

大阪公立大学大学院理学研究科地球学専攻 2024年度特別講演会 2024.08.05.  
15:00-16:30 中百舌鳥キャンパス・サイエンスホール（原子力規制人材育成  
事業 東京都市大学令和2年度採択「地震・津波・火山の継続的人材育成を  
目指した体験重視プログラム」の一環）（本講演の内容は次の会議でも発表）  
Keynote Lectures on Regulatory Challenges and Changes in the Practice after  
the 2011 Fukushima Nuclear Accident (Tuesday, 18 June 2024, IAEA, Vienna)

# 自然ハザードに対する日本の最近の原 子力規制、再審査及びバックフィット

Recent Nuclear Regulation, Re-evaluations, and  
Backfits in Japan to Cope with Natural Hazards

石渡 明（原子力規制委員会委員）

Akira Ishiwatari, Commissioner

Nuclear Regulation Authority (NRA), Japan

# 石渡 明 自己紹介

- ◆ 学歴等： 1953年神奈川県鎌倉市生まれ、東京都狛江市で育つ  
都立神代高校、横浜国立大学教育学部、金沢大学大学院理学  
研究科(修士)、東京大学大学院理学系研究科(博士)
- ◆ 職歴： 都立明正高校定時制教諭、パリ第6大学客員主任助手、  
金沢大学理学部助手・助教授・教授、東北大学東北アジア研究  
センター教授、2014年9月から原子力規制委員会委員(現職)
- ◆ 専門： 岩石学、地質学、地球化学(2009年日本地質学会賞)
- ◆ 著書： 「北陸の自然をたずねて」築地書館(共著, 2001)  
「日本地方地質誌中部地方」朝倉書店(日本地質学会編, 2006)  
「東北アジア 大地のつながり」東北大学出版会(共著, 2011)  
「火成作用(フィールドジオロジー8)」共立出版(共著, 2012)  
「Q&A火山噴火 127の疑問」講談社(日本火山学会編, 2015)  
「The Geology of Japan」英国地質学会(共著, 2016)



# 今日の話の内容

	page
はじめに (2011年東日本大震災の地震・津波体験)	3
福島第一事故後の自然ハザード関連の原子力規制	8
(1) 津波 (2) 活断層 (3) 地震 (4) 火山活動	
自然ハザード関連のバックフィット	22
(1) 火山噴火時の気中火山灰濃度 (全原発)	
(2) 噴火による降灰層厚 (関電高浜大飯美浜原発)	
(3) 警報なしで来襲する津波 (関電高浜原発)	
(4) 特定せず地震の標準応答スペクトル (全原発)	
その他の改善: (5) 地すべり対策の斜面掘削 (福島第一)	
(6) 津波の引き波対策の防護柵設置(JAEA東海再処理)	
最近のトピックス (能登半島地震) / 結論	37/40

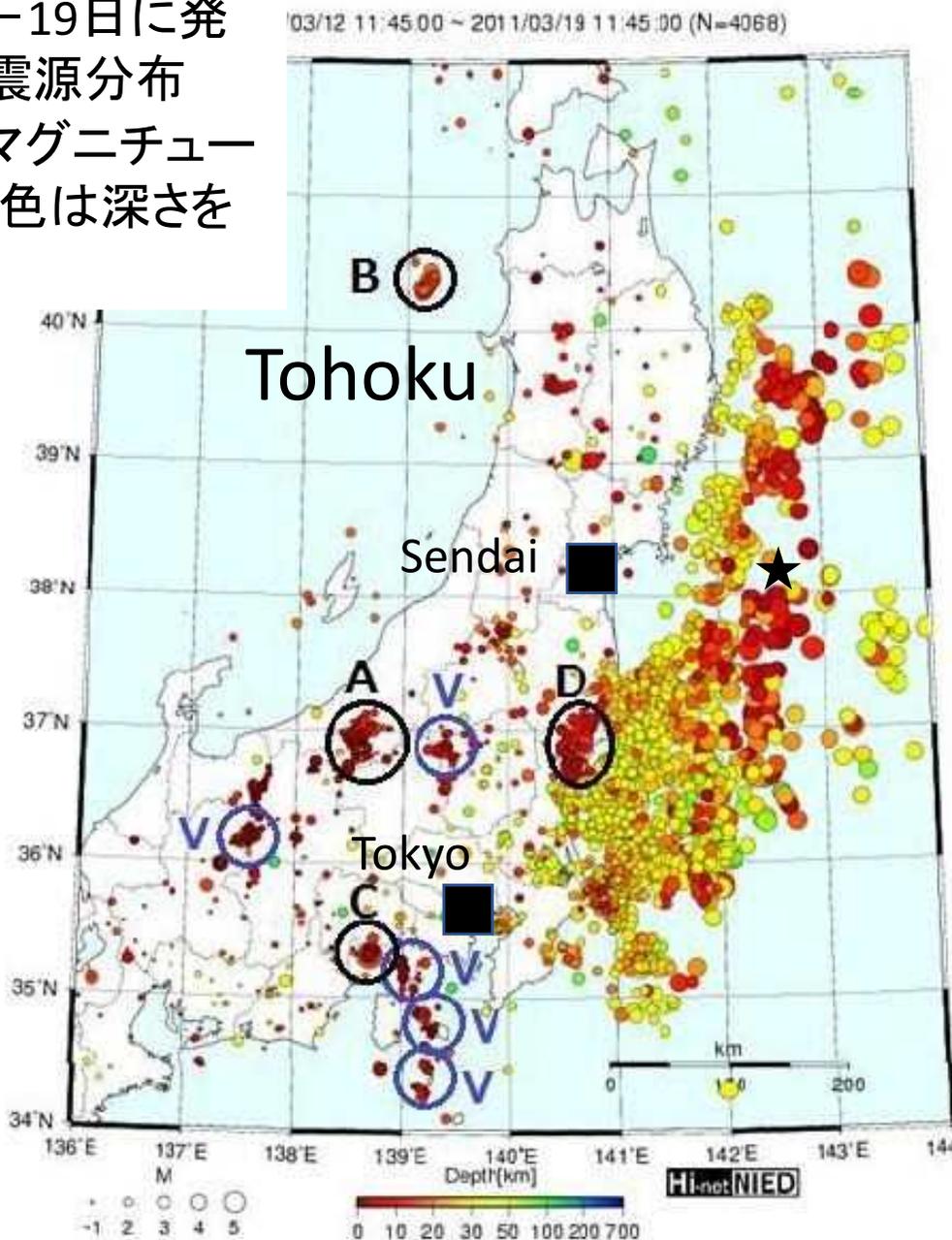
# はじめに (2011年3月11日 東日本大震災の体験)

2011年3月12-19日に発生した余震の震源分布  
 円の大きさはマグニチュードを表し、円の色は深さを表す。

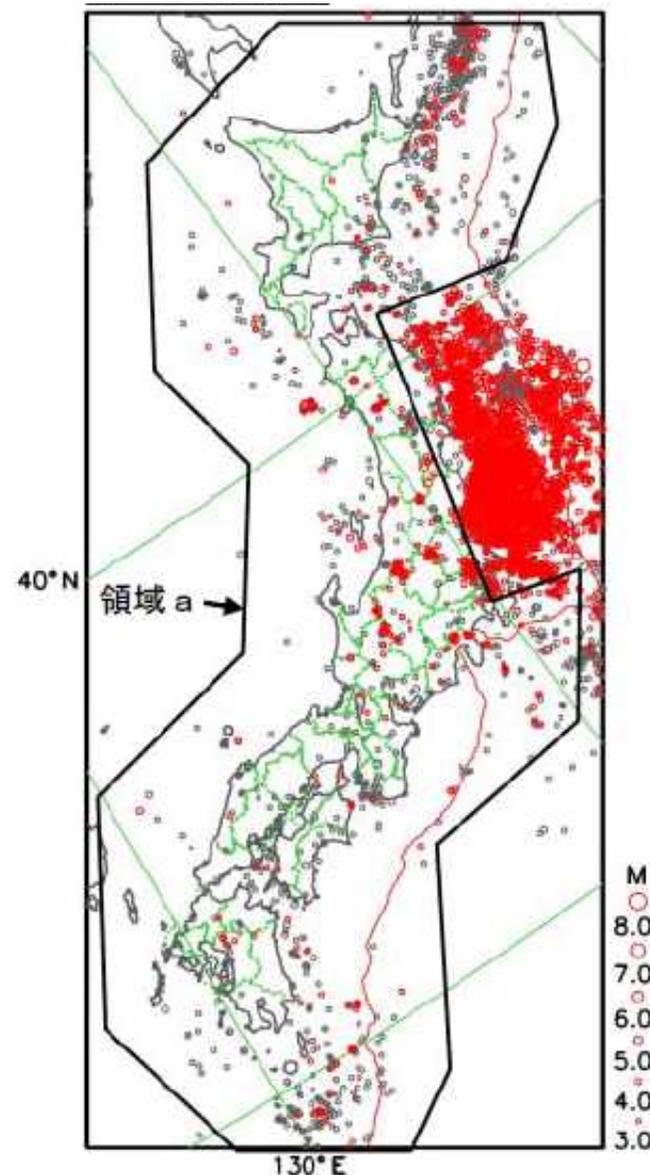
★ 本震  
 (M9.0)

A, B, C, D  
 誘発地震

V  
 火山性地震



2011年3月11日~5月7日



# 2011年3月11日に津波被害を受けた仙台市海岸部の水田(同年3月27日石渡撮影)



【下の写真】仙台市海岸部の津波被害を受けた墓地。墓石転倒の原因は地震の揺れによるか、津波漂流物との衝突によるか、いずれかであろう。



# 岩手県大槌町と江岸寺墓地の津波被害 (2011年7月31日石渡撮影)



津波被害を受けた大槌町



津波被害を受けた町と墓地



津波被害を受けた鉄骨造の建物



丘の上部では全く被害がない

岩手県大槌町の江岸寺墓地の津波・津波火災被害状況(2)(2011年7月31日石渡撮影)



7m程度の高さまで津波火災が及んだ



墓石の上流側が欠損している



墓石が下流側に倒れ、火災で表面が剥離



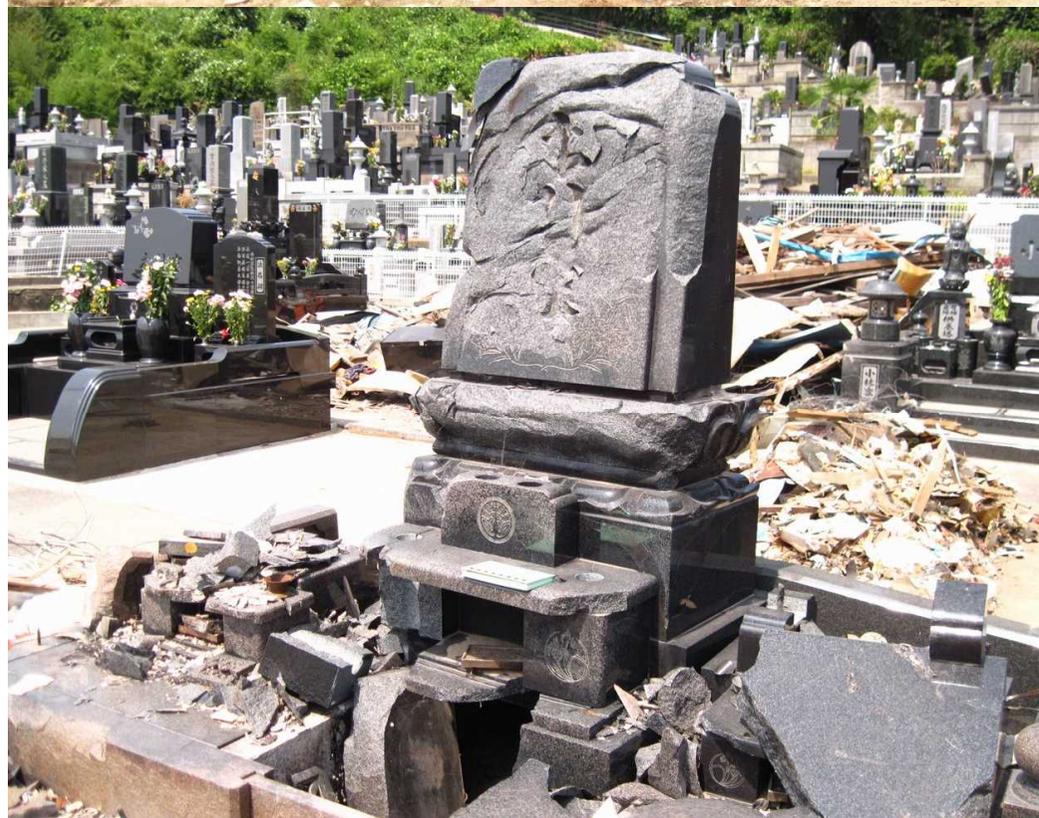
地震で墓石は倒れておらず、ずれただけ

原子力規制委員会  
Nuclear Regulation Authority

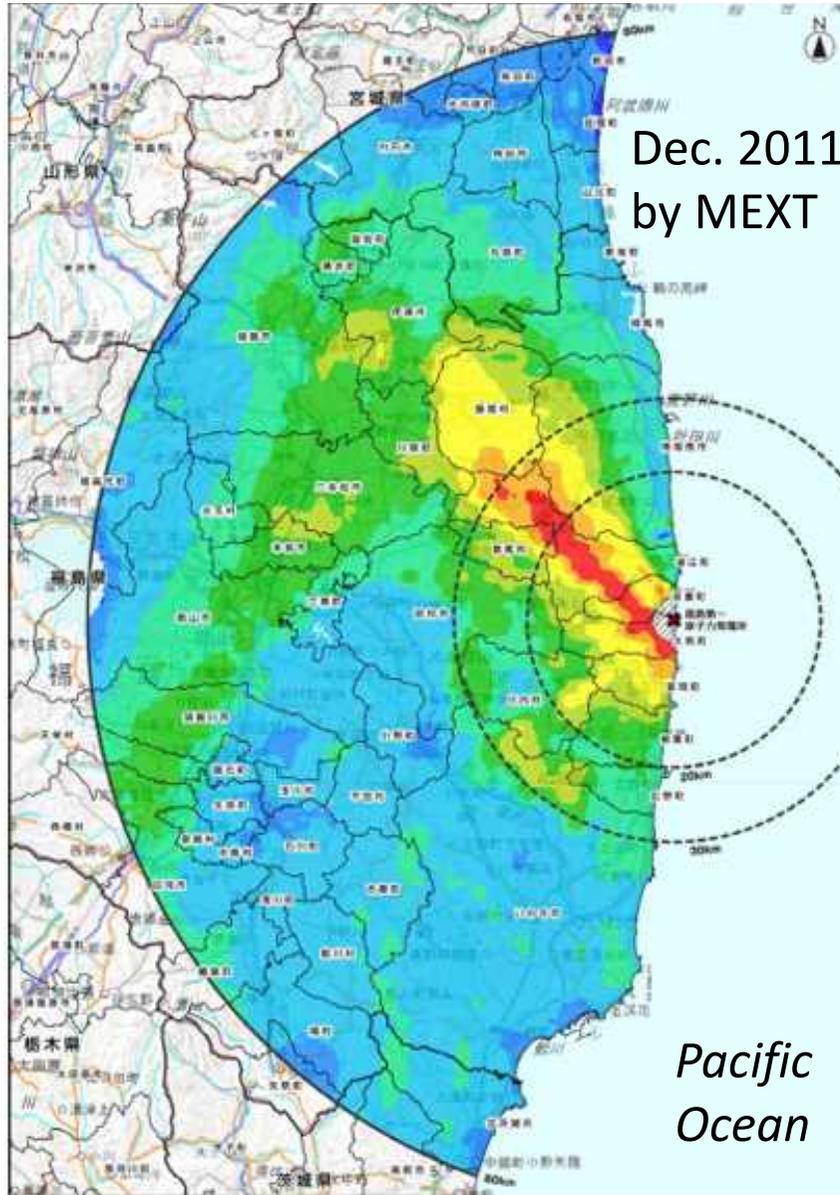


津波火災により全焼した  
石巻市立門脇(かどの  
わき)小学校。

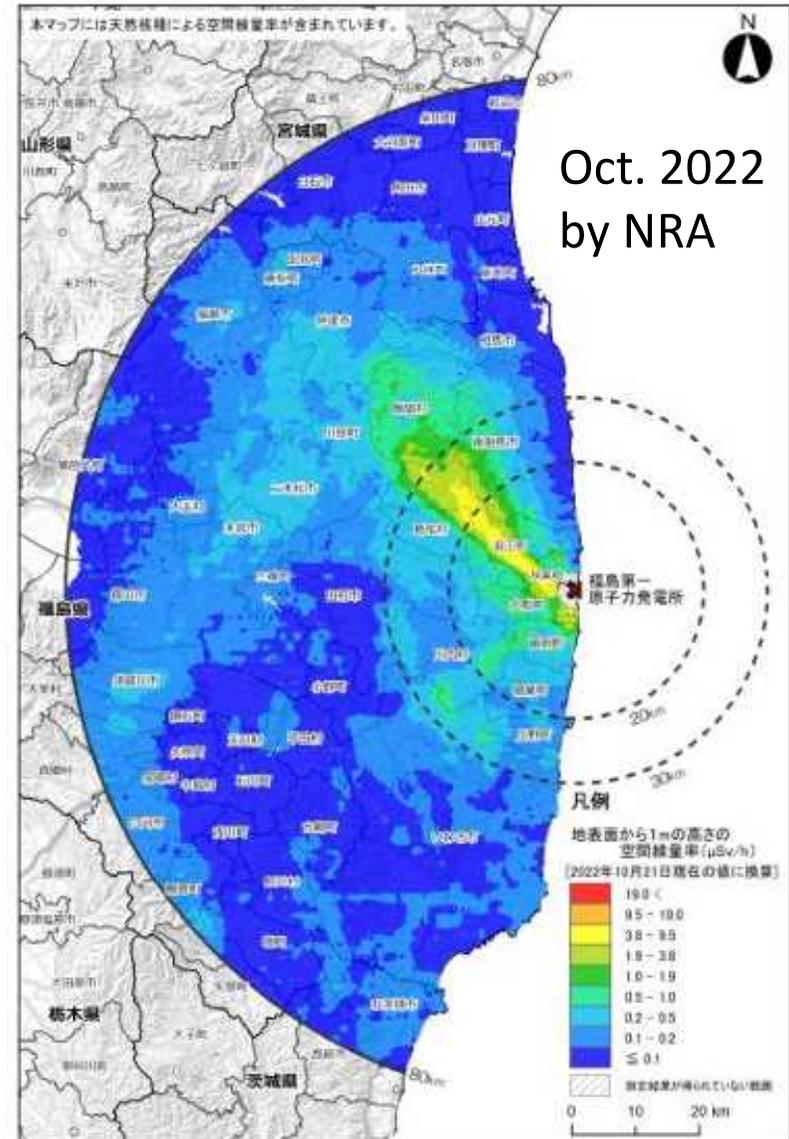
隣接する西光寺墓地の  
墓石は津波火災により  
表面が剥離し、円くなっ  
ている(2011年8月16日  
石渡撮影)。



