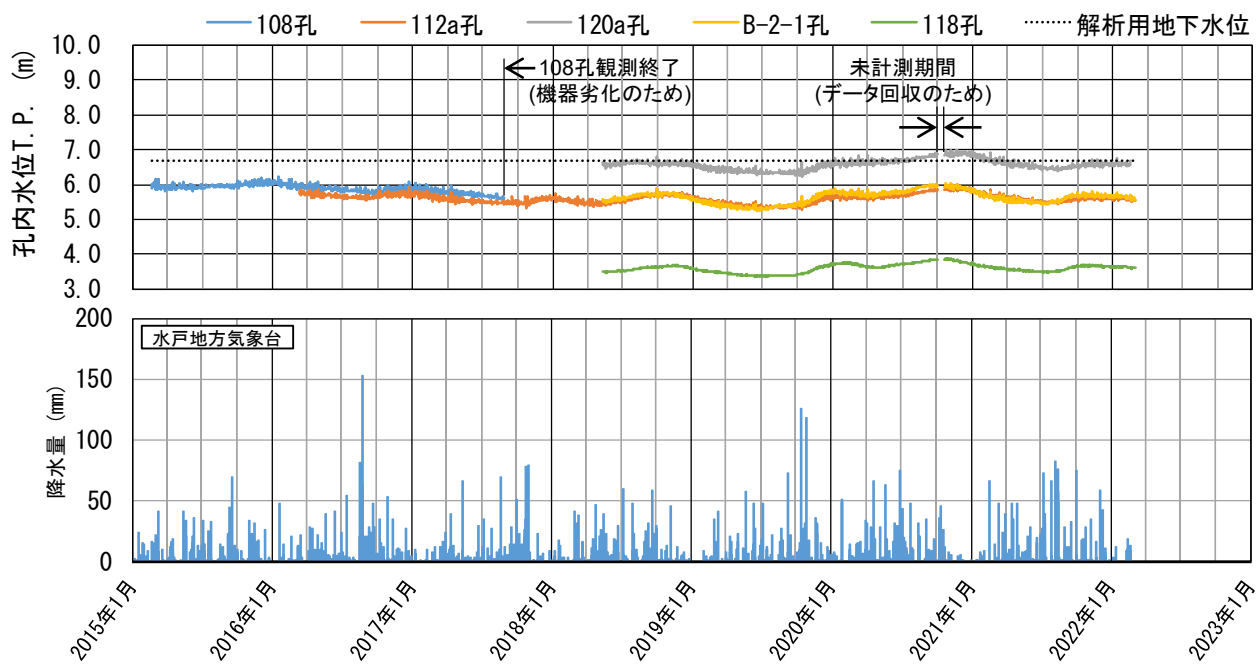
地質学の用語を踏まえて記載を見直した。（本資料46、53ページ）



解析用地下水位の設定 地下水位観測結果

【地下水位観測】

- ・原子炉施設周辺において2015年2月～2022年現在にかけて地下水位を観測している（地下水位の設定に関する確認結果を参考資料に示す）。
- ・「原子炉建物及び原子炉附属建物」、「主冷却機建物」の近傍（B-2-1孔）の地下水位は最大でT.P.+6.0 mであり、年間の季節変動は少なく地下水位は安定している。
- ・原子炉施設周辺の地下水位分布については、南北方向（112a孔、B-2-1孔、108孔）はT.P.+6.0 m程度で一定であり、東西方向（120a孔、B-2-1孔、118孔）は西側から東側に向かって高低差がある。
- ・地下水位の上部には宙水を確認しており、次ページに宙水の観測結果を示す。



地下水位観測孔の地下水位及び水戸地方気象台の降水量

【宙水観測】

- ・宙水については、3箇所（107孔、120孔、112b孔）で水位を観測している。
- ・各観測孔の水位は、降水による短期的な変動が認められるが、平均的にはT.P.+28.4～30.0 m程度となっており、地山（Mu-C層）上部に厚さ0.2～2.0 m程度で薄く分布している。

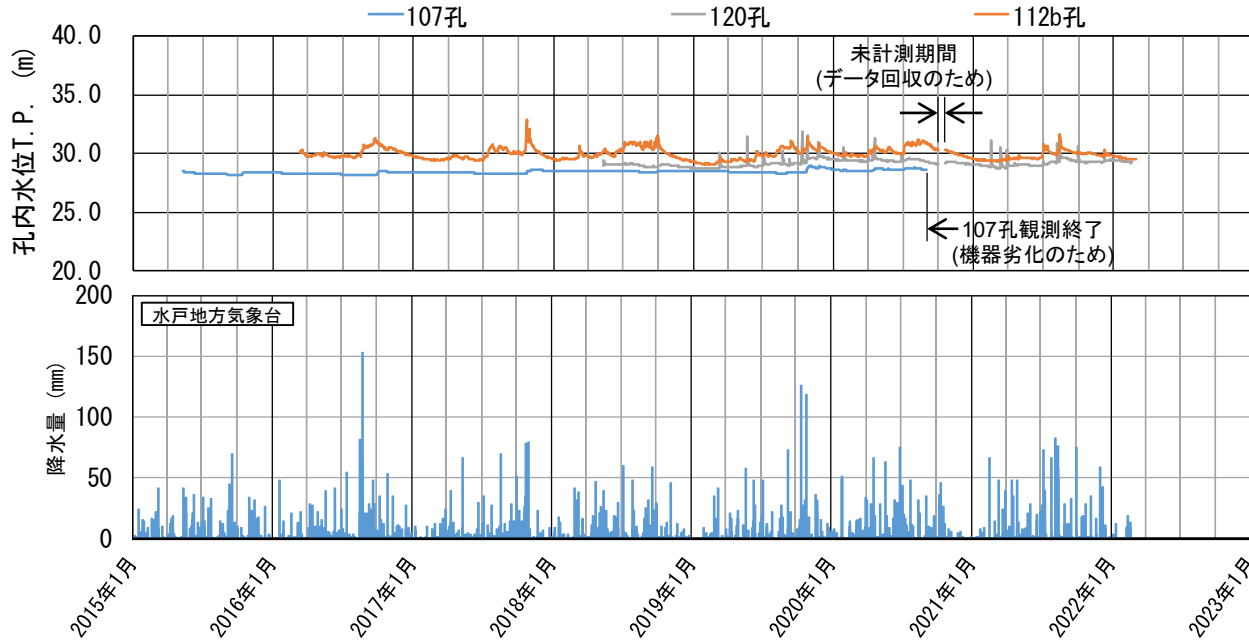


図 水位変動図

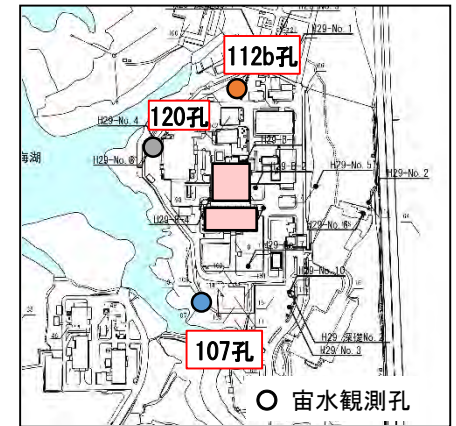


図 宙水観測孔位置

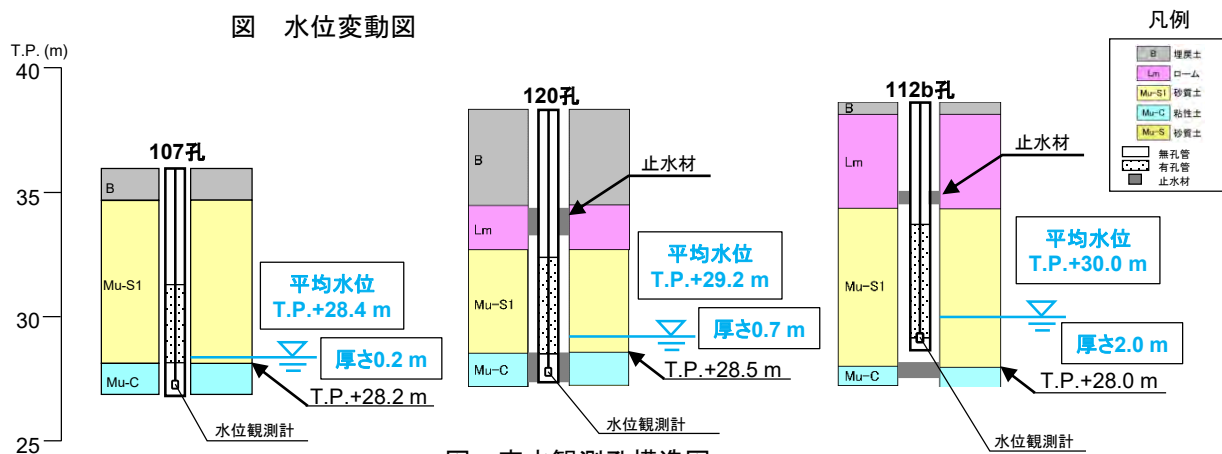
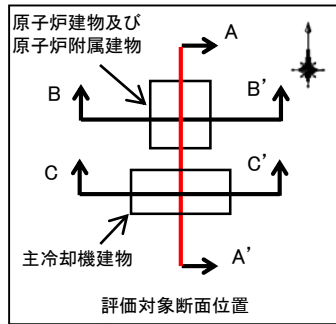


図 宙水観測孔構造図

解析用地下水位の設定 基本ケース及び影響検討ケース

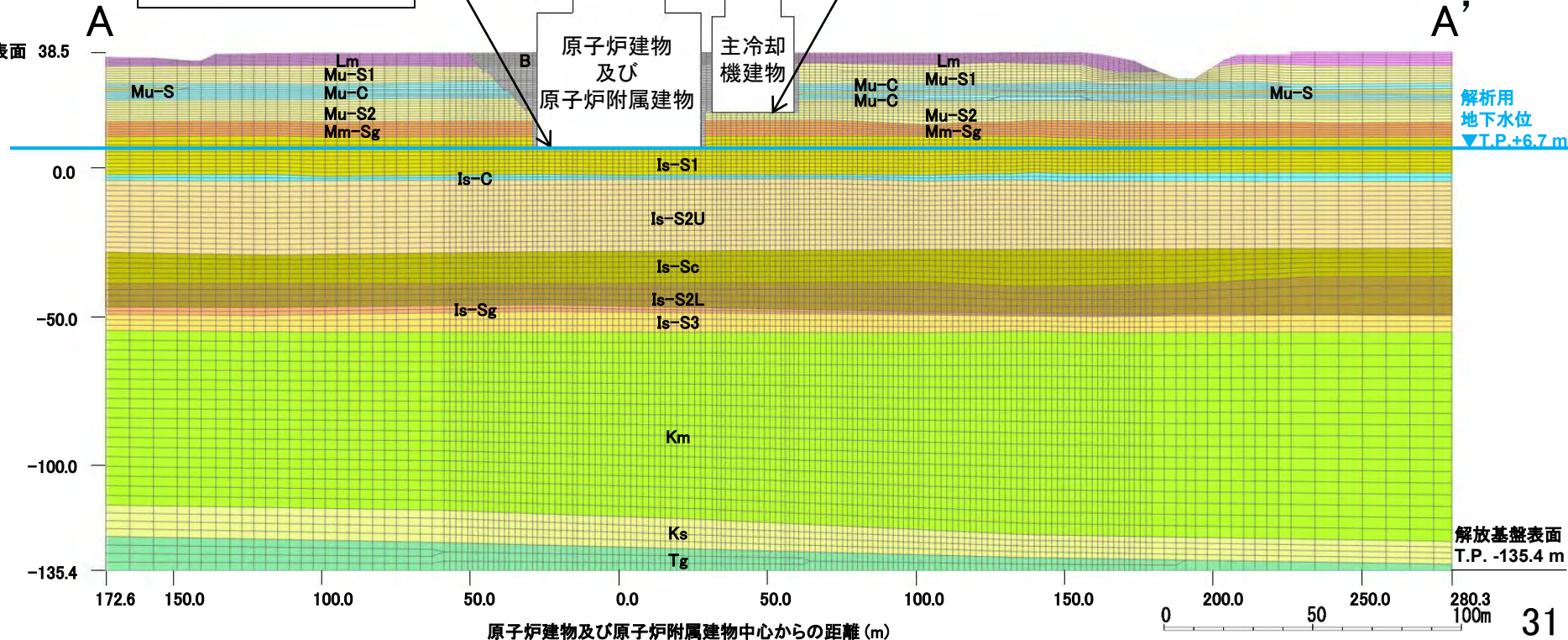
【解析用地下水位】

- ・基礎地盤の安定性評価は「原子炉建物及び原子炉附属建物」、「主冷却機建物」の近傍 (B-2-1孔) の観測記録を踏まえ、解析用地下水位を T.P.+6.7 m (原子炉建物及び原子炉附属建物の基礎底面位置) に設定した解析を基本とし、基礎地盤がすべりに対して安定性を有していることを確認する。
- ・ただし、地下水位の変動を考慮し、地下水位を地表面 (T.P.+38.5 m) に設定した場合の評価をすべり安全率が最小となるすべり線に対して行い、原子炉施設周辺の地下水位分布及び宙水による影響を包含したすべり安全率を確認する。



凡例

B	埋戻土	Mm-Sg	礫質土	Km	砂質泥岩
Lm	ローム	Is-S1	砂質土	Ks	砂岩
Mu-S1	砂質土	Is-C	粘性土	Tg	砂岩泥岩互層
Mu-C	粘性土	Is-S2U	砂質土		
Mu-S	砂質土	Is-Sc	砂質土		
Mu-S2	砂質土	Is-S2L	砂質土		
		Is-Sg	礫質土		
		Is-S3	砂質土		



