

女川原子力発電所2号炉
火山影響評価について
(補足説明資料)
(令和元年9月27日審査会合資料 一部修正)

令和元年11月6日
東北電力株式会社

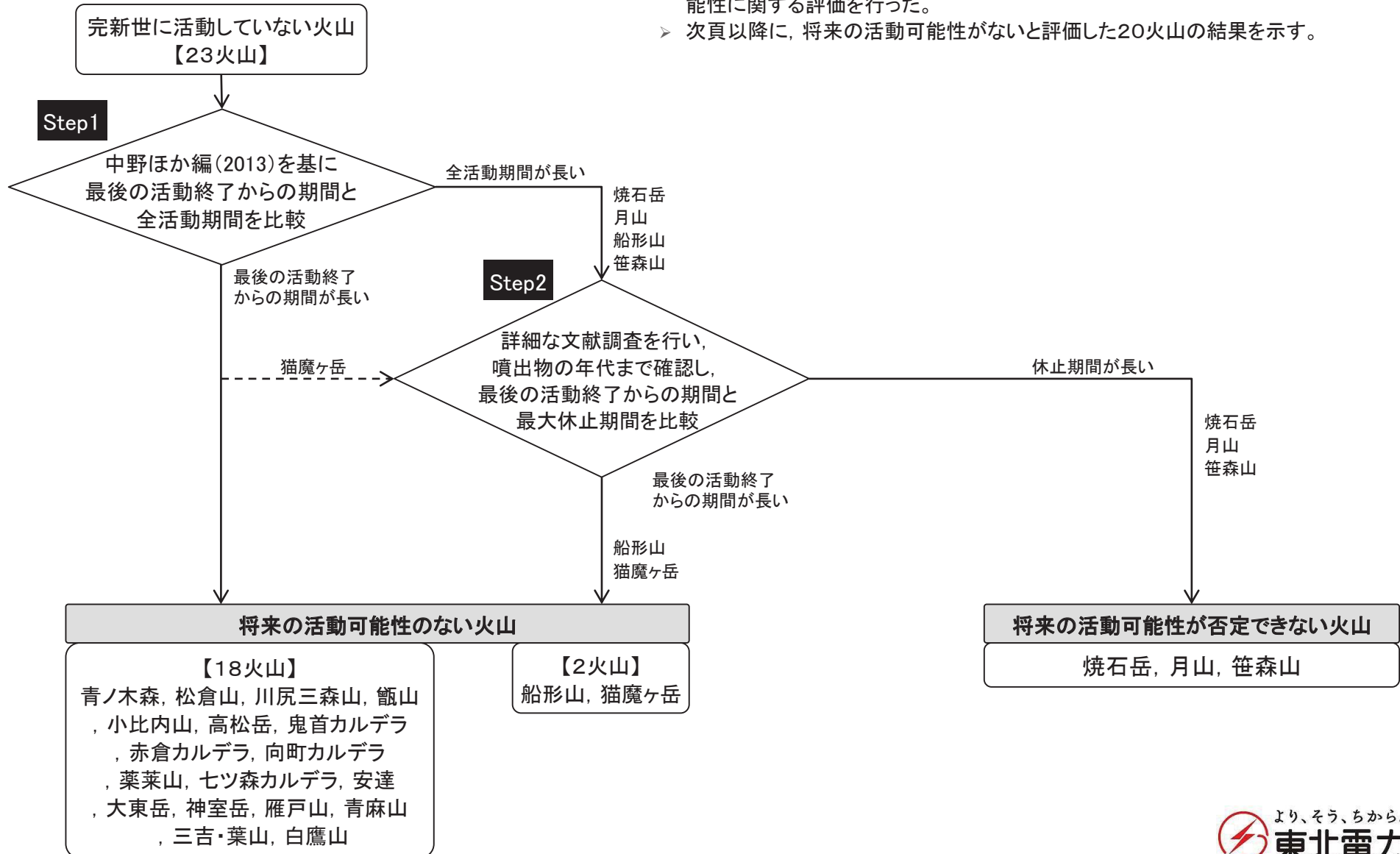
目次

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について	p2
2. 給源から女川の方に降灰分布軸をもつ160km以遠の火山について	p37
3. 敷地内及び敷地周辺で確認された降下火砕物について	p48
4. Tephra2のプログラムコードのバグ修正について	p56
5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について	p61
6. 鳴子荷坂の調査結果について	p87
7. 中野ほか編(2013)のWEB版の更新内容を踏まえた影響検討について	p127
参考文献	p130

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について【完新世に活動していない火山の検討: 検討フロー】

- 下のフローに従い、完新世に活動していない23火山について、将来の活動可能性に関する評価を行った。
- 次頁以降に、将来の活動可能性がないと評価した20火山の結果を示す。



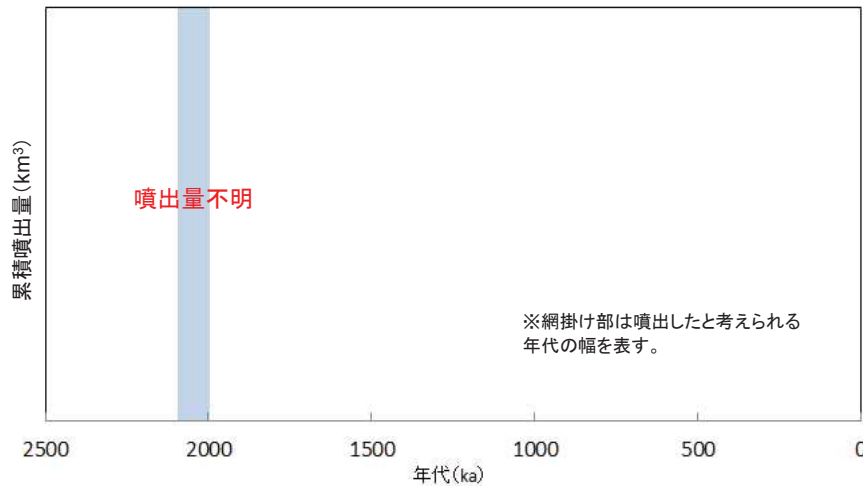
1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について 【青ノ木森】

青ノ木森の概要

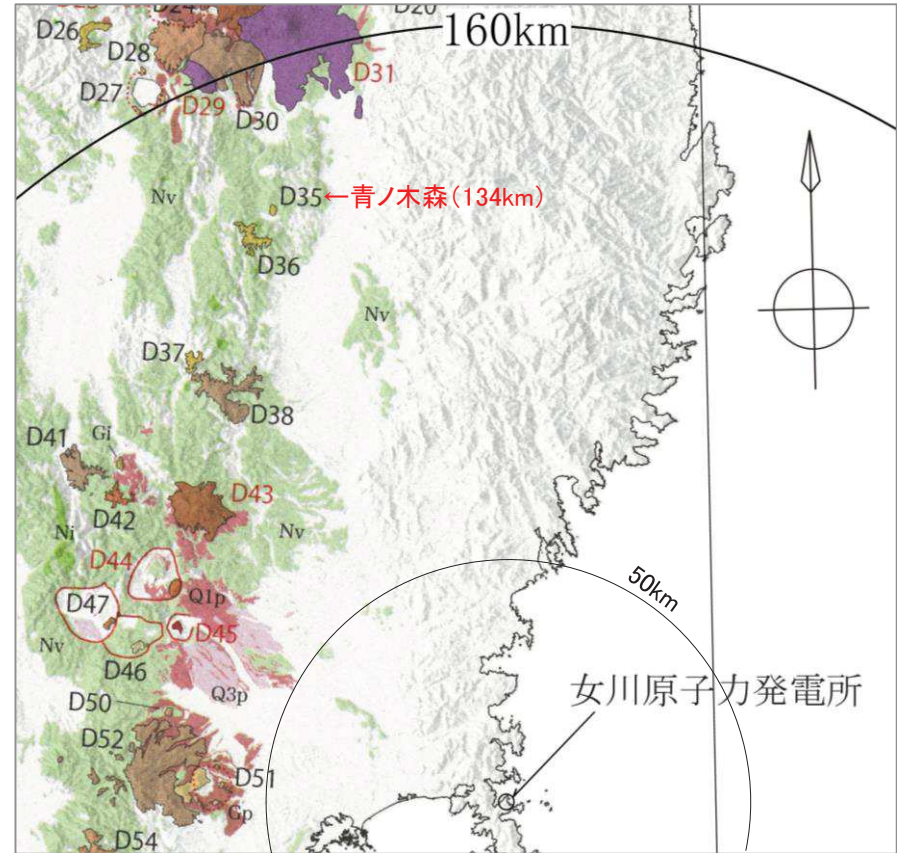
火山名	青ノ木森
敷地からの距離	約134km(敷地からの方位角:約340°)
火山の形式	複成火山
活動年代	約210万年前～約200万年前

青ノ木森の評価

全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから、将来の活動可能性はない。



青ノ木森の噴出量－年代階段ダイヤグラム



敷地を中心とする半径160kmの範囲の火山地質図 (中野ほか編(2013)による)

青ノ木森の活動履歴

地質時代 (Ma)		噴出物名	体積 (km ³)	参考文献
第四紀	完新世			佐藤(1986) 八島ほか(1989) 八島(1990) 中野ほか編(2013)
	更新世	青ノ木森安山岩	不明	

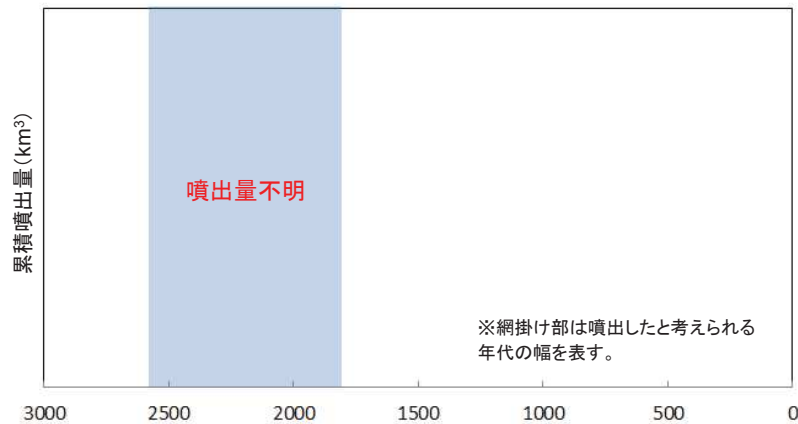
1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について 【松倉山】

松倉山の概要

火山名	松倉山
敷地からの距離	約126km(敷地からの方位角:約337°)
火山の形式	複成火山
活動年代	ジェラシアン

松倉山の活動履歴

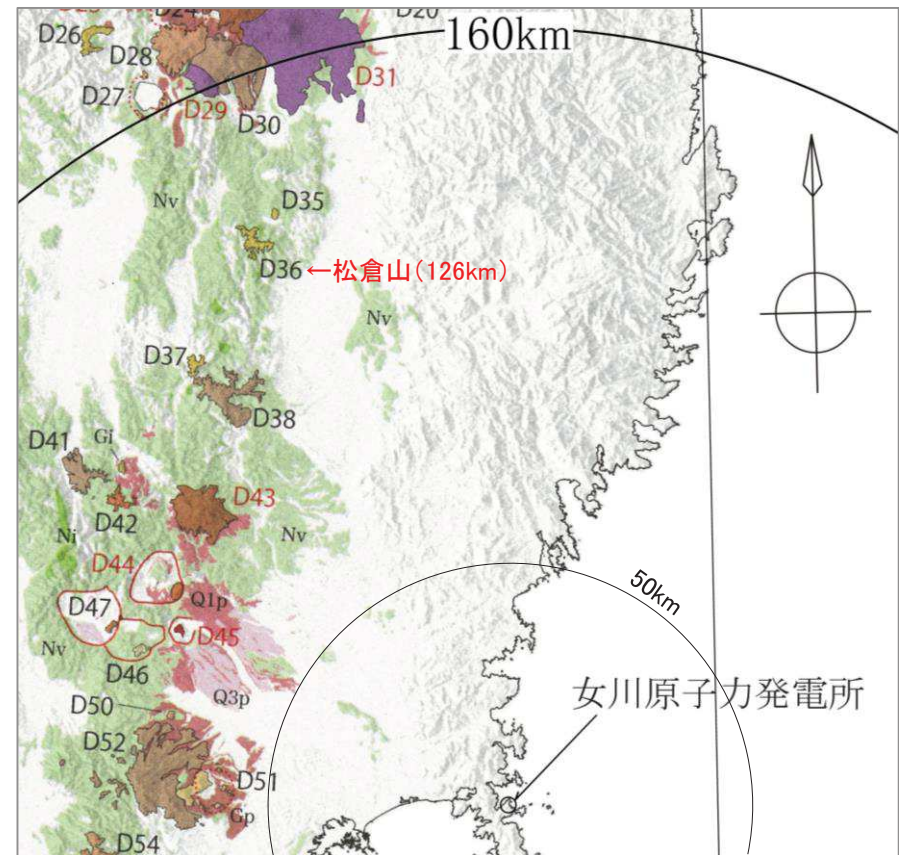
地質時代		噴出物名	体積 (km ³)	参考文献
第四紀	完新世	松倉山 安山岩溶岩及び火砕岩	不明	大沢・須田(1980) 中野ほか編(2013) 産業技術総合研究所地質調査総合センター(2014)
	更新世 シムリアン			



松倉山の噴出量一年代階段ダイアグラム

松倉山の評価

全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから、将来の活動可能性はない。



敷地を中心とする半径160kmの範囲の火山地質図 (中野ほか編(2013)による)

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について 【川尻三森山】

川尻三森山の概要

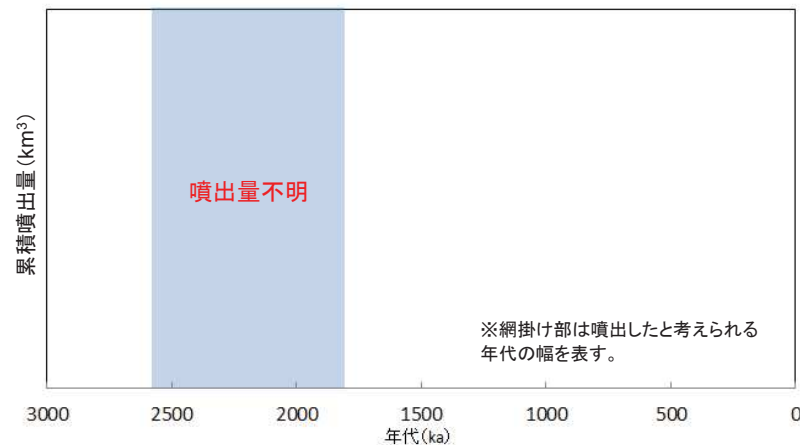
火山名	川尻三森山
敷地からの距離	約111km(敷地からの方位角:約326°)
火山の形式	複成火山
活動年代	ジェラシアン(約240万年前)

川尻三森山の評価

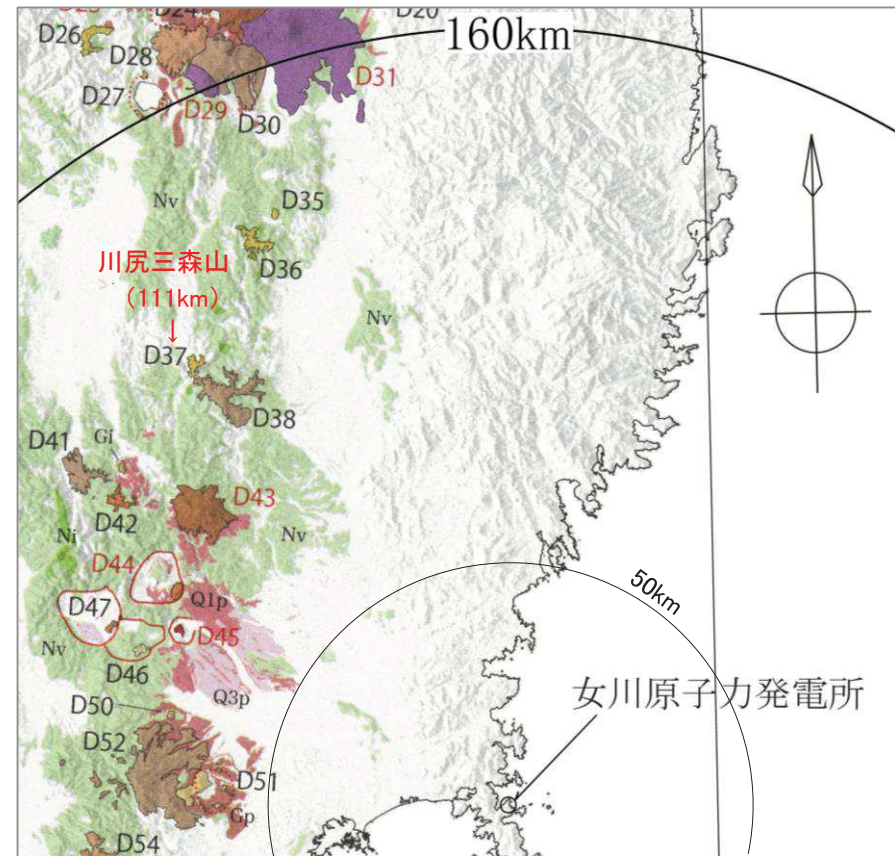
全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから、将来の活動可能性はない。

川尻三森山の活動履歴

地質時代		噴出物	体積 (km ³)	参考文献
第四紀	完新世			Kondo et.al.(2004) 中野ほか編(2013) 産業技術総合研究所地質調査総合センター(2014)
	更新世 シムラン	川尻三森 安山岩	不明	



川尻三森山の噴出量一年代階段ダイヤグラム



敷地を中心とする半径160kmの範囲の火山地質図 (中野ほか編(2013)による)

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について 【甕山】

甕山の概要

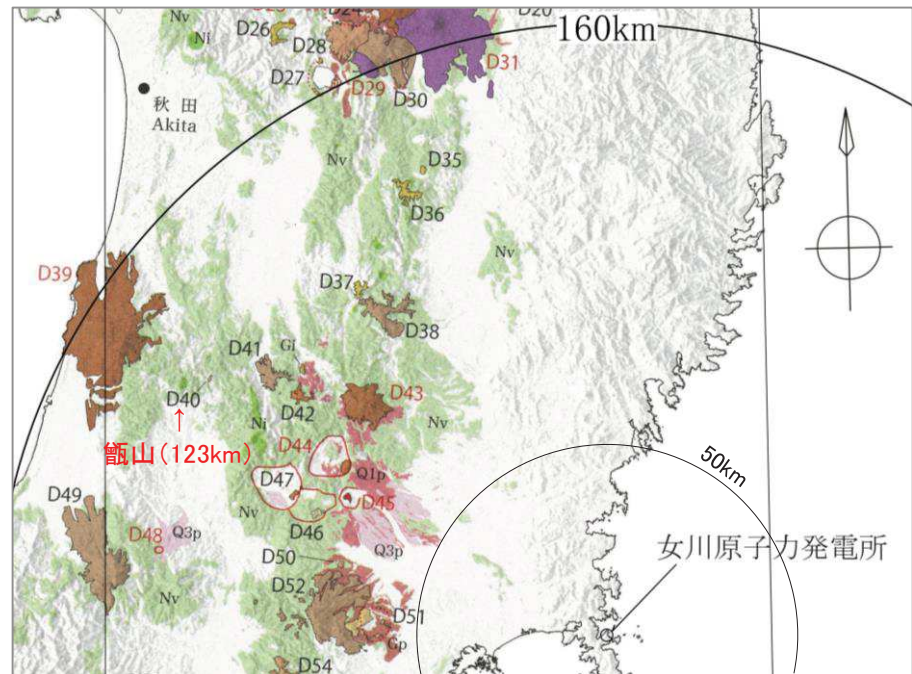
火山名	甕山
敷地からの距離	約123km(敷地からの方位角:約304°)
火山の形式	溶岩ドーム?
活動年代	約200万年前~約140万年前

甕山の評価

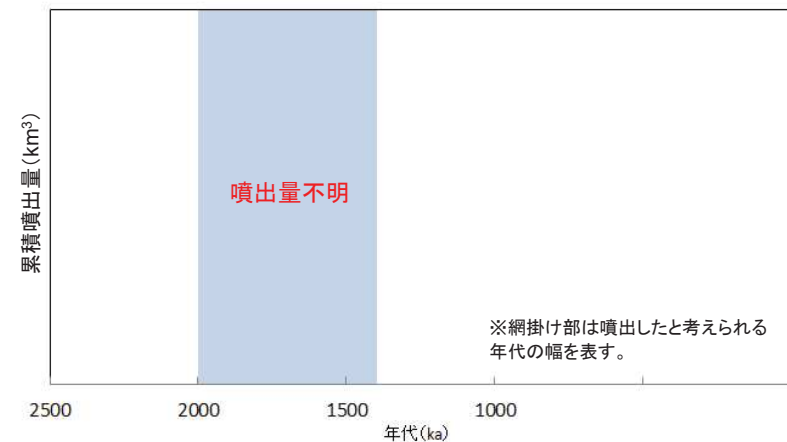
全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから、将来の活動可能性はない。

甕山の活動履歴

地質時代 (Ma)		噴出物名	体積 (km ³)	参考文献
第四紀	完新世			大沢ほか(1979) Kondo et.al.(2004) 中野ほか編(2013) 産業技術総合研究所地質調査総合センター(2014)
	更新世	甕岳デイスайト	不明	
		西甕岳デイスайト		
	2.0			



敷地を中心とする半径160kmの範囲の火山地質図 (中野ほか編(2013)による)



甕山の噴出量一年代階段ダイアグラム

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について 【小比内山】

小比内山の概要

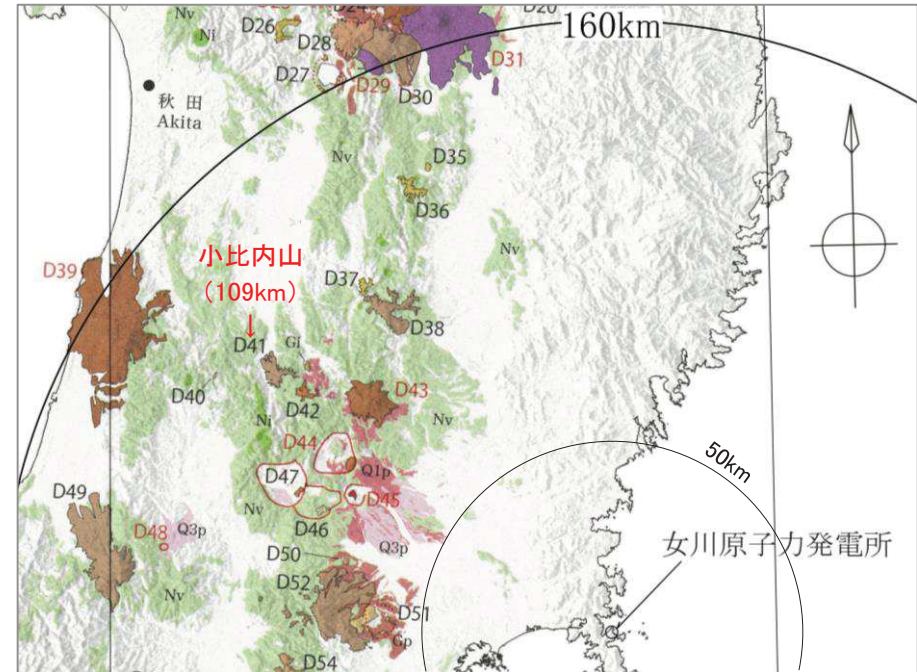
火山名	小比内山
敷地からの距離	約109km(敷地からの方位角:約309°)
火山の形式	複成火山
活動年代	約100万年前～約60万年前

小比内山の評価

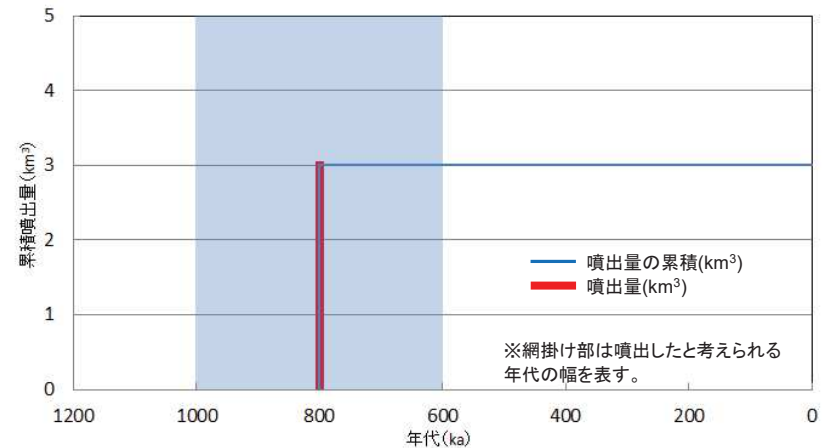
全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから、将来の活動可能性はない。

小比内山の活動履歴

地質時代 (Ma)		噴出物名	体積 (km ³)	参考文献	
第四紀	完新世	小比内山(母沢)安山岩 (川井山石英安山岩)	3	大沢ほか(1979) 臼田ほか(1981) 土志田ほか(1999) 第四紀火山カタログ委員会編(1999) 中野ほか編(2013) 産業技術総合研究所地質調査総合センター(2014)	
	更新世				0.6
	1.0				



敷地を中心とする半径160kmの範囲の火山地質図 (中野ほか編(2013)による)



小比内山の噴出量一年代階段ダイヤグラム

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について【高松岳】

高松岳の概要

火山名	高松岳
敷地からの距離	約100km(敷地からの方位角:約309°)
火山の形式	複成火山
活動年代	約30万年前～約20万年前

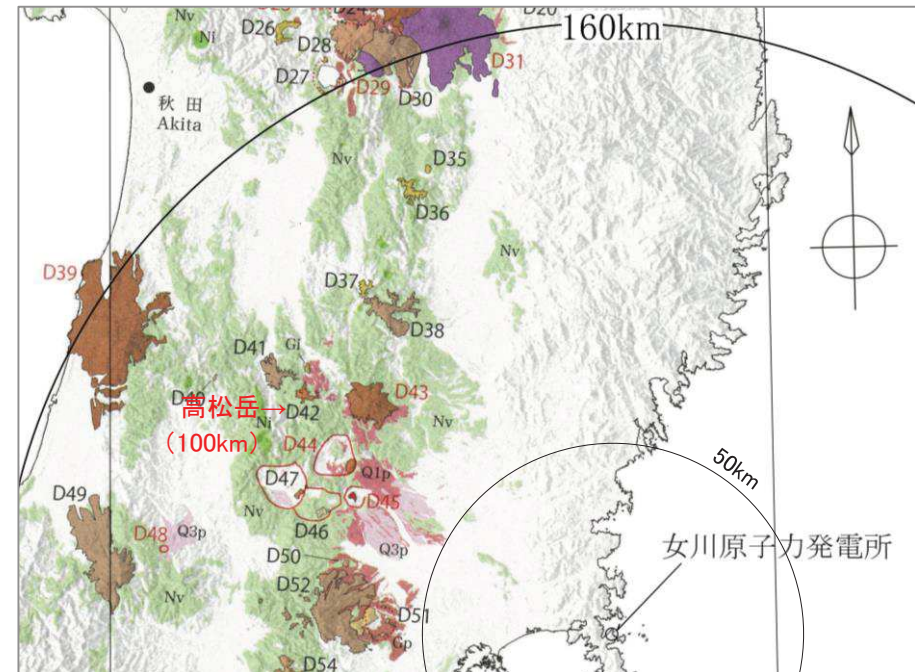
高松岳の評価

全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから、将来の活動可能性はない。

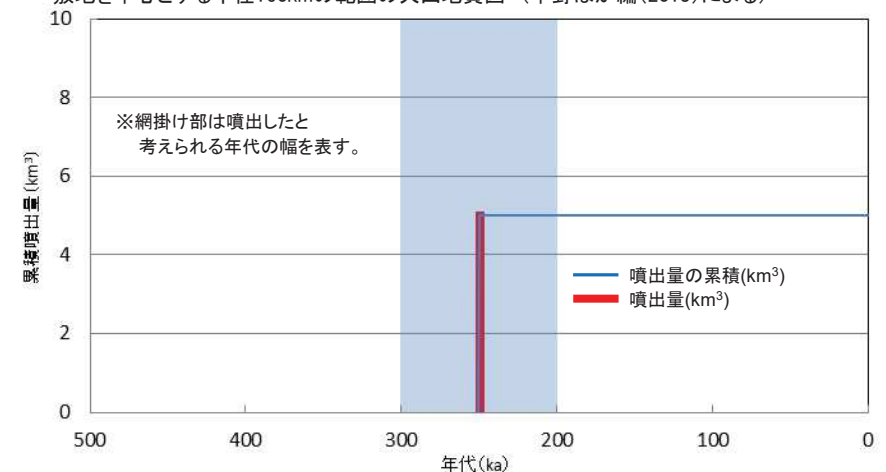
高松岳の活動履歴

地質時代 (Ma)	噴出物名	体積 (km ³)	参考文献	
第四紀	完新世	5	竹野(1988) 梅田ほか(1999) 高島ほか(1999) Ban et.al.(2007) 第四紀火山カタログ委員会編(1999) 中野ほか編(2013)	
	0.2			山伏岳デイサイト
	更新世			高松岳溶岩
0.3				

➢ 中野ほか編(2013)のWEB版(2019.3.19更新)によれば、高松岳から奥宮山を分離したことが記載されているが、2013年の発行以降に新たな文献等が追加されたものではないため、奥宮山を高松岳に含めた形で整理し、第四紀火山には含めないこととする。なお、念のため、奥宮山の活動性について検討を行い、「原子力発電所に影響を及ぼし得る火山」に該当しないことを確認した(p128参照)。



敷地を中心とする半径160kmの範囲の火山地質図 (中野ほか編(2013)による)

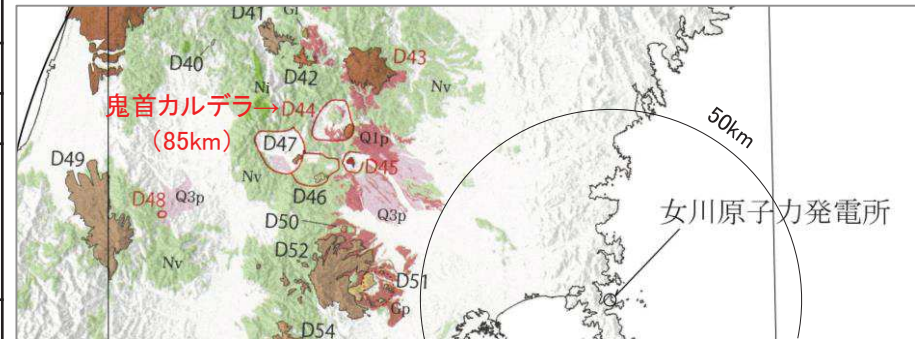


高松岳の噴出量一年代階段ダイヤグラム

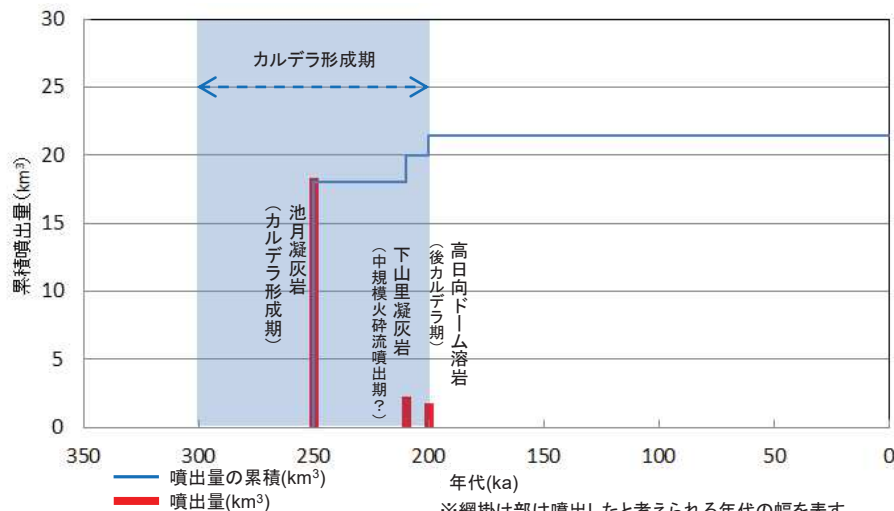
1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について 【鬼首カルデラ:概要】

鬼首カルデラの概要

火山名	鬼首カルデラ
敷地からの距離	約85km(敷地からの方位角:約305°)
火山の形式	カルデラ火山
活動年代	約30万年前～約20万年前
概要	鬼首カルデラは、荒雄岳(983.9m)や高日向山(768.8m)等の中央火口丘を有し、楕円形のカルデラリムを示す。カルデラの長軸方向はNNW-SSE方向で長さ約10km、短軸方向はENE-WSW方向で長さ約7.5kmである。
噴出物	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 最大噴出量はカルデラ形成期の池月凝灰岩(約30万年前～約20万年前)の約18.0km³。末端部は荷坂などの火砕流により埋積されており詳細は不明だが、少なくとも発電所より約50km離れた地点で確認されている。 ➢ 最新の噴火活動は、溶岩ドームを形成した高日向ドーム溶岩の活動期(約20万年前)に発生。



敷地を中心とする半径160kmの範囲の火山地質図 (中野ほか編(2013)による)



鬼首カルデラの噴出量一年代階段ダイヤグラム

上表及び噴出量一年代階段ダイヤグラムは、第四紀火山カタログ委員会編(1999)及びYamada(1988)等の文献調査の結果を基に東北電力が独自に作成したものである。



上空からの鬼首カルデラ

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について【鬼首カルデラ:噴気・熱水活動, 活動年代について】

【噴気・熱水活動について】

- 中野ほか編(2013)では、片山地獄(片山火口)などで活発な噴気活動があることを示している。
- 福留(1982)では、鬼首カルデラには、多くの源泉及び噴気孔が存在するが、この約半数は盆地外縁に沿って環状に流路をとる荒雄川の河川沿いに分布しており、カルデラの環状輪郭と平行な同心円状の構造的弱線が伏し、温泉などもこれに支配されていると考えられている。
- Yamada (1988)では、カルデラの地下深部にはすでに固結した高温をまだ保っている貫入岩体が存在し、そのような岩体から主に熱伝導により周囲に熱が拡散して、一部はマグマ中の揮発成分が断裂面などを通して周囲に発散し熱を運ぶ役割をしていると推定している。
- 清棲(1986)によれば、炭酸ガスの同位体比からマグマ起源のものが含まれているとし、鬼首の地熱流体は火山活動と関連性があることを指摘している。

【活動年代について】

- 鬼首カルデラの活動年代に関しては、第四紀火山カタログ委員会編(1999)、中野ほか編(2013)及び産業技術総合研究所地質調査総合センター(2014)のいずれの文献においても約30万年前～約20万年前とされている。
- Yamada(1988)、阪口・山田(1988)、早田(1989)、土谷ほか(1997)では、約20万年前以降、噴出物を伴う噴火活動は報告されていない。
- 気象庁編(2013)では、活火山とされていない。
- これらの文献を基に作成した階段ダイヤグラムからも、鬼首カルデラは活動的ではないと判断される。

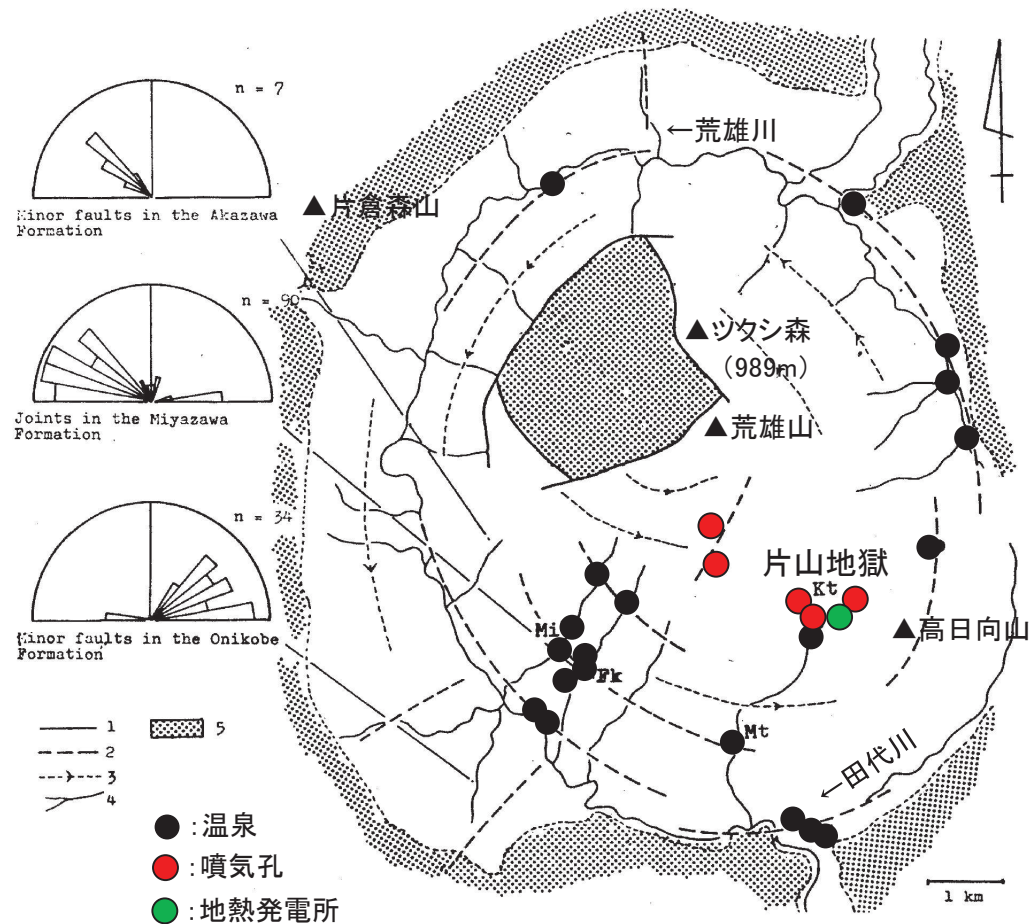


Fig. 1 Structural map of the Onikobe basin.

1:断層, 2:推定される伏在断層, 3:走向線, 4:河川, 5:基盤岩,
Mi:宮沢, Fk:吹上, Kt:片山

鬼首カルデラは、「将来の活動可能性のない火山」と評価する。

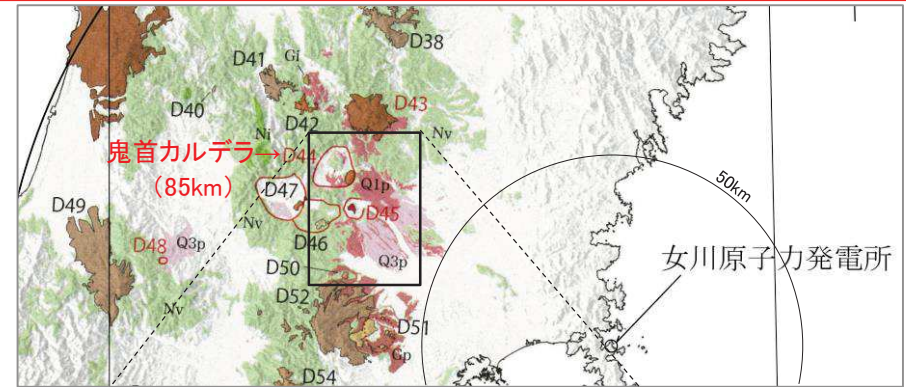
(福留(1982)に加筆)

なお、鬼首カルデラによる設計対応不可能な火山事象が敷地に与える影響について、次頁に示す。

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について 【鬼首カルデラ: 設計対応不可能な火山事象の評価】

設計対応不可能な火山事象の評価 (鬼首カルデラ)

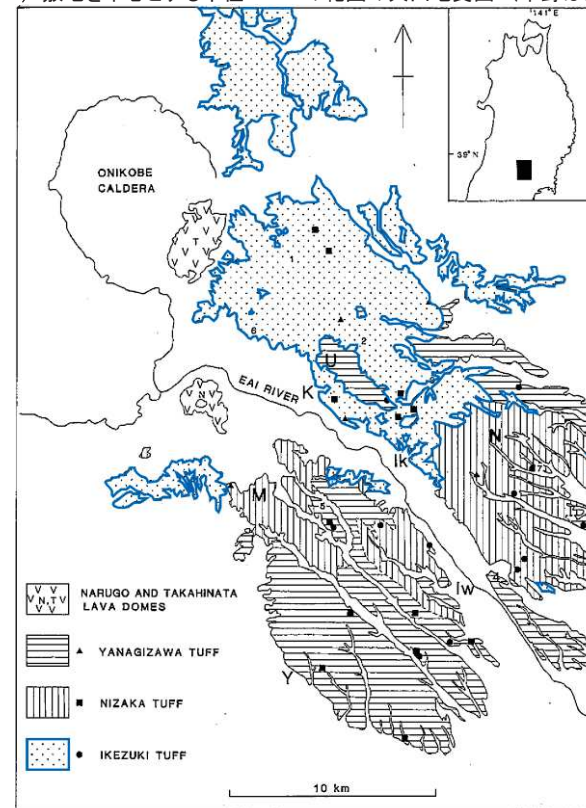
火砕物密度流 (160km)	火砕物密度流の到達範囲は、敷地から十分離れている (約50km) ことから、発電所に影響を及ぼす可能性はない。
溶岩流 (50km)	敷地と火山の距離から、発電所に影響を及ぼす可能性はない。
岩屑なだれ他 (50km)	
新しい火口の開口	敷地は、第四紀を通じて火山フロントより前弧側 (東方) に約60km離れた北上山地南端部の牡鹿半島にあり、敷地周辺では火成活動は確認されていないことから、発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性は十分小さい。
地殻変動	



敷地を中心とする半径160kmの範囲の火山地質図 (中野ほか編(2013)による)

鬼首カルデラの活動履歴

地質時代 (Ma)	ステージ区分	噴出物名	体積 (km ³)	参考文献	
第四紀	完新世			北村 (1956) Ishida (1981) Yamada (1988) 早田 (1989) 土谷ほか (1997) 第四紀火山カタログ委員会編 (1999) 高島ほか (2006) 中野ほか編 (2013)	
	更新世	後カルデラ期	高日向ドーム溶岩		1.5
			河倉沢層 (安山岩質火山岩類など)		不明
			宮沢層 (デイサイト質溶岩など)		不明
		赤沢層 (安山岩質火山岩類など)	不明		
	中期	中規模噴出	下山里凝灰岩		2
0.3	形成期	カルデラ	池月凝灰岩	> 18	



鬼首カルデラ周辺の火山地質図 (阪口・山田(1988)に加筆)

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について 【赤倉カルデラ】

赤倉カルデラの概要

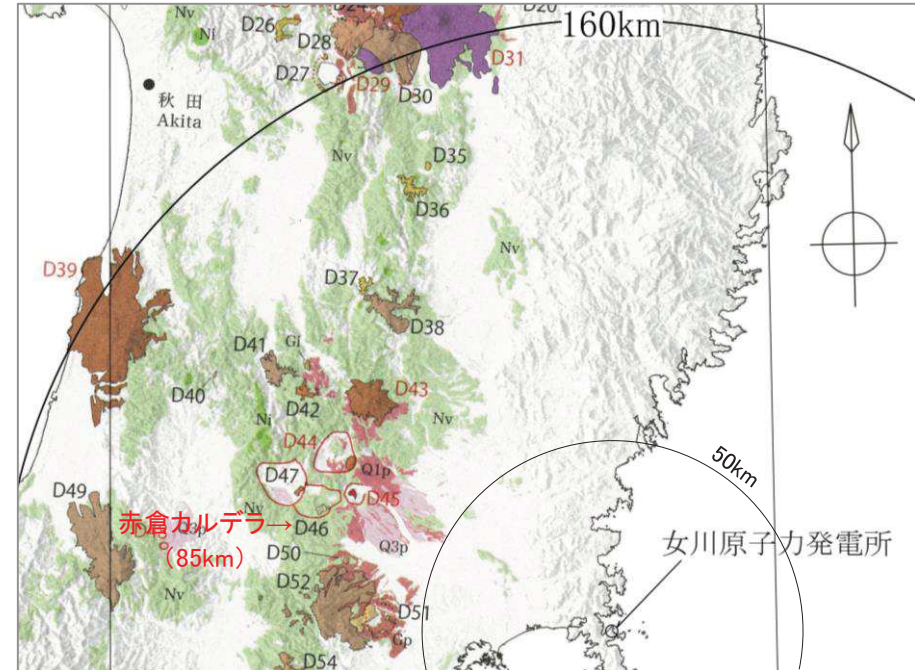
火山名	赤倉カルデラ
敷地からの距離	約85km(敷地からの方位角:約294°)
火山の形式	カルデラ及びカルデラ埋積堆積物, 溶岩ドーム
活動年代	約300万年前～約200万年前

赤倉カルデラの評価

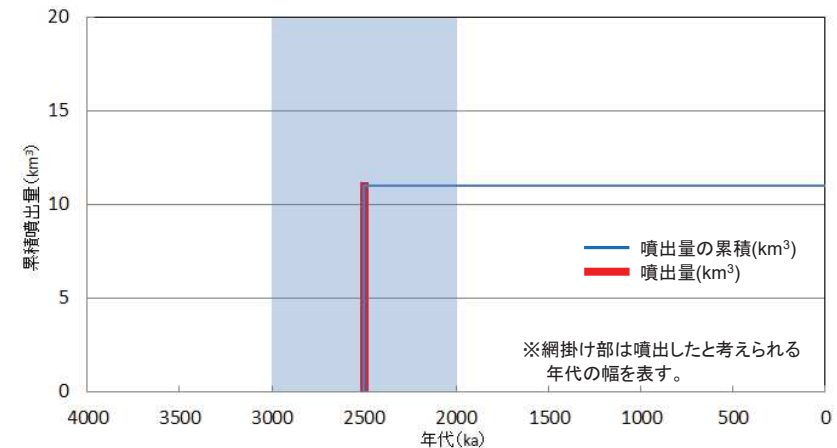
全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから、将来の活動可能性はない。

赤倉カルデラの活動履歴

地質時代 (Ma)		ステージ区分	噴出物名	体積 (km ³)	参考文献
第四紀	完新世	後カルデラ期	みみずく山 デイサイト	不明	大竹(2000) 第四紀火山カタログ委員会編(1999) 産業技術総合研究所地質調査総合センター(2014) 中野ほか編(2013)
	更新世 2.0				
新第三紀	鮮新世 3.0	カルデラ形成期	奥羽山層 (火砕流堆積物)	> 11	



敷地を中心とする半径160kmの範囲の火山地質図 (中野ほか編(2013)による)



赤倉カルデラの噴出量一年代階段ダイアグラム

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について 【向町カルデラ】

向町カルデラの概要

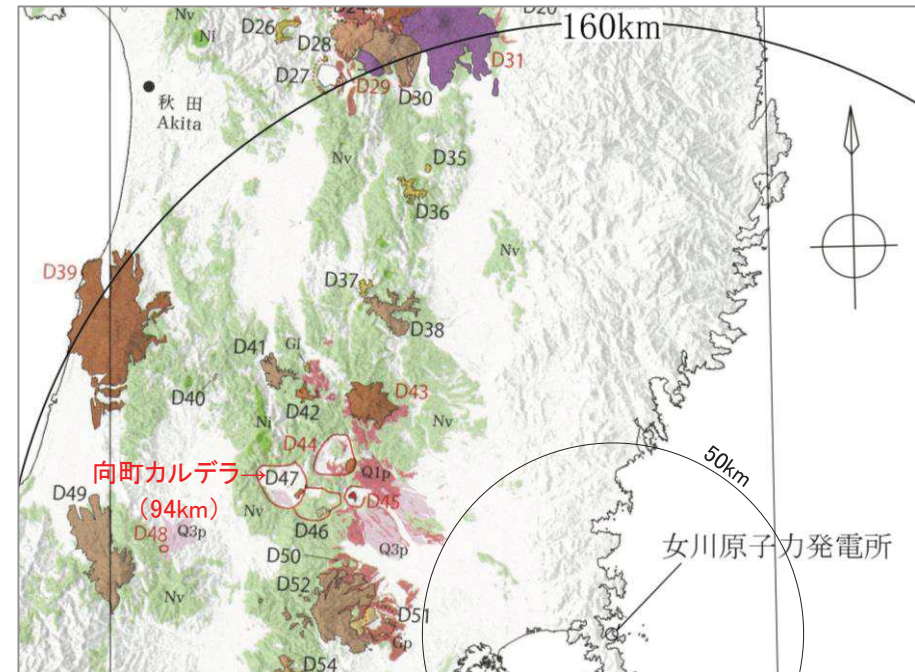
火山名	向町カルデラ
敷地からの距離	約94km(敷地からの方位角:約295°)
火山の形式	カルデラ-火砕流台地, 溶岩ドーム
活動年代	約100万年前~約60万年前

向町カルデラの評価

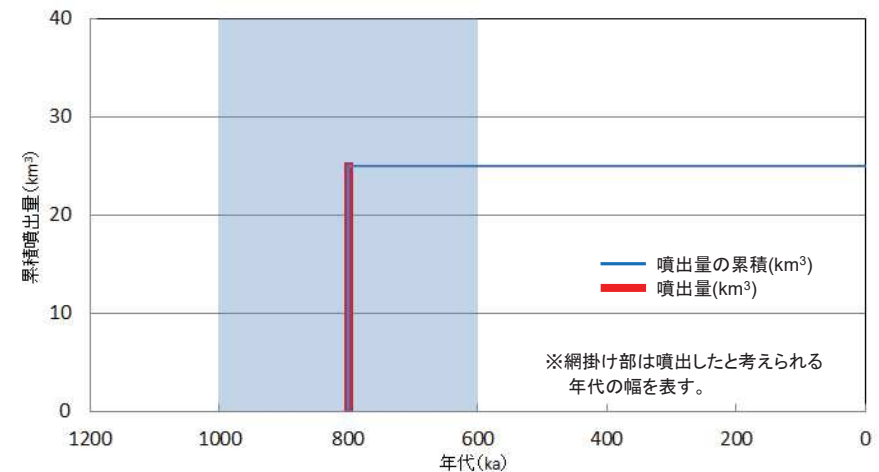
全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから、将来の活動可能性はない。

向町カルデラの活動履歴

地質時代 (Ma)	ステージ区分	噴出物名	体積 (km ³)	参考文献	
第四紀	完新世			田宮(1984) 鈴木(1984) 土志田ほか(1999) 第四紀火山カタログ委員会編(1999) 大場(2010) 中野ほか編(2013)	
	更新世	後カルデラ期	糠塚山安山岩		> 25
			明神山安山岩		
		カルデラ形成期(?)	上絵馬川火砕岩		
			二枚橋火砕岩		
			東山火砕岩		
			芦沢火砕岩		
1.0					



敷地を中心とする半径160kmの範囲の火山地質図 (中野ほか編(2013)による)



向町カルデラの噴出量一年代階段ダイヤグラム

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について【薬菜山】

薬菜山の概要

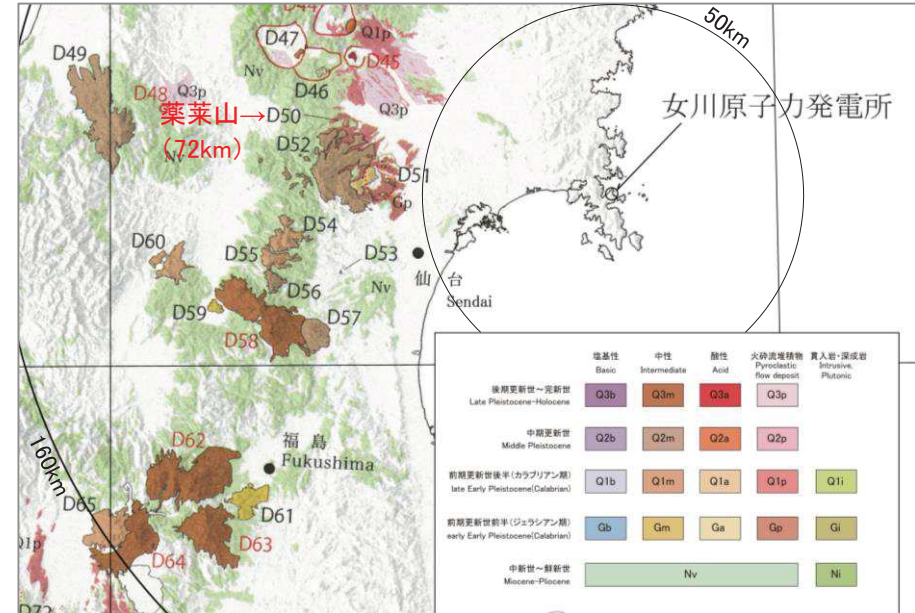
火山名	薬菜山
敷地からの距離	約72km(敷地からの方位角:約286°)
火山の形式	溶岩ドーム?
活動年代	約170万年前～約100万年前

薬菜山の評価

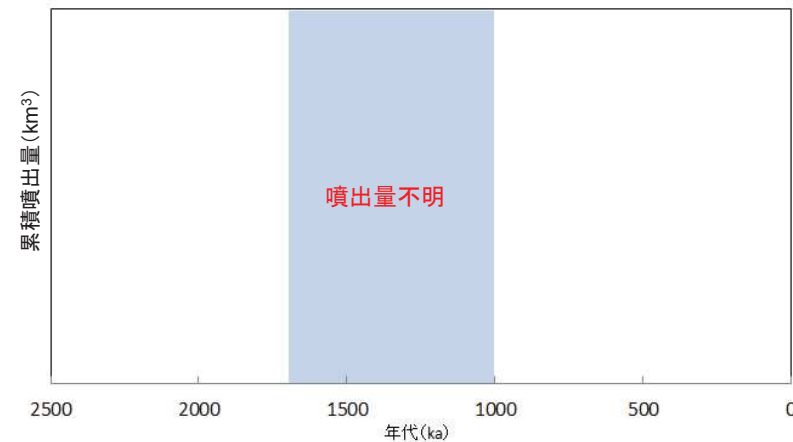
全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから、将来の活動可能性はない。

薬菜山の活動履歴

地質時代 (Ma)		噴出物名	体積 (km ³)	参考文献
第四紀	完新世	薬菜山火山岩	不明	大沢ほか(1987) 土谷・伊藤(1996) 産業技術総合研究所 地質調査総合センター (2014) 中野ほか編(2013)
	更新世			
	1.7			



敷地を中心とする半径160kmの範囲の火山地質図 (中野ほか編(2013)による)



※網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅を表す。

薬菜山の噴出量-年代階段ダイヤグラム

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について【七ツ森カルデラ】

七ツ森カルデラの概要

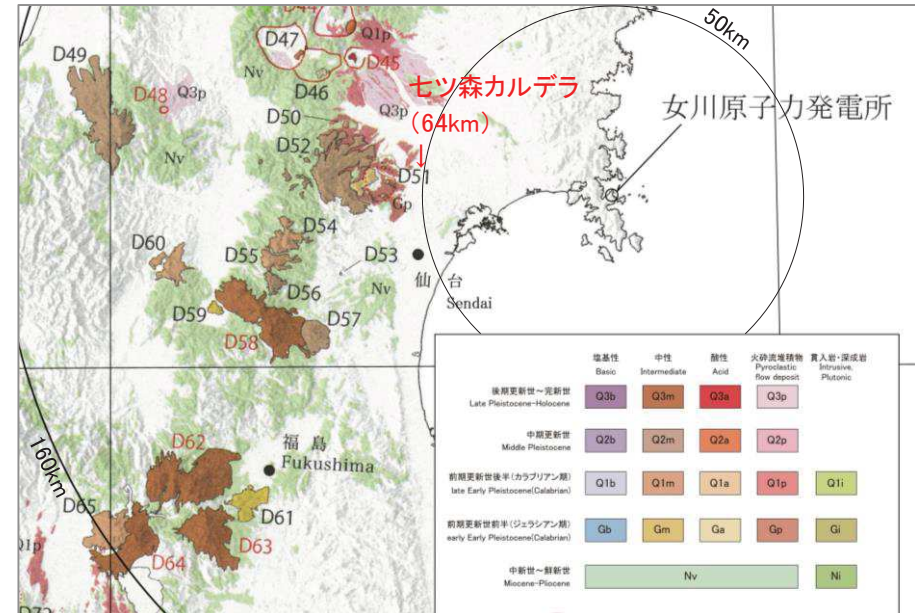
火山名	七ツ森カルデラ
敷地からの距離	約64km(敷地からの方位角:約274°)
火山の形式	カルデラ, カルデラ埋積堆積物及び後カルデラ溶岩ドーム群
活動年代	約250万年前～約160万年前

七ツ森カルデラの評価

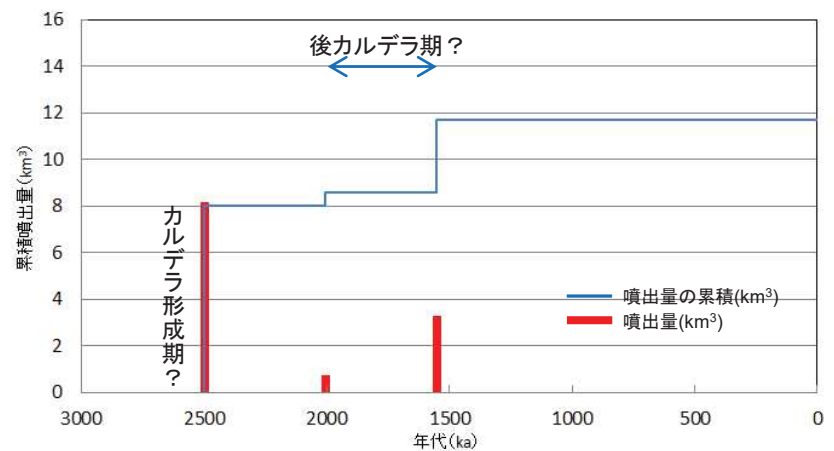
全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから、将来の活動可能性はない。

七ツ森カルデラの活動履歴

地質時代 (Ma)	ステージ区分	噴出物名	体積 (km ³)	参考文献	
第四紀	完新世				
	更新世	後カルデラ期?	赤崩山溶岩 大畑山溶岩 上嘉太神溶岩	>3.1	八島(1990) 長谷中・青木(1995) 三村(2001) 第四紀火山カタログ委員会編(1999) 産業技術総合研究所地質調査総合センター(2014) 中野ほか編(2013)
			七ツ森溶岩	0.6	
2.5	カルデラ形成期?	宮床凝灰岩	> 8		



敷地を中心とする半径160kmの範囲の火山地質図 (中野ほか編(2013)による)



七ツ森カルデラの噴出量一年代階段ダイヤグラム

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について 【船形山】

船形山の概要

火山名	船形山
敷地からの距離	約77km(敷地からの方位角:約275°)
火山の形式	複成火山
活動年代	約145万年前～約56万年前

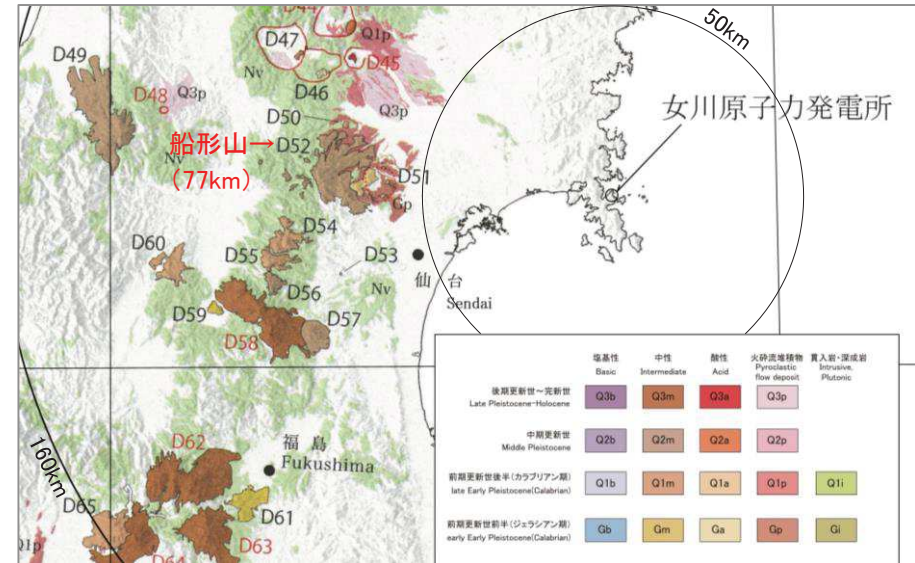
船形山の評価

最大休止期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから、将来の活動可能性はない。

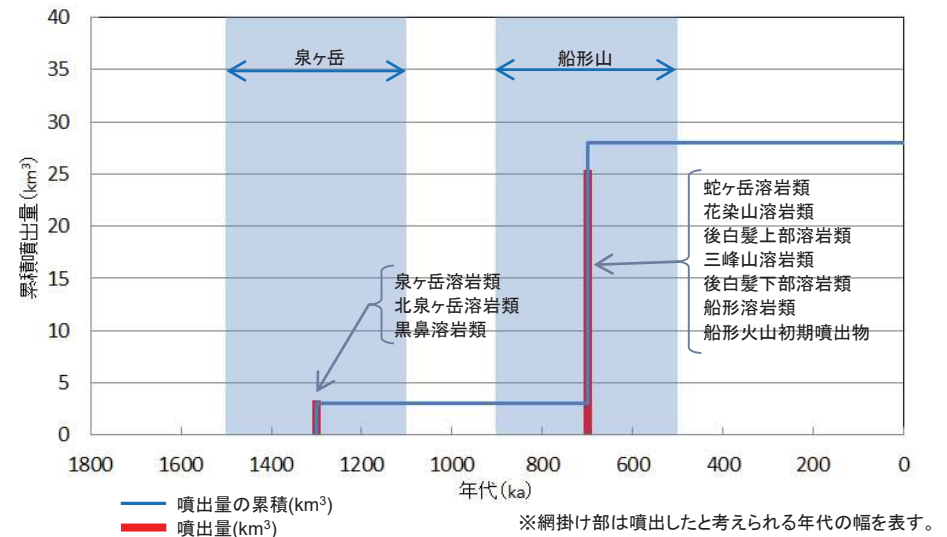
船形山の活動履歴

地質時代* (Ma)	噴出物	体積 (km ³)	参考文献		
第四紀 更新世	船形山	25	Wada (1981) 今田・大場 (1989) 今田ほか(1989) 梅田ほか(1999) 第四紀火山カタログ委員会編 (1999) 中野ほか編 (2013)		
				0.50	蛇ヶ岳溶岩類
				0.56 0.77	花染山溶岩類
				0.60	後白髪上部溶岩類
				0.74	三峰山溶岩類
				0.85	後白髪下部溶岩類
				0.84 0.90	船形溶岩類 船形火山初期噴出物
	泉ヶ岳	3		1.10	泉ヶ岳溶岩類
				1.14	北泉ヶ岳溶岩類
				1.45	黒鼻溶岩類
				1.50	

*: 黒表示の年代値は中野ほか編(2013), 青表示の年代値は今田・大場(1989)とWada(1981)から引用



敷地を中心とする半径160kmの範囲の火山地質図 (中野ほか編(2013)による)



船形山の噴出量一年代階段ダイヤグラム

※網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅を表す。

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について【安達】

安達の概要

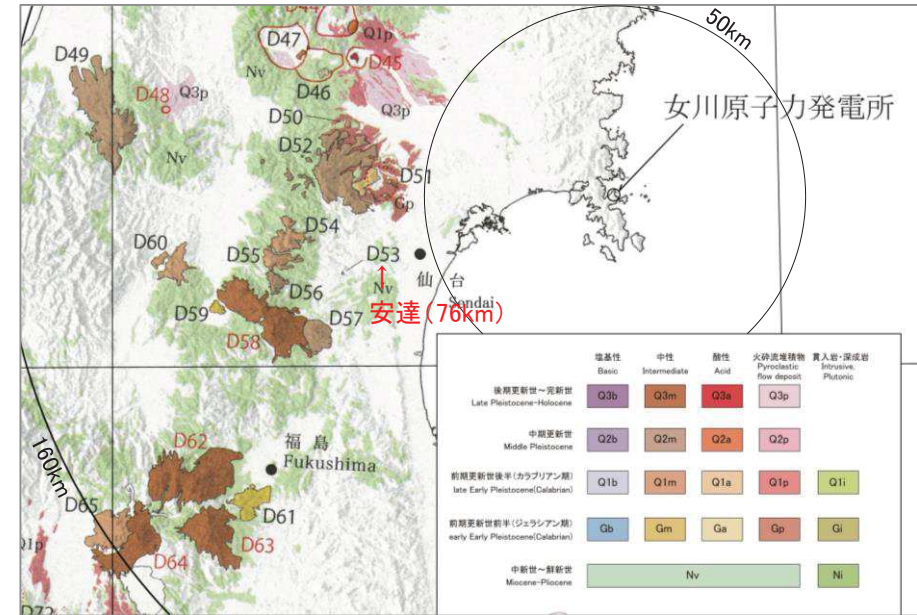
火山名	安達
敷地からの距離	約76km(敷地からの方位角:約255°)
火山の形式	火砕丘(軽石丘)?
活動年代	約8万年前

安達の評価

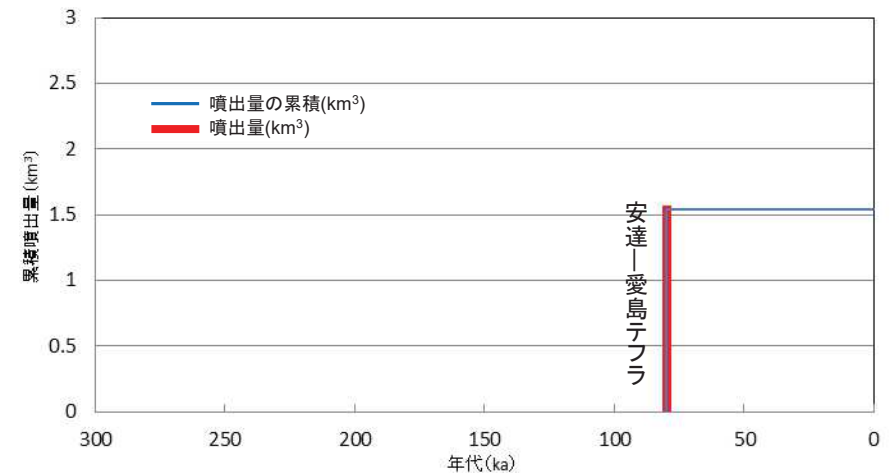
全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから、将来の活動可能性はない。

安達の活動履歴

地質時代 (Ma)		噴出物名	体積 (km ³)	参考文献
第四紀	完新世	安達-愛島テフラ	1.54	蟹沢(1985) 第四紀火山カタログ委員会編(1999) 中野ほか編(2013)
	更新世 0.08			



敷地を中心とする半径160kmの範囲の火山地質図 (中野ほか編(2013)による)



安達の噴出量-年代階段ダイアグラム

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について 【大東岳】

大東岳の概要

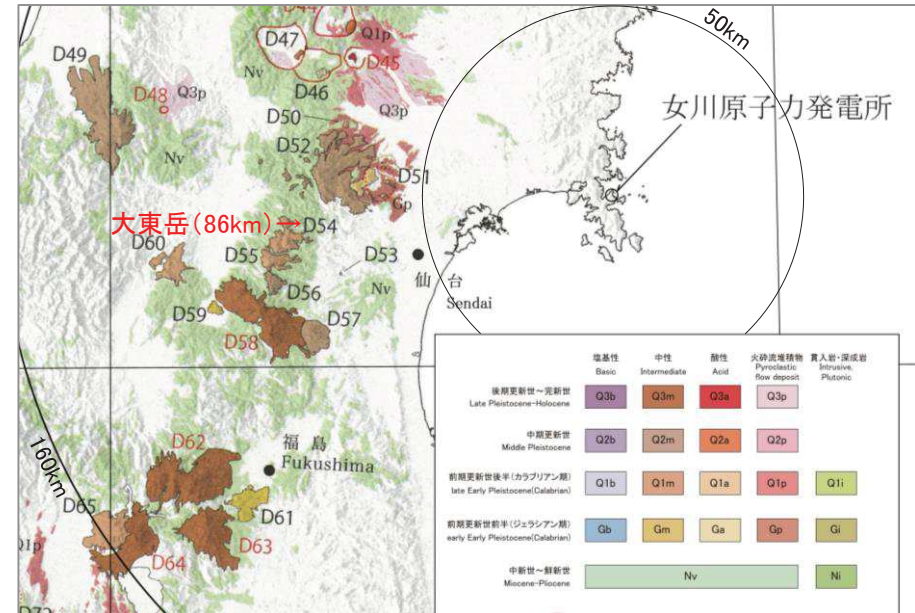
火山名	大東岳
敷地からの距離	約86km(敷地からの方位角:約263°)
火山の形式	複成火山, 溶岩ドーム
活動年代	約170万年前

大東岳の評価

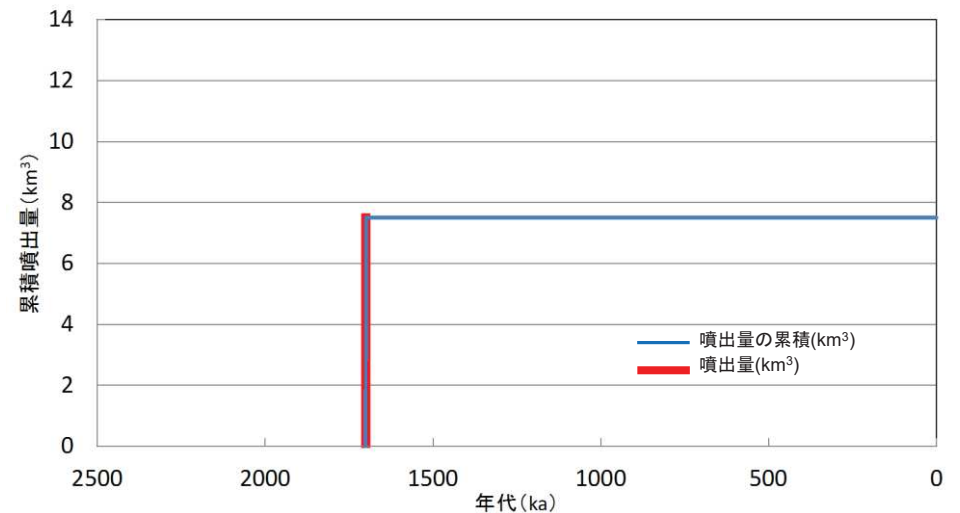
全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから、将来の活動可能性はない。

大東岳の活動履歴

地質時代 (Ma)		噴出物	体積 (km ³)	参考文献
第四紀	完新世			山本・石川(2006) 第四紀火山カタログ委員会編(1999) 中野ほか編(2013)
	更新世 1.7	弥吉溶岩円頂丘溶岩	7.5	
		東大崖溶岩		
		こぶし平溶岩		
		鹿打沢溶岩		
		立石沢火砕流堆積物		
		弥吉溶岩		
		樋の沢溶岩		
		大東滝溶岩		
		白滝沢溶岩		



敷地を中心とする半径160kmの範囲の火山地質図 (中野ほか編(2013)による)



