

玄海原子力発電所3, 4号機

地盤（敷地の地質・地質構造） 及び

基礎地盤及び周辺斜面の安定性について

2019年6月4日
九州電力株式会社

はじめに

内容

1. 地盤(敷地の地質・地質構造)
 - 1.1 敷地内の地質
 - 1.2 敷地内地質調査位置図
 - 1.3 原子炉施設設置位置付近の地質
 - 1.4 活動性評価対象断層の選定
 - 1.5 敷地内の主な断層分布
 - 1.6 断層の活動性評価の例
 - 1.7 敷地内の断層評価のまとめ
2. 基礎地盤及び周辺斜面の安定性
 - 2.1 基礎地盤及び周辺斜面の安定性のまとめ
 - 2.2 評価結果

玄海原子力発電所の敷地の地質については、新規制基準への適合性確認(既許可)以降に実施したボーリング調査により、断層の分布等について、一部見直しを行いました。

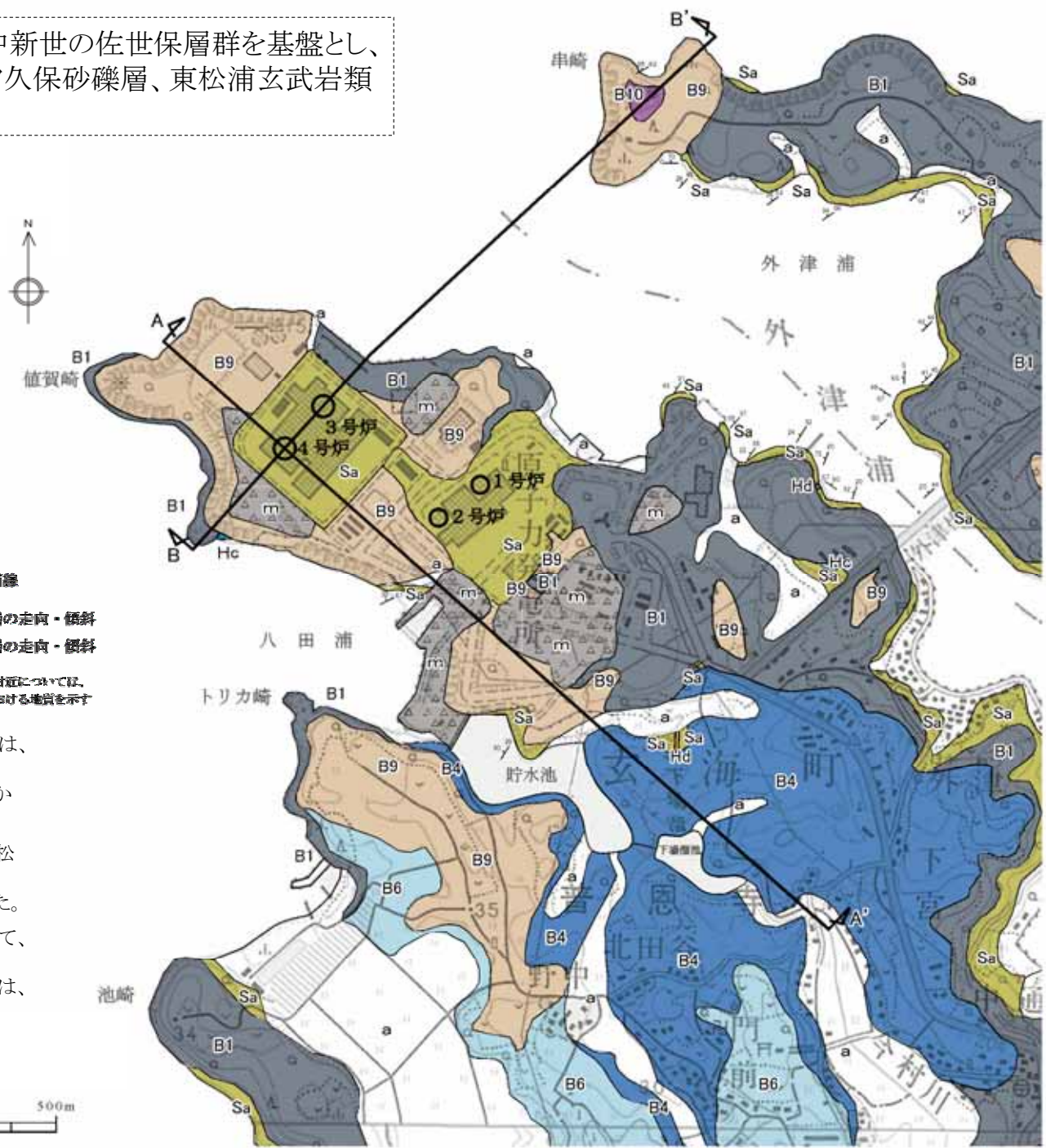
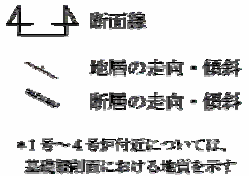
「敷地内の断層は、少なくとも新第三紀鮮新世の東松浦玄武岩類(約300万年前)の噴出以降の活動はない」という既許可の評価結果については変更がありません。

特重施設については、テロ対策という性質上、セキュリティの観点から設備の名称、設置場所等を公開できないため、敷地の地質及び地質の変更を踏まえた原子炉格納容器等の基礎地盤の安定性評価の概要について、説明させていただきます。

1.1 敷地内の地質〔敷地内地質平面図〕

○敷地には、古第三紀漸新世～新第三紀前期中新世の佐世保層群を基盤とし、これに貫入する玢岩、これらを不整合に覆う八ノ久保砂礫層、東松浦玄武岩類が分布する。

時代		地層名	
新 第 三 紀	第四紀	m	盛土
		a	沖積層
	鮮新世	B10	東松浦かんらん石玄武岩
		B9	無斑晶質玄武岩
		B6	
		B4	
		B1	かんらん石粗粒玄武岩類
	中新世	Hc	八ノ久保砂礫層
		Hd	肥前粗粒玄武岩類(玢岩)
	古第三紀	漸新世	Sa