【基本方針】

①評価対象地盤

評価対象の地盤は評価対象施設建設後の地盤とし、建設時に掘削された領域を埋戻土として反映する（基本モデル）。

②評価対象断面

評価対象の断面は評価対象施設の南北断面（A-A' 断面）、東西断面2断面（B-B' 断面：原子炉建物及び原子炉附属建物、C-C' 断面：主冷却機建物）の3断面とする。

③すべり線

すべり線は、評価対象施設の基礎底面を通り、建物端部から地表面に立ち上がるすべり線とする。検討すべり線は3断面とも4ケースとする。すべり安全率が最小となるすべり線については、すべり線の一方の立ち上がり角度を固定し、他方の角度を変化させ、立ち上がり角度のすべり安全率への影響を確認する。

④地盤強度のばらつき

地盤強度のばらつき（平均強度-1 σ ）を考慮した評価を最小すべり安全率を示すすべり線に対して行う。

⑤解析用地下水位

解析用地下水位は対象施設近傍の観測記録から設定したT.P. +6.7 mとする。ただし、**地下水位の変動や宙水の状況**を考慮し、地下水位を地表面（評価対象施設近傍はT.P. +38.5 m）に設定した場合の評価を最小すべり安全率を示すすべり線に対して行う。

【影響検討】

以下の検討を実施し、すべり安全率に及ぼす影響を確認した。

①粘性土層を通るすべり線の影響検討

評価対象施設の支持地盤の下部に存在する粘性土（Is-C）を通るすべり線におけるすべり安全率を確認し、Is-C層ですべらないことを確認した（検討結果は参考資料 8 (1)、(2)、(3) に示す）。

②周辺建物の影響検討

評価対象施設近傍にある周辺建物の評価対象施設に対する重量比を確認し、重量比が十分に小さく、すべり安全率に及ぼす影響が少ないと判断した（検討結果は参考資料 8 (4) に示す）。

第396回審査会合 資料1-1「大洗研究所(常陽)耐震重要施設
の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について(コメント回答)」
(一部修正)

修正箇所をマークして示す。

地下水位の設定に関する以下の検討を行い、妥当性を確認している。

(1) 地下水位観測データ

①常陽周辺における複数の地下水位観測記録の整理

→常陽周辺の地下水位分布、地下水位変動、地下水位設定の根拠を確認

②大洗研敷地内（常陽、HTTR、JMTR）における複数の地下水位観測記録を整理

→敷地内の広域的な地下水位分布、地下水位変動について確認

③不透水性の地盤である粘性土層が複数あることを踏まえて、各土層と水位の状況を確認

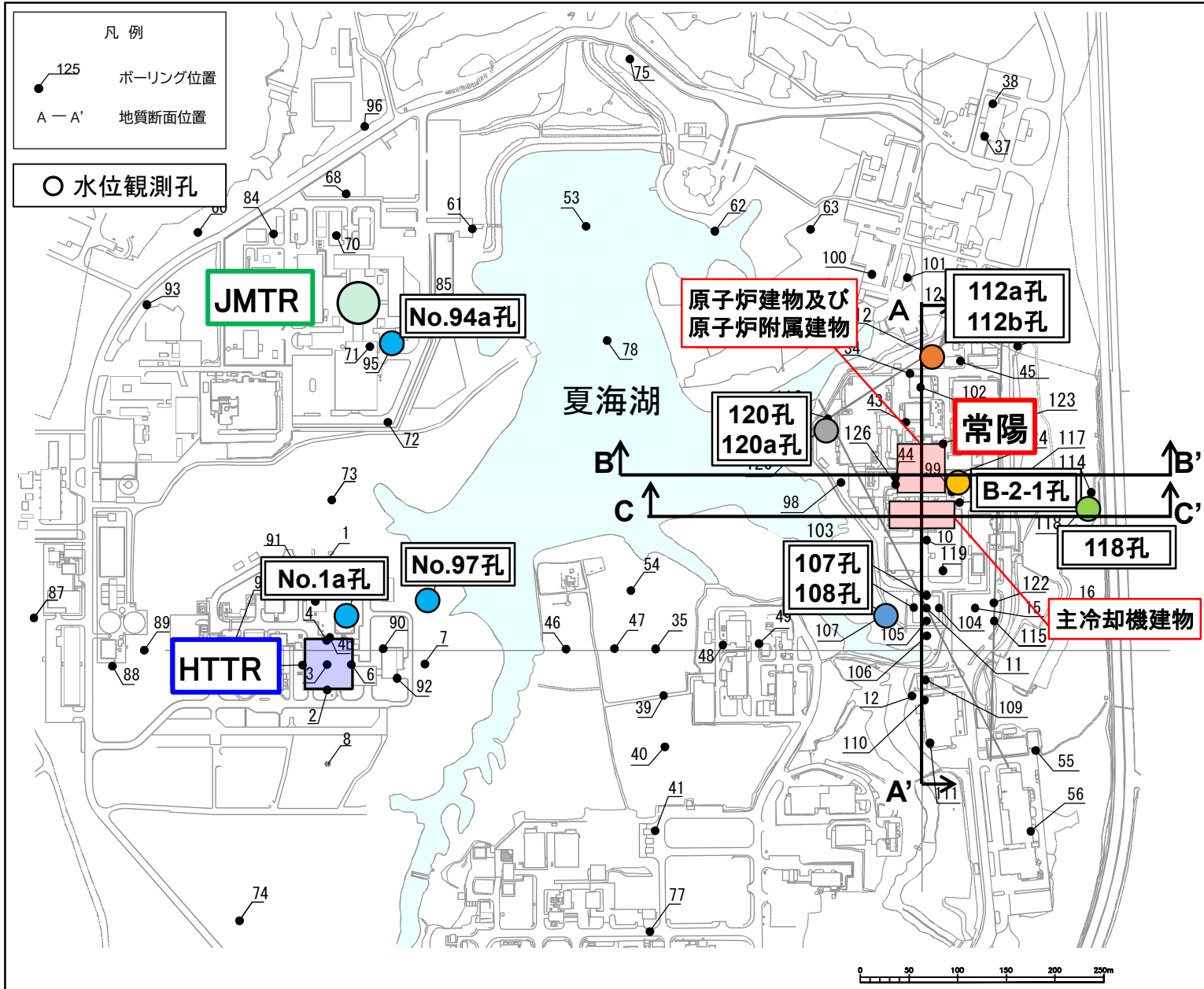
(2) 夏海湖による影響について

人造湖である夏海湖の構造や築造時の現場透水試験の結果を整理

→夏海湖の水位が地下水位に影響しないことを確認

地下水水位の設定について(地下水水位観測データ)

水位観測孔位置図



解析用地下水位の設定

- 常陽の解析用地下水位は、108孔をもとに年間変動を確認した結果、水位が原子炉建物の基礎底面位置 (T. P. +6.7 m) 以下であることから、解析用地下水位をT. P. +6.7 mに設定している。
- 常陽周辺の地下水位分布については、2016年3月以降、観測孔を追加し、複数地点で観測を継続している。
- 地下水位変動は年間で1 m程度であり、大きな変動はない。
- 地下水位観測より、原子炉建物の近傍 (B-2-1孔) での地下水位は、解析用地下水位の設定に用いている108孔 (T. P. +約6 m) と同程度である。
- 設定した地下水位は、**地盤改良**による補強を行う主冷却機建物の基礎底面 (T. P. +18.5 m) より10 m以上深い位置にある。

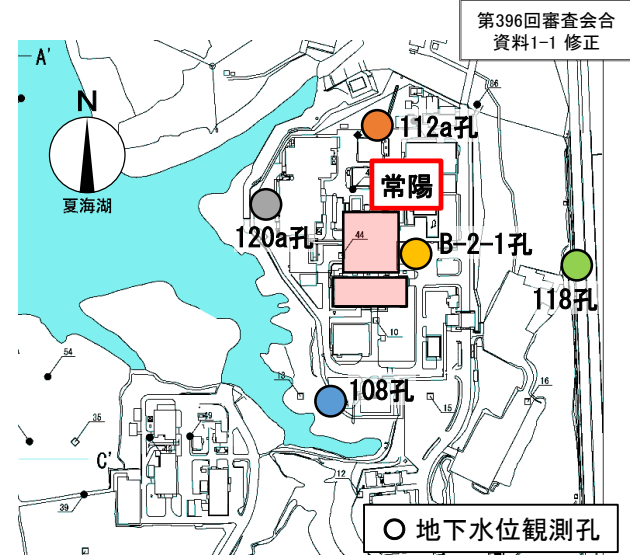
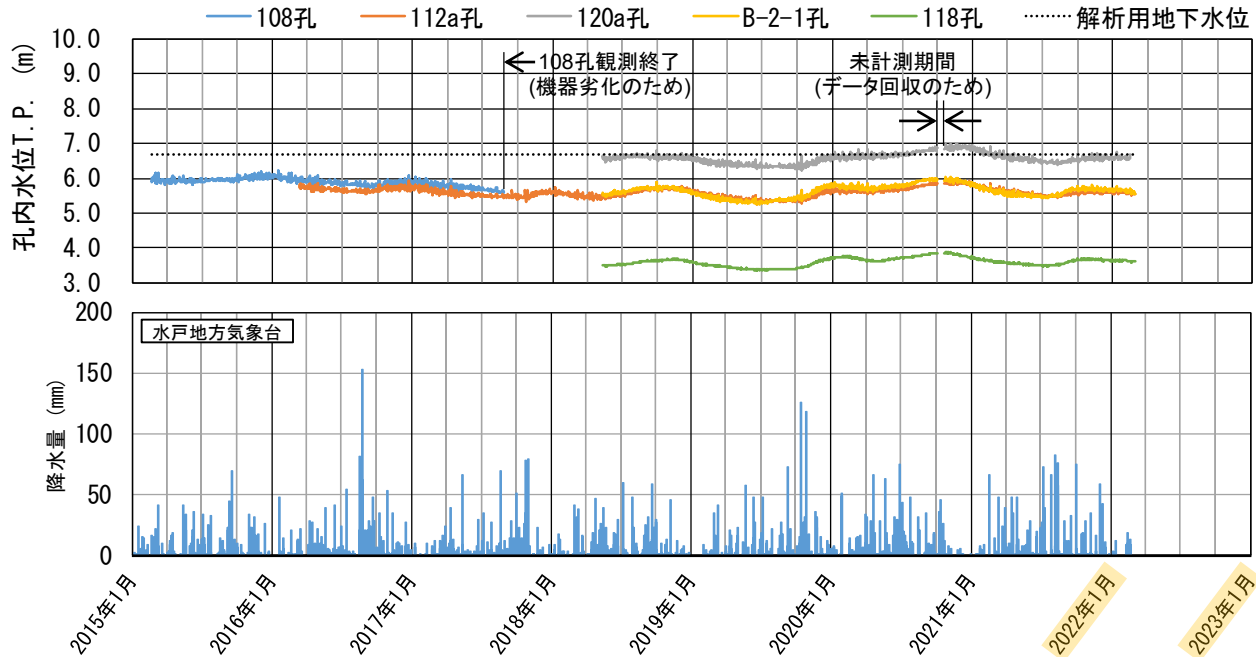


