

# 東海第二発電所

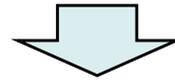
## 津波評価及び火山影響評価 許可後の知見の確認について

令和5年10月13日

日本原子力発電株式会社

## 津波評価及び火山影響評価 許可後の知見の確認について 概要

- 津波評価及び火山影響評価について先行審査の実績を踏まえ、平成30年9月26日の設置変更許可後に公表された新たな情報について確認し、評価に反映すべき情報があるか確認を行った。
- 津波については、新たな情報を踏まえても、評価結果に変更はない。
- 火山については、新たな情報※により、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山が追加となるが、火山影響評価結果(降下火砕物評価)に変更はない。



これまでの評価結果に影響がないことを確認した。

※中野他(2013)については、WEB版における令和5年7月末までの内容を確認している。

# 目次

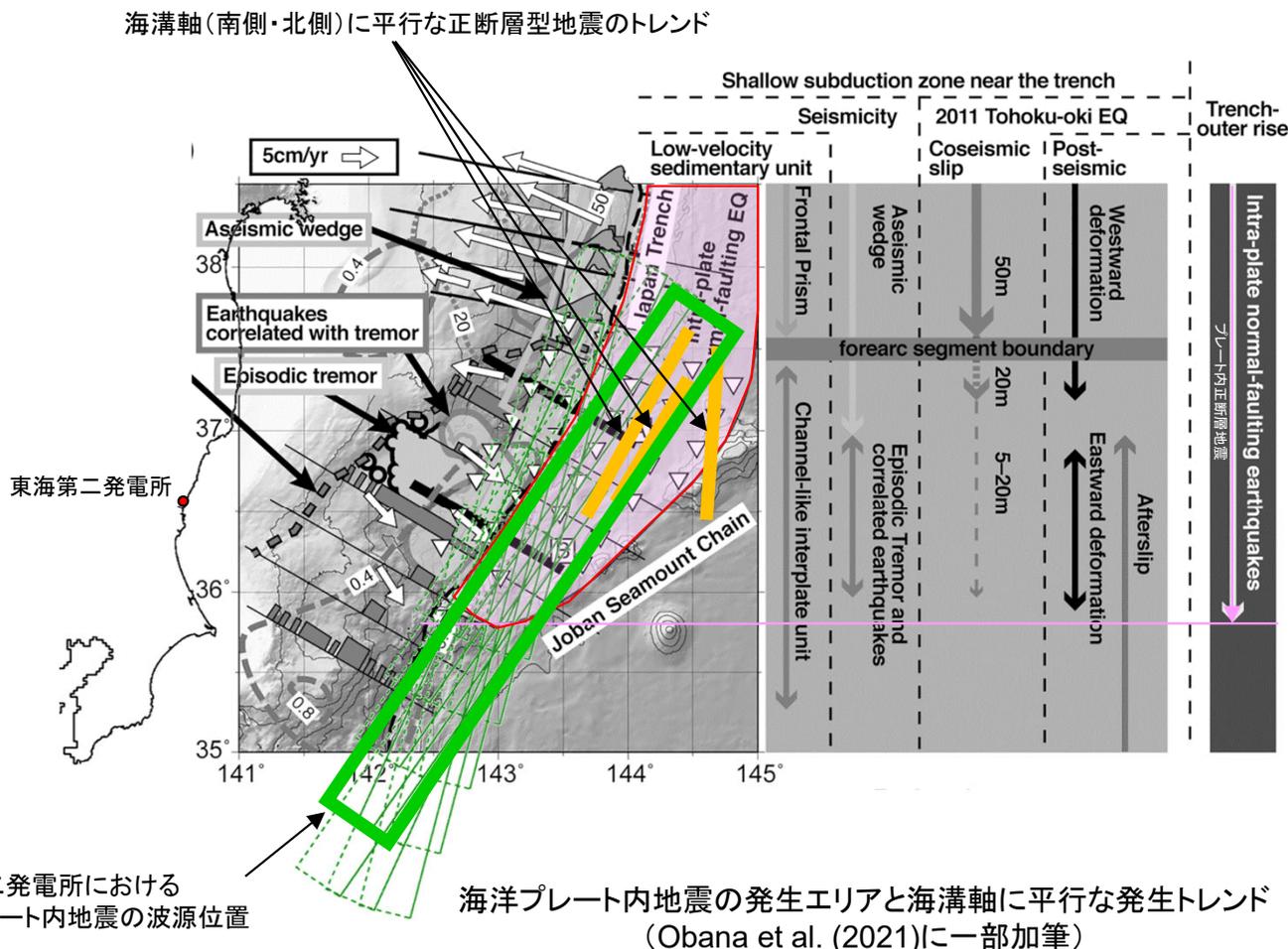
1. 津波評価	.....4
[許可後の知見確認結果]	
1. 1 許可後の知見確認結果(詳細)	
①海洋プレート内地震(アウターライズ地震)に関する知見	
②房総半島沖の巨大地震に関する知見	
③行政機関による評価に関する知見	
④日本海溝沿いの地震活動の長期評価について	
2. 火山影響評価	.....15
[許可後の知見確認結果]	
2. 1 火山影響評価[評価概要]	
2. 2 火山影響評価[許可後の知見確認結果概要]	
2. 3 許可後の知見確認結果(詳細)	

## 1. 津波評価[許可後の知見確認結果]

# 1. 津波評価 [許可後の知見確認結果]

## 1.1 許可後の知見確認結果(詳細) ①海洋プレート内地震(アウターライズ地震)に関する知見

海洋プレート内地震(アウターライズ地震)について, Obana et al. (2021)は, 茨城県沖から福島県沖の広範囲に, 海溝軸を挟んで陸側と海側の両側に設置したOBS観測データを分析し, 海溝軸より外側のエリアにおいて, プレート内正断層型地震の発生エリアや100km程度以下の海溝軸に平行な地震発生トレンドを示している。その他, S-netを活用した津波即時予測の構築を目的に, 断層情報から波源モデルを設定し, 津波解析を実施する研究が進められている。(詳細は次頁に記載)



※OBS(Ocean Bottom Seismographs)の設置は常磐海山列北側のため, 図で示されている海洋プレート内地震発生エリアについては, エリアの南側で海洋プレート内地震が起きないことを示しているわけではないことに留意。

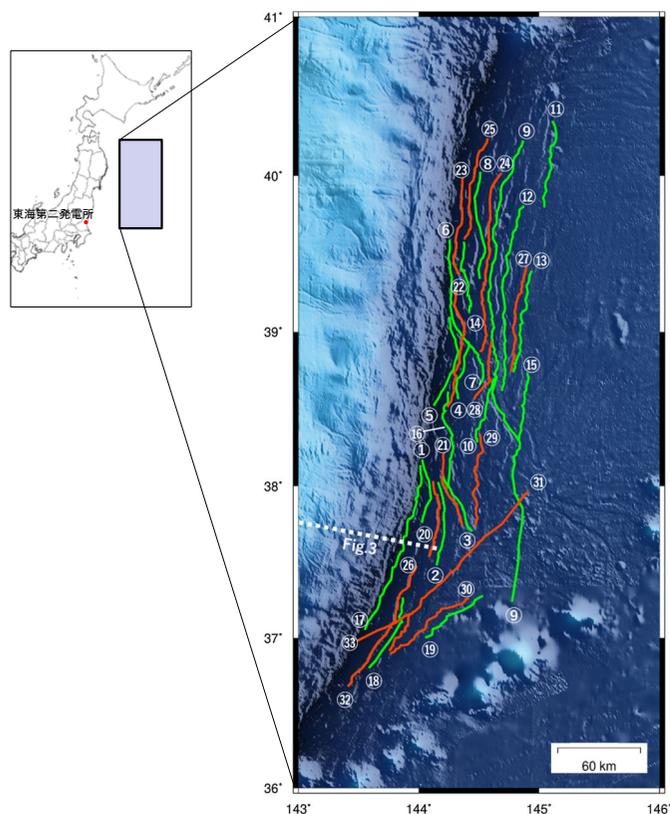
### 許可後の知見確認結果

東海第二発電所の津波評価における海洋プレート内地震の波源位置は, 海洋プレート内正断層の発生エリアよりも敷地への影響がより大きくなる敷地前面で評価していることから, 東海第二発電所の津波評価結果に影響しない。

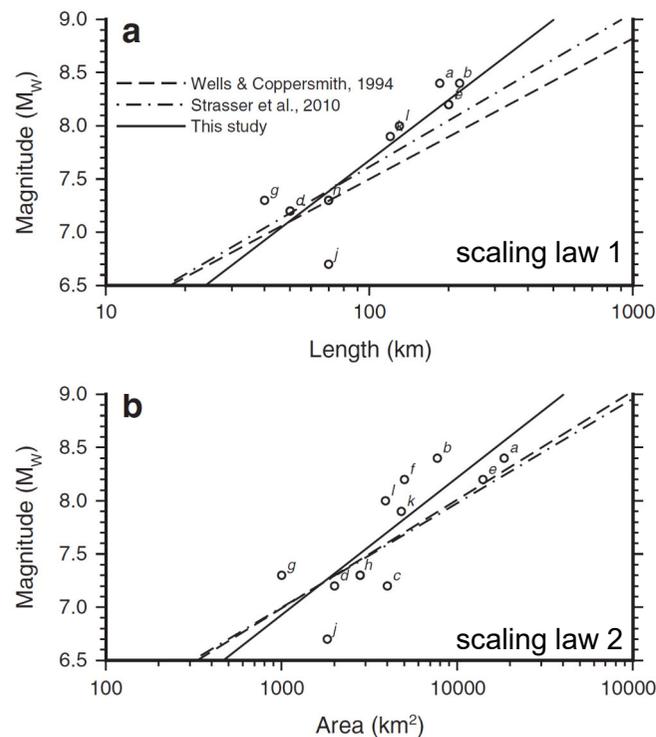
# 1. 津波評価 [許可後の知見確認結果]

## 1.1 許可後の知見確認結果(詳細) ①海洋プレート内地震(アウターライズ地震)に関する知見

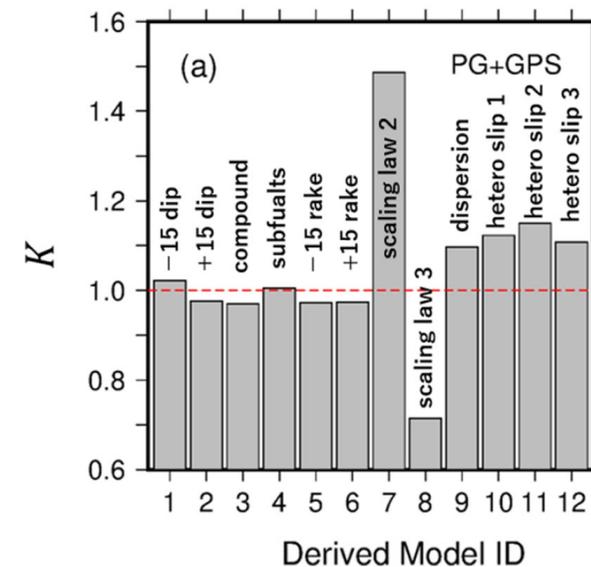
- 海洋研究開発機構(JAMSTEC), 防災科学研究所及び徳島大学では, アウターライズ地震によるS-netを活用した津波即時予測の構築を目的に日本海溝沖アウターライズ領域での地下構造探査と地震観測データから, 津波を生成する可能性のある断層(=潜在断層)マップを作成し, その断層情報から波源モデルの設定・津波解析方法に関する研究が進められており, 津波解析に関する研究内容については, Baba et al. (2020)にまとめられている。
- Baba et al. (2020)では, 現状, 地質調査から得られた断層情報からパラメータを設定するスケーリング則は確立されていないことを踏まえ, Álvarez-Gómez et al. (2012)による国内外で発生した12のアウターライズ地震の断層長とモーメントマグニチュードの関係(スケーリング則1), 断層面積とモーメントマグニチュードの関係(スケーリング則2)のほか, 内陸のプレート内地震も含むデータに基づくスケーリング則(スケーリング則3)を用いて断層モデルを設定し, 津波高さに与える影響を分析している。分析の結果, スケーリング則の違いにより沿岸の津波高さは大きくばらつくことから, 断層情報から断層パラメータを設定するスケーリング則を確立させるためには, より多くのデータを取得することが必要と指摘しており, 研究途上であることから今後の研究動向を注視していく。



津波を生成する可能性のある断層痕跡  
(Baba et al. (2020)に一部加筆)



断層情報からパラメータ設定の検討に用いたスケーリング則  
(Álvarez-Gómez et al. (2012)に一部加筆)

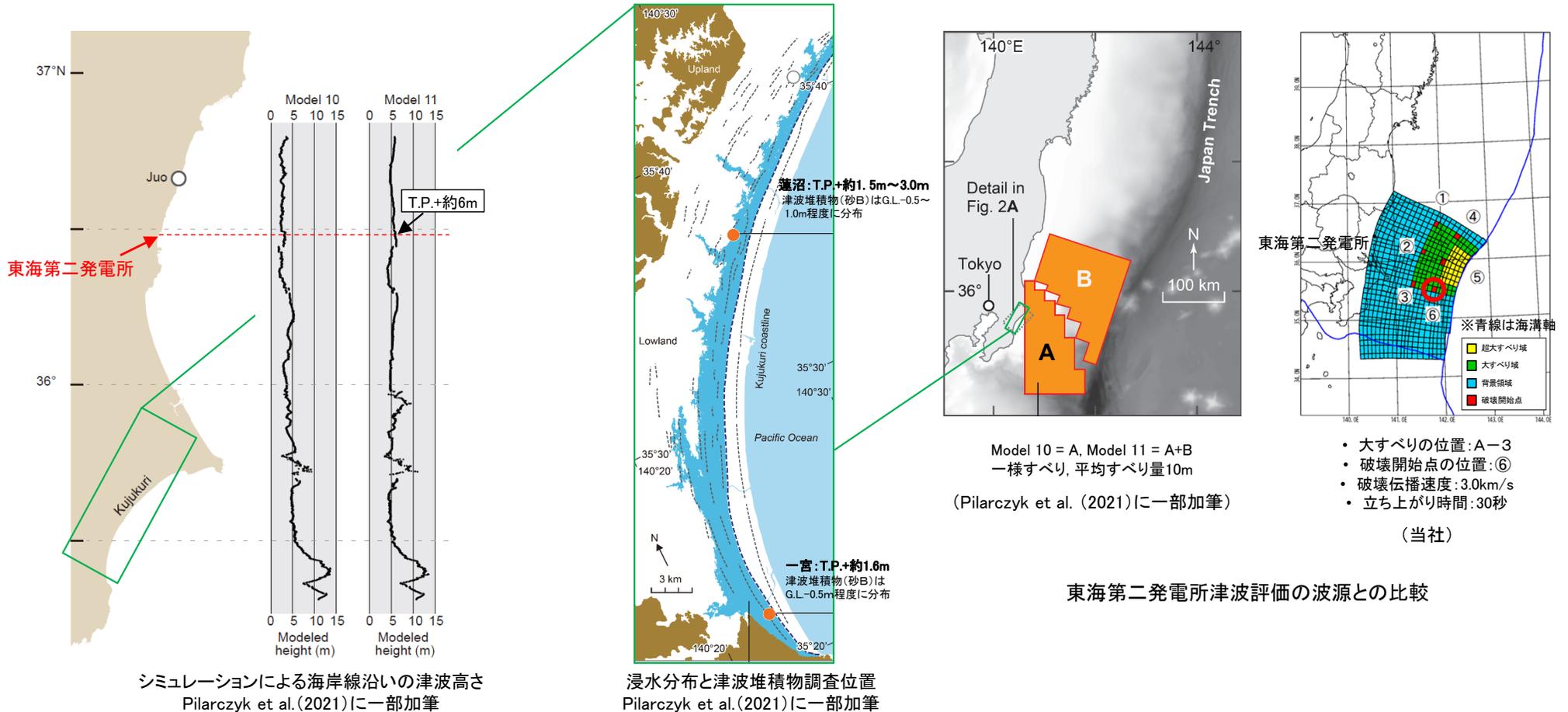


スケーリング則が津波高さに与える影響  
(Baba et al. (2020)に一部加筆)

# 1. 津波評価 [許可後の知見確認結果]

## 1.1 許可後の知見確認結果(詳細) ②房総半島沖の巨大地震に関する知見

- 千葉県九十九里浜地域における津波堆積物調査から、歴史記録にない津波の痕跡が確認されている(Pilarczyk et al.(2021), 産業技術総合研究所(2021))。津波堆積物は二層の砂層で、うち一方は約1000年前(800~1300年)に堆積しており、未知の津波によるものとされている。
- 産業技術総合研究所(2021)によると、この堆積物の分布を再現する津波シミュレーションによりM8クラスの地震が房総半島沖で発生したことが明らかになり、房総半島沖に沈むフィリピン海プレートと太平洋プレートの境界も津波の波源として注意が必要としている。



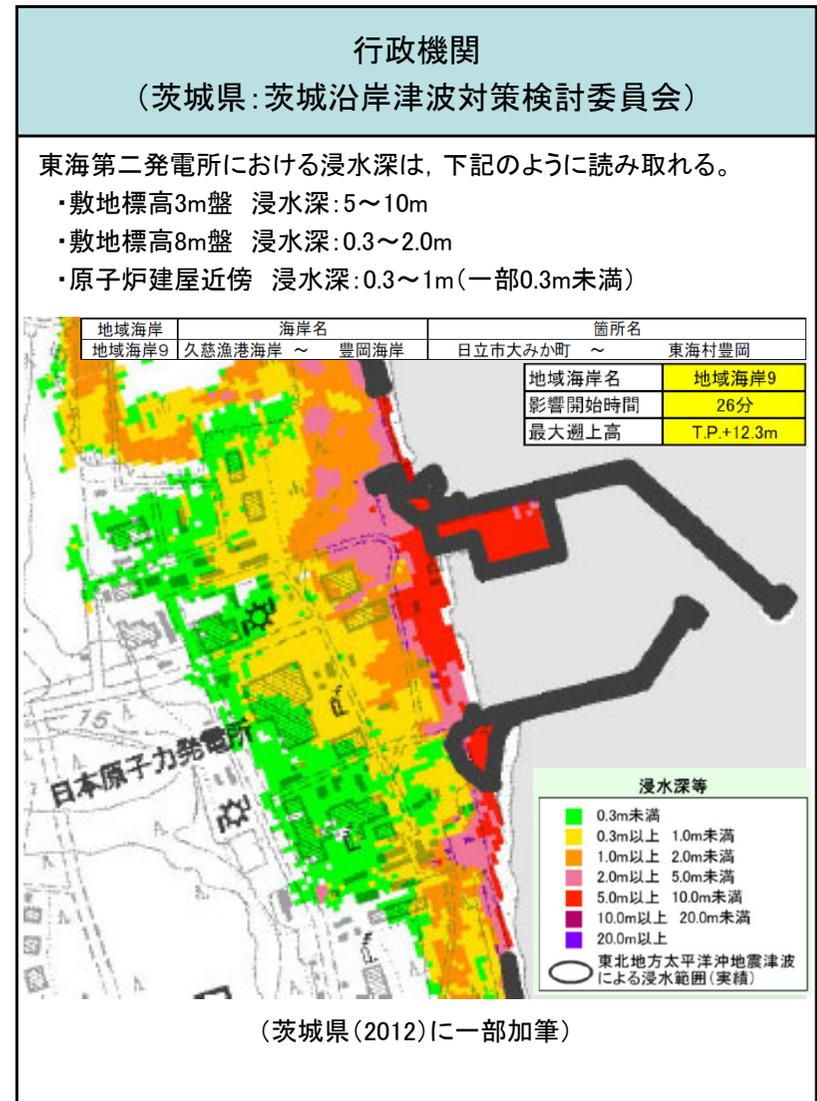
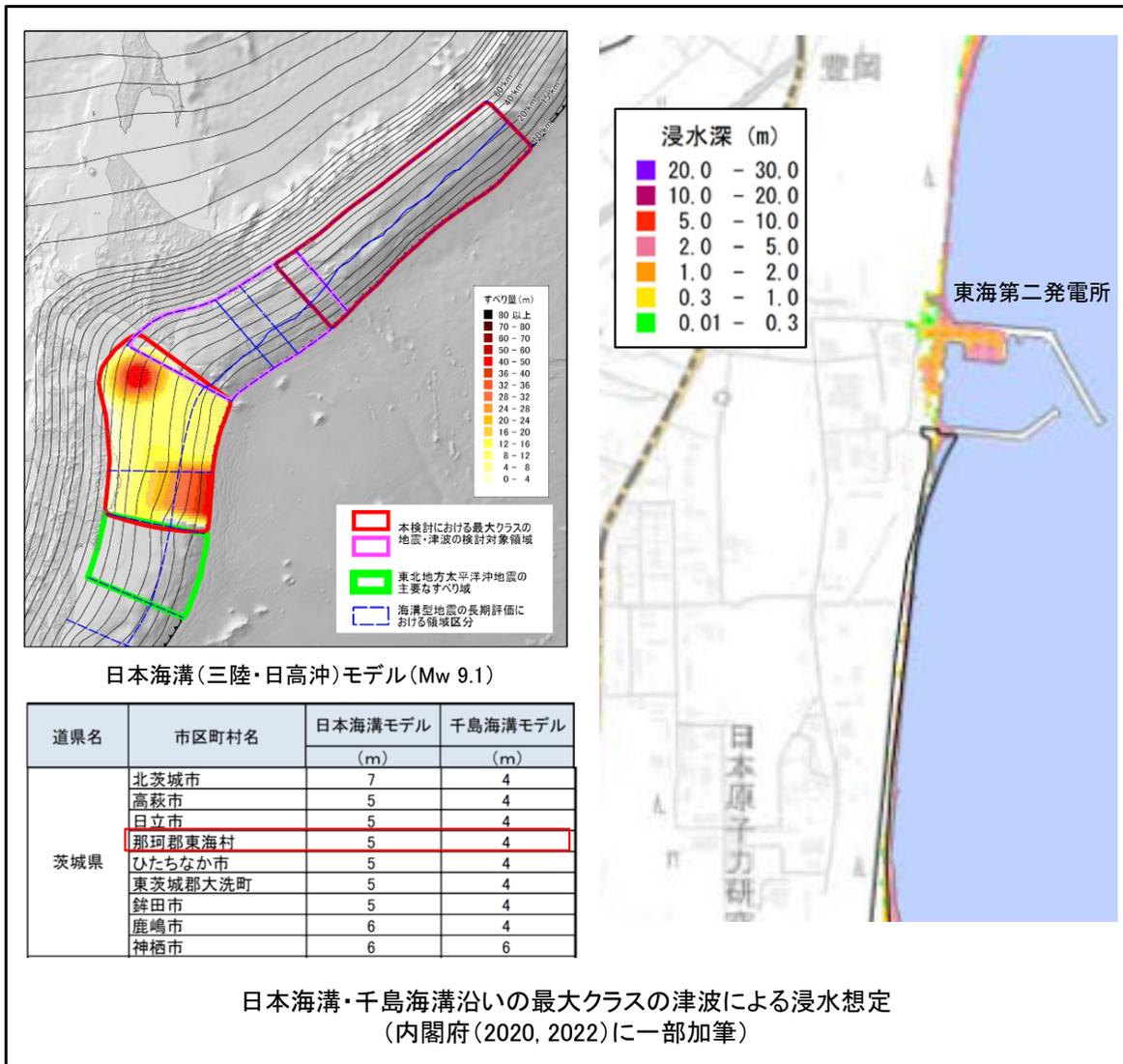
### 許可後の知見確認結果

- 調査エリアの浸水域をよく再現するモデルとしてModel 10(A)とModel 11(A+B)が検討されており、九十九里浜で見つかった津波堆積物の分布を説明する津波波源として領域Aの重要性が示されている。
- 東海第二発電所の津波評価では、太平洋プレートとフィリピン海プレートの境界をまたいだ領域で、より規模の大きい波源(プレート間地震による津波波源)を検討しており、防潮堤前面での津波高さをT.P.+17.1mと評価している。Model 11のT.P.+約6mを上回ることから、東海第二発電所の津波評価結果に影響しない。

# 1. 津波評価 [許可後の知見確認結果]

## 1.1 許可後の知見確認結果(詳細) ③行政機関による評価に関する知見

- 内閣府(2020, 2022)により、避難を軸とした総合的な津波対策の検討のため、最大クラスの津波波源(日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル)が評価されており、茨城県沿岸の浸水深分布が示されている。



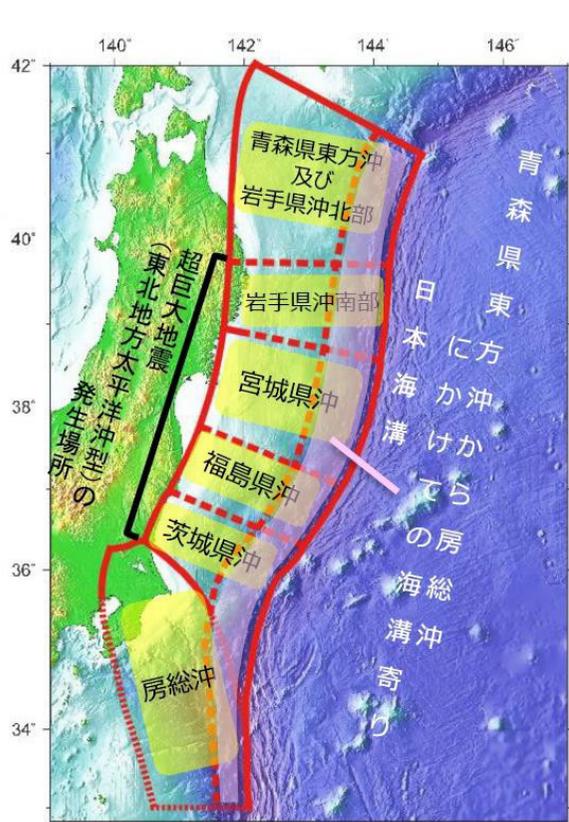
### 許可後の知見確認結果

- 内閣府による日本海溝・千島海溝沿いの最大クラスの津波による浸水想定として、東海第二発電所周辺での津波水位約5mを確認した。これは行政機関による評価として参照している茨城県による津波浸水想定評価の地域海岸9における最大遡上高T.P.+12.3mを下回っており、確認結果は津波評価に影響しない。

