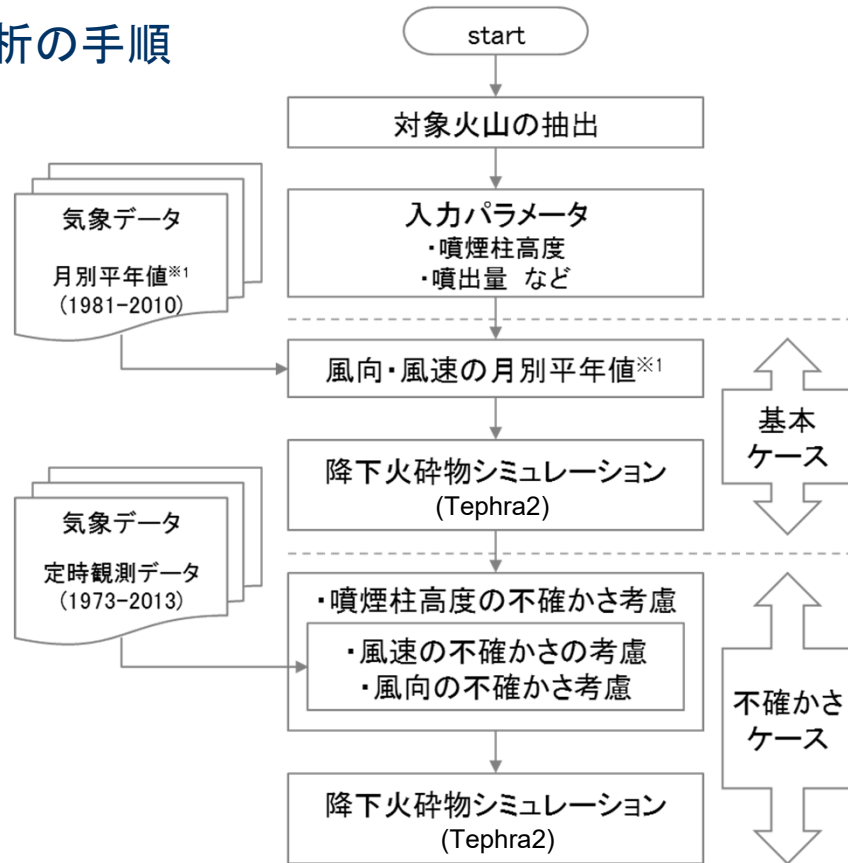


4. 4 火山灰シミュレーション (風データの整理)

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P77 再掲

解析の手順



- ・ 恐山：西側に気象観測所がないことから、直近である三沢の観測データを使用。
なお、三沢については気象庁の観測所ではなく、直近30年（1981年～2010年）の観測データが公表されていないことから、気象庁の方法に準拠して月別平年値を求めた※1。
- ・ 北海道駒ヶ岳：西側に気象観測所がないことから、直近である札幌のデータを使用。
- ・ 十和田：西側の気象観測所である秋田のデータを使用。



[気象データの整理]

- ・ 月別平均風向・風速を用いた解析及び噴煙柱高度の不確かさ解析には、1981年～2010年の観測データより9時及び21時の月別平均値を算出し解析に用いた（気象庁公表値）。
- ・ これに対し、風の不確かさの検討においては、より長い期間のデータ（1973年～2013年）により検討を行った。

4. 4 火山灰シミュレーション (Tephra2の概要)

Tephra2の概要

- ・「Tephra2」は移流拡散モデルを用いたシミュレーションプログラム
- ・移流拡散モデルとは火山灰の挙動を、重力による落下、風による移動(移流)及び空中で火山灰が自発的に散らばる現象(拡散)で計算するものである。
- ・風は高度毎に水平な一方向に吹くものとされ、拡散も水平方向のみが考慮されている。
- ・火山灰は火口上に仮定された均質な噴煙柱から放出される。

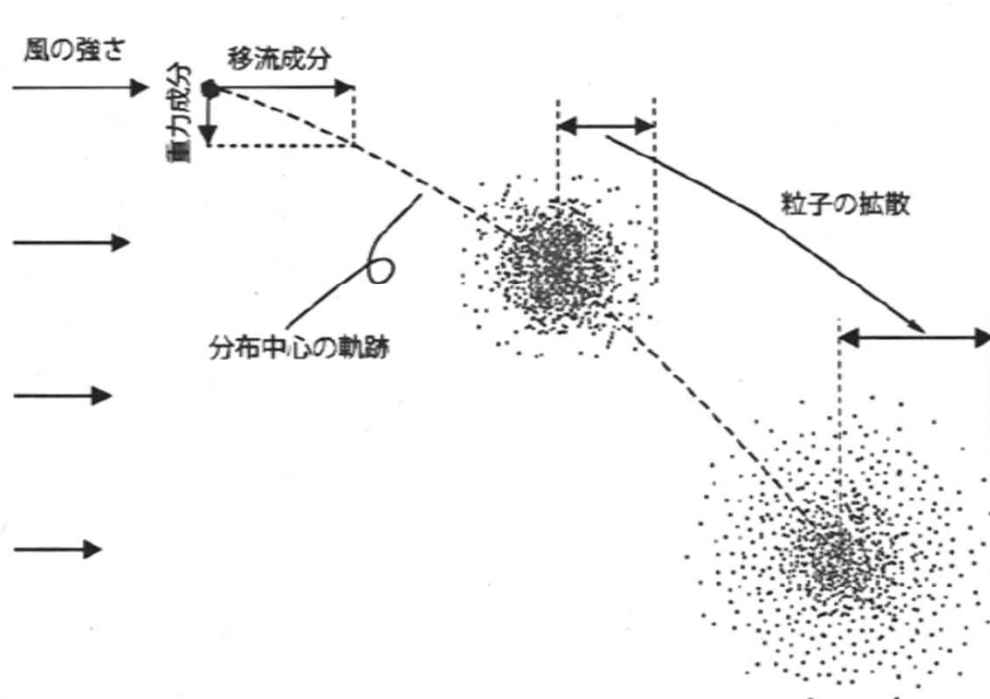
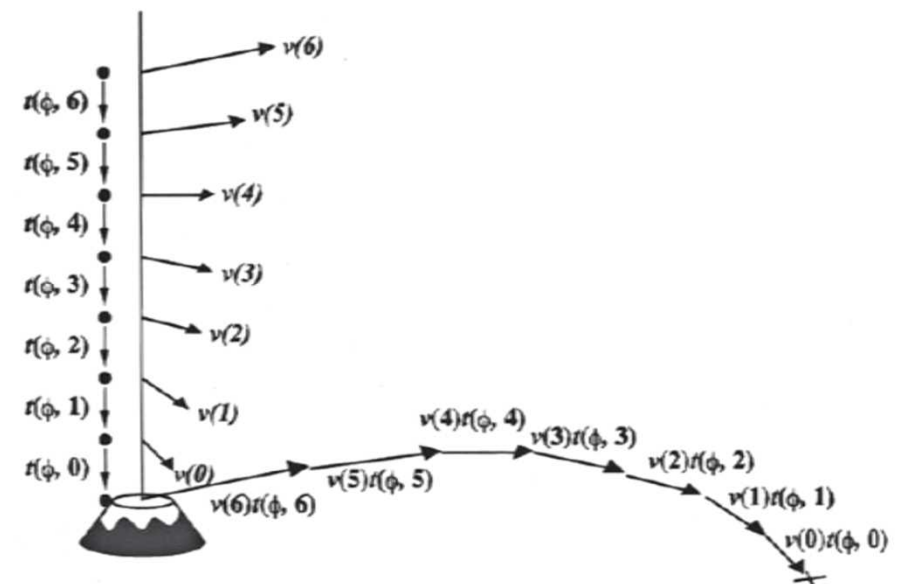


図1 移流拡散モデルの概念図

粒子の分布中心の軌跡は、重力による落下と風による移流によって決まる。粒子の一団は時間0の時に点で表されるが、時間の経過とともに拡がっていく。



高さ6から落下した
粒子の分布中心

図3 移流の概念図

火口直上の風が、高さ0から6までそれぞれベクトル $v(0) \sim v(6)$ で表されるとする。各高さ区間 n を落下する間に粒子が流されるベクトルは $v(n) t(\phi, n)$ で表されるので、高さ6から放出される粒子はこれら全ての積算が分布の中心のベクトルとなる。

余白

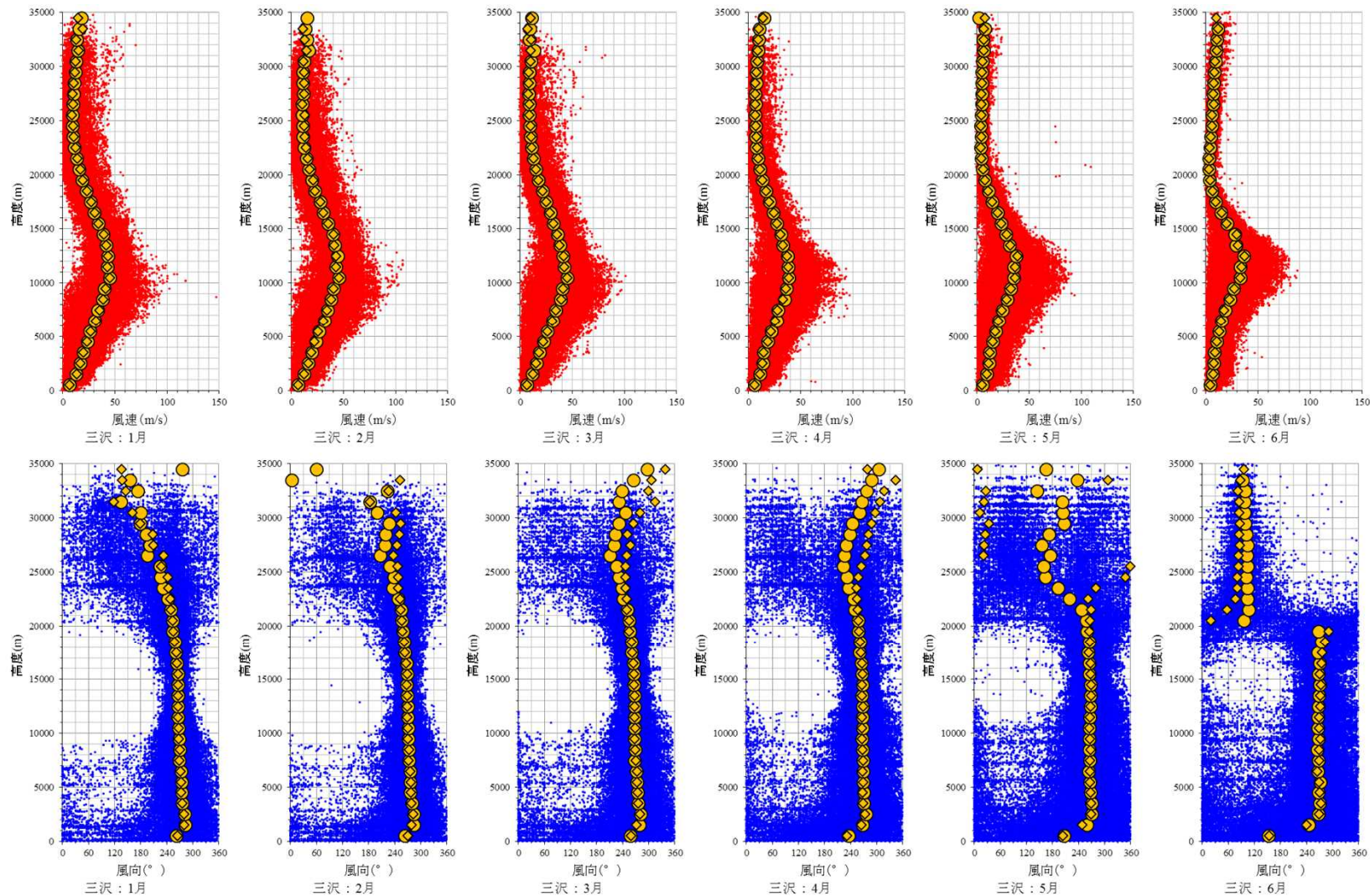
4. 4 火山灰シミュレーション (恐山)

恐山(宮後テフラ): 入力パラメータ

想定噴火規模	パラメータ	単位	設定値	設定根拠等	
恐山 (宮後テフラ)	噴出量	kg	5.70×10^{10}	宮後テフラの等層厚線図とHayakawa(1985)の経験式による見かけ体積 $7.13 \times 10^{-2} \text{km}^3$ (VEI3規模), 土質試験による乾燥密度 0.8g/cm^3 に基づいて設定	
	噴煙柱高度	m	A 2,500 (火口上)	同規模の水蒸気噴火の事例に基づいて設定 A: 霧島新燃岳1959年噴火(福岡管区気象台ほか, 1959) B: 磐梯山1888年噴火(山元・須藤, 1996)	
			B 5,000 (火口上)		
	噴煙柱分割高さ	m	約100	萬年(2013)より設定	
	粒径	最大	mm	1,024	Tephra2のconfigfileに示された珪長質噴火の一般値
		最小	mm	1/1,024	Tephra2のconfigfileに示された珪長質噴火の一般値
		中央	mm	1/11	同規模噴火(Soufriere Hills Volcano: VEI3)の事例に基づいて設定
		標準偏差	mm	1/4	同規模噴火(Soufriere Hills Volcano: VEI3)の事例に基づいて設定
	岩片密度	kg/m^3	2,600	降下火砕物の一般値を設定	
	軽石粒子密度	kg/m^3	1,000	降下火砕物の一般値を設定	
	みかけ渦拡散係数	m^2/s	0.04	萬年(2013)より設定	
	拡散係数	m^2/s	142.6	萬年(2013)より設定 (実績分布で設定すると5000程度になるが, 保守的にconfigfileの初期値を使用)	
	Fall Time Threshold	s	3,600	萬年(2013)より設定	
給源	X(UTM54)	m	507,405	現噴気地帯中心部(地獄谷付近)の経度・緯度の読み取り値を, UTM座標に変換した値を設定	
	Y(UTM54)	m	4,575,105		
	標高	m	230	現噴気地帯中心部(地獄谷付近)の標高を設定	

4. 4 火山灰シミュレーション (恐山)

恐山(宮後テフラ):三沢における風向風速の定時観測値及び平均値の鉛直分布:1月~6月

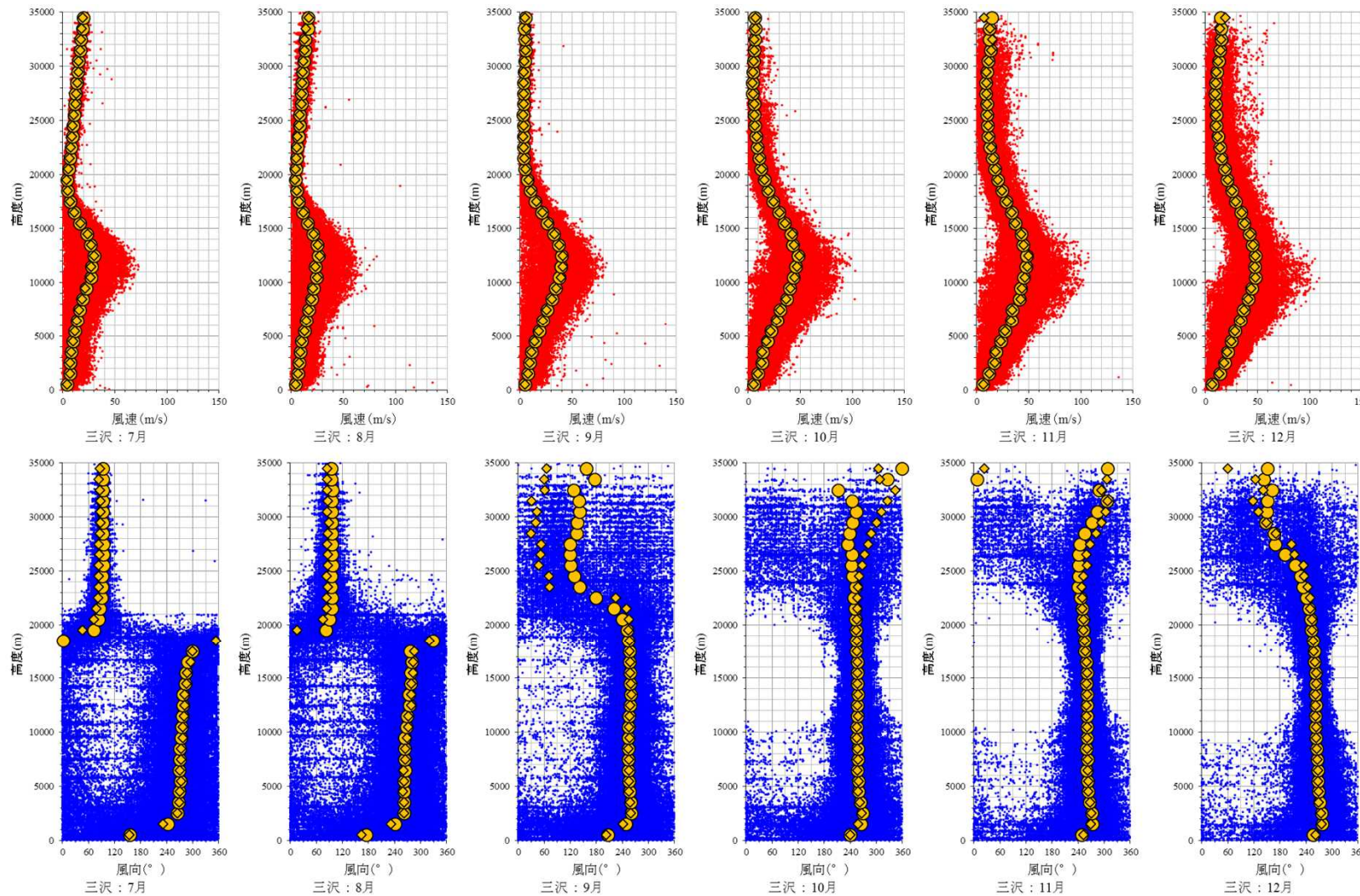


風速・風向鉛直分布:三沢空港1月~6月(定時観測:1973年~2013年 平均値:集計対象1981年~2010年)
データダウンロード元:<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> データ取得日:2014年1月24日

・定時観測(風速) ・定時観測(風向)
●平均値(9h) ◆平均値(21h)

4. 4 火山灰シミュレーション (恐山)

恐山(宮後テフラ):三沢における風向風速の定時観測値及び平均値の鉛直分布:7月~12月



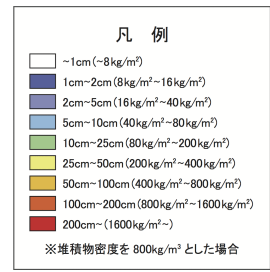
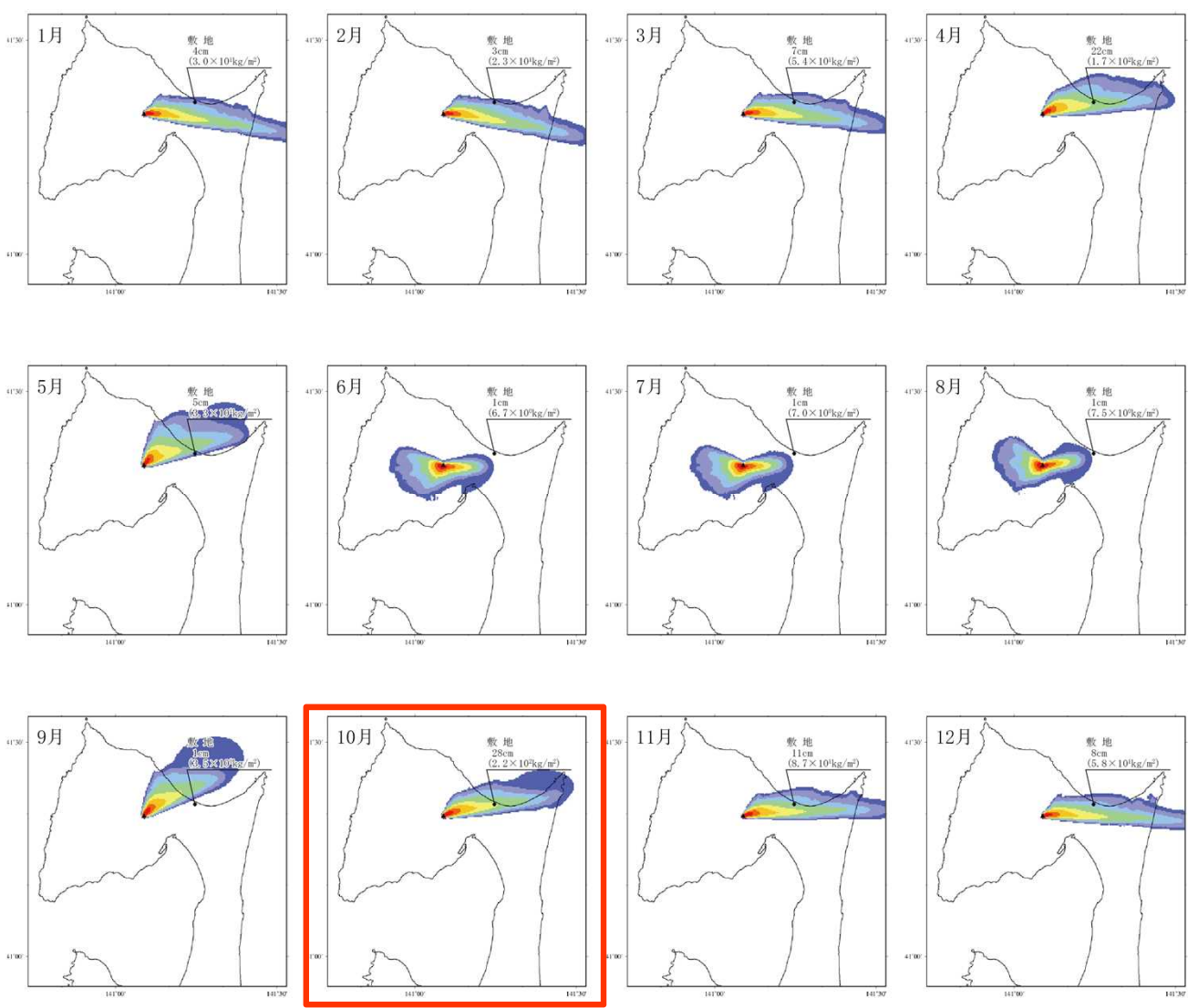
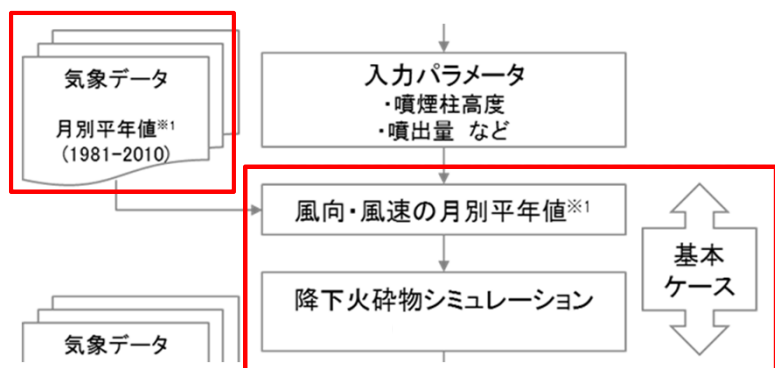
風速・風向鉛直分布:三沢空港7月~12月(定時観測:1973年~2013年 平均値:集計対象1981年~2010年)
データダウンロード元: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> データ取得日:2014年1月24日

・定時観測(風速) ・定時観測(風向)
●平均値(9h) ◆平均値(21h)

4. 4 火山灰シミュレーション (恐山)

恐山(宮後テフラ): 風向・風速の月別平均値を用いた解析: 噴煙柱高度 火口上2500mの場合(9時)

夏季(6月~8月)を除き偏西風の影響を強く受け、降下火砕物の分布主軸は、東南東~北東方に向く。一方、夏季には偏西風の影響が弱まり、分布主軸が不明瞭となる。10月の分布主軸は敷地方向に向くことから、敷地における堆積厚さは一年の中で最大の28cmと求められる。それ以外の月における堆積厚さは1cm~22cmと求められる。



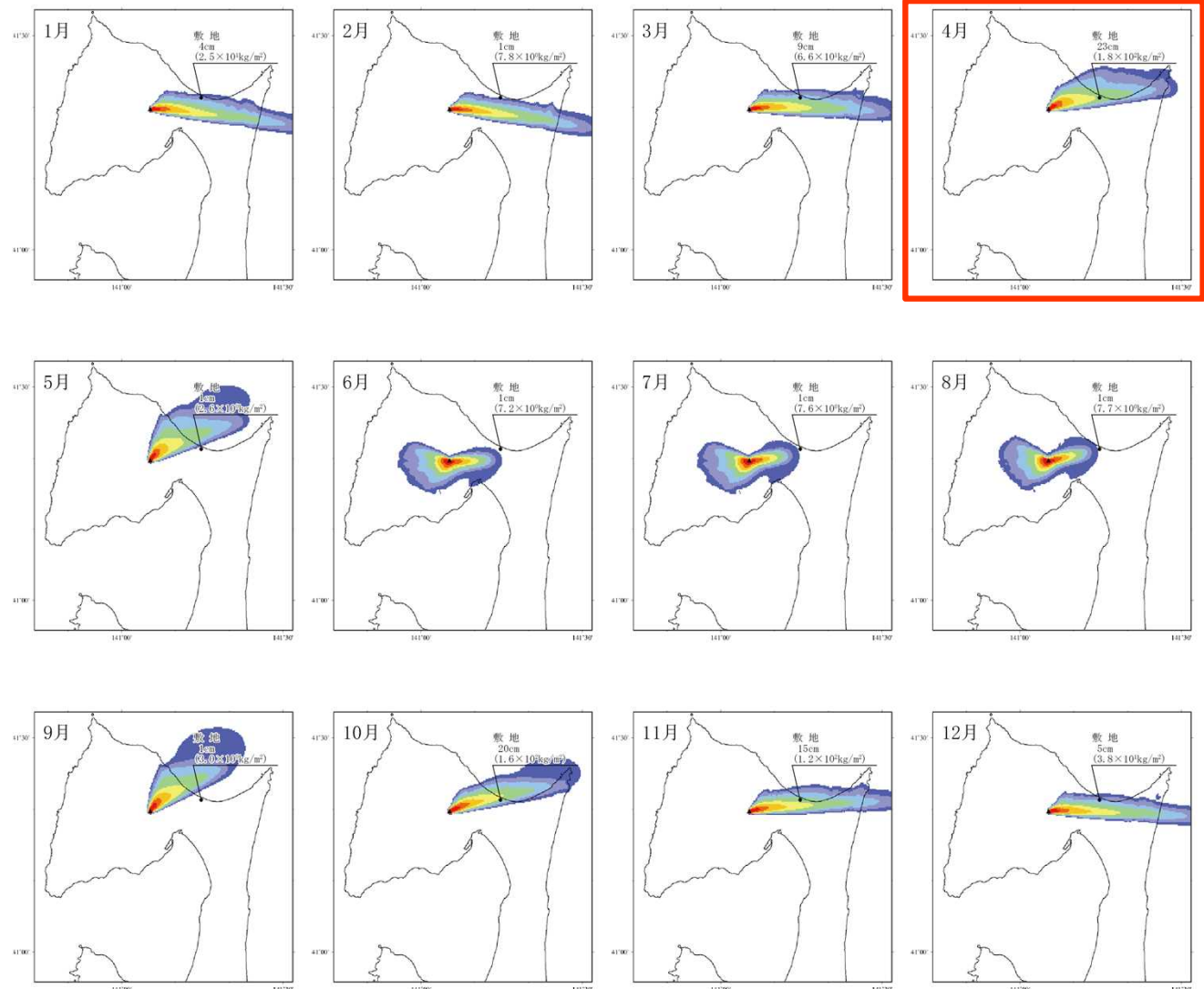
4. 4 火山灰シミュレーション (恐山)

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P84 再掲

恐山(宮後テフラ): 風向・風速の月別平均値を用いた解析: 噴煙柱高度 火口上2500mの場合(21時)

夏季(6月~8月)を除き偏西風の影響を強く受け、降下火砕物の分布主軸は、東南東~北東方に向く。一方、夏季には偏西風の影響が弱まり、分布主軸が不明瞭となる。
4月の分布主軸は敷地方向に向くことから、敷地における堆積厚さは一年間の中で最大の23cmと求められる。それ以外の月の堆積厚さは1cm~20cmと求められる。

【噴煙柱高度2500mにおける解析結果】
敷地における最大の堆積厚さは10月9時における28cmであった。

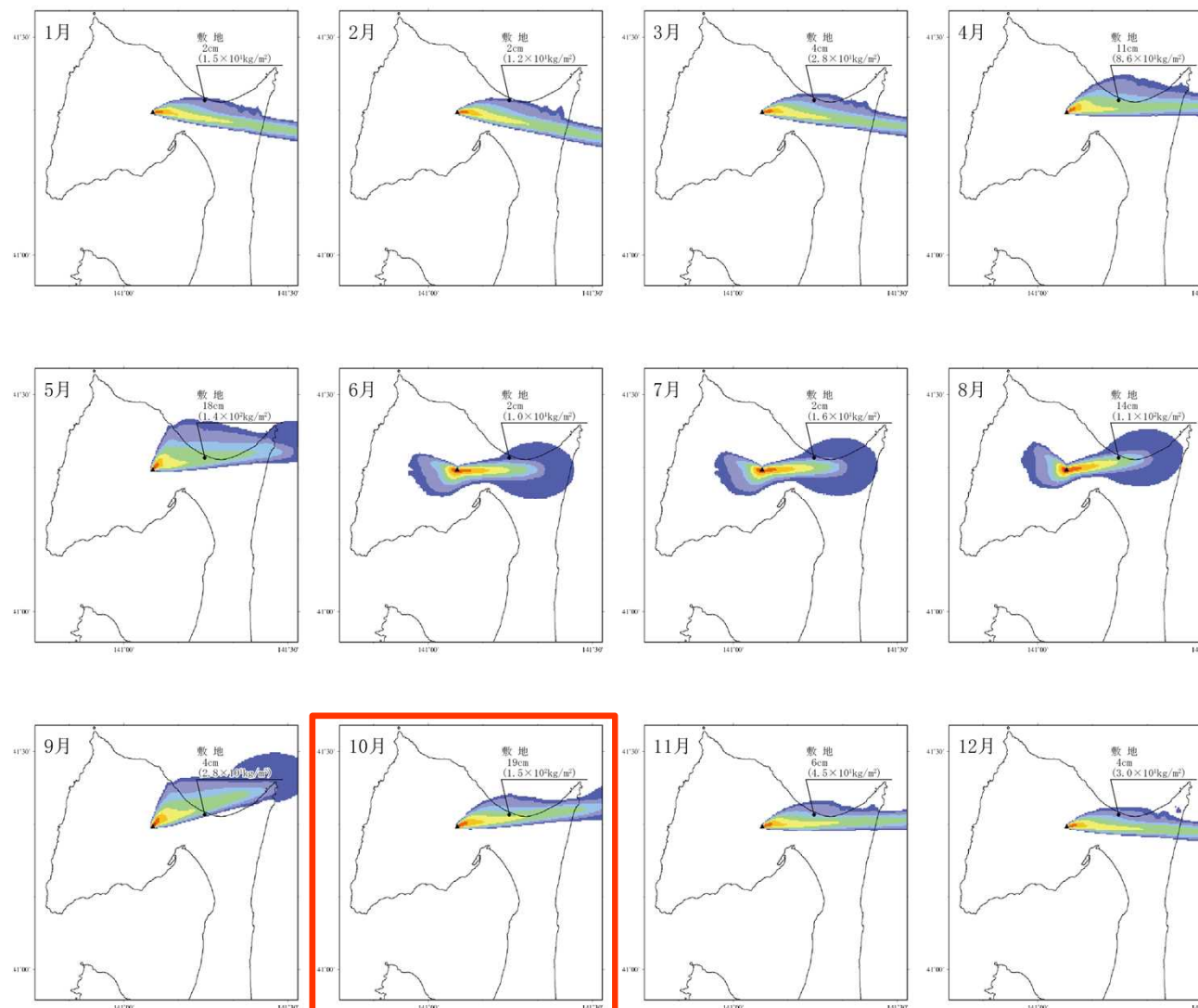


4. 4 火山灰シミュレーション (恐山)

恐山(宮後テフラ): 風向・風速の月別平均値を用いた解析: 噴煙柱高度 火口上5000mの場合(9時)

一年を通して偏西風の影響を強く受け、降下火砕物の分布主軸は、東南東～東北東方に向く。夏季(6月～8月)には東北東方向の分布主軸の他に、北西～南西方向にも分布がみられる。

10月の分布主軸は敷地方向に向くことから、敷地における堆積厚さは1年間の中で最大の19cmと求められ、それ以外の月の堆積厚さは2cm～18cmと求められる。



凡例	
□	~1cm (~8kg/m ²)
■	1cm~2cm (8kg/m ² ~16kg/m ²)
■	2cm~5cm (16kg/m ² ~40kg/m ²)
■	5cm~10cm (40kg/m ² ~80kg/m ²)
■	10cm~25cm (80kg/m ² ~200kg/m ²)
■	25cm~50cm (200kg/m ² ~400kg/m ²)
■	50cm~100cm (400kg/m ² ~800kg/m ²)
■	100cm~200cm (800kg/m ² ~1600kg/m ²)
■	200cm~ (1600kg/m ² ~)

