

泊発電所

火山影響評価について

(火山活動のモニタリング)

令和6年10月4日
北海道電力株式会社

1. 指摘事項	
2. 火山影響評価の概要	P. 4
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	
3.1 地理的領域にある第四紀火山	
3.2 将来の火山活動可能性の評価	
4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価	
4.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	
4.2 巨大噴火の可能性評価	
4.2.1 巨大噴火の可能性評価方法	
4.2.2 支笏カルデラの評価	
4.2.3 洞爺カルデラの評価	
4.3 最後の巨大噴火以降の噴火に伴う設計対応不可能な火山事象の到達可能性評価	
4.4 ニセコ・雷電火山群の評価	
5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価	
5.1 降下火砕物の影響評価	
5.1.1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	
5.1.2 降下火砕物シミュレーション	
5.1.3 設計に用いる降下火砕物の層厚	
5.1.4 設計に用いる降下火砕物の密度・粒径	
5.2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	
6. 火山活動のモニタリング	P. 12
6.1 監視対象火山	P. 15
6.2 監視項目	P. 19
6.3 定期的評価	P. 27
6.4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処	P. 31
7. 火山影響評価のまとめ	
参考文献	P. 56

:今回説明範囲(「泊発電所火山影響評価」のうち火山活動のモニタリング)

余白

2. 火山影響評価の概要

1. 指摘事項	
2. 火山影響評価の概要	P. 4
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	
3.1 地理的領域にある第四紀火山	
3.2 将来の火山活動可能性の評価	
4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価	
4.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	
4.2 巨大噴火の可能性評価	
4.2.1 巨大噴火の可能性評価方法	
4.2.2 支笏カルデラの評価	
4.2.3 洞爺カルデラの評価	
4.3 最後の巨大噴火以降の噴火に伴う設計対応不可能な火山事象の到達可能性評価	
4.4 ニセコ・雷電火山群の評価	
5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価	
5.1 降下火砕物の影響評価	
5.1.1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	
5.1.2 降下火砕物シミュレーション	
5.1.3 設計に用いる降下火砕物の層厚	
5.1.4 設計に用いる降下火砕物の密度・粒径	
5.2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	
6. 火山活動のモニタリング	P. 12
6.1 監視対象火山	P. 15
6.2 監視項目	P. 19
6.3 定期的評価	P. 27
6.4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処	P. 31
7. 火山影響評価のまとめ	
参考文献	P. 56

2. 火山影響評価の概要

① 火山影響評価の基本フロー

一部修正 (R5/1/20審査会合)

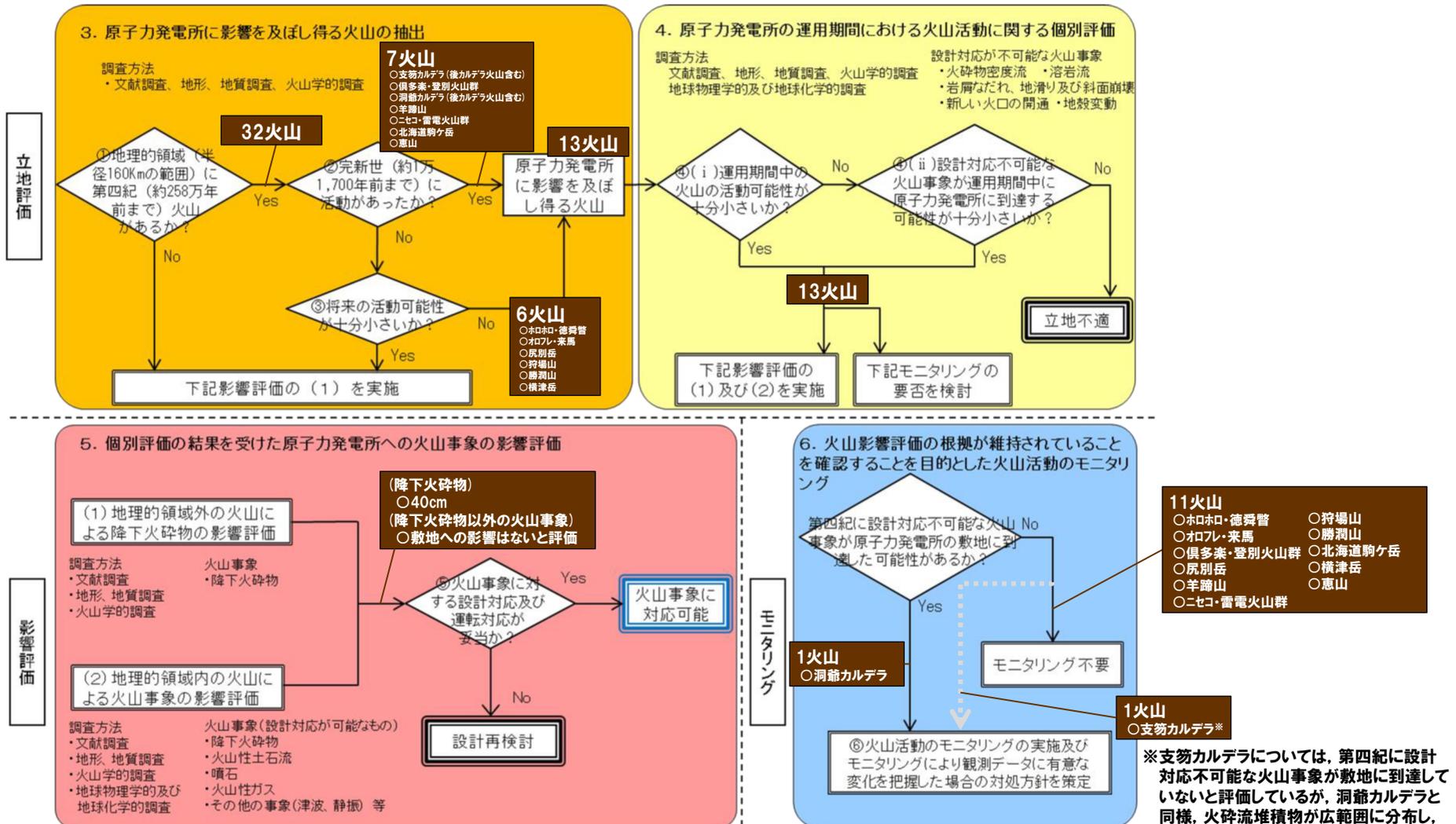


図1 本評価ガイドの基本フロー

火山影響評価フロー（「原子力発電所の火山影響評価ガイド」の基本フローに加筆）

2. 火山影響評価の概要

② 泊発電所における火山影響評価のうち立地評価の流れ (1/2)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

3.1 地理的領域にある第四紀火山

○地理的領域にある第四紀火山については、文献調査に基づき32火山を抽出。

32火山

図中で「Ⅰ」、「Ⅱ」、「Ⅲ」、「Ⅳ」、「Ⅴ」、「Ⅵ」及び「DB(データベース)」と付した各章における検討項目、当社検討結果及び検討方法についてはR6.2.16審査会合本編資料2章参照。

活動履歴、噴火規模、火山噴出物の分布等を把握するため、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施(補足説明資料1章及びR6.7.19審査会合補足説明資料2章参照)。

3.2 将来の火山活動可能性の評価

○完新世に活動があった火山
7火山

支笏カルデラ(後カルデラ火山含む)、倶多楽・登別火山群、洞爺カルデラ(後カルデラ火山含む)、羊蹄山、ニセコ・雷電火山群、北海道駒ヶ岳、恵山

○将来の活動可能性が否定できない火山
6火山

ホロホロ・徳舜誓、オロフレ・来馬、尻別岳、狩場山、勝潤山、横津岳

○将来の活動可能性が十分に小さい火山
19火山

13火山

(次頁へ続く)

2. 火山影響評価の概要

② 泊発電所における火山影響評価のうち立地評価の流れ (2/2)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

立地評価

4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価

13火山 ←

活動履歴、噴火規模、火山噴出物の分布等を把握するため、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施(補足説明資料1章及びR6.7.19審査会合補足説明資料2章参照)。

DB

4.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

【溶岩流、岩屑なだれ・地滑り及び斜面崩壊、新しい火口の開口及び地殻変動】

○13火山について、各火山事象の影響範囲と敷地から各火山までの距離等について検討した結果、設計対応不可能な火山事象が運用期間中に敷地に到達する可能性又は敷地に影響を与える可能性は十分小さいと評価。

【火砕物密度流】

○洞爺カルデラについては、過去最大規模の噴火(巨大噴火)に伴う洞爺火砕流が敷地に到達した可能性を否定できない。

・詳細な調査・検討として、4.2章で運用期間中における巨大噴火の可能性評価を実施した上で、4.3章で、敷地への到達可能性を評価する。

○支笏カルデラについては、過去最大規模の噴火(巨大噴火)に伴う支笏火砕流が敷地には到達していないと判断されることから、火砕流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価。

・洞爺カルデラと同様に、火砕流堆積物が広範囲に分布すること等から、詳細な調査・検討として、4.2章で運用期間中における巨大噴火の可能性評価を実施した上で、4.3章で当該結果を踏まえた、敷地への到達可能性評価も実施する。

○ニセコ・雷電火山群については、ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地近傍に認められるが、敷地には到達していないと判断されることから、火砕流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価。

○他の10火山については、火砕流を含む火山噴出物の最大到達距離、敷地から各火山までの距離について検討した結果、火砕流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価。

↓ 洞爺カルデラ 支笏カルデラ

4.2 巨大噴火の可能性評価

IV

4.2.1 巨大噴火の可能性評価方法

○過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ及び洞爺カルデラについては、活動履歴及び地球物理学的調査(地下構造(地震波速度構造、比抵抗構造及び重力異常)、火山性地震及び地殻変動)により、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価。

4.2.2 支笏カルデラの評価

○支笏カルデラについては、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分小さいと評価。

4.2.3 洞爺カルデラの評価

○洞爺カルデラについては、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分小さいと評価。

↓ 支笏カルデラ

↓ 洞爺カルデラ

4.3 最後の巨大噴火以降の噴火に伴う設計対応不可能な火山事象の到達可能性評価

V

○洞爺カルデラについては、最後の巨大噴火以降の噴火に伴う火砕流を含む火山噴出物が敷地に到達していないことから、火砕流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価。

○支笏カルデラについては、最後の巨大噴火以降の噴火に伴う火砕流を含む火山噴出物が敷地に到達していないことから、巨大噴火の可能性評価の結果を踏まえても、火砕流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価。

2. 火山影響評価の概要

③ 泊発電所における火山影響評価のうち影響評価の流れ

一部修正 (R6/2/16審査会合)

5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価

5.1 降下火砕物の影響評価

文献調査、当社地質調査及び降下火砕物シミュレーションを基に、設計に用いる降下火砕物の層厚評価を実施
また、文献に基づき設計に用いる降下火砕物の密度・粒径を設定

5.1.1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物

【層厚評価の検討対象となる降下火砕物】

○文献調査並びに敷地及び敷地近傍の地質調査結果を基に、層厚評価の検討対象となる(敷地及び敷地近傍に到達した可能性のある)降下火砕物を抽出。

	降下火砕物名	給源	手法	推定層厚
地理的領域外	白頭山苔小牧(B-Tm)	白頭山	文献調査	5~10cm
			地質調査	—
	始良Tn(AT)	始良カルデラ	文献調査	0~5cm若しくは0~10cm
			地質調査	—
	阿蘇4(Aso-4)	阿蘇カルデラ	文献調査	15cm以上若しくは15~20cm
地理的領域内			地質調査	5cm
	クッチャロ-羽根(Kc-Hb)	屈斜路カルデラ	文献調査	0~10cm
			地質調査	—
	支笏第1降下軽石(Spfa-1)	支笏カルデラ	文献調査	2cm以下
			地質調査	—
給源不明	クッタラ第2火山灰(Kt-2)	倶多楽・登別火山群	文献調査	10cm以下若しくは0~10cm
			地質調査	—
	洞爺火山灰(Toya)	洞爺カルデラ	文献調査	30cm以上
			地質調査	少なくとも70cm
	2000年有珠山噴火	有珠山	文献調査	0cm以上
給源不明			地質調査	—
	火山灰(黄灰色B)	不明	文献調査	最大層厚約23cm
			地質調査	—
	火山灰(黄灰色A)	不明	文献調査	—
		地質調査	最大層厚約18cm	
給源不明	H26共和-6火山灰	不明	文献調査	—
			地質調査	約15cm

○このうち、Spfa-1及びToyaは、過去の巨大噴火に伴い噴出したものであり、運用期間中の巨大噴火の発生可能性は十分小さいと評価されることから、これらの降下火砕物については除外する。

【層厚評価の対象候補となる降下火砕物】

○最も層厚が大きい火山灰(黄灰色B)(最大層厚約23cm)を、層厚評価の対象候補とする。

5.1.2 降下火砕物シミュレーション

シミュレーション対象となる降下火砕物を抽出した後、敷地と給源の位置関係及びシミュレーションに用いる風データの特徴を踏まえ、不確かさを考慮したシミュレーションを実施

【シミュレーション対象となる降下火砕物の抽出】

(検討対象となる降下火砕物の選定) (抽出数:38テフラ)

・文献及び地質調査の結果から、敷地及び敷地近傍に到達した可能性のある降下火砕物(抽出数:11テフラ)
・原子力発電所の運用期間中における活動可能性が十分に小さいと判断できない13火山を給源とし、分布状況が広がりを持つ降下火砕物(抽出数:27テフラ)

【選定した降下火砕物のスクリーニング】

・選定した検討対象となる降下火砕物について、「シミュレーション実施必要性の観点」及び「敷地への影響度の観点」から、スクリーニングを実施し、シミュレーション対象となる降下火砕物を抽出(抽出数:2テフラ)

・Yo-1(敷地との距離が最も近い)
・Kt-1(分布主軸上における給源~敷地と同程度の距離の地点での層厚が最大かつ噴出量が最大)

【基本ケースの決定】

・【不確かさに関する検討】においては、風向の不確かさに関する検討を行うことから、まず、それ以外の入力パラメータを設定するため、文献に示される等層厚線図との比較から、最も整合する解析ケースを基本ケースとして決定

【不確かさに関する検討】

・卓越風(北東~東方向)の状況を踏まえると、敷地は、給源に対して風上側の位置関係となることから、風向の不確かさを考慮して、敷地方向への仮想風を設定することが、敷地の降下火砕物層厚評価に最も大きい影響を与えると考えられる
・このため、基本ケースに対して、敷地方向への仮想風を用いた解析を実施

【層厚評価の対象候補となる降下火砕物】

○最も層厚が大きいKt-1(32.1cm)を、層厚評価の対象候補とする。

5.1.3 設計に用いる降下火砕物の層厚

○層厚評価の対象候補のうち、最も層厚の厚いKt-1(倶多楽・登別火山群)の32.1cmを踏まえ、敷地における降下火砕物の層厚を、40cmとする。

5.1.4 設計に用いる降下火砕物の密度・粒径

○至近に実施した敷地における地質調査において降下火砕物が確認されていないことから、文献に基づき設定
・湿潤密度: 1.5g/cm³ ・乾燥密度: 0.7g/cm³ ・粒径: 4.0mm以下

5.2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価

○降下火砕物を除く地理的領域内の13火山による以下の火山事象は、火口から敷地までの距離、地形状況等を踏まえ、いずれも敷地への影響はないと評価。
土石流・火山泥流及び洪水、火山ガス、火山から発生する飛来物、大気現象、火山性地震、熱水系及び地下水の異常

2. 火山影響評価の概要

④ 泊発電所における火山影響評価のうち火山活動のモニタリングの流れ

6. 火山活動のモニタリング

6.1 監視対象火山

- 洞爺カルデラについては、第四紀に設計対応不可能な火山事象が敷地に到達した可能性を否定できないことから、原子力発電所の火山影響評価ガイドに基づく監視対象火山として抽出し、モニタリングを実施。
- 支笏カルデラについては、第四紀に設計対応不可能な火山事象が敷地に到達していないと評価しているが、洞爺カルデラと同様、火砕流堆積物が広範囲に分布し、給源から敷地方向に数十kmにわたって分布することを踏まえ、監視対象火山として抽出し、モニタリングを実施。

洞爺カルデラ
支笏カルデラ

6.2 監視項目

【モニタリングの監視項目】

- 洞爺カルデラ及び支笏カルデラにおける火山活動のモニタリングの監視項目、確認事項及び評価方法を下表のとおり整理。

監視項目	確認事項	主に用いるデータ名	データの更新頻度	評価方法	
主な監視項目※1	地震活動	・既往の構造性地震、火山性地震等の地震発生領域(震源分布)の拡大又は消滅、あるいは、新たな地震発生領域の出現 ・地震発生数の急激な変化(増加又は減少)	・一元化処理震源データ(気象庁、大学、防災科学技術研究所等)※3 随時	・公的機関の公開データを用いた当社検討	
	地殻変動	・GNSS連続観測による基準長や上下変動の急激な傾向の変化(増加又は減少)、水準測量による地盤の上下変動の急激な傾向の変化(隆起又は沈降) ・既往の地殻変動とは異なる場所での地殻変動(GNSS、水準測量、衛星観測)の出現と急激な進展 ・傾斜計・伸縮計による地殻変動の急激な傾向の変化	・国土地理院「電子基準点データ提供サービス」 ・防災科学技術研究所「火山観測データ一元化共有システム」	1回/週程度	・公的機関の公開データを用いた当社検討
			・洞爺カルデラ及び支笏カルデラ周辺の当社水準測量	1回/2年※5	・当社の測量成果を用いた当社検討
			・気象庁「火山噴火予知速報資料」※4 ・国土地理院「干渉SAR時系列解析」	2回/年程度 随時	・公的機関の評価を収集・分析 ・公的機関の公開データを用いた当社検討
	傾斜計伸縮計	・気象庁「火山噴火予知速報資料」※4 ・気象庁「火山活動解説資料」※4	2回/年程度 1回/月	・公的機関の評価を収集・分析	
火山ガス・熱活動(表面活動)	・既往の火山ガス放出場所の拡大又は消滅、あるいは、放出場所の出現(新たな火口や火道の形成など) ・火山ガスの放出量に急激な傾向の変化(増加又は減少)	・気象庁「火山噴火予知速報資料」※4 ・気象庁「火山活動解説資料」※4	2回/年程度 1回/月	・公的機関の評価を収集・分析	
その他の監視項目※2	噴出場所及び噴出物	・既往の火口の拡大や消滅、新たな火口や火道の形成 ・マグマ成分の物理的・化学的性質の変化(例えば、玄武岩質ないし安山岩質から流紋岩質への変化等)	・気象庁「火山活動解説資料」 ・文献、学会発表、報道発表等	1回/月 随時	・公的機関等の評価を収集・分析
	噴火様式	・噴煙柱高度が数十km程度のプリニー式噴火の発生と更なる活動拡大の傾向	・気象庁「火山活動解説資料」 ・文献、学会発表、報道発表等	1回/月 随時	・公的機関等の評価を収集・分析
	地下構造	・地震波速度構造や比抵抗構造により、地殻内に推定される低速度及び低比抵抗領域の拡大又は消滅、あるいは、新たな低速度及び低比抵抗領域の出現	・防災科学技術研究所「日本列島の三次元地震波速度構造」	随時	・公的機関の評価を収集・分析
	その他	-	・文献、学会発表、報道発表等	随時	・公的機関等の評価を収集・分析

※1 状態変化を把握できるように連続的にデータ習得を行う項目 ※2 状況に応じて情報収集やデータ取得を行う項目
 ※3 <https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/hypo.html>, <https://hinetwww11.bosai.go.jp/auth/JMA/?LANG=ja>
 ※4 洞爺カルデラの後カルデラ火山である有珠山及び支笏カルデラの後カルデラ火山である樽前山が対象
 ※5 洞爺カルデラ及び支笏カルデラの水準測量を隔年で交互に実施

6.3 定期的評価

- 6.2章で示した監視項目について、当社は原則として月1回、観測データの有意な変化を把握するため、判断基準に係るデータ整理・検討等を実施。
- その上で、当社は原則として年1回、定期的評価を実施。
- 定期的評価に当たっては、第三者(火山専門家等)から火山活動に関する助言を頂く。