# 1. 津波評価 [許可後の知見確認結果]

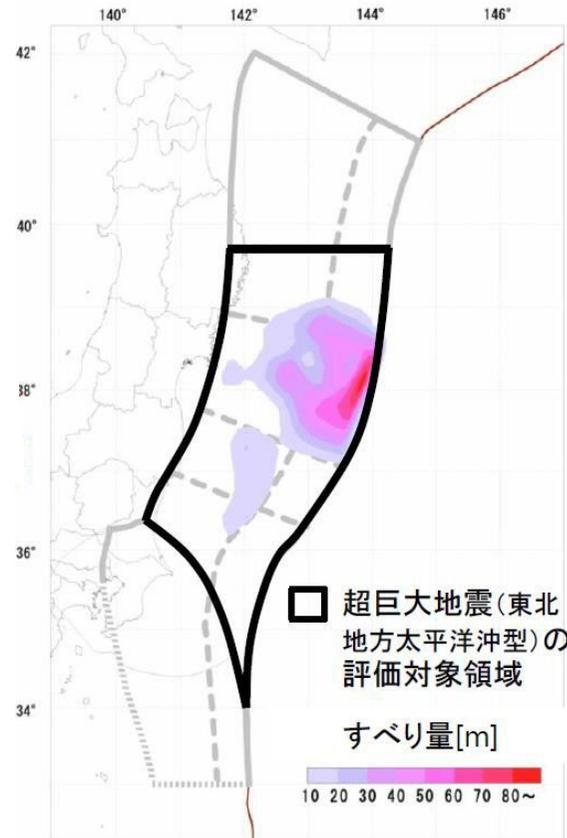
## 1.1 許可後の知見確認結果(詳細) ④日本海溝沿いの地震活動の長期評価について

- 地震調査研究推進本部(以下「地震本部」という。)では、日本海溝沿いで発生する地震を対象に長期評価を行っており、2011年に「三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価(第二版)」を公表しているが、2011年の長期評価以降の新しい知見の取り込み等を行い、2019年に「日本海溝沿いの地震活動の長期評価」を公表した。
- 下記が改訂のポイントとして挙げられている。
  - 評価対象領域・地震を再編
  - 津波堆積物から超巨大地震(東北地方太平洋沖型)を再評価
  - 東北地方太平洋沖地震を受けて、将来発生する地震を再評価
- これらの改訂ポイントについて、東海第二発電所における津波評価への影響を確認した。



地震本部(2019)

1. 評価対象領域・地震



地震本部(2019)

2. 超巨大地震の評価対象領域

評価対象地震	場所	規模	本評価#	(参考) 第二版#
超巨大地震(東北地方太平洋沖型)	岩手県沖南部～茨城県沖	M9.0程度	I	I
プレート間巨大地震	青森県東方沖及び岩手県沖北部	M7.9程度	III	III
	宮城県沖	M7.9程度	II注1)	I
ひとまわり小さいプレート間地震	青森県東方沖及び岩手県沖北部	M7.0～7.5程度	III	III
	岩手県沖南部	M7.0～7.5程度	III	—
	宮城県沖	M7.0～7.5程度	III注1)	—
	宮城県沖の陸寄り(宮城県沖地震)	M7.4前後	III	X
	福島県沖	M7.0～7.5程度	III	II
プレート内地震	茨城県沖	M7.0～7.5程度	III注1)	III
海溝寄りのプレート間地震(津波地震等)	青森県東方沖から房総沖にかけての海溝寄り	Mt注2) 8.6～9.0	III注1)	III
沈み込んだプレート内の地震	青森県東方沖及び岩手県沖北部～茨城県沖	M7.0～7.5程度	III注1)	—
海溝軸外側の地震	日本海溝の海溝軸外側	M8.2前後	II注1)	II

注1) 本評価で評価対象領域・地震を再編したため、場所と規模の範囲が異なり、厳密には第二版と対応しない  
 注2) Mtは津波マグニチュード

# 30年以内の地震発生確率 2019年1月1日時点  
 IIIランク: 26%以上    IIランク: 3～26%未満    Iランク: 3%未満    Xランク: 不明

地震本部(2019)

3. 将来発生する地震の場所・規模・確率

# 1. 津波評価 [許可後の知見確認結果]

## 1.1 許可後の知見確認結果(詳細) ④日本海溝沿いの地震活動の長期評価について

・ 「日本海溝沿いの地震活動の長期評価」の改訂のポイントについて、東海第二発電所における津波評価への影響を確認した。

改訂のポイント		地震本部(2019)	東海第二発電所	確認結果	該当頁
1. 評価対象領域・地震を再編	・ 茨城県沖と房総沖の領域の境界	・ Uchida et al.(2009)のフィリピン海プレートの北東端を基に新たに設定している。	・ Uchida et al.(2009)等の知見を既に考慮して設定している。	・ Uchida et al.(2009)等の知見を既に考慮して設定している。	P.11
	・ 房総沖の南限の境界	・ 便宜的に境界線を設定している。	・ 保守性を考慮して津波波源の南限を房総沖まで拡張して設定している。	・ 保守性を考慮して津波波源の南限を房総沖まで拡張して設定している。	
2. 津波堆積物から超巨大地震(東北地方太平洋沖型)を再評価		<ul style="list-style-type: none"> <li>超巨大地震(東北地方太平洋沖型)については、「東北地方太平洋沖地震の知見から、震源域は宮城県沖を必ず含み、隣接するいずれかの領域(岩手県沖南部または福島県沖)の少なくとも一方にまたがり、場合によっては茨城県沖まで破壊が及ぶ超巨大地震であると評価」している。</li> <li>地震の規模については、津波堆積物調査結果を踏まえ、「最も信頼性の高い東北地方太平洋沖地震を代表値として、M9.0程度」としている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>茨城県沖を含む2011年東北地方太平洋沖地震の再現モデルに基づく評価を実施している。</li> <li>さらに、大きなすべりが生じる領域について、福島県沖と茨城県沖の境界である「破壊伝播のバリア」となる構造的境界についての詳細な分析を踏まえた想定津波(東北地方太平洋沖型の津波波源)の設定を行っている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>茨城県沖を含む2011年東北地方太平洋沖地震の再現モデルに基づく評価を実施している。</li> </ul>	P.12
3. 東北地方太平洋沖地震を受けて、将来発生する地震を再評価		・ 茨城県沖でM7.0~7.5の地震が想定されている。	・ 「茨城県沖から房総沖に想定する津波波源(Mw8.7)」を考慮している。	・ 地震本部(2019)で想定されている地震規模を上回る津波波源を考慮している。	P.13

・ 以上のことから、東海第二発電所の津波評価に影響しないことを確認した。

# 1. 津波評価 [許可後の知見確認結果]

## 1.1 許可後の知見確認結果(詳細) ④日本海溝沿いの地震活動の長期評価について

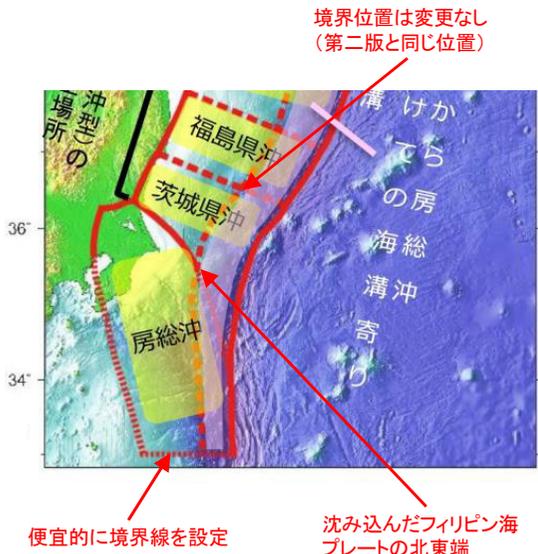
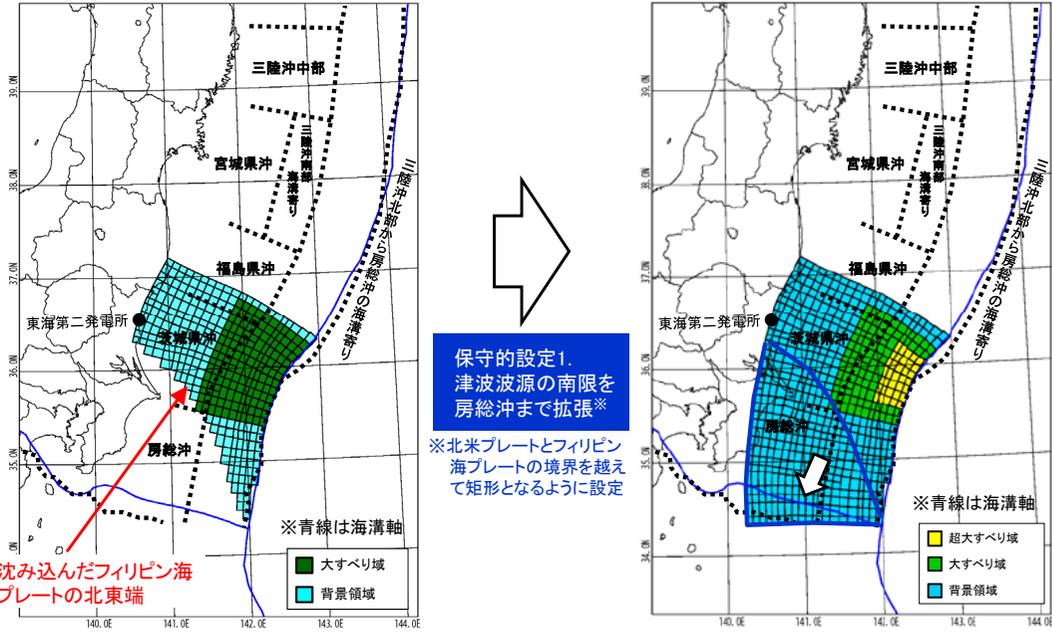
### 1. 評価対象領域・地震を再編

#### • 地震本部(2019)の検討

- A) 評価対象領域は、「地形(幾何形状)の変化, 力学条件の変化, 既往の巨大地震の震源域, 現在の地震活動等」から定義されている。
- B) 福島県沖と茨城県沖の領域の境界(茨城県沖の北限境界)位置は改訂前(第二版)から変更していない。
- C) 茨城県沖と房総沖の領域の境界は、「太平洋プレートが接するプレートの違いによって, 太平洋プレート上面で起きる地震の発震機構は異なる」ことから, Uchida et al.(2009)のフィリピン海プレートの北東端を基に見直されている。
- D) 房総沖の南限の境界については十分な知見が存在しないため, 便宜的に境界線を設定している。

#### • 東海第二発電所における津波評価(「茨城県沖に想定する津波波源」及び「茨城県沖から房総沖に想定する津波波源」の領域設定について)

茨城県沖に想定する津波波源の南限の設定にあたり, フィリピン海プレート北東限を境に地震のすべり方向が異なることを示した Uchida et al.(2009) 等の知見を既に考慮している。また, 「茨城県沖から房総沖に想定する津波波源」は, 茨城県沖に想定する津波波源に保守性を考慮して津波波源の南限を房総沖まで拡張した津波波源である。

地震本部(2019)の検討	東海第二発電所における津波評価	許可後の知見確認結果
 <p>地震本部(2019)に加筆</p>	 <p>茨城県沖に想定する津波波源</p> <p>茨城県沖から房総沖に想定する津波波源</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 東海第二発電所の津波評価において, 茨城県沖に想定する津波波源の南限の設定にあたり, フィリピン海プレート北東限を境に地震のすべり方向が異なることを示した Uchida et al.(2009) 等の知見を既に考慮していることから, 「茨城県沖に想定する津波波源」の設定は妥当であると判断した。</li> <li>• 「茨城県沖から房総沖に想定する津波波源」は, 茨城県沖に想定する津波波源に保守性を考慮して津波波源の南限を房総沖まで拡張した津波波源であることから, 「茨城県沖から房総沖に想定する津波波源」の設定を見直す必要はないと判断した。</li> </ul>

• 「茨城県沖に想定する津波波源」の設定は妥当であると判断した。また, 「茨城県沖から房総沖に想定する津波波源」の設定を見直す必要はないと判断した。

# 1. 津波評価 [許可後の知見確認結果]

## 1. 1 許可後の知見確認結果(詳細) ④日本海溝沿いの地震活動の長期評価について

### 2. 津波堆積物から超巨大地震(東北地方太平洋沖型)を再評価

#### • 地震本部(2019)の検討

超巨大地震(東北地方太平洋沖型)については、「東北地方太平洋沖地震の知見から、震源域は宮城県沖を必ず含み、隣接するいずれかの領域(岩手県沖南部または福島県沖)の少なくとも一方にまたがり、場合によっては茨城県沖まで破壊が及ぶ超巨大地震であると評価」、地震の規模については、津波堆積物調査結果を踏まえ、「最も信頼性の高い東北地方太平洋沖地震を代表値として、M9.0程度」としている。

#### • 東海第二発電所における津波評価

茨城県沖を含む2011年東北地方太平洋沖地震の再現モデルに基づく評価を実施している。さらに、大きなすべりが生じる領域について、福島県沖と茨城県沖の境界である「破壊伝播のバリア」となる構造的境界についての詳細な分析を踏まえた想定津波(東北地方太平洋沖型の津波波源)の設定を行っている。

地震本部(2019)の検討	東海第二発電所における津波評価	許可後の知見確認結果
<p>過去の地震活動や津波の波源域から境界を推定</p> <p>地震本部(2019)に加筆</p>	<p>過去の地震活動や津波の波源域、プレート間の固着状況から境界を推定</p> <p>東北地方太平洋沖型の津波波源</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>東海第二発電所の津波評価において、茨城県沖を含む2011年東北地方太平洋沖地震の再現モデルに基づく評価を実施しており、大きなすべりが生じる領域について、福島県沖と茨城県沖の境界である「破壊伝播のバリア」となる構造的境界についての詳細な分析を踏まえた想定津波(東北地方太平洋沖型の津波波源)の設定を行っていることから、超巨大地震(東北地方太平洋沖型)の評価を見直す必要はないと判断した。</li> </ul>

• 津波評価において、超巨大地震(東北地方太平洋沖型)の評価を見直す必要はないと判断した。

# 1. 津波評価 [許可後の知見確認結果]

## 1.1 許可後の知見確認結果(詳細) ④日本海溝沿いの地震活動の長期評価について

### 3. 東北地方太平洋沖地震を受けて、将来発生する地震を再評価

#### ・ 地震本部(2019)の検討

東北地方太平洋沖地震を受けて、将来発生する地震を再評価し、ひとまわり小さいプレート間地震として茨城県沖でM7.0~7.5の地震が想定されている。

#### ・ 東海第二発電所における津波評価

プレート間地震として茨城県沖に保守的な設定とした「茨城県沖から房総沖に想定する津波波源(Mw8.7)」を考慮している。

地震本部(2019)の検討		東海第二発電所における津波評価		許可後の知見確認結果
プレート間地震	評価対象地震	場所	規模	本評価 <sup>#</sup> (参考) 第二版 <sup>#</sup>
	超巨大地震 (東北地方太平洋沖型)	岩手県沖南部~茨城県沖	M9.0程度	I I
	プレート間巨大地震	青森県東方沖及び岩手県沖北部	M7.9程度	III III
		宮城県沖	M7.9程度	II(注1) I
	ひとまわり小さいプレート間地震	青森県東方沖及び岩手県沖北部	M7.0~7.5程度	III III
		岩手県沖南部	M7.0~7.5程度	III —
		宮城県沖	M7.0~7.5程度	III(注1) —
		宮城県沖の隆起(宮城県沖地震)	M7.4前後	III X
		福島県沖	M7.0~7.5程度	III II
	プレート内地震	茨城県沖	M7.0~7.5程度	III(注1) III
海溝軸外側の地震		日本海溝の海溝軸外側	M8.2前後	II(注1) II
海溝寄りのプレート間地震(津波地震等)		青森県東方沖から房総沖にかけての海溝寄り	Mt(注2)8.6~9.0	III(注1) III
沈み込んだプレート内の地震	青森県東方沖及び岩手県沖北部~茨城県沖	M7.0~7.5程度	III(注1) —	

パラメータ	設定値
断層面積: S	53,684 km <sup>2</sup>
平均応力降下量: Δσ	3.0 MPa
剛性率: μ	4.7 × 10 <sup>10</sup> N/m <sup>2</sup>
モーメントマグニチュード: Mw	8.7
平均すべり量: D	6.1 m
地震モーメント: M <sub>0</sub>	1.5 × 10 <sup>22</sup> Nm

# 30年以内の地震発生確率 2019年1月1日時点			
IIIランク: 26%以上	IIランク: 3~26%未満	Iランク: 3%未満	Xランク: 不明

地震本部(2019)

茨城県沖から房総沖に想定する津波波源

東海第二発電所の津波評価において、プレート間地震については、地震本部(2019)で想定されている地震規模M7.0~7.5を上回るMw8.7の津波波源を考慮しているため、津波評価を見直す必要はないと判断した。

・ プレート間地震については、地震本部(2019)で想定されている地震規模M7.0~7.5を上回るMw8.7の津波波源を考慮しているため、津波評価を見直す必要はないと判断した。

### 参考文献

- K. Obana, G. Fujie, Y. Yamamoto, Y. Kaiho, Y. Nakamura, S. Miura and S. Kodaira (2021) : Seismicity around the trench axis and outer-rise region of the southern Japan Trench, south of the main rupture area of the 2011 Tohoku-oki earthquake, *Geophys. J. Int.*, doi:10.1093/gji/ggab093
- T. Baba, N. Chikasada, Y. Nakamura, G. Fujie, K. Obana, S. Miura and S. Kodaira (2020) : Deep investigations of outer-rise tsunami characteristics using well-mapped normal faults along the Japan Trench, *J. Geophys. Res.: Solid Earth*, e2020JB020060. 125, <https://doi.org/10.1029/2020JB020060>.
- José A. Álvarez-Gómez, Omar Q. Gutiérrez Gutiérrez, Íñigo Aniel-Quiroga, M. González (2012) : Tsunamigenic potential of outer-rise normal faults at the Middle America trench in Central America, *Tectonophysics* 574-575, 133-143
- 産業技術総合研究所(2021) : 千葉県のパ洋洋岸で歴史記録にない津波の痕跡を発見. 産業技術総合研究所, 2021-09-03, [https://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2021/pr20210903/pr20210903.html](https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2021/pr20210903/pr20210903.html)
- Jessica E. Pilarczyk, Yuki Sawai, Yuichi Namegaya, Toru Tamura, Koichiro Tanigawa, Dan Matsumoto, Tetsuya Shinozaki, Osamu Fujiwara, Masanobu Shishikura, Yumi Shimada, Tina Dura, Benjamin P. Horton, Andrew C. Parnell, Christopher H. Vane (2021) : A further source of Tokyo earthquakes and Pacific Ocean tsunamis., *Nat. Geosci.* 14, 796-800 (2021), <https://doi.org/10.1038/s41561-021-00812-2>
- 内閣府(2020, 2022) : 日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会(概要報告2020年4月, 最終報告2022年3月)
- 茨城県(2012) : 津波浸水想定について(解説), 2012-8-24, <http://www.pref.ibaraki.jp/bukyoku/doboku/01class/class06/kaigan/tsunamisinnsui/l2shinsui.html>
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2019) : 日本海溝沿いの地震活動の長期評価. 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2019-02-26, [https://www.jishin.go.jp/main/chousa/kaikou\\_pdf/japan\\_trench.pdf](https://www.jishin.go.jp/main/chousa/kaikou_pdf/japan_trench.pdf)

## 2. 火山影響評価[許可後の知見確認結果]

既許可からの変更点を赤字で記載する。

## 2. 火山影響評価 [許可後の知見確認結果]

### 2.1 火山影響評価 [評価概要]

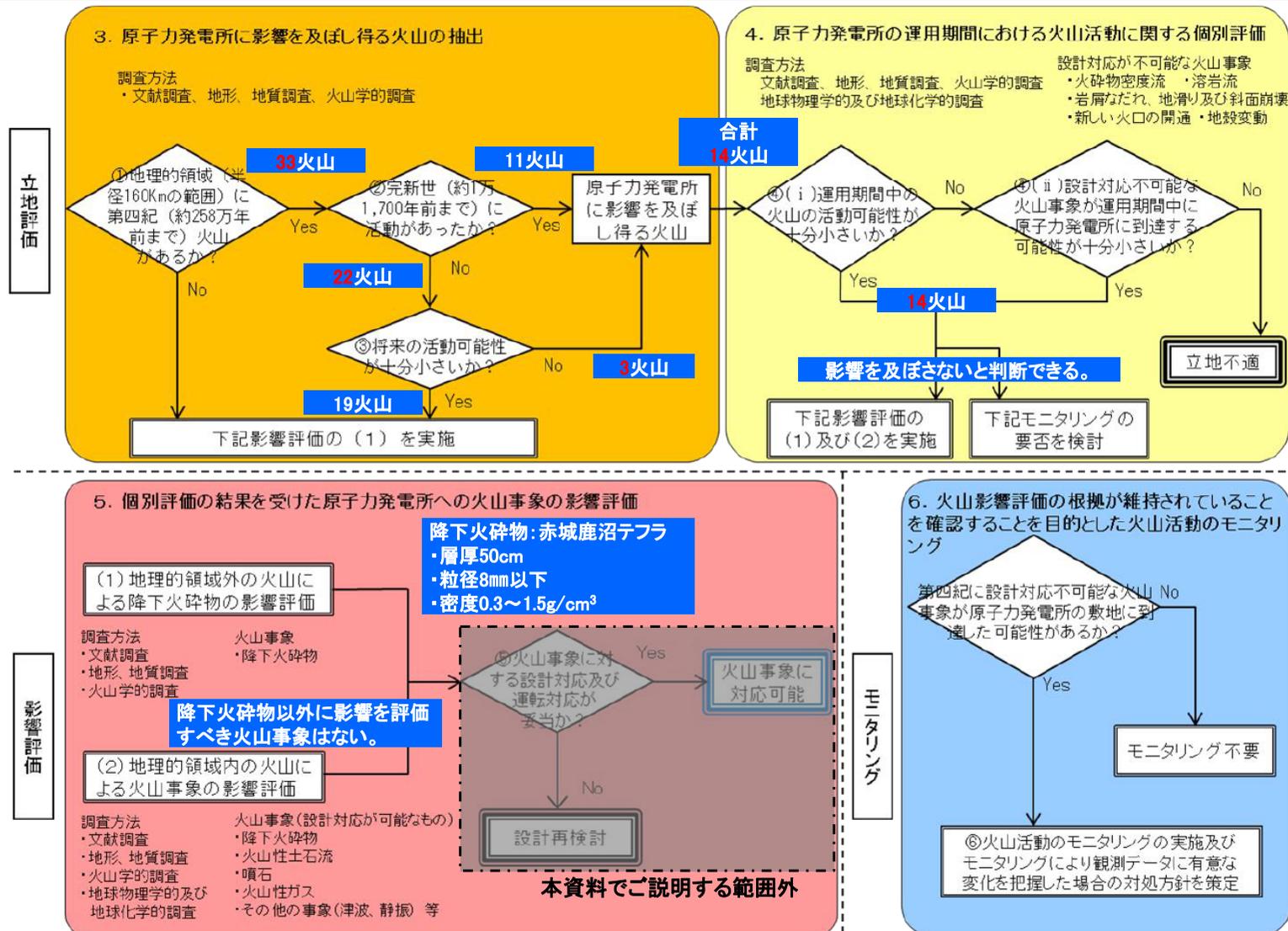
「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に従って、東海第二発電所の火山影響評価を実施した。

#### 【立地評価結果】

- 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として**14**火山を抽出
- 抽出された火山の火山活動に関する個別評価の結果、設計対応不可能な火山事象が原子力発電所に影響を及ぼす可能性はないと判断される(モニタリング対象外)。

#### 【影響評価結果】

- 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象を抽出した結果、降下火砕物以外に影響評価すべき火山事象はない。
- 評価すべき降下火砕物の層厚は文献調査、地質調査及びシミュレーションの結果を総合的に評価し50cmとした。