# 福島第一原子力発電所から80km以内における2011年12月と2022年10月の空間線量の分布( $\mu\text{Sv/h}$ )



文部科学省発表 2011年12月16日

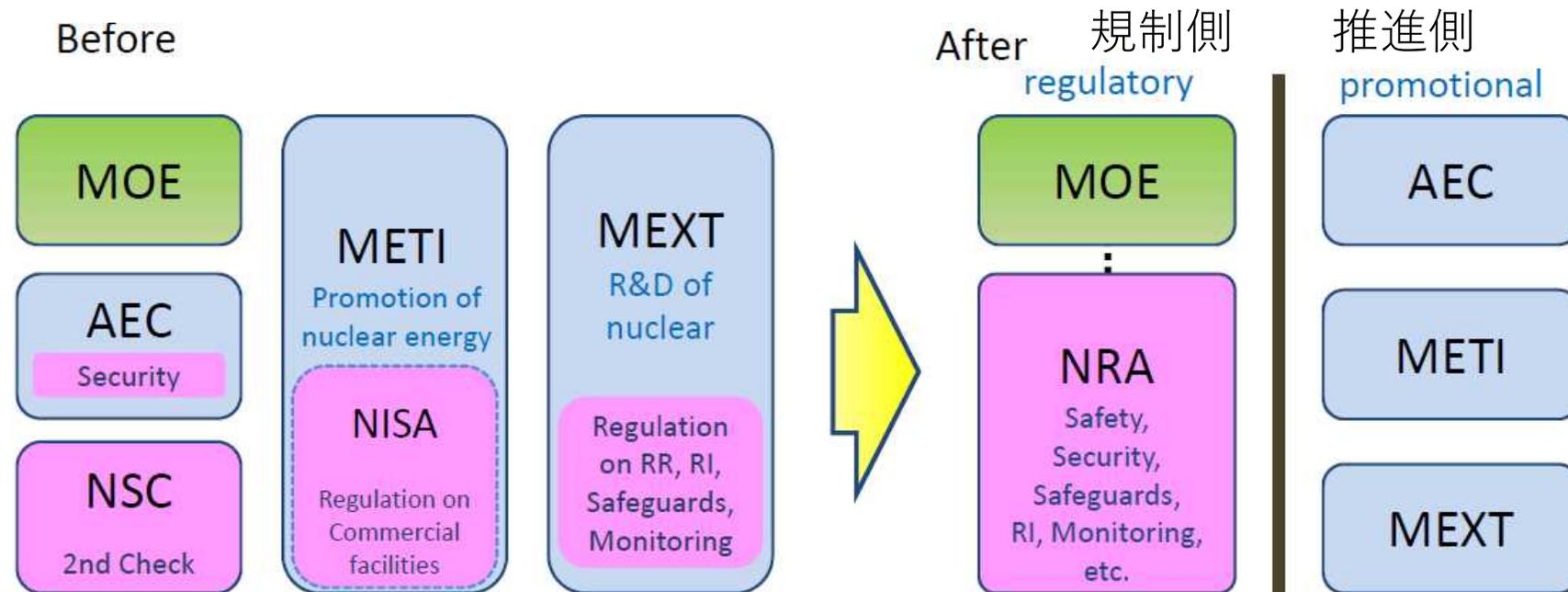


※2022年10月21日現在の値に換算

原子力規制委員会発表 2023年3月10日

# 原子力規制委員会 独立した規制機関

東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓を反映し、各省庁に分散していた規制部門を1つにまとめ、2012年9月に原子力規制委員会（NRA）が発足した。



MOE: 環境省

AEC: 原子力委員会（核防護）

NSC: 原子力安全委員会【廃止】

METI: 経産省

NISA: 原子力安全・保安院【廃止】

MEXT: 文科省（試験炉RR、放射性同位体RI、保障措置、モニタリング）

MOE: 環境省

NRA: 原子力規制委員会（安全、核防護、保障措置、RI、モニタリング等）

AEC: 原子力委員会

METI: 経産省

MEXT: 文科省

Regulatory

Promotional

RR: Research Reactors

RI: Radioisotopes

# 原子力規制委員会の組織理念

- 使命

原子力に対する確かな規制を通じて、  
人と環境を守る

- 活動原則

- (1) 独立した意思決定
- (2) 実効ある行動
- (3) 透明で開かれた組織
- (4) 向上心と責任感
- (5) 緊急時即応

- 規制庁（事務局）の構成（職員約1000人）

審査部門、検査部門、研究部門、法務部門、  
国際室、広報室、地方事務所、その他

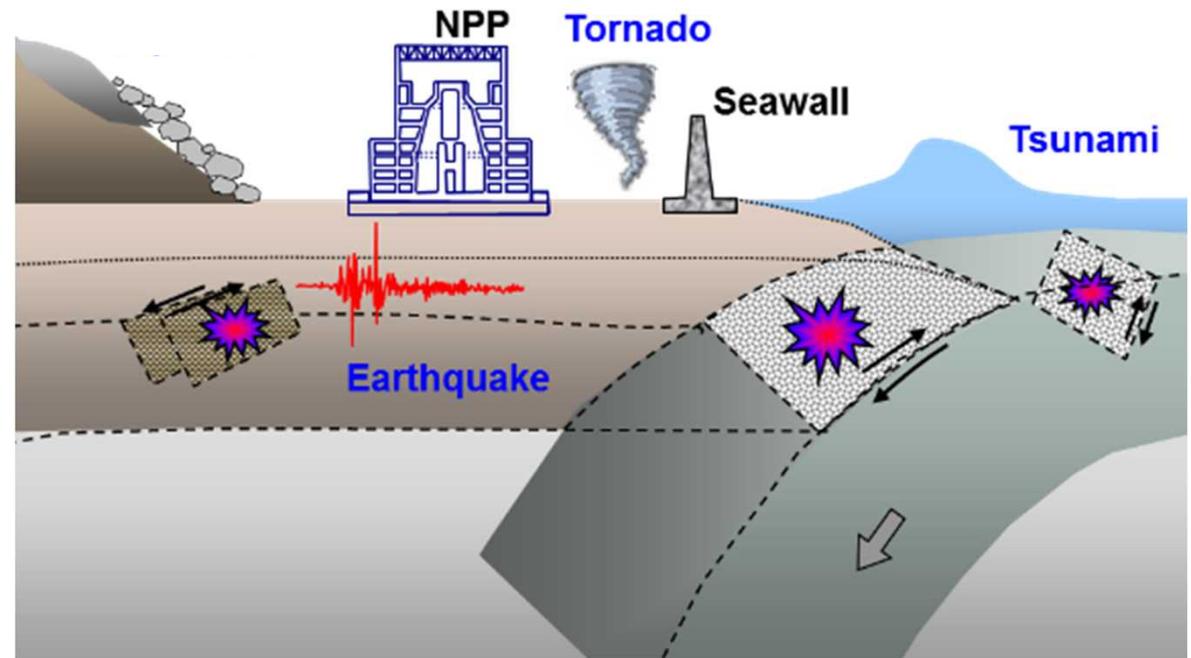
# 自然ハザードに対する原子力規制要求

東京電力福島第一発電所事故後に制定された原子力規制委員会の新規制基準は次のような自然ハザードに対して原子力施設の安全が保たれることを要求している。

- 津波
- 活断層
- 地震
- 火山活動
- 地すべり
- 竜巻
- 強風(台風など)
- 洪水
- 豪雨
- 低温・氷結
- 積雪

本講演の主な内容

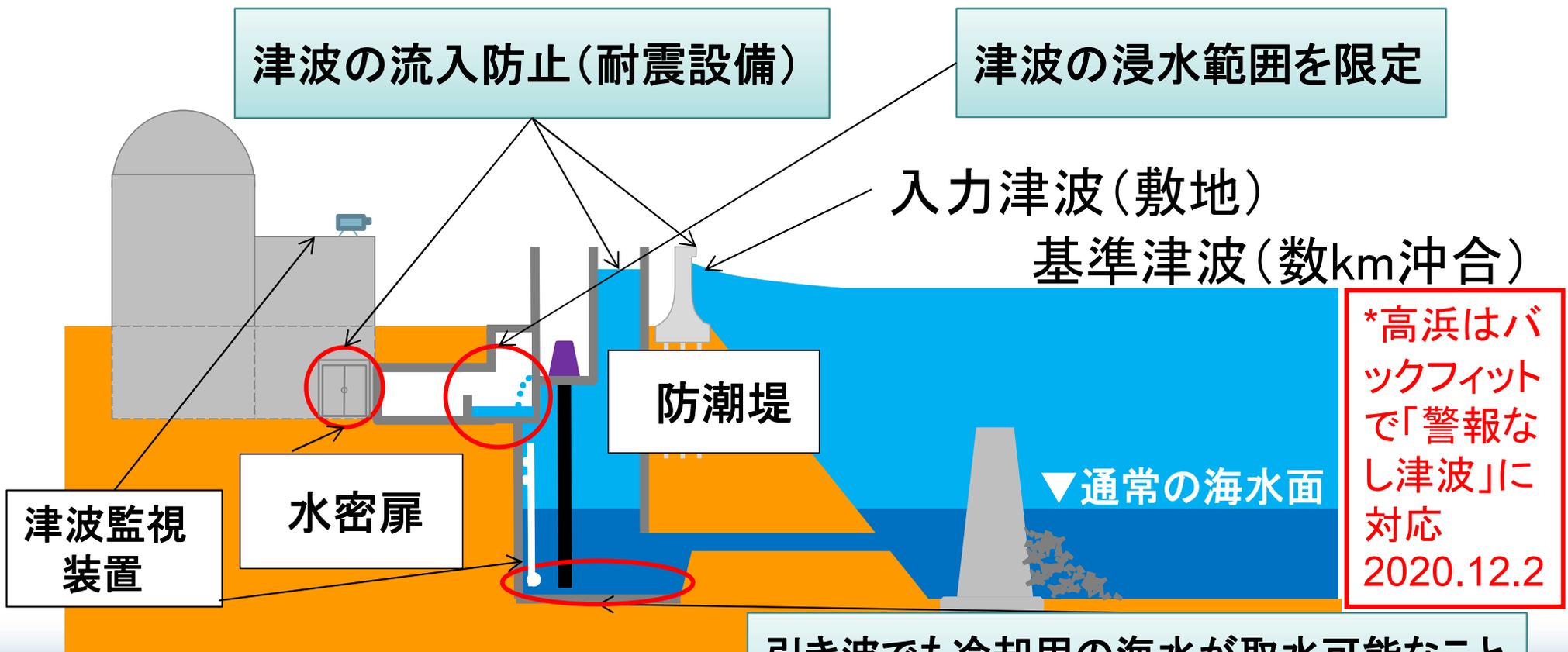
- 落雷
- 生物現象
- 森林火災



(下線部は新規制基準で新たに加わったもの)

# (1) 津波

- ◆ 既往最大を超え、科学的に妥当な津波を設定
- ◆ 深層防護の方針に基づく多重的な対策



【川内】基準 2.0m 入力 7.0m 敷地 13m  
【伊方】基準 1.9m 入力 8.7m 敷地 10m  
【高浜】基準 1.7m 入力 6.7m 敷地 3.5m\*

引き波でも冷却用の海水が取水可能なこと  
漂流砂などが取水口を塞がないこと

# 原子力発電所に来襲した 2011年3月11日津波

原子力発電所	実際の津波高さ (2011年3月11日)	入力津波 (2011年以前)	入力津波 (2011年以後)
東通	4 m [13 m]	6.5 m	11.7 m*
女川*	13 m [15 m]*	9.1 m	23.1 m
福島第一**	15 m [10 m]	5.4 – 5.7 m	14.9 m** (22.6m)***
福島第二**	15 m [12 m]	5.1 – 5.2 m	(27.5 m)***
東海第二*	5 m [8 m]	5.7 m	17.1 m

津波により大事故が  
発生した発電所  
津波の影響があった  
発電所  
\*許可済み  
\*\*廃炉中

[ ]内は原子炉の  
設置地盤の標高

\*敷地は地震により  
1 m沈降(津波来襲  
時は標高14m)

\*審査中

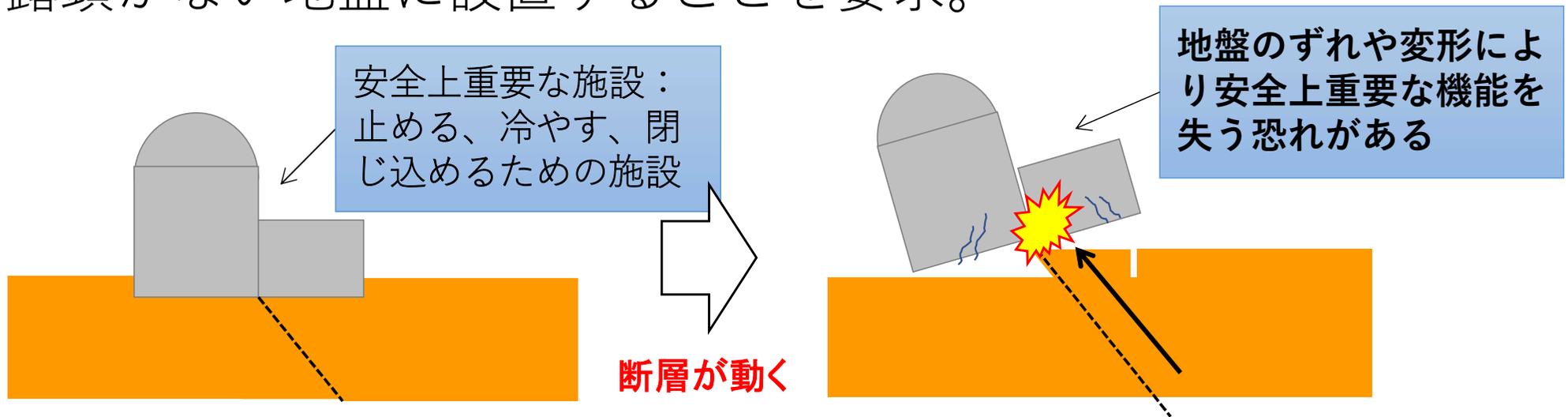
\*\*日本海溝・千島海溝地震による津波。  
高さ13.5-16mの防潮堤が2024年4月ま  
でに完成した。

\*\*\*東京電力が将来の検討用として提案し  
ている津波

種々の資料による(文責:石渡)

## (2) 活断層

- 「将来活動する可能性のある断層等」 (“Capable faults”) は後期更新世（約12~13万年前）以後の活動が否定できないものとし、必要な場合は中期更新世（約40万年前）まで遡って活動性を評価。
- 耐震設計上の重要度Sクラスの建物・構築物は「活断層等」の露頭がない地盤に設置することを要求。



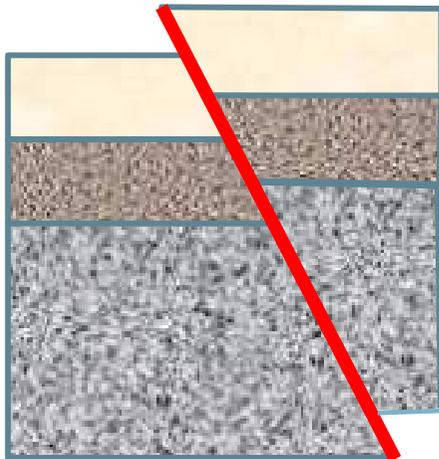
- ずれや変形の量、地盤が建物に及ぼす力の大きさは予測不能。
- 後期更新世以後の活動性が否定できない断層上に重要施設があってはならない