大東岳の噴出量-年代階段ダイヤグラム

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について 【神室岳】

神室岳の概要

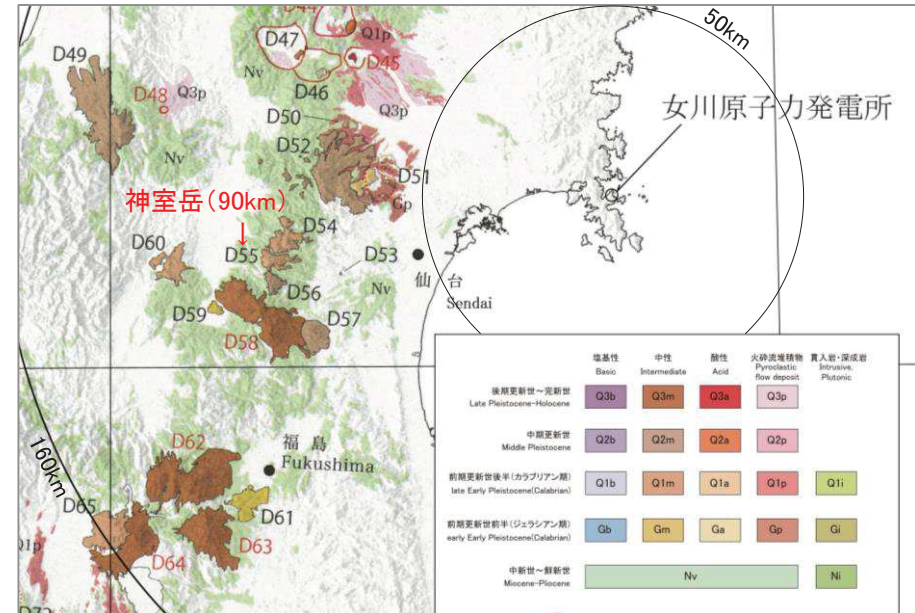
火山名	神室岳
敷地からの距離	約90km(敷地からの方位角:約260°)
火山の形式	複成火山
活動年代	約170万年前

神室岳の評価

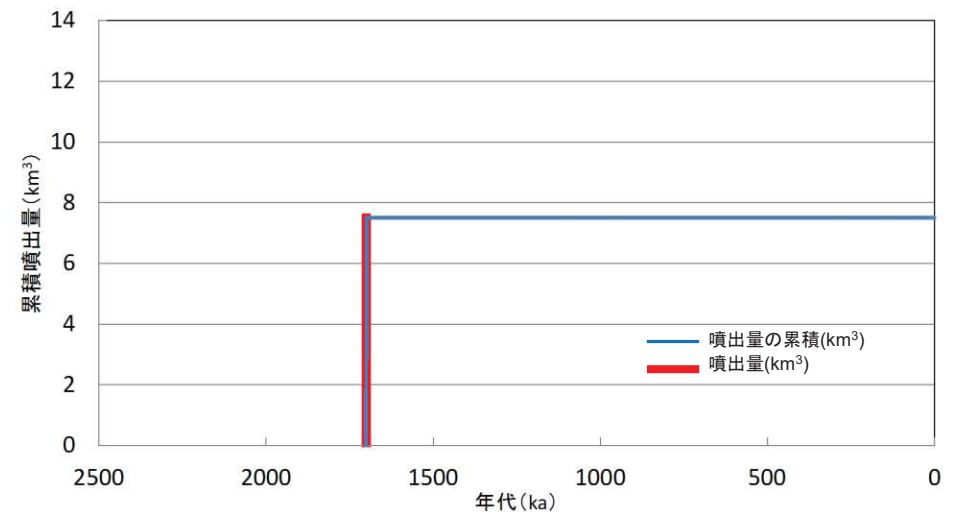
全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから、将来の活動可能性はない。

神室岳の活動履歴

地質時代 (Ma)		噴出物名	体積 (km ³)	参考文献
第四紀	完新世			三村(2001) 山本・石川(2006) 第四紀火山カタログ委員会編(1999) 中野ほか編(2013)
	更新世	仙台神室岳火山岩類	7.5	
		山形神室岳火山岩類		



敷地を中心とする半径160kmの範囲の火山地質図 (中野ほか編(2013)による)



神室岳の噴出量-年代階段ダイアグラム

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について【雁戸山】

雁戸山の概要

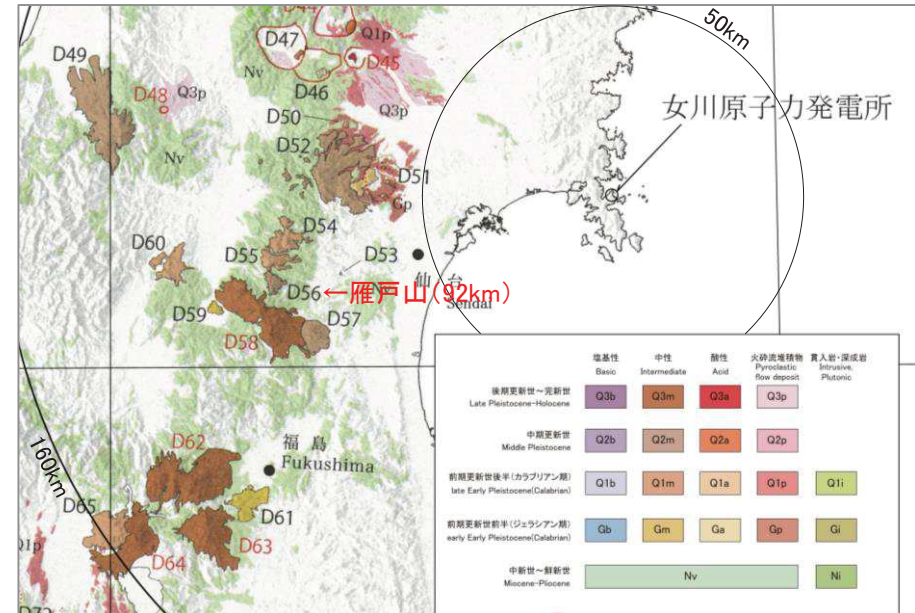
火山名	雁戸山
敷地からの距離	約92km(敷地からの方位角:約256°)
火山の形式	複成火山
活動年代	約40万年前～約30万年前

雁戸山の評価

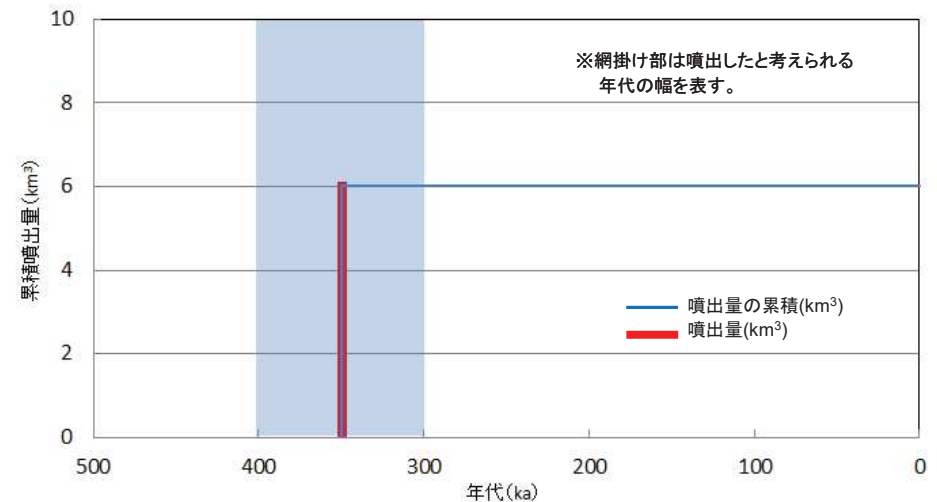
全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから、将来の活動可能性はない。

雁戸山の活動履歴

地質時代 (Ma)		噴出物名	体積 (km ³)	参考文献
第四紀	完新世	雁戸山溶岩類	6	高岡ほか(1988) 第四紀火山カタログ委員会編(1999) 中野ほか編(2013)
	更新世			



敷地を中心とする半径160kmの範囲の火山地質図 (中野ほか編(2013)による)



雁戸山の噴出量-年代階段ダイヤグラム

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について【青麻山】

青麻山の概要

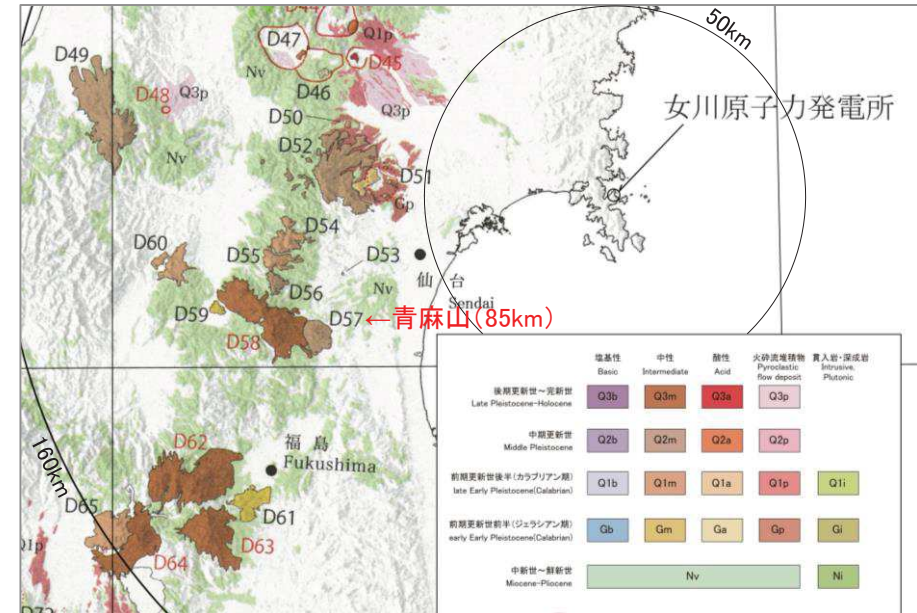
火山名	青麻山
敷地からの距離	約85km(敷地からの方位角:約246°)
火山の形式	複成火山-カルデラ、溶岩ドーム
活動年代	約40万年前～約30万年前

青麻山の評価

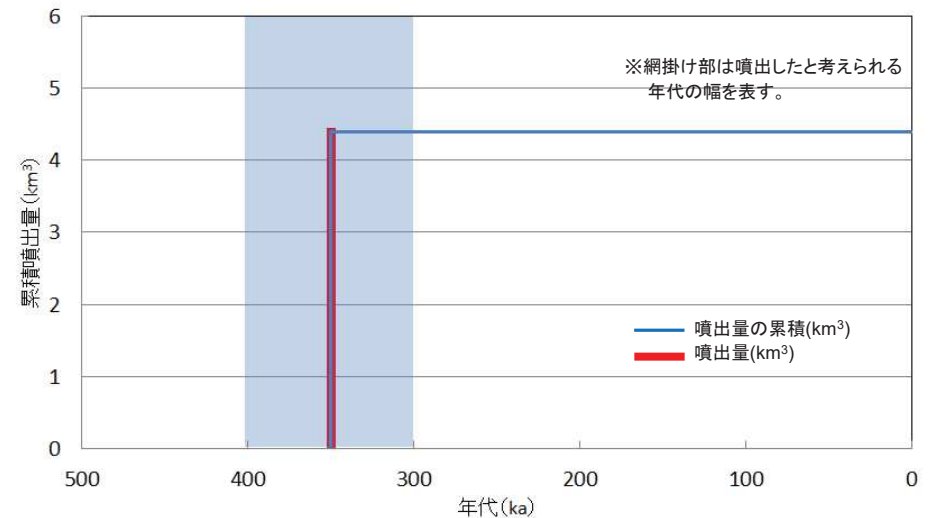
全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから、将来の活動可能性はない。

青麻山の活動履歴

地質時代 (Ma)	ステージ区分	噴出物	体積 (km ³)	参考文献	
第四紀	完新世			伴ほか(1992) 戸谷・伴(2001) 三村(2001) Toya et al.(2005) 第四紀火山カタログ委員会編(1999) 中野ほか編(2013)	
		0.3	後期		遠森山円頂丘溶岩
	青麻山円頂丘溶岩				
	あけら山円頂丘溶岩				
	板橋沢火砕岩類				
	0.4	形成期 カルデラ	曲竹軽石流堆積物		3.6
			曲竹スコリア堆積物		
		前期	オナシ溶岩		
			凧倉山溶岩		
			松川火砕流堆積物		
			八山火砕流堆積物		
	0.4	461m峰溶岩			
		赤松沢溶岩			



敷地を中心とする半径160kmの範囲の火山地質図 (中野ほか編(2013)による)



青麻山の噴出量-年代階段ダイヤグラム

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について 【三吉・葉山】

三吉・葉山の概要

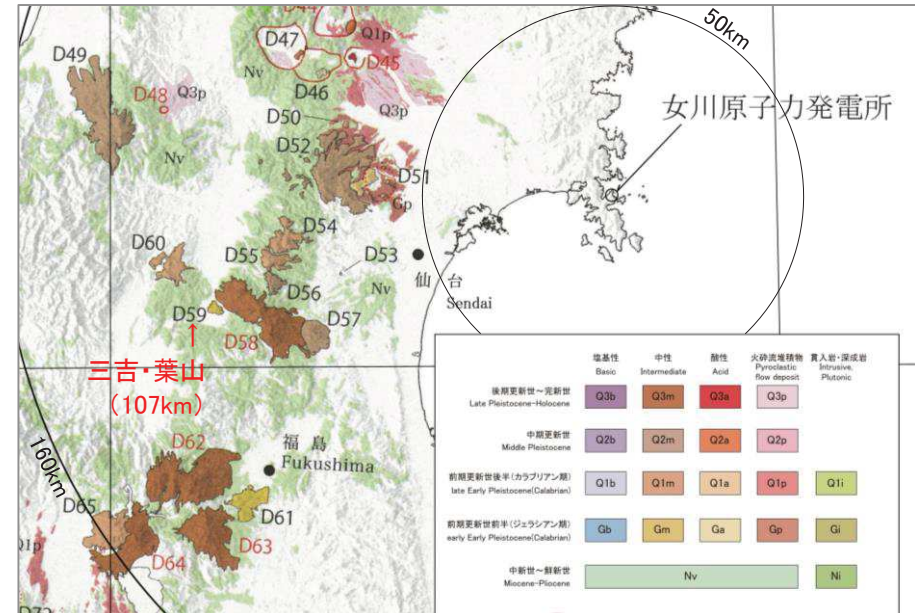
火山名	三吉・葉山
敷地からの距離	約107km(敷地からの方位角:約255°)
火山の形式	複成火山
活動年代	約240万年前～約230万年前

三吉・葉山の評価

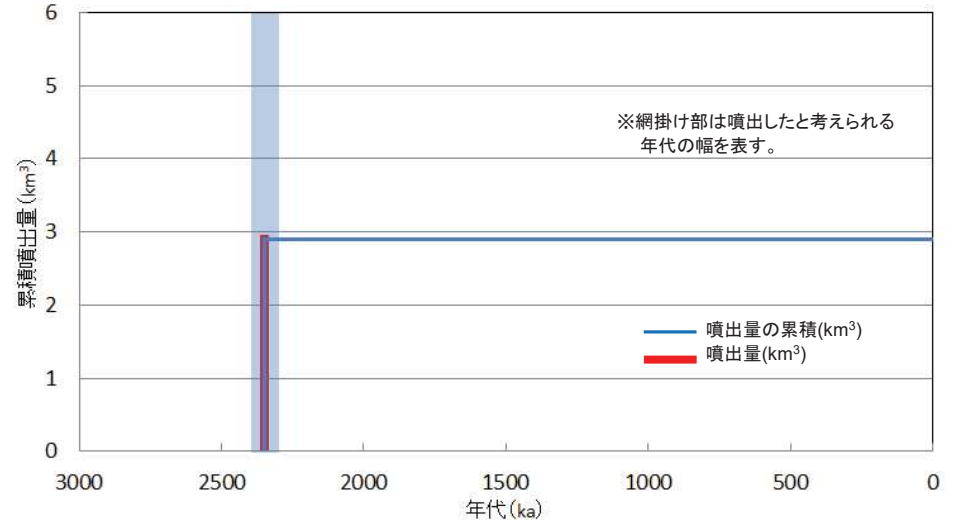
全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから、将来の活動可能性はない。

三吉・葉山の活動履歴

地質時代 (Ma)		噴出物	体積 (km ³)	参考文献
第四紀	完新世		2.9	市村(1963) 谷ほか(1975) 中嶋ほか(1995) 梅田ほか(1999) 第四紀火山カタログ委員会編(1999) 産業技術総合研究所地質調査総合センター(2014) 中野ほか編(2013)
	更新世	葉山溶岩		
		仙石溶岩		
	2.4			



敷地を中心とする半径160kmの範囲の火山地質図 (中野ほか編(2013)による)



三吉・葉山の噴出量一年代階段ダイヤグラム

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について【白鷹山】

白鷹山の概要

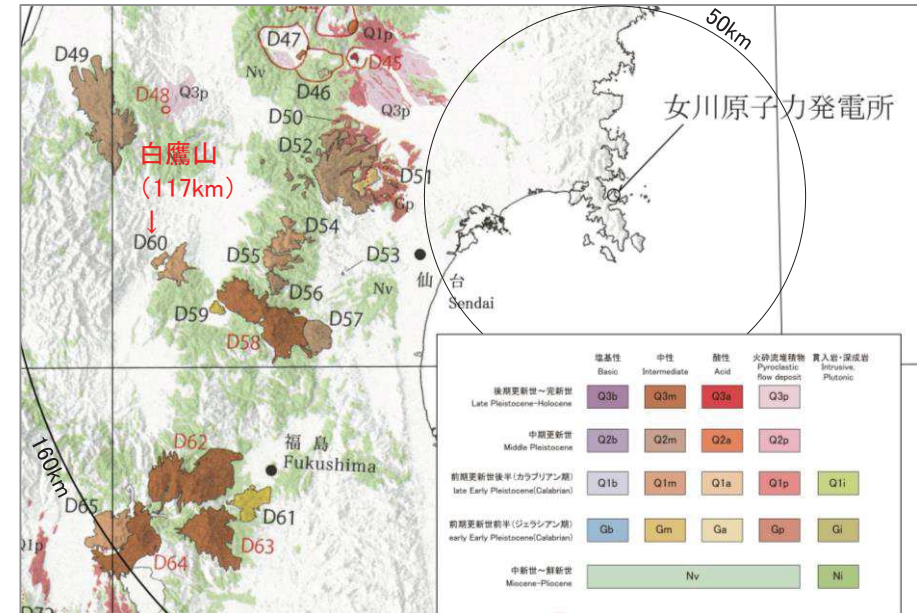
火山名	白鷹山
敷地からの距離	約117km(敷地からの方位角:約261°)
火山の形式	複成火山, 溶岩ドーム
活動年代	約100万年前~約80万年前

白鷹山の評価

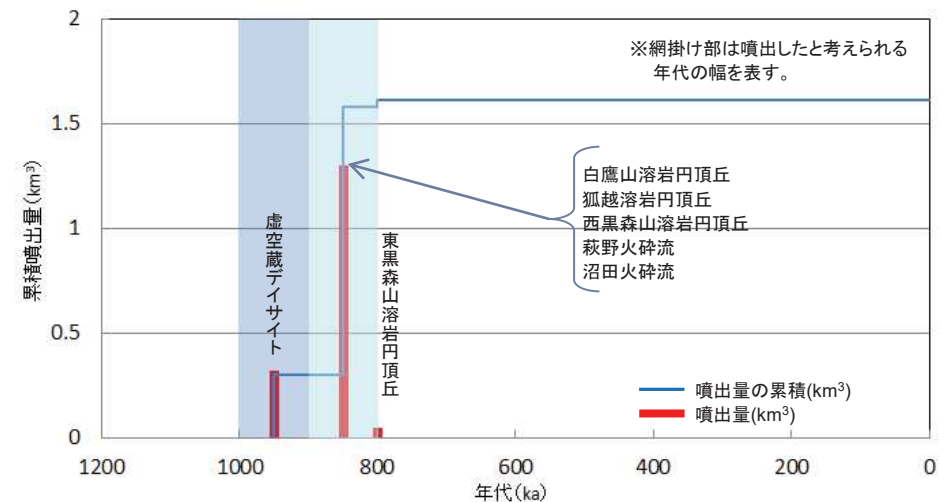
全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから、将来の活動可能性はない。

白鷹山の活動履歴

地質時代 (Ma)	噴出物	体積 (km ³)	参考文献		
第四紀	完新世		長澤ほか(1995) 石井・斎藤(1997) 三村・鹿野(2000) 第四紀火山カタログ委員会編(1999) 中野ほか編(2013)		
	更新世	0.8		東黒森山溶岩円頂丘	0.03
				畑谷岩層なだれ堆積物	2
				白鷹山溶岩円頂丘	0.15
				狐越溶岩円頂丘	0.02
				西黒森山溶岩円頂丘	0.05
				小白府岩層なだれ堆積物	0.01
				針生岩層なだれ堆積物	1.3
				萩野火砕流堆積物	1
				沼田火砕流堆積物	0.06
1.0	虚空蔵デイサイト	0.3			



敷地を中心とする半径160kmの範囲の火山地質図 (中野ほか編(2013)による)



白鷹山の噴出量-年代階段ダイヤグラム

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について 【猫魔ヶ岳】

猫魔ヶ岳の概要

火山名	猫魔ヶ岳
敷地からの距離	約156km(敷地からの方位角:約236°)
火山の形式	複成火山
活動年代	約143万年前～約40万年前

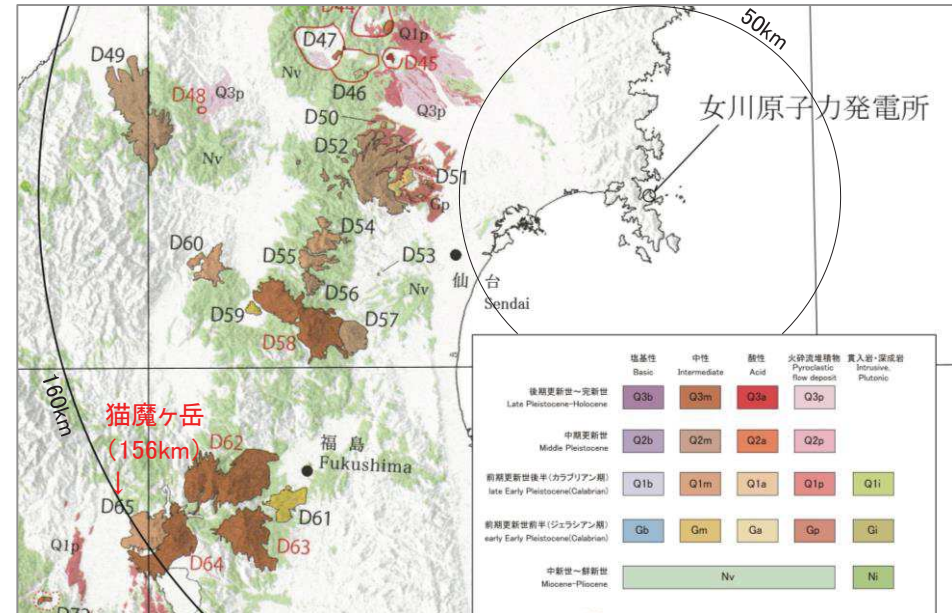
猫魔ヶ岳の評価

最大休止期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから、将来の活動可能性はない。

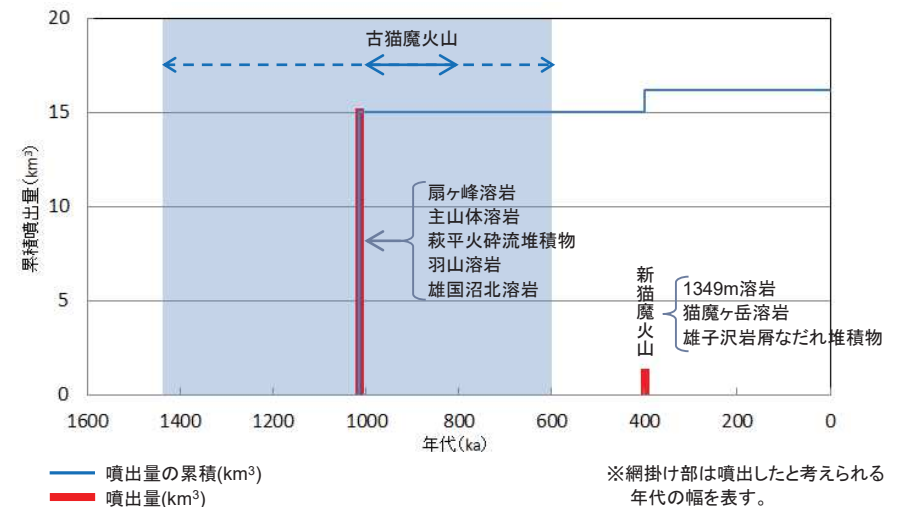
猫魔ヶ岳の活動履歴

地質時代* (Ma)	ステージ区分	噴出物	体積 (km ³)	参考文献		
第四紀	完新世	新猫魔火山	1349m溶岩	1.2	NEDO (1990) 三村 (2002) 中野ほか編 (2013)	
			猫魔ヶ岳溶岩			
			雄子沢岩屑なだれ堆積物			-
	更新世	古猫魔火山	扇ヶ峰溶岩	15		
			主山体溶岩			
			萩平火砕流堆積物			
			羽山溶岩			
			雄国沼北溶岩			
			0.80			
			0.68			
0.60						
0.86						
0.75						
0.67						
1.11						
1.43						
1.00						

*: 黒表示の年代値は中野ほか編(2013), 青表示の年代値はNEDO(1990)と三村(2002)から引用



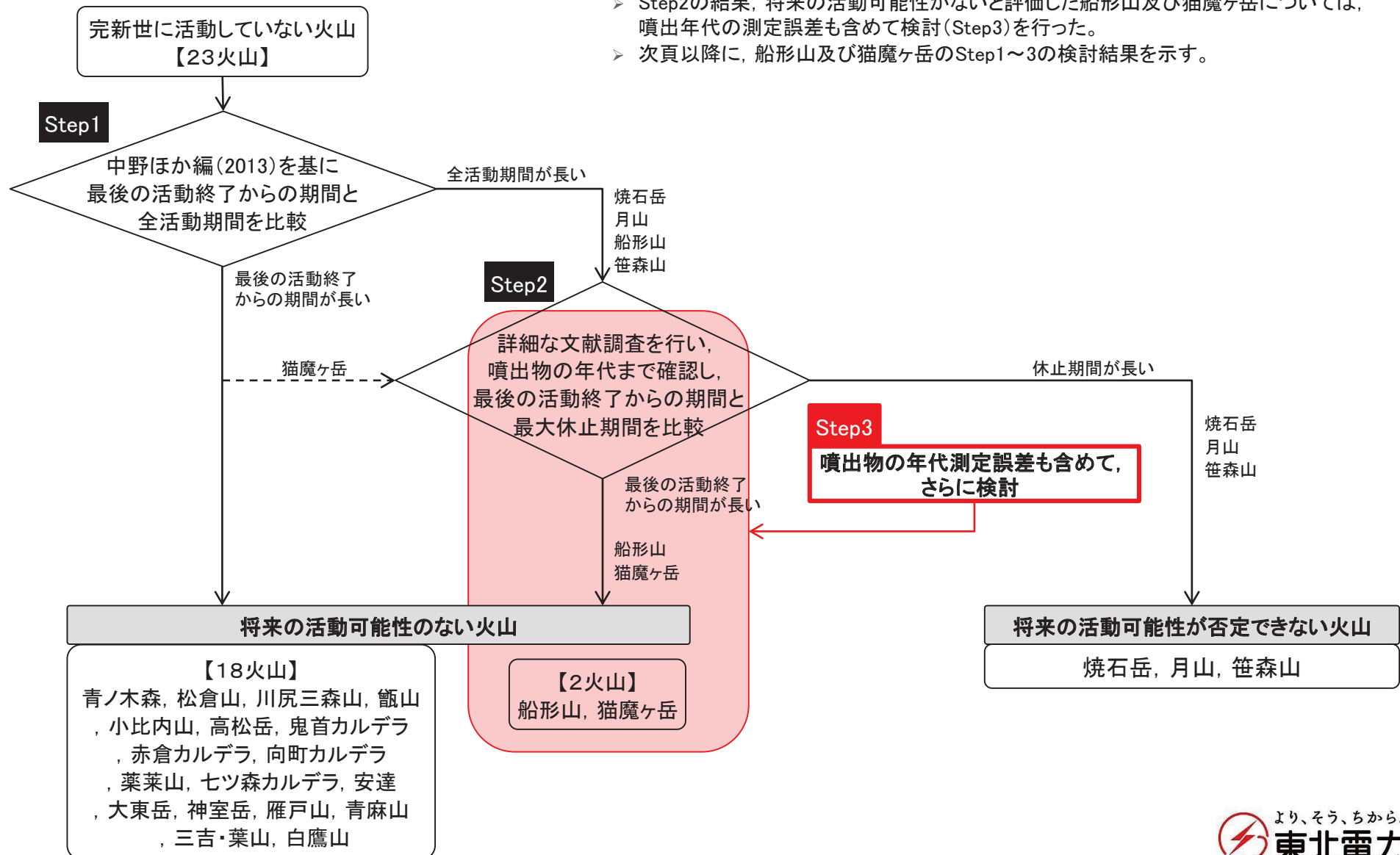
敷地を中心とする半径160kmの範囲の火山地質図 (中野ほか編(2013)による)



猫魔ヶ岳の噴出量-年代階段ダイアグラム

※網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅を表す。

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について【船形山及び猫魔ヶ岳の詳細検討①】



- Step2の結果, 将来の活動可能性がないと評価した船形山及び猫魔ヶ岳については, 噴出物の年代測定誤差も含めて検討(Step3)を行った。
- 次頁以降に, 船形山及び猫魔ヶ岳のStep1~3の検討結果を示す。

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について【船形山及び猫魔ヶ岳の詳細検討②】

Step1

将来の活動可能性がないと評価した火山※について、中野ほか編(2013)に基づき、最後の活動終了からの期間と全活動期間を比較した。



- 船形山については、最後の活動終了からの期間よりも全活動期間の方が長くなることから、さらに休止期間の検討を行った。
- また、三村(2002)によれば、猫魔ヶ岳は古猫魔火山と新猫魔火山に分けられるとし、古猫魔火山の活動は1Ma頃に遡る可能性があり、0.5Ma以降に新猫魔火山が活動したとしていることから、猫魔ヶ岳についても休止期間の検討を行った。

※ 将来の活動可能性がないと評価した火山のうち焼石岳、月山及び笹森山については、中野ほか編(2013)に基づく最後の活動終了からの期間と全活動期間の比較、さらには最後の活動終了からの期間と休止期間の比較を行い、将来の活動可能性が否定できない火山と評価していることから、本検討からは対象外としている。

将来の活動可能性がないと評価した20火山
(中野ほか編(2013)による最後の活動終了からの期間と全活動期間)

火山名	活動年代	最後の活動終了からの期間	大小	全活動期間
青ノ木森	約210万年～約200万年前	約200万年	>	約10万年
松倉山	ジェラシアン(更新世前期)	更新世中期以降	>	更新世前期
川尻三森山	ジェラシアン(更新世前期)	更新世中期以降	>	更新世前期
甕山	約200万年～約140万年前	約140万年	>	約60万年
小比内山	約100万年～約60万年前	約60万年	>	約40万年
高松岳	約30万年～約20万年前	約20万年	>	約10万年
鬼首カルデラ	約30万年～約20万年前	約20万年	>	約10万年
赤倉カルデラ	約300万年～約200万年前	約200万年	>	約100万年
向町カルデラ	約100万年～約60万年前	約60万年	>	約40万年
薬菜山	約170万年～約100万年前	約100万年	>	約70万年
七ツ森カルデラ	約250万年～約160万年前	約160万年	>	約90万年
船形山	約150万年～約50万年前	約50万年	<	約100万年
安達	約8万年前	約8万年前の活動のみ		
大東岳	約170万年前	約170万年前の活動のみ		
神室岳	約170万年前	約170万年前の活動のみ		
雁戸山	約40万年～約30万年前	約30万年	>	約10万年
青麻山	約40万年～約30万年前	約30万年	>	約10万年
三吉・葉山	約240万年～約230万年前	約230万年	>	約10万年
白鷹山	約100万年～約80万年前	約80万年	>	約20万年
猫魔ヶ岳	約100万年～約80万年前	約80万年	>	約20万年

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について 【船形山の詳細検討: Step2】

Step2

- 中野ほか編(2013)によれば、船形山は「泉ヶ岳火山と船形火山から構成される」とされていることから、船形山に泉ヶ岳火山を含めて活動履歴の検討を行った。
- また、中野ほか編(2013)では、泉ヶ岳火山の活動年代が1.5～1.1Ma、船形火山の活動年代が0.9～0.5Maとされていることから、船形山の活動年代としては、1.5～0.5Maとなる。

船形山の休止期間は年代測定値を考慮した検討結果(下図)から、最大でも0.31Maである。一方、最後の活動終了からの期間は0.56Maである。



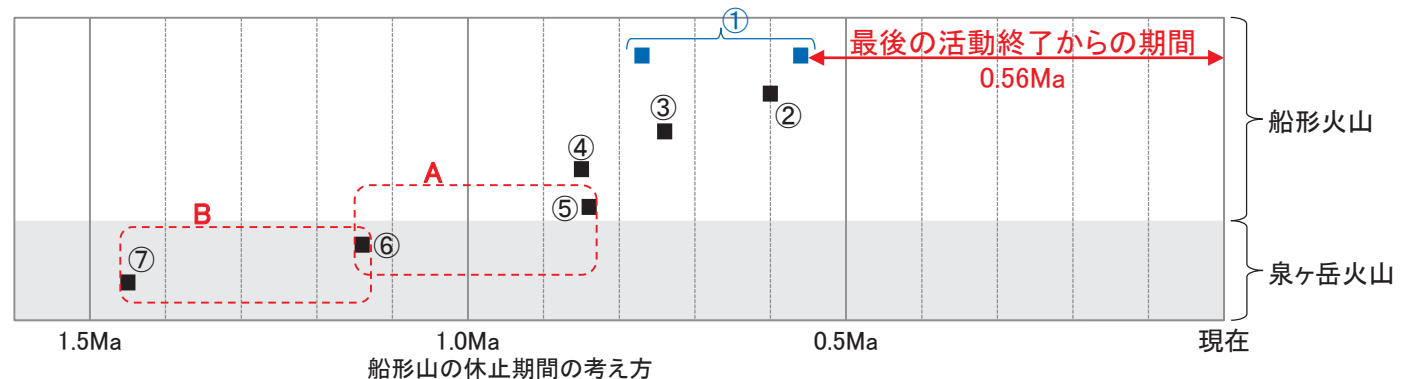
最大休止期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから、船形山は将来の活動可能性のない火山と評価した。

船形山の活動履歴

地質時代 (Ma)	噴出物	年代 (Ma)	体積 (km ³)	参考文献	
第四紀 更新世	完新世			Wada (1981) 今田・大場 (1989) 今田ほか(1989) 梅田ほか(1999) 第四紀火山カタログ委員会編 (1999) 中野ほか編 (2013)	
	船形火山	蛇ヶ岳溶岩類	不明		25
		①花染山溶岩類	0.56 0.77		
		②後白髪上部溶岩類	0.60		
		③三峰山溶岩類	0.74		
		後白髪下部溶岩類	不明		
		④船形溶岩類	0.85		
		玄武岩 ～安山岩			
	0.90	⑤船形火山初期噴出物	0.84		
	泉ヶ岳火山	⑥泉ヶ岳溶岩類	1.14		3
⑦北泉ヶ岳溶岩類		1.45			
黒鼻溶岩類		不明			

A
休止期間: 0.30Ma
1.14 - 0.84
⑥ ⑤

B
休止期間: 0.31Ma
1.45 - 1.14
⑦ ⑥



1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について 【船形山の詳細検討: Step3】

Step3

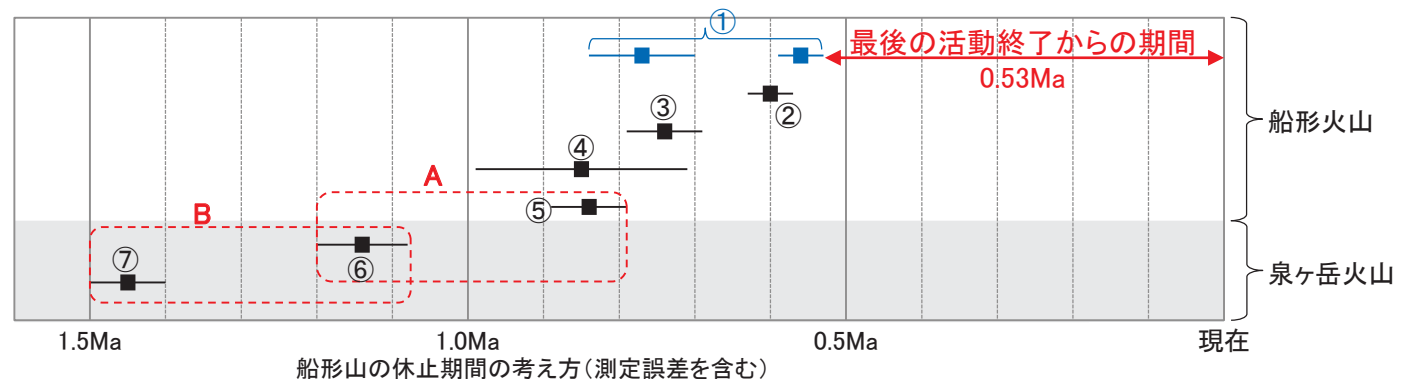
船形山の休止期間の取り方として、年代測定の実差も考慮した結果(下図)から、最大でも0.42Maであり、最後の活動終了からの期間(0.53Ma)よりも短いことを確認した。

船形山の活動履歴

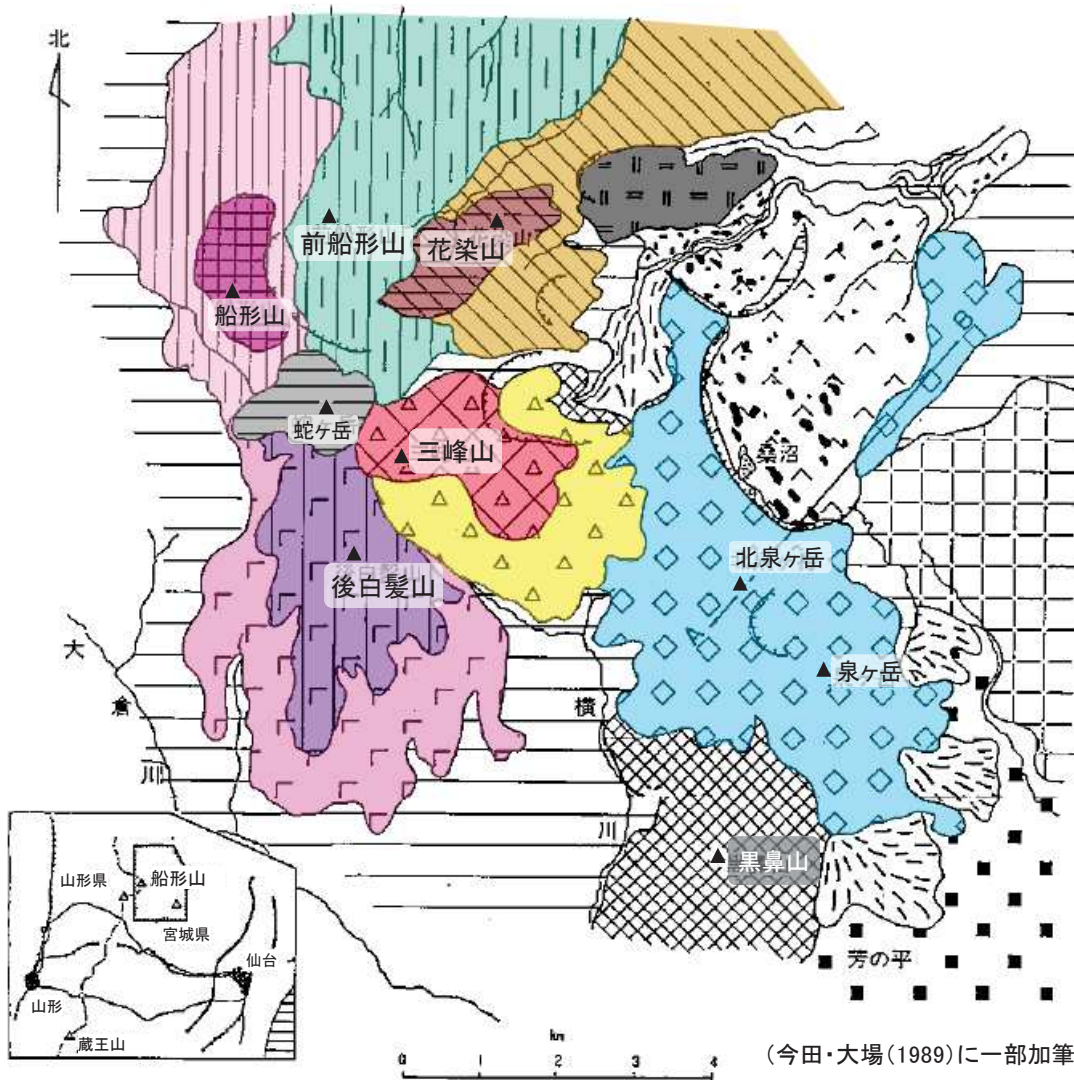
地質時代 (Ma)	噴出物	年代 (Ma)	体積 (km ³)	参考文献	
第四紀 更新世	船形火山	蛇ヶ岳溶岩類	不明	25	Wada (1981) 今田・大場 (1989) 今田ほか(1989) 梅田ほか(1999) 第四紀火山カタログ委員会編 (1999) 中野ほか編 (2013)
		①花染山溶岩類	0.56±0.03 0.77±0.07		
		②後白髪上部溶岩類	0.60±0.03		
		③三峰山溶岩類	0.74±0.05		
		後白髪下部溶岩類	不明		
		④船形溶岩類	0.85±0.14		
		⑤船形火山初期噴出物	0.84±0.05		
	泉ヶ岳火山	⑥泉ヶ岳溶岩類	1.14±0.06	3	
		⑦北泉ヶ岳溶岩類	1.45±0.05		
		黒鼻溶岩類	不明		

A
休止期間: 0.41Ma
 $(1.14 + 0.06) - (0.84 - 0.05)$
⑥ ⑤

B
休止期間: 0.42Ma
 $(1.45 + 0.05) - (1.14 - 0.06)$
⑦ ⑥



1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について 【船形山の詳細検討: 噴出物の層序】



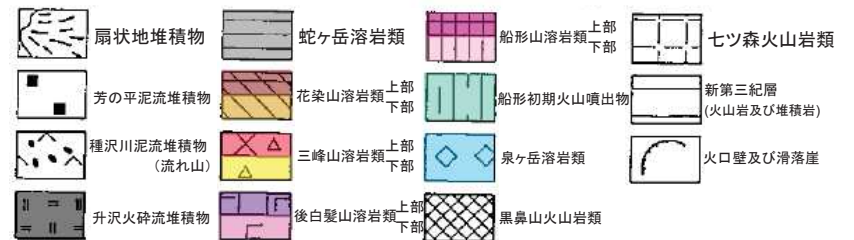
船形山の噴出物(東北電力の評価)

噴出物	
船形火山	蛇ヶ岳溶岩類
	①花染山溶岩類
	②後白髪上部溶岩類
	③三峰山溶岩類
	後白髪下部溶岩類
泉ヶ岳火山	④船形溶岩類
	⑤船形火山初期噴出物
泉ヶ岳火山	⑥泉ヶ岳溶岩類
	⑦北泉ヶ岳溶岩類
	黒鼻溶岩類

地質層序で確認
(今田・大場(1989)より)

地質層序で確認
(Wada(1981)より)

船形火山と泉ヶ岳火山の層序はそれぞれ
今田・大場(1989)とWada(1981)を参照した。



(今田・大場(1989)に一部加筆)

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について 【猫魔ヶ岳の詳細検討: Step2】

Step2

- 中野ほか編(2013)によれば, 猫魔ヶ岳の活動年代が1.0~0.8Maとなっている。
- また, 三村(2002)によれば, 猫魔ヶ岳は「古猫魔火山と新猫魔火山に分けられる」とされており, 古猫魔火山の活動年代が1~0.7Ma, 新猫魔火山の活動年代が0.5~0.4Maとされている。

猫魔ヶ岳の休止期間は年代測定値を考慮した検討結果(下図)から, 最大でも0.36Maである。一方, 最後の活動終了からの期間は0.4Maである。

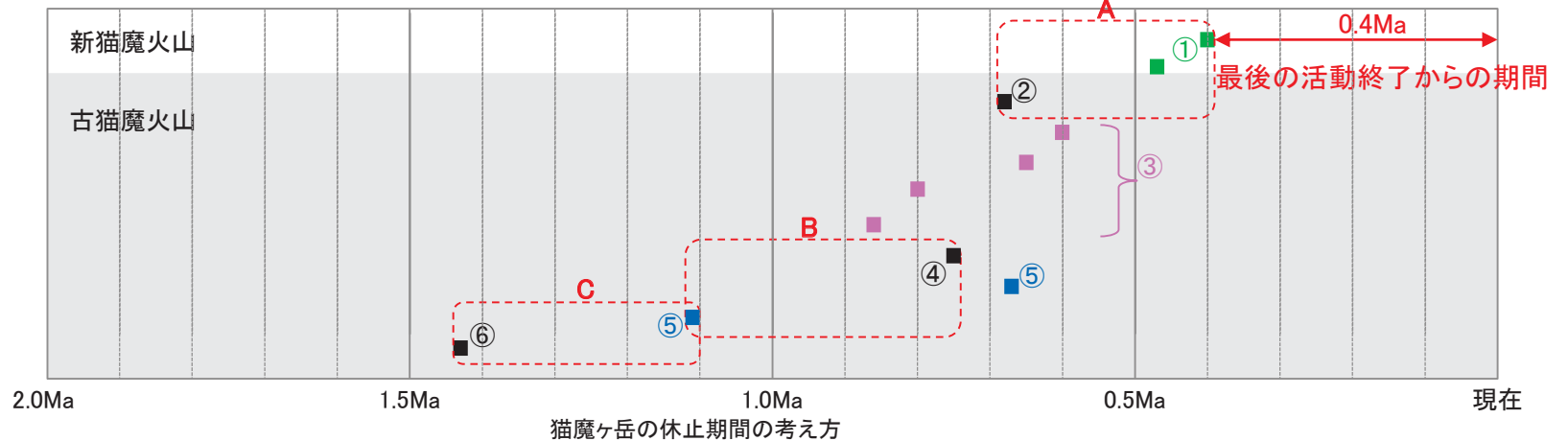


最大休止期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから, 猫魔ヶ岳は将来の活動可能性のない火山と評価した。

A
休止期間: 0.28Ma
0.68 - 0.40
② ①

B
休止期間: 0.36Ma
1.11 - 0.75
⑤ ④

C
休止期間: 0.32Ma
1.43 - 1.11
⑥ ⑦



猫魔ヶ岳の活動履歴

地質時代 (Ma)		噴出物		年代 (Ma)	体積 (km ³)	参考文献		
第四紀	完新世	新猫魔火山	1349m溶岩	安山岩溶岩	不明		1.2	NEDO(1990) 三村(2002) 中野ほか編(2013)
	0.80	新猫魔火山	①猫魔ヶ岳溶岩	デイサイト溶岩	0.4 0.47	-		
			雄子沢岩屑なだれ堆積物	岩屑なだれ堆積物	不明			
			古猫魔火山	②扇ヶ峰溶岩	安山岩溶岩及び溶岩円頂丘		0.68	
	1.00	古猫魔火山	③主山体溶岩 (雄国山溶岩を含む)	安山岩	0.60 0.65 0.80 0.86			
			④萩平火砕流堆積物	火山岩塊火山灰流堆積物	0.75			
			⑤羽山溶岩	安山岩溶岩	0.67 1.11			
			⑥雄国沼北溶岩	安山岩溶岩	1.43			

1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について 【猫魔ヶ岳の詳細検討: Step3】

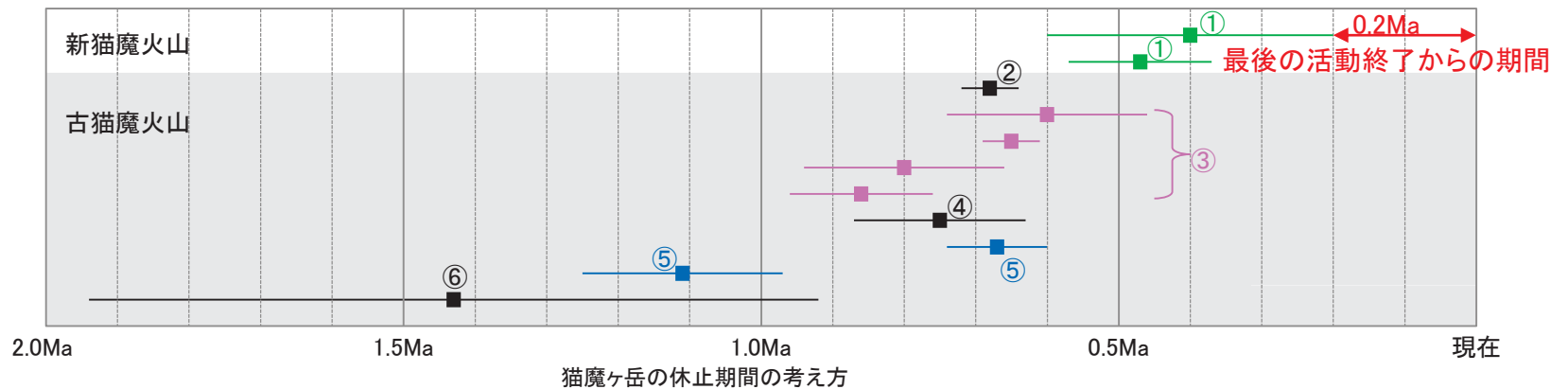
Step3

猫魔ヶ岳の休止期間の取り方として、年代測定の誤差も考慮した結果(下図)、最後の活動終了からの期間よりも休止期間の方が長くなるものの、年代測定の誤差幅が非常に大きいものもあることから、これらの誤差を考慮することは将来の活動可能性に関する評価には適していないと考える。

なお、猫魔ヶ岳による設計対応不可能な火山事象が敷地に与える影響について、次々頁に示す。

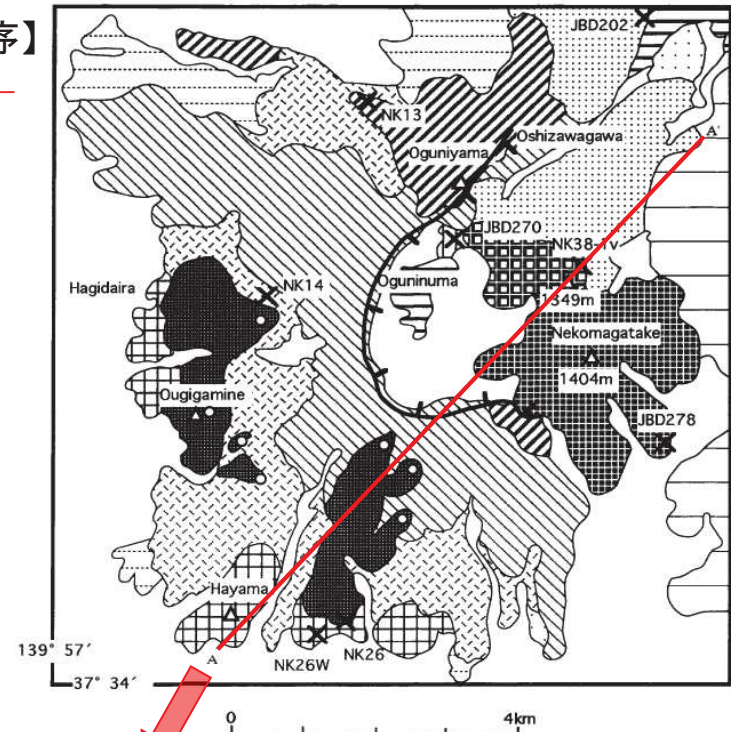
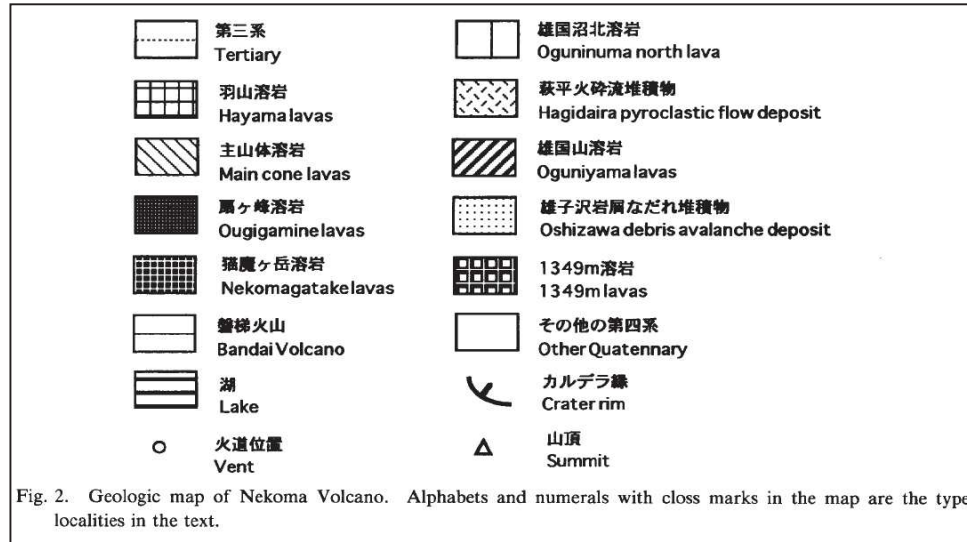
猫魔ヶ岳の活動履歴

地質時代 (Ma)		噴出物		年代 (Ma)	体積 (km ³)	参考文献	
第四紀	完新世	新猫魔火山	1349m溶岩	安山岩溶岩	不明	1.2	NEDO(1990) 三村(2002) 中野ほか編(2013)
			①猫魔ヶ岳溶岩	デイサイト溶岩	0.4±0.2 0.47±0.1		
			雄子沢岩屑なだれ堆積物	岩屑なだれ堆積物	不明		
	更新世	古猫魔火山	②扇ヶ峰溶岩	安山岩溶岩及び溶岩円頂丘	0.68±0.04	15	
			③主山体溶岩 (雄国山溶岩を含む)	安山岩	0.60±0.14 0.65±0.04 0.80±0.14 0.86±0.1		
			④萩平火砕流堆積物	火山岩塊火山灰流堆積物	0.75±0.12		
			⑤羽山溶岩	安山岩溶岩	0.67±0.07 1.11±0.14		
			⑥雄国沼北溶岩	安山岩溶岩	1.43±0.51		
			1.00				



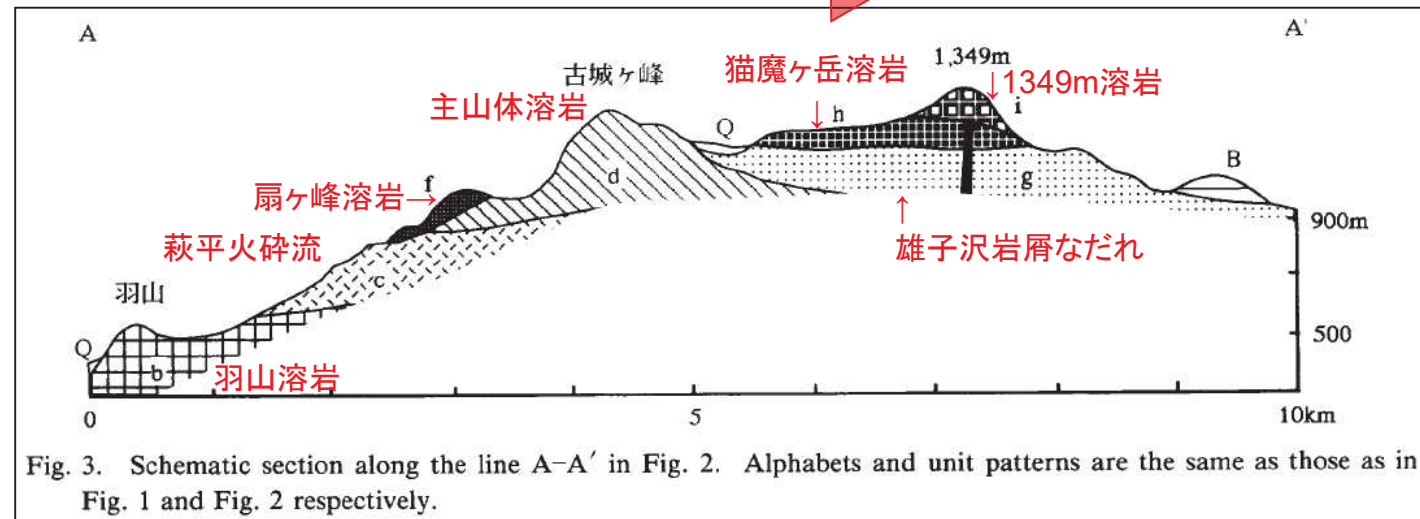
1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について

【猫魔ヶ岳の詳細検討: 噴出物の層序】



猫魔ヶ岳の噴出物(東北電力の評価)

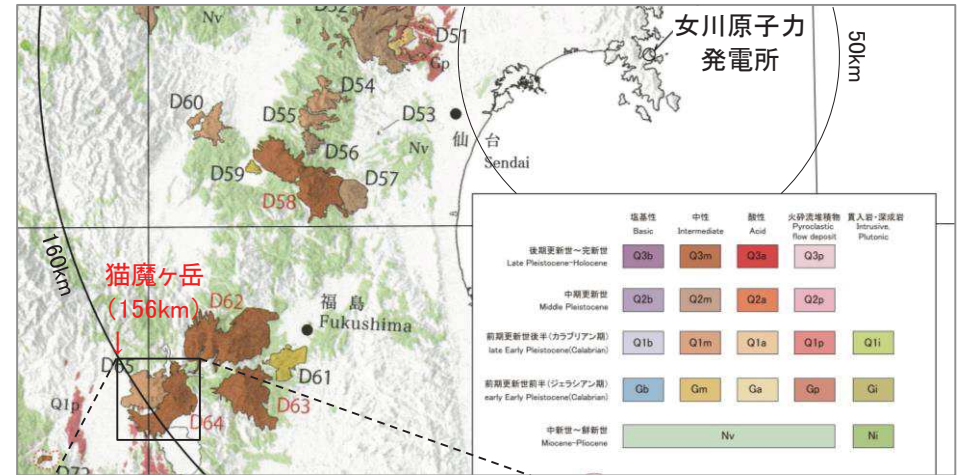
噴出物	
新猫魔火山	1349m溶岩
	①猫魔ヶ岳溶岩
	雄子沢岩屑なだれ堆積物
古猫魔火山	②扇ヶ峰溶岩
	③主山体溶岩 (雄国山溶岩を含む)
	④萩平火砕流堆積物
	⑤羽山溶岩
	⑥雄国沼北溶岩



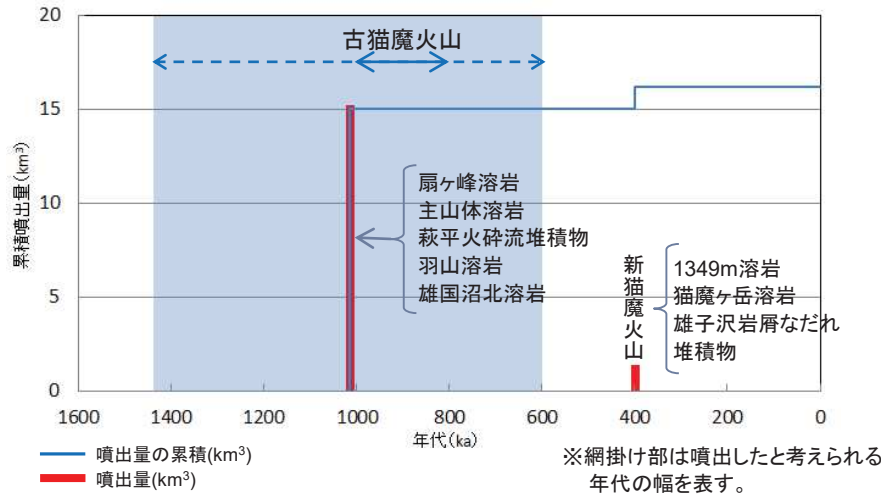
1. 将来の活動可能性がないと評価した火山について 【猫魔ヶ岳：設計対応不可能な火山事象の評価】

設計対応不可能な火山事象の評価(猫魔ヶ岳)

火砕物密度流 (160km)	火砕物密度流は猫魔ヶ岳周辺に限られる。
溶岩流 (50km)	敷地と火山の距離から、発電所に影響を及ぼす可能性はない。
岩屑なだれ他 (50km)	
新しい火口の開口	敷地は、第四紀を通じて火山フロントより前弧側(東方)に約60km離れた北上山地南端部の牡鹿半島にあり、敷地周辺では火成活動は確認されていないことから、発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性は十分小さい。
地殻変動	

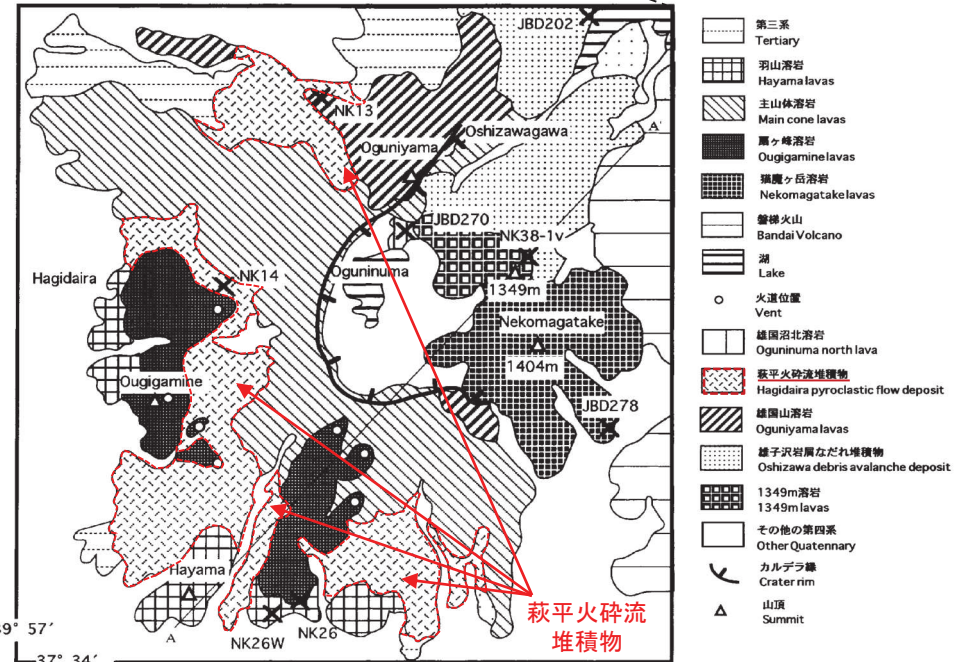


敷地を中心とする半径160kmの範囲の火山地質図(中野ほか編(2013)による)



猫魔ヶ岳の噴出量一年代階段ダイヤグラム

噴出量一年代階段ダイヤグラムは、中野ほか編(2013)等の文献調査の結果を基に東北電力が独自に作成したものである。



猫魔ヶ岳地質図(三村(2002)に加筆)

余白

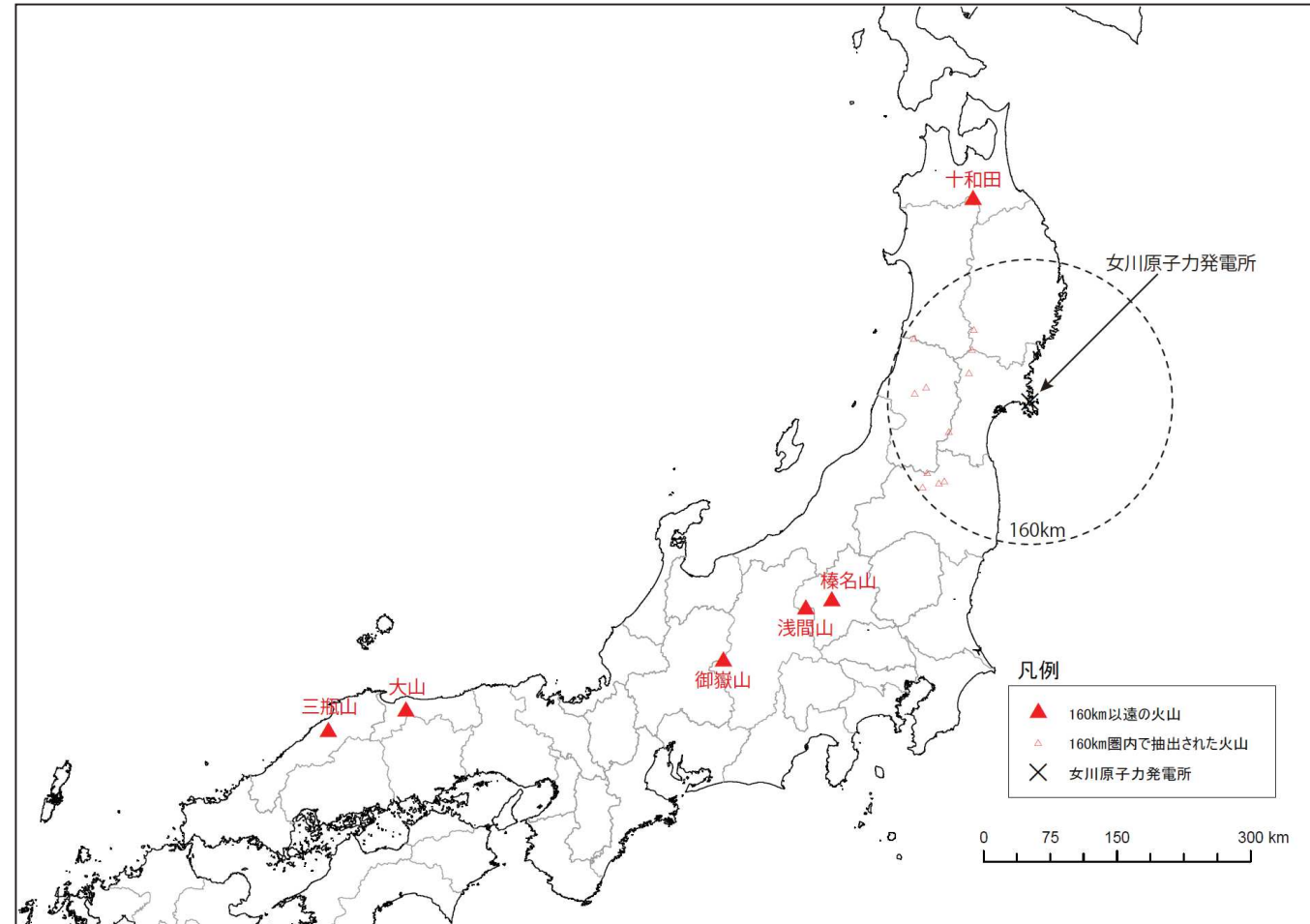
余白

2. 給源から女川の方に 降灰分布軸をもつ160km以遠の火山について

2. 給源から女川の方方向に降灰分布軸をもつ160km以遠の火山について

➤ 給源から女川原子力発電所の方方向に降灰分布軸をもつ160km以遠の火山及び広域テフラは以下のとおり。

火山	テフラ名	
十和田	To-a	十和田 a
	To-Cu	十和田中掬
榛名山	Hr-FP	榛名二ツ岳伊香保
浅間山	As-A	浅間 A(天明)
	As-B	浅間 B(天仁)
	As-C	浅間 C
	UG	立川ローム 上部ガラス質
	As-K	浅間草津
	As-YP	浅間板鼻黄色
	As-Sr	浅間白糸
御嶽山	On-Pm1	御岳第 1
大山	DKP	大山倉吉
三瓶山	SK	三瓶木次



給源から女川の方方向に降灰分布軸をもつ160km以遠の火山

2. 給源から女川の方向に降灰分布軸をもつ160km以遠の火山について 【十和田】

【十和田】

- 十和田a(To-a)は、宍倉ほか(2007)によれば、石巻平野で実施した津波堆積物調査の結果から数cmの厚さで分布していることが報告されており、敷地内の地質調査においても最大層厚6cmを確認している。
- 十和田中礫(To-Cu)は、早田・八木(1991)によれば、吾妻山で1.3cmが確認されているものの、敷地周辺では確認されていない。

火山	テフラ名	
十和田	To-a	十和田 a
	To-Cu	十和田中礫
榛名山	Hr-FP	榛名ニツ岳伊香保
浅間山	As-A	浅間 A(天明)
	As-B	浅間 B(天仁)
	As-C	浅間 C
	UG	立川ローム 上部ガラス質
	As-K	浅間草津
	As-YP	浅間板鼻黄色
	As-Sr	浅間白糸
御嶽山	On-Pm1	御岳第1
大山	DKP	大山倉吉
三瓶山	SK	三瓶木次

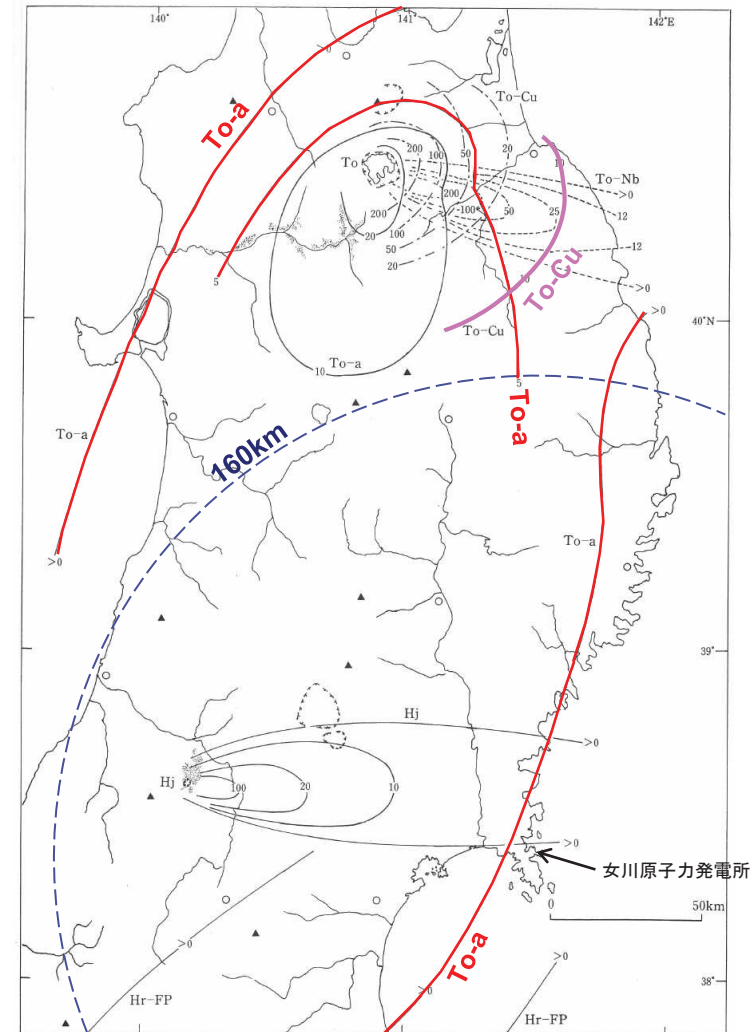


図 3.4-2 東北地方の完新世主要テフラの等層厚線図。
 To-a 十和田 a (pH の分布も示す)¹⁾を参照。 Hr-FP 榛名ニツ岳伊香保²⁾ To-Cu 十和田中礫³⁾
 To-Nb 十和田南部³⁾ HJ 肘折尾花沢 (pH の分布も示す) To: 十和田, HJ: 肘折。
 [1] 町田ほか (1981a), 2) Arai et al. (1986), 3) Hayakawa (1985)]

