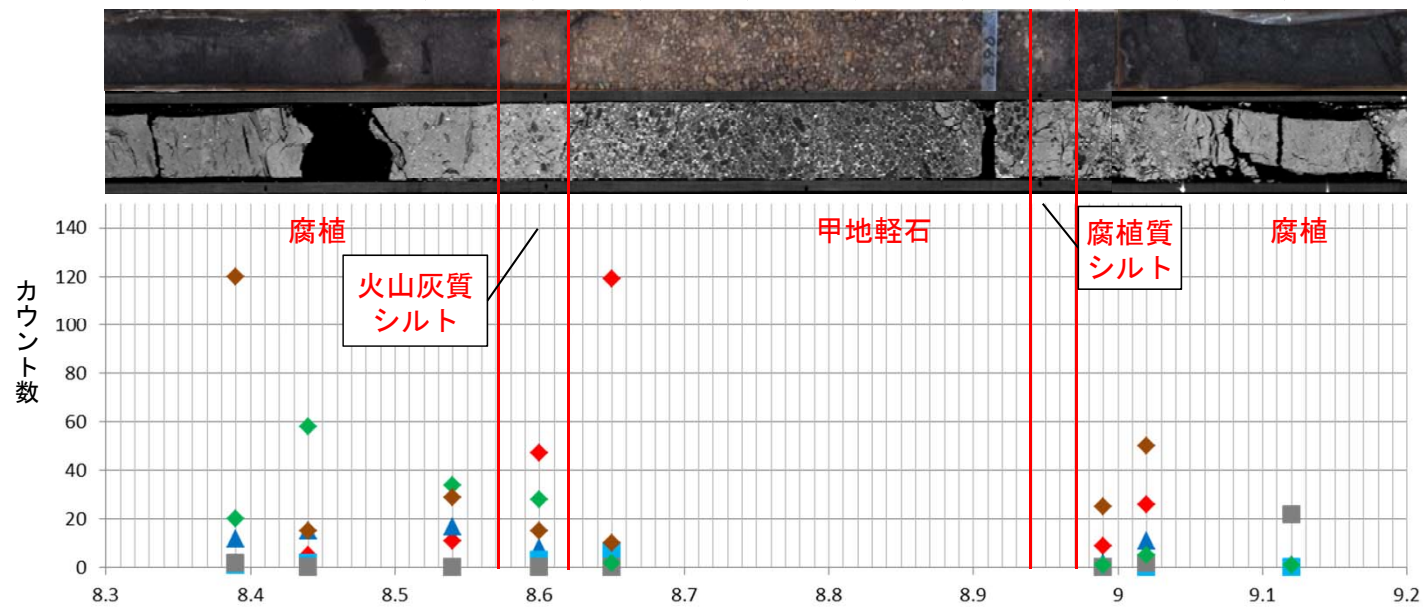


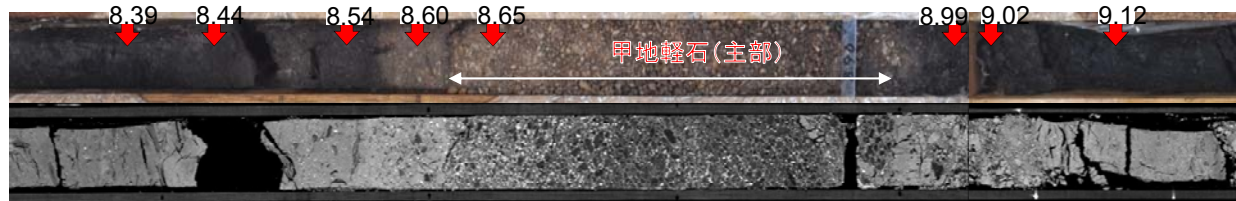
(参考12) 甲地軽石の分析結果 〔 B-3孔の顕微鏡観察による構成粒子判定 〕

取深度 単位：m		(腐植)	(腐植)	(腐植)	火山灰質 シルト	甲地軽石 主部	(- 腐植 -)	(- 腐植 -)	(- 腐植 -)
甲地軽石に含まれる本質的(初生的な)な粒子	火山ガラス	1	5	11	47	119	9	26	1
	長石	124	146	131	102	108	69	85	22
	斜方輝石	12	15	17	8	7	2	11	1
	単斜輝石	1	2	0	3	7	0	0	0
	不透明鉱物	0	3	3	2	2	0	3	0
	新鮮で角ばった火山岩片	6	2	6	11	3	4	5	2
甲地軽石の噴火に直接由来しない異質粒子	石英	2	0	0	0	0	0	2	22
	ホルンブレンド	20	58	34	28	2	1	5	1
	その他鉱物及び円摩された鉱物	0	0	0	0	0	0	0	0
	円摩された岩片	120	15	29	15	10	25	50	242
	風化粒	14	54	69	84	42	190	113	9
	生物由来粒子	0	0	0	0	0	0	0	0
合計		300	300	300	300	300	300	300	300

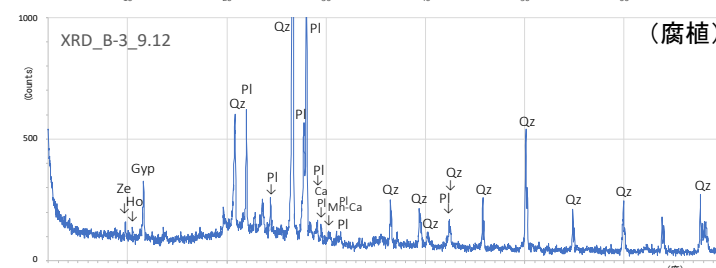
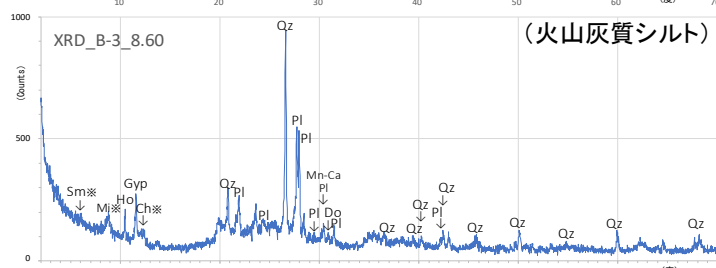
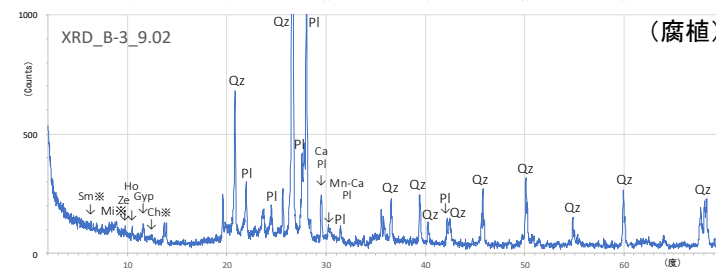
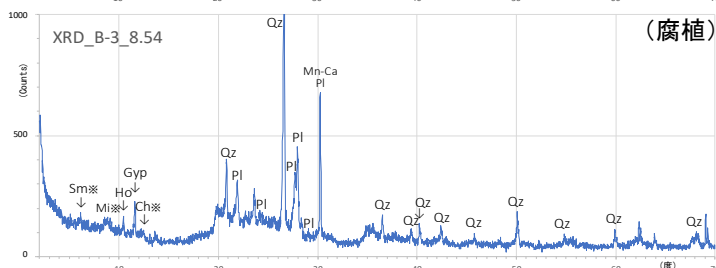
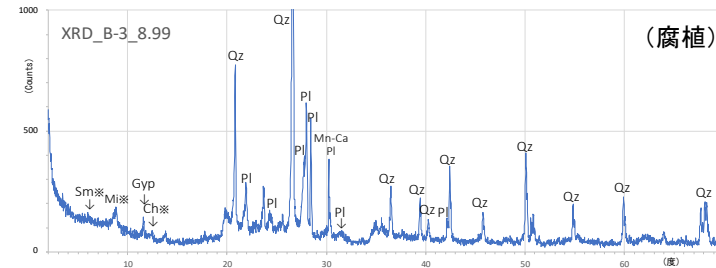
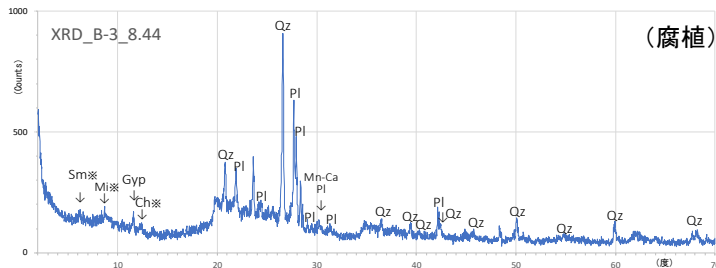
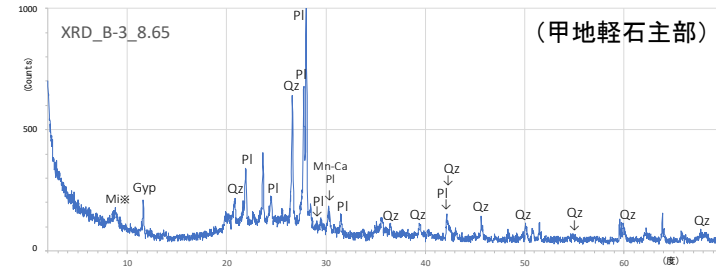
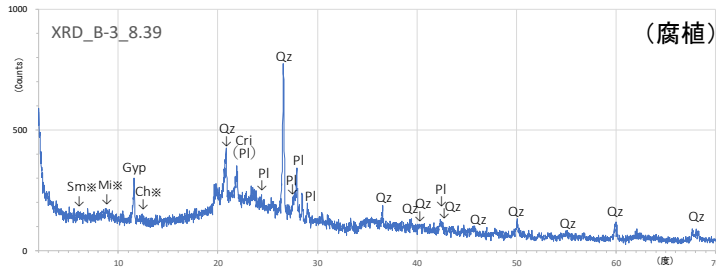
- 甲地軽石(主部):8.65mでは火山ガラスに富み, 斜方輝石及び単斜輝石を含む。
- 火山灰質シルト層:8.60mでは, 火山ガラスの含有量が主部に対して減少し, 甲地軽石には本質的に含まれないホルンブレンドを含有する。
- 甲地軽石(主部)を含めた試料全体にわたって, 円摩された岩片や風化粒が連続的に含まれていることから, 甲地軽石起源と異なる粒子が常に供給されていたと考えられる。



(参考12) 甲地軽石の分析結果 〔B-3孔のXRD分析結果〕



WL: 300
WW: 2500
スライス厚: 0.5mm



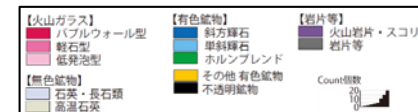
Sm: スメクタイト(もしくは緑泥石)※
Mi: 雲母類※
Ha: ハロイサイト※
Ch: 緑泥石(もしくはカオリナイト)※
Ze: 沸石類
Gyp: 石膏
Gib: ギブサイト
Cri: クリストバライト
Qz: 石英
Pl: 斜長石
Ho: ホルンブレンド
Pyx: 輝石
Ca: 方解石
Do: 苦灰石(ドロマイト)
Ank: アンケライト
Mn-Ca: マンガン方解石
Py: 黄鉄鉱
※不定方位法のため粘土鉱物の一部は未確定

- 甲地軽石主部(8.65m)では、斜長石のピークが明瞭に認められる。
- 一方、甲地軽石主部には、甲地軽石に本来含まれない石英を多く含むことから、KP-1孔と同様に軽石間を充填する基質は二次的に混入したシルトであると考えられる。
- 甲地軽石主部より浅部ではホルンブレンドのピークが認められ、顕微鏡観察結果と矛盾しない。

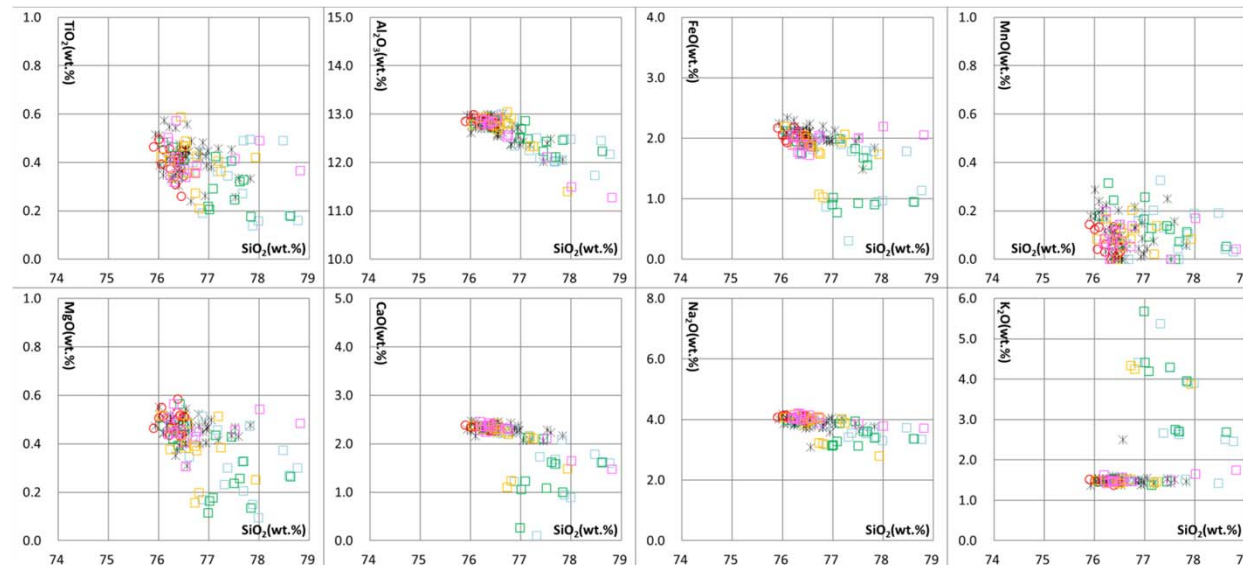
(参考12) 甲地軽石の分析結果 〔 B-3孔の火山灰分析結果 〕



WL: 300
WW: 2500
スライス厚: 0.5mm



深度 (m)	柱状図	試料名称	テフラ名	顕微鏡観察結果		特記事項	屈折率測定結果		
				鉱物構成 (300 粒子中) (個数)	鉱物構成 (岩片等を除いた割合) (%)		火山ガラス (nd)	斜方輝石 (γ)	ホルンブレンド (n2)
8		B-3_8.44		[Bar chart showing mineral composition]	[Bar chart showing mineral composition]	ホルンブレンド多い	[Refractive index plot]	[Refractive index plot]	[Refractive index plot]
		B-3_8.54		[Bar chart showing mineral composition]	[Bar chart showing mineral composition]	ホルンブレンド多い	[Refractive index plot]	[Refractive index plot]	[Refractive index plot]
		B-3_8.60		[Bar chart showing mineral composition]	[Bar chart showing mineral composition]	ホルンブレンド多い	[Refractive index plot]	[Refractive index plot]	[Refractive index plot]
		B-3_8.75	甲地軽石	[Bar chart showing mineral composition]	[Bar chart showing mineral composition]	斜方輝石, 単斜輝石含む ガラスは長石付着	[Refractive index plot]	[Refractive index plot]	(含有なし)
3.20		KP-1_3.2m	甲地軽石	[Bar chart showing mineral composition]	[Bar chart showing mineral composition]	斜方輝石 > 単斜輝石	[Refractive index plot]	[Refractive index plot]	(含有なし)
	町田・新井 (2011)		甲地軽石			斜方輝石, 単斜輝石			



➤ 軽石主部(8.75m):
火山ガラスと斜方輝石の屈折率および主成分分析結果は、甲地軽石と概ね一致する。

➤ 主部上位の火山灰質シルト(8.60m):
甲地軽石に本質的に含まれないホルンブレンドを含有する。
火山ガラス及び斜方輝石の屈折率は幅が広く甲地軽石に由来しない粒子も含むと考えられる。
火山ガラスの主成分分析より、甲地軽石とは異なる組成の火山ガラスを含む。

× Matsu'ura et al.(2019):WP
○ KP-1 3.2m
□ B-3_8.44m
◇ B-3_8.54m
△ B-3_8.60m
▽ B-3_8.75m

(参考12) 甲地軽石の分析結果 〔N2-2' 孔及びKP-3のコア観察結果〕

N2-2' (掘削深度: 0.00~5.00m, 孔口標高: 54.99m)



標尺	標高 E.L. +m	深度 G.L. -m	柱状 図	地質		色調	記事	測定月日 最終孔内 水位	試料採取 試料名/ 採取深度	標尺
				地層名	層相					
				火山灰層 (1m)	砂	茶褐	0.00~0.82m ・主に茶褐色の砂からなる。 ・0.74~0.82m 褐色のロームからなる。			
1	54.35 54.28	0.74 0.82		ローム	褐		0.82~2.20m ・褐色の砂からなる。			
2					砂	褐	2.20~3.92m ・全体は腐植混り砂からなる ・2.20~2.50m 腐植質シルトからなる。 ・2.50~3.25m 灰白色~褐色の砂からなる。 ・3.25~3.40m 腐植質シルトからなる。 ・3.40~3.92m 暗灰色の砂からなる。3.90~3.92mに灰白色の軽石が散在する(甲地軽石)。			
3	53.08	2.20		腐植質シルト	黒褐		3.92~5.00m ・腐植質シルトからなる。 ・4.05~4.10m 灰白色の細粒火山灰を挟む(Aテフラ)。 ・4.31~4.38m 灰白色の細粒火山灰を挟む(Bテフラ)。			
4	52.82	2.50		砂	灰白~褐					
	52.18 52.05	3.25 3.40		腐植質シルト	黒褐					
	51.60 51.44	3.92 4.10		砂 (軽石散在)	暗灰 (灰白)					
	51.26 51.20	4.31 4.38		腐植質シルト 腐植質シルト 細粒火山灰	黒褐 黒褐 灰白					
5	50.66	5.00		腐植質シルト	黒褐					

KP-3 (掘削深度: 0.00~6.00m, 孔口標高: 55.25m)



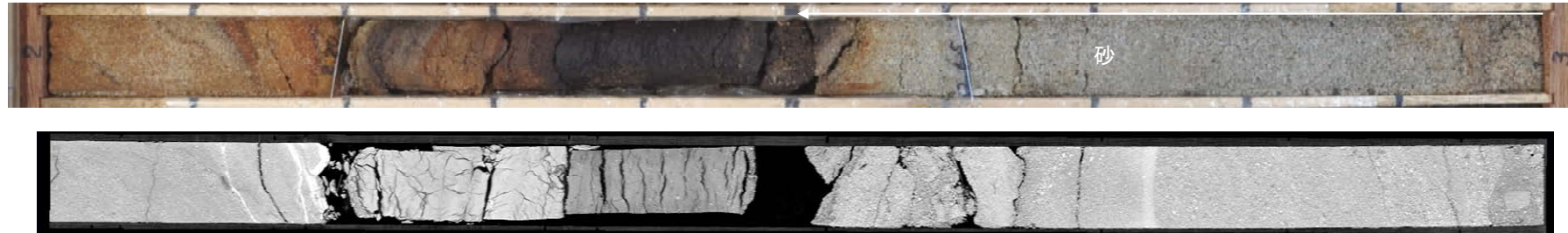
標尺	標高 E.L. +m	深度 G.L. -m	柱状 図	地質		色調	記事	測定月日 最終孔内 水位	試料採取 試料名/ 採取深度	標尺
				地層名	層相					
				盛土 (f1)	砂礫	褐灰	0.00~0.30m ・褐灰色の砂礫からなる。			
1	54.95 54.46 54.25	0.30 0.79 1.00		シルト 混り砂	黄褐		0.30~2.28m ・主に褐色のシルト混り砂、シルトからなる。 2.28~2.43m ・腐植質シルトからなる 2.43~3.22m ・灰色の砂からなる。 3.22~3.50m ・黒褐色の腐植質シルトからなる。	7/24朝 1.00m		
2	53.11 52.97 52.82	2.14 2.28 2.43		シルト 腐植質シルト	黄褐 黒		3.50~3.72m ・灰色のシルト質砂からなる。 ・径2~10mmの淡褐色の軽石が散在し、基部に多い(甲地軽石)。			
3				砂	灰		3.72~4.36m ・黒褐色の腐植からなる。 ・3.79~3.84mに灰白色火山灰を挟む(Aテフラ)。 ・4.01~4.09mに灰白色火山灰を挟む(Bテフラ)。		KP-3_2_75/2.75m (鏡)	
4	52.03 51.75 51.53 51.46 51.41 51.24 51.16	3.22 3.50 3.72 3.74 3.84 4.01 4.09		腐植質シルト シルト 腐植質シルト 腐植質シルト 細粒火山灰 腐植質シルト 腐植質シルト 細粒火山灰	黒褐 黄褐 黒褐 黒褐 灰白 黒褐 灰白		4.36~4.62m ・灰色のシルト混り砂からなる。 4.62~4.90m ・黒褐色の砂混りシルトからなる。 4.90~6.00m ・暗緑灰色~灰色の砂からなる。 ・4.90~5.50m 少量の細礫を含む。 ・5.90~5.96m 灰黄色のシルトを挟む。		KP-3_3_7/3.7m (火、鏡)	
5	50.89 50.63 50.35	4.36 4.62 4.90		腐植質シルト シルト混り砂 砂混りシルト	黒褐 灰 黒褐					
6	49.35 49.29 49.25	5.90 5.96 6.00		砂	暗緑灰 灰 灰黄灰					

実施内容:
マ: マイクロスコープ観察
火: 火山灰分析
鏡: 鏡下観察による構成粒子の定量
X: XRD分析

(参考12) 甲地軽石の分析結果
〔 N2-2' 孔のCT解析結果 〕

N2-2' (掘削深度 : 2.00~3.00m, 孔口標高 : 54.99m)

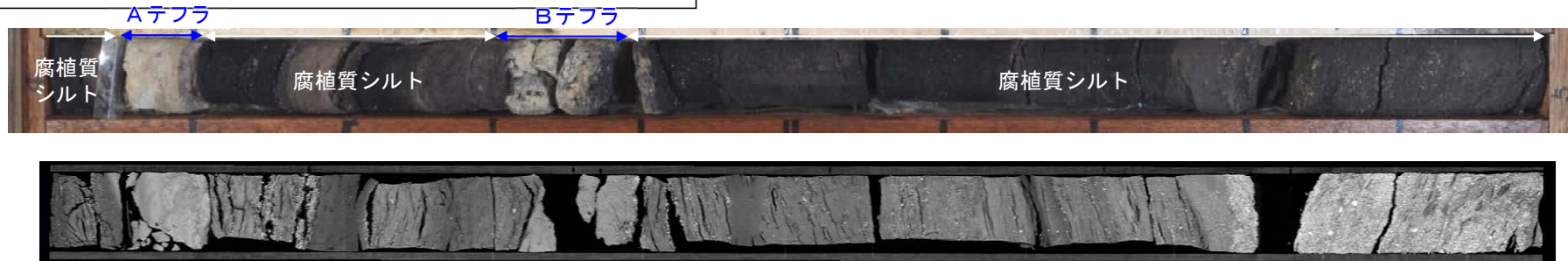
CT画像設定 WL:300 WW:2500 スライス厚:0.5mm



N2-2' (掘削深度 : 3.00~4.00m, 孔口標高 : 54.99m)



N2-2' (掘削深度 : 4.00~5.00m, 孔口標高 : 54.99m)

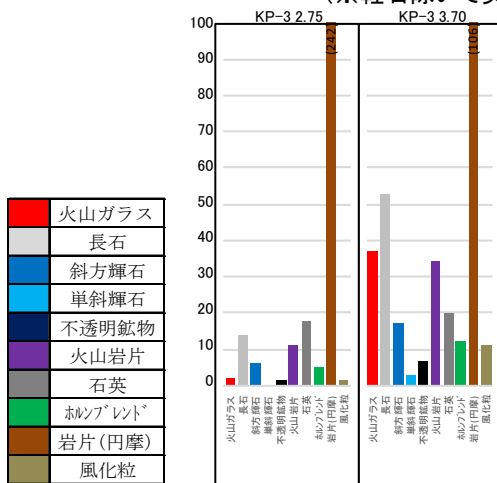


- 深度2.50m~約3.20mにかけてCT値の高い(密度の高い)粒子が砂層をなす。
- 深度3.25~3.40mにかけて腐植質シルトからなり, CT値(密度)が低い。
- 深度3.40m~3.92mまでは砂(CT値(密度)が高い)からなる。
- 深度3.90m~3.92mに1cm程度の軽石(CT画像上ではCT値(密度)が低いため黒色)が散在する。
- 細粒火山灰が深度4.05~4.10m(Aテフラ), 深度4.31~4.38m(Bテフラ)が腐植質シルト中に挟在する。

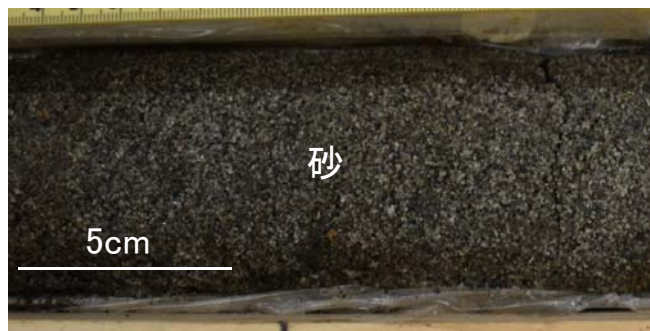
(参考12) 甲地軽石の分析結果 〔KP-3孔の顕微鏡観察による構成粒子判定〕

		(砂)	(砂)
孔名		KP-3	KP-3
採取深度 単位：m		2.75	3.7
試料名称		KP-3_2.75	KP-3_3.70
甲地軽石に含まれる本質的(初生的な)粒子	火山ガラス	2	37
	長石	14	53
	斜方輝石	6	17
	単斜輝石	0	3
	不透明鉱物	1	7
	新鮮で角ばった火山岩片	11	34
	石英	18	20
甲地軽石の噴火に直接由来しない異質粒子	ホルンブレンド	5	12
	その他鉱物及び円摩された鉱物	0	0
	円摩された岩片	242	106
	風化粒	1	11
	生物由来粒子	0	0
合計		300	300

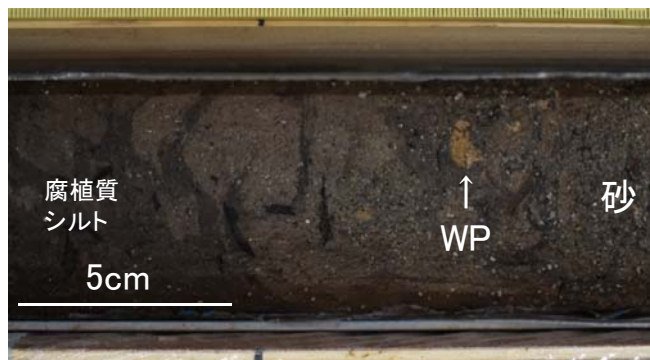
(※軽石除いて実施)



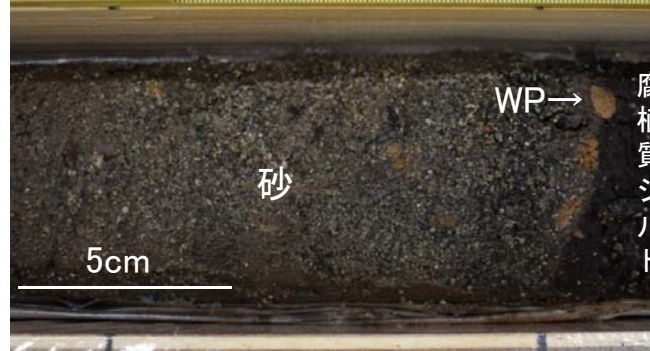
KP-3孔 深度2.73m~2.98m



KP-3孔 深度3.45m~3.60m



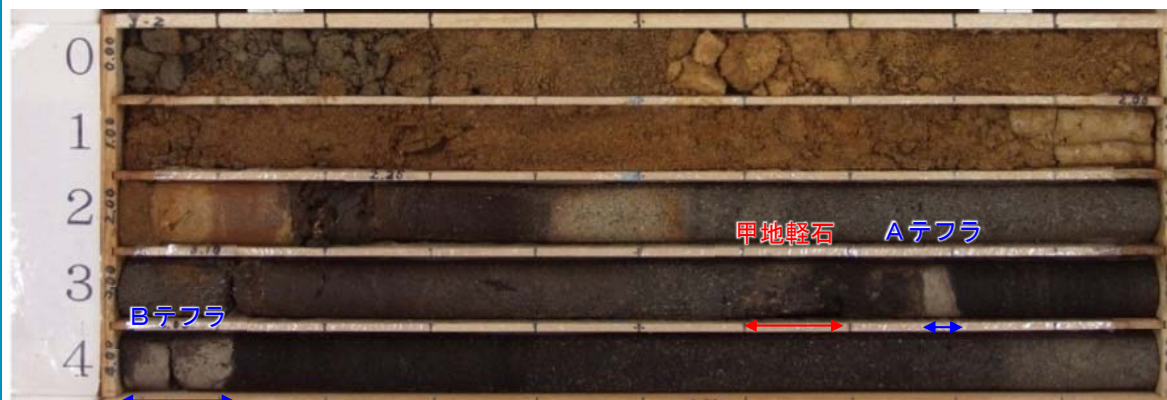
KP-3孔 深度3.58m~3.72m



- 顕微鏡観察によるKP-3孔深度2.75m及び3.70m(軽石を除く)における構成粒子の詳細観察の結果、いずれも円摩された岩片が多く、堆積性の砂層と考えられる。
- 深度3.70mの構成粒子には火山ガラス等火砕物起源の粒子が上位層と比べて多い。これは、前述の火山ガラスの主成分化学組成分析結果を踏まえると、甲地軽石を起源とした粒子が大部分を占めると考えられる。