既許可以降の知見を確認し評価へ反映した。

## 2. 火山影響評価 [許可後の知見確認結果]

### 2.1 火山影響評価[評価概要] 参考 既許可時の評価概要

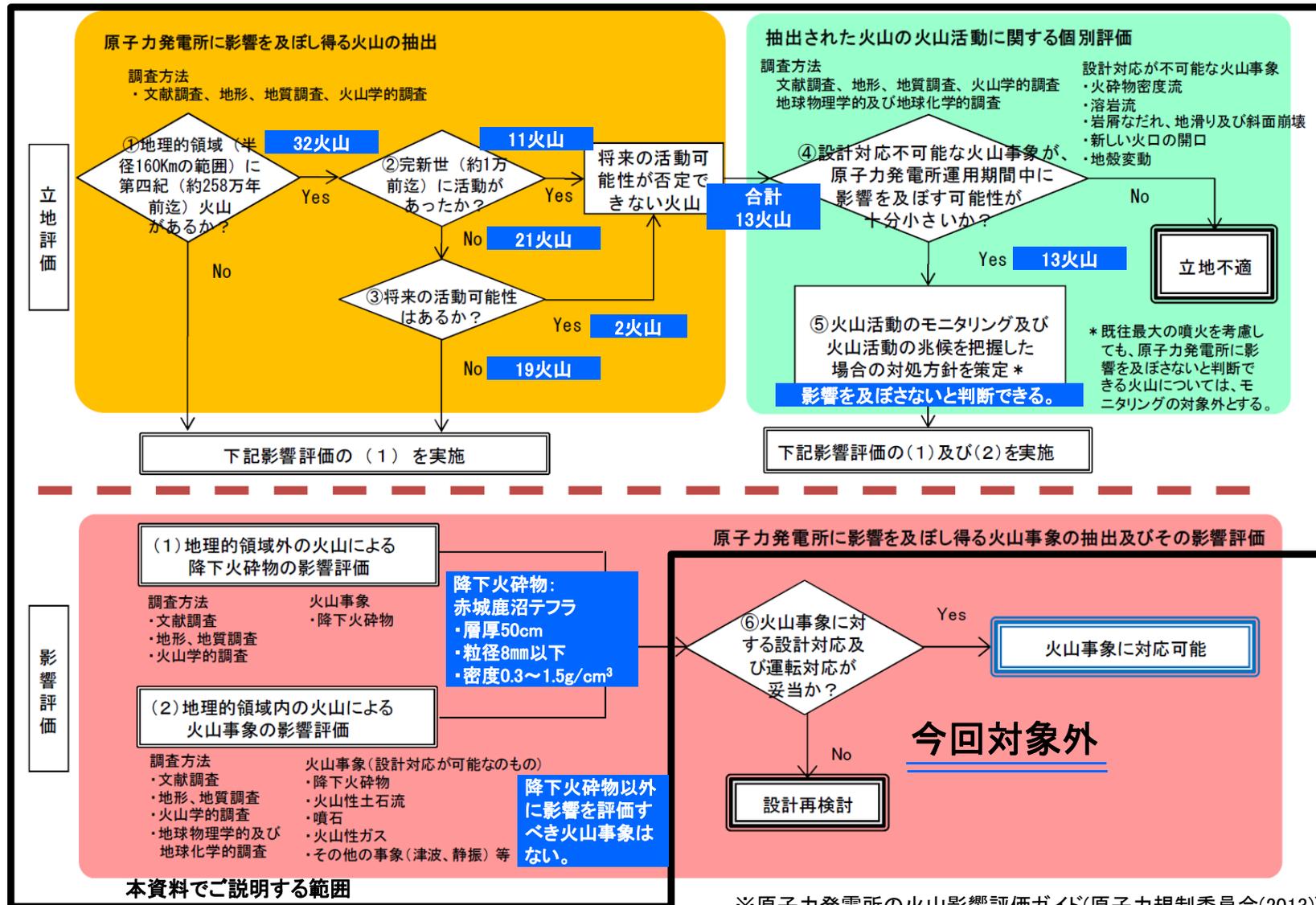
「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に従って、東海第二発電所の火山影響評価を実施した。

#### 【立地評価結果】

- 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として13火山を抽出
- 抽出された火山の火山活動に関する個別評価の結果、設計対応不可能な火山事象が原子力発電所に影響を及ぼす可能性はないと判断される(モニタリング対象外)。

#### 【影響評価結果】

- 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象を抽出した結果、降下火砕物以外に影響評価すべき火山事象はない。
- 評価すべき降下火砕物の層厚は文献調査、地質調査及びシミュレーションの結果を総合的に評価し50cmとした。



## 2. 火山影響評価 [許可後の知見確認結果]

### 2.2 火山影響評価[許可後の知見確認結果概要]

#### 【立地評価】

##### ➤ 既許可(2018.9.26)の評価

- 地理的領域内の第四紀火山「32火山」のうち、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として「13火山」を抽出
- 抽出した火山による設計対応不可能な火山事象の影響はなく、モニタリング対象外



##### ➤ 既許可以降実施した調査・検討

- 地理的領域内の第四紀火山「33火山」を対象に、個別文献調査を行い、各火山の詳細な活動履歴を把握することを目的に、階段ダイヤグラムを作成(中野他(2013)WEB版令和5年7月末までの更新情報を反映 追加:甲子, 西鴉川 第四紀火山から除外: 桧和田カルデラ<sup>※1, ※2</sup>)



##### ➤ 最終評価

- 地理的領域内の第四紀火山「33火山」のうち、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として「14火山」を抽出(既許可より二岐山の評価を変更)
- 抽出した火山による設計対応不可能な火山事象の影響はなく、モニタリング対象外

※1: 中野他(2013)WEB版によれば、桧和田カルデラから噴出した火砕流の年代測定値は $2.64 \pm 0.20$ ,  $2.94 \pm 0.15$ Ma(山元(1992))であり、カルデラ埋積堆積物に貫入した岩体は第四紀ジェラシアンの可能性のあるものの、大部分は先第四紀(鮮新世)と考えられることから、第四紀火山から除外したとされる。

※2: 既許可では、全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長い火山であり、原子力発電所に影響のない火山と評価していた。

#### 【影響評価】

##### ➤ 既許可の評価

- 文献調査……町田・新井(2011)や山元(2013a)等に基づいて評価
  - 敷地に最も影響の大きい降下火砕物 ⇒ 赤城鹿沼テフラ
  - 町田・新井(2011): 敷地は等層厚線の10cm~40cmの範囲に位置
  - 山元(2013a): 20cm(敷地付近), 34cm~38cm(敷地南側) ⇒ 40cmと評価
  - 赤城鹿沼テフラと同規模の噴火の降灰分布の事例を確認・整理: 最大約25cm
- 地質調査……以下の調査を実施
  - 敷地及び敷地近傍のボーリング調査: 約15~20cm
  - 敷地周辺の露頭調査: 文献の分布と整合していることを確認(10cm~40cm)
  - 敷地近傍の露頭調査(東海駅露頭): 約20cm<sup>※2</sup>  
※2: 露頭詳細観察により浸食による影響を受けていないことを立体的な堆積状況も踏まえ確認
- シミュレーション……赤城鹿沼テフラと同規模の噴火を想定したシミュレーションを実施: 約49cm(不確かさを考慮)



##### ➤ 最終評価

- 降下火砕物の分布状況、シミュレーション及び分布事例による検討結果から総合的に判断し、設計上考慮する降下火砕物の層厚を50cmと設定



##### ➤ 既許可以降実施した調査・検討

- 既許可以降の新知見を確認し、既許可で設定した設計上考慮する降下火砕物の層厚(50cm)に変更は生じないことを確認

## 2. 火山影響評価 [許可後の知見確認結果] 2.3 許可後の知見確認結果(詳細)

### 2.3.1 火山影響評価の概要

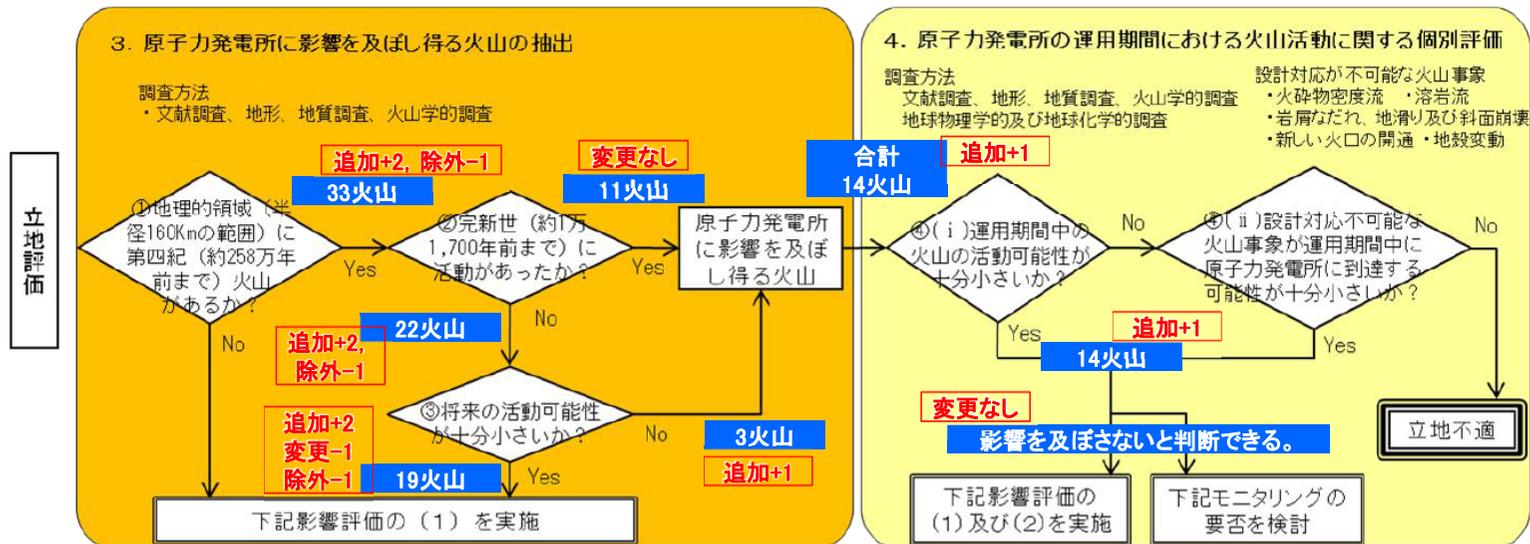
「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に従って、東海第二発電所の火山影響評価を実施した。

#### 【立地評価結果】

- 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として**14**火山を抽出
- 抽出された火山の火山活動に関する個別評価の結果、設計対応不可能な火山事象が原子力発電所に影響を及ぼす可能性はないと判断される(モニタリング対象外)。

#### 【影響評価結果】

- 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象を抽出した結果、降下火砕物以外に影響評価すべき火山事象はない。
- 評価すべき降下火砕物の層厚は文献調査、地質調査及びシミュレーションの結果を総合的に評価し50cmとした。



#### 【既許可からの変更点】

- 地理的領域の第四紀火山についてデータベース(中野他(2013)WEB版)の令和5年7月末までの更新情報の反映

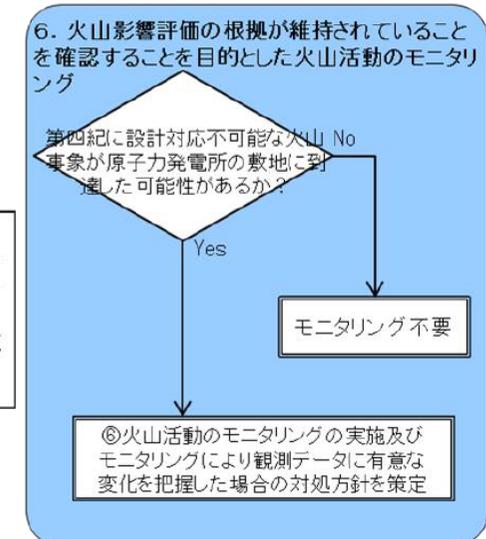
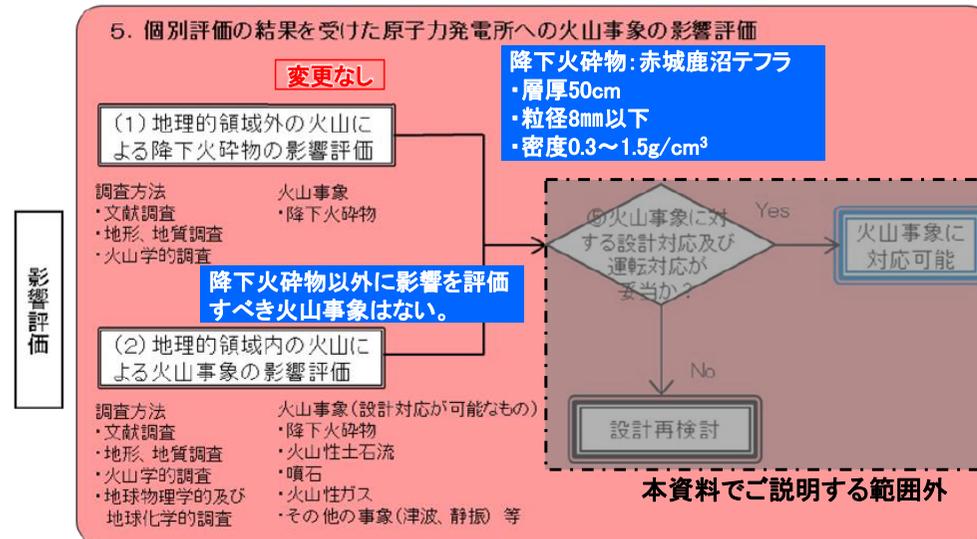
火山数の変更: 32→33  
→追加:+2火山 甲子 西鴉川  
第四紀から除外:-1火山 桧和田カルデラ

- 甲子、西鴉川とともに、将来の活動可能性が十分小さい火山と評価される。

・中野他(2013)WEB版によれば、桧和田カルデラから噴出した火砕流の年代測定値は $2.64 \pm 0.20$ ,  $2.94 \pm 0.15$ Ma(山元(1992))であり、カルデラ埋積堆積物に貫入した岩体は第四紀ジェラシアンの可能性があるので、大部分は先第四紀(鮮新世)と考えられることから、第四紀火山から除外したとされる。

- 二岐山の評価を、将来の活動可能性が否定できない火山に変更
- 個別評価の結果、影響は及ぼさない

- ・影響評価に変更はない。



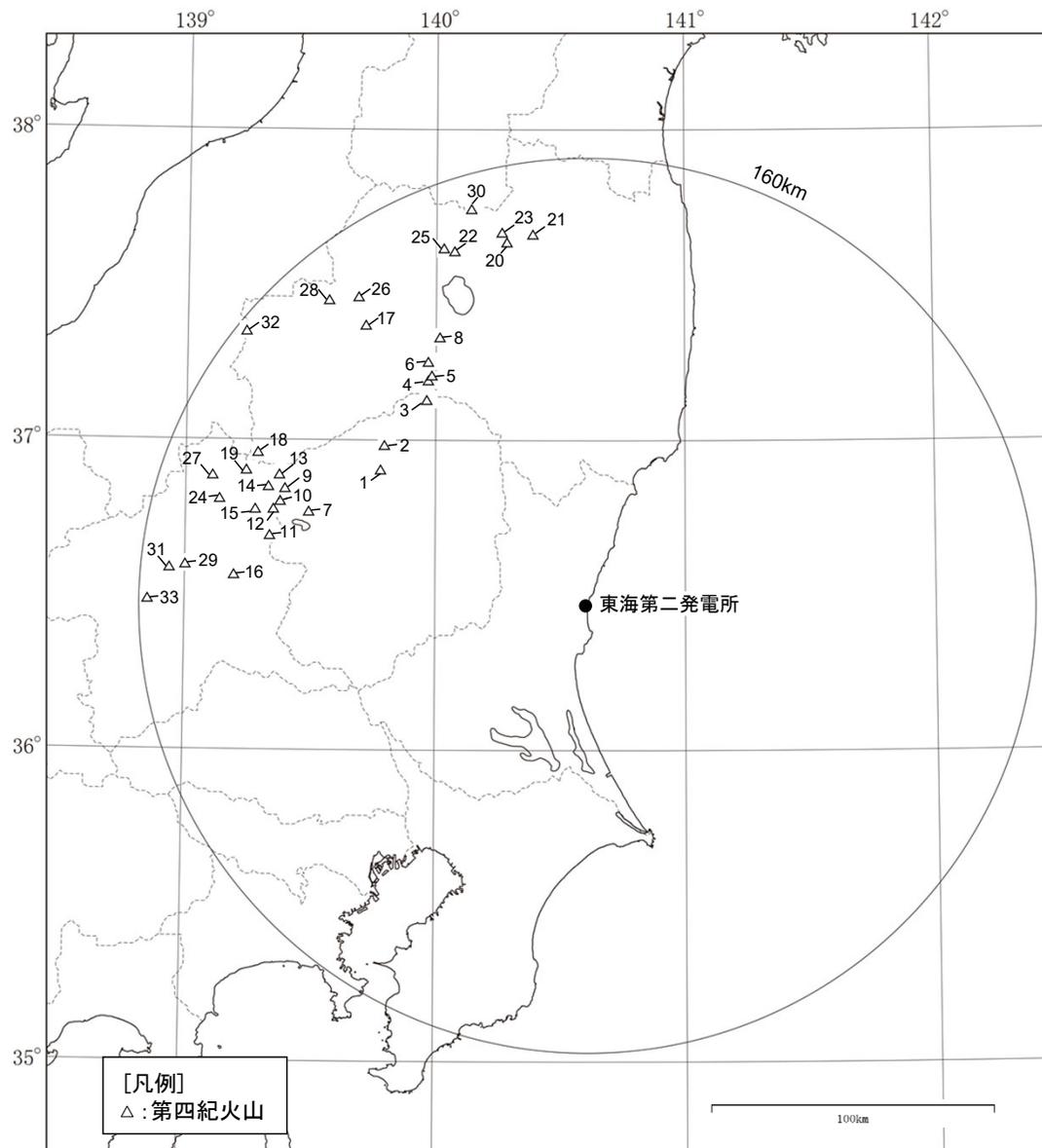
## 2. 火山影響評価 [許可後の知見確認結果] 2.3 許可後の知見確認結果(詳細)

### 2.3.2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出 (1)原子力発電所から半径160kmの範囲の第四紀火山

- 東海第二発電所の地理的領域(半径160km範囲)に位置する第四紀(約258万年前迄)火山として、陸域の**33**火山が抽出された。

既許可からの変更点: 中野他(2013)WEB版の更新<sup>\*1</sup>に伴う変更

【追加】甲子, 西鴉川 【除外】桧和田カルデラ<sup>\*2</sup> 【火山名称変更】日光白根山→日光白根火山群 【火山の位置情報及び敷地からの距離の変更】塩原カルデラ, 笹森山



半径160km範囲の第四紀火山分布

中野他(2013)に基づき作成

No.	第四紀火山	敷地からの距離 (km)	No.	第四紀火山	敷地からの距離 (km)
1	たかはらやま 高原山	88	17	はかせやま 博士山	127
2	しおぼら 塩原カルデラ	93	18	ひうちがたけ 燧ヶ岳	130
3	なすだけ 那須岳	93	19	だいら アヤマ平	131
4	かつし 甲子	98	20	あたたらやま 安達太良山	133
5	とう 塔のへつりカルデラ群	99	21	ささもりやま 笹森山	134
6	ふたまたやま 二岐山	104	22	ぼんだいさん 磐梯山	135
7	なんたい・よほう 男体・女峰火山群	105	23	にしからすがわ 西鴉川	136
8	あいつぬのびきやま 会津布引山	109	24	じょうしゅうぼたかやま 上州武尊山	137
9	ねなくさやま 根名草山	116	25	ねこまがたけ 猫魔ヶ岳	137
10	にっこうしらね 日光白根火山群	116	26	すなごほら 砂子原カルデラ	137
11	すかいさん 皇海山	116	27	ならまた 奈良俣カルデラ	142
12	すずがたけ 錫ヶ岳	117	28	ぬまざわ 沼沢	143
13	きぬぬま 鬼怒沼	120	29	こもちやま 子持山	145
14	しろうだけ 四郎岳	122	30	あづまやま 吾妻山	147
15	ぬまのかみやま 沼上山	124	31	おのこやま 小野子山	150
16	あかぎさん 赤城山	127	32	あさくさだけ 浅草岳	156
			33	はるなさん 榛名山	157

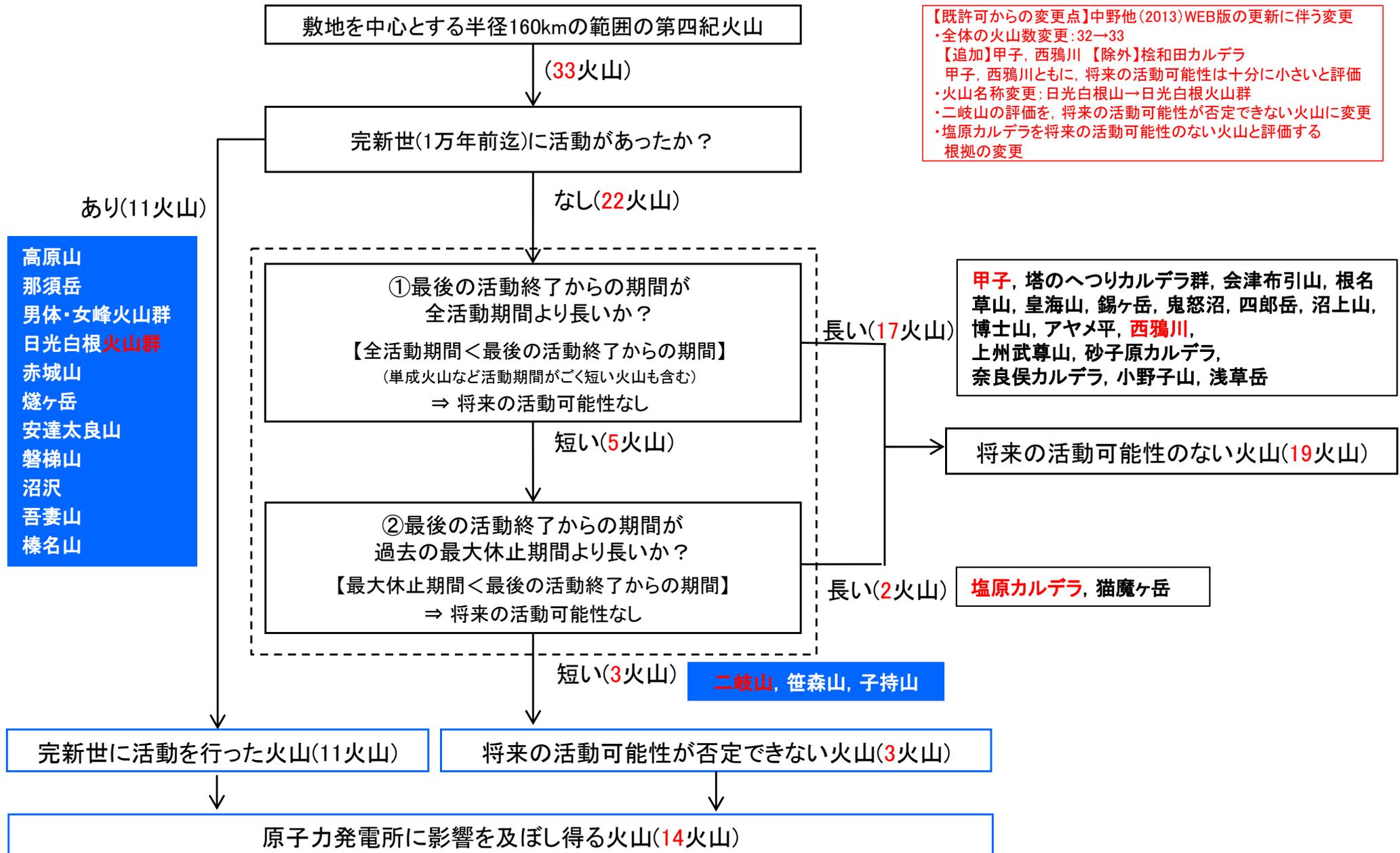
<sup>\*1</sup>: 中野他(2013)については、WEB版における令和5年7月末時点までの更新を反映しており、以降のページの中野他(2013)についても、同内容を反映している。

<sup>\*2</sup>: 中野他(2013)WEB版によれば、桧和田カルデラから噴出した火砕流の年代測定値は $2.64 \pm 0.20$ ,  $2.94 \pm 0.15$ Ma(山元(1992))であり、カルデラ埋積堆積物に貫入した岩体は第四紀ジェラシアンの可能性のあるものの、大部分は先第四紀(鮮新世)と考えられることから、第四紀火山から除外したとされる。

2. 火山影響評価 [許可後の知見確認結果] 2.3 許可後の知見確認結果(詳細)

2.3.2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出 (2) 将来の活動可能性が否定できない火山の抽出

- 敷地の地理的領域の第四紀火山(33火山)について、完新世の活動の有無、将来の活動性を検討した結果、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として、将来の活動可能性が否定できない14火山が抽出された。



2. 火山影響評価 [許可後の知見確認結果] 2.3 許可後の知見確認結果(詳細)

2.3.2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出 まとめ(1/3)

No.	火山名※1	敷地からの距離 (km)	火山の形式※2	活動年代※3 (千年前)		全活動期間 (千年)	最後の活動からの期間 (千年前)	原子力発電所に影響を及ぼし得る火山 (14火山)	
								完新世に活動を行った火山 (11火山)	将来の活動可能性が否定できない火山 (3火山)
1	高原山	88	複成火山, 溶岩ドーム	300	~	300	6.5	○	-
2	塩原カルデラ	93	カルデラー火砕流	600	~ 300	300	300	×	×※4
3	那須岳	93	複成火山	500	~	500	AD1963	○	-
4	甲子	98	複成(複合)火山	1300	~ 1200	100	1200	×	×
5	塔のへつりカルデラ群	99	カルデラー火砕流, 溶岩ドーム	1400	~ 1000	400	1000	×	×
6	二岐山	104	複成火山, 溶岩ドーム	160	~ 50	110	50	×	○
7	男体・女峰火山群	105	複成火山, 溶岩ドーム	900※5	~	900	3.3	○	-
8	会津布引山	109	複成火山		1400	-	1400	×	×
9	根名草山	116	溶岩ドーム		300	-	300	×	×
10	日光白根火山群	116	溶岩流及び小型楕状火山, 溶岩ドーム	20	~	20	AD1890	○	-
11	皇海山	116	複成火山	1600	~ 900	700	900	×	×
12	錫ヶ岳	117	複成火山?	2700	~ 2100	600	2100	×	×
13	鬼怒沼	120	溶岩流, 火砕流		240	-	240	×	×
14	四郎岳	122	複成火山?		2200	-	2200	×	×
15	沼上山	124	複成火山		1100	-	1100	×	×
16	赤城山	127	複成火山-カルデラ, 溶岩ドーム	300	~	300	AD1251	○	-