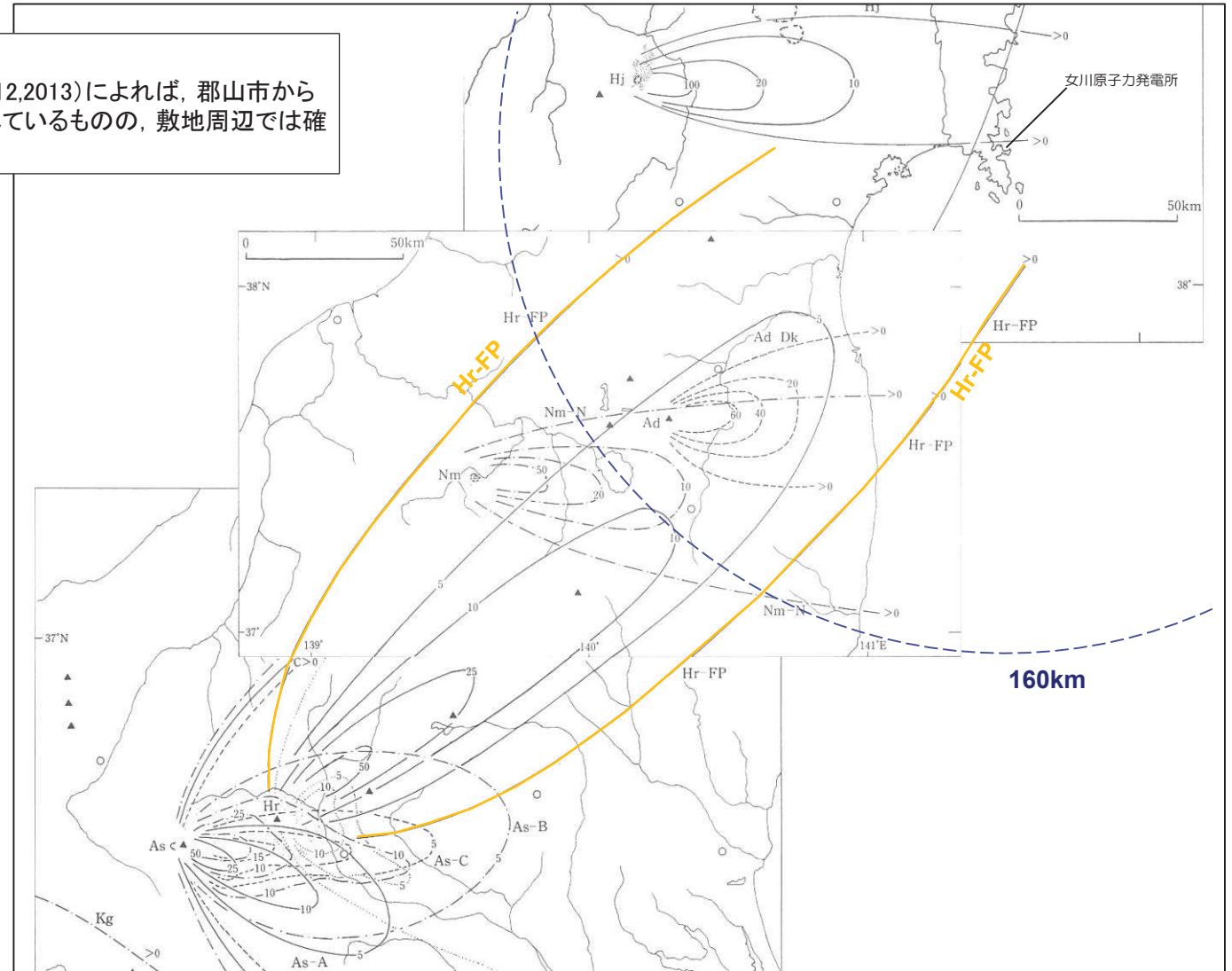
東北地方の完新世主要テフラの等層厚線図
(町田・新井(2011)に一部加筆)

2. 給源から女川の方へ降灰分布軸をもつ160km以遠の火山について【榛名山】

【榛名山】

- 榛名ニツ岳伊香保 (Hr-FP) は、山元(2012,2013)によれば、郡山市から福島市にかけて約6cmの層厚が確認されているものの、敷地周辺では確認されていない。

火山	テフラ名	
十和田	To-a	十和田 a
	To-Cu	十和田中掬
榛名山	Hr-FP	榛名ニツ岳伊香保
浅間山	As-A	浅間 A(天明)
	As-B	浅間 B(天仁)
	As-C	浅間 C
	UG	立川ローム 上部ガラス質
	As-K	浅間草津
	As-YP	浅間板鼻黄色
	As-Sr	浅間白糸
御嶽山	On-Pm1	御岳第1
大山	DKP	大山倉吉
三瓶山	SK	三瓶木次



北関東～東北地方の主要テフラの等層厚線図
(町田・新井(2011)に一部加筆)

2. 給源から女川の方角に降灰分布軸をもつ160km以遠の火山について【浅間山②】

【浅間山②】

- 小岩・早田(1994)では、仙台市の西方・二口峠周辺においてAs-K・As-YPに対比される可能性があるガラス質テフラ(層厚:1~5cm)が報告されている。
- 荻谷(1996)では、月山においてAs-K (As-YP)を確認したことが報告されている(連続採取した試料を洗浄処理することで確認)。

火山	テフラ名	
十和田	To-a	十和田 a
	To-Cu	十和田中撮
榛名山	Hr-FP	榛名ニツ岳伊香保
浅間山	As-A	浅間 A(天明)
	As-B	浅間 B(天仁)
	As-C	浅間 C
	UG	立川ローム 上部ガラス質
	As-K	浅間草津
	As-YP	浅間板鼻黄色
	As-Sr	浅間白糸
御嶽山	On-Pm1	御岳第 1
大山	DKP	大山倉吉
三瓶山	SK	三瓶木次

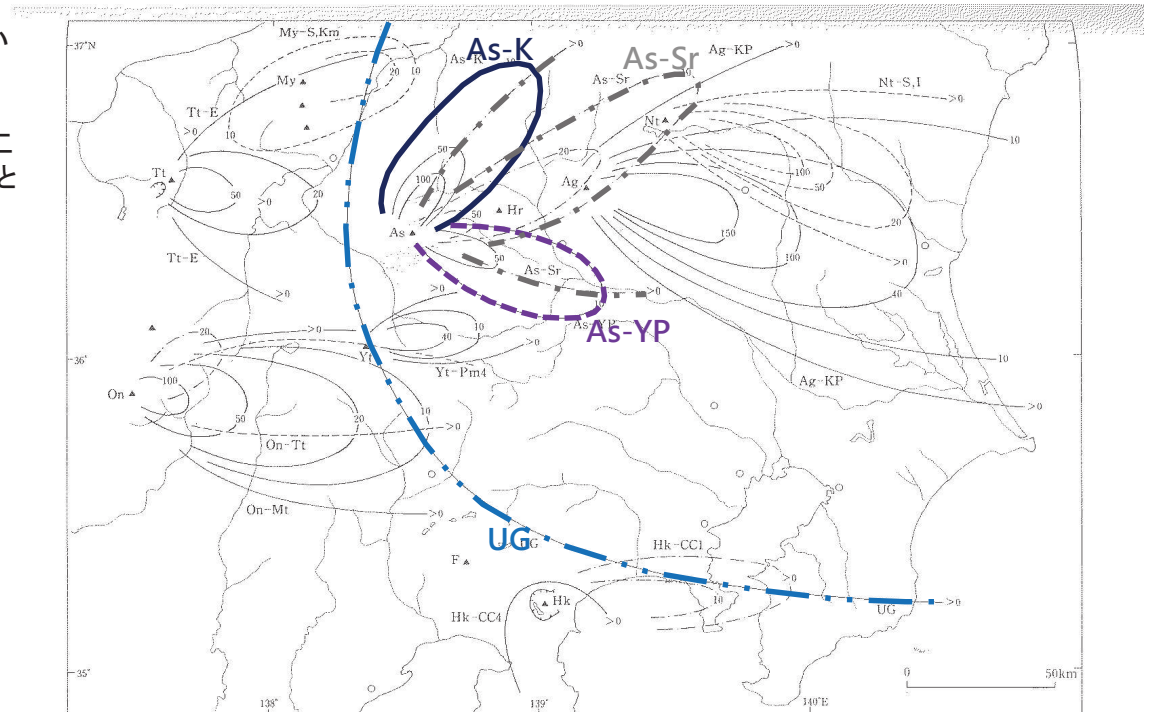


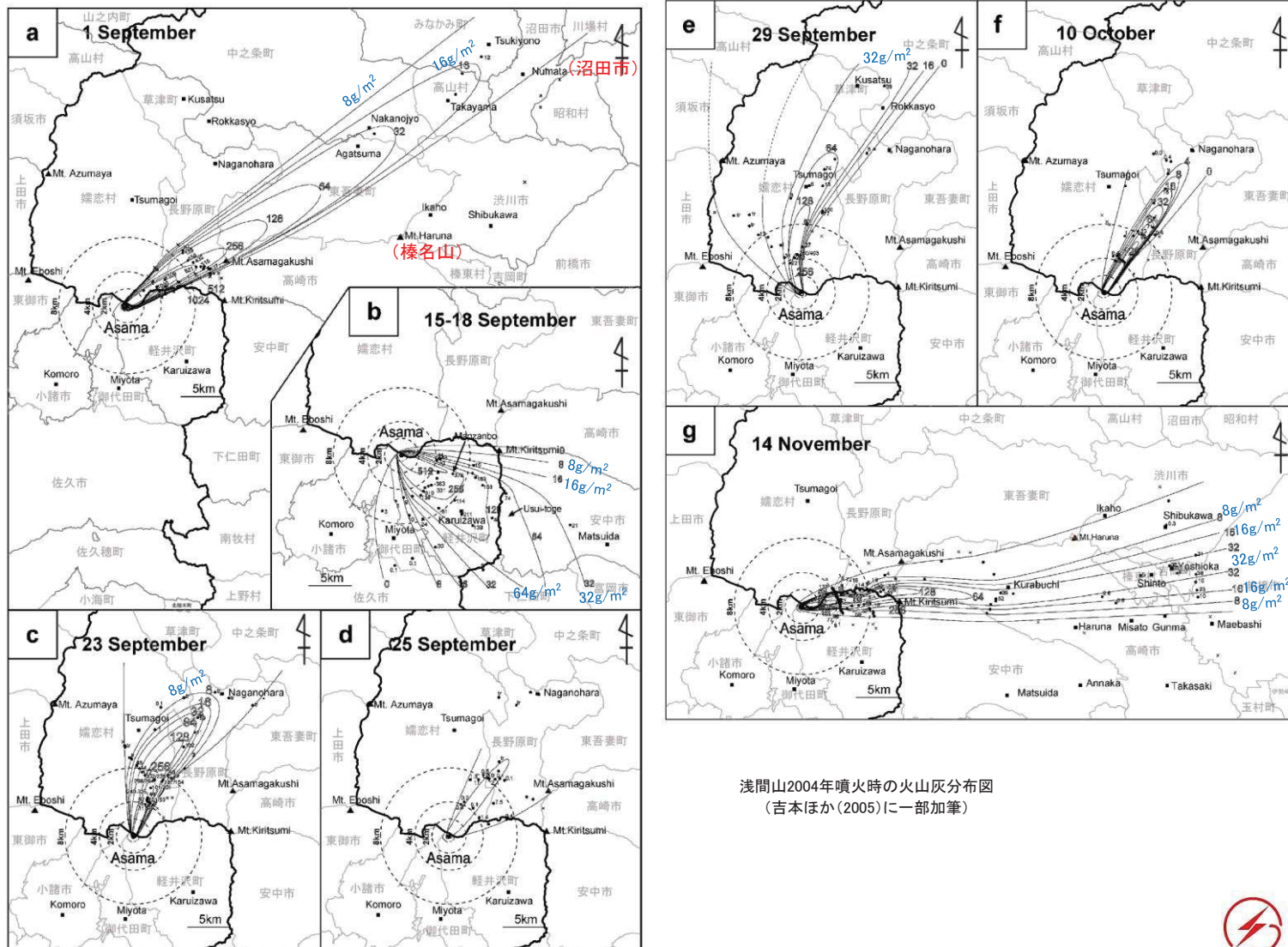
図 3.3-2 中部・関東地方の後期更新世主要テフラの等厚線図(その1)
 Nt-S 男体十本松¹⁾より編纂 Nt-I 男体今市¹⁾より編纂 UG 立川ローム上部ガラス質²⁾⁴⁾⁵⁾ As-K 浅間草津 (pHの分布も示す)³⁾ As-YP 浅間板鼻黄色 (pHの分布も示す)³⁾
 As-Sr 浅間白糸³⁾ Yt-Pm4 ハケ岳⁴⁾⁵⁾ Ag-KP 赤城臨沼⁴⁾⁵⁾ My-S, Km 妙高山山・兼保¹⁾²⁾²⁾ Hk-CC4 箱根中央火口丘¹⁾³⁾ Tt-E 立山²⁾ On-Mt 御岳三岳²⁾ On-Tt 御岳辰野¹⁾²⁾²⁾ Hk-CC1 箱根中央火口丘¹⁾³⁾ Tt-E 立山²⁾ On-Mt 御岳三岳²⁾ On-Tt 御岳辰野¹⁾²⁾²⁾ Hk-CC4 箱根三島³⁾
 Tt:立山, My:妙高, As:浅間, Hr:榛名, Ag:赤城, Nt:日光男体, On:御嶽, Yt:ハケ岳, F:富士, Hk:箱根, [1] 関東ローム研究グループ (1965), [2] 鈴木正章 (1991), [3] 中沢ほか (1984), [4] Kawachi et al. (1967), [5] 中谷 (1970), [6] 鈴木毅 (1990), [7] 甲津・新井 (1980), [8] 町田 (1971), [9] 町田 (1992), [10] 竹本ほか (1987)

中部・関東地方の後期更新世主要テフラの等厚線図
(町田・新井(2011)に一部加筆)

2. 給源から女川の方方向に降灰分布軸をもつ160km以遠の火山について【浅間山③】

【浅間山③】

➢ 2004年の噴火時では、その影響が敷地周辺まで及んでいない。



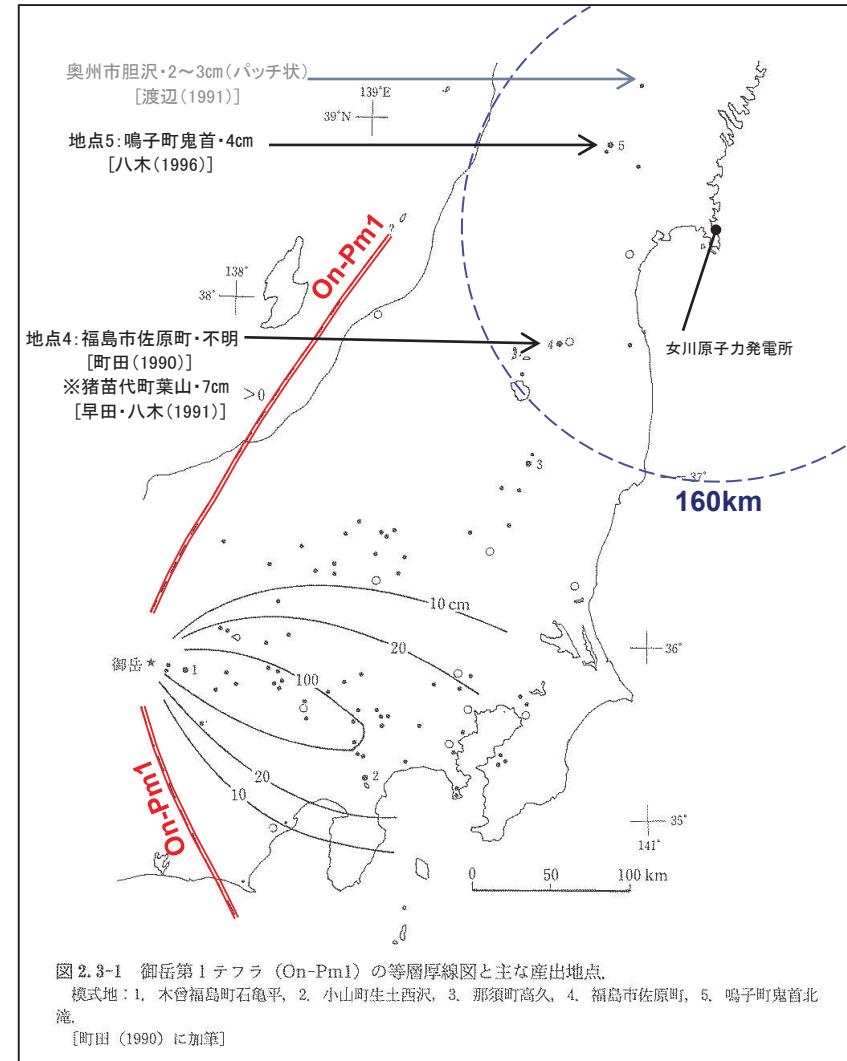
浅間山2004年噴火時の火山灰分布図
(吉本ほか(2005)に一部加筆)

2. 給源から女川の方角に降灰分布軸をもつ160km以遠の火山について 【御嶽山】

【御嶽山】

- 御岳第一 (On-Pm1) は、八木 (1996) によれば、鳴子町鬼首で約4cmの層厚が確認されているものの、敷地周辺では確認されていない。

火山	テフラ名	
十和田	To-a	十和田 a
	To-Cu	十和田中撮
榛名山	Hr-FP	榛名ニツ岳伊香保
浅間山	As-A	浅間 A(天明)
	As-B	浅間 B(天仁)
	As-C	浅間 C
	UG	立川ローム 上部ガラス質
	As-K	浅間草津
	As-YP	浅間板鼻黄色
	As-Sr	浅間白糸
御嶽山	On-Pm1	御岳第 1
大山	DKP	大山倉吉
三瓶山	SK	三瓶木次



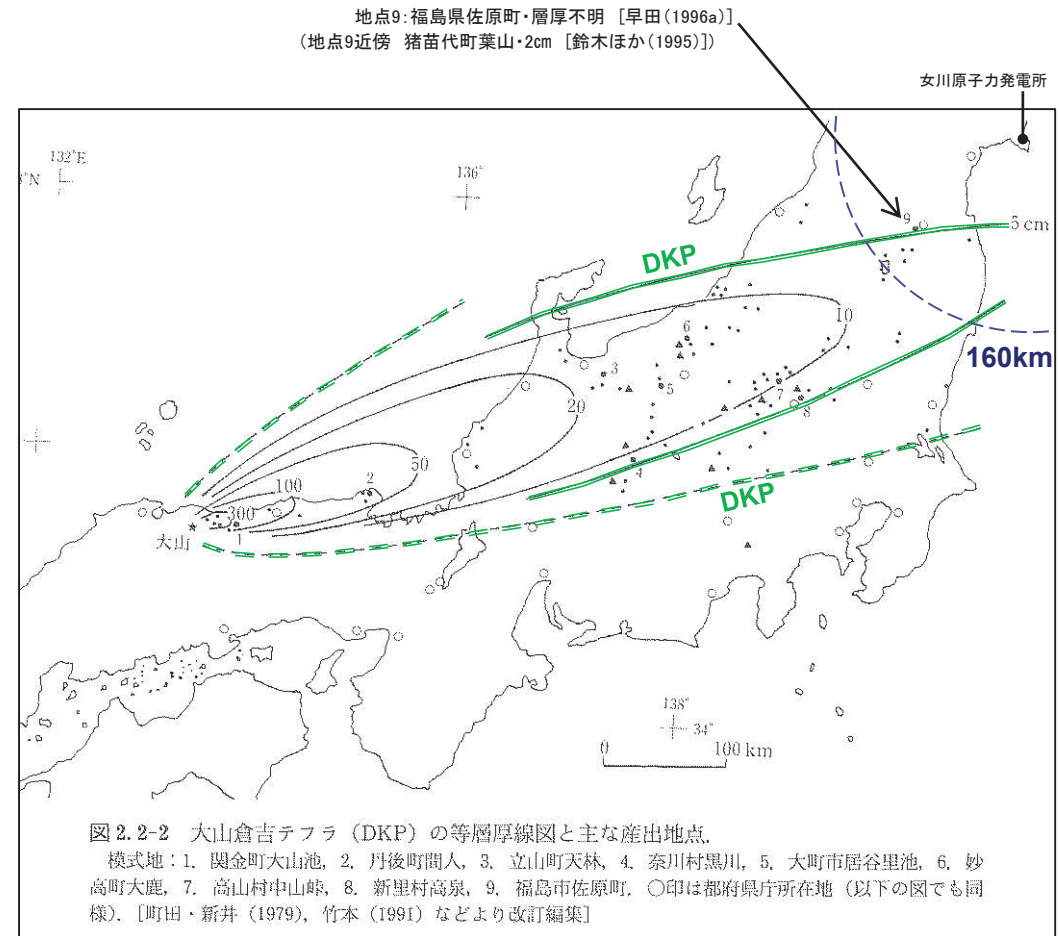
御岳第1 (On-Pm1) の等層厚線図
(町田・新井(2011)に一部加筆)

2. 給源から女川の方角に降灰分布軸をもつ160km以遠の火山について 【大山】

【大山】

- 大山倉吉(DKP)は、鈴木ほか(1995)によれば、猪苗代町葉山において約2cmの層厚が確認されているものの、敷地周辺では確認されていない。

火山	テフラ名	
十和田	To-a	十和田 a
	To-Cu	十和田中振
榛名山	Hr-FP	榛名ニツ岳伊香保
浅間山	As-A	浅間 A(天明)
	As-B	浅間 B(天仁)
	As-C	浅間 C
	UG	立川ローム 上部ガラス質
	As-K	浅間草津
	As-YP	浅間板鼻黄色
御嶽山	On-Pm1	御岳第 1
	大山	DKP 大山倉吉
三瓶山	SK	三瓶木次



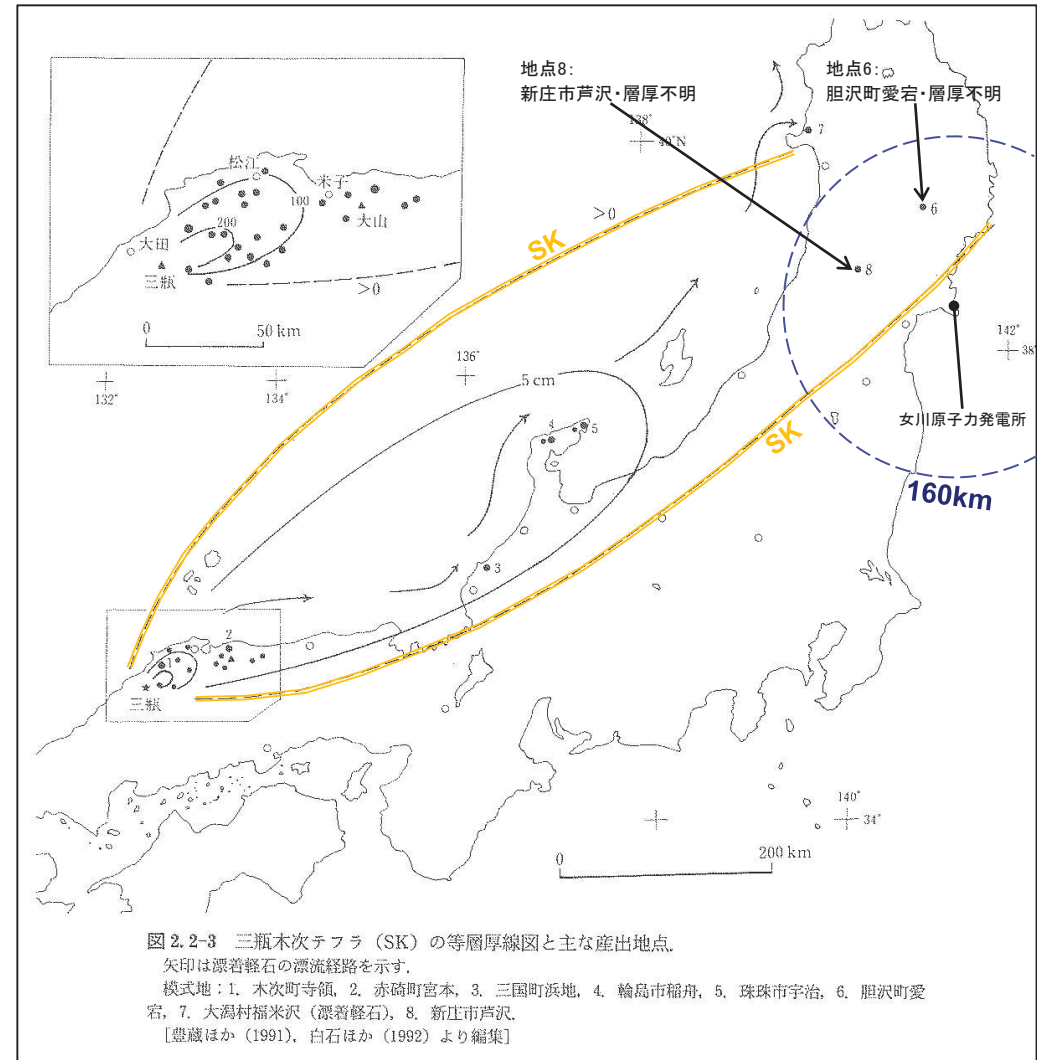
大山倉吉(DKP)の等層厚線図
(町田・新井(2011)に一部加筆)

2. 給源から女川の方角に降灰分布軸をもつ160km以遠の火山について 【三瓶山】

【三瓶山】

- 三瓶木次(SK)は、八木・早田(2000)や松浦(2000)によれば、新庄市芦沢・胆沢町愛宕においてテフラが確認されている(層厚不明)ものの、敷地周辺では確認されていない。

火山	テフラ名	
十和田	To-a	十和田 a
	To-Cu	十和田中撮
榛名山	Hr-FP	榛名ニツ岳伊香保
浅間山	As-A	浅間 A(天明)
	As-B	浅間 B(天仁)
	As-C	浅間 C
	UG	立川ローム 上部ガラス質
	As-K	浅間草津
	As-YP	浅間板鼻黄色
As-Sr	浅間白糸	
御嶽山	On-Pm1	御岳第 1
大山	DKP	大山倉吉
三瓶山	SK	三瓶木次



三瓶木次(SK)の等層厚線図
(町田・新井(2011)に一部加筆)

2. 給源から女川の方角に降灰分布軸をもつ160km以遠の火山について 【まとめ】

- 女川原子力発電所の敷地または敷地周辺に降灰した可能性のある広域テフラは下記であり、十和田aのみ敷地内の地質調査結果から最大層厚6cmが確認されているが、それ以外のテフラについては、いずれも層厚は0～数cmである。

火山	テフラ名		160km範囲の主な露頭		女川地点での評価
			位置	層厚	
十和田	To-a	十和田 a	敷地内	最大6cm	敷地内の地質調査結果から、最大層厚6cm。
	To-Cu	十和田中楸	吾妻山	約1.3cm (早田・八木(1991))	町田・新井(2011)によると、0～数cm。
榛名山	Hr-FP	榛名二ツ岳伊香保	郡山市～福島市	約6cm (山元(2013))	町田・新井(2011)によると、0～数cm。
浅間山	As-A	浅間 A(天明)	東北地方ではほとんど確認されていない。 ※小岩・早田(1994)によれば、二口峠周辺において、As-K・As-YPに対比される可能性があるガラス質テフラ(層厚:1～5cm)が報告されている。		町田・新井(2011)によると、ほぼ0cm。
	As-B	浅間 B(天仁)			
	As-C	浅間 C			
	UG	立川ローム 上部ガラス質			
	As-K	浅間草津			
	As-YP	浅間板鼻黄色			
	As-Sr	浅間白糸			
御嶽山	On-Pm1	御岳第 1	鳴子町鬼首	約4cm (八木(1996))	町田・新井(2011)によると、0～数cm。
大山	DKP	大山倉吉	猪苗代町葉山	約2cm (鈴木ほか(1995))	町田・新井(2011)によると、ほぼ0cm。
三瓶木次	SK	三瓶木次	胆沢町愛宕	層厚不明 八木・早田(2000) 、松浦(2000)	町田・新井(2011)によると、ほぼ0cm。

3. 敷地内及び敷地周辺で確認された 降下火砕物について

3. 敷地内及び敷地周辺で確認された降下火砕物について 【分析結果】

➤ 敷地内で確認された上部火山灰と下部火山灰の分析結果を以下に示す。

	上部火山灰①	
	主な鉱物	ガラス屈折率
分析結果	opx,cpx,mt	1.513~1.517
参考: 十和田a (町田・新井(2011)による)	opx,cpx	1.503~1.507

顕微鏡写真

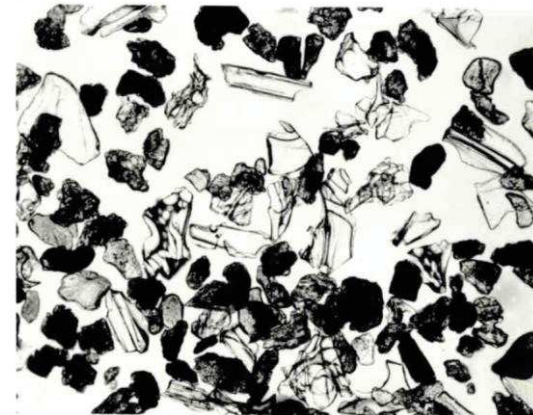


0.1mm

上部火山灰 ①

	下部火山灰②	
	主な鉱物	ガラス屈折率
分析結果	gr,ho,bi,mt	1.502~1.505
参考: 肘折尾花沢 (町田・新井(2011)による)	opx,ho,qt	1.499~1.504

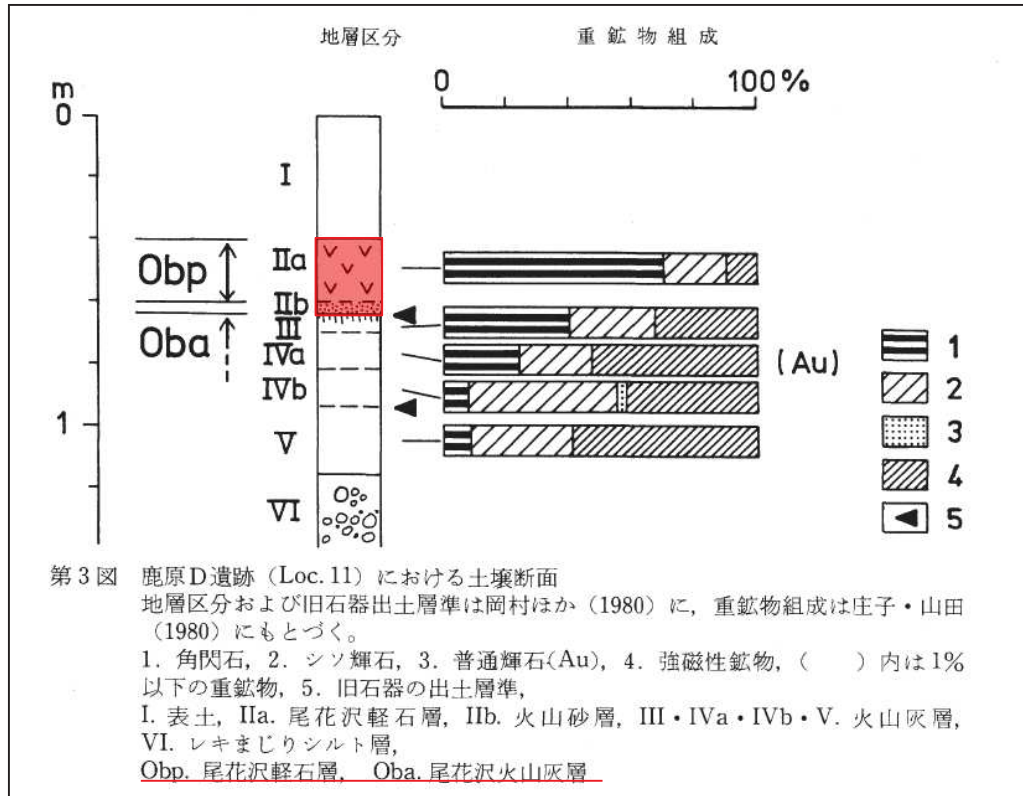
顕微鏡写真



0.1mm

下部火山灰 ②

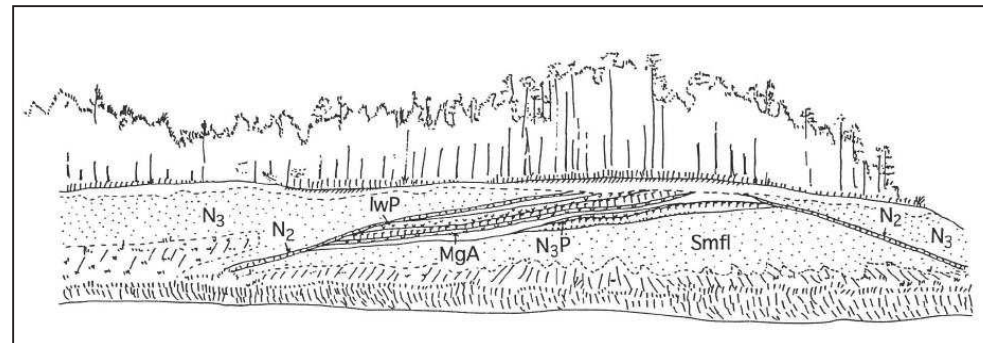
3. 敷地内及び敷地周辺で確認された降下火砕物について 【文献調査①】



鹿原D遺跡の土壌断面 (豊島 (1980) に加筆)

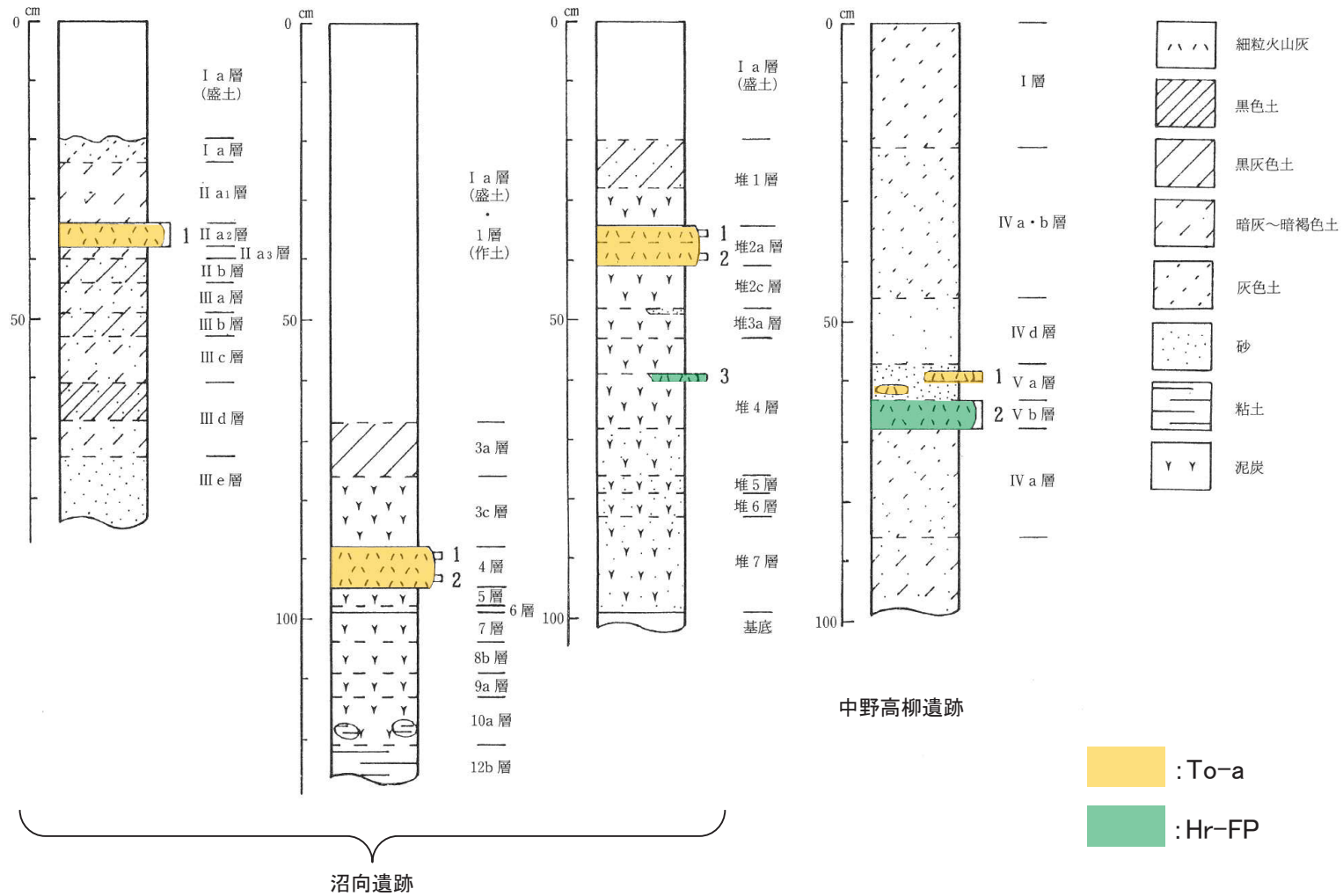


馬場壇A遺跡の発掘状況写真 (早田 (1996b))



安沢付近の露頭スケッチ (早田 (1996c))

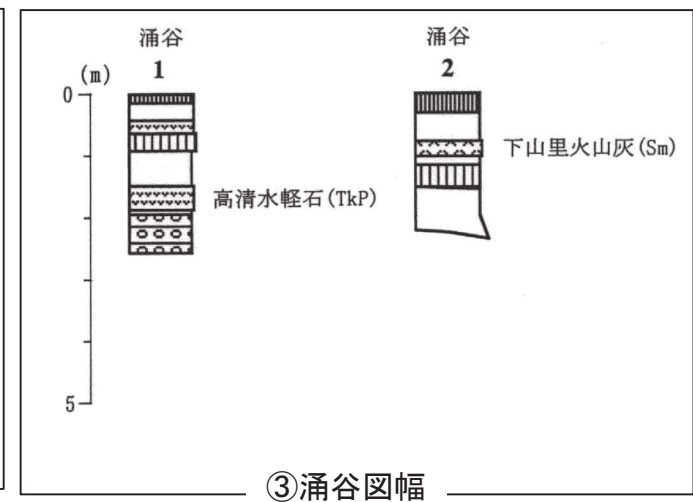
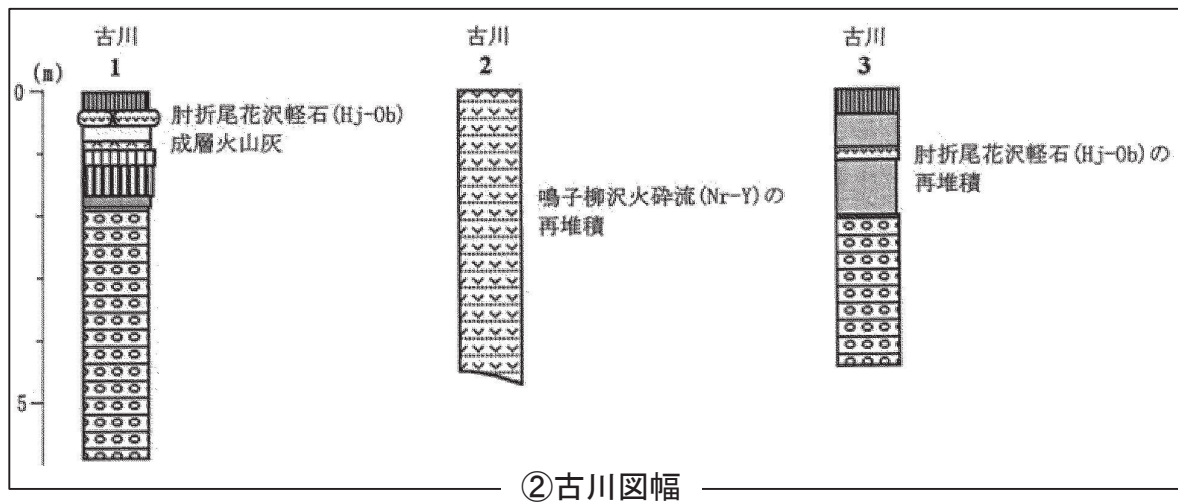
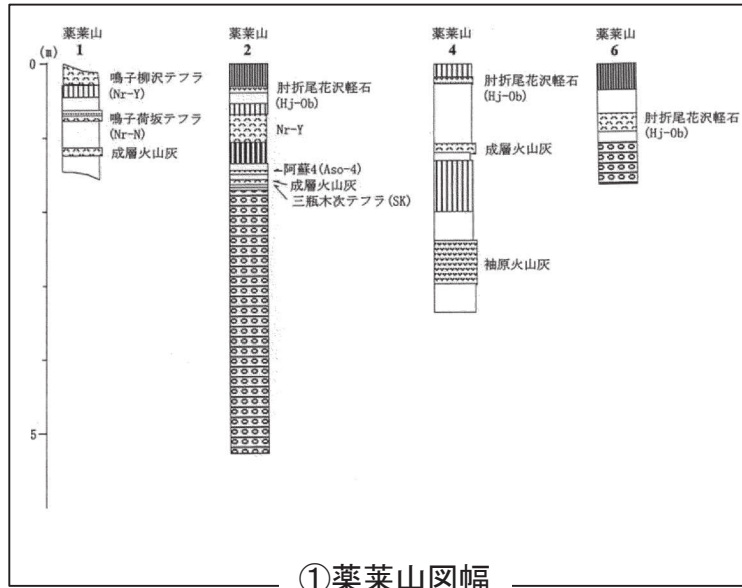
3. 敷地内及び敷地周辺で確認された降下火砕物について【文献調査②】



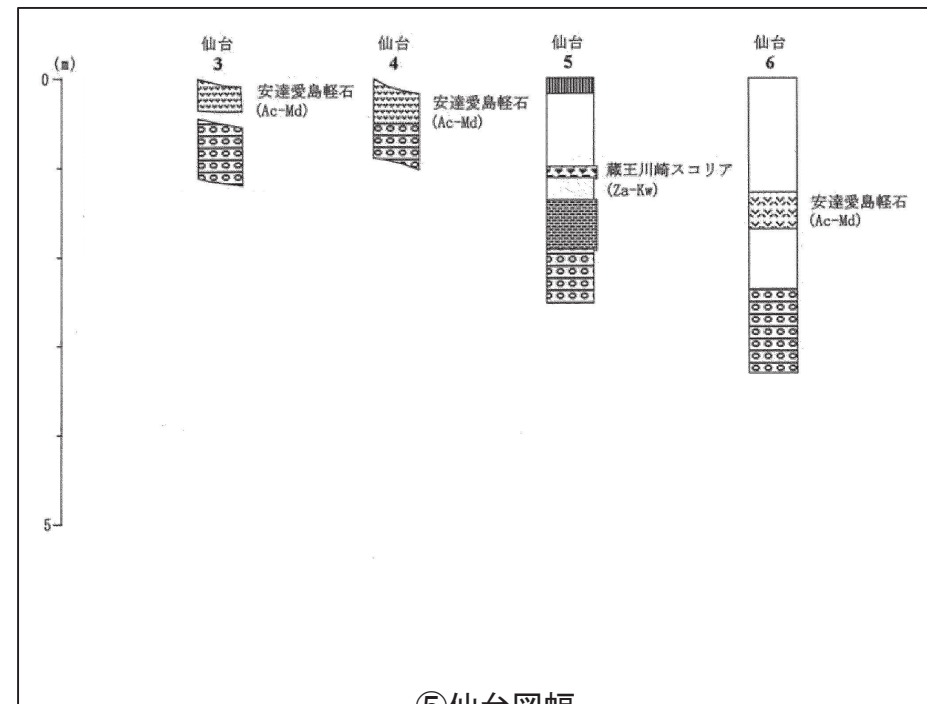
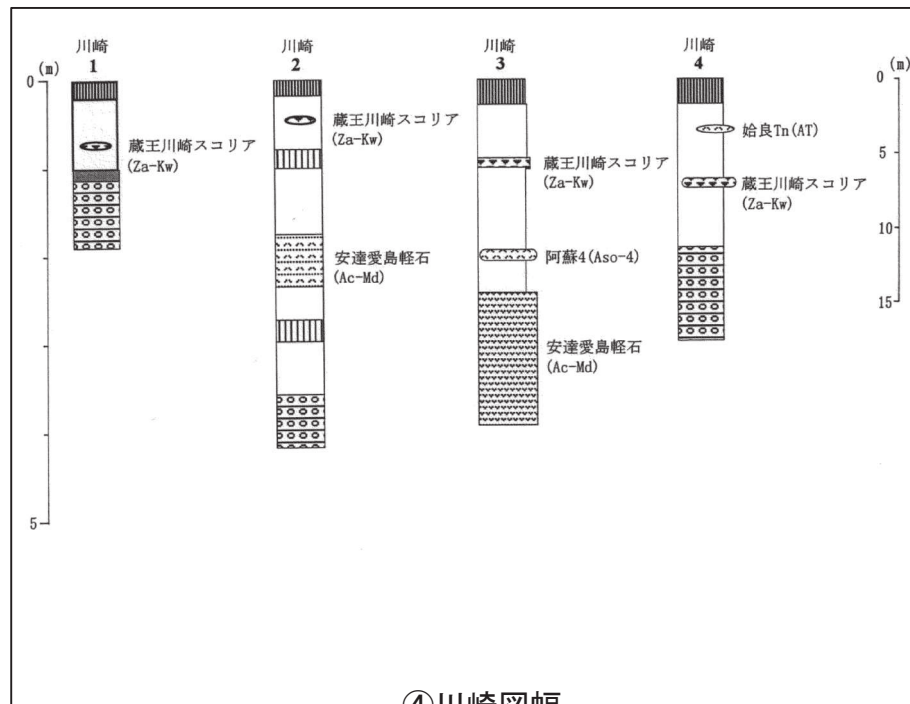
第78図 沼向遺跡、中野高柳遺跡テフラ採取地点の土層柱状図

沼向遺跡・中野高柳遺跡 土層柱状図(早田(2000)に一部加筆)

3. 敷地内及び敷地周辺で確認された降下火砕物について 【文献調査③】

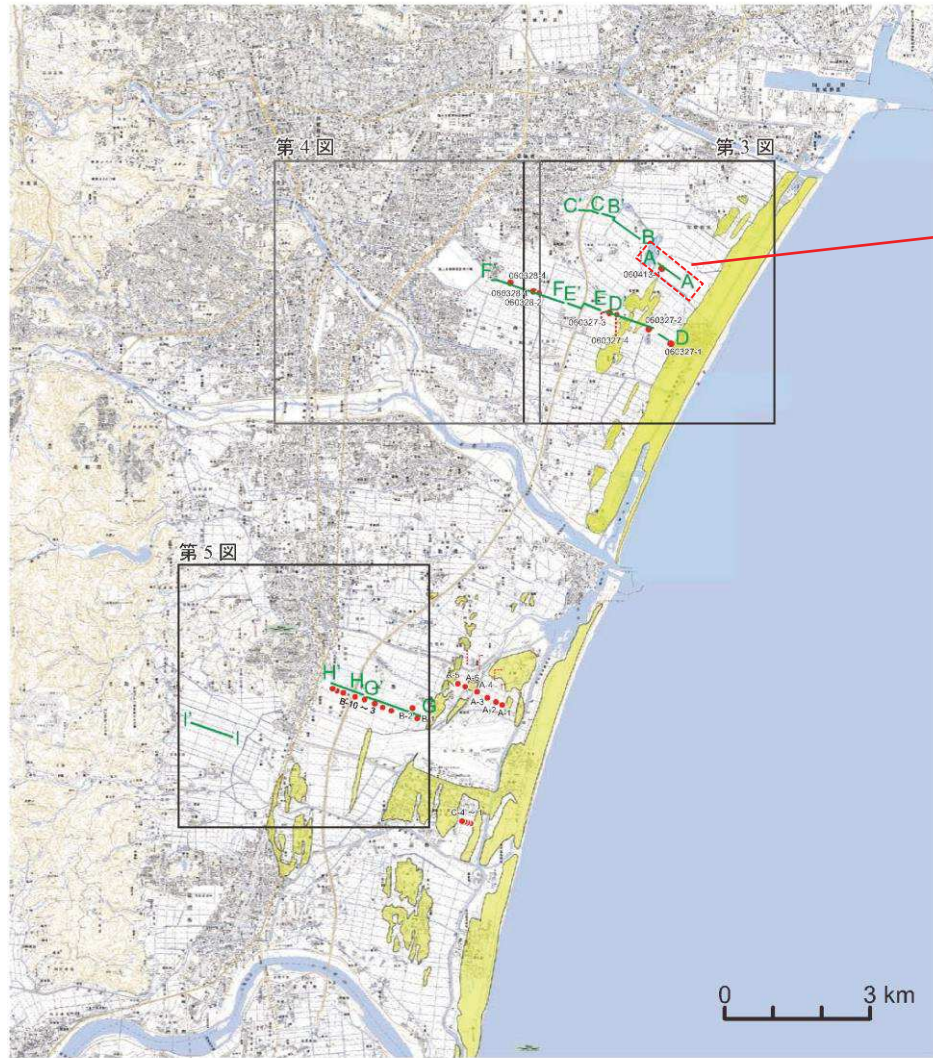


3. 敷地内及び敷地周辺で確認された降下火砕物について 【文献調査④】



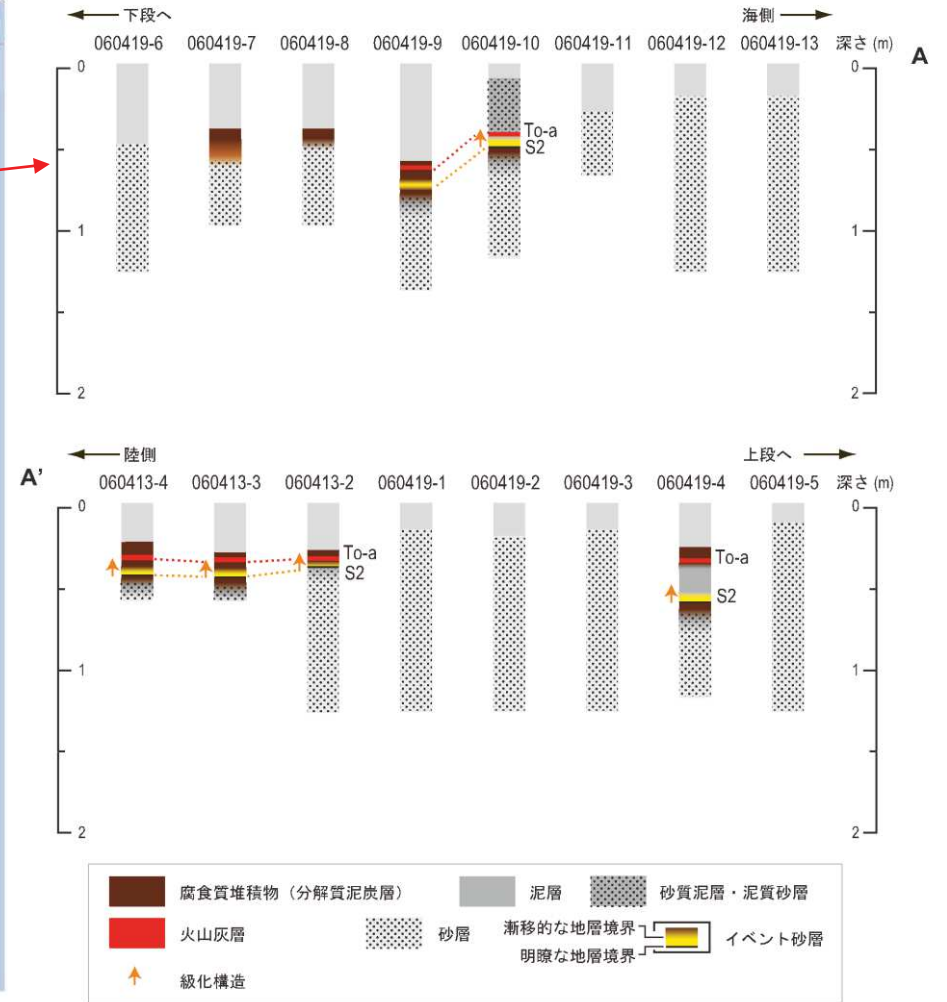
火山灰柱状図(小池・町田編(2001))

3. 敷地内及び敷地周辺で確認された降下火砕物について【文献調査⑤】



第1図. 調査地点図(1). 赤丸は、澤井ほか(2007)で調査した地点。国土地理院発行1/25000地形図「塩竈」「仙台東北部」「仙台西北部」「仙台西南部」「仙台東南部」「岩沼」「仙台空港」を改変して使用。
Fig. 1. Location map (1). Red circles are locations studied by Sawai *et al.* (2007). Modified from 1/25000-scale map of Geographical Survey Institute of Japan, [Shiogama], [Sendai Tohokubu], [Sendai Seihokubu], [Sendai Seinanbu], [Sendai Tounanbu], [Iwanuma], [Sendai Kuukou].

仙台市 (大沼東—仙台東 IC)



第8図. 仙台市の測線(大沼東—仙台東 IC)における地質柱状図。
Fig. 8. Lithostratigraphy on the transect at Sendai City [Oonuma Higashi-Sendai Higashi IC].

3. 敷地内及び敷地周辺で確認された降下火砕物について【文献調査⑥】

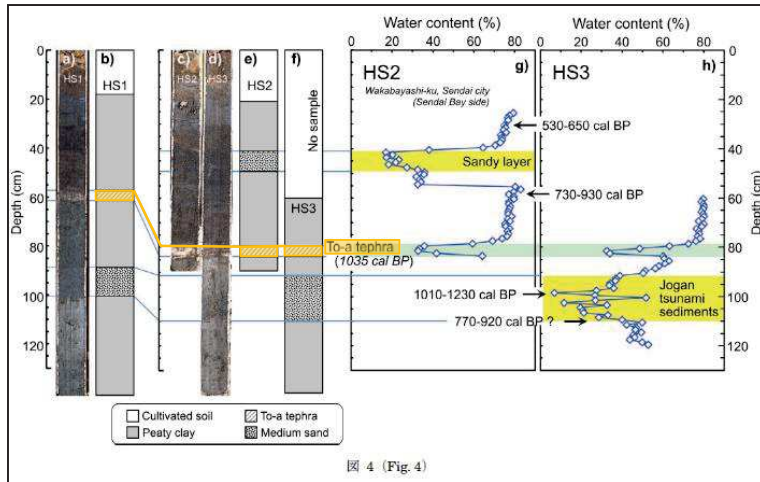


図 4 (Fig. 4)

連続試料写真・HS1, HS2, HS3(渡邊ほか(2014)に加筆)

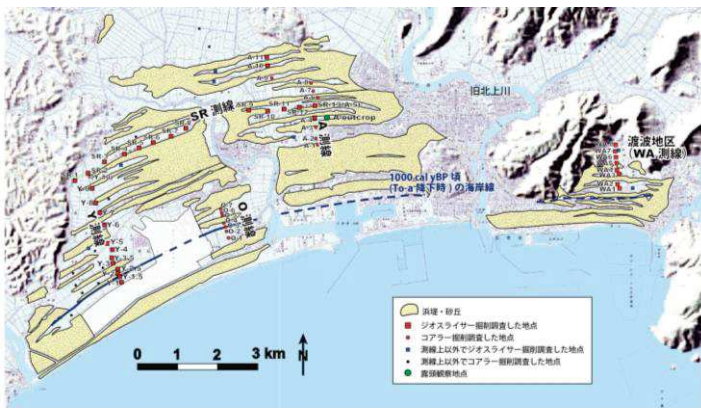
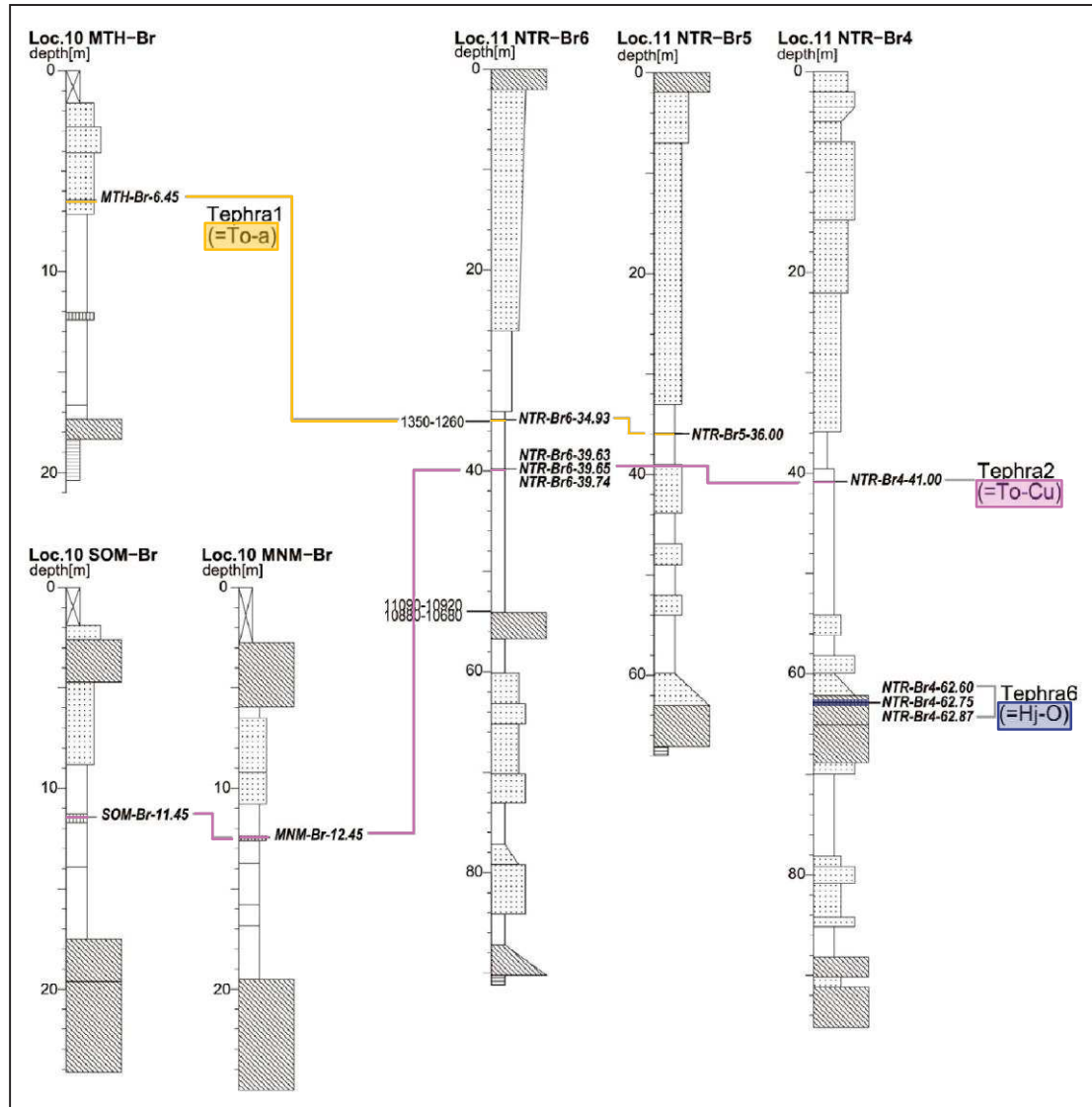


図 2 石巻平野の地形と調査地点。基礎図は国土院発行 2万5千分の1地形図「渡辺」「石巻」「広野」「小野」を転用。
Fig. 2 Geomorphology and coring survey sites in the Iwashiro Plain. Basic maps are topographic map of 1/25,000 "Warasaku", "Ishinomaki", "Hirobuchi" and "Ono", published by Geographical Survey Institute.