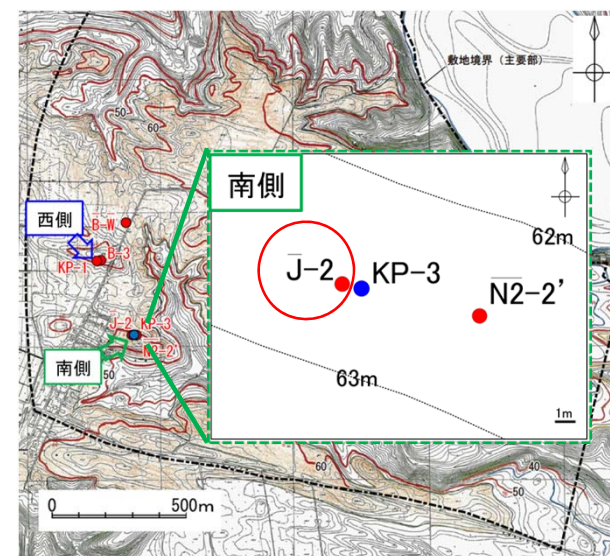
(参考12) 甲地軽石の分析結果 〔 J-2孔のコア写真と観察結果 〕

J-2 (掘削深度 : 0.00~5.00m, 孔口標高 : 55.18m)



- ・ 甲地軽石 : 層厚10cm
(深度3.60m~3.70m)

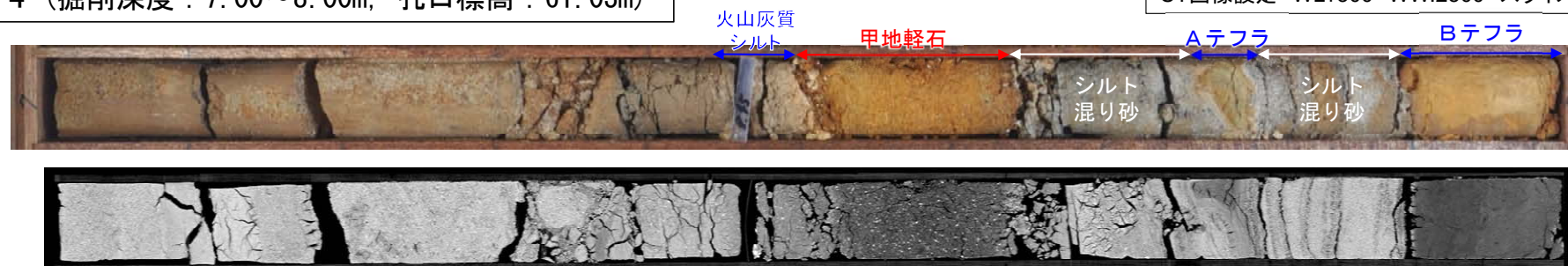
標尺 m	標高 E.L. +m	深度 G.L. -m	柱状 図	地質		色調	記事	最終 測定 月日 孔内 水位	試料採取 試料名/ 採取深度	標尺 m
				地層名	層相					
1				盛土 (f1)	礫混り シルト質 砂	茶褐	0.00~2.17m ・盛土からなる。 2.17~5.00m ・シルト混り腐植質砂からなる。 ・2.17~2.42m 黒褐色の腐植質からなる。 ・2.42~3.10m 灰白~暗灰色の砂からなる。 ・3.10~3.50m 黒褐色の腐植質シルトからなる。 ・3.50~3.70m 暗灰色の腐植混り砂からなる。 3.60~3.70mに灰白色の軽石が 密集する(甲地軽石)。			1
2	53.01	2.17		腐植	砂	黒褐	・3.70~3.75m 黒褐色の腐植質シルトからなる。 ・3.75~3.81m 灰白色の細粒火山灰(Aテフラ) からなる。			2
3	52.76	2.42					砂	灰白~ 暗灰	・3.81~4.00m 黒褐色の腐植質シルトからなる。 ・4.00~4.11m 灰白色の細粒火山灰(Bテフラ) からなる。 ・4.11~4.40m 黒褐色の腐植質シルトからなる。 ・4.40~5.00m 暗灰色~灰白色の砂からなる。	
4	52.08	3.10		高位段丘堆積層 (H5)	腐植質シルト	暗褐				4
	51.68	3.50			腐植混り砂 (砂多量)	暗灰				
	51.48	3.70			腐植質シルト	黒褐				
	51.43	3.75			細粒火山灰	灰白				
	51.37	3.81			腐植質シルト	黒褐				
4	51.18	4.00		細粒火山灰	灰白					
	51.07	4.11		腐植質シルト	黒褐					
	50.78	4.40		砂	暗灰					
5	50.18	5.00								5



(参考12) 甲地軽石の分析結果 〔 N7-4孔のCT解析結果 〕

N7-4 (掘削深度 : 7.00~8.00m, 孔口標高 : 61.03m)

CT画像設定 WL:300 WW:2500 スライス厚:0.5mm



N7-4 (掘削深度 : 8.00~9.00m, 孔口標高 : 61.03m)



- 深度7.50~7.66mは粘土化した軽石(CT画像上では低CT値(黒色):甲地軽石)からなる。
- 深度7.76~7.80mは細粒火山灰(Aテフラ)からなる。
- 深度7.90~8.01mは粘土化した火山灰(Bテフラ)からなる。
- 甲地軽石とAテフラ, AテフラとBテフラの間はシルト混り砂(CT画像ではCT値の高い粒子)からなり, 3つの降下火砕物は連続しない。



(参考12) 甲地軽石の分析結果 〔N7-4孔及びKP-4孔のコア観察結果〕

N7-4孔

標尺	標高	深度	柱状図	地質		色調	記事	最終測定日 測定月日 最終孔内水位	試料採取 試料名/ 採取深度	標尺
				地層名	層相					
60.78	0.25			表土	礫混りシルト	茶褐	0.00~0.25m ・表土からなる。			1
						褐	0.25~8.01m ・主に褐色のロームと、 褐色~暗褐色の砂からなる。 ・3.06~3.27m 黄褐色の粘土化した粗粒火山灰を挟む(オレンジテフラ)。ホルンブレンドを多く含み、斜方輝石を少量含む。			2
						黄橙	・7.44~7.50m 灰白色の風化した火山灰質シルトからなる。 ・7.50~7.66m 粘土化した褐色の軽石を挟む(甲地軽石)。			3
57.97	3.06			粗粒火山灰		黄橙	・7.66~7.76m 明褐色のシルト混り砂からなる。 ・7.76~7.80m 細粒火山灰を挟む(Aテフラ)。 ・7.80~7.90m 明褐色のシルト混り砂からなる。 ・7.90~8.01m 著しく粘土化した火山灰を挟む(Bテフラ)。			4
57.76	3.27			火山灰層 (1m)		褐	8.01~10.00m ・褐色のシルト混り砂からなる。			5
56.88	4.15					暗褐 ~ 褐				6
						砂				7
53.59	7.44			火山灰質シルト		灰白				8
53.53	7.50			軽石		黄				9
53.47	7.56			シルト混り砂		明褐				10
53.41	7.62			粗粒火山灰		褐				11
53.35	7.68			シルト混り砂		明褐				12
53.29	7.74			シルト混り砂		黄灰				13
53.23	7.80			シルト混り砂		黄灰				14
53.17	7.86			シルト混り砂		黄灰				15
53.11	7.92			シルト混り砂		黄灰				16
53.05	7.98			シルト混り砂		黄灰				17
52.99	8.04			シルト混り砂		黄灰				18
52.93	8.10			シルト混り砂		黄灰				19
52.87	8.16			シルト混り砂		黄灰				20
52.81	8.22			シルト混り砂		黄灰				21
52.75	8.28			シルト混り砂		黄灰				22
52.69	8.34			シルト混り砂		黄灰				23
52.63	8.40			シルト混り砂		黄灰				24
52.57	8.46			シルト混り砂		黄灰				25
52.51	8.52			シルト混り砂		黄灰				26
52.45	8.58			シルト混り砂		黄灰				27
52.39	8.64			シルト混り砂		黄灰				28
52.33	8.70			シルト混り砂		黄灰				29
52.27	8.76			シルト混り砂		黄灰				30
52.21	8.82			シルト混り砂		黄灰				31
52.15	8.88			シルト混り砂		黄灰				32
52.09	8.94			シルト混り砂		黄灰				33
52.03	9.00			シルト混り砂		黄灰				34
51.97	9.06			シルト混り砂		黄灰				35
51.91	9.12			シルト混り砂		黄灰				36
51.85	9.18			シルト混り砂		黄灰				37
51.79	9.24			シルト混り砂		黄灰				38
51.73	9.30			シルト混り砂		黄灰				39
51.67	9.36			シルト混り砂		黄灰				40
51.61	9.42			シルト混り砂		黄灰				41
51.55	9.48			シルト混り砂		黄灰				42
51.49	9.54			シルト混り砂		黄灰				43
51.43	9.60			シルト混り砂		黄灰				44
51.37	9.66			シルト混り砂		黄灰				45
51.31	9.72			シルト混り砂		黄灰				46
51.25	9.78			シルト混り砂		黄灰				47
51.19	9.84			シルト混り砂		黄灰				48
51.13	9.90			シルト混り砂		黄灰				49
51.07	9.96			シルト混り砂		黄灰				50
51.01	10.02			シルト混り砂		黄灰				51

KP-4

標尺	標高	深度	柱状図	地質		色調	記事	最終測定日 測定月日 最終孔内水位	試料採取 試料名/ 採取深度	標尺
				地層名	層相					
55.04	0.40			盛土 (f1)	砕石	灰	0.00~0.40m ・径10~50mmの砕石からなる。			1
				火山灰層 (1m)	砂	褐	0.40~1.53m ・褐色の砂からなる。 ・1.05~1.53mはシルト分含む。			2
53.91	1.53				シルト混り砂	褐	1.53~1.75m ・褐色のシルト混り砂からなる。 ・径2mm程度の細礫を含む。			3
53.69	1.75				シルト	黄灰	1.75~2.18m ・灰黄色のシルトからなる。 ・2.05~2.13mにブロック状の砂を含む。			4
53.26	2.18			火山灰質シルト	砂	灰白	2.18~2.21m ・灰白色の風化した火山灰質シルトからなる。			5
53.23	2.21			軽石		明褐	2.21~2.38m ・径2~15mmの明褐色の軽石(甲地軽石)からなる。 ・軽石の形状は水平方向に引き延ばされている。			6
53.06	2.38			シルト混り砂		黄灰	2.38~3.39m ・黄灰色のシルト混り砂からなる。			7
52.96	2.48			粗粒火山灰		明褐	2.48~2.55mに明黄褐色の火山灰を挟む(Aテフラ)。			8
52.78	2.66			シルト混り砂		黄灰	2.66~2.76mに赤褐色の火山灰を挟む(Bテフラ)。			9
52.68	2.76			細粒火山灰		赤褐	3.39~5.00m ・灰色の砂からなる。			10
52.05	3.39			高位段丘堆積層 (H5)	シルト混り砂	黄灰				11
50.44	5.00				砂	灰				12

KP-4.2.3/2.3m (火)
KP-4.2.45/2.45m (鏡 X)
KP-4.2.52/2.52m (火)
KP-4.2.61/2.61m (鏡 X)
KP-4.2.74/2.74m (火)

実施内容:
マ: マイクロスコープ観察
火: 火山灰分析
鏡: 鏡下観察による構成粒子の定量
X: XRD分析

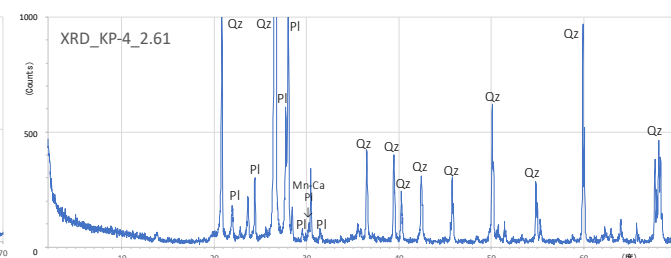
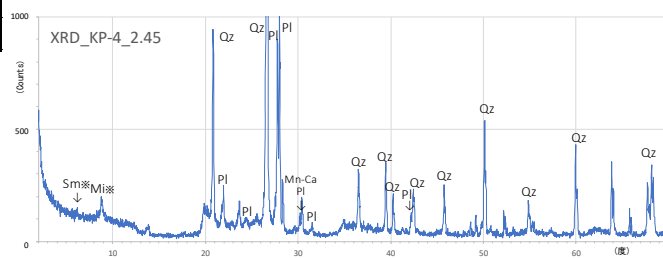
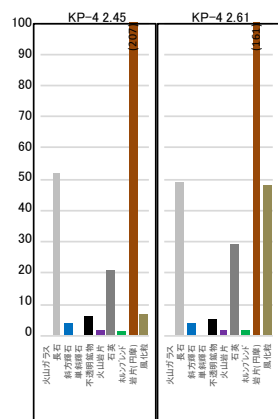
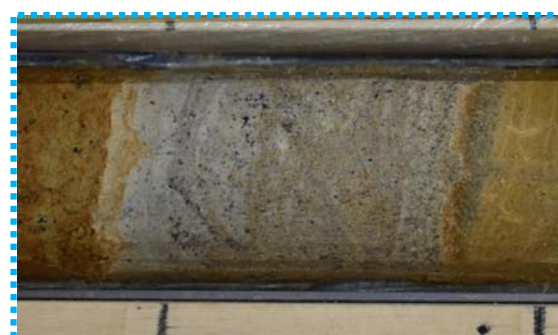
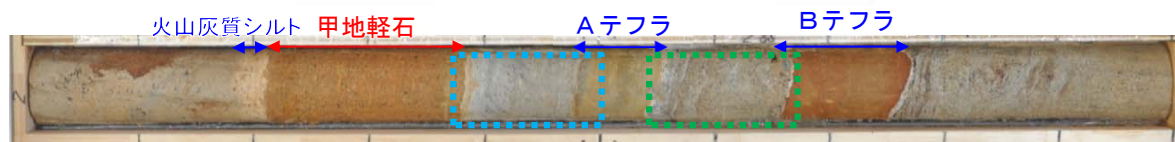
(参考12) 甲地軽石の分析結果

〔 KP-4孔の顕微鏡観察による構成粒子判定およびXRD分析結果 〕

- 顕微鏡観察によるKP-4孔深度2.45m及び2.61mにおける構成粒子の詳細観察の結果、いずれも円摩された岩片が多く、火山ガラスは含まれない。
- 顕微鏡観察結果及びXRD分析(不定方位)結果から、砂層に含まれる鉱物は石英と長石類を主体とする。
- 甲地軽石とAテフラ、AテフラとBテフラの間には堆積性の砂層が存在しており、これら降下火砕物は連続しない。

		(砂)	(砂)	
孔名		KP-4	KP-4	
採取深度 単位：m		2.45	2.61	
試料名称		KP-4_2.45	KP-4_2.61	
粒子構成 ／ 鉱物組合せ	甲地軽石に含まれる本質的(初生的な)な粒子	火山ガラス	0	0
		長石	52	49
		斜方輝石	4	4
		単斜輝石	0	0
		不透明鉱物	6	5
		新鮮で角ばった火山岩片	2	2
	甲地軽石の噴火に直接由来しない異質粒子	石英	21	29
		ホルンブレンド	1	2
		その他鉱物及び円摩された鉱物	0	0
		円摩された岩片	207	161
風化粒		7	48	
生物由来粒子	0	0		
合計		300	300	

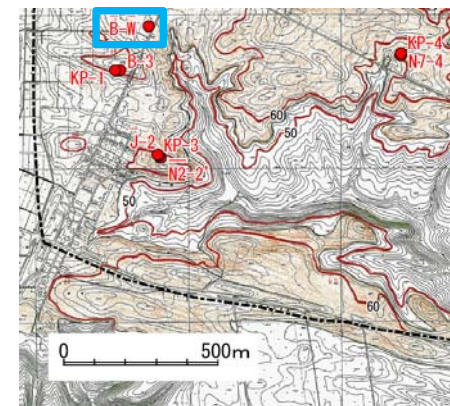
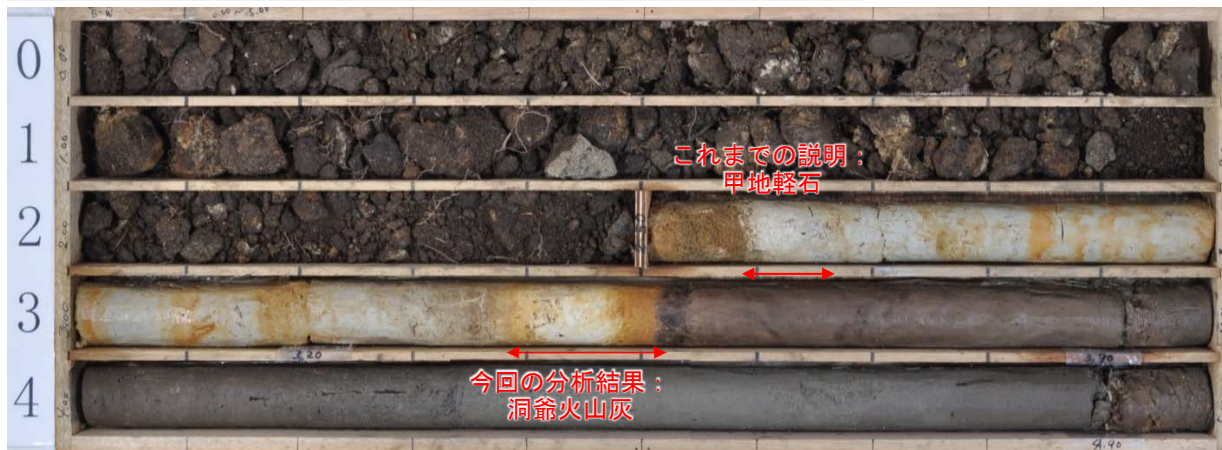
KP-4 (掘削深度：2.00～3.00m, 孔口標高：55.44m)



- Sm: スメクタイト(もしくは緑泥石)※
- Mi: 雲母類※
- Ha: ハロイサイト※
- Ch: 緑泥石(もしくはカオリナイト)※
- Ze: 沸石類
- Gyp: 石膏
- Gib: ギブサイト
- Cri: クリストバライト
- Qz: 石英
- Pl: 斜長石
- Ho: ホルンブレンド
- Pyx: 輝石
- Ca: 方解石
- Do: 苦灰石(ドロマイト)
- Ank: アンケライト
- Mn-Ca: マンガン方解石
- Py: 黄鉄鉱
- ※不定方位法のため粘土鉱物の一部は未確定

(参考12) 甲地軽石の分析結果 〔B-W孔のコア写真・コア観察結果〕

B-W (掘削深度: 0.00~5.00m, 孔口標高: 54.99m)



標高 m	深度 m	柱状 図	地質		色調	記事	最終 測定 孔内 水位	試料採取 試料名/ 採取深度	標高 m
			地層名	層相					
			盛土 (f1)	砂混り 腐植質 シルト	黒褐	0.00~2.50m (試掘) ・砂混り腐植質シルトからなる。砕石を含む。 2.50~2.60m ・褐色の軽石を含む砂からなる。 2.60~2.68m ・灰白色の風化した軽石からなる。 2.68~3.36m ・灰色のシルトからなる。一部褐色を呈する。 3.36~3.52m ・灰白~褐色の細粒火山灰からなる。 (洞爺火山灰) 3.52~8.63m ・腐植質シルトからなり、炭質物を含む。 ・3.52~3.76m 腐植質シルトからなる。 ・3.76~5.91m シルトからなる。	実施内容: マ: マイクロスコープ観察 火: 火山灰分析 鏡: 鏡下観察による 構成粒子の定量 X: XRD分析 B-W_2.55/2.55m (鏡, X) B-W_2.63/2.63m (火, 鏡, X) B-W_2.73/2.73m (鏡, X) B-W_2.82/2.82m (鏡, X) B-W_2.92/2.92m (鏡, X) B-W_3.05/3.05m (鏡, X) B-W_3.1/3.1m (鏡, X) B-W_3.15/3.15m (鏡, X) B-W_3.22/3.22m (鏡, X) B-W_3.28/3.28m (鏡, X) B-W_3.45/3.45m (鏡, X, 火) B-W_3.51/3.51m (鏡, X)		
52.49	2.50			軽石混り砂	褐				
52.39	2.60			軽石	灰白				
52.31	2.68			シルト	灰				
51.63	3.36		高位段丘堆積層 (H5)	細粒火山灰	灰白 黒褐				
51.47	3.52			腐植質シルト	黒褐				
51.23	3.76			シルト	褐灰				



- 深度2.60m~2.68m
: 灰白色の風化した軽石からなる。
- 深度2.68m ~3.36m
: 灰色のシルトからなる。一部褐色を呈する。
- 深度3.36m ~3.52m
: 灰白~褐色の細粒火山灰からなる。

(参考12) 甲地軽石の分析結果
〔B-W孔のコア写真・コア観察結果〕

B-W (掘削深度: 5.00~10.00m, 孔口標高: 54.99m)



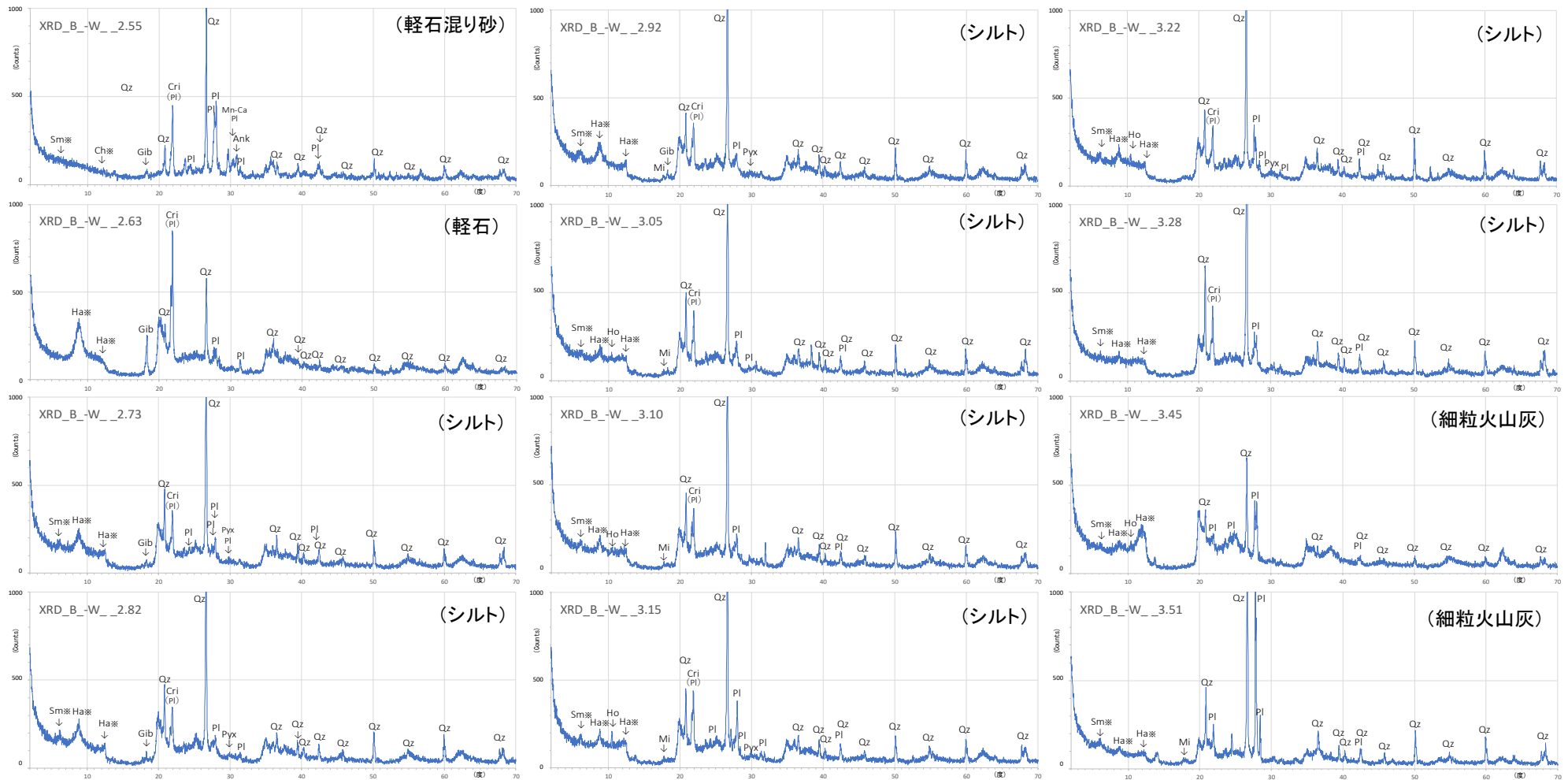
B-W (掘削深度: 10.00~15.00m, 孔口標高: 54.99m)



標尺 m	標高 E.L. +m	深度 G.L. -m	柱状 図	地質		色調	記事	最終 測定 孔内 水位	試料採取 試料名/ 採取深度	標尺 m	
				地層名	層相						
6	49.08	5.91	[Core diagram showing soil layers]	シルト	腐植質シルト	褐灰	3.76~8.63m ・腐植質シルトからなり、炭質物を含む。 ・3.76~5.91m シルトからなる。 ・5.91~6.31m 砂混り腐植質シルトからなる。 ・6.31~7.00m 砂質シルトからなる。 ・7.00~7.25m シルト混り砂からなる。 ・7.25~7.66m 腐植質シルトからなる。 ・7.66~8.63m 砂混り腐植質シルトからなる。	[Water level graph]		6	
	48.68	6.31		砂混り 腐植質シルト	黒褐	6					
7	47.99	7.00	[Core diagram showing soil layers]	砂質シルト		灰黄	8.63~10.28m ・シルト混り砂からなる。 ・粗粒~極粗粒砂を主体とし、径4mm程度(最大12mm)の細礫を含む。 ・塊状無層理である。	[Water level graph]		7	
	47.74	7.25		シルト混り砂	腐植質シルト	灰黄					7
	47.33	7.66		腐植質シルト	黒褐	7					
8	46.36	8.63	[Core diagram showing soil layers]	砂混り 腐植質シルト		黒褐		[Water level graph]		8	
				8							
9			[Core diagram showing soil layers]	シルト混り砂		灰白		[Water level graph]		9	
10			[Core diagram showing soil layers]					[Water level graph]		10	

標尺 m	標高 E.L. +m	深度 G.L. -m	柱状 図	地質		色調	記事	最終 測定 孔内 水位	試料採取 試料名/ 採取深度	標尺 m
				地層名	層相					
11	44.71	10.28	[Core diagram showing soil layers]	(H5)シルト混り砂		灰白	8.63~10.28m ・シルト混り砂からなる。 ・粗粒~極粗粒砂を主体とし、径4mm程度(最大12mm)の細礫を含む。 ・塊状無層理である。	[Water level graph]		11
	43.51	11.48		シルト混り砂		灰黄				
12	41.42	13.57	[Core diagram showing soil layers]	六ヶ所層 (R) 礫混り砂		黄褐	10.28~11.48m ・シルト混り砂からなる(六ヶ所層)。 ・中粒~粗粒砂を主体とし、径2mm程度の細礫を少量含む。 11.48~13.57m ・極粗粒砂を主体とし、径4mm程度(最大12mm)の亜角礫や軽石を含む。 13.57~15.00m ・細粒砂を主体とし、細粒砂サイズの軽石を多く含む。 ・13.94~14.55mに暗褐色の炭化物を挟む。	[Water level graph]		12
					12					
13	41.42	13.57	[Core diagram showing soil layers]	六ヶ所層 (R) 礫混り砂		黄褐		[Water level graph]		13
					13					
14	39.99	15.00	[Core diagram showing soil layers]	六ヶ所層 (R) 礫混り砂		灰黄		[Water level graph]		14
					14					
15			[Core diagram showing soil layers]					[Water level graph]		15