図 地下水位観測孔位置



地下水位の設定について (地下水位観測データ) 大洗研内の地下水位変動

・大洗研内の広域的な地下水位変動についても、年間で1 m程度であり、大きな変動はない。

【JMTR】 期間：2009年3月～2010年3月

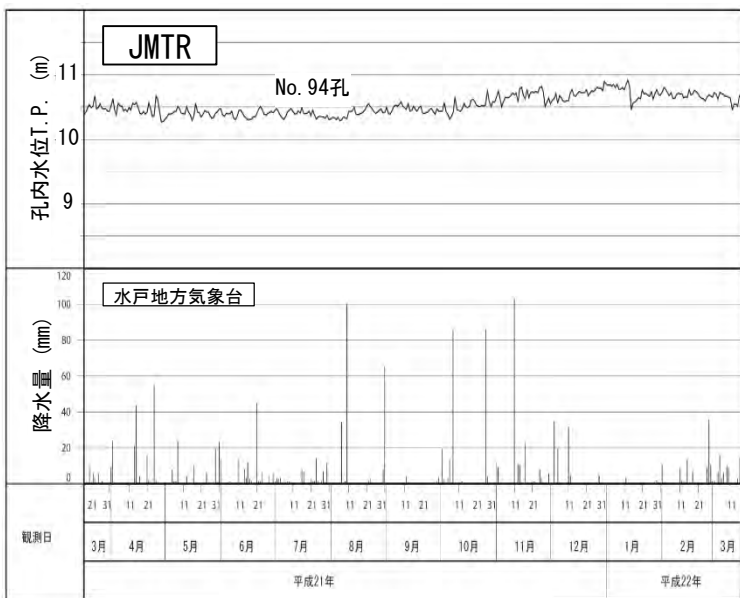


図 JMTRの地下水位変動図

【HTTR】 期間：1986年10月～1988年3月

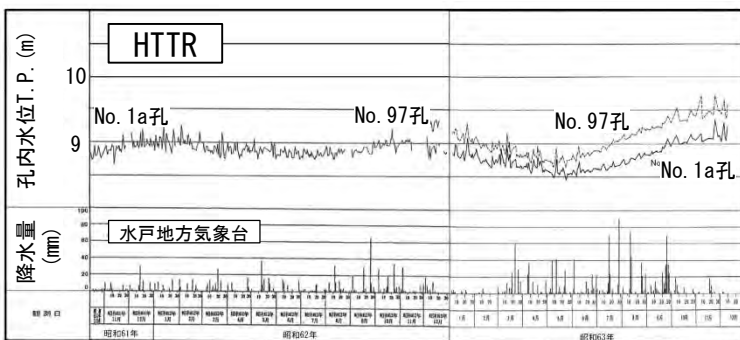


図 HTTRの地下水位変動図

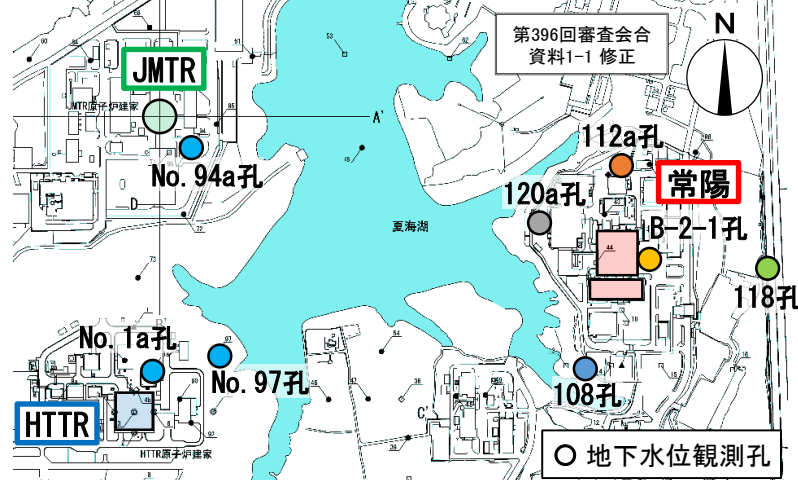


図 大洗研敷地内の地下水位観測孔位置

【常陽】 期間：2015年1月～2022年2月

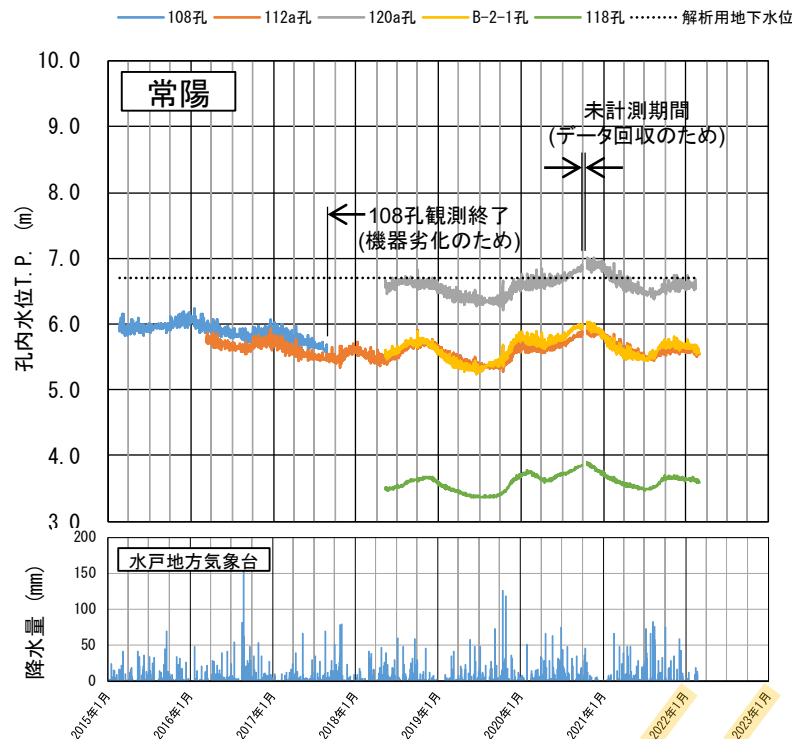
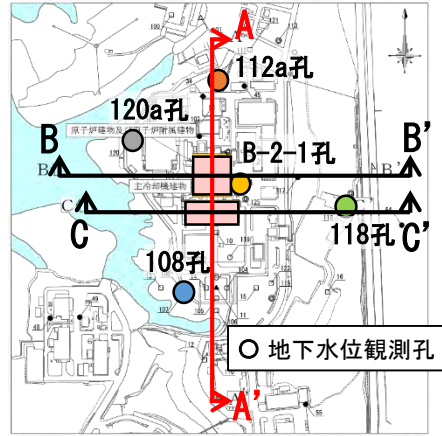


図 常陽の地下水位変動図 (再掲)

地下水位の設定について(地下水位観測データ)

敷地周辺の地下水位分布 (A-A'断面図)

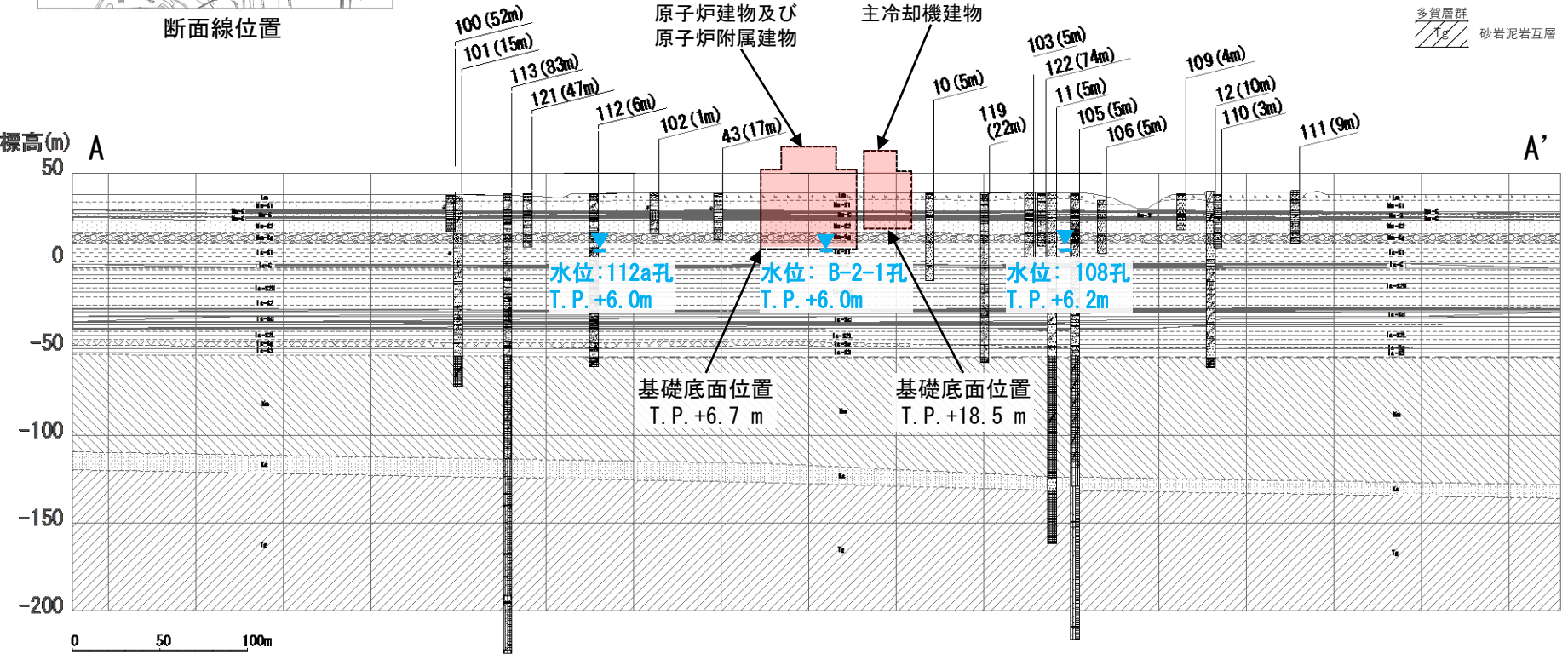


断面線位置

・南北方向の地下水位分布について、常陽周辺(112a孔、B-2-1孔、108孔)では、T.P. +約6 mでほぼ一定である。

凡例

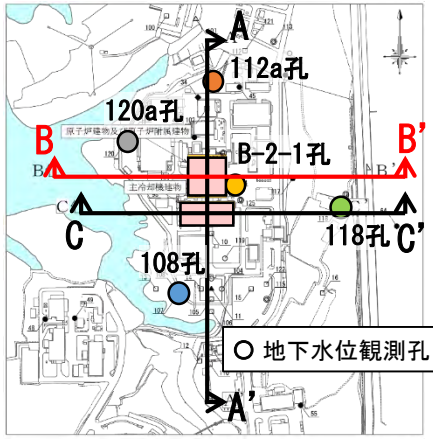
砂丘砂層	砂質土層	東茨城層群	礫質土層
M1段丘堆積物	火山灰質粘土	Is-S1	砂質土層
Mu-S1	砂質土層	Is-S2U	砂質土層
Mu-C	粘性土層	Is-S2	粘性土層
Mu-S	砂質土層 (Mu-C中挟み)	Is-S2i	砂質土層
Mu-S2	砂質土層	Is-S3	礫質土層
礫質土層	砂質土層	久米層	砂質土層
Mu-S3	砂質土層	Km	砂質泥岩層
		K	砂岩層
		多質層群	
		Tg	砂岩泥岩互層



A-A' 断面 (南北方向) ※()はボーリング孔の投影距離

地下水位の設定について(地下水位観測データ)

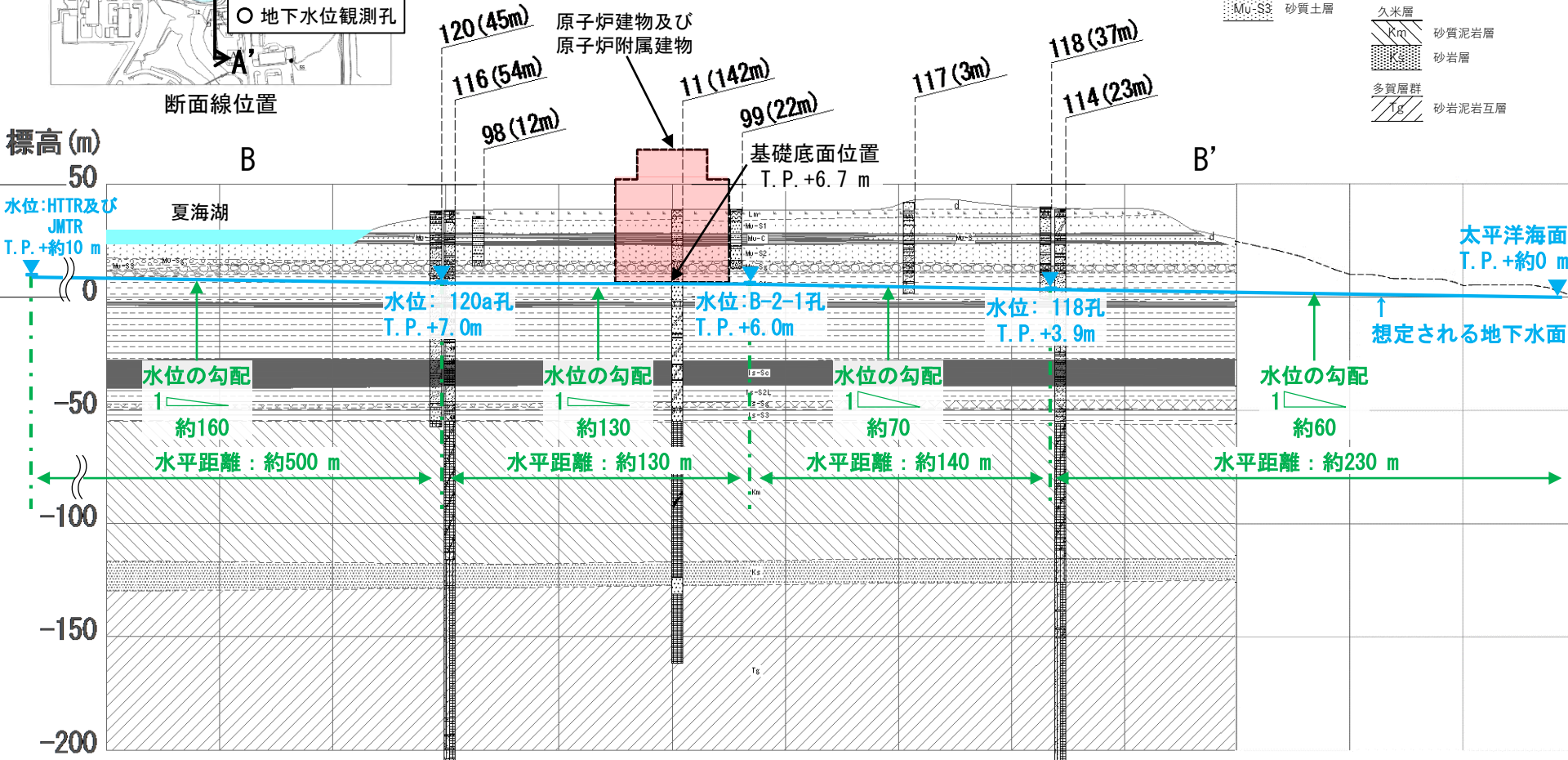
敷地周辺の地下水位分布 (B-B'断面図)



- ・ 東西方向の地下水位分布について、原子炉建物近傍にあるB-2-1孔でT. P. +6.0 m、西側(陸側)にある120a孔でT. P. +7.0 m、東側(海側)にある118孔でT. P. +3.9 mである。
- ・ 地下水位は西側(陸側)から東側(海側)方向に向かって低下しており、地下水は海側に向かって流動していると判断している。