※堆積物密度を 800kg/m² とした場合

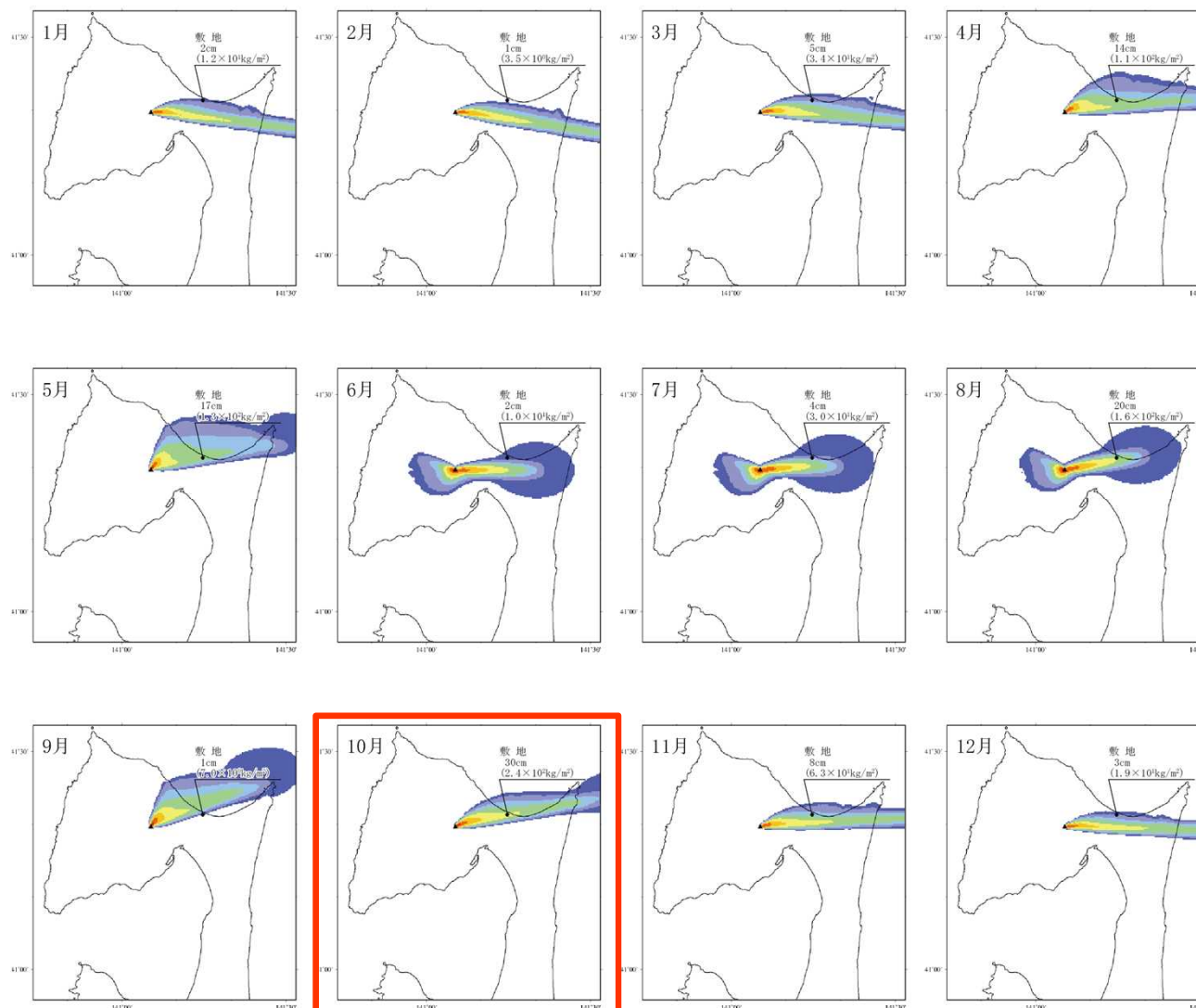
4. 4 火山灰シミュレーション (恐山)

恐山(宮後テフラ): 風向・風速の月別平均値を用いた解析: 噴煙柱高度 火口上5000mの場合(21時)

一年を通して偏西風の影響を強く受け、降下火砕物の分布主軸は、東南東～東北東方向に向く。夏季(6月～8月)には東北東方向の分布主軸の他に、北西～南西方向にも分布がみられる。

10月の分布主軸は敷地方向に向くことから、敷地における堆積厚さは1年間の中で最大の30cmと求められ、それ以外の月の堆積厚さは1cm～20cmと求められる。

【噴煙柱高度5000mにおける解析結果】
敷地における最大の堆積厚さは10月21時の30cmであった。



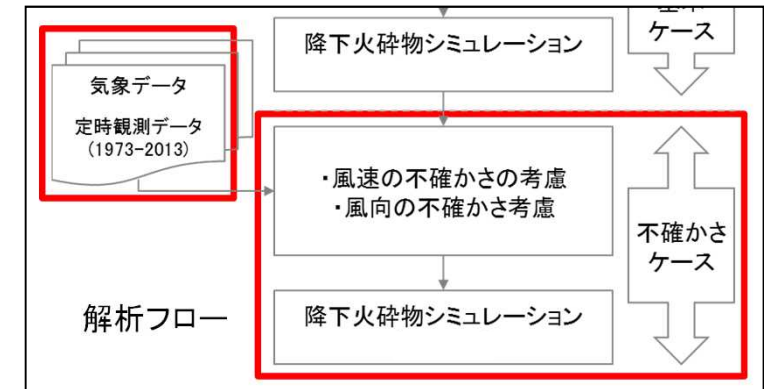
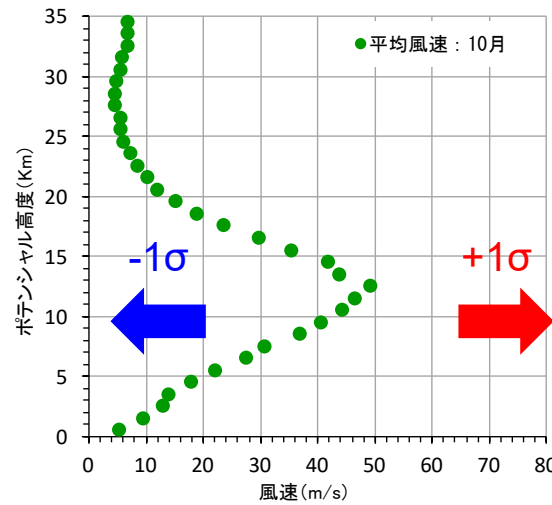
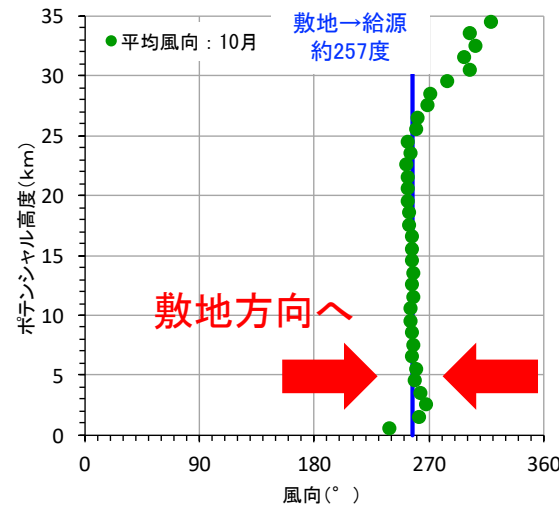
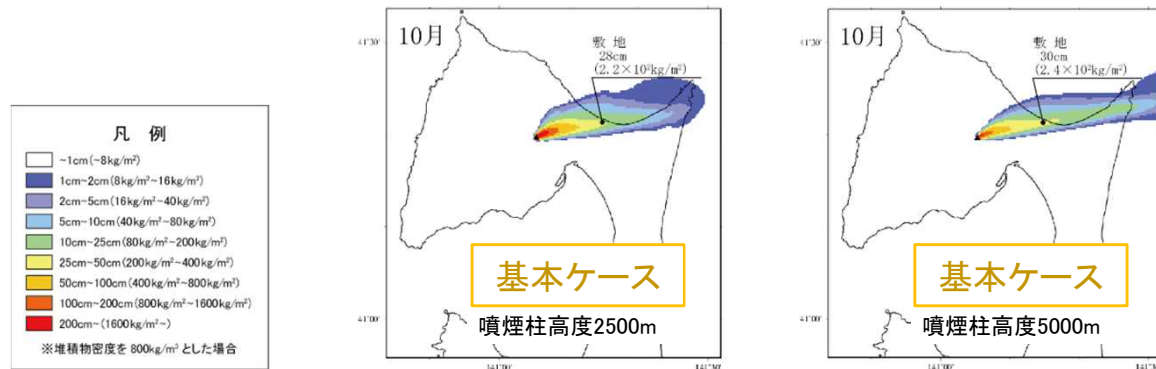
4. 4 火山灰シミュレーション (恐山)

恐山(宮後テフラ):不確かさの検討

風向・風速の不確かさを、より長い期間 (1973年~2013年) の気象データを用いて検討する。

基本ケースのうち、火山灰層厚が最大となったケースを対象とする。

- ・噴煙柱高度：2500m(火口上)：10月9時 平均風向・風速(1981年~2010年)
- ・噴煙柱高度：5000m(火口上)：10月21時 平均風向・風速(1981年~2010年)



➤ 風の不確かさ

[気象データ:1973年~2013年]

不確かさ<風速>

風速 ± 1σ

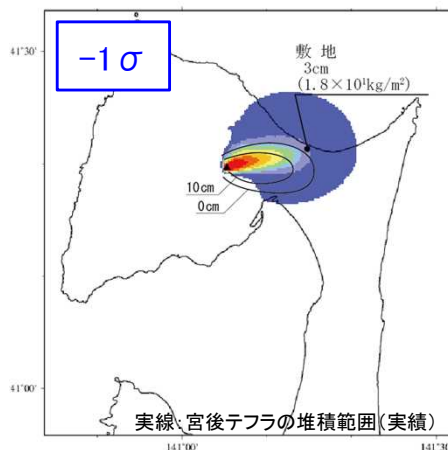
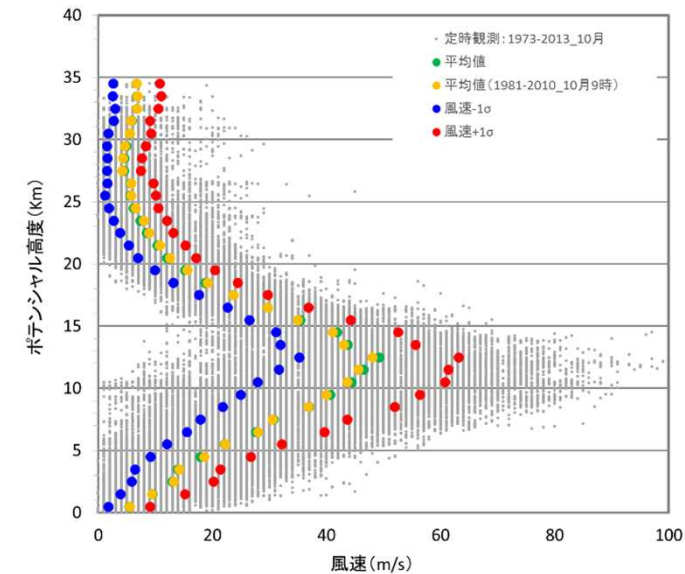
不確かさ<風向>

敷地方向の風

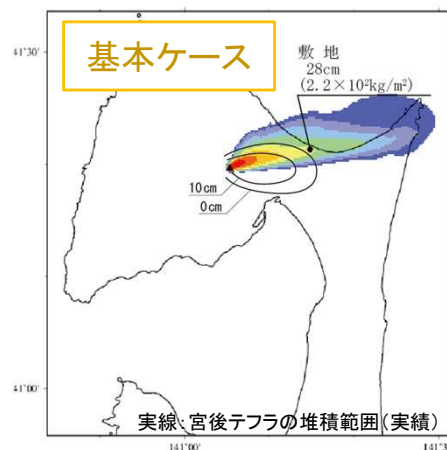
4. 4 火山灰シミュレーション (恐山)

恐山(宮後テフラ):不確かさの検討<風速>:噴煙柱高度 火口上2500mの場合

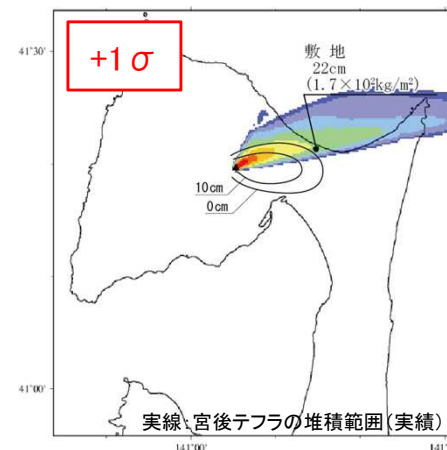
風速の不確かさを考慮し、基本ケースに対して、風速を $\pm 1\sigma$ としたケースについて検討した結果、風速を大きくした場合、小さくした場合ともに、敷地における堆積厚さは基本ケースを超えない。
 なお、宮後テフラの堆積実績と各シミュレーション結果を比較した場合、風速を -1σ したケースが最も実績と整合的であった。



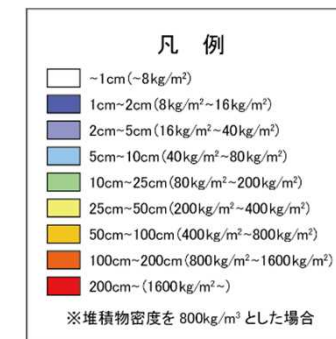
風速 -1σ
(1973~2013年)



10月(9時)の平均値の風
(1981~2010年)



風速 $+1\sigma$
(1973~2013年)

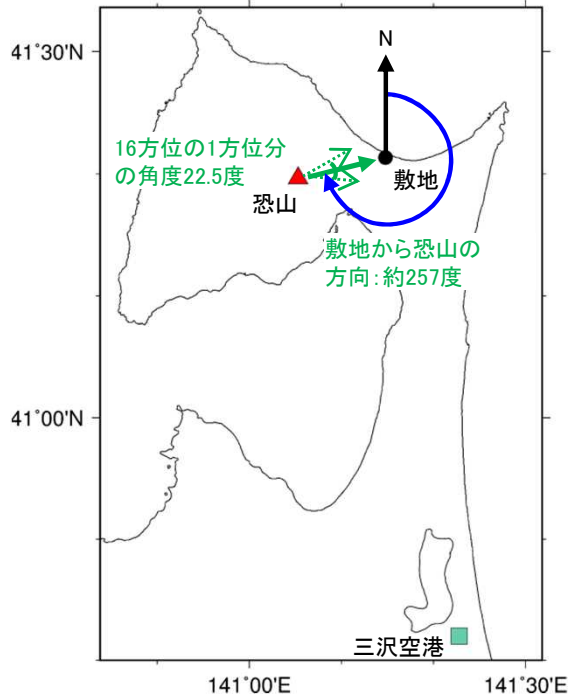
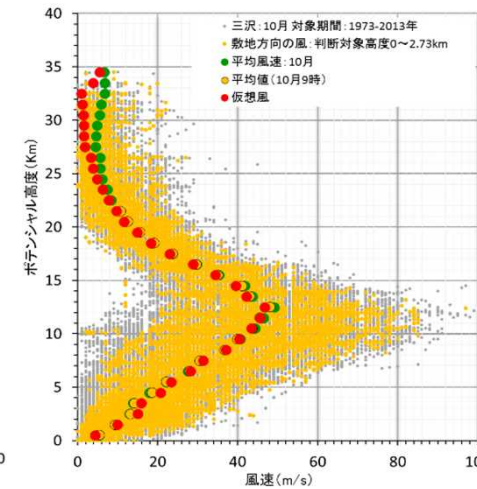
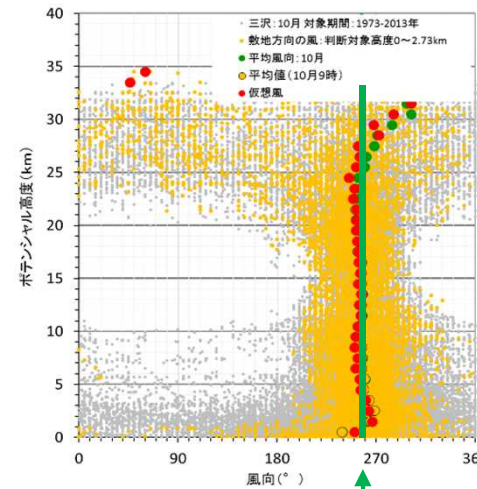


4. 4 火山灰シミュレーション (恐山)

恐山(宮後テフラ):不確かさの検討<風向>:噴煙柱高度 火口上2500mの場合

風向の不確かさを考慮し、基本ケースに対して、風向を敷地に向けたケースについて検討した結果、敷地における堆積厚さは22cmで、基本ケースを超えない。

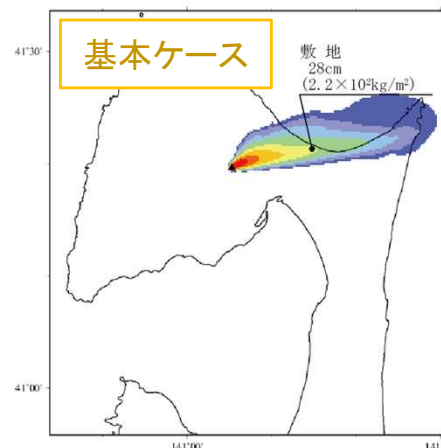
※10月の観測値のうち高度0m~2730mにおける風向の平均値が抽出範囲内〔敷地(約257度)を中心とし、16方位の1方位分の角度:±11.25°〕に入る風を抽出し、その高度別平均値を用いて解析



凡例

~1cm (~8kg/m ²)
1cm~2cm (8kg/m ² ~16kg/m ²)
2cm~5cm (16kg/m ² ~40kg/m ²)
5cm~10cm (40kg/m ² ~80kg/m ²)
10cm~25cm (80kg/m ² ~200kg/m ²)
25cm~50cm (200kg/m ² ~400kg/m ²)
50cm~100cm (400kg/m ² ~800kg/m ²)
100cm~200cm (800kg/m ² ~1600kg/m ²)
200cm~ (1600kg/m ² ~)

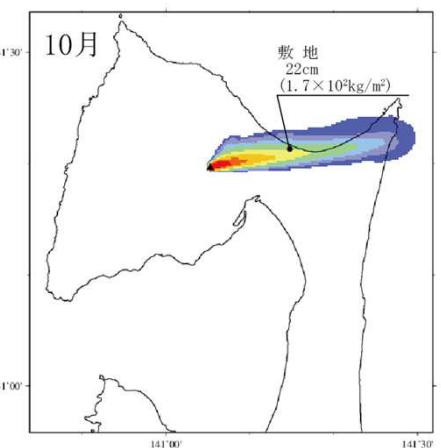
※堆積物密度を 800kg/m³とした場合



10月(9時)の平均値の風
(1981~2010年)



敷地方向の風へ

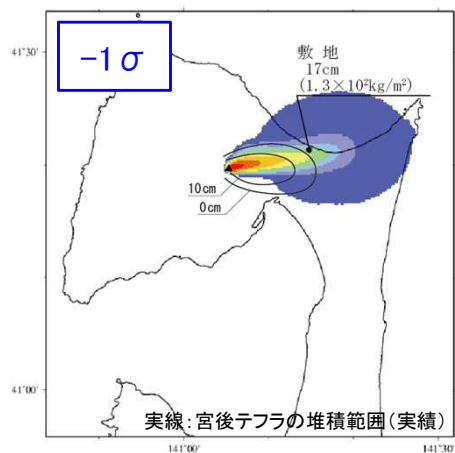
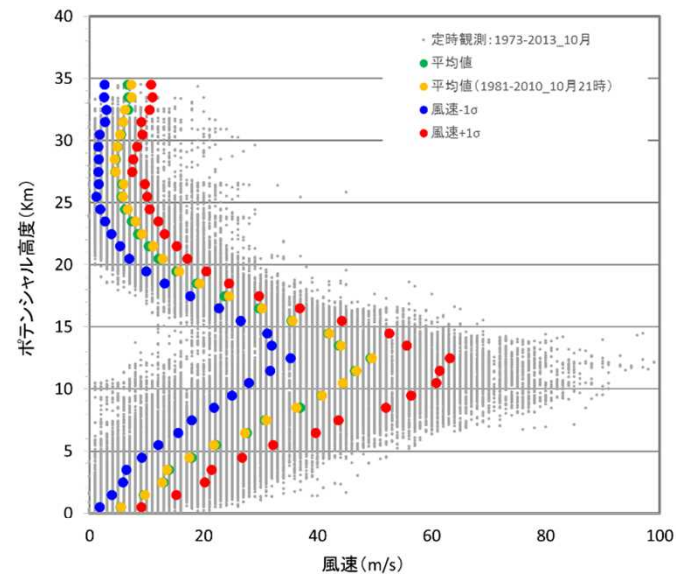


敷地方向の風(合成風)
(1973~2013年)

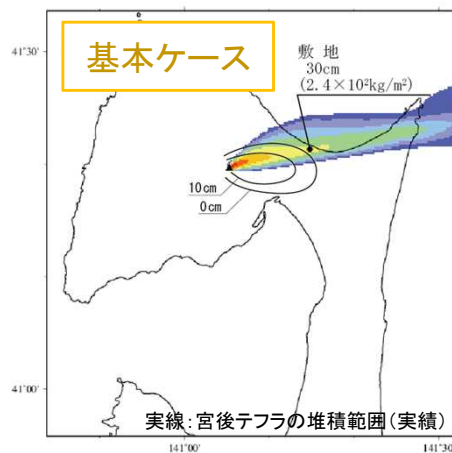
4. 4 火山灰シミュレーション (恐山)

恐山(宮後テフラ): 不確かさの検討<風速>: 噴煙柱高度 火口上5000mの場合

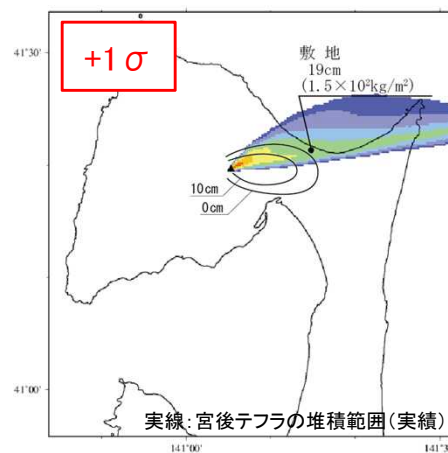
風速の不確かさを考慮し、基本ケースに対して、風速を±1σとしたケースについて検討した結果、風速を大きくした場合、小さくした場合ともに、敷地における堆積厚さは基本ケースを超えない。



風速-1σ
(1973~2013年)



10月(21時)の平均値の風
(1981~2010年)



風速+1σ
(1973~2013年)

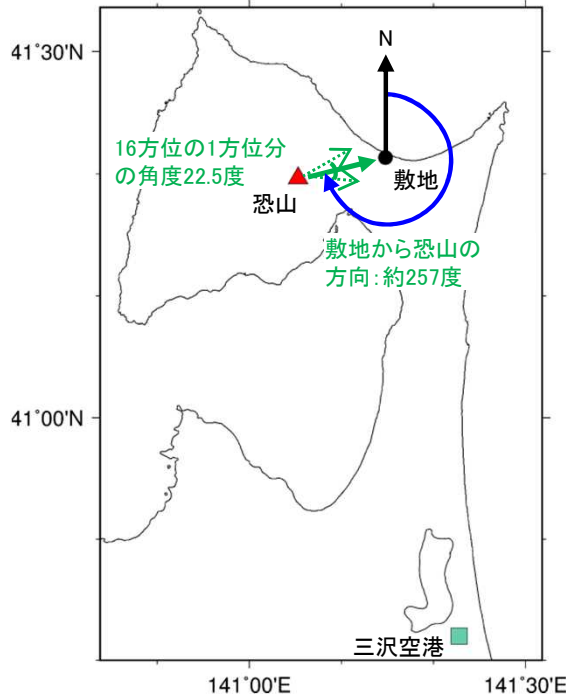
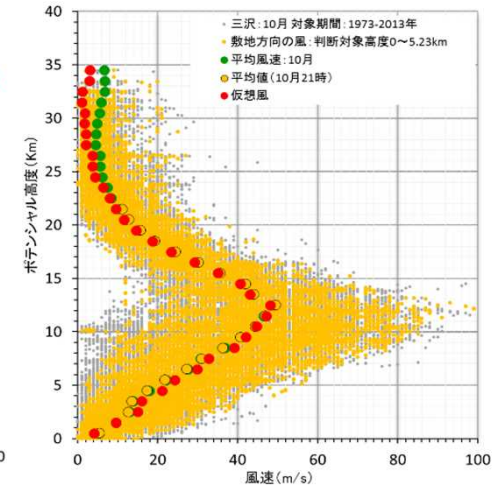
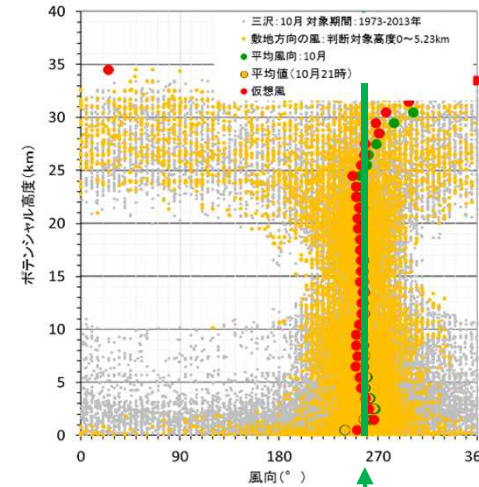


4. 4 火山灰シミュレーション (恐山)

恐山(宮後テフラ):不確かさの検討<風向>:噴煙柱高度 火口上5000mの場合

風向の不確かさを考慮し、基本ケースに対して、風向を敷地に向けたケースについて検討した結果、敷地における堆積厚さは24cmで、基本ケースを超えない。

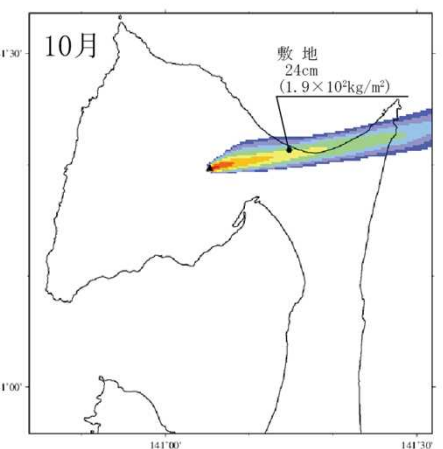
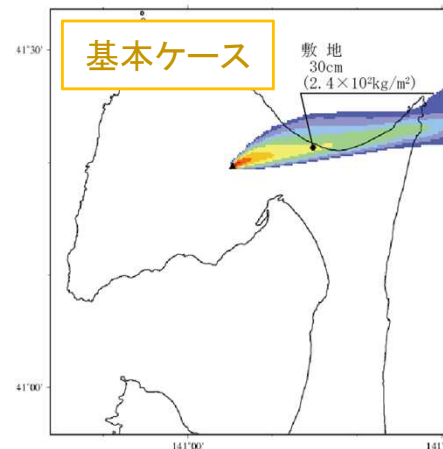
※10月の観測値のうち高度0m~5230mにおける風向の平均値が抽出範囲内〔敷地(約257度)を中心とし、16方位の1方位分の角度:±11.25°〕に入る風を抽出し、その高度別平均値を用いて解析



凡例

~1cm (~8kg/m ²)
1cm~2cm (8kg/m ² ~16kg/m ²)
2cm~5cm (16kg/m ² ~40kg/m ²)
5cm~10cm (40kg/m ² ~80kg/m ²)
10cm~25cm (80kg/m ² ~200kg/m ²)
25cm~50cm (200kg/m ² ~400kg/m ²)
50cm~100cm (400kg/m ² ~800kg/m ²)
100cm~200cm (800kg/m ² ~1600kg/m ²)
200cm~ (1600kg/m ² ~)

※堆積物密度を 800kg/m³とした場合



10月(21時)の平均値の風
(1981~2010年)

敷地方向の風(合成風)
(1973~2013年)

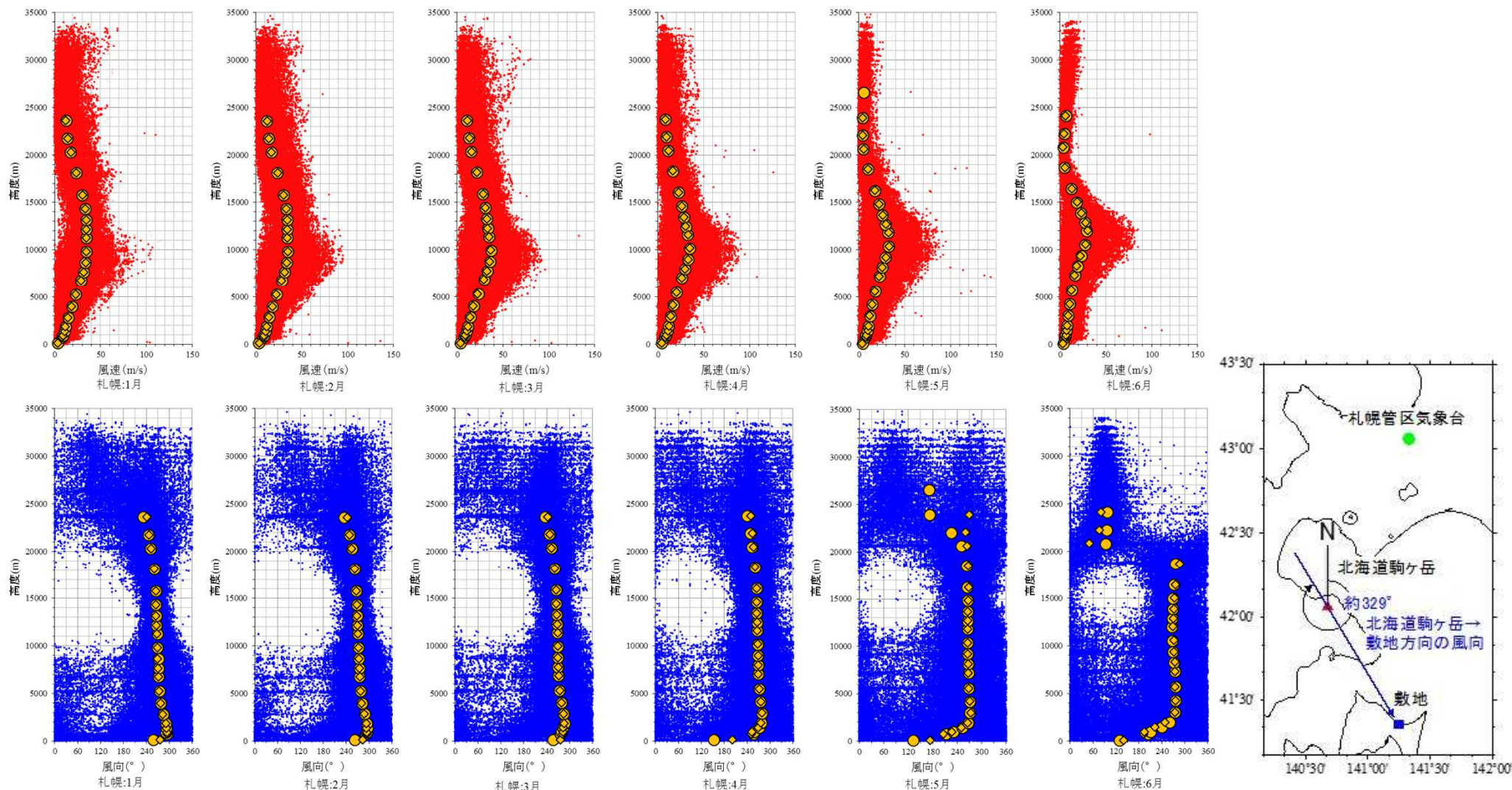
4. 4 火山灰シミュレーション (北海道駒ヶ岳)

北海道駒ヶ岳 (Ko-d) : 入力パラメータ

想定噴火規模	パラメータ	単位	値	設定根拠等	
駒ヶ岳 (Ko-d)	噴出物量	kg	2.3×10^{12}	吉本・宇井(1998)によるKo-dの体積: 2.3km^3 (VEI5規模), 堆積物密度の一般値: $1000\text{kg}/\text{m}^3$ に基づいて設定	
	噴煙柱高度	m	25,000	同程度の規模の噴火 (VEI5) の一般値 (町田・新井(2003), Newhall and Self(1982)による)に基づいて設定	
	噴煙柱分割高さ	m	約100	萬年(2013)より設定	
	粒径	最大	mm	1,024	Tephra2のconfigfileに示された珪長質噴火の一般値
		最小	mm	1/1,024	Tephra2のconfigfileに示された珪長質噴火の一般値
		中央	mm	1/23	同規模の噴火 (Mt. St. Helens 1980年噴火: VEI5) の事例に基づいて設定
		標準偏差	mm	1/8	同規模の噴火 (Mt. St. Helens 1980年噴火: VEI5) の事例に基づいて設定
	岩片密度	kg/m^3	2,600	降下火砕物の一般値を設定	
	軽石粒子密度	kg/m^3	1,000	降下火砕物の一般値を設定	
	みかけ渦拡散係数	m^2/s	0.04	萬年(2013)より設定	
	拡散係数	m^2/s	10,000	萬年(2013)より設定 (実績分布で設定)	
	Fall Time Threshold	s	3,600	萬年(2013)より設定	
	給源	X (UTM54)	m	473,295	「日本の火山 (第3版)」中野ほか (2013) より設定
Y (UTM54)		m	4,656,858		
標高		m	1,131		

4. 4 火山灰シミュレーション (北海道駒ヶ岳)

北海道駒ヶ岳 (Ko-d) : 札幌管区气象台における風向風速の定時観測値及び平年値の鉛直分布 (1月~6月)