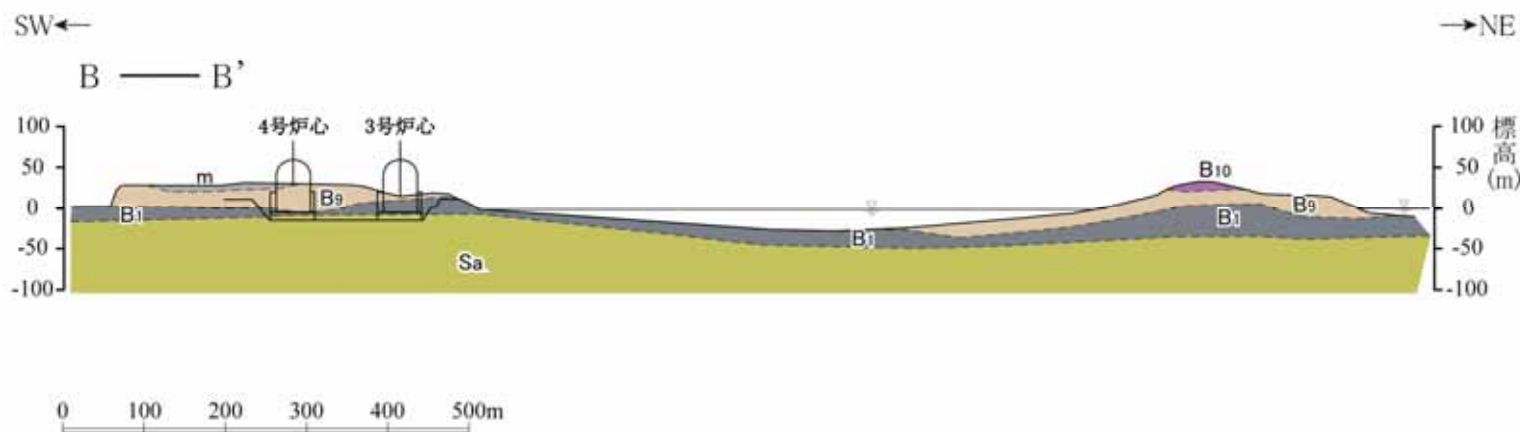
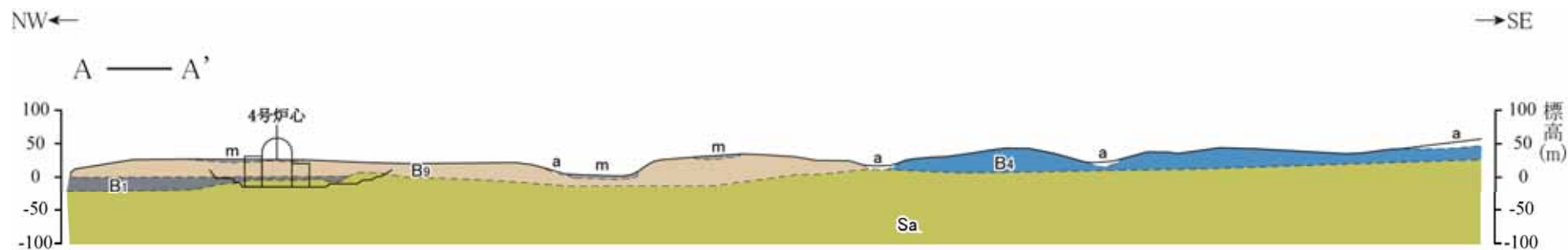


- ※1 Nakamura et al.(1986)⁽¹⁾において、東松浦玄武岩類のK-Ar年代は、3.0Ma～2.9Maとされている。
なお、東松浦玄武岩類の各玄武岩の名称については、小林ほか(1955)⁽²⁾に従った。
- ※2 層序及び層相から八ノ久保砂礫層に対比され、同層の年代は、松井ほか(1989)⁽³⁾により、後期中新世とされている。
なお、八ノ久保砂礫層の名称については、岩橋(1961)⁽⁴⁾に従った。
- ※3 松本ほか(1962)⁽⁵⁾、松本(1977)⁽⁶⁾及び松井ほか(1997)⁽⁷⁾において、肥前粗粒玄武岩類の年代は、中新世とされている。
また、渡辺・石橋(1987)⁽⁸⁾において、肥前粗粒玄武岩類の年代は、15～16Ma(中期中新世)とされている。

この地図は、国土地理院発行の2万5千分の1地形図(波戸岬・高串)を使用したものである。(承認番号 平29情使、第848号)



1.1 敷地内の地質〔敷地内地質断面図〕



凡例

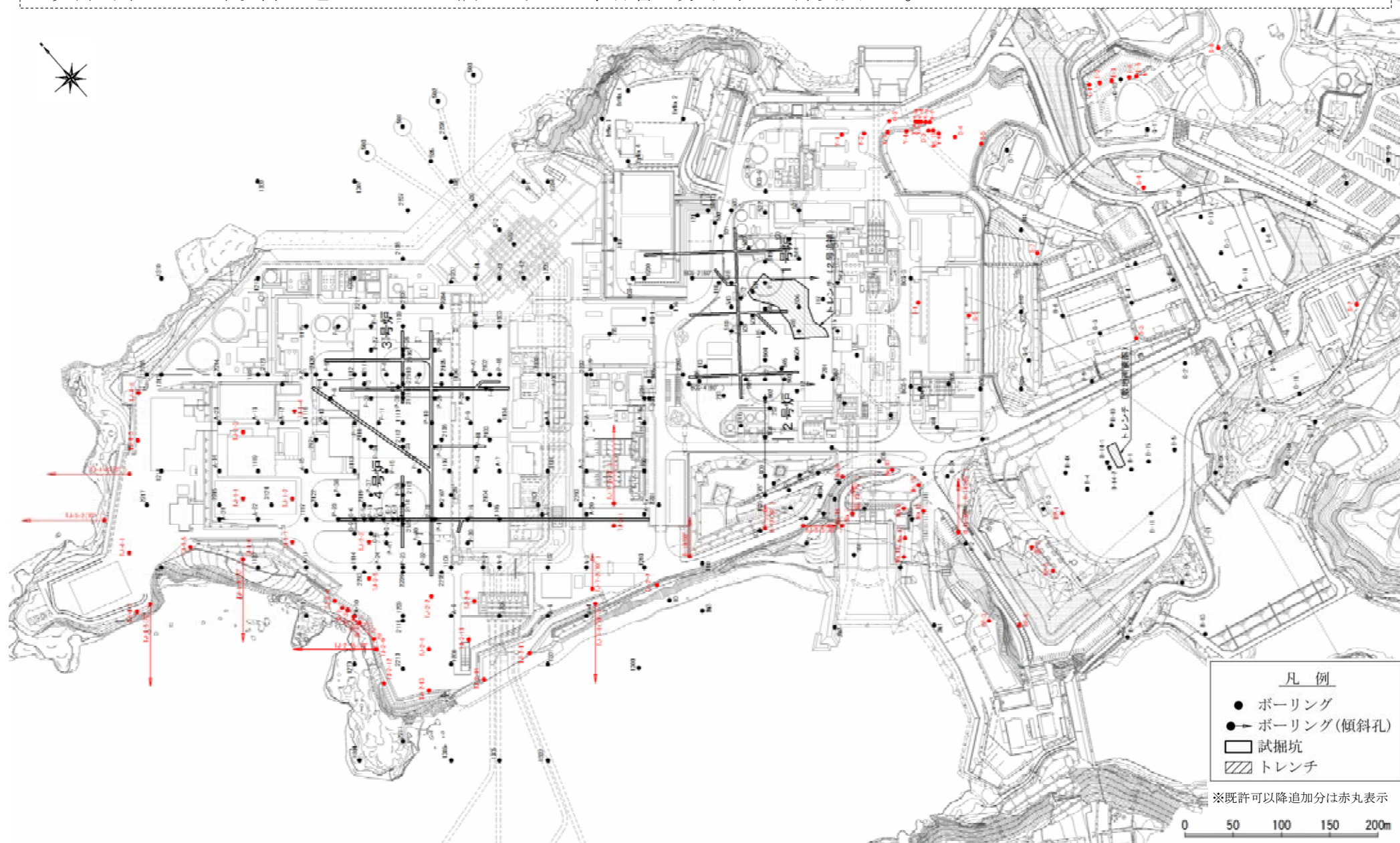
時代		地層名	
新 生 代	第四紀		盛土
			沖積層
	鮮新世		東松浦玄武岩
			無斑晶質玄武岩
			かんらん石玄武岩類
中新世		かんらん石粗粒玄武岩	
古第三紀	漸新世		佐世保層群