凡例

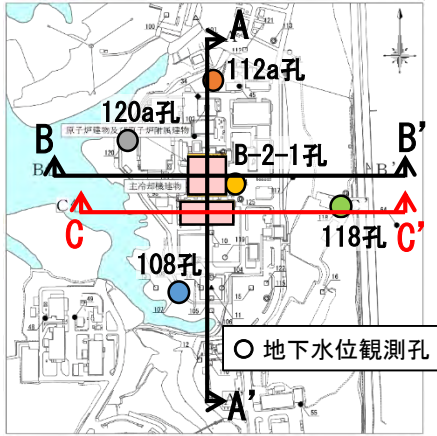
砂丘砂層	砂質土層	東茨城層群	礫質土層
M1段丘堆積物	火山灰質粘土	Is-S1	砂質土層
Mu-S1	砂質土層	Is-S2U	砂質土層
Mu-C	粘性土層	Is-S1	粘性土層
Mu-S	砂質土層 (Mu-C中挟み)	Is-S2L	砂質土層
Mo-S2	砂質土層	Is-S6	礫質土層
Mo-S3	礫質土層	Is-S3	砂質土層
Mu-S3	砂質土層	久米層	久米層
		Km	砂質泥岩層
		K	砂岩層
		多質層群	多質層群
		Tg	砂岩泥岩互層



B-B' 断面 (東西方向) ※ () 内はボーリング孔の投影距離 (m) を示す

地下水位の設定について (地下水位観測データ)

敷地周辺の地下水位分布 (C-C'断面図)

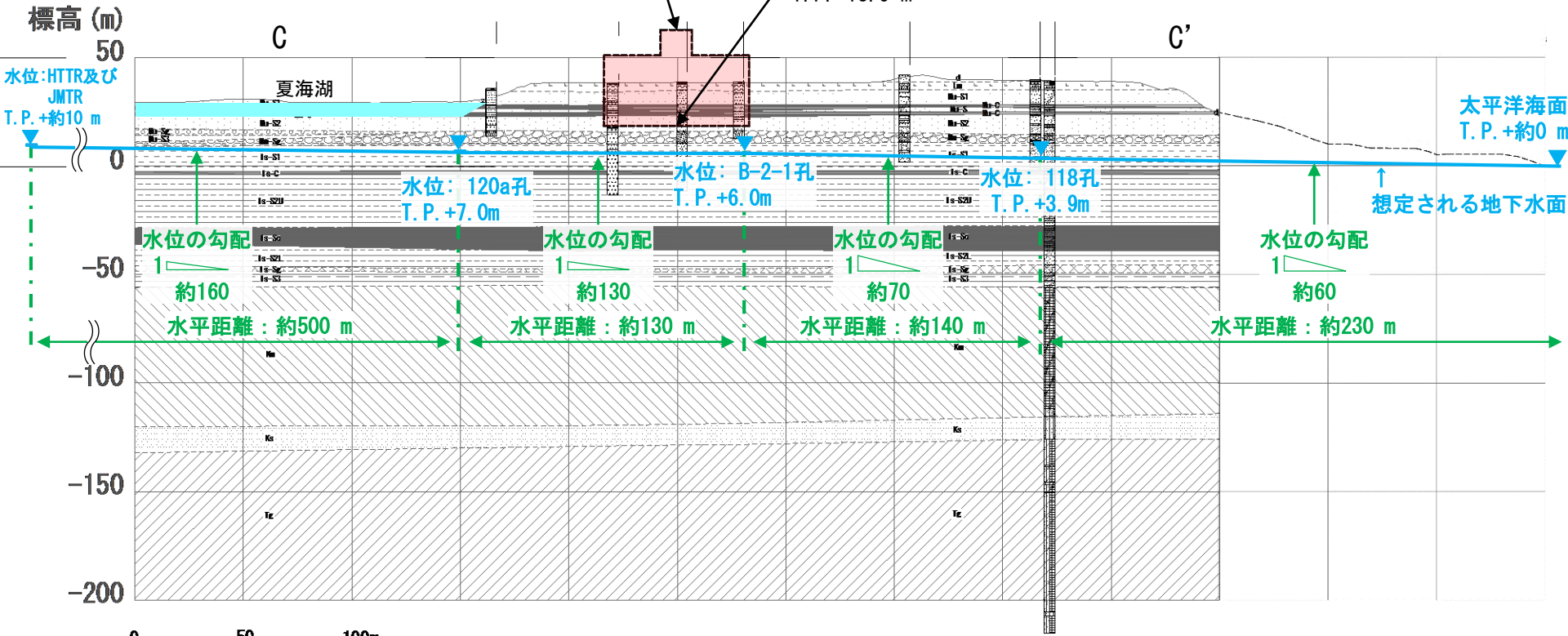


- ・ 東西方向の地下水位について、大洗研内の広域的な水位は、敷地西側にあるHTTR及びJMTRでT.P. +約10 m、敷地東側にある常陽近傍 (B-2-1孔) でT.P. +約6 m、常陽東側 (118孔) でT.P. +3.9 mである。
- ・ 地下水位は西側 (陸側) から東側 (海側) 方向に向かって低下しており、さらに東側の太平洋海面に到達する。

凡例

砂丘砂層	砂質土層	東茨城層群	礫質土層
M1段丘堆積物	砂質土層	Is-S1	砂質土層
Lm	火山灰質粘土	Is-C	粘性土層
Mu-S1	砂質土層	Is-S2U	砂質土層
Mu-C	粘性土層	Is-S1	粘性土層
Mu-S	砂質土層 (Mu-C中挟み)	Is-S2L	砂質土層
Mo-S2	砂質土層	Is-S2	礫質土層
Mo-S1	礫質土層	Is-S3	砂質土層
Mu-S3	砂質土層	久米層	
		Km	砂質泥岩層
		Ks	砂岩層
		多賀層群	
		Tg	砂岩泥岩互層

断面線位置

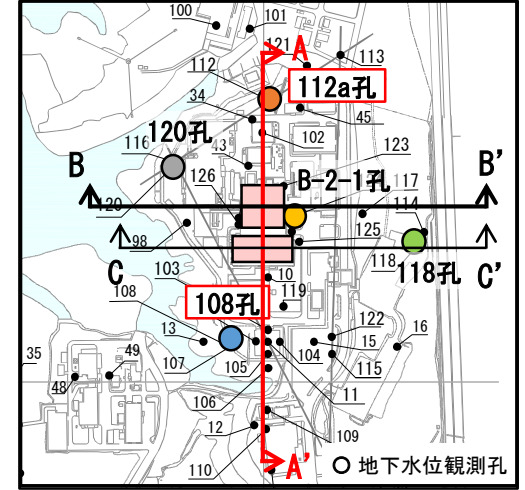
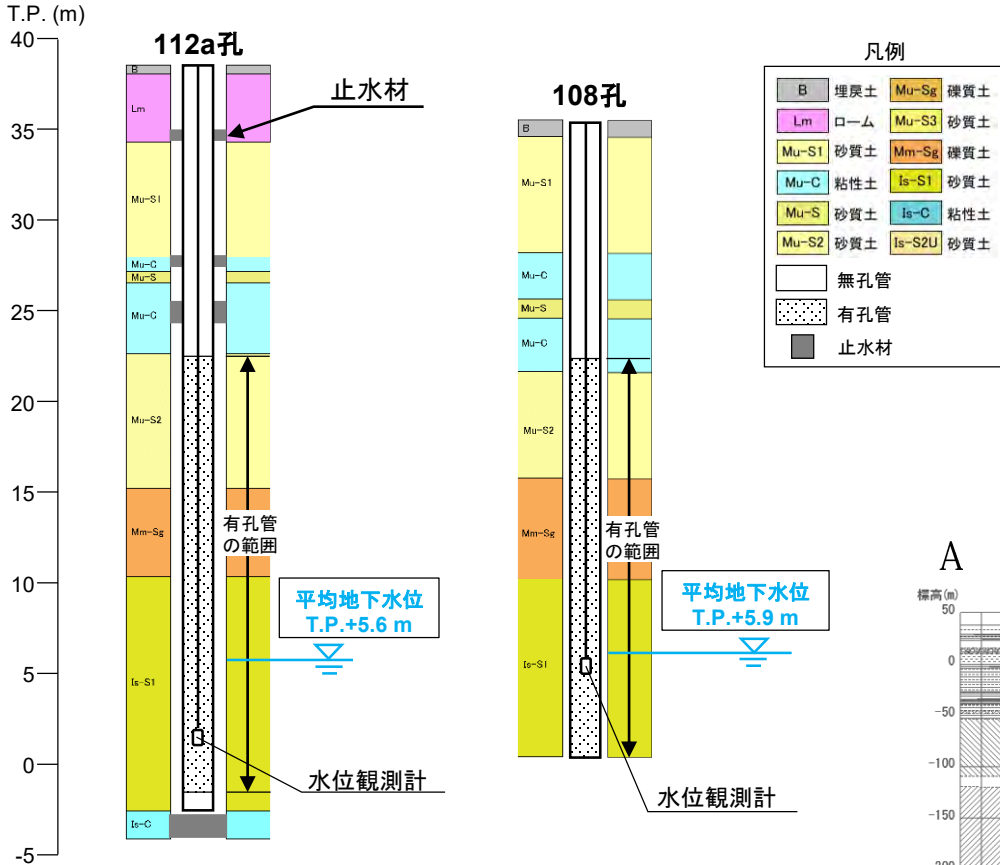


C-C' 断面 (東西方向)

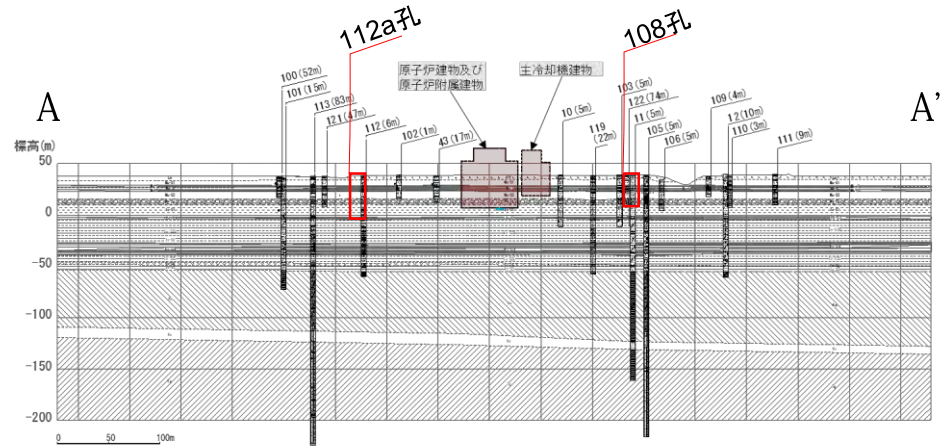
地下水位観測孔の概要(1/3)

- 地下水位観測孔には、Is-S1(砂質土)中に分布する地下水位の変動を把握するために水位観測計を設置している。
- 地下水位観測孔は、ストレナー加工を施した塩ビ管(有孔管)を建込み、塩ビ管と孔壁との間は砂利を充填している。
- 有孔管はMu-C(粘性土)以下に分布する砂質土層の範囲に設置し、有孔管の上部は止水処理を行っている。

【A-A'断面の水位観測孔構造図】



地下水位観測孔位置

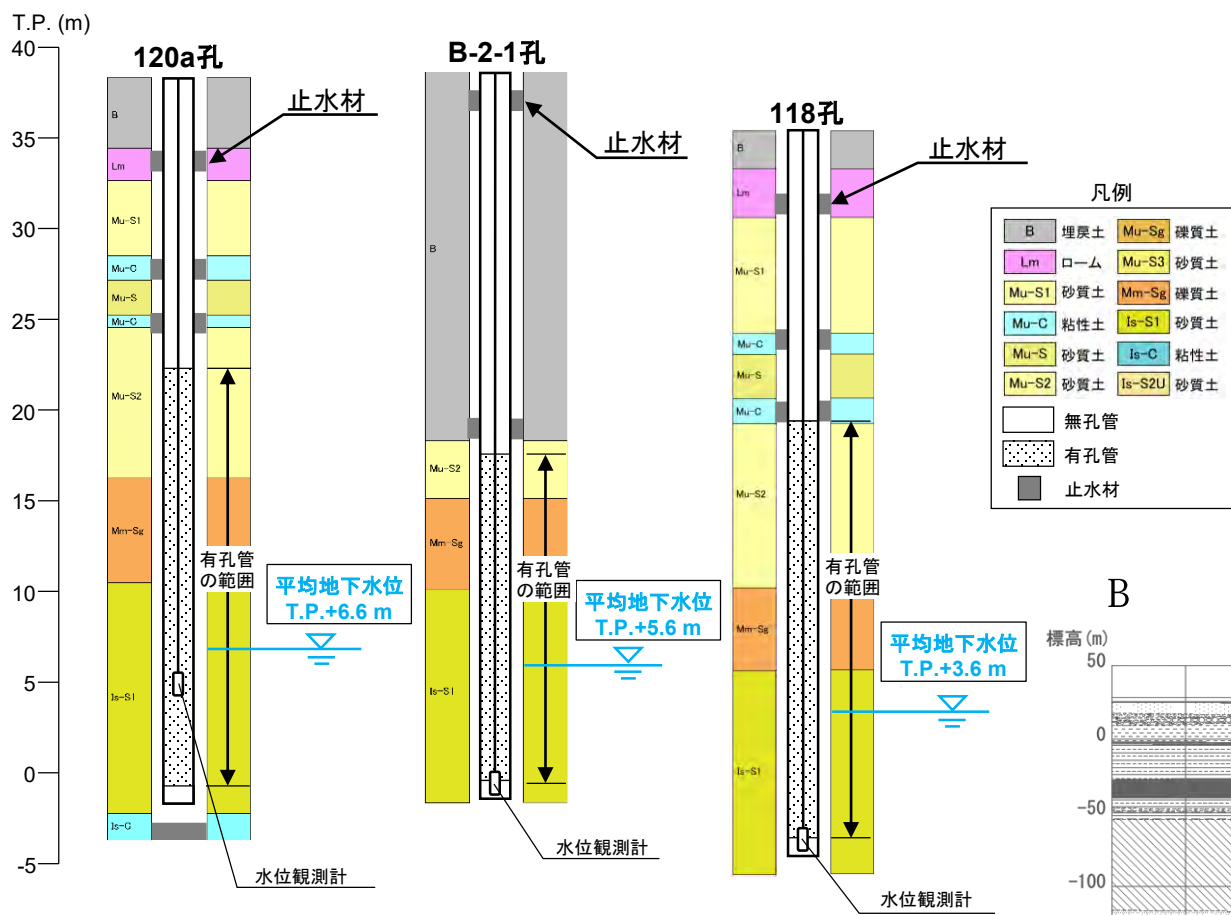


地質断面図(A-A'断面)