(参考12) 甲地軽石の分析結果 〔 $\bar{B}-\bar{W}$ 孔のXRD分析結果〕

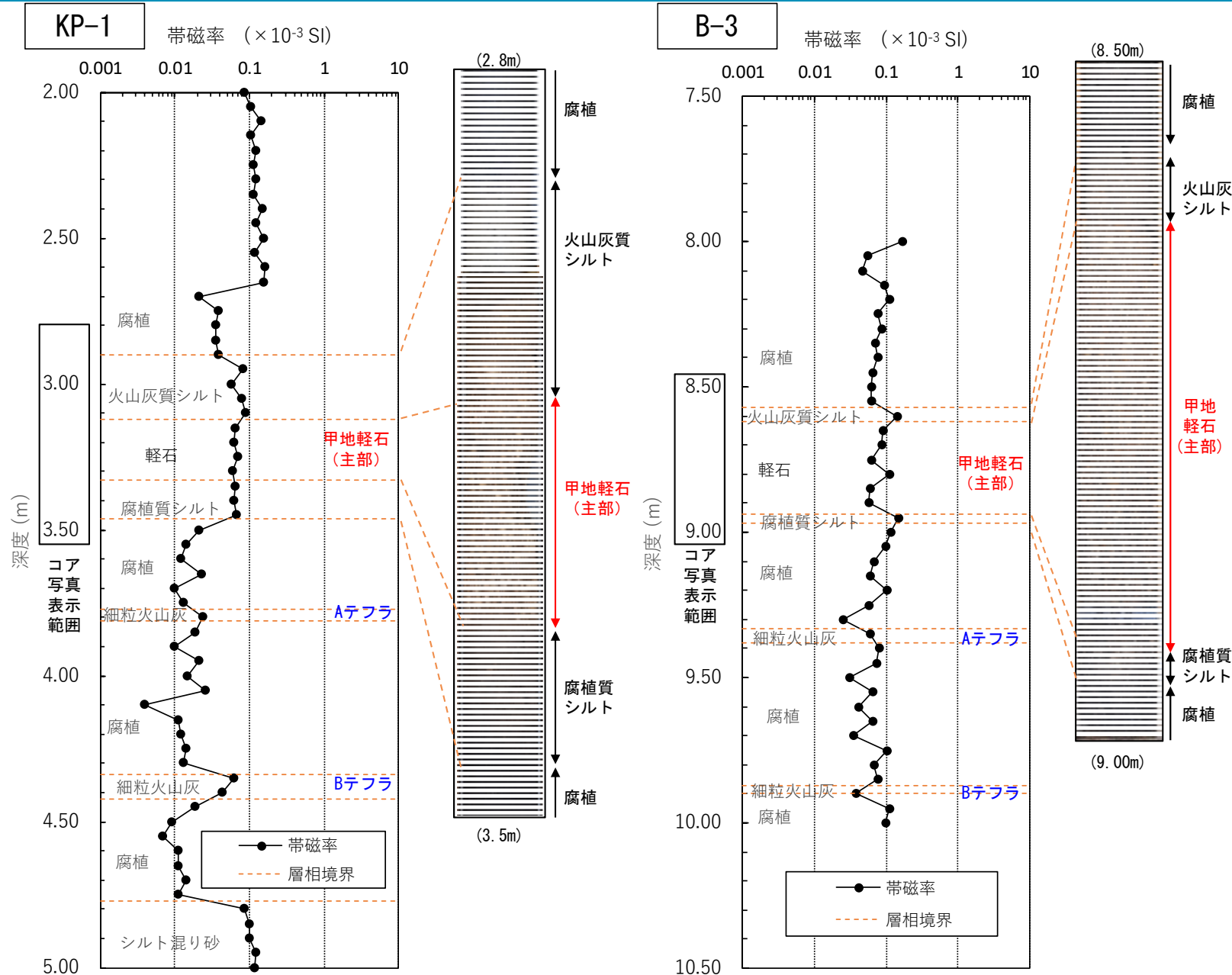


Sm: スメクタイト(もしくは緑泥石)※	Pl: 斜長石
Mi: 雲母類※	Ho: ホルンブレンド
Ha: ハロイサイト※	Pyx: 輝石
Ch: 緑泥石(もしくはカオリナイト)※	Ca: 方解石
Ze: 沸石類	Do: 苦灰石(ドロマイト)
Gyp: 石膏	Ank: アンケライト
Gib: ギブサイト	Mn-Ca: マンガン方解石
Cri: クリストバライト	Py: 黄鉄鉱
Qz: 石英	※不定方位法のため粘土鉱物の一部は未確定

- $\bar{B}-\bar{W}$ 孔における軽石層とその上下層において、各層全体(採取試料未洗浄)での構成鉱物の傾向を把握する目的でXRD分析(不定方位)を実施した。
- 鉱物組み合わせについて、軽石層とその上下層全体を通して斜長石のほか石英・クリストバライトの含有が認められる。
- 深度2.63m(軽石層)と深度3.45m(細粒火山灰層)では、相対的に石英の含有量が少ない。

(参考12) 甲地軽石の分析結果 〔帯磁率測定結果(KP-1孔, B-3孔)〕

R1.10.25
資料1
p326 再掲



➤ 帯磁率測定仕様
5cm間隔

KP-1孔

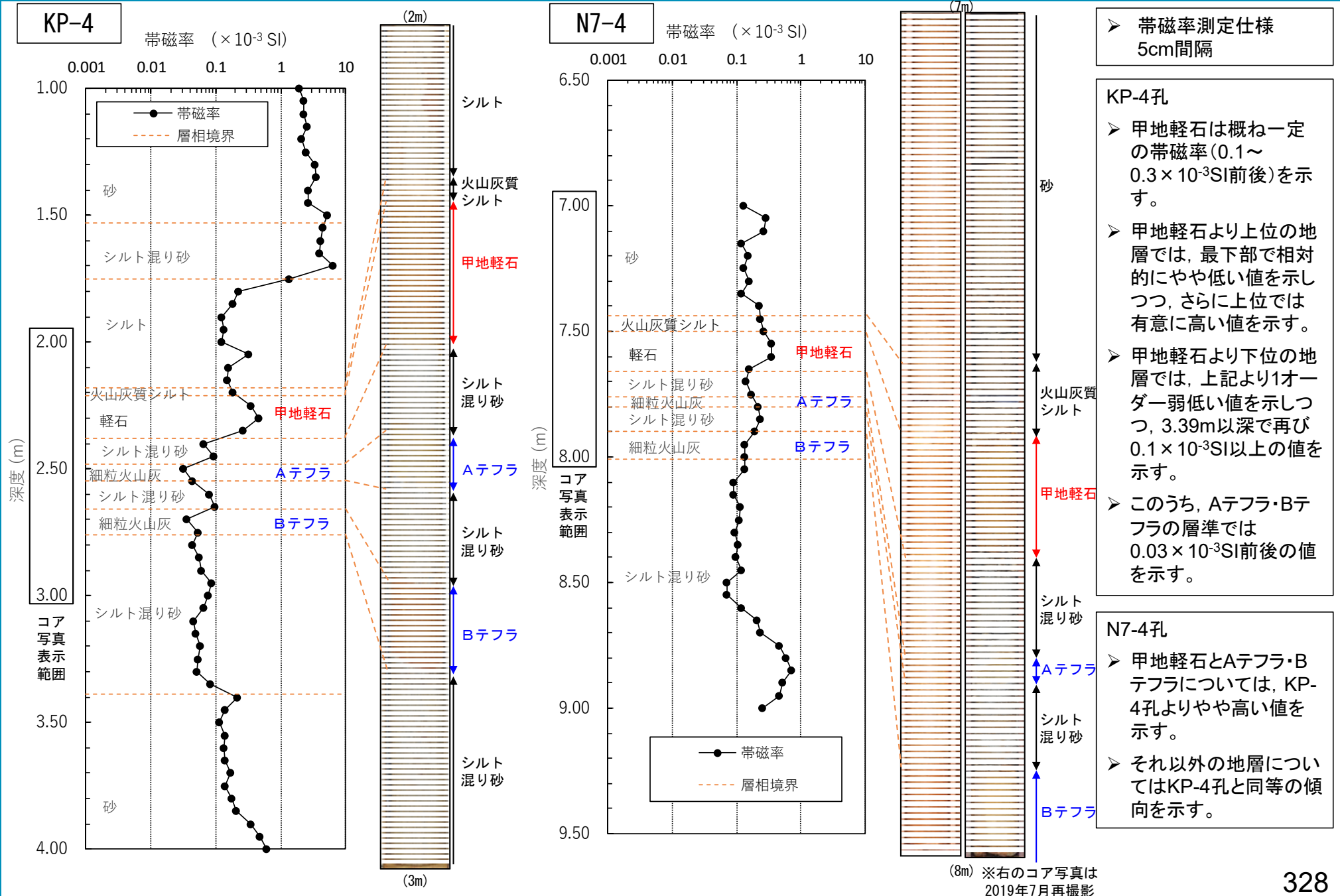
- 甲地軽石(主部)は、その上位の火山灰質シルト及び下位の腐植質シルトを含めて概ね一定の値(0.08×10^{-3} SI前後)を示す。
- さらに上位の腐植については、最下部で甲地軽石よりやや低い値を示しつつ、さらに上位ではわずかに高い値を示す。
- さらに下位の腐植では、上記より1オーダー弱低い値を示しつつ、4.77m以深で再び 0.08×10^{-3} SI前後の値を示す。
- このうち、Bテフラの層準では甲地軽石と同等の値を示す。

B-3孔

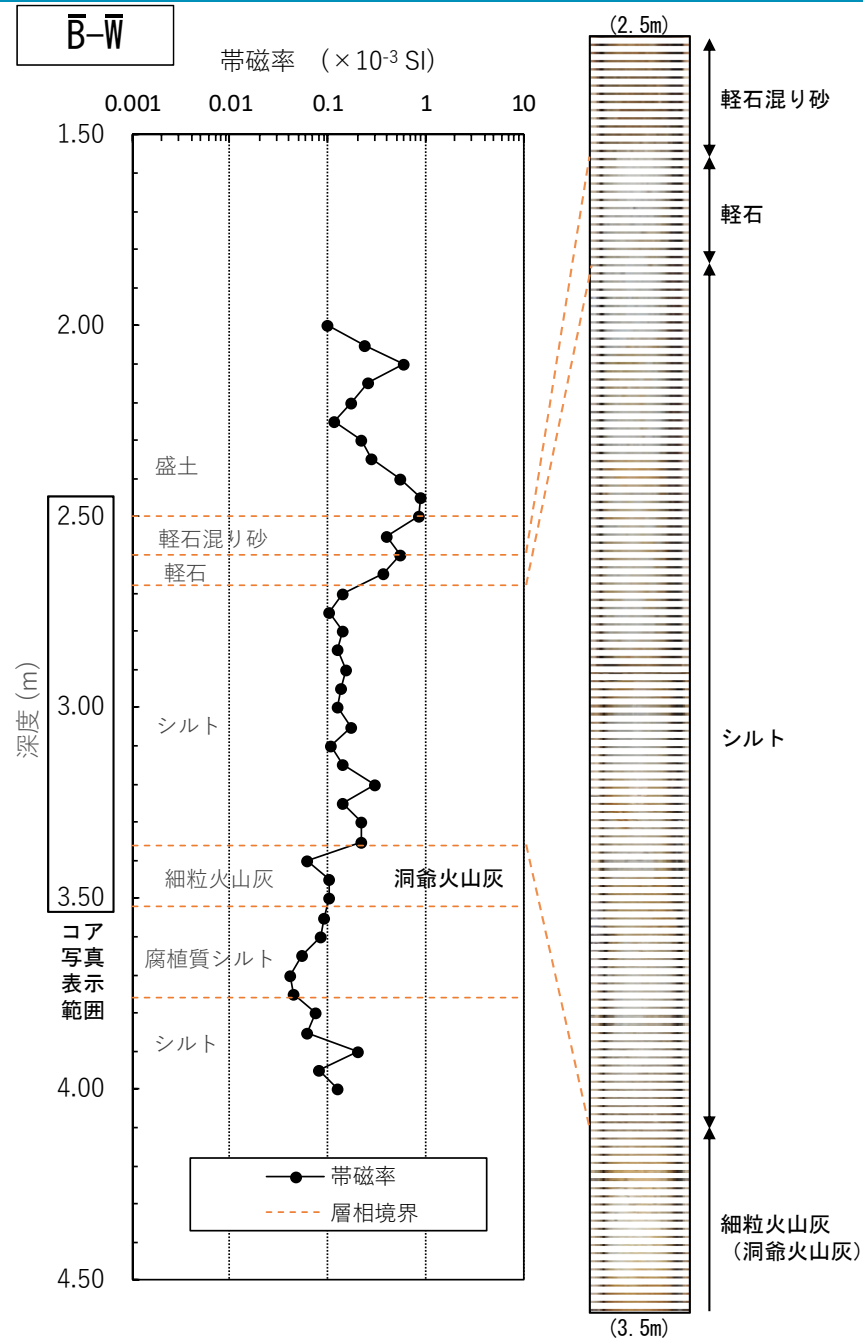
- 全体として明瞭な差異は認められないものの、甲地軽石(主部)と、その上位の火山灰質シルト及び下位の腐植質シルトの帯磁率は、KP-1孔と同等の値を示す。

(参考12) 甲地軽石の分析結果 〔帯磁率測定結果(KP-4孔, N7-4孔)〕

R1.10.25
資料1
p327 再掲



(参考12) 甲地軽石の分析結果 〔帯磁率測定結果(̄B-̄W孔)〕



➤ 帯磁率測定仕様
5cm間隔

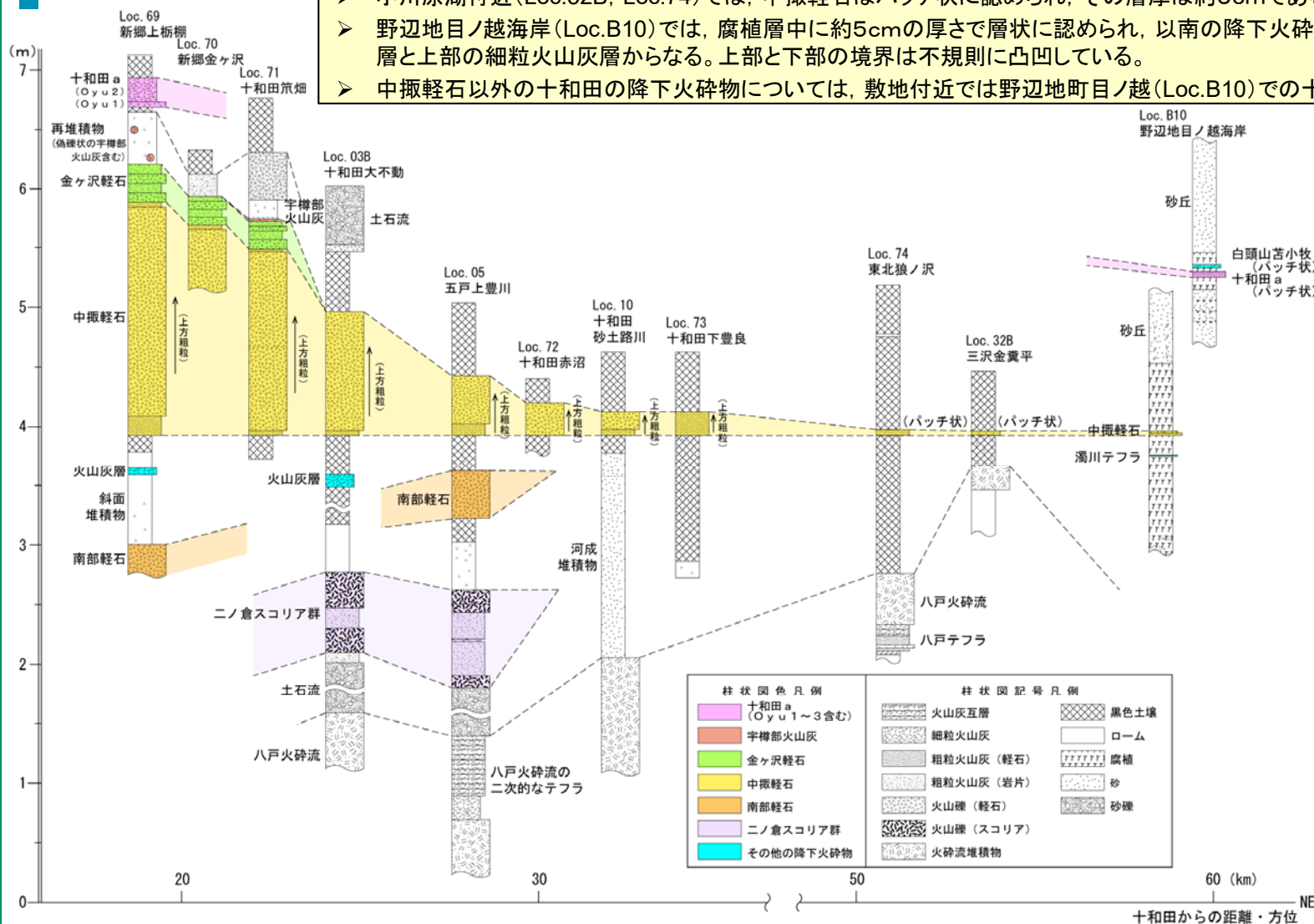
̄B-̄W孔

➤ 2.50~2.60mの軽石混り砂及び2.60~2.68mの軽石は、これより下位層に比べ、帯磁率が高い。

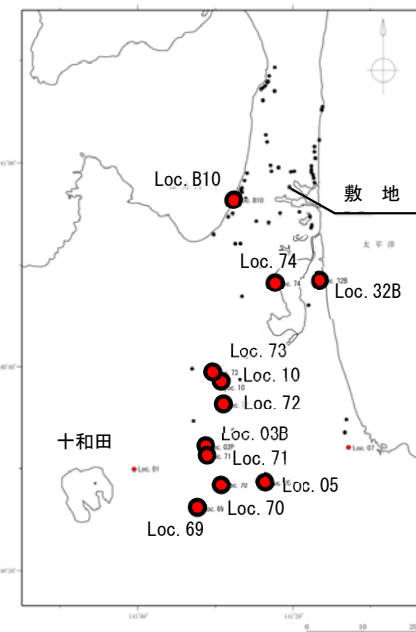
➤ 細粒火山灰(洞爺火山灰)以深では、上位のシルト等に比べてわずかに帯磁率が下がる。

(参考13) 十和田中掬テフラの火山から敷地にかけての堆積状況 〔十和田の後カルデラ期の降下火砕物に着目した調査〕

- 文献調査の結果、敷地における層厚が最も大きく、十和田の後カルデラ期の降下火砕物で最も噴出量が多い、十和田中掬軽石を対象に地質調査を実施した。
- 中掬軽石は、十和田から敷地に向かう北東方向に層厚を減じながら連続的に分布している。
- 層相は、軽石主体の火山礫層であり、上方ほど粗粒な軽石を多く含む特徴をもつ。
- 小川原湖付近 (Loc.32B, Loc.74) では、中掬軽石はパッチ状に認められ、その層厚は約5cmである。
- 野辺地目ノ越海岸 (Loc.B10) では、腐植層中に約5cmの厚さで層状に認められ、以南の降下火砕物の特徴とは異なり、下部の粗粒火山灰層と上部の細粒火山灰層からなる。上部と下部の境界は不規則に凸凹している。
- 中掬軽石以外の十和田の降下火砕物については、敷地付近では野辺地町目ノ越 (Loc.B10) での十和田a約5cm以下ののみが確認できる。

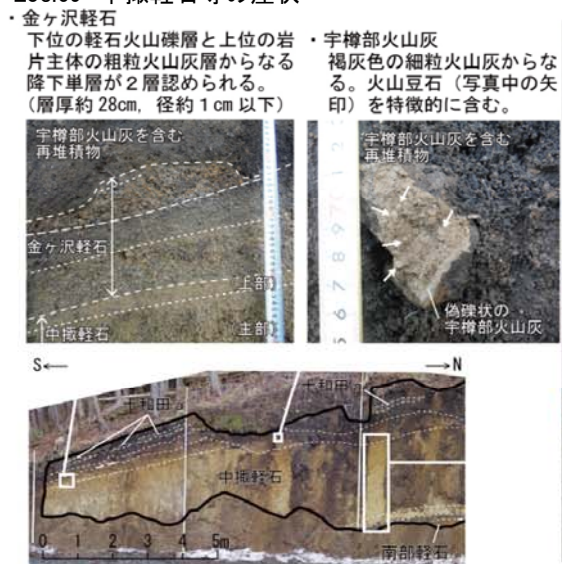


柱状図色凡例		柱状図記号凡例	
十和田 a (Oyu1~3含む)	宇樽部火山灰	火山灰互層	黒色土壌
金ヶ沢軽石	中掬軽石	細粒火山灰	ローム
南部軽石	二ノ倉スコリア群	粗粒火山灰 (軽石)	腐植
その他の降下火砕物	土石流	粗粒火山灰 (岩片)	砂
	八戸火砕流	火山礫 (軽石)	砂礫
	八戸火砕流の二次的なテフラ	火山礫 (スコリア)	
		火砕流堆積物	



(参考13) 十和田中掬テフラの火山から敷地にかけての堆積状況 〔十和田中掬テフラの火山灰分析結果〕

Loc.69 中掬軽石等の産状

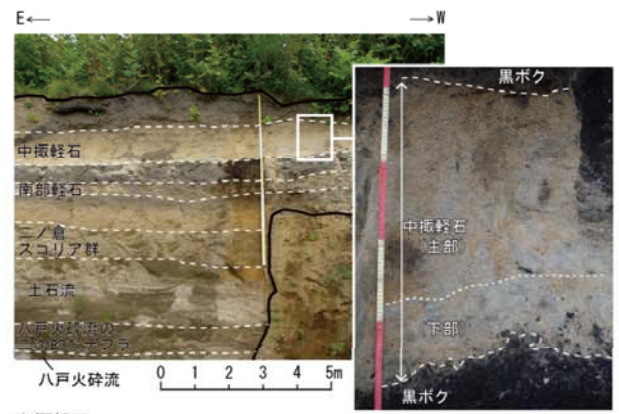


・金ヶ沢軽石
下位の軽石火山礫層と上位の岩片主体の粗粒火山灰層からなる降下単層が2層認められる。(層厚約28cm, 径約1cm以下)

・宇樽部火山灰
褐色の細粒火山灰からなる。火山豆石(写真中の矢印)を特徴的に含む。

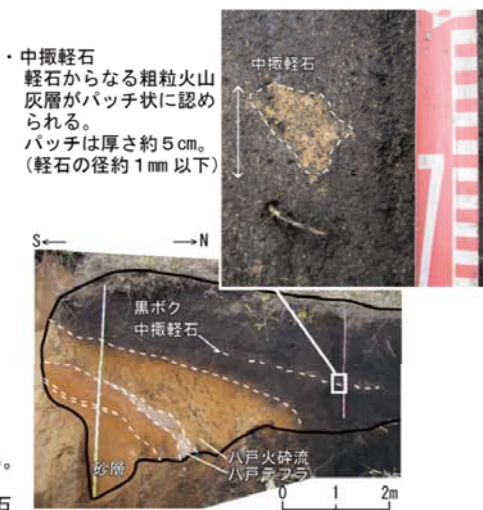
・中掬軽石
下部の結晶質粗粒火山灰層と主部の軽石からなる火山礫層, 上部の軽石質粗粒火山灰層が認められる。主部は上方ほど粗粒な軽石を多く含む特徴をもつ。軽石の径は約6cm以下。層厚は約195cm程度である。黒ボクに狭在する。

Loc.05 中掬軽石の産状



・中掬軽石
下部の結晶質粗粒火山灰層と主部の軽石からなる火山礫層が認められる。主部は上方ほど粗粒な軽石を多く含む特徴をもつ(径約1cm以下)。層厚は60cm程度である。黒ボクに狭在する。宇樽部火山灰、金ヶ沢軽石は認められない。

Loc.74 中掬軽石の産状

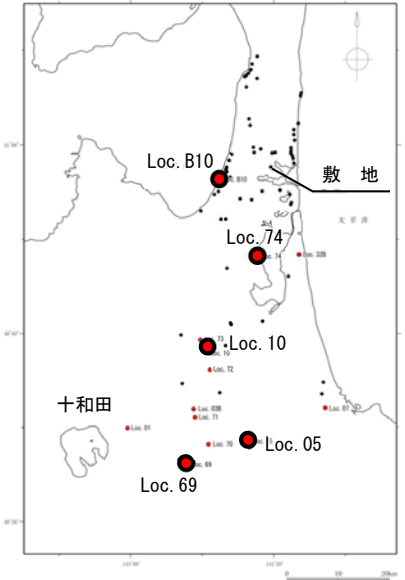


・中掬軽石
軽石からなる粗粒火山灰層がバッチ状に認められる。バッチは厚さ約5cm。(軽石の径約1mm以下)

火山灰分析結果

地質調査結果・分析試料		顕微鏡観察結果		屈折率測定結果						
柱状図/ユニット等		含有鉱物等の特徴		火山ガラス (nd)			斜方輝石 (γ)			
				1.500	1.510	1.520	1.530	1.700	1.710	1.720
Loc. 74 東北狼ノ沢	(バッチ状)	【火山ガラス】 軽石型>パブルウォール型	【有色鉱物】 斜方輝石>単斜輝石 (ホルンブレンド含む)							
Loc. 10 十和田砂土路川	主部	【火山ガラス】 軽石型	【有色鉱物】 斜方輝石>単斜輝石							
Loc. 05 五戸上豊川	主部	【火山ガラス】 軽石型>パブルウォール型	【有色鉱物】 斜方輝石>単斜輝石 燧灰石含む							
模式地										
Loc. 69 新郷上柵棚	上部	【火山ガラス】 軽石型>パブルウォール型	【有色鉱物】 斜方輝石>単斜輝石 燧灰石含む							
	主部	軽石型	斜方輝石>単斜輝石 燧灰石含む (石英少量含む)							
	下部	軽石型>パブルウォール型	斜方輝石>単斜輝石 燧灰石含む (石英含む)							
文献										
町田・新井 (2011)	十和田中掬	【火山ガラス】 軽石型	斜方輝石>単斜輝石							

※① 二次的なものと判断される

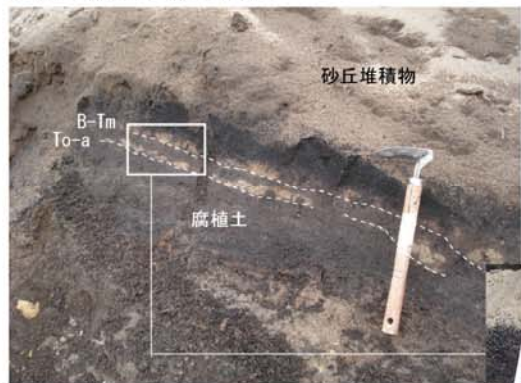


- 層序及び層相から対比した中掬軽石を火山灰分析により確認した。十和田近傍と火山ガラス及び斜方輝石の屈折率が概ね一致することから、中掬軽石と判断した。
- 敷地に近い地点では屈折率の幅が広くなり、ホルンブレンドを含む。給源から離れ層厚が薄くなるに従い、周囲の地層(主に黒ボク)からの二次的な混入が多くなるためであると考えられる。

(参考13) 十和田中掇テフラの火山から敷地にかけての堆積状況 〔敷地に最も近い位置で十和田中掇テフラを確認した目ノ越海岸の露頭〕

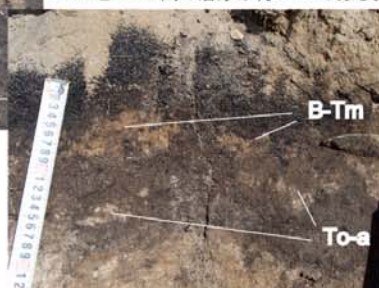
Loc.B10

B-Tm 及び To-a の産状



B-Tm 及び To-a はともにパッチ状を呈し、腐植土中において、それらが混在する産状を示す。
B-Tm と To-a 間の層厚は約3cmである。

- ・白頭山苦小牧テフラ (B-Tm): 層厚約3cmでパッチ状を呈する。細粒火山灰(径約1mm以下)からなる。
- ・十和田aテフラ (To-a): 層厚約1cm～約5cmでパッチ状を呈する。径約2mm以下の軽石からなる。

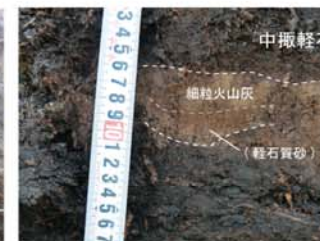


Loc.B10

To-Cu と Ng の産状



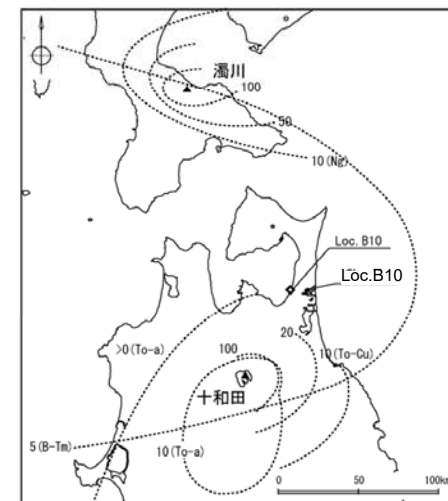
- ・中掇軽石: 層厚約5cmの細粒火山灰(径約1mm以下)からなる。基底部に軽石質砂(層厚約2cm, 径約2mm以下)を伴う。
- ・濁川テフラ (Ng): 層厚約5mm～約1cmの径約0.5mm～約1mmの軽石からなる