----- 地質境界

• 基礎掘削前の地質断面図に、基礎掘削線と原子炉施設を示した。

1.2 敷地内地質調査位置図

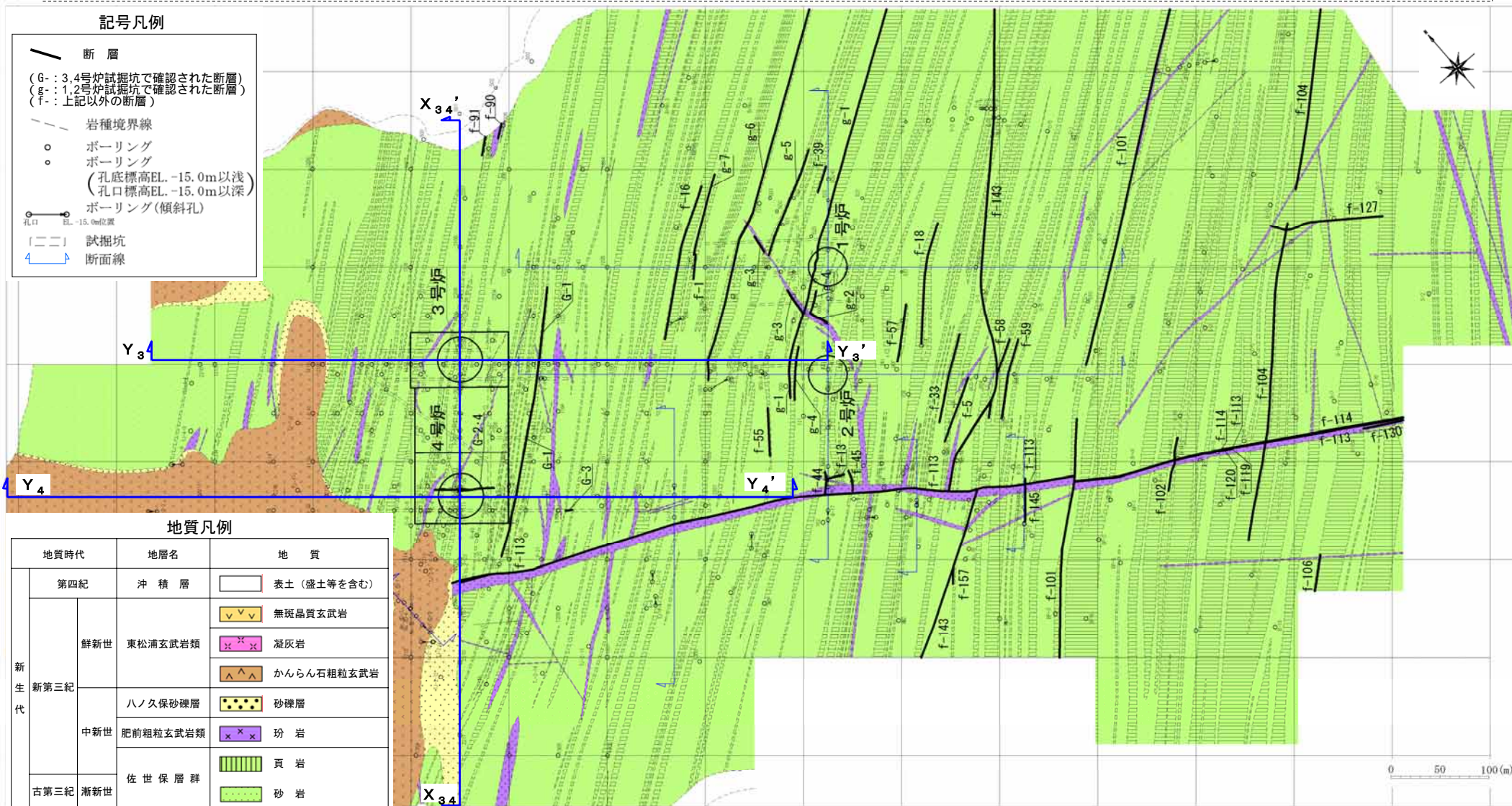
- ボーリング調査、試掘坑調査等を実施し、基礎地盤の地質や断層の分布及びその活動性の評価を実施している。
- 既許可(H29.1.18)以降に追加ボーリング調査を実施し、断層の分布等を一部変更した。



敷地内地質調査位置図

1.3 原子炉施設設置位置付近の地質〔地質水平断面図〕

- 敷地内の地質は、佐世保層群を基盤とし、これに貫入する玢岩と、これらを不整合関係で覆う八ノ久保砂礫層、東松浦玄武岩類及び沖積層によって構成されている。
- 佐世保層群は、N20° ~60° E/20° ~40° NWの走向・傾斜を示す同斜構造を呈している。
- 玢岩は、そのほとんどがN30° ~60° E/50° ~70° SEの走向・傾斜を示し、佐世保層群の地層の傾斜にはほぼ直交しているが、一部に層理に平行したのも認められる。また、佐世保層群の地層の傾斜にはほぼ直交する玢岩として、敷地南部において、北西-南東方向に連続するものが認められ、N60° ~80° W/60° ~80° SWの走向・傾斜を示す。



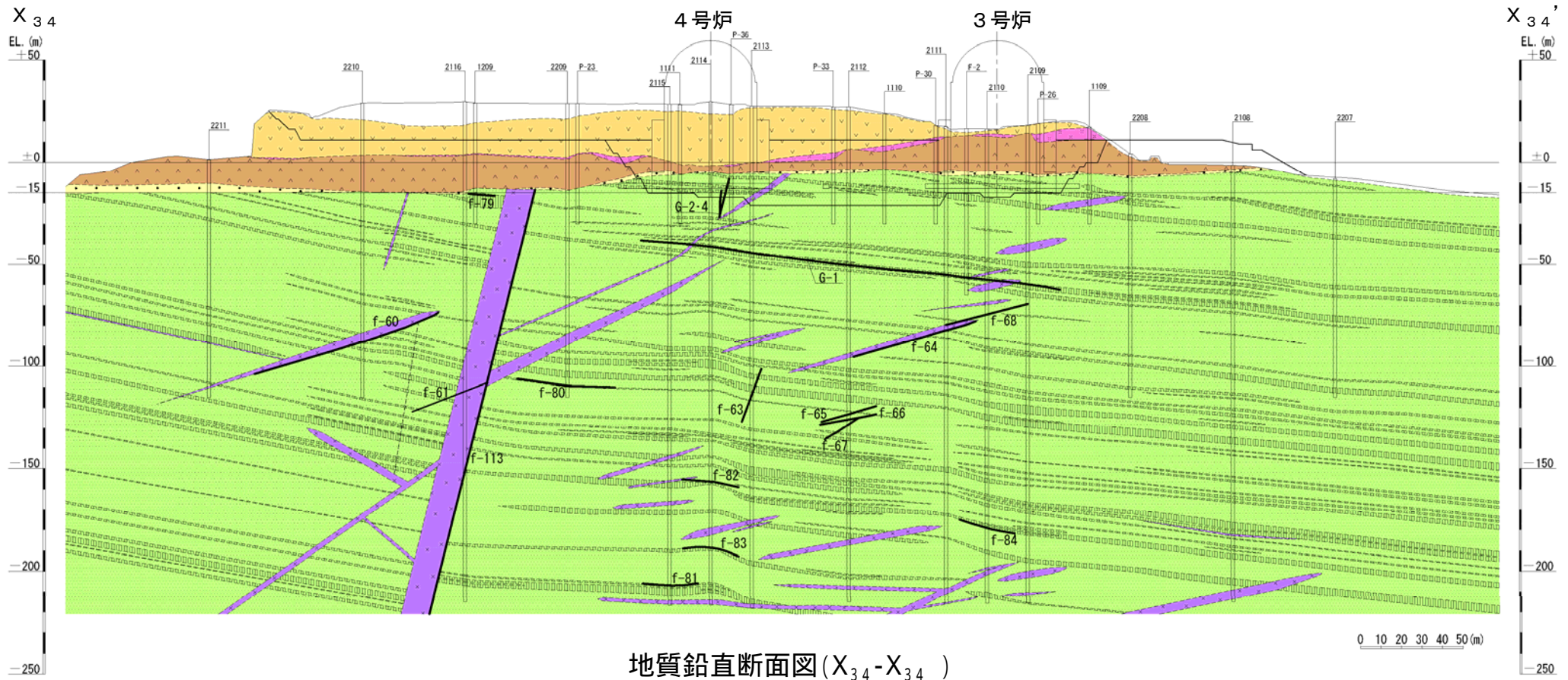
地質水平断面図(EL.-15m)