# 「活断層等」の判断基準

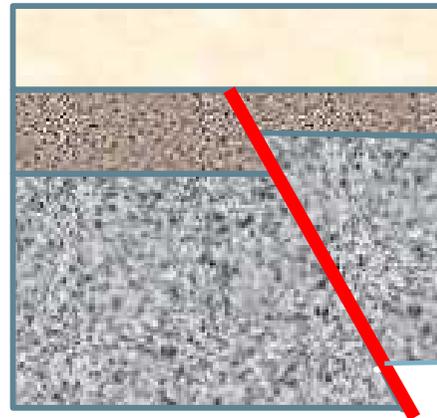
## 1. 上載地層法

石渡(2015)原図

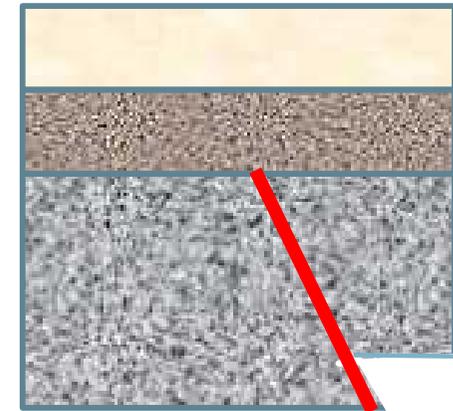
地質時代



判断  
活断層等



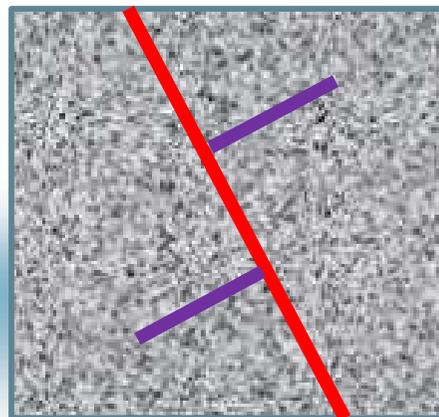
活断層等



活断層等ではない

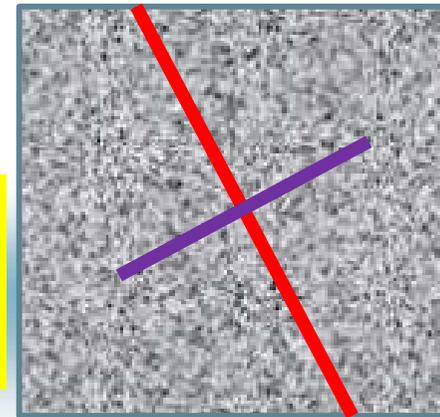
## 2. 鉱物脈法

— 12-13万年  
前の岩脈  
や鉱物脈



活断  
層等

新しい脈  
がずれて  
いる



活断層等  
ではない

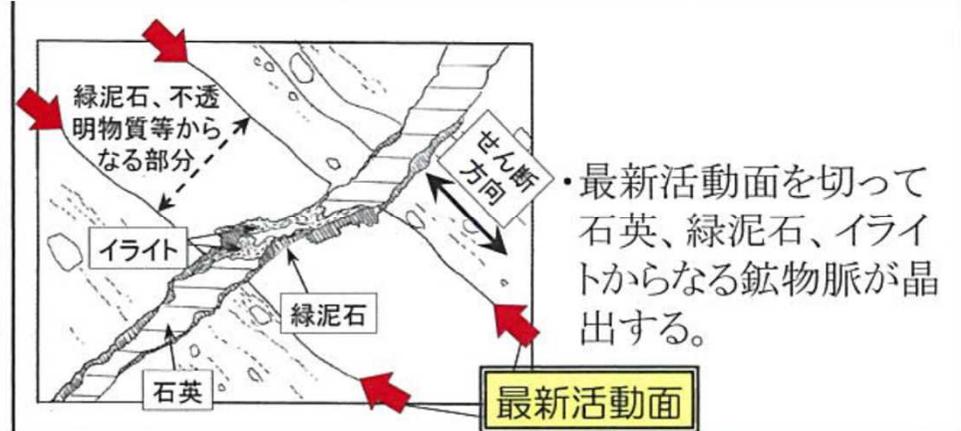
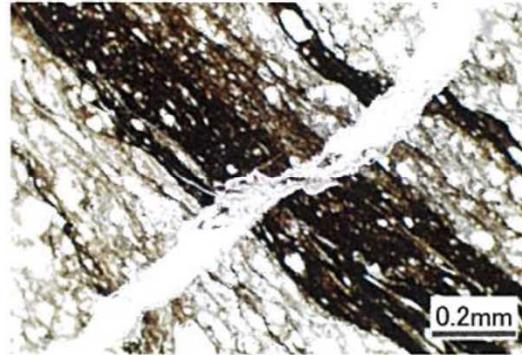
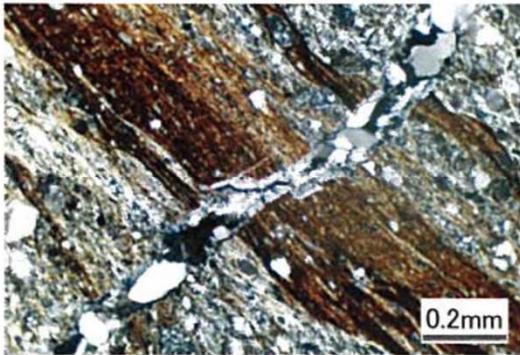
古い脈も  
ずれてい  
ない

# 川内原発における断層と鉱物脈の関係

D-45断層の最新活動面を切る石英脈(p.109)

直交ニコル

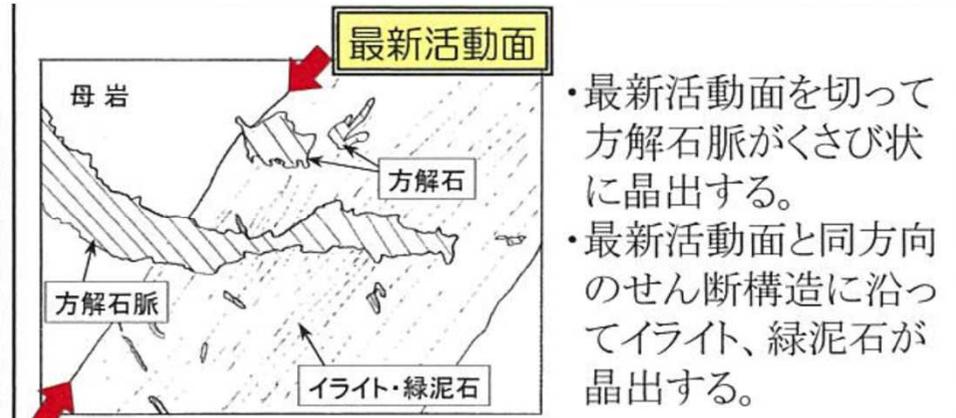
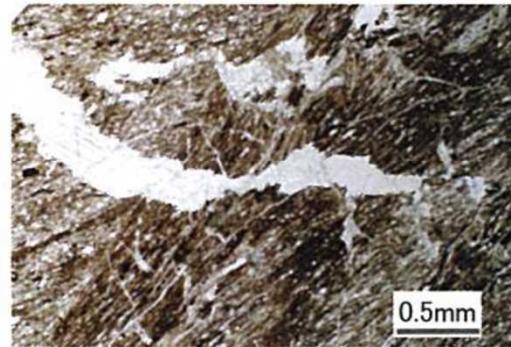
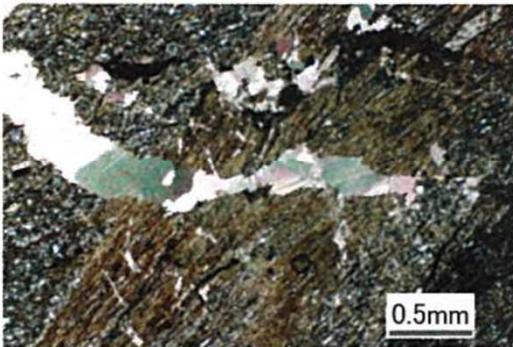
単ニコル



D-48断層の最新活動面を切る方解石脈(p. 117)

直交ニコル

単ニコル



川内原子力発電所敷地内の断層評価について(コメント回答)

平成26年3月19日第95回審査会合資料2-1(九州電力(株))に加筆

原子力施設	現在の状態	活断層等か？
泊 1, 2 & 3 (PWR)	審査中	No (上載地層法)
大間 1 (ABWR, 建設中)	審査中	? (上載地層法)
東通 1 (BWR)	審査中	No (上載地層・鉍物脈)*
六ヶ所 (再処理施設)	許可済み	No (上載地層法)
女川 2 (BWR)	許可済み	No (鉍物脈法)
東海第二 1 (BWR)	許可済み	No (上載地層法)
柏崎 6 & 7 (ABWR)	許可済み	No (上載地層法)
浜岡 4 & 3 (BWR)	審査中	? (上載地層法)
志賀 2 (ABWR)	審査中	No (鉍物脈法)*
敦賀 2 (PWR)	審査中	Yes (2015 評価書)**
美浜 3 (PWR)	稼働中	No (鉍物脈法)
大飯 3 & 4 (PWR)	稼働中	No (上載地層法)
高浜 1, 2, 3 & 4 (PWR)	稼働中	No (鉍物脈法)
島根 2 (BWR) & 3 (ABWR, o.c.)	許可済み	No (鉍物脈法)
伊方 3 (PWR)	稼働中	No (鉍物脈法)
玄海 3 & 4 (PWR)	稼働中	No (上載地層法)
川内 1 & 2 (PWR)	稼働中	No (鉍物脈法)

\*新しいデータで評価変更. \*\*2024年7月に結論の予定.

# (3) 地震

歴史地震や活断層の調査から現実的な基準地震動を策定

原子力規制委員会の新規制基準審査における地震の区分

震源を**特定して**策定する地震動

1. プレート境界型地震（例：2011年3月11日東北）
2. 海洋プレート内地震（例：2011年4月7日宮城県沖）
3. 内陸地殻内地震（例：2016年熊本、2024年能登）

震源を**特定せず**策定する地震動（解放基盤面に入力）

1. 2004年留萌地震Mw5.8
2. 標準応答スペクトルMw<6.5（2019年から適用）\*
3. 2000年鳥取県西部地震Mw6.7（地域性考慮）
4. 2008年岩手・宮城内陸地震Mw6.9（地域性考慮）

\* Vs = 2200m/sの地震基盤面に入力。89個の地震記録から統計的に作成。

# より科学的で精密な基準地震動の策定

地震・活断層研究の進歩  
を取り入れた基準地震動

敷地の地下構造と地震波到来方向に  
よる地震波増幅特性の三次元的把握

【川内】(50Hz波の加速度)

申請時 = 540 gal

許可時 = 620 gal

【伊方】

申請時 = 570 gal

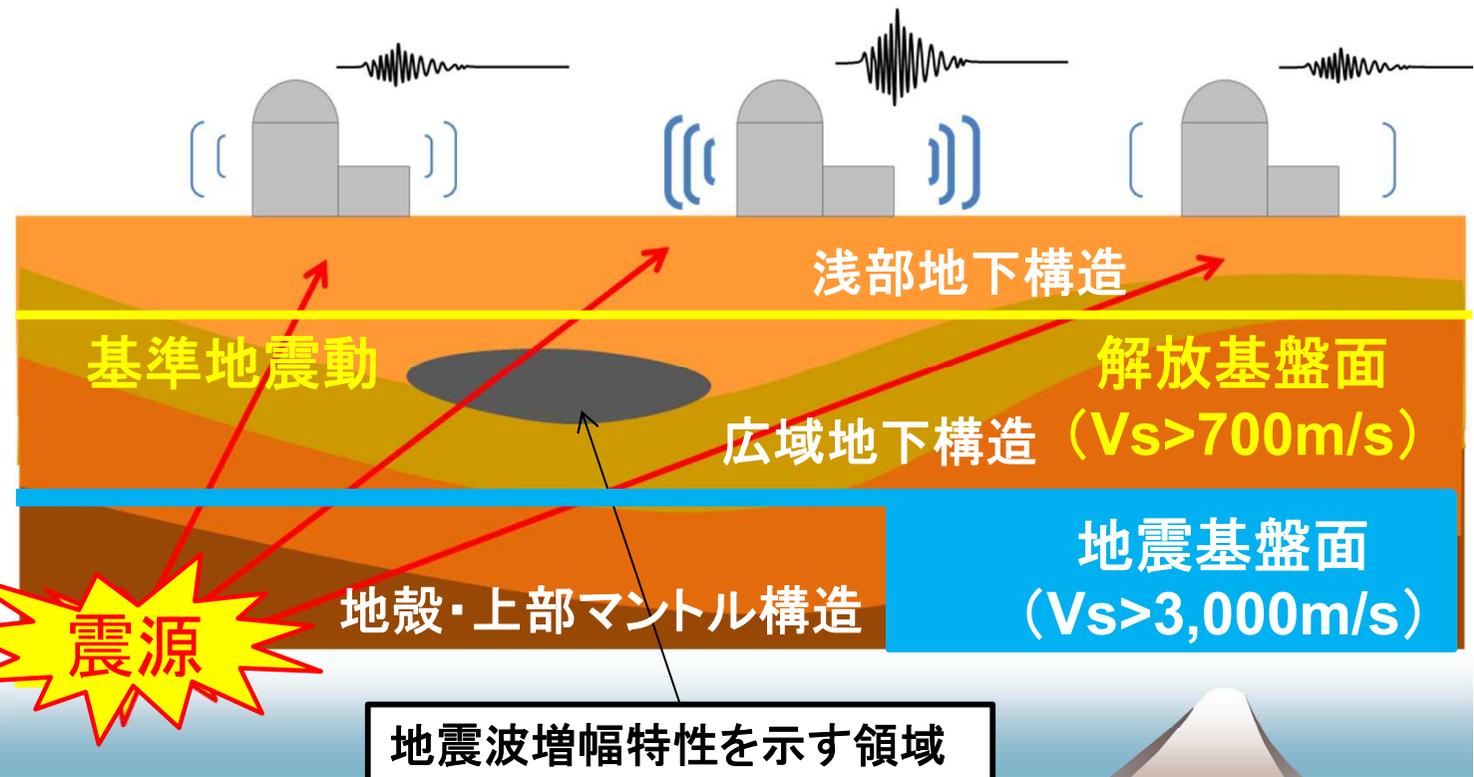
許可時 = 650 gal

【高浜】

申請時 = 550 gal

許可時 = 700 gal

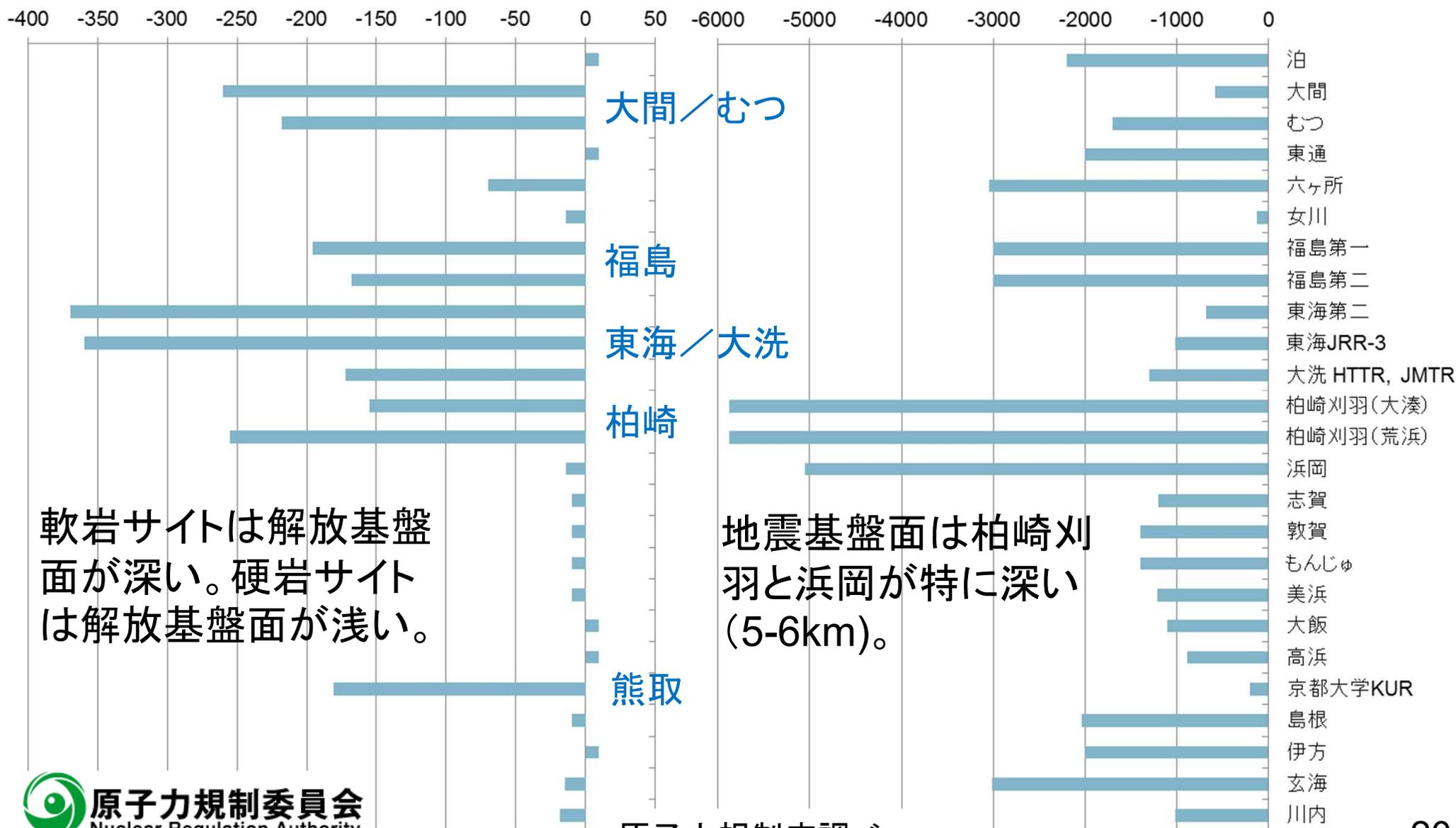
(水平動の最大値)



# 解放基盤面と地震基盤面の深さ

解放基盤 ( $V_s=700\text{m/s}$ ) の深さ(m)

地震基盤 ( $V_s=3000\text{m/s}$ ) の深さ(m)