※1, 2 火山名, 火山の形式は中野他(2013)に基づく

※3 活動年代は, 中野他(2013)及び第四紀噴火・貫入活動データベース(西来他(2016))に基づき評価した。

※4 活動休止期間が明確に記される知見である 西野他(2023)に基づき, 最後の活動からの経過期間が活動期間中の最大休止期間よりも長いとみなせる火山として評価した。

※5 大真名子山, 女峰山を含んだ年代を示している中野他(2013)に基づき評価した。

【既許可からの変更点】中野他(2013)WEB版の更新に伴う変更  
 ・全体の火山数変更: 32→33 【追加】甲子 【除外】桧和田カルデラ  
 ・火山の位置情報及び敷地からの距離の変更: 塩原カルデラ  
 ・活動年代の変更: 男体・女峰火山群(7→3.3) ・火山名称変更: 日光白根山→日光白根火山群  
 ・二岐山の評価を, 将来の活動可能性が否定できない火山に変更 ・塩原カルデラの評価根拠を変更

○: 該当する ×: 該当しない  
 -: 検討対象外

2. 火山影響評価 [許可後の知見確認結果] 2.3 許可後の知見確認結果(詳細)

2.3.2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出 まとめ(2/3)

No.	火山名※1	敷地からの距離 (km)	火山の形式※2	活動年代※3 (千年前)	全活動期間 (千年)	最後の活動からの期間 (千年前)	原子力発電所に影響を及ぼし得る火山 (14火山)	
							完新世に活動を行った火山 (11火山)	将来の活動可能性が否定できない火山 (3火山)
17	博士山	127	複成火山	2800 ~ 2500	300	2500	×	×
18	燧ヶ岳	130	複成火山	160 ~	160	AD1544	○	-
19	アヤマ平	131	複成火山	1600	-	1600	×	×
20	安達太良山	133	複成火山, 溶岩ドーム	550 ~	550	AD1900	○	-
21	笹森山	134	複成火山?	3700 ~ 1800※4	1900	1800	×	○
22	磐梯山	135	複成火山	700 ~	700	AD1888	○	-
23	西鴉川	136	複成(複合)火山	1850 ~ 1140	710	1140	×	×
24	上州武尊山	137	複成火山	1200 ~ 1000	200	1000	×	×
25	猫魔ヶ岳	137	複成火山	1430※5 ~ 400※5	1030	400	×	×※5
26	砂子原カルデラ	137	カルデラ, 溶岩ドーム	290 ~ 220	70	220	×	×
27	奈良俣カルデラ	142	カルデラー火砕流	2100	-	2100	×	×
28	沼沢	143	溶岩ドーム, カルデラ	110 ~	110	5.4	○	-
29	子持山	145	複成火山, 溶岩ドーム	900 ~ 200	700	200	×	○
30	吾妻山	147	複成火山, 溶岩流及び小型楯状火山, 火砕丘	1300 ~	1300	AD1977	○	-
31	小野子山	150	複成火山	1300 ~ 1200	100	1200	×	×
32	浅草岳	156	複成火山	1700 ~ 1500	200	1500	×	×
33	榛名山	157	複成火山-カルデラ, 溶岩ドーム, 火砕丘	500 ~	500	6世紀中頃	○	-

※1, 2 火山名, 火山の形式は中野他(2013)に基づく

※3 活動年代は, 中野他(2013)及び第四紀噴火・貫入活動データベース(西来他(2016))に基づき評価した。

※4 笹森山起源の火砕流堆積物のフィッション・トラック年代を示している山元(2015)による。

※5 活動休止期間が明確に記される知見である三村(2002)に基づき, 最後の活動からの経過期間が活動期間中の最大休止期間よりも長いとみなせる火山として評価した。

【既許可からの変更点】中野他(2013)WEB版の更新に伴う変更

・全体の火山数変更: 32→33 【追加】西鴉川

・火山の位置情報及び敷地からの距離の変更: 笹森山

・活動年代の変更: 榛名山(6世紀後半~7世紀初頭→6世紀中頃)

○: 該当する ×: 該当しない

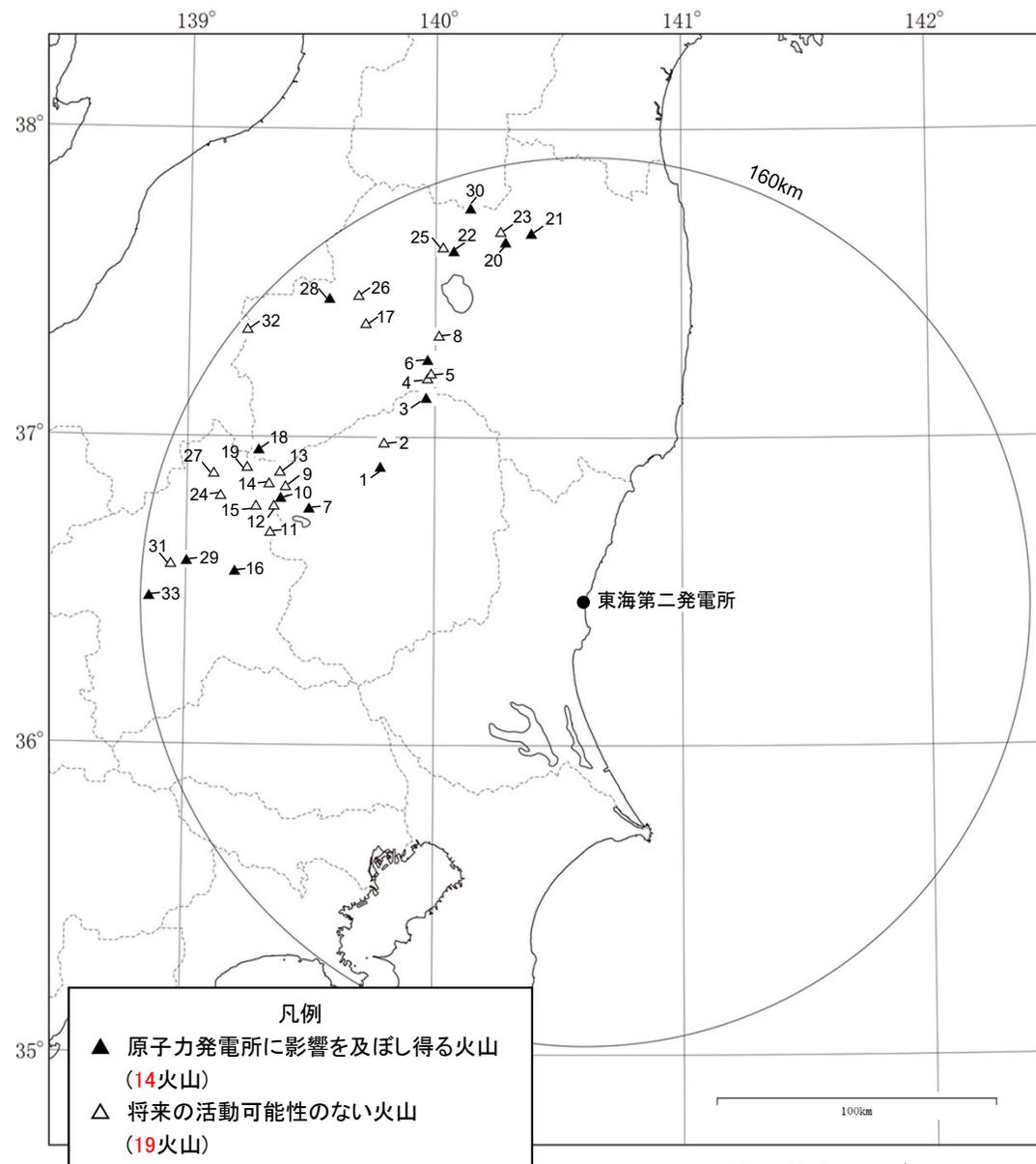
-: 検討対象外

## 2. 火山影響評価 [許可後の知見確認結果] 2.3 許可後の知見確認結果(詳細)

### 2.3.2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出 まとめ(3/3)

原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出された14火山の分布は以下の図に示すとおり。

- 完新世に活動を行った火山:11火山 → 高原山, 那須岳, 男体・女峰火山群, 日光白根火山群, 赤城山, 燧ヶ岳, 安達太良山, 磐梯山, 沼沢, 吾妻山, 榛名山
- 将来の活動可能性が否定できない火山:3火山 → 二岐山, 笹森山, 子持山



No.	第四紀火山	敷地からの距離 (km)
1	たかはらやま 高原山	88
2	しおばら 塩原カルデラ	93
3	なすだけ 那須岳	93
4	かつし 甲子	98
5	とう 塔のへつりカルデラ群	99
6	ふたまたやま 二岐山	104
7	なんたい・によほう 男体・女峰火山群	105
8	あいづぬのびきやま 会津布引山	109
9	ねなくさやま 根名草山	116
10	にっこうしらね 日光白根火山群	116
11	ずかいさん 皇海山	116
12	すずがたけ 錫ヶ岳	117
13	きぬめま 鬼怒沼	120
14	しろうだけ 四郎岳	122
15	ぬまのかみやま 沼上山	124
16	あかぎさん 赤城山	127

No.	第四紀火山	敷地からの距離 (km)
17	ほかせやま 博士山	127
18	ひうちがたけ 燧ヶ岳	130
19	だいら アヤメ平	131
20	あたたらやま 安達太良山	133
21	さきもりやま 笹森山	134
22	ぼんだいさん 磐梯山	135
23	にしからすがわ 西鴉川	136
24	じょうしゅうぼたかやま 上州武尊山	137
25	ねこまがたけ 猫魔ヶ岳	137
26	すなごはら 砂子原カルデラ	137
27	ならまた 奈良俣カルデラ	142
28	ぬまざわ 沼沢	143
29	こもちやま 子持山	145
30	あづまやま 吾妻山	147
31	おのこやま 小野子山	150
32	あさくさだけ 浅草岳	156
33	はるなさん 榛名山	157

【既許可からの変更点】中野他(2013)WEB版の更新に伴う変更  
 ・全体の火山数変更: 32→33 ・二岐山の評価変更  
 ・火山名称変更: 日光白根山→日光白根火山群  
 ・火山の位置情報及び敷地からの距離の変更(塩原カルデラ, 笹森山)

2.3.3 既許可から追加・変更となった火山の活動履歴・階段ダイヤグラム

【2. 塩原カルデラ】

火山名	塩原カルデラ
敷地からの距離	約93km
火山の形式	カルデラー火砕流
活動年代	約60万年前～約30万年前
概要	塩原カルデラの活動年代は、約60万年前～約30万年前とされ、片俣火砕流、田野原火砕流、大田原火砕流が噴出したとされる。片俣火砕流と、それ以降に噴出した火砕流の間には約20万年以上の休止期が存在する。(中野他(2013), 西野他(2023))

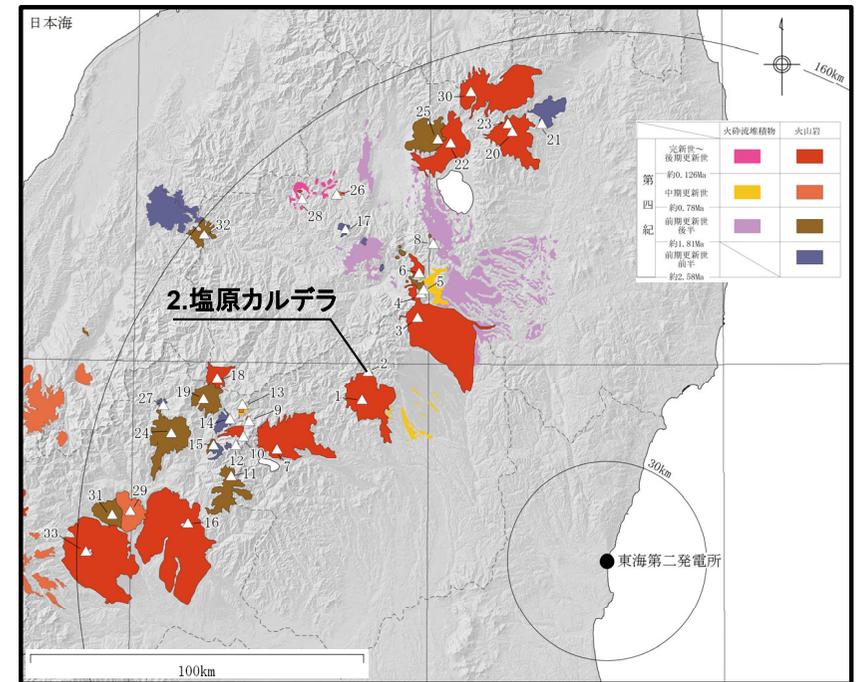
・火山名、火山の形式は中野他(2013)に基づく

塩原カルデラの活動履歴

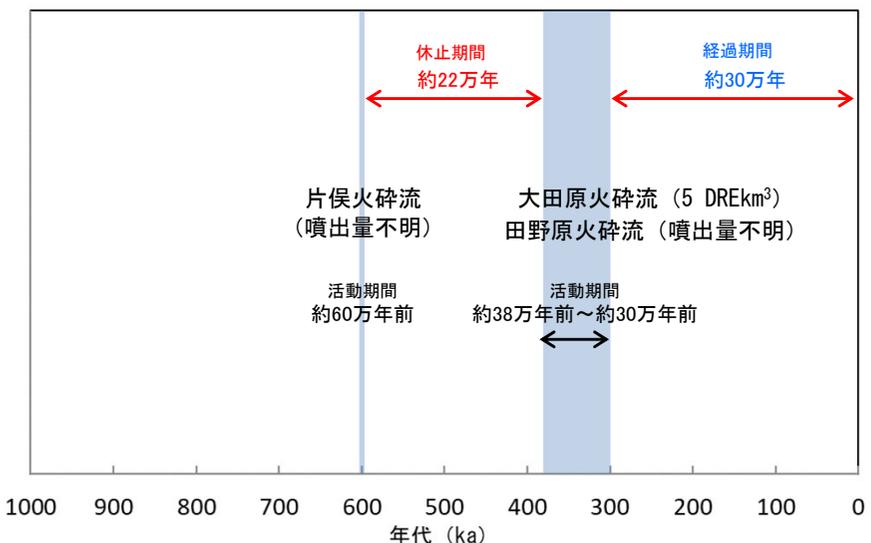
年代	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
30万年前～ 38万年前	塩原カルデラ	大田原火砕流 田野原火砕流	5(降下火砕物含む) 不明	西野他(2023) 山田他(2018) 中野他(2013)
60万年前		片俣火砕流	不明	

・活動年代については、中野他(2013)に基づき評価

【既許可からの変更点】中野他(2013)WEB版の更新に伴う変更  
 ・活動年代の更新  
 ・火山の位置情報及び敷地からの距離の変更



(中野他(2013)に加筆)



塩原カルデラの階段ダイヤグラム

・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。

最後の活動終了からの期間が、活動期間内の最大休止期間より長い火山であり、原子力発電所に影響のない火山とした※。

※既許可時では、全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長い火山であり、原子力発電所に影響のない火山と評価していた。

2.3.3 既許可から追加・変更となった火山の活動履歴・階段ダイアグラム

【4. 甲子】

火山名	甲子
敷地からの距離	約98km
火山の形式	複成(複合)火山
活動年代	約130万年前～約120万年前
概要	甲子火山岩類(山元, 1999)からなる。 年代が那須火山群よりかなり古く(中野他, 2013), 第四紀火山として新たに独立。

・火山名, 火山の形式は中野他(2013)に基づく

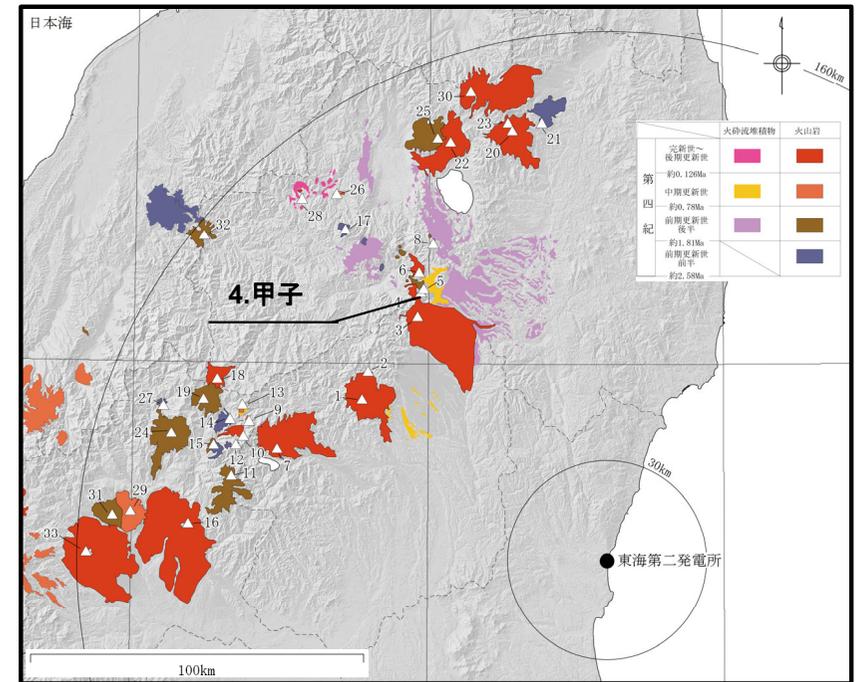
甲子の活動履歴

年代	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
120万年前	甲子	甲子火山岩類	3	山元(1999) Yamamoto(2011) 中野他(2013)
130万年前				

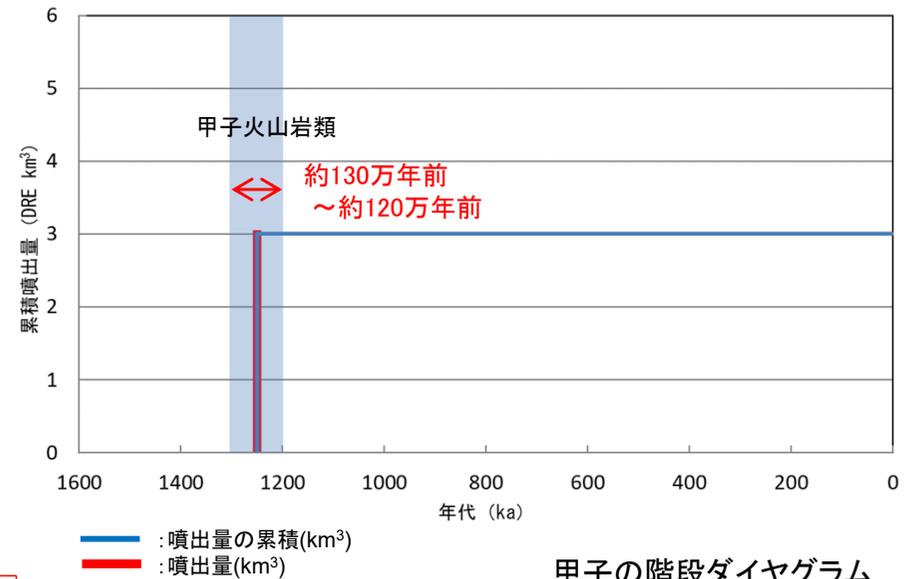
・活動年代については, 中野他(2013)に基づき評価

全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長い火山であり、  
原子力発電所に影響のない火山とした。

【既許可からの変更点】  
中野他(2013)WEB版の更新に伴い  
甲子を新規追加



(中野他(2013)に加筆)



甲子の階段ダイアグラム

・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。  
また, 網掛け部に該当する期間中の噴出量を, 期間の中央値に示す。

2.3.3 既許可から追加・変更となった火山の活動履歴・階段ダイヤグラム

【5. 塔のへつりカルデラ群】

【既許可からの変更点】  
塔のへつりカルデラ群に含めていた甲子火山岩類(甲子として独立)を除外

火山名	塔のへつりカルデラ群
敷地からの距離	約99km
火山の形式	カルデラー火砕流, 溶岩ドーム
活動年代	約140万年前～約100万年前
概要	塔のへつりカルデラ群は小野カルデラ, 塔のへつりカルデラ, 成岡カルデラからなり, 約140万年前から活動したとされる(中野他(2013)等)。また, 天栄火砕流(噴出源不明)は最新噴火による噴出物である(山元(1999)等)。

・火山名, 火山の形式は中野他(2013)に基づく

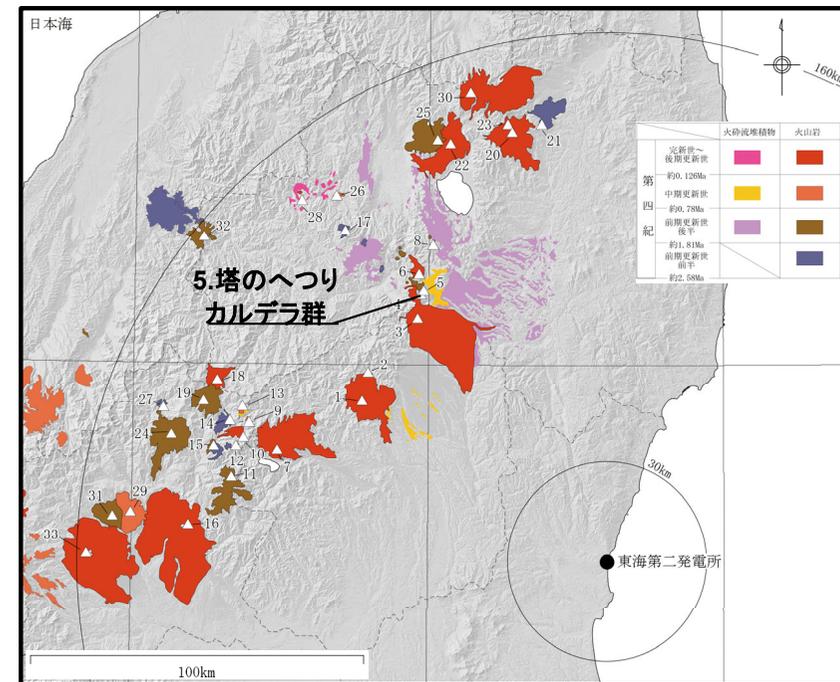
塔のへつりカルデラ群の活動履歴 ※

年代	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
100万年前	—	天栄火砕流	10	吉田・高橋(1991) 高橋・吉田(1996) 山元(1999) 吉田・高橋(2010) 村田・鈴木(2011) Yamamoto(2011) 中野他(2013)
	成岡カルデラ	西郷火砕流	43	
	—	金勝寺降下火砕堆積物 KD8	>9	
	塔のへつりカルデラ	南倉沢火砕流 芦野降下軽石層 等	>158.5	
	—	十日市降下火砕堆積物 赤井火砕流	>7	
140万年前	小野カルデラ	隈戸火砕流 隈戸降下軽石層 等	>60.5	

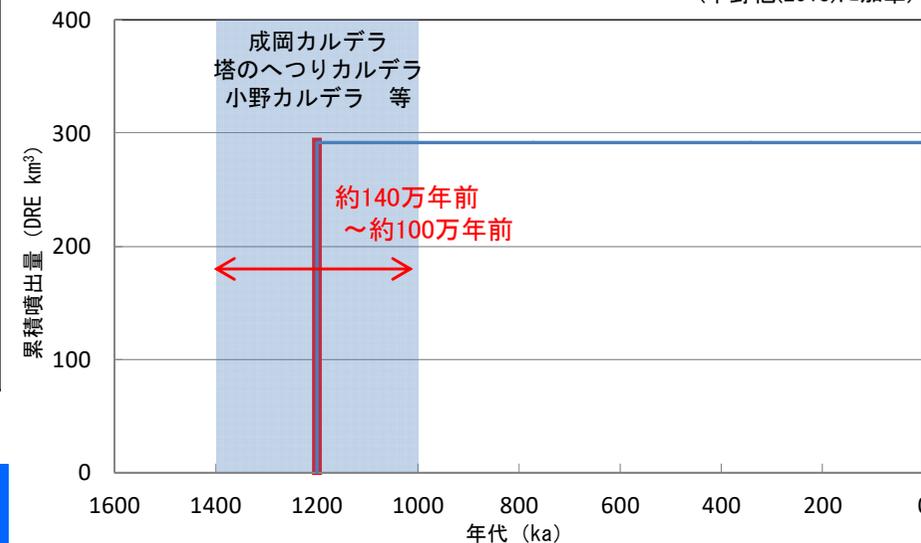
・活動年代については, 各火山の活動履歴に係る文献に基づき評価

全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長い火山であり, 原子力発電所に影響のない火山とした。

※ 地球惑星科学連合 連合大会2017年大会 (2017年5月21日～25日)において, 塔のへつりカルデラ群起源の火砕流堆積物(白河火砕流堆積物群)の層序, 年代等に係る新たな情報が紹介された。  
この情報を踏まえても将来の活動可能性評価に影響はない。



(中野他(2013)に加筆)



塔のへつりカルデラ群の階段ダイヤグラム

・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。  
また, 網掛け部に該当する期間中の噴出量を, 期間の中央値に示す。

2.3.3 既許可から追加・変更となった火山の活動履歴・階段ダイヤグラム

【6. 二岐山】

火山名	二岐山
敷地からの距離	約104km
火山の形式	複成火山, 溶岩ドーム
活動年代	約16万年前～約5万年前
概要	二岐山は、山体上部の溶岩ドームと、山体下部の溶岩流および火砕流堆積物から構成され、また、二岐山羽鳥1～5テフラが噴出したとされる。二岐山の活動は溶岩流ステージと溶岩ドームステージに区分される。(渡部他(2023)及び山元(2012))。