6.4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処

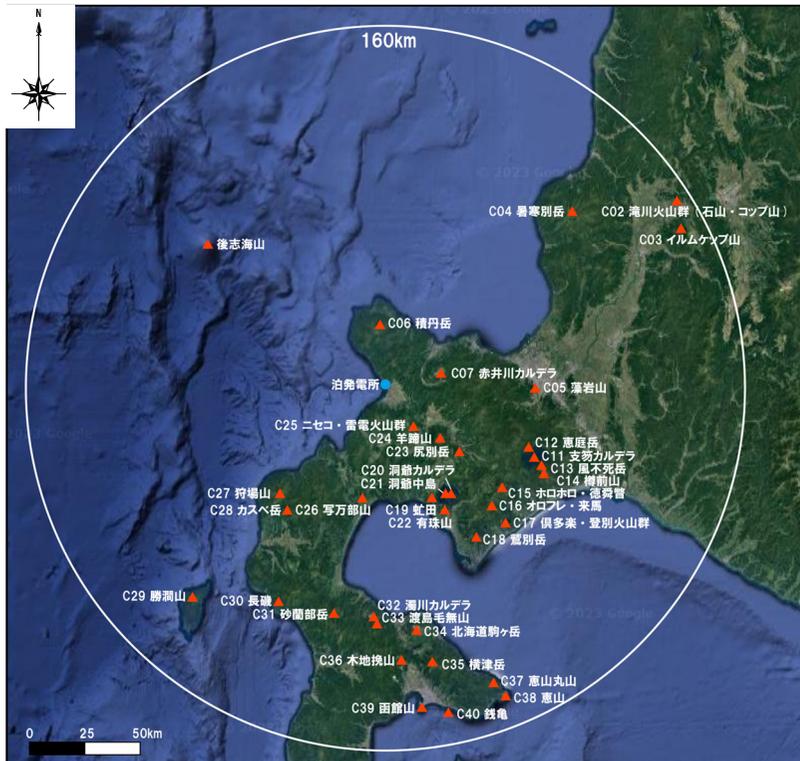
- 洞爺カルデラ及び支笏カルデラにおいて設定した判断基準を超過する等、観測データに有意な変化が認められた場合は、第三者(火山専門家等)の助言を踏まえ、必要に応じてモニタリング体制を強化し、最新の科学的知見に基づき可能な限りの対処を行う。対処例は以下のとおり。
 - ・変化の原因等の検討
 - ・必要に応じて除灰体制の整備、準備及び実施
- 上記対処を行った上で、設計対応不可能な火山事象が発電所に影響を及ぼす可能性があるとして判断した場合は、原子炉の停止、適切な核燃料の搬出等を実施。
- なお、管理基準及び判断基準については、モニタリング、火山活動の評価技術等の進展によって適宜見直す。

火山活動のモニタリング

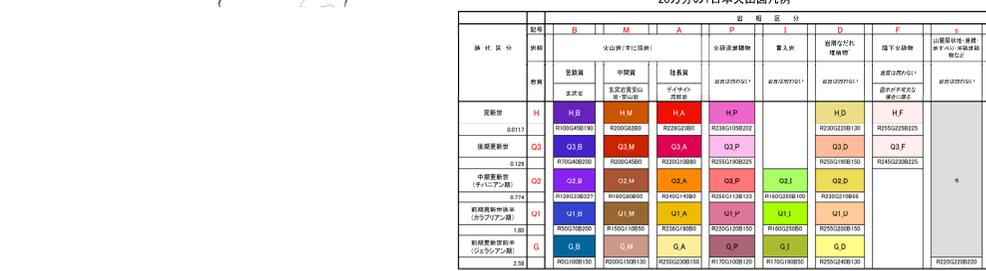
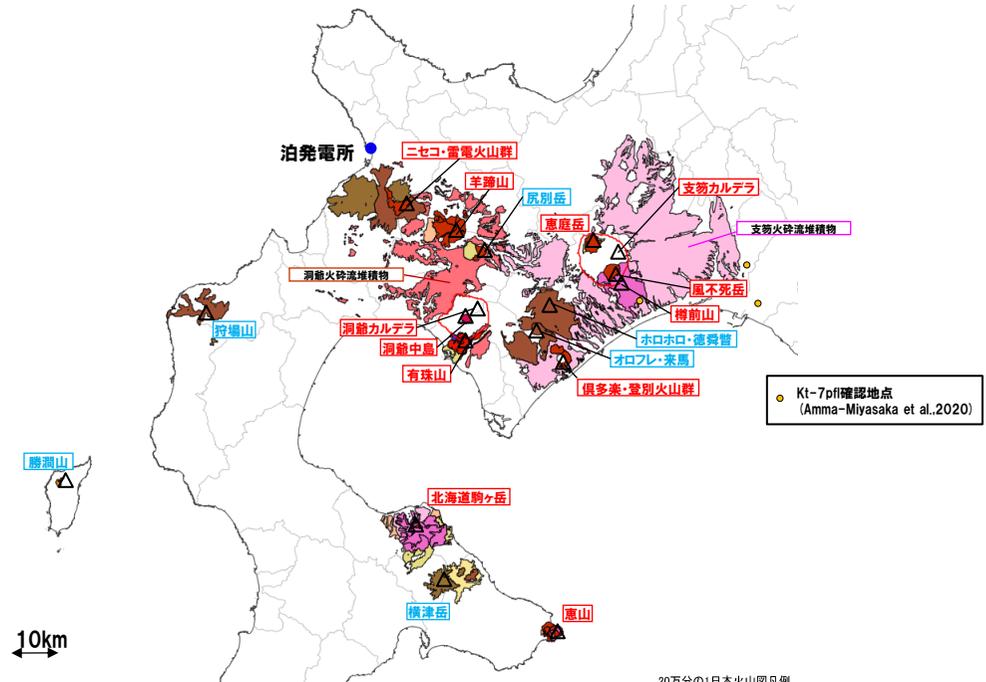
2. 火山影響評価の概要

⑤ 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した13火山の火山噴出物の分布

一部修正 (R6/2/16審査会合)



敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山の位置図
 (第四紀火山の位置は産業技術総合研究所「日本の火山(DB)」及び西来ほか編(2012)に基づく。
 地質図Navi(ver.1.2.1.20230302)を基に作成)



原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した
 13火山の火山噴出物の分布
 (産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2020)「20万分の1日本火山図」を基に作成)

6. 火山活動のモニタリング

1. 指摘事項	
2. 火山影響評価の概要	P. 4
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	
3.1 地理的領域にある第四紀火山	
3.2 将来の火山活動可能性の評価	
4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価	
4.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	
4.2 巨大噴火の可能性評価	
4.2.1 巨大噴火の可能性評価方法	
4.2.2 支笏カルデラの評価	
4.2.3 洞爺カルデラの評価	
4.3 最後の巨大噴火以降の噴火に伴う設計対応不可能な火山事象の到達可能性評価	
4.4 ニセコ・雷電火山群の評価	
5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価	
5.1 降下火砕物の影響評価	
5.1.1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	
5.1.2 降下火砕物シミュレーション	
5.1.3 設計に用いる降下火砕物の層厚	
5.1.4 設計に用いる降下火砕物の密度・粒径	
5.2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	
6. 火山活動のモニタリング	P. 12
6.1 監視対象火山	P. 15
6.2 監視項目	P. 19
6.3 定期的評価	P. 27
6.4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処	P. 31
7. 火山影響評価のまとめ	
参考文献	P. 56

1. 指摘事項	
2. 火山影響評価の概要	P. 4
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	
3.1 地理的領域にある第四紀火山	
3.2 将来の火山活動可能性の評価	
4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価	
4.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	
4.2 巨大噴火の可能性評価	
4.2.1 巨大噴火の可能性評価方法	
4.2.2 支笏カルデラの評価	
4.2.3 洞爺カルデラの評価	
4.3 最後の巨大噴火以降の噴火に伴う設計対応不可能な火山事象の到達可能性評価	
4.4 ニセコ・雷電火山群の評価	
5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価	
5.1 降下火砕物の影響評価	
5.1.1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	
5.1.2 降下火砕物シミュレーション	
5.1.3 設計に用いる降下火砕物の層厚	
5.1.4 設計に用いる降下火砕物の密度・粒径	
5.2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	
6. 火山活動のモニタリング	P. 12
6.1 監視対象火山	P. 15
6.2 監視項目	P. 19
6.3 定期的評価	P. 27
6.4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処	P. 31
7. 火山影響評価のまとめ	
参考文献	P. 56

6.1 監視対象火山

泊発電所における火山影響評価のうち火山活動のモニタリングの流れ

6. 火山活動のモニタリング

6.1 監視対象火山

- 洞爺カルデラについては、第四紀に設計対応不可能な火山事象が敷地に到達した可能性を否定できないことから、原子力発電所の火山影響評価ガイドに基づく監視対象火山として抽出し、モニタリングを実施。
- 支笏カルデラについては、第四紀に設計対応不可能な火山事象が敷地に到達していないと評価しているが、洞爺カルデラと同様、火砕流堆積物が広範囲に分布し、給源から敷地方向に数十kmにわたって分布することを踏まえ、監視対象火山として抽出し、モニタリングを実施。

洞爺カルデラ
↓
支笏カルデラ

6.2 監視項目

【モニタリングの監視項目】

- 洞爺カルデラ及び支笏カルデラにおける火山活動のモニタリングの監視項目、確認事項及び評価方法を下表のとおり整理。

監視項目	確認事項	主に用いるデータ名	データの更新頻度	評価方法	
主な監視項目※1	地盤活動	・既往の構造性地震、火山性地震等の地震発生領域(震源分布)の拡大又は消滅、あるいは、新たな地震発生領域の出現 ・地震発生数の急激な変化(増加又は減少)	・一元化処理震源データ(気象庁、大学、防災科学技術研究所等)※3 ・即時	・公的機関の公開データを用いた当社検討	
	GNSS	・GNSS連続観測による基準長や上下変動の急激な傾向の変化(増加又は減少)、水準測量による地盤の上下変動の急激な傾向の変化(隆起又は沈降)	・国土地理院「電子基準点データ提供サービス」 ・防災科学技術研究所「火山観測データ一元化共有システム」	・1回/週程度	・公的機関の公開データを用いた当社検討
			・洞爺カルデラ及び支笏カルデラ周辺の当社水準測量	・1回/2年※5	・当社の測量成果を用いた当社検討
			・衛星観測(GNSS、水準測量、衛星観測)の出現と急激な進展 ・傾斜計・伸縮計による地盤変動の急激な傾向の変化	・気象庁「火山噴火予知速報資料」※4 ・国土地理院「干涉SAR時系列解析」	・2回/年程度 ・随時
	傾斜計伸縮計	・既往の火山ガス放出場所の拡大又は消滅、あるいは、放出場所の出現(新たな火口や火道の形成など) ・火山ガスの放出量に急激な傾向の変化(増加又は減少)	・気象庁「火山噴火予知速報資料」※4 ・気象庁「火山活動解説資料」※4	・2回/年程度 ・1回/月	・公的機関の評価を収集・分析
火山ガス・熱活動(表面活動)	・既往の火山ガス放出場所の拡大又は消滅、あるいは、放出場所の出現(新たな火口や火道の形成など) ・火山ガスの放出量に急激な傾向の変化(増加又は減少)	・気象庁「火山活動解説資料」 ・文献、学会発表、報道発表等	・1回/月 ・随時	・公的機関等の評価を収集・分析	
その他の監視項目※2	噴出場所及び噴出物	・噴煙柱高度が数十km程度のプリニー式噴火の発生と異なる活動拡大の傾向	・気象庁「火山活動解説資料」 ・文献、学会発表、報道発表等	・1回/月 ・随時	・公的機関等の評価を収集・分析
	噴火様式	・地震波速度構造や比抵抗構造により、地殻内に推定される低速度及び低比抵抗領域の拡大又は消滅、あるいは、新たな低速度及び低比抵抗領域の出現	・防災科学技術研究所「日本列島の三次元地震波速度構造」	・随時	・公的機関の評価を収集・分析
	地下構造	・文献、学会発表、報道発表等	・随時	・公的機関等の評価を収集・分析	
その他	—	—	—	—	

※1 状態変化を把握できるように連続的にデータ習得を行う項目 ※2 状況に応じて情報収集やデータ取得を行う項目
 ※3 <https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/hypo.html>, <https://hinetwww11.bosai.go.jp/auth/JMA/?LANG=ja>
 ※4 洞爺カルデラの後カルデラ火山である有珠山及び支笏カルデラの後カルデラ火山である樽前山が対象
 ※5 洞爺カルデラ及び支笏カルデラの水準測量を隔年で交互に実施

6.3 定期的評価

- 6.2章で示した監視項目について、当社は原則として月1回、観測データの有意な変化を把握するため、判断基準に係るデータ整理・検討等を実施。
- その上で、当社は原則として年1回、定期的評価を実施。
- 定期的評価に当たっては、第三者(火山専門家等)から火山活動に関する助言を頂く。

6.4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処

- 洞爺カルデラ及び支笏カルデラにおいて設定した判断基準を超過する等、観測データに有意な変化が認められた場合は、第三者(火山専門家等)の助言を踏まえ、必要に応じてモニタリング体制を強化し、最新の科学的知見に基づき可能な限りの対処を行う。対処例は以下のとおり。
 - ・変化の原因等の検討
 - ・必要に応じて除灰体制の整備、準備及び実施
- 上記対処を行った上で、設計対応不可能な火山事象が発電所に影響を及ぼす可能性があるとして判断した場合は、原子炉の停止、適切な核燃料の搬出等を実施。
- なお、管理基準及び判断基準については、モニタリング、火山活動の評価技術等の進展によって適宜見直す。

火山活動のモニタリング

監視対象火山の抽出結果 (1/2)

一部修正 (R5/10/6審査会合)

○過去に巨大噴火が発生した洞爺カルデラ及び支笏カルデラについては、設計対応不可能な火山事象である火砕物密度流が敷地に到達した可能性を、以下のとおり評価した（詳細は、補足説明資料2章参照）。

【洞爺カルデラの最大規模の噴出物 (Tp) のうち、洞爺火砕流堆積物】

- 洞爺カルデラについては、過去最大規模の噴火（巨大噴火）に伴う洞爺火砕流が広範囲に分布し、給源から敷地方向に数十kmにわたって分布する（分布状況は、次頁右図参照）。
- 文献に示される洞爺火砕流堆積物の最大到達距離と層厚の確認並びに文献及び当社地質調査を踏まえた、敷地及び敷地近傍における洞爺火砕流堆積物の分布状況の確認に基づいた検討の結果、当該火砕流が敷地に到達した可能性を否定できないと評価した。

【支笏カルデラの最大規模の噴出物 (Sp-1) のうち、支笏火砕流堆積物 (Spfl)】

- 支笏カルデラについては、過去最大規模の噴火（巨大噴火）に伴う支笏火砕流が広範囲に分布し、給源から敷地方向に数十kmにわたって分布する（分布状況は、次頁右図参照）。
- 文献に示される支笏火砕流堆積物 (Spfl) の最大到達距離と層厚の確認並びに文献及び当社地質調査を踏まえた、敷地周辺における支笏火砕流堆積物の分布状況の確認に基づいた検討の結果、当該火砕流は敷地には到達していないと評価した。



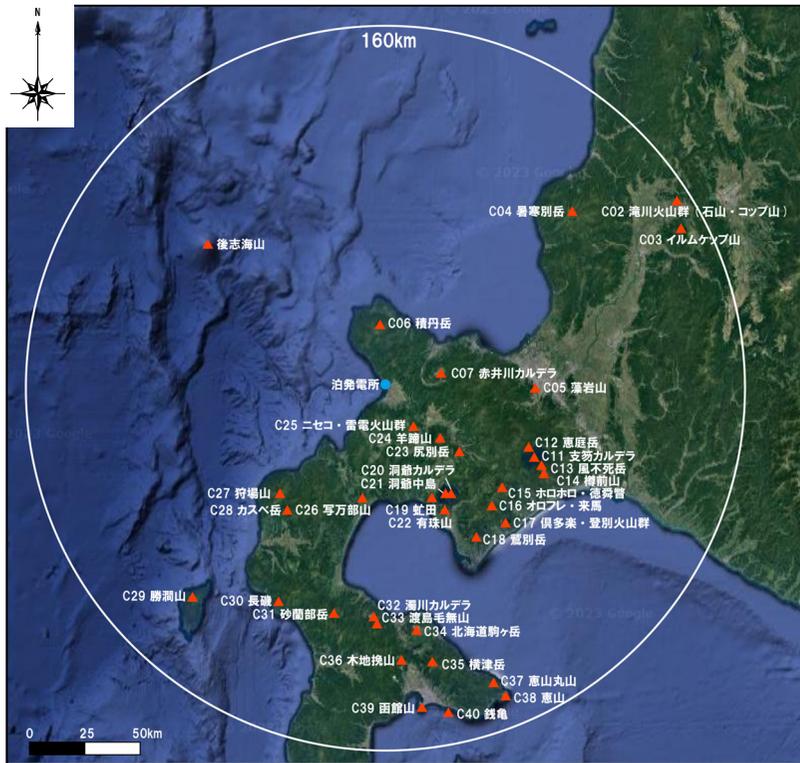
【監視対象火山の抽出結果】

- 洞爺カルデラについては、第四紀に設計対応不可能な火山事象が敷地に到達した可能性を否定できないことから、原子力発電所の火山影響評価ガイドに基づく監視対象火山として抽出し、モニタリングを実施する。
- 支笏カルデラについては、第四紀に設計対応不可能な火山事象が敷地に到達していないと評価しているが、洞爺カルデラと同様、火砕流堆積物が広範囲に分布し、給源から敷地方向に数十kmにわたって分布することを踏まえ、監視対象火山として抽出し、モニタリングを実施する。

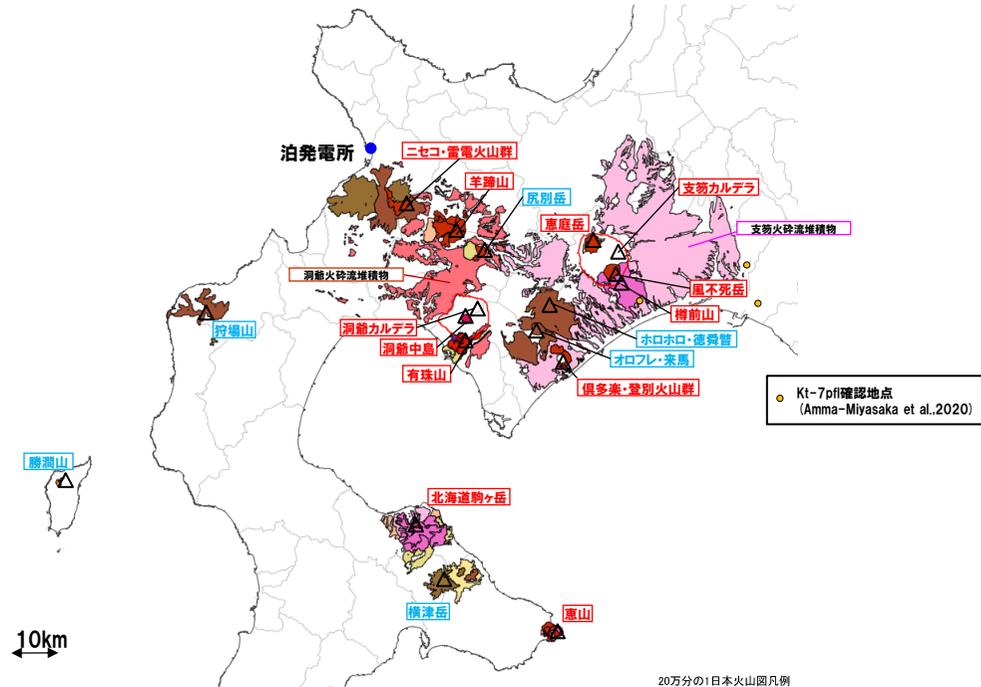
6.1 監視対象火山

監視対象火山の抽出結果 (2/2)

一部修正 (R6/2/16審査会合)



敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山の位置図
 (第四紀火山の位置は産業技術総合研究所「日本の火山(DB)」及び西来ほか編(2012)に基づく。
 地質図Navi(ver.1.2.1.20230302)を基に作成)



10km

20万分の1日本火山図凡例

国	行政区分									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
北海道	H	H B	H M	H A	H P		H D	H F		
東北	Q3	Q3 B	Q3 M	Q3 A	Q3 P		Q3 D	Q3 F		
関東	Q2	Q2 B	Q2 M	Q2 A	Q2 P		Q2 D	Q2 F		
中部	Q1	Q1 B	Q1 M	Q1 A	Q1 P		Q1 D	Q1 F		
近畿	G	G B	G M	G A	G P		G D	G F		
中国										
四国										
九州										

原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した
 13火山の火山噴出物の分布
 (産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2020)「20万分の1日本火山図」を基に作成)

1. 指摘事項	
2. 火山影響評価の概要	P. 4
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	
3.1 地理的領域にある第四紀火山	
3.2 将来の火山活動可能性の評価	
4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価	
4.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	
4.2 巨大噴火の可能性評価	
4.2.1 巨大噴火の可能性評価方法	
4.2.2 支笏カルデラの評価	
4.2.3 洞爺カルデラの評価	
4.3 最後の巨大噴火以降の噴火に伴う設計対応不可能な火山事象の到達可能性評価	
4.4 ニセコ・雷電火山群の評価	
5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価	
5.1 降下火砕物の影響評価	
5.1.1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	
5.1.2 降下火砕物シミュレーション	
5.1.3 設計に用いる降下火砕物の層厚	
5.1.4 設計に用いる降下火砕物の密度・粒径	
5.2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	
6. 火山活動のモニタリング	P. 12
6.1 監視対象火山	P. 15
6.2 監視項目	P. 19
6.3 定期的評価	P. 27
6.4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処	P. 31
7. 火山影響評価のまとめ	
参考文献	P. 56