軟岩サイトは解放基盤面が深い。硬岩サイトは解放基盤面が浅い。

地震基盤面は柏崎刈羽と浜岡が特に深い(5-6km)。

# 基準地震動を超える加速度が観測された発電所<sup>3)</sup>

(gal = cm/s<sup>2</sup>) Credit: NRA

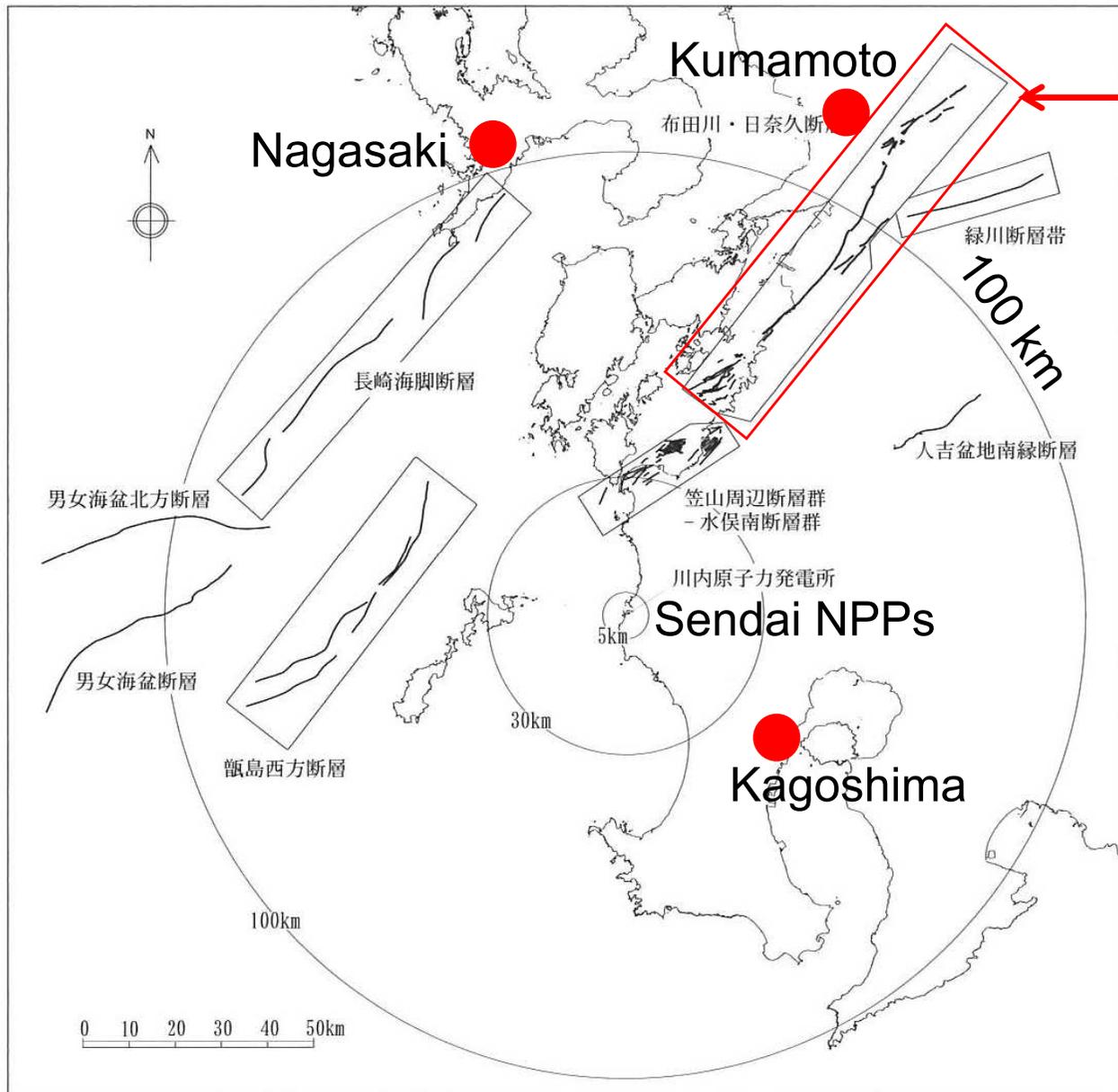
発電所	地震名	年月日	マグニチュード M <sub>w</sub>	基礎版での 最大加速度	震源距離	地震時の原子炉の状況
女川	宮城県沖地震	2005.08.16	7.1	316 gal <sup>1)</sup>	84km	1, 2, 3号機緊急停止
志賀	能登半島地震	2007.03.25	6.7	226 gal <sup>1)</sup>	18km	点検のため停止中
柏崎刈羽	中越沖地震	2007.07.16	6.6	680 gal <sup>2)</sup>	16km	3, 4, 7号機緊急停止 他は定期点検中
女川	東北地方太平洋 沖地震	2011.03.11	9.0	607 gal <sup>2)</sup>	125km	1, 3号機緊急停止 2号機定期点検中
福島第一	東北地方太平洋 沖地震	2011.03.11	9.0	550 gal <sup>2)</sup>	180km	1, 2, 3号機緊急停止 他 は定期点検中
女川	宮城県沖地震	2011.04.07	7.1	398 gal <sup>1)</sup>	78km	点検のため停止中

- 1) 応答スペクトルのいくつかの周期帯が基準地震動 (S<sub>s</sub> or S<sub>2</sub>) を超える
- 2) 最大加速度 (PGA) と応答スペクトルのいくつかの周期帯が基準地震動 (S<sub>s</sub> or S<sub>2</sub>) を超える
- 3) 2011年東北地方太平洋沖地震の前後の各発電所の基準地震動

発電所	女川	志賀	柏崎刈羽	福島第一
地震前	580 gal	600 gal	450 gal*	600 gal (*バックチェック以前)
地震後	1000 (プレート内)	1000 (審査中)	1209-2300	900 (参考値)

- 4) 柏崎刈羽の緊急停止(スクラム)の基準加速度: 水平 = 120-185 gal, 鉛直 = 100 gal

# 川内原子力発電所から100km以内の活断層



九州電力は川内発電所の審査において、布田川一日奈久断層帯の長さを93 km、そこで発生する地震の規模を M8.1と評価した。震源距離は 104 kmとした。

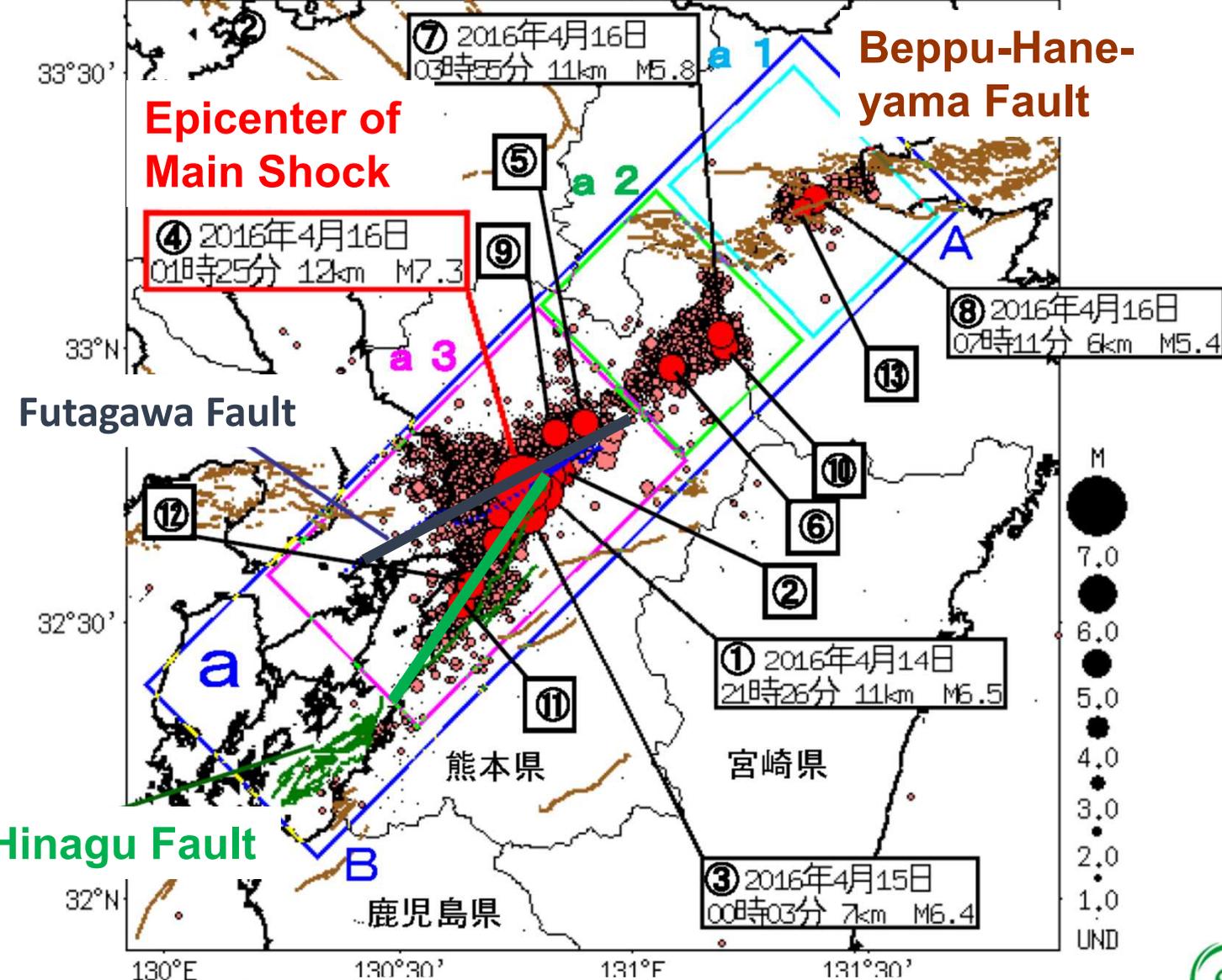
(2014年3月12日第92回審査会合資料より)

布田川一日奈久断層帯では2016年4月16日にM7.3の熊本地震が発生した。地表地震断層が生じた区間は約34kmだが、断層に沿う余震域の長さは断層沿いだけで約65kmに達し、阿蘇カルデラや大分県内の余震域を含めると約130kmになる。

# 2016年熊本地震

4月14日 M6.5、4月16日 M7.3、最大震度7  
死者 50、負傷者 > 2,000、避難者 > 180,000

evacuees 50km 50 km



地表地震断層長:  
布田川: 28 km  
日奈久: 6 km

衛星レーダー観測による断層長:  
布田川東部: 5 km  
布田川西部: 20 km  
日奈久: 10 km  
(気象庁のデータによる)

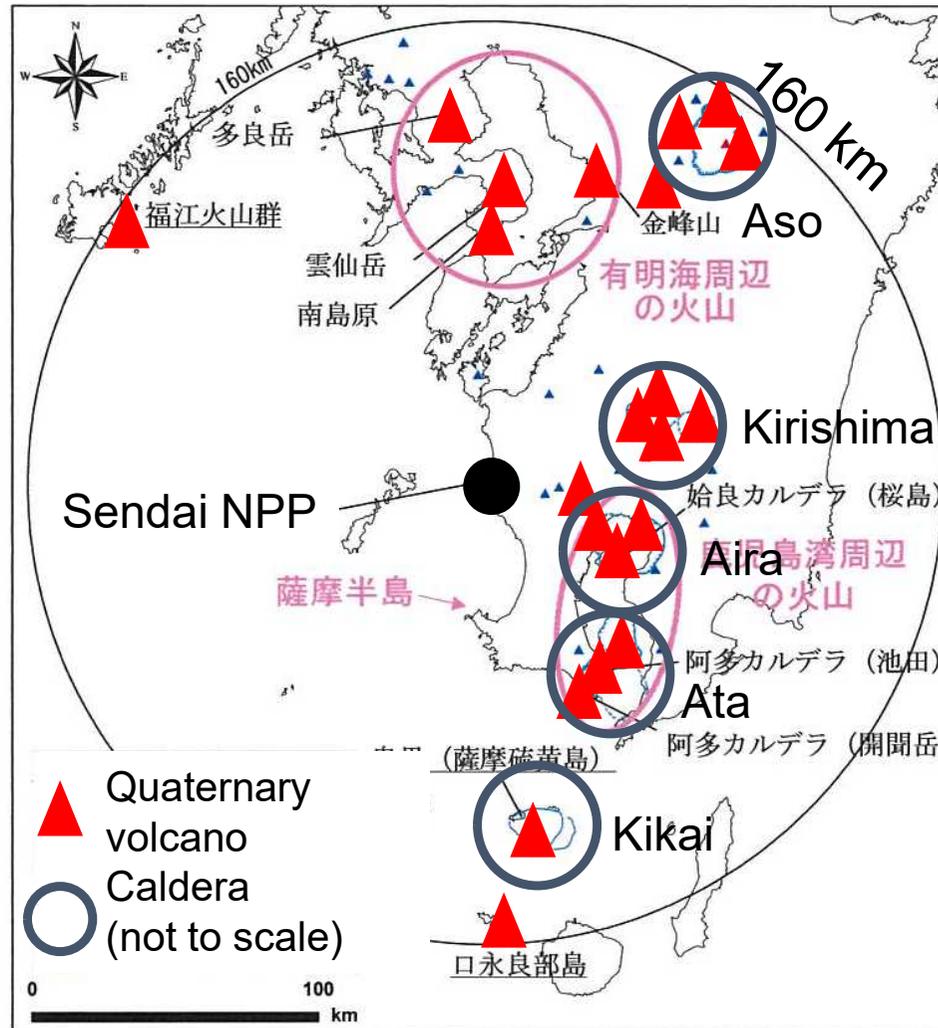
左の図から読み取れる余震域の長さは両断層沿いで約65km、熊本県内の阿蘇地域を合わせて約90km、大分県内を含めると約130kmになる。

# (4) 火山活動

事業者は施設から160km以内の第四紀火山の活動史や溶岩、火砕流、火山灰等の分布を調査し、施設の運用期間中に影響する可能性がある火山を抽出する。

## 立地評価

過去に火砕流が施設に到達したことがある場合は、施設の運用期間中に巨大噴火が発生する可能性が十分に小さいことを地球物理的データによって示す必要があり、火山活動、地震、地殻変動等に関するモニタリングを行って火山の活動状況に変化がないことを示す必要がある。九州電力の川内・玄海発電所と日本原燃の六ヶ所再処理施設が該当する。



## 影響評価

### 火山灰の層厚

川内	15cm**
伊方	15 cm
高浜	10 cm*
大飯	10 cm*
美浜	10 cm*
東海第二	50 cm
島根	56 cm

\*後述バックフィット参照

\*\*九電は2020年の安全性向上評価(FSAR)において25 cmに改めた。

# 自然ハザード関係のバックフィットと改善事項

- 2017 (1) 気中火山灰濃度を現実的な値に(全サイト)  
非常用ディーゼル発電機に吸気フィルター設置
- 2021 (2) 火山灰層厚の見直し(関西電力の3サイト)  
新知見により火山灰層厚を2倍以上にする必要
- 2019 (3) 警報なしに突然来襲する津波(関電高浜発電所)  
海底地すべりや火山噴火・山体崩壊によって発生する津波は警報なしに来襲する。潮位観測により自ら津波来襲を判断し、対応する必要がある
- 2019 (4) 「特定せず地震」に標準応答スペクトルを加える(全サイト) 従来の留萌地震に加えて導入する
- 改善事項:
- 2023 (5) 地すべり対策の斜面掘り下げ(東電福島第一)
- 2021 (6) 津波引き波対策の防護柵(JAEA東海再処理施設)

# バックフィット（1） 気中火山灰濃度

- 新規制基準による初期の審査では、気中火山灰濃度の観測事例がほとんど無かったため、事業者は2010年のアイスランドのエイヤフィヤトラヨークトル火山噴火（VEI=4）の地上観測値（ $3\text{mg}/\text{m}^3$ ）を用いていた。

その後2016年の関西電力美浜発電所の審査書案に関する意見募集でのコメントを参考に、1980年セントヘレンズ火山噴火で火口から135km離れたYakima地点（降灰厚さ0.8cm, 粒径は90%以上が $10\mu\text{m}$ 以下）での降灰開始後8時間の平均濃度( $33\text{mg}/\text{m}^3$ ; Baxter et al. 1983; *Archives of Environmental Health*, **38**, 138-143)を用いて安全確認が行われた。

しかし、服部ほか（2016, 電中研報告015004）は、1707年富士山宝永噴火の際の南関東での気中火山灰濃度を、最大 $1000\text{mg}/\text{m}^3$ 程度と計算した。