・火山名、火山の形式は中野他(2013)に基づく

二岐山の活動履歴

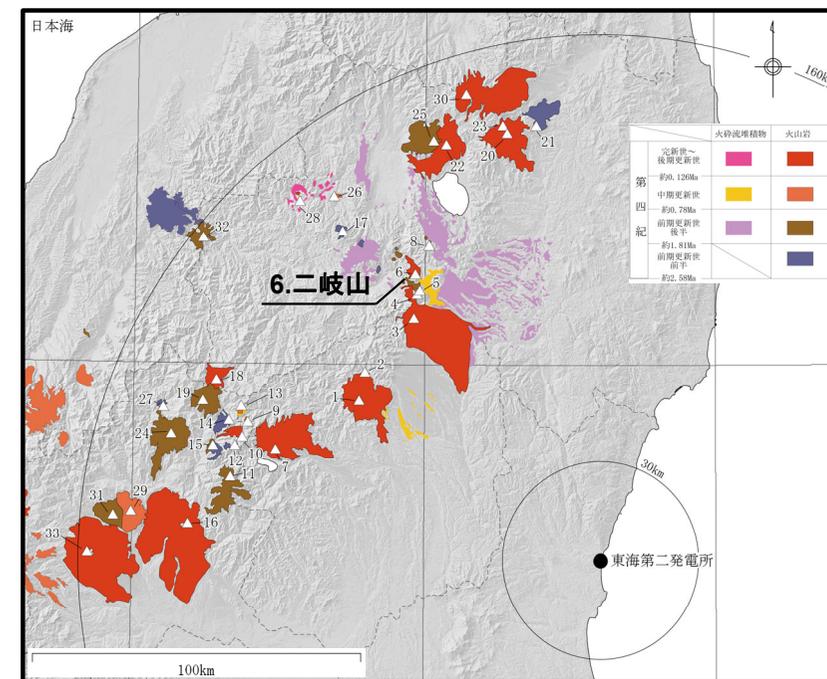
年代	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
5万年前 9万年前	溶岩ドームステージ	二岐山女岳溶岩 二岐山東部火砕流 等	0.09	渡部他(2023) 中野他(2013)
8万年前 16万年前	溶岩流ステージ	二岐山北部溶岩B 二岐山東部溶岩A 等	3.56	

・活動年代については、活動履歴に係る文献に基づき評価

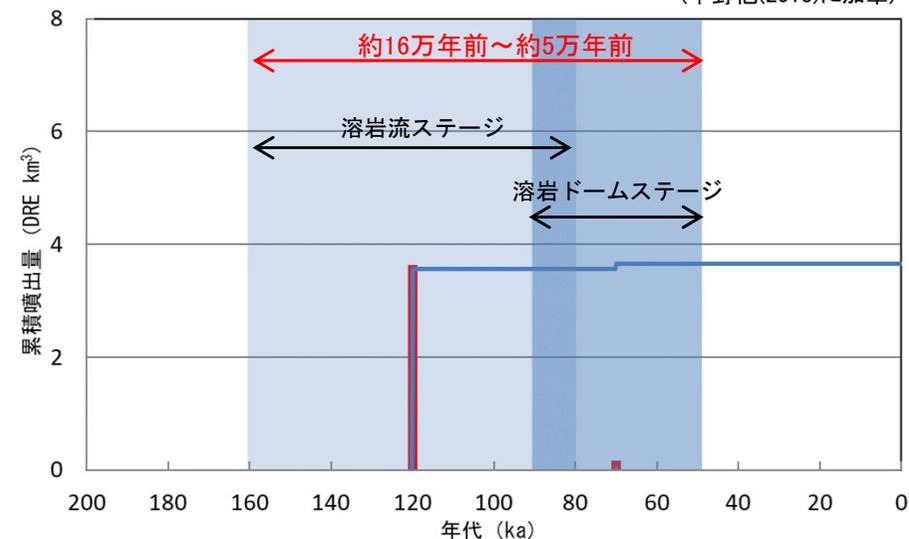
全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が短い火山であり、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した\*。

\*既許可時では、全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長い火山であり、原子力発電所に影響のない火山と評価していた。

【既許可からの変更点】 中野他(2013)WEB版の更新に伴う変更  
二岐山の評価を原子力発電所に影響を及ぼし得る火山に変更



(中野他(2013)に加筆)



— : 噴出量の累積(km<sup>3</sup>)  
— : 噴出量(km<sup>3</sup>)

二岐山の階段ダイヤグラム

・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。  
また、網掛け部に該当する期間中の噴出量を、期間の中央値に示す。

2. 火山影響評価 [許可後の知見確認結果] 2.3 許可後の知見確認結果(詳細)

2.3.3 既許可から追加・変更となった火山の活動履歴・階段ダイヤグラム

【7. 男体・女峰火山群】

【既許可からの変更点】  
既許可以降の新知見(草野他(2022)日光白根及び三岳火山地質図)を反映

火山名	男体・女峰火山群
敷地からの距離	約105km
火山の形式	複成火山, 溶岩ドーム
活動年代	約90万年前以降～約3300年前
概要	男体・女峰火山群は、女峰赤薙火山, 日光溶岩ドーム群, 男体火山, 三岳により構成され, 約90万年前～約3300年前に活動したとされる(中野他(2013)等)。最新活動期である男体火山は2.4万年前から活動し(山元(2013a)), 7千年前にはマグマ水蒸気噴火が発生したとされる。また, 三岳は完新世に活動を行った溶岩ドームであるとされる(草野他(2022))。

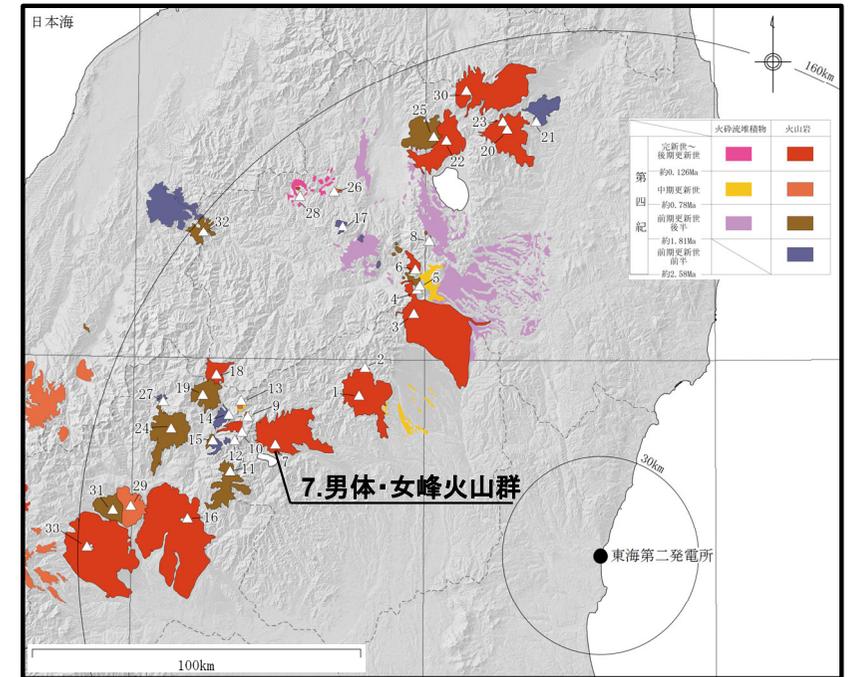
・火山名, 火山の形式は中野他(2013)に基づく

男体・女峰火山群の活動履歴

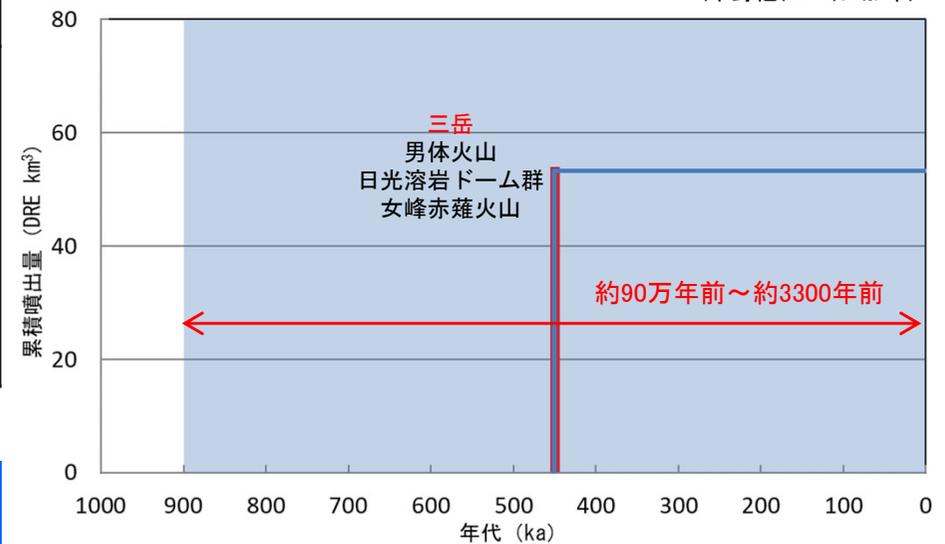
年代	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
3300年前	三岳	刈込湖溶岩 光徳溶岩 等	1.98	村本(1992) 鈴木他(1994)
	男体火山 (第1期, 第2期, 第3期)	男体湯殿山テフラ 男体小川テフラ 等	>17	佐々木(1994) 第四紀火山カタログ 委員会編(1999)
	日光溶岩ドーム群	大真名子火山 於呂俱羅火山 等	6.29	山元(2013a) 中野他(2013)
90万年前	女峰赤薙火山 (前期, 中期, 後期)	東赤田第1, 第2テフラ 前期噴出物 等	28	石崎他(2014) 草野他(2022)

・活動年代については, 大真名子山, 女峰山を含んだ年代を示している中野他(2013)に基づき評価した。

完新世に活動を行った火山であり,  
原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した。



(中野他(2013)に加筆)



— : 噴出量の累積(km<sup>3</sup>)  
— : 噴出量(km<sup>3</sup>)

男体・女峰火山群の階段ダイヤグラム

・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。  
また, 網掛け部に該当する期間中の噴出量を, 期間の中央値に示す。

2.3.3 既許可から追加・変更となった火山の活動履歴・階段ダイヤグラム

【10. 日光白根火山群】

【既許可からの変更点】  
既許可以降の新知見(草野他(2022)日光白根及び三岳火山地質図)を反映

火山名	日光白根火山群
敷地からの距離	約116km
火山の形式	溶岩流及び小型楕状火山, 溶岩ドーム
活動年代	約2万年前以降～1890年
概要	日光白根火山群は、日光白根溶岩ドームや座禅山溶岩ドームなどからなる狭義の日光白根火山と、それより古い時代の金精火山や螢塚西火山で構成される。約2万年前頃には活動を開始したとされ、有史時代以降は、降下火砕物を伴う噴火が発生している。(中野他(2013)及び草野他(2022))

・火山名、火山の形式は中野他(2013)に基づく

日光白根火山群の活動履歴

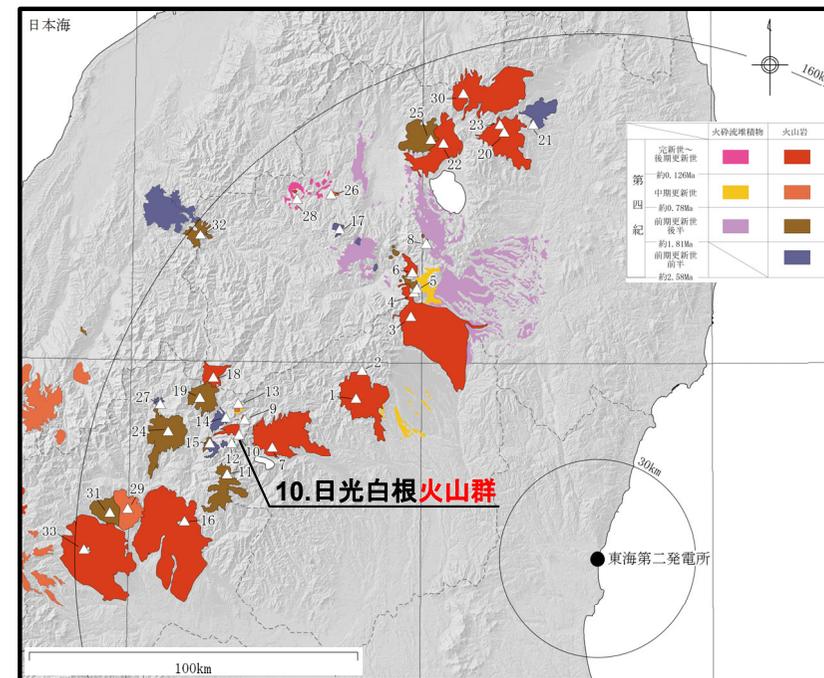
年代	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
1890年	日光白根火山(狭義)	1890年噴火噴出物 1889年噴火噴出物 1873年噴火噴出物 日光白根Me降下火砕堆積物* 日光白根A降下火砕堆積物	6.08	草野他(2022) 第四紀火山カタログ委員会編(1999) 中野他(2013)
2万年前		金精火山 螢塚西火山		

・活動年代については、活動履歴に係る文献に基づき評価

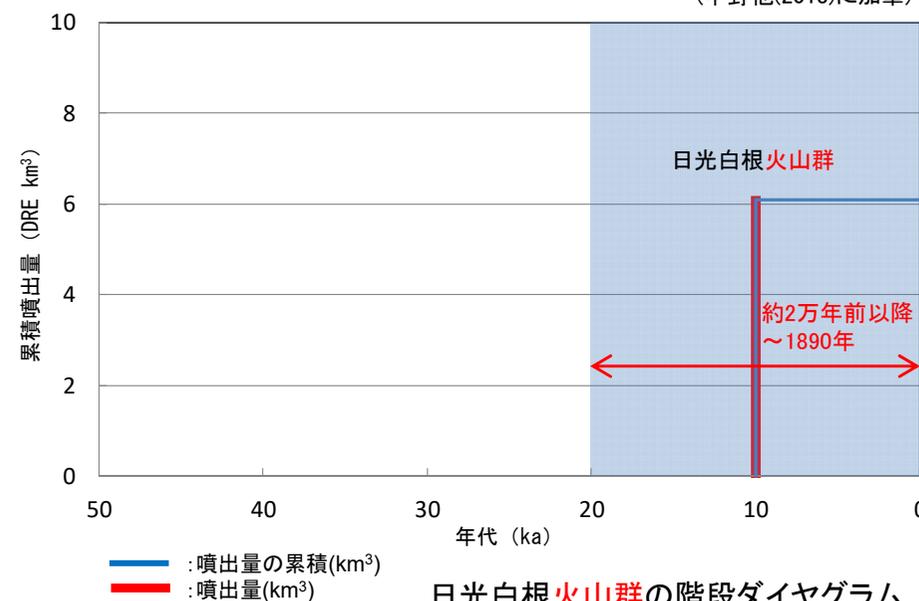
・下線: 有史以降の噴出物

※日光白根Me降下火砕堆積物は19世紀の3つの噴火のいずれかに対応

完新世に活動を行った火山であり、  
原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した。



(中野他(2013)に加筆)



・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。  
また、網掛け部に該当する期間中の噴出量を、期間の中央値に示す。

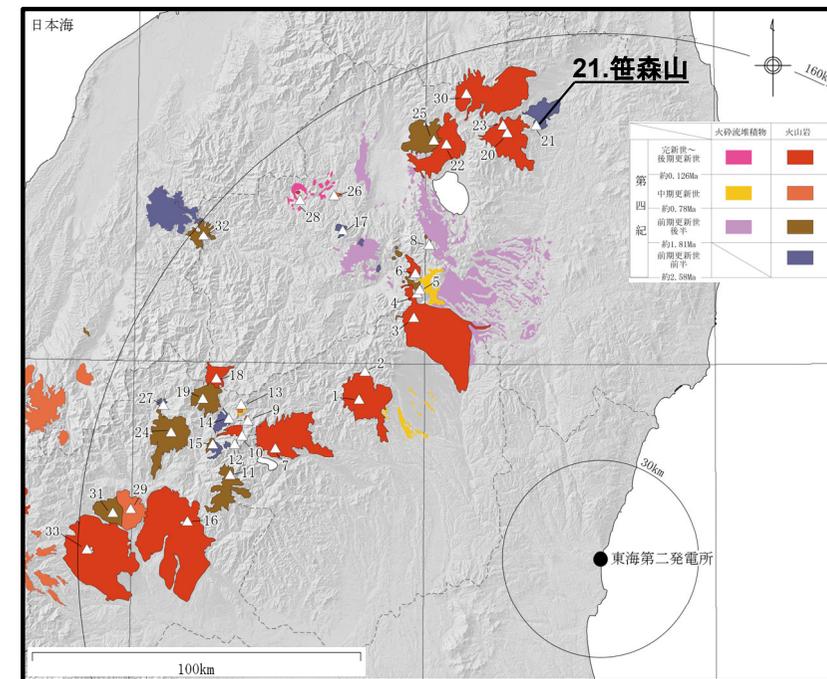
2.3.3 既許可から追加・変更となった火山の活動履歴・階段ダイヤグラム

【21. 笹森山】

【既許可からの変更点】中野他(2013)WEB版の更新に伴う変更火山の位置情報及び敷地からの距離の変更

火山名	笹森山
敷地からの距離	約134km
火山の形式	複成火山?
活動年代	約370万年前～約180万年前
概要	笹森山は笹森山安山岩と蓬莱火砕流からなるとされる(山元(2015))。笹森山安山岩の噴出量は0.5km <sup>3</sup> (DRE換算値※: 0.38km <sup>3</sup> )とされる(第四紀火山カタログ委員会(1999))。

・火山名、火山の形式は中野他(2013)に基づく



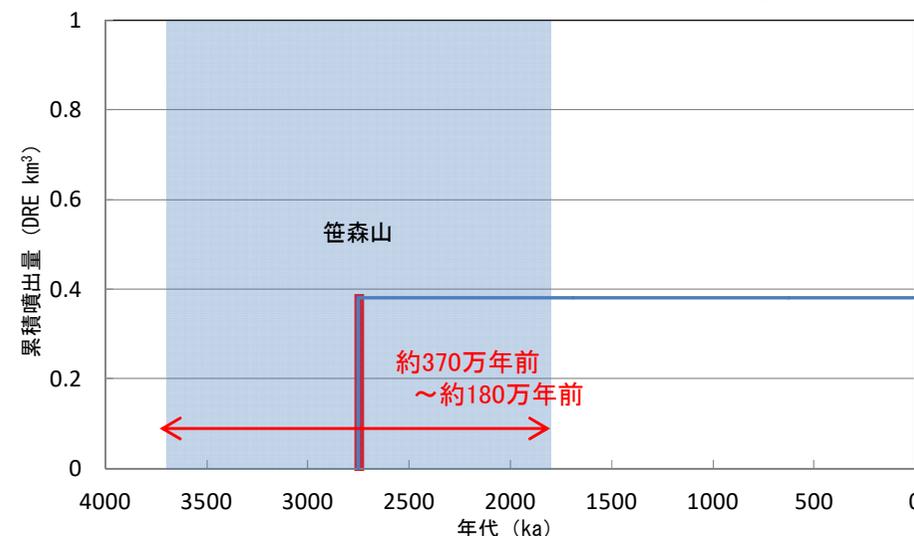
(中野他(2013)に加筆)

笹森山の活動履歴

年代	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
180万年前	笹森山	蓬莱火砕流	不明	阪口(1995) 第四紀火山カタログ委員会編(1999) 長橋他(2004) 中野他(2013) 山元(2015)
		笹森山安山岩	0.38※	
370万年前	笹森山	笹森山安山岩	0.38※	
		笹森山安山岩	0.38※	

・活動年代については、笹森山起源の火砕流堆積物から新たにフィッション・トラック年代値を報告している山元(2015)を含めて評価

※Umeda et al.(2013)に基づきDREへ換算した。



— : 噴出量の累積(km<sup>3</sup>)  
— : 噴出量(km<sup>3</sup>)

笹森山の階段ダイヤグラム

全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が短い火山であり、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した。

・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。また、網掛け部に該当する期間中の噴出量を、期間の中央値に示す。

2.3.3 既許可から追加・変更となった火山の活動履歴・階段ダイヤグラム

【23. 西鴉川】

【既許可からの変更点】  
中野他(2013)WEB版の更新に伴い西鴉川を新規追加

火山名	西鴉川
敷地からの距離	約136km
火山の形式	複成(複合)火山
活動年代	約185万年前～約114万年前
概要	西鴉川は西鴉川安山岩(阪口, 1995)から構成される。 中野他(2013)WEB版の更新に伴い, 安達太良山から独立した。

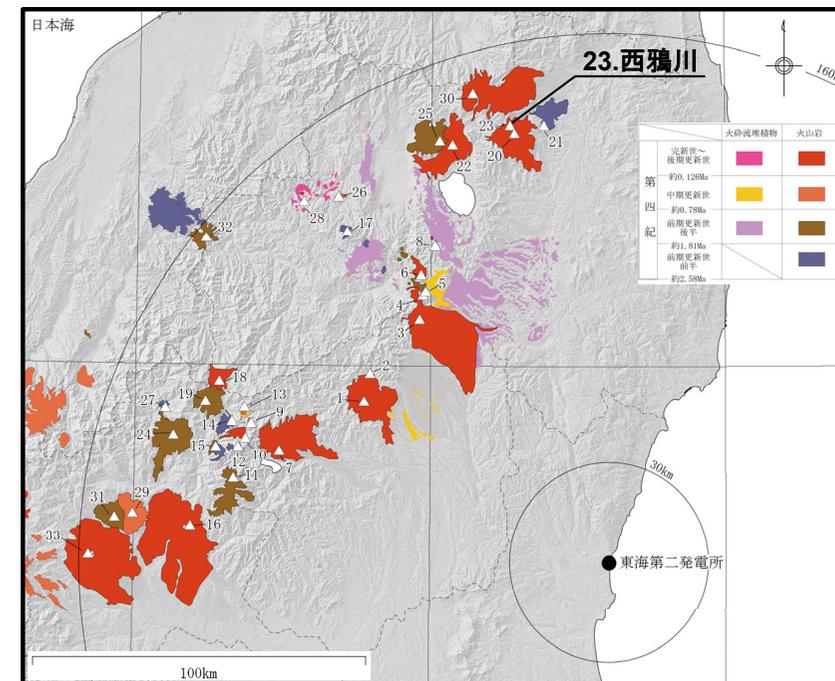
・火山名, 火山の形式は中野他(2013)に基づく

西鴉川の活動履歴

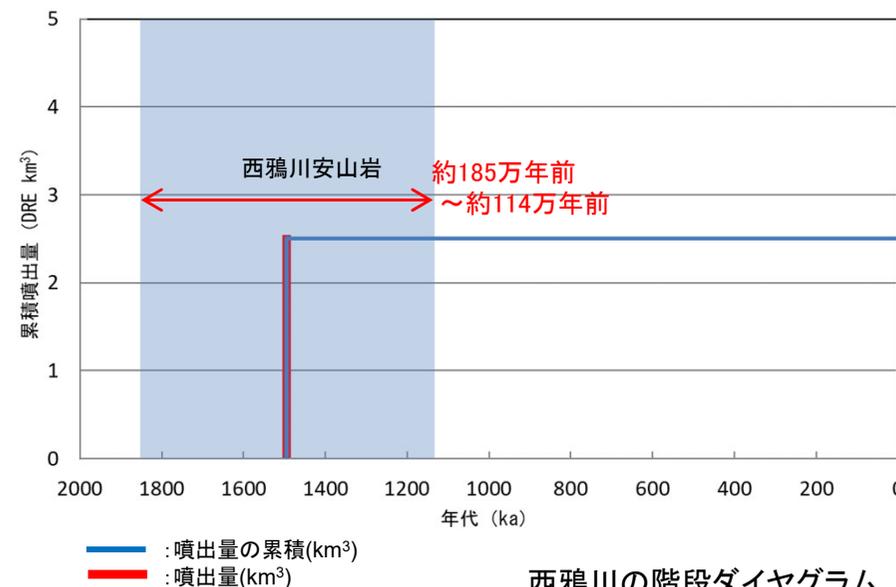
年代	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
114万年前	西鴉川	西鴉川安山岩	2.5	NEDO(1990) 阪口(1995) 第四紀火山カタログ 委員会編(1999) 中野他(2013)
185万年前				

・活動年代については, 中野他(2013)に基づき評価

全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長い火山であり,  
原子力発電所に影響のない火山とした。



(中野他(2013)に加筆)



西鴉川の階段ダイヤグラム

・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。  
また, 網掛け部に該当する期間中の噴出量を, 期間の中央値に示す。

2.3.3 既許可から追加・変更となった火山の活動履歴・階段ダイヤグラム

【33. 榛名山】

【既許可からの変更点】 中野他(2013)WEB版の更新に伴う変更活動年代の更新

火山名	榛名山
敷地からの距離	約157km
火山の形式	複成火山-カルデラ, 溶岩ドーム, 火砕丘
活動年代	約50万年前以降～6世紀中頃
概要	榛名山は古期榛名火山, 新期榛名火山に区分され, その活動年代は約50万年前～6世紀中頃とされる(下司(2013)等)。最新の噴火では, プリニー式噴火により降下火砕物, 火砕流が噴出したとされ(榛名ニツ岳伊香保テフラ), その噴出量はDRE換算値: 0.99km <sup>3</sup> とされる(山元(2013a))。