1.3 原子炉施設設置位置付近の地質〔地質鉛直断面図(3、4号炉)〕

地質凡例		記号凡例		
地質時代	地層名	地質		
新生代	第四紀	沖積層	表土(盛土等を含む)	
	鮮新世	東松浦玄武岩類	無斑晶質玄武岩	
			凝灰岩	
			かんらん石粗粒玄武岩	
	中新世	八ノ久保砂礫層	砂礫層	
		肥前粗粒玄武岩類	玢岩	
	古第三紀	漸新世	佐世保層群	頁岩
			砂岩	

記号凡例	
	ボーリング孔(投影)
	試掘坑(投影)
	岩種境界線
	断層

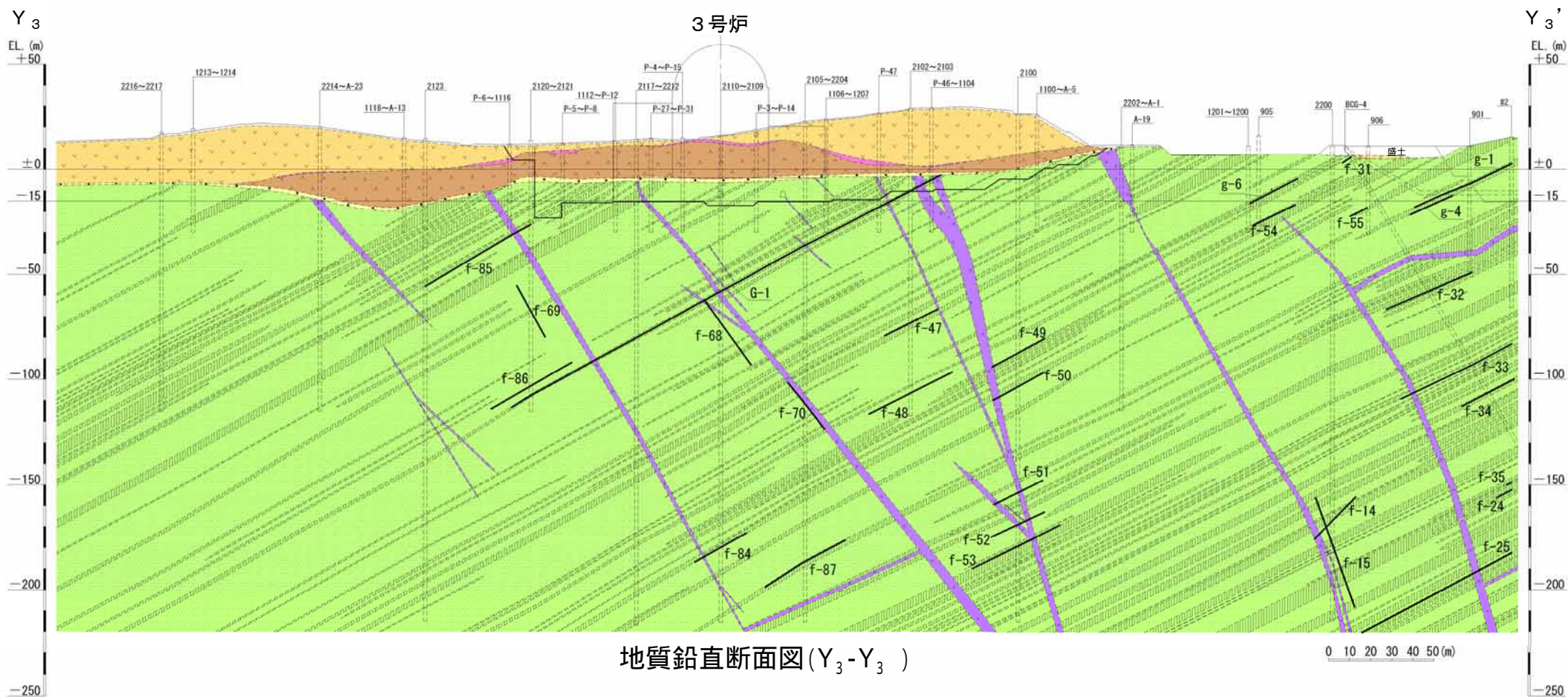
(G- : 3,4号炉試掘坑で確認された断層)
 (g- : 1,2号炉試掘坑で確認された断層)
 (f- : 上記以外の断層)



1.3 原子炉施設設置位置付近の地質〔地質鉛直断面図(3号炉)〕

地質凡例				
地質時代	地層名	地質		
新 生 代	第四紀	沖積層	表土(盛土等を含む)	
	鮮新世	東松浦玄武岩類	無斑晶質玄武岩	
			凝灰岩	
			かんらん石粗粒玄武岩	
	中新世	肥前粗粒玄武岩類	砂礫層	
			玢岩	
			頁岩	
	古第三紀	漸新世	佐世保層群	砂岩

記号凡例	
	ボーリング孔(投影)
	試験坑(投影)
	岩種境界線
	断層
(G-: 3,4号炉試験坑で確認された断層)	
(g-: 1,2号炉試験坑で確認された断層)	
(f-: 上記以外の断層)	



地質鉛直断面図(Y₃-Y₃)