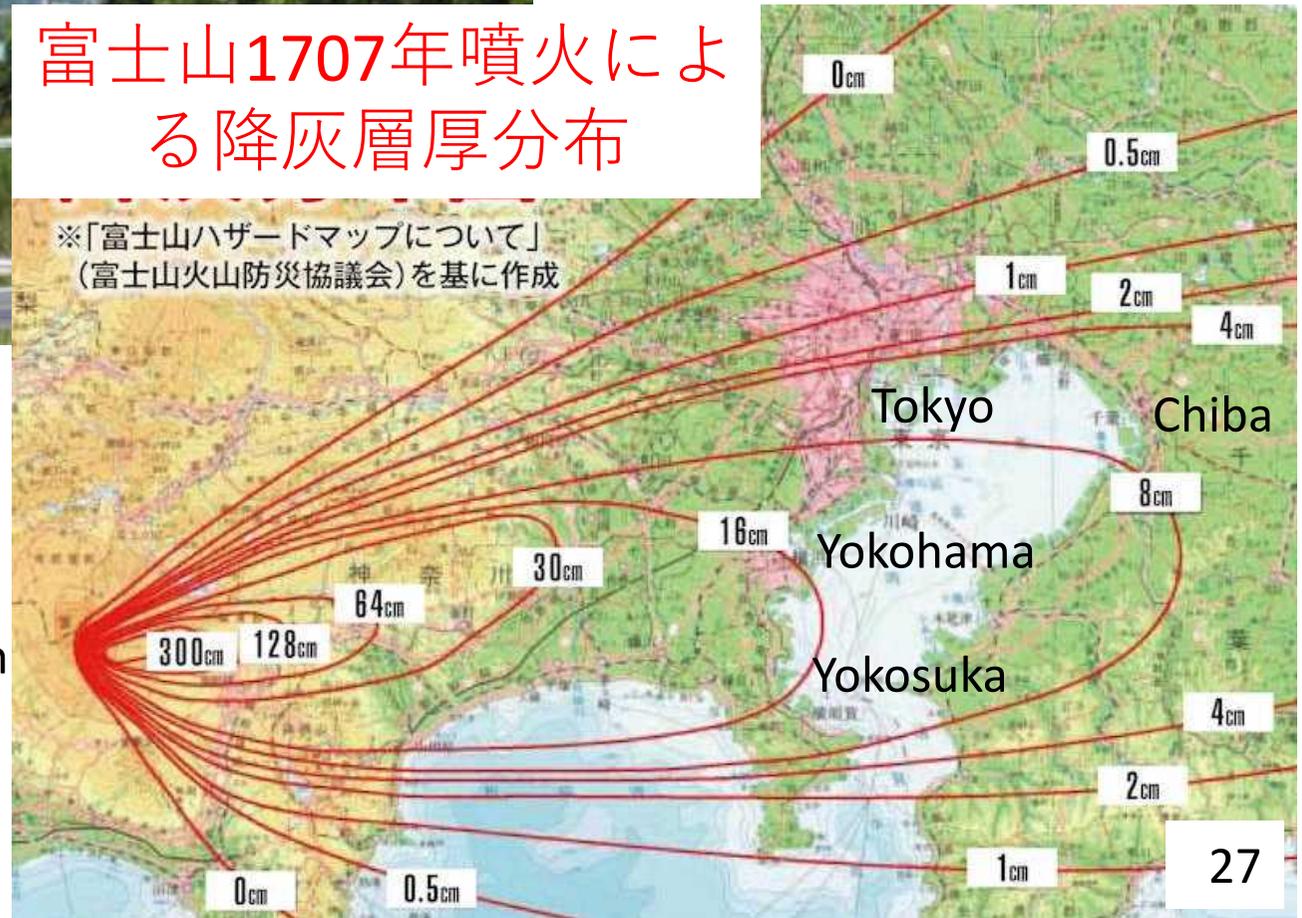


バックフィット  
(1) 気中火山  
灰濃度の適正化

富士山噴火の例

### 富士山1707年噴火による降灰層厚分布

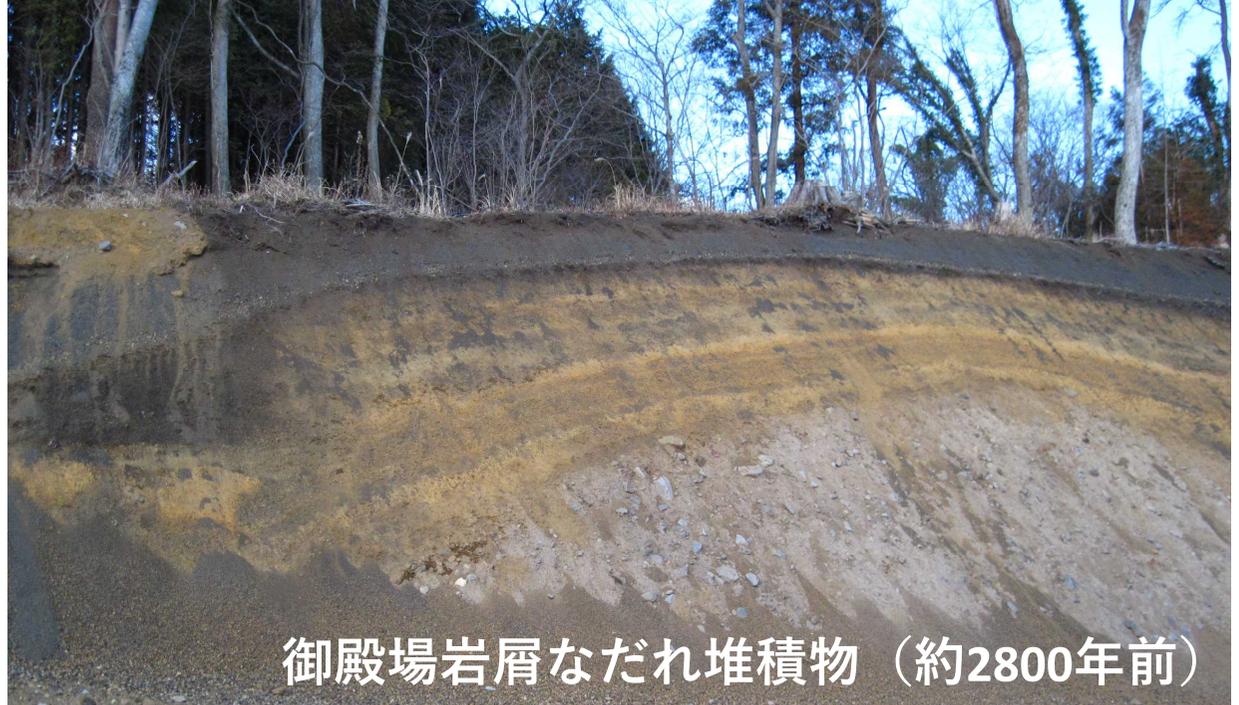
※「富士山ハザードマップについて」  
(富士山火山防災協議会)を基に作成



2018年4月21日石渡撮影  
(大磯丘陵より)

[https://www.bousai.go.jp/kazan/fuji\\_map/pdf/fujihm\\_ir\\_hr.pdf](https://www.bousai.go.jp/kazan/fuji_map/pdf/fujihm_ir_hr.pdf)

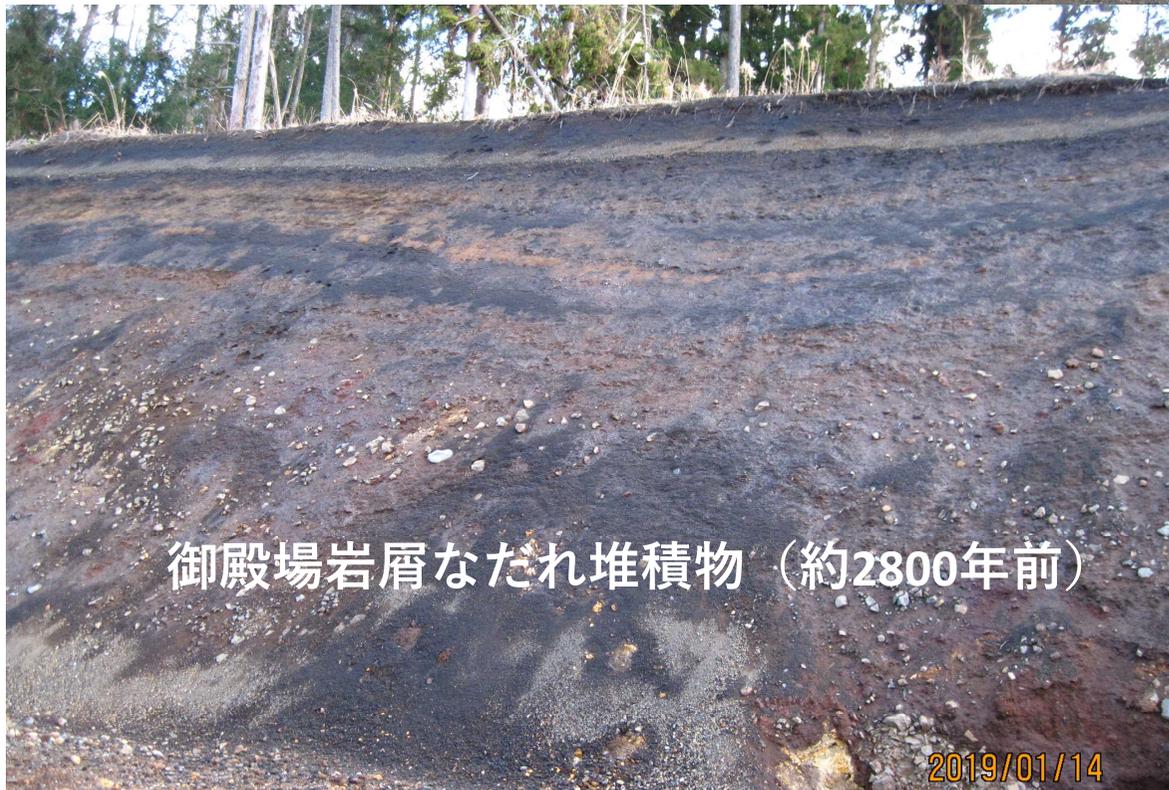
# 1707年宝永噴火の火山 灰層（最上部の > 1m、 御殿場市水土野にて）



御殿場岩屑なだれ堆積物（約2800年前）

2019/01/14

石渡撮影



御殿場岩屑なだれ堆積物（約2800年前）

2019/01/14

宝永噴火では最初に白い火山灰が降り、その後黒い火山灰が厚く積もった。このことは地下のマグマ溜まりで結晶分化作用が進んでいたことを示し、300年以上の長い静穏期を経た次の噴火も、爆発的なものになることが予想される。 28

# 降下火砕物の終端速度と堆積量から 気中平均濃度を推定

計算例

堆積量： 15cm

粒径分布： Case 1; 0.7mm (100%)

Case 2; 0.5mm (100%)

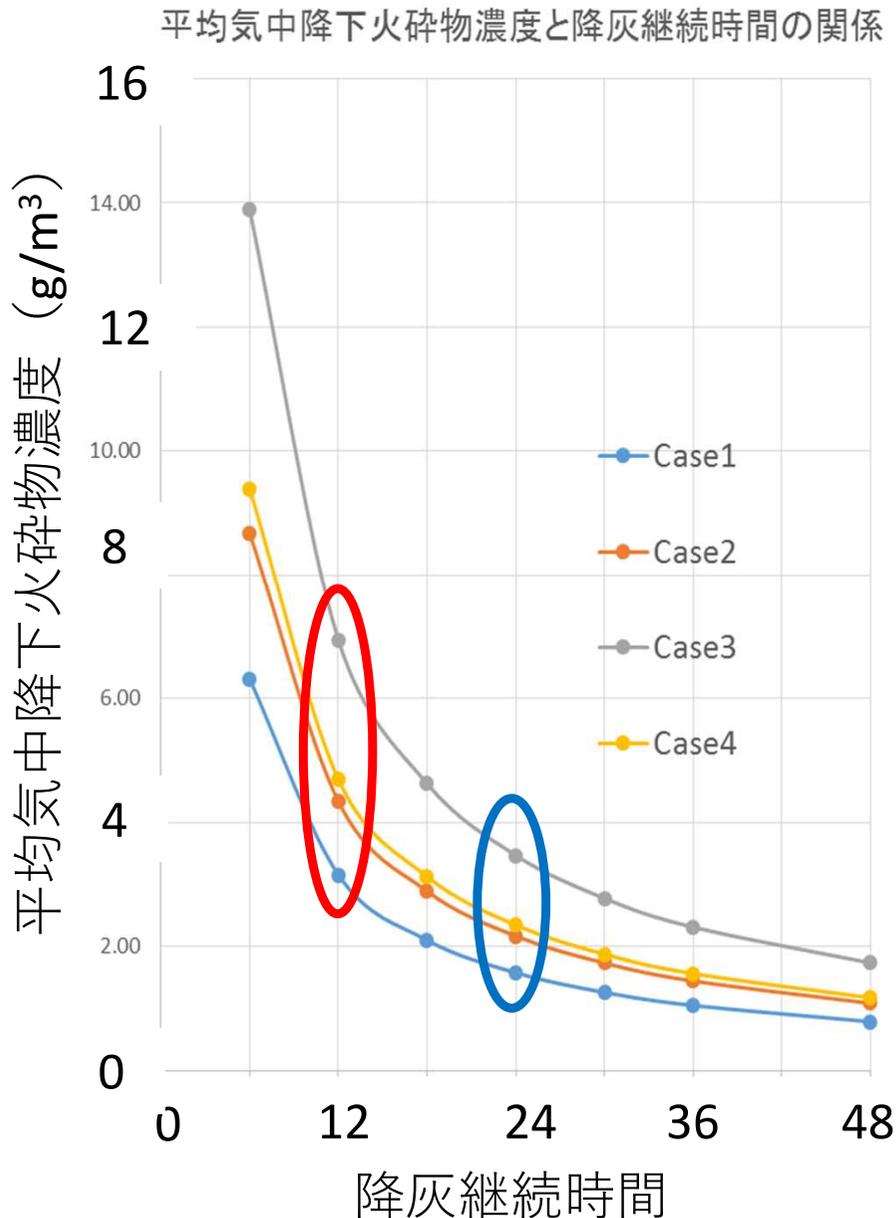
Case 3; 0.25mm (100%)

Case 4; 0.7mm (25%), 0.5mm (50%),  
 0.25mm (25%)

終端速度： 粒径0.7mm --- 1.1m/s

粒径0.5mm --- 0.8m/s

粒径0.25mm --- 0.5m/s



参考とした粒径分布：樽前山起源の火山噴出物 (Ta-a) の火口から約100km地点 (占冠付近) での中央粒径実測値 (0.25~0.125mm (2-3φ))

計算結果：降灰継続時間を12~24時間とすると、  
 12時間の場合、平均気中濃度は 3~7g/m³  
 24時間の場合、平均気中濃度は 2~4g/m³

(原子力規制庁2017年6月22日「降下火砕物の影響評価に関する検討チーム」会合資料2, 参考5)

# 航空機の基準、実測値、人体影響

- 商用航空機については、火山灰濃度が $>0.2\text{mg}/\text{m}^3$ なら注意情報発出、 $>2\text{mg}/\text{m}^3$ なら機種や飛行時間を制限、 $>4\text{mg}/\text{m}^3$ なら全面飛行禁止という国際基準がある。
- セスナ機で桜島の噴煙の火山灰濃度を観測した吉谷ほか（2014; 京大防災研年報, 57B）は最大 $7\text{mg}/\text{m}^3$ を観測した（窓は汚れたが飛行には支障なし）。
- 欧州で2010年4月16日から4日間全面飛行禁止になったエイヤフィヤトラヨークトル噴火で、5月6日のアイスランド南東方の噴煙は $3\sim 10\text{mg}/\text{m}^3$ だった（Mackie et al.2017: *Volcanic Ash*. Elsevier, p. 211-214）。
- 雲や濃霧の雲粒濃度は $100\text{mg}/\text{m}^3$ 程度。これ以上では視界不良になる。気中火山灰濃度が $150\text{mg}/\text{m}^3$ を超えると人間の呼吸器や眼に重大な影響がある（同書p.95）。

# 原子力事業者の火山灰対策

- 2017年秋のバックフィットによる規則改正では、対策実施に1年間の猶予を設けたが、九州電力川内発電所は、フィルタコンテナを設置した旨を2018年5月に公表した。
- これは非常用ディーゼル発電機の吸気口に接続し、その運転を止めることなく約80分で全フィルタの交換・清掃を一巡できる設備である。
- 同様の設備は、その後、他の稼働する原子力発電所（稼働予定を含む）に設置されている。

# バックフィット（2）火山灰層厚の見直し（関電）

関西電力の高浜・大飯・美浜原子力発電所における許可時の火山灰層厚は**10cm**だったが、規制委の研究部門の安全研究により、京都府越畑で大山火山の生竹テフラ（火山灰層）が約**30cm**厚であることが判明し、再評価の必要が生じた。2021年に高浜**27cm**、大飯**25cm**、美浜**22cm**とすることになった。

大山（だいせん）生竹テフラの分布（約8万年前噴火） 関電の原発 美浜



# バックフィット (3) 警報なし津波

2018年12月22日、インドネシアのアナク・クラカタウ火山で噴火と山体崩壊が発生し、その津波で400人以上の死者が出た。この津波は警報なしに来たが、高浜発電所は警報を受けて水門を閉鎖する運用にしていた。規制委は2019年、警報なしで来襲する津波に対応するよう改めさせた。