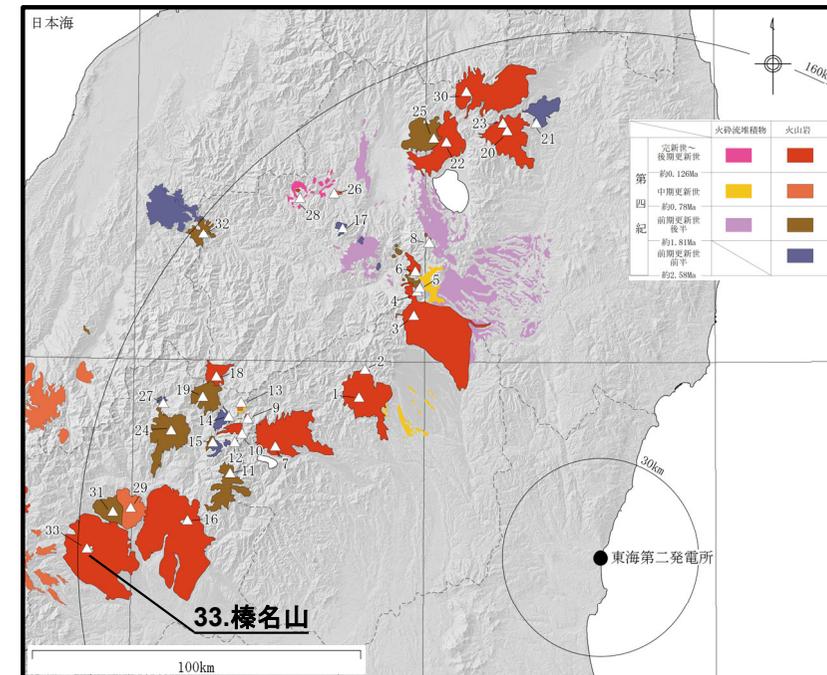
・火山名, 火山の形式は中野他(2013)に基づく

榛名山の活動履歴

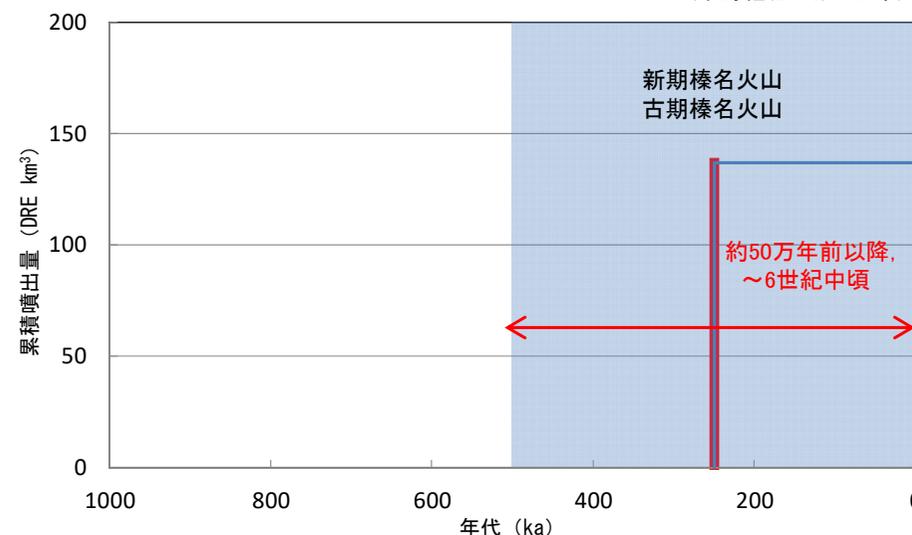
年代	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
6世紀中頃	新期榛名火山	榛名有馬火山灰(400年～500年) 榛名渋川テフラ(489年～498年) 榛名ニツ岳伊香保テフラ, ニツ岳 溶岩ドーム等(525年～550年) 榛名八崎テフラ 等	3.03	大森編(1986) Soda(1996) 第四紀火山カタログ 委員会編(1999) 下司(2013) 山元(2013a) 中野他(2013) 気象庁編(2013) 産業技術総合研究所 地質調査総合セン ター編(2014)
		古期榛名火山	氷室山溶岩類 榛名主成層火山 等	
50万年前				

・活動年代については, 西来他(2016)に基づき評価  
下線: 有史以降の噴出物

完新世に活動を行った火山であり,  
原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した。



(中野他(2013)に加筆)



— : 噴出量の累積(km<sup>3</sup>)  
— : 噴出量(km<sup>3</sup>)

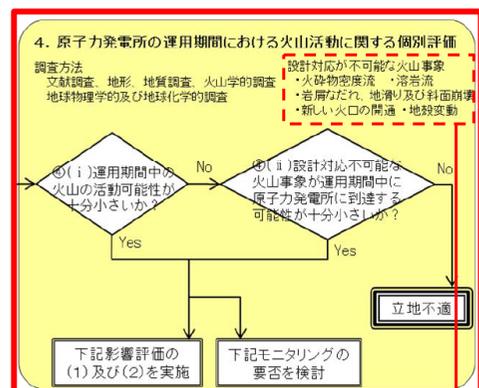
榛名山の階段ダイヤグラム

・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。  
また, 網掛け部に該当する期間中の噴出量を, 期間の中央値に示す。

## 2. 火山影響評価 [許可後の知見確認結果] 2.3 許可後の知見確認結果(詳細)

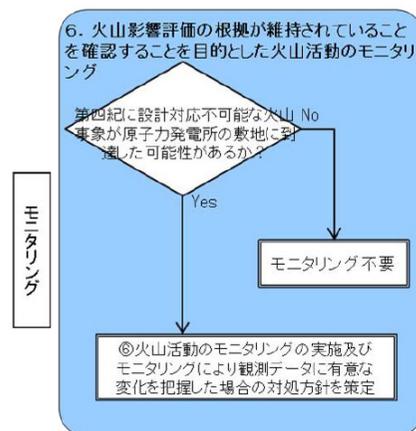
### 2.3.4 抽出された火山の火山活動に関する個別評価(概要)

- 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出された14火山について、設計対応不可能な火山事象が原子力発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性について検討した。



### 原子力発電所に影響を与える可能性のある火山事象及び位置関係

火山事象	潜在的に影響を及ぼす特性	原子力発電所との位置関係
1. 降下火砕物	静的な物理的負荷、気中及び水中の研磨性及び腐食性粒子	注 2
2. 火砕物密度流：火砕流、火砕サージ及びブラスト	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、300℃超の温度、研磨性粒子、毒性ガス	160km
3. 溶岩流	動的な物理的負荷、洪水及び水のせき止め、700℃超の温度	50km
4. 岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、水のせき止め及び洪水	50km
5. 土石流、火山泥流及び洪水	動的な物理的負荷、水のせき止め及び洪水、水中の浮遊粒子	120km
6. 火山から発生する飛来物（噴石）	粒子の衝突、静的な物理的負荷、水中の研磨性粒子	10km
7. 火山ガス	毒性及び腐食性ガス、酸性雨、ガスの充満した湖、水の汚染	160km
8. 新しい火口の開口	動的な物理的負荷、地盤変動、火山性地震	注 3
9. 津波及び静振	水の氾濫	注 4
10. 大気現象	動的過圧、落雷、ダウンバースト風	注 4
11. 地殻変動	地盤変位、沈下又は隆起、傾斜、地滑り	注 4
12. 火山性地震とこれに関連する事象	継続的微小動、多重衝撃	注 4
13. 熱水系及び地下水の異常	熱水、腐食性の水、水の汚染、氾濫又は湧昇、熱水変質、地滑り、カルスト及びサーモカルストの変異、水圧の急変	注 4



(参考資料：IAEA SSG-21 及び JEAG4625)

注 1：噴出中心と原子力発電所との距離が、表中の位置関係に記載の距離より短ければ、火山事象により原子力発電所が影響を受ける可能性があるものとする。

注 2：降下火砕物に関しては、原子力発電所の敷地及び敷地付近の調査から求められる単位面積あたりの質量と同等の火山灰等が降下するものとする。

注 3：新しい火口の開口については、原子力発電所の運用期間中に、新しい火口の開口の可能性を検討する。

注 4：火山活動によるこれらの事象は、原子力発電所との位置関係によらず、個々に検討を行う。

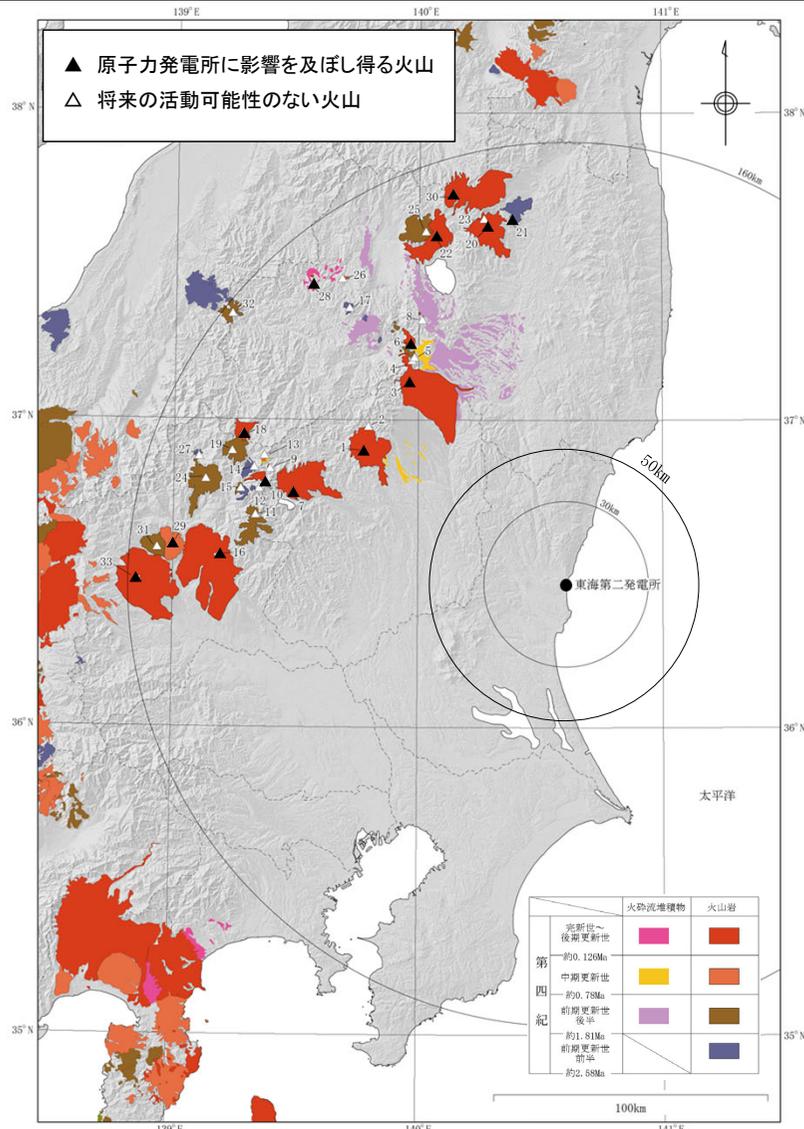
## 2. 火山影響評価 [許可後の知見確認結果] 2.3 許可後の知見確認結果(詳細)

【既許可からの変更点】中野他(2013)WEB版の更新に伴う変更  
 ・火山名称変更: 日光白根山→日光白根火山群  
 ・二岐山を対象に個別評価を実施  
 ・火山の位置情報及び敷地からの距離の変更: 笹森山

### 2.3.4 抽出された火山の火山活動に関する個別評価

原子力発電所に影響を及ぼし得る火山について、設計対応不可能な火山事象が影響を及ぼす可能性を検討する。

- ・ 溶岩流, 岩屑なだれについては, いずれの火山も敷地との距離が50kmより長いため評価の対象外とする。
- ・ 新しい火口の開口, 地殻変動については, 敷地は火山フロントの前弧側(東方)に位置し, 敷地周辺では火成活動は確認されていないことから, これらの活動が原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さい。
- ・ 火砕物密度流については, いずれの火山も敷地との距離が160km以内であるため, 火山の個別評価を行い影響を及ぼす可能性を検討する。



火山地質図 (中野他(2013)に加筆)

No.	火山名	敷地からの距離 (km)	火砕物密度流 (160km)	溶岩流 (50km)	岩屑なだれ, 地すべり及び斜面崩壊 (50km)	新しい火口の開口	地殻変動
1	高原山	88	○	—	—	○	○
3	那須岳	93	○	—	—	○	○
6	二岐山	104	○	—	—	○	○
7	男体・女峰火山群	105	○	—	—	○	○
10	日光白根火山群	116	○	—	—	○	○
16	赤城山	127	○	—	—	○	○
18	燧ヶ岳	130	○	—	—	○	○
20	安達太良山	133	○	—	—	○	○
21	笹森山	134	○	—	—	○	○
22	磐梯山	135	○	—	—	○	○
28	沼沢	143	○	—	—	○	○
29	子持山	145	○	—	—	○	○
30	吾妻山	147	○	—	—	○	○
33	榛名山	157	○	—	—	○	○

○: 検討対象 —: 検討不要

敷地と評価対象火山との位置関係から, 火砕物密度流について個別の検討を実施した。検討結果を次項以降に示す。

敷地は火山フロントの前弧側(東方)に位置し, 敷地周辺では火成活動は確認されていないことから, これらの活動が原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さい。

## 2. 火山影響評価 [許可後の知見確認結果] 2.3 許可後の知見確認結果(詳細)

### 2.3.4 抽出された火山の火山活動に関する個別評価 評価結果

【既許可からの変更点】中野他(2013)WEB版の更新に伴う変更  
 ・火山名称変更: 日光白根山→日光白根火山群  
 ・二岐山を対象に個別評価を実施  
 ・火山の位置情報、敷地からの距離及び到達可能性範囲の変更: 笹森山

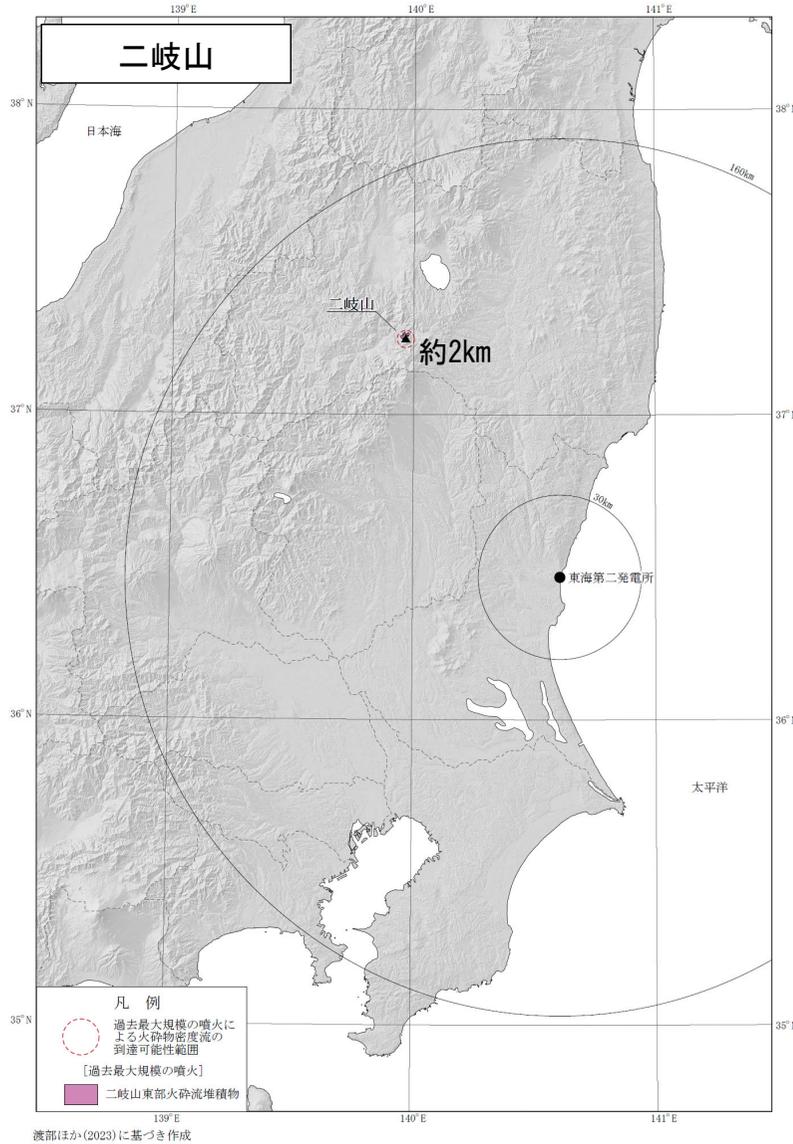
No.	火山名	敷地からの距離(km)	火砕物密度流(160km)		溶岩流 岩屑なだれ、地すべり及び斜面崩壊 (50km)	新しい火口の開口 地殻変動
			到達可能性範囲(km)	評価結果		
1	高原山	88	-	活動履歴上、噴出物は溶岩や火砕物が主体であり、火砕物密度流の発生実績は認められない。	敷地と火山の距離から、原子力発電所に影響を及ぼす可能性はない。	敷地は、火山フロントより前弧側(東方)に位置すること、敷地周辺では火成活動は確認されていないことから、この事象が原子力発電所の運転期間中に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。
3	那須岳	93	17			
6	二岐山	104	2			
7	男体・女峰火山群	105	18			
10	日光白根火山群	116	2			
16	赤城山	127	24			
18	燧ヶ岳	130	6			
20	安達太良山	133	16	敷地と火砕物密度流の到達可能性範囲の距離から、原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。		
21	笹森山	134	10			
22	磐梯山	135	10			
28	沼沢	143	17			
29	子持山	145	6			
30	吾妻山	147	19			
33	榛名山	157	23			

- 以上のことから、設計対応不可能な火山事象(火砕物密度流、溶岩流、岩屑なだれ他、新しい火口の開口及び地殻変動)が原子力発電所に影響を及ぼす可能性はない。
- このことから抽出された14火山はモニタリングの対象とはならない。

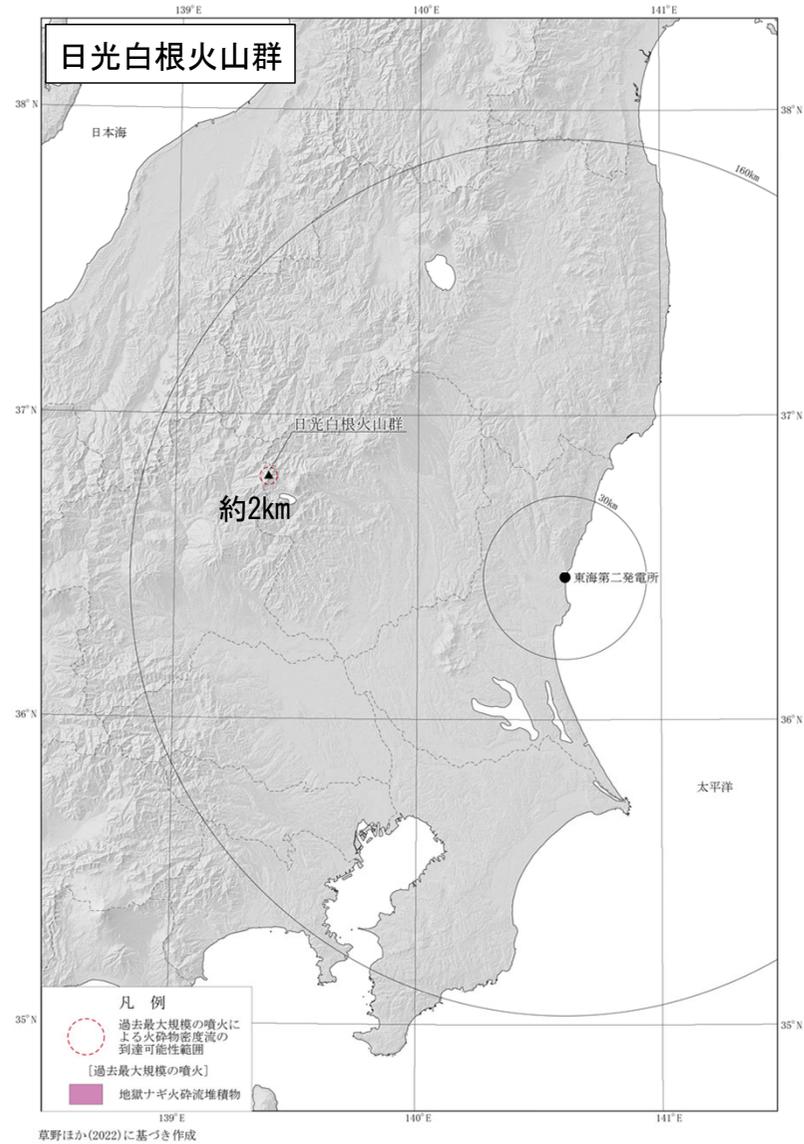
## 2. 火山影響評価 [許可後の知見確認結果] 2.3 許可後の知見確認結果(詳細)

### 2.3.4.1 火砕物密度流の到達可能性範囲の検討[二岐山, 日光白根火山群]

- 二岐山の過去最大規模の火砕物密度流の到達可能性範囲は噴出中心から約2kmであり、敷地から十分に離れていることから、原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さい。
- 日光白根火山群の過去最大規模の火砕物密度流の到達可能性範囲は噴出中心から約2kmであり、敷地から十分に離れていることから、原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さい。



【既許可からの変更点】  
二岐山を対象に個別評価を実施



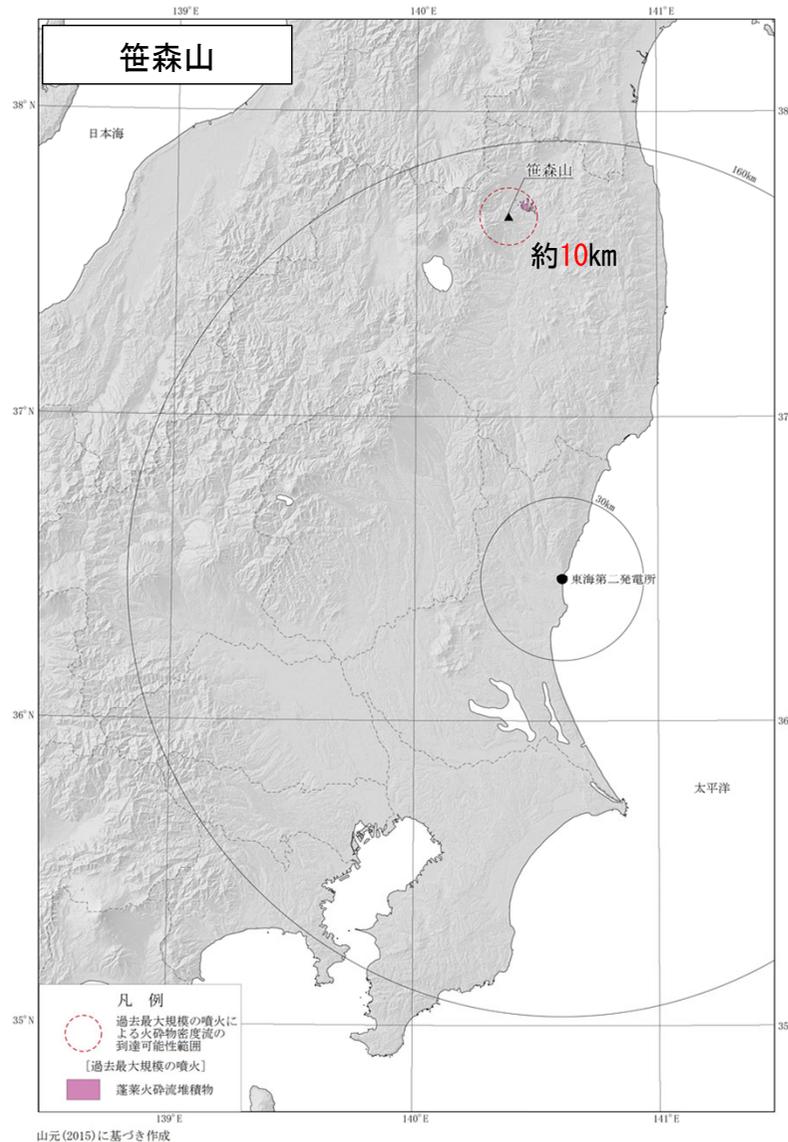
【既許可からの変更点】  
既許可以降の新知見(草野他(2022)日光白根及び三岳火山地質図)を反映

## 2. 火山影響評価 [許可後の知見確認結果] 2.3 許可後の知見確認結果(詳細)

### 2.3.4.1 火砕物密度流の到達可能性範囲の検討[笹森山]

- 笹森山の過去最大規模の火砕物密度流の到達可能性範囲は噴出中心から約10kmであり、敷地から十分に離れていることから、原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さい。

【既許可からの変更点】中野他(2013)WEB版の更新に伴う変更  
火山の位置情報及び到達可能性範囲の変更



## 2. 火山影響評価 [許可後の知見確認結果] 2.3 許可後の知見確認結果(詳細)

### 2.3.5 降下火砕物の影響評価(検討フロー)

- 降下火砕物の評価については、火山影響評価ガイドにおいて「降下火砕物に関しては、原子力発電所の敷地及びその周辺調査から求められる単位面積あたりの質量と同等の火砕物が降下するものとする。」とされている。このことから、地理的領域外の火山も対象に文献調査及び地質調査を行い、敷地において最大となる降下火砕物の層厚を設計上考慮する降下火砕物の層厚とする。