6.2 監視項目

泊発電所における火山影響評価のうち火山活動のモニタリングの流れ

6. 火山活動のモニタリング

6.1 監視対象火山

- 洞爺カルデラについては、第四紀に設計対応不可能な火山事象が敷地に到達した可能性を否定できないことから、原子力発電所の火山影響評価ガイドに基づく監視対象火山として抽出し、モニタリングを実施。
- 支笏カルデラについては、第四紀に設計対応不可能な火山事象が敷地に到達していないと評価しているが、洞爺カルデラと同様、火砕流堆積物が広範囲に分布し、給源から敷地方向に数十kmにわたって分布することを踏まえ、監視対象火山として抽出し、モニタリングを実施。

洞爺カルデラ
支笏カルデラ

6.2 監視項目

【モニタリングの監視項目】

○洞爺カルデラ及び支笏カルデラにおける火山活動のモニタリングの監視項目、確認事項及び評価方法を下表のとおり整理。

監視項目	確認事項	主に用いるデータ名	データの更新頻度	評価方法	
主な監視項目※1	地震活動	・既往の構造性地震、火山性地震等の地震発生領域(震源分布)の拡大又は消滅、あるいは、新たな地震発生領域の出現 ・地震発生数の急激な変化(増加又は減少)	・一元化処理震源データ(気象庁、大学、防災科学技術研究所等)※3 随時	・公的機関の公開データを用いた当社検討	
	GNSS 地盤変動 水準測量 衛星観測 傾斜計 伸縮計	・GNSS連続観測による基準長や上下変動の急激な傾向の変化(増加又は減少)、水準測量による地盤の上下変動の急激な傾向の変化(隆起又は沈降) ・既往の地盤変動とは異なる場所での地盤変動(GNSS、水準測量、衛星観測)の出現と急激な進展 ・傾斜計・伸縮計による地盤変動の急激な傾向の変化	・国土地理院「電子基準点データ提供サービス」 ・防災科学技術研究所「火山観測データ一元化共有システム」 1回/週程度 ・洞爺カルデラ及び支笏カルデラ周辺の当社水準測量 1回/2年※5	・公的機関の公開データを用いた当社検討 ・当社の測量成果を用いた当社検討	
		火山ガス・熱活動(表面活動)	・既往の火山ガス放出場所の拡大又は消滅、あるいは、放出場所の出現(新たな火口や火道の形成など) ・火山ガスの放出量に急激な傾向の変化(増加又は減少)	・気象庁「火山噴火予知速報資料」※4 ・国土地理院「干渉SAR時系列解析」 2回/年程度 随時 ・気象庁「火山噴火予知速報資料」※4 ・気象庁「火山活動解説資料」※4 2回/年程度 1回/月	・公的機関の評価を収集・分析 ・公的機関の公開データを用いた当社検討 ・公的機関の評価を収集・分析
		噴出場所及び噴出物	・既往の火口の拡大や消滅、新たな火口や火道の形成 ・マグマ成分の物理的・化学的性質の変化(例えば、玄武岩質ないし安山岩質から流紋岩質への変化等) ・噴煙柱高度が数十km程度のプリニー式噴火の発生と更なる活動拡大の傾向	・気象庁「火山活動解説資料」 ・文献、学会発表、報道発表等 1回/月 随時	・公的機関等の評価を収集・分析
	噴火様式	・噴煙柱高度が数十km程度のプリニー式噴火の発生と更なる活動拡大の傾向	・気象庁「火山活動解説資料」 ・文献、学会発表、報道発表等 1回/月 随時	・公的機関等の評価を収集・分析	
その他の監視項目※2	地下構造 ・地震波速度構造や比抵抗構造により、地殻内に推定される低速度及び低比抵抗領域の拡大又は消滅、あるいは、新たな低速度及び低比抵抗領域の出現	・防災科学技術研究所「日本列島の三次元地震波速度構造」 随時	・公的機関の評価を収集・分析	・公的機関の評価を収集・分析	
その他	-	・文献、学会発表、報道発表等 随時	・公的機関等の評価を収集・分析	・公的機関等の評価を収集・分析	

※1 状態変化を把握できるように連続的にデータ習得を行う項目 ※2 状況に応じて情報収集やデータ取得を行う項目
 ※3 <https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/hypo.html>, <https://hinetwww11.bosai.go.jp/auth/JMA/?LANG=ja>
 ※4 洞爺カルデラの後カルデラ火山である有珠山及び支笏カルデラの後カルデラ火山である樽前山が対象
 ※5 洞爺カルデラ及び支笏カルデラの水準測量を隔年で交互に実施

6.3 定期的評価

- 6.2章で示した監視項目について、当社は原則として月1回、観測データの有意な変化を把握するため、判断基準に係るデータ整理・検討等を実施。
- その上で、当社は原則として年1回、定期的評価を実施。
- 定期的評価に当たっては、第三者(火山専門家等)から火山活動に関する助言を頂く。

6.4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処

- 洞爺カルデラ及び支笏カルデラにおいて設定した判断基準を超過する等、観測データに有意な変化が認められた場合は、第三者(火山専門家等)の助言を踏まえ、必要に応じてモニタリング体制を強化し、最新の科学的知見に基づき可能な限りの対処を行う。対処例は以下のとおり。
 - ・変化の原因等の検討
 - ・必要に応じて除灰体制の整備、準備及び実施
- 上記対処を行った上で、設計対応不可能な火山事象が発電所に影響を及ぼす可能性があるとして判断した場合は、原子炉の停止、適切な核燃料の搬出等を実施。
- なお、管理基準及び判断基準については、モニタリング、火山活動の評価技術等の進展によって適宜見直す。

火山活動のモニタリング

洞爺カルデラ及び支笏カルデラにおけるモニタリングの実施方法(1/2)

一部修正(H28/2/5審査会合)

【モニタリングの実施目的】

- 監視対象火山である洞爺カルデラ及び支笏カルデラについては、活動履歴、地球物理学的調査及び網羅的な文献調査の結果から、いずれも運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価した。
- 両カルデラに対して、評価時からの状態の変化の検知により評価の根拠が維持されていることを確認する。

【監視項目、確認事項及び評価方法】

(監視項目)

- 原子炉安全専門審査会原子炉火山部会報告書『火山モニタリングにおける「観測データに有意な変化があったと判断する目安」について』においては、以下の考え方が示されている。

【同報告書に示される考え方】

- 本部会は、現在の巨大噴火に係る科学的知見を考慮し、巨大噴火の前段階で何らかの前兆現象が生じることは想定されるものの、歴史記録として巨大噴火を経験しておらず、地質学的な情報を基にした研究が進められている段階であり、原子炉の停止等に係る判断の目安となる前兆現象を明確に定義することは困難であることから、現在の科学的知見で検討可能である、「平常時の火山活動とは異なる兆候を継続的に示している場合の目安」であると考え方を整理した。

- 当社で実施するモニタリングにおける監視項目は、上記の考え方及び監視対象火山がいずれも過去に巨大噴火が発生していることを踏まえ、同報告書にとりまとめられている「①主な監視項目」におけるチェックリスト及び「②その他の監視項目」のチェックリストに基づき、以下を設定する。

- ・「地震活動」
- ・「地殻変動・地盤変動(GNSS, 水準測量, 衛星観測及び傾斜計・伸縮計)」
- ・「火山ガス・熱活動(表面活動)」
- ・「噴出場所及び噴出物」
- ・「噴火様式」
- ・「地下構造」

(確認事項)

- モニタリングにおける確認事項は、同報告書のチェックリストに基づき、各監視項目に対して、有意な変化の有無を確認することを目的に、次頁のとおり設定する。

(評価方法)

- モニタリングにおける評価方法は、気象庁、防災科学技術研究所等の公的機関が公開している「火山噴火予知連資料」、「火山活動解説資料」、「日本列島下の三次元地震波速度構造」等における評価の収集・分析に加え、気象庁、国土地理院等の公的機関が公開している震源データ、電子基準点データ、干渉SAR時系列解析データや、当社が実施する水準測量結果を用いた当社検討により実施する。



(次頁へ続く)

6.2 監視項目

洞爺カルデラ及び支笏カルデラにおけるモニタリングの実施方法 (2/2)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

(前頁からの続き)

- 洞爺カルデラ及び支笏カルデラにおける火山活動のモニタリングの監視項目、確認事項及び評価方法を下表のとおり整理した。
○下表に示す監視項目のうち、当社が検討を実施する「地震活動」及び「地殻変動・地盤変動 (GNSS及び水準測量)」については、監視に用いるデータ観測点の位置図及び測量路線を次頁～P24に示す。

洞爺カルデラ及び支笏カルデラにおける火山活動のモニタリング監視項目、確認事項及び評価方法

監視項目		確認事項	主に用いるデータ名	データの更新頻度	評価方法	
主な監視項目※1	地震活動	<ul style="list-style-type: none"> 既往の構造性地震、火山性地震等の地震発生領域 (震源分布) の拡大又は消滅、あるいは、新たな地震発生領域の出現 地震発生数の急激な変化 (増加又は減少) 	一元化処理震源データ (気象庁、大学、防災科学技術研究所等) ※3	随時	公的機関の公開データを用いた当社検討	
	地殻変動 地盤変動	<ul style="list-style-type: none"> GNSS連続観測による基線長や上下変動の急激な傾向の変化 (増加又は減少)、水準測量による地盤の上下変動の急激な傾向の変化 (隆起又は沈降) 既往の地殻変動とは異なる場所での地殻変動 (GNSS、水準測量、衛星観測) の出現と急速な進展 傾斜計・伸縮計による地盤変動の急激な傾向の変化 	国土地理院「電子基準点データ提供サービス」	1回/週程度	公的機関の公開データを用いた当社検討	
			水準測量	防災科学技術研究所「火山観測データ一元化共有システム」	1回/2年※5	当社の測量成果を用いた当社検討
			衛星観測	洞爺カルデラ及び支笏カルデラ周辺の当社水準測量	2回/年程度 随時	公的機関の評価を収集・分析 公的機関の公開データを用いた当社検討
			傾斜計 伸縮計	気象庁「火山噴火予知連資料」※4 国土地理院「干渉SAR時系列解析」	2回/年程度 1回/月	公的機関の評価を収集・分析
	火山ガス・熱活動 (表面活動)	<ul style="list-style-type: none"> 既往の火山ガス放出場所の拡大又は消滅、あるいは、放出場所の出現 (新たな火口や火道の形成など) 火山ガスの放出量に急激な傾向の変化 (増加又は減少) 	気象庁「火山噴火予知連資料」※4 気象庁「火山活動解説資料」※4	2回/年程度 1回/月	公的機関の評価を収集・分析	
その他の監視項目※2	噴出場所及び噴出物	<ul style="list-style-type: none"> 既往の火口の拡大や消長、新たな火口や火道の形成 マグマ成分の物理的・化学的性質の変化 (例えば、玄武岩質ないし安山岩質から流紋岩質への変化等) 	気象庁「火山活動解説資料」 文献、学会発表、報道発表等	1回/月 随時	公的機関等の評価を収集・分析	
	噴火様式	噴煙柱高度が数十km程度のプリニー式噴火の発生と更なる活動拡大化の傾向	気象庁「火山活動解説資料」 文献、学会発表、報道発表等	1回/月 随時	公的機関等の評価を収集・分析	
	地下構造	地震波速度構造や比抵抗構造により、地殻内に推定される低速度及び低比抵抗領域の拡大又は消滅、あるいは、新たな低速度及び低比抵抗領域の出現	防災科学技術研究所「日本列島下の三次元地震波速度構造」	随時	公的機関の評価を収集・分析	
	その他	—	文献、学会発表、報道発表等	随時	公的機関等の評価を収集・分析	

※1 状態変化を把握できるように連続的にデータ取得を行う項目 ※2 状況に応じて情報収集やデータ取得を行う項目

※3 <https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/hypo.html>, <https://hinetwww11.bosai.go.jp/auth/JMA/?LANG=ja>

※4 洞爺カルデラの後カルデラ火山である有珠山及び支笏カルデラの後カルデラ火山である樽前山が対象 ※5 洞爺カルデラ及び支笏カルデラの水準測量を隔年で交互に実施

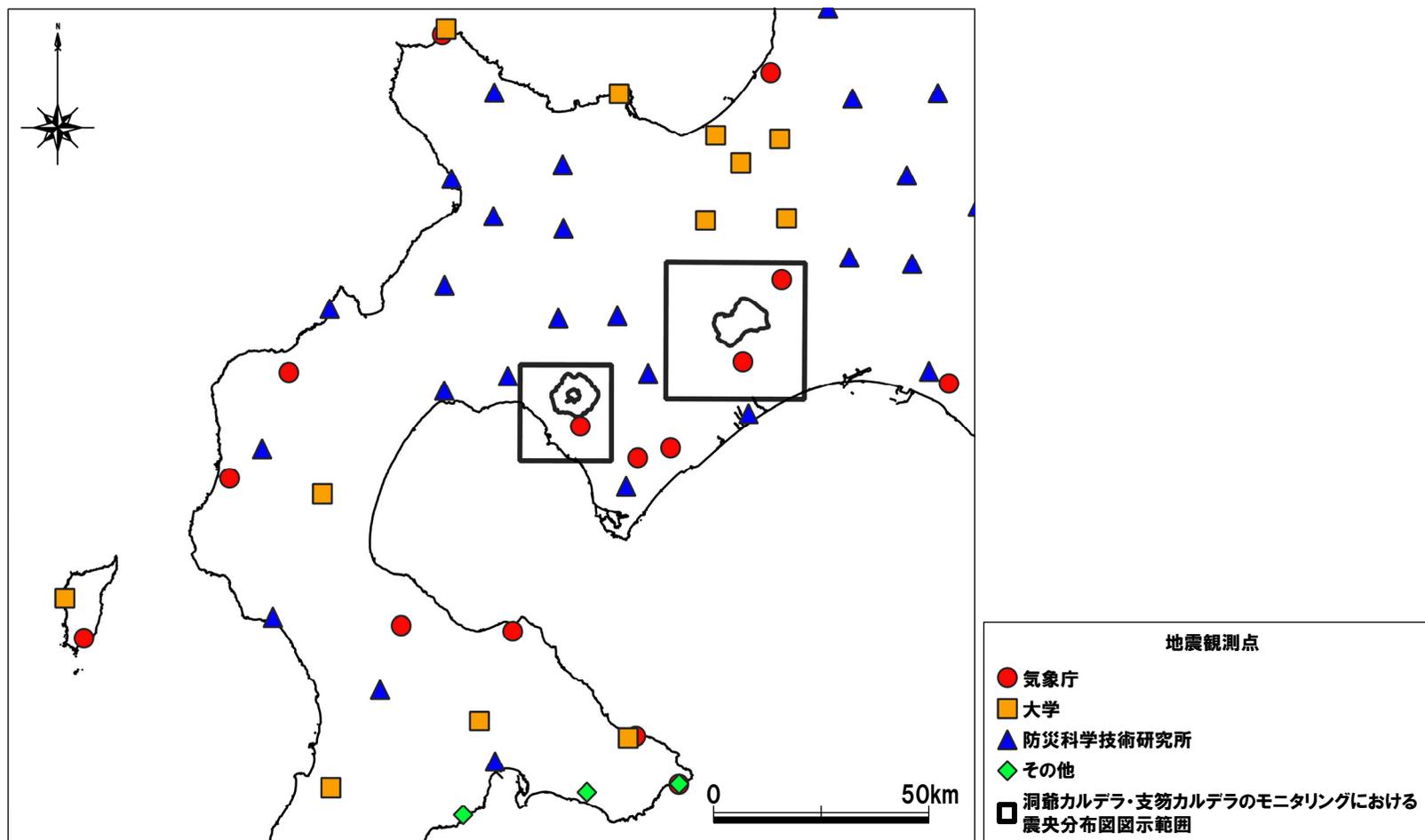
① 地震活動

一部修正 (R3/10/14審査会合)

○当社検討に用いる「地震活動」データは、公的機関の公開データである一元化处理震源データ(気象庁, 大学, 防災科学技術研究所等)※とする。

○なお, 上述の公開データが使用している北海道の観測点については, 下図のとおり。

※<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/hypo.html>, <https://hinetwww11.bosai.go.jp/auth/JMA/?LANG=ja>



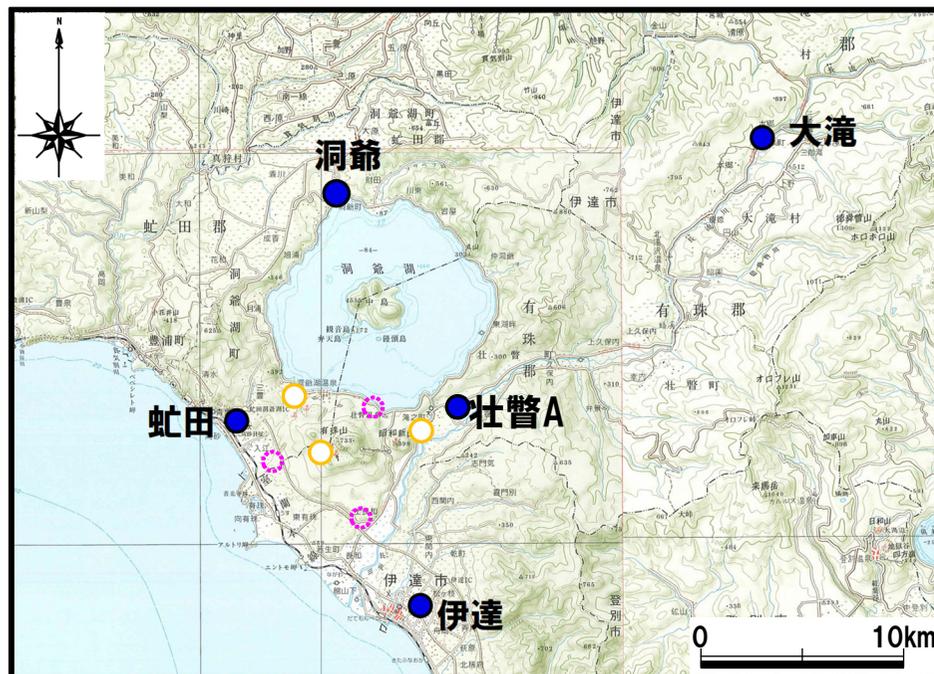
地震観測点(気象庁地震観測点一覧を基に当社が作成)

6.2 監視項目

② 地殻変動・地盤変動 (GNSS)

○当社検討に用いる「地殻変動 (GNSS)」データは、公的機関の公開データである国土地理院「電子基準点データ提供サービス」及び防災科学技術研究所「火山観測データ一元化共有システム」とし、下図に示す電子基準点を用いる。

洞爺カルデラ



支笏カルデラ



凡例

- 国土地理院の電子基準点
- 防災科学技術研究所の電子基準点
- 気象庁の電子基準点

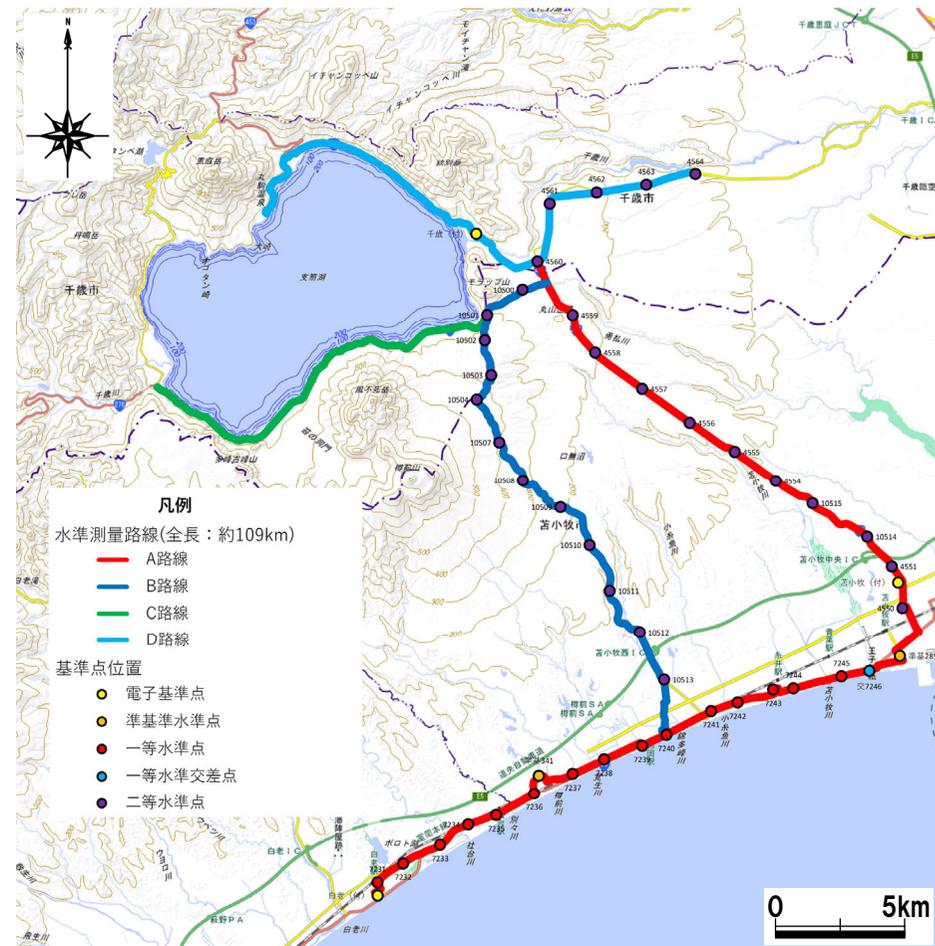
6.2 監視項目

③ 地殻変動・地盤変動(水準測量)