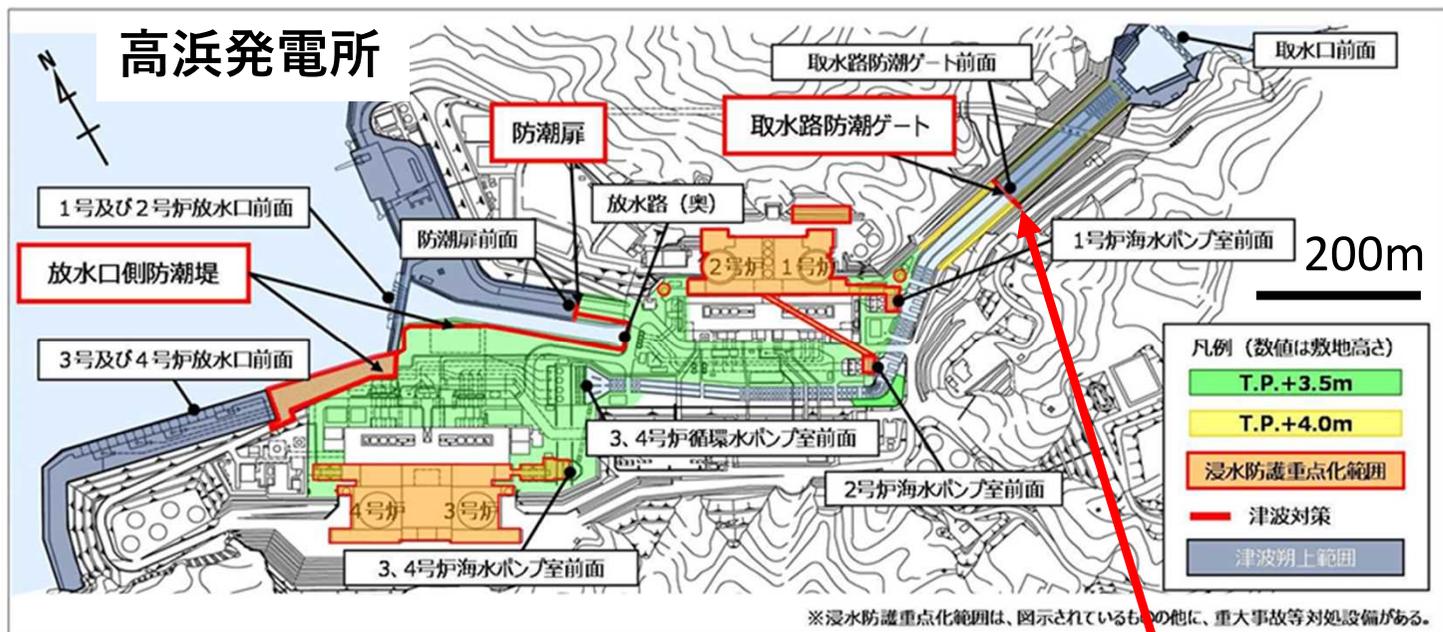
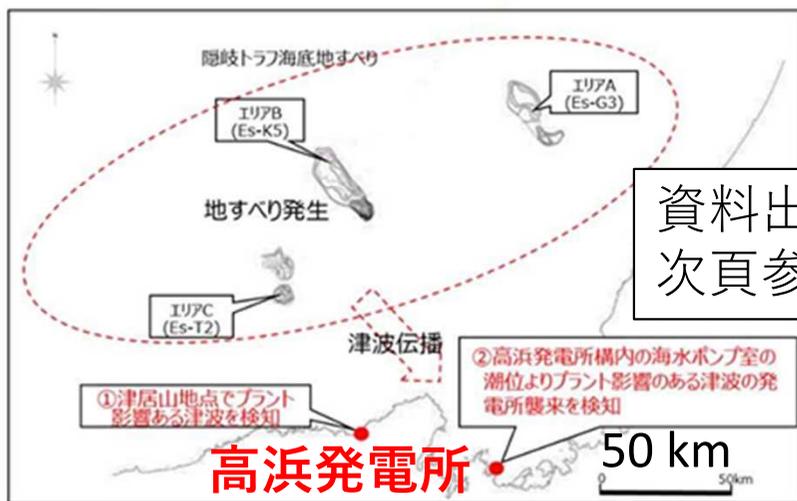


図1 高浜発電所における入力津波評価地点

Water Gate

若狭湾沖の日本海で発生が想定される海底地すべり



資料出典は次頁参照

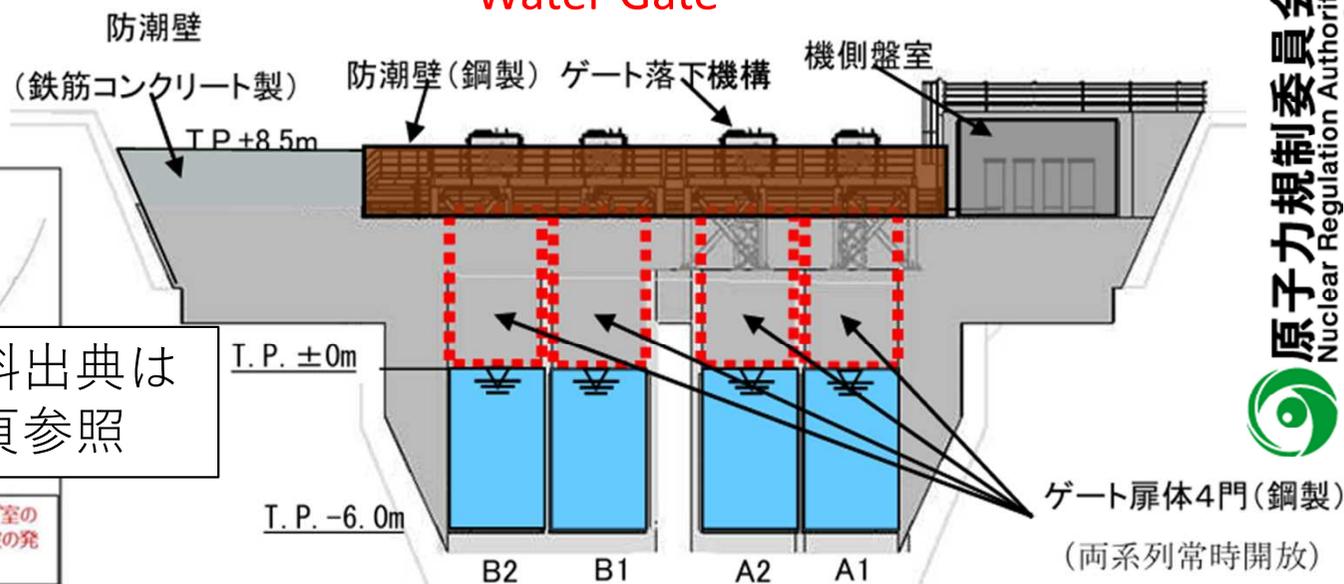
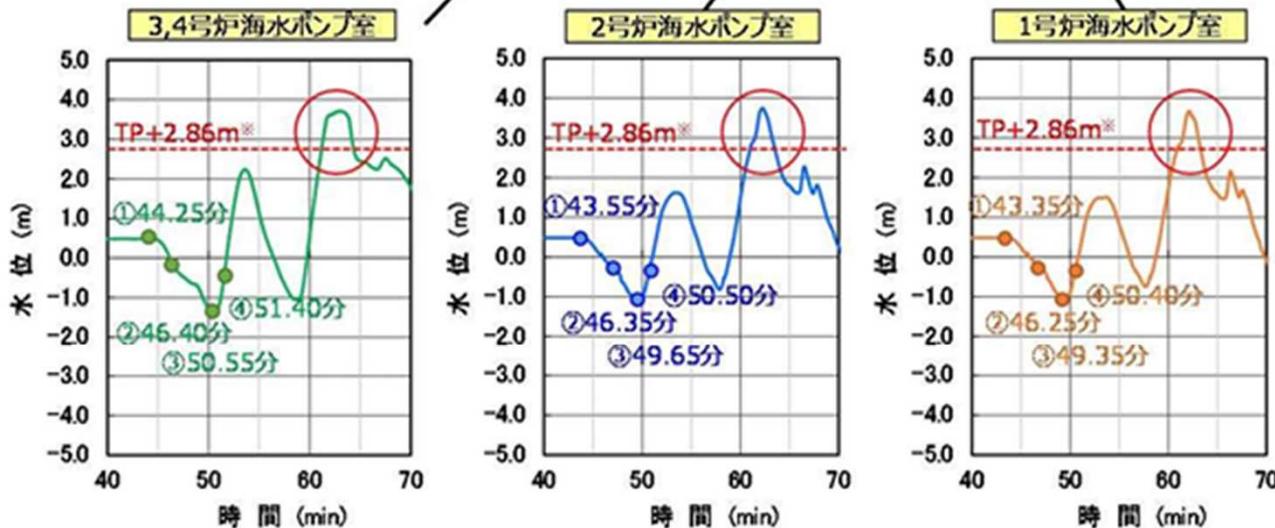


図7 4プラント運転時における取水路防潮ゲートの状況 (正面図) 33

# バックフィット (3) 警報なし津波



※：潮位のばらつきと高潮余裕度を考慮した場合に敷地高さをを超える高さ  
 $T.P.+2.86m = \text{敷地レベル} T.P.+3.5m - \text{潮位のばらつき} 0.15m - \text{高潮余裕度} 0.49m$

	1号炉 SWP	2号炉 SWP	3,4号炉 SWP	取水路防潮ゲート
①	43.35分	43.55分	44.25分	-
②	46.25分	46.35分	46.40分	-
③	49.35分	49.65分	50.55分	-
④	50.40分	50.50分	51.40分	-
取水路防潮ゲートの閉止 (④+1分)				52.40分
取水路防潮ゲートでの水位が TP+2.86mを超える時間				61.10分

①：変動開始時間、②-0.6m水位変動、③：第1波目最低水位  
 ④：+0.6m水位変動

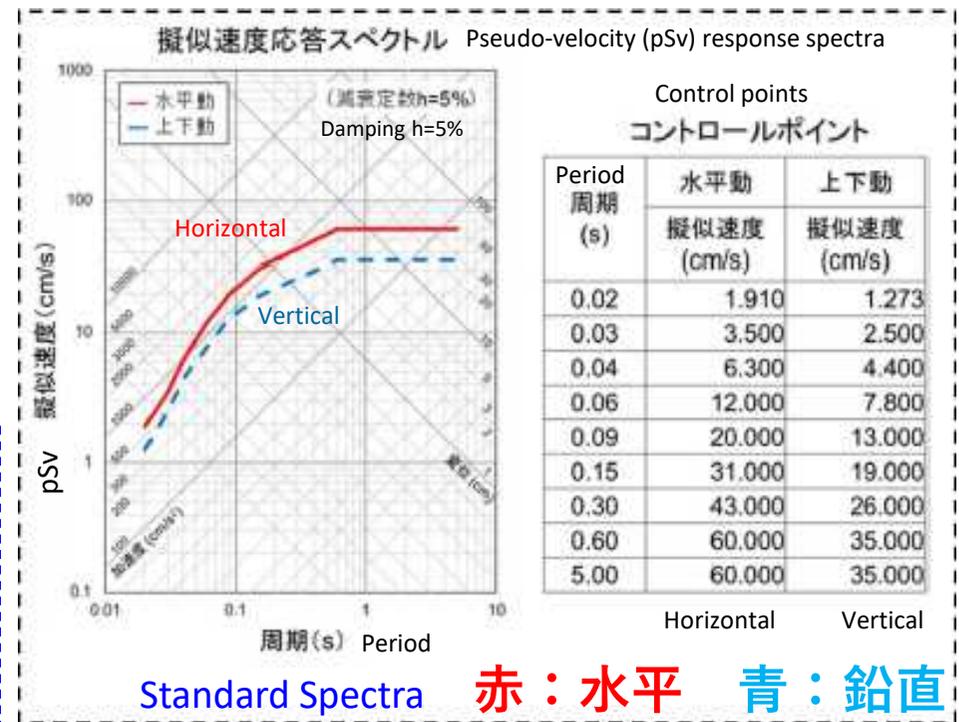
原子力規制委員会2019年9月30日高浜発電所  
 津波警報が発表されない可能性のある津波への  
 対応に関する補足説明資料 (関西電力)

10分間に50cm以上の海面変動があれば、津波  
 が来襲したものとして即座に水門を閉鎖する。

# バックフィット（４）標準応答スペクトル

- 基準地震動には「震源を特定して策定する地震動」と「震源を特定せず策定する地震動」がある。後者はIAEAのSSG-9では「散在地震活動」(diffuse seismicity)と呼ぶ。
- 2013年、事業者は留萌地震（2004.12.14, Mw5.8）を「特定せず地震」に採用した。規制委は他の13地震（Mw5.0-6.2）についても検討するよう求めていたが、事業者は全く結果を出さなかった。
- 2017年規制委は「震源を特定せず策定する地震動に関する検討チーム」を立上げ。
- 2018-2019年に11回の会合を経て検討チームは「震源を特定せず策定する地震動」の標準応答スペクトル（Mw<6.5）提案。
- 2021年、規制委は新規基準に標準応答スペクトルを採用することを決定。全事業者に標準応答スペクトルを考慮し基準地震動を見直す必要の有無を回答するよう要求。必要なら審査会合で決定。従来の留萌地震はそのまま継続して用いる。

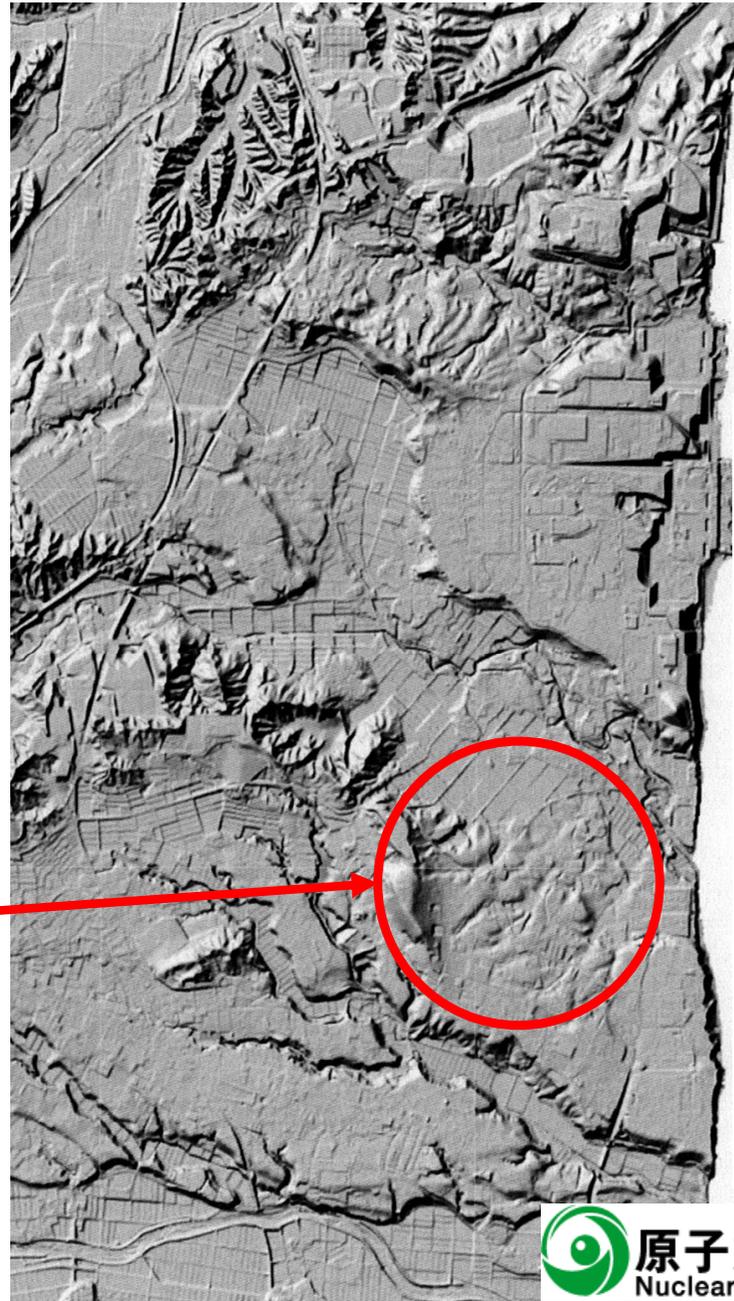
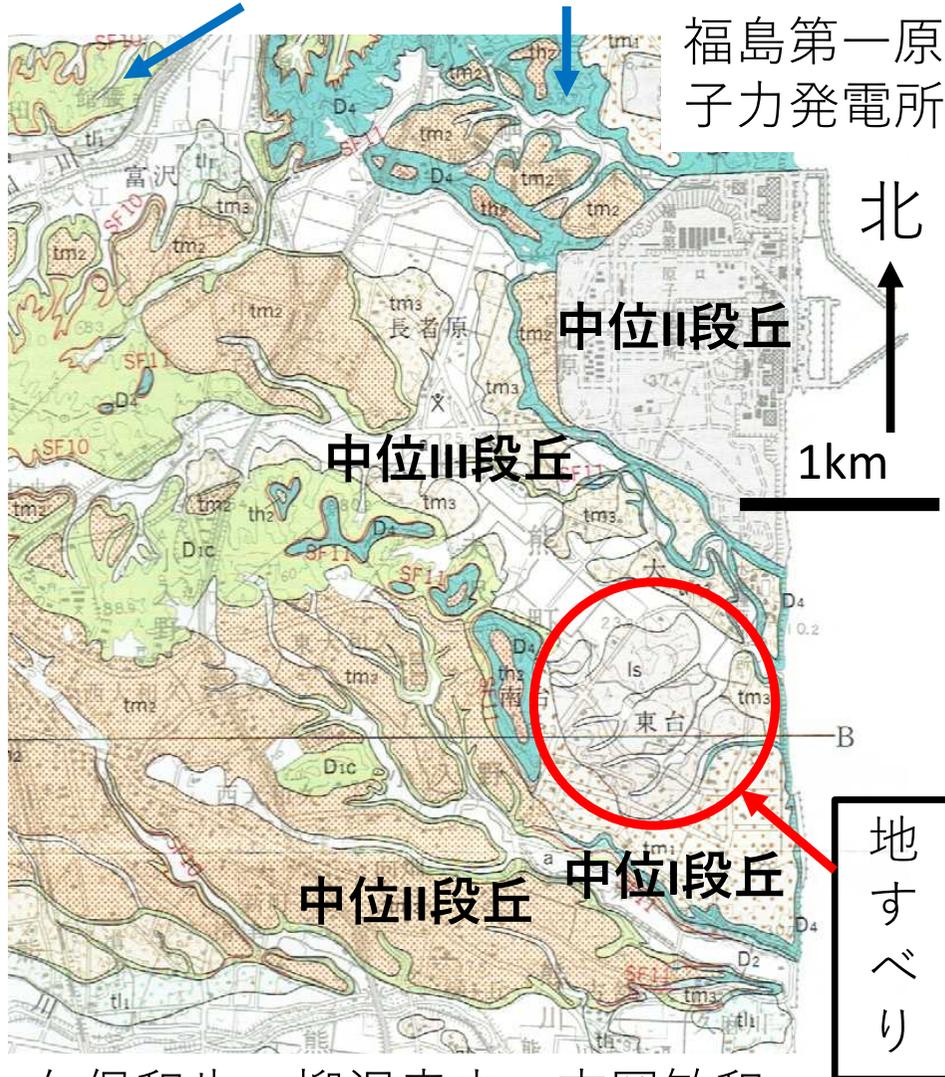
標準応答スペクトルは2000～2018年に全国で発生したMw5.0～6.6の89個の内陸地殻内地震の強震記録（水平動614件、鉛直動304件）を分析し、平均値に2σの余裕を上乗せして決定したものである。詳細は下記論文参照。