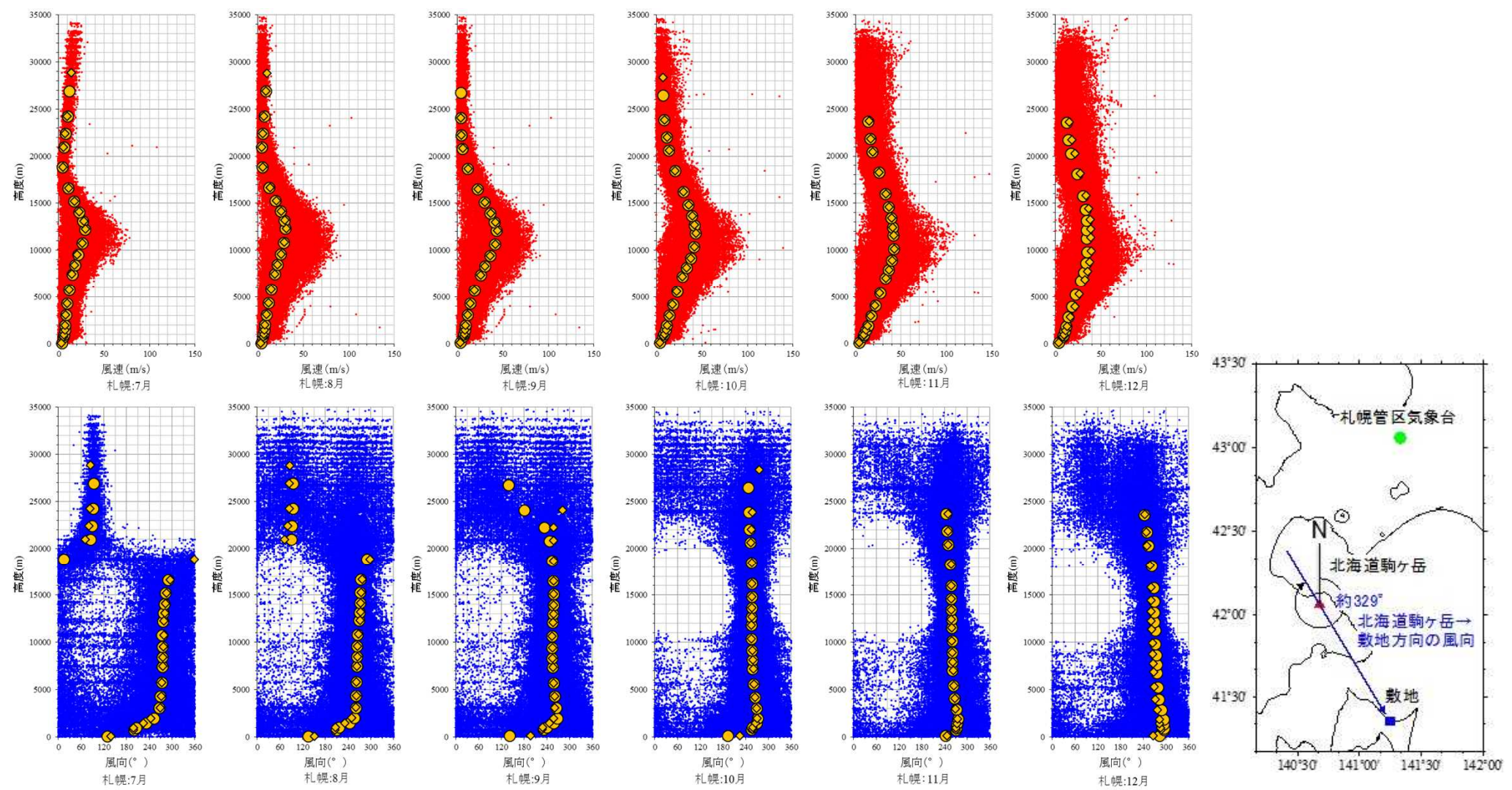


風速・風向鉛直分布：札幌管区气象台 1月~6月 (定時観測データ：1973年~2013年, 平年値：統計対象期間 1981年~2010年)
データダウンロード元：<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> データ取得日：2016年1月7日

・定時観測 (風速) ・定時観測 (風向)
● 平年値 (9h) ◆ 平年値 (21h)

4. 4 火山灰シミュレーション (北海道駒ヶ岳)

北海道駒ヶ岳 (Ko-d) : 札幌管区气象台における風向風速の定時観測値及び平年値の鉛直分布 (7月~12月)



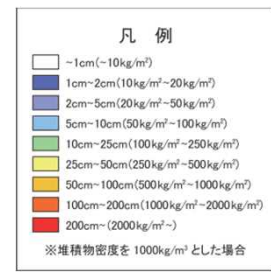
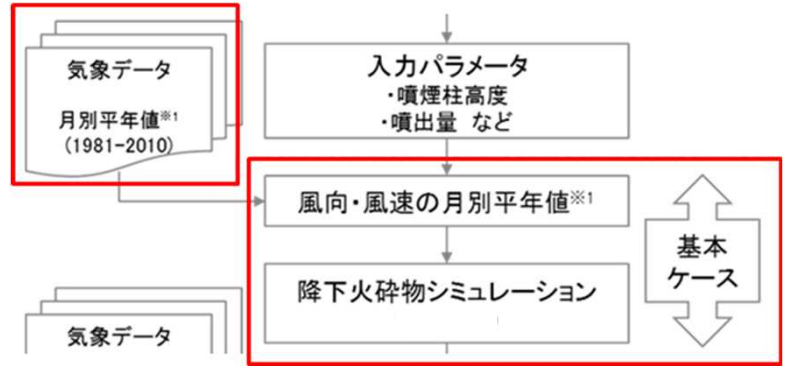
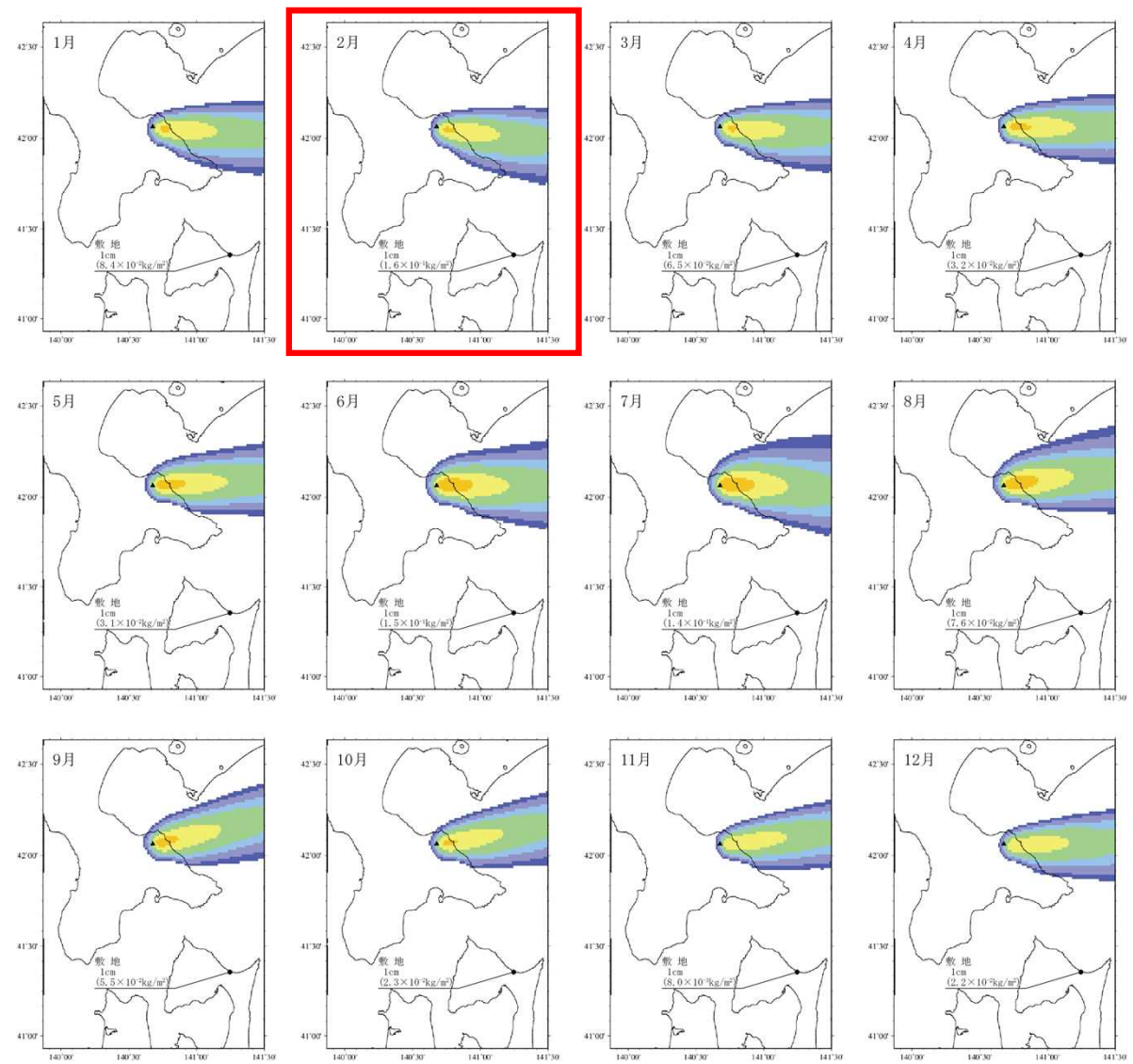
風速・風向鉛直分布：札幌管区气象台 7月~12月 (定時観測データ：1973年~2013年, 平年値：統計対象期間 1981年~2010年)
データダウンロード元：<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> データ取得日：2016年1月7日

・定時観測 (風速) ・定時観測 (風向)
● 平年値 (9h) ◆ 平年値 (21h)

4. 4 火山灰シミュレーション (北海道駒ヶ岳)

北海道駒ヶ岳 (Ko-d) : 風向・風速の月別平年値を用いた解析 (9時)

一年を通じて偏西風の影響を強く受け、降下火砕物の分布主軸は、東南東～東北東方に向く。
敷地における堆積量は、分布主軸が他の月に比べやや南寄りとなる月に多くなる傾向があるものの、最大となる2月でも1cmを超えることはない。



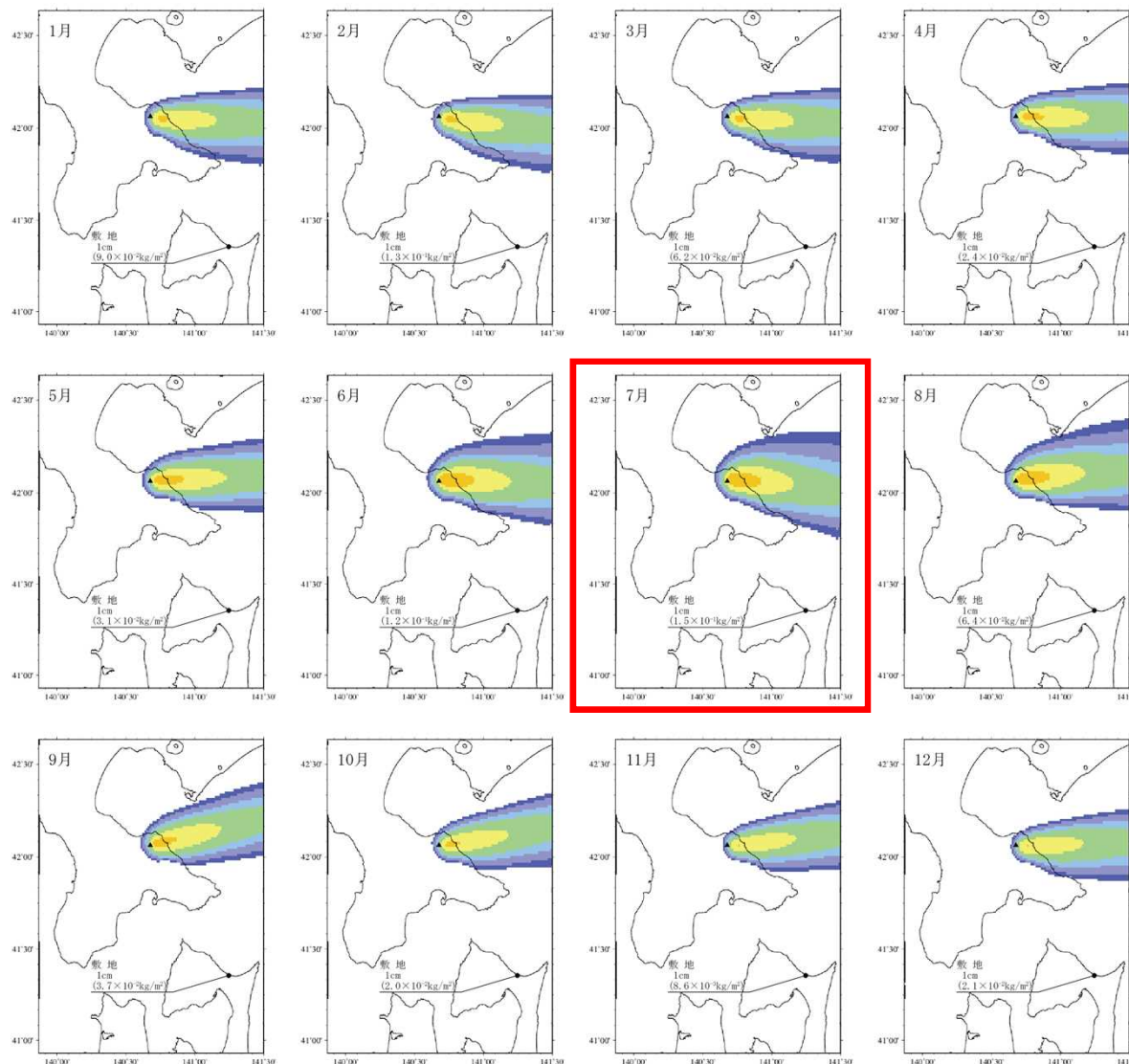
4. 4 火山灰シミュレーション（北海道駒ヶ岳）

審査会合（R2.2.14）
資料1-7 P96 再掲

北海道駒ヶ岳（Ko-d）：風向・風速の月別平年値を用いた解析（21時）

一年を通じて偏西風の影響を強く受け、降下火砕物の分布主軸は、東南東～東北東方に向く。
敷地における堆積量は、分布主軸が他の月に比べやや南寄りとなる月に多くなる傾向があるものの、最大となる7月でも1cmを超えることはない。

【解析結果】
敷地における最大の堆積厚さは2月9時における1cmであった。



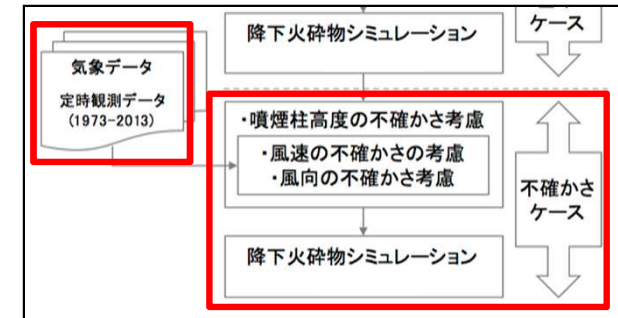
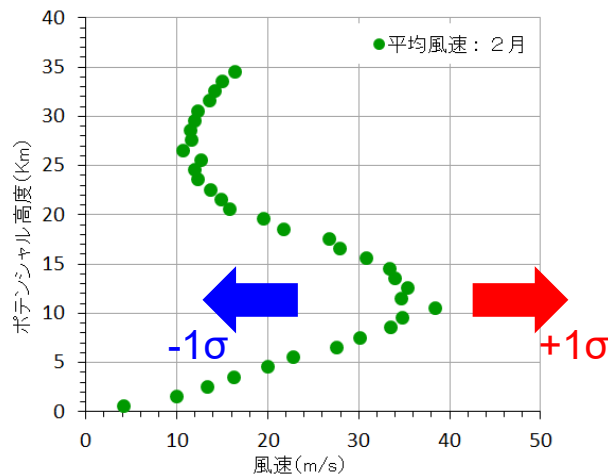
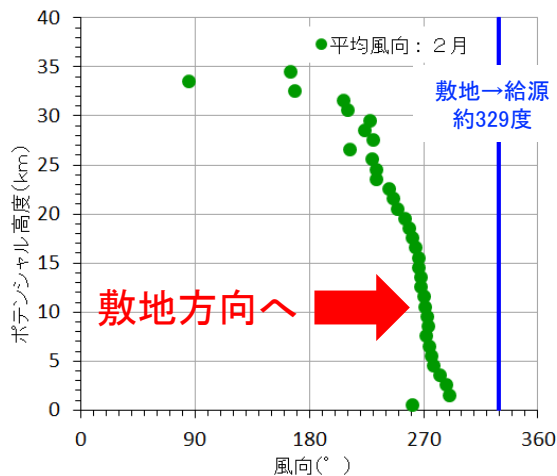
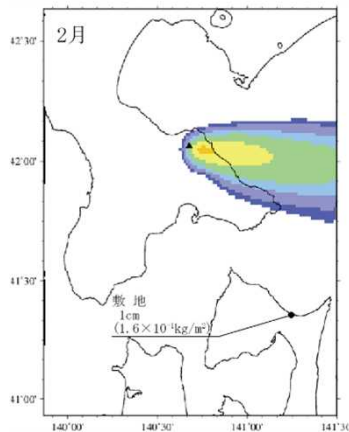
4. 4 火山灰シミュレーション (北海道駒ヶ岳)

北海道駒ヶ岳 (Ko-d) : 不確かさの検討

風向・風速の不確かさを、より長い期間 (1973年~2013年) の気象データを用いて検討する。

基本ケースのうち火山灰層厚が最大となったケースを対象とする。
 ・噴煙柱高度 : 25km (海拔) : 2月9時 平年風向・風速 (1981年~2010年)

基本ケース



➤ 噴煙柱高度の不確かさ
 [気象データ: 2月(9時)の平年値(1981年~2010年)]

不確かさ<噴煙柱高度>

噴煙柱高度 ± 5 km

※萬年(2013)によると、「大きい噴火では噴煙の高さがほとんど決まらない」ことが問題点として挙げられている点を踏まえ、念のため、噴煙柱の高低による影響を検討する。

➤ 風の不確かさ [気象データ: 1973年~2013年]

不確かさ<風速>

風速 ± 1σ

不確かさ<風向>

敷地方向の風

4. 4 火山灰シミュレーション (北海道駒ヶ岳)

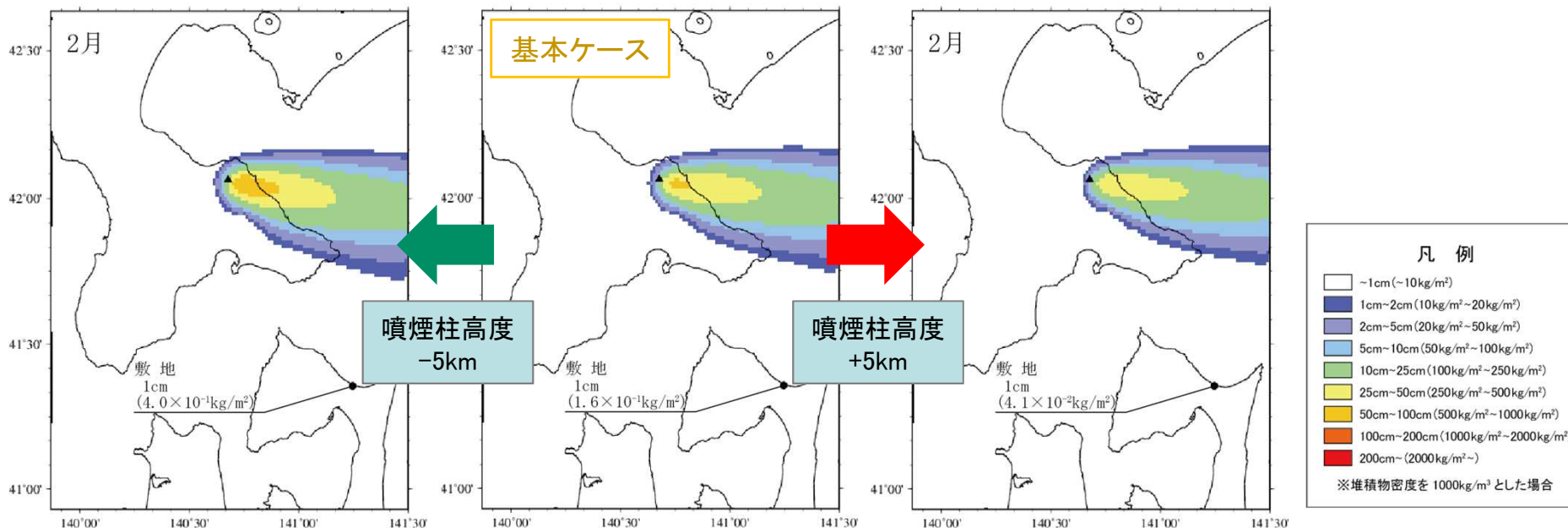
北海道駒ヶ岳 (Ko-d) : 不確かさの検討 < 噴煙柱高度 >

噴煙柱高度の不確かさを考慮し、基本ケースに対して ±5km としたケースについて検討した結果、噴煙柱高度が低いほど敷地における堆積量が大きくなるものの、堆積厚さは最大でも 1 cm である。

※一般に、VEI5 (1~10km³) の噴火における噴煙柱高度は 25km 以上とされており (町田・新井, 2003), 駒ヶ岳 d テフラの噴火規模が約 2.3km³ と VEI5 であることを踏まえ、基本ケースでは噴煙柱高度を 25km としている。

VEI	1	2	3	4	5	6	7	8
噴出物総体積 (km ³)	0.0001 ~ 0.001	0.001 ~ 0.01	0.01 ~ 0.1	0.1 ~ 1	1 ~ 10	10 ~ 100	100 ~ 1000	1000~
噴煙柱高度 (km)	0.1~1	1~5	3~15	10~25	>25			
	小噴火	中噴火		大噴火	—— 巨大噴火 ——	破局的噴火		
		爆発的噴火			テフロクロノロジーに利用			
	← 高頻度			→ 低頻度				

町田・新井(2003)

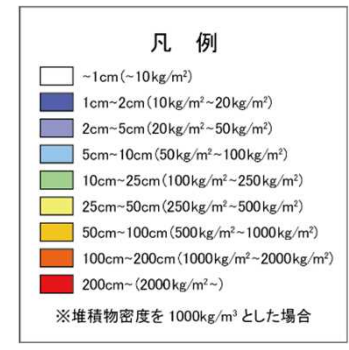
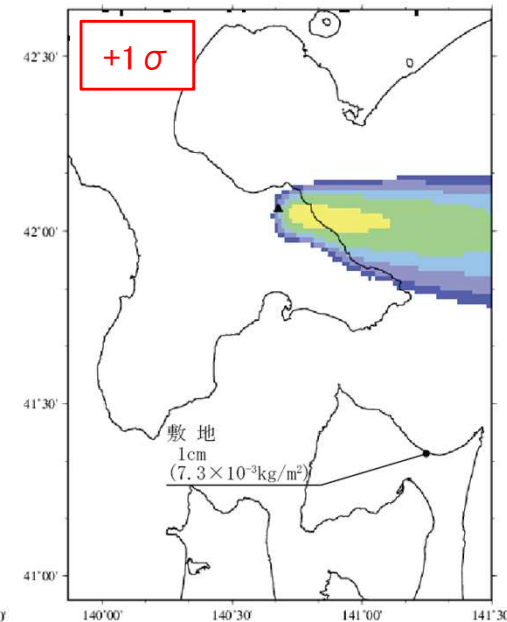
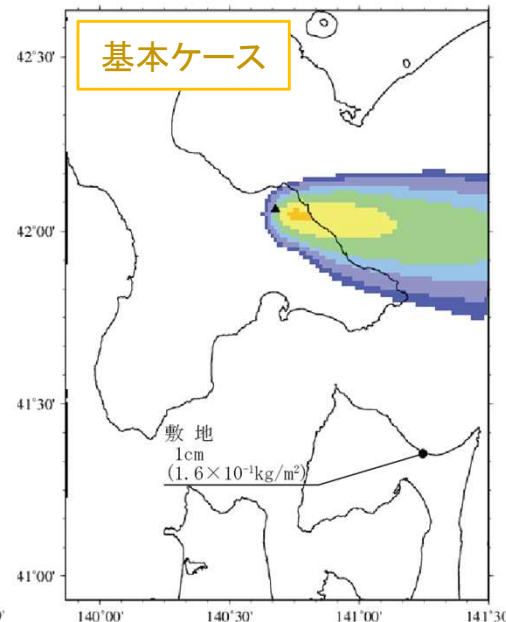
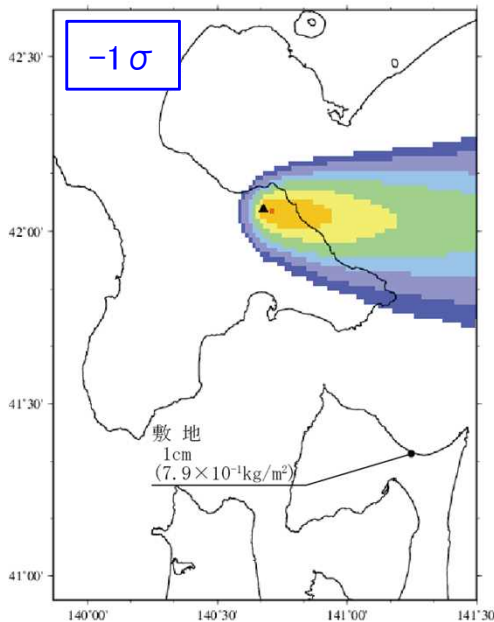
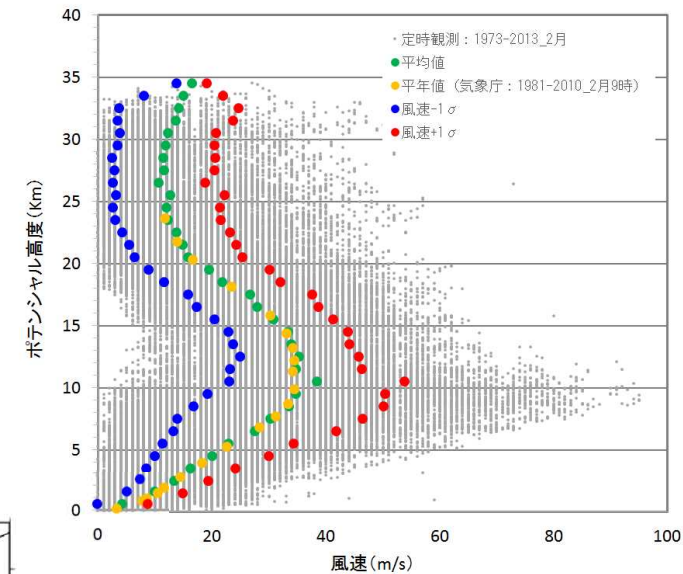


2月(9時)の平年値の風(1981~2010年)

4. 4 火山灰シミュレーション (北海道駒ヶ岳)

北海道駒ヶ岳 (Ko-d) : 不確かさの検討 < 風速 >

風速の不確かさを考慮し、基本ケースに対して、風速を±1σとしたケースについて検討した結果、風速が小さいほど敷地における堆積量が大きくなるものの、堆積厚さは最大でも 1 cm である。



風速-1σ
(1973~2013年)

2月(9時)の平年値の風
(1981~2010年)

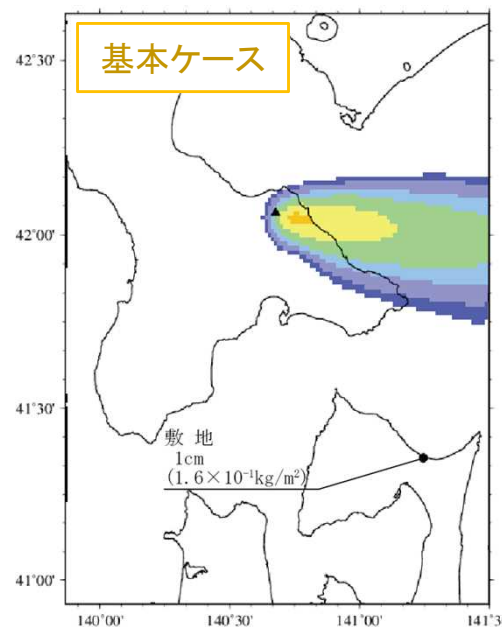
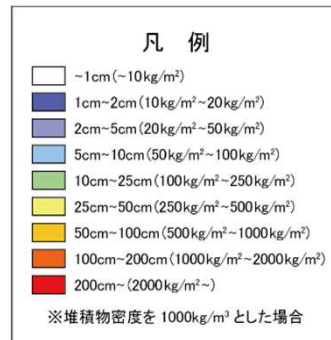
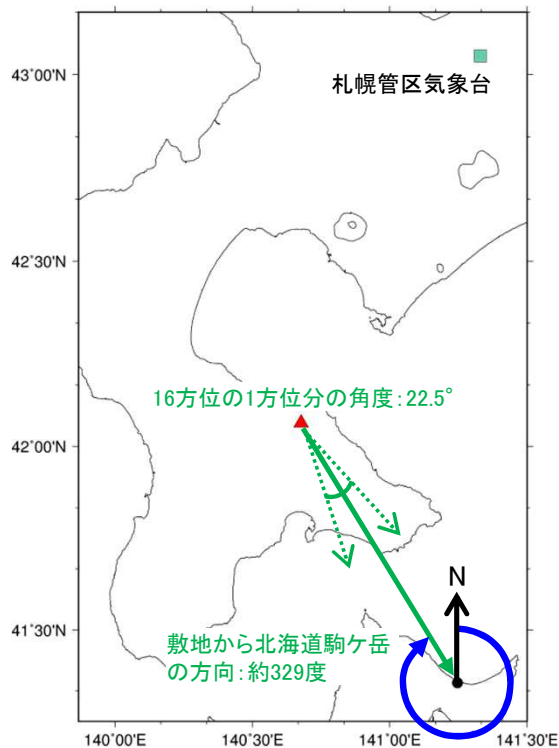
風速+1σ
(1973~2013年)

4. 4 火山灰シミュレーション (北海道駒ヶ岳)

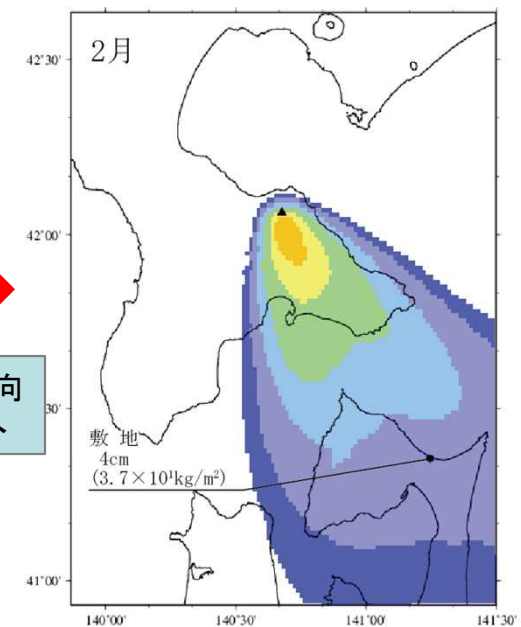
北海道駒ヶ岳 (Ko-d) : 不確かさの検討<風向>

風向の不確かさを考慮し、基本ケースに対して、風向を敷地に向けたケースについて検討した結果、敷地における堆積厚さは4cmである。

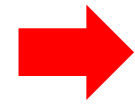
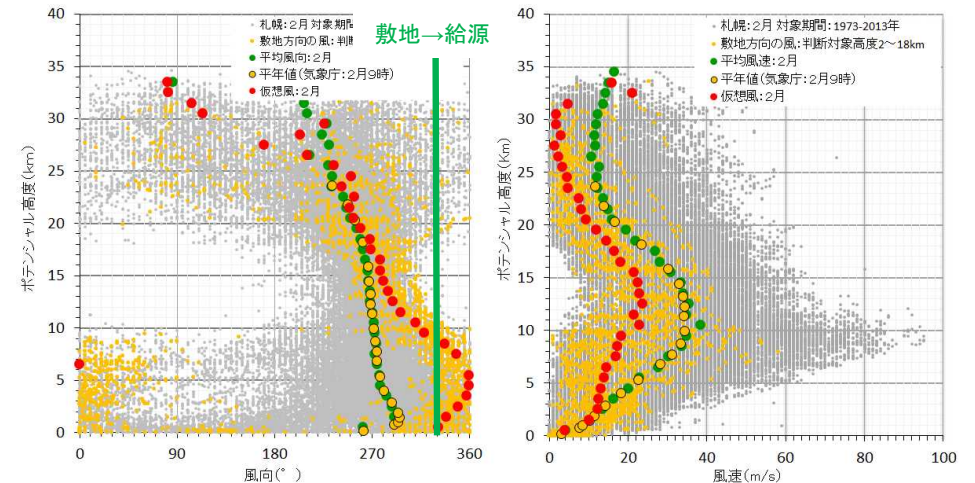
※2月の観測値のうち高度2km~18kmにおける風向の平均値が抽出範囲内[敷地(約329度)を中心とし、16方位の1方位分の角度:±11.25°]に入る風を抽出し、その高度別平均値を用いて解析



2月(9時)の平年値の風
(1981~2010年)



敷地方向の風(合成風)
(1973~2013年)