○当社検討に用いる「地殻変動(水準測量)」は、下図の測量路線(案)にて実施する予定である。



洞爺カルデラの水準測量路線(案)(地理院地図に加筆)



支笏カルデラの水準測量路線(案)(地理院地図に加筆)

余白

1. 指摘事項	
2. 火山影響評価の概要	P. 4
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	
3.1 地理的領域にある第四紀火山	
3.2 将来の火山活動可能性の評価	
4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価	
4.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	
4.2 巨大噴火の可能性評価	
4.2.1 巨大噴火の可能性評価方法	
4.2.2 支笏カルデラの評価	
4.2.3 洞爺カルデラの評価	
4.3 最後の巨大噴火以降の噴火に伴う設計対応不可能な火山事象の到達可能性評価	
4.4 ニセコ・雷電火山群の評価	
5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価	
5.1 降下火砕物の影響評価	
5.1.1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	
5.1.2 降下火砕物シミュレーション	
5.1.3 設計に用いる降下火砕物の層厚	
5.1.4 設計に用いる降下火砕物の密度・粒径	
5.2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	
6. 火山活動のモニタリング	P. 12
6.1 監視対象火山	P. 15
6.2 監視項目	P. 19
6.3 定期的評価	P. 27
6.4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処	P. 31
7. 火山影響評価のまとめ	
参考文献	P. 56

6.3 定期的評価

泊発電所における火山影響評価のうち火山活動のモニタリングの流れ

6. 火山活動のモニタリング

6.1 監視対象火山

- 洞爺カルデラについては、第四紀に設計対応不可能な火山事象が敷地に到達した可能性を否定できないことから、原子力発電所の火山影響評価ガイドに基づく監視対象火山として抽出し、モニタリングを実施。
- 支笏カルデラについては、第四紀に設計対応不可能な火山事象が敷地に到達していないと評価しているが、洞爺カルデラと同様、火砕流堆積物が広範囲に分布し、給源から敷地方向に数十kmにわたって分布することを踏まえ、監視対象火山として抽出し、モニタリングを実施。

洞爺カルデラ
支笏カルデラ

6.2 監視項目

【モニタリングの監視項目】

- 洞爺カルデラ及び支笏カルデラにおける火山活動のモニタリングの監視項目、確認事項及び評価方法を下表のとおり整理。

監視項目	確認事項	主に用いるデータ名	データの更新頻度	評価方法	
主な監視項目※1	地盤活動	・既往の構造性地震、火山性地震等の地震発生領域(震源分布)の拡大又は消滅、あるいは、新たな地震発生領域の出現 ・地震発生数の急激な変化(増加又は減少)	・一元化処理震源データ(気象庁、大学、防災科学技術研究所等)※3	随時	・公的機関の公開データを用いた当社検討
	地盤変動 地盤変動	・GNSS連続観測による基線長や上下変動の急激な傾向の変化(増加又は減少)、水準測量による地盤の上下変動の急激な傾向の変化(隆起又は沈降) ・既往の地盤変動とは異なる場所での地盤変動(GNSS、水準測量、衛星観測)の出現と急激な進展 ・傾斜計・伸縮計による地盤変動の急激な傾向の変化	・国土地理院「電子基準点データ提供サービス」 ・防災科学技術研究所「火山観測データ一元化共有システム」	1回/週程度	・公的機関の公開データを用いた当社検討
			・洞爺カルデラ及び支笏カルデラ周辺の当社水準測量	1回/2年※5	・当社の測量成果を用いた当社検討
			・気象庁「火山噴火予知速報資料」※4 ・国土地理院「干渉SAR時系列解析」	2回/年程度 随時	・公的機関の評価を収集・分析 ・公的機関の公開データを用いた当社検討
	傾斜計 伸縮計	・気象庁「火山噴火予知速報資料」※4 ・気象庁「火山活動解説資料」※4	2回/年程度 1回/月	・公的機関の評価を収集・分析	
火山ガス・熱活動(表面活動)	・既往の火山ガス放出場所の拡大又は消滅、あるいは、放出場所の出現(新たな火口や火道の形成など) ・火山ガスの放出量に急激な傾向の変化(増加又は減少)	・気象庁「火山噴火予知速報資料」※4 ・気象庁「火山活動解説資料」※4	2回/年程度 1回/月	・公的機関の評価を収集・分析	
その他の監視項目※2	噴出場所及び噴出物	・既往の火口の拡大や消滅、新たな火口や火道の形成 ・マグマ成分の物理的・化学的性質の変化(例えば、玄武岩質ないし安山岩質から流紋岩質への変化等)	・気象庁「火山活動解説資料」 ・文献、学会発表、報道発表等	1回/月 随時	・公的機関等の評価を収集・分析
	噴火様式	・噴煙柱高度が数十km程度のプリニー式噴火の発生と異なる活動拡大の傾向	・気象庁「火山活動解説資料」 ・文献、学会発表、報道発表等	1回/月 随時	・公的機関等の評価を収集・分析
	地下構造	・地震波速度構造や低抵抗領域により、地殻内に推定される低速度及び低抵抗領域の拡大又は消滅、あるいは、新たな低速度及び低抵抗領域の出現	・防災科学技術研究所「日本列島の三次元地震波速度構造」	随時	・公的機関の評価を収集・分析
	その他	-	・文献、学会発表、報道発表等	随時	・公的機関等の評価を収集・分析

※1 状態変化を把握できるように連続的にデータ取得を行う項目 ※2 状況に応じて情報収集やデータ取得を行う項目
 ※3 <https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/hypo.html>, <https://hinetwww11.bosai.go.jp/auth/JMA/?LANG=ja>
 ※4 洞爺カルデラの後カルデラ火山である有珠山及び支笏カルデラの後カルデラ火山である樽前山が対象
 ※5 洞爺カルデラ及び支笏カルデラの水準測量を隔年で交互に実施

6.3 定期的評価

- 6.2章で示した監視項目について、当社は原則として月1回、観測データの有意な変化を把握するため、判断基準に係るデータ整理・検討等を実施。
- その上で、当社は原則として年1回、定期的評価を実施。
- 定期的評価に当たっては、第三者(火山専門家等)から火山活動に関する助言を頂く。

6.4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処

- 洞爺カルデラ及び支笏カルデラにおいて設定した判断基準を超過する等、観測データに有意な変化が認められた場合は、第三者(火山専門家等)の助言を踏まえ、必要に応じてモニタリング体制を強化し、最新の科学的知見に基づき可能な限りの対処を行う。対処例は以下のとおり。
 - ・変化の原因等の検討
 - ・必要に応じて除灰体制の整備、準備及び実施
- 上記対処を行った上で、設計対応不可能な火山事象が発電所に影響を及ぼす可能性があるとして判断した場合は、原子炉の停止、適切な核燃料の撤出等を実施。
- なお、管理基準及び判断基準については、モニタリング、火山活動の評価技術等の進展によって適宜見直す。

火山活動のモニタリング

洞爺カルデラ及び支笏カルデラにおける定期的評価

- 6.2章で示した監視項目について、当社は原則として月1回、観測データの有意な変化を把握するため、判断基準に係るデータ整理・検討等を実施する。
- その上で、当社は原則として年1回、定期的評価を実施する。
- 定期的評価に当たっては、第三者（火山専門家等）から火山活動に関する助言を頂く。

- なお、洞爺カルデラ及び支笏カルデラにおける観測データの有意な変化を把握した場合の対処については、後述の6.4章に示す。

余白

1. 指摘事項	
2. 火山影響評価の概要	P. 4
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	
3.1 地理的領域にある第四紀火山	
3.2 将来の火山活動可能性の評価	
4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価	
4.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	
4.2 巨大噴火の可能性評価	
4.2.1 巨大噴火の可能性評価方法	
4.2.2 支笏カルデラの評価	
4.2.3 洞爺カルデラの評価	
4.3 最後の巨大噴火以降の噴火に伴う設計対応不可能な火山事象の到達可能性評価	
4.4 ニセコ・雷電火山群の評価	
5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価	
5.1 降下火砕物の影響評価	
5.1.1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	
5.1.2 降下火砕物シミュレーション	
5.1.3 設計に用いる降下火砕物の層厚	
5.1.4 設計に用いる降下火砕物の密度・粒径	
5.2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	
6. 火山活動のモニタリング	P. 12
6.1 監視対象火山	P. 15
6.2 監視項目	P. 19
6.3 定期的評価	P. 27
6.4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処	P. 31
7. 火山影響評価のまとめ	
参考文献	P. 56

6. 4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処

泊発電所における火山影響評価のうち火山活動のモニタリングの流れ

6. 火山活動のモニタリング

6. 1 監視対象火山

- 洞爺カルデラについては、第四紀に設計対応不可能な火山事象が敷地に到達した可能性を否定できないことから、原子力発電所の火山影響評価ガイドに基づく監視対象火山として抽出し、モニタリングを実施。
- 支笏カルデラについては、第四紀に設計対応不可能な火山事象が敷地に到達していないと評価しているが、洞爺カルデラと同様、火砕流堆積物が広範囲に分布し、給源から敷地方向に数十kmにわたって分布することを踏まえ、監視対象火山として抽出し、モニタリングを実施。

洞爺カルデラ
支笏カルデラ

6. 2 監視項目

【モニタリングの監視項目】

- 洞爺カルデラ及び支笏カルデラにおける火山活動のモニタリングの監視項目、確認事項及び評価方法を下表のとおり整理。

監視項目	確認事項	主に用いるデータ名	データの更新頻度	評価方法	
主な監視項目※1	地盤活動	・既往の構造性地震、火山性地震等の地震発生領域(震源分布)の拡大又は消滅、あるいは、新たな地震発生領域の出現 ・地震発生数の急激な変化(増加又は減少)	・一元化処理震源データ(気象庁、大学、防災科学技術研究所等)※3	随時	・公的機関の公開データを用いた当社検討
	GNSS	・GNSS連続観測による基準長や上下変動の急激な傾向の変化(増加又は減少)、水準測量による地盤の上下変動の急激な傾向の変化(隆起又は沈降) ・既往の地盤変動とは異なる場所での地盤変動(GNSS、水準測量、衛星観測)の出現と急激な進展 ・傾斜計・伸縮計による地盤変動の急激な傾向の変化	・国土地理院「電子基準点データ提供サービス」 ・防災科学技術研究所「火山観測データ一元化共有システム」	1回/週程度	・公的機関の公開データを用いた当社検討
			・洞爺カルデラ及び支笏カルデラ周辺の当社水準測量	1回/2年※5	・当社の測量成果を用いた当社検討
			・気象庁「火山噴火予知速報資料」※4 ・国土地理院「干渉SAR時系列解析」	2回/年程度 随時	・公的機関の評価を収集・分析 ・公的機関の公開データを用いた当社検討
火山ガス・熱活動(表面活動)	・既往の火山ガス放出場所の拡大又は消滅、あるいは、放出場所の出現(新たな火口や火道の形成など) ・火山ガスの放出量に急激な傾向の変化(増加又は減少)	・気象庁「火山噴火予知速報資料」※4 ・気象庁「火山活動解説資料」※4	2回/年程度 1回/月	・公的機関の評価を収集・分析	
その他の監視項目※2	噴出場所及び噴出物	・既往の火口の拡大や消長、新たな火口や火道の形成 ・マグマ成分の物理的・化学的性質の変化(例えば、玄武岩質ないし安山岩質から流紋岩質への変化等) ・噴煙柱高度が数十km程度のプリニー式噴火の発生と異なる活動拡大化の傾向	・気象庁「火山活動解説資料」 ・文献、学会発表、報道発表等	1回/月 随時	・公的機関等の評価を収集・分析
	噴火様式	・噴煙柱高度が数十km程度のプリニー式噴火の発生と異なる活動拡大化の傾向	・気象庁「火山活動解説資料」 ・文献、学会発表、報道発表等	1回/月 随時	・公的機関等の評価を収集・分析
	地下構造	・地震波速度構造や比抵抗構造により、地殻内に推定される低速度及び低比抵抗領域の拡大又は消滅、あるいは、新たな低速度及び低比抵抗領域の出現	・防災科学技術研究所「日本列島の三次元地震波速度構造」	随時	・公的機関の評価を収集・分析
	その他	-	・文献、学会発表、報道発表等	随時	・公的機関等の評価を収集・分析

※1 状態変化を把握できるように連続的にデータ習得を行う項目 ※2 状況に応じて情報収集やデータ取得を行う項目
 ※3 <https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/hypo.html>, <https://hinetwww11.bosai.go.jp/auth/JMA/?LANG=ja>
 ※4 洞爺カルデラの後カルデラ火山である有珠山及び支笏カルデラの後カルデラ火山である樽前山が対象
 ※5 洞爺カルデラ及び支笏カルデラの水準測量を隔年で交互に実施

6. 3 定期的評価

- 6.2章で示した監視項目について、当社は原則として月1回、観測データの有意な変化を把握するため、判断基準に係るデータ整理・検討等を実施。
- その上で、当社は原則として年1回、定期的評価を実施。
- 定期的評価に当たっては、第三者(火山専門家等)から火山活動に関する助言を頂く。

6. 4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処

- 洞爺カルデラ及び支笏カルデラにおいて設定した判断基準を超過する等、観測データに有意な変化が認められた場合は、第三者(火山専門家等)の助言を踏まえ、必要に応じてモニタリング体制を強化し、最新の科学的知見に基づき可能な限りの対処を行う。対処例は以下のとおり。
 - ・変化の原因等の検討
 - ・必要に応じて除灰体制の整備、準備及び実施
- 上記対処を行った上で、設計対応不可能な火山事象が発電所に影響を及ぼす可能性があるとして判断した場合は、原子炉の停止、適切な核燃料の搬出等を実施。
- なお、管理基準及び判断基準については、モニタリング、火山活動の評価技術等の進展によって適宜見直す。

火山活動のモニタリング

洞爺カルデラ及び支笏カルデラにおける対処方針の策定方法

- 火山影響評価の根拠が維持されていることの確認を目的として、P21に示す監視項目により火山活動のモニタリングを実施する。
- モニタリングにおいては、有意な変化が認められた場合の対処方針の策定に当たり、まず、対処を講じるために把握すべき観測データの有意な変化と、それを把握した場合に対処を講じるための判断基準を設定する。
- 「平常からの変化」の判断基準については、絶え間なく観測が行われている地震活動及び地殻変動（GNSS）に基づき、洞爺カルデラ及び支笏カルデラについて、それぞれ設定する（設定の考え方については、以下の四角囲み内に示す。）。

【洞爺カルデラ及び支笏カルデラにおける「平常からの変化」の判断基準設定の考え方】

- 洞爺カルデラ及び支笏カルデラについては、地下構造調査の結果、各カルデラ直下の上部地殻内（約20km以浅）において、現状、深度約10km程度以浅には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性は十分小さいと判断される（R6.2.16審査会合本編資料4.2.2章及び4.2.3章参照）。
 - また、火山性地震及び地殻変動の観点から検討を実施した結果、各カルデラ直下の上部地殻内（約20km以浅）には、現状、大規模なマグマの移動・上昇、集積等の活動は認められないと判断される（R6.2.16審査会合本編資料4.2.2章及び4.2.3章参照）。
 - このため、各カルデラの地下に圧力源を仮定することについては、必要性に乏しい。
 - 加えて、地殻変動の観点からの検討においては、周辺の地震による余効変動、局所的な変動等は認められるものの、これら以外に継続的かつ顕著な変位の累積は認められない。
 - このため、Mogiモデル（Mogi, 1958）等に基づくマグマ供給率による判断基準を設定することについては、必要性に乏しい。
 - 以上のことから、モニタリングの対象は、カルデラ全体ではあるが、地震活動及び地殻変動の判断基準については、巨大噴火の前兆現象を想定する観点ではなく、まずは、現在の火山活動から異なる兆候を捉える観点で、各カルデラの後カルデラ火山のうち、活動年代が最も新しい有珠山及び樽前山（補足説明資料1章参照）の観測結果から設定することとする。
 - 洞爺カルデラにおける検討の詳細を、次頁～P43に、支笏カルデラにおける検討の詳細を、P45～P52にそれぞれ示す。
- また、臨時に発表される火山活動に関する公的機関の評価があれば、それも判断の参考とする。
 - 次に、有意な変化が認められた場合の対処方針については、設定した判断基準に基づき、モニタリング対象火山の各活動の状況に応じた監視レベル（平常、注意、警戒及び緊急）を設定し、注意時以降は必要に応じて監視体制を強化する等の火山の状態に応じたものを策定する。
 - 策定した洞爺カルデラ及び支笏カルデラにおける対処方針（案）を、P54～P55に示す。

① 洞爺カルデラにおける「平常からの変化」の判断基準の設定

- 洞爺カルデラについては、前頁に示すとおり、圧力源の仮定や、マグマ供給率による判断基準設定の必要性に乏しい。
 - モニタリングの対象は、カルデラ全体ではあるが、上記を踏まえ、地震活動及び地殻変動の判断基準については、巨大噴火の前兆現象を想定する観点ではなく、まずは、現在の火山活動から異なる兆候を捉える観点で洞爺カルデラの後カルデラ火山のうち、活動年代が最も新しい有珠山（補足説明資料1章参照）の観測結果から設定することとする。
- 【地震活動】（次頁～P36参照）
- 全地震回数（通常地震及び低周波地震の回数）100回/月の超過を判断基準とする。
- 【地殻変動・地盤変動】（P38～P43参照）
- 比高は、7日間移動平均値の $\pm 3\sigma$ の範囲において「(a) 虻田→洞爺」基線、「(c) 大滝→虻田」基線及び「(d) 伊達→虻田」基線のうち2基線で7日間連続超過を判断基準とする。
 - 基線長は、日々のデータの $\pm 3\sigma$ の範囲において「(a) 虻田→洞爺」基線、「(c) 大滝→虻田」基線及び「(d) 伊達→虻田」基線のうち2基線で7日間連続超過を判断基準とする。
- 洞爺カルデラの「平常からの変化」の判断基準（案）の整理結果を下表に示す。
 - なお、管理基準及び判断基準については、モニタリング、火山活動の評価技術等の進展によって適宜見直すこととする。

「平常からの変化」の判断基準（案）

監視項目	評価手法	管理基準	判断基準
地震活動	地震回数	全地震回数 (通常地震及び低周波地震) 100(回/月)	左記を超過
	OR		
地殻変動	比高	2006年～2010年の 7日間移動平均値の $\pm 3\sigma$	左記の範囲において「(a) 虻田→洞爺」 基線、「(c) 大滝→虻田」基線及び「(d) 伊達→虻田」基線のうち2基線で7日間 連続超過
	OR	2006年～2010年の 日々のデータの $\pm 3\sigma$	左記の範囲において「(a) 虻田→洞爺」 基線、「(c) 大滝→虻田」基線及び「(d) 伊達→虻田」基線のうち2基線で7日間 連続超過
	基線長		

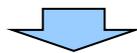
6.4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処

①-1 洞爺カルデラにおける「平常からの変化」の判断基準（地震活動）（1/3）

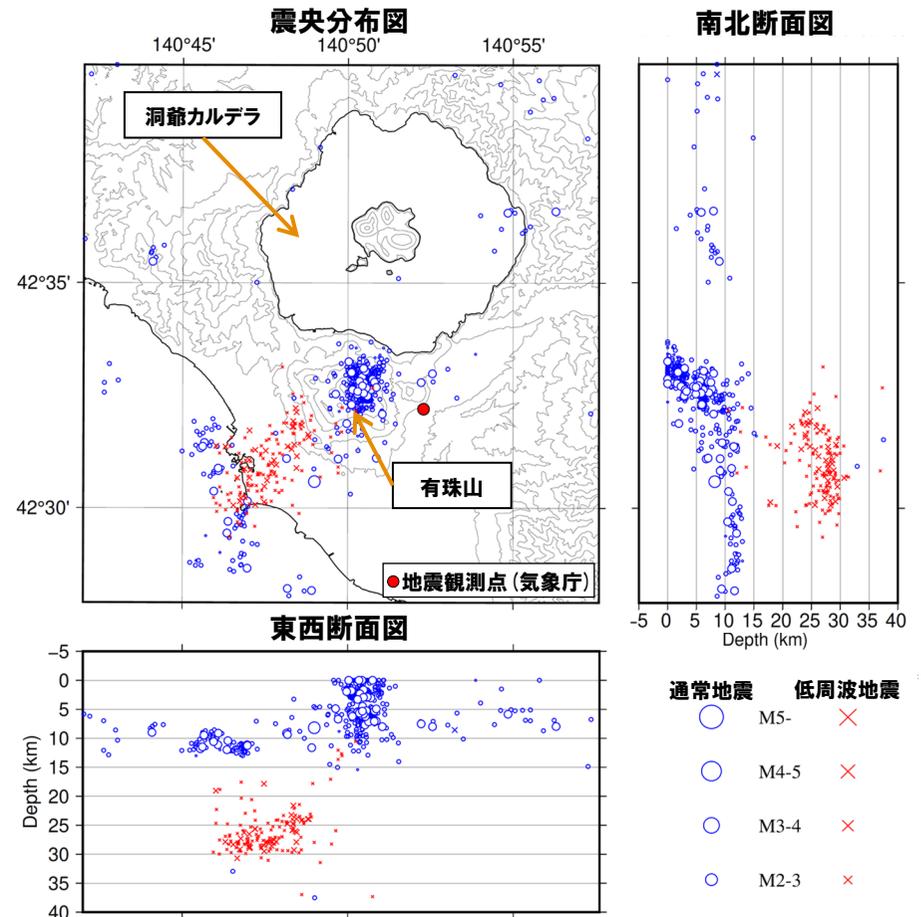
一部修正 (R3/10/14審査会合)