Tajima, R., H. Tanaka, and C. Wu (2021). An Empirical Method for Estimating Source Vicinity Ground-Motion Levels on Hard Bedrock and Annual Exceedance Probabilities for Inland Crustal Earthquakes with Sources Difficult to Identify in Advance, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, doi: 10.1785/0120210065

# 改善（5）地すべり対策の斜面セットバック （福島第一原子力発電所）

富岡層（大年寺層）



国土地理院の  
地形陰影図

福島第一原  
子力発電所

「大熊町東台付近には、約1km四方にわたって、平均斜度5°以下の緩斜面に比高5-10mの小丘が点在する地形が見られる（中略）この地形は表層地すべりによるものと推定される」

久保和也・柳沢幸夫・吉岡敏和・高橋浩（1994）「浪江及び磐城富岡地域の地質」地域地質研究報告5万分の1地質図。地質調査所。

# 改善（5）地すべり対策の斜面セットバック （福島第一原子力発電所）

敷地の段丘下の基盤上面に軟弱な風化部が広く分布していることが判明

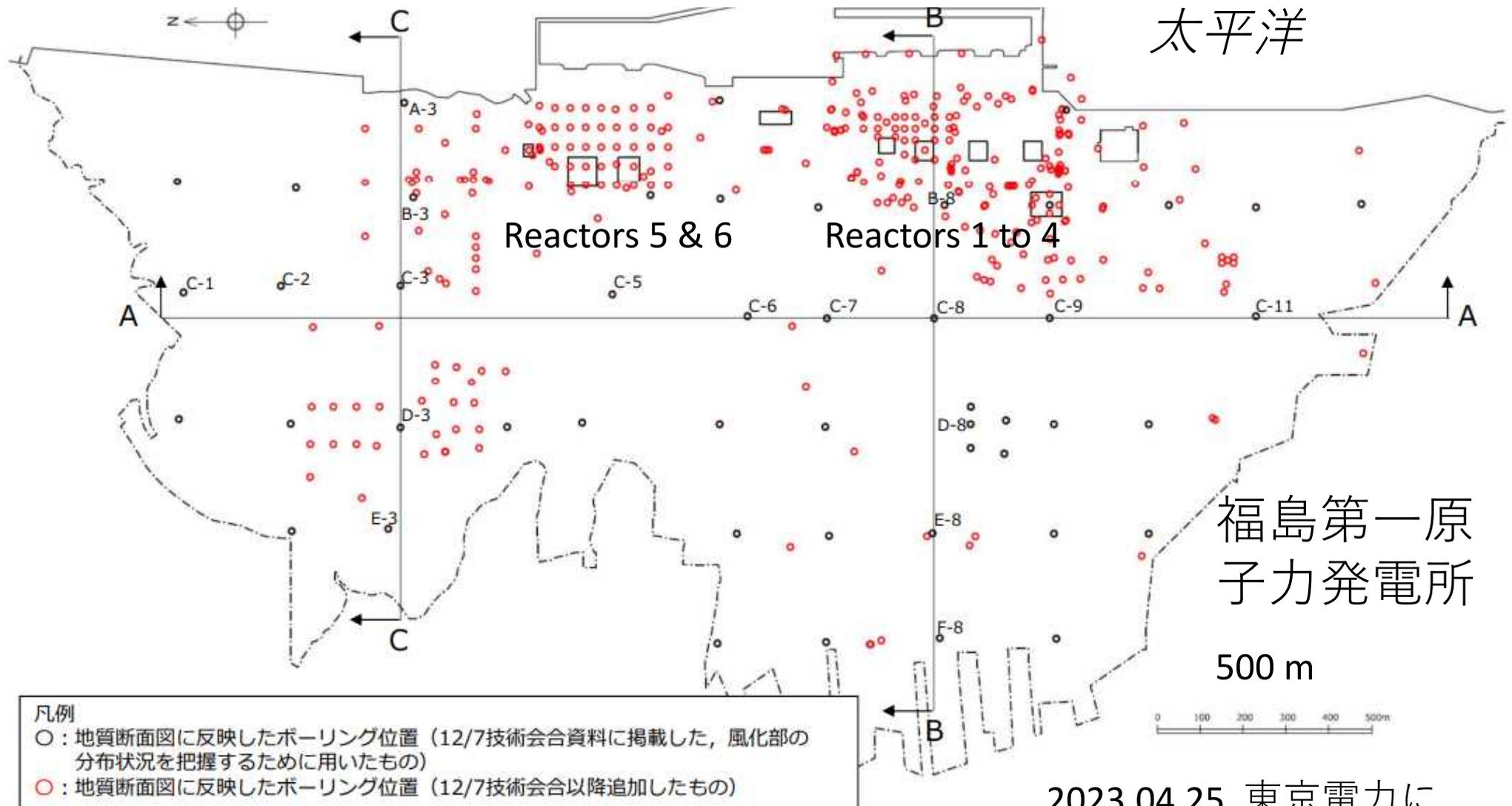
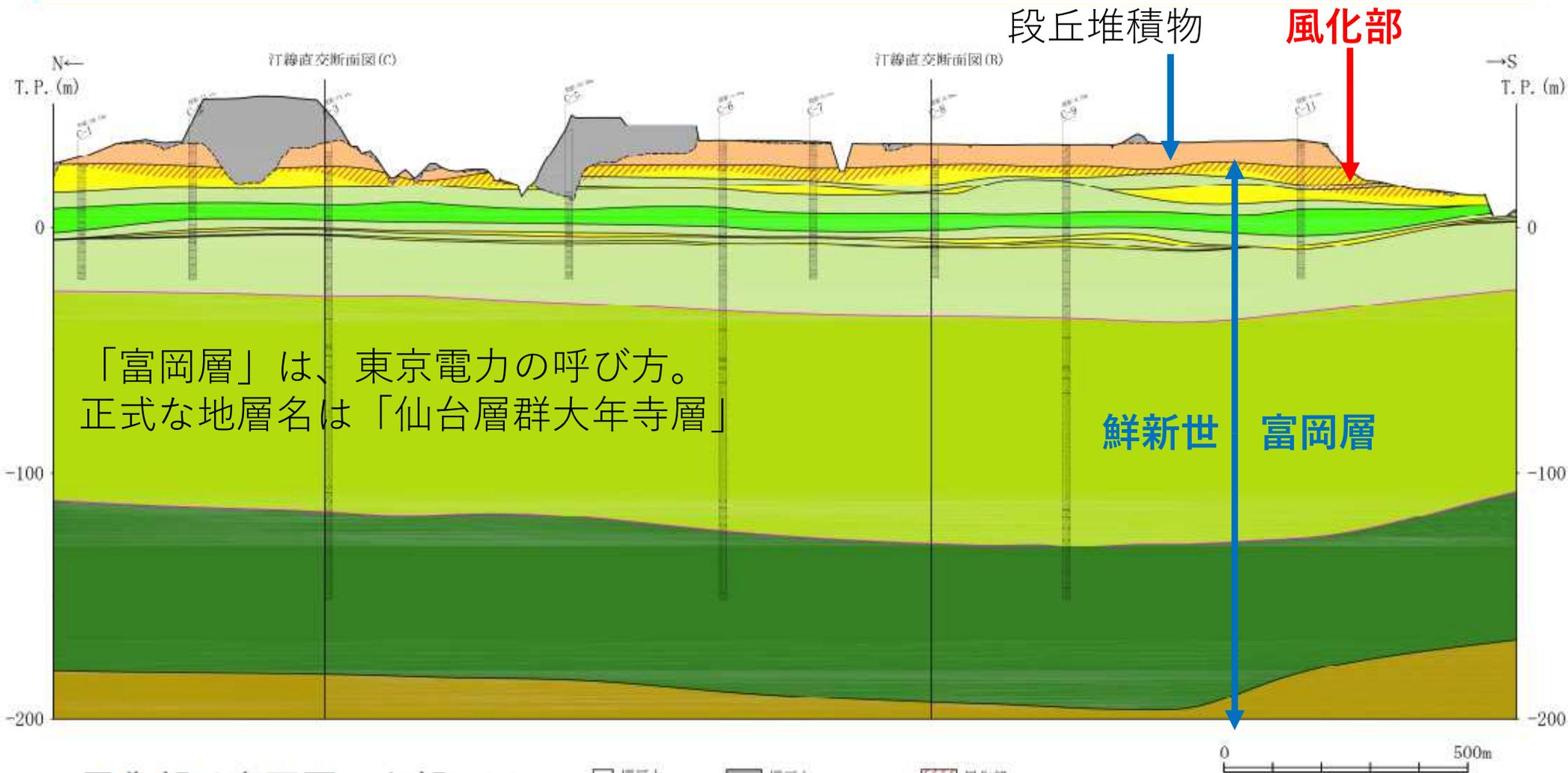


図 ボーリング位置図・地質断面位置図

2023.04.25. 東京電力による規制委員会合資料

# 敷地内の富岡層風化部の分布状況

(南北断面)



「富岡層」は、東京電力の呼び方。  
正式な地層名は「仙台層群大年寺層」

➤ 風化部は富岡層の上部に8m以下の厚さで敷地全域に分布する。

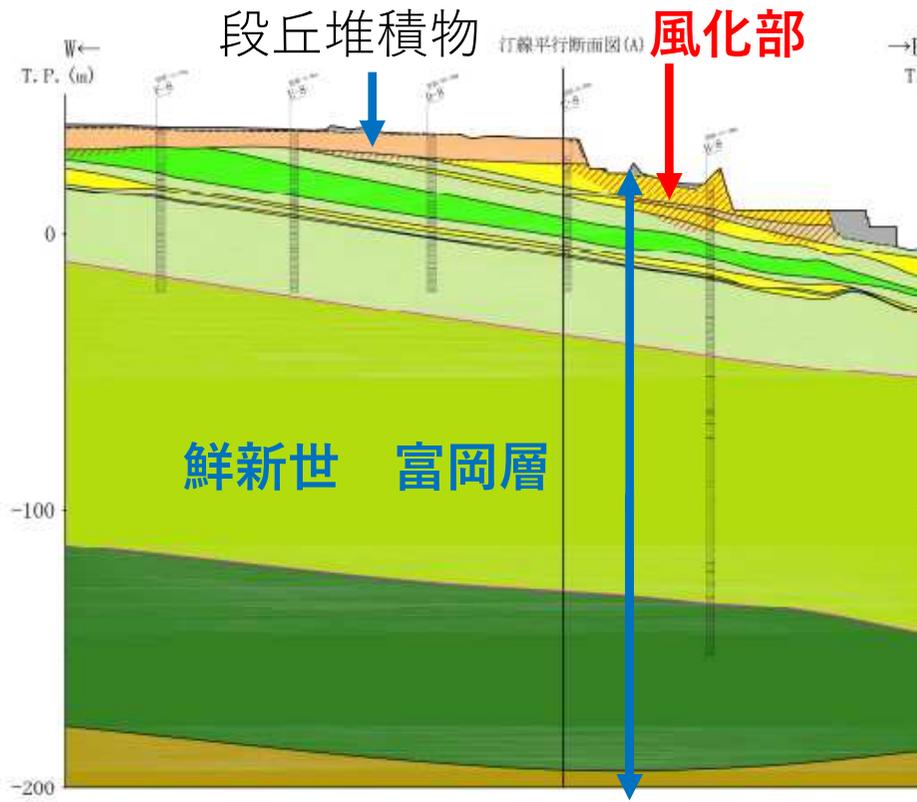
- |        |            |     |
|--------|------------|-----|
| 埋戻土    | 埋戻土        | 風化部 |
| 粘土・シルト | 段丘堆積層      |     |
| 砂      | 富岡層T0部層砂岩  |     |
| 礫      | 富岡層T3部層泥質部 |     |
| 泥岩     | 富岡層T3部層互層部 |     |
| 砂岩     | 富岡層T2部層    |     |
| 凝灰岩    | 富岡層T1部層    |     |
| 軽石     | 先富岡層       |     |
|        | 凝灰岩層       |     |
- ※ 各ボーリング孔は断面線に投影

図 地質断面図 (汀線平行方向A-A)

2023.04.25. 東京電力による規制委員会合資料

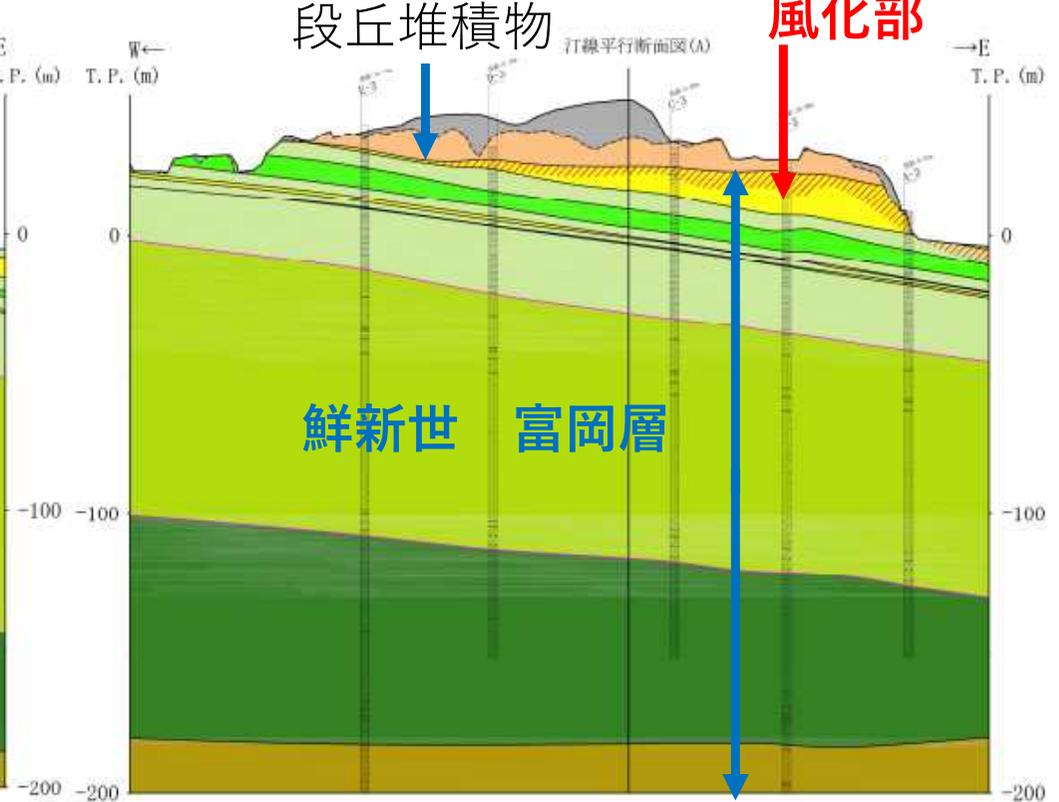
# 敷地内の富岡層風化部の分布状況

(東西断面)



- 埋戻土
  - 粘土・シルト
  - 砂
  - 礫
  - 泥岩
  - 砂岩
  - 凝灰岩
  - 軽石
  - 埋戻土
  - 段丘堆積層
  - 富岡層T3部層砂岩
  - 富岡層T3部層泥質部
  - 富岡層T3部層互層部
  - 富岡層T2部層
  - 富岡層T1部層
  - 先富岡層
  - 凝灰岩鍵層
- ※ 各ボーリング孔は断面線に投影

図 地質断面図 (汀線直交方向B-B)



- 埋戻土
  - 粘土・シルト
  - 砂
  - 礫
  - 泥岩
  - 砂岩
  - 凝灰岩
  - 軽石
  - 埋戻土
  - 段丘堆積層
  - 富岡層T3部層砂岩
  - 富岡層T3部層泥質部
  - 富岡層T3部層互層部
  - 富岡層T2部層
  - 富岡層T1部層
  - 先富岡層
  - 凝灰岩鍵層
- ※ 各ボーリング孔は断面線に投影