□ 構造図に示す範囲

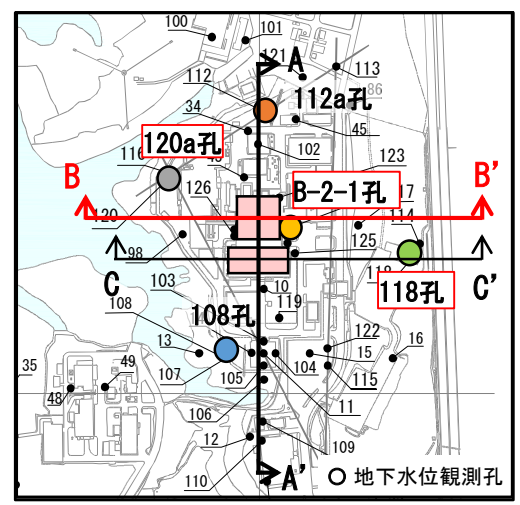
※112a孔は総掘進長が96.00mであり、有孔管下部を無孔管でキャップし、孔底は止水処理を行っている。
108孔は1988年に設置し、当時の資料に止水処理の詳細は記載されていないため、観測孔と柱状図の位置関係のみを示す。

【B-B'断面の水位観測孔構造図】

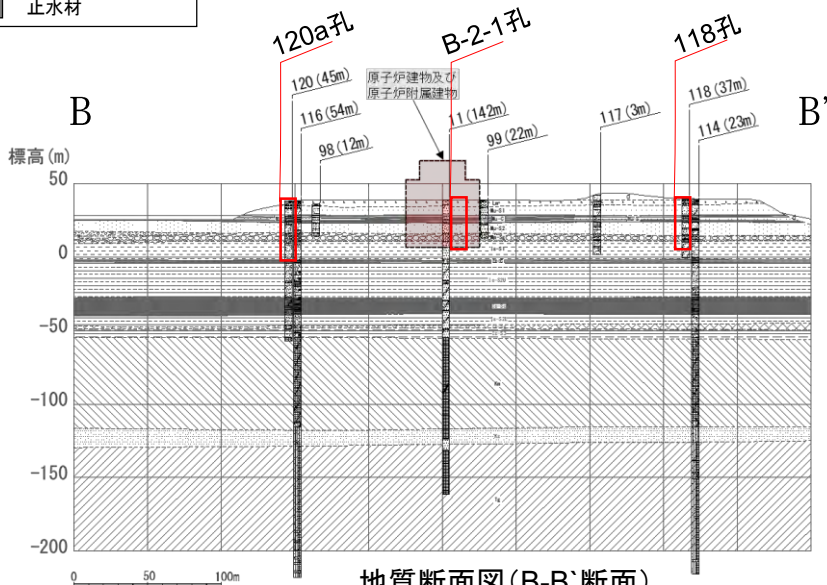


凡例

B	埋戻土	Mu-Sg	礫質土
Lm	ローム	Mu-S3	砂質土
Mu-S1	砂質土	Mm-Sg	礫質土
Mu-C	粘性土	Is-S1	砂質土
Mu-S	砂質土	Is-C	粘性土
Mu-S2	砂質土	Is-S2U	砂質土
(White)	無孔管		
(Dotted)	有孔管		
(Grey)	止水材		



地下水位観測孔位置

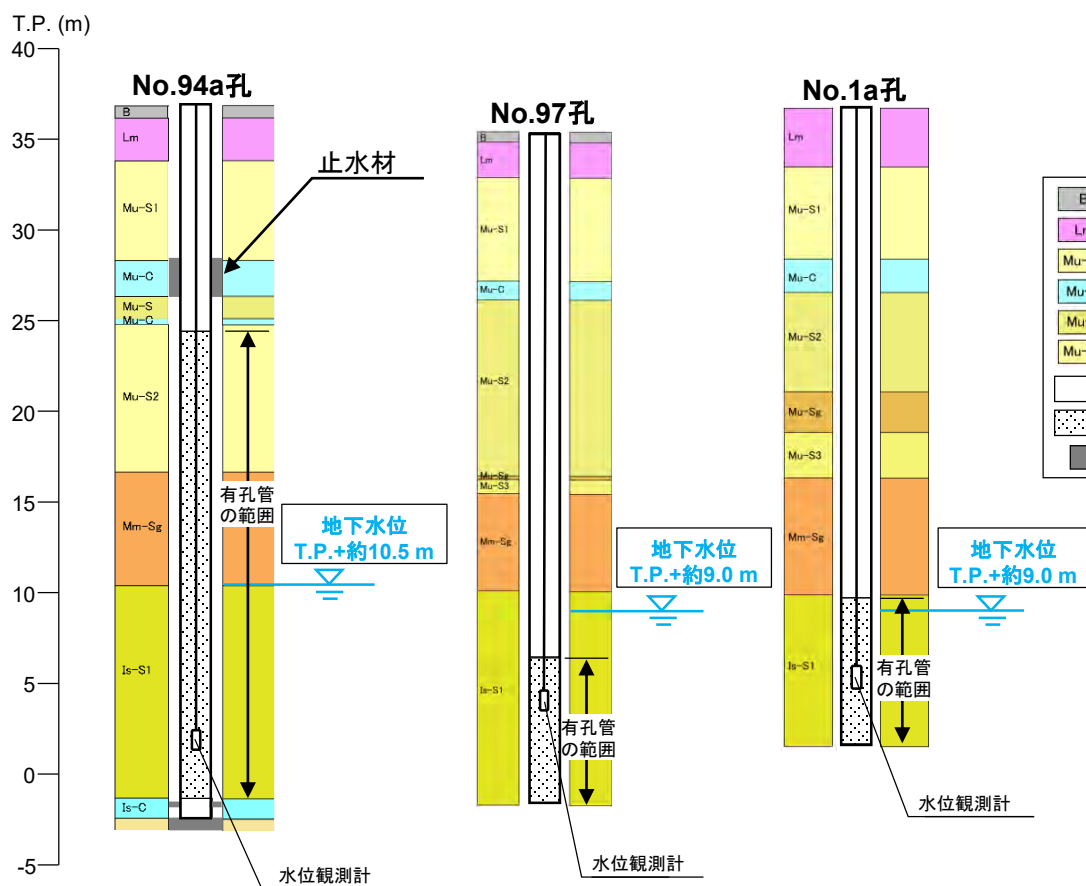


地質断面図 (B-B'断面)

※120a孔は総掘進長が約91.45mであり、有孔管下部を無孔管でキャップし、孔底は止水処理を行っている。

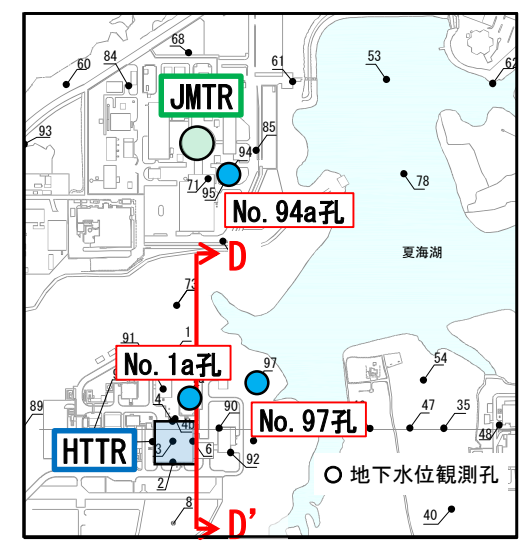
構造図に示す範囲

【D-D'断面の水位観測孔構造図】

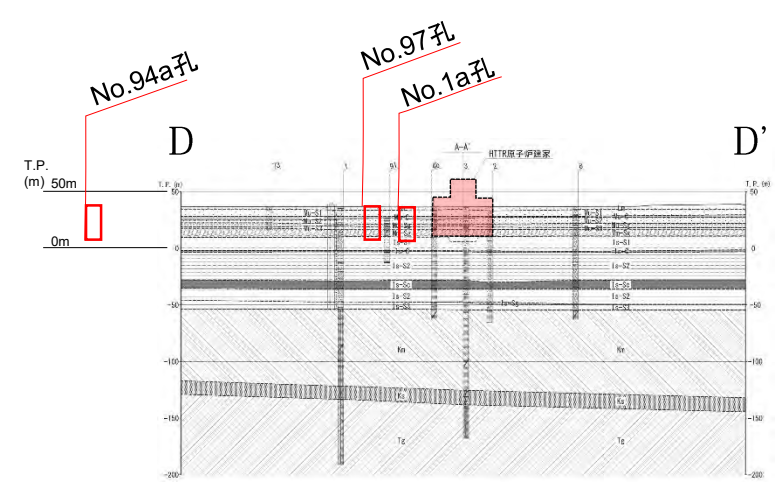


凡例

B	埋戻土	Mu-Sg	礫質土
Lm	ローム	Mu-S3	砂質土
Mu-S1	砂質土	Mm-Sg	礫質土
Mu-C	粘性土	Is-S1	砂質土
Mu-S	砂質土	Is-C	粘性土
Mu-S2	砂質土	Is-S2U	砂質土
□	無孔管		
◻	有孔管		
■	止水材		



地下水位観測孔位置



地質断面図 (D-D'断面)

□ 構造図に示す範囲

※No.94a孔は総掘進長が110.45mであり、有孔管下部を無孔管でキャップし、孔底は止水処理を行っている。

No.97孔は観測孔位置の柱状図がないため、近傍の柱状図を参考に地層境界を記載した。

No.97孔、No.1a孔はそれぞれ1987年、1986年に設置し、当時の資料に止水処理の詳細は記載されていないため、観測孔と柱状図の位置関係のみを示す。

土層の飽和度

不透水性の地盤である粘性土層が複数あることを踏まえ、最下部の粘性土層 (Is-Sc層) より上部の土層について飽和度を整理し、飽和度を指標として地下水の状況を確認した。

- ・最下部の粘性土層 (Is-Sc層) から上部のIs-S2層、Is-C層、Is-S1層中央付近までは飽和度が高い範囲が連続しており、飽和度から地下水位以深の地盤に水が連続して分布していると考えられる。
- ・設定した地下水位から上部では、粘性土層 (Mu-C層) 及び砂質土層 (Mu-S層) は上下の土層と比べて飽和度が高い。この部分には、常陽施設及び夏海湖の建設前 (1966年) の地盤調査から宙水※を確認しており、既往の設置許可において1988~1989年の1年間、水位を観測している。

※宙水：地表からの浸透水が比較的浅い地層中の、泥質のはさみ層などの上に捕捉されたもの。より下部の広がり大きな低透水層上に溜まった不圧地下水本体との間に不飽和帯が存在することが特徴。(地下水用語集、日本地下水学会編)

- ・既往の設置許可においては、Is-C層上部の水位を地下水位、Mu-C層上部の水位を宙水とし、宙水の水位はT.P. +29.41~28.69 m (Mu-C層上端T.P. +28.2 mの上部に厚さ0.5~1.2 m) とされている。次ページに現在の宙水の状況を示す。

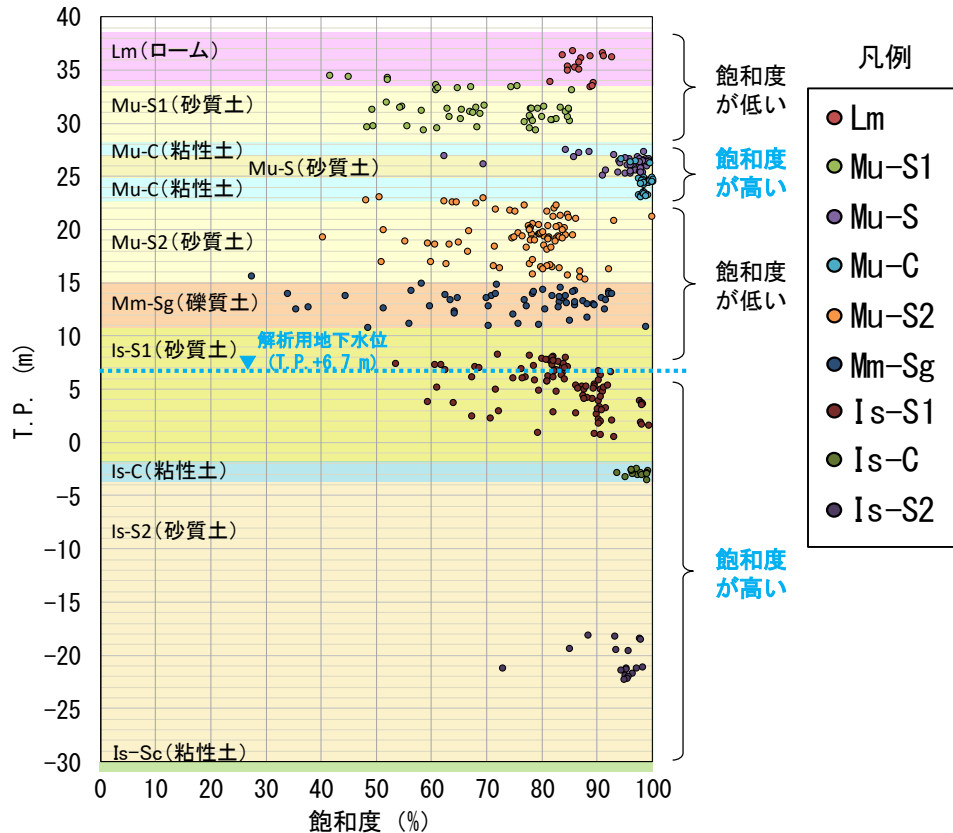


図 常陽における土層の飽和度

表 既往の設置許可における
水位観測結果 (1988~1989年)