- 平常時の地震回数の確認に用いるデータは、洞爺カルデラ周辺（東西約21km, 南北約22km, 深さ40km以浅）※1を震源とする通常地震及び低周波地震の至近18ヵ年分（2006年～2023年）を一元化处理震源データ（気象庁, 大学, 防災科学技術研究所等）※2から、マグニチュードの下限值を設けずに抽出する。
- 右図に示すとおり、洞爺カルデラ周辺の震央は、有珠山周辺に集中している。
- 2006年～2023年における、全地震回数（通常地震及び低周波地震の回数）については、最大66回/月であったものの、10回/月以下であることが多い（次頁参照）。
- なお、2000年有珠山噴火時は、P36に示すとおり、3月28日から地震回数が急増し、そこからの累積の全地震回数が100回を超えてから約2日後の3月31日に最初の噴火が発生した。

※1 地震回数の確認範囲については、火山噴火予知連絡会資料（気象庁）に示された有珠山の震央分布図及び断面図を参考とした。
 ※2 <https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/hypo.html>,
<https://hinetwww11.bosai.go.jp/auth/JMA/?LANG=ja>



- 平常時の全地震回数（通常地震及び低周波地震の回数）より1オーダー高い100回/月を管理基準とする。
- 地震活動に関する「平常からの変化」の判断基準については、上記管理基準を超過することとする。
- 管理基準としては、全地震回数（通常地震及び低周波地震の回数）を用いているが、全地震回数に占める低周波地震回数の割合や、時空間分布についても、モニタリング精度の向上を図る観点から、変化を確認していく。
- なお、管理基準及び判断基準については、モニタリング、火山活動の評価技術等の進展によって適宜見直すこととする。



【一元化处理震源データ】
 2006/01/01～2023/03/31
 気象庁 (<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/hypo.html>)
 2023/04/01～2023/12/31
 防災科学技術研究所 (<https://hinetwww11.bosai.go.jp/auth/JMA/?LANG=ja>)

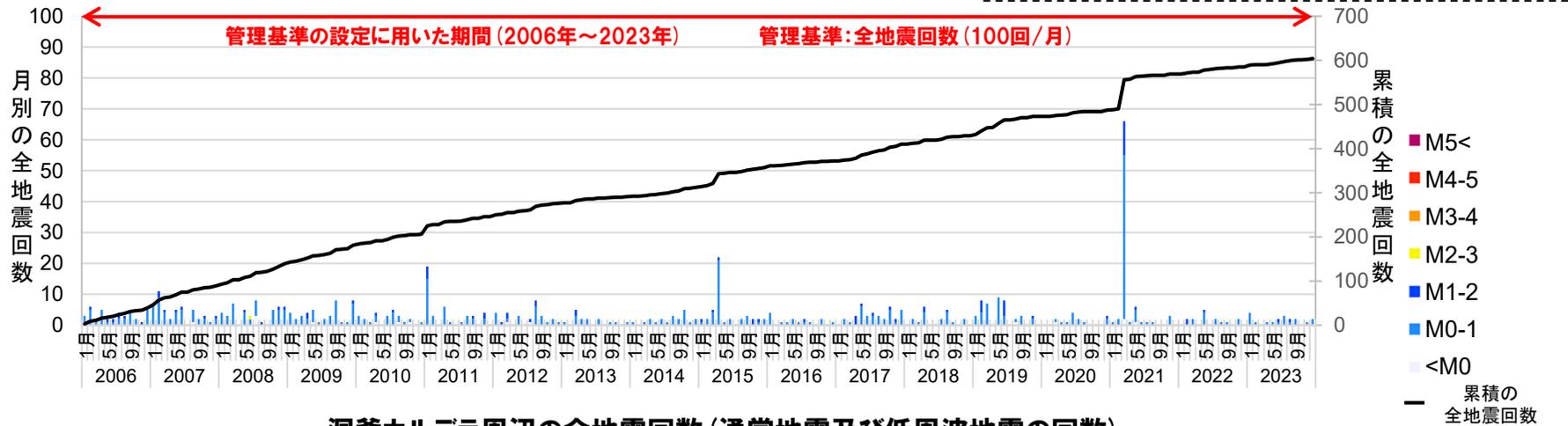
洞爺カルデラ周辺の震源分布

6.4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処

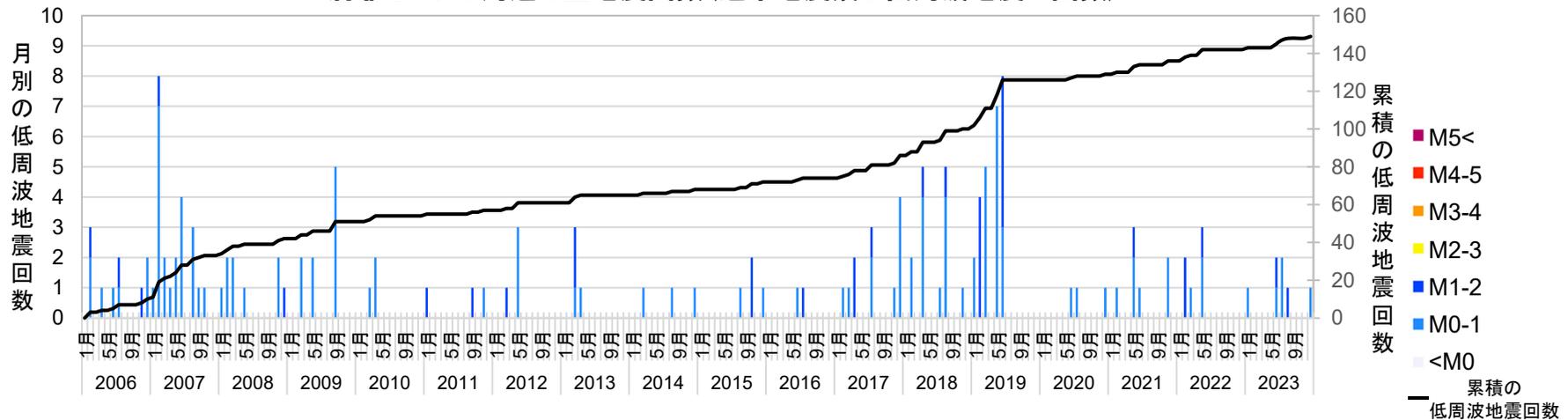
①-1 洞爺カルデラにおける「平常からの変化」の判断基準（地震活動）（2/3）

一部修正 (R3/10/14審査会合)

【一元化処理震源データ】
 2006/01/01～2023/03/31
 気象庁 (<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/hypo.html>)
 2023/04/01～2023/12/31
 防災科学技術研究所 (<https://hinetwww11.bosai.go.jp/auth/JMA/?LANG=ja>)



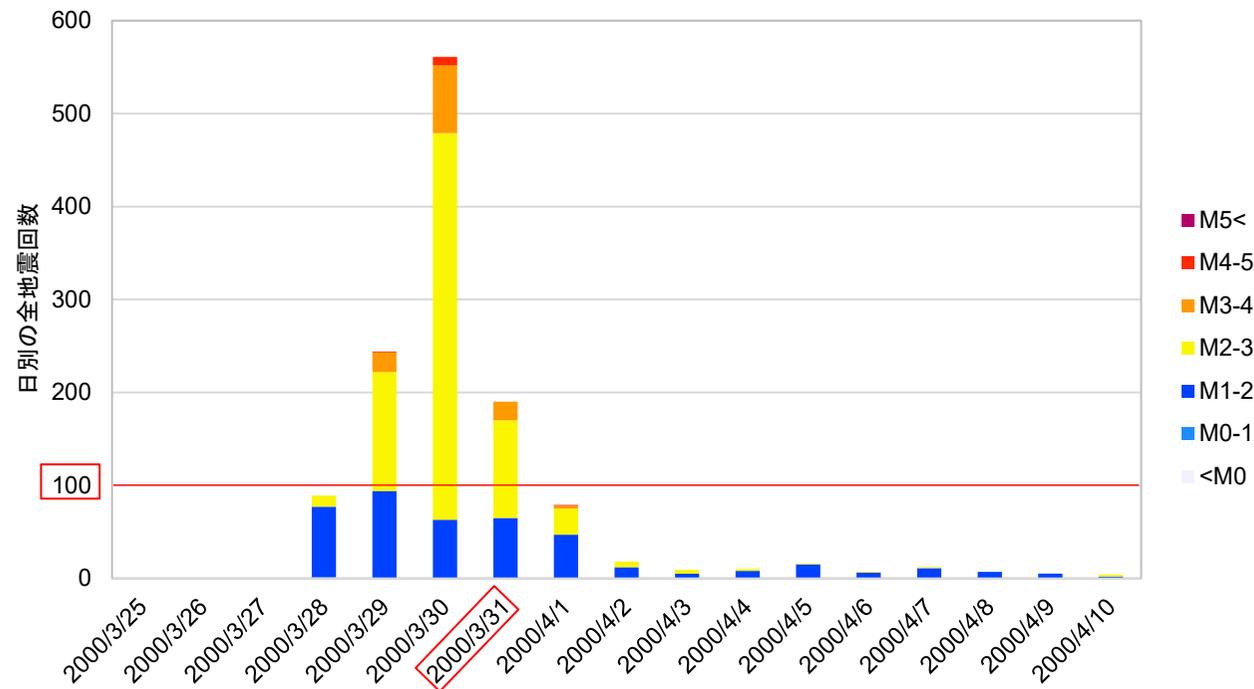
洞爺カルデラ周辺の全地震回数 (通常地震及び低周波地震の回数)



洞爺カルデラ周辺の低周波地震回数

①-1 洞爺カルデラにおける「平常からの変化」の判断基準（地震活動）（3/3）

一部修正（R3/10/14審査会合）



洞爺カルデラ周辺の全地震回数（通常地震及び低周波地震の回数）
（2000.3.25～2000.4.10）

（一元化处理震源データ：<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/hypo.html>）

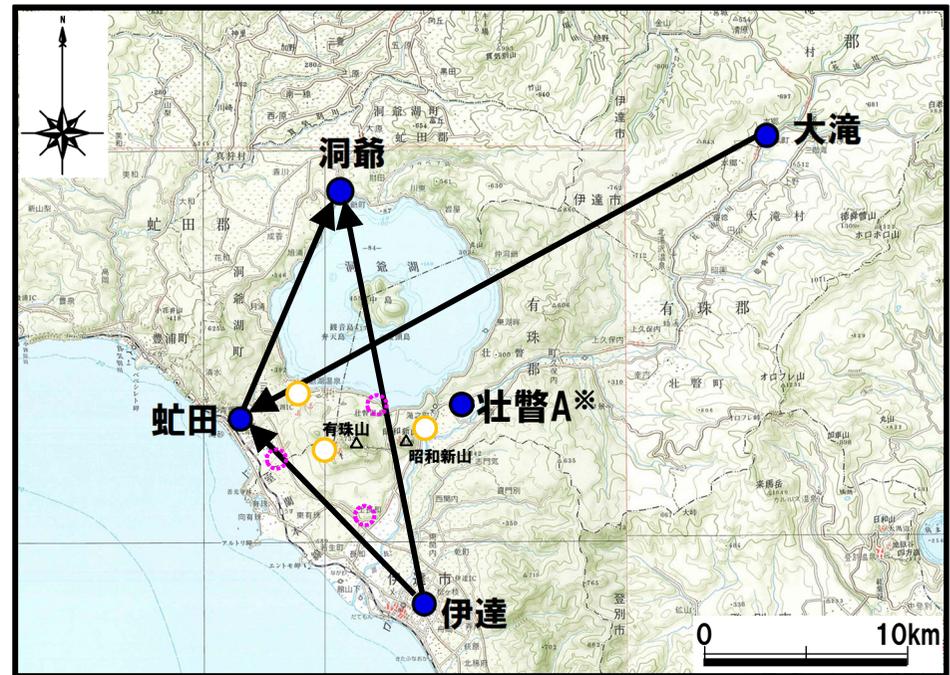
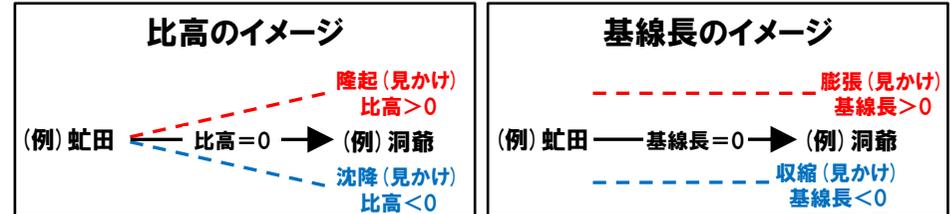
余白

6.4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処

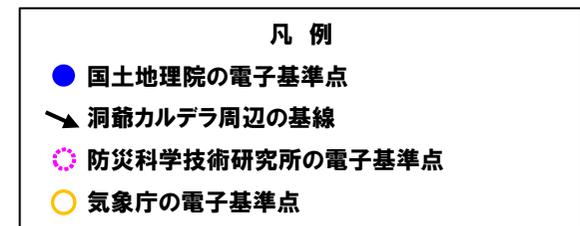
①-2 洞爺カルデラにおける「平常からの変化」の判断基準（地殻変動）

- 洞爺カルデラについては、P32に示すとおり、圧力源の仮定や、マグマ供給率による判断基準設定の必要性に乏しい。
- モニタリングの対象は、カルデラ全体ではあるが、上記を踏まえ、地殻変動の判断基準については、巨大噴火の前兆現象を想定する観点ではなく、まずは、現在の火山活動から異なる兆候を捉える観点で洞爺カルデラの後カルデラ火山のうち、活動年代が最も新しい有珠山（補足説明資料1章参照）の観測結果から設定することとする。
- 地殻変動の管理基準は、洞爺カルデラを囲むように位置する国土地理院の電子基準点データを使用する。
- 右図に示すこれらの電子基準点を結んだ基線は、カルデラ全体をモニタリングするため、洞爺カルデラを挟む位置を基本とする。
- また、管理基準として設定しないものの、モニタリング精度の向上を図る観点から、有珠山の近傍に位置している防災科学技術研究所及び気象庁の電子基準点データについても収集し、データの傾向管理を継続して実施する。
- なお、管理基準及び判断基準については、モニタリング、火山活動の評価技術等の進展によって適宜見直すこととする。

※昭和新年山近傍に国土地理院の電子基準点「壮瞥A」が設置されているが、2000年有珠山噴火以降の2007年1月より計測が開始されたものであり、また、次頁～P43に示すとおり、地殻変動の管理基準は、明瞭な比高及び基線長の変化が認められない2011年東北地方太平洋沖地震前の5ヵ年（2006年～2010年）の7日間移動平均値及び日々のデータの±3σを用いることから、「壮瞥A」を結ぶ基線は、管理基準として設定しないものの、当該電子基準点データについても収集し、データの傾向管理を継続して実施する。



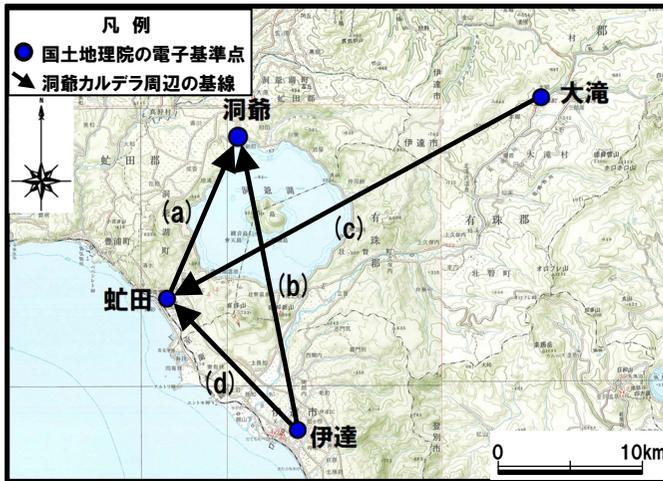
洞爺カルデラ周辺における電子基準点及び基線



6.4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処

①-2 洞爺カルデラにおける「平常からの変化」の判断基準（地殻変動（比高））（1/3）

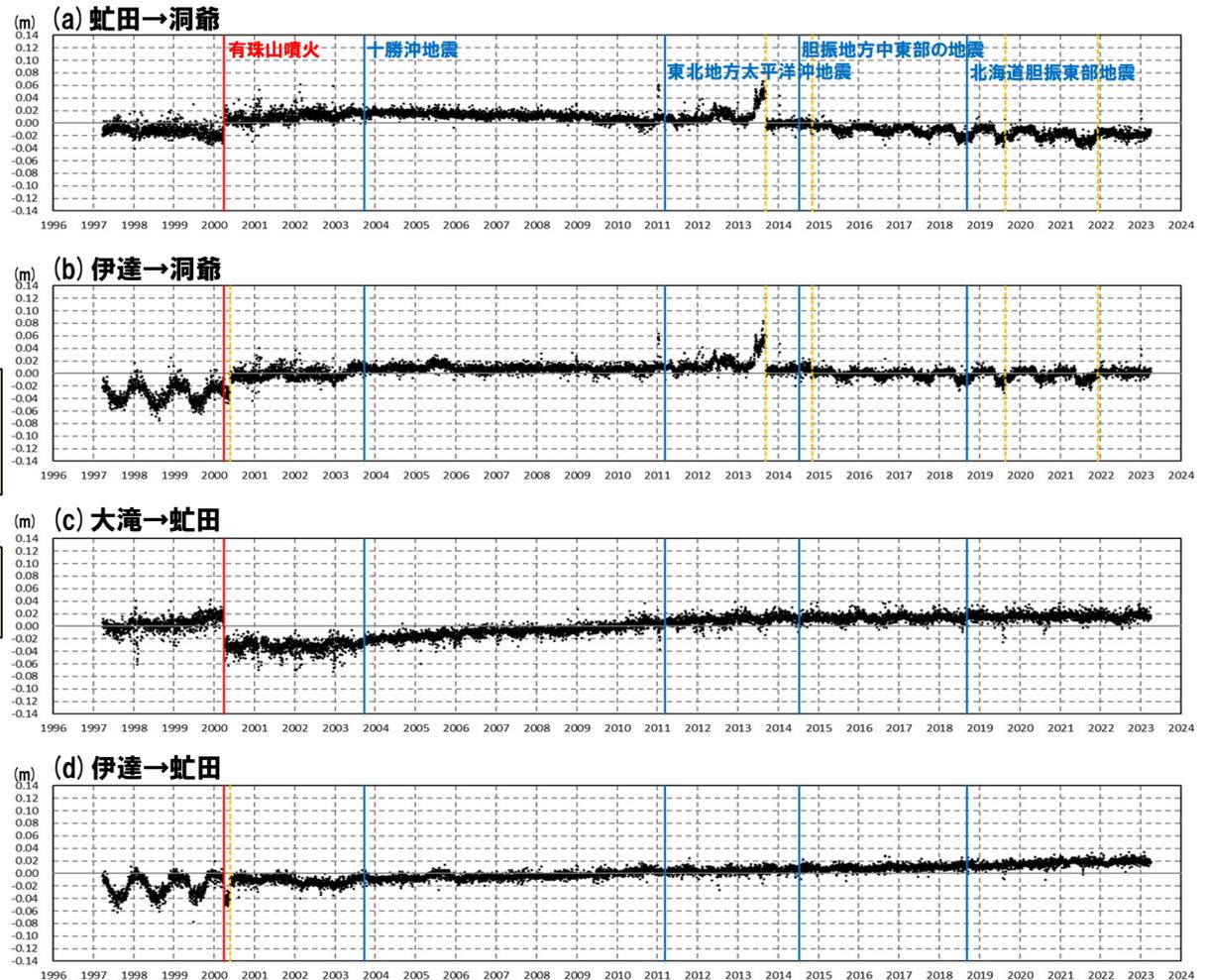
一部修正 (R3/10/14審査会合)