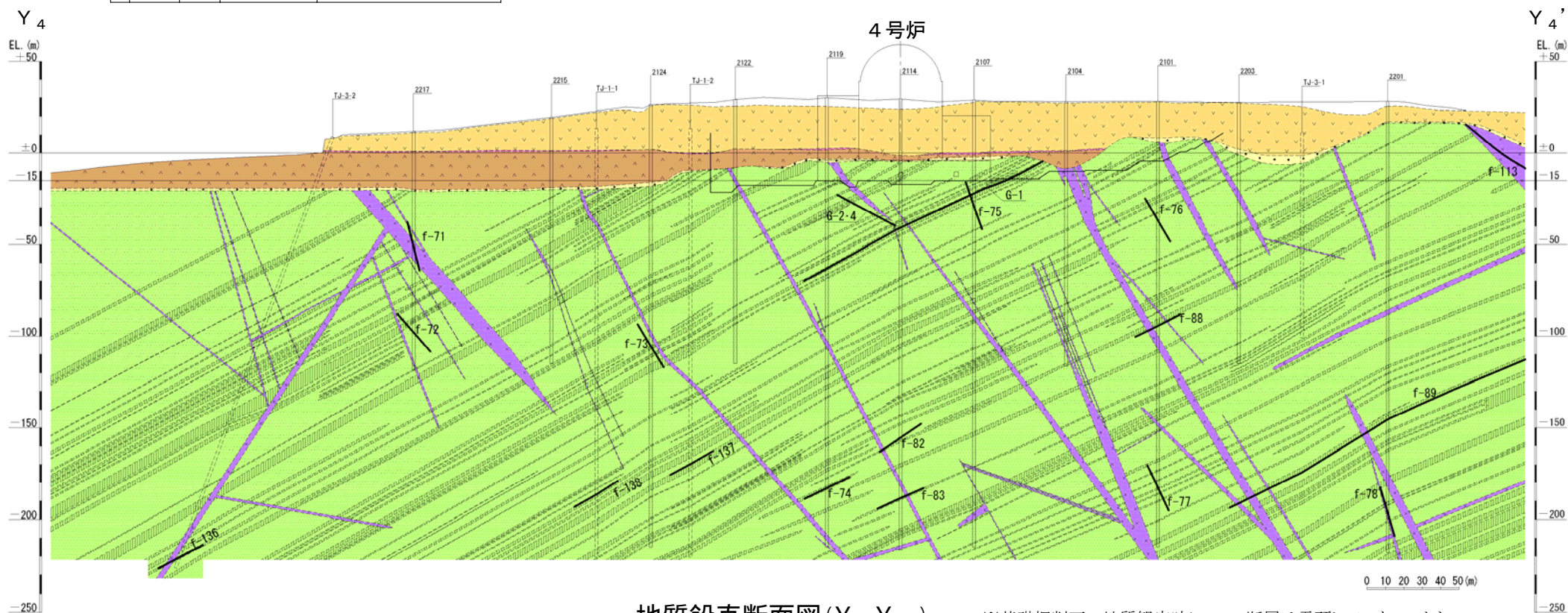
1.3 原子炉施設設置位置付近の地質〔地質鉛直断面図(4号炉)〕

地質凡例

地質時代	地層名	地質	
新生代	第四紀	沖積層	表土(盛土等を含む)
	鮮新世	東松浦玄武岩類	無斑晶質玄武岩
			凝灰岩
			かんらん石粗粒玄武岩
	中新世	八ノ久保砂礫層	砂礫層
		肥前粗粒玄武岩類	玢岩
			頁岩
	古第三紀 漸新世	佐世保層群	砂岩

記号凡例

- (○) ボーリング孔(投影)
 - (▽) 試掘坑(投影)
 - - - 岩種境界線
 - 断層
- (G-: 3,4号炉試掘坑で確認された断層)
 (g-: 1,2号炉試掘坑で確認された断層)
 (f-: 上記以外の断層)



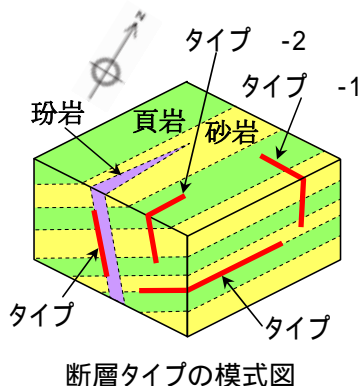
地質鉛直断面図(Y₄-Y₄)

※基礎掘削面の地質観察時に、f-75断層は露頭していないことを確認している

1.4 活動性評価対象断層の選定

○ 敷地内の断層を4つのタイプに区分し、タイプごとに活動性評価対象断層を選定し、断層の活動性を評価した。

活動性評価対象断層の選定フロー



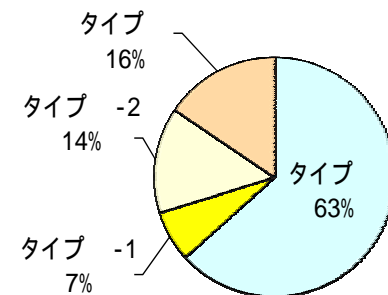
【断層タイプ区分】

・敷地内の断層を、以下の4つのタイプに区分。

断層タイプ	性状	本数※
①	佐世保層群の層理に沿う断層	102 (19)
②-1	佐世保層群の層理に斜交するNW走向の断層	11 (1)
②-2	佐世保層群の層理に斜交するNE走向の断層	23 (2)
③	佐世保層群に貫入した珩岩に沿う断層	25 (4)

※ ()内は敷地内において新たに確認された断層

計) 161 (26)



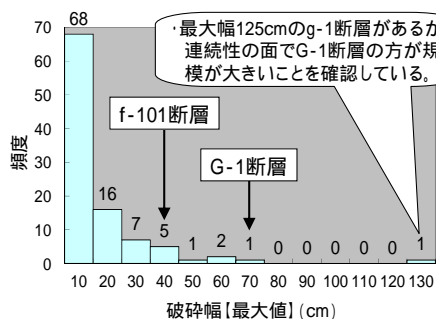
断層タイプごとの割合

【活動性評価対象断層の選定の基本方針】

・各タイプにおいて、破砕幅が大きく、連続性のある規模が大きい断層を選定。

タイプ

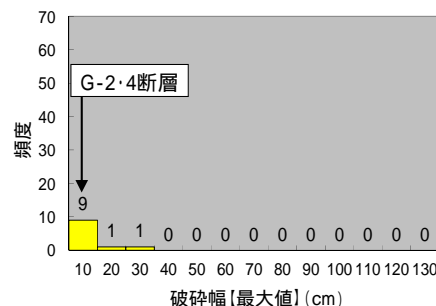
タイプ の断層のうち、規模が大きい断層として、破砕幅が大きいG-1断層及び連続性のあるf-101断層を選定。



破砕幅(最大値)ヒストグラム【タイプ】

タイプ -1

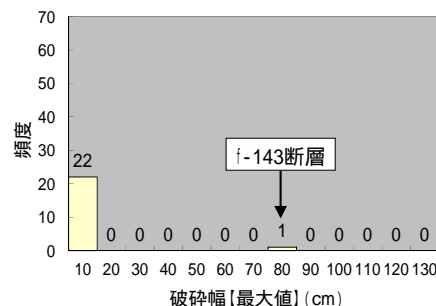
タイプ -1の断層には規模が大きい断層は認められないため、基礎掘削面に出現する断層として、G-2・4断層を選定。