敷地方向の風へ

余白

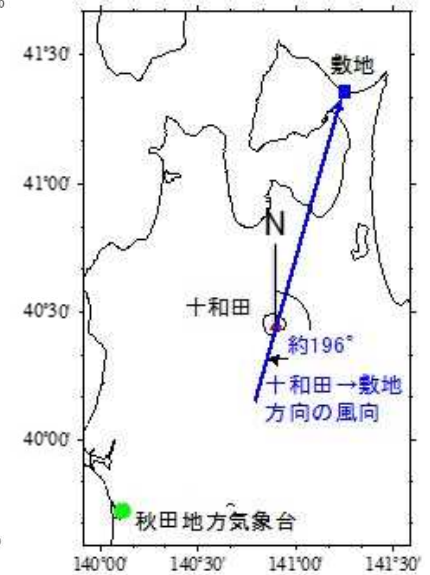
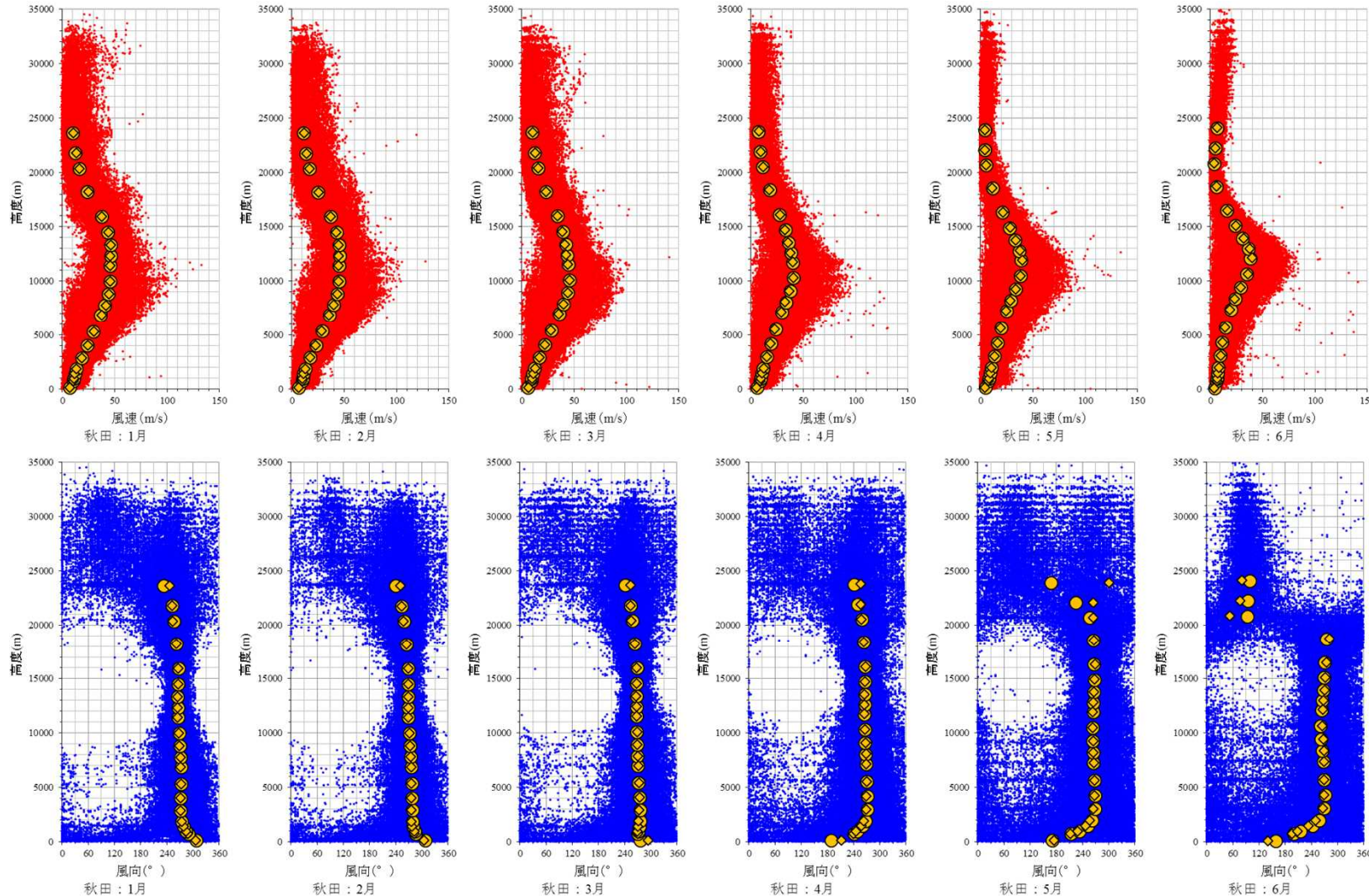
4. 4 火山灰シミュレーション (十和田)

十和田 (To-Cu) : 入力パラメータ

想定噴火規模	パラメータ	単位	値	設定根拠等	
十和田 (To-Cu)	噴出物量	kg	4.01×10^{12}	Hayakawa (1985) のTo-Cuの見かけの噴出量 : 6.68km ³ (VEI5規模) , 堆積物密度 : 600kg/m ³ に基づいて設定	
	噴煙柱高度	m	25,000	同程度の規模の噴火 (VEI5) の一般値 (町田・新井 (2003), Newhall and Self (1982) による) に基づいて設定	
	噴煙柱分割高さ	m	約100	萬年 (2013) より設定	
	粒径	最大	mm	1,024	Tephra2のconfigfileに示された珪長質噴火の一般値
		最小	mm	1/1,024	Tephra2のconfigfileに示された珪長質噴火の一般値
		中央	mm	1/23	同規模の噴火 (Mt. St. Helens 1980年噴火 : VEI5) の事例に基づいて設定
		標準偏差	mm	1/8	同規模の噴火 (Mt. St. Helens 1980年噴火 : VEI5) の事例に基づいて設定
	岩片密度	kg/m ³	2,600	降下火砕物の一般値を設定	
	軽石粒子密度	kg/m ³	1,000	降下火砕物の一般値を設定	
	みかけ渦拡散係数	m ² /s	0.04	萬年 (2013) より設定	
	拡散係数	m ² /s	10,000	萬年 (2013) より設定 (実績分布で設定)	
	Fall Time Threshold	s	3,600	萬年 (2013) より設定	
	給源	X (UTM54)	m	491,603	十和田湖 (中湖の中心付近) のUTM座標
Y (UTM54)		m	4,477,037		
標高		m	400	十和田湖 (中湖の中心付近) の湖面標高	

4. 4 火山灰シミュレーション (十和田)

十和田 (To-Cu) : 秋田地方気象台における風向風速の定時観測値及び平年値の鉛直分布 (1月~6月)

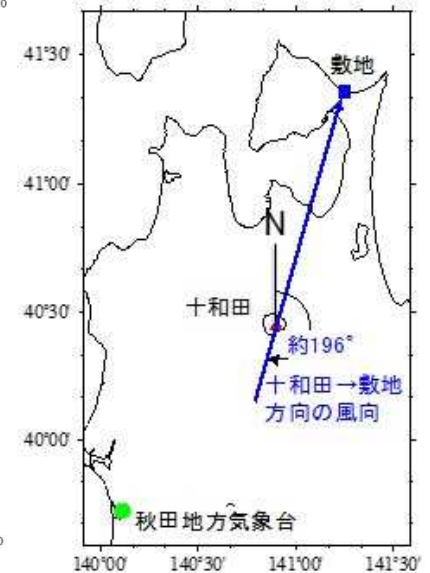
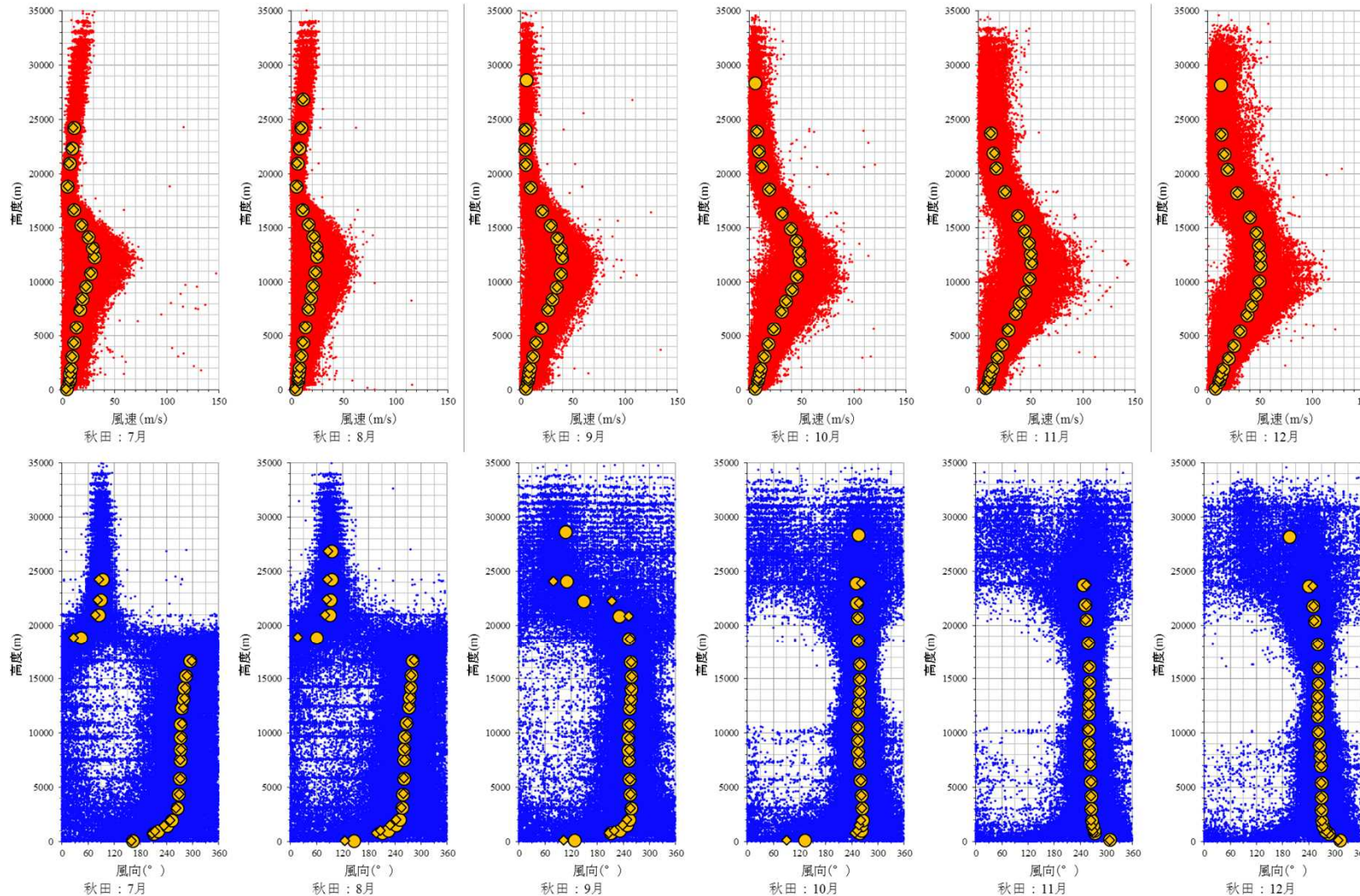


風速・風向鉛直分布：秋田地方気象台 1月~6月 (定時観測データ：1973年~2013年，平年値：統計対象期間 1981年~2010年)
データダウンロード元：<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> データ取得日：2014年1月24日

・定時観測 (風速) ・定時観測 (風向)
● 平年値 (9h) ◆ 平年値 (21h)

4. 4 火山灰シミュレーション (十和田)

十和田 (To-Cu) : 秋田地方気象台における風向風速の定時観測値及び平年値の鉛直分布 (7月~12月)



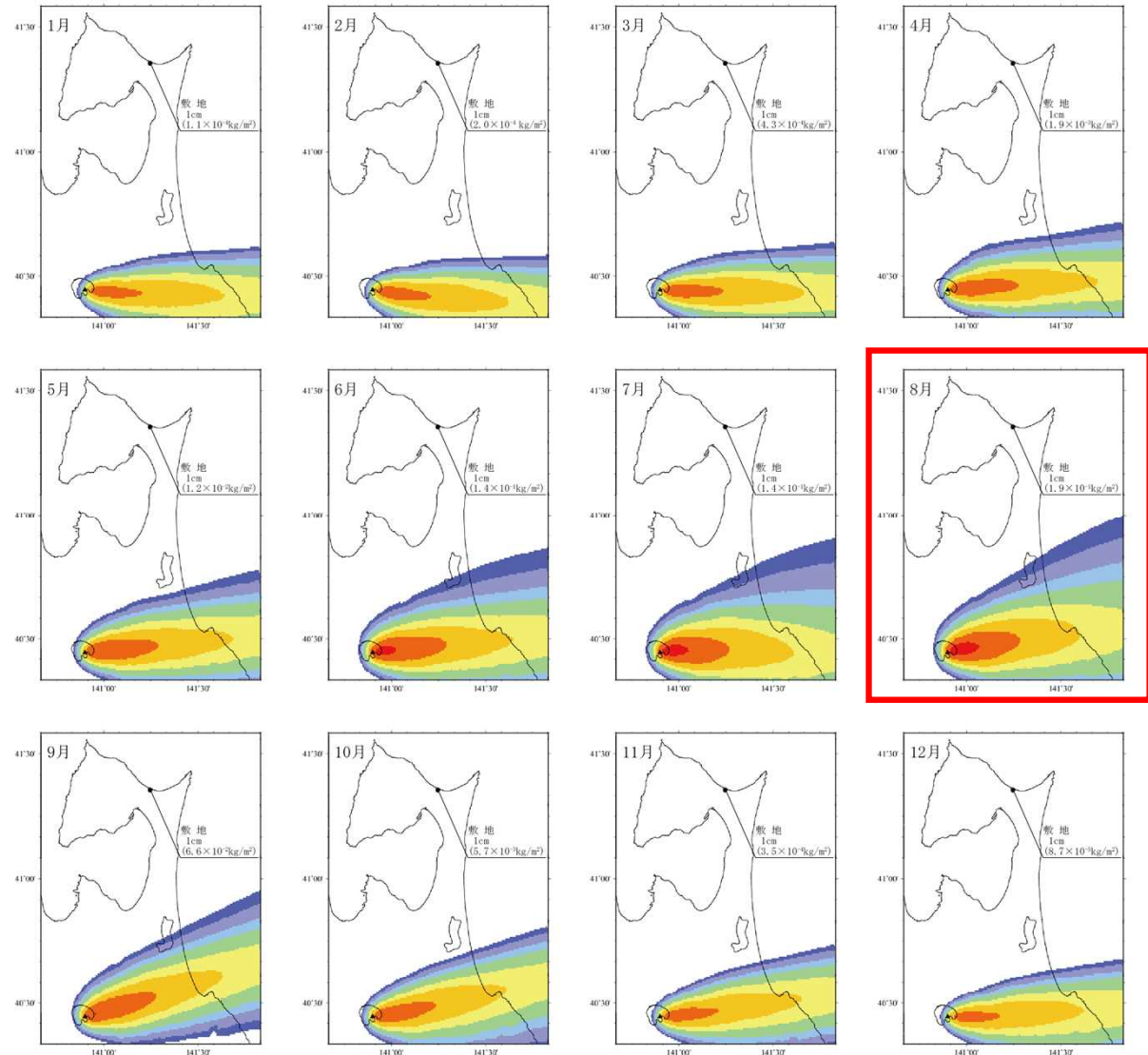
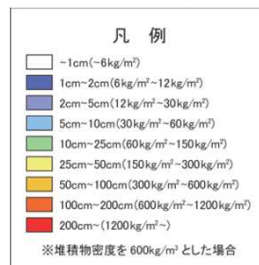
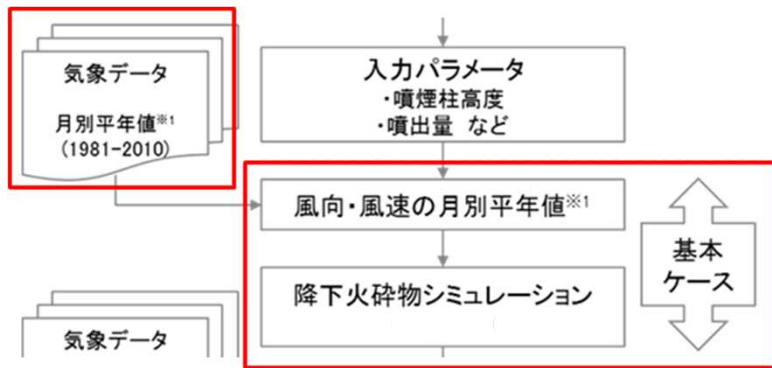
風速・風向鉛直分布：秋田地方気象台 7月~12月 (定時観測データ：1973年~2013年, 平年値：統計対象期間 1981年~2010年)
データダウンロード元：<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> データ取得日：2014年1月24日

・定時観測 (風速) ・定時観測 (風向)
● 平年値 (9h) ◆ 平年値 (21h)

4. 4 火山灰シミュレーション (十和田)

十和田 (To-Cu) : 風向・風速の月別平年値を用いた解析 (9時)

一年を通じて偏西風の影響を強く受け、降下火砕物の分布主軸は、東南東～東北東方に向く。
敷地における堆積量は、偏西風が弱まる夏季に堆積量が大きくなる傾向があり、8月に最大となるが、いずれの月も堆積厚さ1cmを超えることはない。

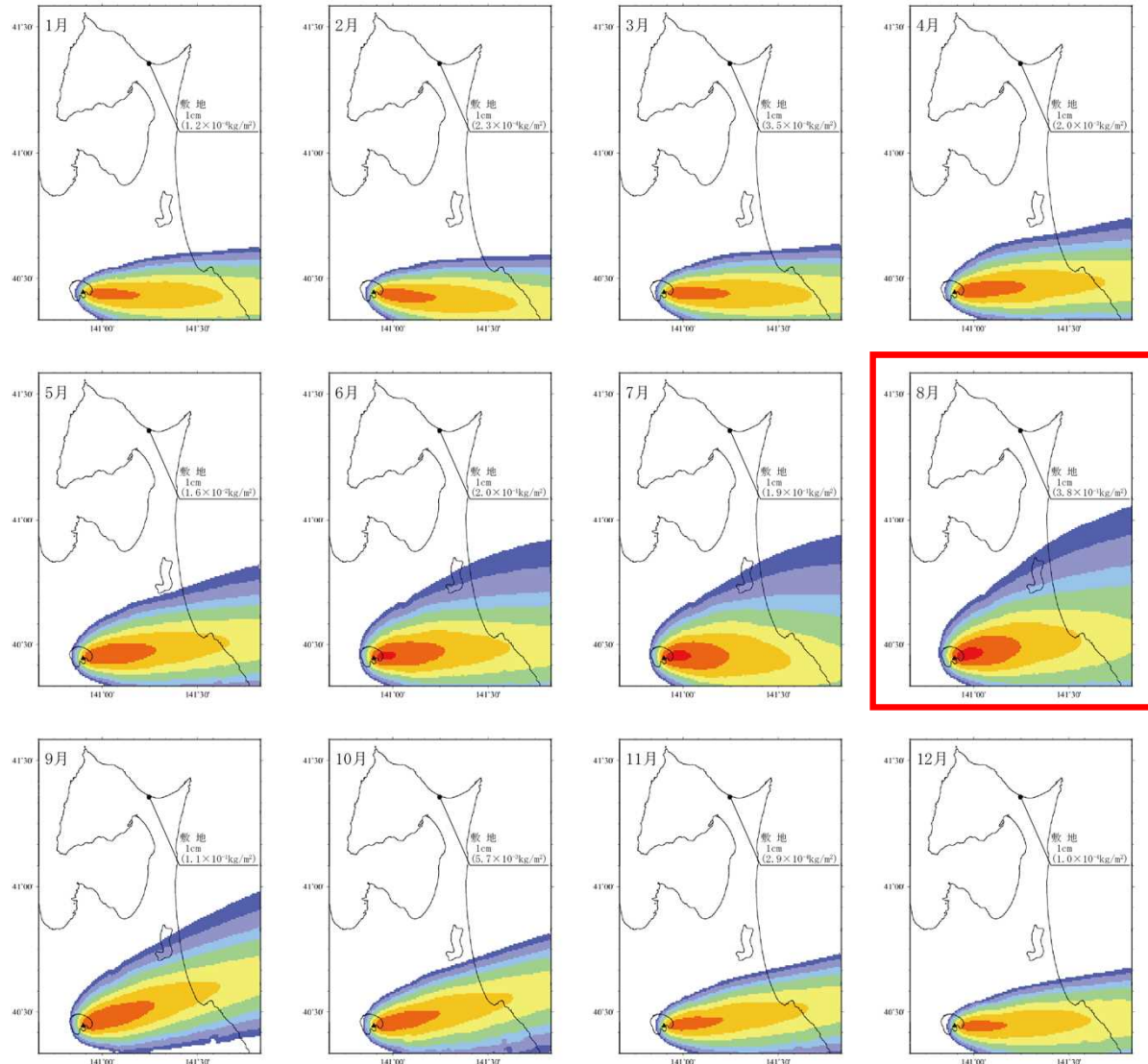


4. 4 火山灰シミュレーション (十和田)

十和田(To-Cu): 風向・風速の月別平年値を用いた解析(21時)

一年を通じて偏西風の影響を強く受け、降下火砕物の分布主軸は、東南東～東北東方に向く。
敷地における堆積量は、偏西風が弱まる夏季に堆積量が大きくなる傾向があり、8月に最大となるが、いずれの月も堆積厚さ1cmを超えることはない。

【解析結果】
敷地における最大の堆積厚さは8月21時における1cmであった。



4. 4 火山灰シミュレーション (十和田)

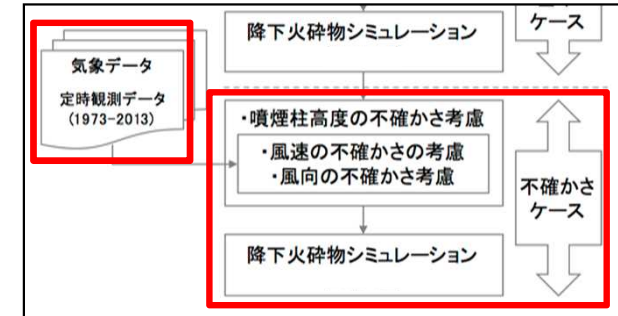
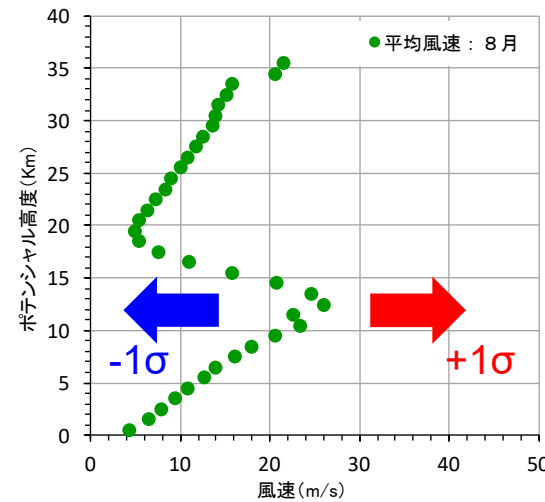
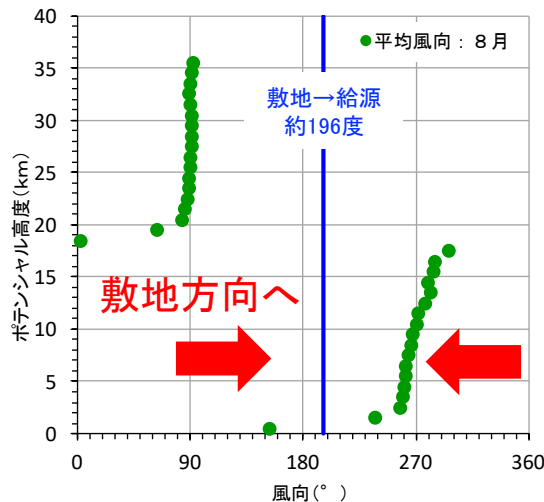
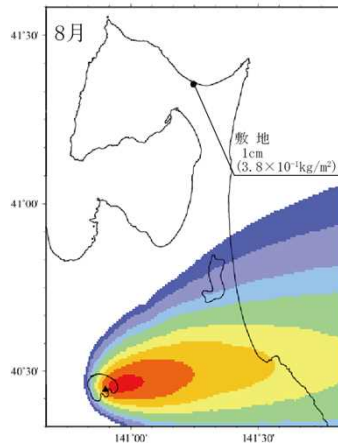
十和田 (To-Cu) : 不確かさの検討

風向・風速の不確かさを、より長い期間 (1973年~2013年) の気象データを用いて検討する。

基本ケース :

- ・噴煙柱高度 : 25km (海拔) : 8月21時 平年風向・風速 (1981年~2010年)

基本ケース



➤ 噴煙柱高度の不確かさ
〔気象データ: 8月(21時)の平年値(1981年~2010年)〕

不確かさ<噴煙柱高度>

噴煙柱高度 ± 5 km

※万年(2013)によると、「大きい噴火では噴煙の高さがほとんど決まらない」ことが問題点として挙げられている点を踏まえ、念のため、噴煙柱の高低による影響を検討する。

➤ 風の不確かさ〔気象データ: 1973年~2013年〕

不確かさ<風速>

風速 ± 1σ

不確かさ<風向>

敷地方向の風

4. 4 火山灰シミュレーション (十和田)

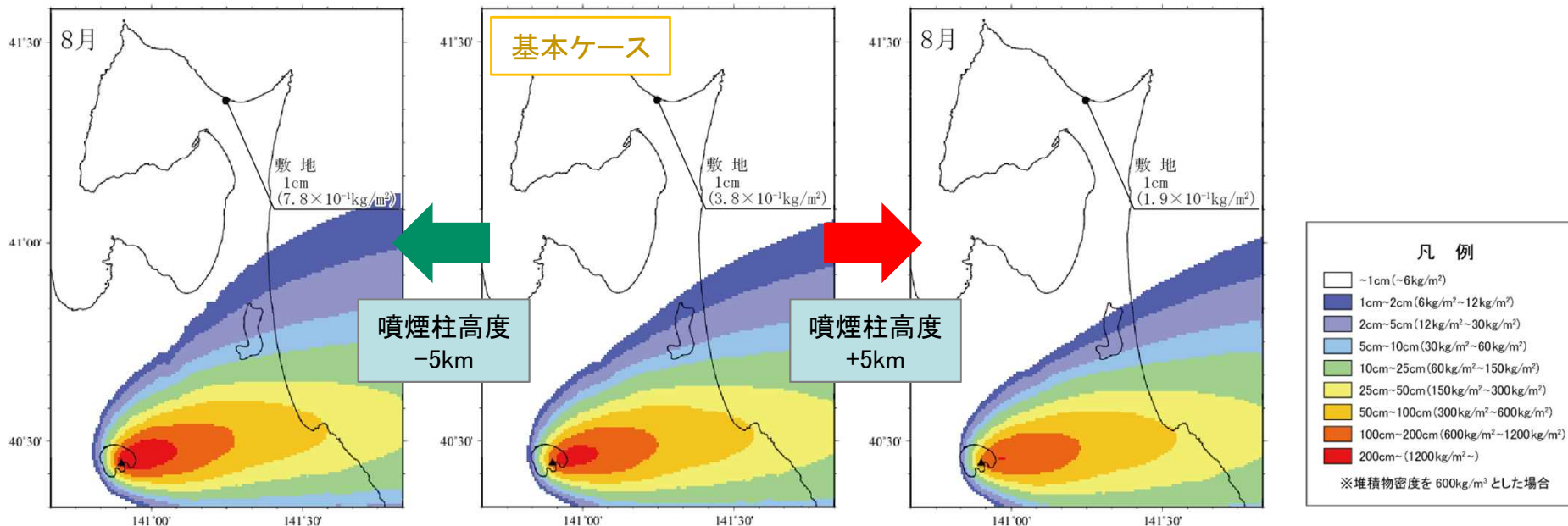
十和田 (To-Cu) : 不確かさの検討 < 噴煙柱高度 >

噴煙柱高度の不確かさを考慮し、基本ケースに対して ±5km としたケースについて検討した結果、噴煙柱高度が低いほど敷地における堆積量が大きくなるものの、堆積厚さは最大でも 1 cm である。

※一般に、VEI5 (1~10km³) の噴火における噴煙柱高度は25km 以上とされており(町田・新井, 2003), 十和田中楸テフラの噴火規模が約6.68km³とVEI5であることを踏まえ、基本ケースでは噴煙柱高度を25kmとしている。

VEI	1	2	3	4	5	6	7	8
噴出物総体積 (km ³)	0.0001	0.001	0.01	0.1	1	10	100	1000~
噴煙柱高度 (km)	0.1~1	1~5	3~15	10~25	>25	100	1000	
	小噴火	中噴火		大噴火	巨大噴火	破局的噴火		
	爆発的噴火							
	テフクロノロジーに利用							
	高頻度				低頻度			

町田・新井(2003)

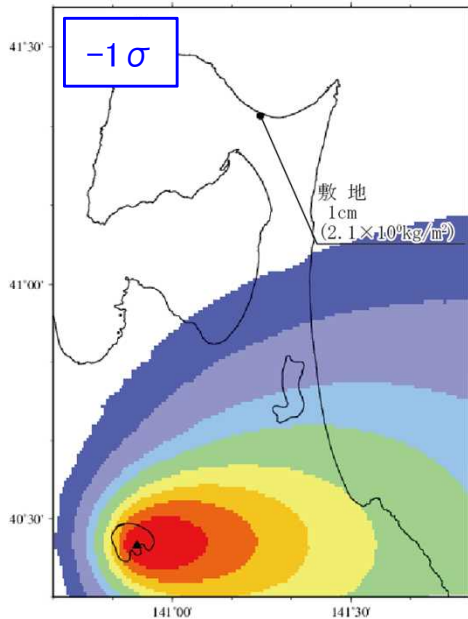
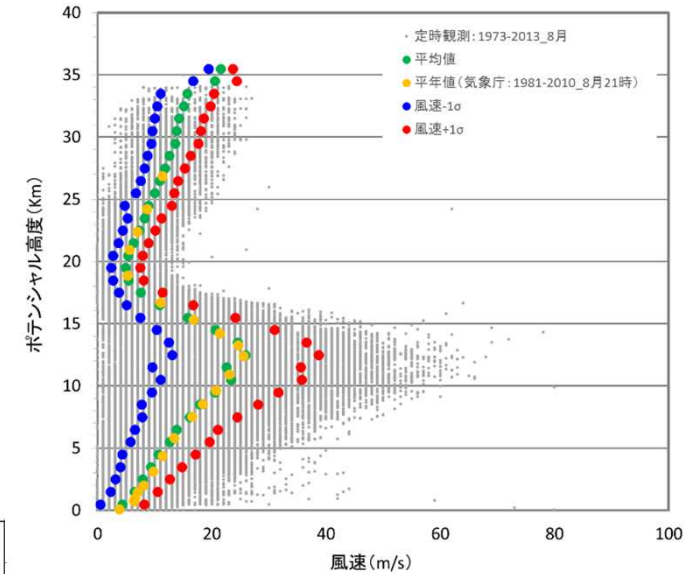


8月(21時)の平年値の風(1981~2010年)

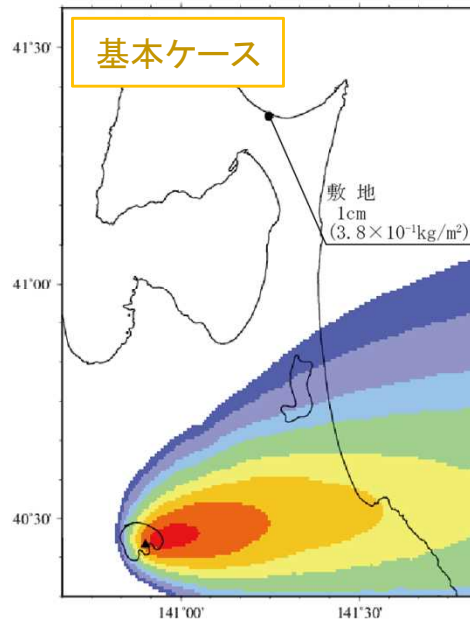
4. 4 火山灰シミュレーション (十和田)

十和田 (To-Cu) : 不確かさの検討<風速>

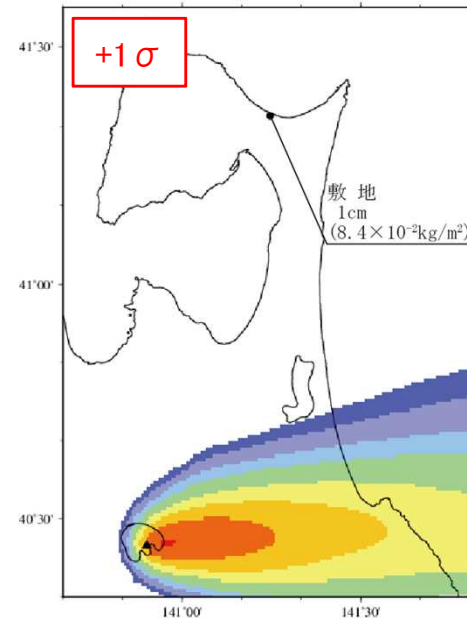
風速の不確かさを考慮し、基本ケースに対して、風速を±1σとしたケースについて検討した結果、風速が小さいほど敷地における堆積量が大きくなるものの、堆積厚さは最大でも1cmである。



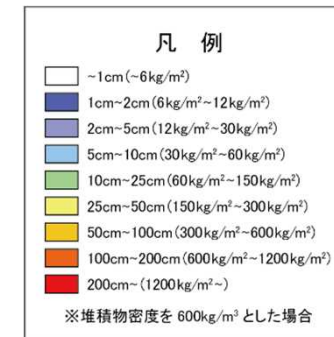
風速-1σ
(1973~2013年)



8月(21時)の平年値の風
(1981~2010年)



風速+1σ
(1973~2013年)