洞爺カルデラ周辺における電子基準点及び基線

○洞爺カルデラを囲むように位置する電子基準点を用いた、当該カルデラを挟むような基線における日々の比高データを右図に示す。

○日々の比高データは、バラつきが大きく、火山活動に係る変動が把握しづらい。

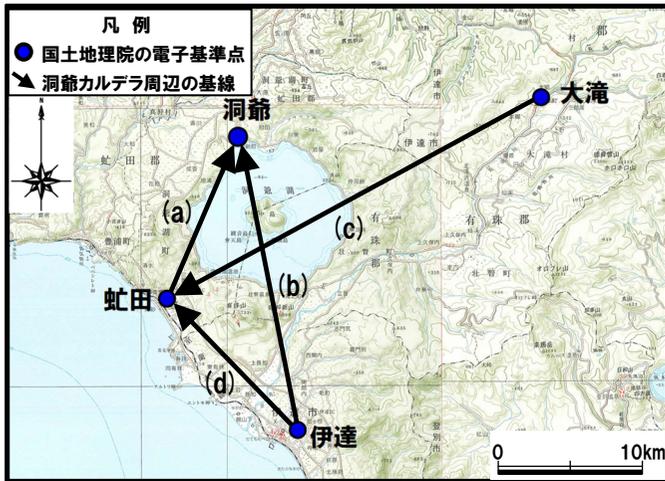


洞爺カルデラ周辺の比高の変化 (F5解, 日々のデータ)

6.4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処

①-2 洞爺カルデラにおける「平常からの変化」の判断基準 (地殻変動 (比高)) (2/3)

一部修正 (R3/10/14審査会合)

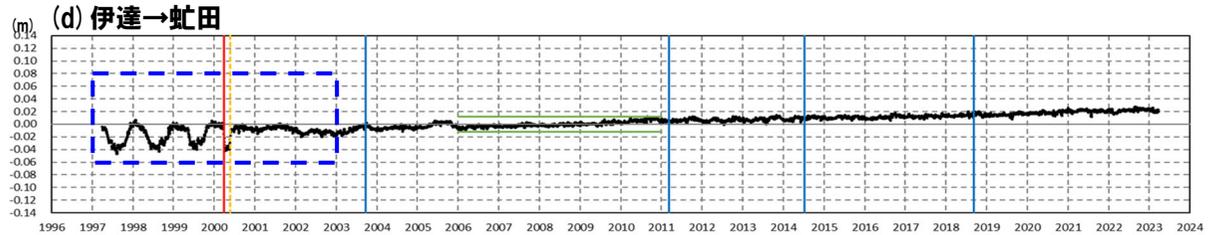
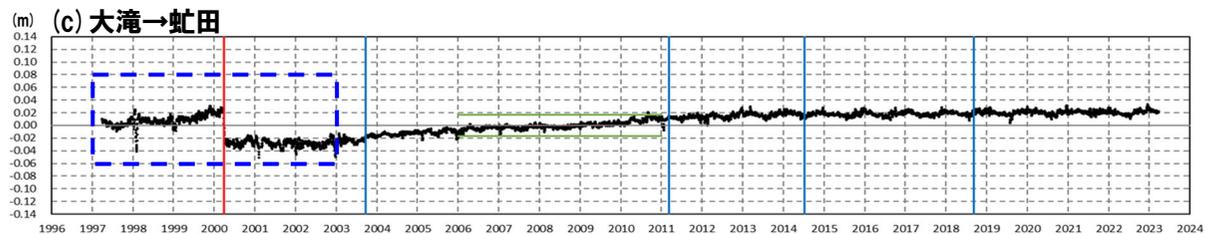
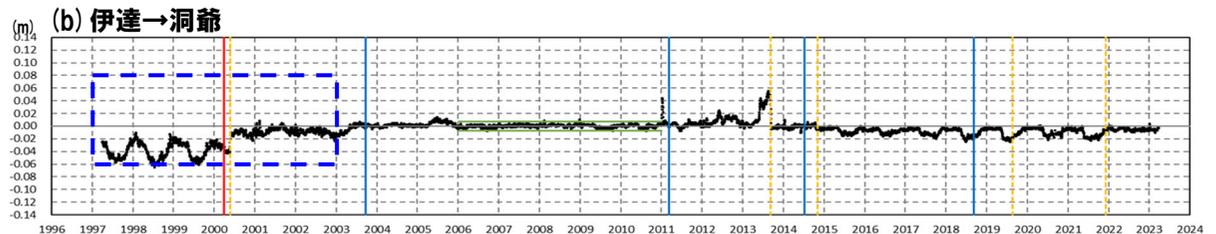
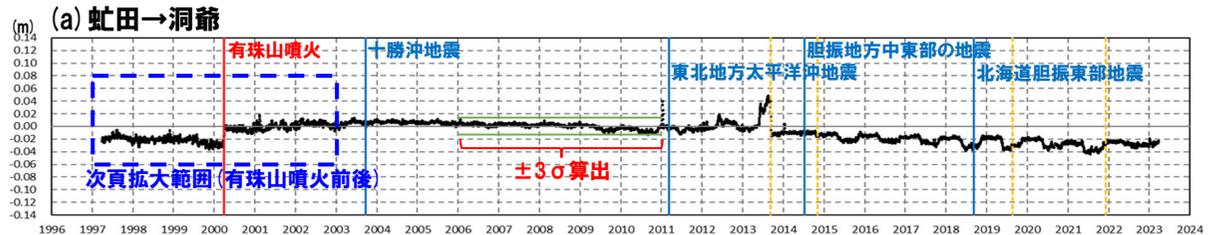


洞爺カルデラ周辺における電子基準点及び基線

- 日々の比高データのバラツキを考慮して、7日間移動平均値を算出した。
- 比高については、以下の状況が認められる。
 - ・一部季節変化に伴う影響 (気象条件に関するノイズ、電子基準点周辺の樹木の生長等) と考えられる値の揺らぎが認められる
 - ・2000年有珠山噴火において、比高の不連続が認められる
 - ・2003年十勝沖地震以降、2011年東北地方太平洋沖地震前の5ヵ年においては、明瞭な比高の変化が認められない



- 管理基準として、明瞭な比高の変化が認められない2011年東北地方太平洋沖地震前の5ヵ年 (2006年～2010年) の7日間移動平均値の $\pm 3\sigma$ を用いる。
- 「平常からの変化」の判断基準としては、(a)～(d) の4基線のうち、2基線で7日間連続超過とする。



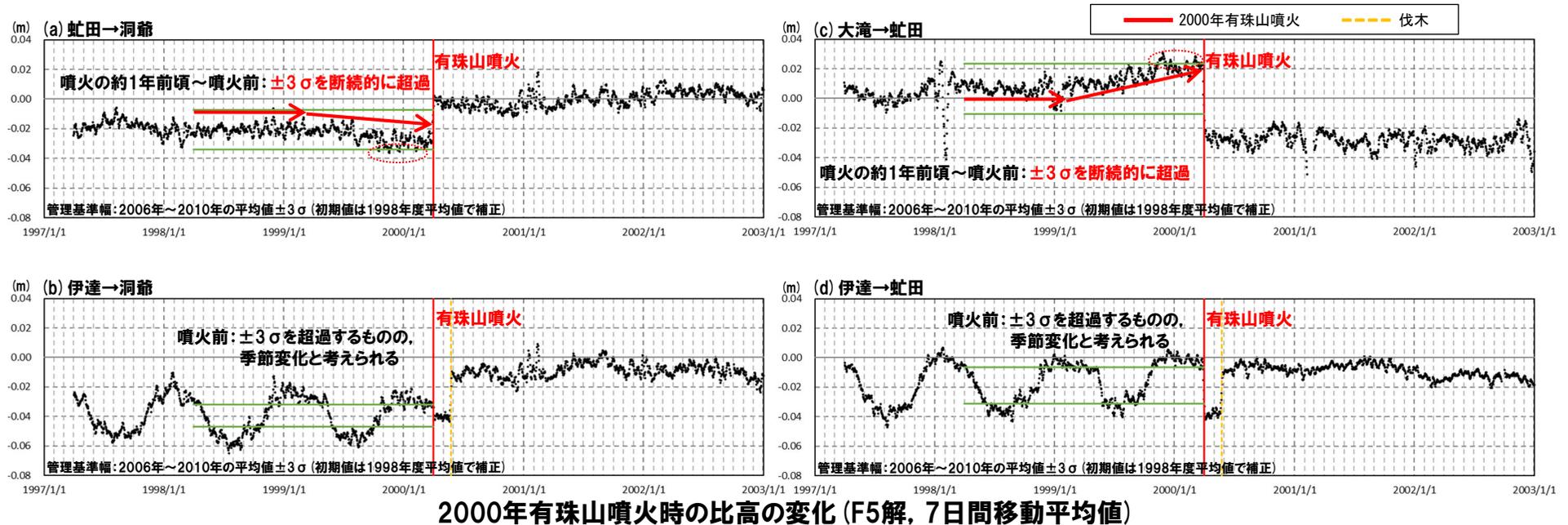
洞爺カルデラ周辺の比高の変化 (F5解, 7日間移動平均値)

6.4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処

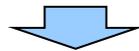
①-2 洞爺カルデラにおける「平常からの変化」の判断基準（地殻変動（比高））（3/3）

一部修正（R3/10/14審査会合）

○(a)～(d)の4基線の比高については、2000年有珠山噴火前後の地殻変動の観測データを有していることから、1998年4月から噴火直前の2000年3月において、管理基準（2006年～2010年の7日間移動平均値の 3σ ）の超過が発生しているかを確認した。



- 「(a) 虻田→洞爺」基線及び「(c) 大滝→虻田」基線は、噴火の約1年前頃から管理基準を断続的に超過し、両基線同時に数日間連続で超過することを確認した。
- 「(b) 伊達→洞爺」基線及び「(d) 伊達→虻田」基線は、噴火前において管理基準の超過が認められるものの、季節変化によるものと考えられるが、有珠山に最も近い電子基準点「虻田」を含む他基線（「(a) 虻田→洞爺」基線及び「(c) 大滝→虻田」基線）において、噴火前における管理基準の超過が確認されることを踏まえると、「(d) 伊達→虻田」基線については、噴火前の比高変化も含まれているものと考えられる。
- また、「(d) 伊達→虻田」基線は、近年の観測結果において季節変化による影響が小さいことに対して、「(b) 伊達→洞爺」基線では、近年の観測結果において季節変化による影響が継続している（前頁参照）。

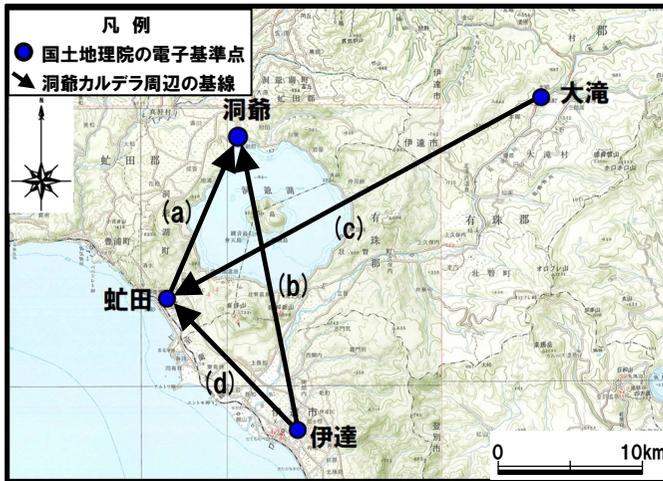


- 比高については、有珠山に最も近い電子基準点「虻田」を含む「(a) 虻田→洞爺」基線、「(c) 大滝→虻田」基線及び「(d) 伊達→虻田」基線のうち2基線において、7日間連続超過を判断基準とする。
- なお、「(b) 伊達→洞爺」基線については、判断基準に関係しない基線であるものの、データを収集し、データの傾向管理を継続して実施する。

6.4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処

①-2 洞爺カルデラにおける「平常からの変化」の判断基準 (地殻変動 (基線長)) (1/2)

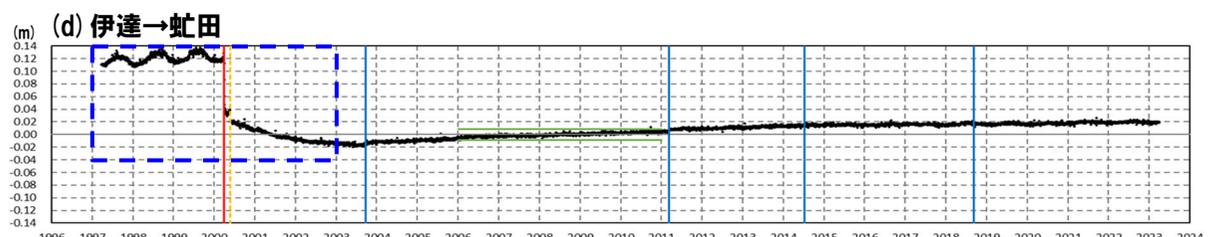
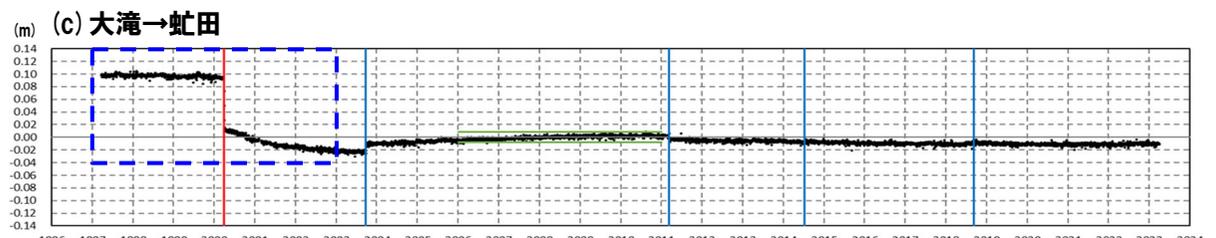
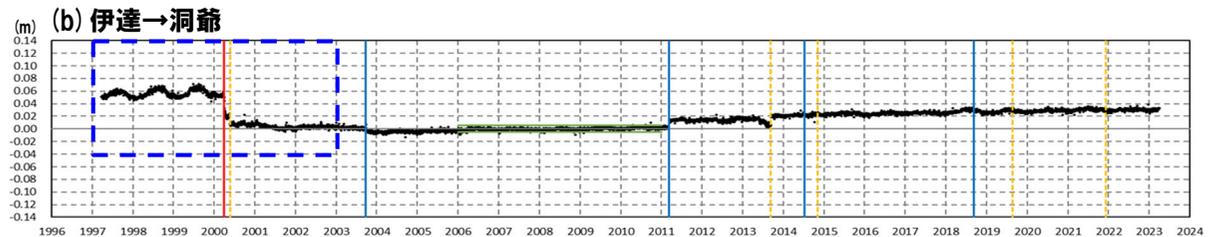
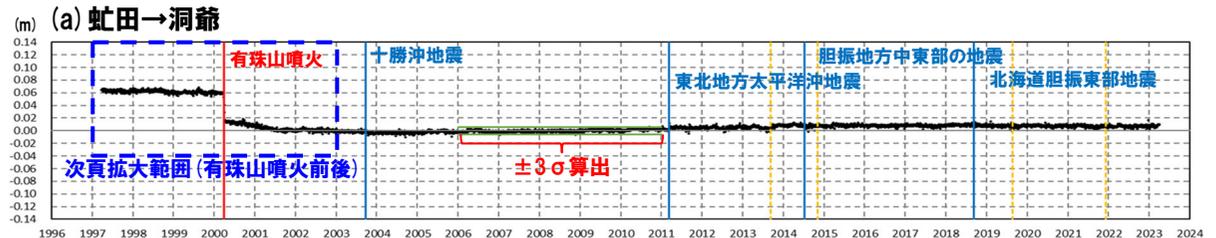
一部修正 (R3/10/14審査会合)



- 日々の基線長については、以下の状況が認められる。
 - ・ 複数の基線において、一部季節変化に伴う影響 (気象条件に関するノイズ、電子基準点周辺の樹木の生長等) と考えられる値の揺らぎが認められる
 - ・ 2000年有珠山噴火、2003年十勝沖地震及び2011年東北地方太平洋沖地震において、基線長の不連続が認められる
 - ・ 2003年十勝沖地震以降、2011年東北地方太平洋沖地震前の5ヵ年においては、明瞭な基線長の変化が認められない



- 管理基準として、明瞭な基線長の変化が認められない2011年東北地方太平洋沖地震前の5ヵ年 (2006年~2010年) の日々のデータの $\pm 3\sigma$ を用いる。
- 「平常からの変化」の判断基準としては、(a)~(d)の4基線のうち、2基線で7日間連続超過とする。



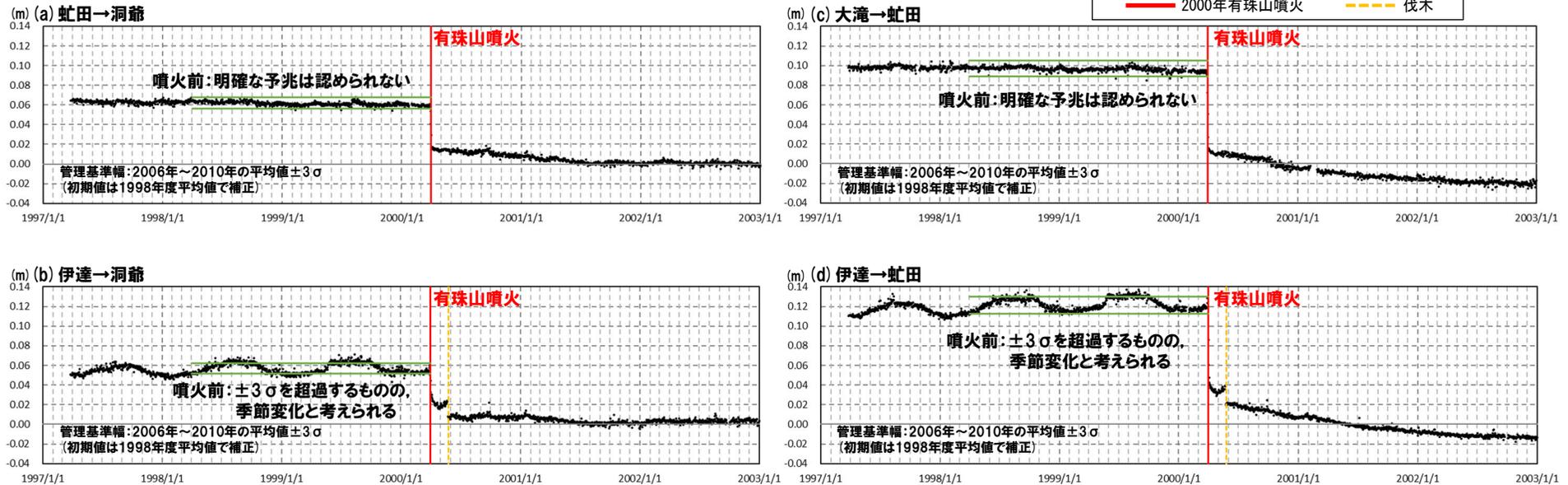
洞爺カルデラ周辺の基線長の変化 (F5解, 日々のデータ)

6.4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処

①-2 洞爺カルデラにおける「平常からの変化」の判断基準（地殻変動（基線長））（2/2）

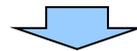
一部修正（R3/10/14審査会合）

○(a)～(d)の4基線の基線長については、2000年有珠山噴火前後の地殻変動の観測データを有していることから、1998年4月から噴火直前の2000年3月において、管理基準（2006年～2010年の7日間移動平均値の 3σ ）の超過が発生しているかを確認した。



2000年有珠山噴火時の基線長の変化（F5解，日々のデータ）

○「(a) 虻田→洞爺」基線及び「(c) 大滝→虻田」基線は、管理基準を超過する期間が僅かに認められるものの、両基線同時に数日間にわたって超過する状況が認められない。
○「(b) 伊達→洞爺」基線及び「(d) 伊達→虻田」基線は、噴火前において管理基準の超過が認められるものの、季節変化によるものと考えられる。



○基線長については、季節変化による管理基準の超過以外、管理基準の超過がほとんど認められず、明確な噴火の予兆は認められないものの、比高と同様に、有珠山に最も近い電子基準点「虻田」を含む「(a) 虻田→洞爺」基線、「(c) 大滝→虻田」基線及び「(d) 伊達→虻田」基線のうち2基線において、7日間連続超過を判断基準とする。
○なお、「(b) 伊達→洞爺」基線については、判断基準に関係しない基線であるものの、データを収集し、データの傾向管理を継続して実施する。

余白

② 支笏カルデラにおける「平常からの変化」の判断基準の設定

- 支笏カルデラについては、P32に示すとおり、圧力源の仮定や、マグマ供給率による判断基準設定の必要性に乏しい。
- モニタリングの対象は、カルデラ全体ではあるが、上記を踏まえ、地震活動及び地殻変動の判断基準については、巨大噴火の前兆現象を想定する観点ではなくまずは、現在の火山活動から異なる兆候を捉える観点で支笏カルデラの後カルデラ火山のうち、活動年代が最も新しい樽前山(補足説明資料1章参照)の観測結果から設定することとする。
- 【地震活動】(次頁～P48参照)
 - 全地震回数(通常地震及び低周波地震の回数)100回/月の超過を判断基準とする。
- 【地殻変動・地盤変動】(P49～P52参照)
 - 比高は、7日間移動平均値の $\pm 3\sigma$ の範囲において(a)～(e)の5基線のうち、2基線で7日間連続超過を判断基準とする。
 - 基線長は、日々のデータの $\pm 3\sigma$ の範囲において(a)～(e)の5基線のうち、2基線で7日間連続超過を判断基準とする。
- 支笏カルデラの「平常からの変化」の判断基準(案)の整理結果を下表に示す。
- なお、管理基準及び判断基準については、モニタリング、火山活動の評価技術等の進展によって適宜見直すこととする。