破砕幅(最大値)ヒストグラム【タイプ -1】

タイプ -2

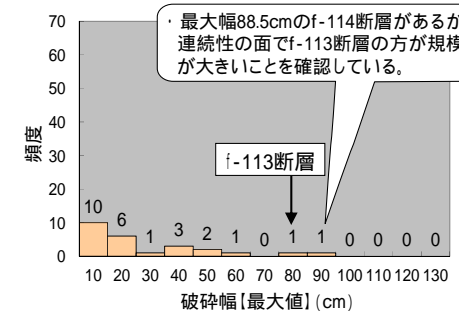
タイプ -2の断層のうち、最も規模が大きい断層として、f-143断層を選定。



破砕幅(最大値)ヒストグラム【タイプ -2】

タイプ

タイプ の断層のうち、規模が大きい断層として、f-113断層を選定。

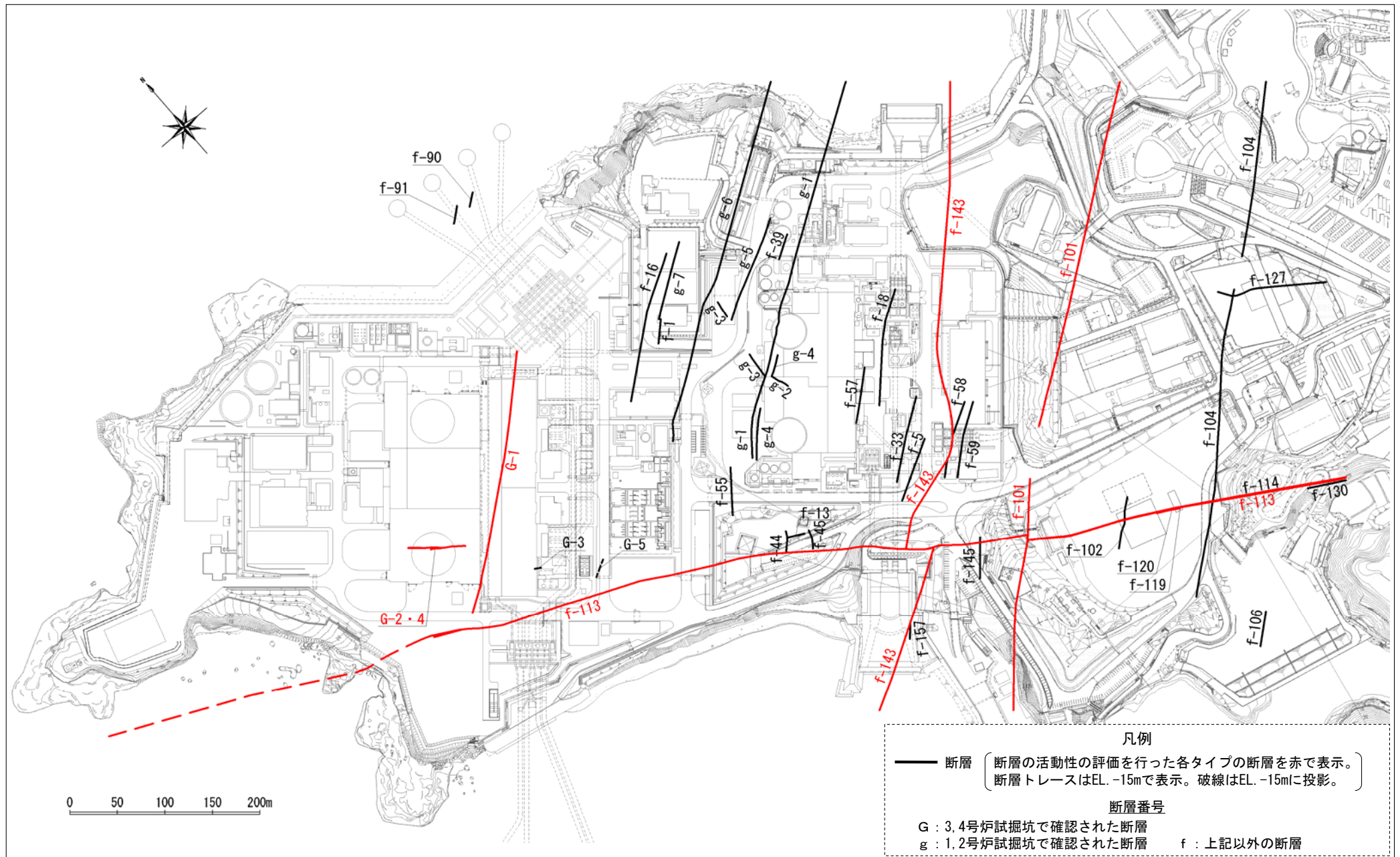


破砕幅(最大値)ヒストグラム【タイプ】

(注) タイプ のf-101断層、タイプ -2のf-143断層及びタイプ のf-113断層の切り合い関係は、ボーリング調査によると、三つ巴と判断され、これらの断層の新旧関係は複雑である。したがって、敷地内の断層の活動性評価は、それぞれのタイプごとに実施した。

*ボーリングコア、試掘坑及び基礎掘削面における破砕幅を基に、ヒストグラムを作成。

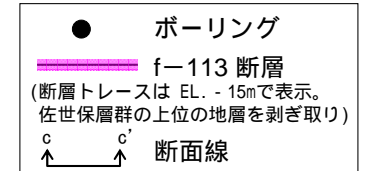
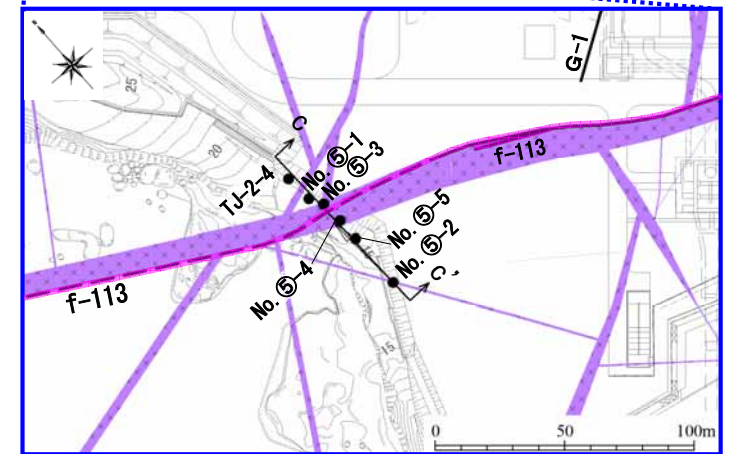
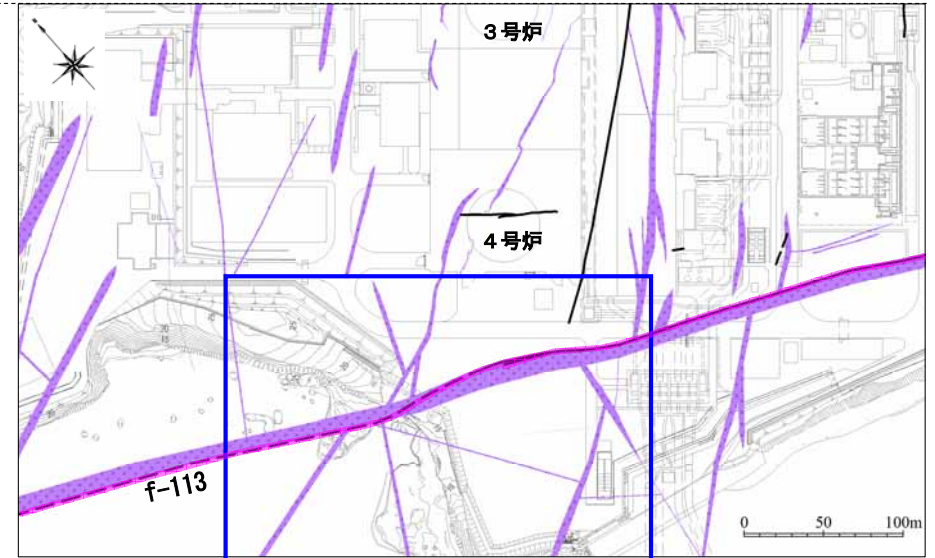
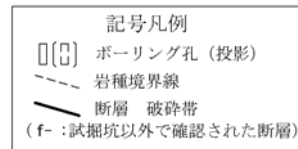
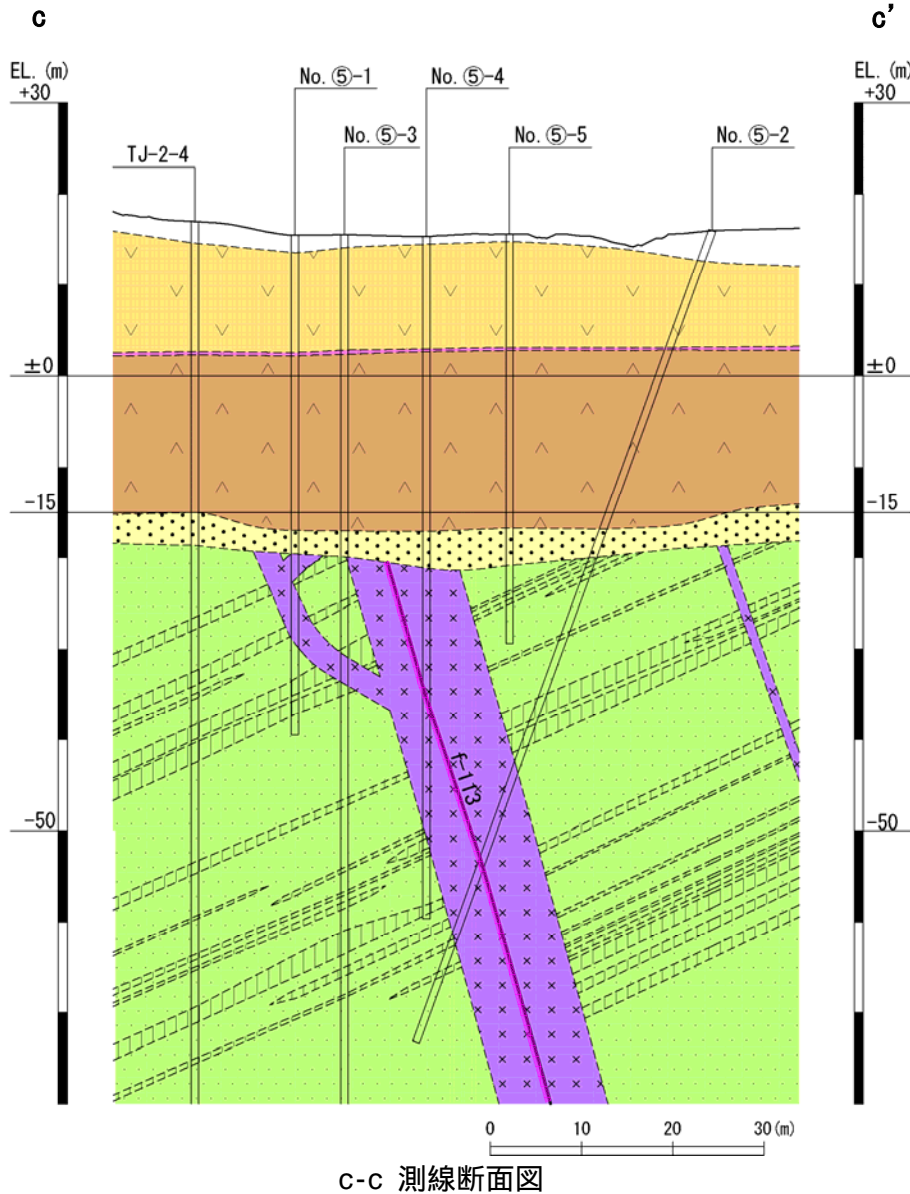
1.5 敷地内の主な断層分布