石巻平野での津波堆積物調査(宍倉ほか(2007))



ボーリング柱状図(石村ほか(2014)に加筆)

4. Tephra2のプログラムコードのバグ修正について

4. Tephra2のプログラムコードのバグ修正について 【概要①】

降下火砕物シミュレーションのプログラムコードのバグについて

- 日本火山学会2016年秋季大会(2016.10.13~15)のポスターセッションにおいて、大阪大学の佐伯准教授が「Tephra2」のプログラムコードの粒子落下速度の式に一部バグがあることを発表。
- この発表内容を受け、当社も「Tephra2」のプログラムコードを確認したところ、同准教授が指摘したバグがあることを確認。
- このプログラムコードのバグを当社独自に修正し、再解析を行うとともに、修正したプログラムコードの妥当性を確認するため、国立研究開発法人 産業技術総合研究所のHP上(G-ever)の「Tephra2」を用いた解析を行い、それぞれの結果を比較した。

プログラムコードのバグの概要

- 給源直上から放出される降下火砕物の粒子の落下速度は、粒子が落下する慣性力と大気の粘性力の比から求まる粒子のレイノルズ数に応じて、以下に示す原理式を用いて算出している。今回、この原理式に基づくプログラムコードの一部にバグが確認された。

粒子の落下速度(V_t)の原理式	
$V_t = \frac{gd^2(\rho_p - \rho_g)}{18\mu} \quad R_e < 6$	R_e :レイノルズ数
$V_t = \left\{ \frac{4g^2d^3(\rho_p - \rho_g)^2}{225\mu\rho_g} \right\}^{1/3} \quad 6 \leq R_e < 500$	g :重力加速度
$V_t = \left\{ \frac{3.1gd(\rho_p - \rho_g)}{\rho_g} \right\}^{1/2} \quad 500 \leq R_e$	d :粒径
$R_e = \frac{d\rho_g V_t}{\mu}$	ρ_p :粒子密度
	ρ_g :大気密度
	μ :大気の粘性

当社使用の「Tephra2」のプログラムコードの入手先

- アメリカ国立科学財団・V-HUB ホームページより2016年10月19日にver1.91(2014/9/19公開)をダウンロード
(<https://vhub.org/resources/tephra2/about>)

原理式に基づくプログラムコードの修正箇所

バグ修正前 `temp1 = GRAV_SQRD_x_4 * part_density * part_density / AIR_VISCOSITY_x_225 * rho;`
`vti = ashdiam * pow(temp1, ONE_THIRD);`

バグ修正後 `temp1 = GRAV_SQRD_x_4 * part_density * part_density / AIR_VISCOSITY_x_225 / rho;`
`vti = ashdiam * pow(temp1, ONE_THIRD);`

バグ

*

↓

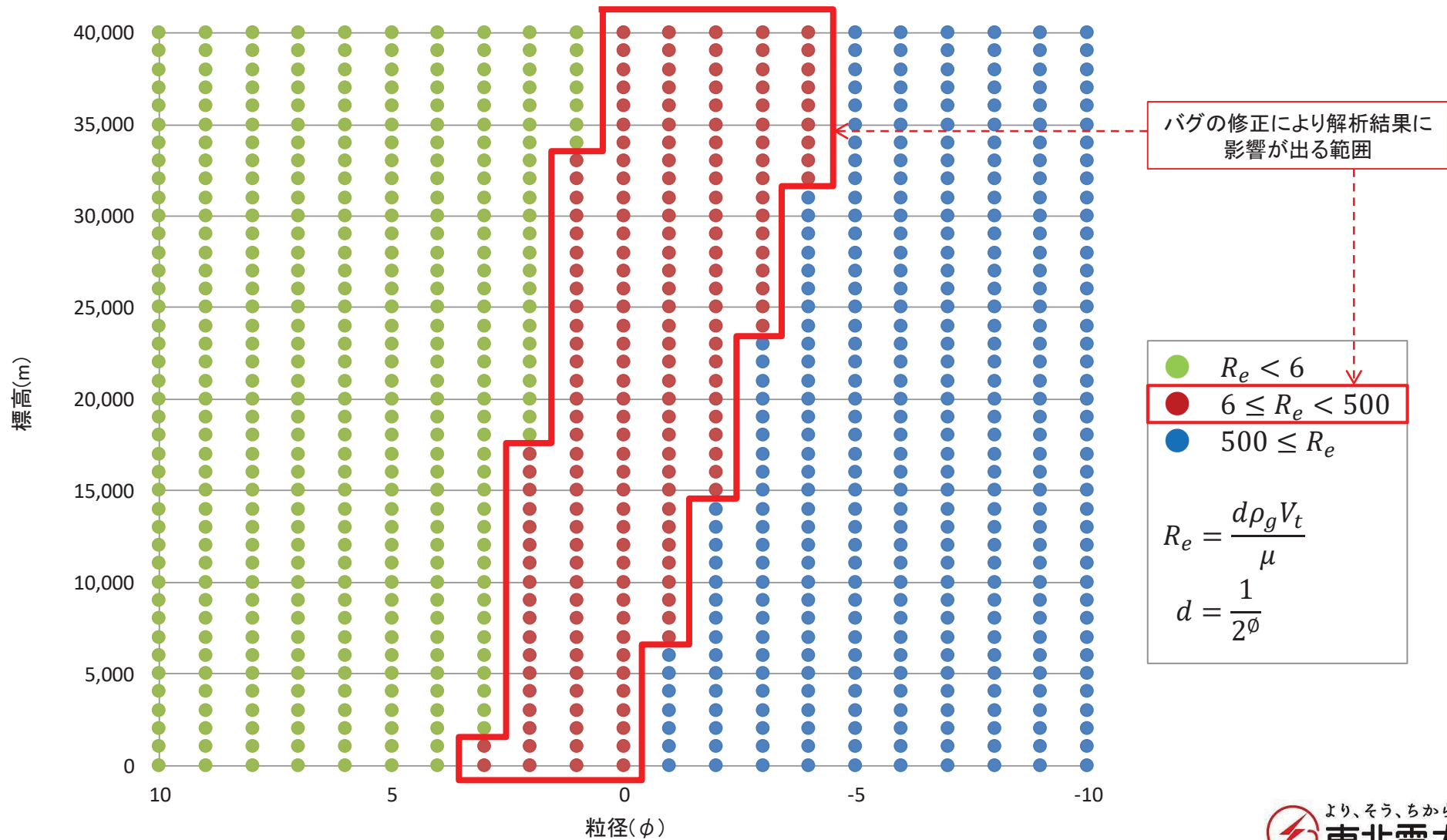
修正

/

修正

4. Tephra2のプログラムコードのバグ修正について 【概要②】

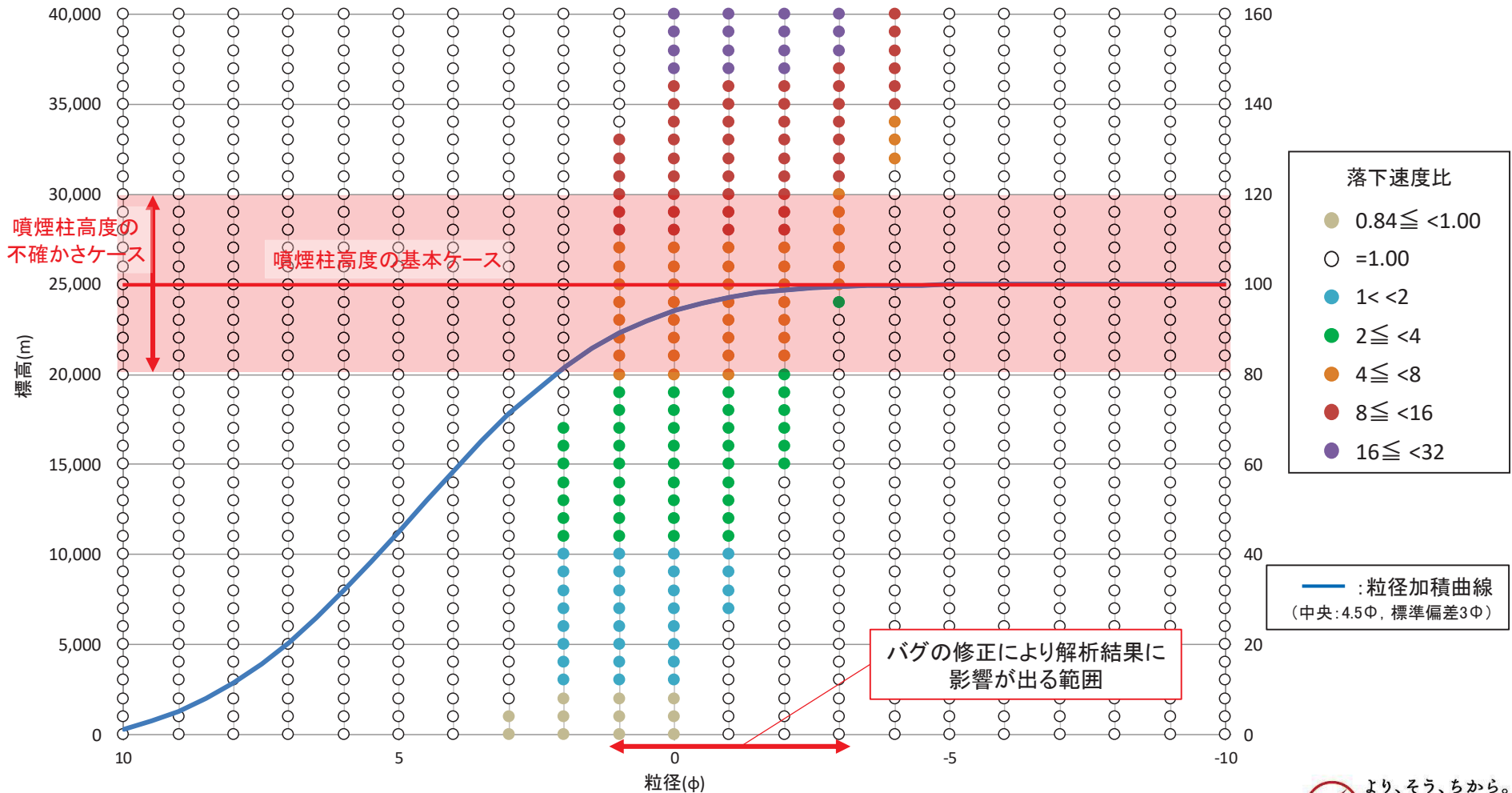
- レイノルズ数が $6 \leq R_e < 500$ の場合の計算式のみが誤っていたため、バグの修正により解析結果に影響が出るものと出ないものがある。
- レイノルズ数が $6 \leq R_e < 500$ であり、バグの修正の影響を受ける条件は下図の赤枠で示す箇所である。



4. Tephra2のプログラムコードのバグ修正について 【概要③】

➤ バグの影響は、粒径が概ね0.25～4mmの範囲で生じ、高度が高いほど、粒子の落下速度比が大きくなる。

$$\text{落下速度比} = \frac{\text{再解析の落下速度 (バグ修正後)}}{\text{従前の落下速度 (バグ修正前)}}$$



降下火砕物の粒径と各高度における落下速度比及び降下火砕物全量の粒径加積曲線

4. Tephra2のプログラムコードのバグ修正について【まとめ】

➤ 「Tephra2」のバグ修正に伴うシミュレーション結果の比較を下表に示す。

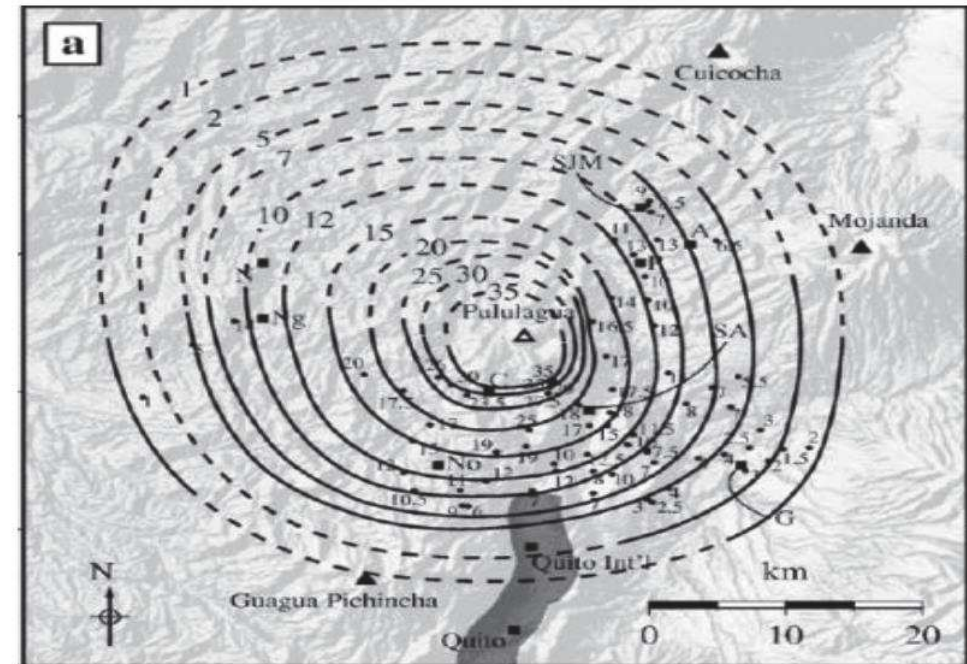
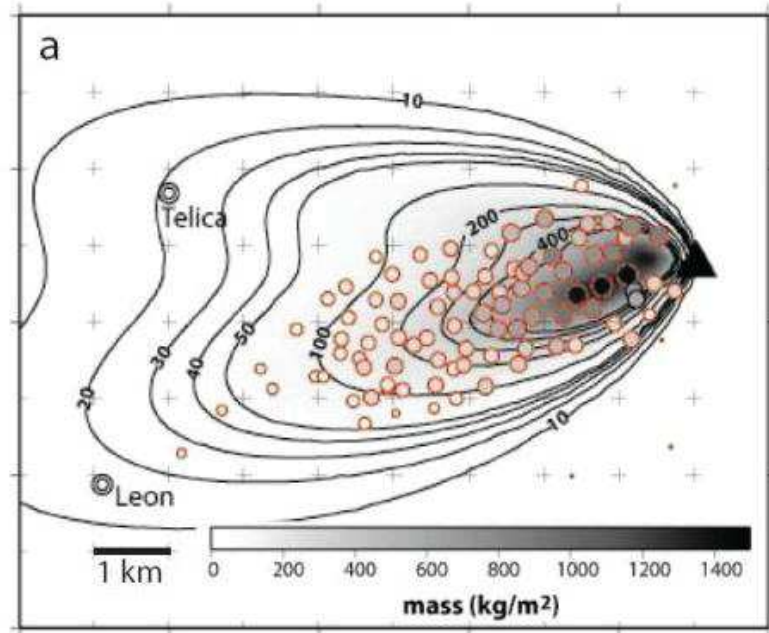
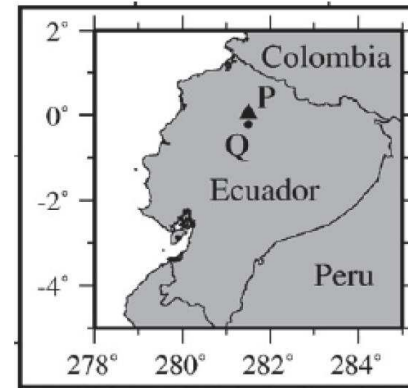
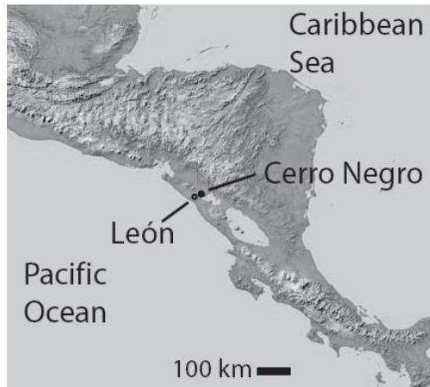
「Tephra2」のバグ修正に伴うシミュレーション結果の比較
(各火山の左列はバグ修正前, 右列はバグ修正後の結果を示す。)

ケース	不確かさの考慮	女川での火山灰層厚 (cm)								
		鳴子カルデラ (2.86km ³)		蔵王山		肘折カルデラ		十和田		
1月	—	0.6	0.6	0.1	0.1	0.3	0.3	※	※	
2月	—	0.8	0.73	0.1	0.1	0.4	0.4	※	※	
3月	—	0.6	0.6	0.1	0.1	0.4	0.4	※	※	
4月	—	0.4	0.4	0.7	1.0	0.2	0.2	※	※	
5月	—	0.3	0.3	2.3	3.2	0.1	0.1	※	※	
6月	—	0.5	0.5	1.7	2.2	0.2	0.2	0.010	0.008	
7月	—	1.0	0.79	0.6	0.7	0.8	0.9	0.013	0.010	
8月	—	0.7	0.6	1.5	1.6	0.5	0.5	0.012	0.010	
9月	—	0.4	0.4	3.1	3.8	0.1	0.1	※	※	
10月	—	0.6	0.6	2.7	3.4	0.2	0.2	※	※	
11月	—	0.5	0.5	0.9	1.0	0.2	0.2	※	※	
12月	—	0.4	0.4	0.1	0.1	0.3	0.3	※	※	
不 確 か さ ケ ー ス	噴煙柱高さ	30km	1.3	1.3	2.8	3.7	0.8	0.9	0.020	0.015
		20km	0.8	0.8	3.3	3.7	0.7	0.8	0.016	0.017
	風速	平均+1σ	0.5	0.5	2.4	3.5	0.6	0.7	0.004	0.001
		平均-1σ	2.6	2.2	2.4	2.4	0.8	0.5	0.062	0.061
風向	敷地に向う仮想風	8.6	10.8	3.0	3.9	1.4	1.5	1.8	0.9	

※ 0.001cm以下

5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について

5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について 【「Tephra2」の再現計算事例】

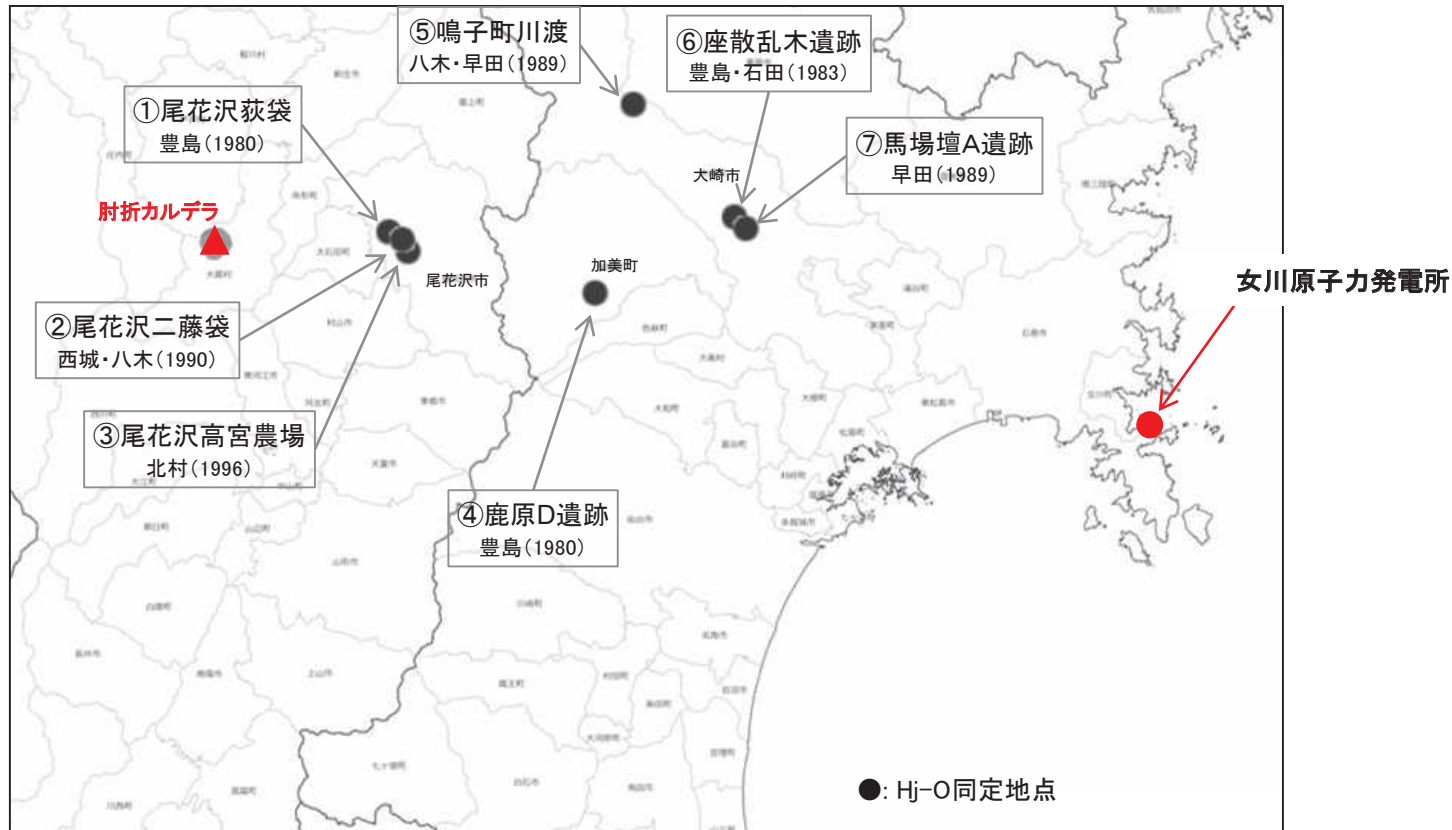


University of South Florida(2011)によれば、Tephra2を用いてCerro Negro噴火(1992年)のインバージョン解析を実施しており、同噴火を再現している。

University of South Florida(2011)によれば、Tephra2を用いてPululagua噴火(BP2450)のインバージョン解析を実施しており、同噴火を再現している。

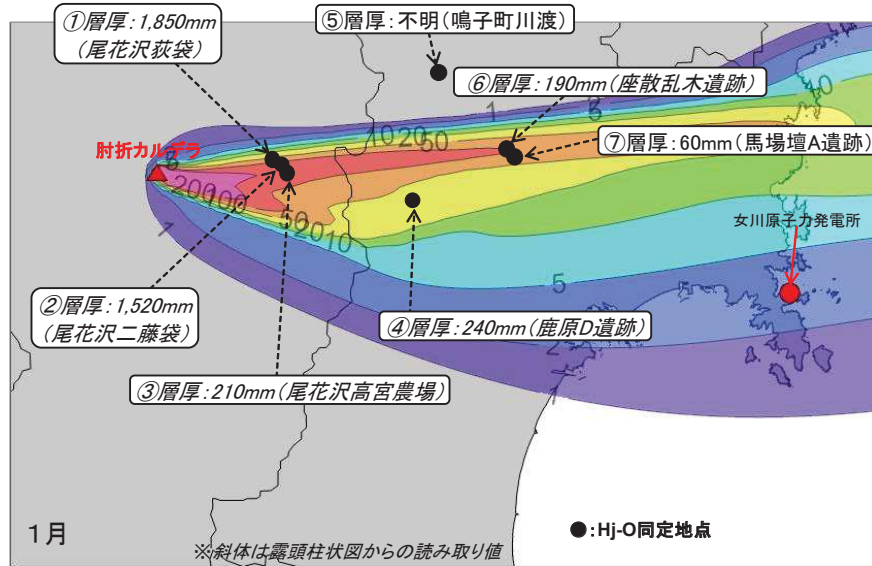
5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について 【肘折カルデラ: 肘折尾花沢(Hj-O)の露頭層厚との比較①】

- 肘折尾花沢(Hj-O)について、数地点が文献で確認されている。
- これらの地点の層厚と降灰シミュレーションの結果を比較した図を次頁以降に示す。

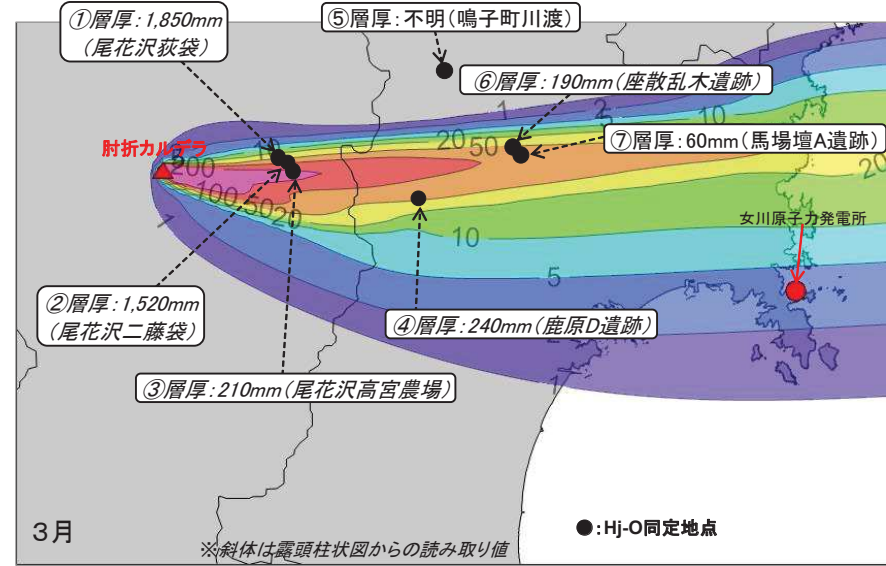


文献調査におけるHj-O同定地点

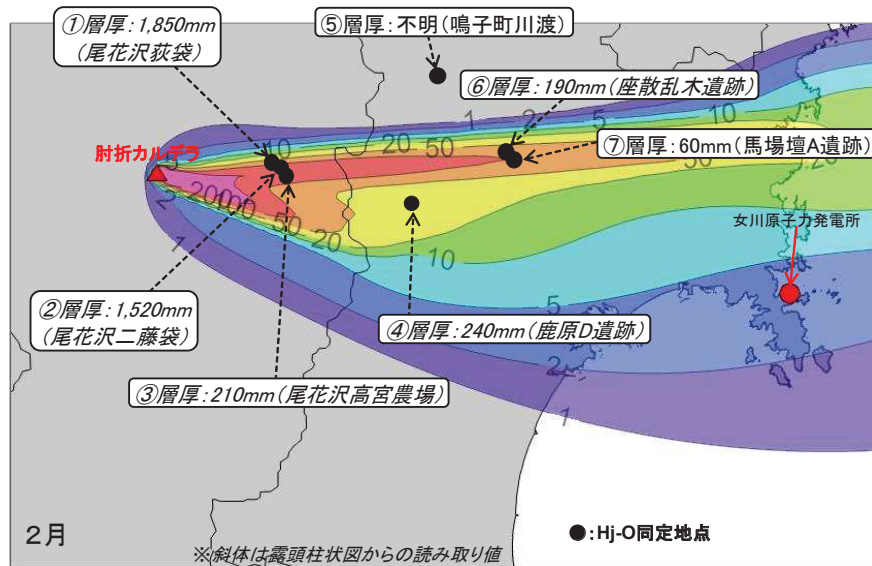
5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について 【肘折カルデラ: 肘折尾花沢 (Hj-O) の露頭層厚との比較②】



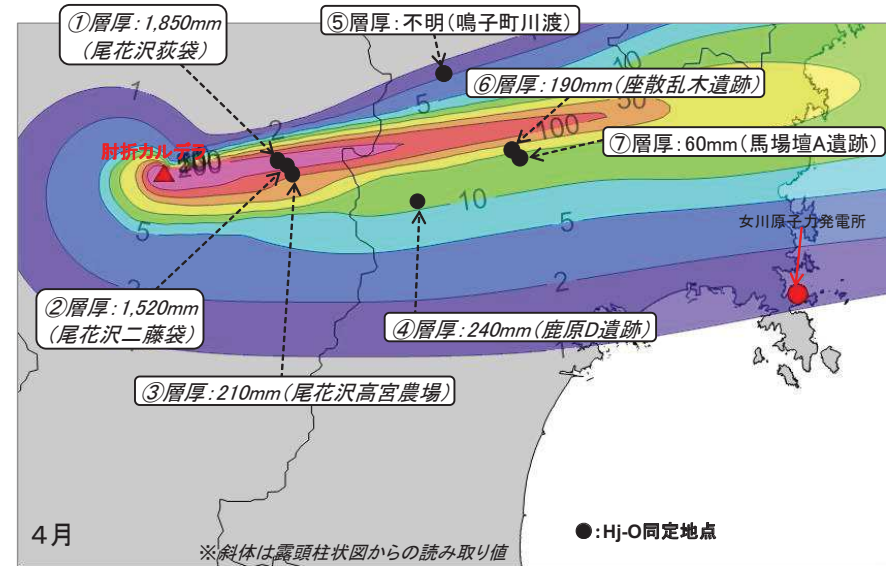
降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(1月)



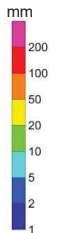
降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(3月)



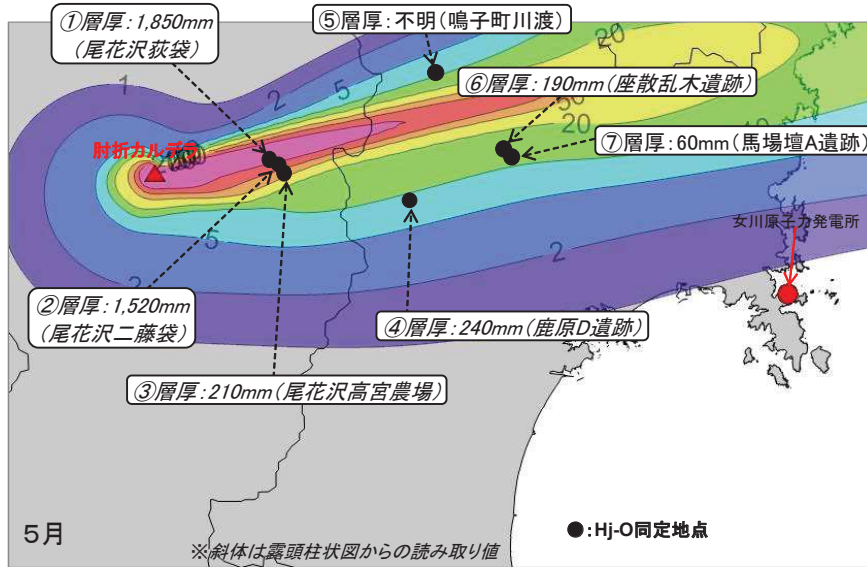
降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(2月)



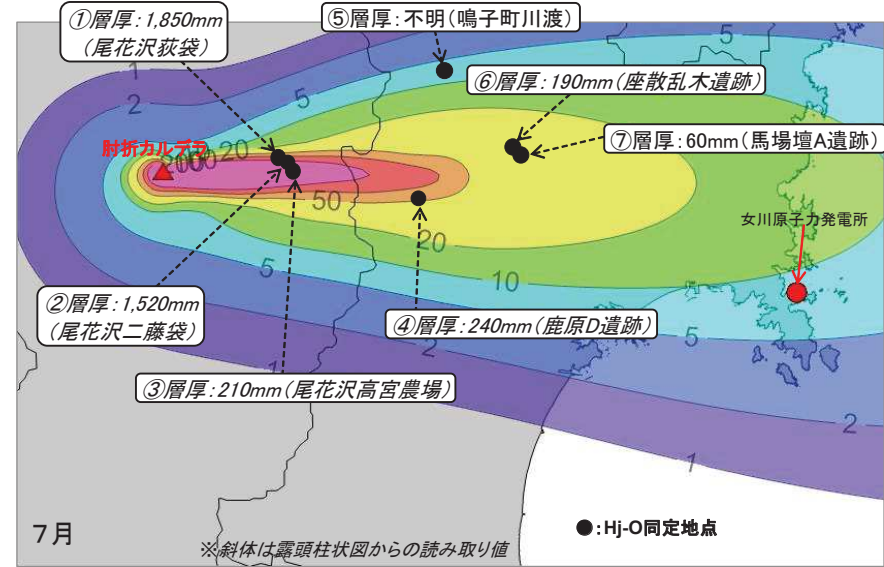
降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(4月)



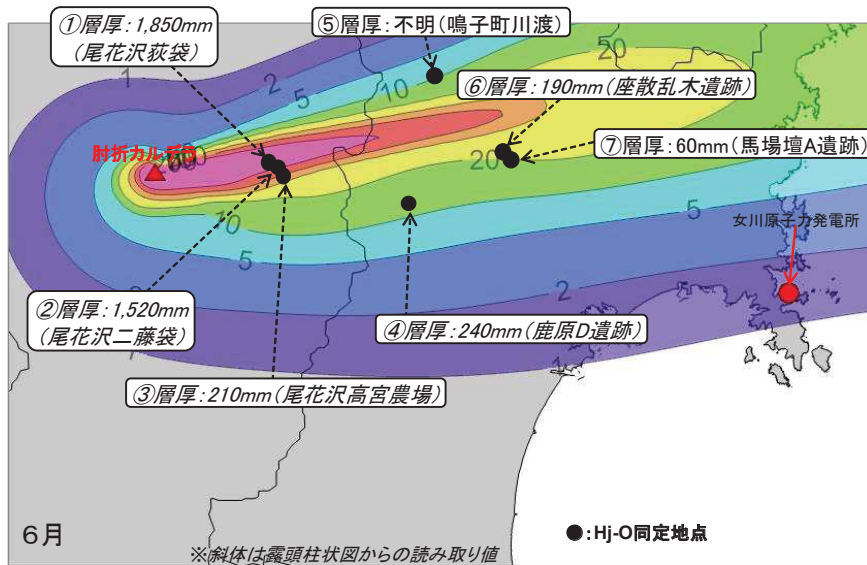
5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について 【肘折カルデラ: 肘折尾花沢 (Hj-O) の露頭層厚との比較③】



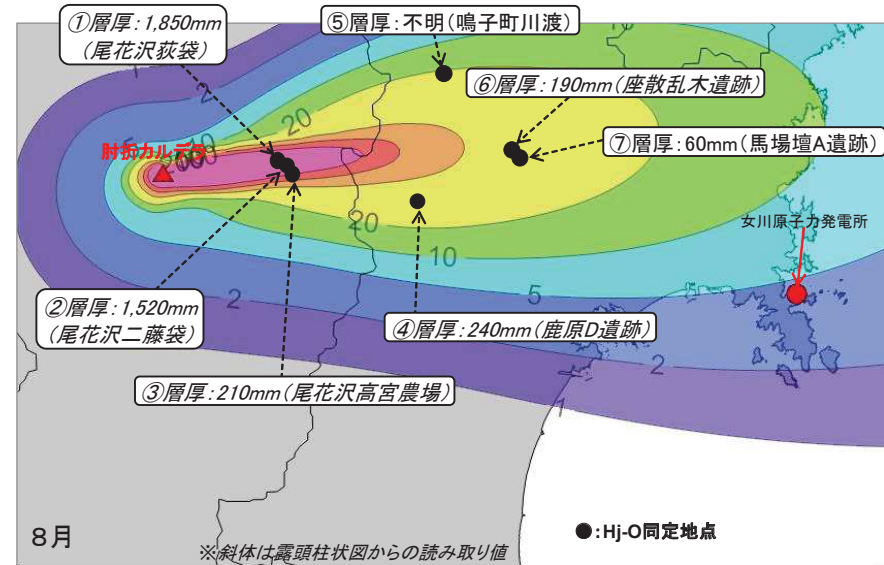
降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(5月)



降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(7月)

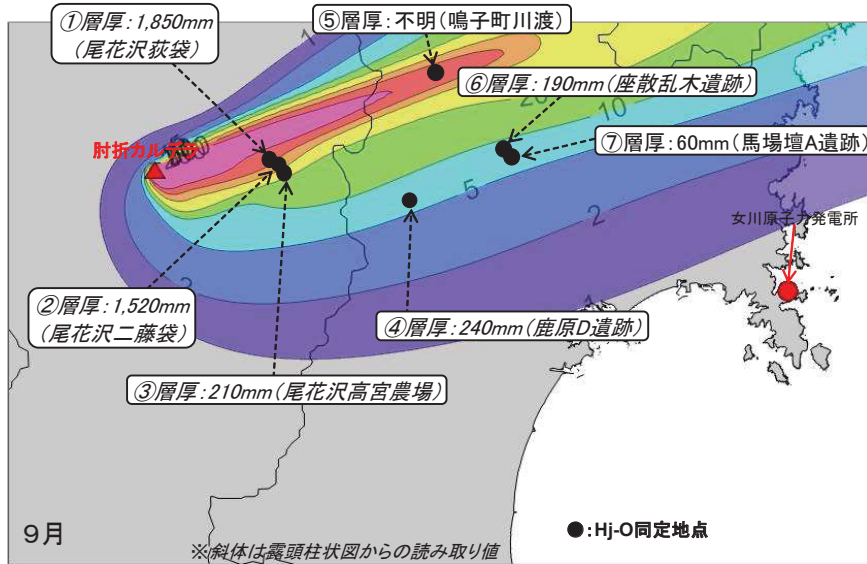


降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(6月)

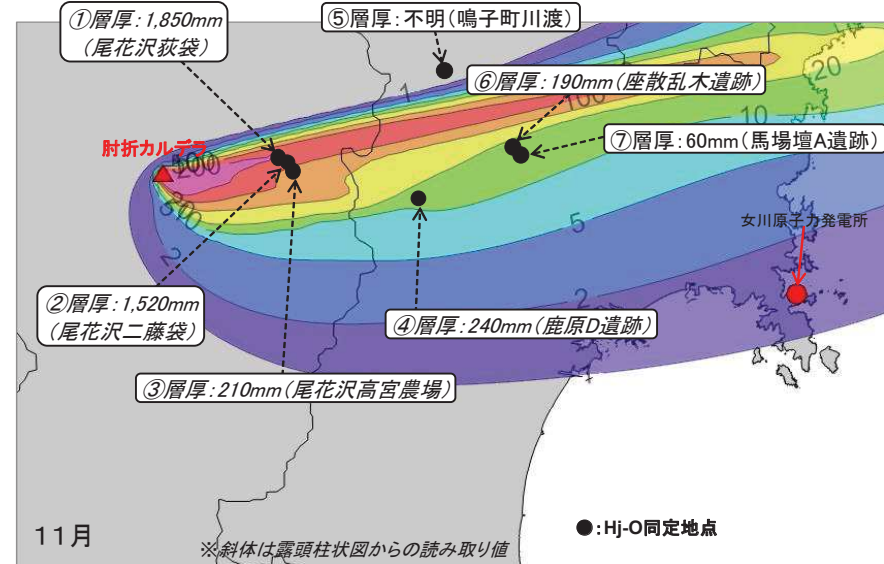


降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(8月)

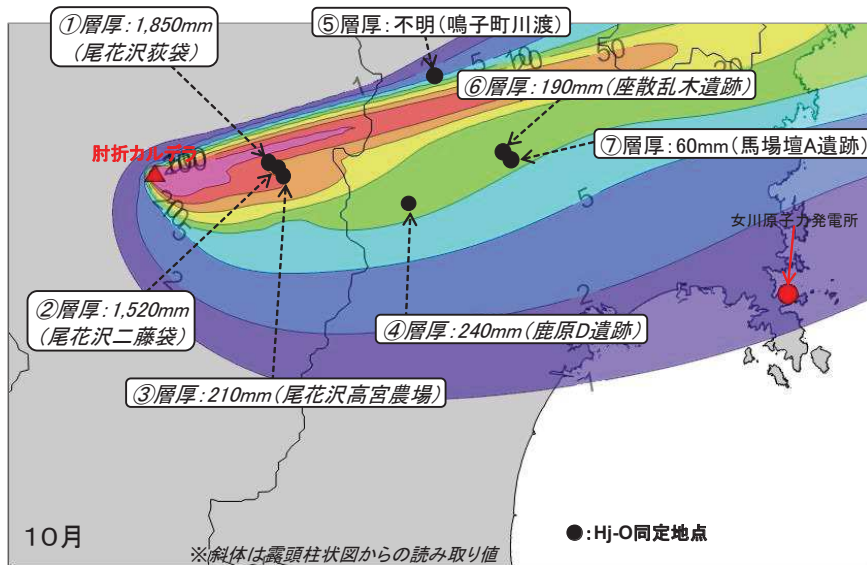
5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について 【肘折カルデラ: 肘折尾花沢 (Hj-O) の露頭層厚との比較④】



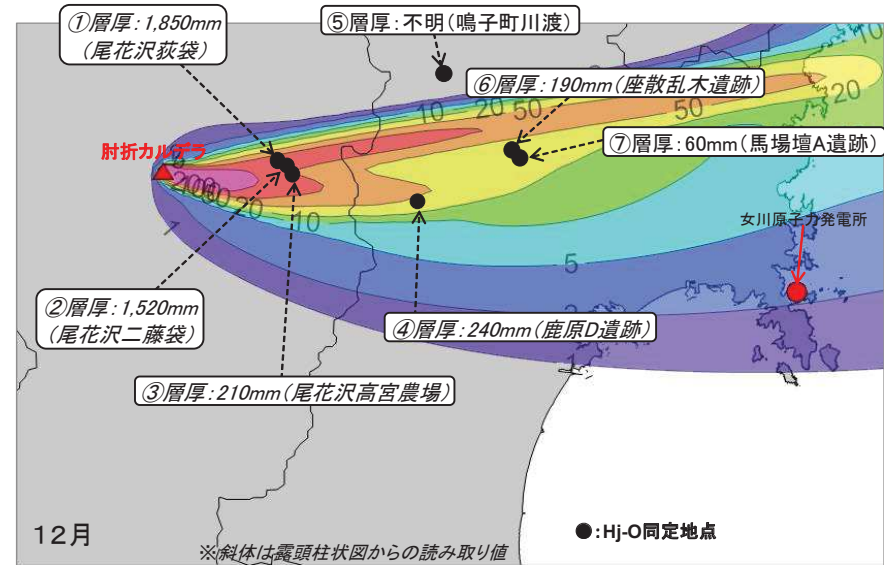
降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(9月)



降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(11月)



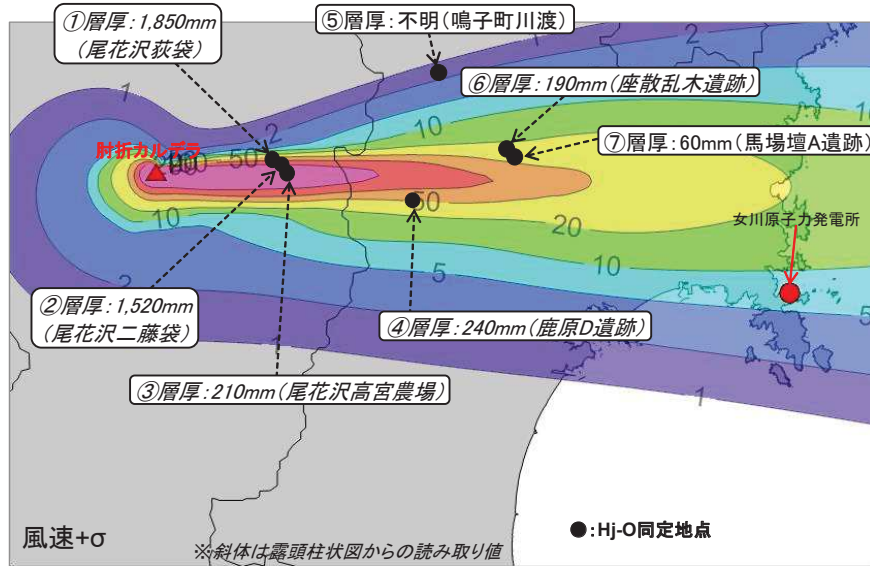
降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(10月)



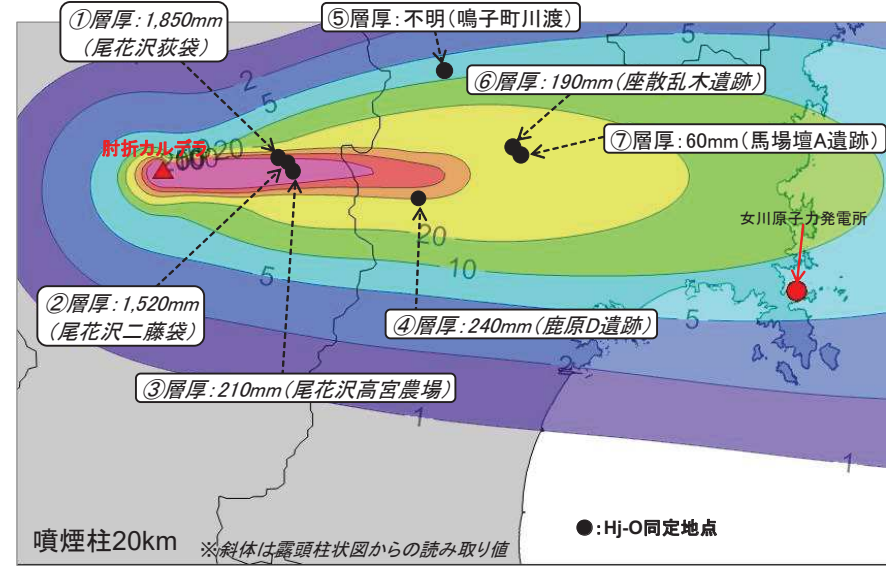
降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(12月)



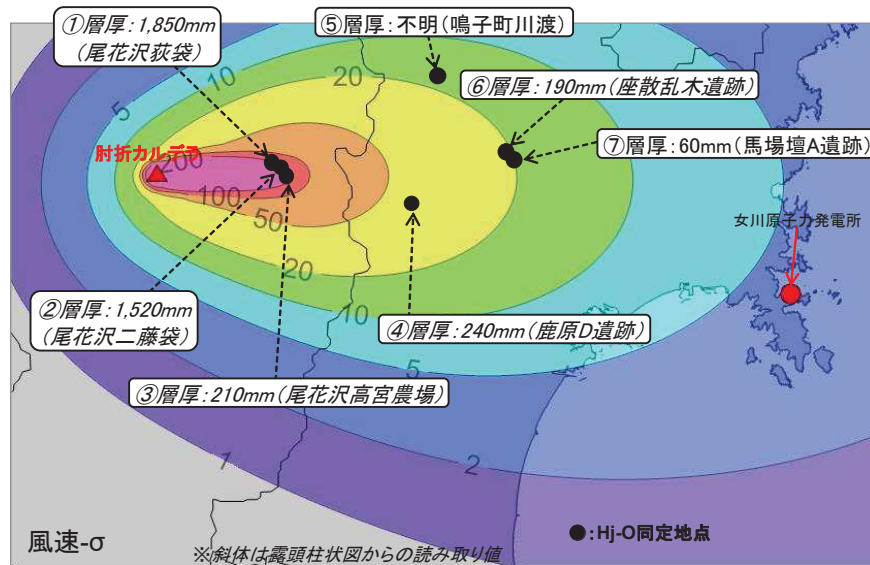
5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について 【肘折カルデラ: 肘折尾花沢 (Hj-O) の露頭層厚との比較⑤】



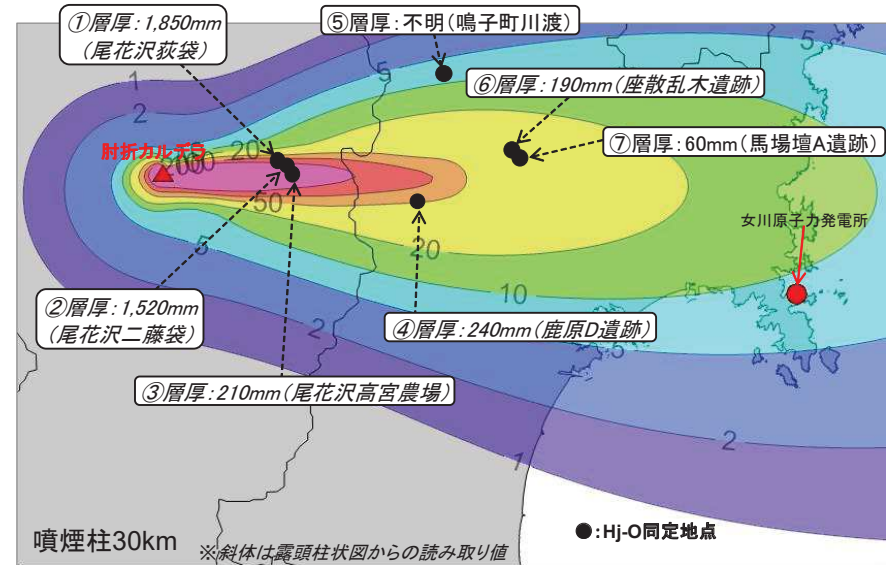
降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(風速+σ)



降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(噴煙柱20km)



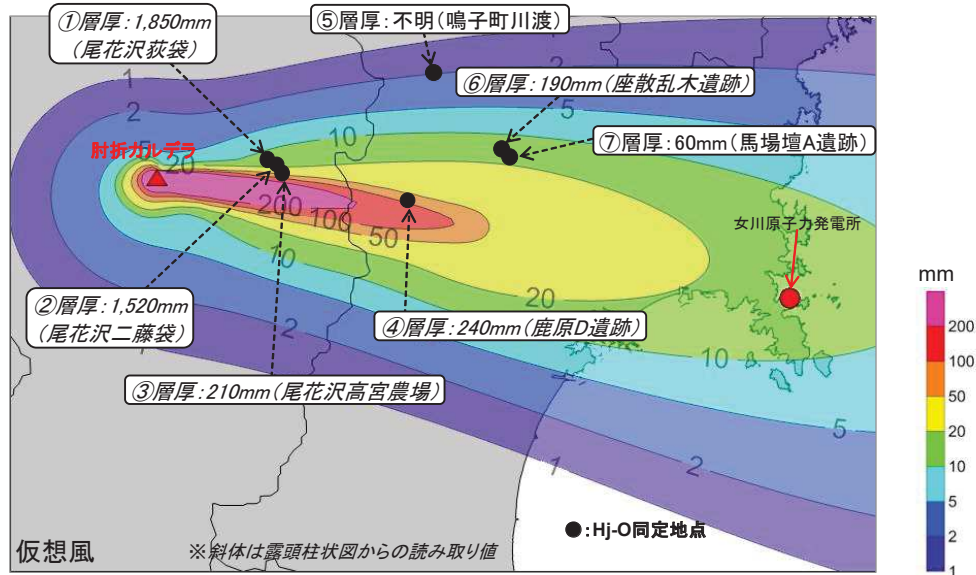
降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(風速-σ)



降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(噴煙柱30km)



5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について 【肘折カルデラ: 肘折尾花沢(Hj-O)の露頭層厚との比較⑥】



降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(仮想風)

5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について 【肘折カルデラ: 肘折尾花沢(Hj-O)の露頭層厚との比較⑦】

- 肘折尾花沢(Hj-O)を対象とした降灰シミュレーションの結果(基本ケース, 不確かさケース)と文献で示されている層厚について比較を行った結果, 気象条件を8月とした場合, 文献の層厚と概ね整合している。

基本ケースとの比較

単位: mm

番号	文献層厚	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
①	1,850	50~100	約100	50~100	200以上	200以上	200以上	約100	200以上	100~200	100~200	約200	100~200
②	1,520	100~200	100~200	100~200	200以上	100~200	約200	約200	200以上	50~100	約100	100~200	100~200
③	210	100~200	100~200	約200	100~200	50~100	約100	200以上	約200	20~50	約100	50~100	約100
④	240	20~50	20~50	約50	10~20	10~20	10~20	約50	20~50	5~10	10~20	10~20	20~50
⑤	不明	0	0	0	1~2	5~10	5~10	5~10	約20	100~200	2~5	0	0
⑥	190	約100	50~100	50~100	20~50	10~20	20~50	20~50	20~50	5~10	10~20	10~20	20~50
⑦	60	50~100	50~100	50~100	10~20	10~20	約20	20~50	20~50	5~10	10~20	10~20	20~50

文献層厚の斜体は, 柱状図からの読み取り値を示す。
■: 文献で示されている層厚と概ね整合している地点。

不確かさケースとの比較

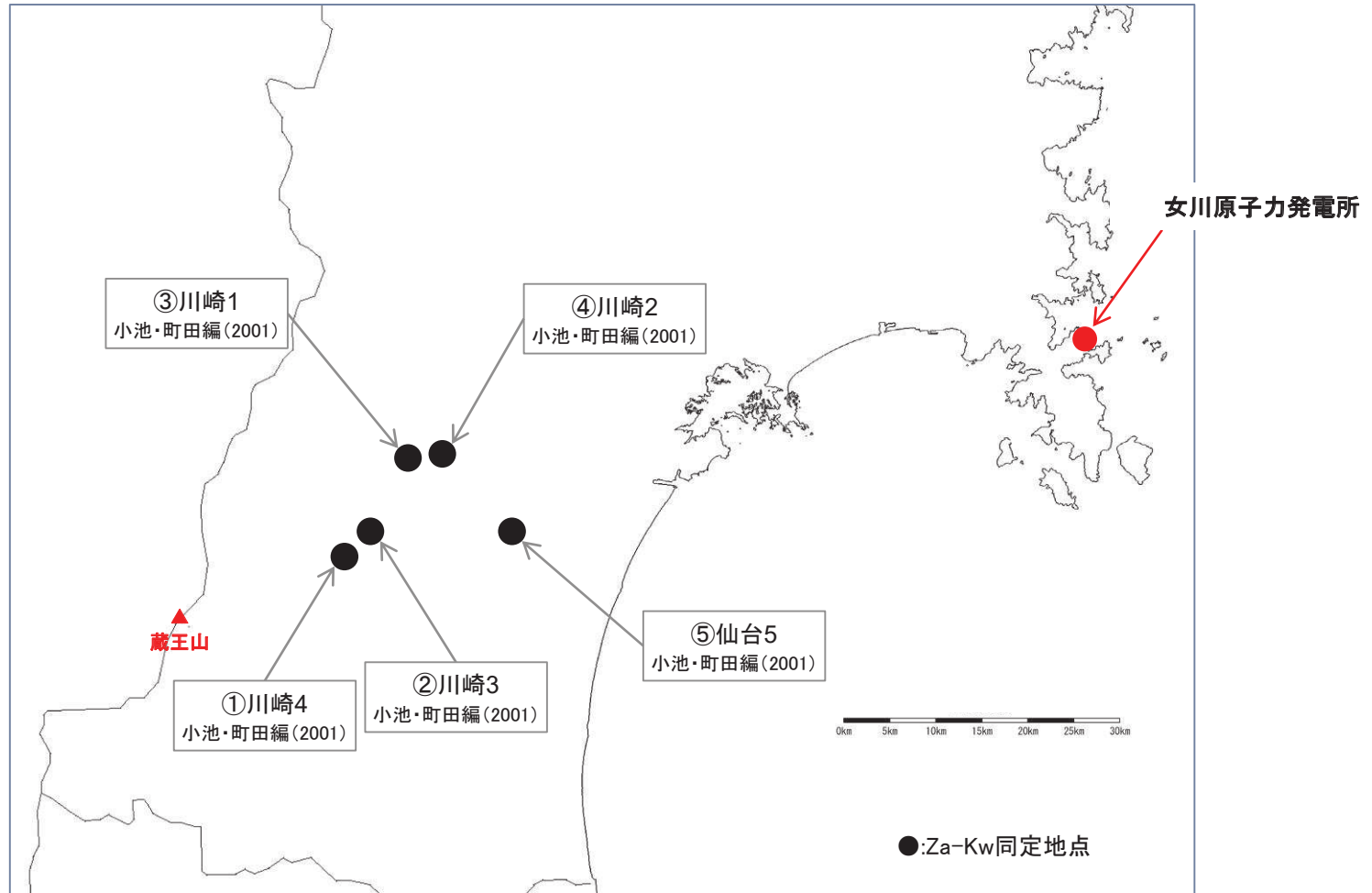
単位: mm

番号	文献層厚	平均風速-σ	平均風速+σ	噴煙柱20km	噴煙柱30km	仮想風
①	1,850	約200	100~200	約200	約200	10~20
②	1,520	約200	約200	200以上	200以上	10~20
③	210	約200	200以上	200以上	200以上	20~50
④	240	20~50	約50	約50	約50	50~100
⑤	不明	10~20	1~2	5~10	5~10	約2
⑥	190	約20	20~50	20~50	20~50	10~20
⑦	60	約20	20~50	20~50	20~50	10~20

文献層厚の斜体は, 柱状図からの読み取り値を示す。
■: 文献で示されている層厚と概ね整合している地点。

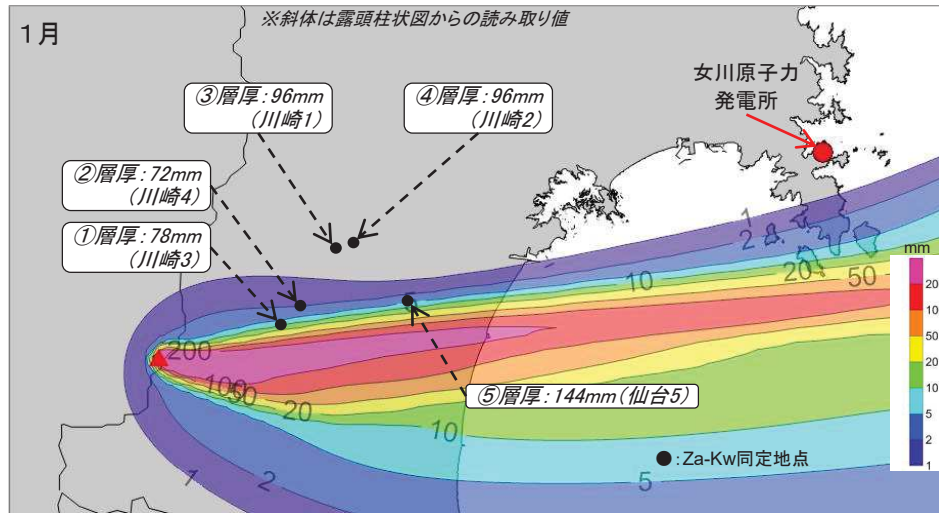
5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について 【蔵王山:蔵王川崎(Za-Kw)の露頭層厚との比較①】

- 蔵王川崎(Za-Kw)について、数地点が文献で確認されている。
- これらの地点の層厚と降灰シミュレーションの結果を比較した図を次頁以降に示す。

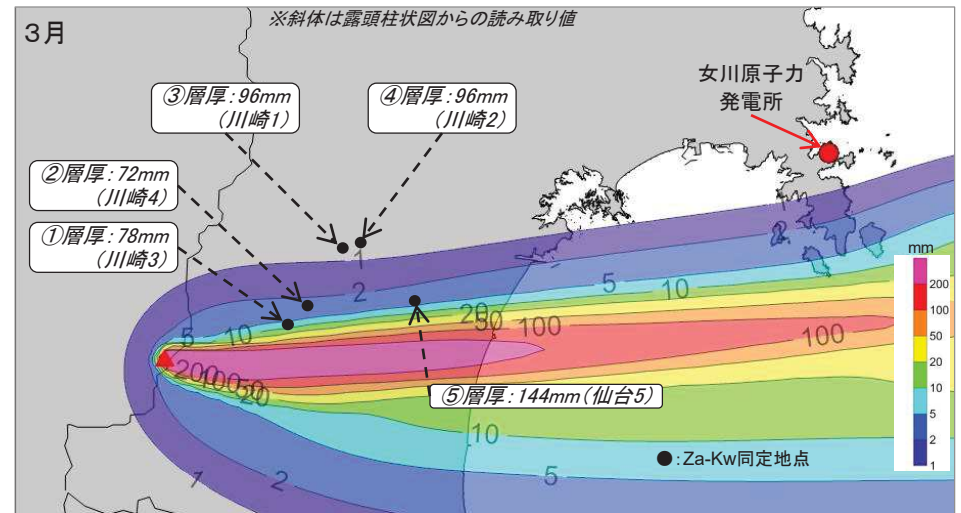


文献調査におけるZa-Kw同定地点

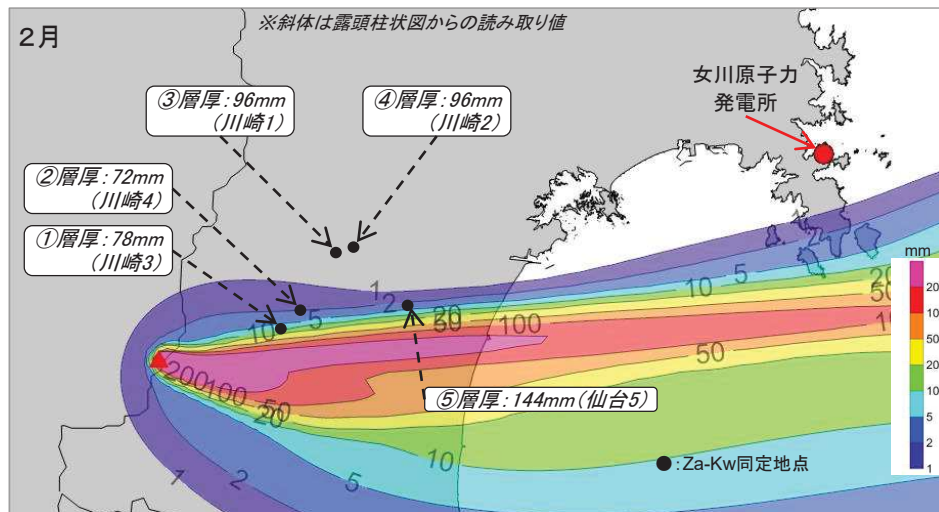
5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について 【蔵王山:蔵王川崎(Za-Kw)の露頭層厚との比較②】



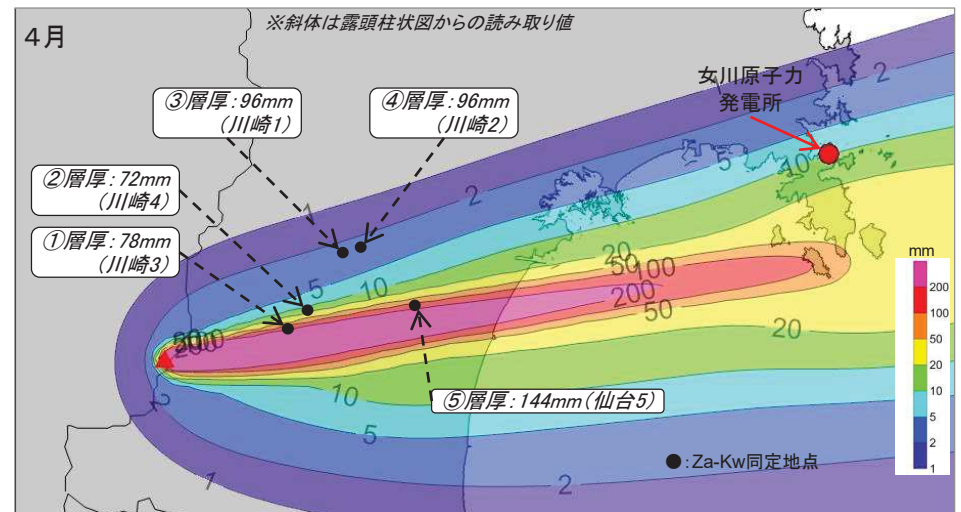
降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(1月)



降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(3月)

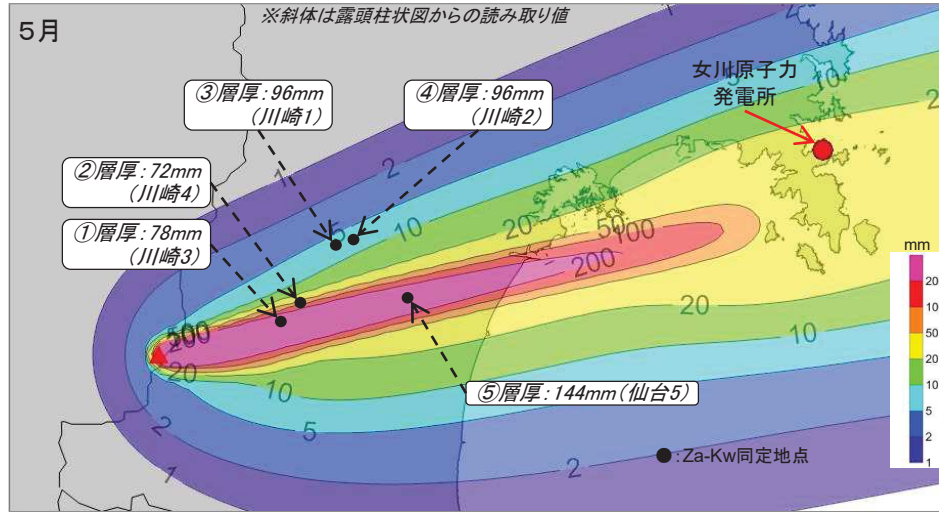


降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(2月)

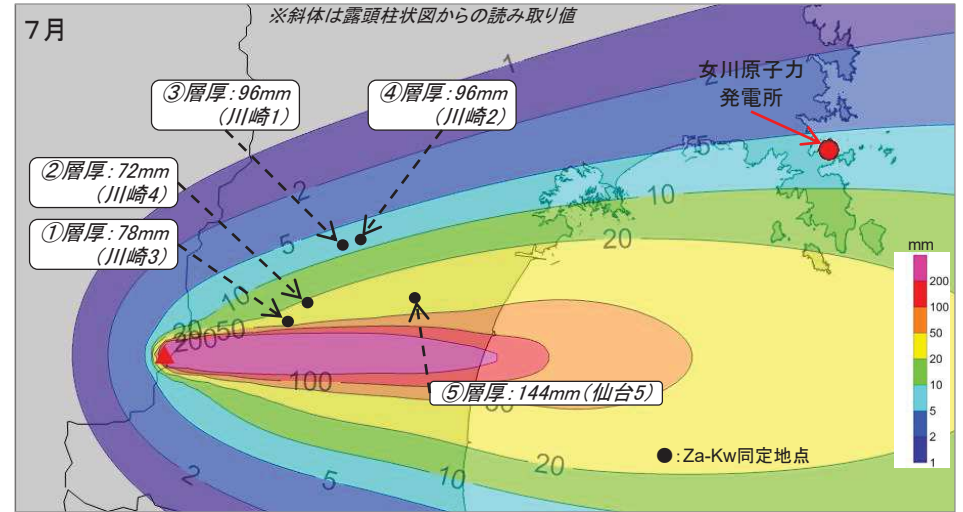


降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(4月)

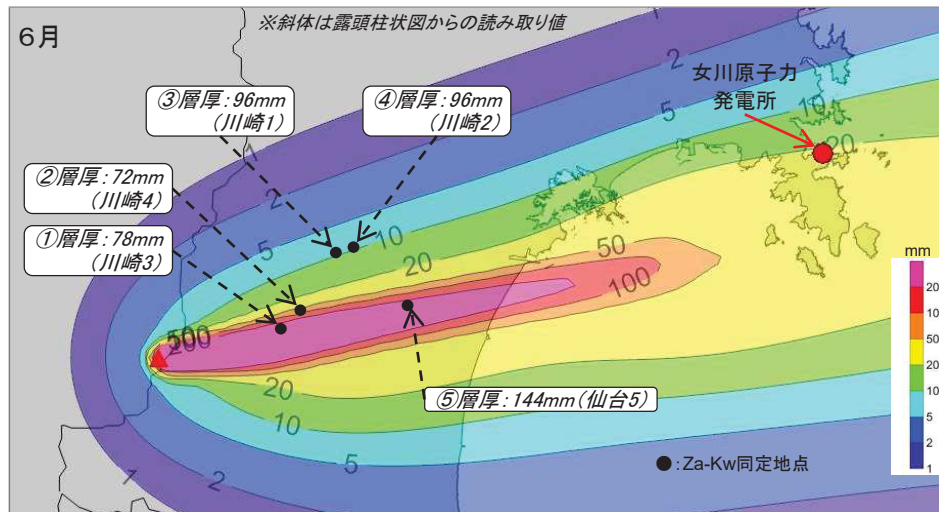
5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について 【蔵王山:蔵王川崎(Za-Kw)の露頭層厚との比較③】



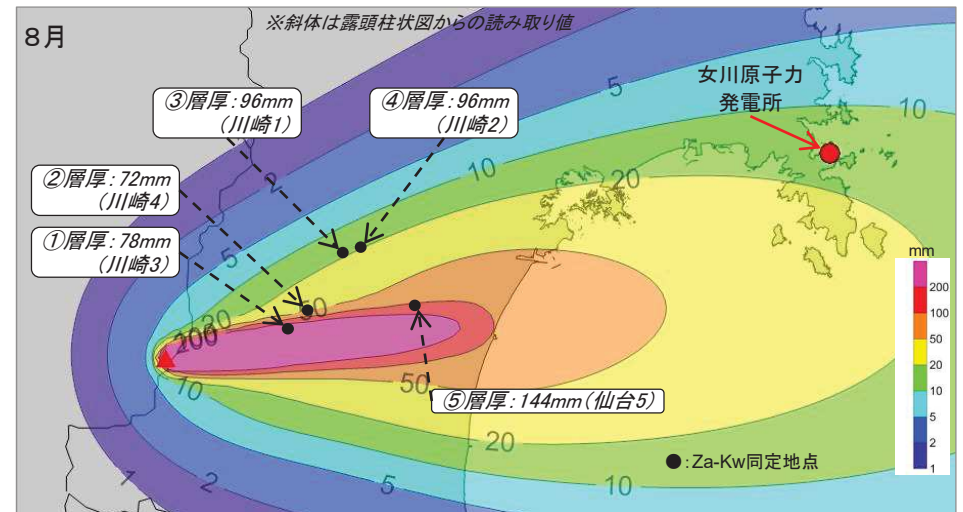
降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(5月)



降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(7月)

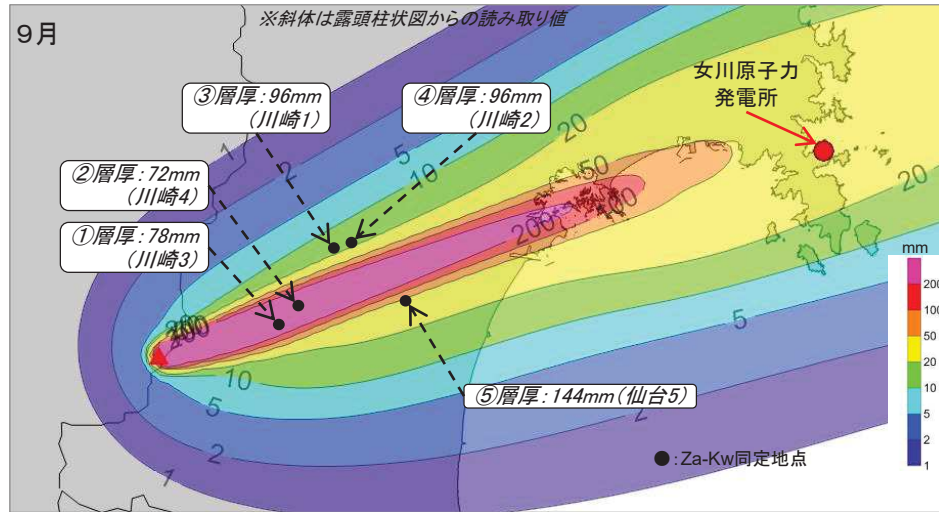


降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(6月)

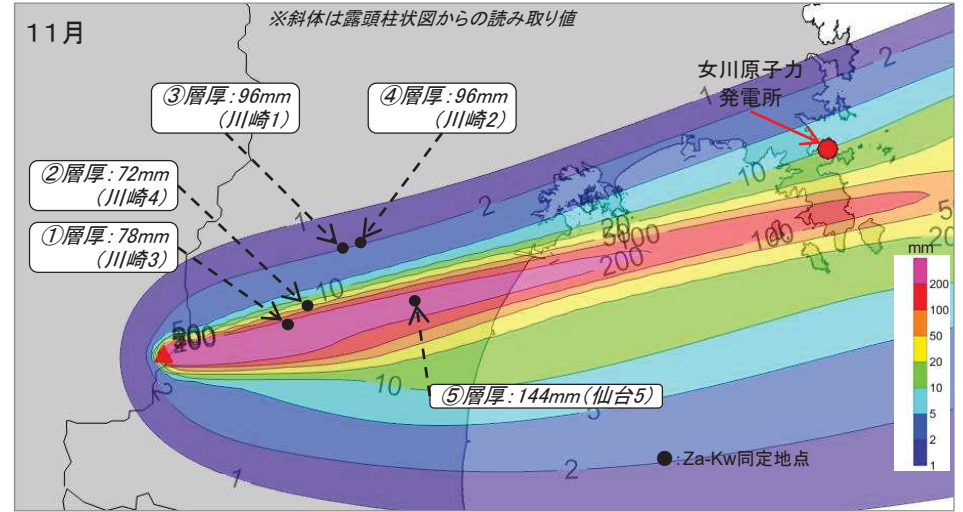


降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(8月)

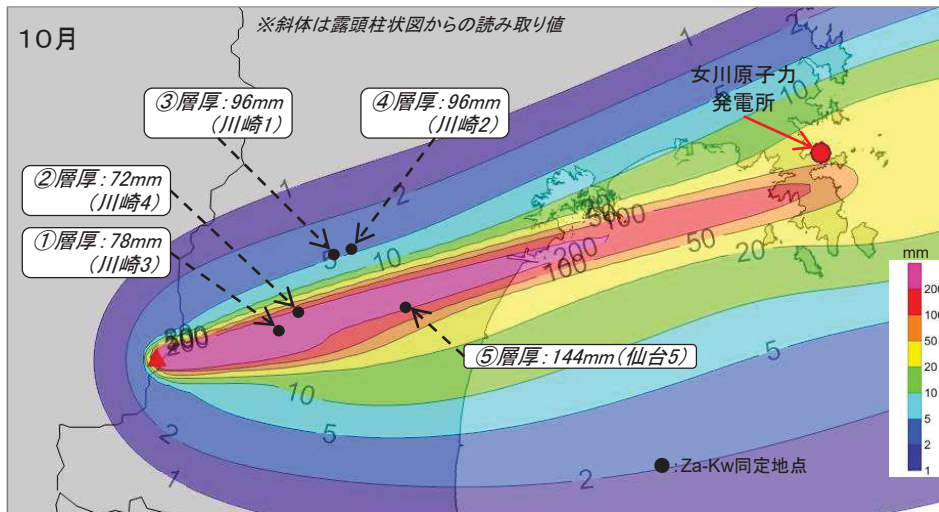
5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について 【蔵王山:蔵王川崎(Za-Kw)の露頭層厚との比較④】



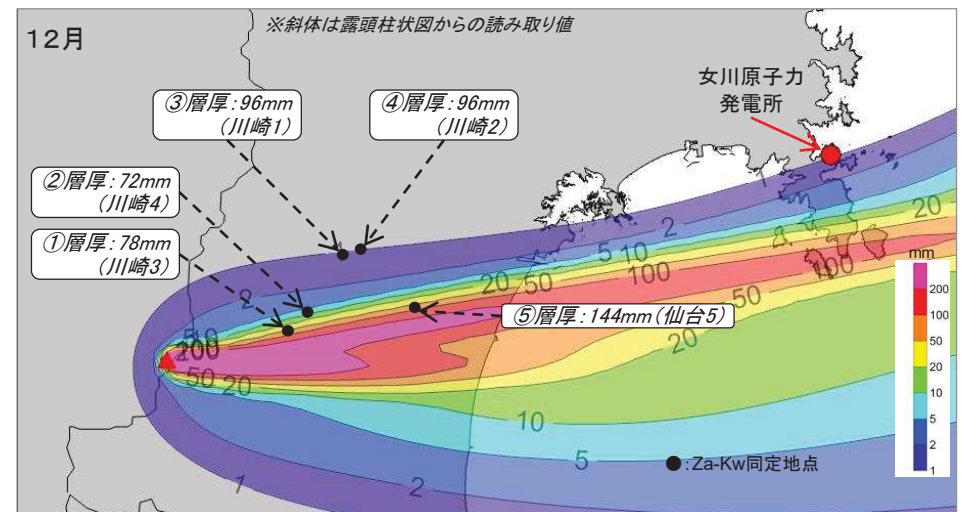
降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(9月)



降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(11月)

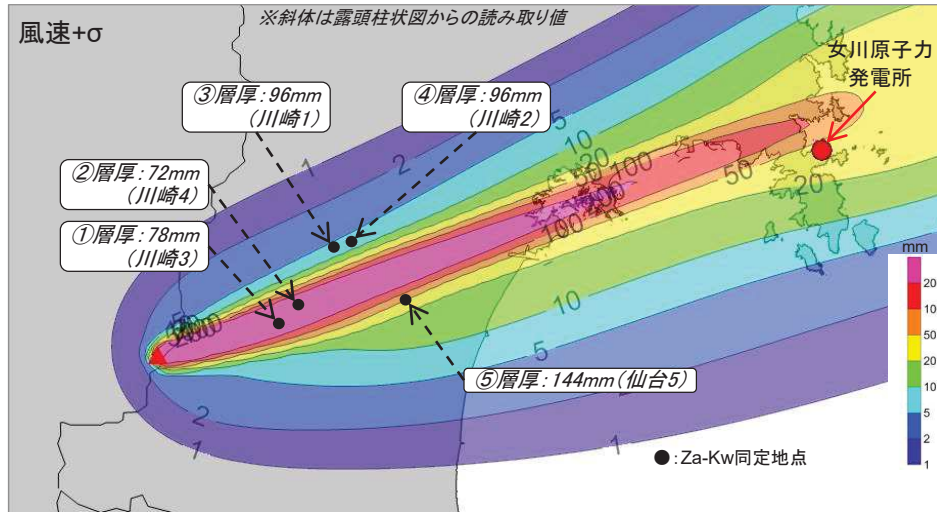


降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(10月)

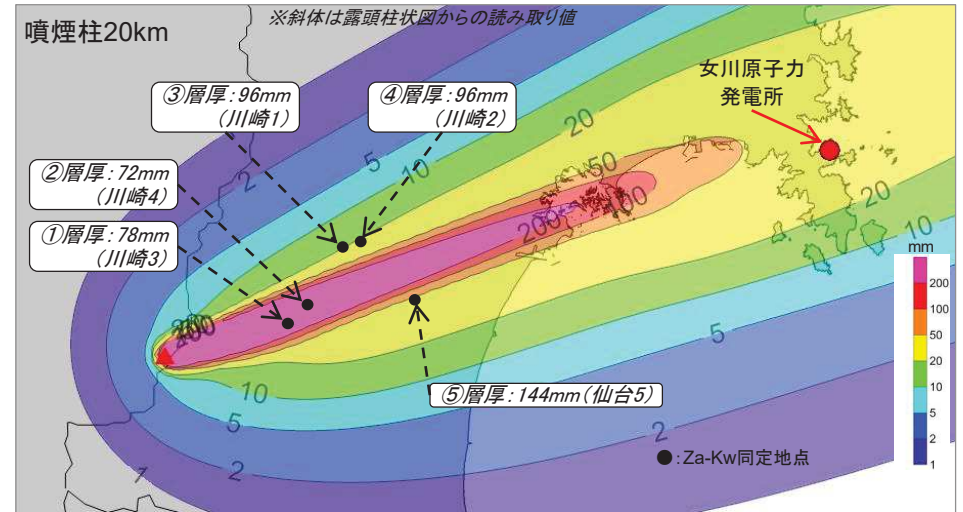


降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(12月)

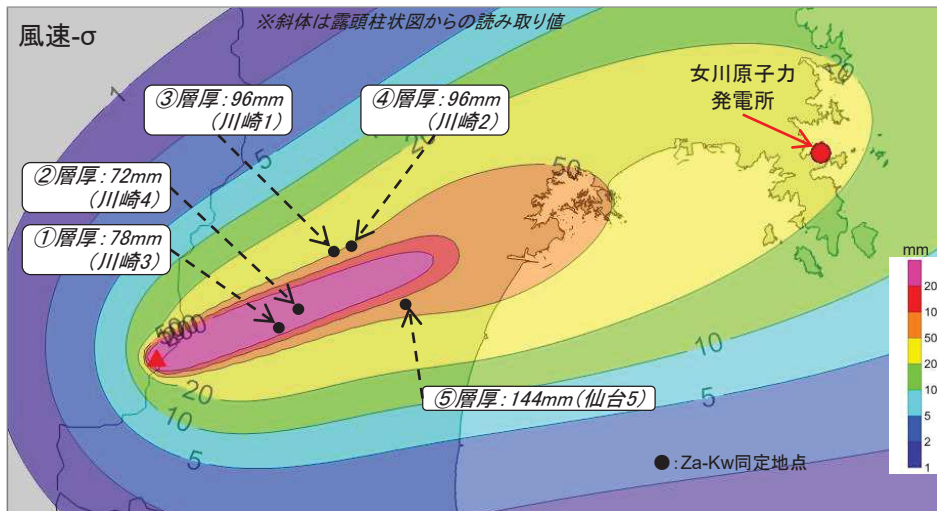
5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について 【蔵王山:蔵王川崎(Za-Kw)の露頭層厚との比較⑤】



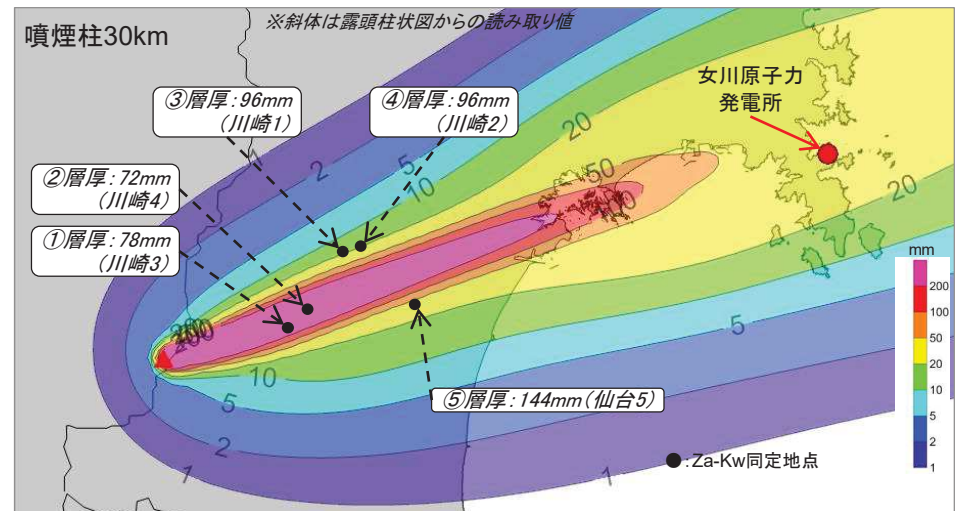
降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(風速+σ)