「平常からの変化」の判断基準(案)

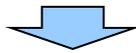
評価項目	評価手法	管理基準	判断基準
地震活動	地震回数	全地震回数 (通常地震及び低周波地震) 100(回/月)	左記を超過
	OR		
地殻変動	比高	2004年～2010年の 7日間移動平均値の $\pm 3\sigma$	左記の範囲において(a)～(e)の5基線のうち、2基線で7日間連続超過
	OR		
	基線長	2004年～2010年の 日々のデータの $\pm 3\sigma$	左記の範囲において(a)～(e)の5基線のうち、2基線で7日間連続超過

②-1 支笏カルデラにおける「平常からの変化」の判断基準（地震活動）（1/3）

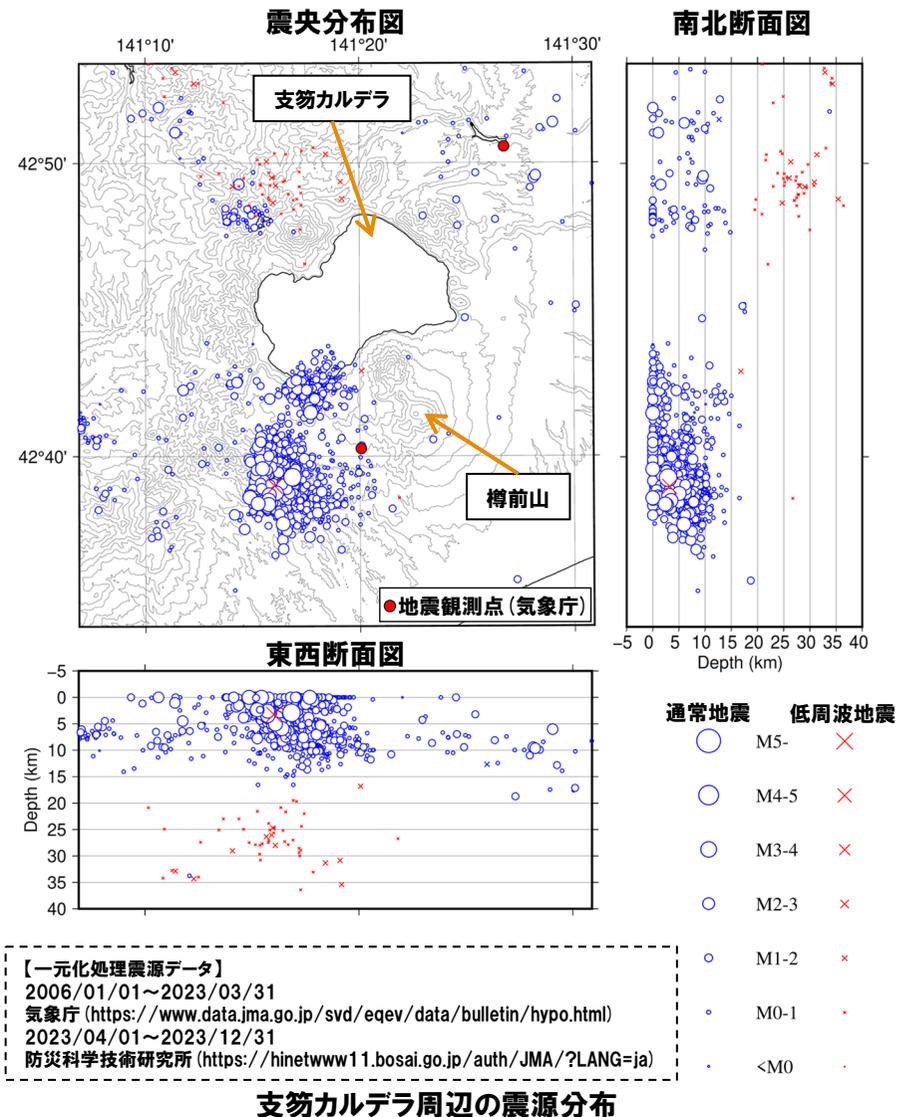
- 平常時の地震回数の確認に用いるデータは、支笏カルデラ周辺（東西約33km, 南北約36km, 深さ40km以浅）※1を震源とする通常地震及び低周波地震の至近18ヵ年分（2006年～2023年）を一元化处理震源データ（気象庁, 大学, 防災科学技術研究所等）※2から、マグニチュードの下限値を設けずに抽出する。
- 右図に示すとおり、支笏カルデラ周辺の震央は、樽前山の南西側及び西側に集中している。
- 樽前山の周辺において、P48に示すとおり、2014年7月8日に全地震回数（通常地震及び低周波地震の回数）約200回を観測したものの、樽前山の噴火は起こらなかった。
- この2014年を除いて、全地震回数については、最大で65回/月であったものの、10回/月以下であることが多い（次頁参照）。

※1 地震回数の確認範囲については、火山噴火予知連絡会資料（気象庁）に示された樽前山の震央分布図及び断面図を参考とした。

※2 <https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/hypo.html>,
<https://hinetwww11.bosai.go.jp/auth/JMA/?LANG=ja>



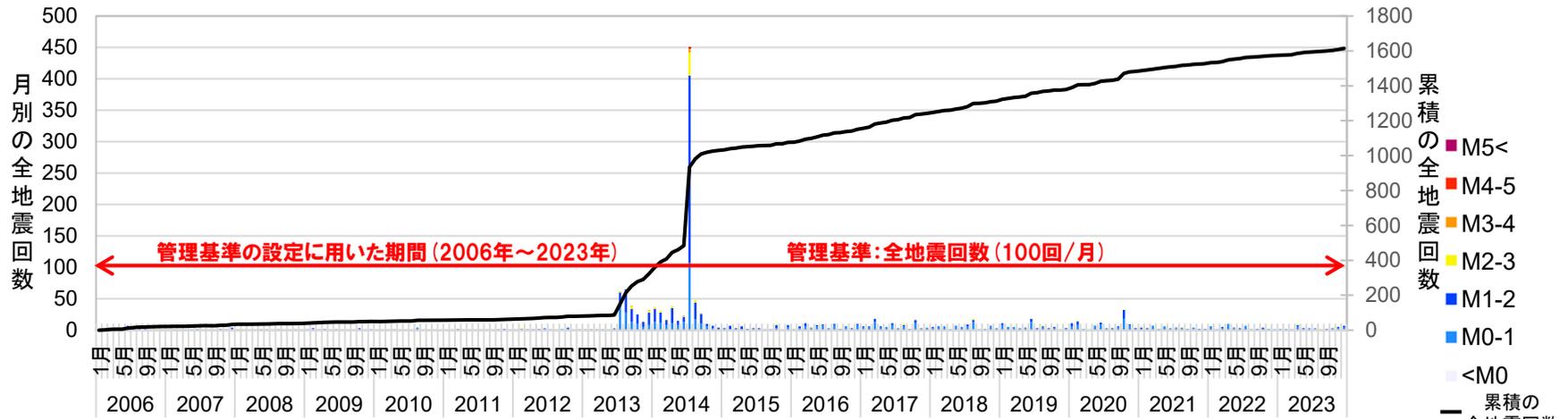
- 平常時の全地震回数（通常地震及び低周波地震の回数）より1オーダー高い100回/月を管理基準とする。
- 地震活動に関する「平常からの変化」の判断基準については、上記管理基準を超過することとする。
- 管理基準としては、全地震回数（通常地震及び低周波地震の回数）を用いているが、全地震回数に占める低周波地震回数の割合や、時空間分布についても、モニタリング精度の向上を図る観点から、変化を確認していく。
- なお、管理基準及び判断基準については、モニタリング、火山活動の評価技術等の進展によって適宜見直すこととする。



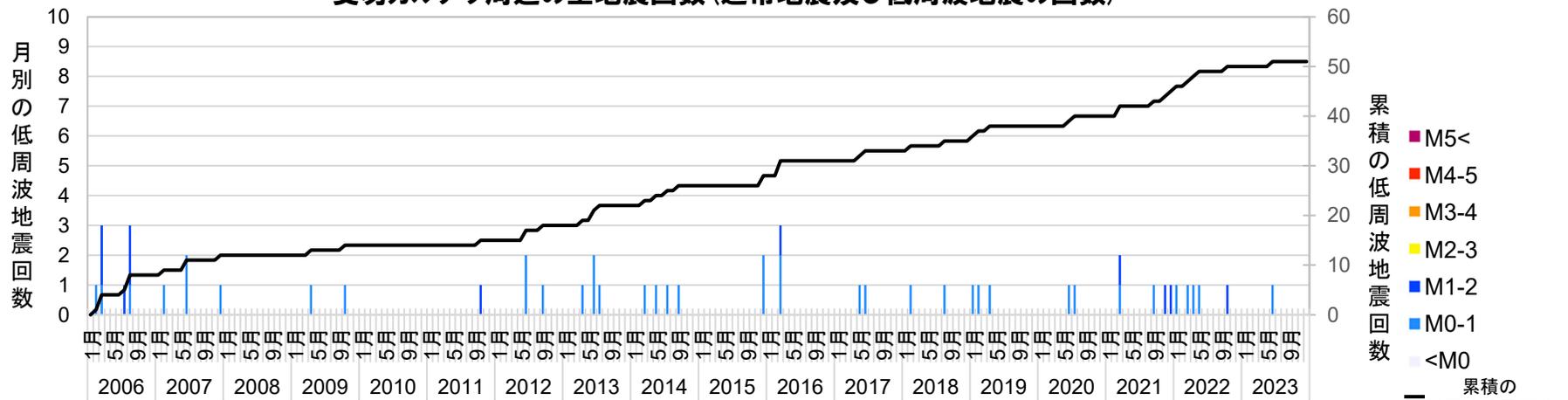
6.4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処

②-1 支笏カルデラにおける「平常からの変化」の判断基準（地震活動）（2/3）

【一元化処理震源データ】
 2006/01/01～2023/03/31
 気象庁 (<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/hypo.html>)
 2023/04/01～2023/12/31
 防災科学技術研究所 (<https://hinetwww11.bosai.go.jp/auth/JMA/?LANG=ja>)



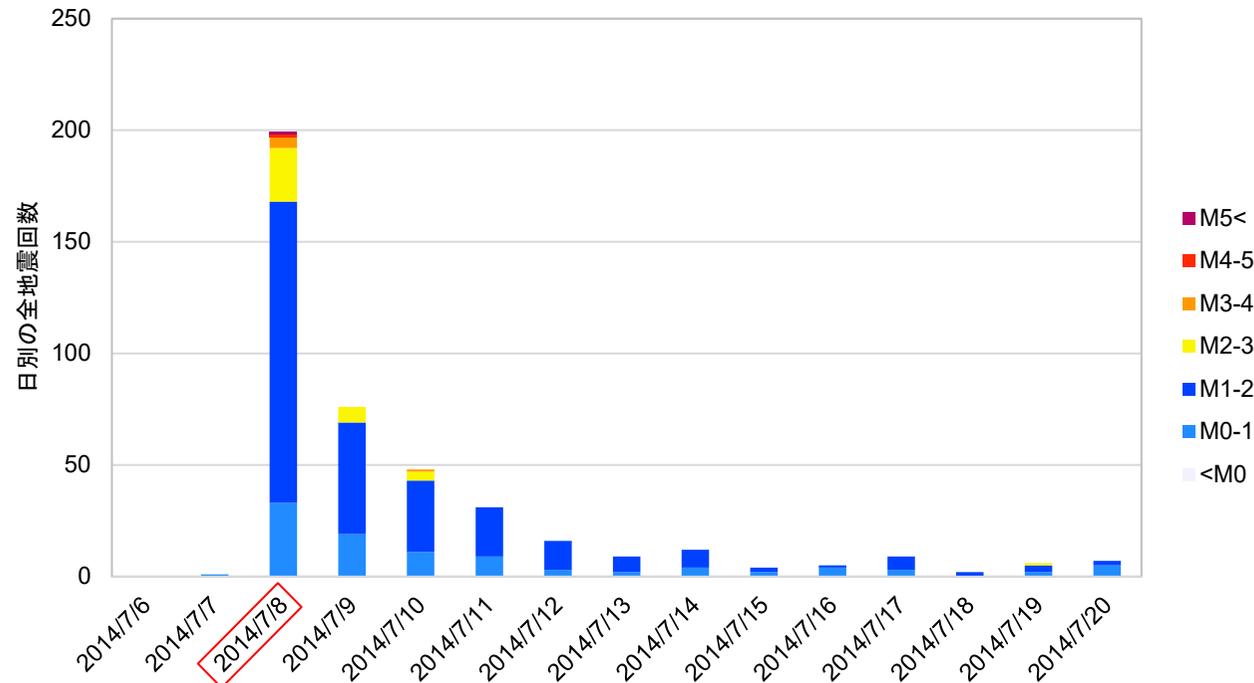
支笏カルデラ周辺の全地震回数（通常地震及び低周波地震の回数）



支笏カルデラ周辺の低周波地震回数

6.4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処

②-1 支笏カルデラにおける「平常からの変化」の判断基準（地震活動）（3/3）



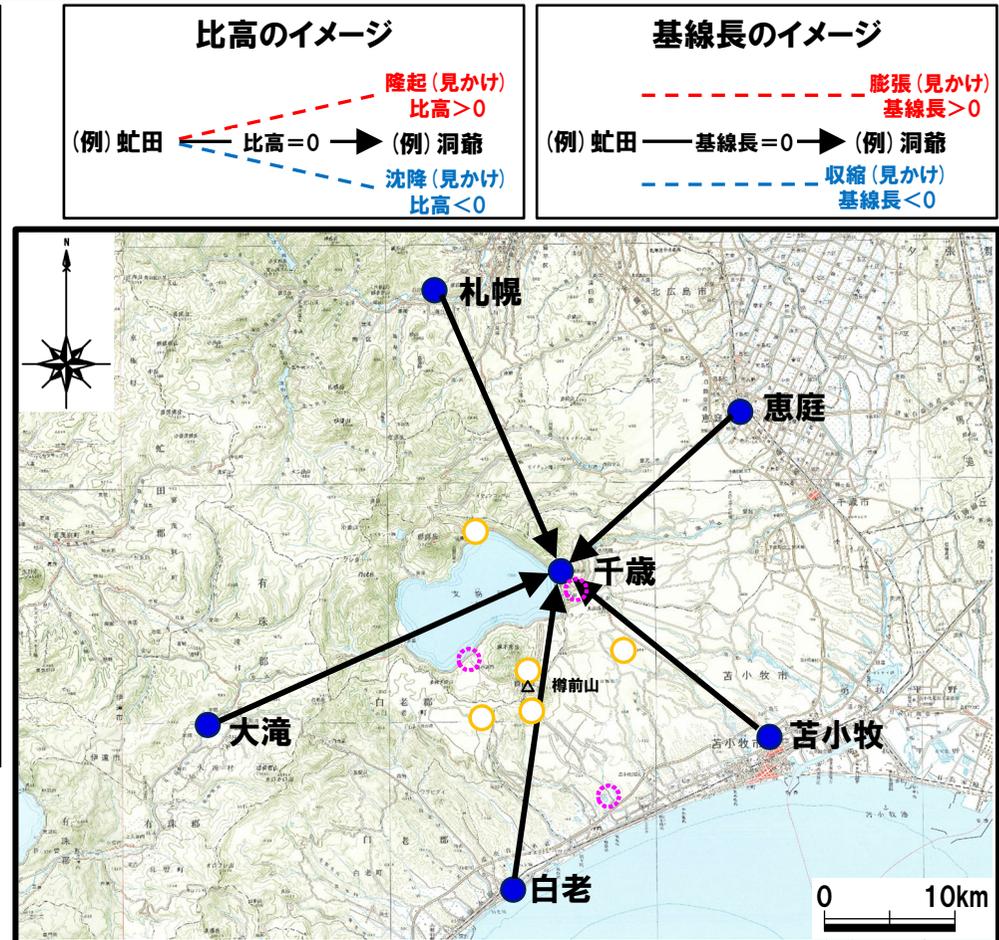
	<M0	M0-1	M1-2	M2-3	M3-4	M4-5	M5<	合計
2014/7/8	0	33	135	24	5	1	1	199

支笏カルデラ周辺の全地震回数（通常地震及び低周波地震の回数）
（2014.7.6～2014.7.20）

（一元化处理震源データ：<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/hypo.html>）

②-2 支笏カルデラにおける「平常からの変化」の判断基準（地殻変動）

- 支笏カルデラについては、P32に示すとおり、圧力源の仮定や、マグマ供給率による判断基準設定の必要性に乏しい。
- モニタリングの対象は、カルデラ全体ではあるが、上記を踏まえ、地殻変動の判断基準については、巨大噴火の前兆現象を想定する観点ではなく、まずは、現在の火山活動から異なる兆候を捉える観点で支笏カルデラの後カルデラ火山のうち、活動年代が最も新しい樽前山（補足説明資料1章参照）の観測結果から設定することとする。
- 地殻変動の管理基準は、支笏カルデラを囲むように位置する国土地理院の電子基準点を使用する。
- 右図に示すこれらの電子基準点を結んだ基線は、カルデラ全体をモニタリングするため、支笏カルデラを囲む基準点から、支笏カルデラ付近に位置する基準点を結ぶ配置とする。
- また、管理基準として設定しないものの、モニタリング精度の向上を図る観点から、樽前山の近傍に位置している防災科学技術研究所及び気象庁の電子基準点データについても収集し、データの傾向管理を継続して実施する。
- なお、管理基準及び判断基準については、モニタリング、火山活動の評価技術等の進展によって適宜見直すこととする。