敷地内の主な断層分布図(EL. -15m)

1.6 断層の活動性評価の例〔f-113断層(タイプ③)のボーリング調査結果〕

○ 4号炉南西部におけるボーリング調査の結果、f-113断層の延長部に位置する八ノ久保砂礫層の上面及び基底面は、浸食等の影響により凹地状を呈するものの、八ノ久保砂礫層の上位に位置するかんらん石粗粒玄武岩(No.⑤-1孔～No.⑤-2孔区間)、凝灰岩及び無斑晶質玄武岩の基底面は水平であり、f-113断層による変位・変形は認められないことから、少なくとも新第三紀鮮新世の東松浦玄武岩類の噴出以降の活動はない。



ボーリング調査位置図

1.7 敷地内の断層評価のまとめ

- 敷地内の断層は、①佐世保層群の層理に沿う断層、②-1佐世保層群の層理に斜交するNW走向の断層、②-2佐世保層群の層理に斜交するNE走向の断層及び③佐世保層群に貫入した玢岩に沿う断層の4つのタイプに区分される。
- 各タイプの断層のうち、タイプ①はG-1断層及びf-101断層、タイプ②-1はG-2・4断層、タイプ②-2はf-143断層並びにタイプ③はf-113断層を活動性評価対象断層として選定し、ボーリング調査等により、活動性評価を実施した。
 - ・タイプ①のうちG-1断層について、断層調査坑地質観察の結果、東松浦玄武岩類の基底面に変位・変形は認められない。また、f-101断層について、敷地南東部におけるボーリング調査の結果、八ノ久保砂礫層及び東松浦玄武岩類の基底面に変位・変形は認められない。
 - ・タイプ②-1のG-2・4断層について、基礎掘削面地質観察の結果、南東側では佐世保層群中で消滅し、北西側では新第三紀中新世に貫入した玢岩に変位・変形は認められない。
 - ・タイプ②-2のf-143断層について、敷地南東部におけるボーリング調査の結果、八ノ久保砂礫層及び東松浦玄武岩類の基底面に変位・変形は認められない。
 - ・タイプ③のf-113断層について、敷地南東部のトレンチ調査及び4号炉南西部におけるボーリング調査の結果、八ノ久保砂礫層及び東松浦玄武岩類の基底面に変位・変形は認められない。
- 敷地内の断層は、少なくとも新第三紀鮮新世の東松浦玄武岩類(約300万年前)の噴出以降の活動はないものと判断した。

2.1 基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価のまとめ

- ボーリング調査の追加に伴う地質データの更新及び敷地造成形状の変更を踏まえ、原子炉格納容器等の基礎地盤及び周辺斜面の安定性について評価した結果、評価基準値を満足することを確認した。
- また、特定重大事故等対処施設の基礎地盤及び周辺斜面の安定性について評価した結果、評価基準値を満足することを確認した。

基礎地盤のすべり(評価基準値:すべり安全率1.5)

基礎の支持力(評価基準値:地盤の許容支持力13.7N/mm²)

基礎底面の傾斜(評価基準値の目安:傾斜1/2,000)

2.2 評価結果〔①基礎地盤のすべり；X₃₄-X₃₄' 断面〕

すべり線 番号	すべり線形状	すべり安全率		基本強度		強度 - 1	すべり安全率		基本強度		強度 - 1
					時間(s)					時間(s)	
1 (建屋底面 のすべり)		Ss-1	(正, 正)	5.2	8.13	-	Ss-5 NS	(正, 正)	5.5	7.01	-
			(逆, 正)	4.3	8.12	-		(逆, 正)	6.7	7.01	-
			(正, 逆)	5.6	13.25	-		(正, 逆)	6.7	6.99	-
			(逆, 逆)	5.7	13.25	-		(逆, 逆)	7.4	7.00	-
		Ss-2	(正, 正)	12.7	15.80	-	Ss-5 EW	(正, 正)	7.8	7.97	-
		Ss-3	(正, 正)	6.1	18.10	-		(逆, 正)	8.6	7.97	-
		Ss-4	(正, 正)	2.8	7.55	-		(正, 逆)	7.2	7.98	-
			(逆, 正)	2.7	7.55	-		(逆, 逆)	7.7	7.97	-
2 (断層・シー ムのすべり)		Ss-1	(正, 正)	4.8	8.14	-	Ss-5 NS	(正, 正)	5.3	7.02	-
			(逆, 正)	3.6	8.13	-		(逆, 正)	6.3	7.02	-
			(正, 逆)	4.6	13.24	-		(正, 逆)	6.3	7.02	-
			(逆, 逆)	4.5	13.23	-		(逆, 逆)	7.2	6.29	-
		Ss-2	(正, 正)	13.4	16.60	-	Ss-5 EW	(正, 正)	6.5	7.99	-
		Ss-3	(正, 正)	5.5	18.12	-		(逆, 正)	7.6	6.38	-
		Ss-4	(正, 正)	2.8	7.55	-		(正, 逆)	6.3	8.00	-
			(逆, 正)	3.2	7.55	-		(逆, 逆)	7.4	7.99	-
3 (断層・シー ムのすべり)		Ss-1	(正, 正)	4.4	8.14	-	Ss-5 NS	(正, 正)	4.7	7.02	-
			(逆, 正)	3.2	8.13	-		(逆, 正)	5.6	6.37	-
			(正, 逆)	4.3	13.24	-		(正, 逆)	5.6	7.02	-
			(逆, 逆)	3.8	13.23	-		(逆, 逆)	6.0	6.35	-
		Ss-2	(正, 正)	10.4	16.60	-	Ss-5 EW	(正, 正)	5.7	7.99	-
		Ss-3	(正, 正)	4.8	15.75	-		(逆, 正)	6.3	6.38	-
		Ss-4	(正, 正)	2.6(2.6 ¹)	7.55	2.1		(正, 逆)	5.6	8.03	-
			(逆, 正)	3.1	7.55	-		(逆, 逆)	6.8	6.40	-
4 (断層・シー ムのすべり)		Ss-1	(正, 正)	4.8	8.13	-	Ss-5 NS	(正, 正)	5.1	7.01	-
			(逆, 正)	3.4	8.13	-		(逆, 正)	5.3	6.32	-
			(正, 逆)	5.0	13.23	-		(正, 逆)	6.0	7.01	-
			(逆, 逆)	3.8	13.22	-		(逆, 逆)	5.7	6.34	-
		Ss-2	(正, 正)	9.6	16.60	-	Ss-5 EW	(正, 正)	5.8	8.02	-
		Ss-3	(正, 正)	4.9	18.10	-		(逆, 正)	6.0	6.37	-
		Ss-4	(正, 正)	3.1	7.55	-		(正, 逆)	5.6	8.02	-
			(逆, 正)	4.1	7.55	-		(逆, 逆)	6.8	6.39	-