To-Cu と Ng はともに明瞭で連続性の良い地層を形成する。

火山灰分析結果

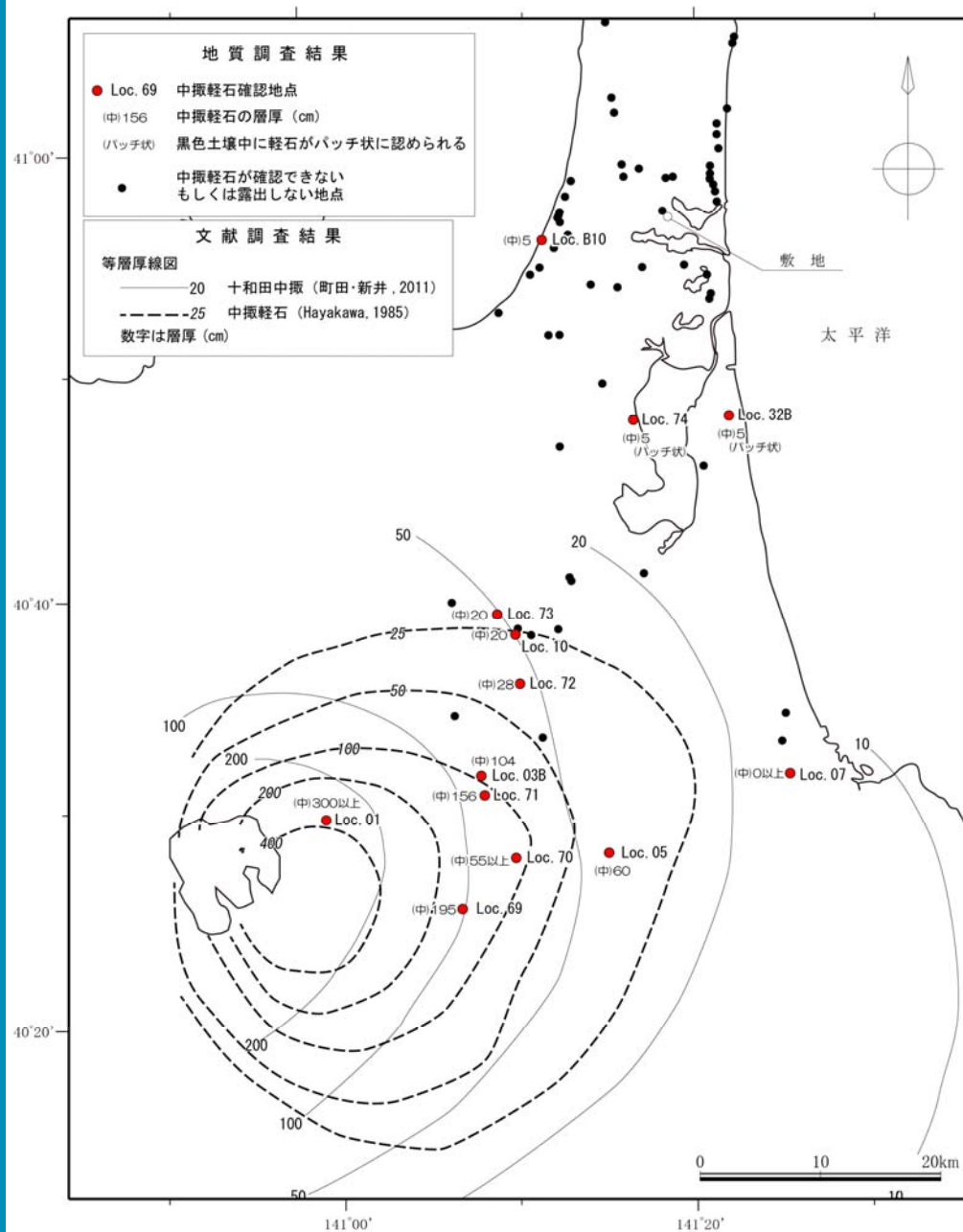
地域	対比テフラ (堆積物)	鉱物組合せ	火山ガラスの屈折率			
			1.500	1.510	1.520	1.530
B10 野辺地 目ノ越海岸	白頭山苦小牧テフラ (B-Tm) (細粒火山灰) ※To-aの混入あり	【火山ガラス】軽石型>バブルウォール型 【有色鉱物】斜方輝石>単斜輝石>ホルンブレンド	■	■	■	■
	十和田aテフラ (To-a) (細粒軽石) ※B-Tmの混入あり	【火山ガラス】軽石型>バブルウォール型 【有色鉱物】斜方輝石>単斜輝石>ホルンブレンド	■	■	■	■
	中掇軽石 (細粒火山灰: 軽石質砂伴う)	【火山ガラス】軽石型>バブルウォール型 【有色鉱物】斜方輝石>単斜輝石	■	■	■	■
	濁川テフラ (Ng) (細粒軽石)	【火山ガラス】(微細で不明) 【有色鉱物】ホルンブレンド>単斜輝石, 燧灰石, 黒雲母	■	■	■	■
敷地周辺に分布すると 考えられる完新世テフラ (町田・新井, 2011より)	白頭山苦小牧 (B-Tm)	【火山ガラス】軽石型>バブルウォール型 【有色鉱物】単斜輝石 ※アルカリ長石含む	■	■	■	■
	十和田a (To-a)	【火山ガラス】軽石型>バブルウォール型 【有色鉱物】斜方輝石>単斜輝石 ※黒曜石含む	■	■	■	■
	十和田中掇 (To-Cu)	【火山ガラス】軽石型 【有色鉱物】斜方輝石>単斜輝石	■	■	■	■
	濁川 (Ng)	【火山ガラス】軽石型 【有色鉱物】ホルンブレンド>斜方輝石	■	■	■	■



本露頭で確認される降下火砕物の等層厚線図 (単位はcm)
町田・新井(2011)をもとに当社が作成

敷地に最も近い位置で中掇軽石を確認した目ノ越海岸では、中掇軽石の他に、十和田aテフラ及び白頭山苦小牧テフラが認められるが、中掇軽石が最も厚く、層厚は約5cm、粒径は約2mm以下である。

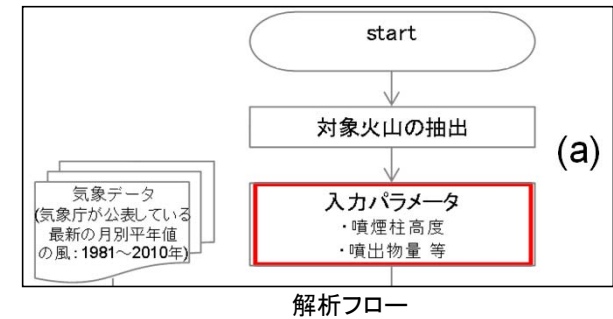
(参考13) 十和田中掬テフラの火山から敷地にかけての堆積状況 〔十和田中掬テフラの分布に着目した調査〕



中掬軽石について、十和田から敷地の北東方向に地質調査を実施した結果、町田・新井(2011)及びHayakawa(1985)が示す等層厚線と概ね一致する結果を得た。

(参考14) 十和田中掬テフラの降灰シミュレーション 〔入力パラメータ〕

R1.10.25
資料1
p334 再掲



想定噴火規模	パラメータ	単位	値	設定根拠等	
十和田中掬 (To-Cu)	噴出物量	kg	4.01×10^{12}	Hayakawa(1985) のTo-Cuの見かけの噴出量: 6.68 km^3 , 堆積物密度: 600 kg/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 (VEI:5) の一般値 (Newhall and Self, 1982による)に基づいて設定	
	噴煙柱分割高さ	m	125	萬年(2013)より設定	
	粒径	最大	mm	1.02×10^3	Tephra2推奨値
		最小	mm	9.77×10^{-4}	Tephra2推奨値
		平均	mm	4.42×10^{-2}	同規模の噴火 (Mt. St.Helens 1980年噴火: VEI=5) の事例に基づいて設定
		標準偏差	mm	1.25×10^{-1}	同規模の噴火 (Mt. St.Helens 1980年噴火: VEI=5) の事例に基づいて設定
	岩片密度	t/m ³	2.6	Tephra2推奨値	
	軽石粒子密度	t/m ³	1.0	Tephra2推奨値	
	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	
	Fall Time Threshold	s	3600	萬年(2013)より設定	
給源	X座標 (UTM:54N)	m	491,603	十和田湖 (中湖の中心付近) のUTM座標	
	Y座標 (UTM:54N)	m	4,477,037		
	標高	m	400	十和田湖 (中湖の中心付近) の湖面標高	

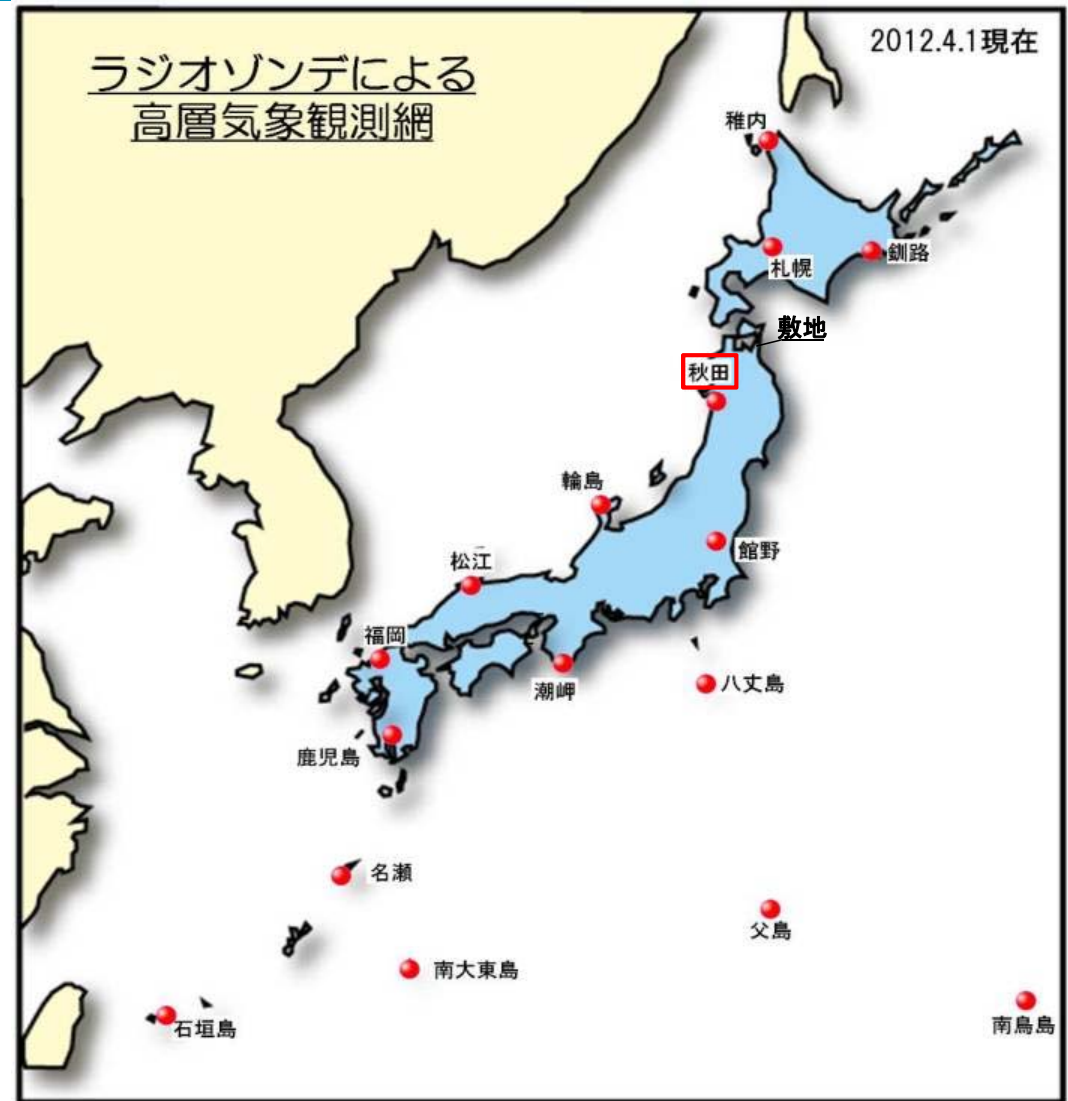
(参考14) 十和田中掇テフラの降灰シミュレーション 〔気象データ〕

- 気象庁では、1日2回(9時, 21時)ラジオゾンデを用いて、地上から高度約30km間での大気の状態を観測している。
- 敷地に最も近い秋田地方気象台の観測記録をシミュレーション解析に用いた。

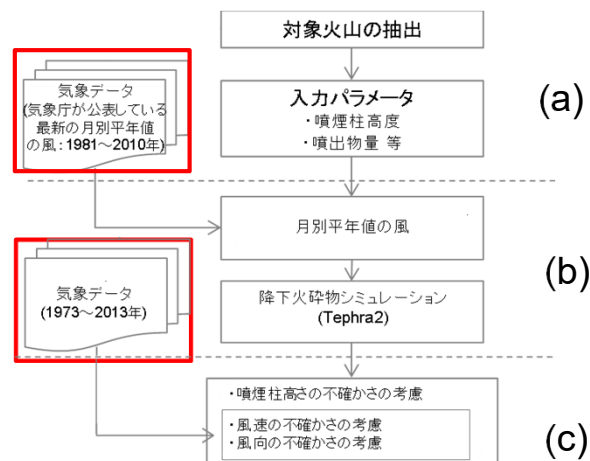
使用する気象データ

- ・ 月別平年値による解析及び噴煙柱高さの不確かさの検討には、気象庁による1981~2010年の平年値を用いた。
 - ・ 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※(1973~2013年)により検討を行った。
- ※ワイオミング大学のDepartment of Atmospheric ScienceのHPより秋田地方気象台の高層気象観測データをダウンロード(2014年1月24日)。その際、1973年~2013年までの観測記録を月ごとにダウンロードし、記録されている9時・21時の全日時の風データを用いた。

ワイオミング大学HP (<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>)



ラジオゾンデによる高層気象観測実施官署(気象庁HPより当社が作成)

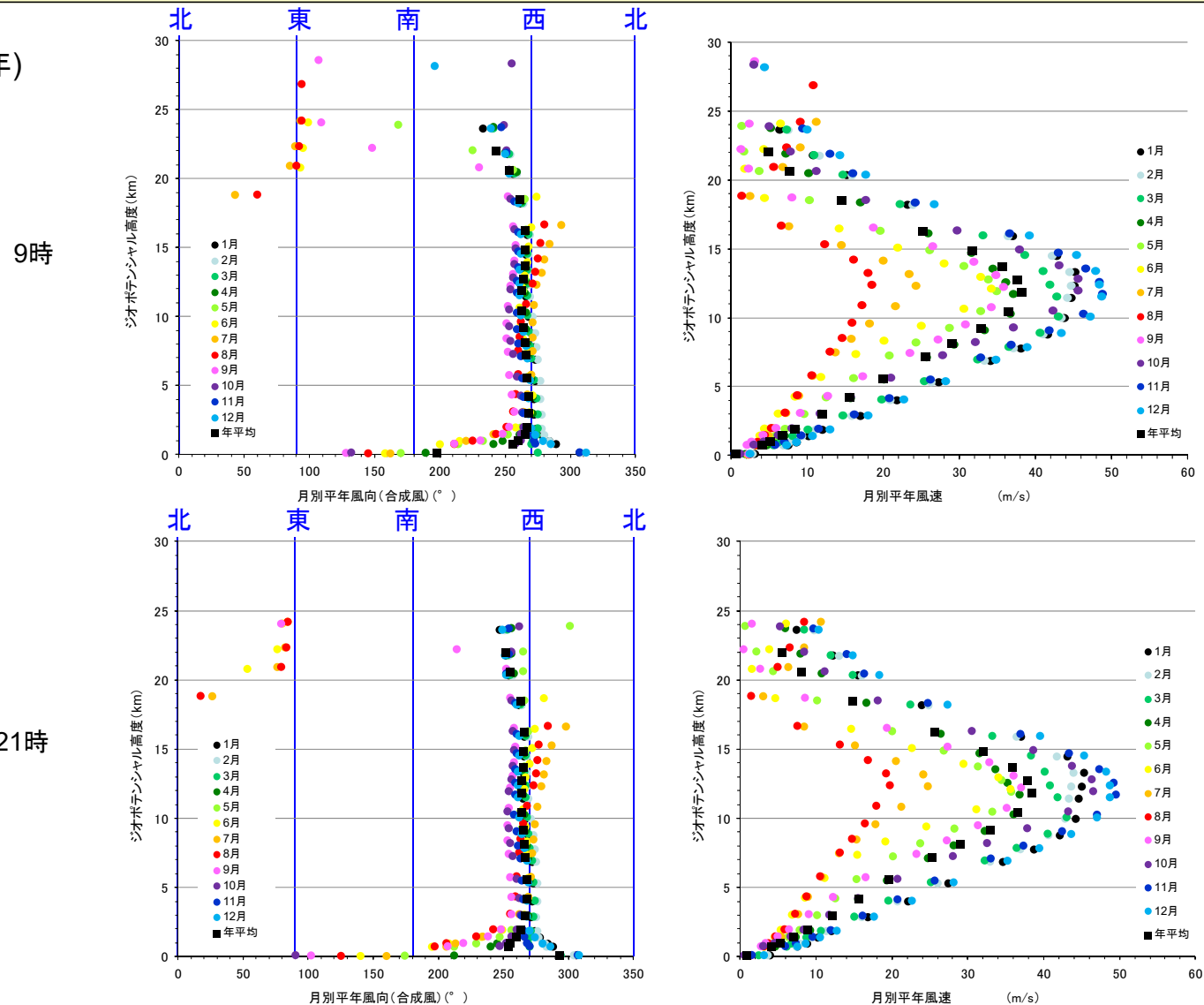


解析フロー

(参考14) 十和田中掬テフラの降灰シミュレーション 〔月別平年値の特徴〕

- 季節的な偏西風の変動の影響を考慮し、気象庁による高層気象観測データの月別平年値(1981~2010年の風向・風速)を用いた。
- 風向は、各月とも2km~18kmでは西風が卓越する。18km以上では、月によるばらつきがあり、6月~9月では東風が卓越する。
- 風速は、ジェット気流の影響で各月とも高度12km付近が最も大きい。また夏季に小さく、冬季に大きい傾向があり、8月が最も小さい。

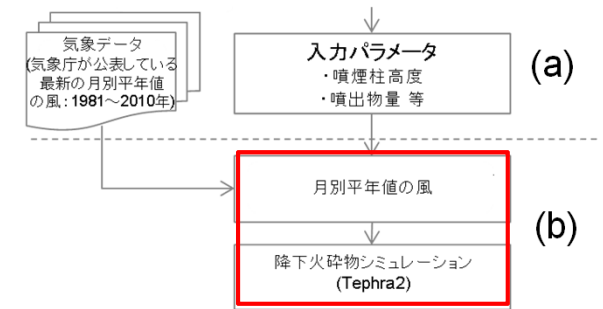
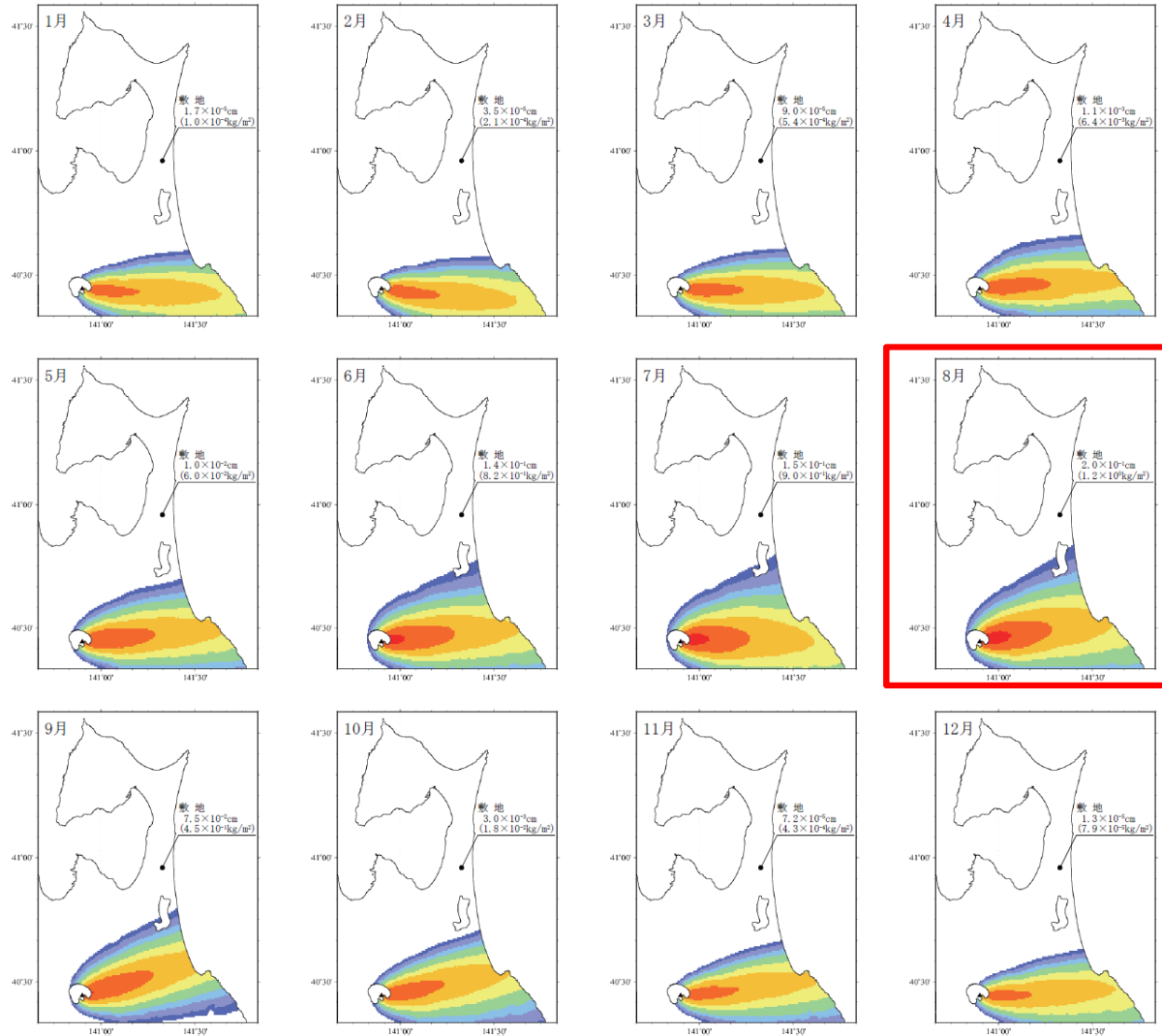
月別平年値
(1981~2010年)



気象庁
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrm/upper/>による。

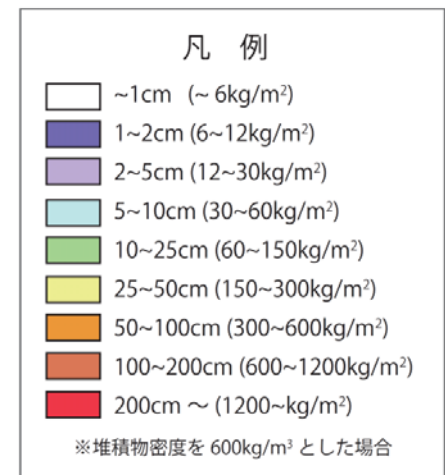
(参考14) 十和田中掬テフラの降灰シミュレーション 〔月別平年値:9時〕

- 十和田中掬テフラ相当の噴火について月別平年値の風を用いた降下火砕物シミュレーションの結果(9時)を示す。
- 風向がほぼ真西で安定する10月～4月には火山灰の堆積方向が敷地より南方を向き、敷地における火山灰厚さは、ほぼ0cm～0.003cmと評価。
- 敷地における火山灰厚さはジェット気流が弱まる5月～9月に厚くなる傾向があり、最大となる8月の火山灰厚さは0.20cmと評価。



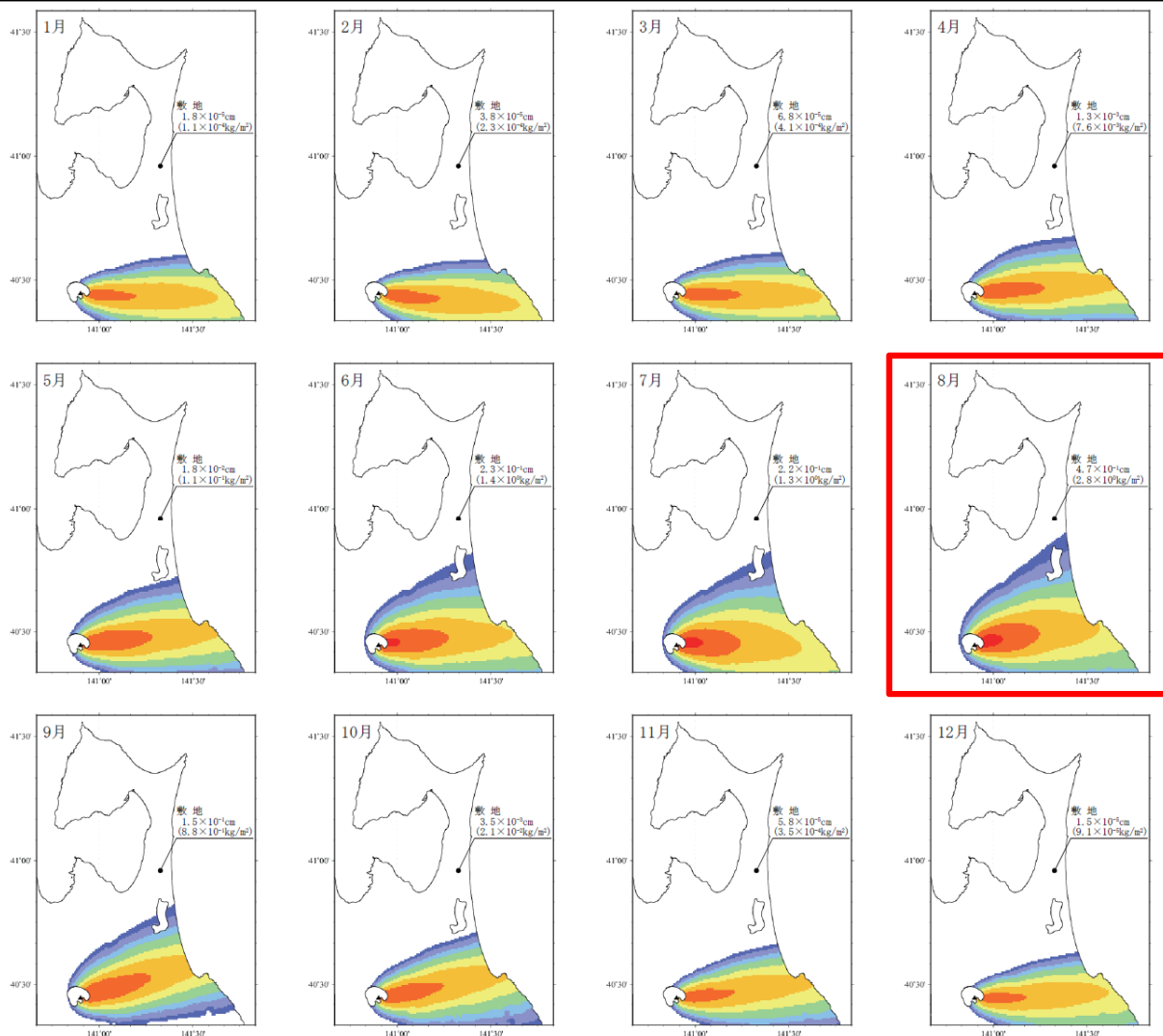
解析フロー

風条件: 月別平年値(9時)
(1981～2010年)

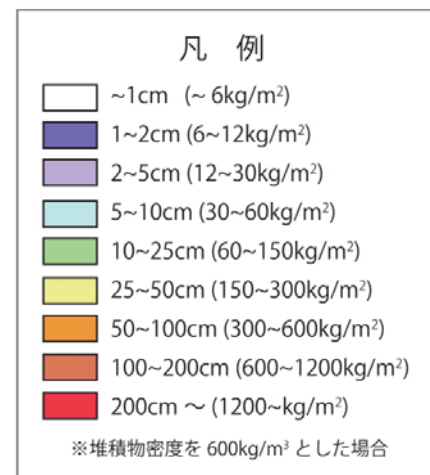


(参考14) 十和田中掬テフラの降灰シミュレーション 〔月別平年値:21時〕

- 十和田中掬テフラ相当の噴火について月別平年値の風を用いた降下火砕物シミュレーションの結果(21時)を示す。
- 風向がほぼ真西で安定する10月～4月には火山灰の堆積方向が敷地より南方を向き、敷地における火山灰厚さは、ほぼ0cm～0.0035cmと評価。
- 敷地における火山灰厚さはジェット気流が弱まる5月～9月に厚くなる傾向があり、最大となる8月の堆積層厚は0.47cmと評価。



風条件: 月別平年値(21時)
(1981～2010年)