降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(噴煙柱20km)



降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(風速-σ)



降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(噴煙柱30km)

5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について 【蔵王山:蔵王川崎(Za-Kw)の露頭層厚との比較⑦】

蔵王川崎(Za-Kw)を対象とした降灰シミュレーションの結果基本ケース、不確かさケース)と文献で示されている層厚について比較を行った結果、気象条件を5, 6, 8, 10月とした場合、文献の層厚と概ね整合している。

基本ケースとの比較

単位:mm

番号	文献層厚	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
①	78	約10	10~20	10~20	約200	200以上	200以上	20~50	200以上	200以上	200以上	200以上	50~100
②	72	約2	約2	2~5	10~20	約100	約100	20~50	約50	200以上	200以上	20~50	約10
③	96	0	0	0	2~5	5~10	約10	5~10	10~20	10~20	2~5	約2	約1
④	96	0	0	0	2~5	5~10	約10	5~10	10~20	10~20	2~5	約2	約1
⑤	144	5~10	2~5	2~5	100~200	200以上	200以上	20~50	100~200	20~50	約200	200以上	50~100

文献層厚の斜体は、柱状図からの読み取り値を示す。

■:文献で示されている層厚と概ね整合している地点。

不確かさケースとの比較

単位:mm

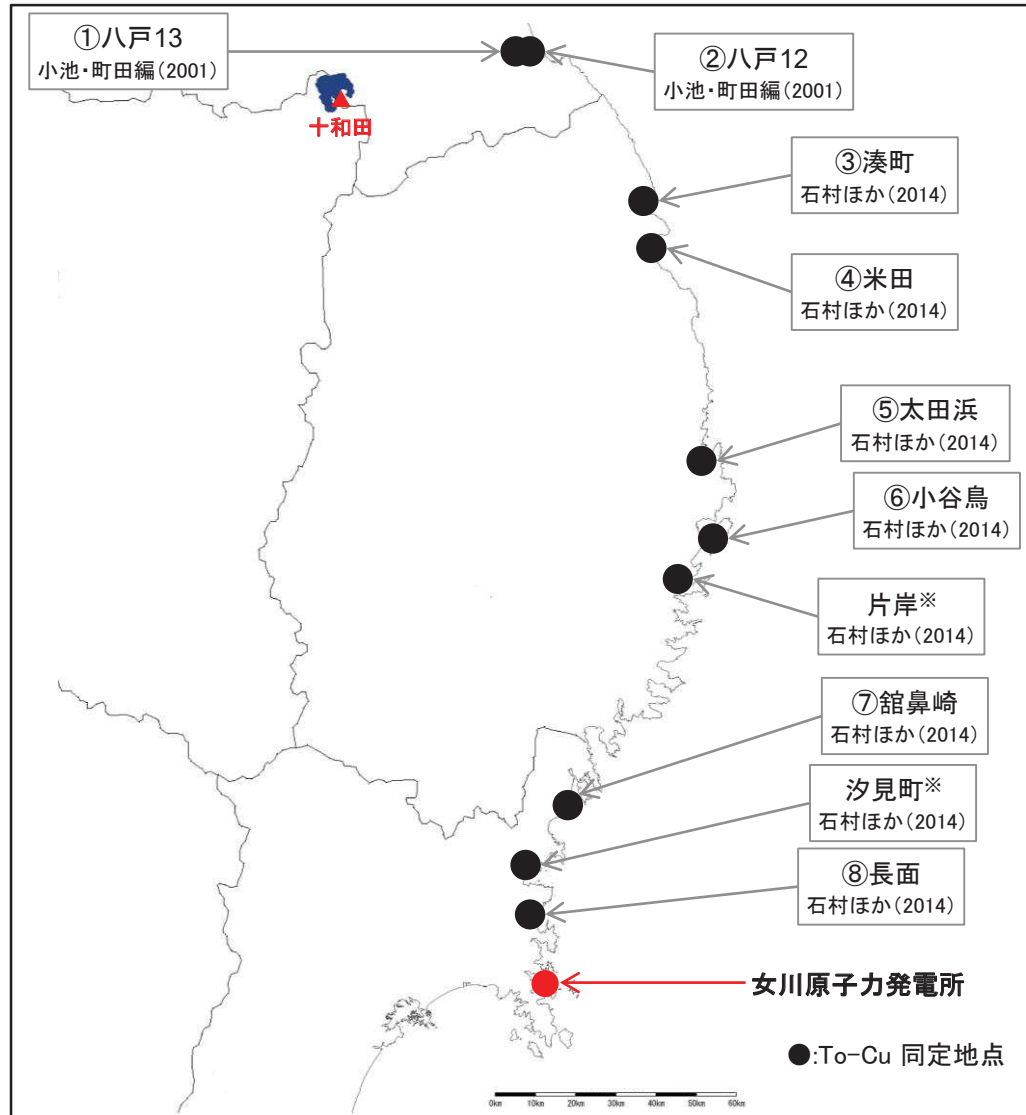
番号	文献層厚	平均風速-σ	平均風速+σ	噴煙柱20km	噴煙柱30km	仮想風
①	78	200以上	200以上	200以上	200以上	200以上
②	72	200以上	200以上	200以上	200以上	200以上
③	96	約50	5~10	約20	約20	10~20
④	96	約50	5~10	約20	約20	10~20
⑤	144	50~100	約50	20~50	20~50	20~50

文献層厚の斜体は、柱状図からの読み取り値を示す。

■:文献で示されている層厚と概ね整合している地点。

5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について 【十和田:十和田中掬(To-Cu)の露頭層厚との比較①】

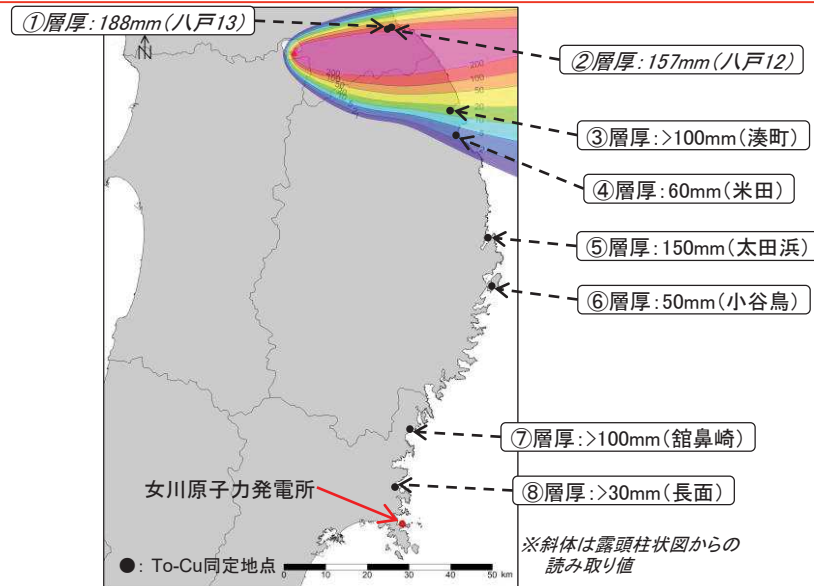
- 十和田中掬(To-Cu)について、数地点が文献で確認されている。
- これらの地点の層厚と降灰シミュレーションの結果を比較した図を次頁以降に示す。



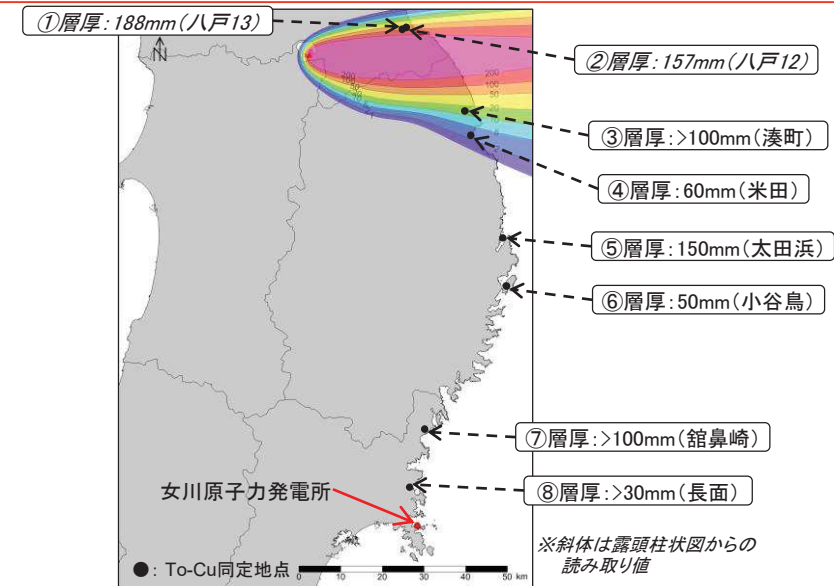
※再堆積の可能性が示唆されることから、比較対象からは除外した。

文献調査におけるTo-Cu同定地点

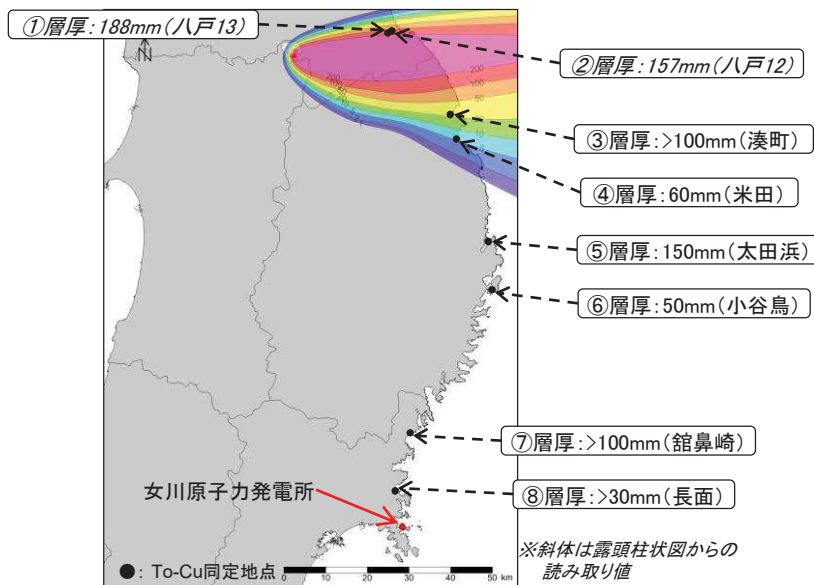
5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について 【十和田:十和田中掬(To-Cu)の露頭層厚との比較②】



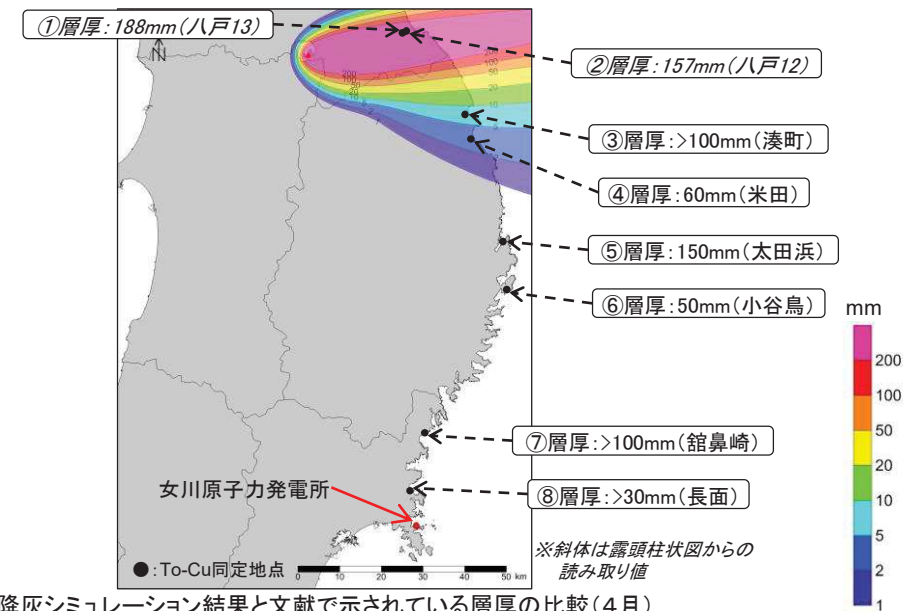
降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(1月)



降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(3月)

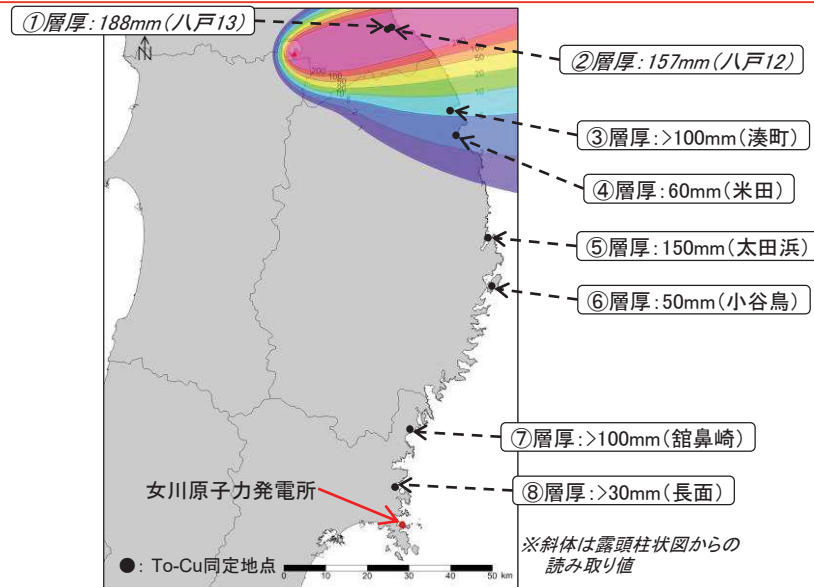


降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(2月)

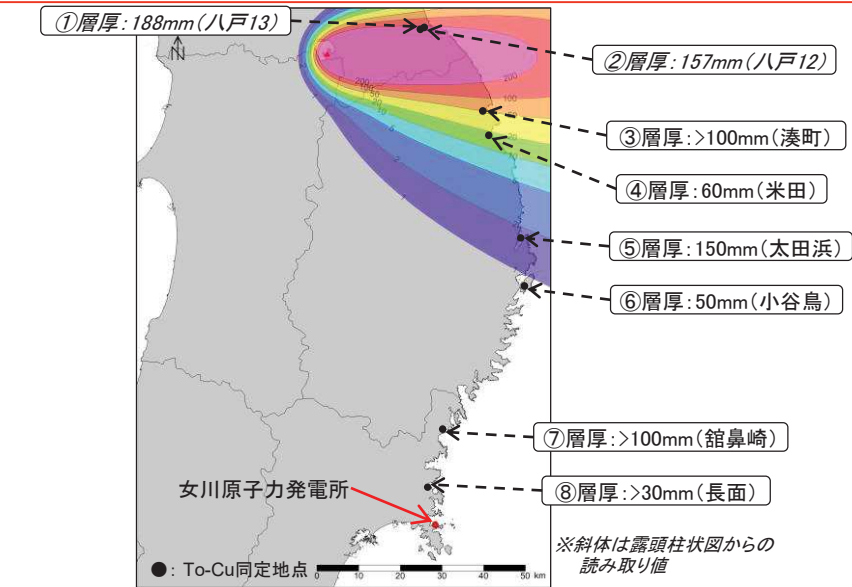


降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(4月)

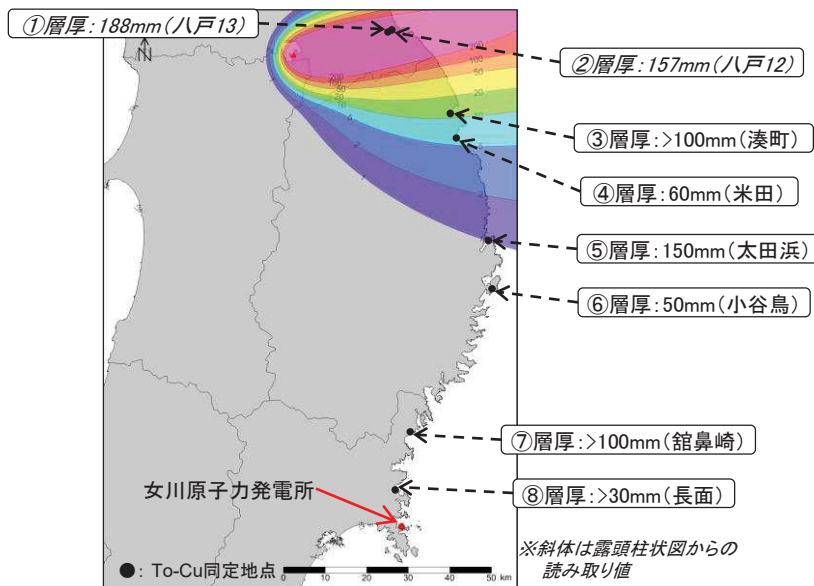
5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について 【十和田:十和田中掬(To-Cu)の露頭層厚との比較③】



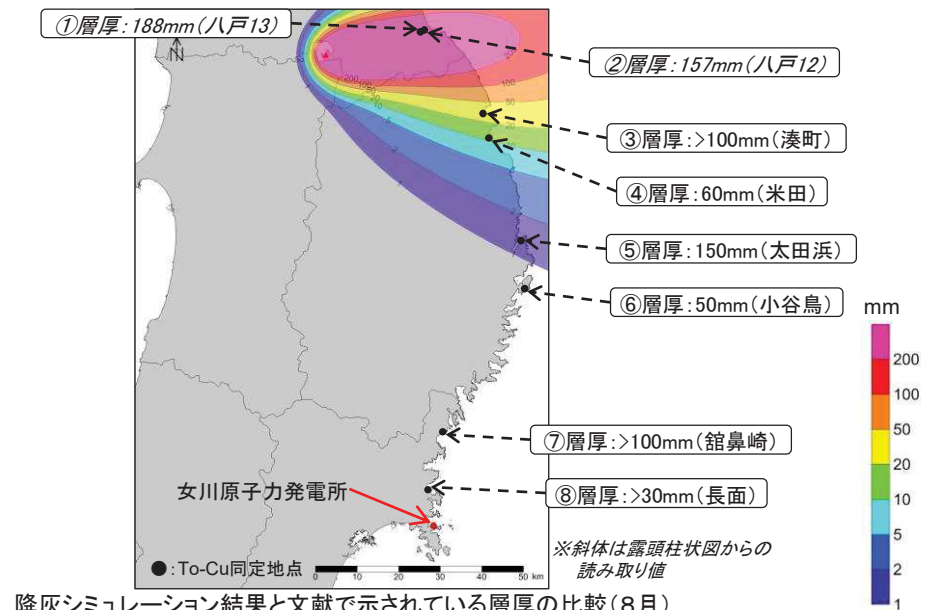
降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(5月)



降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(7月)

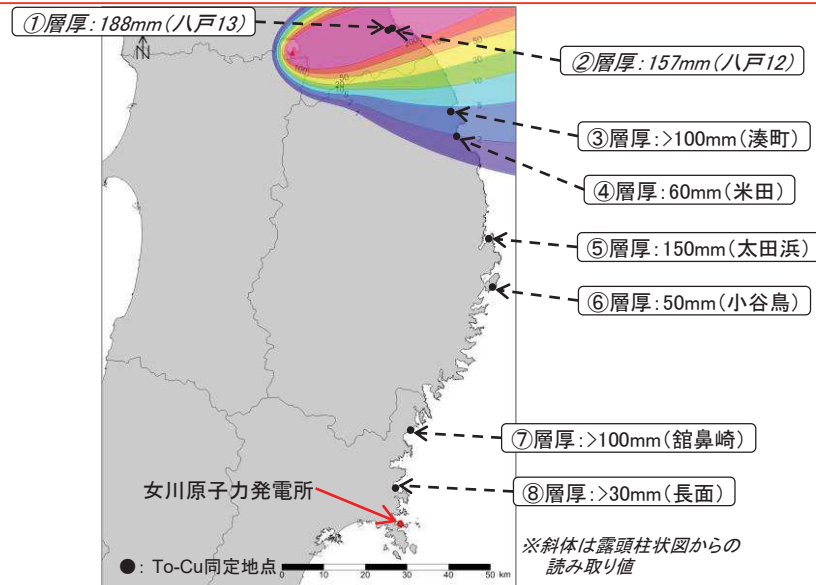


降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(6月)

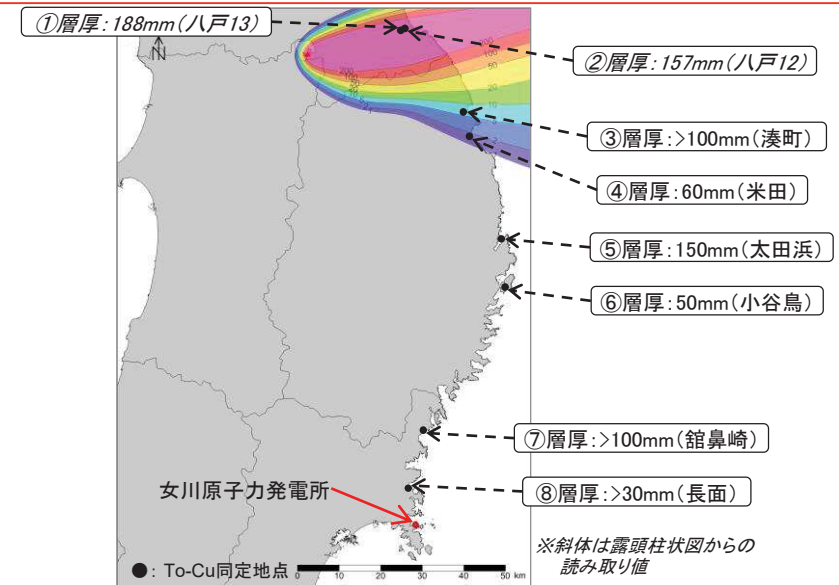


降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(8月)

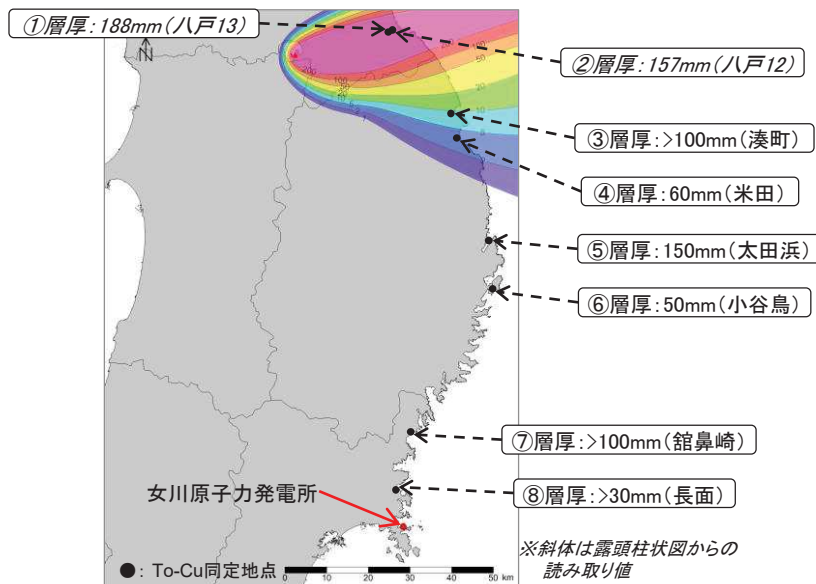
5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について 【十和田:十和田中掬(To-Cu)の露頭層厚との比較④】



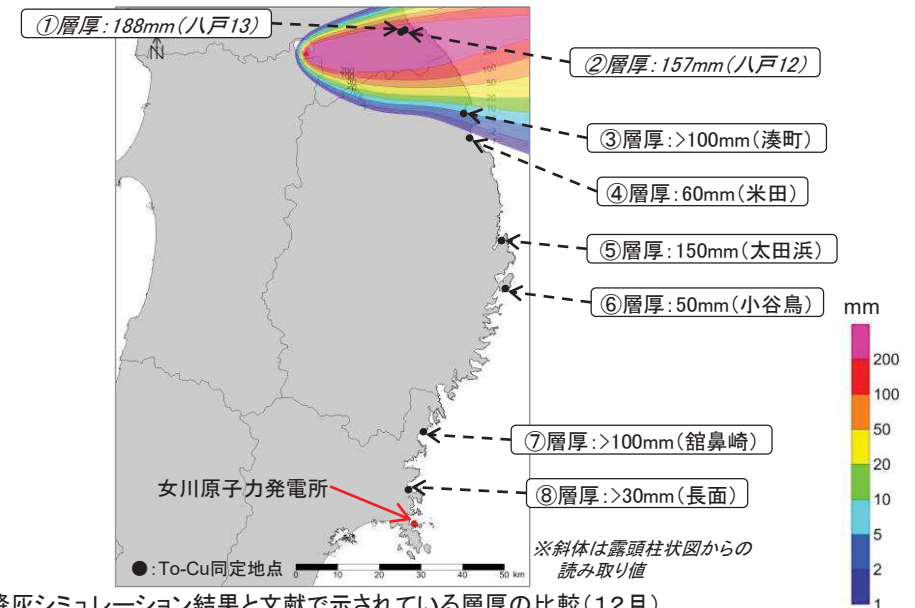
降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(9月)



降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(11月)

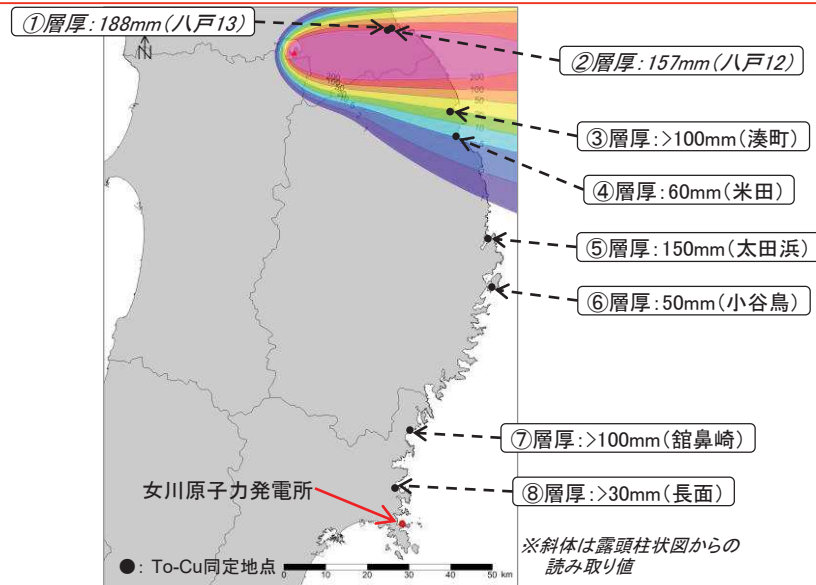


降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(10月)

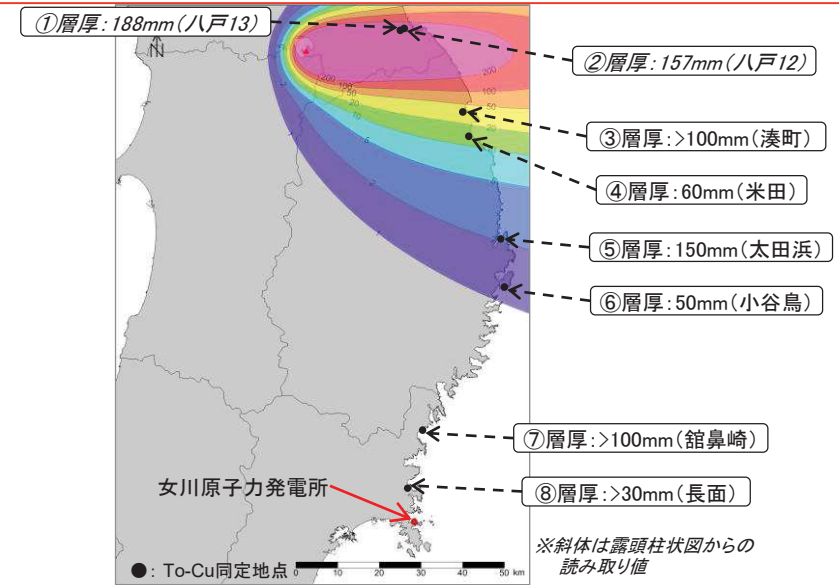


降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(12月)

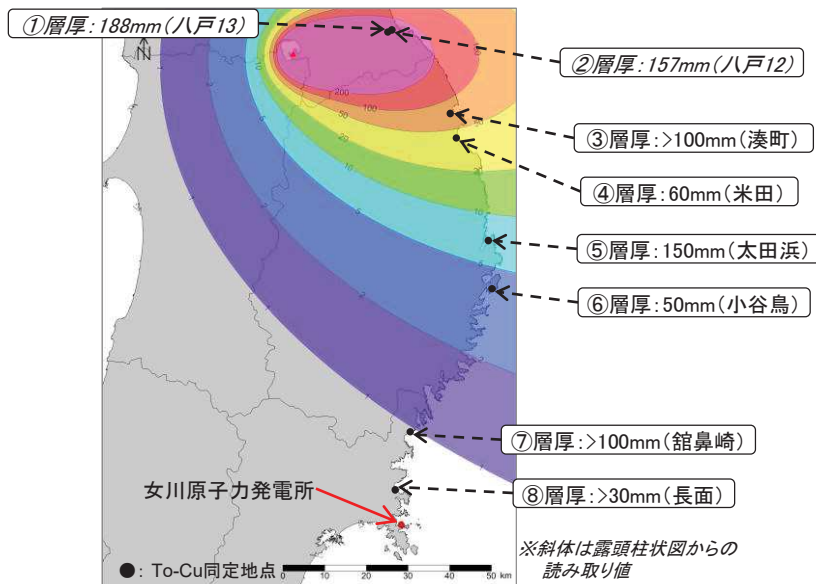
5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について 【十和田:十和田中掬(To-Cu)の露頭層厚との比較⑤】



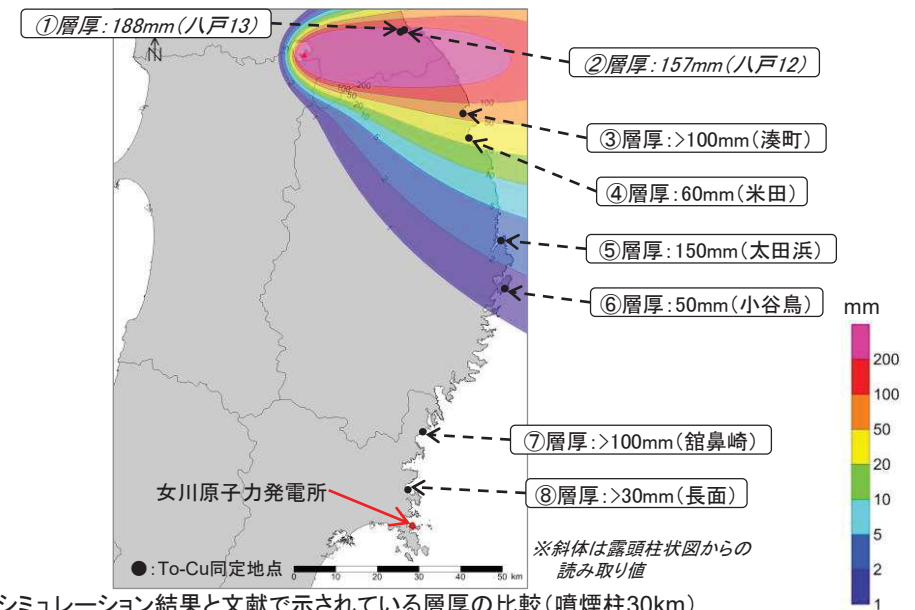
降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(風速+ σ)



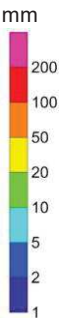
降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(噴煙柱20km)



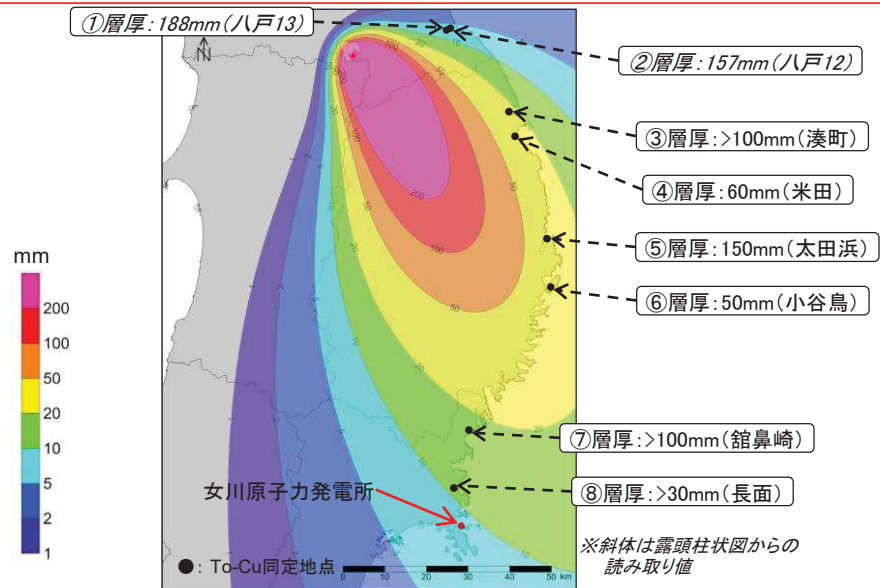
降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(風速- σ)



降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(噴煙柱30km)



5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について 【十和田:十和田中掬(To-Cu)の露頭層厚との比較⑥】



降灰シミュレーション結果と文献で示されている層厚の比較(仮想風)

5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について 【十和田:十和田中掬(To-Cu)の露頭層厚との比較⑦】

十和田中掬(To-Cu)を対象とした降灰シミュレーションの結果(基本ケース, 不確かさケース)と文献で示されている層厚について比較を行った結果, 十和田周辺では平均風速 $-\sigma$ とした場合, 十和田から遠方の範囲では仮想風とした場合, 文献の層厚と概ね整合している。

基本ケースとの比較

単位:mm

番号	文献層厚	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
①	188	100~200	100~200	100~200	200以上	200以上	200以上	200以上	200以上	200以上	200以上	200以上	200以上
②	157	100~200	100~200	100	200以上	200以上	200以上	200以上	200以上	200以上	200以上	200以上	200以上
③	>100	10~20	20~50	約10	5~10	5~10	10~20	約50	20~50	2~5	5~10	5~10	約5
④	60	2~5	5~10	約2	2~5	2~5	5~10	10~20	10~20	約2	2~5	1~2	0
⑤	150	0	0	0	0	0	約1	1~2	1~2	0	0	0	0
⑥	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
⑦	>100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
⑧	>30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

文献層厚の斜体は, 柱状図からの読み取り値を示す。
■: 文献で示されている層厚と概ね整合している地点。

不確かさケースとの比較

単位:mm

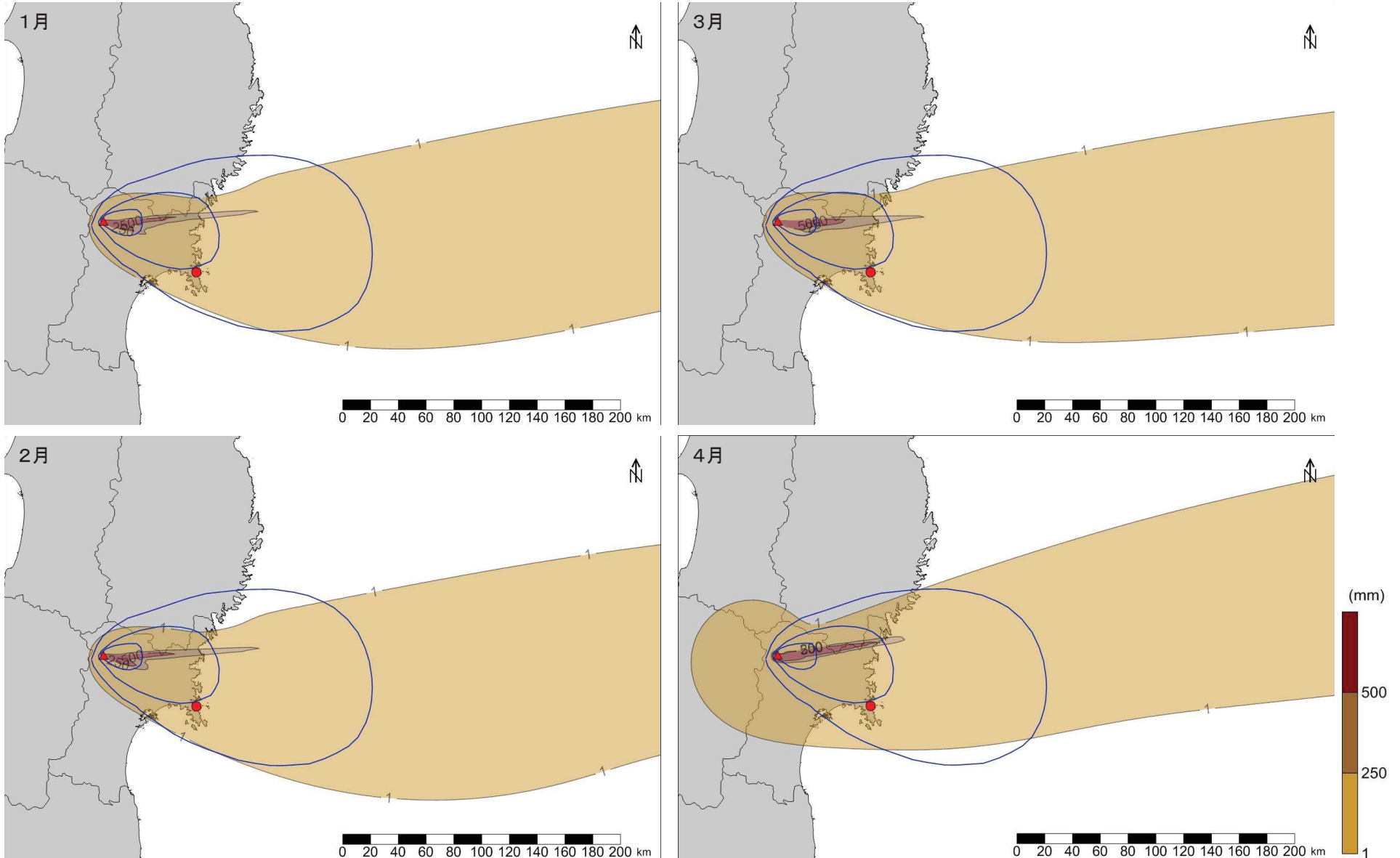
番号	文献層厚	平均風速 $-\sigma$	平均風速 $+\sigma$	噴煙柱20km	噴煙柱30km	仮想風
①	188	200以上	100~200	200以上	200以上	5~10
②	157	200以上	100~200	200以上	200以上	5~10
③	>100	50~100	10~20	20~50	約50	20~50
④	60	20~50	約5	10~20	20~50	20~50
⑤	150	5~10	0	2~5	2~5	20~50
⑥	50	2~5	0	1~2	1~2	20~50
⑦	>100	0	0	0	0	10~20
⑧	>30	0	0	0	0	10~20

文献層厚の斜体は, 柱状図からの読み取り値を示す。
■: 文献で示されている層厚と概ね整合している地点。

5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について 【鳴子カルデラ: 須藤ほか(2007)の等層厚線との比較①】

➤ 須藤ほか(2007)の等層厚線(下図の青線)と須藤ほか(2007)の噴出量(2.86km³)を用いたシミュレーションの結果を示す。

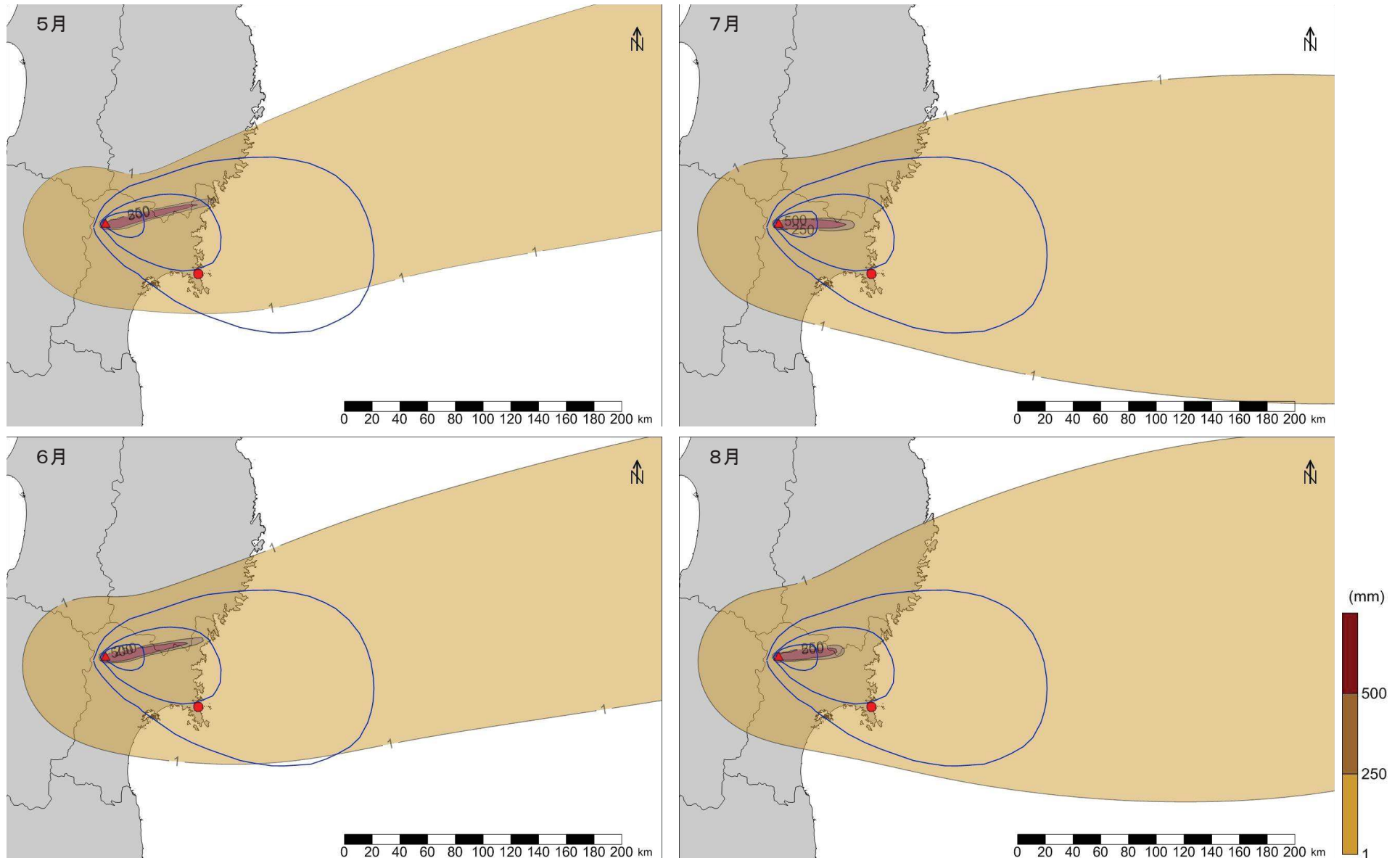
凡例
—: シミュレーション結果
—: 須藤ほか(2007)



5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について 【鳴子カルデラ:須藤ほか(2007)の等層厚線との比較②】

凡例
—:シミュレーション結果
—:須藤ほか(2007)

▶ 須藤ほか(2007)の等層厚線(下図の青線)と須藤ほか(2007)の噴出量(2.86km³)を用いたシミュレーションの結果を示す。

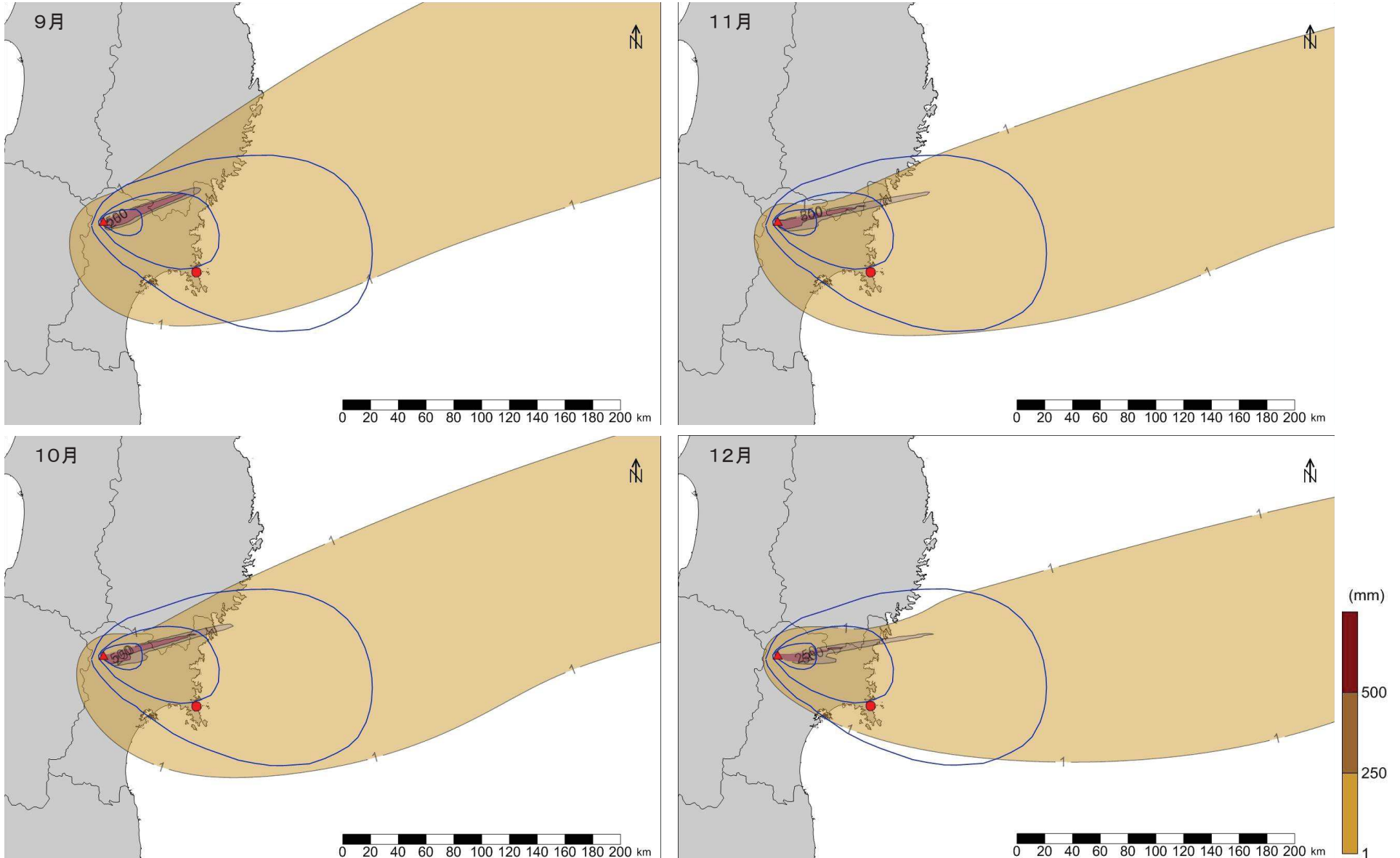


5. 降下火砕物シミュレーションの再現性について 【鳴子カルデラ: 須藤ほか(2007)の等層厚線との比較③】

➤ 須藤ほか(2007)の等層厚線(下図の青線)と須藤ほか(2007)の噴出量(2.86km³)を用いたシミュレーションの結果を示す。

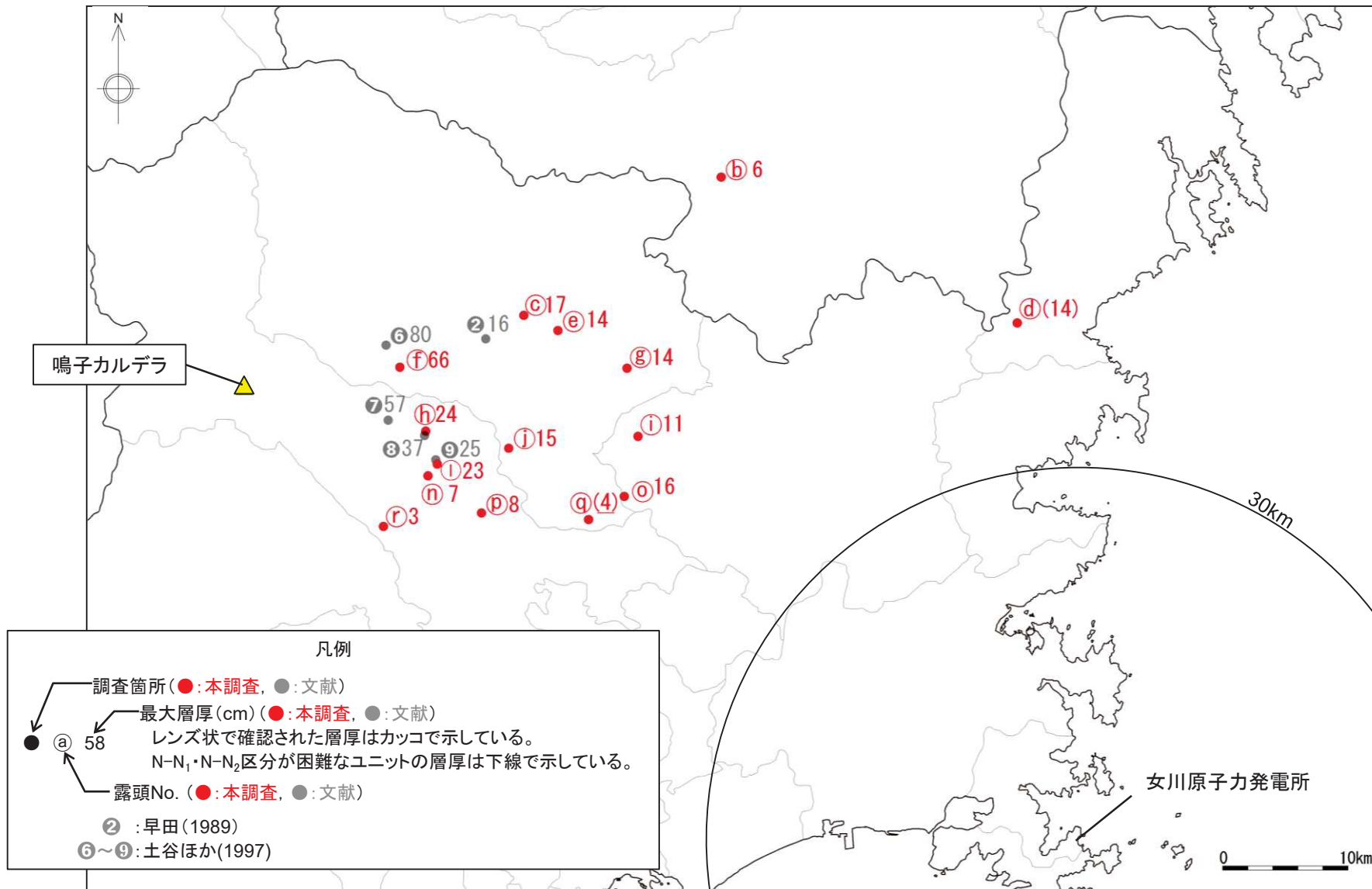
凡例

- : シミュレーション結果
- : 須藤ほか(2007)

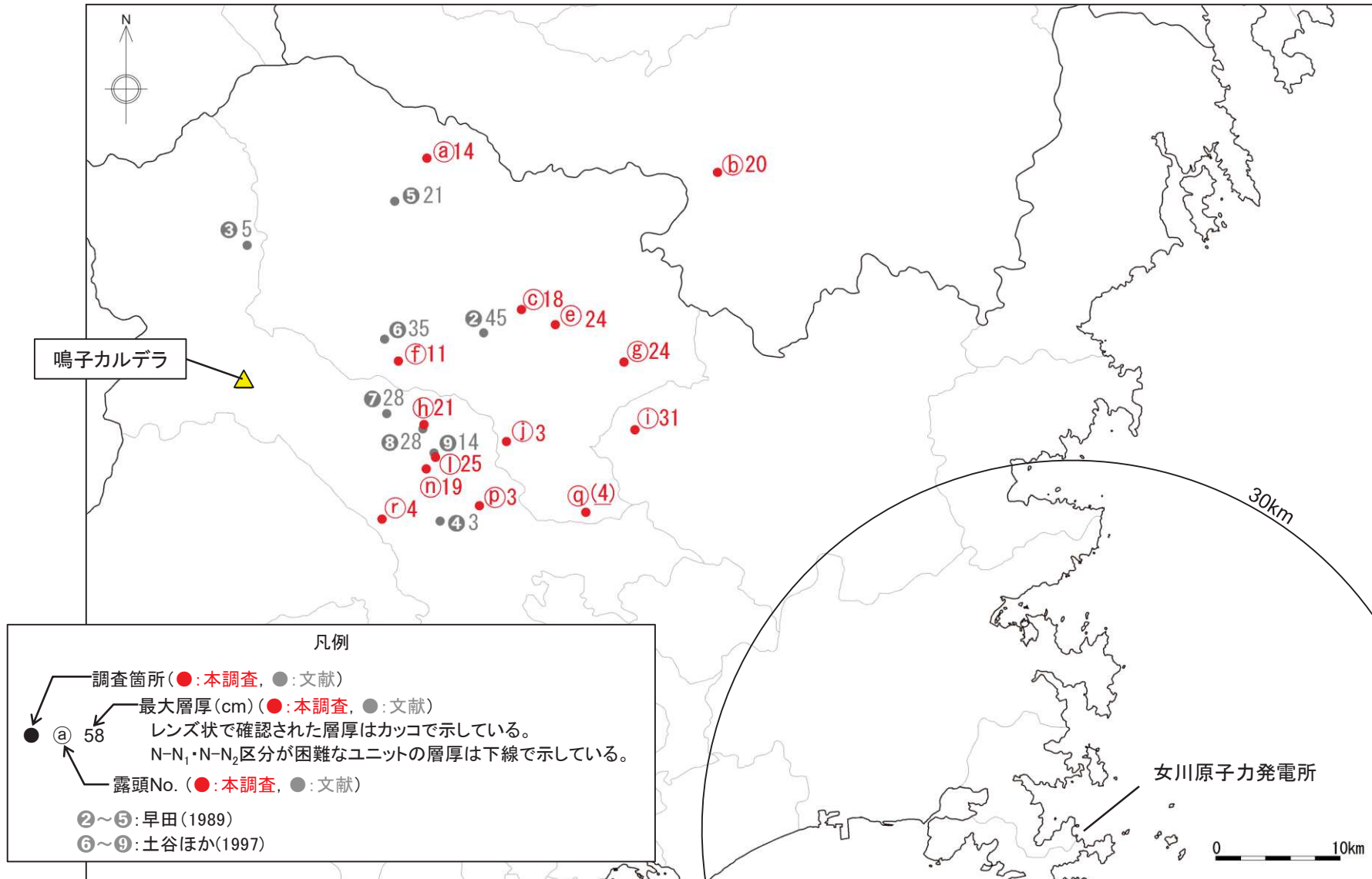


6. 鳴子荷坂の調査結果について

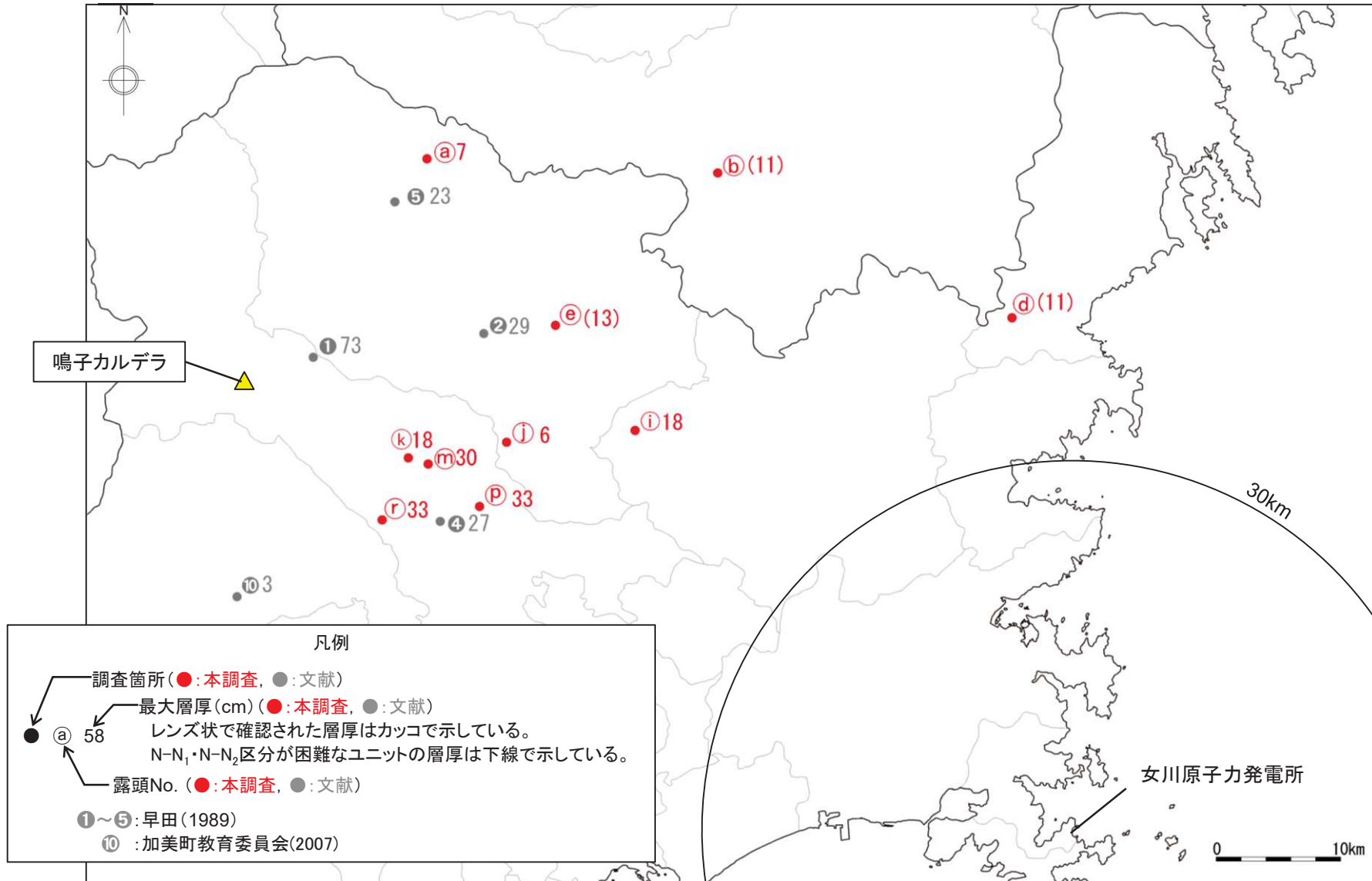
6. 鳴子荷坂の調査結果について 【概要:N-N₁層厚分布図】



6. 鳴子荷坂の調査結果について 【概要:N-N₂層厚分布図】



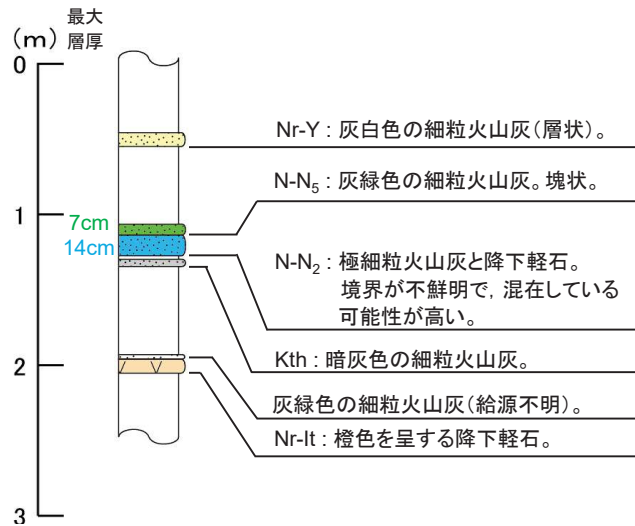
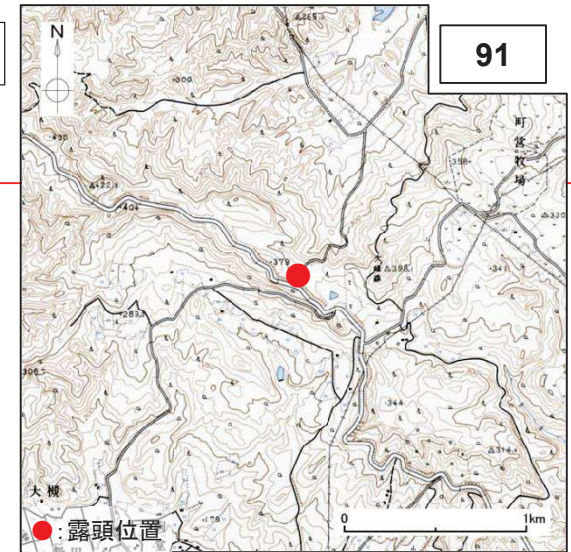
6. 鳴子荷坂の調査結果について 【概要:N-N₅層厚分布図】



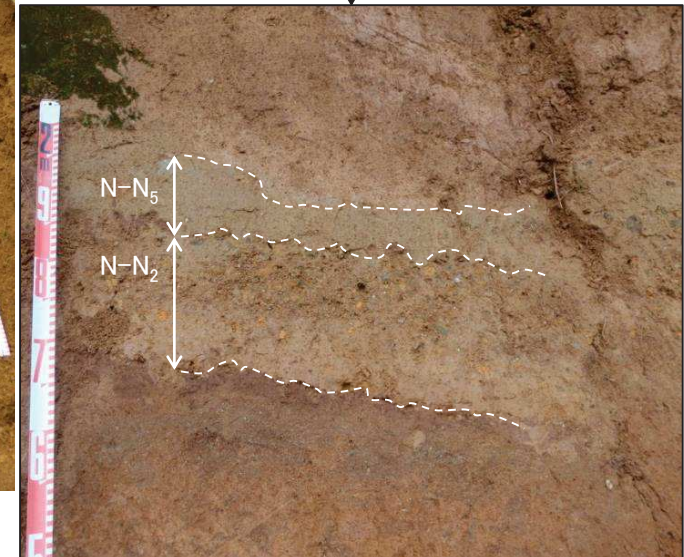
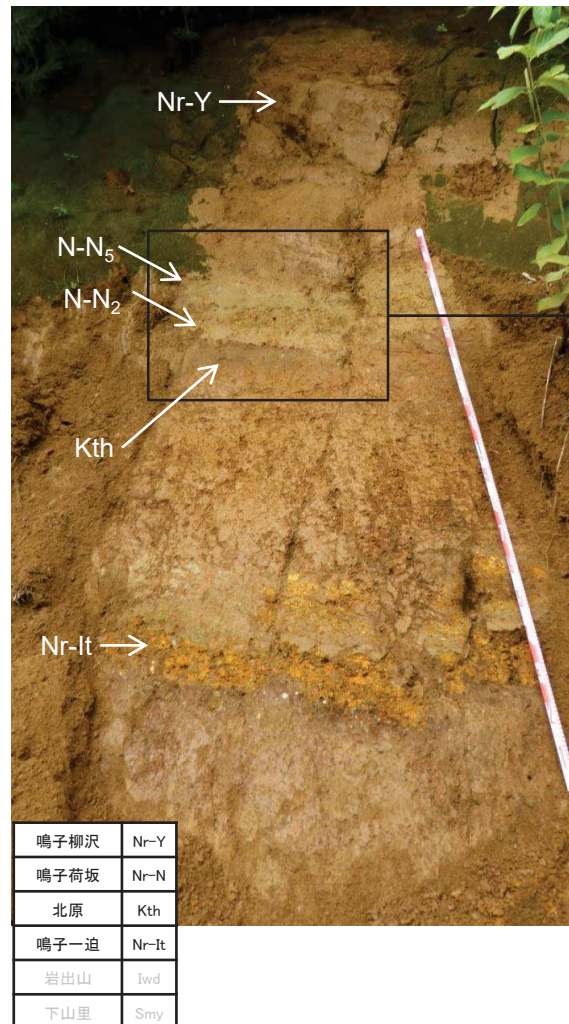
6. 鳴子荷坂の調査結果について 【露頭調査結果: ①地点(大槻) ^{おおつき}】

- 本露頭では、下位よりNr-It, Kth, Nr-N, Nr-Yが確認される。
- Nr-Nについては、N-N₂とN-N₅が確認される。

露頭名	鳴子カルデラからの距離 (km)	鳴子カルデラからの方位角 (°)	最大層厚(cm)		
			N-N ₁	N-N ₂	N-N ₅
①	23.18	39.45	-	14	7



凡例	
ローム	鳴子柳沢 Nr-Y
火山灰	鳴子荷坂 { N-N ₅
軽石層	{ N-N ₂
	北原 : Kth
	鳴子一迫 : Nr-It

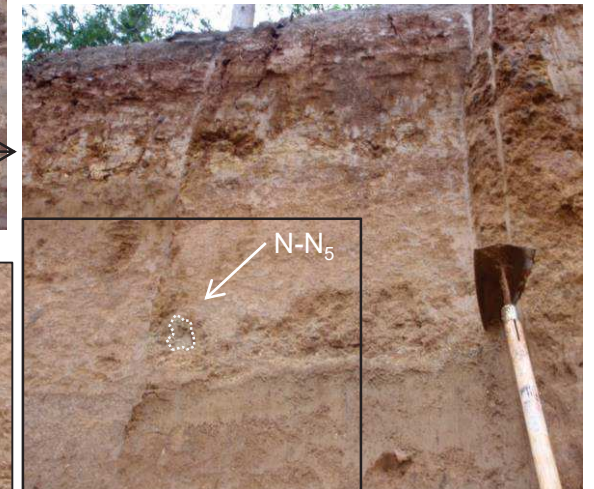
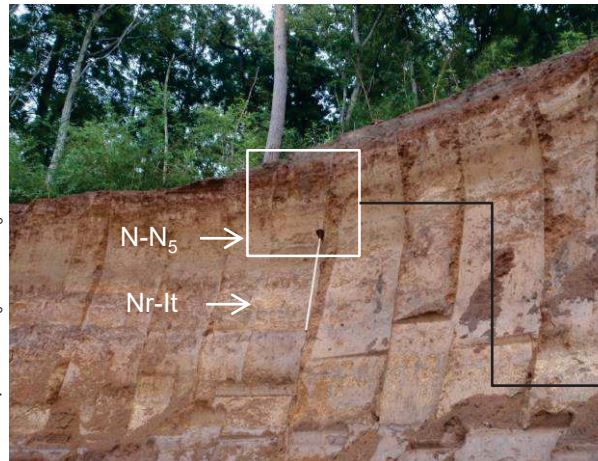
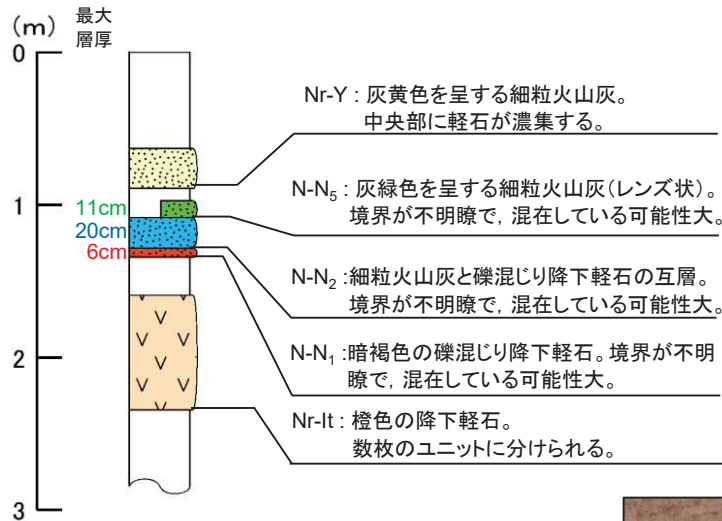
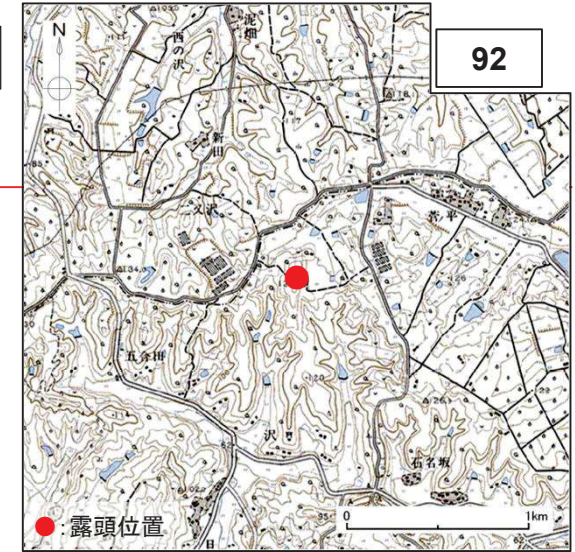


鳴子柳沢	Nr-Y
鳴子荷坂	Nr-N
北原	Kth
鳴子一迫	Nr-It
岩出山	Iwd
下山里	Smy

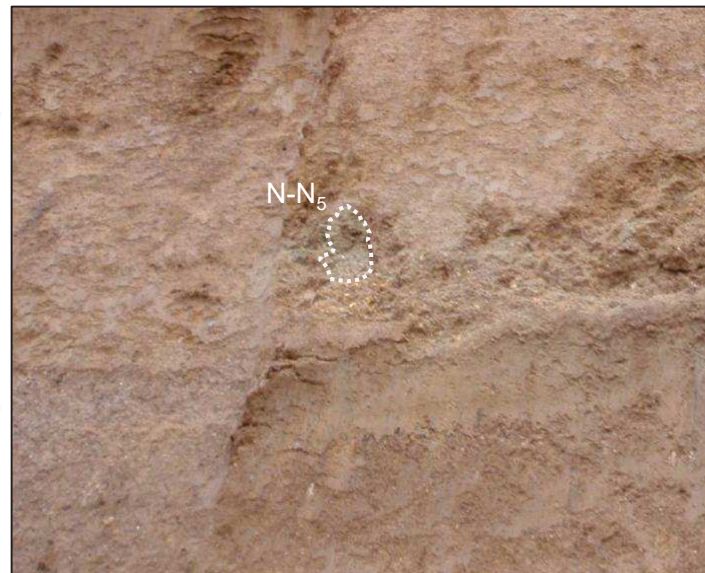
6. 鳴子荷坂の調査結果について 【露頭調査結果: ②地点(菅ノ平)①】
すがのだいら