すべり安全率の最小値

1 応力再配分を実施した場合の安全率

注) 類似したすべり線形状については、安全率が最も小さいものについて掲載

2.2 評価結果〔②基礎の支持力；原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋〕

- 原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋の基礎底面の最大接地圧は、基礎地盤を構成する主な岩盤である砂岩及び頁岩の㊸級の極限支持力 $13.7\text{N}/\text{mm}^2$ を下回ることを確認した。

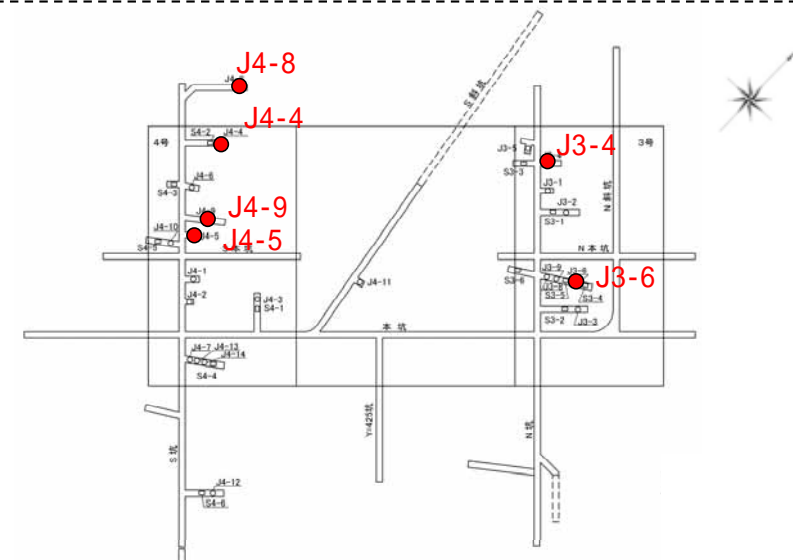
		基礎底面の最大接地圧			
		3号炉		4号炉	
		Y ₃ - Y ₃ 断面	X ₃₄ - X ₃₄ 断面	Y ₄ - Y ₄ 断面	X ₃₄ - X ₃₄ 断面
Ss-1		1.62N/mm ²	1.60N/mm ²	1.58N/mm ²	1.36N/mm ²
		11.45s	13.01s	11.45s	17.84s
Ss-2		1.55N/mm ²	1.17N/mm ²	1.36N/mm ²	1.07N/mm ²
		8.28s	15.80s	14.43s	17.69s
Ss-3		1.66N/mm ²	1.50N/mm ²	1.57N/mm ²	1.29N/mm ²
		9.89s	15.78s	9.89s	9.87s
Ss-4		1.65N/mm ²	2.01N/mm ²	1.89N/mm ²	1.38N/mm ²
		7.60s	7.53s	7.52s	7.90s
Ss-5	NS	1.67N/mm ²	1.54N/mm ²	1.53N/mm ²	1.31N/mm ²
		7.68s	7.01s	7.69s	7.16s
Ss-5	EW	1.67N/mm ²	1.57N/mm ²	1.70N/mm ²	1.21N/mm ²
		7.68s	7.99s	7.68s	7.64s

支持力試験結果

試験箇所	岩種・岩級	支持力試験値
J3-4	砂岩㊸	13.7N/mm ² 以上
J3-6	頁岩㊸	13.7N/mm ² 以上
J4-4	砂岩㊸	13.7N/mm ² 以上
J4-5	砂岩㊸	13.7N/mm ² 以上
J4-8	頁岩㊸	13.7N/mm ² 以上
J4-9	頁岩㊸	13.7N/mm ² 以上

ジャッキの載荷限界 $13.7\text{N}/\text{mm}^2$ に達しても破壊に至らない

基礎地盤は主に砂岩・頁岩の 級以上で構成されることから、極限支持力は、 $13.7\text{N}/\text{mm}^2$ 以上と評価できる。

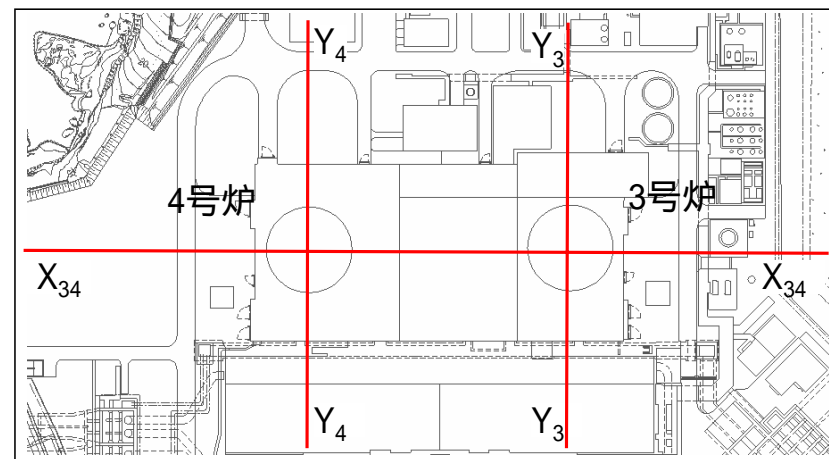


試掘坑内における支持力試験位置

2.2 評価結果〔③基礎底面の傾斜；原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋〕

○ 基礎底面の傾斜について、評価基準値の目安である1/2,000を下回ることを確認した。

		3号炉		4号炉	
		Y ₃ -Y ₃ 断面 L=99.8m	X ₃₄ - X ₃₄ 断面 L=57.0m	Y ₄ -Y ₄ 断面 L=94.9m	X ₃₄ - X ₃₄ 断面 L=78.7m
基礎底面両端 の相対変位 Ay - By	Ss-1	0.8mm 18.09s	1.7mm 4.97s	1.1mm 4.87s	3.3mm 5.01s
	Ss-2	0.4mm 13.63s	0.7mm 8.99s	0.4mm 12.20s	0.9mm 15.61s
	Ss-3	0.7mm 15.40s	1.4mm 9.95s	0.9mm 15.55s	1.9mm 18.12s
	Ss-4	0.8mm 7.78s	1.2mm 7.63s	1.5mm 7.52s	5.3mm 7.56s
	Ss-5	NS	0.8mm 7.16s	0.8mm 8.87s	1.0mm 6.99s
EW		0.7mm 8.12s	1.3mm 7.71s	0.8mm 6.61s	1.9mm 8.03s
基礎底面両端 の傾斜 Ay - By /L	Ss-1	1/125,000	1/34,000	1/86,000	1/24,000
	Ss-2	1/250,000	1/81,000	1/237,000	1/87,000
	Ss-3	1/143,000	1/41,000	1/105,000	1/41,000
	Ss-4	1/125,000	1/48,000	1/63,000	1/15,000
	Ss-5	NS	1/125,000	1/71,000	1/95,000
EW		1/143,000	1/44,000	1/119,000	1/41,000



断面位置図