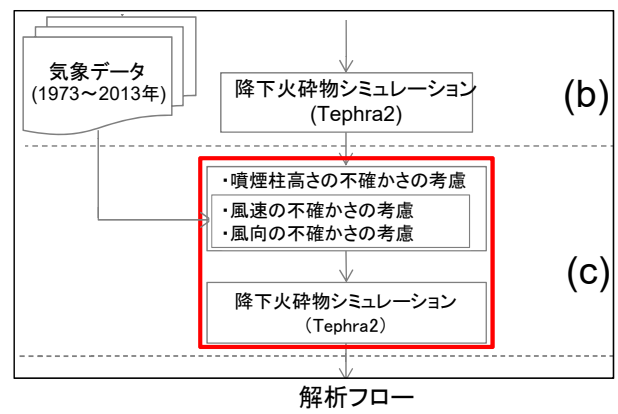
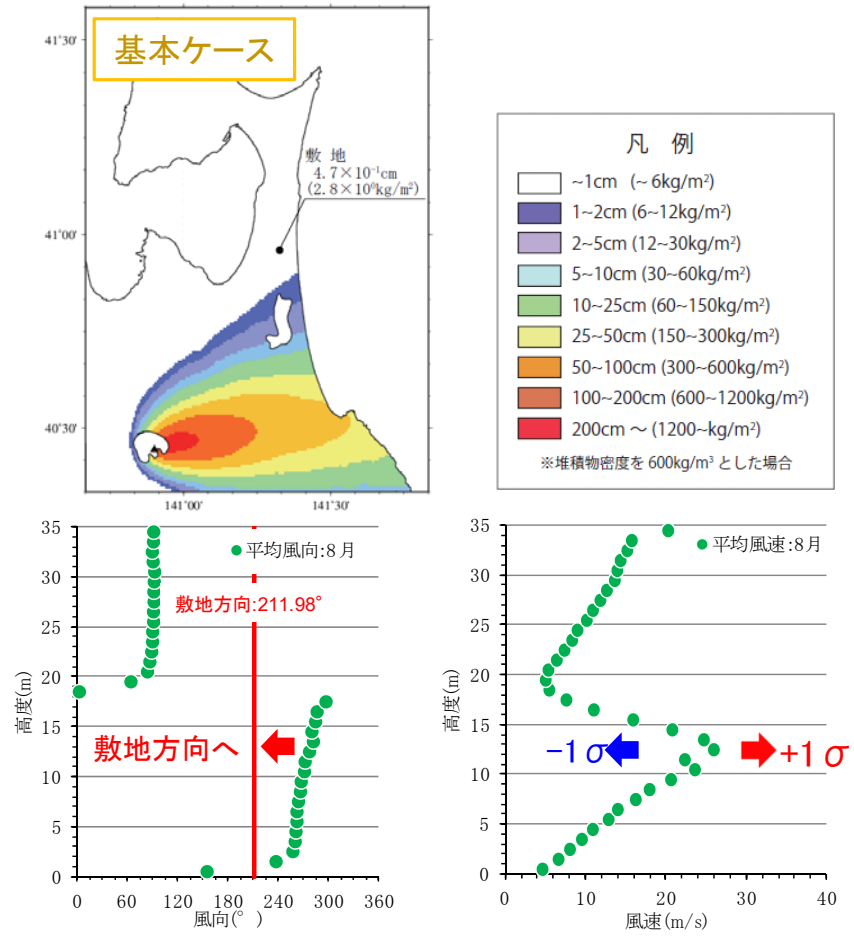


(参考14) 十和田中掬テフラの降灰シミュレーション 〔不確かさの検討〕

- 敷地における火山灰厚さが最大の0.47cmとなる8月(21時)の平年値の風(1981~2010年)を用いて、噴煙柱高さの不確かさによる火山灰厚さへの影響について検討する。
- 加えて、8月(21時)の平年値の風の解析を基本ケースとし、風向・風速の不確かさによる影響をより長い期間(1973~2013年)の気象データを用いて検討する。

基本ケース

8月(21時)の平年値の風(1981~2010年), 噴煙柱高さ25km



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

不確かさ<噴煙柱高さ>
噴煙柱高さ±5km

※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:1973~2013年〕

不確かさ<風速>
風速±1σ

不確かさ<風向>
敷地方向の風

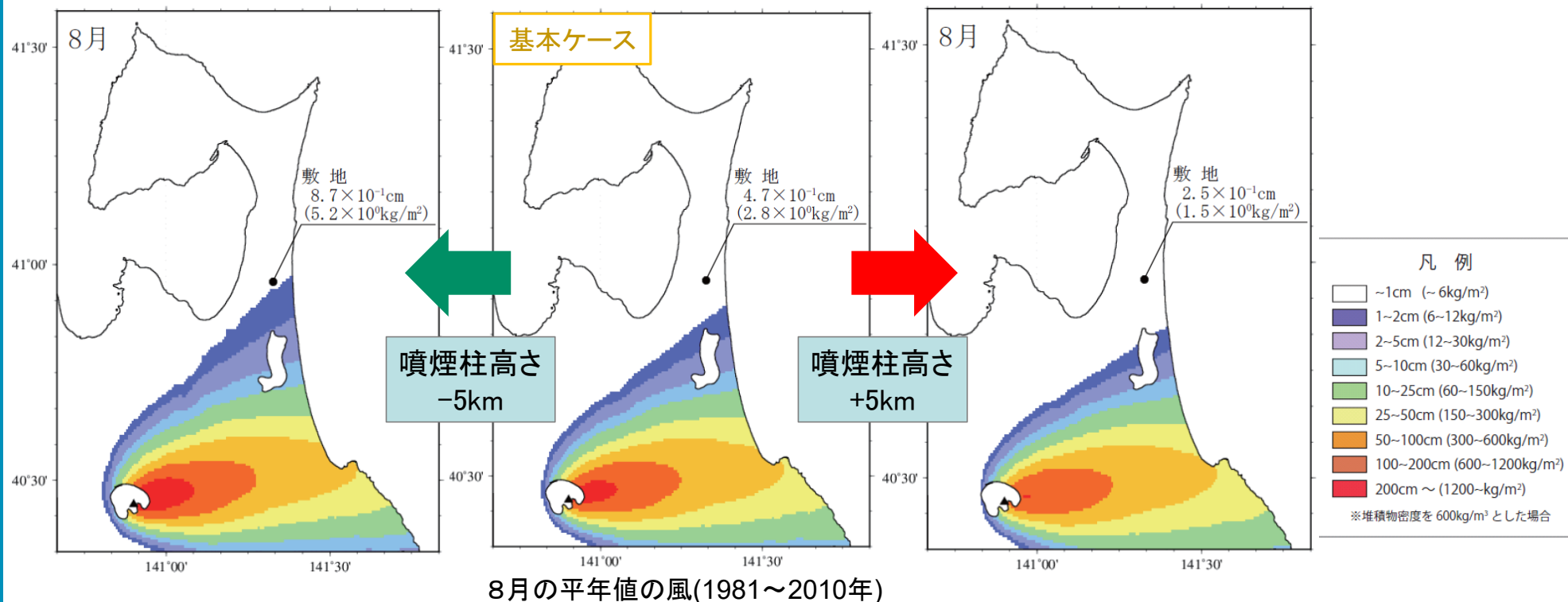
(参考14) 十和田中掬テフラの降灰シミュレーション 〔不確かさの検討<噴煙柱高さ>〕

噴煙柱高さ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の火山灰厚さが厚くなるものの、最大でも0.87cm。

※一般に、VEI5(1~10km³)の噴火における噴煙柱高さは25km以上とされており(町田・新井, 2011), 十和田中掬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さを25kmとしている。

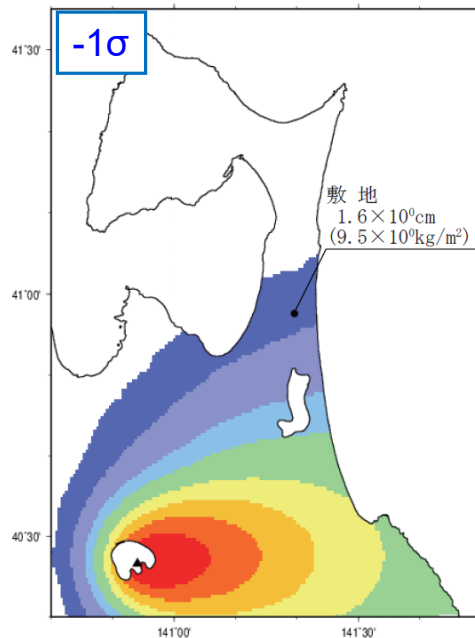
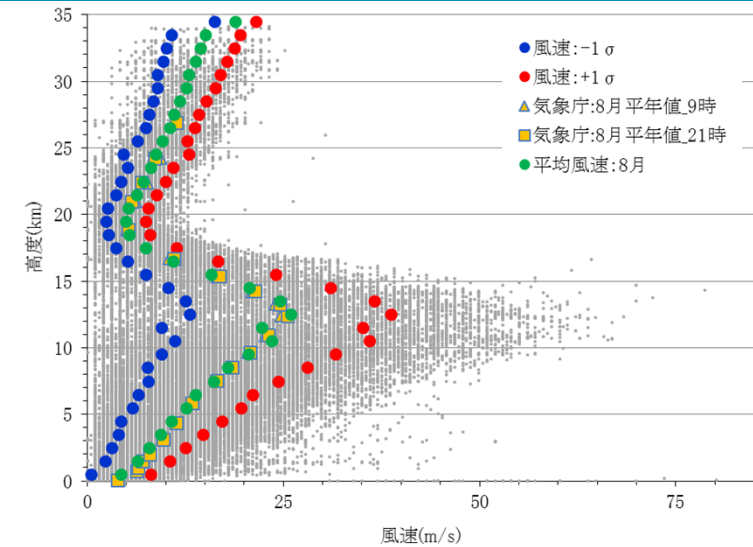
VEI	1	2	3	4	5	6	7	8
噴出物総体積 (km ³)	0.0001	0.001	0.01	0.1	1	10	100	1000~
噴煙柱高度 (km)	0.1~1	1~5	3~15	10~25	>25	100	1000	
	小噴火	中噴火		大噴火	巨大噴火	破局的噴火		
		爆発的噴火				テフロクロノジーに利用		
	高頻度			低頻度				

町田・新井(2011)

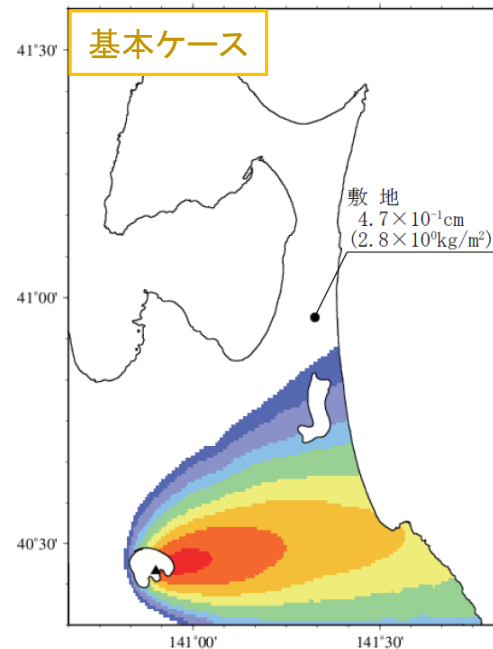


(参考14) 十和田中掬テフラの降灰シミュレーション 〔不確かさの検討<風速>〕

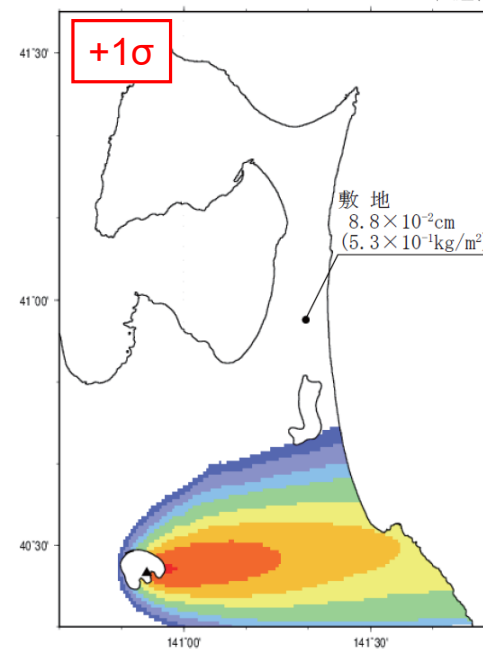
- 風速の不確かさを考慮し、平均風速に対して、 $\pm 1\sigma$ とした場合について検討した。
- 敷地の火山灰厚さは、風速が小さいほど厚くなるものの、 -1σ とした場合でも、1.6cm。



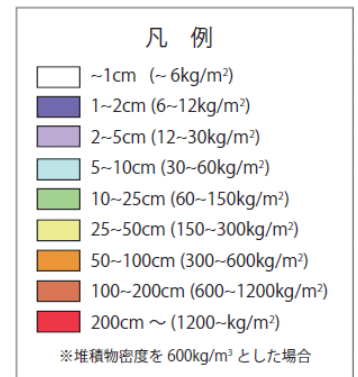
平均風速に対し-1σの風速
(1973~2013年)



8月の平均値の風
(1981~2010年)



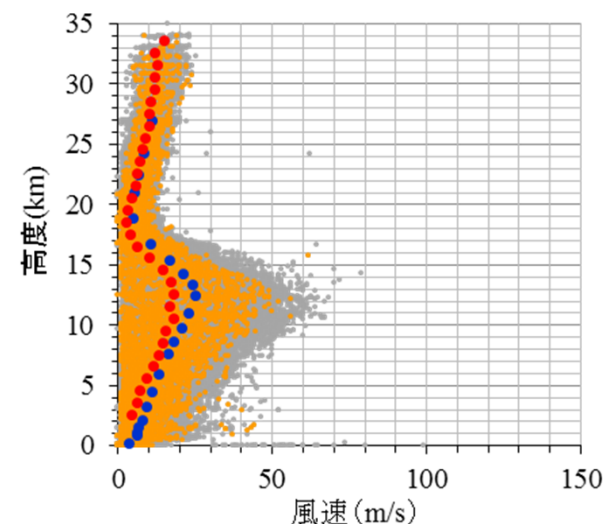
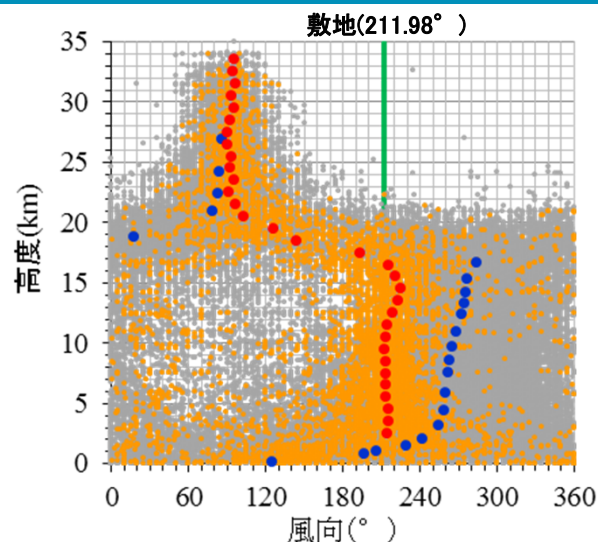
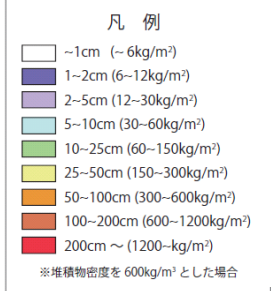
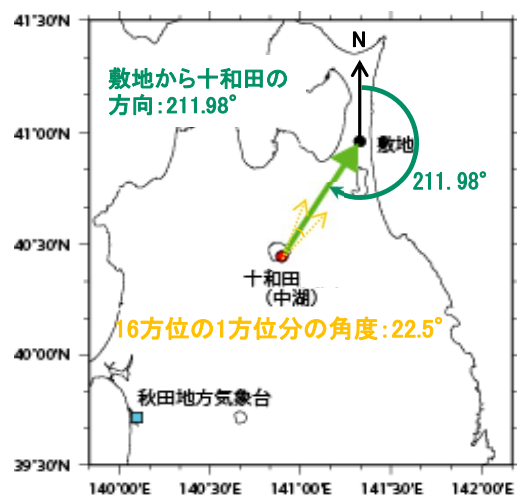
平均風速に対し+1σの風速
(1973~2013年)



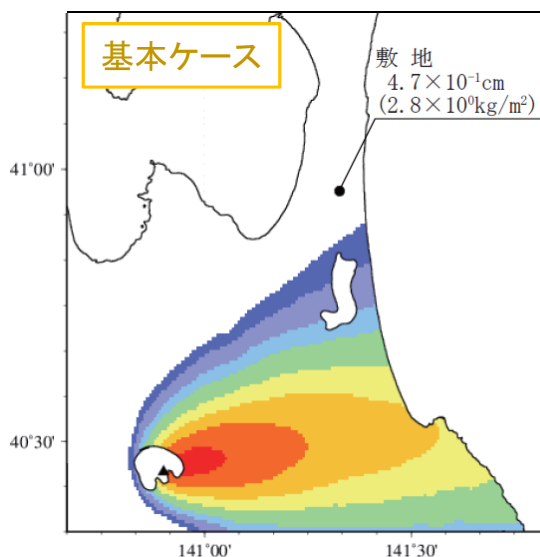
(参考14) 十和田中掬テフラの降灰シミュレーション 〔不確かさの検討<風向>〕

風向の不確かさを考慮し、
敷地方向の風を作成して
検討した結果、敷地における
火山灰厚さは35cm。

※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(211.98°)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

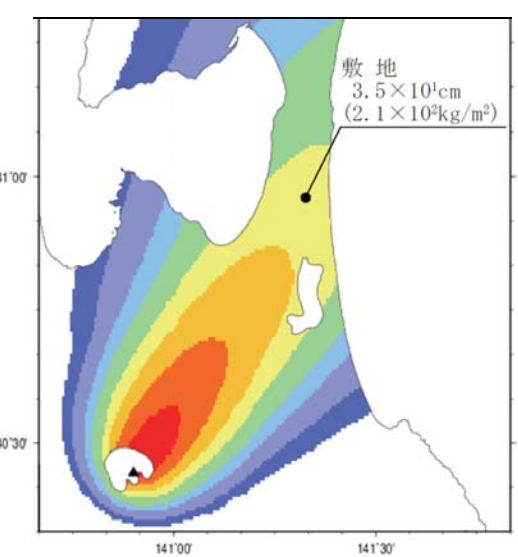


- 8月の観測値(全データ)
- 8月の観測値(敷地方向の風)
- 8月の平均値
- 敷地方向の風(合成風)



8月(21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)

(参考14) 十和田中掬テフラの降灰シミュレーション
〔不確かさの検討<風向：敷地方向の風の抽出条件>〕

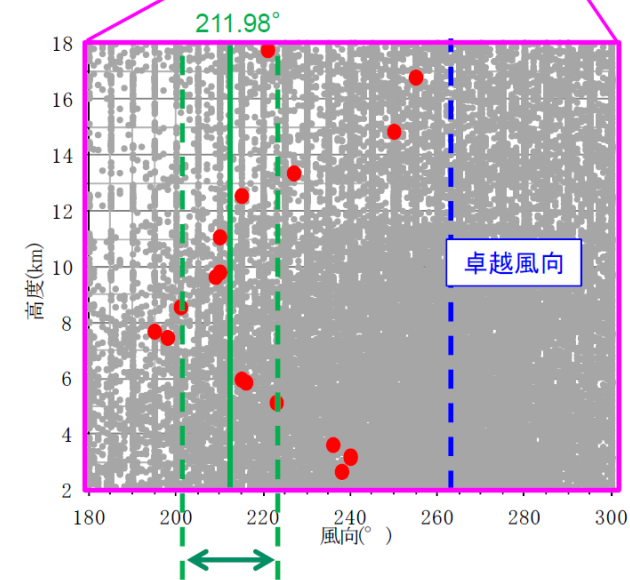
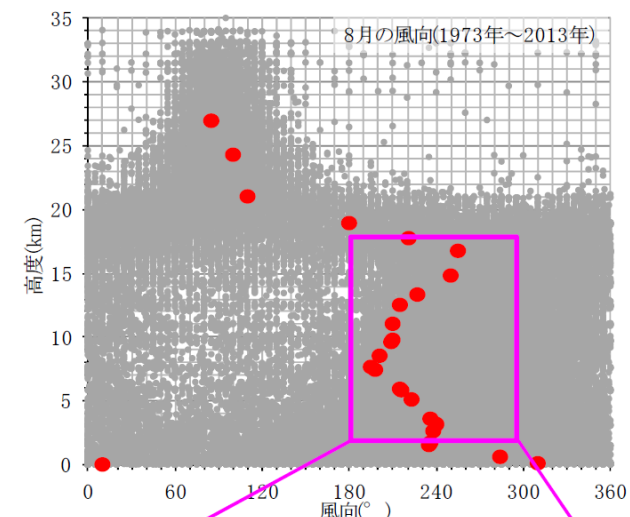
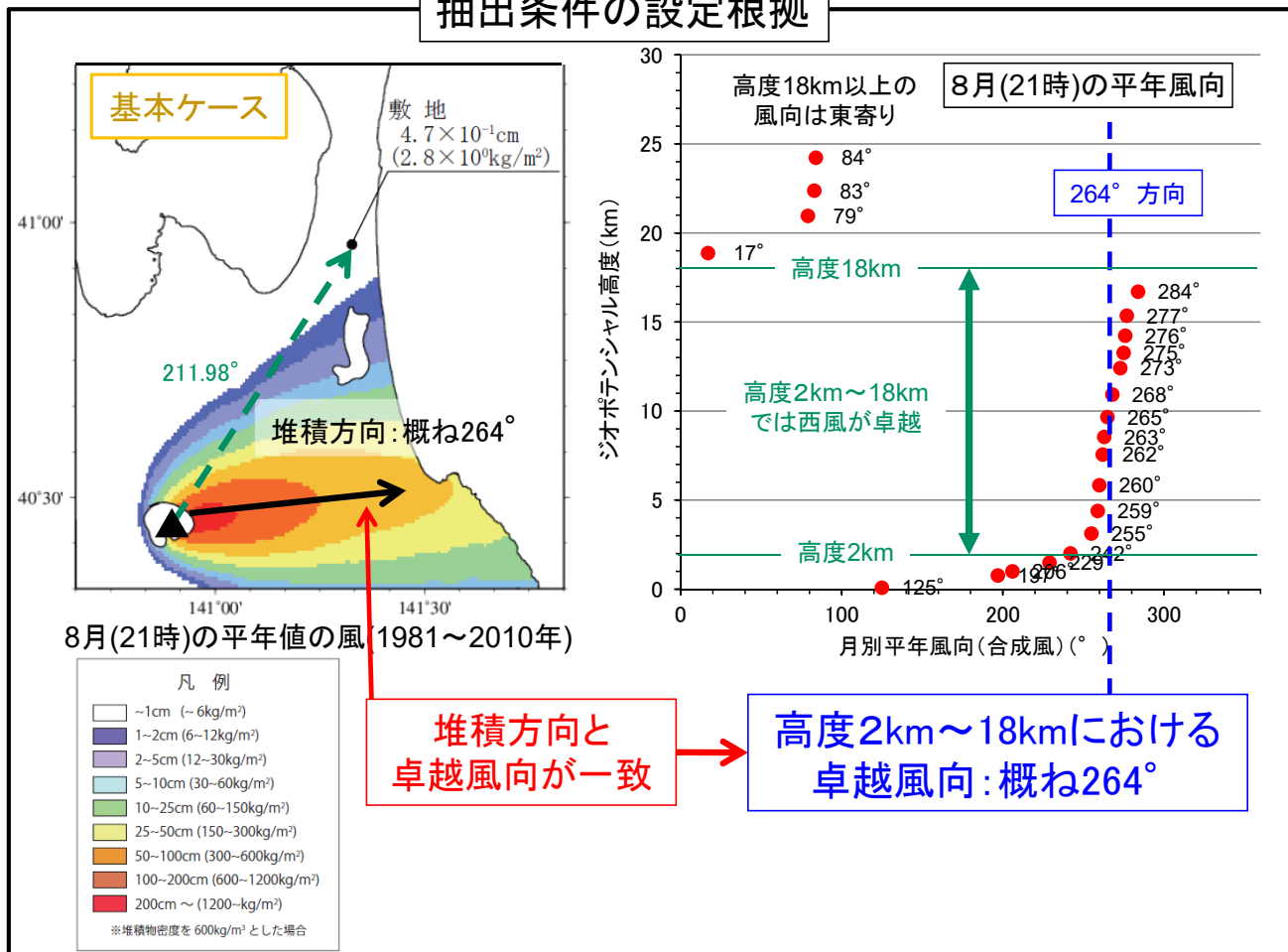
【敷地方向の風の抽出条件】

高度2km~18kmにおける風向の平均値が抽出範囲内
(211.98° ※1を中心に $\pm 11.25^\circ$ ※2)の範囲に入る風



※1敷地からみた十和田の方向
※2風向を16方位に区分した際の1方位の角度

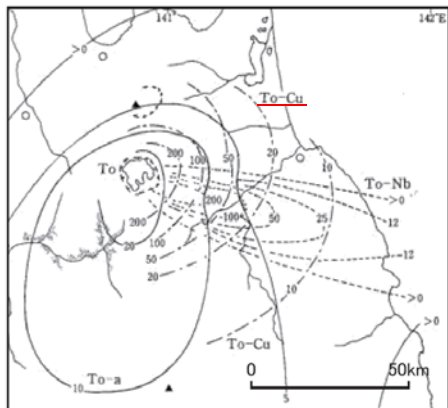
抽出条件の設定根拠



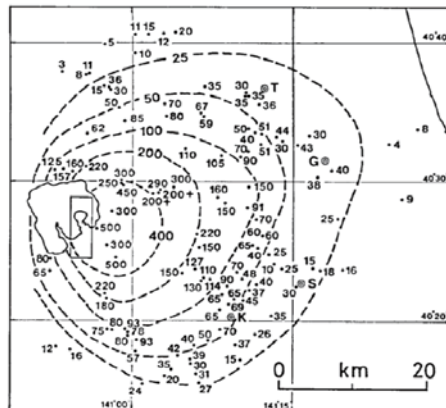
風向の平均値が抽出範囲内

(参考14) 十和田中掬テフラの降灰シミュレーション 〔降下火砕物シミュレーション結果と実績との比較〕

条件: 8月の平均風向及び平均風速(1973~2013年)に対し風速を -1.0σ , -1.5σ とした。

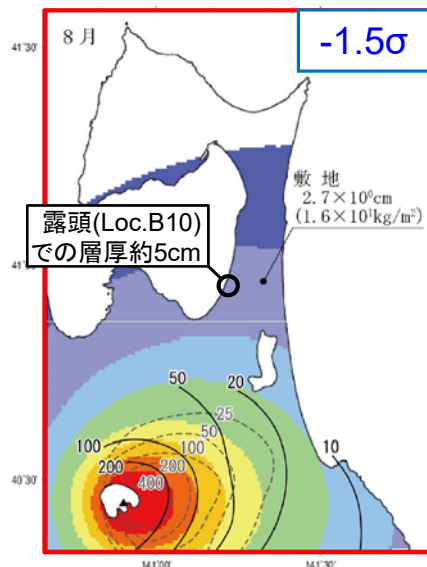


町田・新井(2011)より抜粋

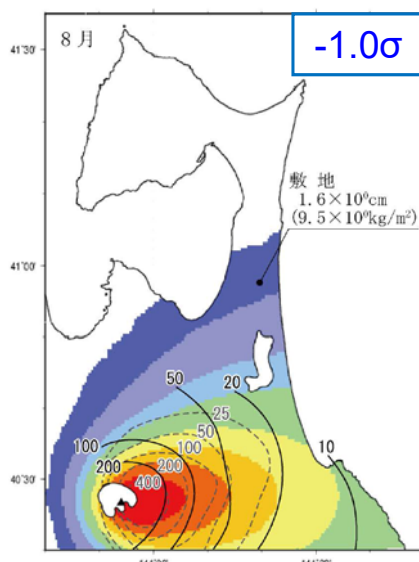


Hayakawa(1985)より抜粋

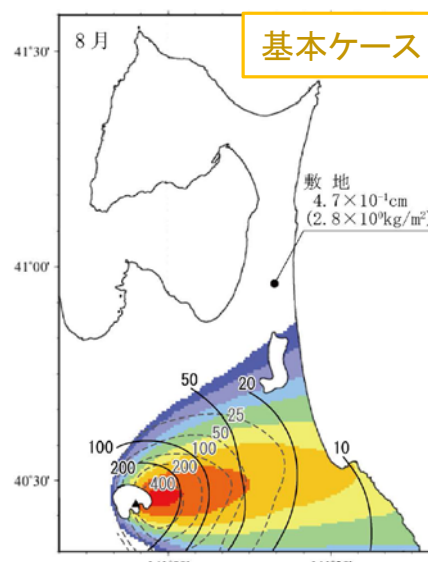
十和田中掬テフラの層厚 (cm)



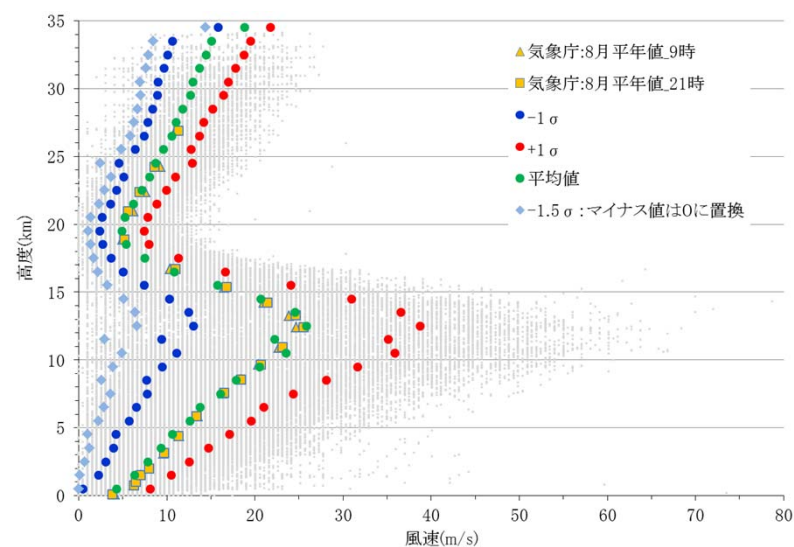
8月の平均風速に対し -1.5σ の風速
(1973~2013年)



8月の平均風速に対し -1.0σ の風速
(1973~2013年)



8月の平均値の風
(1981~2010年)



➤ 上記の条件では、 -1.5σ の風速のケースが、文献や当社の調査結果に基づく実績の層厚分布と降下火砕物シミュレーション結果が概ね整合する。

(参考14) 十和田中掬テフラの降灰シミュレーション

(参考)[当社使用のTephra2と産総研のHP上のTephra2の解析結果の比較]