観測位置	水位の変動幅 (m)	備考
107孔 (宙水)	G.L.-6.50~-7.22 T.P.+29.41~28.69	G.L.±0の標高 T.P.+35.91 m
108孔 (地下水位)	G.L.-29.20~-29.71 T.P.+6.22~5.71	G.L.±0の標高 T.P.+35.42 m

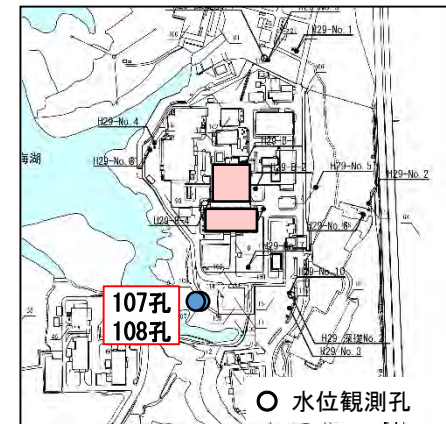


図 水位観測孔位置

宙水観測結果

- ・現在の宙水の状況については、2015年以降も継続して3箇所(107孔、120孔、112b孔)で水位を観測している。
- ・既往の設置許可における観測孔を再利用している107孔では、既往の設置許可と現在で水位は同程度となっており、変化は見られない。
- ・各観測孔の水位は、降水による短期的な変動が認められるが、平均的にはT.P.+28.4~30 m程度となっており、地山(Mu-C層)上部に厚さ0.2~2.0 m程度で薄く分布している。
- ・なお、建物近傍では建設工事時に地山(Mu-C層)を掘削し、砂質土で埋め戻しており、当該埋戻土に宙水はないと考えている。建物近傍の状況を次ページに示す。

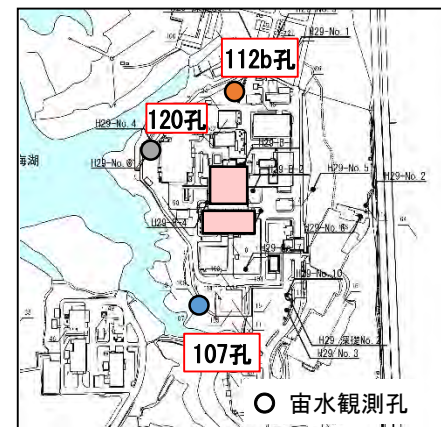
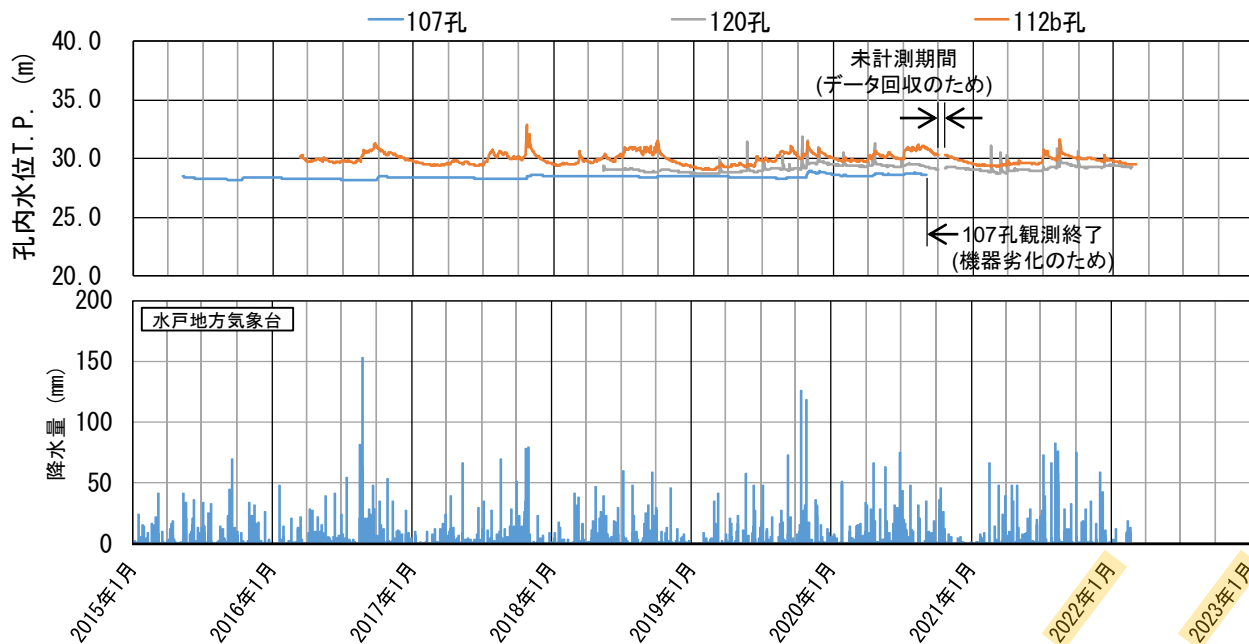


図 宙水観測孔位置

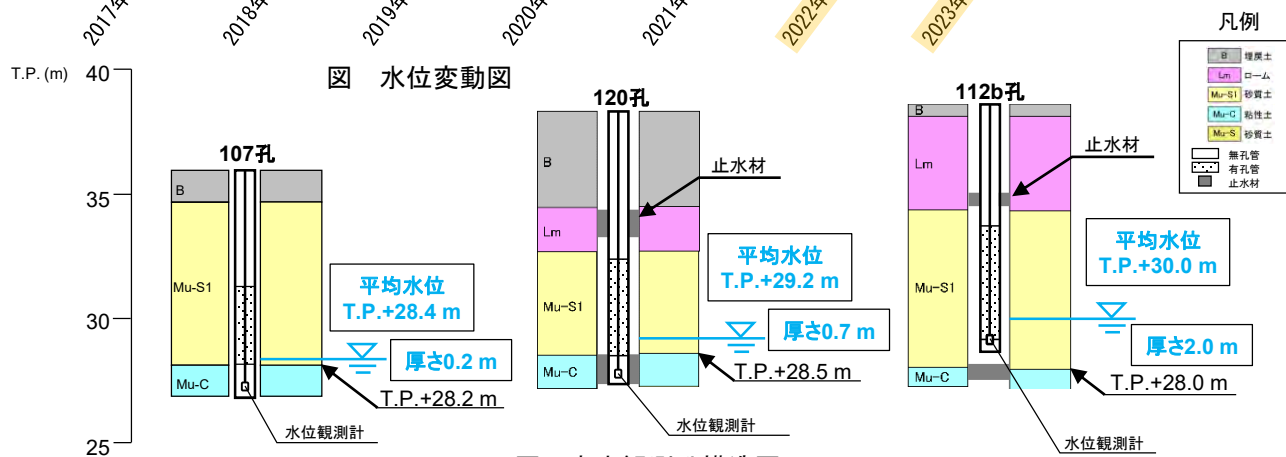


図 宙水観測孔構造図



建物近傍の状況について

- ・建物近傍は、建設工事時にMu-S2層まで地山を掘削し、宙水を帯水させるMu-C層は、砂質土からなる埋戻土で置き換えられているため、宙水はないと考えている。また、埋戻土の飽和度を整理した結果からも、埋戻土は飽和度が低いため、液状化のおそれはないと判断している。
- ・宙水が分布するMu-C層付近の砂層 (Mu-S1層、Mu-S層)は、密実な第四系更新統であり、液状化検討対象となる地盤ではない。また、建設工事時の掘削状況を確認した結果から、工事に支障を及ぼすような湧水は確認されず、露出面は水がにじむ程度で被圧状態の地盤ではないため、液状化のおそれはないと判断している。

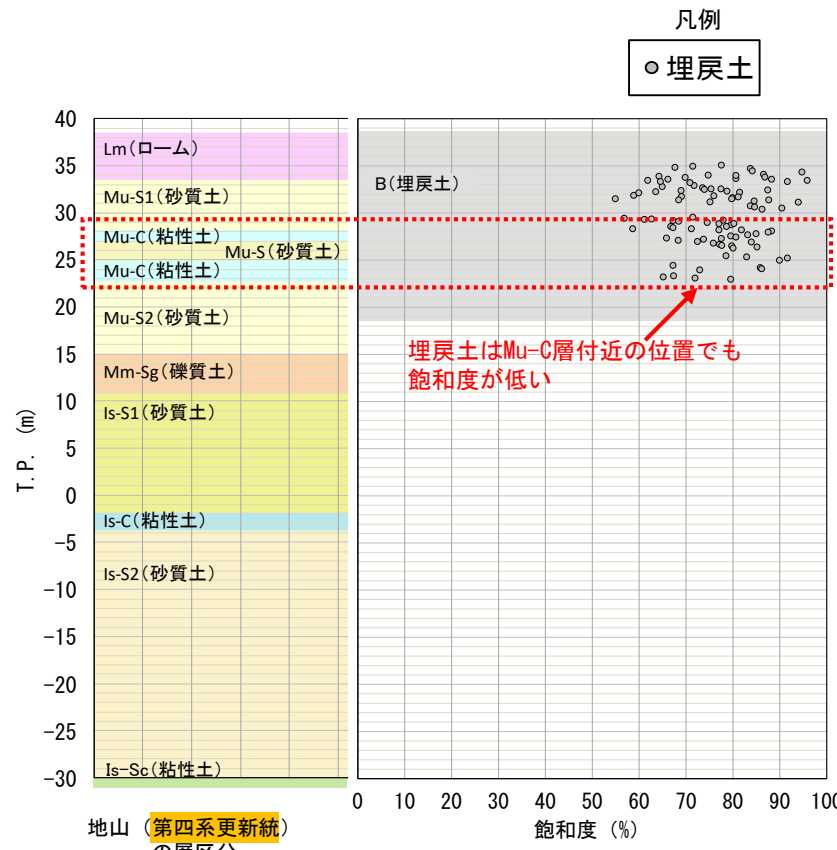
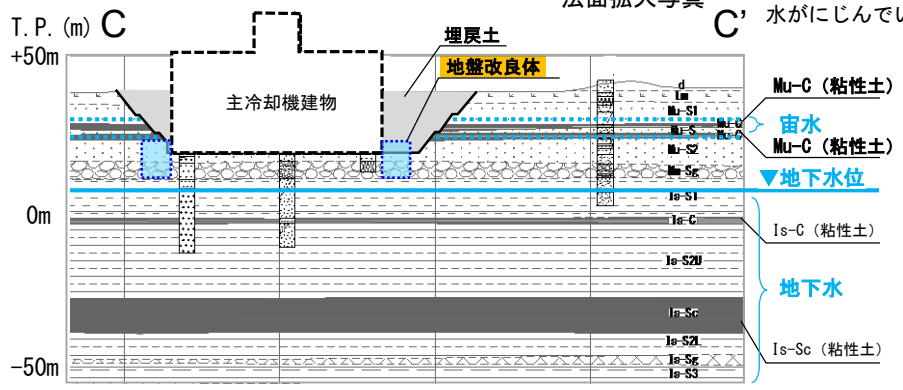
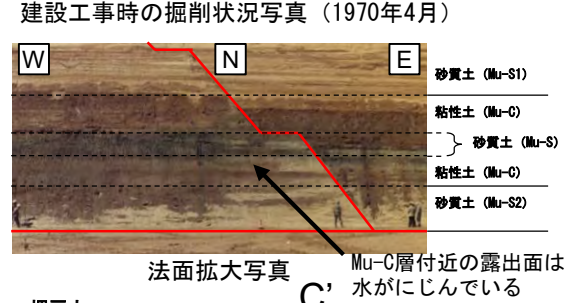
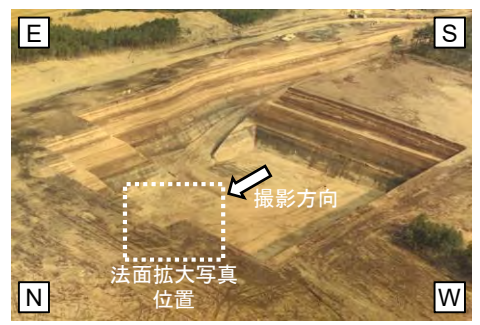
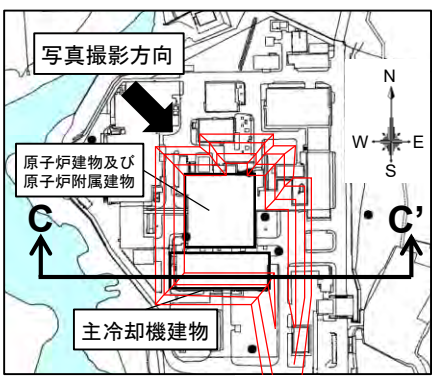