- 本露頭では、下位よりNr-It, Nr-N, Nr-Yが確認される。
- Nr-Nについては、N-N₁, N-N₂及びN-N₅が確認されるが、N-N₅は部分的(レンズ状)に確認されるのみである(N-N₁, N-N₂の拡大写真は次頁を参照)。

露頭名	鳴子カルデラからの距離(km)	鳴子カルデラからの方位角(°)	最大層厚(cm)		
			N-N ₁	N-N ₂	N-N ₅
②	41.65	66.20	6	20	11



凡例	
レンズ状	鳴子柳沢 Nr-Y
ローム	鳴子荷坂 N-N ₅
火山灰	N-N ₂
軽石層	N-N ₁
	鳴子一迫: Nr-It



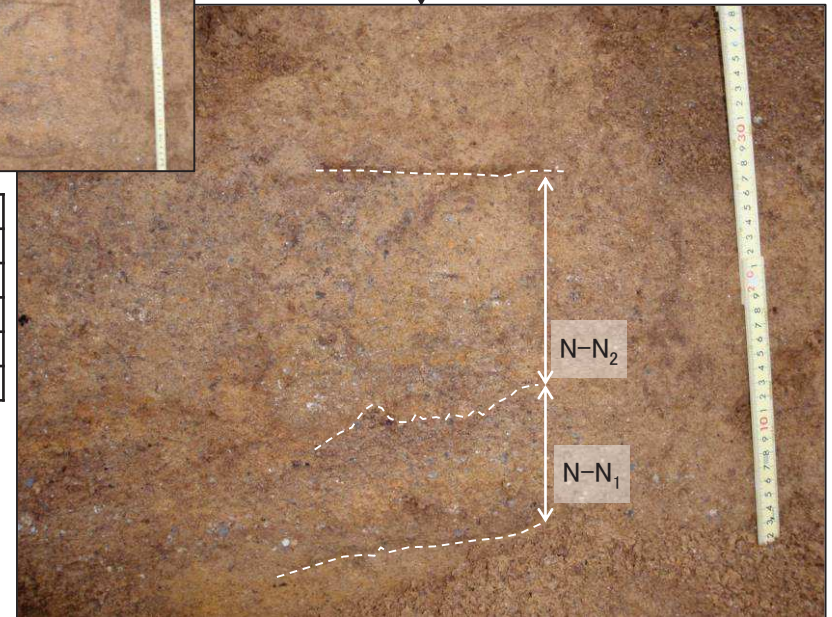
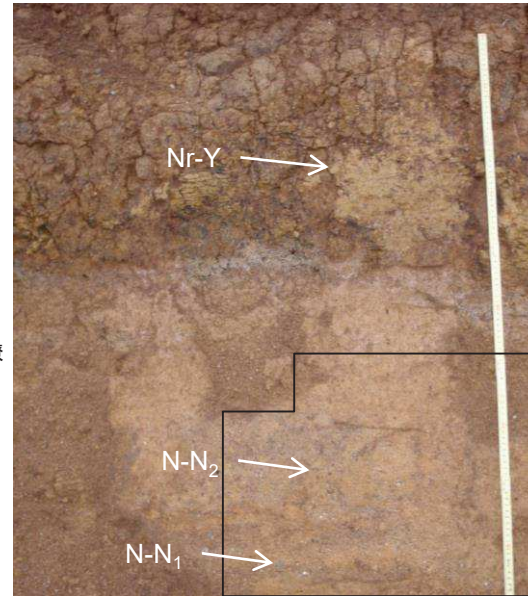
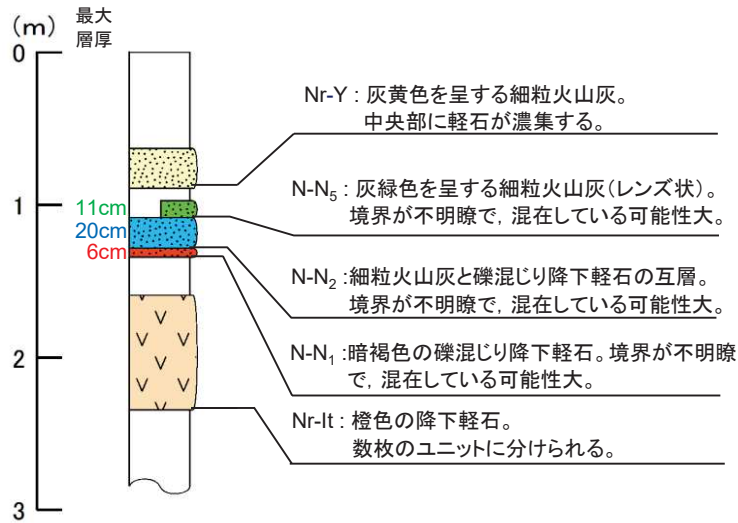
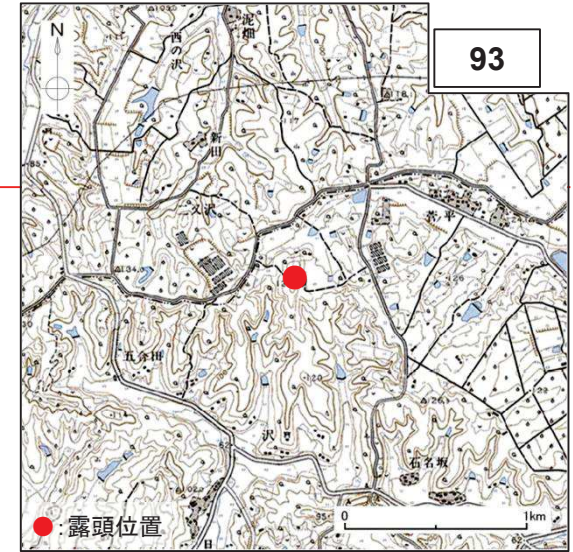
鳴子柳沢	Nr-Y
鳴子荷坂	Nr-N
北原	Kth
鳴子一迫	Nr-It
岩出山	Iwd
下山里	Smy

6. 鳴子荷坂の調査結果について 【露頭調査結果: ②地点(菅ノ平)②】

すがのだら

- 本露頭では、下位よりNr-It, Nr-N, Nr-Yが確認される。
- Nr-Nについては、N-N₁, N-N₂及びN-N₅が確認されるが、N-N₅は部分的(レンズ状)に確認されるのみである(N-N₅の拡大写真は前頁を参照)。

露頭名	鳴子カルデラからの距離(km)	鳴子カルデラからの方位角(°)	最大層厚(cm)		
			N-N ₁	N-N ₂	N-N ₅
②	41.65	66.20	6	20	11



凡例	
レンズ状	鳴子柳沢 Nr-Y
ローム	鳴子荷坂 N-N ₅
火山灰	N-N ₂
軽石層	N-N ₁
	鳴子一迫: Nr-It

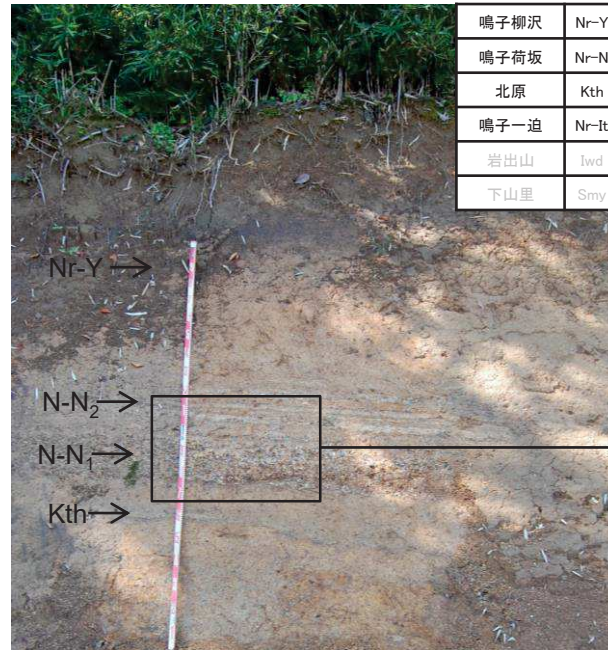
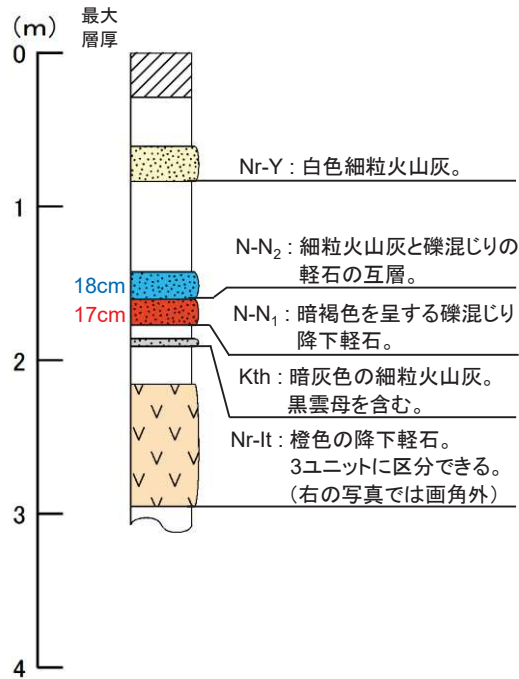
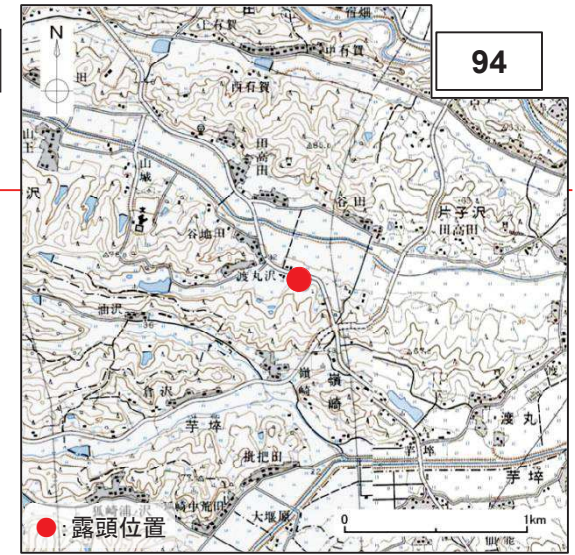
鳴子柳沢	Nr-Y
鳴子荷坂	Nr-N
北原	Kth
鳴子一迫	Nr-It
岩出山	Iwd
下山里	Smy

6. 鳴子荷坂の調査結果について 【露頭調査結果: ㊟地点(渡丸沢)】

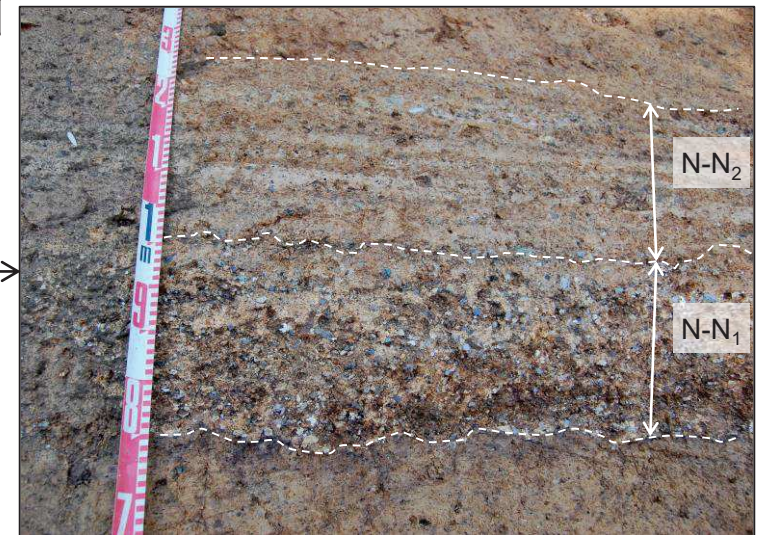
わたまるさわ

- 本露頭では、下位よりNr-It, Kth, Nr-N, Nr-Yが確認される。
- Nr-Nについては、N-N₁及びN-N₂が確認される。

露頭名	鳴子カルデラからの距離(km)	鳴子カルデラからの方位角(°)	最大層厚(cm)		
			N-N ₁	N-N ₂	N-N ₅
㊟	23.07	75.68	17	18	-



鳴子柳沢	Nr-Y
鳴子荷坂	Nr-N
北原	Kth
鳴子一迫	Nr-It
岩出山	lwd
下山里	Smy

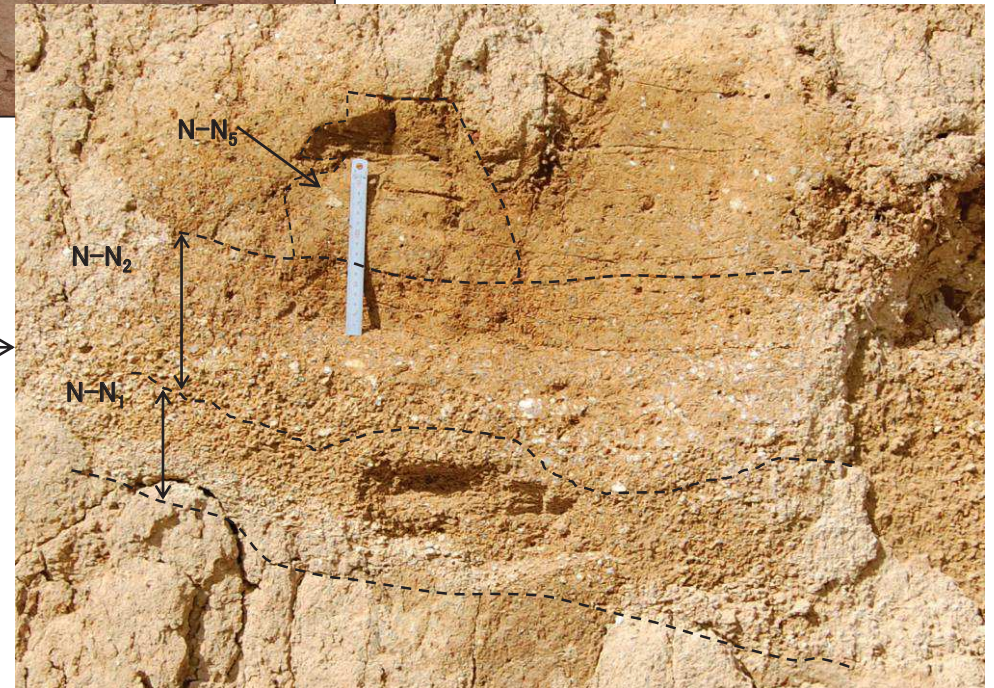
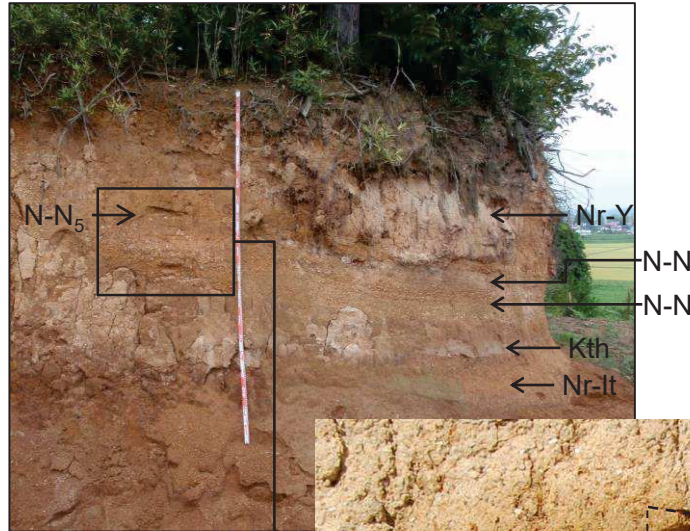
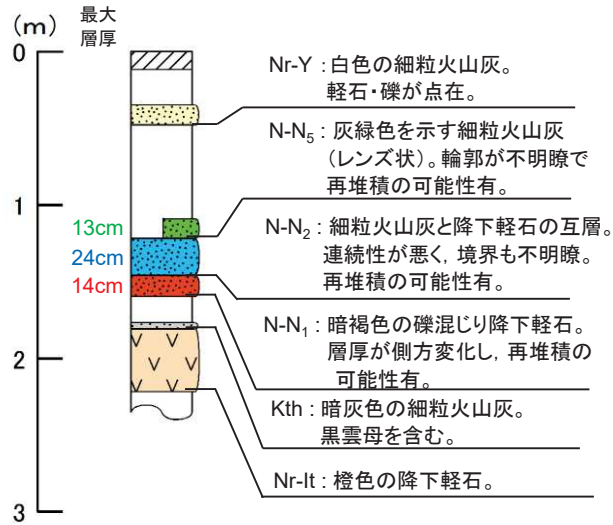
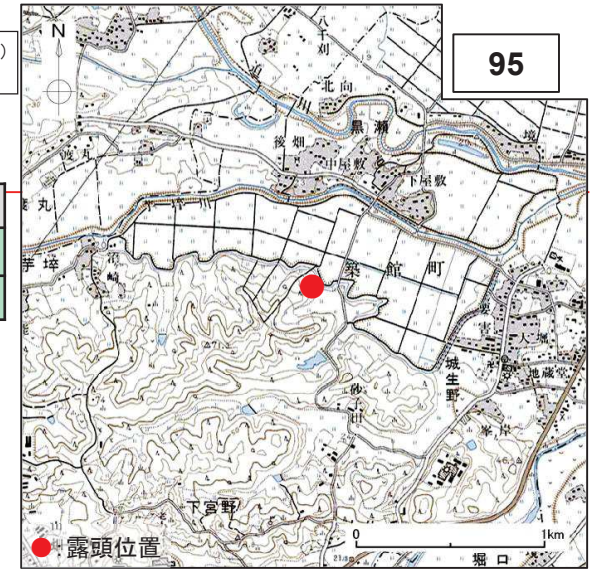


凡例	
表土	鳴子柳沢 Nr-Y
ローム	鳴子荷坂 { N-N ₂ N-N ₁ }
火山灰	北原 : Kth
軽石層	鳴子一迫 : Nr-It

6. 鳴子荷坂の調査結果について 【露頭調査結果: ㊦地点(城生野)】

- 本露頭では、下位よりNr-It, Kth, Nr-N, Nr-Yが確認される。
- Nr-Nについては、N-N₁, N-N₂及びN-N₅が確認される。

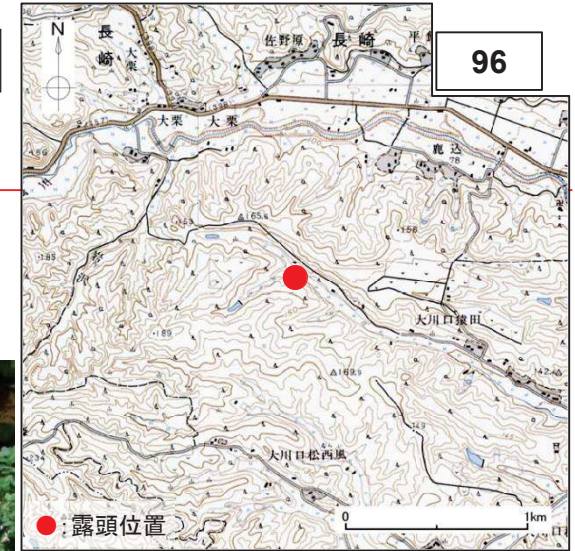
露頭名	鳴子カルデラからの距離(km)	鳴子カルデラからの方位角(°)	最大層厚(cm)		
			N-N ₁	N-N ₂	N-N ₅
㊦	25.51	79.76	14	24	13



凡例	
表土	鳴子柳沢 Nr-Y
ローム	鳴子荷坂 N-N ₅
火山灰	N-N ₂
軽石層	N-N ₁
レンズ状	北原 Kth
	鳴子一迫 Nr-It

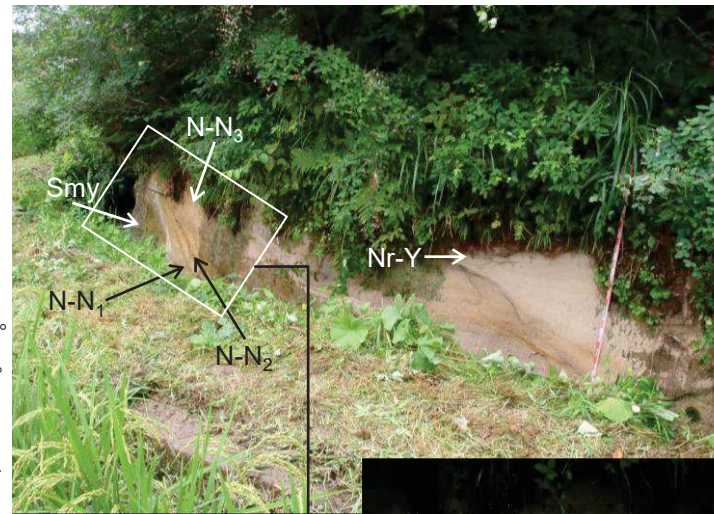
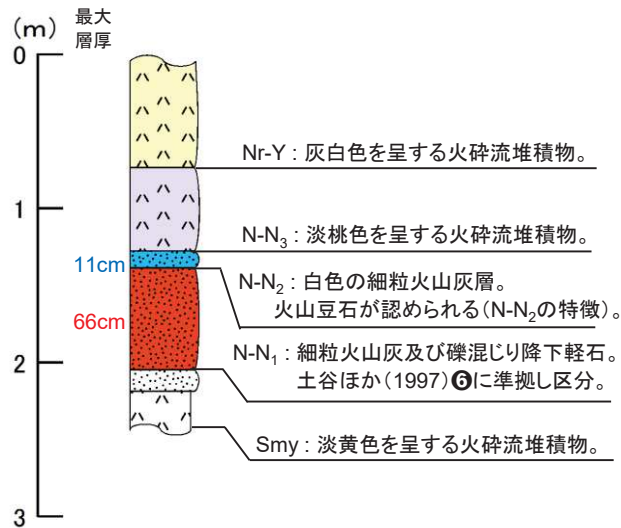
鳴子柳沢	Nr-Y
鳴子荷坂	Nr-N
北原	Kth
鳴子一迫	Nr-It
岩出山	Iwd
下山里	Smy

6. 鳴子荷坂の調査結果について 【露頭調査結果：㊦地点(大川口猿田)】
おおかわぐちさんだ



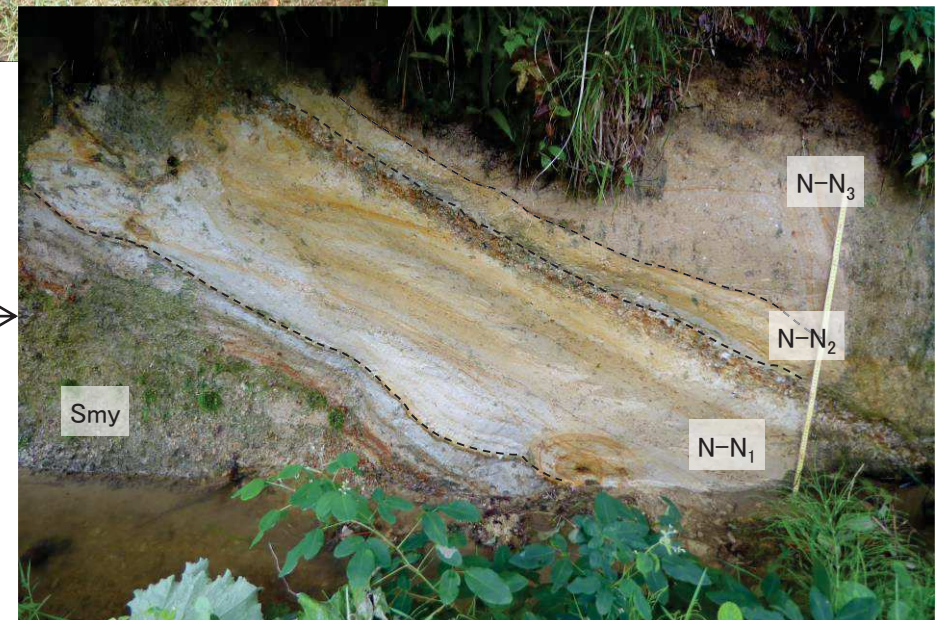
- 本露頭では、下位よりSmy, Nr-N, Nr-Yが確認される。
- Nr-Nについては、N-N₁, N-N₂及びN-N₃が確認される。

露頭名	鳴子カルデラからの距離 (km)	鳴子カルデラからの方位角 (°)	最大層厚(cm)		
			N-N ₁	N-N ₂	N-N ₃
㊦	12.59	82.59	66	11	—



凡例	
火山灰	鳴子柳沢
火砕流	鳴子荷坂
	Nr-Y
	N-N ₃
	N-N ₂
	N-N ₁

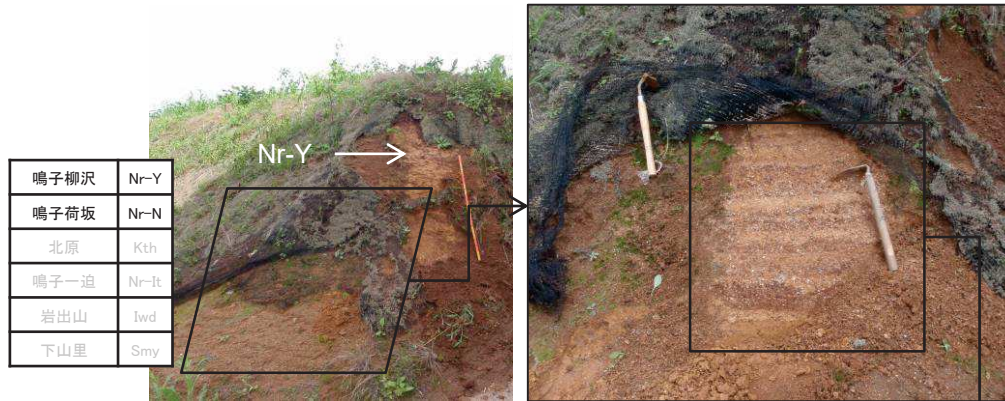
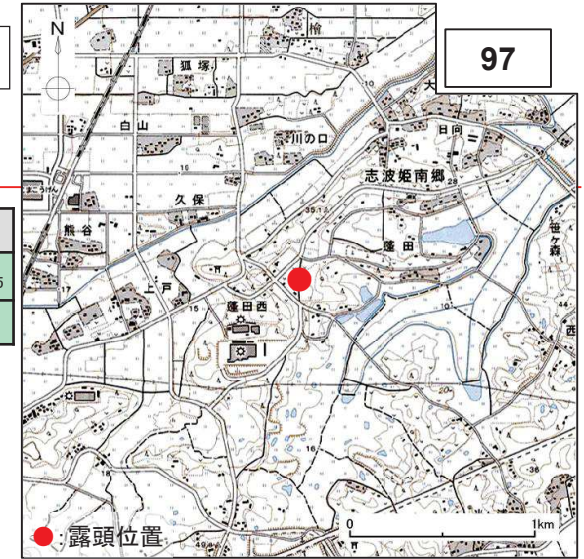
鳴子柳沢	Nr-Y
鳴子荷坂	Nr-N
北原	Kth
鳴子一迫	Nr-It
岩出山	Iwd
下山里	Smy



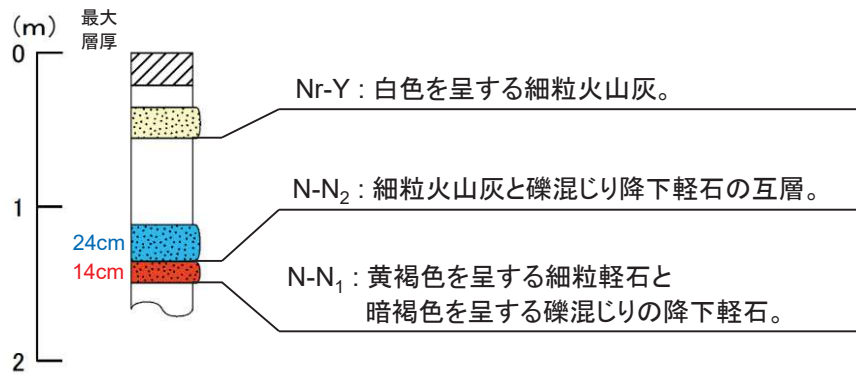
よもぎだ
6. 鳴子荷坂の調査結果について 【露頭調査結果: ㊸地点(蓬田)】

- 本露頭では、下位よりNr-N, Nr-Yが確認される。
- Nr-Nについては、N-N₁及びN-N₂が確認される。

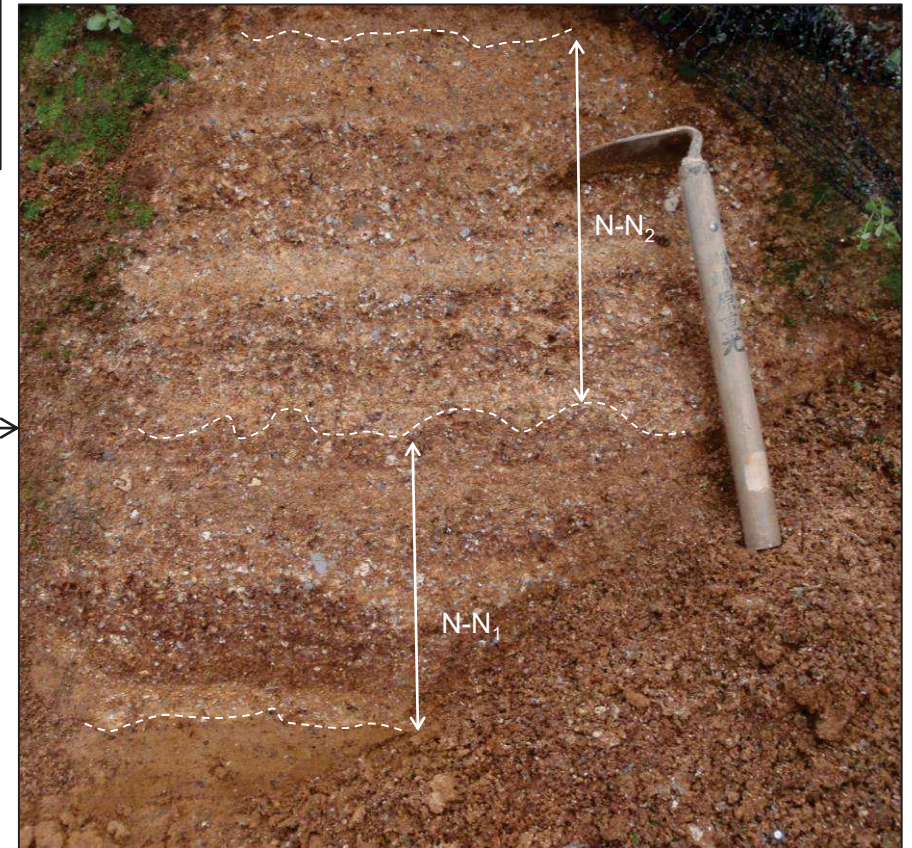
露頭名	鳴子カルデラからの距離(km)	鳴子カルデラからの方位角(°)	最大層厚(cm)		
			N-N ₁	N-N ₂	N-N ₅
㊸	30.67	86.85	14	24	—



鳴子柳沢	Nr-Y
鳴子荷坂	Nr-N
北原	Kth
鳴子一迫	Nr-It
岩出山	Iwd
下山里	Smy



凡例			
表土		鳴子柳沢	Nr-Y
ローム		鳴子荷坂	{ N-N ₂
火山灰			{ N-N ₁

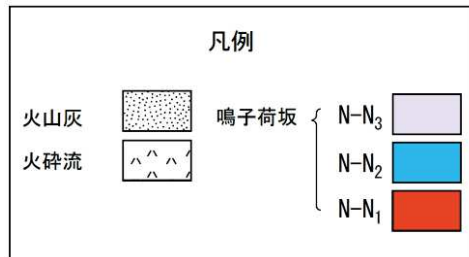
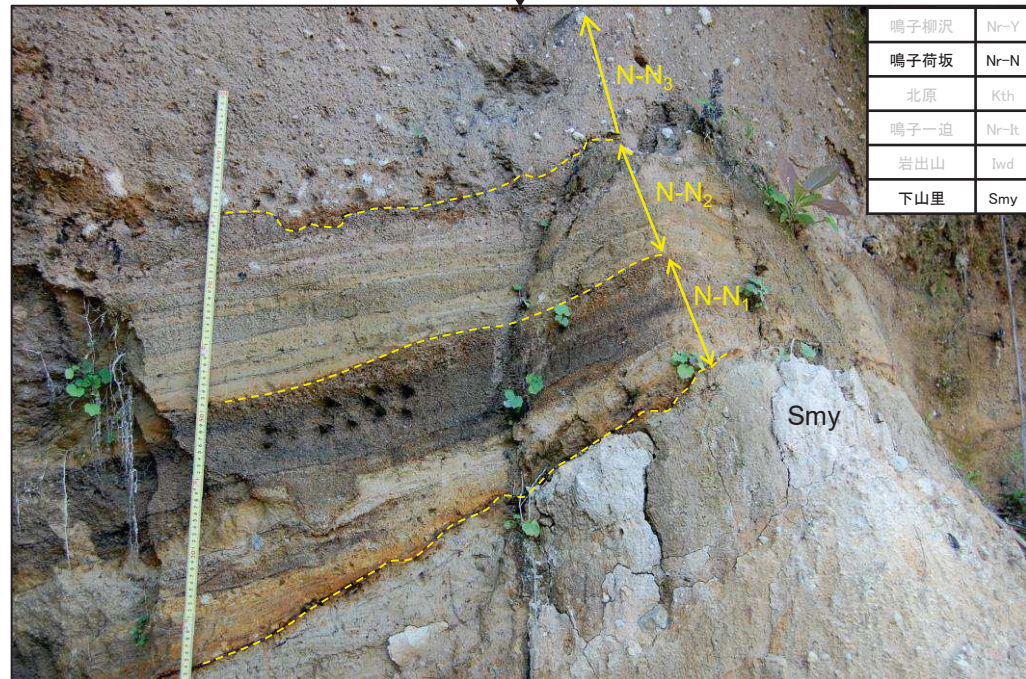
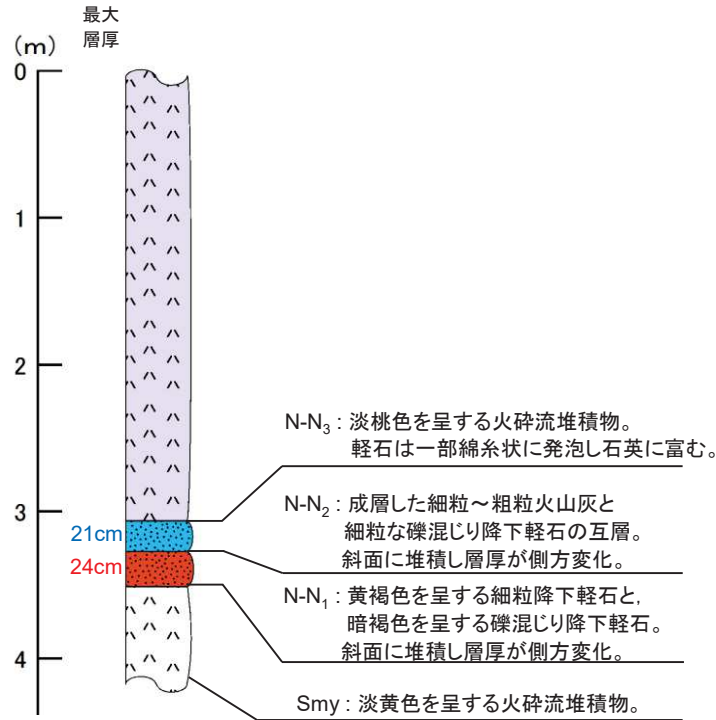
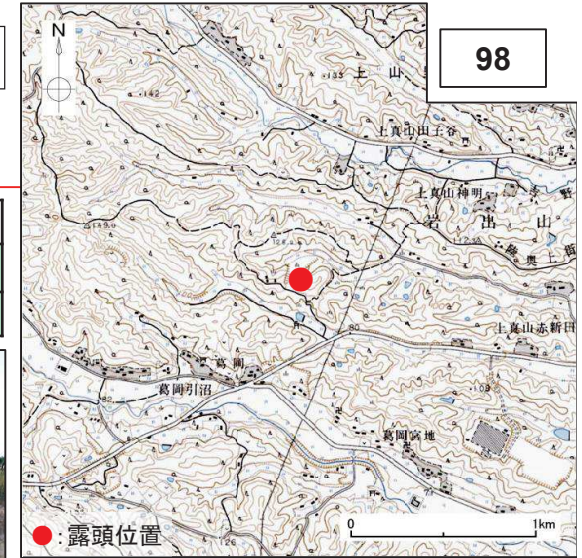


かみやまあかにうだ

6. 鳴子荷坂の調査結果について 【露頭調査結果：(h)地点(上真山赤新田)】

- 本露頭では、下位よりSmy, Nr-Nが確認される。
- Nr-Nについては、N-N₁, N-N₂及びN-N₃が確認される。

露頭名	鳴子カルデラからの距離 (km)	鳴子カルデラからの方位角 (°)	最大層厚 (cm)		
			N-N ₁	N-N ₂	N-N ₃
(h)	14.90	103.22	24	21	—

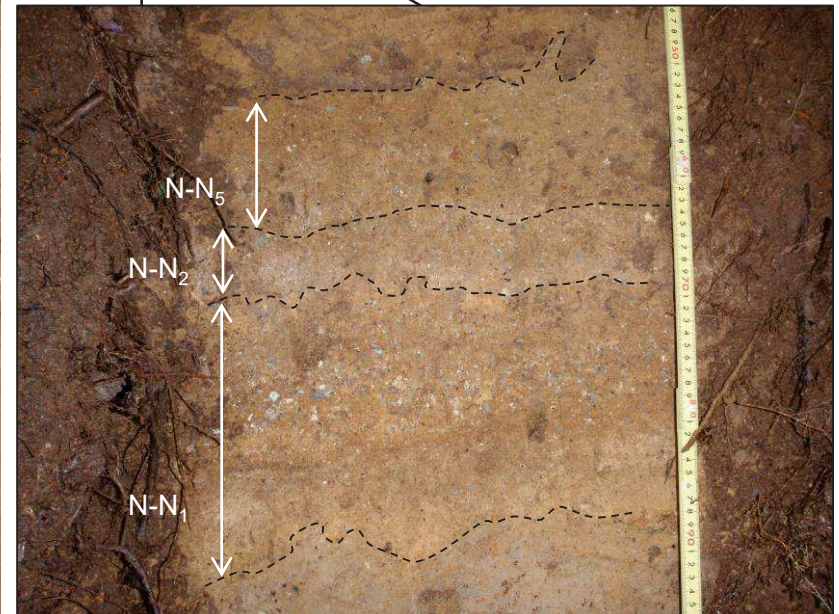
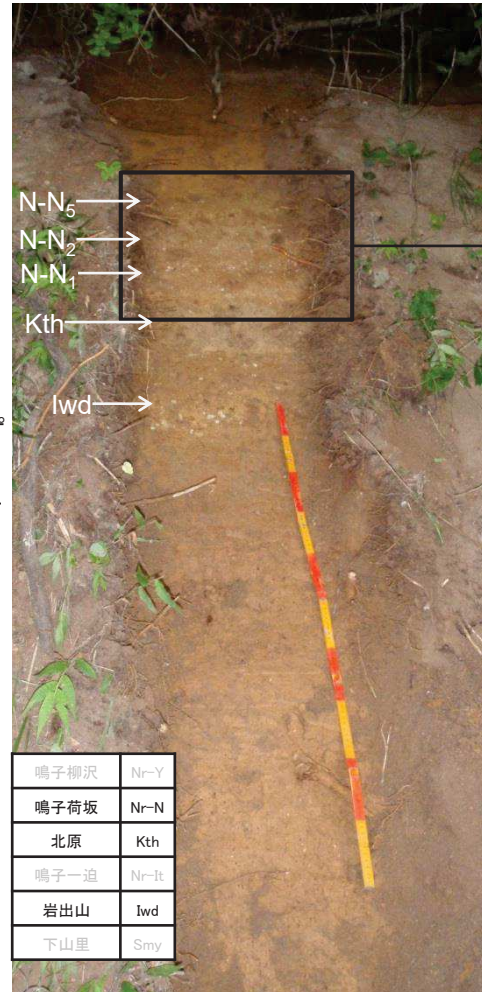
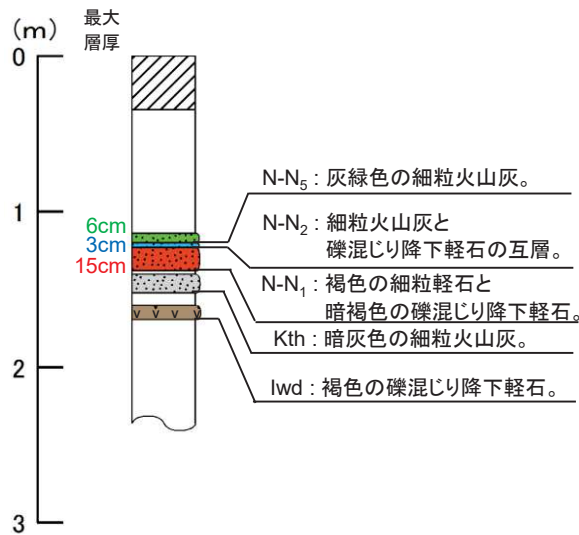
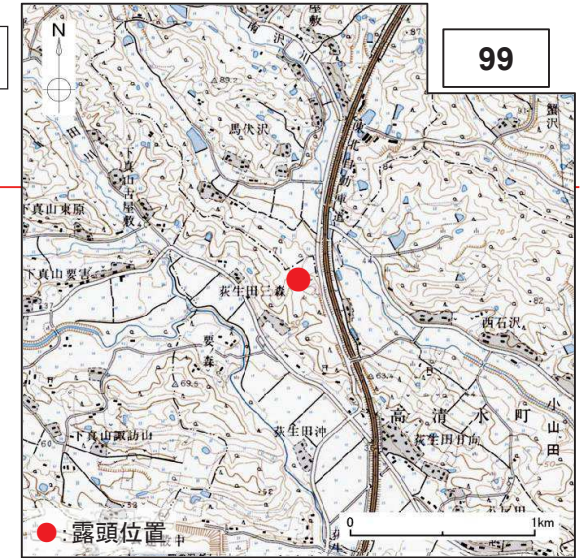


おぎょうだみつもり

6. 鳴子荷坂の調査結果について 【露頭調査結果：①地点(荻生田三森)】

- 本露頭では、下位よりlwd, Kth, Nr-Nが確認される。
- Nr-Nについては、N-N₁, N-N₂及びN-N₅が確認される。

露頭名	鳴子カルデラからの距離(km)	鳴子カルデラからの方位角(°)	最大層厚(cm)		
			N-N ₁	N-N ₂	N-N ₅
①	21.70	102.77	15	3	6



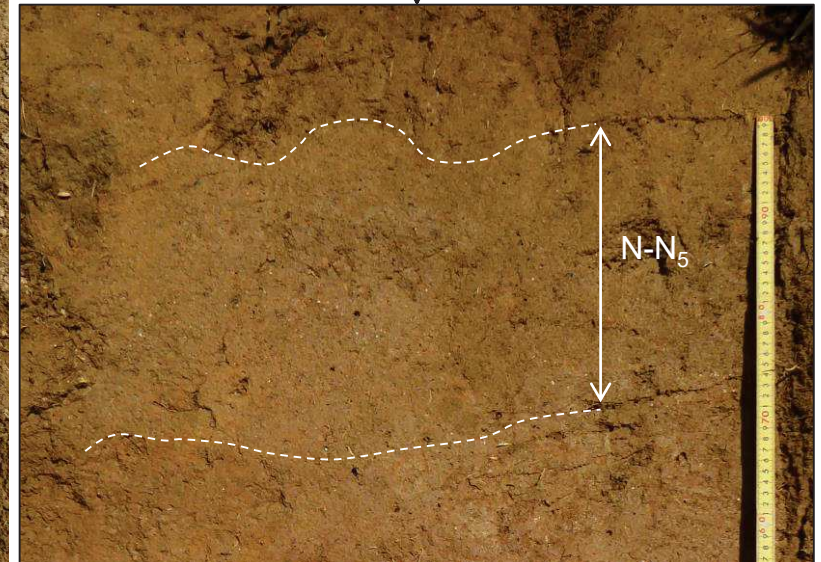
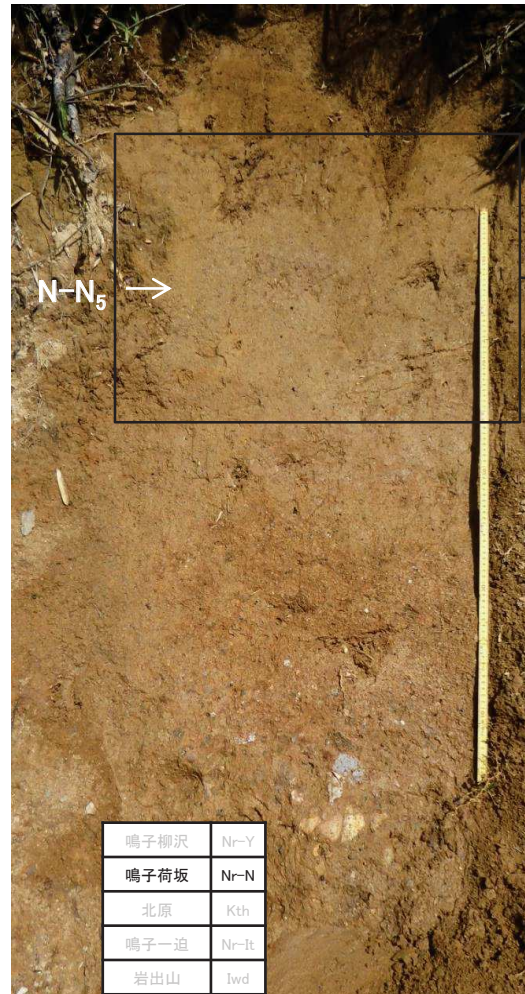
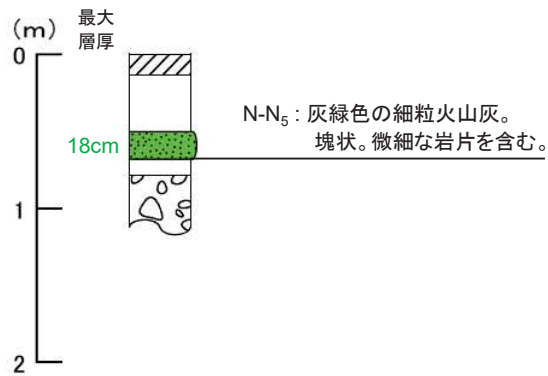
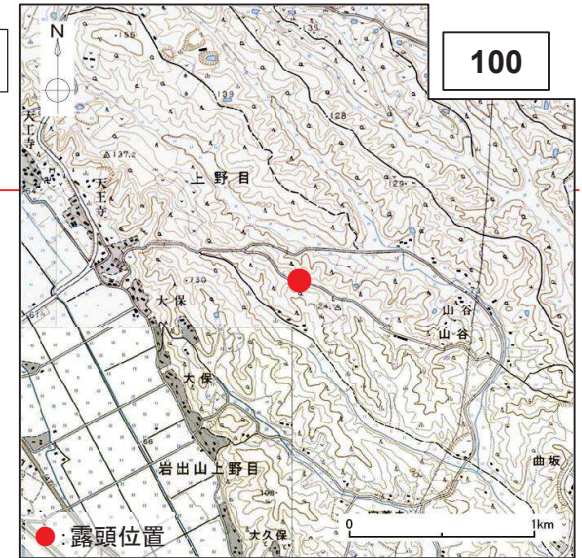
凡例	
表土	鳴子荷坂 { N-N ₅ (緑)
ローム	{ N-N ₂ (青)
火山灰	{ N-N ₁ (赤)
軽石層	北原 : Kth (灰)
	岩出山 : lwd (茶)

鳴子柳沢	Nr-Y
鳴子荷坂	Nr-N
北原	Kth
鳴子一迫	Nr-it
岩出山	lwd
下山里	Smy

6. 鳴子荷坂の調査結果について 【露頭調査結果: ㊀地点(上野目)】

➢ 本露頭では, N-N₅のみが確認される。

露頭名	鳴子カルデラからの距離 (km)	鳴子カルデラからの方位角 (°)	最大層厚(cm)		
			N-N ₁	N-N ₂	N-N ₅
㊀	14.59	114.49	—	—	18

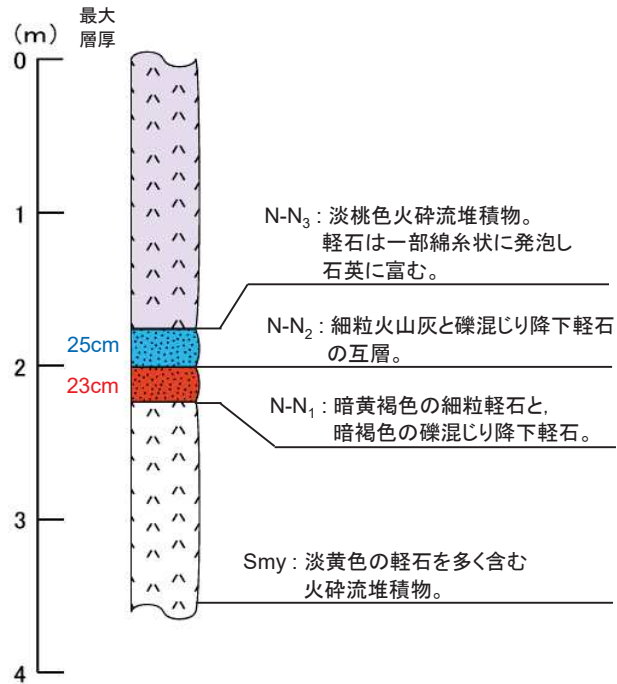


凡例		
表土		鳴子荷坂 N-N ₅
ローム		
火山灰		
礫岩		

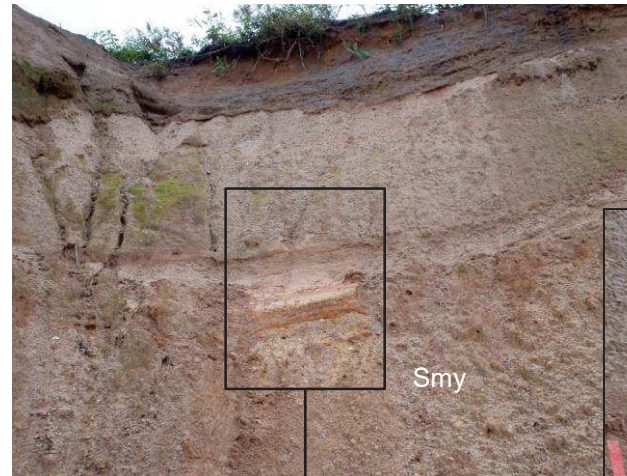
鳴子柳沢	Nr-Y
鳴子荷坂	Nr-N
北原	Kth
鳴子一迫	Nr-It
岩出山	Iwd
下山里	Smy

6. 鳴子荷坂の調査結果について 【露頭調査結果: ①地点(朴木欠) ほのかけ】

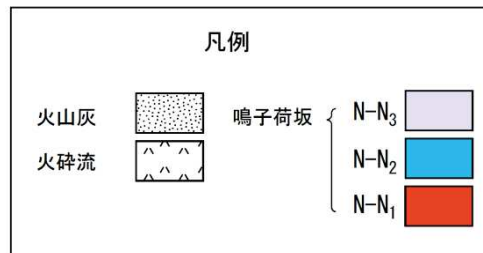
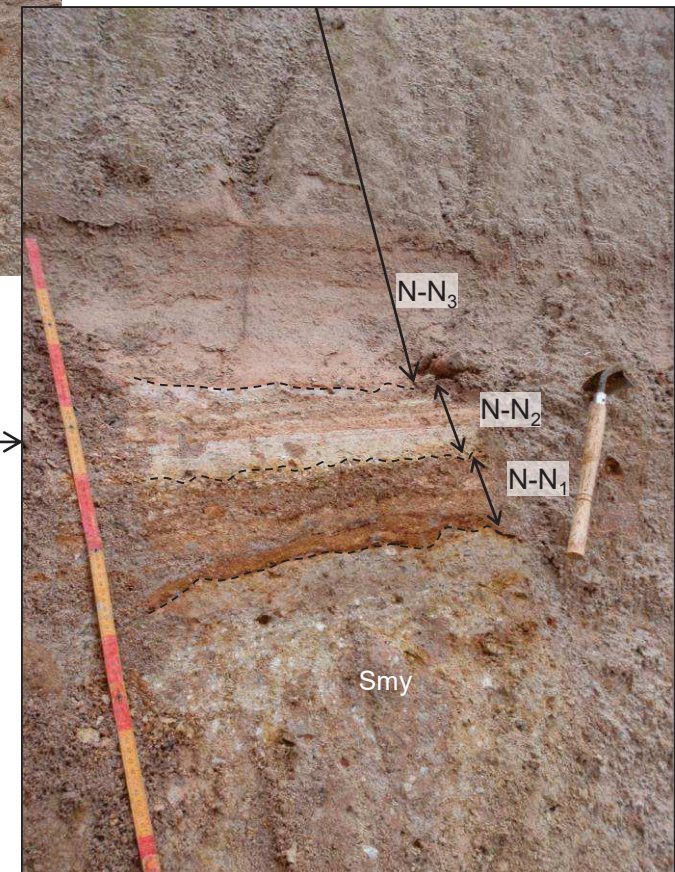
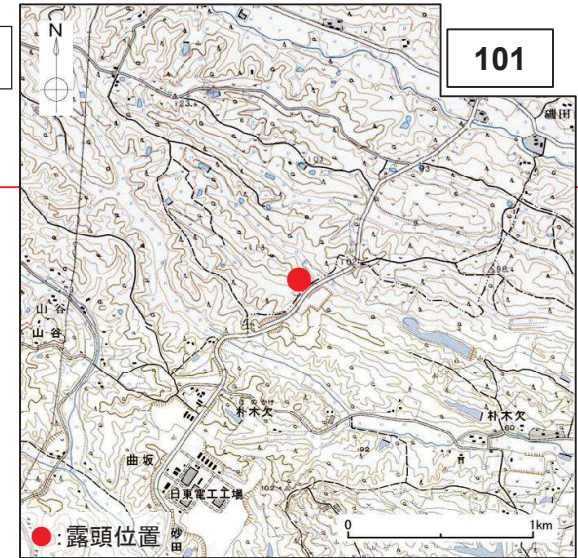
- 本露頭では、下位よりSmy, Nr-Nが確認される。
- Nr-Nについては、N-N₁, N-N₂及びN-N₃が確認される。



露頭名	鳴子カルデラ からの 距離 (km)	鳴子カルデラ からの 方位角(°)	最大層厚(cm)		
			N-N ₁	N-N ₂	N-N ₃
①	16.63	111.39	23	25	—



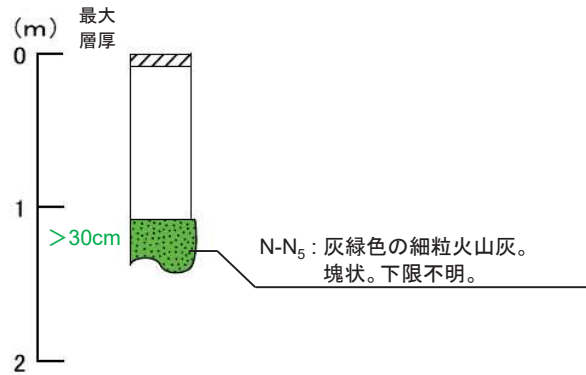
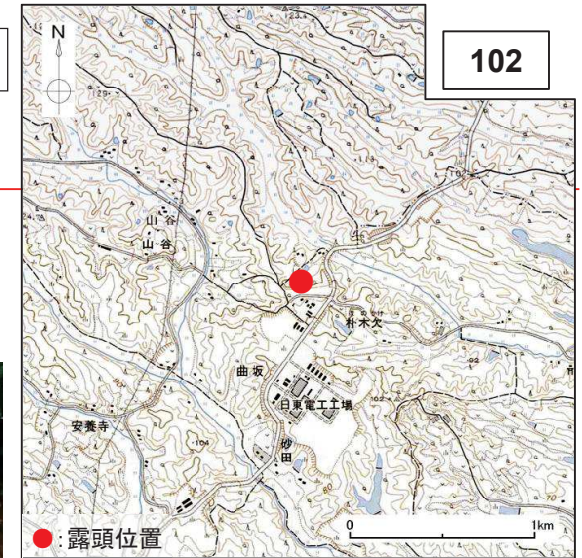
鳴子柳沢	Nr-Y
鳴子荷坂	Nr-N
北原	Kth
鳴子一迫	Nr-It
岩出山	Iwd
下山里	Smy



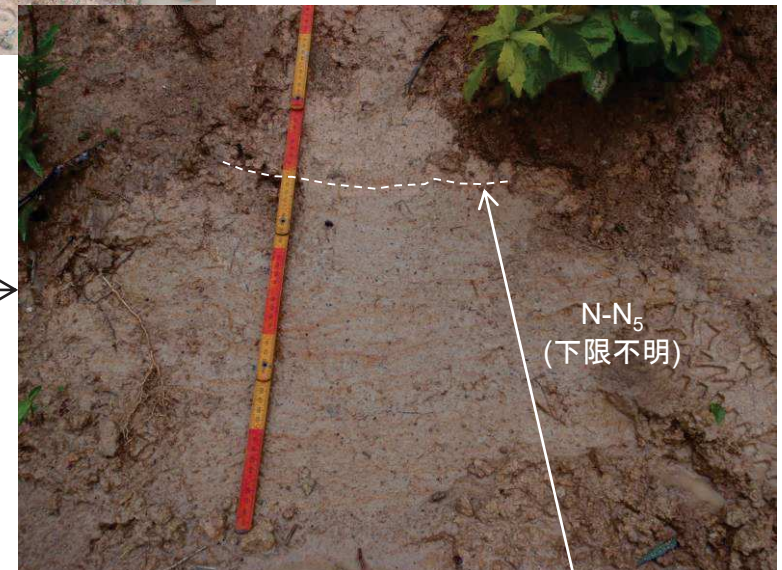
6. 鳴子荷坂の調査結果について 【露頭調査結果: ㊸地点(山谷㊸)】

- 本露頭では、N-N₅のみが確認される。
- なお、層厚は30cm以上あることを確認しているが、下限は不明である。

露頭名	鳴子カルデラからの距離(km)	鳴子カルデラからの方位角(°)	最大層厚(cm)		
			N-N ₁	N-N ₂	N-N ₅
㊸	16.18	113.90	—	—	30



凡例	
表土	
ローム	
火山灰	
鳴子荷坂	N-N ₅

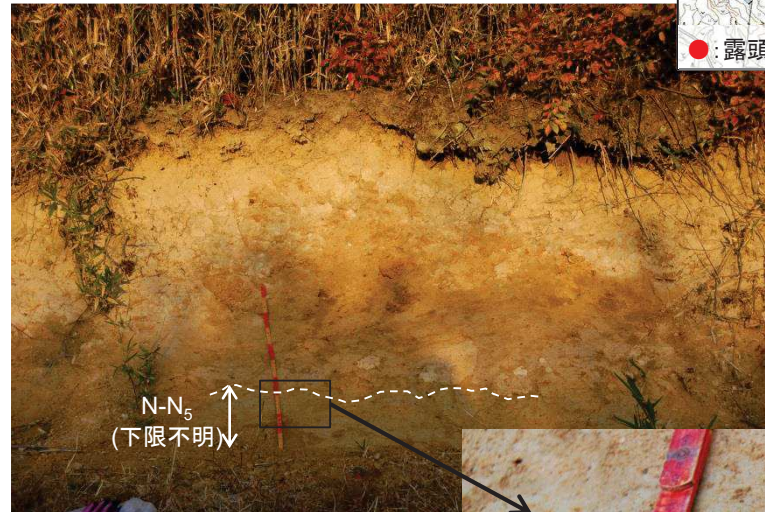
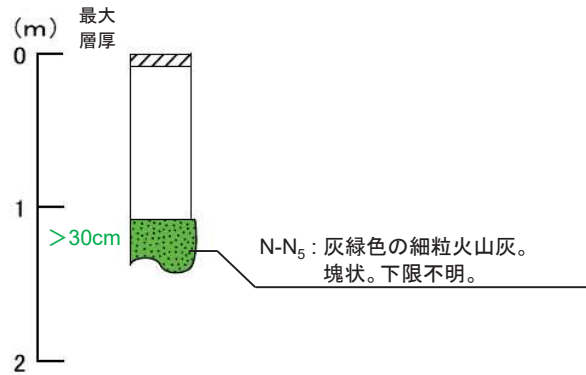
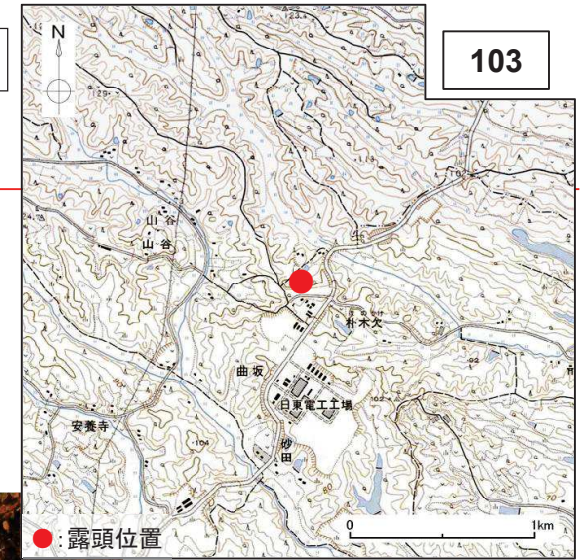


鳴子柳沢	Nr-Y
鳴子荷坂	Nr-N
北原	Kth
鳴子一迫	Nr-Ii
岩出山	Iwd
下山里	Smy

6. 鳴子荷坂の調査結果について 【露頭調査結果: ㊸地点(山谷㊸)】

- 本露頭では、N-N₅のみが確認される。
- なお、層厚は30cm以上あることを確認しているが、下限は不明である。

露頭名	鳴子カルデラからの距離(km)	鳴子カルデラからの方位角(°)	最大層厚(cm)		
			N-N ₁	N-N ₂	N-N ₅
㊸	16.18	113.90	—	—	30



凡例	
表土	
ローム	
火山灰	
鳴子荷坂	
N-N ₅	

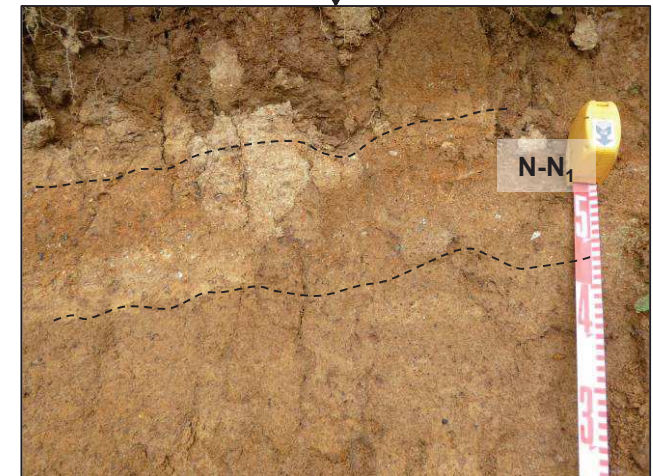
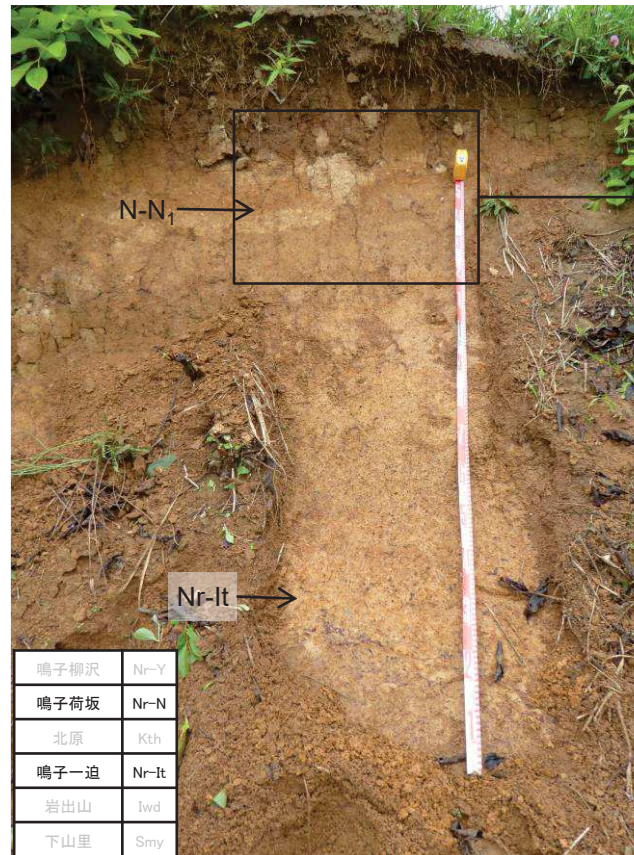
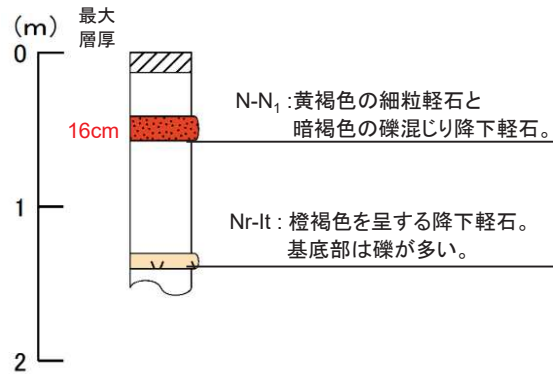
鳴子柳沢	Nr-Y
鳴子荷坂	Nr-N
北原	Kth
鳴子一迫	Nr-H
岩出山	Iwd
下山里	Smy

6. 鳴子荷坂の調査結果について 【露頭調査結果:◎地点(下山団地)】

しもやまだんち

- 本露頭では、下位よりNr-It, Nr-Nが確認される。
- Nr-Nについては、N-N₁が確認される。

露頭名	鳴子カルデラからの距離(km)	鳴子カルデラからの方位角(°)	最大層厚(cm)		
			N-N ₁	N-N ₂	N-N ₅
◎	31.54	105.84	16	—	—

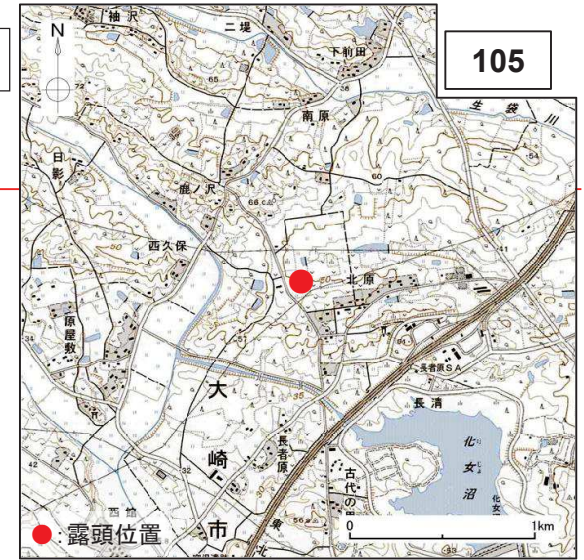


凡例	
表土	鳴子荷坂 N-N ₁
ローム	鳴子一迫 Nr-It
火山灰	
軽石層	

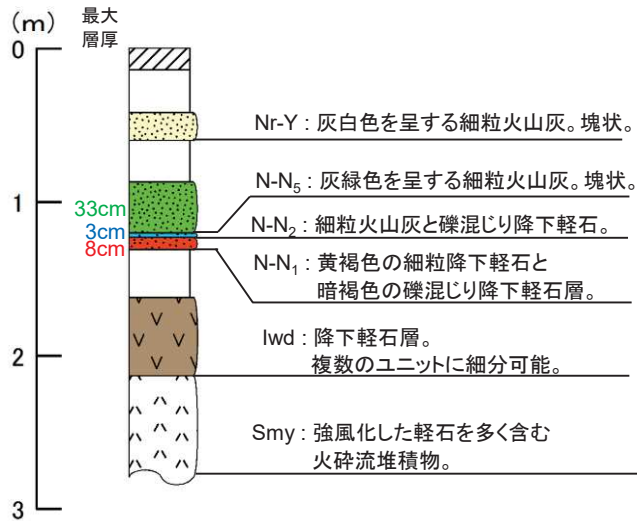
鳴子柳沢	Nr-Y
鳴子荷坂	Nr-N
北原	Kth
鳴子一迫	Nr-It
岩出山	Iwd
下山里	Smy

6. 鳴子荷坂の調査結果について 【露頭調査結果: ㊦地点(北原) ^{きたはら}】

- 本露頭では、下位よりSmy, Iwd, Nr-N, Nr-Yが確認される。
- Nr-Nについては、N-N₁, N-N₂及びN-N₅が確認される。

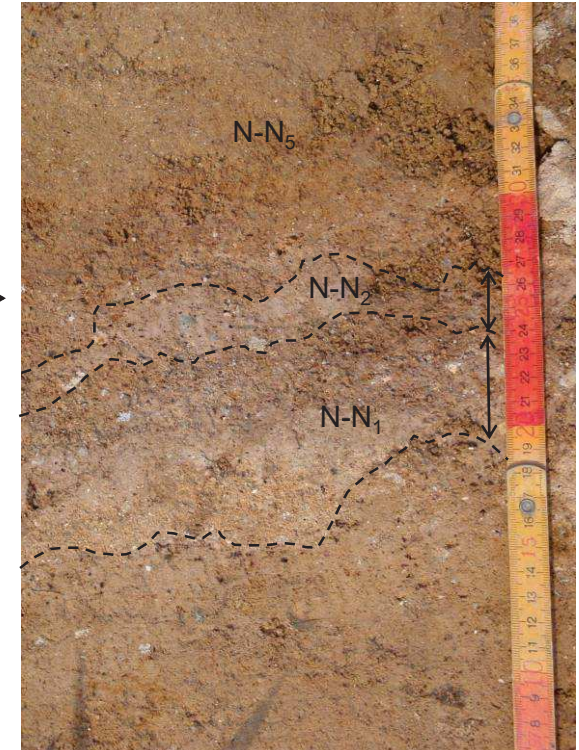
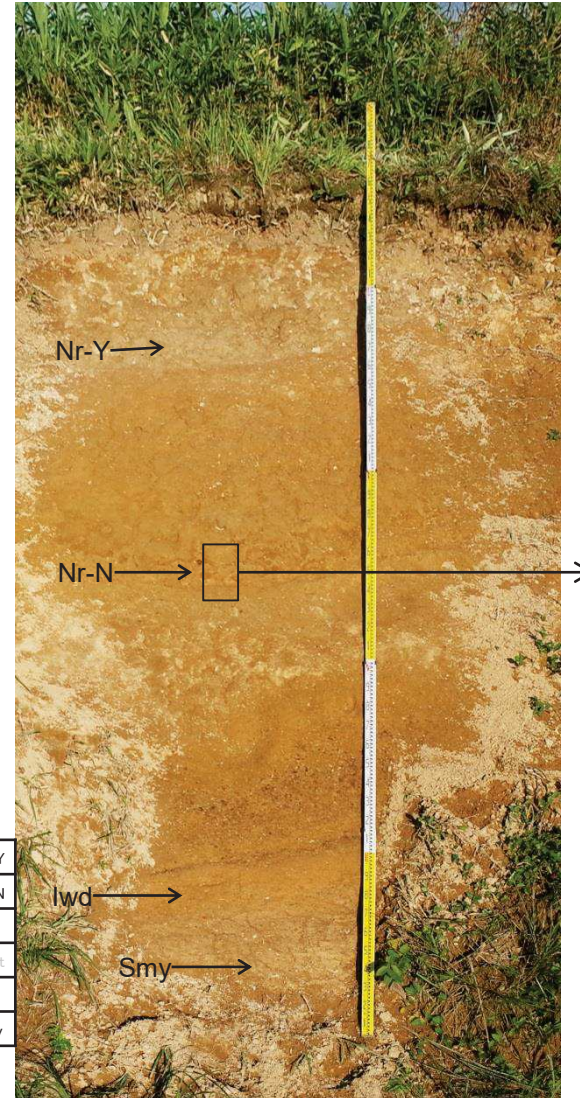