当社が独自に「Tephra2」のバグを修正して解析した結果に対し、参考として、国立研究開発法人産業技術総合研究所(以下、産総研)が今回のバグを修正し、HP上で公開しているTephra2においても同様の条件で解析を行った。

検討項目		当社使用のTephra2の解析結果	(参考)産総研のHP上のTephra2の解析結果※
平年値の風(9時)	1月	< 0.01 cm	< 0.01 cm
	2月	< 0.01 cm	< 0.01 cm
	3月	< 0.01 cm	< 0.01 cm
	4月	< 0.01 cm	< 0.01 cm
	5月	0.010 cm	0.01 cm
	6月	0.14 cm	0.09 cm
	7月	0.15 cm	0.11 cm
	8月	0.20 cm	0.17 cm
	9月	0.075 cm	0.06 cm
	10月	< 0.01 cm	< 0.01 cm
	11月	< 0.01 cm	< 0.01 cm
	12月	< 0.01 cm	< 0.01 cm

検討項目		当社使用のTephra2の解析結果	(参考)産総研のHP上のTephra2の解析結果※	
平年値の風(21時)	1月	< 0.01 cm	< 0.01 cm	
	2月	< 0.01 cm	< 0.01 cm	
	3月	< 0.01 cm	< 0.01 cm	
	4月	< 0.01 cm	< 0.01 cm	
	5月	0.018 cm	0.01 cm	
	6月	0.23 cm	0.13 cm	
	7月	0.22 cm	0.16 cm	
	8月	0.47 cm	0.33 cm	
	9月	0.15 cm	0.09 cm	
	10月	< 0.01 cm	< 0.01 cm	
	11月	< 0.01 cm	< 0.01 cm	
	12月	< 0.01 cm	< 0.01 cm	
不確かさの検討	①噴煙柱高さ	25km+5km	0.25 cm	0.18 cm
		25km-5km	0.87 cm	0.67 cm
	②風速	平均+1σ	0.088 cm	0.04 cm
平均-1σ		1.6 cm	1.57 cm	
	③風向	敷地方向の風	35 cm	35.4 cm

※ 国立研究開発法人 産業技術総合研究所がHP(G-EVER火山災害予測支援システム)にて公開しているTephra2(産総研によりバグ修正済)による確認結果 (<http://volcano.g-ever1.org/vhazard/HazardAssessment/>)

- 当社が独自に「Tephra2」のバグを修正して解析した結果と、産総研が今回のバグを修正しHP上で公開している「Tephra2」で解析した結果は、概ね一致した。
- 層厚が最大となる③風向の不確かさ(敷地方向の風)を考慮した結果(35cm)は、参考として実施した産総研HP上の「Tephra2」による解析結果(35.4cm)とほぼ同値となった。

(参考15) Tephra2のバグ修正に伴う設計層厚の変更 解析コード「Tephra2」のバグの概要と修正箇所

◆ バグの概要

給源直上から放出される火山灰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解析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

粒子の落下速度(V_t)の計算式

$$V_t = \frac{gd^2(\rho_p - \rho_a)}{18\mu} \quad Re < 6$$

$$V_t = \left[\frac{4g^2 d^3 (\rho_p - \rho_a)^2}{225\mu\rho_a} \right]^{1/3} \quad 6 \leq Re < 500$$

$$V_t = \left[\frac{3.1gd(\rho_p - \rho_a)}{\rho_a} \right]^{1/2} \quad 500 \leq Re$$

$Re = \frac{d\rho_a V_t}{\mu}$: 粒子レイノルズ数 g : 重力加速度 d : 粒径 ρ_p : 粒子密度 ρ_a : 大気密度 μ : 大気の粘性

◆ 当社使用の「Tephra2」の解析コードの入手先

南フロリダ大学HPより2014年1月8日にダウンロード

(万年(2013)において、「Tephra2」の解説がなされており、その中でダウンロード先として紹介されている。)

<http://www.cas.usf.edu/~cconnor/vg@usf/tephra.html/>

◆ 原理式に基づく解析コードの修正箇所

○ バグ修正前(従前の結果に使用した解析コード)

```
>temp1 = GRAV_SQRD_x_4 * part_density * part_density / AIR_VISCOSITY_x_225 * rho;
>vti = ashdiam * pow(temp1, ONE_THIRD);
```

バグ

○ バグ修正後(再解析結果に使用した解析コード)

```
>temp1 = GRAV_SQRD_x_4 * part_density * part_density / AIR_VISCOSITY_x_225 / rho;
>vti = ashdiam * pow(temp1, ONE_THIRD);
```

修正

(参考15) Tephra2のバグ修正に伴う設計層厚の変更 バグの修正に伴う計算上の影響①

- ・計算にあたり、粒径及び高度により、バグの影響を受けるものと受けないものがある。
- ・これは、レイノルズ数が $6 \leq Re < 500$ となる条件の場合の、計算式のみバグがあったためである。
- ・右に、レイノルズ数が $6 \leq Re < 500$ に含まれ、バグの影響を受ける条件を示す。
(黄色着色部の粒径及び高度がバグの影響を受ける条件)

粒子の落下速度 (V_t) の計算式

$$V_t = \frac{gd^2(\rho_p - \rho_a)}{18\mu} \quad Re < 6$$

$$V_t = \left[\frac{4g^2d^3(\rho_p - \rho_a)^2}{225\mu\rho_a} \right]^{1/3} \quad 6 \leq Re < 500$$

$$V_t = \left[\frac{3.1gd(\rho_p - \rho_a)}{\rho_a} \right]^{1/2} \quad 500 \leq Re$$

$$Re = \frac{d\rho_a V_t}{\mu} \quad \text{粒子レイノルズ数}$$

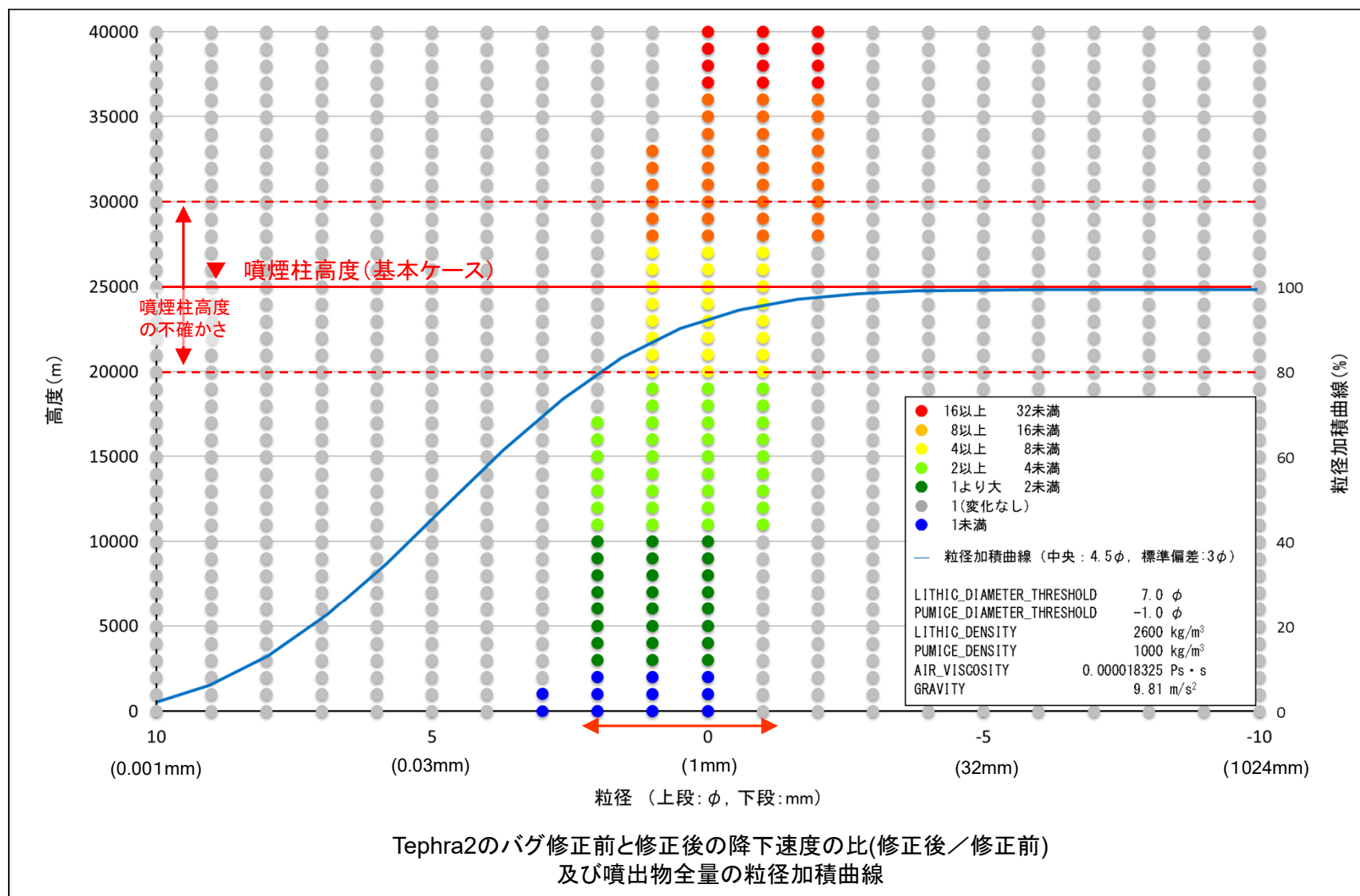
g : 重力加速度 d : 粒径 ρ_p : 粒子密度 ρ_a : 大気密度 μ : 大気の粘性

高度 (m)	レイノルズ数											
	粒径(Φ)	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5
	粒径(m)	3.1E-05	6.3E-05	1.3E-04	2.5E-04	5.0E-04	1.0E-03	2.0E-03	4.0E-03	8.0E-03	1.6E-02	3.2E-02
	粒子密度(kg/m3)	2.2E+03	2.0E+03	1.8E+03	1.6E+03	1.4E+03	1.2E+03	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+03
40,000	-	-	-	-	-	-	12.84	45.48	181.91	-	-	-
39,000	-	-	-	-	-	-	13.93	49.33	197.32	-	-	-
38,000	-	-	-	-	-	-	15.11	53.51	214.03	-	-	-
37,000	-	-	-	-	-	-	16.39	58.04	232.16	-	-	-
36,000	-	-	-	-	-	-	17.77	62.95	251.82	-	-	-
35,000	-	-	-	-	-	-	19.28	68.29	273.15	-	-	-
34,000	-	-	-	-	-	-	20.91	74.07	296.28	-	-	-
33,000	-	-	-	-	-	6.28	22.68	80.34	321.37	-	-	-
32,000	-	-	-	-	-	6.82	24.60	87.15	348.59	-	-	-
31,000	-	-	-	-	-	7.39	26.69	94.53	378.12	-	-	-
30,000	-	-	-	-	-	8.02	28.95	102.54	410.14	-	-	-
29,000	-	-	-	-	-	8.70	31.40	111.22	444.88	-	-	-
28,000	-	-	-	-	-	9.44	34.06	120.64	482.56	-	-	-
27,000	-	-	-	-	-	10.24	36.94	130.86	-	-	-	-
26,000	-	-	-	-	-	11.10	40.07	141.94	-	-	-	-
25,000	-	-	-	-	-	12.04	43.46	153.96	-	-	-	-
24,000	-	-	-	-	-	13.06	47.15	167.00	-	-	-	-
23,000	-	-	-	-	-	14.17	51.14	181.14	-	-	-	-
22,000	-	-	-	-	-	15.37	55.47	196.48	-	-	-	-
21,000	-	-	-	-	-	16.67	60.17	213.12	-	-	-	-
20,000	-	-	-	-	-	18.08	65.26	231.17	-	-	-	-
19,000	-	-	-	-	-	19.61	70.79	250.75	-	-	-	-
18,000	-	-	-	-	-	21.27	76.79	271.98	-	-	-	-
17,000	-	-	-	-	6.31	23.08	83.29	295.02	-	-	-	-
16,000	-	-	-	-	6.84	25.03	90.34	320.00	-	-	-	-
15,000	-	-	-	-	7.42	27.15	97.99	347.10	-	-	-	-
14,000	-	-	-	-	8.05	29.45	106.29	376.49	-	-	-	-
13,000	-	-	-	-	8.73	31.94	115.29	408.37	-	-	-	-
12,000	-	-	-	-	9.47	34.65	125.05	442.95	-	-	-	-
11,000	-	-	-	-	10.27	37.58	135.64	480.45	-	-	-	-
10,000	-	-	-	-	11.14	40.76	147.13	-	-	-	-	-
9,000	-	-	-	-	12.08	44.22	159.58	-	-	-	-	-
8,000	-	-	-	-	13.11	47.96	173.09	-	-	-	-	-
7,000	-	-	-	-	14.22	52.02	187.75	-	-	-	-	-
6,000	-	-	-	-	15.42	56.42	203.64	-	-	-	-	-
5,000	-	-	-	-	16.73	61.20	220.88	-	-	-	-	-
4,000	-	-	-	-	18.14	66.38	239.57	-	-	-	-	-
3,000	-	-	-	-	19.68	72.00	259.85	-	-	-	-	-
2,000	-	-	-	-	21.34	78.09	281.84	-	-	-	-	-
1,000	-	-	-	6.26	23.15	84.70	305.69	-	-	-	-	-
0	-	-	-	6.79	25.11	91.87	331.55	-	-	-	-	-

Re < 6

Re ≥ 500

(参考15) Tephra2のバグ修正に伴う設計層厚の変更 バグの修正に伴う計算上の影響②

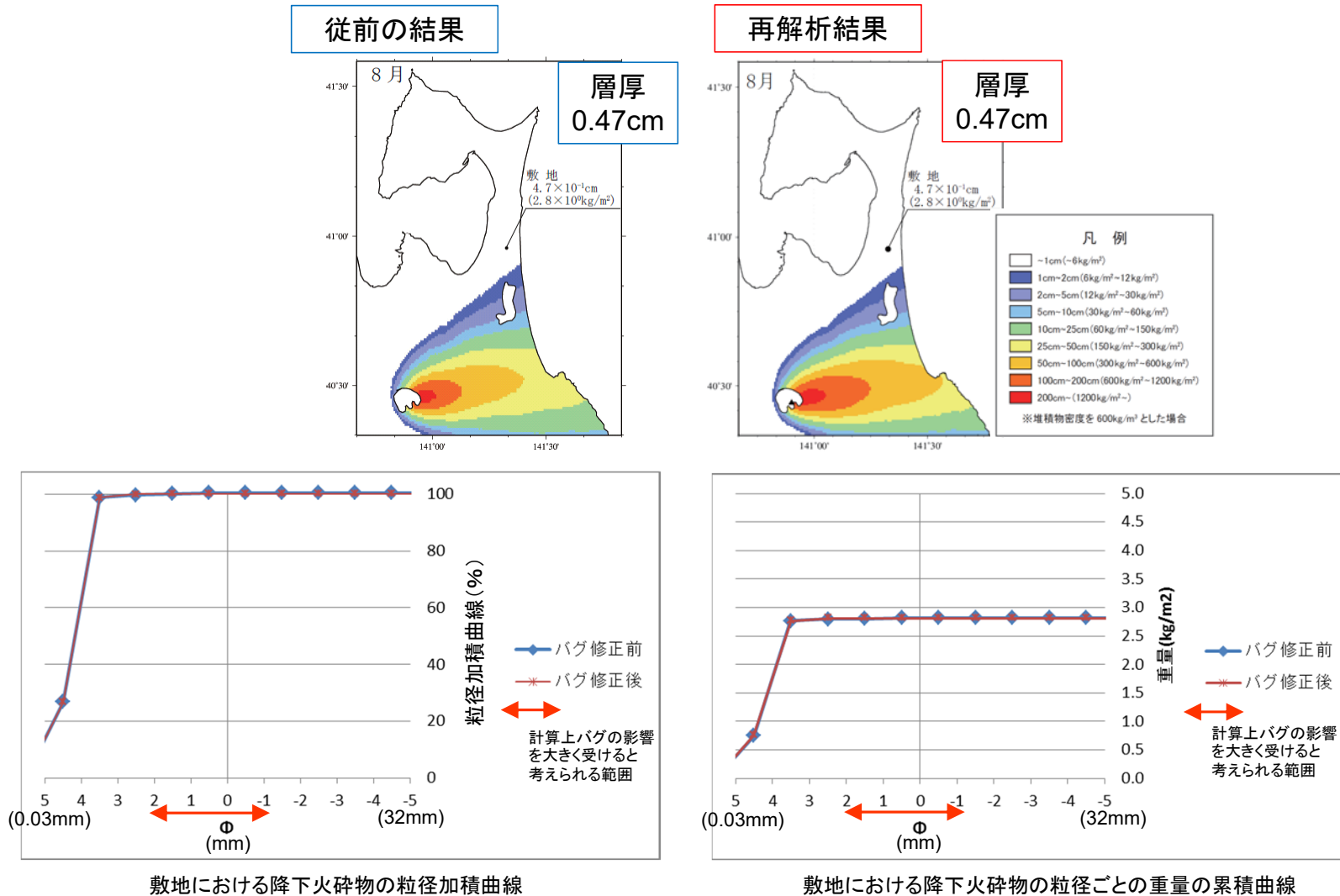


- ・着色部の条件下において、降下速度が速まり、バグの修正前に比べより、給源近傍に堆積しやすい解析結果となると考えられる。
(青色着色部を除く)
- ・また、当社の十和田中楯テフラの噴煙柱高度、25,000mでは、主に2 ϕ ～-1 ϕ (0.25mm～2mm)の粒径の降下速度に変化が生じる。

(参考15) Tephra2のバグ修正に伴う設計層厚の変更 バグの修正に伴う計算上の影響③

以下に、当社のバグ修正前後の解析結果の代表例を示す。

◆ 平年値の風(8月 21時)

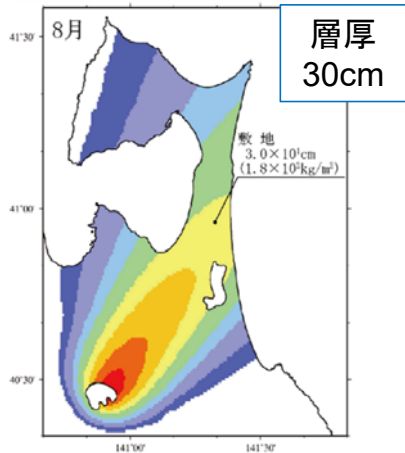


➤ 平年値の風は、解析前後ともにバグの影響を受ける粒径(2Φ~-1Φ)を殆ど含まないため、その影響は小さい。

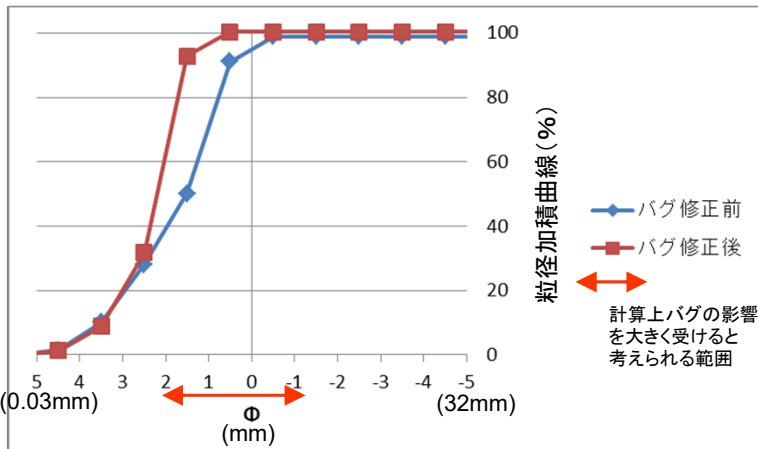
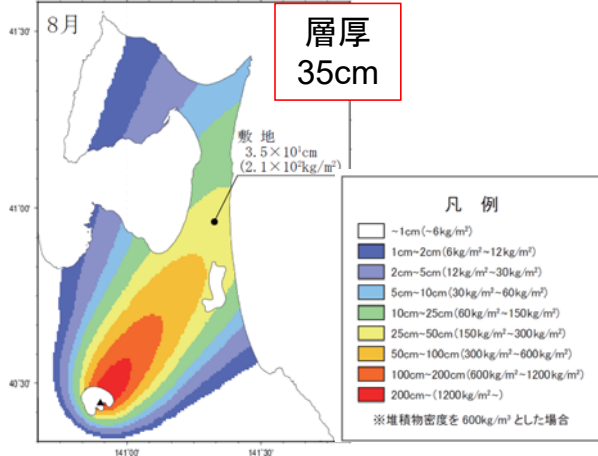
(参考15) Tephra2のバグ修正に伴う設計層厚の変更 バグの修正に伴う計算上の影響④

◆風向の不確かさケース(敷地方向の風)

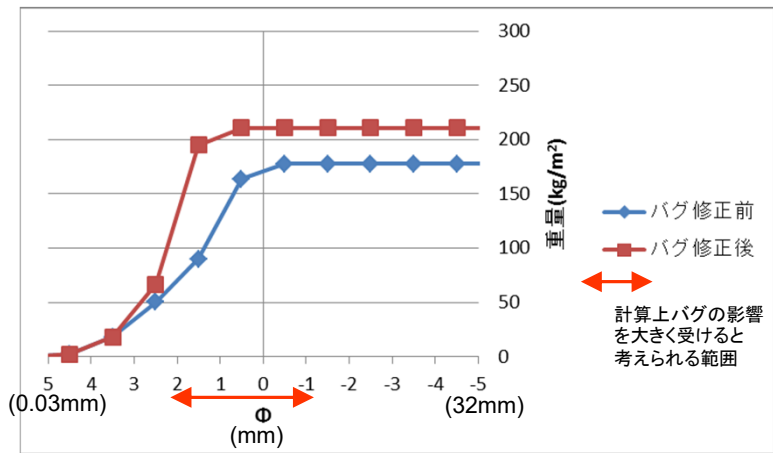
従前の結果



再解析結果



敷地における降下火砕物の粒径加積曲線



敷地における降下火砕物の粒径ごとの重量の累積曲線

- 敷地方向に分布の主軸が向く風向の不確かさケース(敷地方向の風)については、バグの影響を受ける粒径(2Φ~-1Φ)を多く含み、修正前に比べ修正後において、大きい粒径が減少し小さい粒径が増加し、結果的に層厚が30cmから35cmとなった。
- これは、バグ修正前に敷地に落下していた大きな粒径がバグ修正後は敷地より手前に落下し、これ以上に、これまで敷地より遠方に飛んでいた小さな粒径がより多く敷地に落下することにより、層厚が増加したものと推察される。



(参考15) Tephra2のバグ修正に伴う設計層厚の変更 従前の結果と再解析結果の一覧

当社使用のTephra2の解析結果について、従前の結果とバグを修正した再解析結果を整理した。
参考として、産総研が今回のバグを修正し、HP上で公開しているTephra2においても同様の条件で解析を行った。

検討項目		当社使用のTephra2の解析結果		(参考) 産総研のHP 上のTephra2 の解析結果※	検討項目		当社使用のTephra2の解析結果		(参考) 産総研のHP 上のTephra2 の解析結果※
		従前の結果	再解析結果				従前の結果	再解析結果	
平年値 の風 (9時)	1月	< 0.01 cm	< 0.01 cm	< 0.01 cm	平年値 の風 (21時)	1月	< 0.01 cm	< 0.01 cm	< 0.01 cm
	2月	< 0.01 cm	< 0.01 cm	< 0.01 cm		2月	< 0.01 cm	< 0.01 cm	< 0.01 cm
	3月	< 0.01 cm	< 0.01 cm	< 0.01 cm		3月	< 0.01 cm	< 0.01 cm	< 0.01 cm
	4月	< 0.01 cm	< 0.01 cm	< 0.01 cm		4月	< 0.01 cm	< 0.01 cm	< 0.01 cm
	5月	0.010 cm	0.010 cm	0.01 cm		5月	0.018 cm	0.018 cm	0.01 cm
	6月	0.14 cm	0.14 cm	0.09 cm		6月	0.23 cm	0.23 cm	0.13 cm
	7月	0.15cm	0.15 cm	0.11 cm		7月	0.22 cm	0.22 cm	0.16 cm
	8月	0.22 cm	0.20 cm	0.17 cm		8月	0.47 cm	0.47 cm	0.33 cm
	9月	0.075 cm	0.075 cm	0.06 cm		9月	0.15 cm	0.15 cm	0.09 cm
	10月	< 0.01 cm	< 0.01 cm	< 0.01 cm		10月	< 0.01 cm	< 0.01 cm	< 0.01 cm
	11月	< 0.01 cm	< 0.01 cm	< 0.01 cm		11月	< 0.01 cm	< 0.01 cm	< 0.01 cm
	12月	< 0.01 cm	< 0.01 cm	< 0.01 cm		12月	< 0.01 cm	< 0.01 cm	< 0.01 cm
不確かさ の検討	①噴煙柱高さ	25km+5km	0.28 cm	0.25 cm	0.18 cm				
		25km-5km	0.87 cm	0.87 cm	0.67 cm				
	②風速	平均+1σ	0.088 cm	0.088 cm	0.04 cm				
		平均-1σ	1.8 cm	1.6 cm	1.57 cm				
③風向	敷地方向の風	30 cm	35 cm	35.4 cm					

※ 国立研究開発法人 産総研がHP(G-EVER火山災害予測支援システム)にて公開しているTephra2(産総研によりバグ修正済)による確認結果
(<http://volcano.g-ever1.org/vhazard/HazardAssessment/>)

- 月毎の平年値の風の場合、再解析結果と従前の解析結果に、ほとんど変化は見られない。一方、不確かさの検討のうち、層厚が最大となる、風向の不確かさ(敷地方向の風)を考慮した場合、再解析結果が従前の解析結果(30cm)を上回る35cmとなった。
- 参考として、産総研が今回のバグを修正し、HP上で公開しているTephra2においても同様の条件で解析を行った結果は、概ね一致した。

(参考15) Tephra2のバグ修正に伴う設計層厚の変更
当社使用のTephra2と産総研のHP上でのTephra2の解析条件の差異

当社使用のTephra2の解析条件
(解析コードは南フロリダ大学のHPよりダウンロード)

想定噴火規模	パラメータ	単位	値	
十和田中掬 (To-Cu)	噴出物量	kg	4.01×10^{12}	
	噴煙柱高度	m	25,000	
	COL STEPS	—	200	
	粒径	最大	mm	2^{10}
		最小	mm	2^{-10}
		平均	mm	$2^{-4.5}$
		標準偏差	mm	$2^{-3.0}$
	岩片密度	t/m ³	2.6	
	軽石粒子密度	t/m ³	1.0	
	渦拡散係数	m ² /s	0.04	
	拡散係数	m ² /s	10,000	
	Fall Time Threshold	s	3600	
	給源	X座標 (UTM: 54N)	m	491,603
Y座標 (UTM: 54N)		m	4,477,037	
標高		m	400	

標高データ: 数値地図 50mを
解析用に500mメッシュに変換。

(参考)
産総研のHP上でのTephra2の解析条件
(解析コードはMannen(2014)による改良版)

想定噴火規模	パラメータ	単位	値	
十和田中掬 (To-Cu)	噴出物量	kg	4.01×10^{12}	
	噴煙柱高度	m	25,000	
	COL STEPS	—	200	
	粒径	最大	mm	2^{10}
		最小	mm	2^{-10}
		平均	mm	$2^{-4.5}$
		標準偏差	mm	$2^{-3.0}$
	岩片密度	t/m ³	2.6	
	軽石粒子密度	t/m ³	1.0	
	渦拡散係数	m ² /s	0.04	
	拡散係数	m ² /s	10,000	
	Fall Time Threshold	s	3600	
	給源	X座標 (UTM: 54N)	m	491,604.4
Y座標 (UTM: 54N)		m	4,477,032.4	
標高		m	401	

標高データ: 数値地図 100m

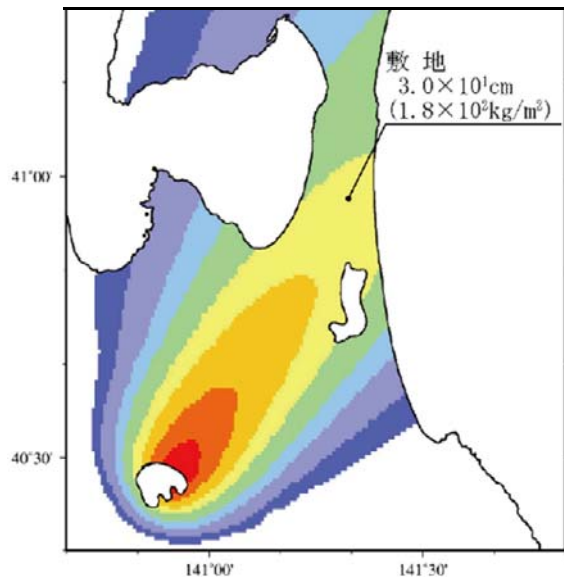
緯度経度の数値を
手入力できず、地図
上でクリックして座標
を指定するため、全
く同じ座標とならない