図 埋戻土の飽和度

図 地質断面図

夏海湖の概要

- 夏海湖は、大洗研究所の原子炉施設（JMTR）の冷却水を主とした用水を確保するため、敷地内の窪地をせき止めて造成したJAEAが管理する人造湖（1970年建設）である。
- 夏海湖の水は、那珂川からポンプで取水し、T.P. +約29 m（水深：約6 m）となるように管理している。水位が低下した場合は、敷地から約10 km離れた那珂川からポンプで取水し、上昇した場合は、オーバーフローし排水する構造となっている。
- 敷地に降った雨水は、敷地の北側から一般排水溝に流れる経路となる。



夏海湖造成前（1969年6月）



夏海湖造成後（1971年4月）

夏海湖の構造(1/4)

- ・夏海湖の造成工事では、窪地の底面(T.P.+23 m)及び法面(上端T.P.+27 mまで)にブランケット(不透水性材料(厚さ約1 m、粘性土))を敷設している。
- ・造成時には、現場密度試験に基づく締固め管理を実施し、現場透水試験から透水係数の確認を実施している。

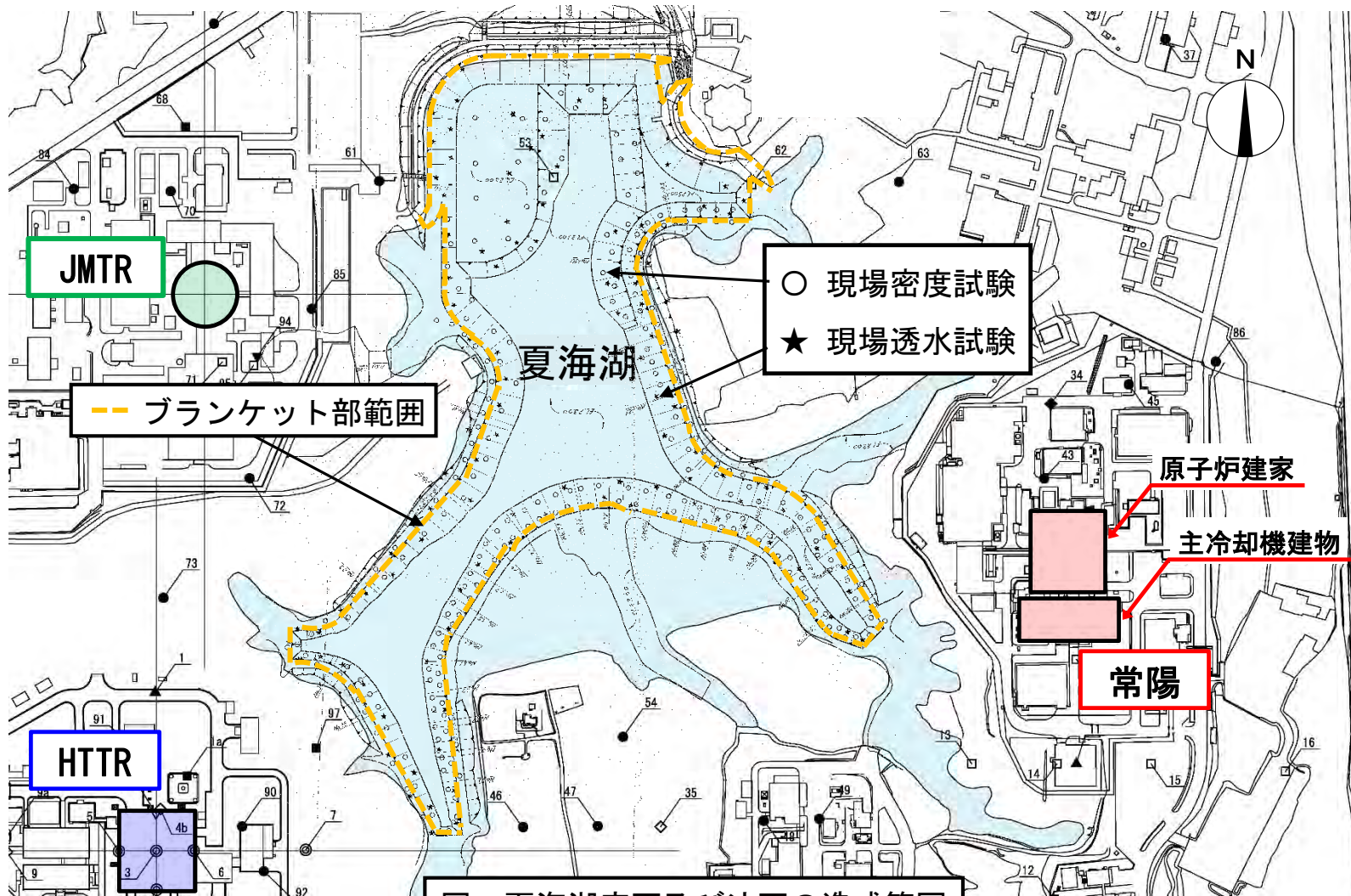


図 夏海湖底面及び法面の造成範囲

〈出典：大洗ダム貯水池工事 土質施工管理業務報告書、1970〉

夏海湖の構造(2/4)

- ・窪地の底面(T.P.+23 m)及び法面(上端T.P.+27 mまで)にブランケット(不透水性材料(厚さ約1 m、粘性土))を敷設。
- ・T.P.+27 mより上部については、透水性の低い粘性土層(Mu-C)及び火山灰質粘土(Lm)からなり、地山の表層は主にLm層で覆われている。
(次ページにブランケット、Mu-C層及び地山の表層について現場透水試験結果を示す。)

凡例

- M1段丘堆積物
- Lm 火山灰質粘土
 - Mu-S1 砂質土層
 - Mu-C 粘性土層
 - Mu-S (Mu-C中挟み) 砂質土層 (Mu-C中挟み)
 - Mu-S2 砂質土層

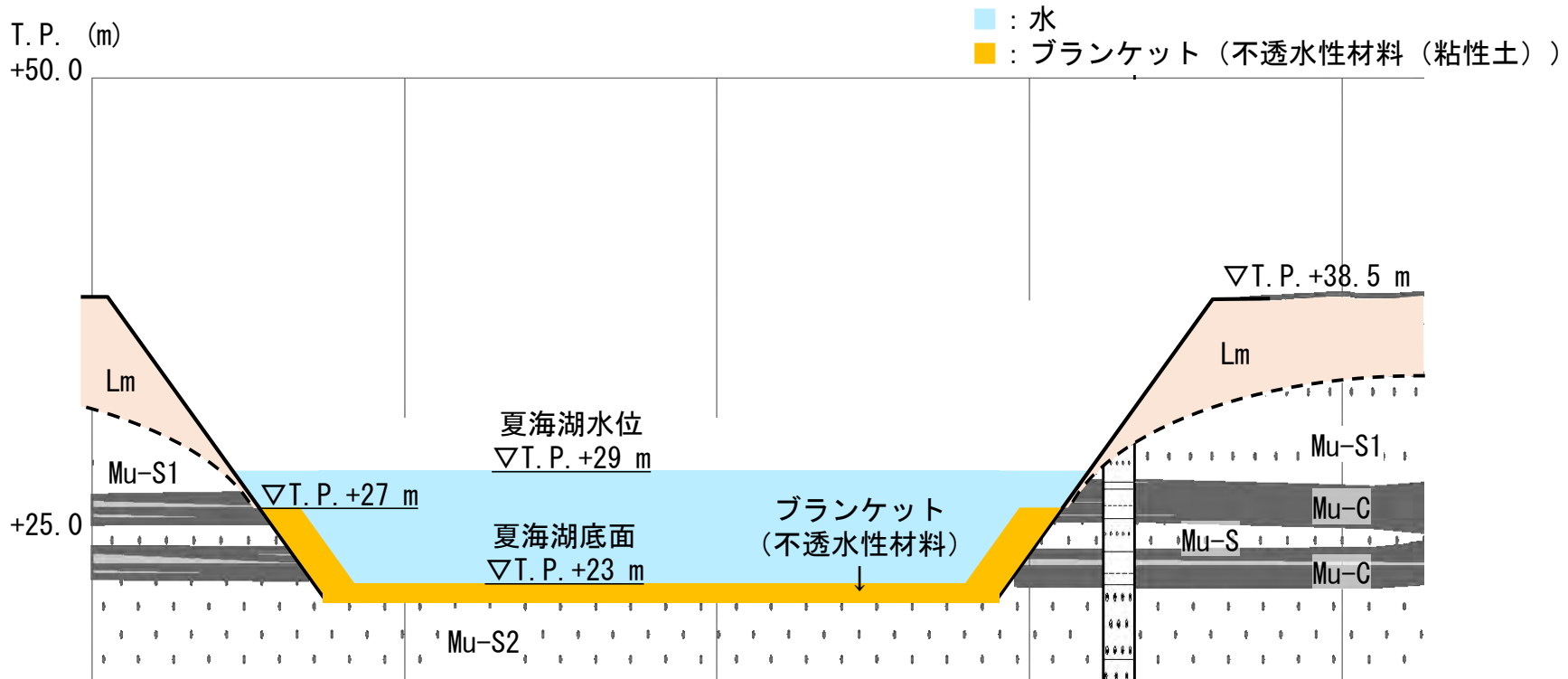


図 夏海湖断面の概念図

夏海湖の構造(3/4) ブランケット及びMu-C層の透水係数

・ブランケットの透水係数は $10^{-7} \sim 10^{-9}$ m/sのオーダーであり、地盤の透水性は「非常に低い」～「実質上不透水」に分類される。

表 現場透水試験結果 (1970年)
ブランケット (常陽近傍 No. 1~7)

No.	透水係数(m/s)	平均値(m/s)	備考
1	2.2×10^{-8}	2.2×10^{-8}	砂質ローム
	2.3×10^{-8}		
	2.2×10^{-8}		
2	2.2×10^{-8}	2.3×10^{-8}	シルト質粘土
	2.3×10^{-8}		
	2.3×10^{-8}		
3	8.3×10^{-9}	8.3×10^{-9}	シルト、固結シルト
4	7.4×10^{-9}	7.4×10^{-9}	砂質粘土
5	7.9×10^{-9}	7.9×10^{-9}	砂質ローム
6	2.2×10^{-8}	2.2×10^{-8}	砂質粘土
	2.1×10^{-8}		
	2.2×10^{-8}		
7	7.9×10^{-9}	7.9×10^{-9}	粘土

夏海湖造成工事 土質施工管理業務報告書(1970年)より抜粋

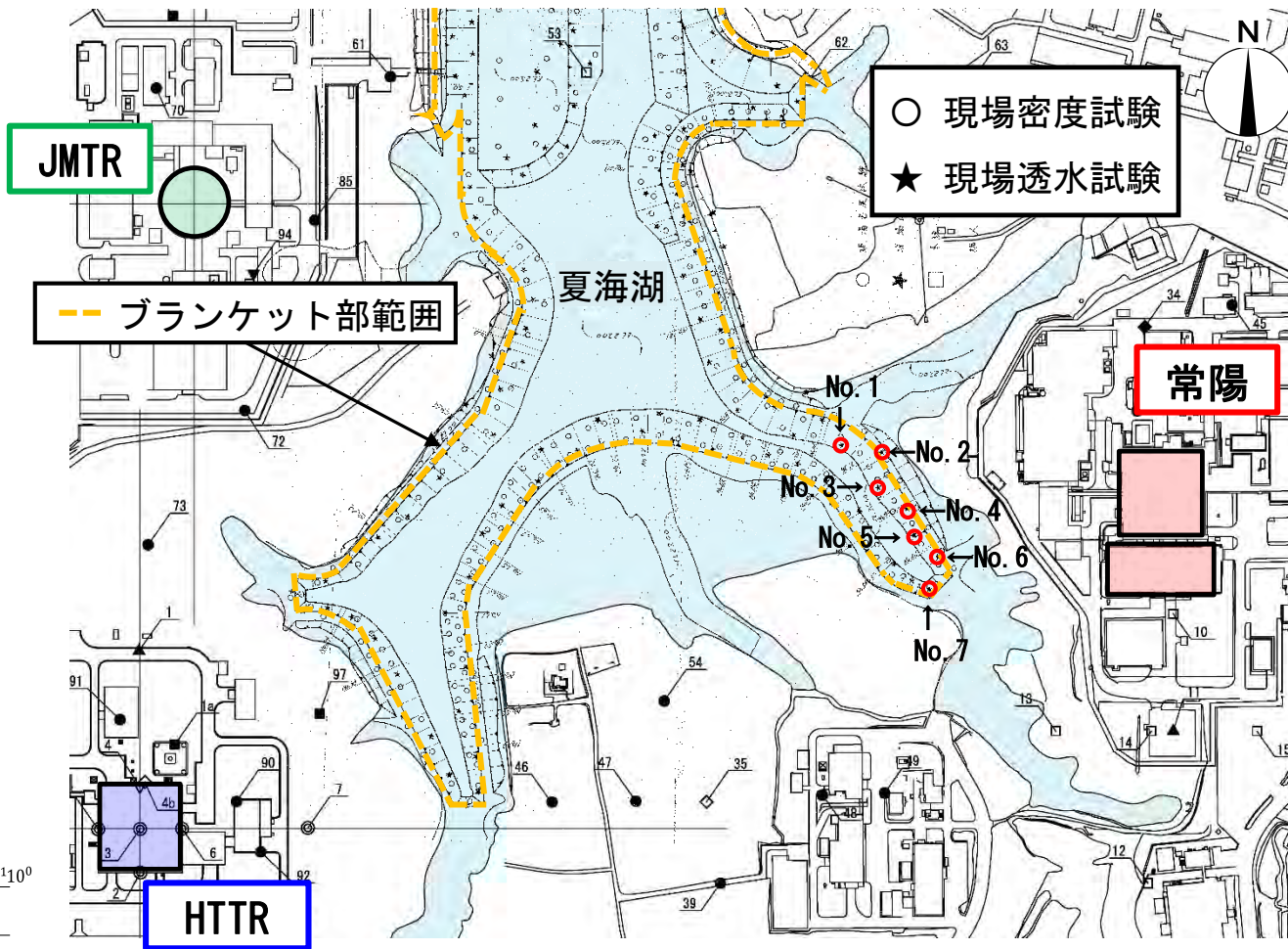


図 現場密度試験、現場透水試験の実施位置図
(※○は現場透水試験位置)