露頭名	鳴子カルデラからの距離 (km)	鳴子カルデラからの方位角 (°)	最大層厚(cm)		
			N-N ₁	N-N ₂	N-N ₅
㊦	21.36	117.49	8	3	33



凡例		
表土		鳴子柳沢 Nr-Y
ローム		鳴子荷坂 { N-N ₅
火山灰		{ N-N ₂
軽石層		{ N-N ₁
火砕流		岩出山 : Iwd

鳴子柳沢	Nr-Y
鳴子荷坂	Nr-N
北原	Kth
鳴子一迫	Nr-It
岩出山	Iwd
下山里	Smy

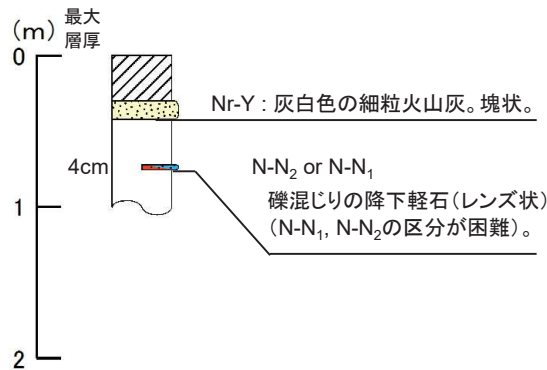
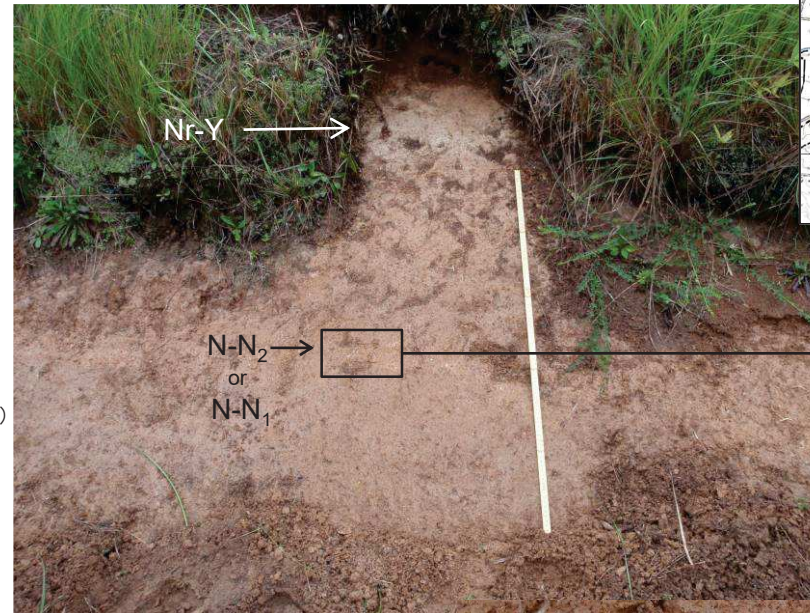
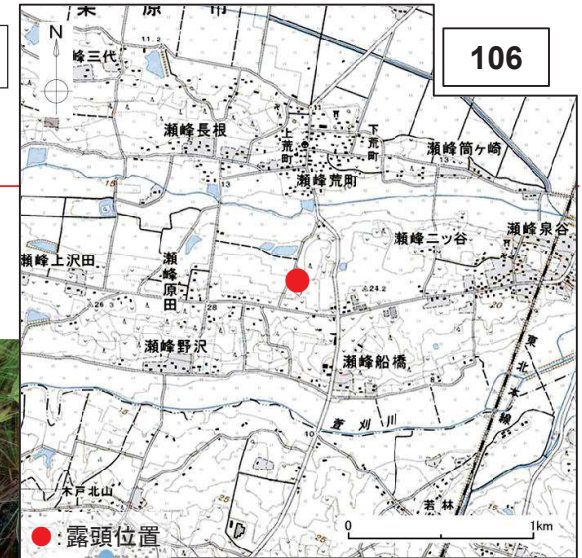


6. 鳴子荷坂の調査結果について 【露頭調査結果: ㊸地点(瀬峰ニツ谷①)】

せみねふたつや

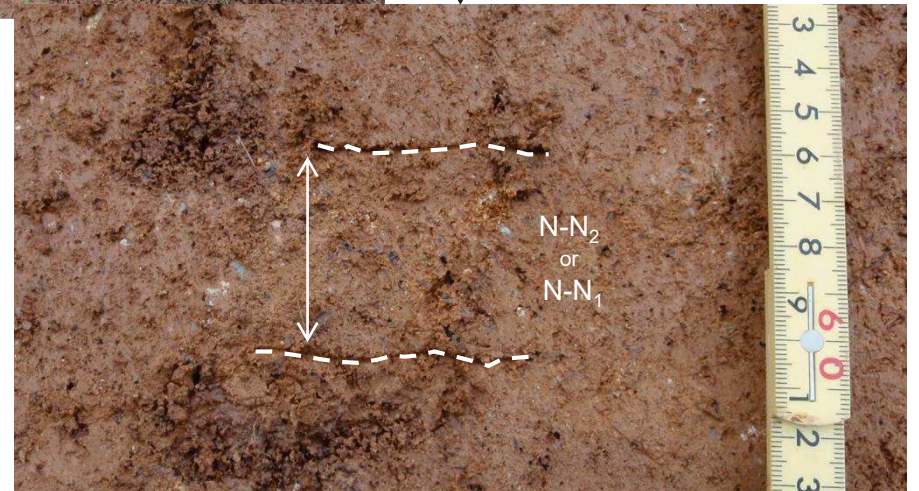
- 本露頭では、下位よりNr-N, Nr-Yが確認される。
- Nr-Nについては、N-N₁またはN-N₂が確認される。

露頭名	鳴子カルデラからの距離 (km)	鳴子カルデラからの方位角 (°)	最大層厚(cm)		
			N-N ₁	N-N ₂	N-N ₅
㊸	29.51	110.72	4	—	—



凡例			
レンズ状		表土	
ユニット区分困難		ローム	
		火山灰	
		鳴子柳沢	Nr-Y
		鳴子荷坂	N-N ₂
			N-N ₁

鳴子柳沢	Nr-Y
鳴子荷坂	Nr-N
北原	Kth
鳴子一迫	Nr-It
岩出山	lwd
下山里	Smy

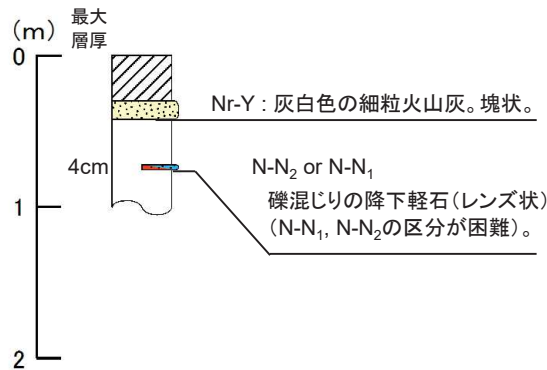
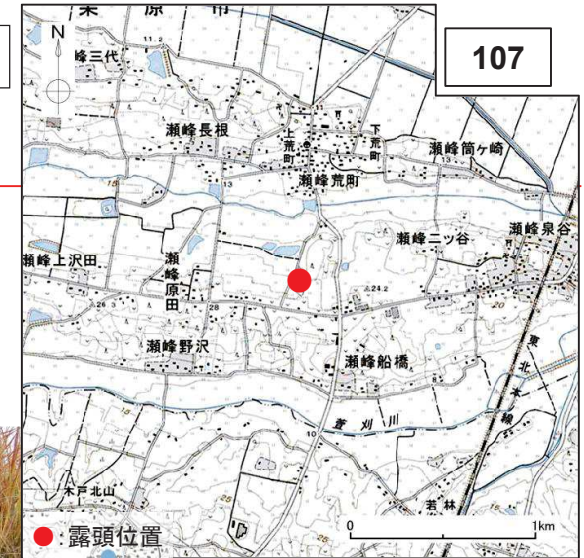


6. 鳴子荷坂の調査結果について 【露頭調査結果: ⑨地点(瀬峰ニツ谷②)】

せみねふたつや

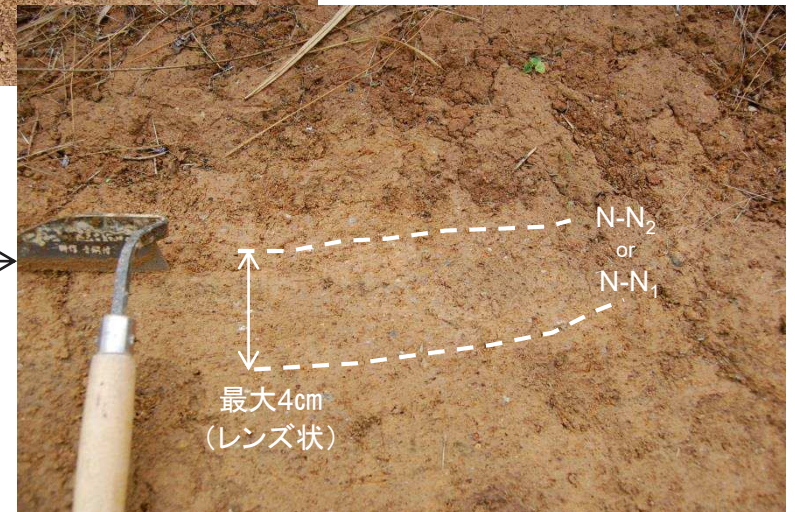
- 本露頭では、下位よりNr-N, Nr-Yが確認される。
- Nr-Nについては、N-N₁またはN-N₂が確認される。

露頭名	鳴子カルデラからの距離(km)	鳴子カルデラからの方位角(°)	最大層厚(cm)		
			N-N ₁	N-N ₂	N-N ₅
⑨	29.51	110.72	4	—	—



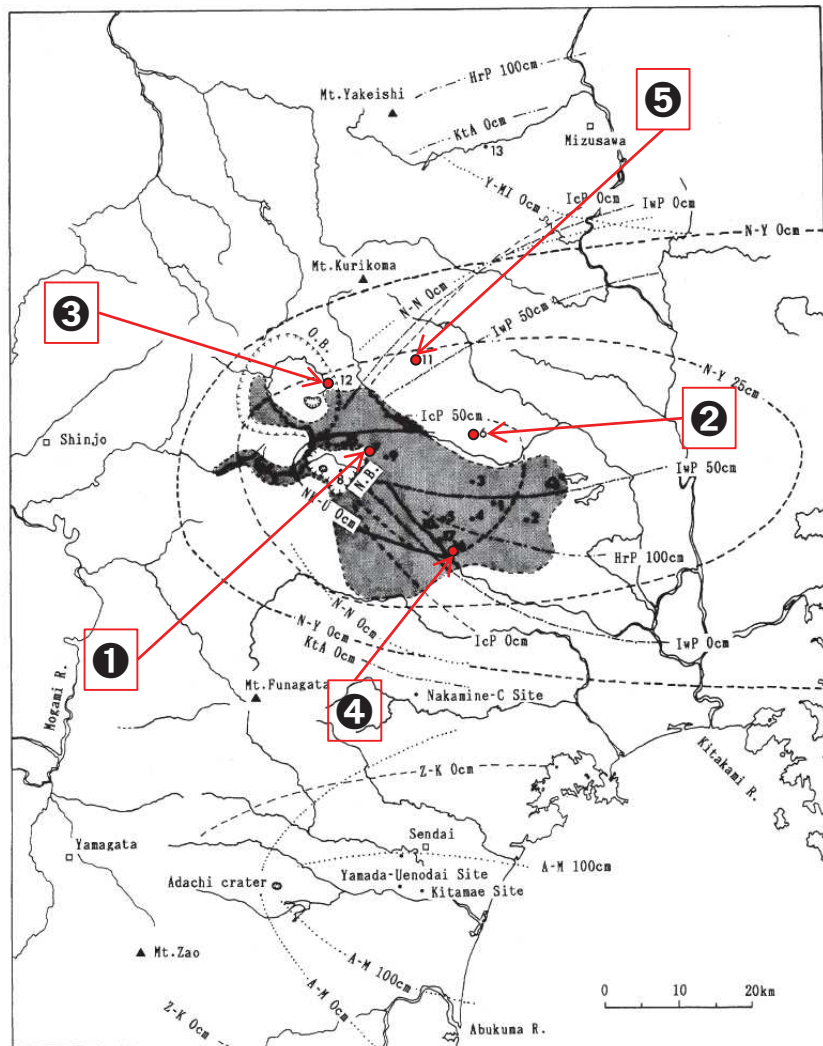
鳴子柳沢	Nr-Y
鳴子荷坂	Nr-N
北原	Kth
鳴子一迫	Nr-It
岩出山	Iwd
下山里	Smy

凡例			
レンズ状		表土	
ユニット区分困難		ローム	
		火山灰	
		鳴子柳沢	Nr-Y
		鳴子荷坂	N-N ₂
			N-N ₁

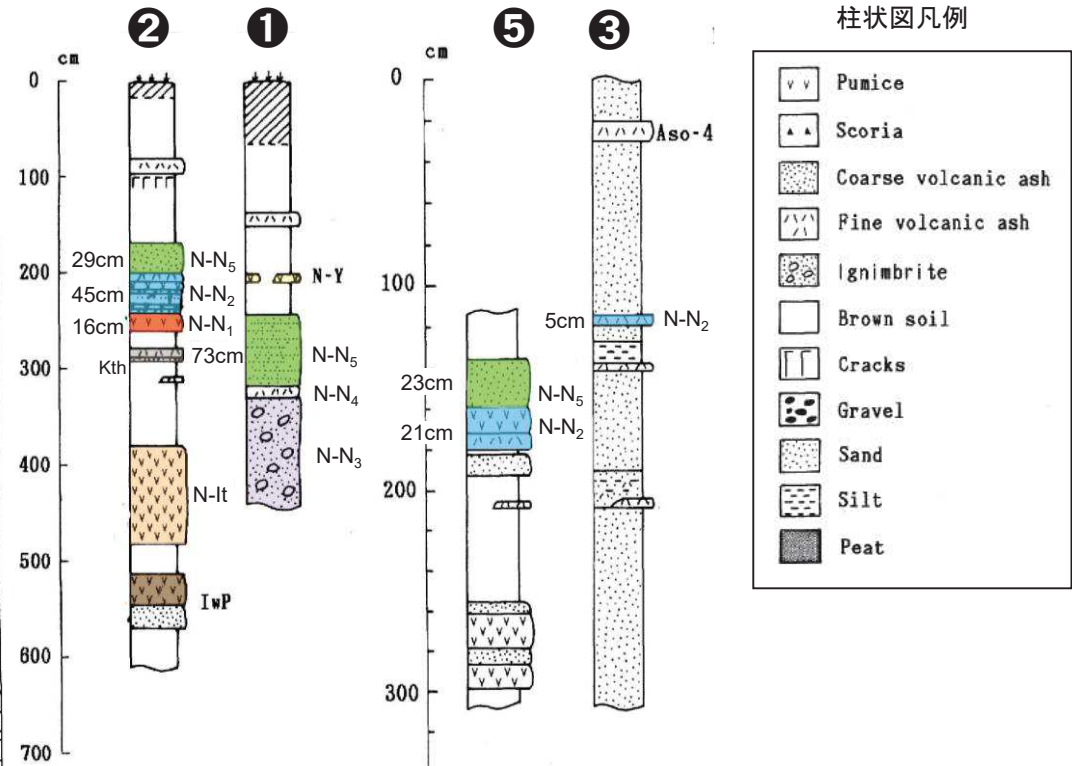


6. 鳴子荷坂の調査結果について【文献調査結果:早田(1989)】

➤ 早田(1989)によれば、5つの地点でN-N₁、N-N₂、N-N₅が示されている。



早田(1989)Fig. 3に一部加筆



早田(1989)Fig. 2, 5に一部加筆

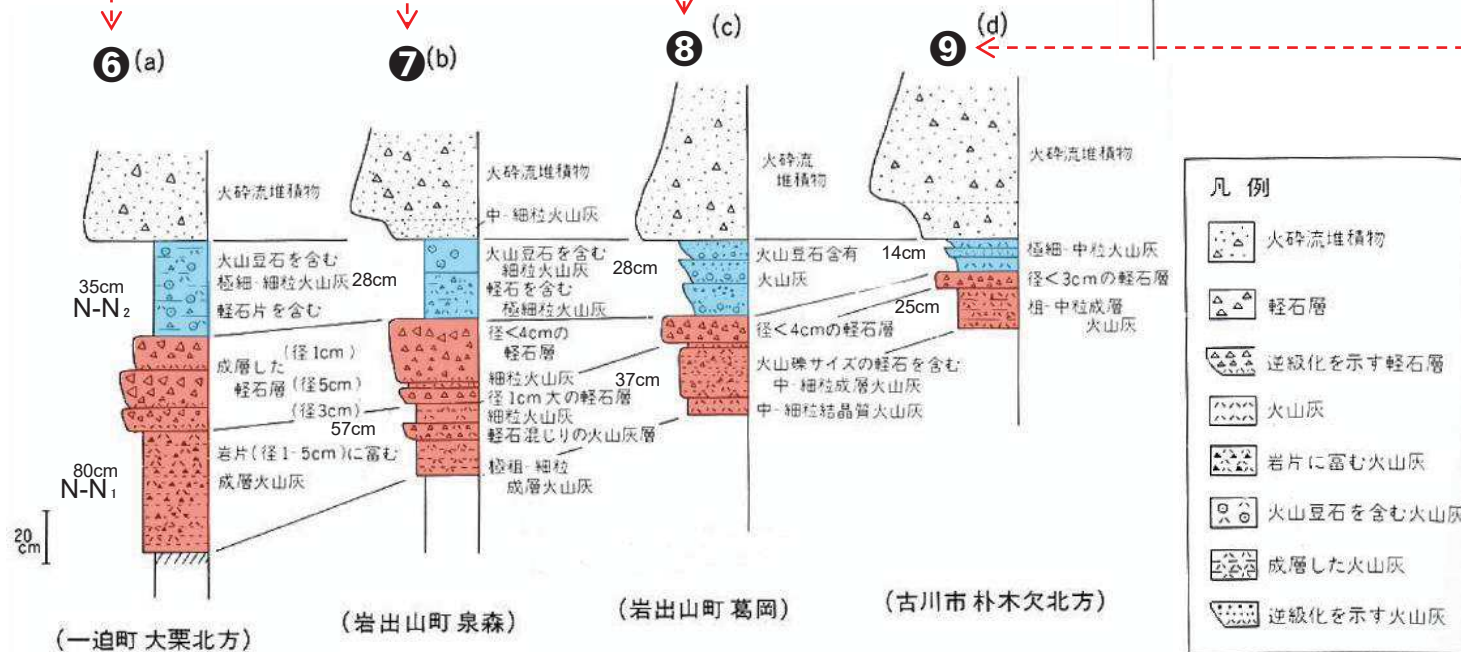
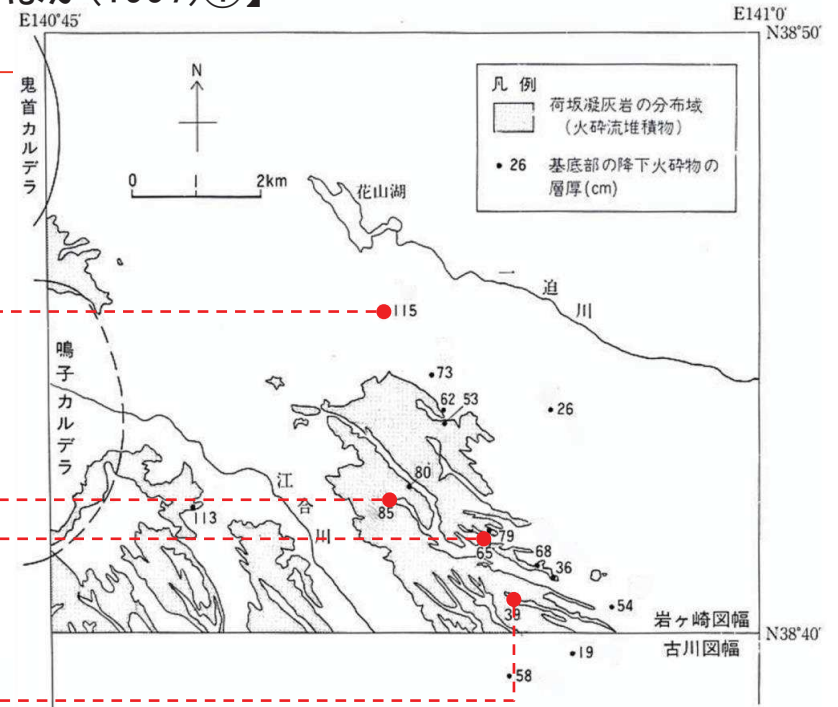
11～12層：下位の12層は、層厚3cmの風化したガラス質の桃色火山灰層で、灰色岩片を含む。含まれる火山ガラスは繊維束状の軽石型である。火山ガラスの屈折率(n)は、1.499～1.502である。また、12層に含まれる重鉱物には、斜方輝石が多く、角閃石や黒雲母がわずかに認められる。斜方輝石の屈折率(γ)は、1.723～1.728である。上位の11層は、層厚27cmの緑灰色の細粒火山灰層である。岩石記載の特徴から、本テフラはN-Nに対比される。層相から、12層はN₂あるいはN₃に対比されると考えられる。また11層は、N₅に対比される。

早田(1989)によれば、左図の④位置に対して左のような記載がある。

N-N₂ : 3cm
N-N₅ : 27cm

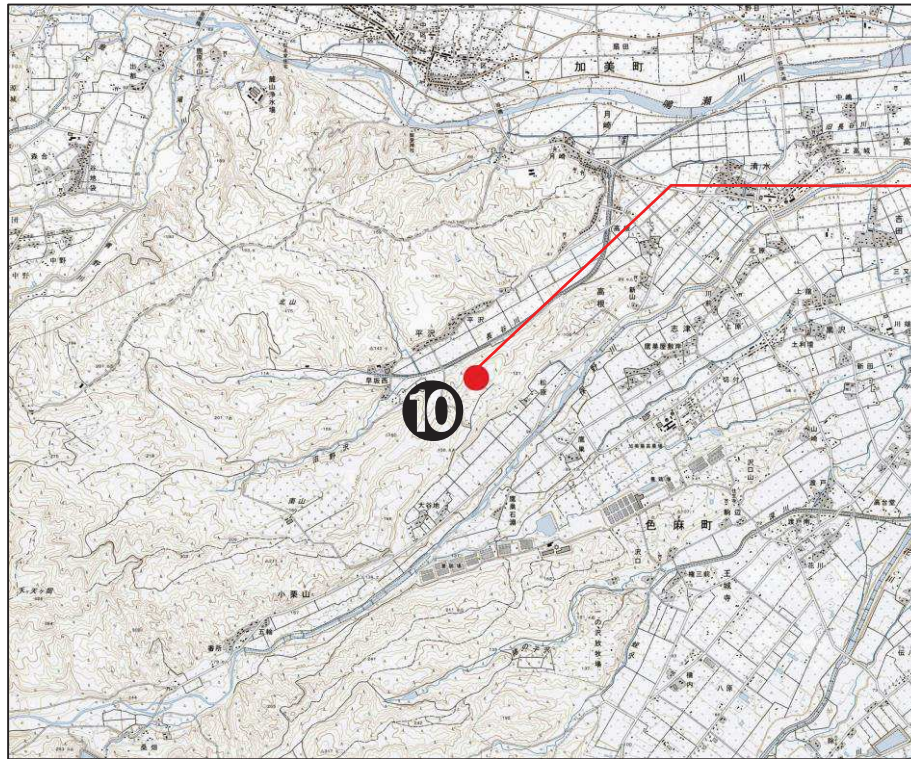
6. 鳴子荷坂の調査結果について【文献調査結果:土谷ほか(1997)①】

土谷ほか(1997)によれば、4つの地点で右下図のような柱状図を示しており、N-N₁とN-N₂に相当するテフラが記載されている。

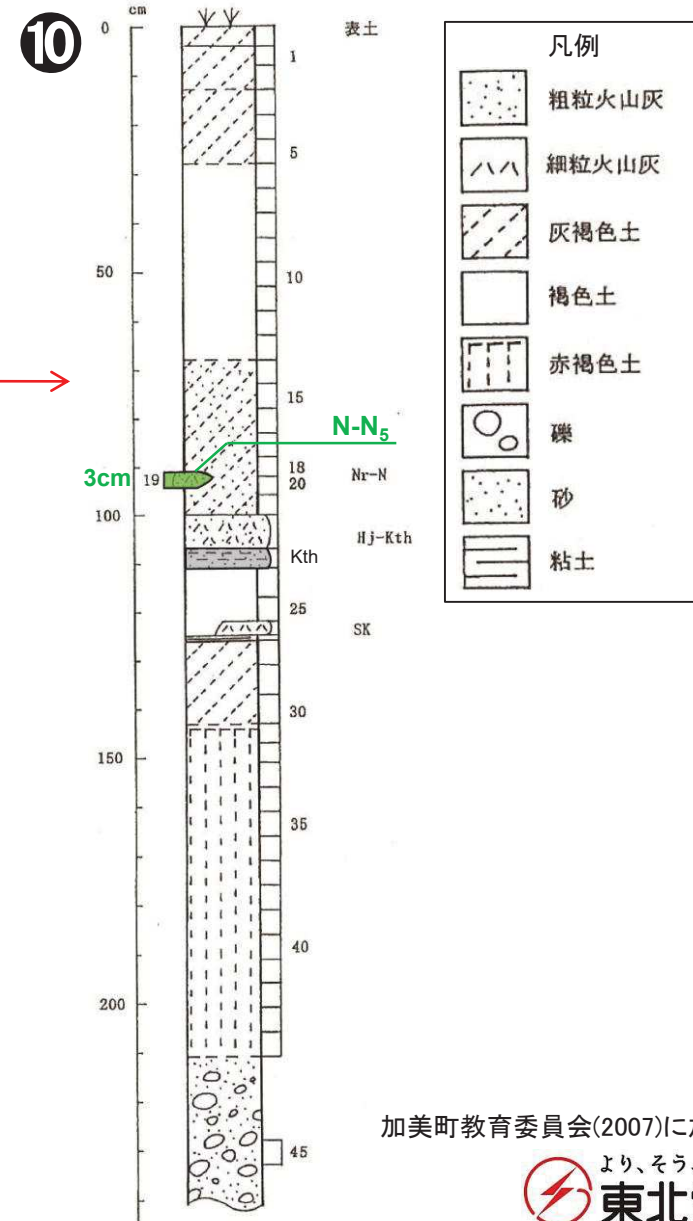


6. 鳴子荷坂の調査結果について 【文献調査結果:加美町教育委員会(2007)】

- 加美町教育委員会(2007)では、「鳴子カルデラから噴出した鳴子荷坂テフラ(Nr-N, 早田(1989), 町田・新井(2011))の最上部の可能性が高い」との記載がある。
- したがって、この地点で確認されたテフラ(約3cm)はN-N₅であると考えられる。



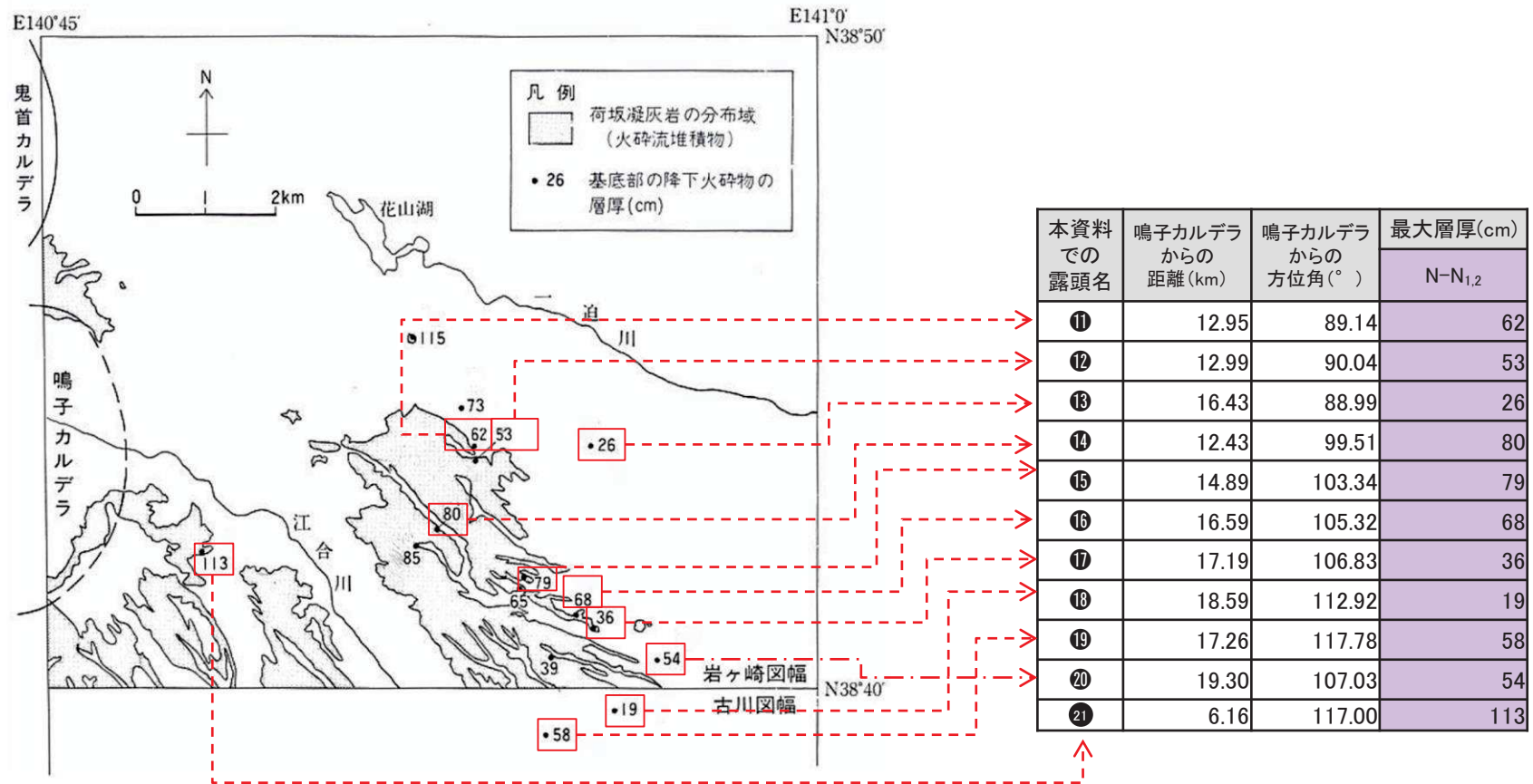
1:25000葉菜山(国土地理院)に加筆



加美町教育委員会(2007)に加筆

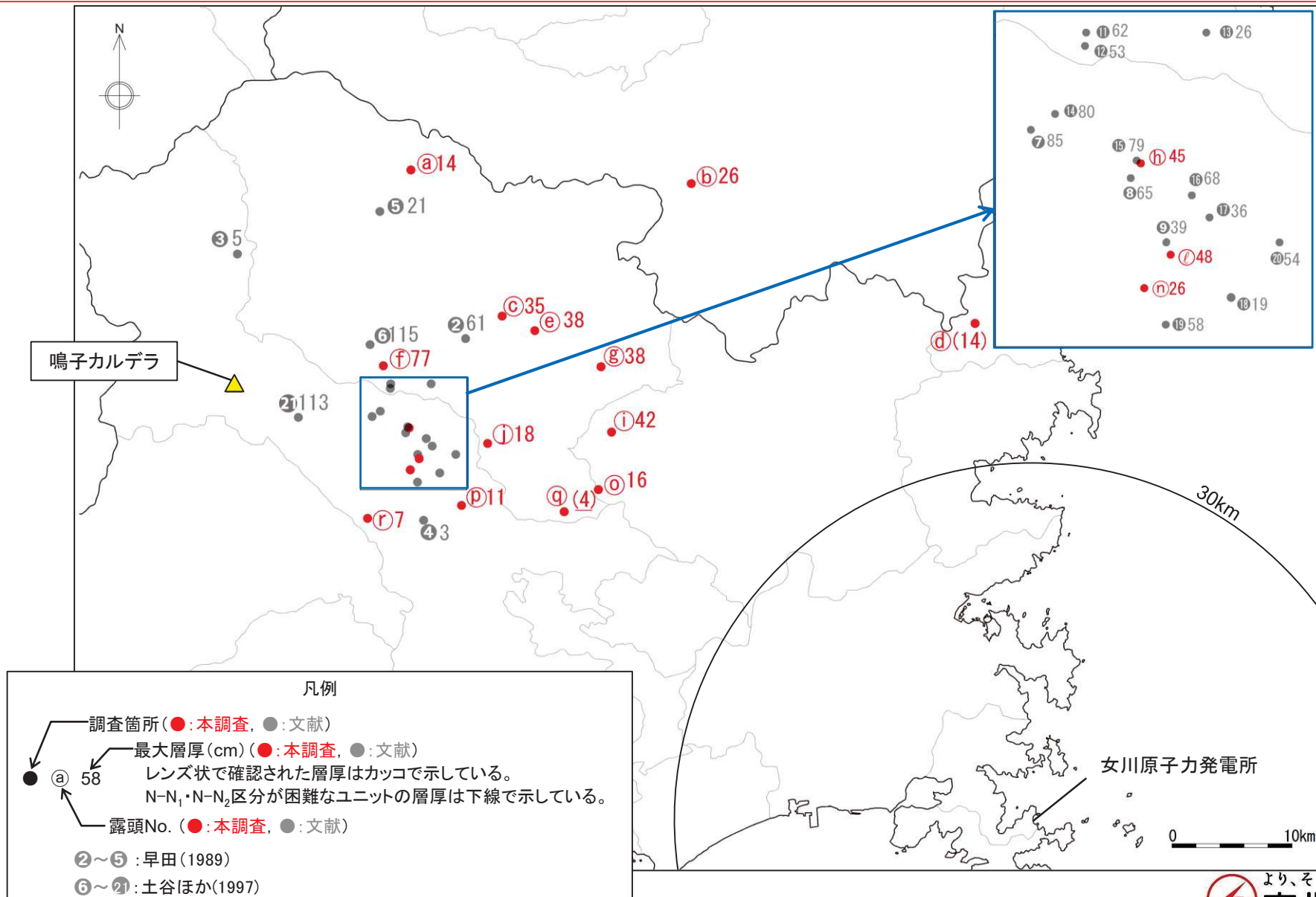
6. 鳴子荷坂の調査結果について【文献調査結果:土谷ほか(1997)②:N-N₁+N-N₂】

- 土谷ほか(1997)によれば、鳴子荷坂凝灰岩の下位にある降下火砕物の層厚が示されている。
- 鳴子荷坂凝灰岩はN-N₃に相当し、その下位にある降下火砕物はN-N₁とN-N₂の積算値であると考えられる。



土谷ほか(1997)に一部加筆

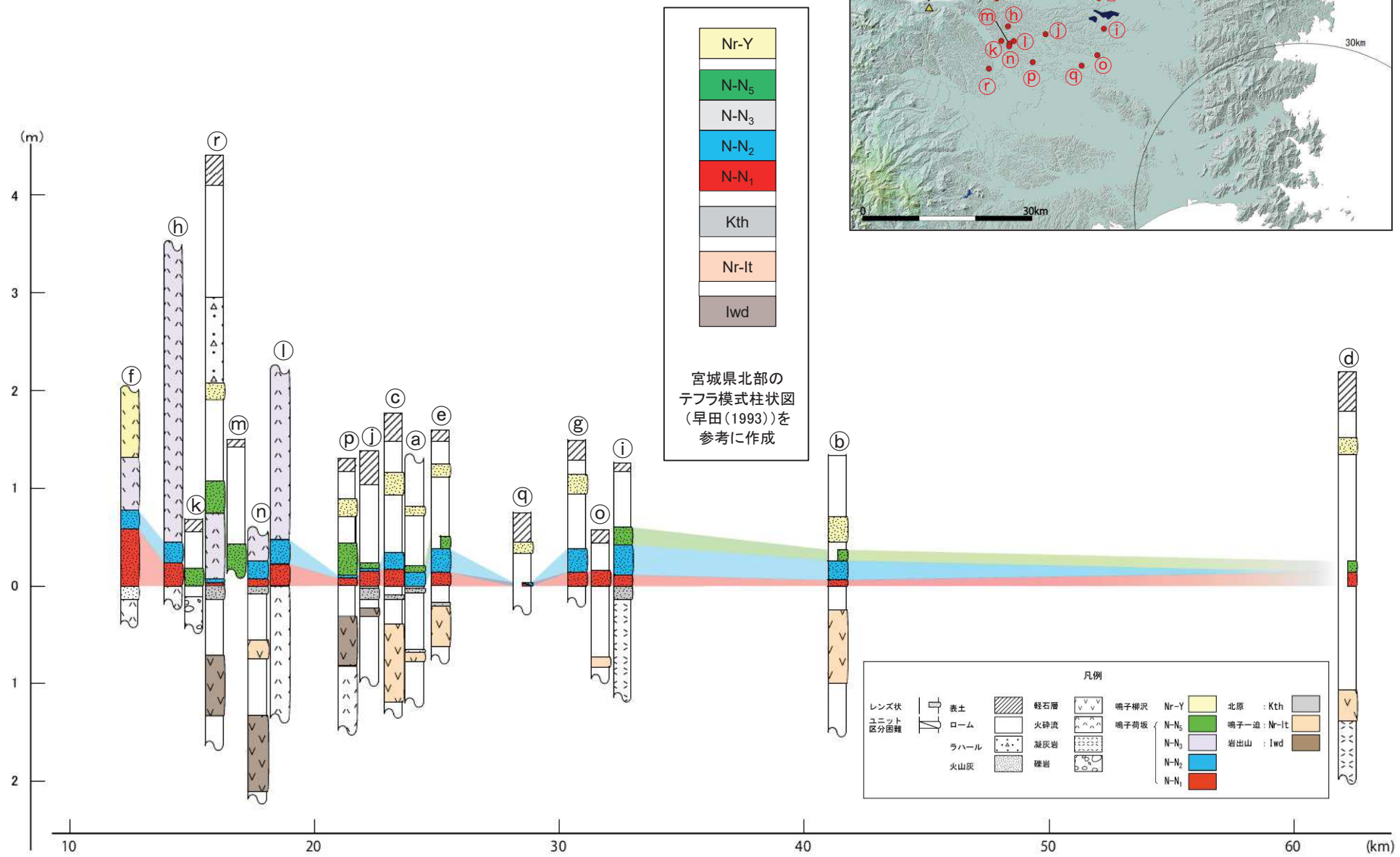
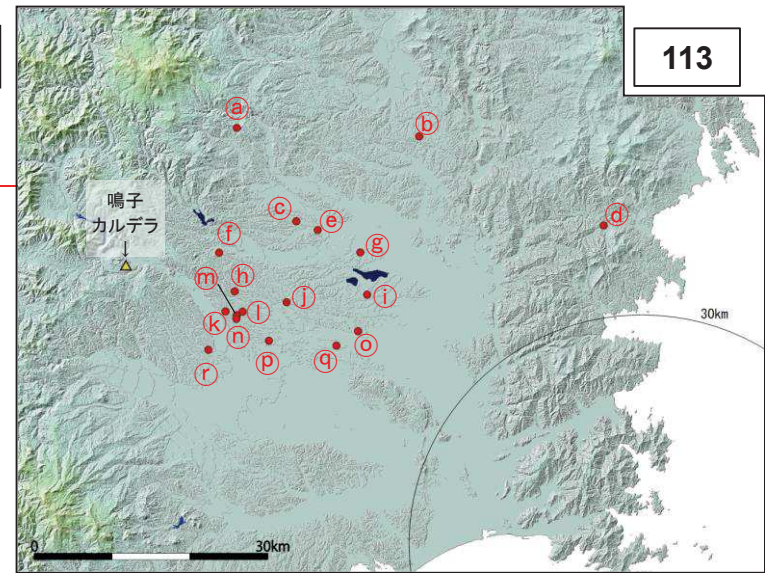
6. 鳴子荷坂の調査結果について【文献調査結果:土谷ほか(1997)③:N-N₁+N-N₂】



6. 鳴子荷坂の調査結果について

【露頭柱状図：鳴子カルデラからの距離で整理】

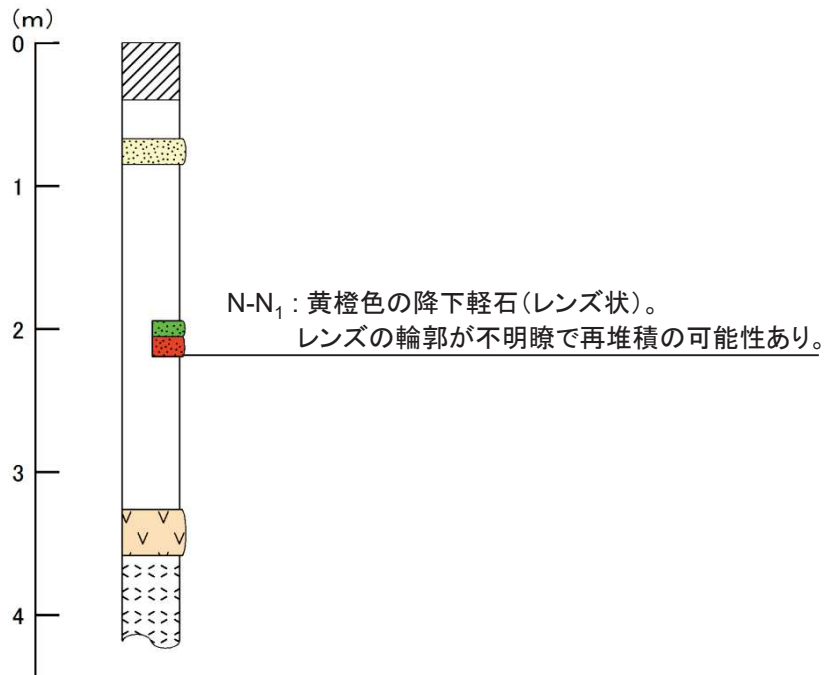
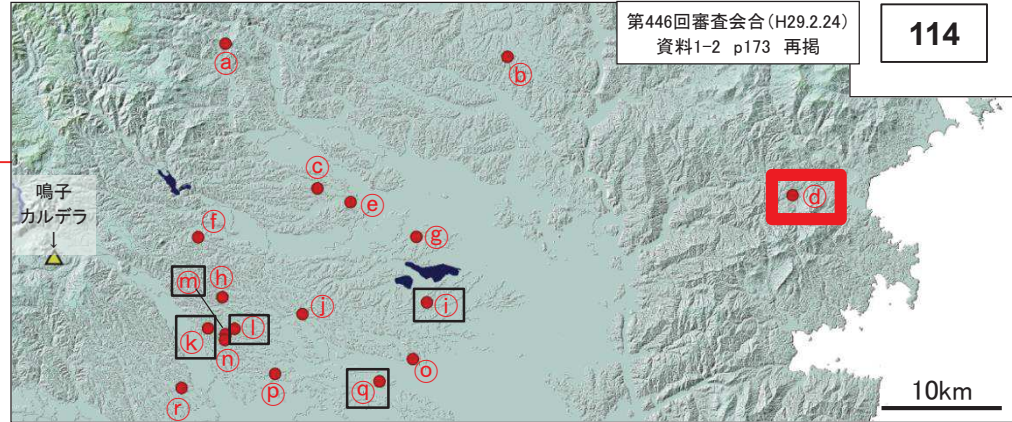
第446回審査会合 (H29.2.24)
資料1-2 p172 再掲



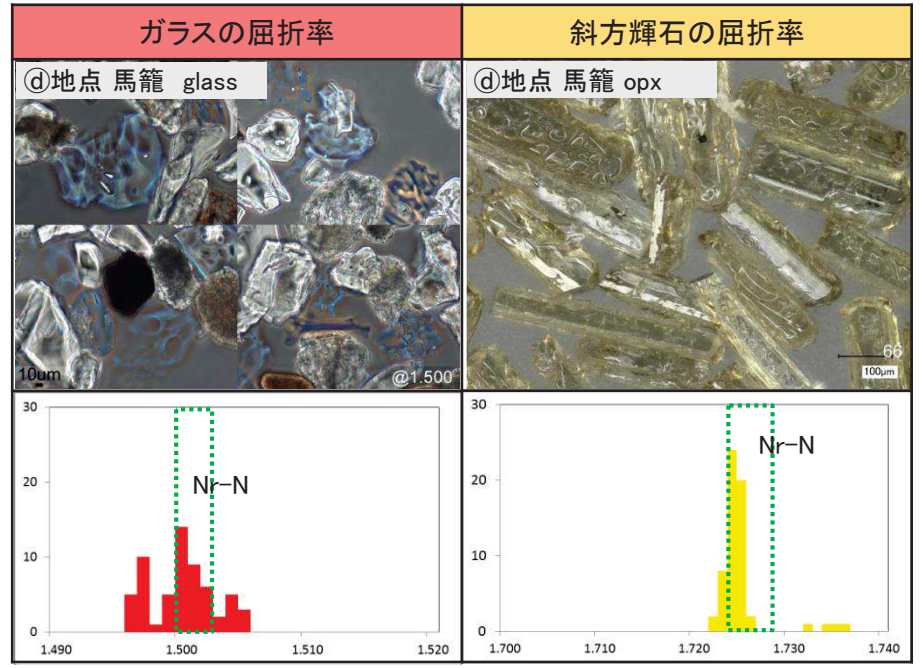
6. 鳴子荷坂の調査結果について

【火山ガラス・斜方輝石の屈折率測定結果】

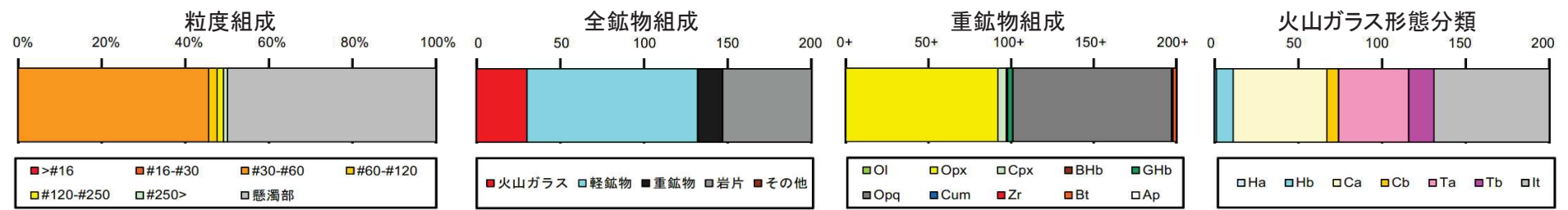
【④地点：N-N₁】



➤ 火山ガラスの屈折率が1.500-1.502にピークを持つこと、斜方輝石の屈折率が1.724-1.728にピークを持つことから、Nr-Nを主として含む。



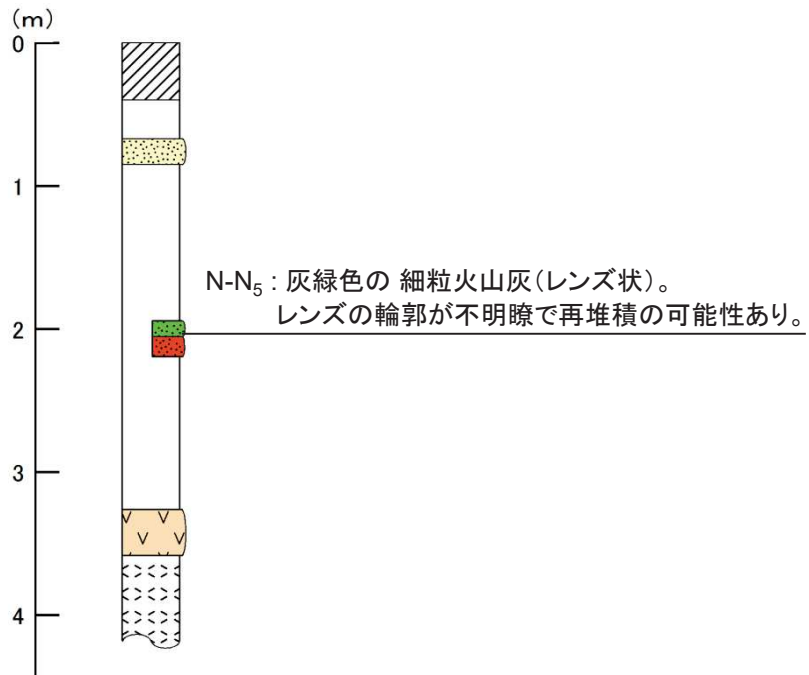
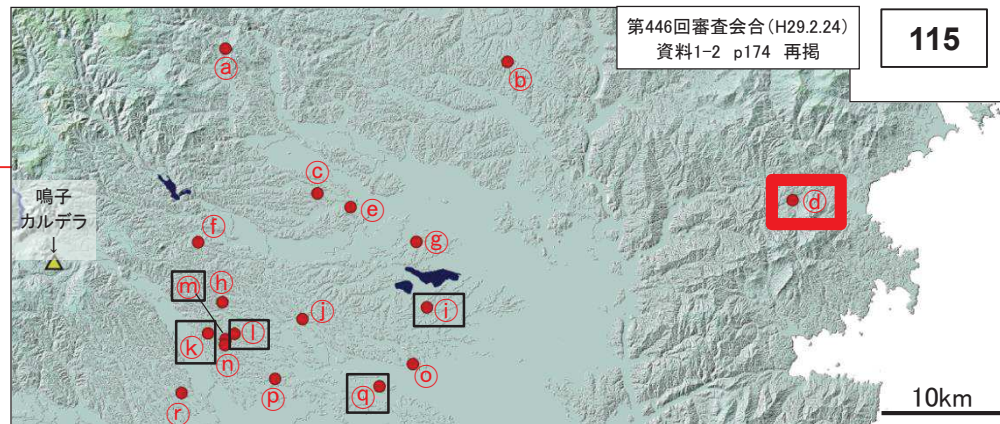
緑枠：Nr-Nの屈折率範囲(町田・新井(2011))より引用



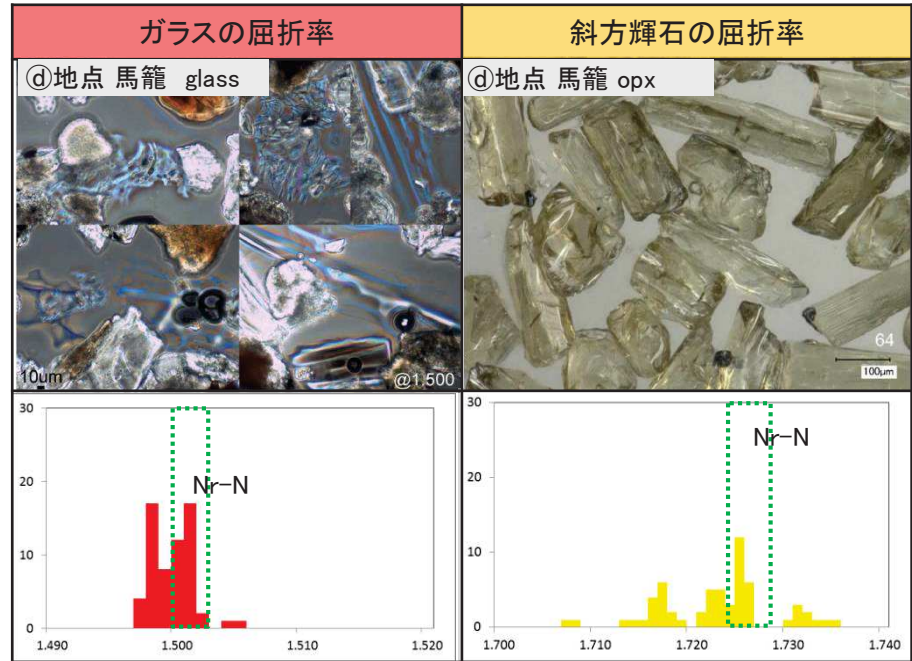
6. 鳴子荷坂の調査結果について

【火山ガラス・斜方輝石の屈折率測定結果】

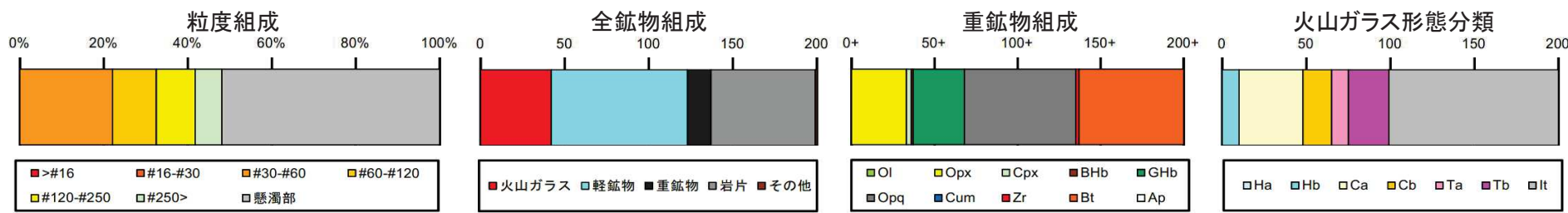
【④地点：N-N₅】



火山ガラスの屈折率が1.500-1.502にピークを持つこと、斜方輝石の屈折率が1.724-1.728にピークを持つことから、Nr-Nを主として含む。



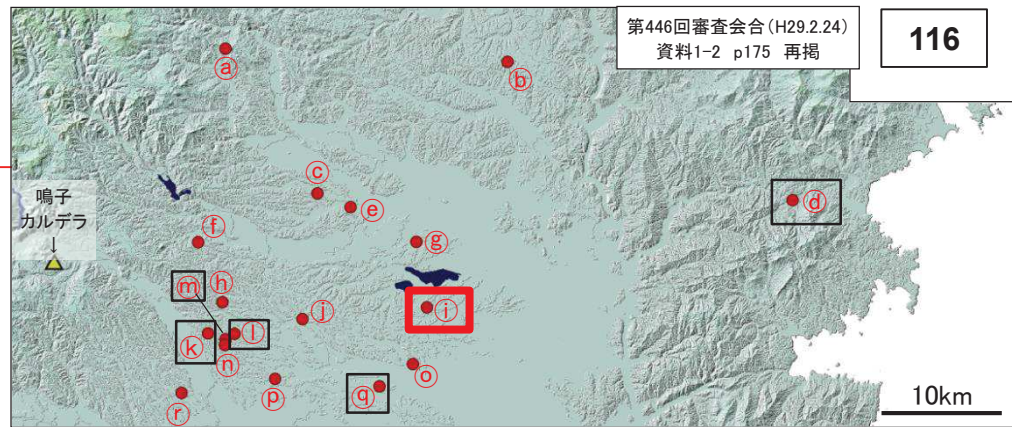
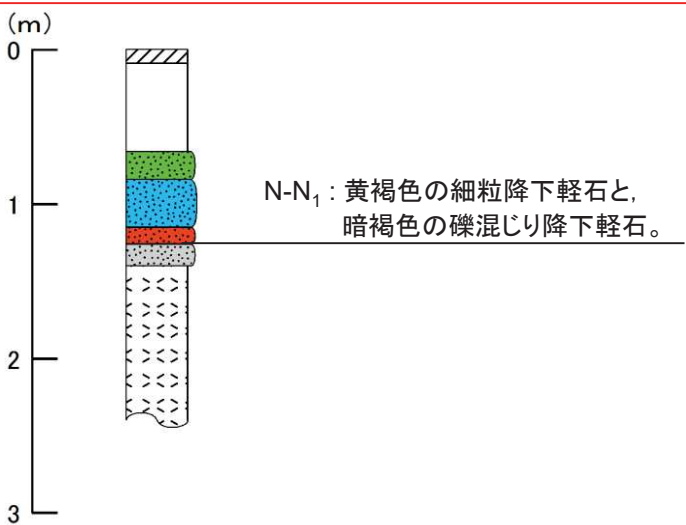
緑枠: Nr-Nの屈折率範囲(町田・新井(2011))より引用



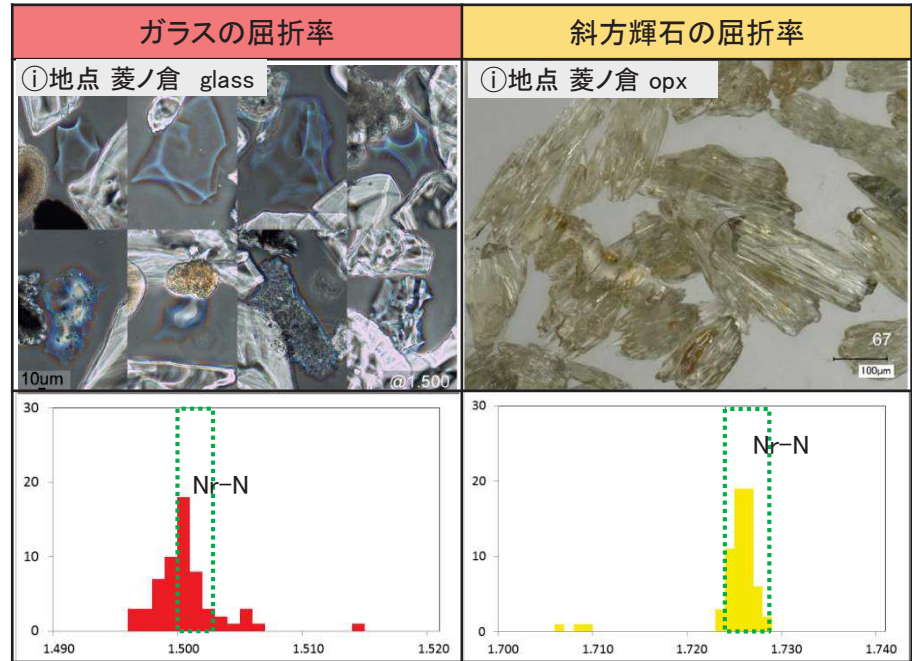
6. 鳴子荷坂の調査結果について

【火山ガラス・斜方輝石の屈折率測定結果】

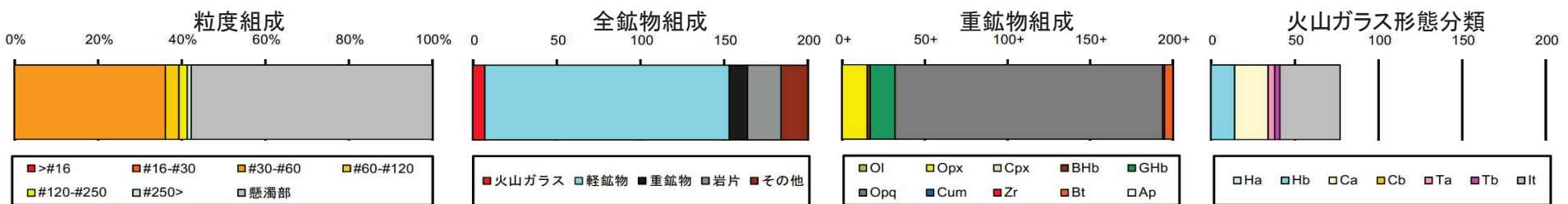
【①地点：N-N₁】



火山ガラスの屈折率が1.500-1.502にピークを持つこと、斜方輝石の屈折率が1.724-1.728にピークを持つことから、Nr-Nを主として含む。



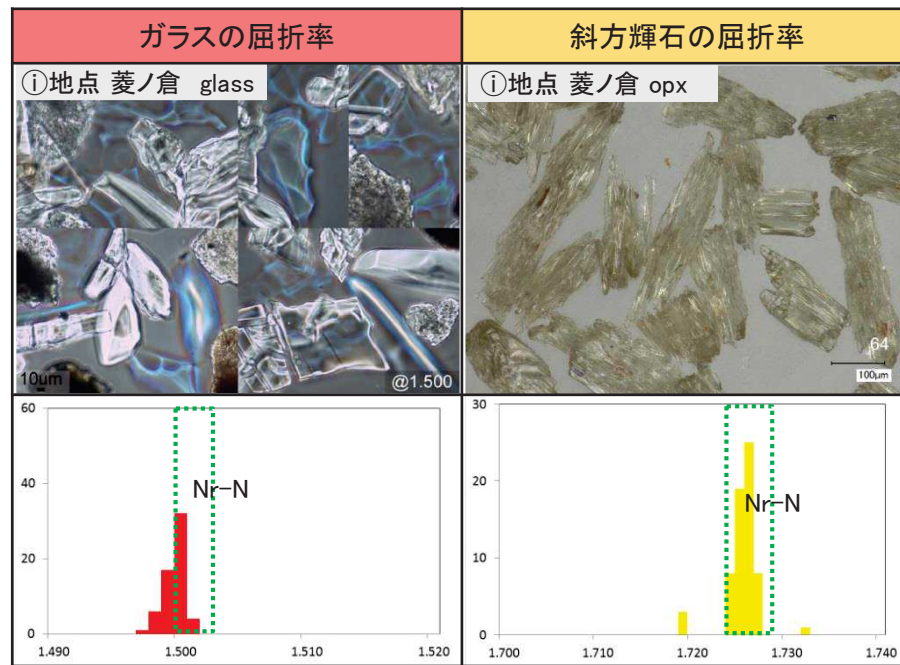
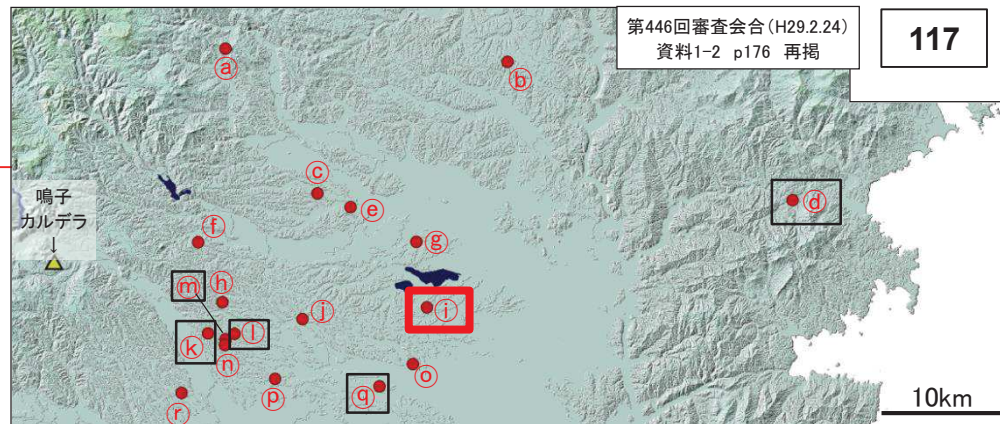
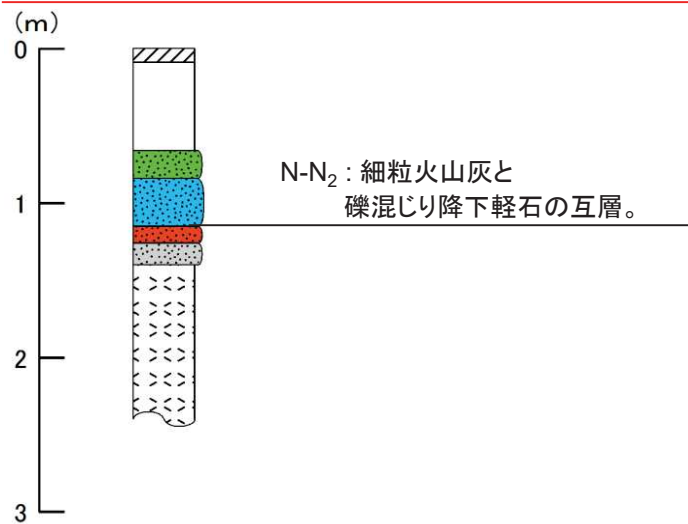
緑枠: Nr-Nの屈折率範囲(町田・新井(2011))より引用



6. 鳴子荷坂の調査結果について

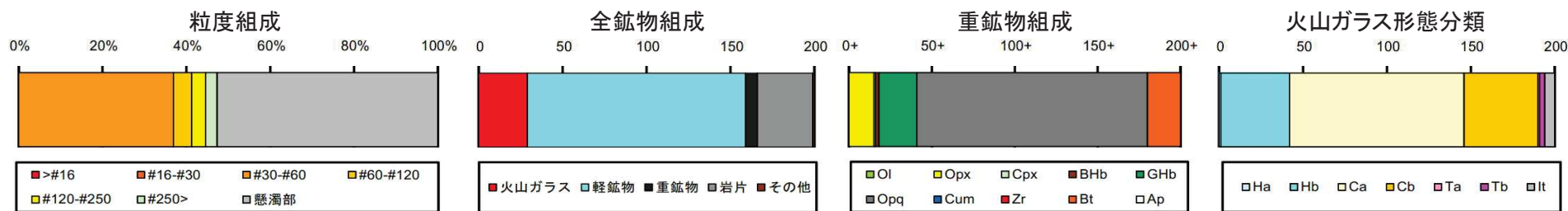
【火山ガラス・斜方輝石の屈折率測定結果】

【①地点：N-N₂】



➤ 火山ガラスの屈折率が1.500-1.502にピークを持つこと、斜方輝石の屈折率が1.724-1.728にピークを持つことから、Nr-Nを主として含む。

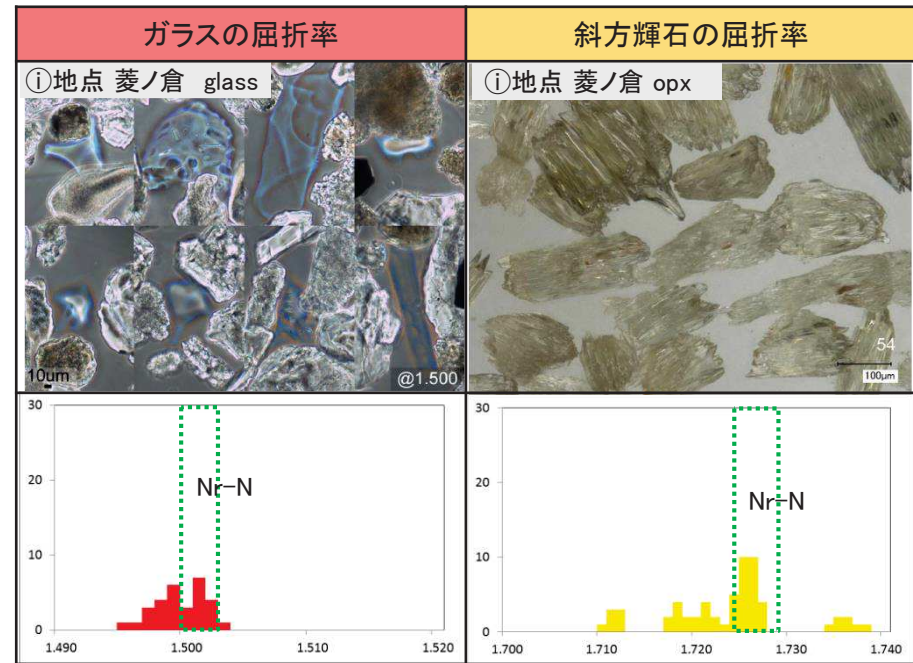
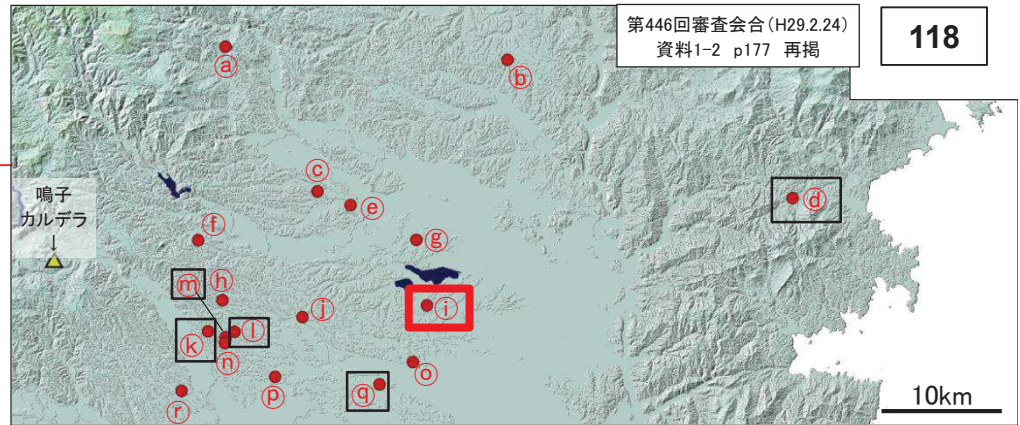
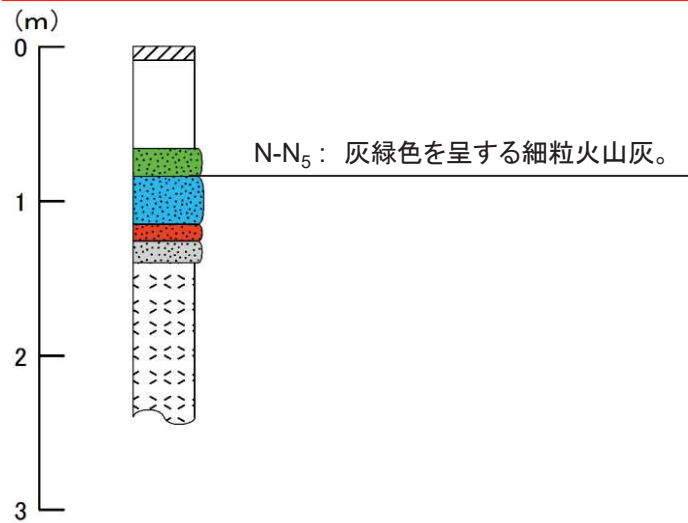
緑枠：Nr-Nの屈折率範囲(町田・新井(2011))より引用