(参考15) Tephra2のバグ修正に伴う設計層厚の変更
 当社使用のTephra2と産総研のHP上でのTephra2の解析結果の分布図

当社使用のTephra2の解析結果

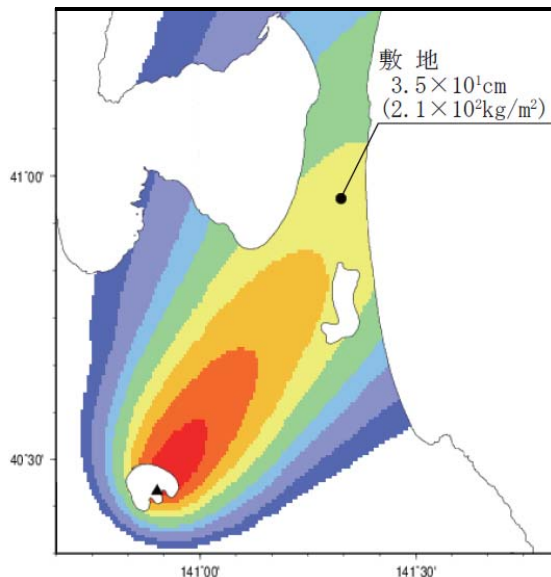
従前の結果

層厚
30cm



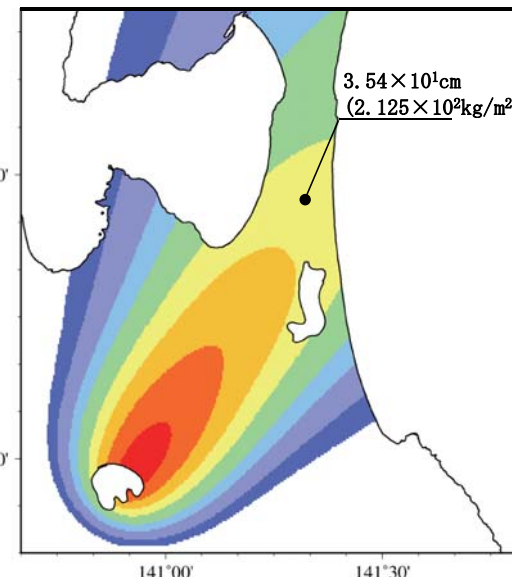
再解析結果

層厚
35cm



(参考)
 産総研のHP上でのTephra2の解析※

層厚
35.4cm



(注) 産総研のHP上でのTephra2は、解析に用いる標高データに数値地図100mを用いると、本描画範囲すべては解析出来ないため、本描画に際しては、数値地図300mを用いた。

凡例

~1cm (~6kg/m ²)
1cm~2cm (6kg/m ² ~12kg/m ²)
2cm~5cm (12kg/m ² ~30kg/m ²)
5cm~10cm (30kg/m ² ~60kg/m ²)
10cm~25cm (60kg/m ² ~150kg/m ²)
25cm~50cm (150kg/m ² ~300kg/m ²)
50cm~100cm (300kg/m ² ~600kg/m ²)
100cm~200cm (600kg/m ² ~1200kg/m ²)
200cm~ (1200kg/m ² ~)

※堆積物密度を600kg/m³とした場合

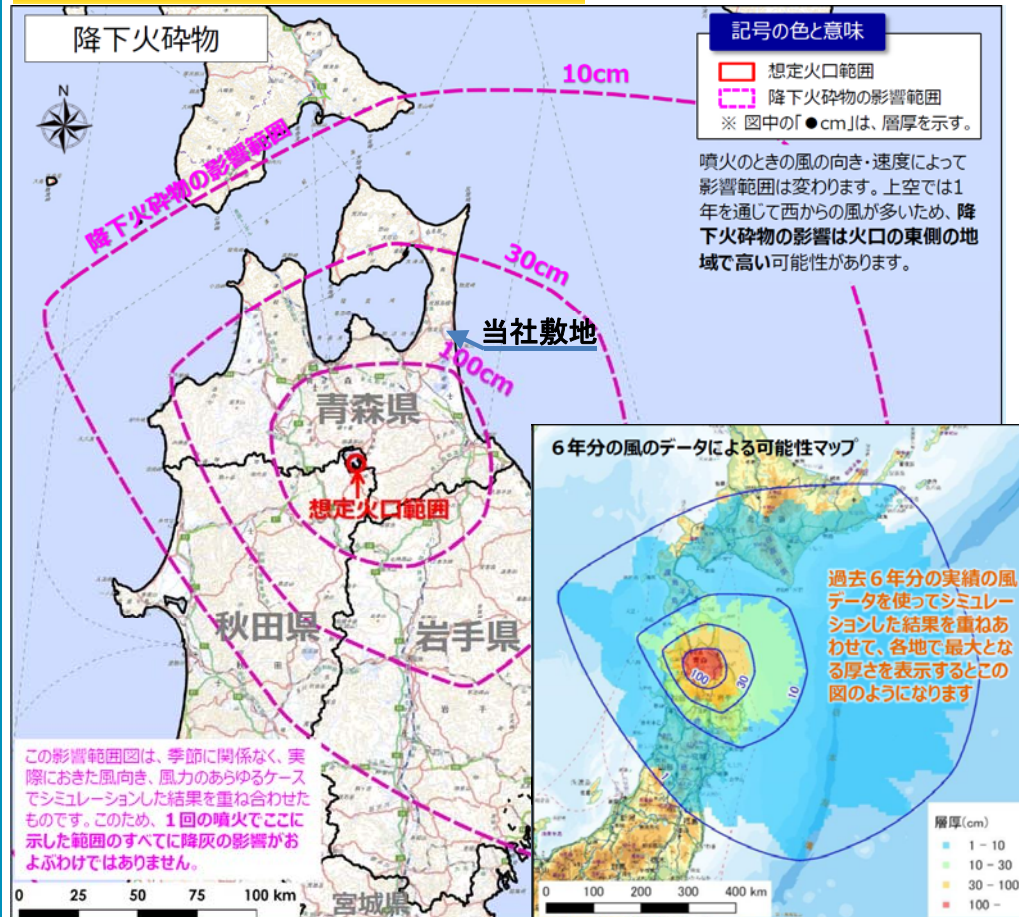
・当社使用のTephra2と、参考として実施した産総研のHP上でのTephra2の解析結果は、その分布傾向も概ね一致した。

余 白

(参考16) 十和田火山防災協議会の降灰想定等の評価への影響について
十和田火山災害想定影響範囲図①

- ・青森県、秋田県、十和田市、鹿角市及び小坂町が共同で設置した十和田火山防災協議会(以下、「協議会」という。)は、十和田において想定される火山事象の状況に応じた警戒避難体制の整備を行うことを目的として、2018年1月24日に十和田火山災害想定影響範囲図を示した。
- ・十和田火山災害想定影響範囲図は、過去11,000年間の噴火を元に大・中・小規模の噴火を想定して、噴火規模ごとに火山事象(降下火砕物、火砕流・火砕サージ、大きな噴石及び火山泥流)の想定影響範囲を示している。なお、巨大噴火は想定していない。
- ・降下火砕物については、中・小規模の噴火の影響範囲には当社敷地は含まれていないが、大規模噴火の影響範囲では含まれ、30~100cmの等層厚線のほぼ中央に位置している。
- ・一方、降下火砕物を除く火砕流等の火山事象については、大規模噴火の影響範囲でも、当社敷地は含まれていない。

大規模噴火 (数十億m³規模のマグマ噴火を想定)



降下火砕物の影響範囲図



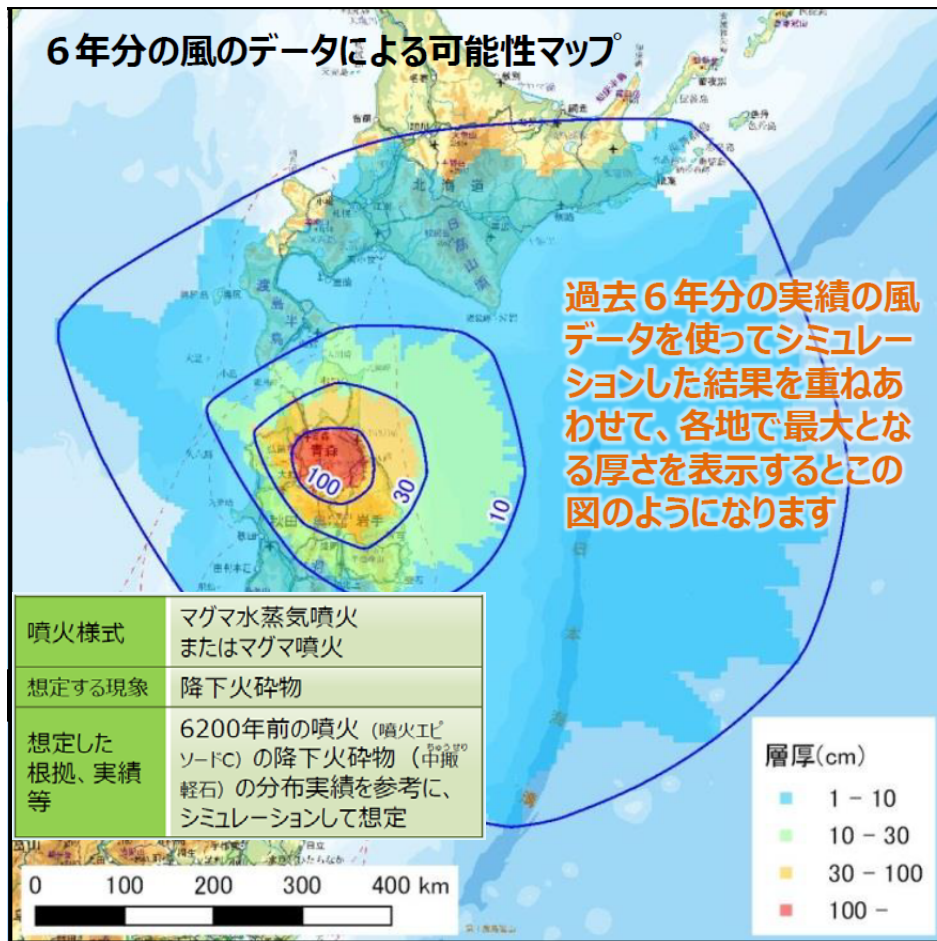
火砕流・火砕サージの影響範囲図

(十和田火山防災協議会(2018)より抜粋し加筆)

(参考16) 十和田火山防災協議会の降灰想定等の評価への影響について 十和田火山災害想定影響範囲図②

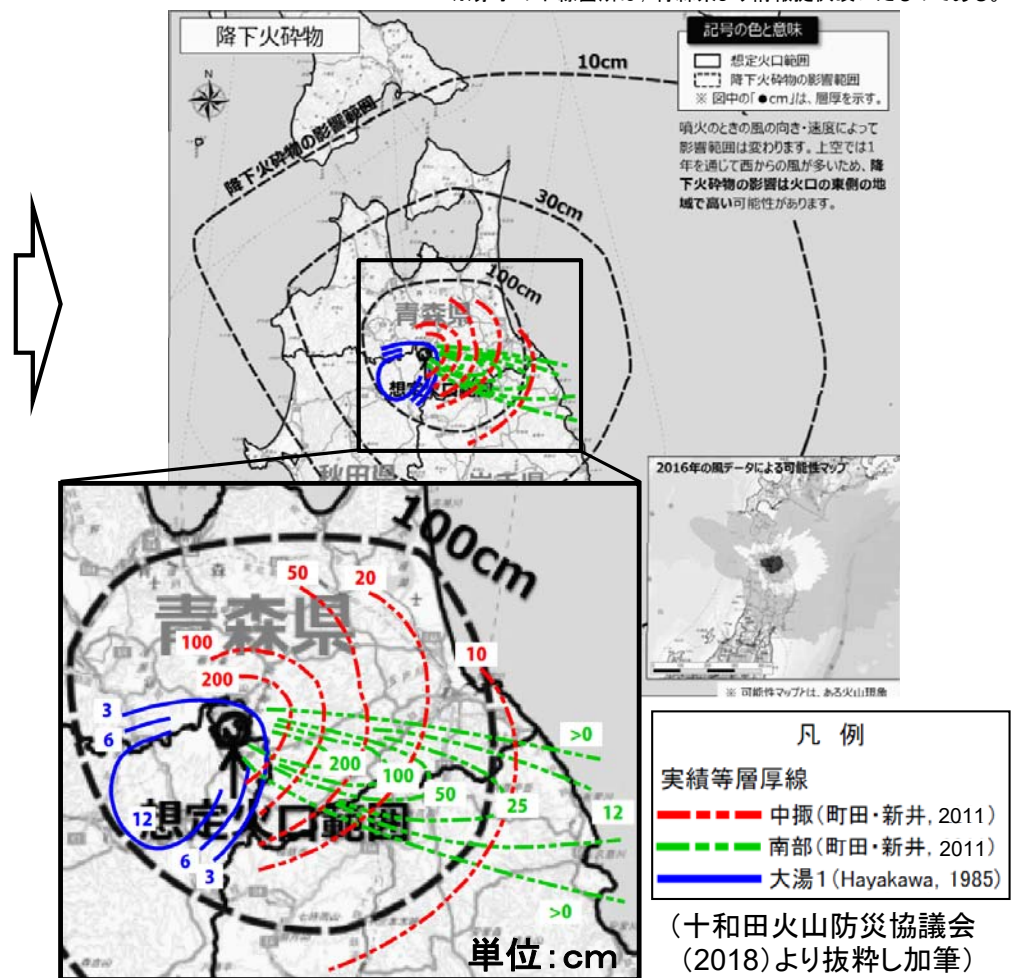
- ・協議会の大規模噴火の降下火砕物の影響範囲図で用いられている想定噴火は、当社と同じ十和田中楸テフラ(6.68km³)である。
- ・協議会の実績の風〔過去6年間(1992～1994年, 2014～2016年)の毎日9時の高層気象観測データ〕を用いて、全2192ケースの解析を実施し、それらを重ね合わせて、解析メッシュごとの層厚の最大値をマッピングしている。
- ・また、風は風向・風速が刻々と変動するが、降下火砕物が全て降下するまで継続するという解析条件である。
- ・その結果、過去の降下火砕物の実績よりも厚く・広い範囲を、降下火砕物の影響範囲として想定している。

※赤字の下線箇所は、青森県より情報提供頂いたものである。



(十和田火山防災協議会(2018)より抜粋し加筆)

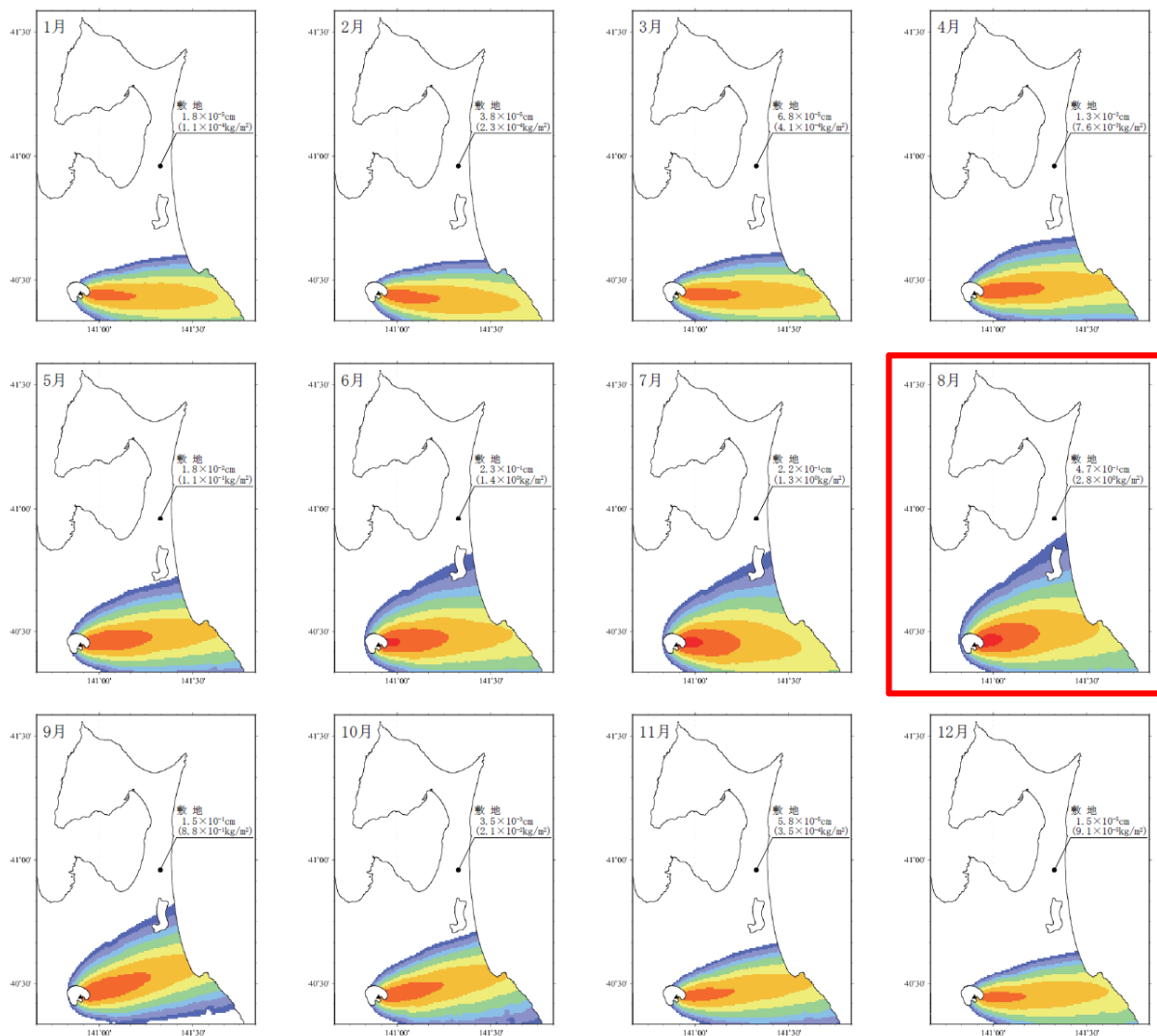
過去6年間の毎日9時の全気象データを用いた2192ケースの解析結果を重ね合わせた最大値のマップ



降下火砕物の影響範囲図に十和田中楸、南部軽石、大湯1軽石の等層厚線を重ね合わせた図

(参考16) 十和田火山防災協議会の降灰想定等の評価への影響について 当社の降下火砕物シミュレーション(月別平年値の21時の結果)

- 十和田中掇テフラ相当の噴火について月別平年値の風を用いた降下火砕物シミュレーションの結果(21時)を示す。
- 風向がほぼ真西で安定する10月～4月には火山灰の堆積方向が敷地より南方を向き、敷地における火山灰厚さは、ほぼ0cm～0.0035cmと評価。
- 敷地における火山灰厚さはジェット気流が弱まる5月～9月に厚くなる傾向があり、最大となる8月の堆積層厚は0.47cmと評価。



風条件: 月別平年値(21時)
(1981～2010年)

凡例



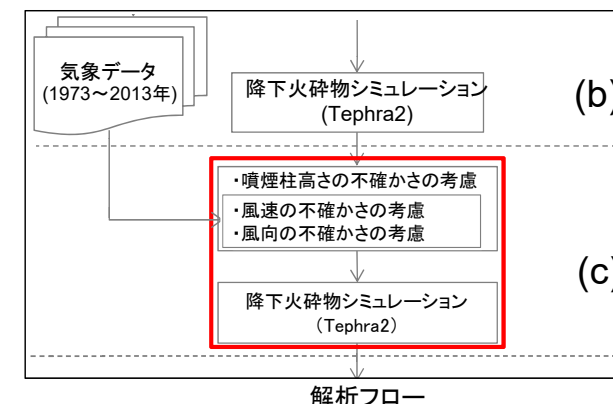
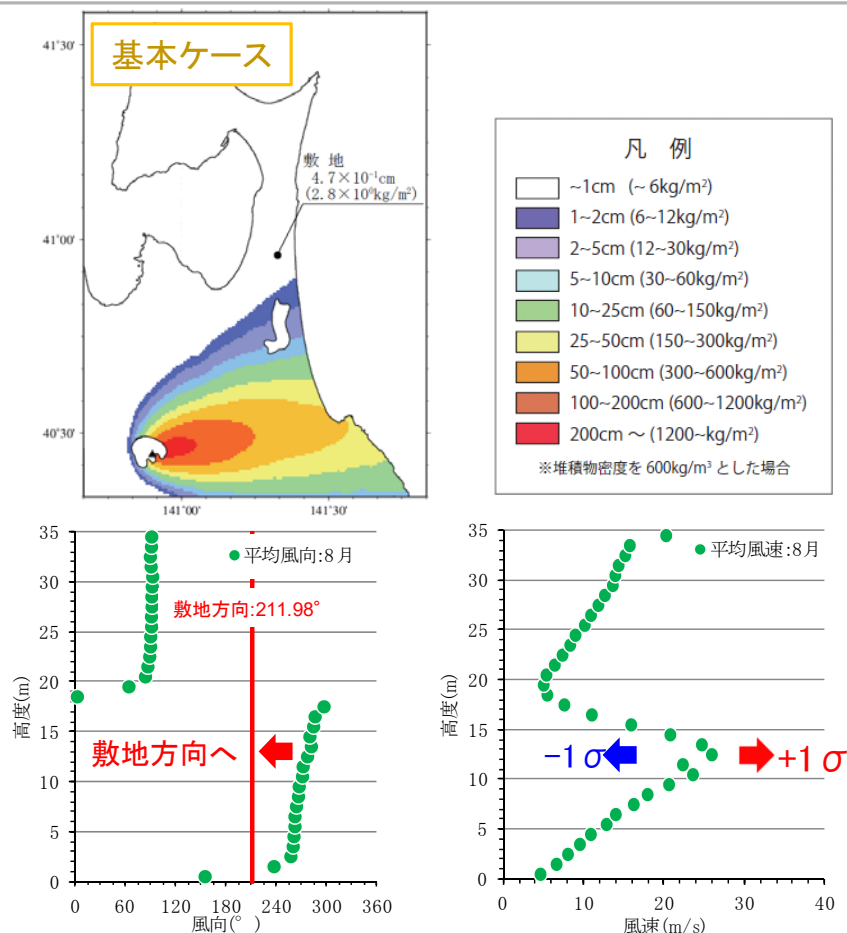
※堆積物密度を 600kg/m³ とした場合

(参考16) 十和田火山防災協議会の降灰想定等の評価への影響について 当社の降下火砕物シミュレーション(不確かさの検討)

- 敷地における火山灰厚さが最大の0.47cmとなる8月(21時)の平年値の風(1981~2010年)を用いて、噴煙柱高さの不確かさによる火山灰厚さへの影響について検討する。
- 加えて、8月(21時)の平年値の風の解析を基本ケースとし、風向・風速の不確かさによる影響をより長い期間(1973~2013年)の気象データを用いて検討する。

基本ケース

8月(21時)の平年値の風(1981~2010年), 噴煙柱高さ25km



➤ 噴煙柱高さの不確かさ

[気象データ:8月(21時)の平年値 (1981~2010年)]

不確かさ<噴煙柱高さ>

噴煙柱高さ±5km

※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:1973~2013年]

不確かさ<風速>

風速±1σ

不確かさ<風向>

敷地方向の風

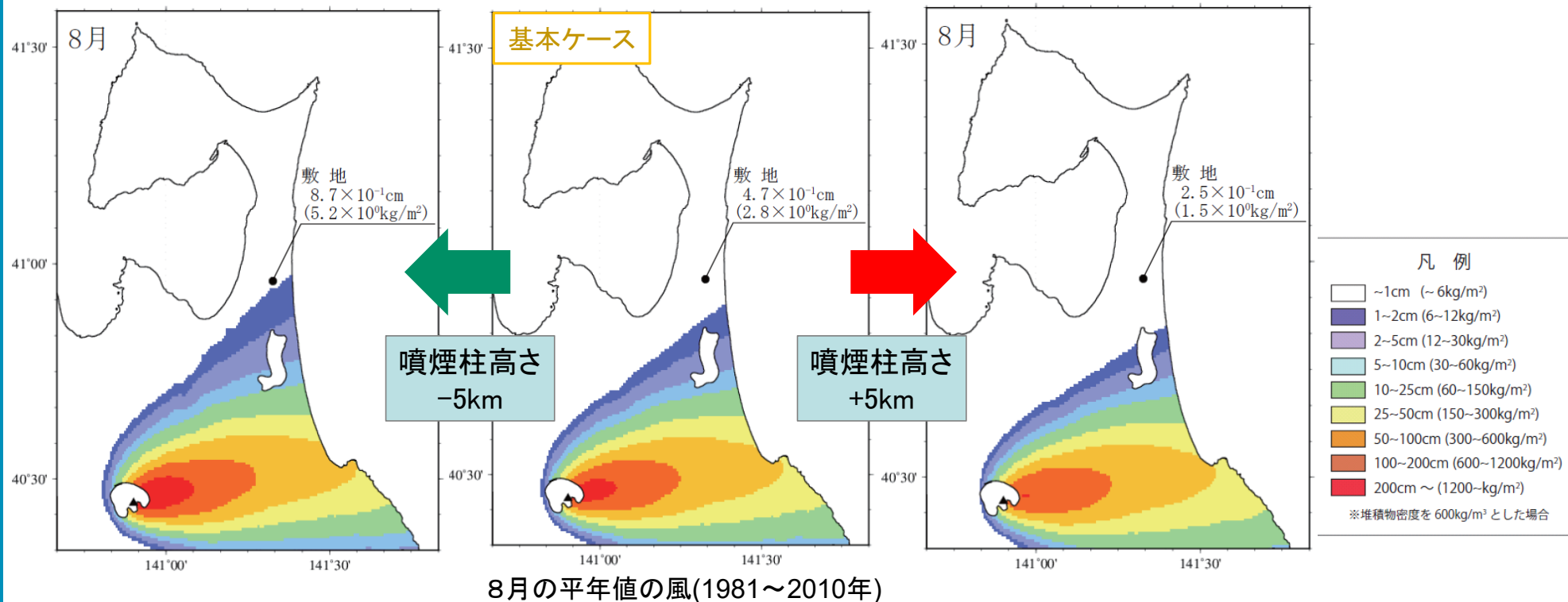
(参考16) 十和田火山防災協議会の降灰想定等の評価への影響について
 当社の降下火砕物シミュレーション(不確かさの検討<噴煙柱高さ>)

噴煙柱高さ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の火山灰厚さが厚くなるものの、最大でも0.87cm。

※一般に、VEI5(1~10km³)の噴火における噴煙柱高さは25km以上とされており(町田・新井, 2011), 十和田中掇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さを25kmとしている。

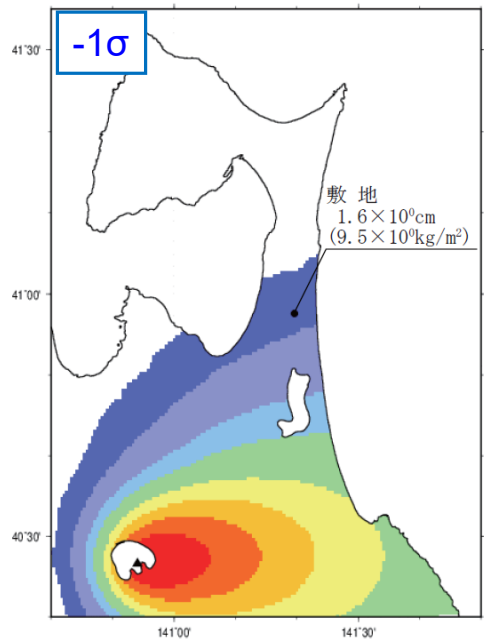
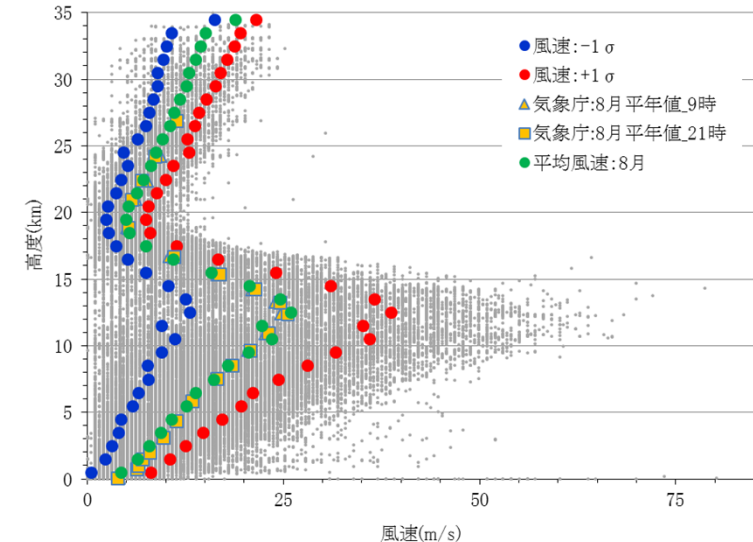
VEI	1	2	3	4	5	6	7	8
噴出物総体積 (km ³)	0.0001 ~ 0.001	0.001 ~ 0.01	0.01 ~ 0.1	0.1 ~ 1	1 ~ 10	10 ~ 100	100 ~ 1000	1000~
噴煙柱高度 (km)	0.1~1	1~5	3~15	10~25	>25			
	小噴火	中噴火		大噴火	——巨大噴火——	破局的噴火		
		爆発的噴火				テフロクロノロジーに利用		
	← 高頻度							→ 低頻度

町田・新井(2011)