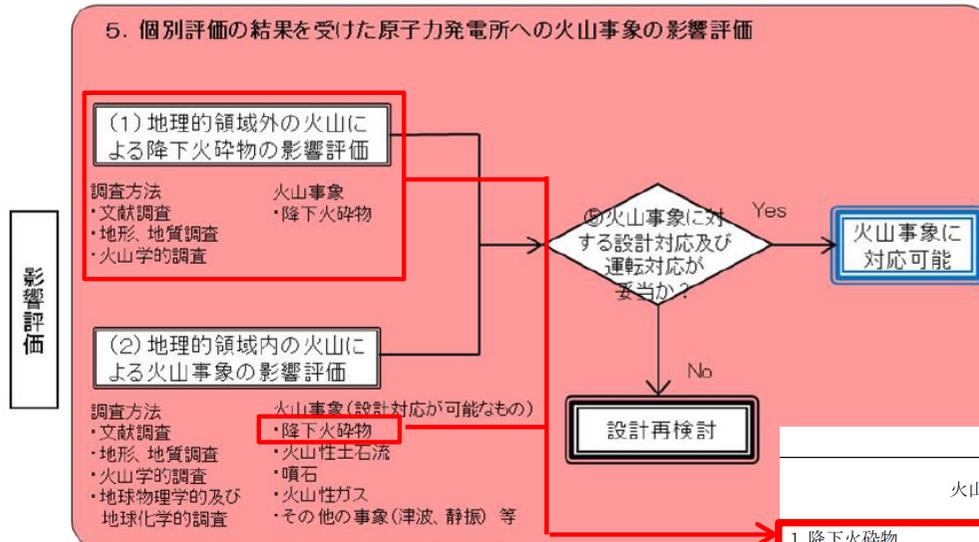


表1 原子力発電所に影響を与える可能性のある火山事象及び位置関係<sup>注1</sup>

火山事象	潜在的に影響を及ぼす特性	原子力発電所との位置関係
1. 降下火砕物	静的な物理的負荷、気中及び水中の研磨性及び腐食性粒子	注2
2. 火砕物密度流：火砕流、火砕サージ及びプラスト	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、300℃超の温度、研磨性粒子、毒性ガス	160km
3. 溶岩流	動的な物理的負荷、洪水及び水のせき止め、700℃超の温度	50km
4. 岩層なだれ、地滑り及び斜面崩壊	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、水のせき止め及び洪水	50km
5. 土石流、火山泥流及び洪水	動的な物理的負荷、水のせき止め及び洪水、水中の浮遊粒子	120km
6. 火山から発生する飛来物（噴石）	粒子の衝突、静的な物理的負荷、水中の研磨性粒子	10km
7. 火山ガス	毒性及び腐食性ガス、酸性雨、ガスの充満した湖、水の汚染	160km
8. 新しい火口の開口	動的な物理的負荷、地盤変動、火山性地震	注3
9. 津波及び静振	水の氾濫	注4
10. 大気現象	動的過圧、落雷、ダウンバースト風	注4
11. 地殻変動	地盤変位、沈下又は隆起、傾斜、地滑り	注4
12. 火山性地震とこれに関連する事象	継続的微小動、多重衝撃	注4
13. 熱水系及び地下水の異常	熱水、腐食性的水、水の汚染、氾濫又は湧昇、熱水変質、地滑り、カルスト及びサーモカルストの変異、水圧の急変	注4

(参考資料：IAEA SSG-21 及び JEAG4625)

注1：噴出中心と原子力発電所との距離が、表中の位置関係に記載の距離より短ければ、火山事象により原子力発電所が影響を受ける可能性があるものとする。

注2：降下火砕物に関しては、原子力発電所の敷地及び敷地付近の調査から求められる単位面積あたりの質量と同等の火山灰等が降下するものとする。

注3：新しい火口の開口については、原子力発電所の運用期間中に、新しい火口の開口の可能性を検討する。

注4：火山活動によるこれらの事象は、原子力発電所との位置関係によらず、個々に検討を行う。

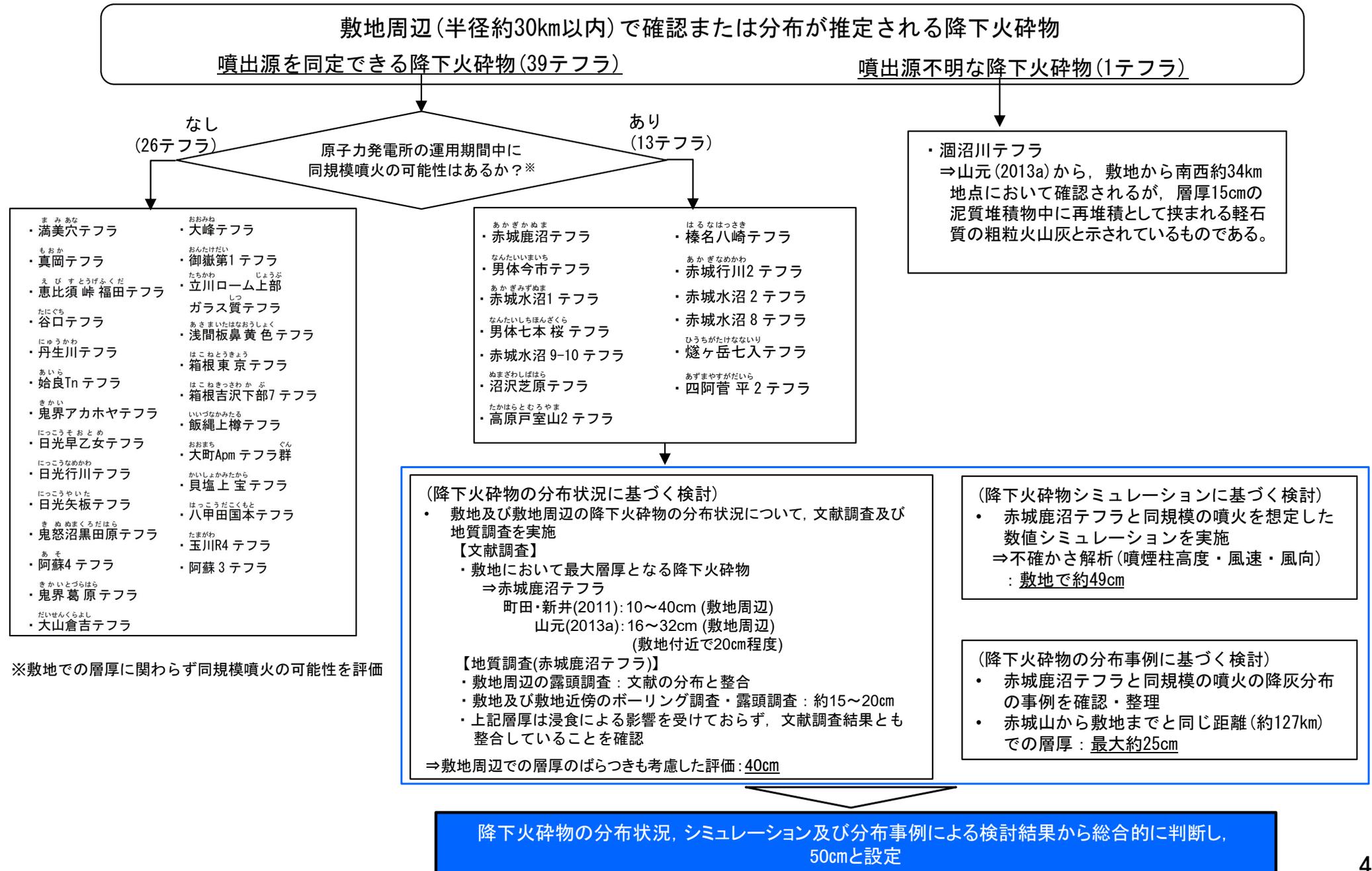
※原子力発電所の火山影響評価ガイド(原子力規制委員会(2019))に加筆

## 2. 火山影響評価 [許可後の知見確認結果] 2.3 許可後の知見確認結果(詳細)

【既許可以降の新知見の確認】  
内容に変更なし。既許可以降の新知見を調査し、降下火砕物の影響評価に変更はないことを確認(後述)

### 2.3.5.1 降下火砕物の影響評価(概要)

- 以下に示すフローのとおり降下火砕物の影響評価を行った。
- 文献調査、地質調査及び降下火砕物シミュレーションの結果を踏まえ、設計上考慮する降下火砕物の層厚を50cmと設定する。



## 2. 火山影響評価 [許可後の知見確認結果] 2.3 許可後の知見確認結果(詳細)

### 2.3.5.1 敷地周辺で確認または分布が推定される降下火砕物(文献調査結果 概要)

文献調査結果から、敷地周辺(半径約30km以内)に分布が推定される主な降下火砕物は以下に示すとおり。

- 敷地周辺に分布が推定される降下火砕物を降灰させた噴火と同規模の噴火が原子力発電所の運用期間中に発生する可能性を確認し、同規模の噴火の可能性のある13テフラを検討対象とした。
- なお、噴出源不明な降下火砕物である涸沼川テフラについては、山元(2013a)から、敷地から南西約34km地点において確認されるが、層厚15cmの泥質堆積物中に再堆積として挟まれる軽石質の粗粒火山灰と示されているものである。

敷地及び敷地近傍で確認される主な降下火砕物	記号	敷地の層厚	噴出源から敷地への方向(距離(km))	噴出源(内:地理的領域内, 外:地理的領域外)	原子力発電所運用期間中の同規模噴火の可能性(O:あり, ×:可能性は十分に小さい)	降下火砕物の噴火規模*(VEI)
赤城鹿沼テフラ	Ag-KP	10cm~40cm*1	東(約127km)	内 赤城山	○	5
男体今市テフラ	Nt-I	16cm~32cm*2	東南東(約105km)	内 男体・女峰火山群	○	4
満美穴テフラ	Nk-Ma	32cm以下*3	東南東(約105km)	内 男体・女峰火山群	×	5
真岡テフラ	MoP	16cm~32cm*2	東南東(約168km)	外 飯土山	×	5
恵比須峰福田テフラ	Ebs-Fkd	約30cm*4	東(約270km)	外 飛騨山脈(穂高岳)	×	7?
谷口テフラ	Tng	30cm以下*4	東(約256km)	外 飛騨山脈(爺ヶ岳)	×	?
丹生川テフラ(穂高-Kd39)	Nyg(Htk-Kd39)	10cm~20cm*4	東(約270km)	外 飛騨山脈(穂高岳)	×	?
始良Tnテフラ	AT	10cm~20cm*1	東北東(約1059km)	外 始良カルデラ	×	7
赤城水沼1テフラ	Ag-MzP1	5cm~20cm*1	東(約127km)	内 赤城山	○	4
鬼界アカカヤテフラ	K-Ah	0cm~20cm*1	北東(約1141km)	外 鬼界カルデラ	×	7
男体七本椏テフラ	Nt-S	0~20cm*1	東南東(約105km)	内 男体・女峰火山群	○	4
赤城水沼9-10テフラ	Ag-MzP9-10	16cm以下*2	東(約127km)	内 赤城山	○	4
沼沢芝原テフラ	Nm-SB	16cm以下*3	南東(約143km)	内 沼沢	○	4
高瀬戸室山2テフラ	Tk-TM2	8cm~16cm*2	東南東(約88km)	内 高原山	○	5
日光早乙女テフラ	Nk-SO	16cm以下*3				4
日光行川テフラ	Nk-NM	16cm以下*3	東南東(約105km)	内 男体・女峰火山群	×	5
日光矢板テフラ	Nk-YT	16cm以下*3				4
鬼怒沼黒田原テフラ	Kn-KD	16cm以下*3	東南東(約120km)	内 鬼怒沼	×	5
阿蘇4テフラ	Aso-4	15cm以下*1	東北東(約956km)	外 阿蘇カルデラ	×	7

敷地及び敷地近傍で確認される主な降下火砕物	記号	敷地の層厚	噴出源から敷地への方向(距離(km))	噴出源(内:地理的領域内, 外:地理的領域外)	原子力発電所運用期間中の同規模噴火の可能性(O:あり, ×:可能性は十分に小さい)	降下火砕物の噴火規模*(VEI)
榛名八崎テフラ	Hr-HP	0cm~10cm*1	東(約157km)	内 榛名山	○	4
赤城行川2テフラ	Ag-NM2	4cm以下*2	東(約127km)	内 赤城山	○	4
赤城水沼2テフラ	Ag-MzP2	4cm~8cm*2	東(約127km)	内 赤城山	○	4
鬼界葛原テフラ	K-Kz	2cm~5cm*1	北東(約1141km)	外 鬼界カルデラ	×	7
大山倉吉テフラ	DKP	0cm~5cm*1	東北東(約649km)	外 大山	×	6
赤城水沼8テフラ	Ag-MzP8	8cm以下*2	東(約127km)	内 赤城山	○	4
燧ヶ岳七入テフラ	Hu-NN	8cm以下*3	東南東(約130km)	内 燧ヶ岳	○	5
大峰テフラ(大峰-SK110)	Omn(Omn-SK110)	10cm以下*4	東(約256km)	外 飛騨山脈(爺ヶ岳)	×	6?
御嶽第1テフラ	On-Pm1	0cm~10cm*1	東北東(約288km)	外 御嶽山	×	6
立川ローム上部ガラス質テフラ	UG	0cm以上*1	東(約187km)	外 浅間山	×	6
浅間板鼻黄色テフラ	As-YP	0cm以上*1				5
四阿菅平2テフラ	Azy-Sgp2	0cm以上*5	東(約197km)	外 四阿山	○	5
箱根東京テフラ	Hk-TP	0cm以上*1	北東(約198km)	外 箱根火山群	×	6
箱根吉沢下部7テフラ	Hk-Klo7	0cm以上*1				5
飯縄上樽aテフラ	In-Kta	0cm以上*6	東(約223km)	外 飯縄山	×	?
大町Apmテフラ群	Tky-Ng1	0cm以上*7	東(約269km)	外 飛騨山脈(椋沢岳)	×	6?
貝塩上宝テフラ	KMT	0cm以上*1	東(約281km)	外 飛騨山脈(上宝)	×	6?
八甲田1テフラ(八甲田国本テフラ, Ku1)	Hkd1	0cm以上*8	南(約469km)	外 八甲田カルデラ	×	?
玉川R4テフラ	Tmg-R4	0cm以上*9	南(約428km)	外 玉川カルデラ	×	6
阿蘇3テフラ	Aso-3	0cm以上*1	東北東(約956km)	外 阿蘇カルデラ	×	7
涸沼川テフラ	-	(再堆積)*2,*10	-	-	-	-

\*1:町田・新井(2011), \*2:山元(2013a), \*3:山元(2012), \*4:Tamura et al(2008), \*5:大石(2009), \*6:鈴木(2001), \*7:鈴木・早川(1990), \*8:鈴木他(2001), \*9:鈴木・中山(2007), \*10:山元(2013b)

**【既許可以降の新知見の確認】**  
内容に変更なし。既許可以降の新知見を調査し、降下火砕物の影響評価に変更はないことを確認(後述)

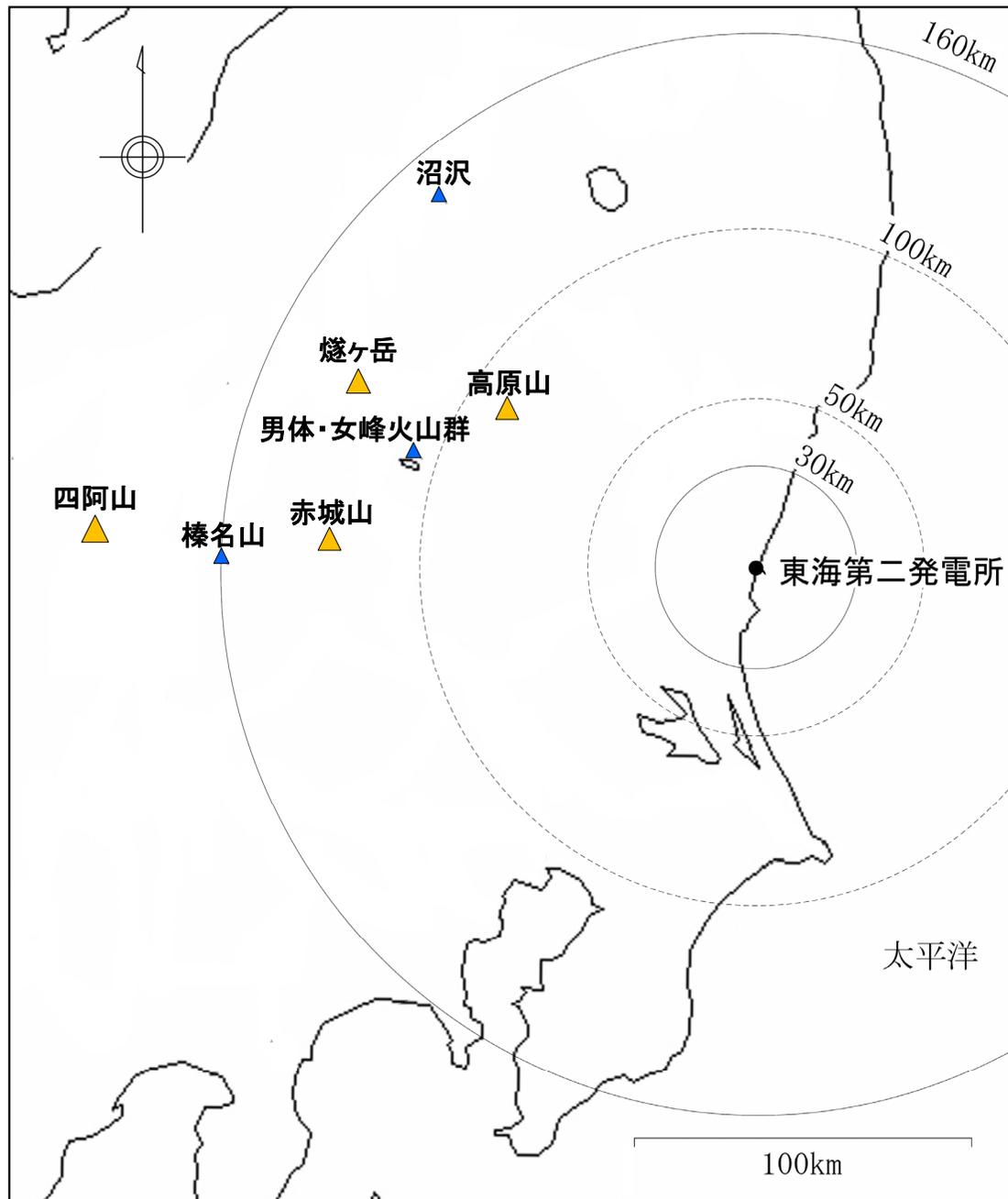
- 原子力発電所の運用期間中の同規模噴火の可能性あり。
- × 原子力発電所の運用期間中の同規模噴火の可能性が十分に小さい。

※噴火規模(VEI)の定義は町田・新井(2011)に基づく

## 2. 火山影響評価 [許可後の知見確認結果] 2.3 許可後の知見確認結果(詳細)

### 2.3.5.2 噴出源の位置と噴火規模

- 原子力発電所の運用期間中に同規模の噴火が発生する可能性がある降下火砕物の噴出源について、敷地周辺で確認または分布が推定される降下火砕物の噴火規模(VEI)とその位置を整理した結果、VEI5の規模が最大であり、その内、噴出量が最も大きいのは赤城山である。



火山名	発電所運用期間中に想定される最大規模の降下火砕物	火山から敷地への方向(距離)	噴火規模※(VEI)	噴出量(見かけ体積km <sup>3</sup> )
高原山	高原戸室山2テフラ	東南東(約88km)	5	1 (山元(2013a))
男体・女峰火山群	男体今市テフラ	東南東(約105km)	4	0.8 (山元(2013a))
赤城山	赤城鹿沼テフラ	東(約127km)	5	5 (山元(2013a))
燧ヶ岳	燧ヶ岳七入テフラ	東南東(約130km)	5	4 (山元(2012))
沼沢	沼沢芝原テフラ	南東(約143km)	4	0.2 (山元(2012))
榛名山	榛名八崎テフラ	東(約157km)	4	0.5 (山元(2013a))
四阿山	四阿菅平2テフラ	東(約197km)	5	4.25 (大石(2009))

#### 【既許以降の新知見の確認】

- ・中野他(2013)の更新を含めた既許以降の新知見を調査し、本頁の内容に変更は生じないことを確認。
- ・山元(2012)に基づき、二岐山を起源とする降下火砕物は敷地周辺に分布しないと評価。
- ・草野他(2022)に基づき、日光白根火山群を起源とする降下火砕物は敷地周辺に分布しないと評価。

#### —凡例—

#### 噴火規模※

▲ :VEI5

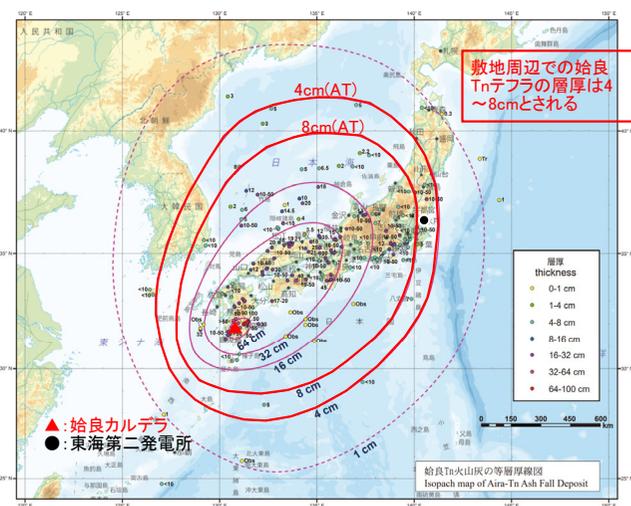
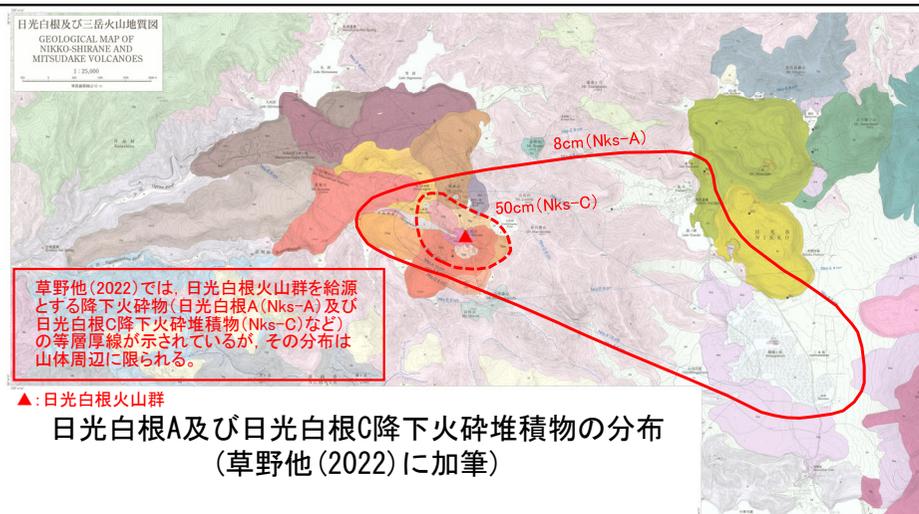
▲ :VEI4

※ 噴火規模(VEI)の定義は町田・新井(2011)に基づく

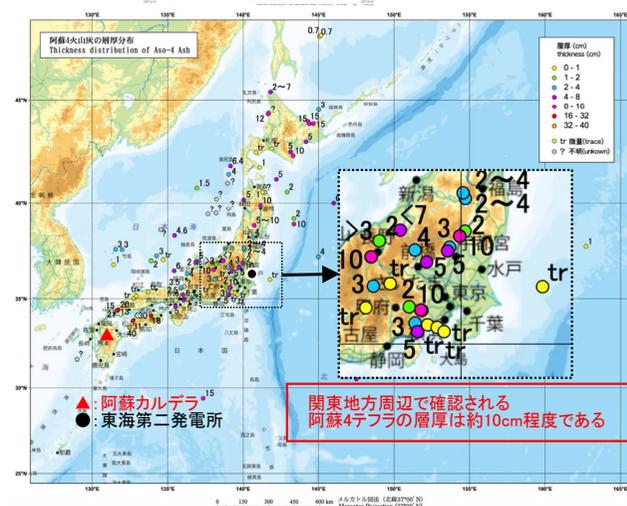
## 2. 火山影響評価 [許可後の知見確認結果] 2.3 許可後の知見確認結果(詳細)

### 2.3.5.3 既許可以降の新知見反映に伴う降下火砕物の補足情報

- 草野他(2022) : 日光白根及び三岳火山地質図に示された日光白根火山群を給源とする降下火砕物(日光白根A及び日光白根C降下火砕堆積物など)の層厚分布状況を確認した結果、その分布は山体周辺に限られており、敷地周辺には分布しないと評価した。
- 中野他(2013) WEB版の更新に伴い、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山に評価を変更した二岐山(敷地から約104km)を起源とする降下火砕物について、山元(2012)によれば二岐山羽鳥1~5テフラの5層が示されており、山体中心~層厚確認地点の離隔・層厚に基づき仮定した面積から体積を求めると約0.02~0.04km<sup>3</sup>とされる。敷地周辺で確認される他火山の降下火砕物はこれより1~2オーダー大きいことから、二岐山羽鳥1~5テフラは敷地周辺に分布しないと評価した。
- 宝田他(2022) : 始良カルデラ入戸火砕流堆積物分布図に示された始良Tnテフラの層厚分布状況を確認した結果、敷地周辺での層厚は約4~8cm程度で、既許可時の当社評価(10~20cm)に変更は生じないことを確認した。
- 星住他(2023) : 阿蘇カルデラ阿蘇4火砕流堆積物分布図に示された阿蘇4テフラの層厚分布状況を確認した結果、敷地周辺での層厚は約10cm程度で、既許可時の当社評価(15cm以下)に変更は生じないことを確認した。