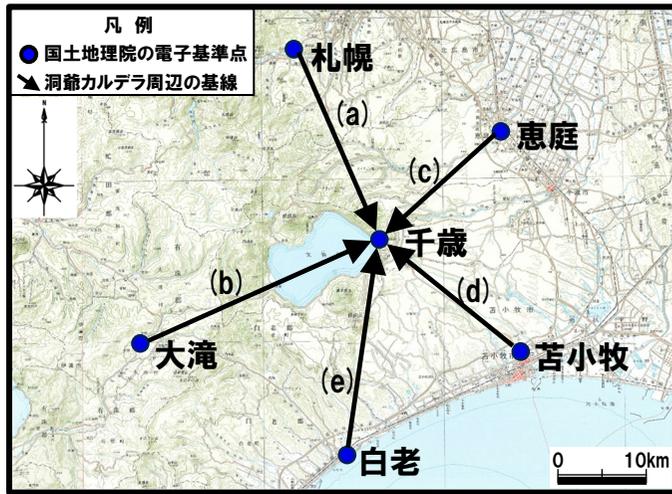


支笏カルデラ周辺における電子基準点及び基線

- 凡 例
- 国土地理院の電子基準点
 - 支笏カルデラ周辺の基線
 - ⊗ 防災科学技術研究所の電子基準点
 - 気象庁の電子基準点

6.4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処

②-2 支笏カルデラにおける「平常からの変化」の判断基準（地殻変動（比高））（1/2）

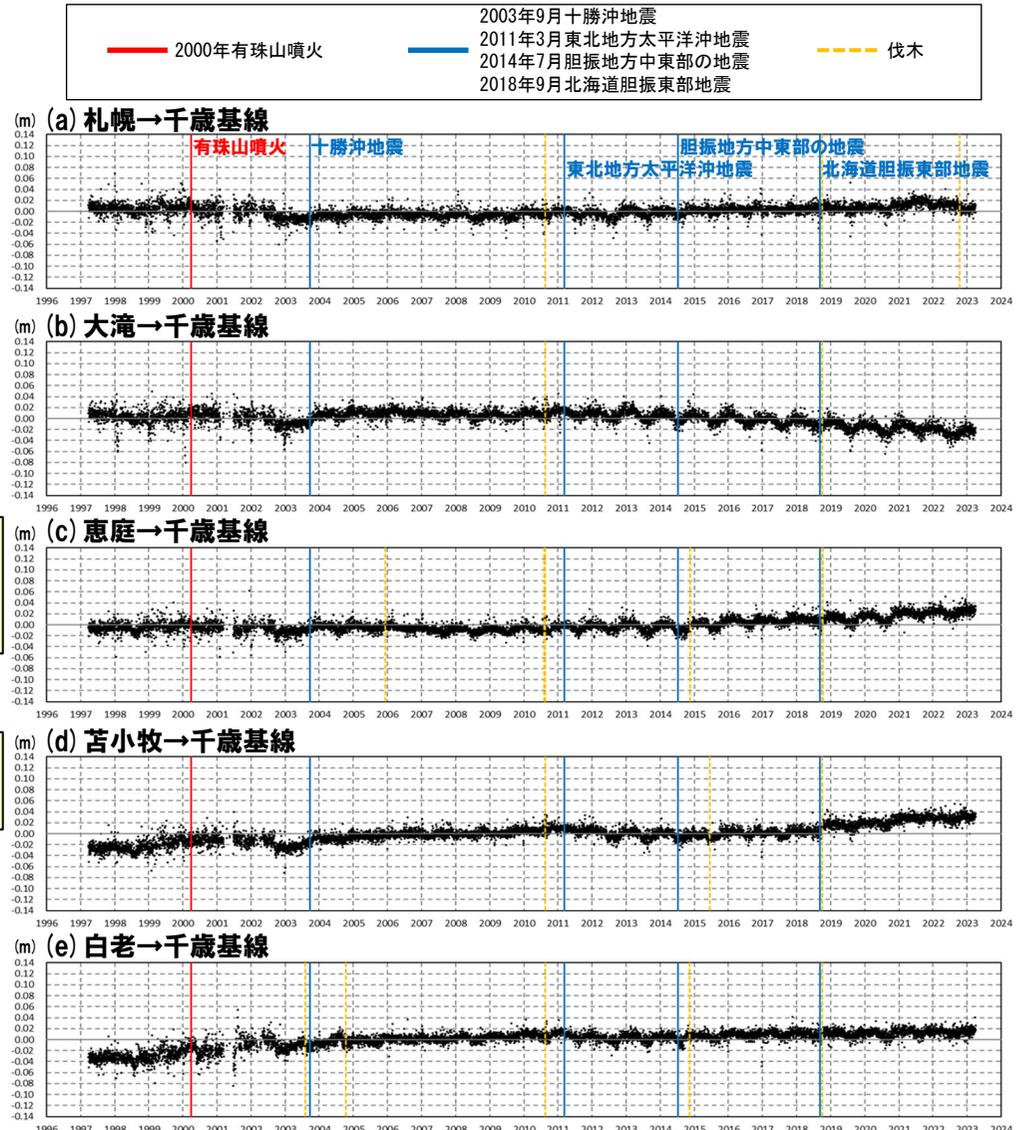


支笏カルデラ周辺における電子基準点及び基線

○支笏カルデラを囲むように位置する電子基準点から、当該カルデラ付近に位置する電子基準点を結んだ基線における日々の比高データを右図に示す。



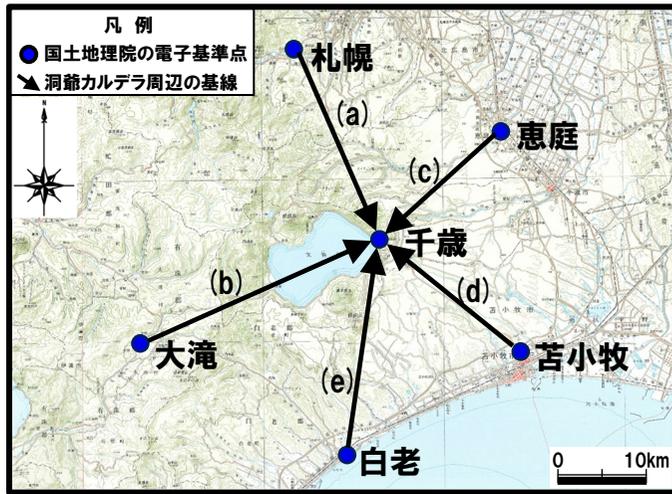
○日々の比高データはバラつきが大きく、火山活動に係る変動が把握しづらい。



支笏カルデラ周辺の比高の変化（F5解，日々のデータ）

6.4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処

②-2 支笏カルデラにおける「平常からの変化」の判断基準（地殻変動（比高））（2/2）

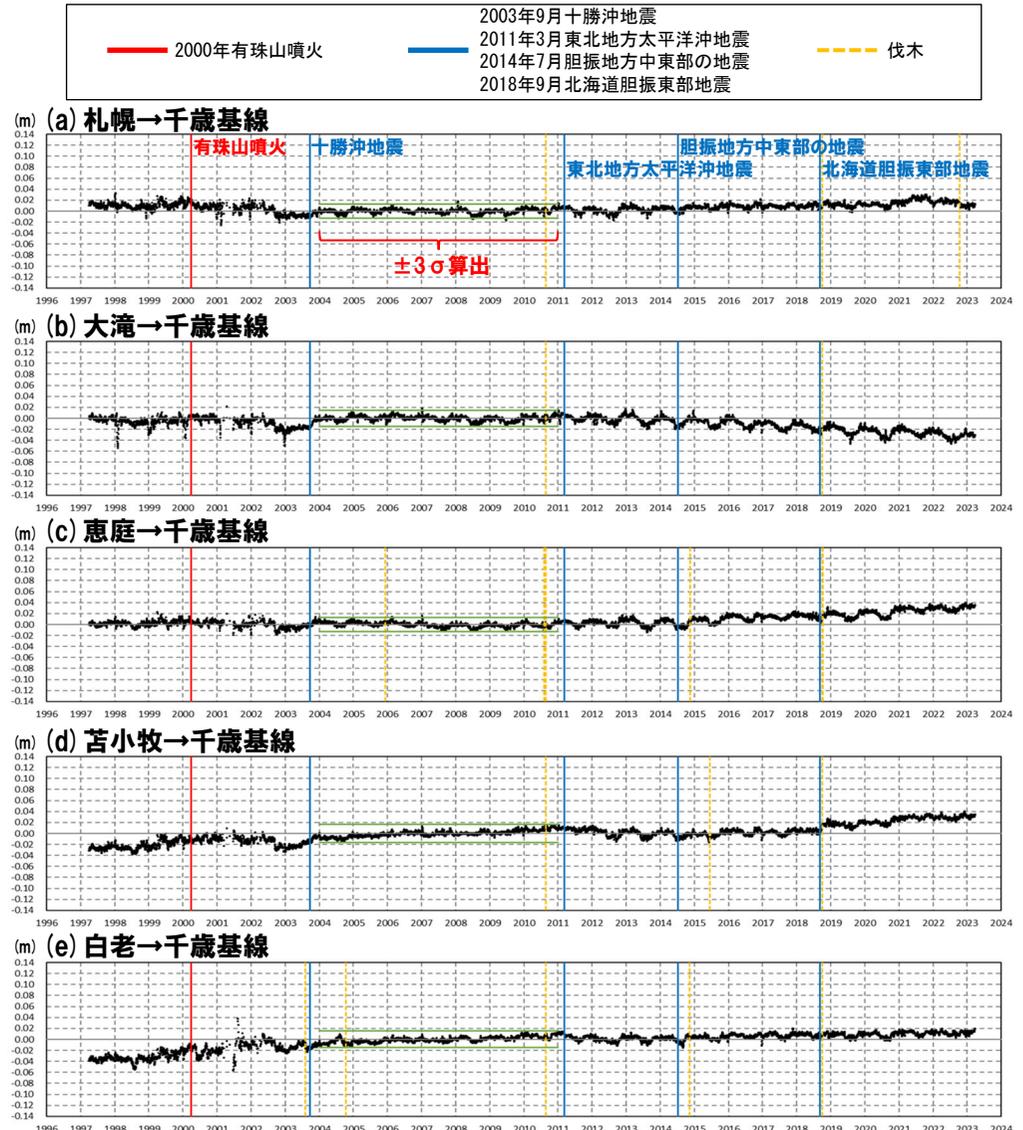


支笏カルデラ周辺における電子基準点及び基線

- 日々の比高データのバラツキを考慮して、7日間移動平均値を算出した。
- 比高については、以下の状況が認められる。
 - ・季節変化に伴う影響（気象条件に関するノイズ、電子基準点周辺の樹木の生長等）と考えられる値の揺らぎが認められる
 - ・2003年十勝沖地震及び2018年北海道胆振東部地震において、比高の不連続が認められる
 - ・2003年十勝沖地震以降、2011年東北地方太平洋沖地震前の7ヵ年においては、明瞭な比高の変化が認められない



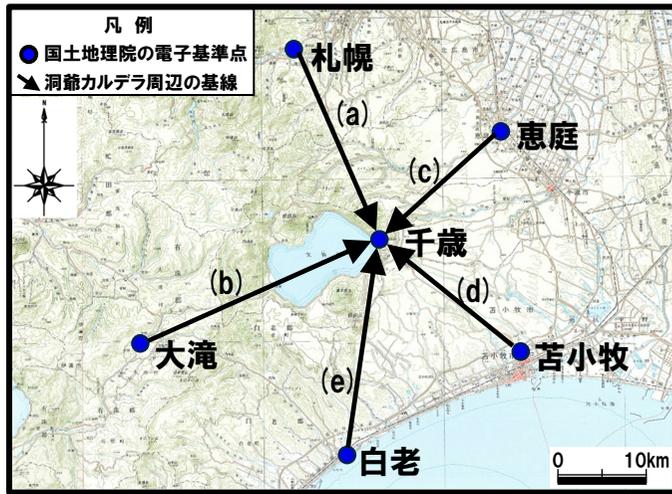
- 管理基準として、明瞭な比高の変化が認められない2011年東北地方太平洋沖地震前の7ヵ年（2004年～2010年）の7日間移動平均値の $\pm 3\sigma$ を用いる。
- 「平常からの変化」の判断基準としては、(a)～(e)の5基線のうち、2基線で7日間連続超過とする。



支笏カルデラ周辺の比高の変化 (F5解, 7日間移動平均値)

6.4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処

②-2 支笏カルデラにおける「平常からの変化」の判断基準 (地殻変動 (基線長))



支笏カルデラ周辺における電子基準点及び基線

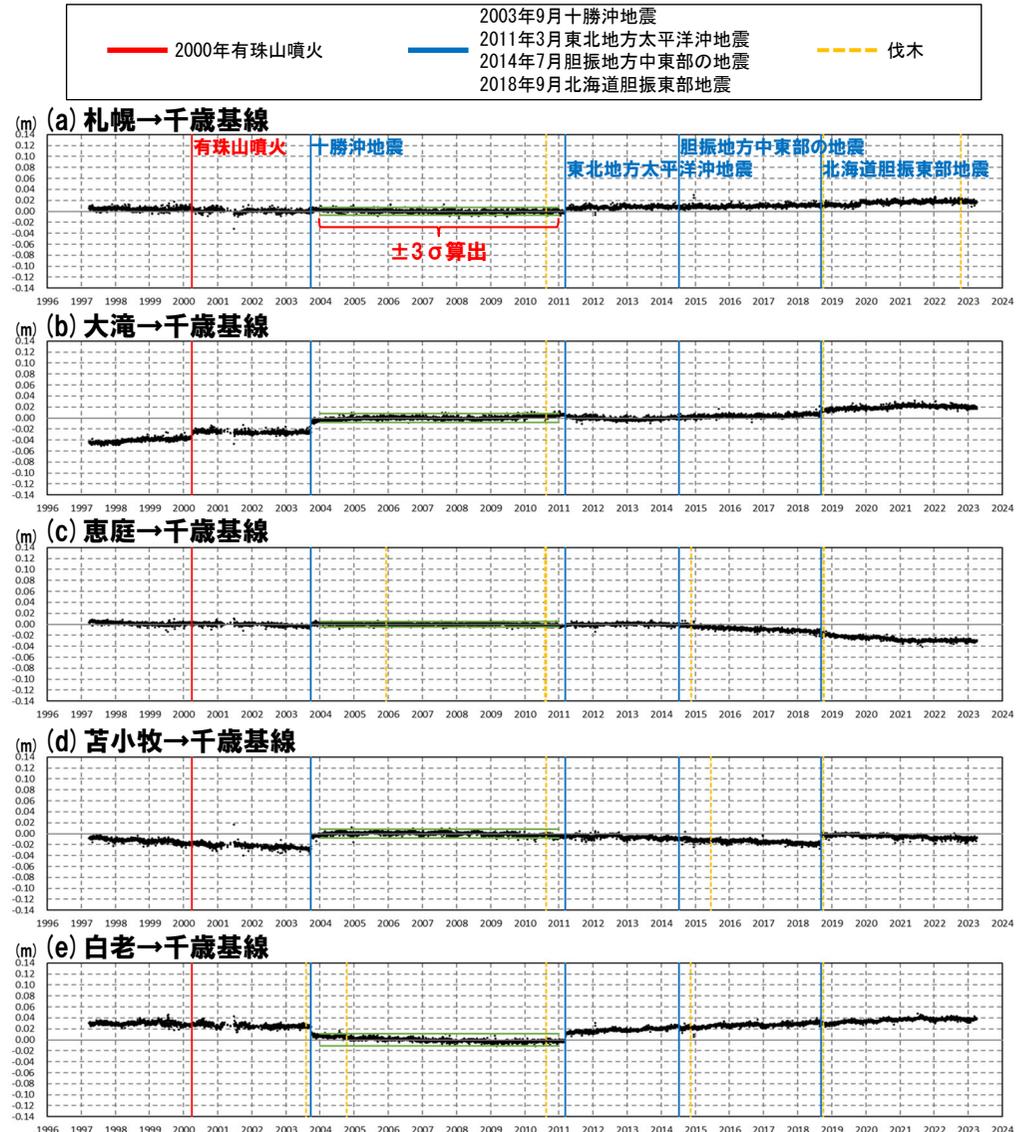
○日々の基線長については、以下の状況が認められる。

- ・2000年有珠山噴火, 2003年十勝沖地震, 2011年東北地方太平洋沖地震及び2018年北海道胆振東部地震において、基線長の不連続が認められる
- ・2003年十勝沖地震以降, 2011年東北地方太平洋沖地震前の7ヵ年においては、明瞭な基線長の変化は認められない



○管理基準として明瞭な基線長の変化が認められない2011年東北地方太平洋沖地震前の7ヵ年 (2004年～2010年) の日々のデータの $\pm 3\sigma$ を用いる。

○「平常からの変化」の判断基準としては、(a)～(e)の5基線のうち、2基線で7日間連続超過とする。



支笏カルデラ周辺の基線長の変化 (F5解, 日々のデータ)

余白

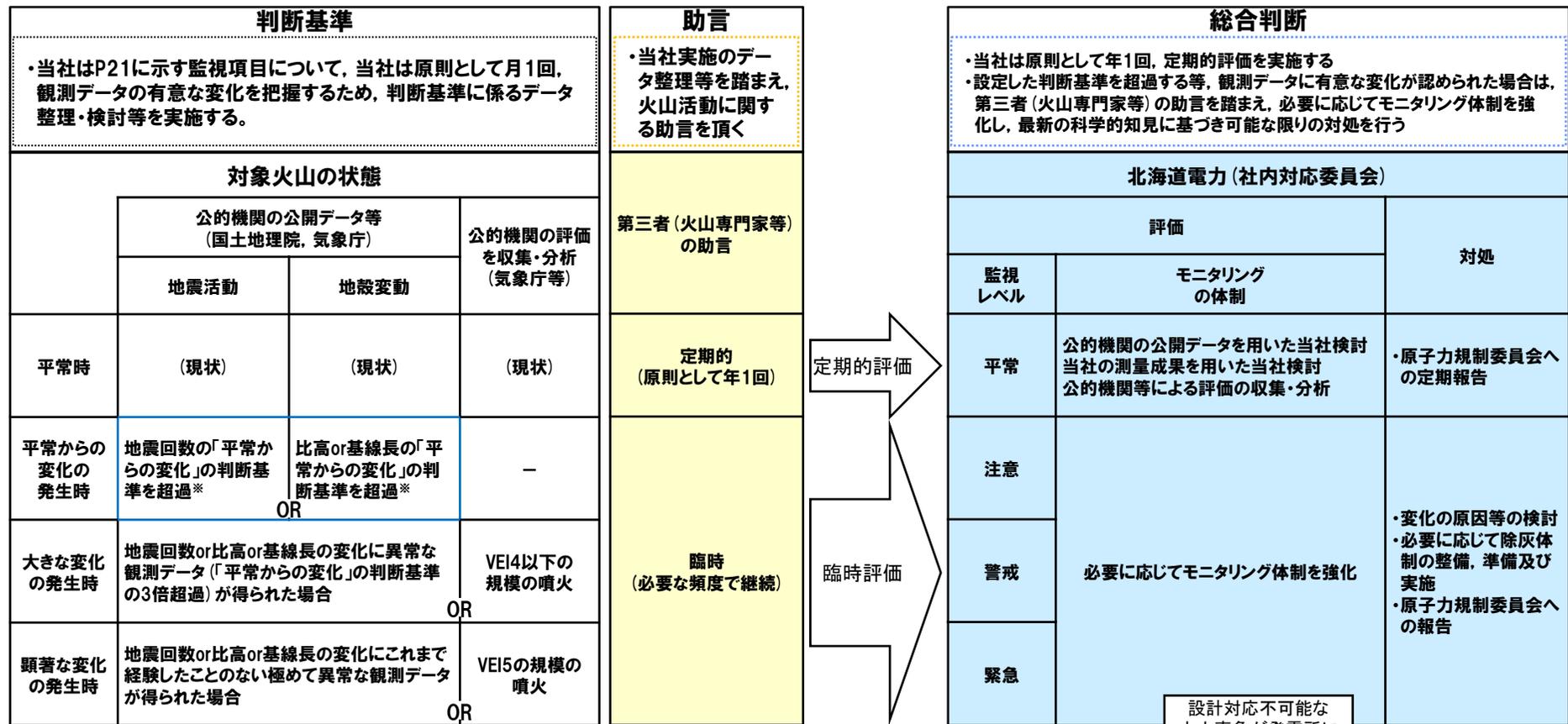
洞爺カルデラ及び支笏カルデラにおける対処方針(1/2)

- 策定した洞爺カルデラ及び支笏カルデラの対処方針(案)を以下に示し、判断フロー(案)を次頁に示す。
- 洞爺カルデラ及び支笏カルデラにおいて設定した判断基準を超過する等、観測データに有意な変化が認められた場合は、第三者(火山専門家等)の助言を踏まえ、必要に応じてモニタリング体制を強化し、最新の科学的知見に基づき可能な限りの対処を行う。対処例は以下のとおり。
 - ・変化の原因等の検討
 - ・必要に応じて除灰体制の整備、準備及び実施
- 上記対処を行った上で、設計対応不可能な火山事象が発電所に影響を及ぼす可能性があると判断した場合は、原子炉の停止、適切な核燃料の搬出等を実施する。
- なお、管理基準及び判断基準については、モニタリング、火山活動の評価技術等の進展によって適宜見直すこととする。

6.4 観測データの有意な変化を把握した場合の対処

洞爺カルデラ及び支笏カルデラにおける対処方針 (2/2)

洞爺カルデラ及び支笏カルデラにおける判断フロー (案)



※「平常からの変化」の判断基準の詳細のうち、洞爺カルデラについては、P33～P43参照、支笏カルデラについては、P45～P52参照。

原子炉の停止、適切な核燃料の搬出等を実施

- (1) Matsubara, M., Ishiyama, T., No, T., Uehira, K., Mochizuki, M., Kanazawa, T., Takahashi, N. and Kamiya, S (2022) : Seismic velocity structure along the Sea of Japan with large events derived from seismic tomography for whole Japanese Islands including reflection survey data and NIED MOWLAS Hi-net and S-net data, Earth, Planets Space 74, 171 (2022).
- (2) 西来邦章・伊藤順一・上野龍之編 (2012, 2015) : 第四紀火山岩体・貫入岩体データベース.
- (3) Amma-Miyasaka, M., Miura, D., Nakagawa, M., Uesawa, S., Furukawa, R. (2020) : Stratigraphy and chronology of silicic tephra in the Shikotsu-Toya Volcanic Field, Japan: Evidence of a Late Pleistocene ignimbrite flare-up in SW Hokkaido, Quaternary International, 562, pp.58-75.
- (4) 原子炉安全専門審査会原子炉火山部会報告書 (2019) : 火山モニタリングにおける「観測データに有意な変化があったと判断する目安」について.
- (5) Mogi, K. (1958) : Relations between the Eruptions of Various Volcanoes and Deformations of the Ground Surfaces around them., BULLETIN OF THE EARTHQUAKE RESEARCH INSTITUTE, Vol.36, pp.99-134.

(WEB)

- (6) 気象庁地震月報 (カタログ編) : <https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/hypo.html>
- (7) 気象庁一元化処理検測値データ : <https://hinetwww11.bosai.go.jp/auth/JMA/?LANG=ja>
- (8) 国土地理院電子基準点データ提供サービス : <https://terras.gsi.go.jp>
- (9) Japan Volcanological Data Network : <https://jvdm.bosai.go.jp/portal/ja/>
- (10) 国土地理院干渉SAR時系列解析結果 : https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/gsi_sar_tsa_seika.html
- (11) 気象庁火山噴火予知連資料 : <https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/CCPVE/CCPVE08.html>
- (12) 気象庁火山活動解説資料 : https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_vact_doc/monthly_vact.php
- (13) 産業技術総合研究所 日本の火山データベース : <https://gbank.gsj.jp/volcano/>
- (14) 産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) 20万分の1日本火山図 (ver. 1.0d), 産総研地質調査総合センター : <https://gbank.gsj.jp/volcano/vmap/>