透水性	透水係数(m/s)					
	10^{-11}	10^{-10}	10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}
実質上不透水	非常に低い	低い	中位	高い		
土の種類	粘性土	微細砂、シルト 砂-シルト-粘土混合土	砂および礫	礫		

表 地盤の種類と透水係数の対応
(出典：地盤工学会、地盤調査 基本と手引き、2005)



地下水位の設定について(夏海湖による影響)

夏海湖の構造(4/4) 地山の透水係数

- ・地山の表層の透水係数は $10^{-5} \sim 10^{-7}$ m/sのオーダーであり、地盤の透水性は「低い」～「非常に低い」に分類される。
- ・Mu-C層の透水係数は 10^{-7} m/sのオーダーであり、地盤の透水性は「非常に低い」に分類される。
- ・夏海湖は透水性の低い材料で覆われ遮水されており、夏海湖の水が常陽の地下水位 (T.P. +約6 m) に影響しない構造となっている。

表 現場透水試験結果 (1970年)
地山の表層 (主にLm層)

断面位置	透水係数 (m/s)	平均値 (m/s)
No. 18+3m	1.18×10^{-5}	1.25×10^{-5}
	1.32×10^{-5}	
	1.25×10^{-5}	
No. 9	9.0×10^{-7}	8.8×10^{-7}
	8.6×10^{-7}	
No. 13	6.8×10^{-7}	6.4×10^{-7}
	5.9×10^{-7}	
No. 125	5.8×10^{-6}	6.0×10^{-6}
	5.8×10^{-6}	
	5.4×10^{-6}	
	6.8×10^{-6}	
No. 130	6.3×10^{-6}	6.3×10^{-6}
	6.3×10^{-6}	
No. 130-33m	5.7×10^{-6}	5.3×10^{-6}
	4.8×10^{-6}	
	5.4×10^{-6}	

夏海湖造成工事 土質施工管理業務報告書(1970年)より抜粋

表 現場透水試験結果 (1988年)
108孔 Mu-C層

位置	透水係数 (m/s)	平均値 (m/s)
108孔	1.3×10^{-7}	1.5×10^{-7}
Mu-C層	1.7×10^{-7}	

『常陽』使用済燃料貯蔵施設増設基本設計及び地盤調査報告書(1988年)より抜粋

透水性	透水係数 (m/s)					
	10^{-11}	10^{-10}	10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}
実質上不透水	非常に低い	低い	中位	高い		
土の種類	粘性土	微細砂、シルト砂、シルト粘土混合土	砂および礫	礫		

表 地盤の種類と透水係数の対応

〈出典：地盤工学会、地盤調査 基本と手引き、2005〉

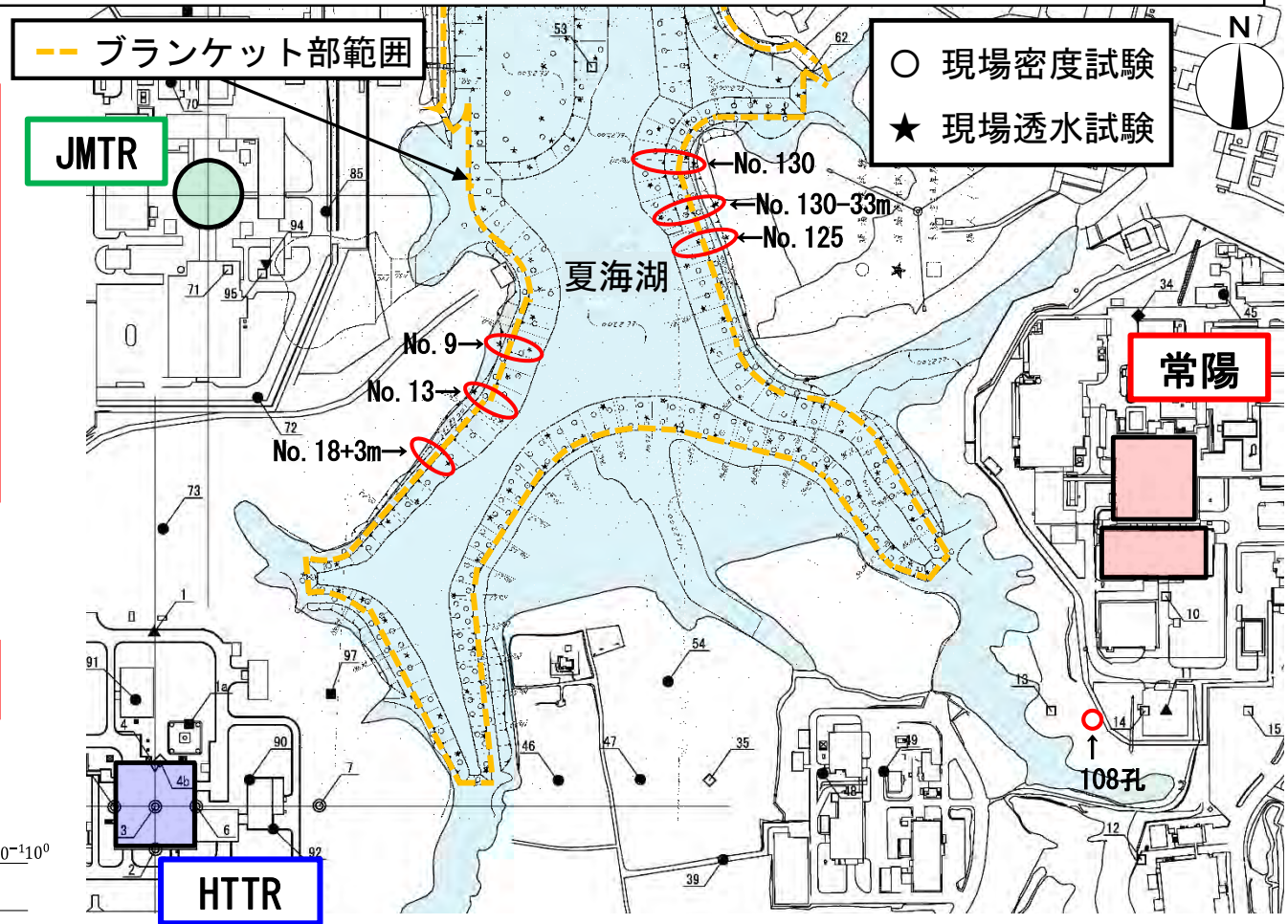
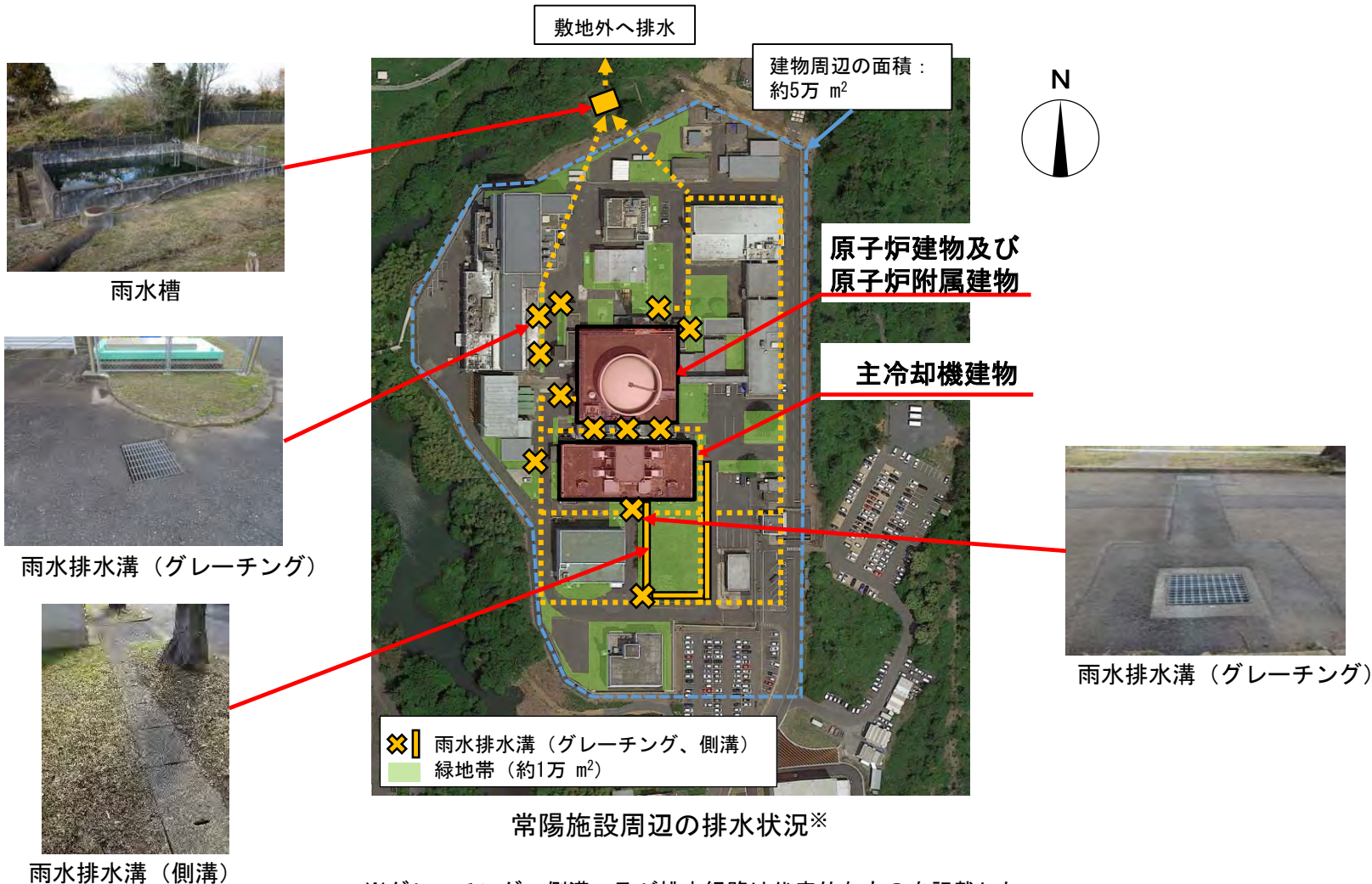


図 現場密度試験、現場透水試験の実施位置図
(※○は現場透水試験位置)

常陽施設周辺の排水状況

- 常陽施設周辺では、地表面の約8割は建物及びアスファルト舗装で覆われており、一部に緑地帯がある。
- 地表に降る雨水の多くは、建物周辺に敷設されている排水溝を通じて雨水槽に貯留され、敷地外へ排水されることから、地盤への雨水の浸透は地山と比べて低減されている。



常陽施設周辺の排水状況※

※グレーチング、側溝、及び排水経路は代表的なものを記載した。

 JAEA
まとめ

(1)地下水位観測データ

①常陽周辺における地下水位観測記録

①-1 常陽周辺の地下水位分布

- ・常陽近傍の地下水位は、T.P.+約6 mであり、解析用地下水位をT.P.+6.7mに設定している。
- ・設定した解析用地下水位は、**地盤改良**を行う主冷却機建物の基礎底面(T.P.+18.5 m)より、10 m以上深い位置にある。

①-2 年間変動の傾向

長期間の地下水位観測記録より、**地下水位の変動は年間で約1 m程度であり、大きく変動しないことを確認している。**

②大洗研敷地内(常陽、HTTR、JMTR)における地下水位観測記録

②-1 広域的な地下水位分布

敷地内の地下水位は、夏海湖西側(陸側)にあるHTTR及びJMTRでT.P.+約10 m、東側(海側)にある常陽ではT.P.+約6 mである。**陸側から海側へ低下しており、地下水は海側に向かって流動していると判断している。**

③各土層と水位の状況

- ・土層(地山)の飽和度及び水位観測記録より、T.P.+28 m付近の粘性土層上部に厚さ0.2~2.0 m程度の宙水がある。
- ・建物近傍の埋戻土は、埋戻土の飽和度及び建設工事時の掘削状況から宙水はなく、宙水が分布する土層(地山)は、密実な**第四系更新統**であり、建設工事時の掘削状況からも被圧状態の地盤ではないため、宙水による液状化のおそれはないと判断している。

(2)夏海湖による影響について

- ・夏海湖は水位がT.P.+29 mとなるように取水及び排水を行い管理しており、水位は安定している。
- ・人造湖である夏海湖は透水性の低い材料で覆われ遮水されており、夏海湖の水位(T.P.+29 m)が地下水位に影響しない構造であることを確認している。