始良Tnテフラの分布(宝田他(2022)に加筆)



阿蘇4テフラの分布(星住他(2023)に加筆)

## 2. 火山影響評価 [許可後の知見確認結果] 2.3 許可後の知見確認結果(詳細)

【既許可以降の新知見の確認】  
内容に変更なし。

### 2.3.5.4 降下火砕物の粒径・密度(評価結果)

- 文献調査及び地質調査(土質試験)結果から、設計上考慮する降下火砕物の粒径及び密度を以下のとおり設定する。

#### ○調査結果

項目	文献調査 (敷地周辺)	当社の試験結果	
		最小	最大
最大粒径	最大8mm <sup>※1</sup>	最大4.8mm <sup>※4</sup>	
湿潤密度	約1.0~1.2g/cm <sup>3</sup> <sup>※2,※3</sup> (1.2g/cm <sup>3</sup> を超えることがある) <sup>※3</sup>	約0.9g/cm <sup>3</sup>	約1.1g/cm <sup>3</sup>
乾燥密度	約0.3~0.7g/cm <sup>3</sup> <sup>※2,※3</sup>	約0.3g/cm <sup>3</sup>	約0.5g/cm <sup>3</sup>

※1:山元(2013a), ※2:富田他(1994), ※3:宇井編(1997)に基づく

※4:敷地及び大洗研究開発センターでの試験結果の最大値

大洗研究開発センターでの試験結果は資料6-2「2.5 敷地周辺における赤城鹿沼テフラの粒径」に記載

#### 設計上考慮する降下火砕物の粒径及び密度の設定値

- ・ 粒径 : 8mm以下
- ・ 密度 : 0.3g/cm<sup>3</sup> ~ 1.5g/cm<sup>3</sup> <sup>※5</sup>  
(乾燥状態) (湿潤状態)

※5:宇井編(1997)によると「湿ると1.2を超えることがある」とされていることを踏まえ、保守的に設定

## 2. 火山影響評価 [許可後の知見確認結果] 2.3 許可後の知見確認結果(詳細)

### 2.3.6 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価(概要)

- 原子力発電所に影響を及ぼし得る可能性のある火山事象のうち、降下火砕物以外の火山性土石流、噴石、火山ガス、その他の火山事象等について検討した。

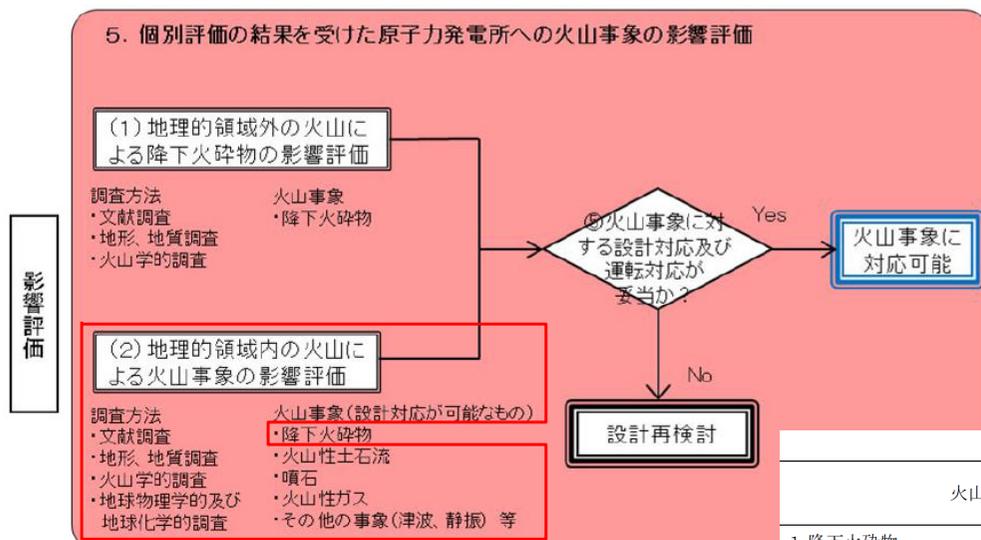


表1 原子力発電所に影響を与える可能性のある火山事象及び位置関係<sup>注1</sup>

火山事象	潜在的に影響を及ぼす特性	原子力発電所との位置関係
1. 降下火砕物	静的な物理的負荷、気中及び水中の研磨性及び腐食性粒子	注2
2. 火砕物密度流：火砕流、火砕サージ及びプラスト	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、300℃超の温度、研磨性粒子、毒性ガス	160km
3. 溶岩流	動的な物理的負荷、洪水及び水のせき止め、700℃超の温度	50km
4. 岩層なだれ、地滑り及び斜面崩壊	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、水のせき止め及び洪水	50km
5. 土石流、火山泥流及び洪水	動的な物理的負荷、水のせき止め及び洪水、水中の浮遊粒子	120km
6. 火山から発生する飛来物(噴石)	粒子の衝突、静的な物理的負荷、水中の研磨性粒子	10km
7. 火山ガス	毒性及び腐食性ガス、酸性雨、ガスの充満した湖、水の汚染	160km
8. 新しい火口の開口	動的な物理的負荷、地盤変動、火山性地震	注3
9. 津波及び静振	水の氾濫	注4
10. 大気現象	動的過圧、落雷、ダウンバースト風	注4
11. 地殻変動	地盤変位、沈下又は隆起、傾斜、地滑り	注4
12. 火山性地震とこれに関連する事象	継続的の微動、多重衝撃	注4
13. 熱水系及び地下水の異常	熱水、腐食性水、水の汚染、氾濫又は湧昇、熱水変質、地滑り、カルスト及びサーモカルストの変異、水圧の急変	注4

(参考資料：IAEA SSG-21 及び JEAG4625)

注1：噴出中心と原子力発電所との距離が、表中の位置関係に記載の距離より短ければ、火山事象により原子力発電所が影響を受ける可能性があるものとする。

注2：降下火砕物に関しては、原子力発電所の敷地及び敷地付近の調査から求められる単位面積あたりの質量と同等の火山灰等が降下するものとする。

注3：新しい火口の開口については、原子力発電所の運用期間中に、新しい火口の開口の可能性を検討する。

注4：火山活動によるこれらの事象は、原子力発電所との位置関係によらず、個々に検討を行う。

※原子力発電所の火山影響評価ガイド(原子力規制委員会(2019))に加筆

## 2. 火山影響評価 [許可後の知見確認結果] 2.3 許可後の知見確認結果(詳細)

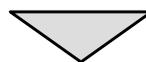
### 2.3.6.1 評価結果

- 原子力発電所に影響を及ぼし得る可能性のある火山事象のうち、降下火砕物以外の火山性土石流、噴石、火山ガス、その他の火山事象等について検討した結果は以下に示すとおり。

火山事象	対象火山	評価結果
火山性土石流、火山泥流及び洪水	半径120km内の 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山 [5火山]	敷地は久慈川流域に位置し、各火山の山麓の河川の流域には含まれず、久慈川流域と各火山の位置する流域の間には、八溝山地が分布、那珂川と原子力発電所の間には、那珂台地が分布している。また、敷地近傍において火山性土石流に伴う堆積物は確認されない。以上のことから、これらの火山事象が原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。
火山から発生する飛来物 (噴石)	半径10km内の 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山 [なし]	—
火山ガス	半径160km内の 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山 [14火山]	敷地は太平洋に面する那珂台地に位置し、火山ガスが敷地に滞留する地形ではないことから、火山ガスが原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。
その他の火山事象 ・火山活動に起因する大気現象 ・火山性地震とこれに関連する事象 ・熱水系及び地下水の異常 ・津波及び静振	半径160km内の 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山 [14火山]	敷地は火山フロントより前弧側(東方)に位置すること、また対象火山と十分な離隔があることから、これらの火山事象が原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。

【既許可からの変更点】  
原子力発電所に影響を及ぼし得る火山に  
二岐山が追加

※噴出中心と原子力発電所との距離が、記載の距離より短ければ、火山事象により原子力発電所が影響を受ける可能性があるものとする。(火山影響評価ガイド)



降下火砕物以外に影響を評価すべき火山事象はない。

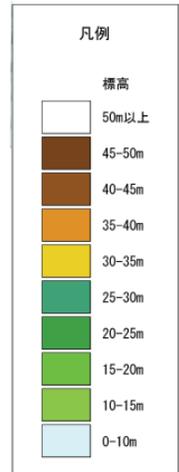
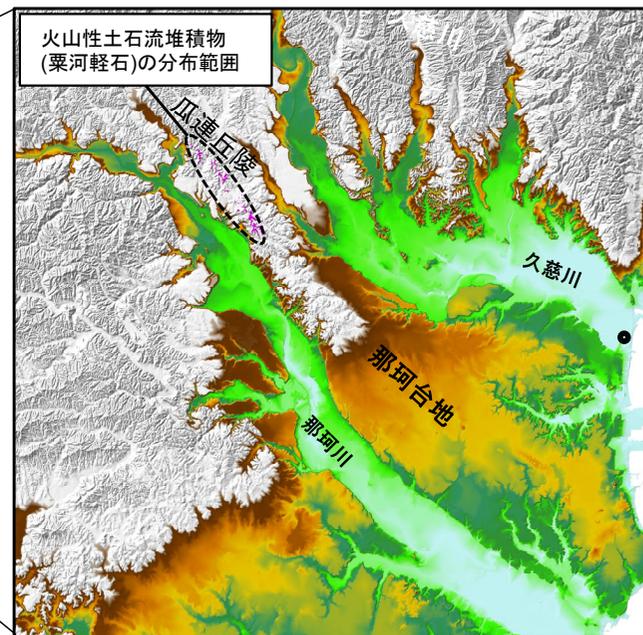
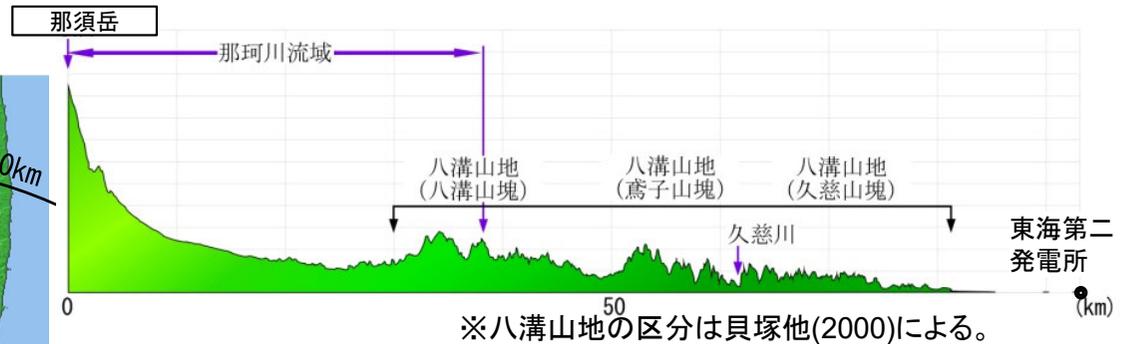
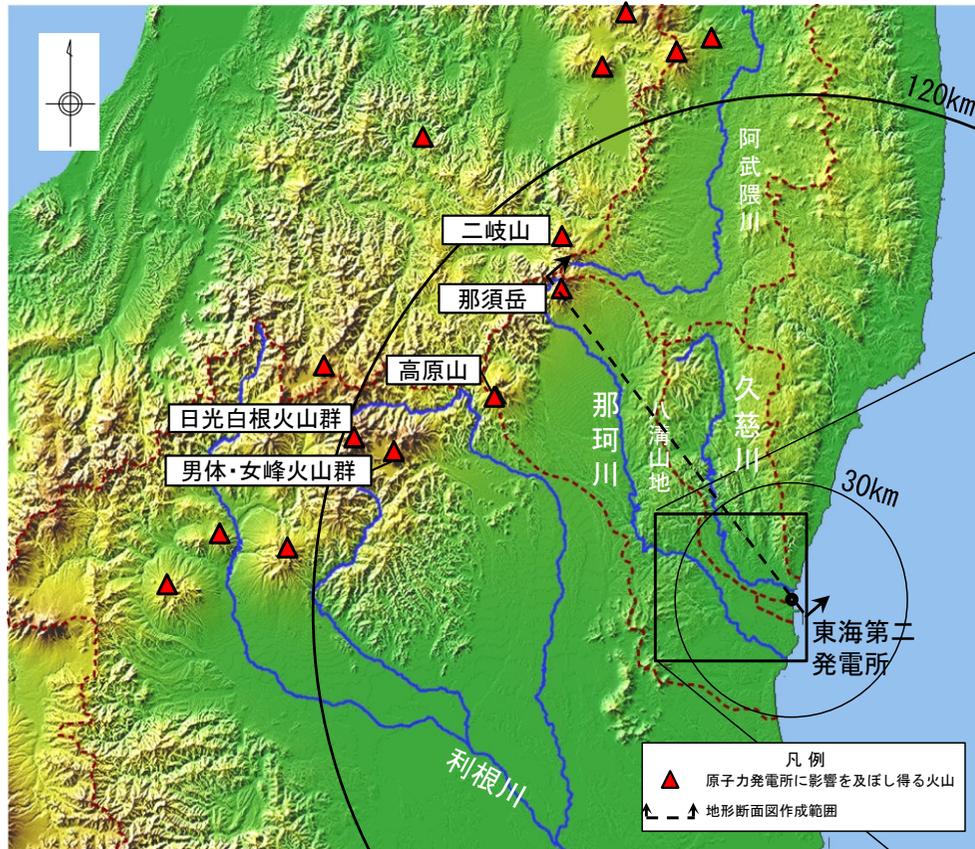
## 2. 火山影響評価 [許可後の知見確認結果] 2.3 許可後の知見確認結果(詳細)

### 2.3.6.2 火山性土石流, 火山泥流及び洪水

火山性土石流, 火山泥流及び洪水について, 原子力発電所に影響を及ぼし得る14火山のうち, 敷地から120kmの範囲内にある5火山を対象に評価を行った。

- 敷地は久慈川流域に位置し, 各火山の山麓の河川の流域には含まれない。
- 久慈川流域と各火山の流域の間には八溝山地が分布し, 那珂川と原子力発電所の間には, 那珂台地が分布している。
- 文献調査の結果, 火山性土石流堆積物(粟河軽石)は西方約20kmの那珂川に沿う瓜連丘陵に一部分布するが, 敷地近傍及び久慈川沿いには分布していない。

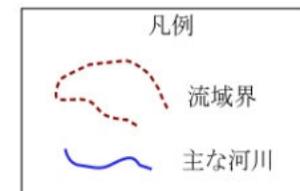
【既許可からの変更点】  
原子力発電所に影響を及ぼし得る火山に二岐山が追加



この地図の作成に当たっては, 国土地理院長の承認を得て, 同院発行の20万分1地形図, 2万5千分の1地形図, 数値地図200000(地形画像), 数値地図25000(地形画像), 数値地図50mメッシュ(標高), 数値地図(国土基本情報)基礎地図情報(数値標高モデル)及び基礎地図情報を使用した。(承認番号 平29情使, 第298号)

粟河軽石の分布は, 坂本・宇野沢(1976)に基づき作成

DEM(10mメッシュ, 国土地理院)



以上のことから, 火山性土石流, 火山泥流及び洪水が原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。

## まとめ

### 【原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出】

- ・敷地を中心とする半径160kmの範囲には**33**の第四紀火山が位置する。
  - ・敷地を中心とする半径160kmの範囲の第四紀火山(**33**火山)について、完新世の活動の有無、将来の活動可能性の検討を行い、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として、以下の**14**火山を抽出した。
- 〔 高原山, 那須岳, **二岐山**, 男体・女峰火山群, 日光白根**火山群**, 赤城山, 燧ヶ岳, 安達太良山, 笹森山  
磐梯山, 沼沢, 子持山, 吾妻山, 榛名山 〕

### 【抽出された火山の火山活動に関する個別評価】

- ・抽出された火山の敷地からの離隔及び敷地周辺における第四紀の火山活動の特徴の検討結果から、設計対応不可能な火山事象(火砕物密度流, 溶岩流, 岩屑なだれ他, 新しい火口の開口及び地殻変動)が原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。
- ・過去最大規模の噴火を考慮しても原子力発電所に影響を及ぼさないと判断できることから、モニタリングの対象となる火山はない。

### 【原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象の抽出】

- ・原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象のうち、降下火砕物に関する評価の結果、原子力発電所への降下火砕物の影響評価に用いる条件を以下のとおり設定する。

項目	設定値
層厚	50cm
粒径	8mm以下
密度	乾燥状態: 0.3g/cm <sup>3</sup> 湿潤状態: 1.5g/cm <sup>3</sup>

- ・火山性土石流, 火山から発生する飛来物(噴石), 火山ガス及びその他の火山事象のうち、原子力発電所への影響を評価すべき事象はない。

## 2. 火山影響評価 [許可後の知見確認結果]

### 参考文献(1/2)

- 中野俊, 西来邦章, 室田晋治, 星住英夫, 石塚吉浩, 伊藤順一, 川辺禎久, 及川輝樹, 古川竜太, 下司信夫, 石塚治, 山元孝広, 岸本清行編 (2013): 日本の火山(第3版) (WEB版, 令和5年7月末までの更新情報), 産業技術総合研究所 地質調査総合センター, [https://gbank.gsj.jp/volcano/Quat\\_Vol/index.html](https://gbank.gsj.jp/volcano/Quat_Vol/index.html)
- 町田洋, 新井房夫(2011): 新編火山灰アトラスー日本列島とその周辺, 東京大学出版
- 山元孝広(2013a): 栃木-茨城地域における過去約30万年間のテフラの再記載と定量化, 地質調査研究報告, 第64巻, 第9/10号, p.251-304, 2013
- 原子力規制委員会(2019): 原子力発電所の火山影響評価ガイド 改正 令和元年12月18日 原規技発第1912182号 原子力規制委員会決定
- 原子力規制委員会(2013): 原子力発電所の火山影響評価ガイド 制定 平成25年6月19日 原規技発第13061910号 原子力規制委員会決定
- 西来邦章, 伊藤順一, 上野龍之, 内藤一樹, 塚本 斉(2016): 第四紀噴火・貫入活動データベース. 産総研地質調査総合センター, [https://gbank.gsj.jp/quatigneous/index\\_qvir.php](https://gbank.gsj.jp/quatigneous/index_qvir.php)
- 西野佑紀, 長谷川健, 伊藤久敏, 菊池瑛彦, 大井信三 (2023): 栃木県北部, 塩原カルデラ噴出物の編年とマグマ変遷, 地質学雑誌, 第129巻, 1号, p.61-73
- 山元孝広(2015): 新たに認定された第四紀火山の放射年代: 笹森山火山, 地質調査研究報告, 66, p.15-20
- 三村弘二(2002): 東北日本, 猫魔火山の地質と放射年代, 火山, 第47巻(2002), 第4号, p.217-225
- 山田眞嵩, 河合貴之, 西澤文勝, 鈴木毅彦 (2018): 栃木県北部, 福島県南部に分布する中期更新世火砕流堆積物の層序, 地質学雑誌, 第124号, 10号, p.837-855
- 山元孝広(1999): 5万分の1地質図幅「田島地域の地質」, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 71p
- Takahiro Yamamoto (2011) : Origin of the sequential Shirakawa ignimbrite magmas from the Aizu caldera cluster, northeast Japan: Evidence for renewal of magma system involving a crustal hot zone, Journal of Volcanology and Geothermal Research, Volume 204, Issues 1-4, 1 July 2011, Pages 91-106
- 吉田英人, 高橋正樹(1991): 白河火砕流東部地域の地質, 地質学雑誌, 第97巻, 第3号, p.231-249, 1991年3月
- 高橋正樹, 吉田英人(1996): 白河火砕流を噴出したマグマ供給系の進化1. 噴出様式の時間変化, 岩鉱, 91, p.177-184
- 吉田英人, 高橋正樹(2010): 白河火砕流を噴出したマグマ供給系の進化-その2. 全岩化学組成と鉱物化学組成の視点から-, 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要, No45(2010), p.171-204
- 村田昌則・鈴木毅彦(2011): 銚子地域犬吠層群小浜層中の前期更新世テフラとの対比に基づく白河火砕流堆積物群の層序の再検討, 第四紀研究, 50, p.49-60.
- 渡部将太, 長谷川健, 小畑直也, 豊田新, 今山武志 (2023): 福島県南部, 二岐山火山の噴火史とマグマ供給系, 地質学雑誌, 第129巻, 1号, p.307-324
- 山元孝広(2012): 福島-栃木地域における過去約30万年間のテフラの再記載と定量化, 地質調査研究報告, 63, p.35-91
- 草野有紀, 及川輝樹, 石塚吉浩, 石塚治, 山元孝広 (2022): 日光白根及び三岳火山地質図, 22, 産業技術総合研究所地質調査総合センター
- 村本芳英(1992): 日光火山群東方地域に分布する中・後期更新世テフラー日光火山群の噴火史ー, 静岡大学地球科学研究報告, 18, p.59-91
- 鈴木毅彦, 奥野 充, 早川由紀夫(1994): テフラからみた日光火山群の噴火史, 月刊地球, 16, p.215-221
- 佐々木 実(1994): 日光火山群の岩石学, 月刊地球, Vol16, p.221-230
- 第四紀火山カタログ委員会編(1999): 日本の第四紀火山カタログ, 日本火山学会
- 石崎泰男, 森田考美・岡村裕子・小池一馬・宮本亜里沙・及川輝樹(2014): 男体火山の最近17000年間の噴火史, 火山, 59, 3, p.185-206
- 阪口圭一(1995): 5万分の1地質図幅「二本松地域の地質」, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, p.66
- 長橋良隆・木村裕司・大竹二男・八島隆一(2004): 福島市南西部に分布する鮮新世「笹森山安山岩」のK-Ar年代, 地球科学, 58, p.407-412

### 参考文献(2/2)

- Umeda, Koji., Ban, Masao., Hayashi, Shintaro. and Kusano, Tomohiro. (2013): Tectonic shortening and coeval volcanism during the Quaternary, Northeast Japan arc, J. Earth Syst. Sci., 122, No1, February 2013, p.137-147
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)(1990)地熱開発促進調査報告書no.21猪苗代地域, 1012p
- 下司信夫(2013):詳細火山データ集:榛名火山, 日本の火山, 産総研地質調査総合センター([https://gbank.gsj.jp/volcano/Act\\_Vol/haruna/index.html](https://gbank.gsj.jp/volcano/Act_Vol/haruna/index.html))
- 大森昌衛編(1986):日本の地質3 関東地方, 共立出版, 335p
- Soda,Tsutomu.(1996):Explosive activities of Haruna volcano and their impacts on human life in the sixth century A.D, Geograph.Rep. Tokyo Metropolitan Univ, 31, p.37-52
- 気象庁編(2013):日本活火山総覧(第4版)
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2014):1万年噴火イベントデータ集(ver. 2.2), <https://gbank.gsj.jp/volcano/eruption/index.html>
- Tamura,Itoko・Yamazaki,Haruo・Mizuno,Kiyohide(2008):Characteristics for the recognition of Pliocene and early Pleistocene marker tephras in central Japan, Quaternary International 178(2008),p.85-99
- 大石雅之(2009):四阿火山を起源とする噴出物の岩石記載的特徴とテフラ分布, 地学雑誌, 118(6), p.1237-1246, 2009
- 鈴木毅彦(2001):海洋酸素同位体ステージ5-6境界に降下した飯縄上樽テフラ群とその編年学的意義, 第四紀研究, 40(1), p.29-41
- 鈴木毅彦, 早川由紀夫(1990):中期更新世に噴出した大町Apmテフラ群の層位と年代, 第四紀研究, 29(2), p.105-120
- 鈴木毅彦, 檀原徹, 藤原治(2001):東北日本の大規模火砕流は広域テフラを生産したか?, 月間地球, Vol23, No9, p.610-613
- 鈴木毅彦, 中山俊雄(2007):東北日本弧, 仙岩地熱地域を噴出源とする2.0Maに噴出した大規模火砕流に伴う広域テフラ, 火山, 第52巻(2007), 第1号, p.23-38
- 山元孝広(2013b):東茨城台地に分布する更新統の新層序とMIS5-7海面変化との関係:地下地質とテフラ対比による茨城層, 見和層, 夏海層, 笠神層の再定義, 地質調査所報告, 第64巻, 第9/10号, p.225-249
- 宝田晋治, 西原歩, 星住英夫, 山崎雅, 金田泰明, 下司信夫(2022):始良カルデラ入戸火砕流堆積物分布図, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 大規模火砕流分布図, no.1
- 星住英夫, 宝田晋治, 宮縁育夫, 宮城磯治, 山崎雅, 金田泰明, 下司信夫(2023):阿蘇カルデラ阿蘇4火砕流堆積物分布図, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 大規模火砕流分布図, no.3
- 富田平四郎, 中野政詩・鈴木敬(1994):地域, 深さによる鹿沼土の物理的構成と各種物理性の差異について, 土壌の物理性, 第69号, p.11-21(1994)
- 宇井 忠英編(1997):火山噴火と災害, 東京大学出版会
- 貝塚爽平, 小池一之, 遠藤邦彦, 山崎晴雄, 鈴木毅彦編(2000):日本の地形4 関東・伊豆小笠原, 東京大学出版会
- 坂本亨, 宇野沢昭(1976):茨城県瓜連丘陵の第四系と久慈川・那珂川の河谷発達史, 地質調査所月報, 第27巻, 第10号p.655-664, 1976
- 山元孝広(1992):会津地域の後期中新世-更新世カルデラ火山群, 地質学雑誌, 第98巻, 第1号, p.21-38, 1992年1月