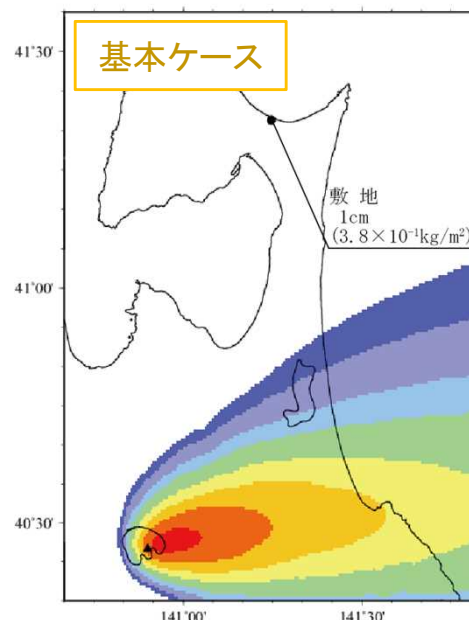
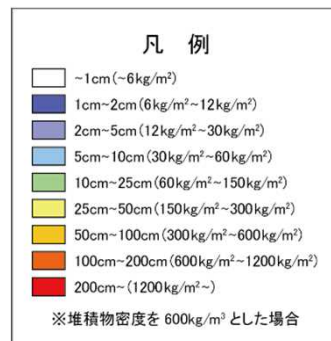
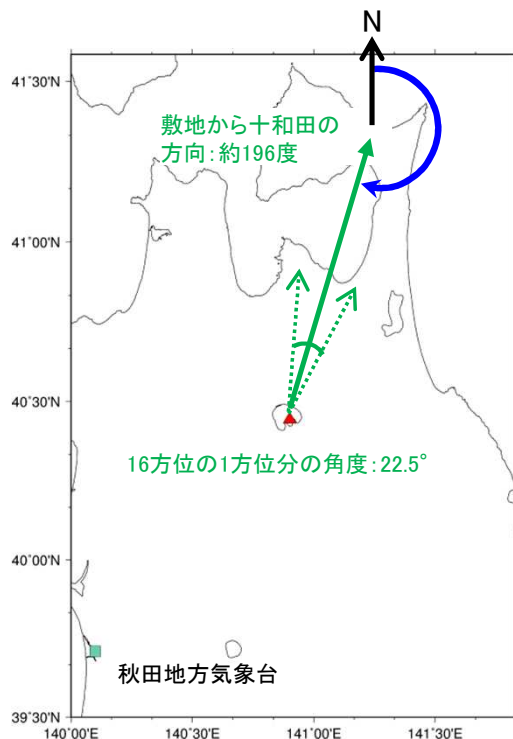


4. 4 火山灰シミュレーション (十和田)

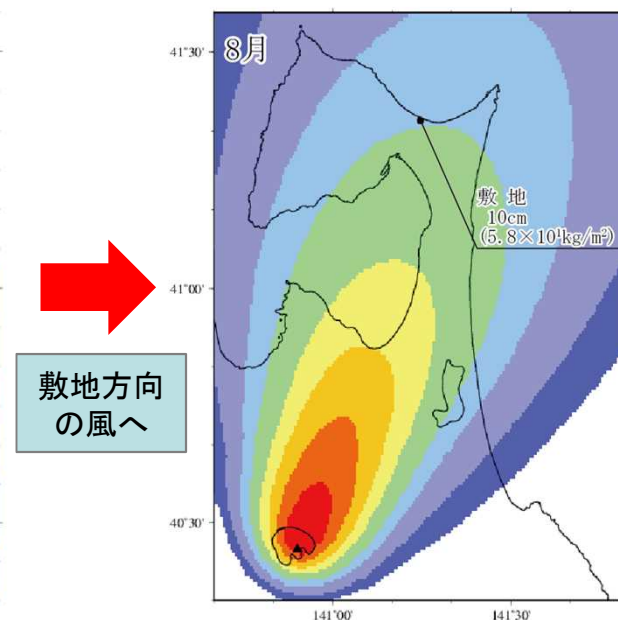
十和田 (To-Cu) : 不確かさの検討<風向>

風向の不確かさを考慮し、基本ケースに対して、風向を敷地に向けたケースについて検討した結果、敷地における堆積厚さは10cmである。

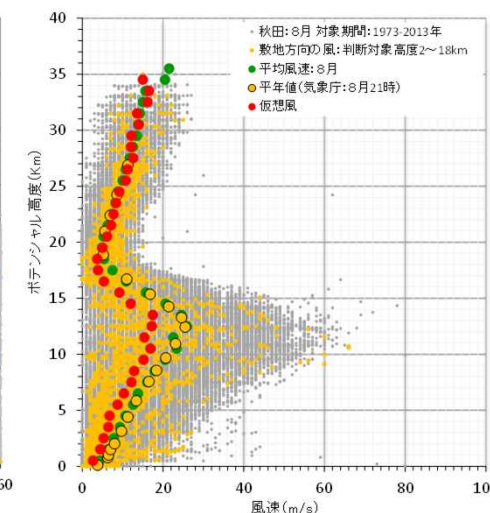
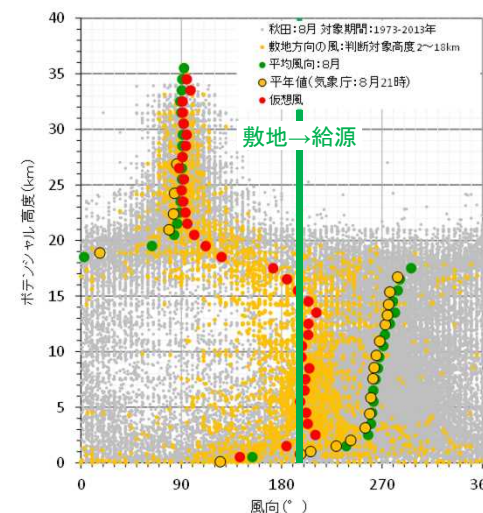
※8月の観測値のうち高度2km~18kmにおける風向の平均値が抽出範囲内〔敷地(約196度)を中心とし、16方位の1方位分の角度:±11.25°〕に入る風を抽出し、その高度別平均値を用いて解析



8月(21時)の平年値の風 (1981~2010年)



敷地方向の風(合成風) (1973~2013年)



4. 5 降下火砕物の影響評価 (まとめ)

内容に変更なし

- 敷地および敷地近傍で確認されている降下火砕物のうち、宮後テフラ（恐山）と白頭山苦小牧テフラの層厚が最大（10cm）である。
- また、将来の活動性が否定できない降下火砕物として、宮後テフラ（恐山）、北海道駒ヶ岳 d テフラ、十和田中楯テフラを対象とした火山灰シミュレーションを実施した結果、以下のような結果となった。
 - ・ 恐山（宮後テフラ） : 30cm
 - ・ 北海道駒ヶ岳（Ko-d） : 4cm
 - ・ 十和田（To-Cu） : 10cm
- なお、白頭山苦小牧テフラについては、前述したように実績の分布主軸が敷地方向と合致していることから、シミュレーションの対象外とした。
- 設計に用いる火山灰層厚としては、前述したように十分な保守性を確保する観点から、火山灰シミュレーションによる最大値（宮後テフラ：30cm）を採用し30cmとする。
- 宮後テフラの密度は露頭で採取した試料の土質試験結果から乾燥密度を $0.8\text{g}/\text{cm}^3$ としているが、設計荷重としては、湿潤密度 $1.4\text{g}/\text{cm}^3$ をさらに保守的に評価し $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ としている。

4. 6 降下火砕物の密度・粒度

【降下火砕物の密度】

- 宇井[編] (1997) によると「乾燥した火山灰は、密度が0.4~0.7程度であるが、湿ると1.2を超えることがあること」とされている。
- 設計上考慮する降下火砕物層厚の基となる恐山宮後テフラについて、試料を採取して密度試験を実施した結果、乾燥密度が約0.8g/cm³、湿潤密度は約1.4g/cm³となった。
- 以上の知見を踏まえ、設計上考慮する降下火砕物の密度は1.5g/cm³とする。

恐山宮後テフラの密度試験結果

土粒子の密度 ρs(g/cm ³)	乾燥密度 ρd(g/cm ³)	湿潤密度 ρt(g/cm ³)	自然含水比 Wn(%)
2.7	0.8	1.4	約70

【降下火砕物の粒度】

- 換気フィルターや除塵機など、降下火砕物による目詰まりなどの検討が必要となる施設が存在しないため、評価対象外とした。

4. 7 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

施設に影響を及ぼし得る火山:24火山→25火山(八幡岳火山群の追加)

審査会合 (R4.2.4)
資料2-2 P63 再掲

- 施設に影響を及ぼし得る火山 (25火山) を対象に、火山性土石流等、火山から発生する飛来物、火山ガス及びその他の火山事象の影響可能性を検討した。
- 検討は、各火山事象の影響範囲と施設から各火山への距離や、施設周辺の地形等に着目して行った。

施設に影響を及ぼし得る火山 (25火山)

火山名	敷地からの離隔 (km)	
2	樽前山	149
3	風不死岳	152
4	恵庭岳	160
5	倶多楽・登別火山群	126
6	ホロホロ・徳舜瞥	142
7	オロフレ・来馬	135
8	尻別岳	160
12	有珠山	136
19	北海道駒ヶ岳	92
21	横津岳	76
23	恵山	50
27	渡島大島	158
29	陸奥燧岳	19
33	恐山	14
34	岩木山	111
36	田代岳	125
41	藤沢森	99
42	南八甲田火山群	90
43	北八甲田火山群	83
44	八甲田カルデラ	80
45	八幡岳火山群	75
46	十和田	103
47	先十和田	102
52	秋田焼山	160
53	八幡平火山群	159

施設に影響を与える可能性のある火山事象及び位置関係 (原子力発電所の火山影響評価ガイド、一部加筆)

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

(参考資料：IAEA SSG-21 及び JEAG4625)

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

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

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

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

4. 7 降下火砕物以外の火山事象の影響評価 (火山性土石流・泥流)

恵山から敷地までには地形的障害が存在し、火山性土石流などが発生しても敷地到達する可能性はないことに変更なし

【陸奥燧岳および恐山以外の火山】

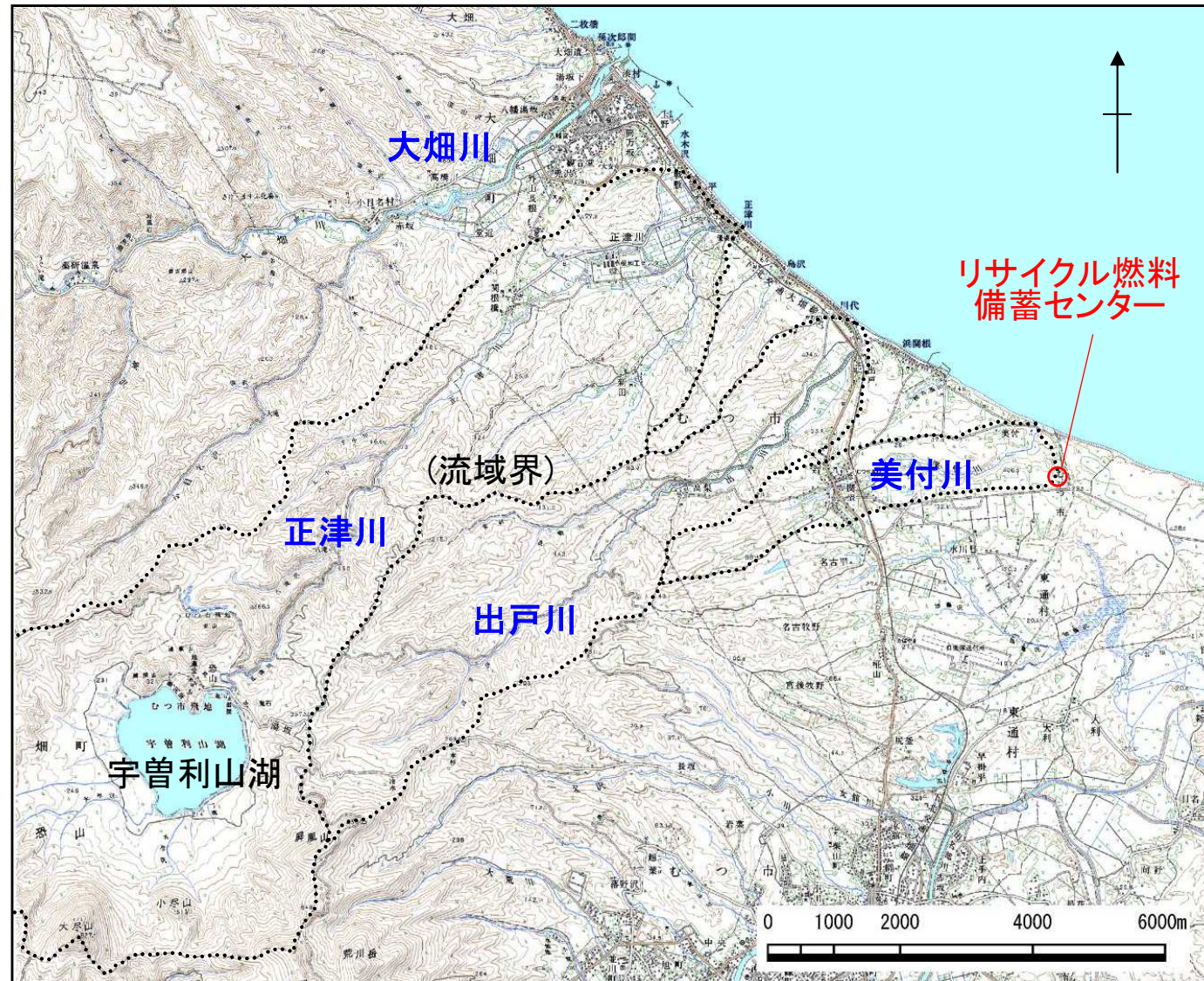
- 各火山から敷地までには地形的障害が存在し、これらの火山で火山性土石流などが発生しても敷地到達する可能性はない。

【陸奥燧岳】

- 陸奥燧岳と恐山との境界に大畑川が流れており、恐山が地形的障害となることから、仮に火山性土石流等が発生しても敷地に到達する可能性はない。

【恐山】

- 恐山北東には、正津川[しょうつがわ]、出戸川[でとがわ]及び美付川[びつけがわ]が流れている。
- 敷地は美付川の流域に位置しており、恐山の火山性土石流等が直接的に影響する可能性は小さい。



恐山北東斜面の地形(正津川・出戸川・美付川流域の関係)

4. 7 降下火砕物以外の火山事象の影響評価（まとめ）

審査会合（R4.2.4）
資料2-2 P65 再掲

八幡岳火山群の評価の追加

恵山は火山性土石流等，火山から発生する飛来物，火山ガス及びその他の火山事象が施設に影響を及ぼす可能性はないことに変更なし

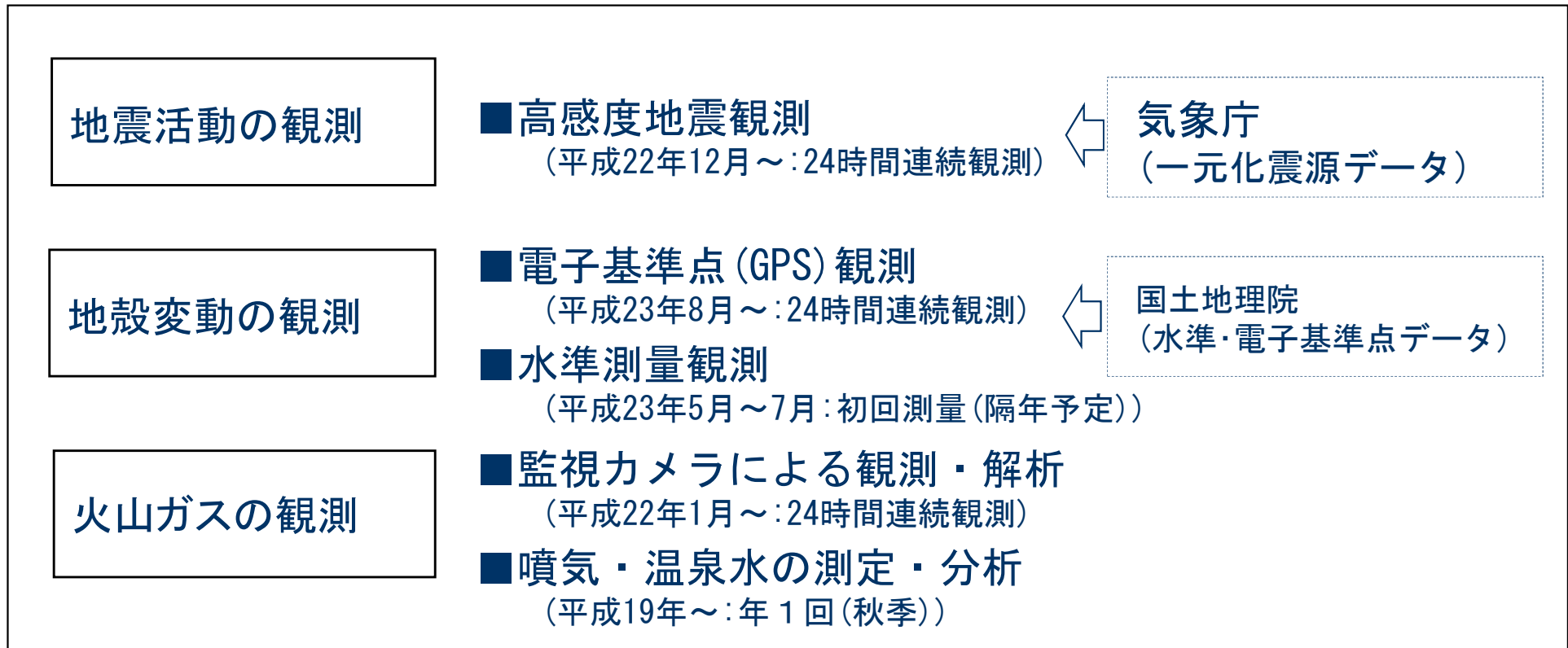
➤ 火山性土石流等，火山から発生する飛来物，火山ガス及びその他の火山事象が施設に影響を及ぼす可能性はない。

火山名	敷地からの距離 (km)	火山性土石流等		飛来物（噴石）		火山ガス		その他の火山事象	
		120km		10km		160km			
樽前山	149	○	各火山から敷地までには地形的障害が存在し，これらの火山で火山性土石流などが発生しても敷地に到達する可能性はない。	○	敷地と火山の距離から，飛来物（噴石）が施設に影響を及ぼす可能性はない。	○	敷地は火山ガスが滞留するような地形条件にないことから，火山ガスが施設に影響を及ぼす可能性はない。	○	敷地と火山は十分な離隔があることから，その他の火山事象が施設に影響を及ぼす可能性はない。
風不死岳	152								
恵庭岳	160								
倶多楽・登別火山群	126								
ホロホロ・徳舜瞥	142								
オロフレ・来馬	135								
尻別岳	160								
有珠山	136								
北海道駒ヶ岳	92								
横津岳	76								
恵山	50								
渡島大島	158								
陸奥燧岳	19								
恐山	14	○	恐山は敷地周辺の河川流域にはなく，火山性土石流が施設に到達する可能性はない。						
岩木山	111	○	各火山から敷地までには地形的障害が存在し，これらの火山で火山性土石流などが発生しても敷地に到達する可能性はない。						
田代岳	125								
藤沢森	99								
南八甲田火山群	90								
北八甲田火山群	83								
八甲田カルデラ	80								
八幡岳火山群	75								
十和田	103								
先十和田	102								
秋田焼山	160								
八幡平火山群	159								

○：施設に影響を及ぼす可能性はない

5. 火山モニタリング

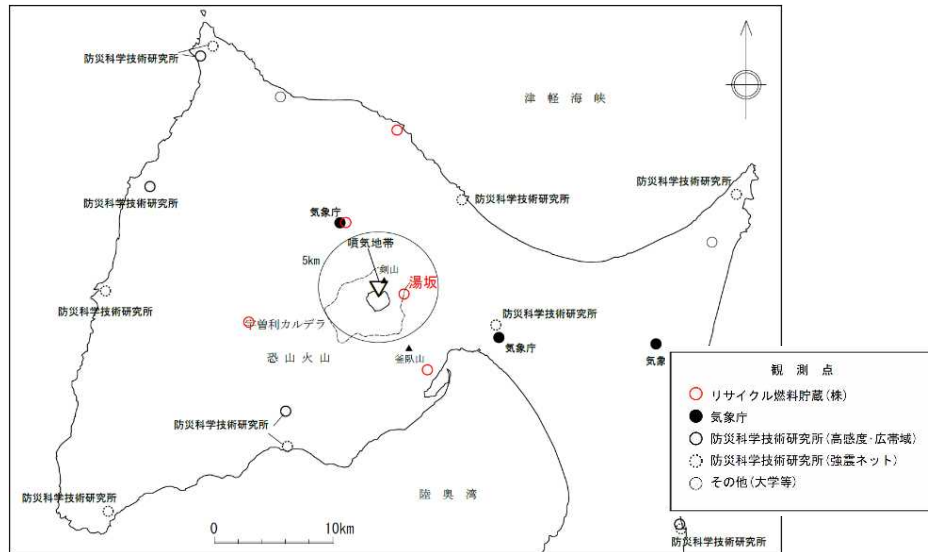
モニタリング内容と監視項目



常時モニタリングしている地震活動の観測と地殻変動の観測について、トリガーレベルを設定する。

5. 1 地震および地殻変動観測の概要

地震計による観測網

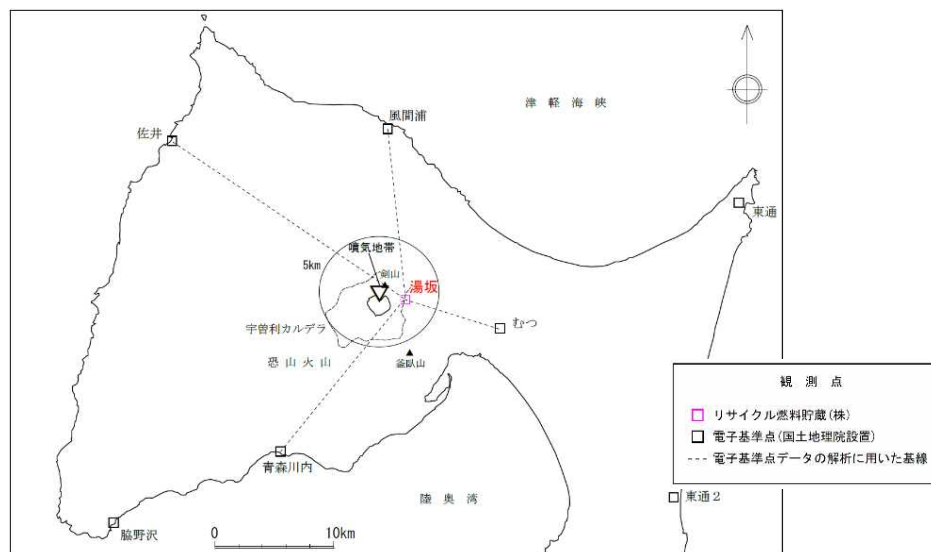


湯坂地点の観測装置
左) 地震観測施設
右) GPSアンテナ

電子基準点基線長

- ・むつー湯坂：8,858m
- ・青森川内ー湯坂：17,388m
- ・佐井ー湯坂：24,292m
- ・風間浦ー湯坂：15,974m

電子基準点による観測網



[地震観測]

- ・東京測震製高感度サーボ型速度計 (0.001~200cm/sec)
- ・測定成分0.008~70Hz (-3db) ※3成分(水平2, 上下1)
- ・リアルタイムデータ収録方式：24時間データ連続記録方式
トリガーレベル：原則として0.005cm/sec ※湯坂のみ0.02cm/sec
※トリガーデータ判定時以外のデータは都度回収し、目視等により解析

[地殻変動観測]

- ・Leica製GNSSアンテナ(4星群), レシーバ(3周波)
- ・24時間データ連続記録方式(30秒エポック観測)
※国土地理院の電子基準点データはジェノバ社より配信
- ・24時間(8時~8時)間隔のスタティック解析

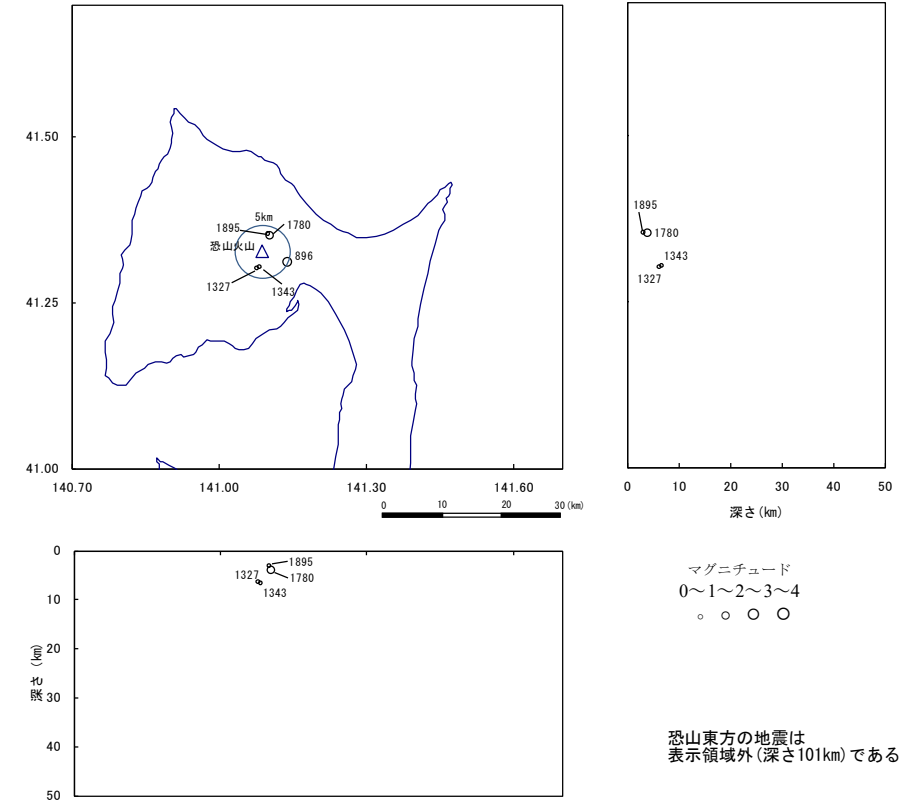
5. 2 恐山付近の地震発生状況と監視基準

恐山(噴気地帯)を中心とした半径5km内の地震発生数

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計	
2010年	観測開始前												0	0
2011年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2012年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2013年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
2014年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	
2015年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2016年	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2	
2017年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2018年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

※RFSによる観測期間(2010年12月以降)について抽出

- ・観測期間を通じて、恐山付近(半径5km内)を震源とする地震はほとんど観測されていない。
(地震の発生頻度は1回/月以下)
- ・恐山付近(半径5km内)の地震発生数が1オーダー(10回/月)を超えた場合に定常的な状態から逸脱したと判断する。



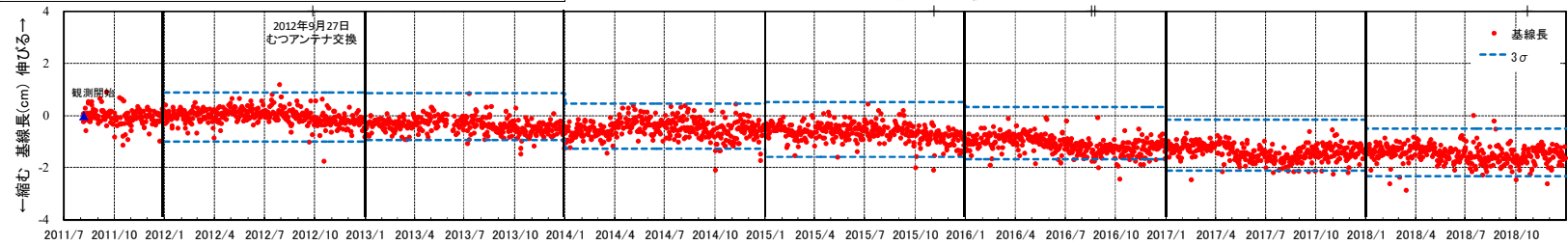
2010年12月~2018年12月
: 気象庁一元化震源+RFS観測データ

※RFS観測データによる地震は、
気象庁一元化データに全て含まれる。

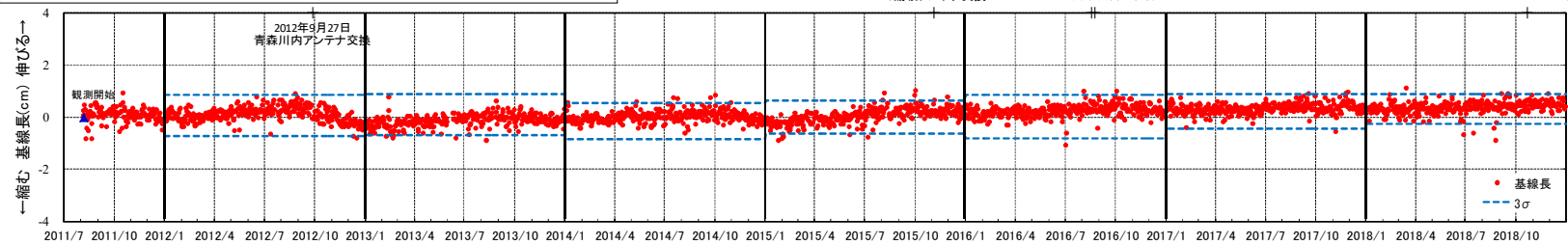
5. 3 GPS観測による地殻変動と監視基準 (基線長変化)

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P119 再掲

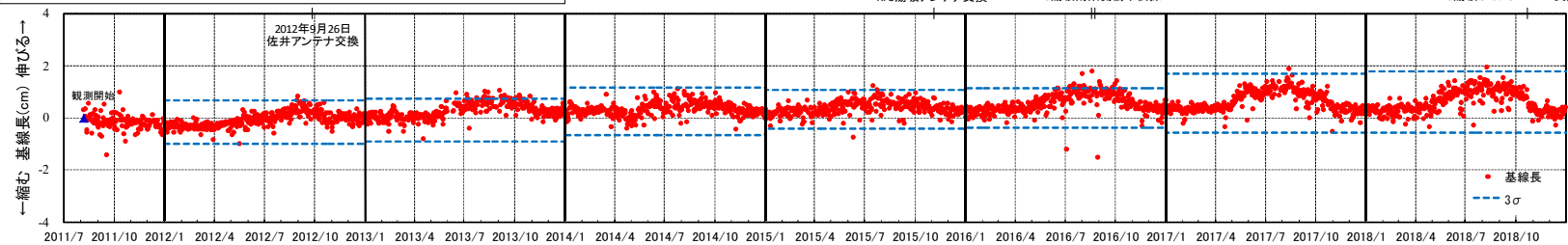
むつ(国土地理院)→湯坂(RFS) 【前年の標準偏差】3σ



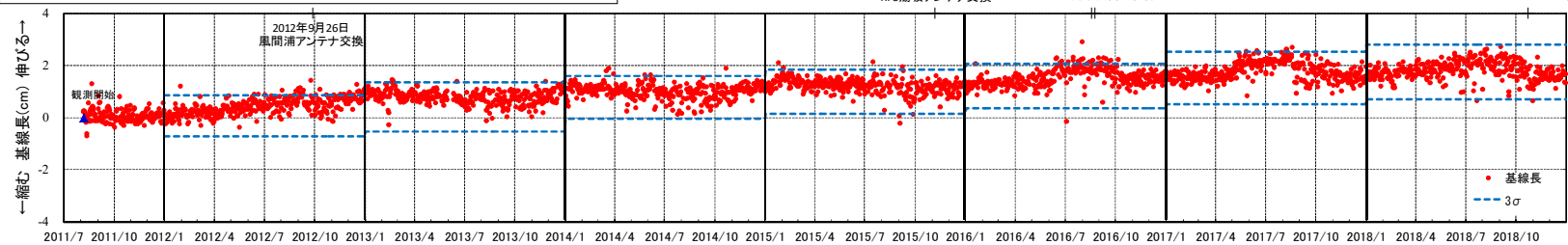
青森川内(国土地理院)→湯坂(RFS) 【前年の標準偏差】3σ



佐井(国土地理院)→湯坂(RFS) 【前年の標準偏差】3σ

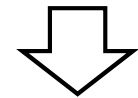


風間浦(国土地理院)→湯坂(RFS) 【前年の標準偏差】3σ



【モニタリング状況】

- 基線長の変化はほとんど認められない。
- 若干の変動傾向が認められるが、これは余効変動によるものと考えられる。



恐山の山体膨張は認められない。

【モニタリングの監視基準案】

- 日々の基線長の観測データに対して、前年(1年間)の基線長変化の±3σを当該年の監視基準とする。

電子基準点湯坂の変動誤差: 水平±0.5cm, 上下1.0cm その他の電子基準点の変動誤差: ±0.5cm

5. 3 GPS観測による地殻変動と監視基準 (比高変化①：モニタリング状況)