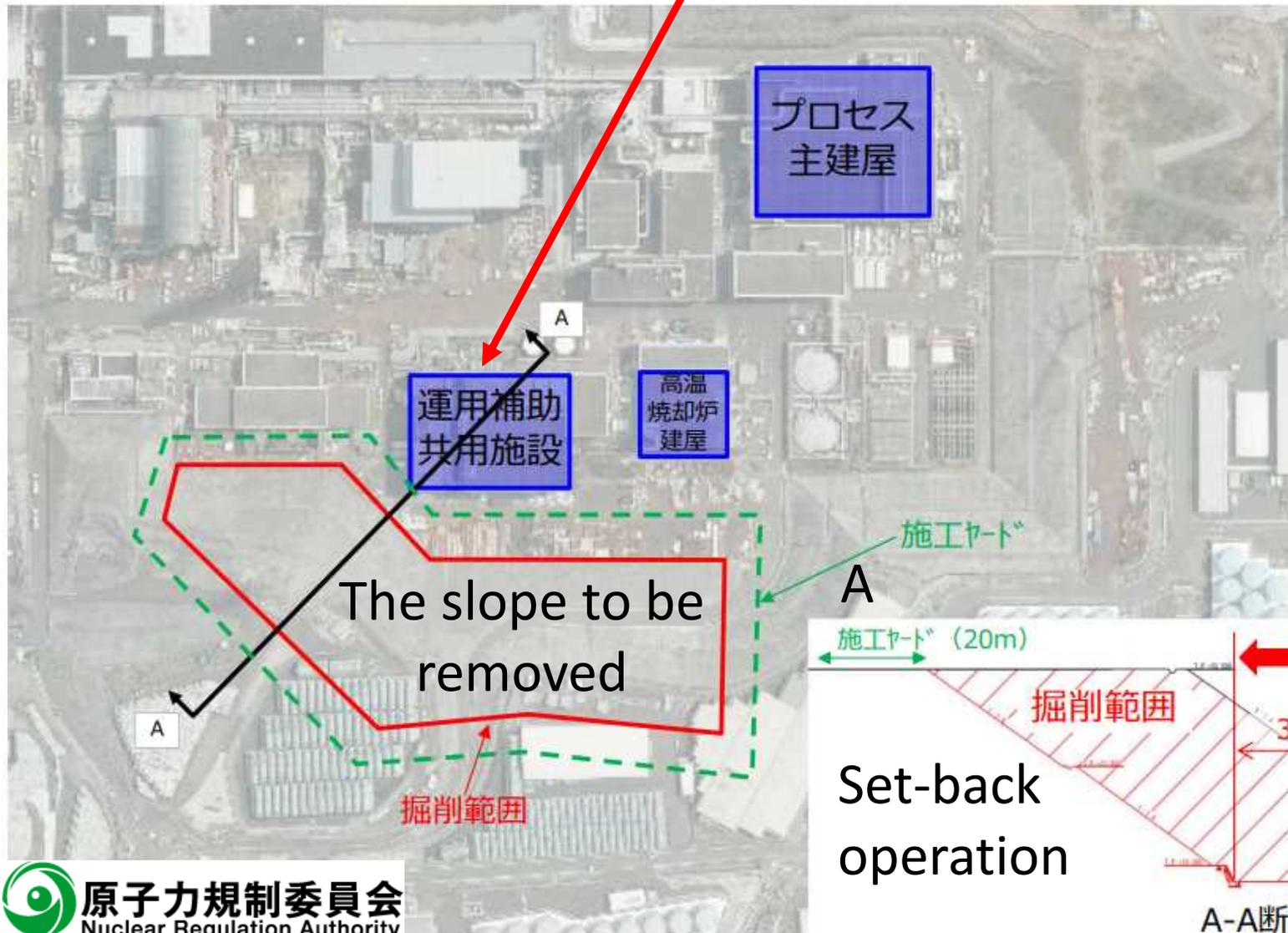
図 地質断面図 (汀線直交方向C-C)

➤ 風化部は富岡層の上部に分布し、海側（東側）に向かい厚くなる傾向が認められる。

# 斜面対策工の検討 Set-back operation of the slope **TEPCO**

斜面セットバック工事の概要 Used-fuel storage pool facility

福島第一  
原子力  
発電所



※工事の詳細は検討中であるため、本図から変更の可能性がある。 40



# 改善（6）津波引き波対策の防護柵設置

## JAEA東海再処理施設

新川

JAEA 核燃料サイクル工学研究所(NCL)

太平洋

2020年6月17日の原子力規制委員会での私の指摘に基づき追加された上流側の津波防護柵(2021年5月18日の下記資料より)

2020年6月17日の原子力規制委員会で示されたHAWとTVFを津波漂流物から守るための防護柵設置位置(当初計画)



**HAW:**  
高レベル廃棄物建屋 (High Activity Wastes)

**TVF:**  
東海再処理施設 (ガラス固化)  
(Tokai Vitrification Facility)

# トピックス: 2024年1月1日能登半島地震

マグニチュード: M7.6

最大震度: 7 (志賀原子力発電所で最大399 gal)

余震域全長: 150 km

地盤隆起: 能登半島北岸の広い地域で最大4 m

津波: 能登半島及び新潟県で最大5 m

液状化: 能登半島、加賀北部、富山県、新潟県で広域被害

死者: 260, 負傷者: 1316, 全壊家屋: 8424 (6月4日現在)

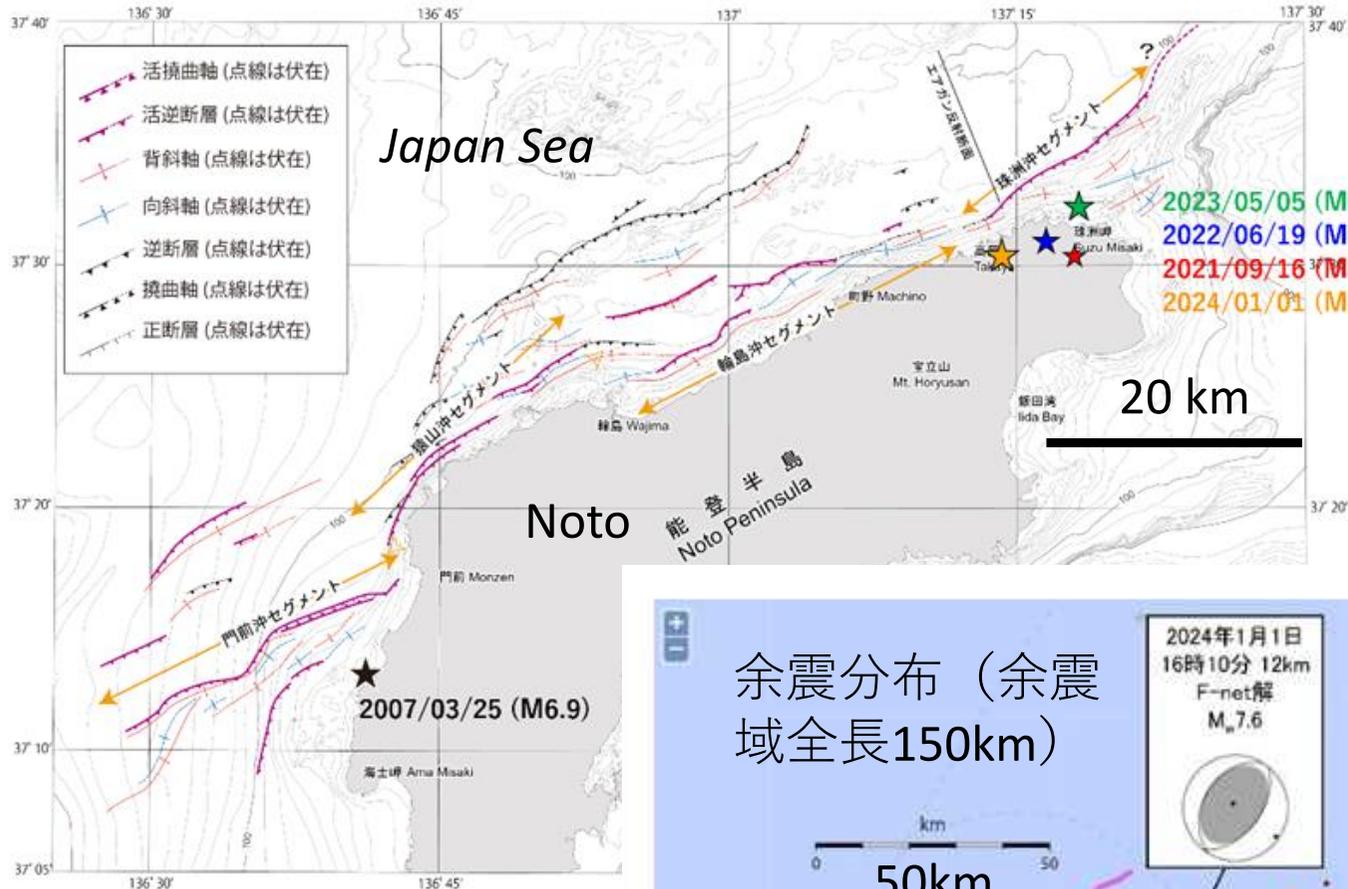
志賀原子力発電所でのトラブル (断層からの距離18km)

===変圧器破損により油漏れ (24600リットル)、2系統の外部電源が失われる (他の回線は無事)

===使用済み燃料プールからスロッシングにより漏水 (1号機: 95リットル、2号機: 326リットル)

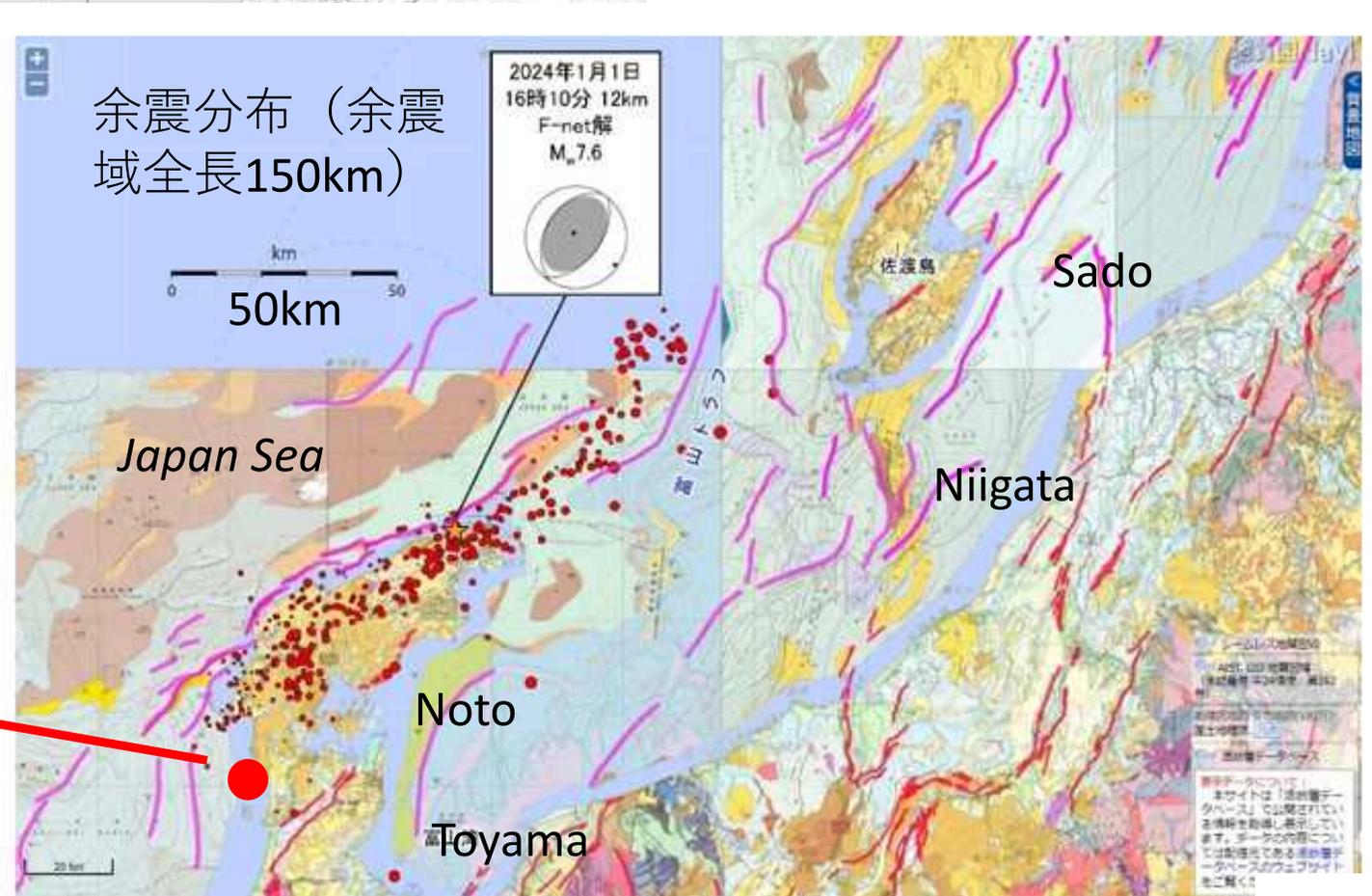
===敷地内の道路や斜面に小さな段差や地割れ多数 (ただし、敷地内断層は全く動かず)

===津波高さ3m (原子炉設置標高11m)



2024年1月1日能登半島地震の震源(黄色)と既知の活断層位置

2024年5月27日原子力規制委員会第64回技術情報検討会資料64-1-2, p. 2-3.



志賀原子力発電所の位置 (震源断層から18km)



# 2024年1月1日能登半島地震による地盤変動：4mの隆起と3mの西向き移動

2024年5月27日原子力規制委員会第64回技術情報検討会資料64-1-2, p. 2-3.

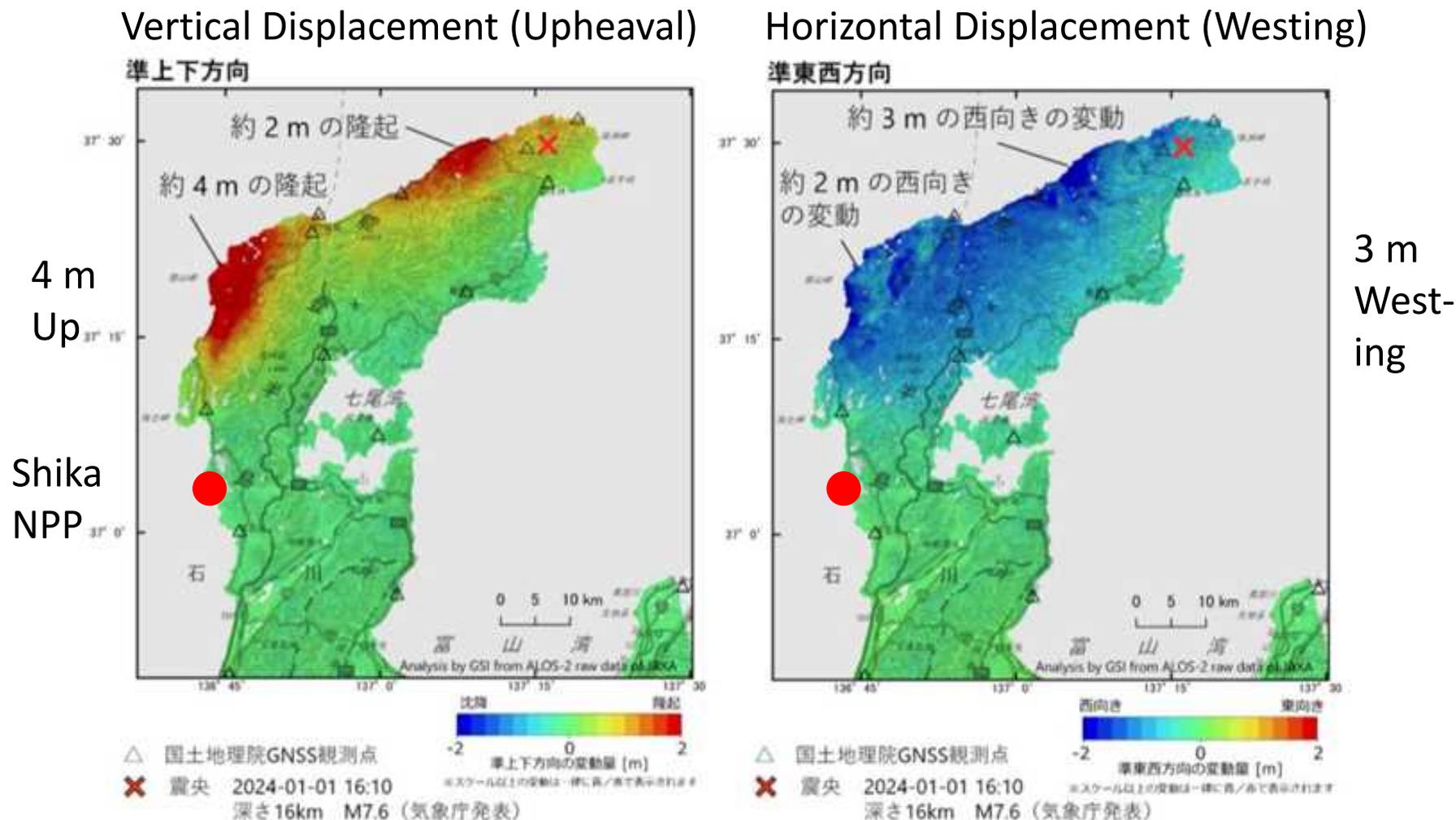


図7 だいち2号により取得された観測データの2.5次元解析<sup>5</sup>による変動量<sup>[36]</sup>  
 値は暫定値であり、現地調査等により確認されたものではなく、今後の精査によって解析結果が変更されることがある。(解析：国土地理院 原初データ所有：JAXA)

# 結論

- 私が原子力規制委員として勤めた10年間で、17基の原子炉の新規規制基準への適合が許可され、そのうち12基が稼働している。しかし他の9基はまだ審査中であり、1基は審査チームの結論として基準適合性の判断が難しい状況である。
- （内藤管理官）規則3条第3項に適合していると認められないという判断をしております。
- 新規規制基準に基づき自然ハザード分野の厳格な審査を行ってきた。また、新知見対応のため4件のバックフィットを行い、他にも数件の改善措置を指示した。
- この10年間、2014御嶽山噴火、2016熊本地震、2018西日本豪雨、2018胆振東部地震、2022・23福島県沖地震、2024能登半島地震など大規模な自然災害が発生したが、日本の原発で大きな事故は起きていない。
- ご清聴ありがとうございました。

2024年8月5日 大阪公立大学講演 石渡 明