6. 鳴子荷坂の調査結果について

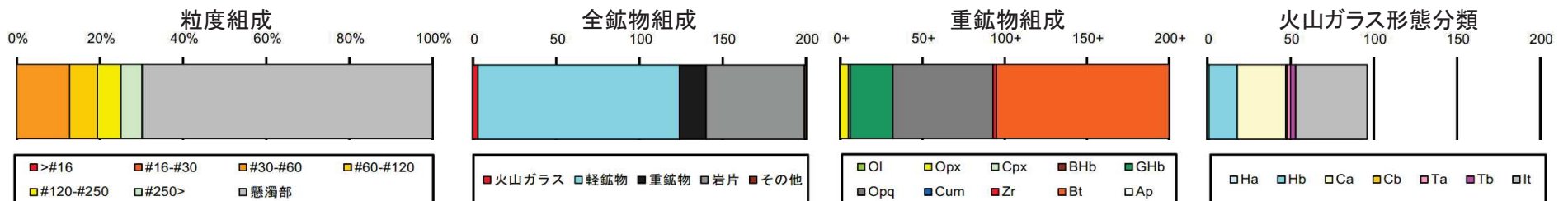
【火山ガラス・斜方輝石の屈折率測定結果】

【①地点：N-N₅】



➤ 火山ガラスの屈折率が1.500-1.502にピークを持つこと、斜方輝石の屈折率が1.724-1.728にピークを持つことから、Nr-Nを主として含む。

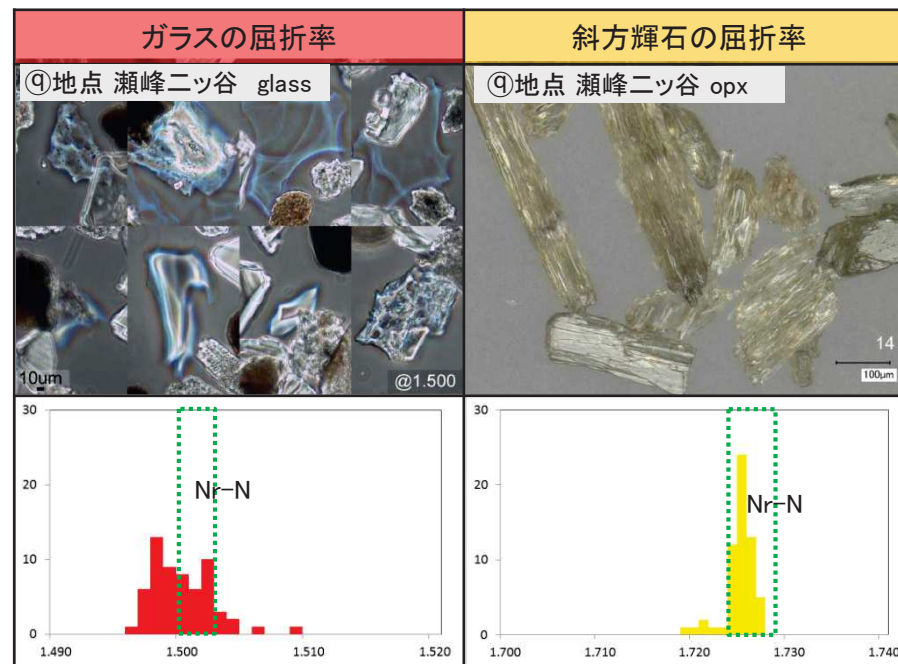
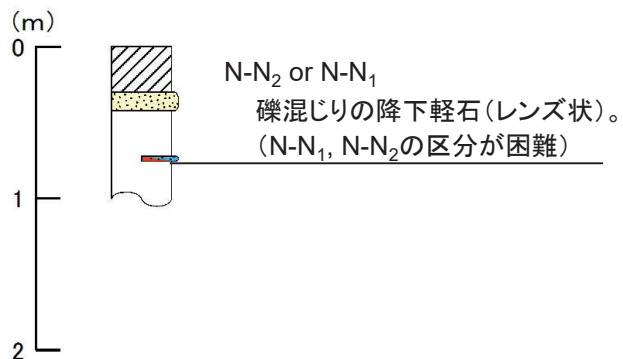
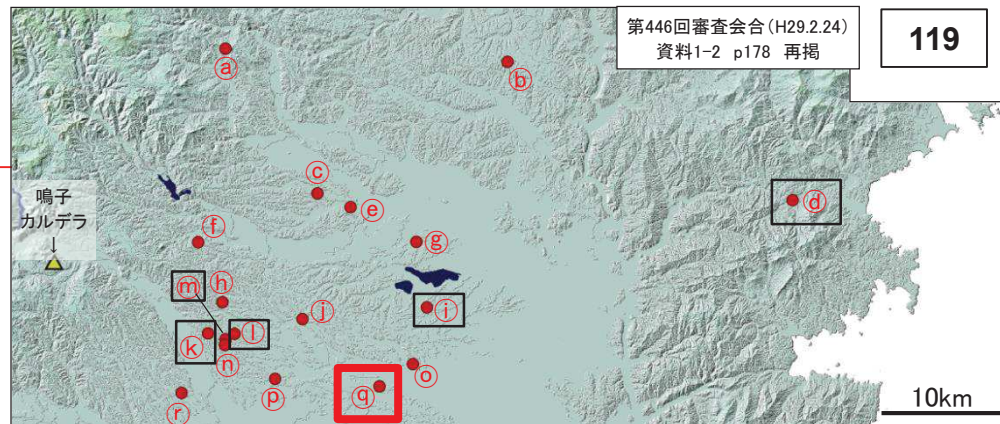
緑枠: Nr-Nの屈折率範囲(町田・新井(2011))より引用



6. 鳴子荷坂の調査結果について

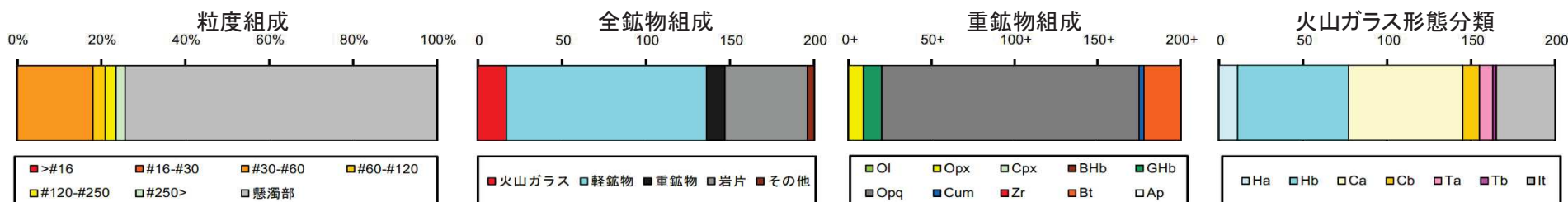
【火山ガラス・斜方輝石の屈折率測定結果】

【㊟地点】



➢ 火山ガラスの屈折率が1.500-1.502で非常に高くなっていること, 斜方輝石の屈折率が1.724-1.728にピークを持つことから, Nr-Nを主として含む。

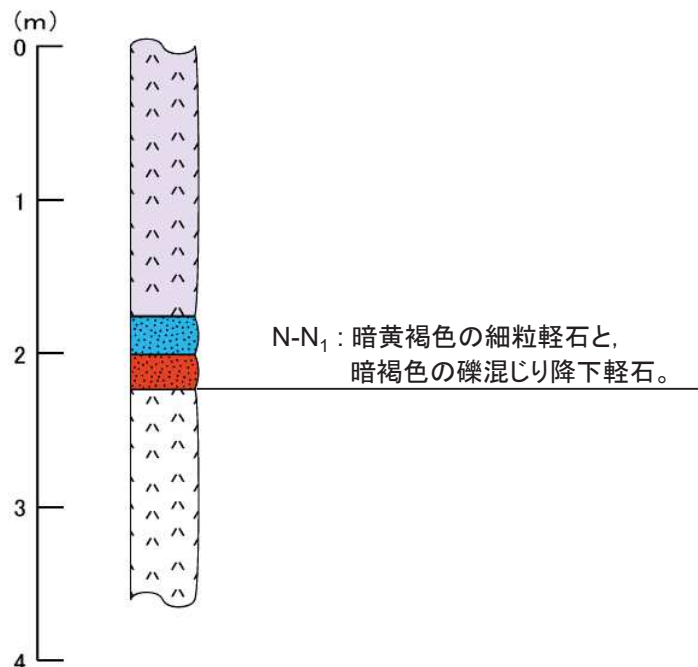
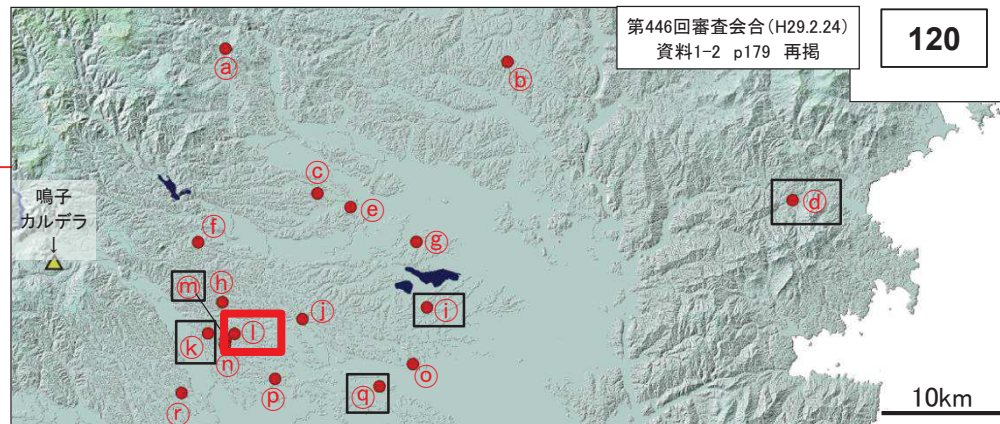
緑枠: Nr-Nの屈折率範囲(町田・新井(2011))より引用



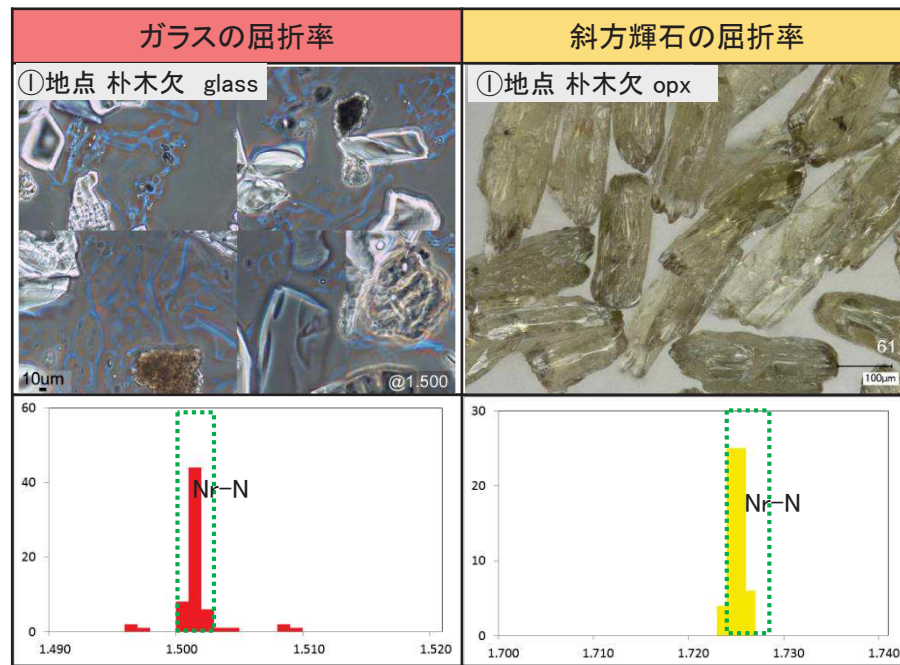
6. 鳴子荷坂の調査結果について

【火山ガラス・斜方輝石の屈折率測定結果】

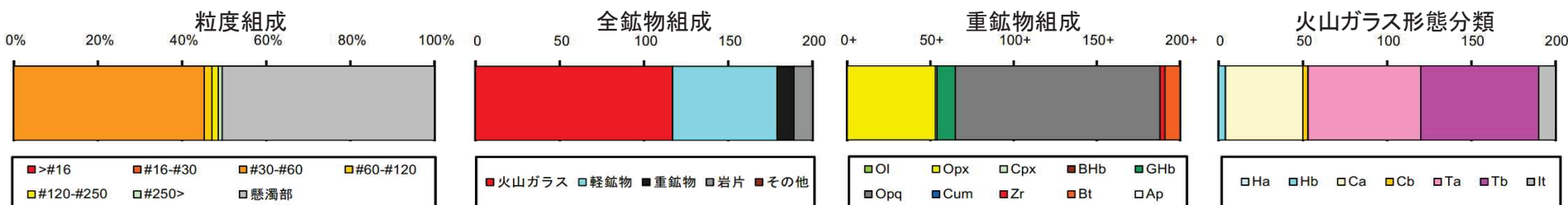
【①地点：N-N₁】



- 火山ガラスの屈折率が1.500-1.502にピークを持つこと、斜方輝石の屈折率が1.724-1.728にピークを持つことから、Nr-Nを主として含む。
- Nr-Nを高純度で含み、比較基準となる標準的な分析結果が呈示されているものと判断される。



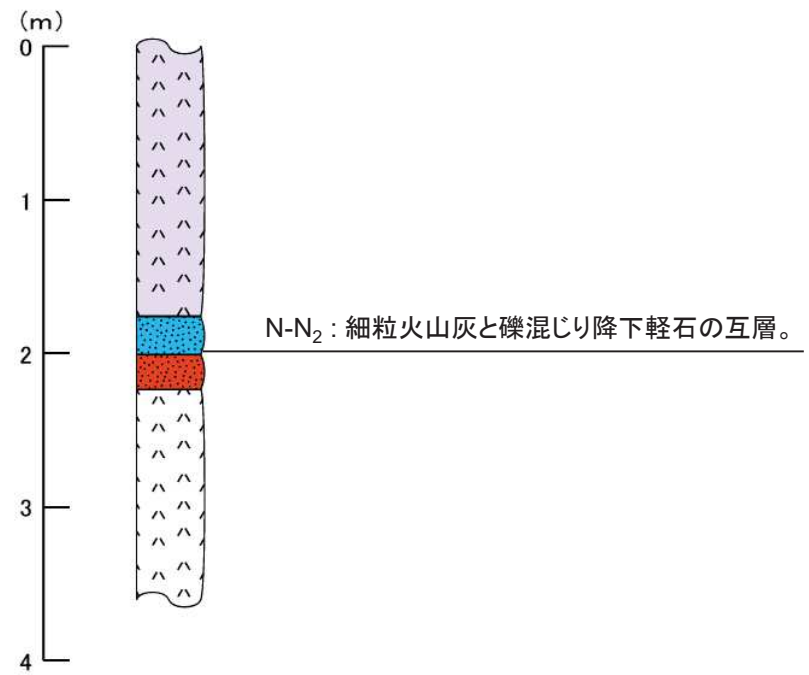
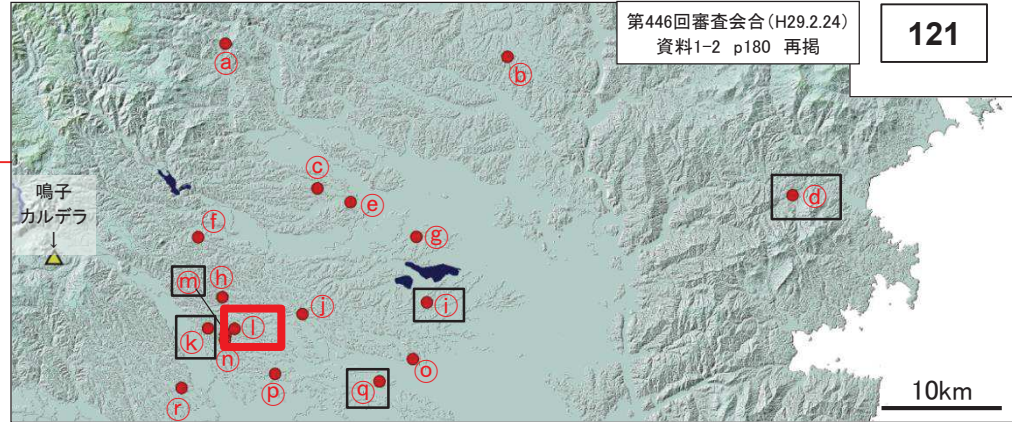
緑枠：Nr-Nの屈折率範囲(町田・新井(2011))より引用



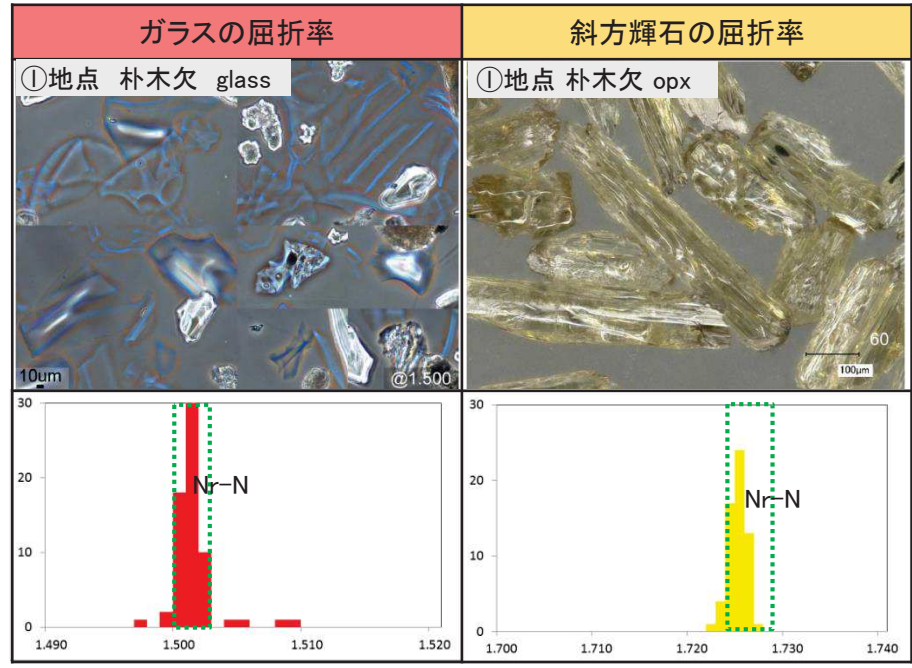
6. 鳴子荷坂の調査結果について

【火山ガラス・斜方輝石の屈折率測定結果】

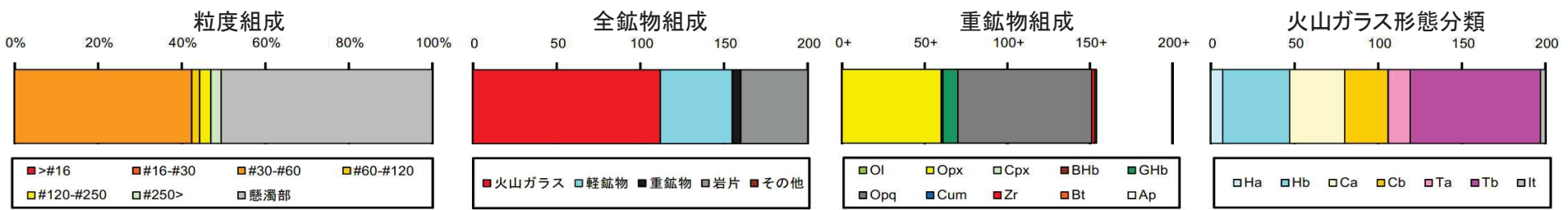
【①地点：N-N₂】



- 火山ガラスの屈折率が1.500-1.502にピークを持つこと、斜方輝石の屈折率が1.724-1.728にピークを持つことから、Nr-Nを主として含む。
- Nr-Nを高純度で含み、比較基準となる標準的な分析結果が呈示されているものと判断される。



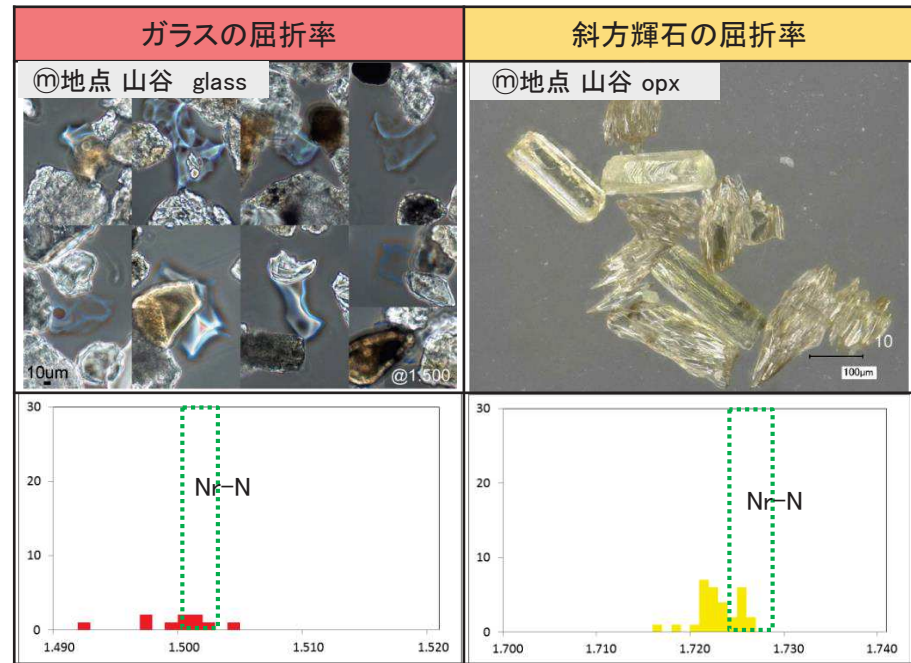
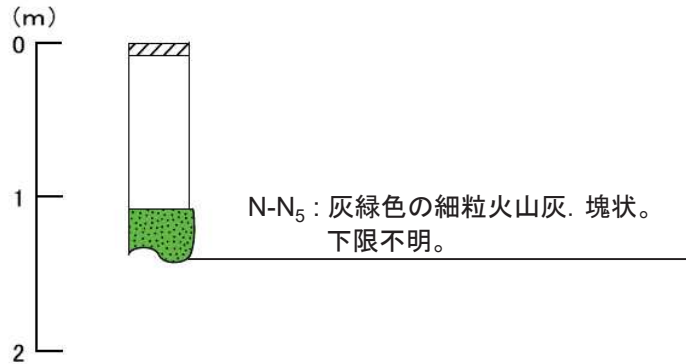
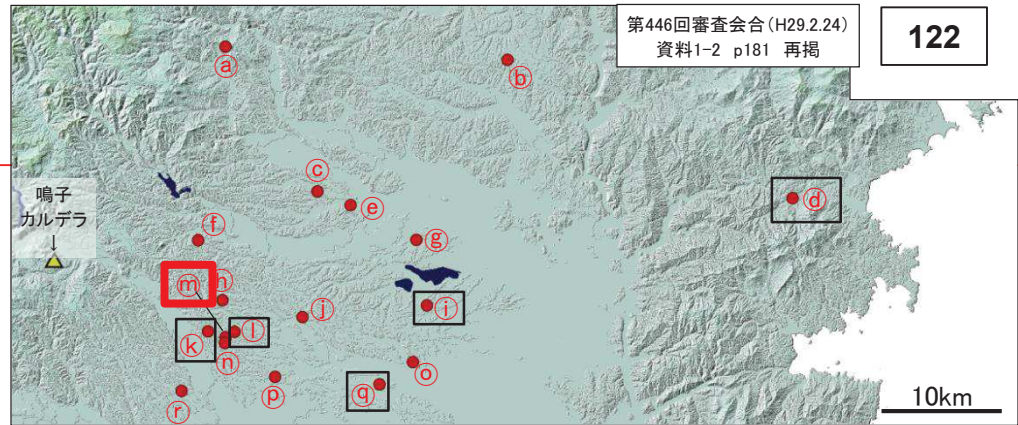
緑枠: Nr-Nの屈折率範囲(町田・新井(2011))より引用



6. 鳴子荷坂の調査結果について

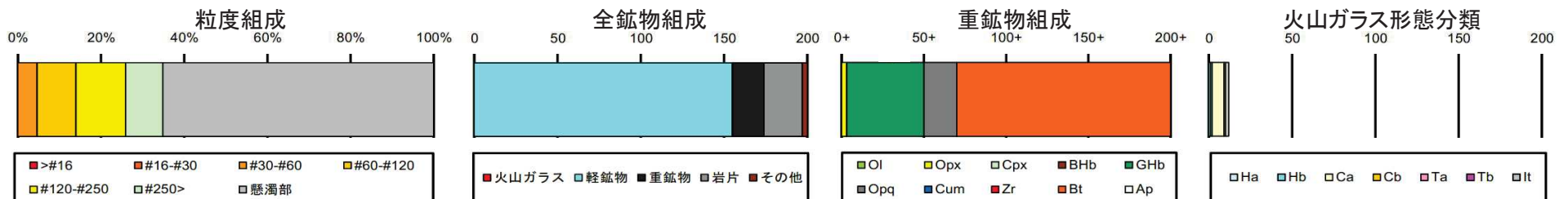
【火山ガラス・斜方輝石の屈折率測定結果】

【(m)地点 : N-N₅】



- 火山ガラスやOpxの含有が乏しい。
- 少数ではあるが火山ガラス・斜方輝石の屈折率がNr-Nのレンジ内に存在し、火山ガラスの形態がNr-Nの特徴と合致するため、一部Nr-Nを含んでいると考えられる。

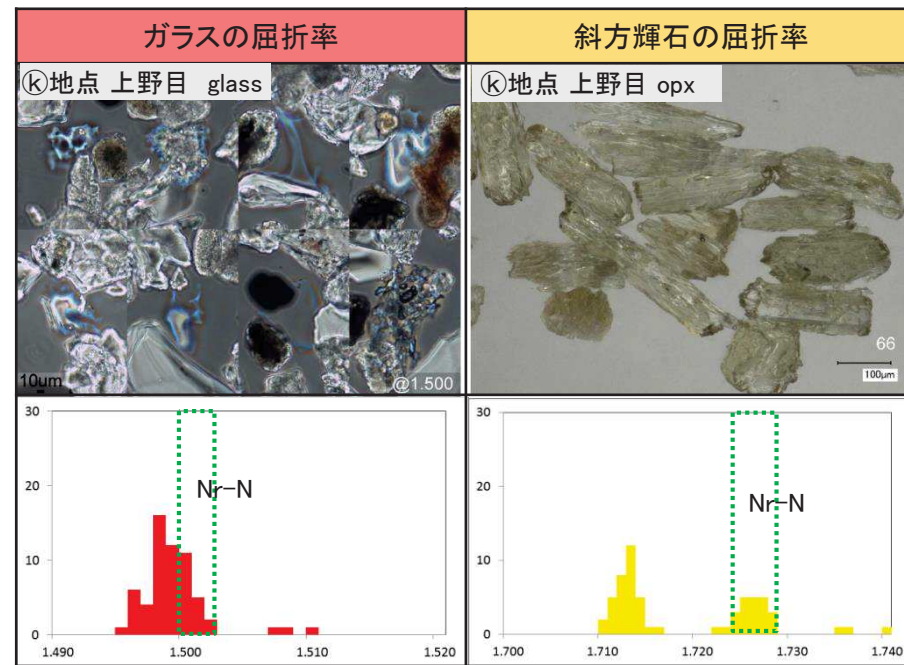
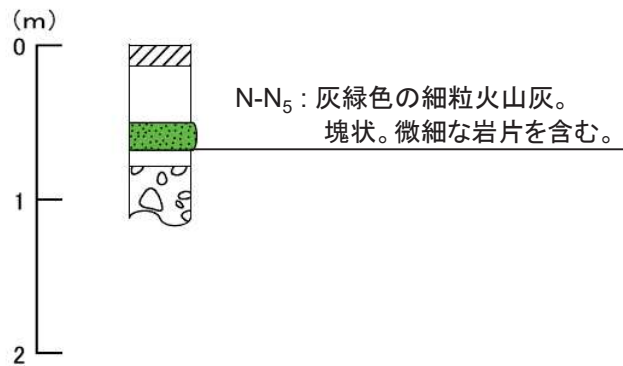
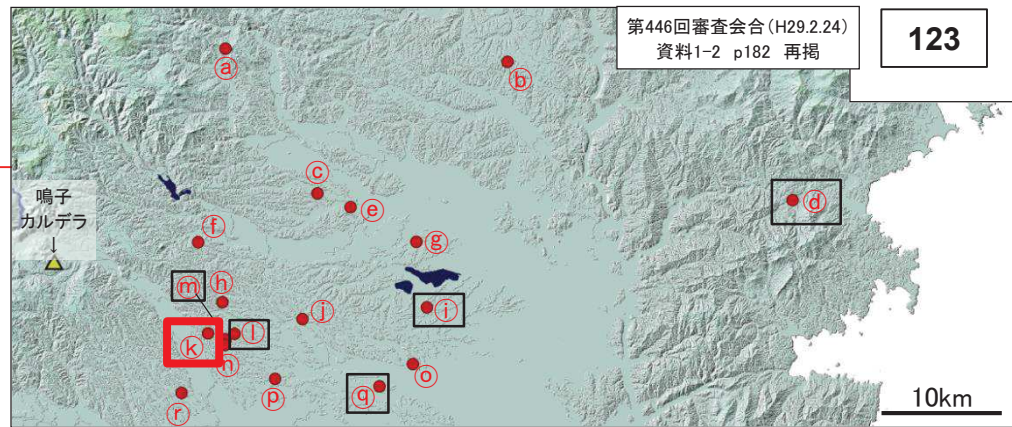
緑枠: Nr-Nの屈折率範囲(町田・新井(2011))より引用



6. 鳴子荷坂の調査結果について

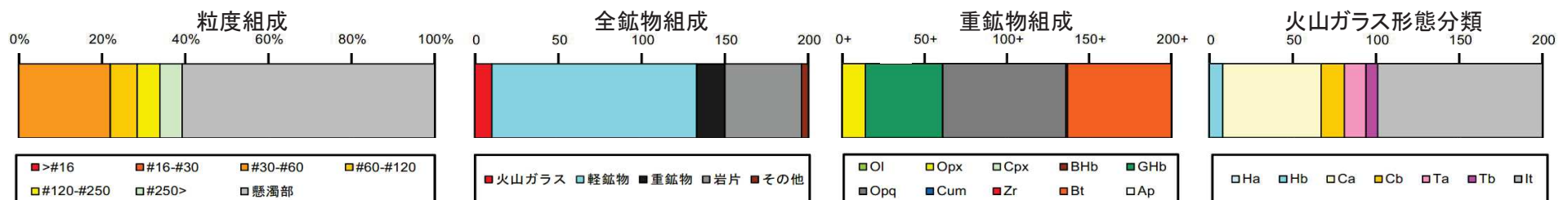
【火山ガラス・斜方輝石の屈折率測定結果】

【(K)地点:N-N₅】

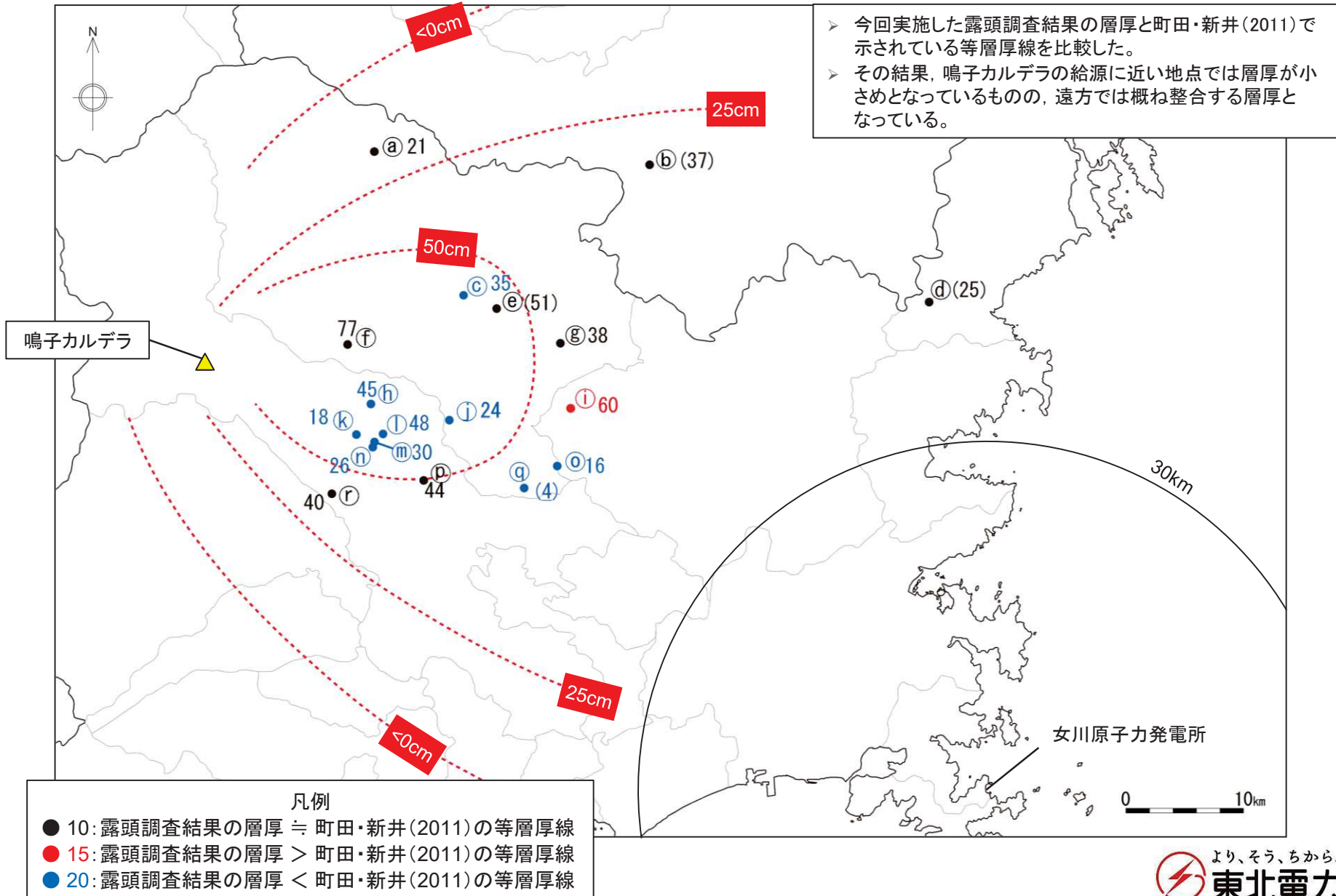


火山ガラスの屈折率が1.500-1.502で高くなっていること、斜方輝石の屈折率が1.724-1.728で高くなっていることから、Nr-Nを主として含む。

緑枠: Nr-Nの屈折率範囲(町田・新井(2011))より引用



6. 鳴子荷坂の調査結果について【調査結果と町田・新井(2011)の等層厚線との比較】



6. 鳴子荷坂の調査結果について 【噴出量の検討:立体化の条件・パラメータ】

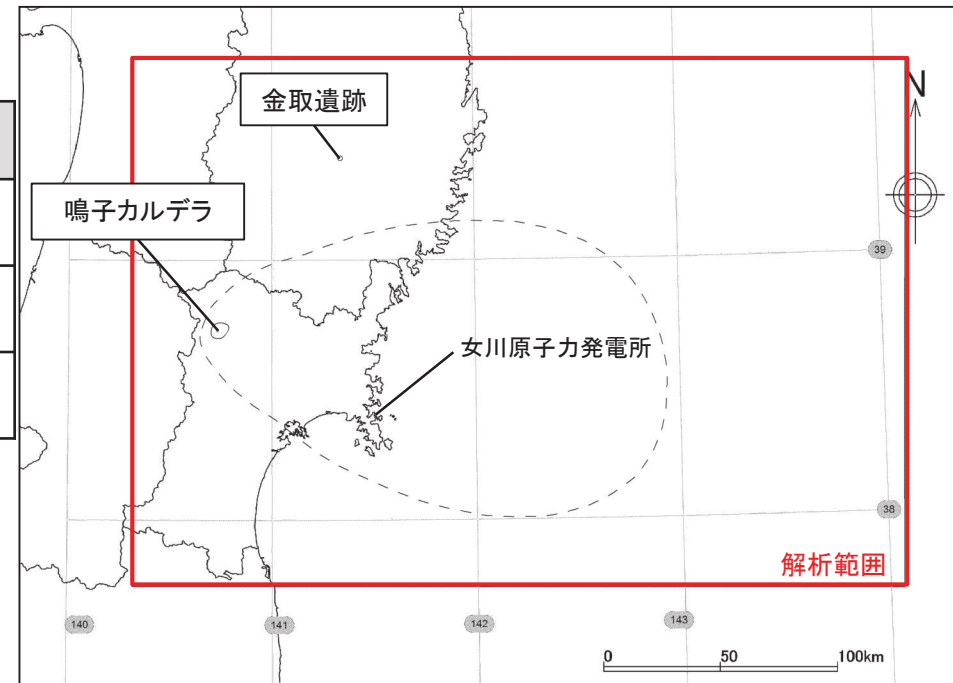
【条件】

- 鳴子カルデラ近傍での堆積厚さは、N-N_{1,2}、N-N₅ともに須藤ほか(2007)を参考に200cmとする。
- 堆積厚さ200cmとする範囲は、土谷ほか(1997)を参考に鳴子カルデラの形状(面積:約40.2km²)とする。
- N-N_{1,2}とN-N₅の0cmの線は、菊池ほか(2015)の金取遺跡地点を包含するように須藤ほか(2007)で示されている0cmの線の面積を2倍とし、分布軸方向の検討結果を踏まえて回転させる。

【立体化のパラメータ等】

- 立体化に際しては、野々垣ほか(2008)が開発した曲面推定プログラムBS-Horizonを用いて、等層厚線間から3次B-スプライン曲面を生成させて行った。
- 用いた設定値を以下に示す。

設定事項	設定値	根拠
格子数 (1kmメッシュ)	331 × 226	右図のとおり設定。
α値(ペナルティ)	min: 1 max: 100	塩野ほか(2001)より設定。
面の硬さ	m ₁ =0.5 m ₂ =0.5	塩野ほか(1986)より設定。 ※m ₁ =1, m ₂ =1で直線補完となる。



----- 須藤ほか(2007)のNr-N:0cm等層厚線

6. 鳴子荷坂の調査結果について 【噴出量の検討:遠方で確認されたNr-N】

【文献調査】 菊池ほか(2015)によれば, 岩手県遠野市の金取遺跡の露頭でNr-Nが確認されている。
金取遺跡は, 鳴子カルデラから約90km(北北東方向)離れている。

【噴出量の算出】 N-N_{1,2}とN-N₅の噴出量を算出するための立体化において, この金取遺跡地点を包含するよう0cmの線を設定した。

【シミュレーション】 N-N_{1,2}とN-N₅の再現シミュレーションにおいて, 金取遺跡地点では約2~3mm堆積する結果となったことを確認した。

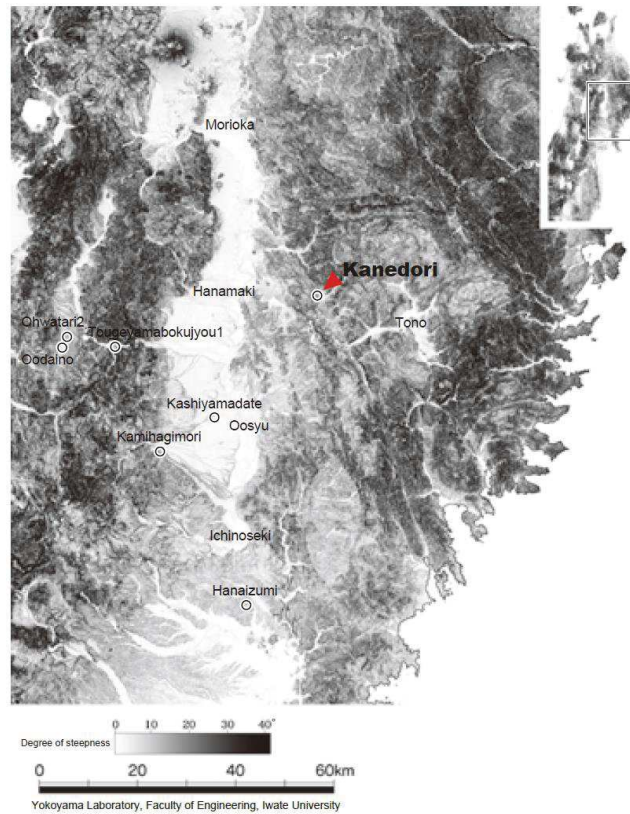


Fig.2 Map of referred Paleolithic sites in Iwate. Yokoyama Laboratory, Faculty of Engineering, Iwate University

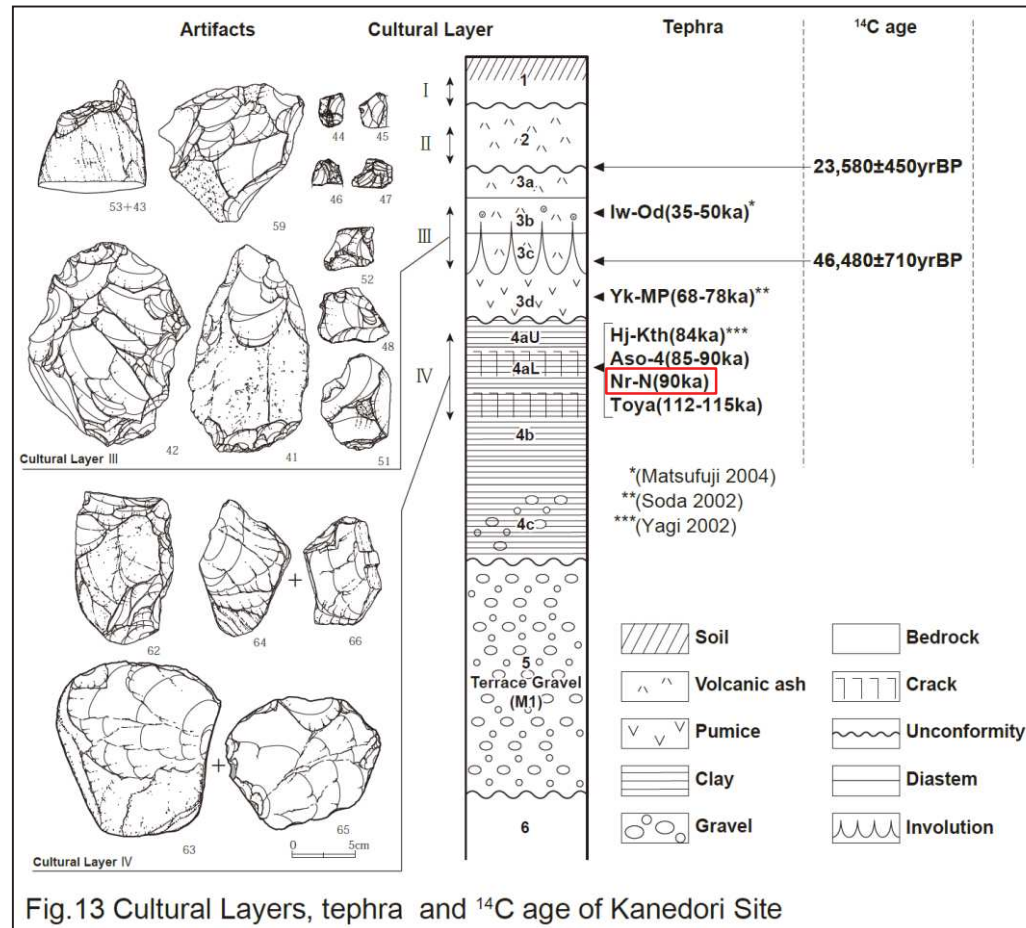
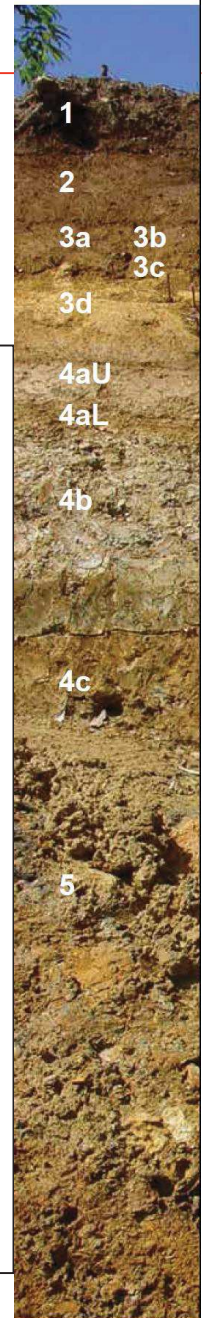


Fig.13 Cultural Layers, tephra and ¹⁴C age of Kanedori Site



菊池ほか(2015)に一部加筆

7. 中野ほか編(2013)のWEB版の更新内容を踏まえた 影響検討について

7. 中野ほか編(2013)のWEB版の更新内容を踏まえた影響検討について【奥宮山】

- 敷地を中心とする半径160kmの範囲の第四紀火山については、中野ほか編(2013)を参考に抽出しており、このうち、高松岳(D42)については、奥宮山を含めて活動年代等を整理している。
- この中野ほか編(2013)にはWEB版があり、2019年3月19日の更新において、高松岳から奥宮山を分離したことが記載されている。
- ただし、WEB版の更新にあたり、2013年の発行以降に新たな文献等が追加されたものではなく、参照している文献は同じであるため、これまでどおり、奥宮山を高松岳に含めた形で整理し、第四紀火山には含めないこととする。
- なお、念のため、奥宮山の活動性について検討を行い、「原子力発電所に影響を及ぼし得る火山」に該当しないことを確認した。

奥宮山の概要

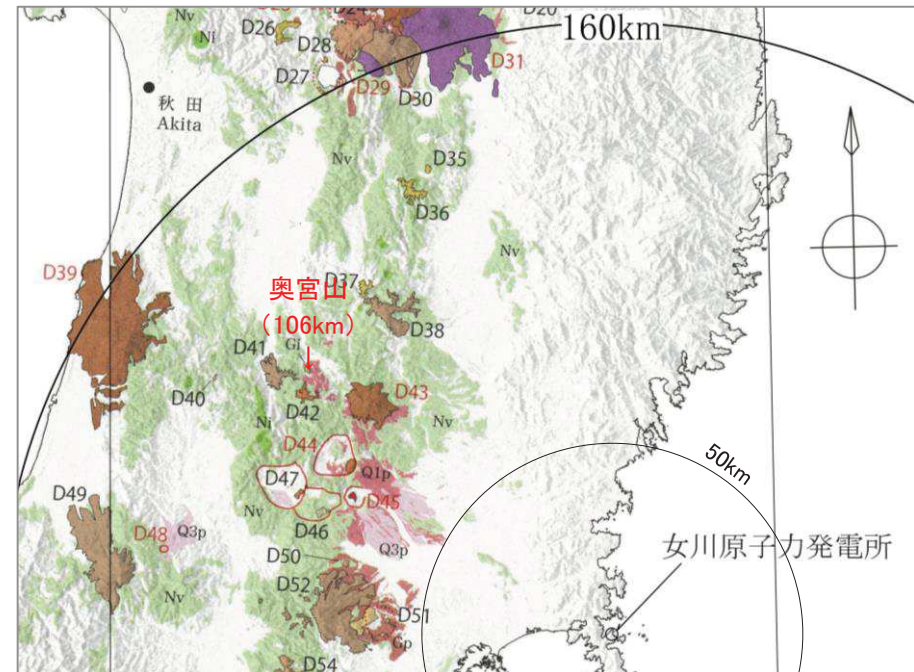
火山名	奥宮山
敷地からの距離	約106km (敷地からの方位角:約312°)
火山の形式	複成火山
活動年代	約230万年前～約170万年前

奥宮山の評価

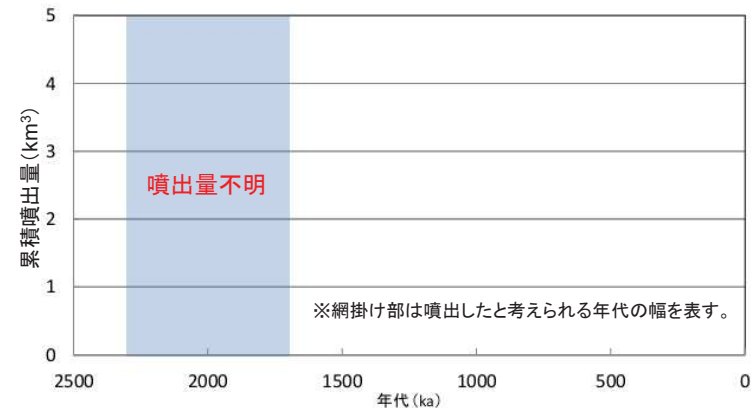
全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから、将来の活動可能性はない。

奥宮山の活動履歴

地質時代 (Ma)		噴出物名	体積 (km ³)	参考文献
第四紀	完新世	奥宮山石英安山岩	不明	臼田ほか(1981) 竹野(1988) NEDO(1990) 高島ほか(1999) 中野ほか編(2013)
	更新世 1.70			
	2.30			



敷地を中心とする半径160kmの範囲の火山地質図 (中野ほか編(2013)による)
(中野ほか編(2013)には奥宮山は図示されていない)



奥宮山の噴出量一年代階段ダイヤグラム

7. 中野ほか編(2013)のWEB版の更新内容を踏まえた影響検討について【西鴉川】

- 敷地を中心とする半径160kmの範囲の第四紀火山については、中野ほか編(2013)を参考に抽出しており、このうち、安達太良山(D63)については、西鴉川を含めて活動年代等を整理している。
- この中野ほか編(2013)にはWEB版があり、2019年3月19日の更新において、安達太良山から西鴉川を分離したことが記載されている。
- ただし、WEB版の更新にあたり、2013年の発行以降に新たな文献等が追加されたものではなく、参照している文献は同じであるため、これまでどおり、西鴉川を安達太良山に含めた形で整理し、第四紀火山には含めないこととする。
- なお、念のため、西鴉川の活動性について検討を行い、「原子力発電所に影響を及ぼし得る火山」に該当しないことを確認した。

西鴉川の概要

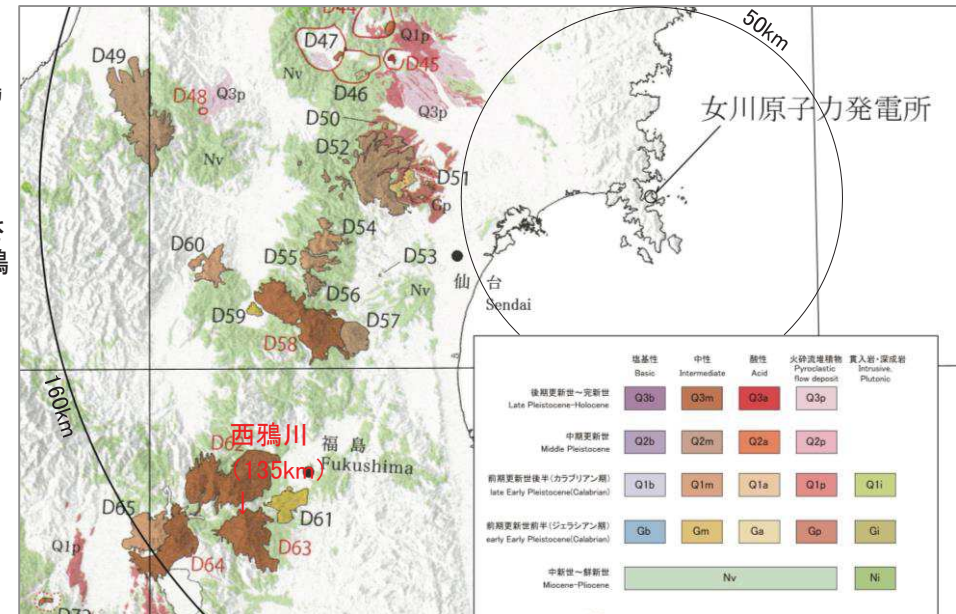
火山名	西鴉川
敷地からの距離	約135km (敷地からの方位角:約233°)
火山の形式	複成火山
活動年代	約185万年前～約114万年前

西鴉川の評価

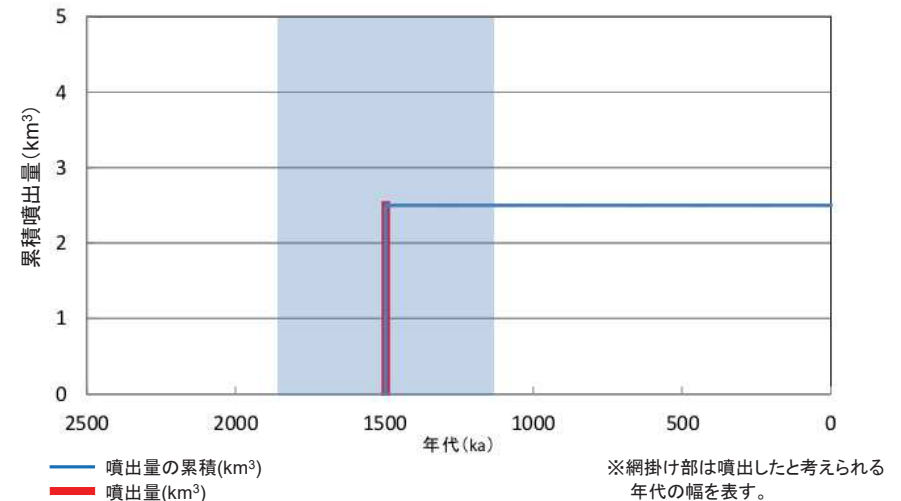
全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから、将来の活動可能性はない。

西鴉川の活動履歴

地質時代 (Ma)		噴出物名	体積 (km ³)	参考文献
第四紀	完新世	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) 中野ほか編(2013)
	更新世			
	1.85			



敷地を中心とする半径160kmの範囲の火山地質図 (中野ほか編(2013)による)
(中野ほか編(2013)には西鴉川は図示されていない)



西鴉川の噴出量-年代階段ダイヤグラム

※網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅を表す。

参考文献①

1. 中野俊・西来邦章・宝田晋治・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)・200万分の1地質編集図, No.11, 地質調査総合センター。
2. 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
3. 町田洋・新井房夫(2011):新編 火山灰アトラス[日本列島とその周辺](第2刷). 東京大学出版会, p336
4. 照井一明・瀬川泰宏(1994):焼石岳火山起源の村崎野軽石について. 地質学雑誌, 100, 509-512
5. 北村信(1965):5万分の1地質図幅「焼石岳」, 地質調査総合センター
6. 大沢あつし・舟山裕士・北村信(1971):5万分の1地質図幅「川尻」, 地質調査総合センター
7. 早田勉(1989):テフロクロノロジーによる前期旧石器時代遺物包含層の検討—仙台平野北部の遺跡を中心に—. 第四紀研究, 28(4), 269-282
8. 阪口圭一・山田宮三(1988):鬼首カルデラ周辺の火砕流堆積物—いわゆる北川石英安山岩—の再検討. 地質調査所報告, (268), 37-59
9. 須藤茂・猪股隆行・佐々木寿・向山栄(2007):わが国の降下火山灰データベース作成. 地質調査研究報告, 58(9/10), 261-321
10. 宮城磯治(2007):肘折火山:噴出物の層序と火山活動の推移. 火山, 52(6), 311-333
11. 酒寄淳史(1985):南蔵王火山の地質. 岩鉱, 80, 94-103
12. 酒寄淳史(1992):蔵王火山の地質と岩石. 岩鉱, 87, 433-444
13. 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(3-4), 35-91
14. 千葉茂樹(2009):磐梯火山の火山活動史-火山活動史の解析と火山災害の予測-. 福島大学紀要, 7, 117-211
15. 佐藤二郎(1986):岩手県脊梁山地東縁部における中新世後期～鮮新世の火山作用. 討論会「東北日本における後期新生代の火山作用とその地質学的背景」資料.
16. 八島隆一・渡辺公一・佐藤二郎・周藤賢治(1989):東北日本における鮮新世火山作用(3)-岩手県花巻市北西方の青ノ木森安山岩-. 福島大学教育学部論集理科報告, 43, 7-19
17. 八島隆一(1990):東北日本弧における鮮新世火山岩のK-Ar年代:阿闍羅山安山岩, 青ノ木森安山岩, セツ森デイサイト, 笹森山安山岩. 地球科学, 44(3), 150-153
18. 大沢あつし・須田芳朗(1980):20万分の1地質図幅「秋田及び男鹿」, 地質調査総合センター
19. 西来邦章・伊藤順一・上野龍之(編)(2012) 第四紀火山岩体・貫入岩体データベース. 地質調査総合センター速報 no.60, 産業技術総合研究所地質調査総合センター
20. 産業技術総合研究所地質調査総合センター(2014):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/quaternary/index_qvir.php
21. Kondo, H., Tanaka, K., Mizuochi, Y. and Ninomiya, A. (2004): Long-term changes in distribution and chemistry of middle Miocene to Quaternary volcanism in the Chokai-Kurikoma area across the Northeast Japan Arc. Island Arc, 13(1), 18-46.
22. 大沢あつし・大口健志・高安泰助(1979):5万分の1地質図幅「湯沢」, 地質調査総合センター
23. 臼田雅郎・村山 進・岡本金一・白石建雄・高安泰助・乗富一雄・狐崎長琅・山脇康平(1981):5万分の1秋田県総合地質図幅及び説明書「稲庭」. 秋田県総合地質図幅, p110
24. 土志田潔・宇都浩三・内海茂(1999):東北地方中部における時代未詳火山岩類のK-Ar年代とその意義. 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集, Vc-P001.
25. 竹野直人(1988):栗駒北部地熱地域の地質. 地質調査所報告, 268, 191-210
26. 梅田浩司・林信太郎・伴雅雄(1999):東北日本, 筑森, 高松, 船形, および三吉・葉山火山のK-Ar年代. 火山, 44(4), 217-222
27. 高島勲・荻原宏一・張文山・村上英樹(1999):秋田県泥湯周辺地域の第四紀火山岩類のTL年代. 岩鉱, 94, 1-10
28. Ban, M., Hirotsu, S., Wako, A., Suga, T., Iai, Y., Kagashima, S., Shuto, K. and Kagami, H. (2007): Origin of felsic magmas in a large-caldera-related stratovolcano in the central part of NE Japan - Petrogenesis of the Takamatsu volcano. J. Volcanol. Geotherm. Res. 167(1-4), 100-118
29. 北村信(1956):東北地方脊梁山地(岩手・秋田・宮城県境)に発達する石英安山岩類の層位学的問題について. 地球科学, 28, 14-22
30. Ishida, T. (1981): Pliocene and Quaternary history of the northern part of Sendai Lowland area, a study of structural and geomorphic development. Saito Ho-on Kai Mus. Nat. Hist. Res. Bull., 49, 19-35
31. Yamada, E. (1988): Geologic development of the Onikobe caldera, Northeast Japan, with special reference to its hydrothermal system. Rept. Geol. Surv. Japan, 268, 61-190
32. 福留高明(1982):鬼首地熱地帯の構造的特性. 秋田大学鉱山学部研究報告, (3), 91-94
33. 清棲保弘(1986):鬼首地域における地熱流体の起源. 地球化学, 20, 59-68
34. 気象庁編(2013):日本活火山総覧(第4版). 気象業務支援センター
35. 土谷信之・伊藤順一・関陽児・巖谷敏光(1997):5万分の1地質図幅「岩ヶ崎」, 地質調査総合センター
36. 高島勲・村上英樹・ディク グエン ホン・エディ スチブタ・毛利陽司・柴田能展(2006):鬼首・鳴子カルデラ周辺の後期更新世火砕流堆積物及び火山岩の熱ルミネッセンス年代. 岩鉱, 35, 70-77
37. 大竹正巳(2000):栗駒南部地熱地域, 赤倉カルデラの層序と火砕流噴出・陥没様式. 地質学雑誌, 106(3), 205-222
38. 田宮良一(1984):新庄・向町盆地の地下構造. 山形応用地質, 4, 25-32
39. 鈴木雅宏(1984):向町カルデラの火砕岩を追って. 山形応用地質, 4, 33-38
40. 大場聰(2010):向町・赤倉「地学のガイドシリーズ 山形県地学のガイド—山形県の地質とそのおいたち—」, コロナ社, 27, 77-83
41. 大沢豊・三村弘二・久保和也・広島俊男・村田泰章(1987):20万分の1地質図「仙台」. 地質調査所

参考文献②

42. 土谷信之・伊藤順一(1996):5万分の1地質図幅「岩ヶ崎」地域の火山層序:第三紀火山岩類および鬼首カルデラを起源とする火砕流の噴出年代. 日本火山学会講演予稿集. 2, 169-169
43. 長谷中利昭・青木亮(1995):七ツ森カルデラの提唱とカルデラ形成モデル. 「平成6年度深田研究助成」研究報告, 155-173
44. 三村弘二(2001):東北日本火山フロントに沿う七ツ森火山, 神室岳及び青麻火山のK-Ar年代. 地質調査研究報告, 52(6/7), 309-313
45. Wada, K. (1981): Contrasted petrological relations between tholeiitic and calc-alkaline series from Funagata volcano, Northeast, Japan. J. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol., 76, 215-232.
46. 今田正・大場与志男(1989):船形火山の火山地質. 山形県学術調査報告書「御所山」, 15-32
47. 今田正・大場与志男・高岡宣雄(1989):船形火山溶岩のK-Ar年代. 山形県学術調査報告書「御所山」, 33-36
48. 蟹沢聡史(1985):仙台およびその周辺に分布する愛島軽石とその中の深成岩質岩片について—噴出元の推定と極端にK₂Oに乏しいトータル岩の存在—. 岩鉱, 80, 352-362
49. 山本裕朗・石川賢一(2006):東北本州弧, 磐司岩火山岩類の地質と岩石. 岩鉱, 35, 53-69
50. 高岡宣雄・今田正・大場与志男・今野幸一・飯田美穂・須藤弘・半沢恵二・南館有(1988):百万年より若い火山岩の絶対年代測定. 総合研究(A)「百万年より若い火山岩の絶対年代測定」研究成果報告書(代表高岡宣雄), 1-43.
51. 伴雅雄・大場与志男・石川賢一・高岡宣雄(1992):青麻—恐火山列, 陸奥燧岳, 恐山, 七時雨および青麻火山のK-Ar年代—東北日本弧第四紀火山の帯状配列の成立時期—. 岩鉱, 87, 39-49
52. 戸谷成寿・伴雅雄(2001):東北日本弧, 青麻火山の形成史と主成分化学組成. 岩鉱, 30, 105-116
53. Toya, N., Ban, M. and Shinjo, R. (2005): Petrology of Aoso volcano, northeast Japan arc: temporal variation of the magma feeding system and nature of low-K amphibole andesite in the Aoso-Osore volcanic zone. Contrib Mineral Petrol, 148, 566-581
54. 市村毅(1963):葉山火山の地質学的考察. 東大地震研彙報, 41, 391-402
55. 谷正己・柴田賢・谷口政碩・阿部智彦(1975):山形盆地周辺の新生代火山岩の年代について. 日本地質学会講演要旨集, 211
56. 中嶋聖子・周藤賢治・加賀美寛雄・大木淳一・板谷徹丸(1995):東北日本弧, 後期中新世—鮮新世火山岩の島弧横断方向における化学組成および同位体組成変化. 地質学論集, 44, 197-226
57. 長澤一雄・斎藤和男・大場与志男・石井六夢・本田康夫(1995):白鷹火山の初期および主活動期噴出物のK-Ar年代と火山形成. 平成6年度琵琶沼緊急調査報告書—地学・動物—, 山形県立博物館, 39-56
58. 石井六夢・斎藤和男(1997):山形県白鷹火山のK-Ar年代. 山形大紀要(自然科学), 14(2), 99-108
59. 三村弘二・鹿野和彦(2000):東北日本, 白鷹火山の層序と歴史. 火山, 45(1), 13-23
60. NEDO(1990):平成元年度全国地熱資源総合調査(第3次)広域熱水流動系調査 磐梯地域 火山岩分布・年代調査報告要旨. 新エネルギー・産業技術総合開発機構
61. 三村弘二(2002):東北日本, 猫魔火山の地質と放射年代. 火山, 47(4), 217-225
62. 穴倉正展・澤井祐紀・岡村行信・小松原純子・Than Tin Aung・石山達也・藤原治・藤野滋弘(2007):石巻平野における津波堆積物の分布と年代. 活断層・古地震研究報告, 7, 31-46, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
63. 早田勉・八木浩司(1991):東北地方の第四紀テフラ研究. 第四紀研究, 30(5), 369-378
64. 山元孝広(2013):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, 64(9/10), 251-304
65. 小岩直人・早田勉(1994):東北地方南中部に分布する更新世末期のガラス質テフラ. 地学雑誌, 103(1), 68-76
66. 苅谷彦彦(1996):山形県月山の高山土壌に介在する完新世広域テフラ層. 「第四紀露頭集—日本のテフラ」, 日本第四紀学会, 161-161
67. 吉本充宏・嶋野岳人・中田節也・小山悦郎・辻浩・飯田晃子・黒川将・岡山悠子・野中美雪・金子隆之・星住英夫・石塚吉浩・古川竜太・野上健治・鬼沢真也・新垣賢志・杉本健・長井雅史(2005):浅間山2004年噴火の噴出物の特徴と降灰量の見積もり. 火山, 50(6), 519-533
68. 八木浩司(1996):宮城県鬼首に認められる後期更新世テフラ層—鳴子火山起源のテフラと広域テフラ—. 「第四紀露頭集—日本のテフラ」, 日本第四紀学会, 155-155
69. 渡辺満久(1991):北上低地帯における河成段丘面の編年および後期更新世における岩屑供給. 第四紀研究, 30(1), 19-42
70. 町田洋(1990):小林国夫氏以後のテフロクロノロジー—とくに御岳第1軽石層を中心に—. 小林国夫教授論文選集, 649-662
71. 鈴木毅彦・木村純一・早田勉・千葉茂樹・小荒井衛・新井房夫・吉永秀一郎・高田将志(1995):磐梯火山周辺に分布する広域テフラ. 地学雑誌, 104(4), 551-560
72. 早田勉(1996a):広域テフラと一緒に発見された前期旧石器—福島市竹ノ森遺跡—. 「第四紀露頭集—日本のテフラ」, 日本第四紀学会, 164-164
73. 町田洋・新井房夫(1979):大山倉吉軽石層—分布の広域性と第四紀編年上の意義. 地学雑誌, 88(5), 313-330
74. 竹本弘幸(1991):大山倉吉軽石層とこれにまつわる諸問題. 駒沢地理, 27, 131-150
75. 八木浩司・早田勉(2000):新庄・古川ルートにおける奥羽脊梁山脈山麓部の最終間氷期以降の垂直隆起. 日本第四紀学会講演要旨集, O-4, 8-9
76. 松浦旅人(2000):山形県新庄盆地およびその周辺地域における河成段丘面編年—毒沢テフラおよび14C年代資料による検討—. 日本第四紀学会講演要旨集, O-32, 64-65
77. 豊蔵勇・大村一夫・新井房夫・町田洋・高瀬信一・中平啓二・伊藤考(1991):北陸海岸段丘における三瓶木次テフラの同定とその意義. 第四紀研究, 30(2), 79-90
78. 白石建雄・新井房夫・藤本幸男(1992):秋田県男鹿半島における西日本起源の漂流軽石の発見とその意義. 第四紀研究, 31(1), 21-27
79. 豊島正幸(1980):山形盆地東縁部における洪積世末期のテフラと河岸段丘の形成時期. 東北地理, 32, 203-210.
80. 早田勉(1996b):日本における前期旧石器文化の確認—宮城県座散乱土遺跡・馬場壇A遺跡—. 「第四紀露頭集—日本のテフラ」, 日本第四紀学会, 158-158

参考文献③

81. 早田勉(1996c): 鳴子カルデラから噴出した中規模火砕流堆積物群と降下テフラ。「第四紀露頭集-日本のテフラ」, 日本第四紀学会, 156-156
82. 早田勉(2000): 「沼向遺跡, 中野高柳遺跡におけるテフラ分析」. 仙台市文化財調査報告241, 沼向遺跡第1~3次調査, 108-111
83. 小池一之・町田洋編(2001): 日本の海成段丘アトラス. 東京大学出版会, P122
84. 澤井祐紀・穴倉正展・小松原純子(2008): ハンドコアラーを用いた宮城県仙台平野(仙台市・名取市・岩沼市・亶理町・山元町)における古津波痕跡調査. 活断層・古地震研究報告, 8, p17-70
85. 渡邊隆広・細田憲弘・土屋範芳・中村俊夫・平野伸夫・岡本敦・奈良郁子・東北大学歴史津波調査グループ(2014): 仙台平野における歴史津波堆積物の放射性炭素年代測定一連続土壌堆積物試料HSシリーズの堆積年代(予察的分析)一. 地学雑誌, 123(6), 904-922
86. 石村大輔・山田圭太郎・宮内崇裕・早瀬亮介(2014): 三陸海岸の完新統に挟在するテフラの特徴. 地学雑誌, 123(5), 671-697
87. University of South Florida(2011): Tephra2 Users Manual, Spring 2011
88. 西城潔・八木浩司(1990): 山形県尾花沢付近における2万年前頃の河床変化. 第四紀研究, 28(5), 427-429
89. 北村繁(1996): 山形県折尾花沢テフラおよび尾花沢盆地のテフラ。「第四紀露頭集-日本のテフラ」, 日本第四紀学会, 162-162
90. 八木浩司・早田勉(1989): 宮城県中部および北部に分布する後期更新世広域テフラとその層位. 地学雑誌, 98(7), 39-53
91. 豊島正幸・石田啄二(1983): 座散乱木遺跡周辺の地形・地質および火山灰. 石器文化談話会編「宮城県岩出山町座散乱木遺跡発掘調査報告書Ⅲ」. 80-94
92. 早田勉(1993): テフロクロノロジーによる築館町高森遺跡の石器出土層位の検討. 高森遺跡Ⅱ, 東北歴史資料館資料集, no. 35, 東北歴史資料館, 25-38
93. 加美町教育委員会(2007): 葉菜原No.15・葉菜原no.25遺跡: 町道表葉菜線整備工事に伴う発掘調査報告書, 加美町文化財調査報告書, 第11集, pp27-37.
94. 菊池強一・黒田篤史・小向裕明・武田良夫(2015): Investigation of the Kanedori Site, Northern Honshu, Japan(日本の本州北部にある金取遺跡の調査), Interational Union for Quaternary Research(国際第四紀学会)
95. 野々垣進・升本眞二・塩野清治(2008): 3次B-スプラインを用いた地質境界面の推定. 情報地質, 19(2), 61-77
96. 塩野清治・能美洋介・升本眞二・坂本正徳(2001): horizon2000: 等式・不等式制約条件や傾斜データを活用した地層面推定プログラムの改良. 情報地質, 12(4), 229-249
97. 塩野清治・弘原海清・升本眞二(1986): 最適化原理による地層断面の推定. 情報地質, 11, 197-236
98. 阪口圭一(1995): 5万分の1地質図幅「二本松」, 地質調査総合センター