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P120 再掲

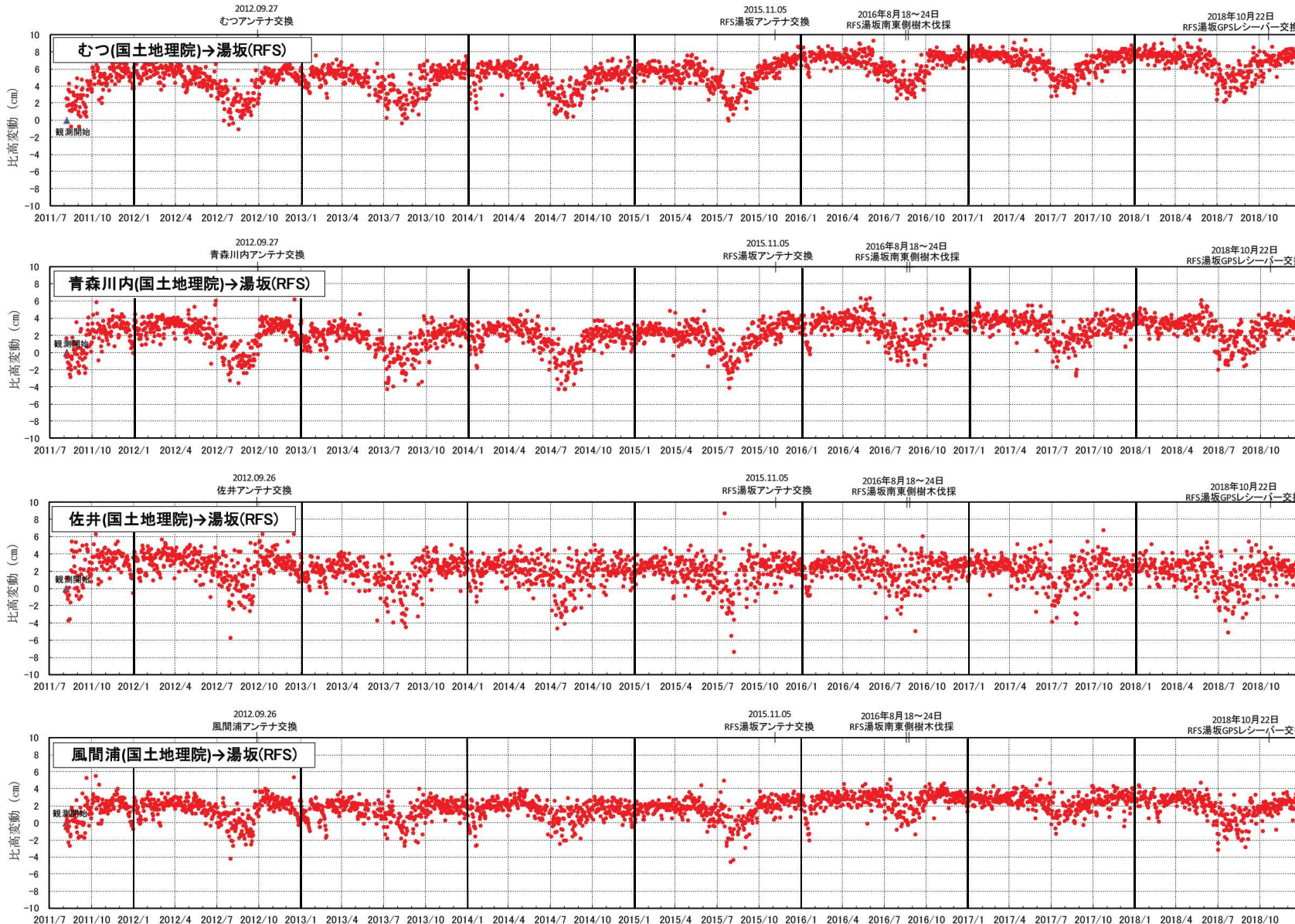
【モニタリング状況】

- 日々のデータのバラツキが大きい。
- 季節間変動が大きい。(夏季・冬季に沈下傾向となる。)



年周期的な変動が大きい。

- 夏季の水蒸気および冬季の着雪の影響により、これらのバラツキ・変動が発生しているものと考えられる。

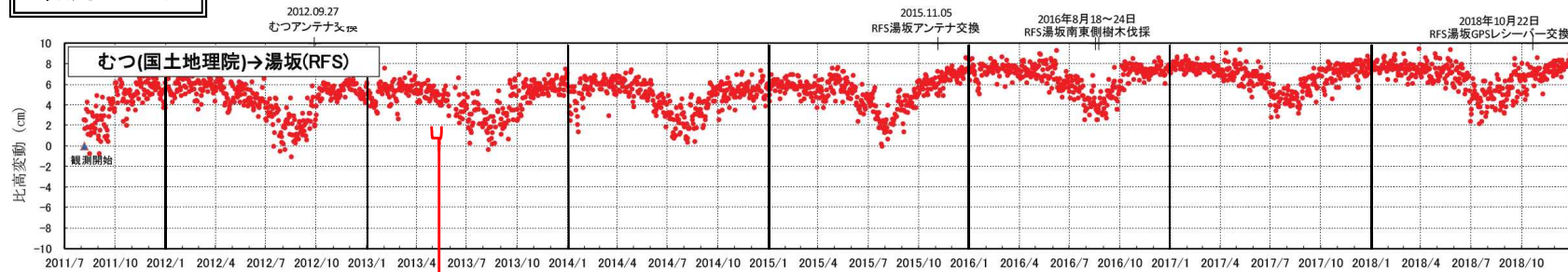


電子基準点湯坂の変動誤差: 水平±0.5cm, 上下1.0cm その他の電子基準点の変動誤差: ±0.5cm

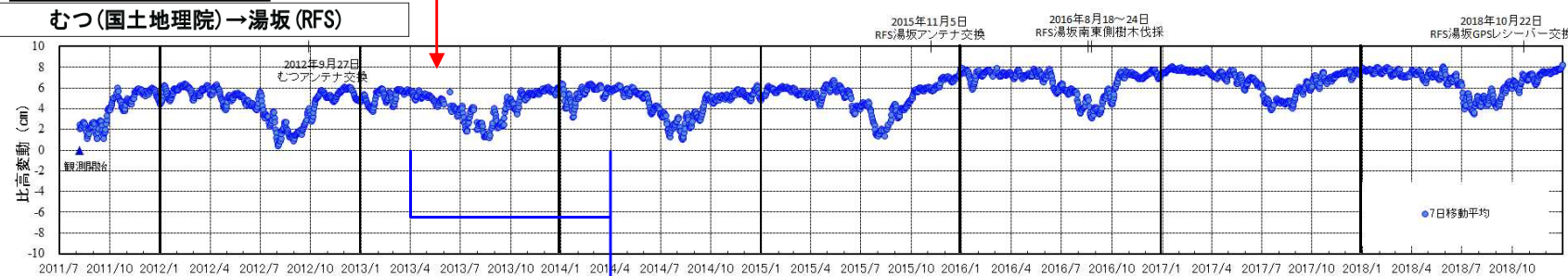
5. 3 GPS観測による地殻変動と監視基準 (比高変化②：モニタリングの管理値)

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P121 再掲

観測データ

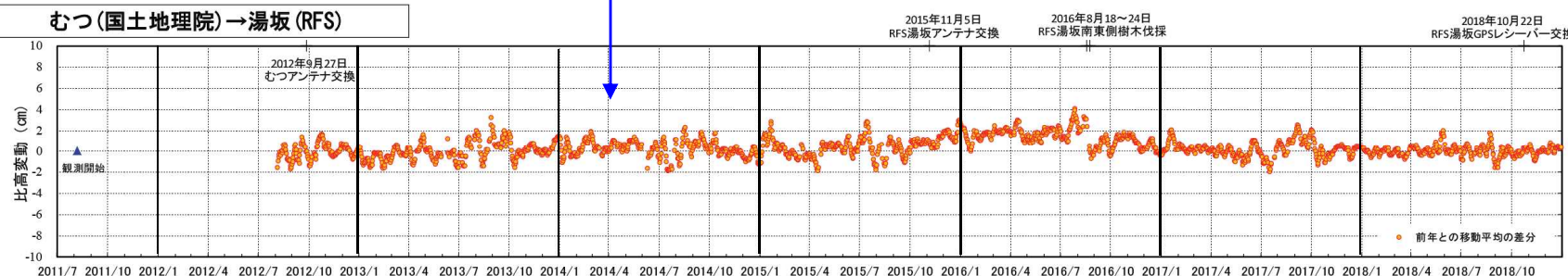


7日移動平均値



処理①：日々のデータのバラツキが大きいため、この影響を取り除くため、7日移動平均値を算出する。

前年同日との差(7日移動平均値)



処理②：季節間変動の影響を取り除くため、前年同日の7日移動平均値との差を算出する。

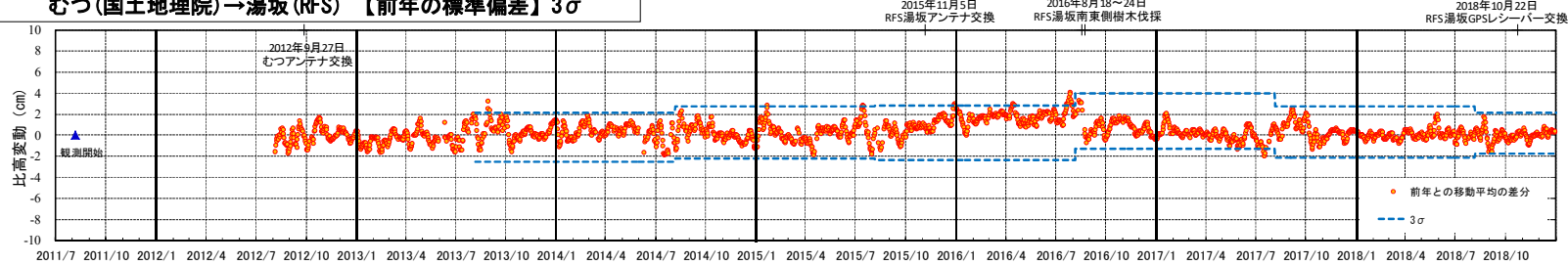
【モニタリングの管理値案】

- ① 日々のデータのバラツキが大きいため、この影響を取り除くため、7日移動平均値を算出する。
- ② 季節間変動の影響を取り除くため、前年同日の7日移動平均値との差を算出する。
- ③ 算出された7日移動平均の前年同日との差を管理値とする。

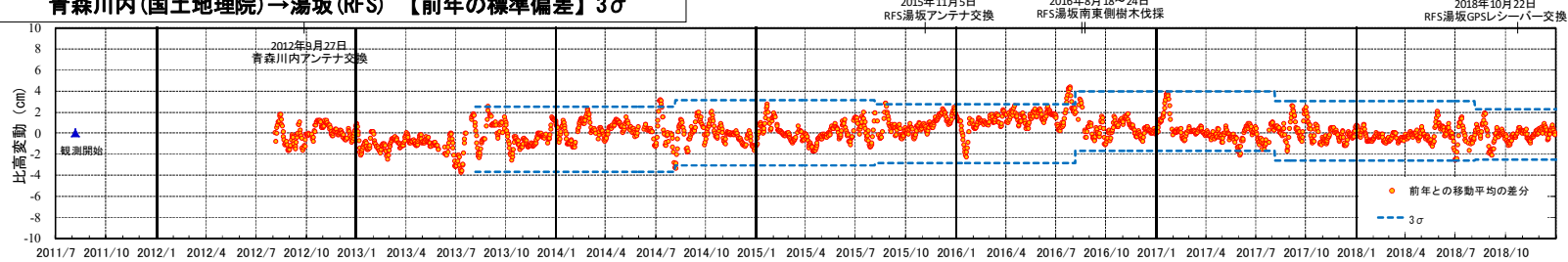
5. 3 GPS観測による地殻変動と監視基準 (比高変化③：モニタリングの監視基準)

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P122 再掲

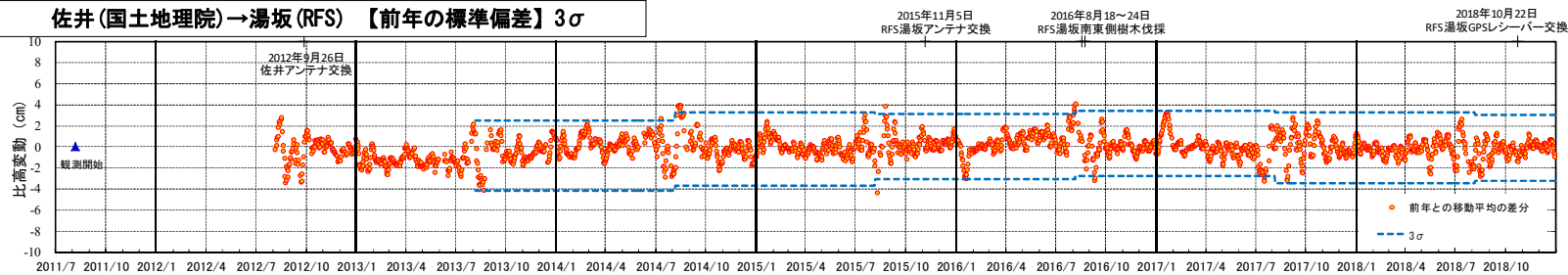
むつ(国土地理院)→湯坂(RFS) 【前年の標準偏差】 3σ



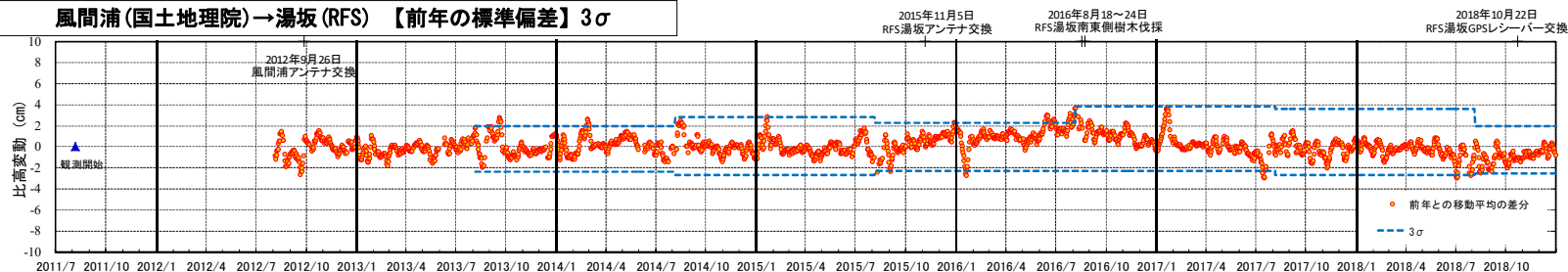
青森川内(国土地理院)→湯坂(RFS) 【前年の標準偏差】 3σ



佐井(国土地理院)→湯坂(RFS) 【前年の標準偏差】 3σ



風間浦(国土地理院)→湯坂(RFS) 【前年の標準偏差】 3σ



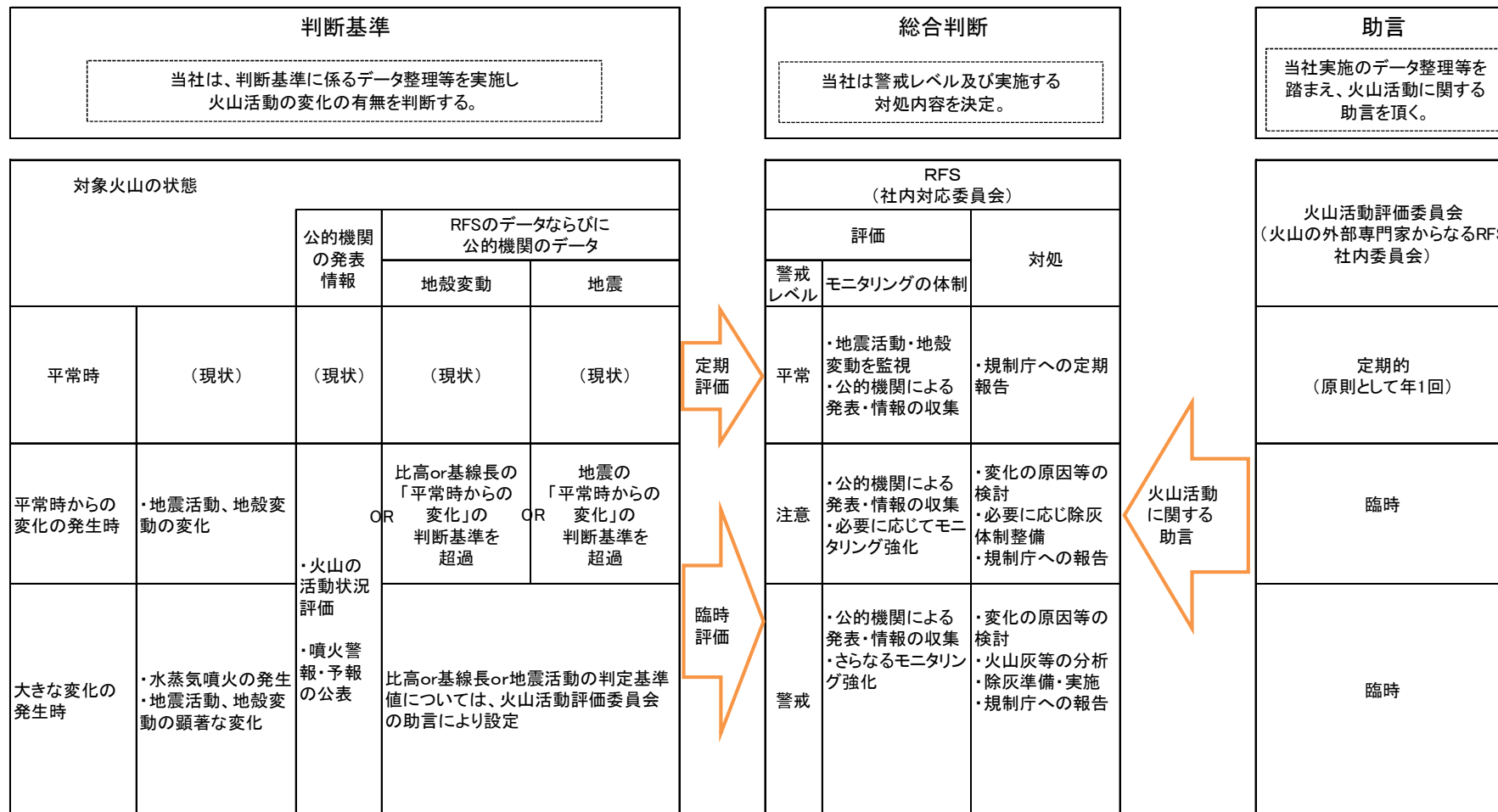
【モニタリングの監視基準案】

- 日々の比高の観測データから7日移動平均の前年同日との差を算出し、このデータを管理値として用いる。(前頁に詳述)
- この管理値に対して、前年(1年間)の変化の $\pm 3\sigma$ を当該年の監視基準とする。

5. 4 モニタリングの監視基準案

- ・地震観測については、半径 5 km 圏内の地震発生回数が 10 回 / 月 を超えた場合に状態の変化があったと判断する。
- ・地殻変動のうち基線長については、観測記録が 2 測線同時に一週間連続で監視基準値を超えた場合に状態の変化があったと判断する。
- ・一方、比高については観測記録の 7 日移動平均が 2 測線同時に一週間連続で監視基準値を超えた場合に状態の変化があったと判断する。
- ・上記 3 つの状態の変化のうち、いずれか 1 つの事象が認められた場合には、直ちに火山活動評価委員会を緊急招集し、火山専門家の助言を得ながら、モニタリングの強化などの対応方針について協議・判断し、必要な措置を講ずるものとする。
- ・なお、上記判断基準は今後のデータの蓄積や火山専門家との協議を踏まえ、継続的な改善をしていくものとする。

5. 5 モニタリングの判断フロー案



- 過去のマグマ噴火に伴う火砕物密度流が敷地に到達していることから、火山影響評価の根拠が維持されていることを継続的に確認。
- なお、データを蓄積し、最新の知見も踏まえ、火山専門家等の助言を得ながら、判断基準を随時更新するものとし、評価にあたっても、その時点の最新の知見を踏まえて実施する。

5. 6 モニタリングの対処方針案

観測データに有意な変化があった場合は、火山専門家等の助言を踏まえ、最新の科学的知見に基づき可能な限りの対処を行う。

対処例は下記の通り。

- 火山活動のモニタリング強化
- 使用済燃料を収納した金属キャスクの搬入停止
- 使用済燃料を収納した金属キャスクの搬出

6. まとめ

地理的領域内の第四紀火山: 55火山→54火山
 完新世に活動を行っていないが将来の火山活動可能性が否定できない火山: 10火山→11火山(八幡岳火山群の追加)
 施設に影響を及ぼし得る火山: 24火山→25火山(八幡岳火山群の追加)
 恵山について、「火山の抽出」、「個別評価」、「影響評価」に変更なし

【施設に影響を及ぼし得る火山の抽出】

- ・敷地を中心とする半径160kmの範囲には、**54**の第四紀火山がある。
- ・敷地を中心とする半径160kmの範囲の第四紀火山について、完新世の活動の有無、活動可能性の検討を行い、施設に影響を及ぼし得る火山として、以下の**25**火山を抽出した。

(完新世に活動を行った火山)

樽前山, 風不死岳, 恵庭岳, 倶多楽・登別火山群, 有珠山, 北海道駒ヶ岳, 恵山, 渡島大島, 恐山, 岩木山, 北八甲田火山群, 十和田, 秋田焼山及び八幡平火山群 (計14火山)

(将来の火山活動可能性が否定できない火山)

ホロホロ・徳舜警, オロフレ・来馬, 尻別岳, 横津岳, 陸奥燧岳, 田代岳, 藤沢森, 南八甲田火山群, 八甲田カルデラ, **八幡岳火山群**及び先十和田 (計**11**火山)

【抽出された火山の火山活動に関する個別評価】

- ・敷地との距離, 地形的条件, 個別評価等の結果から, 設計対応不可能な火山事象(火砕物密度流, 溶岩流, 岩屑なだれ他, 新しい火口の開口及び地殻変動)が施設に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。
- ・ただし, 過去のマグマ噴火に伴う火砕物密度流(最大VEI5)が敷地に到達していることから, 火山影響評価の根拠が維持されていることを継続的に確認することを目的として供用期間中のモニタリングを行う。

【施設に影響を及ぼし得る火山事象の抽出】

- ・考慮すべき降下火砕物として宮後テフラ(恐山の過去最大規模の水蒸気噴火)を抽出し, 不確かさを考慮した火山灰シミュレーションを実施した結果, 設計上考慮すべき火山灰堆積厚を30cmとした。また, 設計上考慮する降下火砕物の密度は $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ とした。
- ・火山性土石流, 飛来物(噴石), 火山性ガス及びその他の火山事象のうち影響を評価すべき事象はない。

(参考1) 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出 火山の活動履歴 【1.支笏カルデラ】

支笏カルデラに関する評価

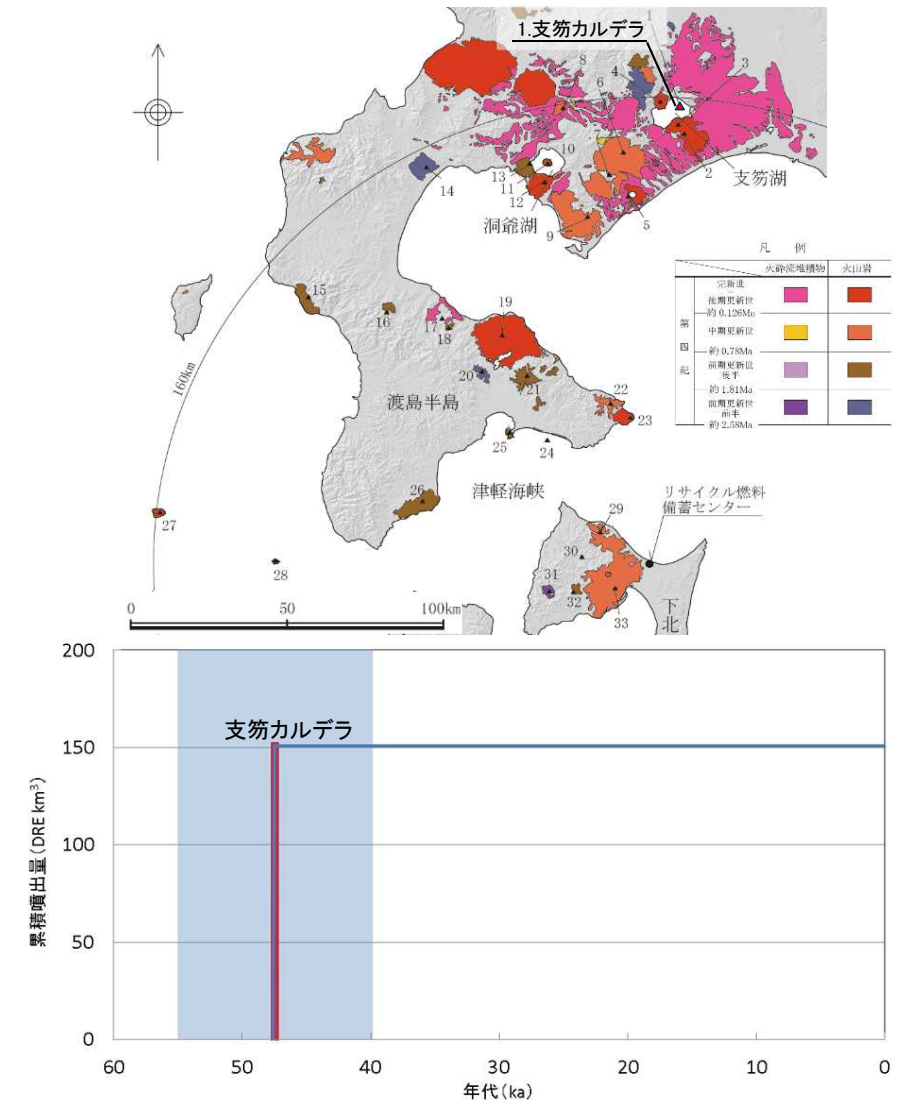
火山名	支笏カルデラ
敷地からの距離	約158km
火山の形式	カルデラ-火砕流
活動年代	5-4万年前にカルデラ形成
評価	最後の噴火からの経過時間が全活動期間よりも長い

注) 火山名, 火山の形式, 活動年代, 火山地質図は中野ほか編(2013)に基づく

支笏カルデラの活動履歴

年代 (ka)	活動期, 火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
40 ka 50 ka 55 ka	支笏カルデラ	支笏火砕流 (Spfl) 支笏降下軽石 (Spfa) 等	150.7	古川・中川(2010) 山縣(2000)

・青: 個別文献年代値



支笏カルデラの噴出量-年代階段ダイヤグラム

■ : 噴出量の累積 (km³)
■ : 噴出量 (km³)

※ 網掛け部は個別文献調査結果に基づく年代の幅を表す。

(参考1) 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出 火山の活動履歴 【2.樽前山】

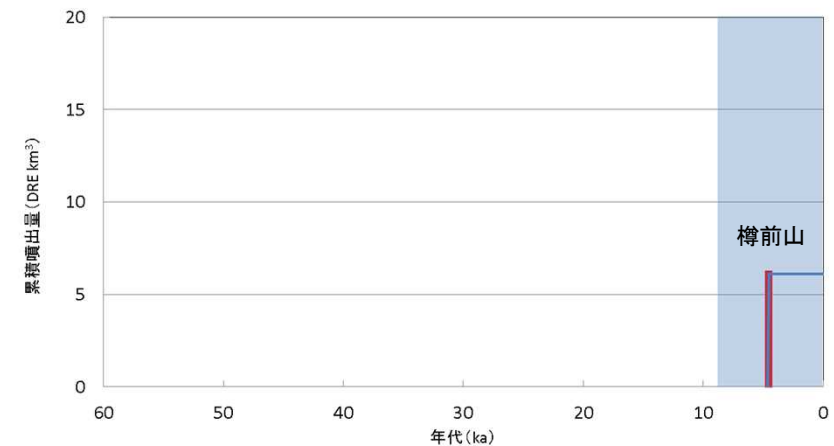
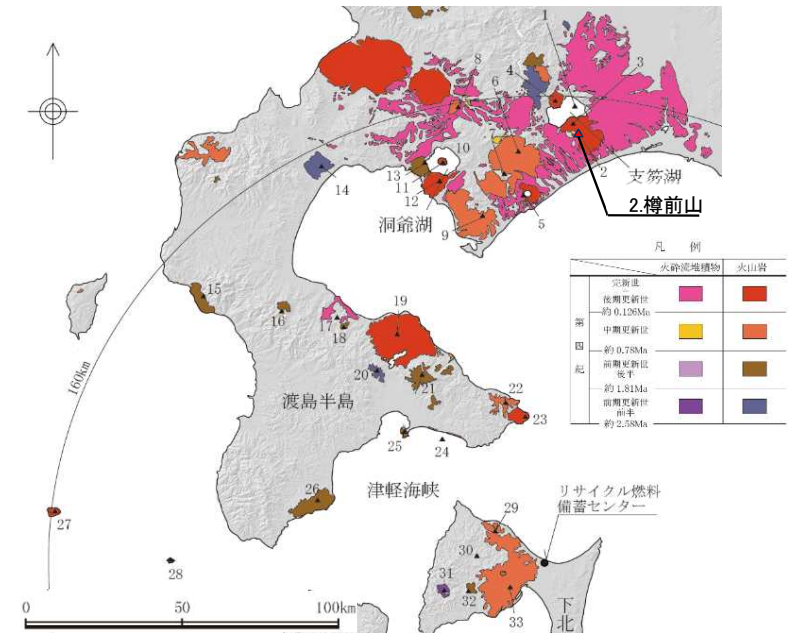
樽前山に関する評価

火山名	樽前山
敷地からの距離	約149km
火山の形式	火砕丘, 溶岩ドーム
活動年代	約9000年前以降, 最新噴火: AD.1981
評価	完新世に活動を行った火山 →施設に影響を及ぼし得る火山

注) 火山名, 火山の形式, 活動年代, 火山地質図は中野ほか編(2013)に基づく

樽前山の活動履歴

年代 (ka)	活動期, 火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
AD.1981	樽前山	1981年噴火 Ta-d 等	6.1	古川・中川(2010) 第四紀火山カタログ 委員会編(1999) 古川ほか(2006)
9 ka				



樽前山の噴出量－年代階段ダイヤグラム

■ : 噴出量の累積(km³)
■ : 噴出量(km³) ※網掛け部は中野ほか編(2013)による年代の幅を表す。

(参考1) 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出 火山の活動履歴 【3.風不死岳】

風不死岳に関する評価

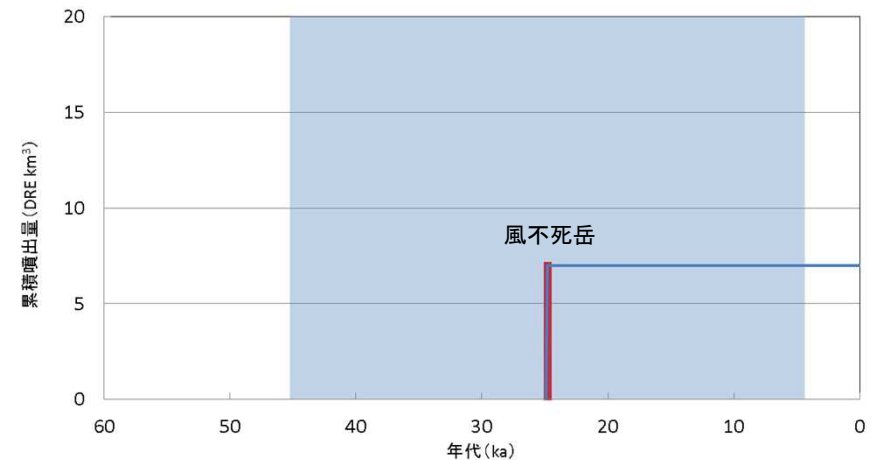
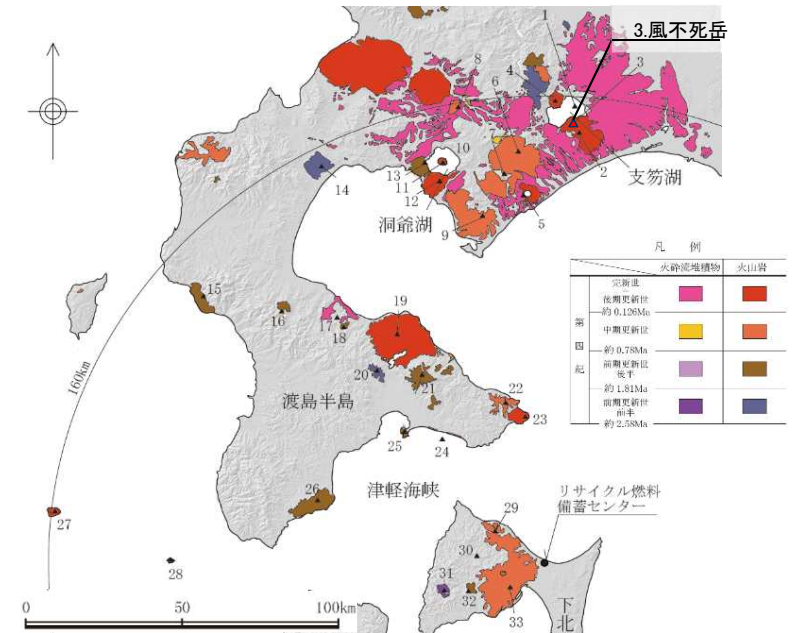
火山名	風不死岳
敷地からの距離	約152km
火山の形式	複成火山, 溶岩ドーム
活動年代	4万年前以降, 最新噴火: 4,600-4,500年前
評価	完新世に活動を行った火山 →施設に影響を及ぼし得る火山

注) 火山名, 火山の形式, 活動年代, 火山地質図は中野ほか編(2013)に基づく

風不死岳の活動履歴

年代 (ka)	活動期, 火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
4.6ka-4.5ka	風不死岳	Fp4 大崎集塊岩 等	7.0	第四紀火山カタログ委員会編(1999) 古川・中川(2009) 土居(1957)
40 ka 45 ka				

・青: 個別文献年代値



風不死岳の噴出量一年代階段ダイヤグラム

■: 噴出量の累積(km³)
■: 噴出量(km³)

※網掛け部は個別文献調査結果に基づく年代の幅を表す。

(参考1) 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出 火山の活動履歴 【4. 恵庭岳】

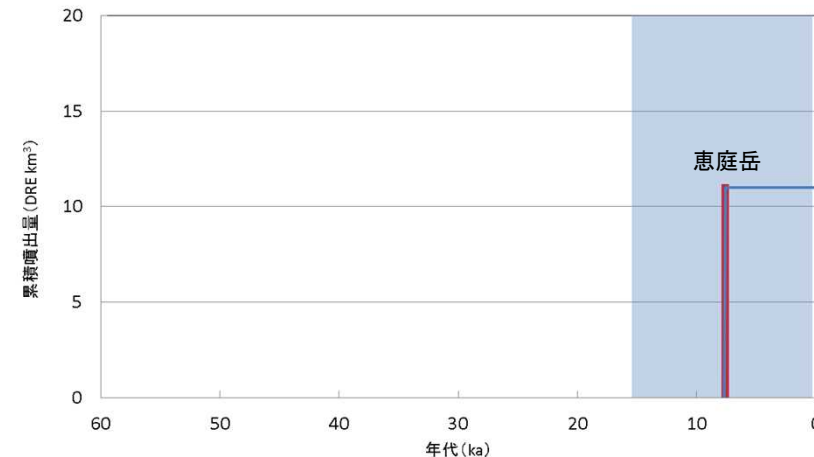
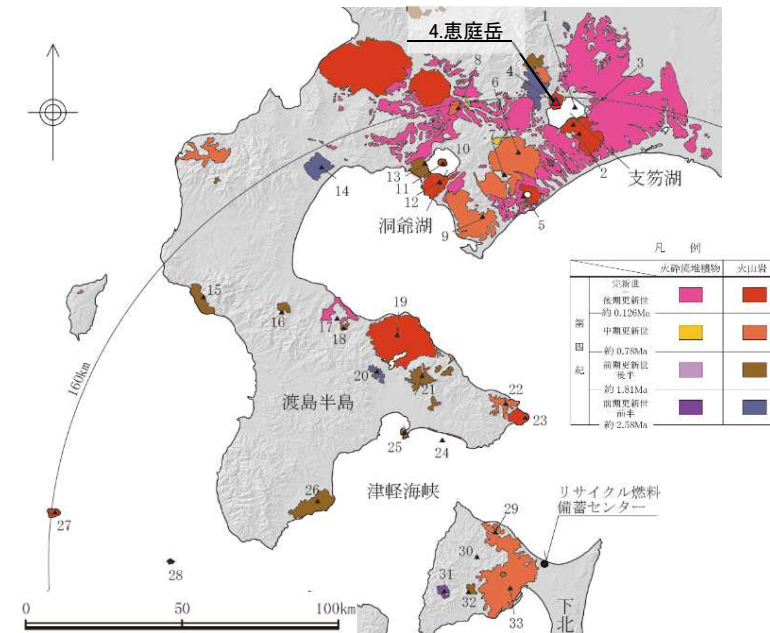
恵庭岳に関する評価

火山名	恵庭岳
敷地からの距離	約160km
火山の形式	複成火山, 火砕丘, 溶岩ドーム
活動年代	約1万5000年前にはある程度の山体が形成されていた。 最新噴火: 200年前
評価	完新世に活動を行った火山 → 施設に影響を及ぼし得る火山

注) 火山名, 火山の形式, 活動年代, 火山地質図は中野ほか編(2013)に基づく

恵庭岳の活動履歴

年代 (ka)	活動期, 火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
0.2 ka	恵庭岳	オコタンペ湖溶岩 En-a 等	11.0	第四紀火山カタログ委員会編(1999) 中川(1998b)
15ka				



恵庭岳の噴出量一年代階段ダイヤグラム

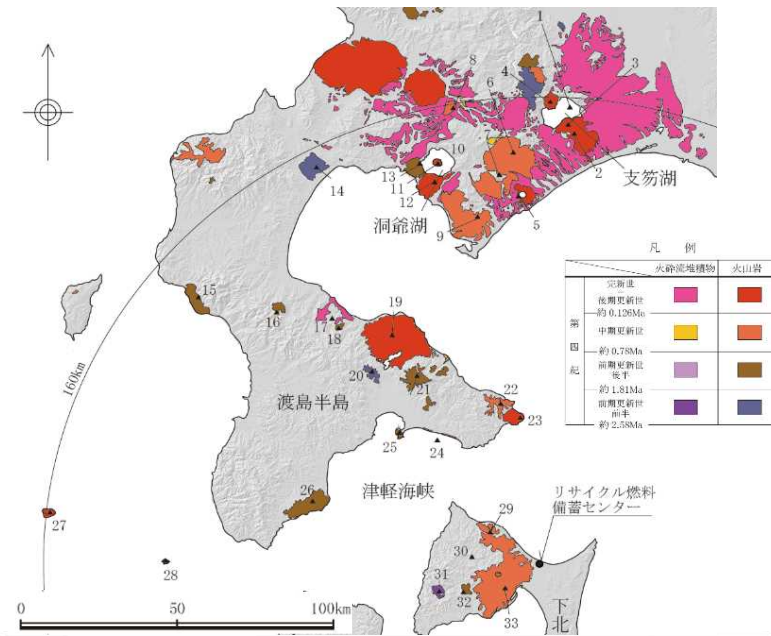
■ : 噴出量の累積(km³)
■ : 噴出量(km³) ※網掛け部は中野ほか編(2013)による年代の幅を表す。

(参考1) 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出 火山の活動履歴 【1.支笏カルデラ・2.樽前山・3.風不死岳・4.恵庭岳】

支笏カルデラ・樽前山・風不死岳・恵庭岳に関する評価

火山名	支笏カルデラ・樽前山・風不死岳・恵庭岳
敷地からの距離	約158km(支笏カルデラ), 約149km(樽前山), 約152km(風不死岳), 約160km(恵庭岳)
火山の形式	カルデラ, 火砕流, 火砕丘, 溶岩ドーム, 複成火山
活動年代	支笏カルデラ: 5-4万年前にカルデラ形成 樽前山 : 約9000年前以降, 最新噴火: 1981年 風不死岳 : 4万年前以降, 最新噴火: 4,600-4,500年前。 恵庭岳 : 約1万5000年前にはある程度の山体が形成されていた。 最新噴火: 200年前。
評価	完新世に活動を行った火山 →施設に影響を及ぼし得る火山

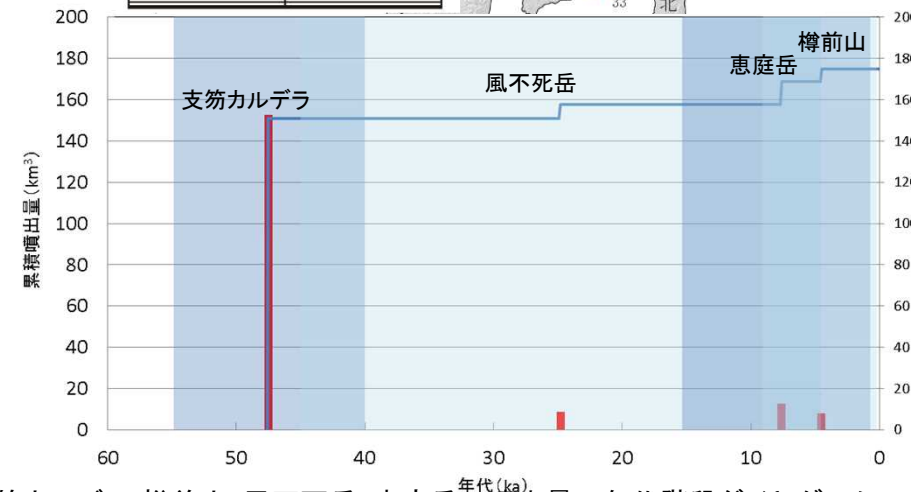
注) 火山名, 火山の形式, 活動年代, 火山地質図は中野ほか編(2013)に基づく



支笏カルデラ・風不死岳・恵庭岳・樽前山の活動履歴

年代 (ka)	活動期, 火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
AD.1981	後カルデラ火山	樽前山	1981年噴火 Ta-d 等	古川・中川(2010) 山縣(2000) 第四紀火山カタログ委員会編(1999) 古川・中川(2009) 古川ほか(2006)
9 ka		恵庭岳	オコタンペ湖溶岩 En-a 等	
15ka		風不死岳	Fp4 大崎集塊岩 等	
45ka	カルデラ火山	支笏カルデラ	支笏火砕流 (Spfl)	中川(1998) 土居(1957)
40ka			支笏降下軽石 (Spfa) 等	
50ka				
55ka				

・青: 個別文献年代値



支笏カルデラ・樽前山・風不死岳・恵庭岳の噴出量一年代階段ダイヤグラム

■ : 噴出量の累積(km³)
■ : 噴出量(km³)

※個別文献調査結果に基づく年代の幅を表す。

(参考1) 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出 火山の活動履歴 【5. 倶多楽・登別火山群】

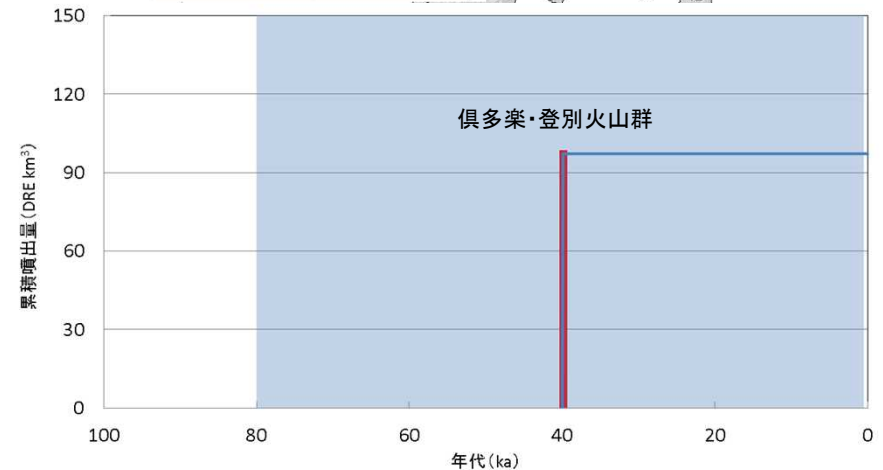
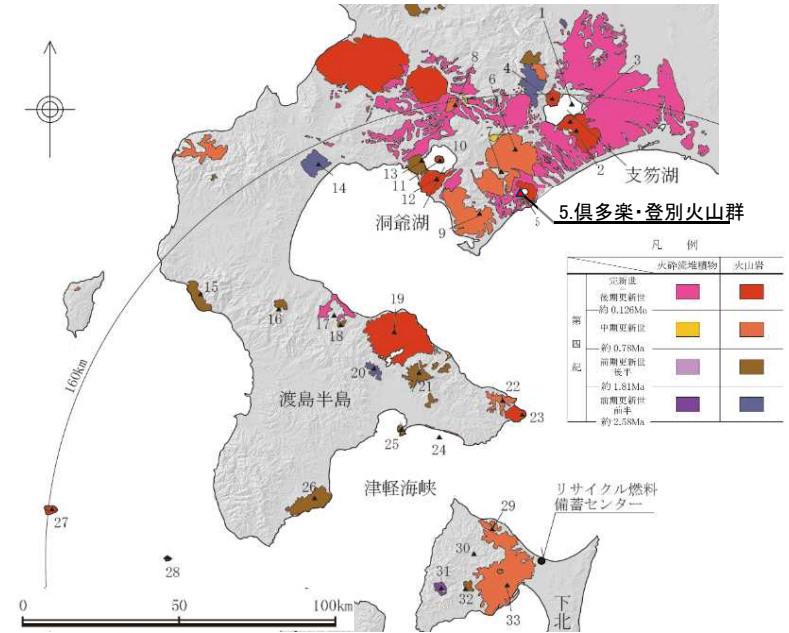
倶多楽・登別火山群に関する評価

火山名	倶多楽・登別火山群
敷地からの距離	約126km
火山の形式	複成火山ーカルデラ, 溶岩ドーム
活動年代	約8万年前以降。カルデラ形成は約4万年前。 最新噴火: 200年前。
評価	完新世に活動を行った火山 →施設に影響を及ぼし得る火山

注) 火山名, 火山の形式, 活動年代, 火山地質図は中野ほか編(2013)に基づく

倶多楽・登別火山群の活動履歴

年代 (ka)	活動期, 火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
0.2 ka	登別ステージ	Nb-a 橘池アグルチネート等	0.04	森泉(1998) Goto et al.(2013) 山崎(1993) 山崎(1985) 山縣(1994)
	クッタラステージ	Kt-1 Kt-2	24.6	
	竹浦ステージ	Kt-Tk 東山	2.7	
	アロヨステージ	北山溶岩類 Kt-6	49.3	
	先アロヨステージ	Kt-7 Kt-8	20.7	
80 ka				



(参考1) 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出 火山の活動履歴 【6.ホロホロ・徳舜瞥】

ホロホロ・徳舜瞥に関する評価

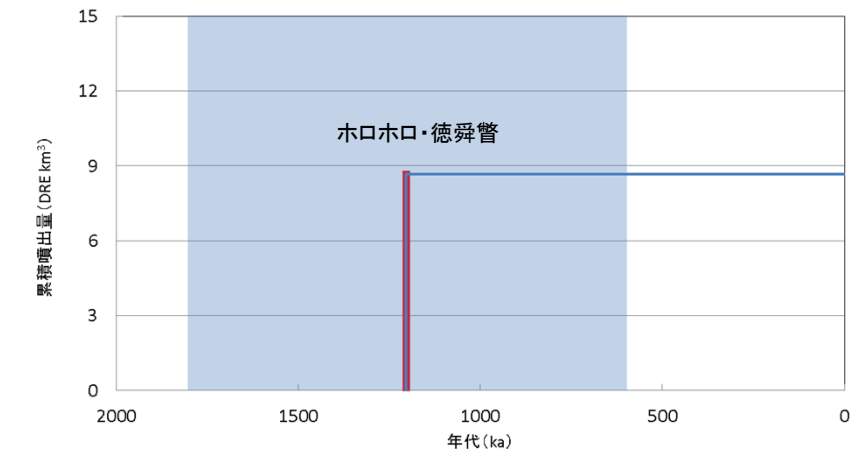
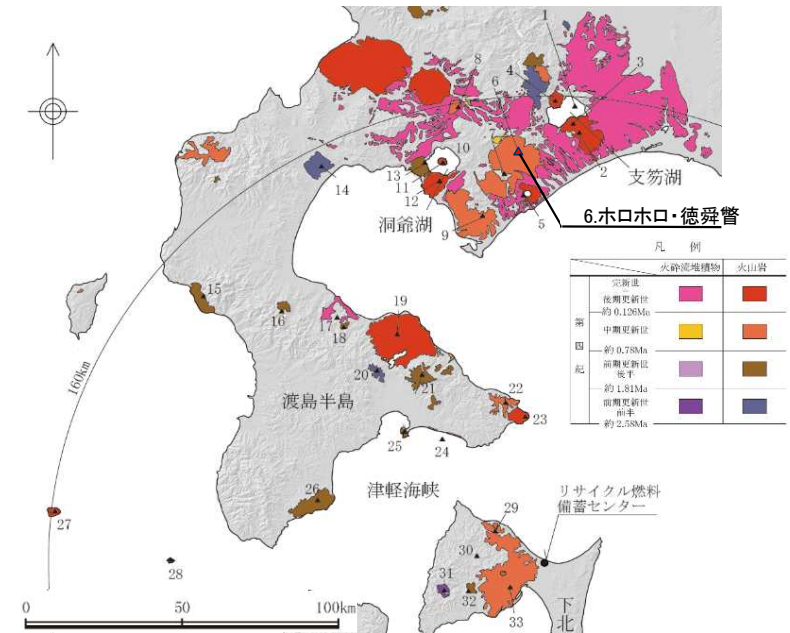
火山名	ホロホロ・徳舜瞥
敷地からの距離	約142km
火山の形式	複成火山
活動年代	約170万年前～60万年前
評価	最後の噴火からの経過時間が全活動期間よりも短い →施設に影響を及ぼし得る火山

注) 火山名, 火山の形式, 活動年代, 火山地質図は中野ほか編(2013)に基づく

ホロホロ・徳舜瞥の活動履歴

年代 (ka)	活動期, 火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
600 ka	ホロホロ・徳舜瞥 火山	徳舜瞥丸山溶岩 蟠溪溶岩 等	8.66	太田(1954) 西来ほか編(2012) 西来ほか編(2014) 第四紀火山カタログ 委員会編(1999)
1700 ka (1810 ka)				

・青: 個別文献年代値



ホロホロ・徳舜瞥の噴出量一年代階段ダイアグラム

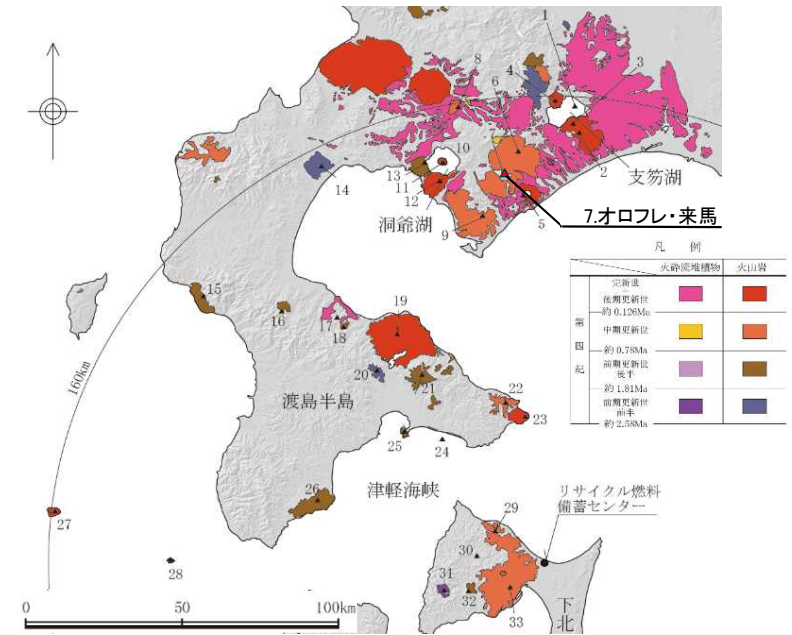
■: 噴出量の累積(km³)
■: 噴出量(km³) ※網掛け部は個別文献調査結果に基づく年代の幅を表す。

(参考1) 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出 火山の活動履歴 【7.オロフレ・来馬】

オロフレ・来馬に関する評価

火山名	オロフレ・来馬
敷地からの距離	約135km
火山の形式	複成火山
活動年代	約60万年前
評価	最後の噴火からの経過時間が全活動期間よりも短い →施設に影響を及ぼし得る火山 (※個別文献を再評価した結果、施設に影響を及ぼし得る火山として評価を見直した。)

注) 火山名, 火山の形式, 活動年代, 火山地質図は中野ほか編(2013)に基づく

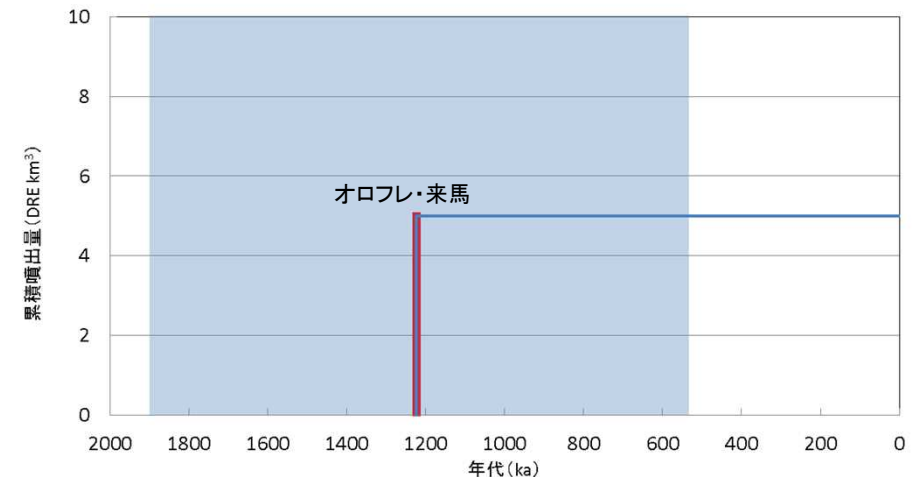


オロフレ・来馬の活動履歴

年代 (ka)	活動期, 火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
550 ka 600 ka 1900 ka	オロフレ	オロフレ山 (年代不明)	0.8	太田(1954) 斎藤ほか(1953) 第四紀火山カタログ 委員会編(1999) NEDO(1991)
	来馬	橘池溶岩 来馬岳溶岩 来馬岳溶結凝灰岩等	4.2	

・青: 個別文献年代値

※中野ほか編(2013)では、明瞭な活動期間が示されておらず、十分に長い活動期間は有さないと考えられる。



オロフレ・来馬の噴出量一年代階段ダイヤグラム

■: 噴出量の累積(km³)
■: 噴出量(km³)

※網掛け部は個別文献調査結果に基づく年代の幅を表す。

(参考1) 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出 火山の活動履歴 【8.尻別岳】

尻別岳に関する評価

火山名	尻別岳
敷地からの距離	約160km
火山の形式	溶岩ドーム
活動年代	数十万年前
評価	最後の噴火からの経過時間が全活動期間よりも短い →施設に影響を及ぼし得る火山 (※個別文献を再評価した結果、施設に影響を及ぼし得る火山として評価を見直した。)

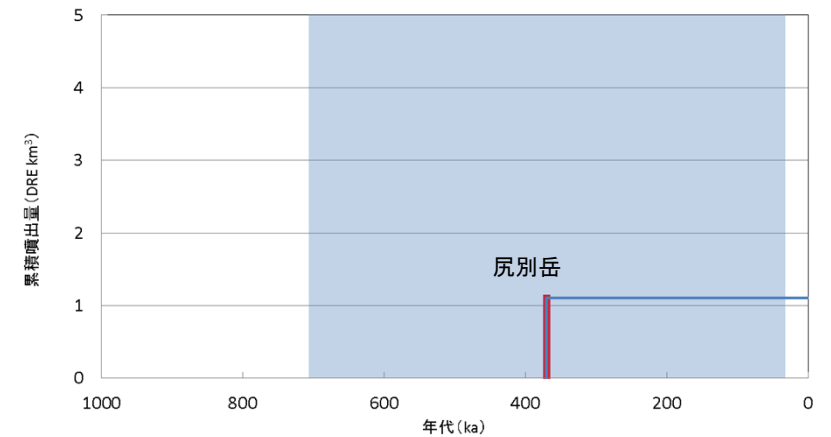
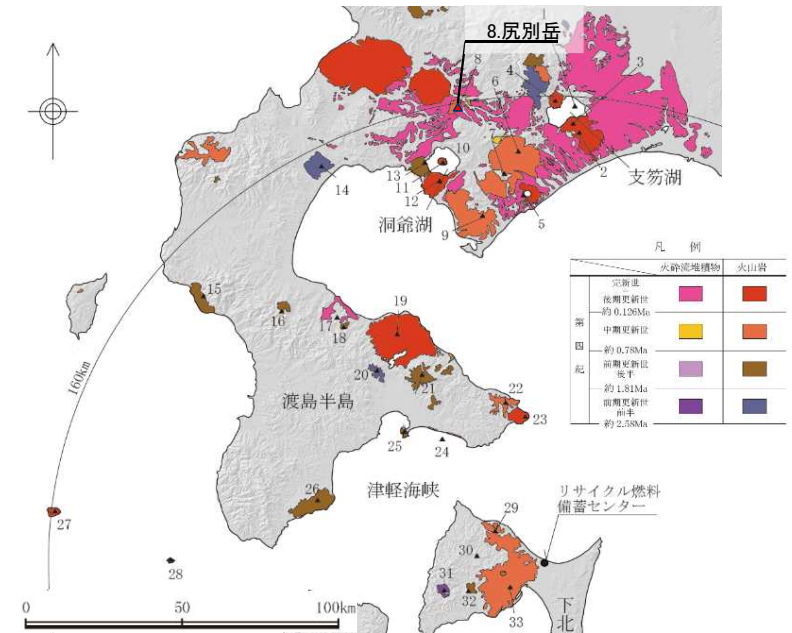
注) 火山名, 火山の形式, 活動年代, 火山地質図は中野ほか編(2013)に基づく

尻別岳の活動履歴

年代 (ka)	活動期, 火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
40ka-50ka	尻別岳	尻別岳溶岩	1.1	町田・新井(2003) 斎藤ほか(1956) 第四紀火山カタログ委員会編(1999) 中川ほか(未公表) 中川ほか(2011) NEDO(1986)
数十万年前		尻別岳テフラ 等		
700 ka				

・青: 個別文献年代値

※中野ほか編(2013)では、明瞭な活動期間が示されておらず、十分に長い活動期間は有さないと考えられる。



尻別岳の噴出量一年代階段ダイアグラム

■ : 噴出量の累積(km³)
■ : 噴出量(km³) ※網掛け部は個別文献調査結果に基づく年代の幅を表す。

(参考1) 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出 火山の活動履歴 【9. 鷲別岳】

鷲別岳に関する評価

火山名	鷲別岳
敷地からの距離	約122km
火山の形式	複成火山
活動年代	約50万年前
評価	最後の噴火からの経過時間が全活動期間よりも長い

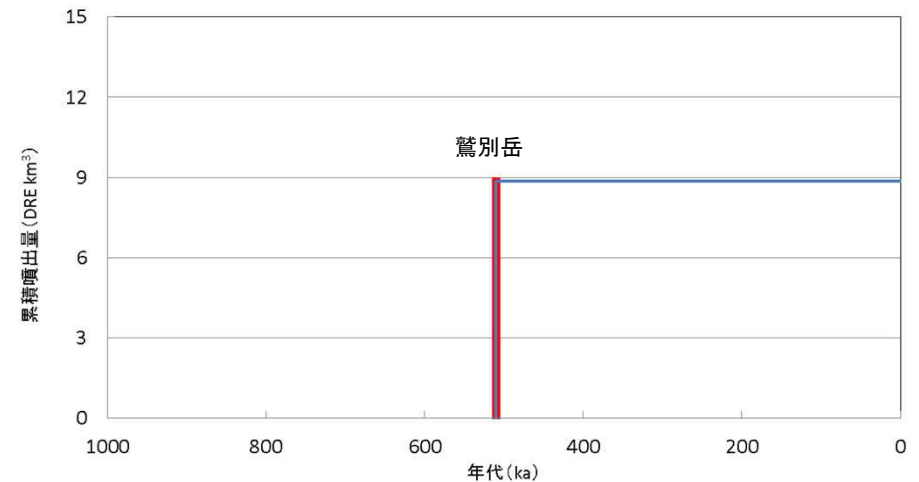
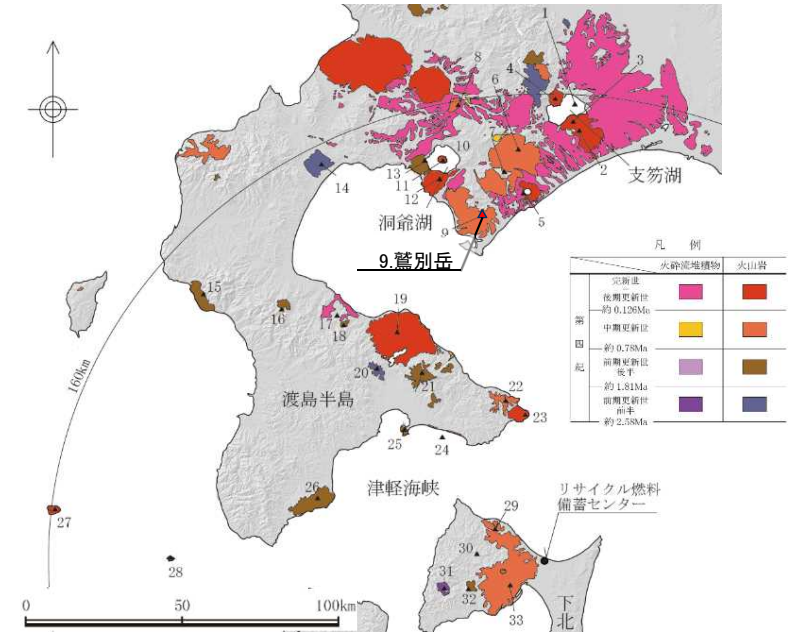
注) 火山名, 火山の形式, 活動年代, 火山地質図は中野ほか編(2013)に基づく

鷲別岳の活動履歴

年代 (ka)	活動期, 火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
500 ka 510 ka	鷲別岳	鷲別岳 幌別岳 等	8.86	村山・上村(1955) 石田・久保(1983) 第四紀火山カタログ 委員会編(1999) 中川ほか(未公表)

・青: 個別文献年代値

※中野ほか編(2013)では, 明瞭な活動期間が示されておらず, 十分に長い活動期間は有さないと考えられる。



鷲別岳の噴出量—年代階段ダイヤグラム

— : 噴出量の累積(km³) ※個別文献調査結果に基づく。
■ : 噴出量(km³)

(参考1) 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出 火山の活動履歴 【10.洞爺カルデラ】

洞爺カルデラに関する評価

火山名	洞爺カルデラ
敷地からの距離	約144km
火山の形式	カルデラ-火砕流
活動年代	約14万年前にカルデラ形成
評価	最後の噴火からの経過時間が全活動期間よりも長い

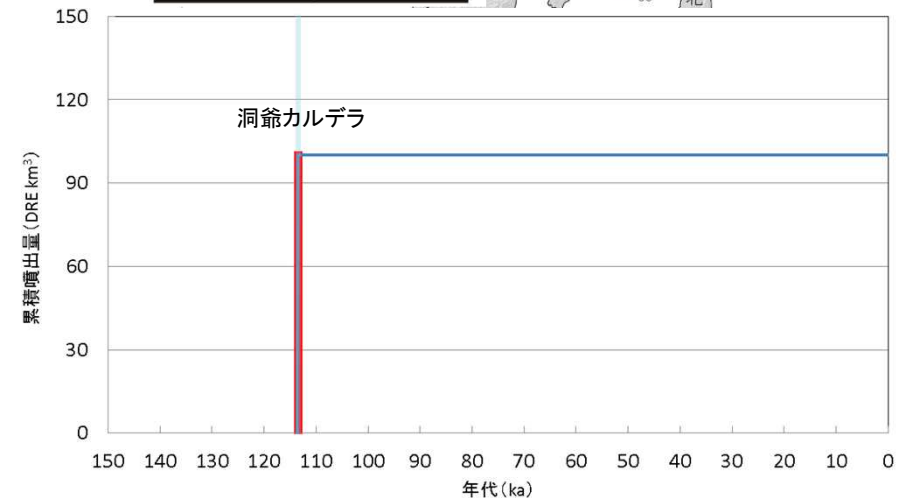
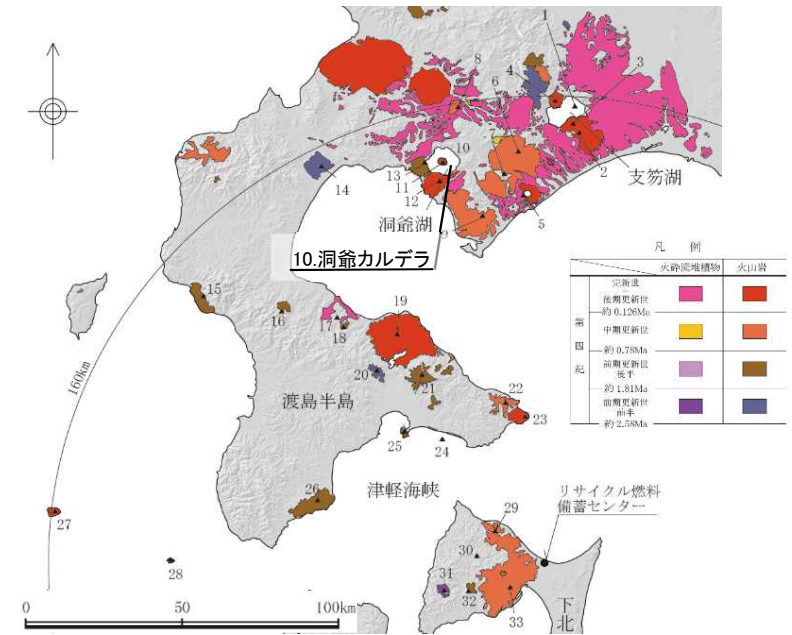
注) 火山名, 火山の形式, 活動年代, 火山地質図は中野ほか編(2013)に基づく

洞爺カルデラの活動履歴

年代 (ka)	活動期, 火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
140 ka 112~115ka	洞爺カルデラ	洞爺火砕流 洞爺火山灰	100	町田・新井(2003) 曾屋ほか(2007) 第四紀火山カタログ 委員会編(1999)

・青: 個別文献年代値

※中野ほか編(2013)では, 明瞭な活動期間が示されておらず, 十分に長い活動期間は有さないと考えられる。



— : 噴出量の累積(km³)
■ : 噴出量(km³)

※網掛け部は個別文献調査結果に基づく年代の幅を表す。

(参考1) 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出 火山の活動履歴 【11. 洞爺中島】

洞爺中島に関する評価

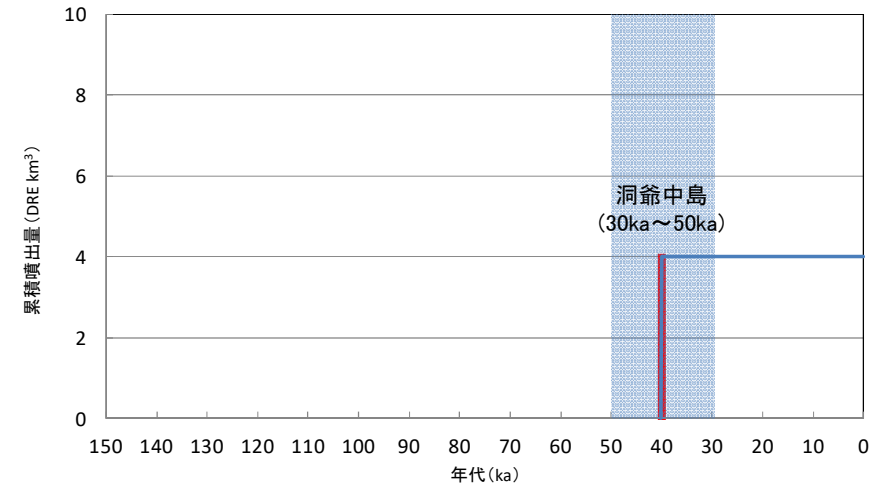
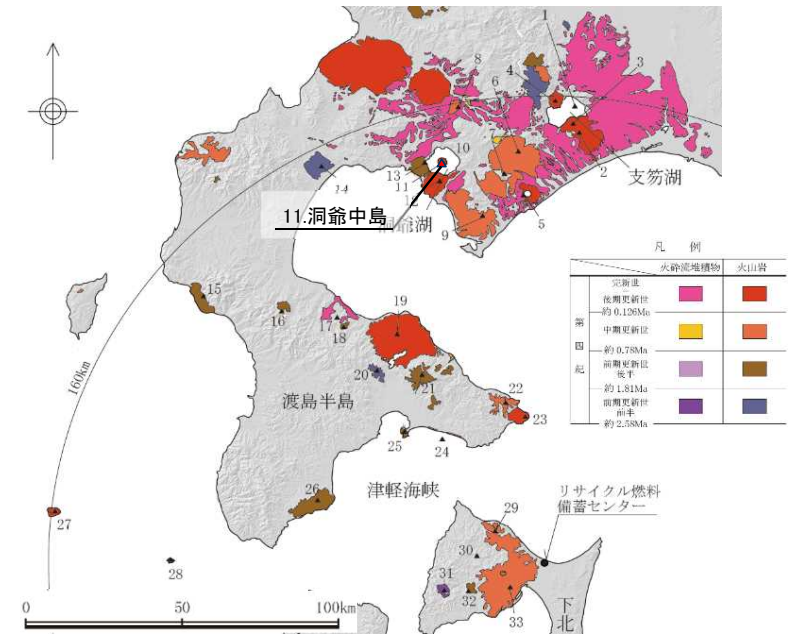
火山名	洞爺中島
敷地からの距離	約143km
火山の形式	溶岩ドーム
活動年代	4万年前～3万年前
評価	最後の噴火からの経過時間が全活動期間よりも長い

注) 火山名, 火山の形式, 活動年代, 火山地質図は中野ほか編(2013)に基づく

洞爺中島の活動履歴

年代 (ka)	活動期, 火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
40 ka 30 ka	洞爺中島	中島火山噴出物	4	曾屋ほか(2007) 中川(1998a) 第四紀火山カタログ 委員会編(1999)
40 ka 50 ka				

・青: 個別文献年代値



洞爺中島の噴出量一年代階段ダイヤグラム

— : 噴出量の累積(km³)

— : 噴出量(km³)

※網掛け部は個別文献調査結果に基づく年代の幅を表す。

(参考1) 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出 火山の活動履歴 【12.有珠山】

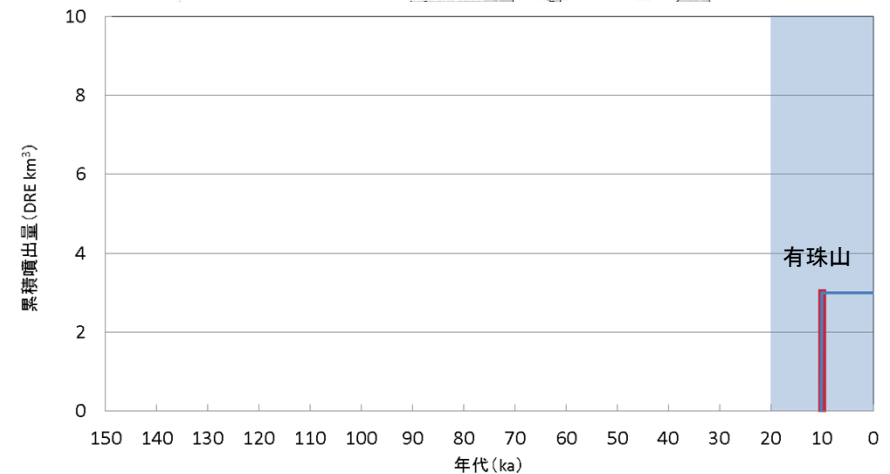
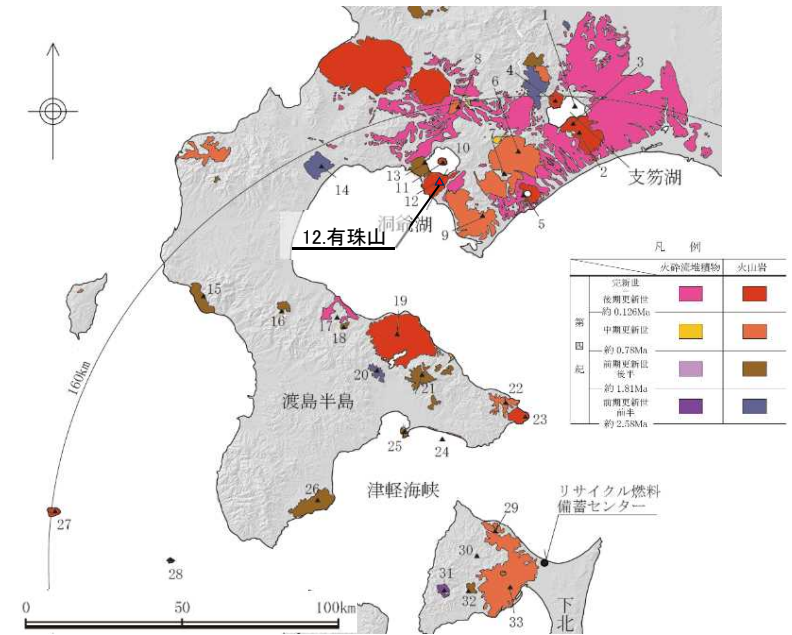
有珠山に関する評価

火山名	有珠山
敷地からの距離	約136km
火山の形式	複成火山, 溶岩ドーム
活動年代	2万ないし1.5万年前に活動開始。最新噴火: AD.2000
評価	完新世に活動を行った火山 →施設に影響を及ぼし得る火山

注) 火山名, 火山の形式, 活動年代, 火山地質図は中野ほか編(2013)に基づく

有珠山の活動履歴

年代 (ka)	活動期, 火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
AD.2000	有珠山	2000年噴火 1663年噴火(Us-b) 有珠外輪山溶岩 等	3.0	曾屋ほか(2007) 中川ほか(2005) 第四紀火山カタログ 委員会編(1999)
20ka-15ka				



有珠山の噴出量-年代階段ダイヤグラム

— : 噴出量の累積(km³)
— : 噴出量(km³) ※網掛け部は中野ほか編(2013)による年代の幅を表す。

(参考1) 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出 火山の活動履歴 【10.洞爺カルデラ・11.洞爺中島・12.有珠山】

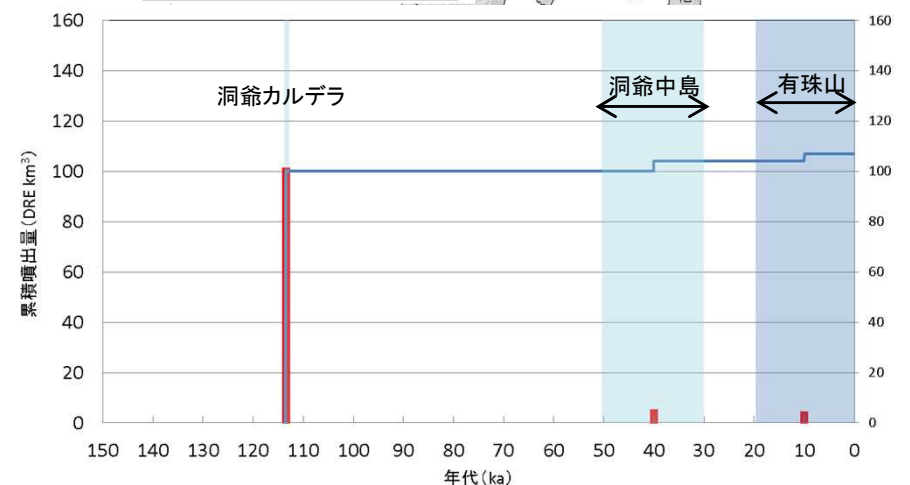
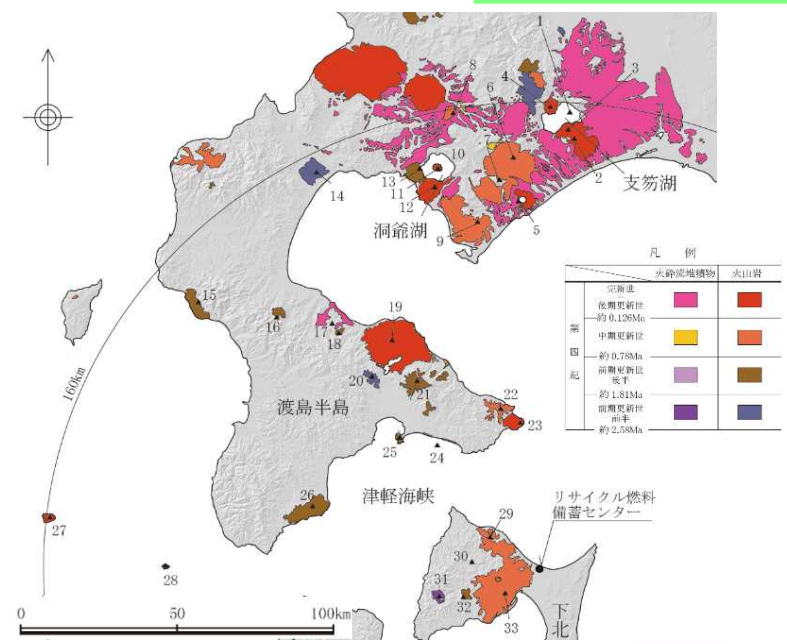
洞爺カルデラ・洞爺中島・有珠山に関する評価

火山名	洞爺カルデラ・洞爺中島・有珠山
敷地からの距離	約144km(洞爺カルデラ), 約143km(洞爺中島), 約136km(有珠山)
火山の形式	カルデラ, 火砕流, 溶岩ドーム, 複成火山
活動年代	洞爺カルデラ: 約14万年前にカルデラ形成 洞爺中島 : 4万年前~3万年前 有珠山 : 2万ないし1.5万年前に活動開始。最新噴火: 2000年
評価	完新世に活動を行った火山 →施設に影響を及ぼし得る火山

注) 火山名, 火山の形式, 活動年代, 火山地質図は中野ほか編(2013)に基づく

洞爺カルデラ・洞爺中島・有珠山の活動履歴

年代 (ka)	活動期, 火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
AD.2000	後カルデラ火山	有珠山	3.0	町田・新井(2003) 曾屋ほか(2007) 中川ほか(2005) 第四紀火山カタログ委員会編(1999) 中川(1998a)
20 ka		有珠山		
30~40 ka	洞爺中島	4		
40~50 ka	洞爺中島	中島火山噴出物		
112~115ka 140ka	カルデラ火山	洞爺カルデラ	100	
		洞爺火砕流 洞爺火山灰		



洞爺カルデラ・洞爺中島・有珠山の噴出量一年代階段ダイヤグラム

— : 噴出量の累積(km³)
■ : 噴出量(km³) ※網掛け部は中野ほか編(2013)による年代の幅を表す。

(参考1) 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出 火山の活動履歴 【13. 虻田】

虻田に関する評価

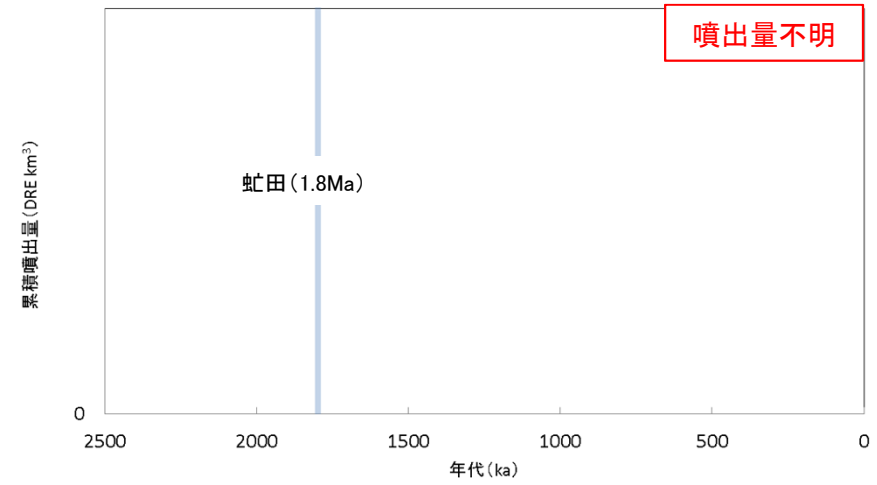
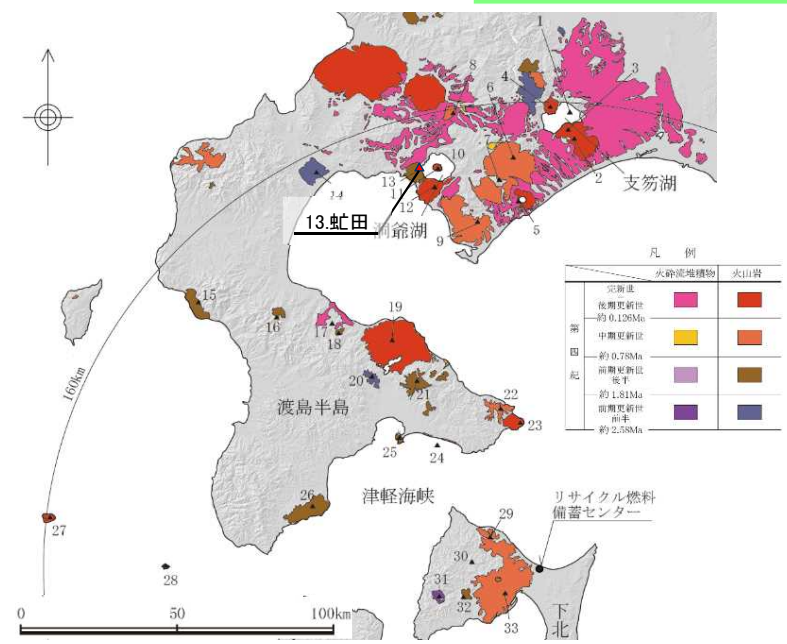
火山名	虻田
敷地からの距離	約143km
火山の形式	複成火山
活動年代	約180万年前
評価	最後の噴火からの経過時間が全活動期間よりも長い

注) 火山名, 火山の形式, 活動年代, 火山地質図は中野ほか編(2013)に基づく

虻田の活動履歴

年代 (ka)	活動期, 火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
1800 ka	虻田	虻田火山噴出物 小花井溶岩 等	不明	北海道立地質研究所(2003) 太田(1956) 土居ほか(1958)

※中野ほか編(2013)では、明瞭な活動期間が示されておらず、十分に長い活動期間は有さないと考えられる。



虻田の噴出量一年代階段ダイヤグラム

※網掛け部は中野ほか編(2013)による年代の幅を表す。

(参考1) 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出 火山の活動履歴 【14.写万部山】

写万部山に関する評価

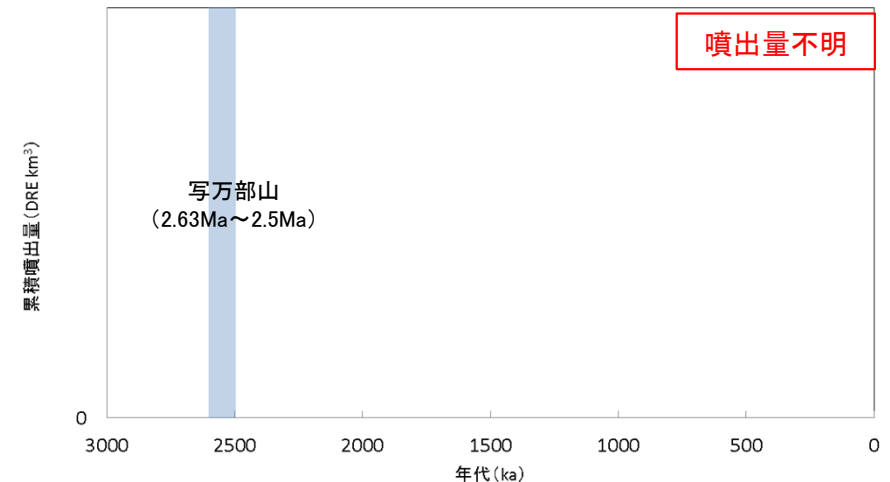
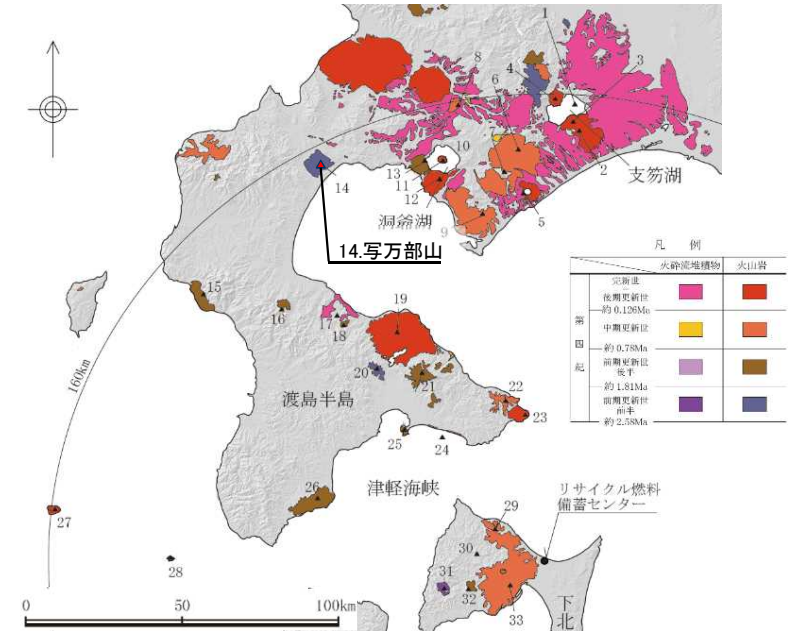
火山名	写万部山
敷地からの距離	約155km
火山の形式	複成火山
活動年代	約260万年前～250万年前
評価	最後の噴火からの経過時間が全活動期間よりも長い

注) 火山名, 火山の形式, 活動年代, 火山地質図は中野ほか編(2013)に基づく

写万部山の活動履歴

年代 (ka)	活動期, 火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
2500 ka	写万部山	写万部山火山岩類	不明	久保ほか(1988) 久保ほか(1983)
2600 ka 2630 ka				

・青: 個別文献年代値



虻田の噴出量一年代階段ダイヤグラム

※網掛け部は個別文献調査結果に基づく年代の幅を表す。

(参考1) 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出 火山の活動履歴 【15.長磯】

長磯に関する評価

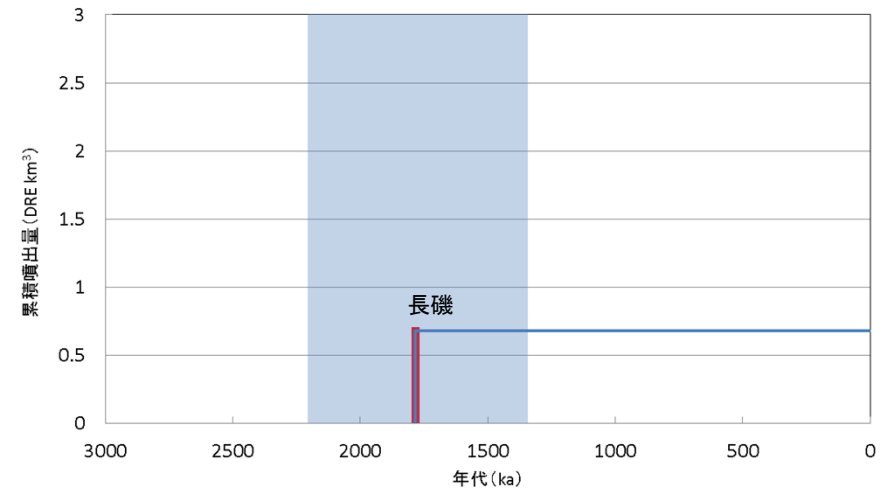
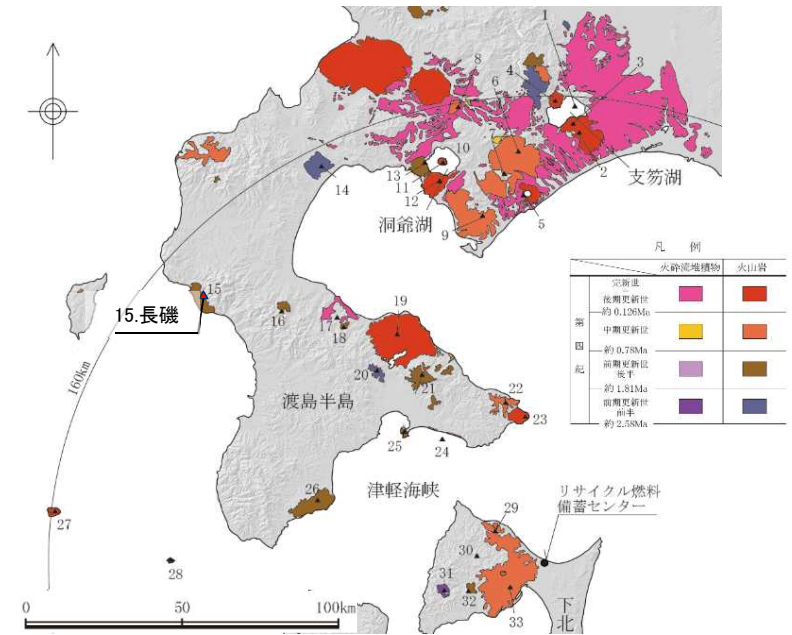
火山名	長磯
敷地からの距離	約143km
火山の形式	複成火山
活動年代	約220万年前～170万年前
評価	最後の噴火からの経過時間が全活動期間よりも長い

注) 火山名, 火山の形式, 活動年代, 火山地質図は中野ほか編(2013)に基づく

長磯の活動履歴

年代 (ka)	活動期, 火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
1370 ka 1700 ka	長磯	長磯安山岩類	0.68	秦(1975) 西来ほか編(2012) 第四紀火山カタログ 委員会編(1999) 能條ほか(1997)
2200 ka				

・青: 個別文献年代値



長磯の噴出量一年代階段ダイヤグラム

— : 噴出量の累積(km³) ※網掛け部は個別文献調査結果に基づく年代の幅を表す。
— : 噴出量(km³)

(参考1) 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出 火山の活動履歴 【16.砂蘭部岳】

砂蘭部岳に関する評価

火山名	砂蘭部岳
敷地からの距離	約121km
火山の形式	複成火山
活動年代	約180万年前
評価	最後の噴火からの経過時間が全活動期間よりも長い

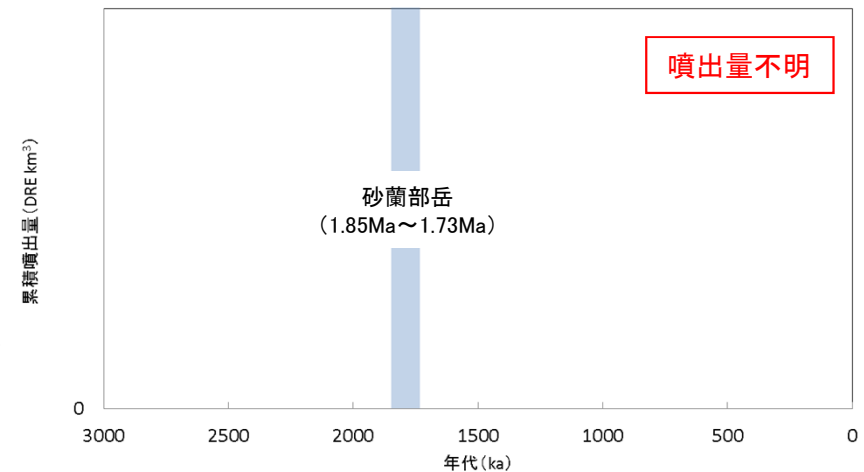
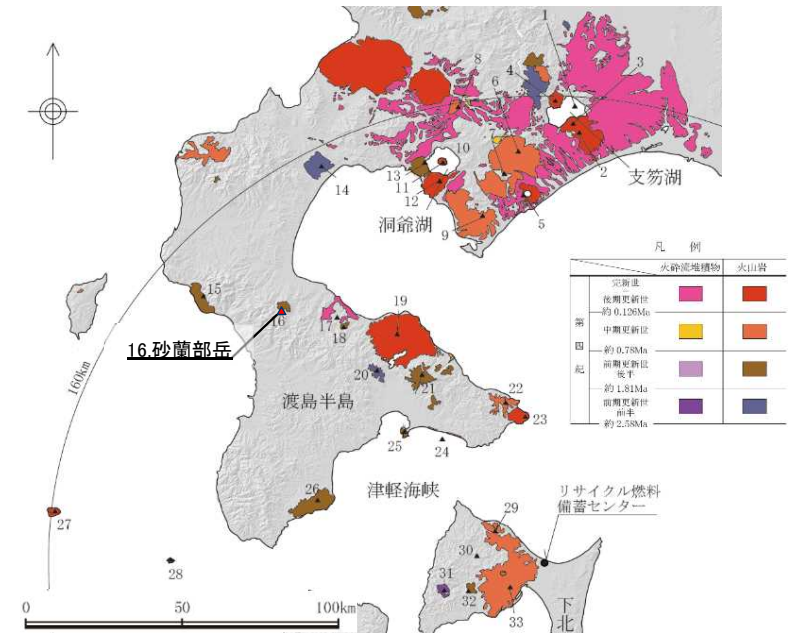
注) 火山名, 火山の形式, 活動年代, 火山地質図は中野ほか編(2013)に基づく

砂蘭部岳の活動履歴

年代 (ka)	活動期, 火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
1730 ka				NEDO(1990) 沢村・秦(1981) 松下ほか(1973) 西来ほか編(2014)
1800ka	砂蘭部岳	砂蘭部岳安山岩	不明	
1850 ka				

※中野ほか編(2013)では, 明瞭な活動期間が示されておらず, 十分に長い活動期間は有さないと考えられる。

・青: 個別文献年代値



砂蘭部岳の噴出量一年代階段ダイヤグラム

※網掛け部は個別文献調査結果に基づく年代の幅を表す。

(参考1) 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出 火山の活動履歴 【17.濁川カルデラ】

濁川カルデラに関する評価

火山名	濁川カルデラ
敷地からの距離	約108km
火山の形式	カルデラ-火砕流
活動年代	約1万5000年前にカルデラ形成
評価	最後の噴火からの経過時間が全活動期間よりも長い

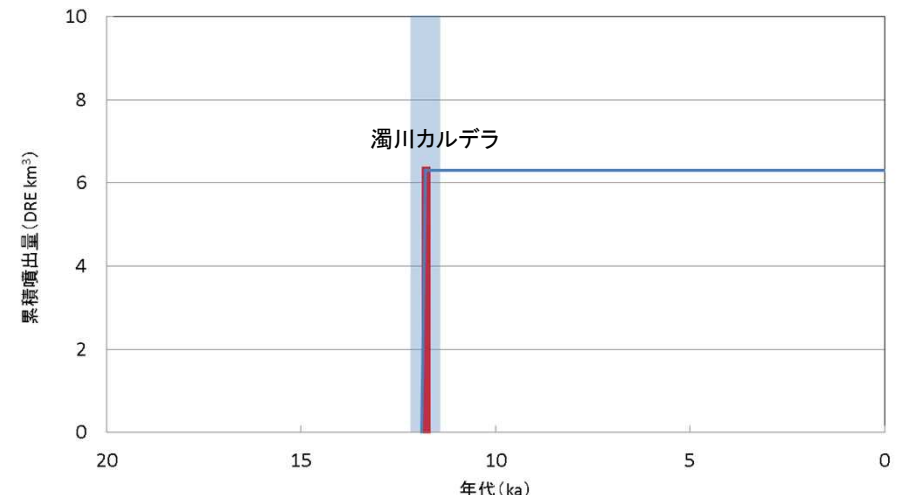
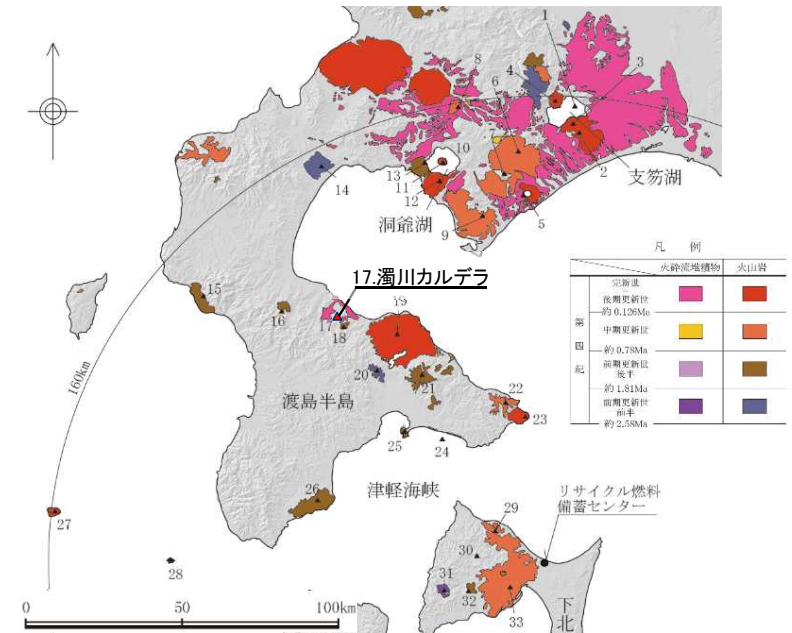
注) 火山名, 火山の形式, 活動年代, 火山地質図は中野ほか編(2013)に基づく

濁川カルデラの活動履歴

年代 (ka)	活動期, 火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
(10,190yBP) 11,670yBP	後カルデラ活動期	貫入岩(溶岩ドーム) <small>(湖成堆積物(10,190yBP)に覆われる)</small>	不明	柳井ほか(1992) 黒墨・土井(2003) 西来ほか編(2014) Sumi and Takashima (1975)
15ka	カルデラ形成期	Ng-c軽石流	5.1	
		Ng-d火砕サージ, 降下軽石	1.0	
		Ng-e降下火山灰	0.2	
12,020yBP		Ng-f降下火山灰	0.2	

・青: 個別文献年代値

・濁川カルデラは気象庁によると、活火山に含まれていない。
(気象庁の活火山の定義: 概ね過去1万年以内に噴火した火山及び現在活発な噴気活動のある火山)



濁川カルデラの噴出量-年代階段ダイアグラム

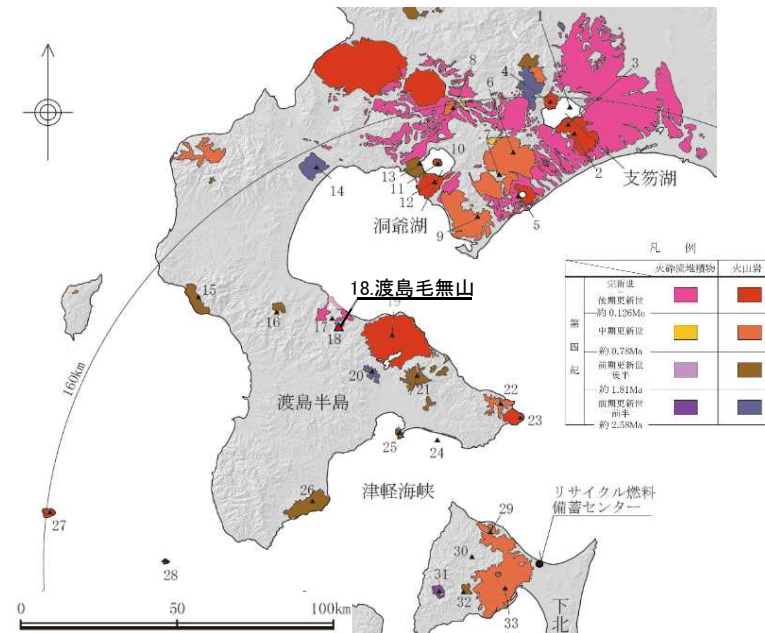
■: 噴出量の累積(km³)
■: 噴出量(km³) ※網掛け部は個別文献調査結果に基づく年代の幅を表す。

(参考1) 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出 火山の活動履歴 【18. 渡島毛無山】

渡島毛無山に関する評価

火山名	渡島毛無山
敷地からの距離	約104km
火山の形式	溶岩流
活動年代	前期更新世前半 もしくは 前期更新世
評価	最後の噴火からの経過時間が全活動期間よりも長い

注) 火山名, 火山の形式, 活動年代, 火山地質図は中野ほか編(2013)に基づく

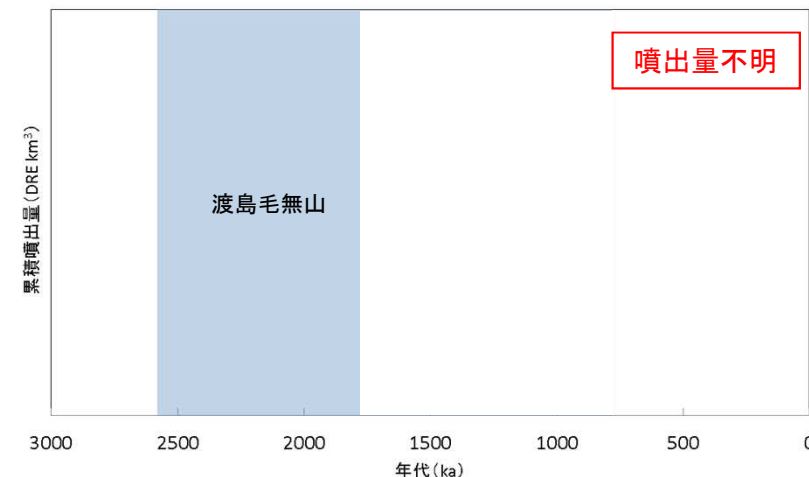


渡島毛無山の活動履歴

年代 (ka)	活動期, 火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
(780ka) (1810ka) (2580ka) (2580ka)	渡島毛無山	毛無山溶岩	不明	松下ほか(1973) 西来ほか編(2014)

・青: 個別文献年代値

※中野ほか編(2013)では, 明瞭な活動期間が示されておらず, 十分に長い活動期間は有さないと考えられる。



渡島毛無山の噴出量一年代階段ダイヤグラム

※網掛け部は個別文献調査結果に基づく年代の幅を表す。