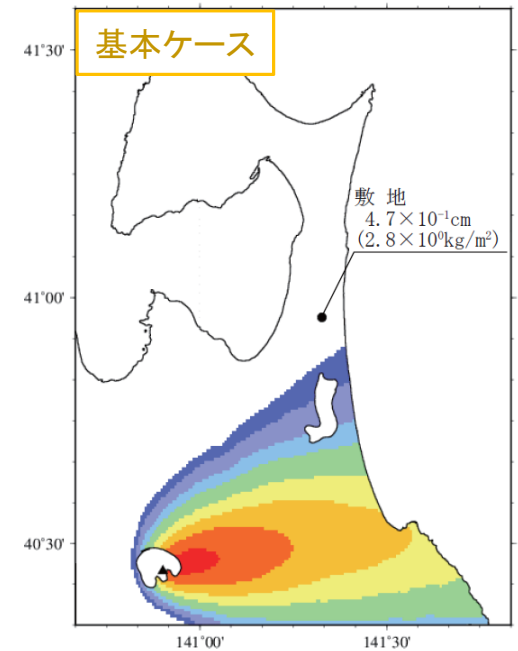


(参考16) 十和田火山防災協議会の降灰想定等の評価への影響について
 当社の降下火砕物シミュレーション(不確かさの検討<風速>)

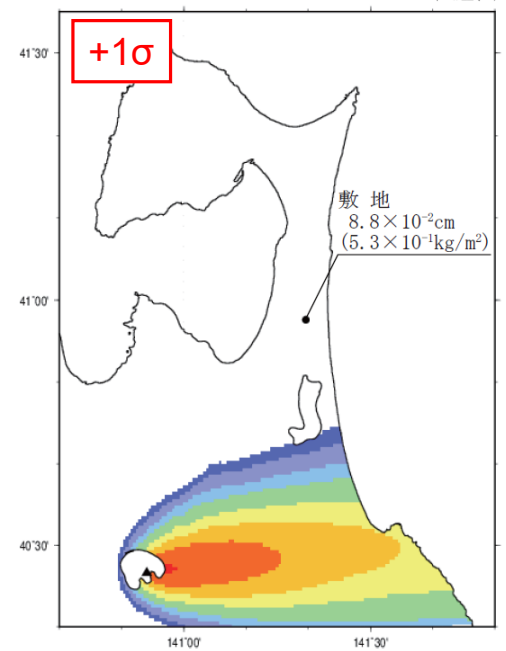
- 風速の不確かさを考慮し、平均風速に対して、 $\pm 1\sigma$ とした場合について検討した。
- 敷地の火山灰厚さは、風速が小さいほど厚くなるものの、 -1σ とした場合でも、1.6cm。



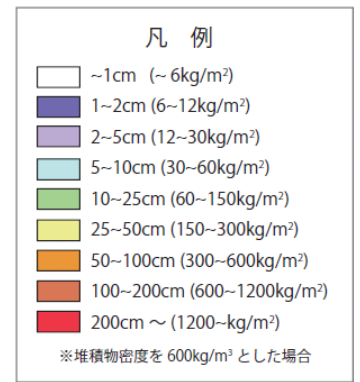
平均風速に対し-1σの風速
 (1973~2013年)



8月の平年値の風
 (1981~2010年)



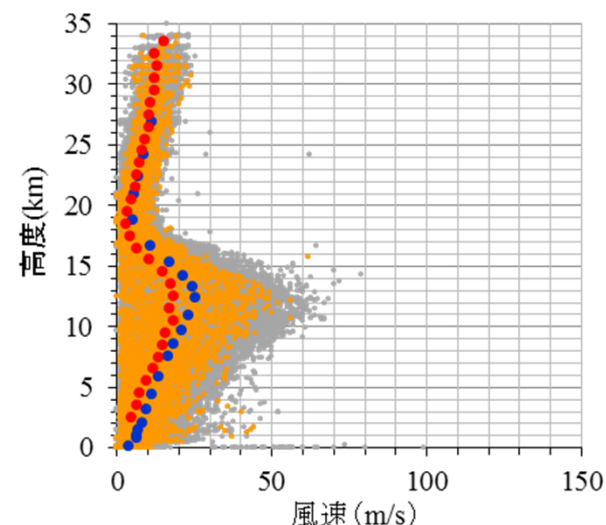
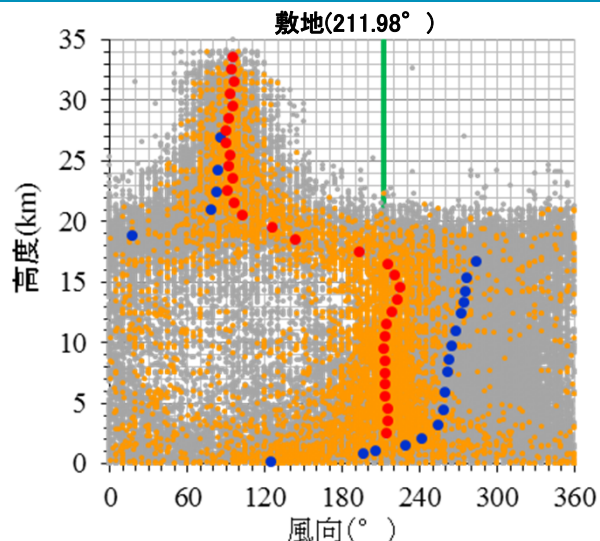
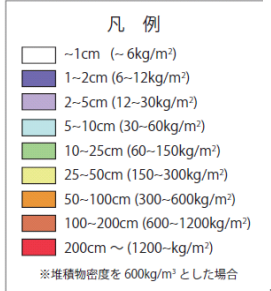
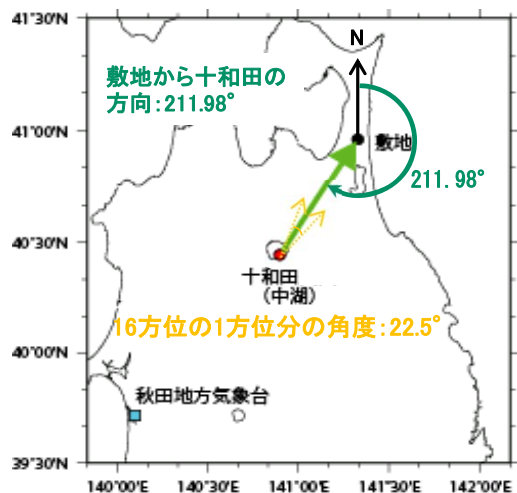
平均風速に対し+1σの風速
 (1973~2013年)



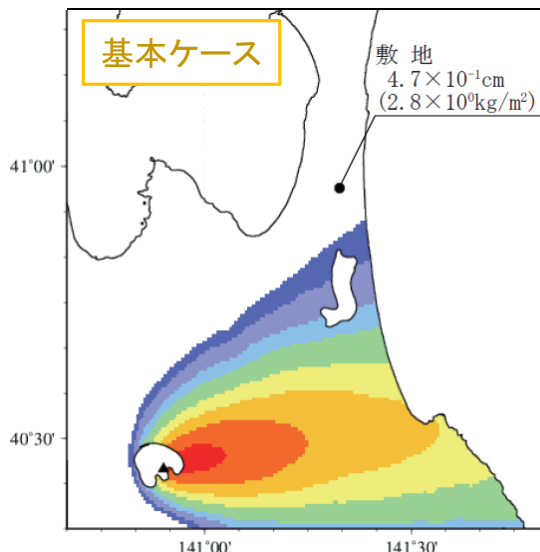
(参考16) 十和田火山防災協議会の降灰想定等の評価への影響について
当社の降下火砕物シミュレーション(不確かさの検討<風向>)

風向の不確かさを考慮し、敷地方向の風を作成して検討した結果、敷地における火山灰厚さは35cm。

※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(211.98°)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

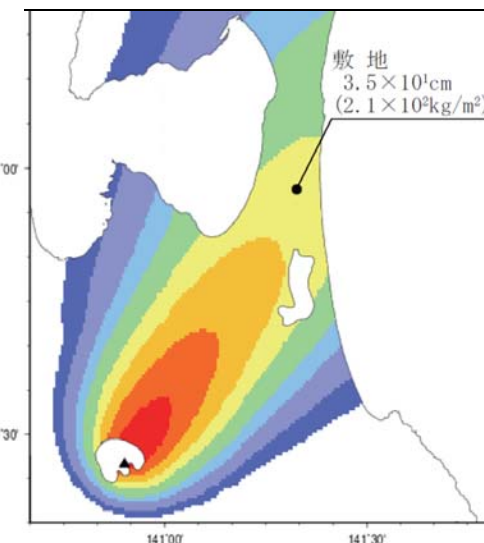


- 8月の観測値(全データ)
- 8月の観測値(敷地方向の風)
- 8月の平年値
- 敷地方向の風(合成風)



8月(21時)の平年値の風
(1981~2010年)

敷地方向の風へ

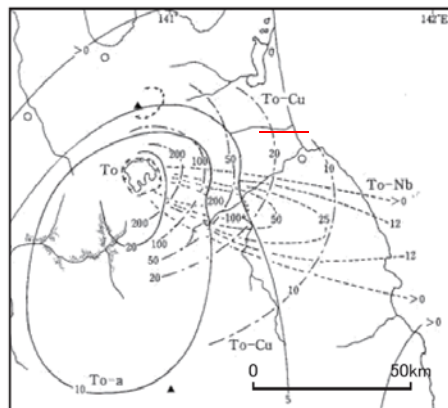


敷地方向の風(合成風)
(1973~2013年)

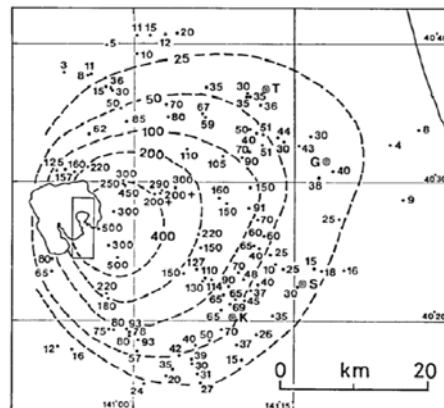
(参考16) 十和田火山防災協議会の降灰想定等の評価への影響について
 当社の降下火砕物シミュレーション〔降下火砕物シミュレーション結果と実績との比較(中撮テフラ)〕

本資料 p345 再掲

条件: 8月の平均風向及び平均風速(1973~2013年)に対し風速を -1.0σ , -1.5σ とした。

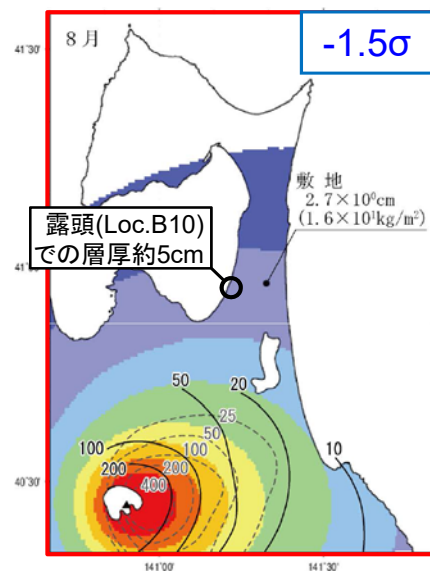


町田・新井(2011)より抜粋

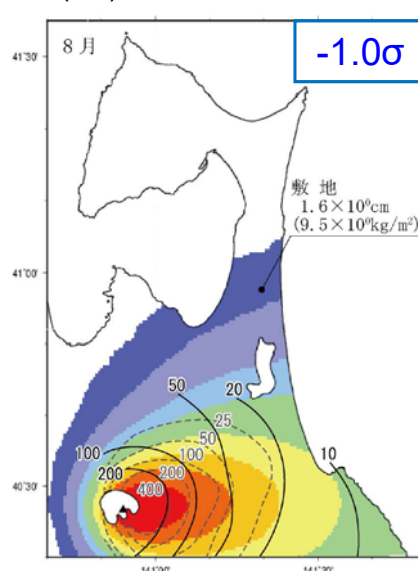


Hayakawa(1985)より抜粋

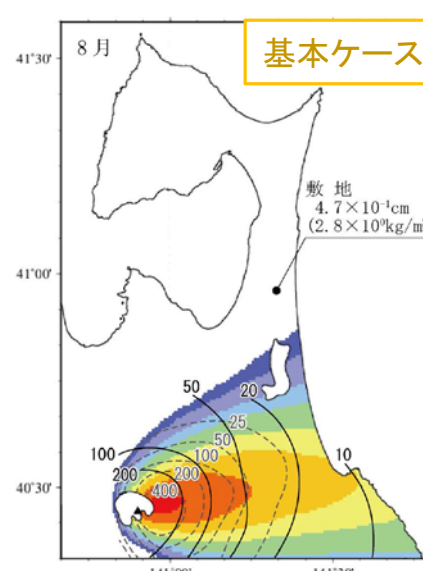
十和田中撮テフラの層厚 (cm)



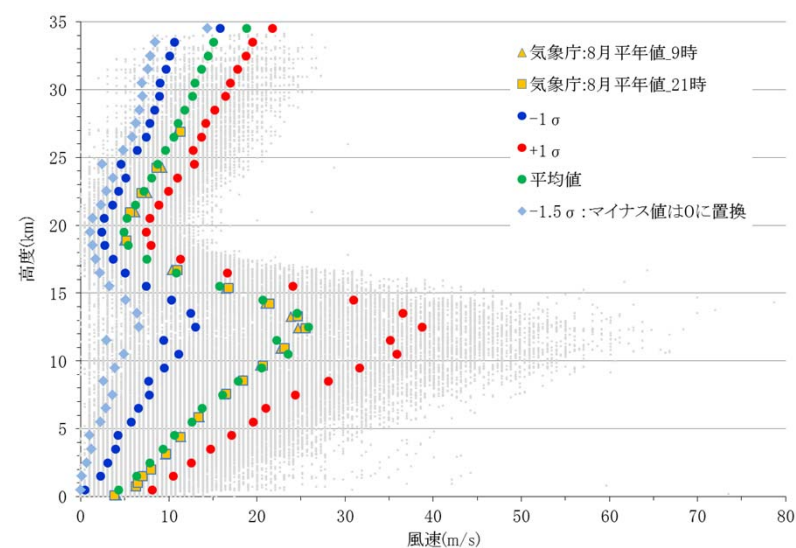
8月の平均風速に対し -1.5σ の風速
(1973~2013年)



8月の平均風速に対し -1.0σ の風速
(1973~2013年)



8月の平均値の風
(1981~2010年)



凡例

- ~1cm (~6kg/m²)
- 1~2cm (6~12kg/m²)
- 2~5cm (12~30kg/m²)
- 5~10cm (30~60kg/m²)
- 10~25cm (60~150kg/m²)
- 25~50cm (150~300kg/m²)
- 50~100cm (300~600kg/m²)
- 100~200cm (600~1200kg/m²)
- 200cm ~ (1200~kg/m²)

※堆積物密度を600kg/m³とした場合

文献上の十和田中撮テフラのアイソバック

- 町田・新井(2011)
- Hayakawa(1985)

➤ 上記の条件では、 -1.5σ の風速のケースが、文献や当社の調査結果に基づく実績の層厚分布と降下火砕物シミュレーション結果が概ね整合する。

余 白

(参考16) 十和田火山防災協議会の降灰想定等の評価への影響について 火山防災マップ作成指針と全国の火山のハザードマップのうち降灰想定

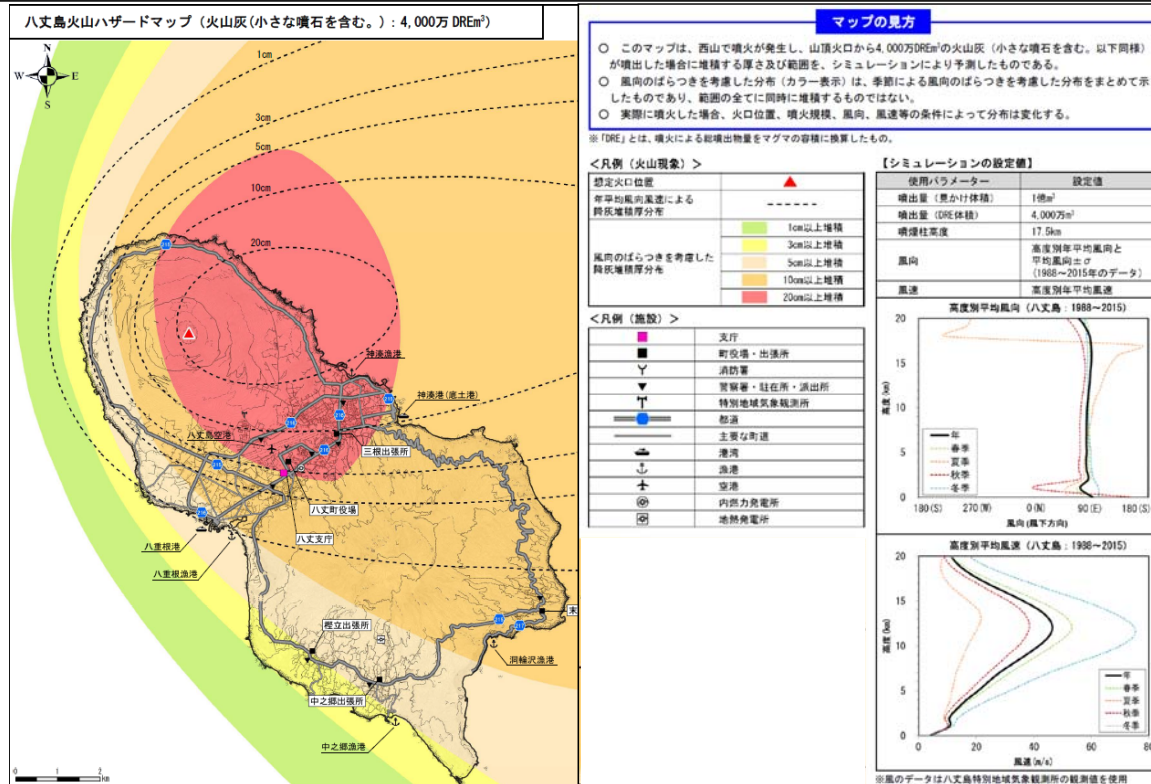
火山防災マップ作成指針について

- 「火山防災マップ作成指針」(内閣府ほか, 2013)は、「住民や一時滞在者等の円滑な避難に資することを目的に, 防災基本計画に基づく火山防災体制の在り方や最近の火山学的知見を踏まえ, 地方公共団体の防災担当者等が火山防災協議会における検討を通じて, 火山防災マップを作成する際に必要となる事項について取りまとめたものである。」とされている。
- 本指針では, 大規模噴火での降下火砕物の検討方法について次のように示している。
 - ・「成層圏に達する噴煙柱を形成するほど大規模な噴火の場合, 粒径や風の影響を反映して計算できるシミュレーションプログラムを選ぶ。」
 - ・「風向・風速は, 気象庁ホームページの気象庁統計情報にある過去の気象データ検索(高層)で紹介されている月平均値を使うと良い。」
- なお, この「火山防災マップ作成指針」(内閣府ほか, 2013)が推奨する月平均値の風は, 気象観測統計指針(気象庁, 2018)において「その時々々の気象や天候を評価する基準」として示されている月別平年値の風に相当する。

全国の火山のハザードマップのうち降灰想定

- 2015年に改正された活動火山対策特別措置法に基づき都道府県及び市町村に火山防災協議会の設置が義務付けられた全国の49火山※のハザードマップにおける降灰想定をHP上で確認した。その結果, 十和田の降灰想定のように噴煙柱が成層圏に達するような大規模な噴火の事例で, 日々の実績の風を用いて検討された降灰想定ハザードマップは認められなかった。(2018年4月10日時点)

※ アトサヌプリ, 雌阿寒岳, 大雪火山群, 十勝岳火山群, 樺前山, 倶多楽・登別火山群, 有珠山, 北海道駒ヶ岳, 恵山, 岩木山, 北八甲田火山群, 十和田, 秋田焼山, 岩手山, 秋田駒ヶ岳, 鳥海山, 栗駒山, 蔵王山, 吾妻山, 安達太良山, 磐梯山, 那須岳, 日光白根山, 草津白根山, 浅間山, 新潟焼山, 立山, 焼岳, 乗鞍岳, 御嶽山, 白山, 富士山, 箱根火山群, 伊豆東部火山群, 伊豆大島, 新島火山群, 神津島火山群, 三宅島, 八丈島火山群, 青ヶ島, 鶴見岳, 九重山, 阿蘇山, 雲仙岳, 霧島山, 桜島, 鬼界, 口永良部島, 諏訪之瀬島



火山防災マップ作成指針が策定されて以降に, 成層圏に達するようなVEI4以上の噴火規模を想定し, 降灰のハザードマップを作成された一例:

八丈島火山ハザードマップ

八丈島火山防災協議会(2017)より抜粋



(参考16) 十和田火山防災協議会の降灰想定等の評価への影響について
十和田火山防災協議会の解析条件に係る考察：十和田火山防災協議会と当社の解析条件の比較

十和田火山防災協議会と当社の解析条件を比較した結果、表中で赤字で示す

- ・平均粒径
- ・粒径の標準偏差
- ・岩片密度
- ・噴煙柱分割数
- ・給源の緯度経度
- ・風

の解析条件が異なる。

パラメータ		十和田火山防災協議会の解析条件※		当社の解析条件		
	単位	値	設定根拠等	値	設定根拠等	
想定噴火		十和田中撒軽石		十和田中撒軽石		
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 、堆積物密度：600kg/m ³ に基づき設定	4.01×10 ¹²	Hayakawa (1985) の To-Cu の見かけの噴出量：6.68km ³ 、堆積物密度：600kg/m ³ に基づき設定	
噴煙柱高度	m	25,000	Hayakawa (1985) の To-Cu の最大粒径分布をもとに Carey&Sparks (1986) の噴煙柱高度-風速の関係から設定	25,000	同程度の規模の噴火 (VEI:5) の一般値 (Newhall and Self, 1982 による) に基づき設定	
粒径	最大	mm	1/2 ⁻¹⁰	Tephra2 推奨値	1/2 ⁻¹⁰	Tephra2 推奨値
	最小	mm	1/2 ¹⁰	Tephra2 推奨値	1/2 ¹⁰	Tephra2 推奨値
	平均	mm	1/2 ^{3.0}	Hayakawa (1985) (3~4phi 程度) をもとに感度分析により設定	1/2 ^{4.5}	Tephra2 推奨値 (VEI=5 : St. Helens 1980) に基づき設定
	標準偏差	mm	1/2 ⁵	Hayakawa (1985) (±2σ に-5 が入る) をもとに感度分析により設定	1/2 ³	Tephra2 推奨値 (VEI=5 : St. Helens 1980) に基づき設定
岩片密度	t/m ³	1.0	軽石と同じ値を設定 (Tephra2 では粒径により軽石と岩片の比率が仮定されているため軽石主体であることを考慮して設定)	2.6	Tephra2 推奨値	
軽石粒子密度	t/m ³	1.0	一般値	1.0	Tephra2 推奨値	
渦拡散係数	m ² /s	0.04	万年 (2013) に基づき設定	0.04	万年 (2013) に基づき設定	
拡散係数	m ² /s	10,000	万年 (2013) に基づき設定	10,000	万年 (2013) に基づき設定	
Fall Time Threshold	s	3,600	万年 (2013) に基づき設定	3,600	万年 (2013) に基づき設定	
噴煙柱分割数		250	万年 (2013) に基づき設定 (噴煙柱高度/放出間隔が 100 程度)	200	万年 (2013) に基づき設定	
給源	X (東経)	m	491,160	想定火口範囲の中心 (中湖) の UTM 座標	491,603	十和田湖 (中湖の中心付近) の UTM 座標
	Y (北緯)	m	4,477,330		4,477,037	
	標高	m	400	想定火口範囲の中心 (中湖) の湖面標高	400	
風	解析に用いた風	秋田地方気象台の 1988 年～2016 年の高層気象データ (9 時) のうち、直近 3 年間 (2014-2016 年) と長期欠測のある 1988-1991 年を除く古い期間 3 年間 (1992-1994 年) の日別観測データ		ワイオミング大学の HP 上の 1973～2013 年のうち 8 月の秋田地方気象台の高層気象観測データ (21 時) を用いて、敷地方向の風を抽出・平均して作成		
標高データ	メッシュサイズ	火口近傍 (陸域) を 2km、近海域を 4km、遠海域を 8km メッシュに設定。標高値は 0		国土地理院の数値地図 50m を解析用に 500m メッシュに変換		
解析コード (Tephra2) のダウンロード先		南フロリダ大学 HP 上よりダウンロード		南フロリダ大学 HP 上よりダウンロード		

※十和田火山防災協議会の解析条件は、青森県より情報提供頂いたものである。

(参考16) 十和田火山防災協議会の降灰想定等の評価への影響について

十和田火山防災協議会の解析条件に係る考察: 十和田火山防災協議会の風以外の解析条件を用いたパラメータスタディ

- 十和田火山防災協議会と当社の解析条件の違いのうち、風以外の解析条件についてパラメータスタディを実施。
- パラメータスタディの結果、粒径及び岩片密度の解析条件を変えると、敷地での層厚が変化するが、いずれのケースでも、当社の解析条件での結果である層厚35cmを下回ることを確認した。
- また、噴煙柱分割数、給源の緯度経度は、層厚に影響を与えないことを確認した。

十和田火山防災協議会の解析条件でのパラメータスタディ

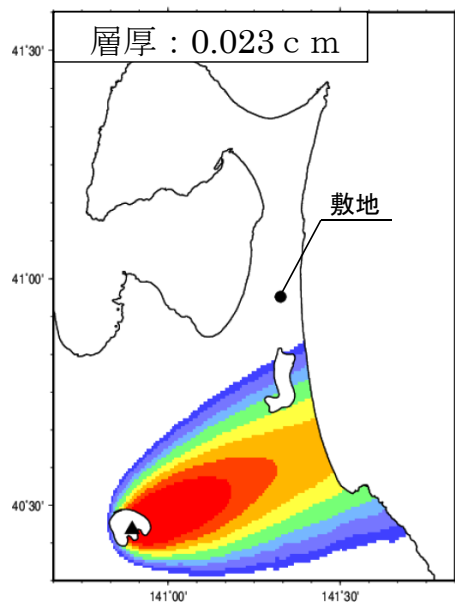
パラメータ		十和田火山防災協議会の解析条件	当社の解析条件	パラメータスタディ (当社の条件をベースに、協議会の風以外の条件で解析)					
				ケース① (粒径を協議会)	ケース② (岩片密度を協議会)	ケース③ (噴煙柱分割数を協議会)	ケース④ (給源の緯度経度を協議会)	ケース⑤ (風以外の全ての条件を協議会)	
当社敷地での層厚		—	35cm	33.3cm	28.3cm	35cm	35cm	28.3cm	
粒径	最大	mm	<u>1/2⁻¹⁰</u>	1/2 ⁻¹⁰	原燃と協議会				
	最小	mm	<u>1/2¹⁰</u>	1/2 ¹⁰	同じ				
	平均	mm	<u>1/2^{3.0}</u>	1/2 ^{4.5}	協議会 1/2 ^{3.0}	原燃 1/2 ^{4.5}	原燃 1/2 ^{4.5}	原燃 1/2 ^{4.5}	協議会 1/2 ^{3.0}
	標準偏差	mm	<u>1/2⁵</u>	1/2 ³	協議会 1/2 ⁵	原燃 1/2 ³	原燃 1/2 ³	原燃 1/2 ³	協議会 1/2 ⁵
岩片密度		t/m ³	<u>1.0</u>	2.6	原燃 2.6	協議会 1.0	原燃 2.6	原燃 2.6	協議会 1.0
噴煙柱分割数			<u>250</u>	200	原燃 200	原燃 200	協議会 250	原燃 200	協議会 250
給源	X (東経)	m	<u>491, 160</u>	491, 603	原燃 491, 603	原燃 491, 603	原燃 491, 603	協議会 491, 160	協議会 491, 160
	Y (北緯)	m	<u>4, 477, 330</u>	4, 477, 037	原燃 4, 477, 037	原燃 4, 477, 037	原燃 4, 477, 037	協議会 4, 477, 330	協議会 4, 477, 330

※赤字の下線箇所は、青森県より情報提供頂いたものである。

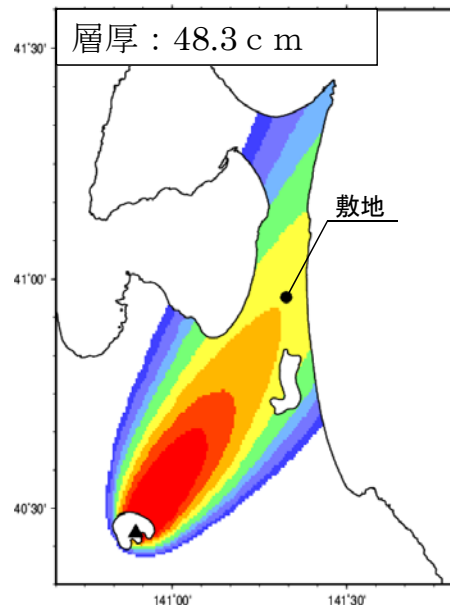
(参考16) 十和田火山防災協議会の降灰想定等の評価への影響について
 十和田火山防災協議会の解析条件に係る考察: 十和田火山防災協議会の解析条件(風含む)での解析結果

- 解析条件を全て協議会と同じとし、風の条件についても、協議会の実績の風[過去6年間(1992~1994年, 2014~2016年)の毎日9時の高層気象観測データ]を用いて、全2192ケースの解析を実施した。
- 解析の結果、敷地での最大層厚は48.3cmであり、2015年4月17日9時の風データによるものである。
- 「原子力発電所の火山影響評価ガイド」によれば、今回の想定噴火である、十和田中掬テフラのようなVEI5規模の噴火の場合、噴火継続時間は約24時間である。
- 一方、最大層厚が算出された2015年4月17日9時の前後では風向・風速が変化しており、12時間前及び12時間後の風データを用いた解析による敷地での層厚は、1cm未満である。

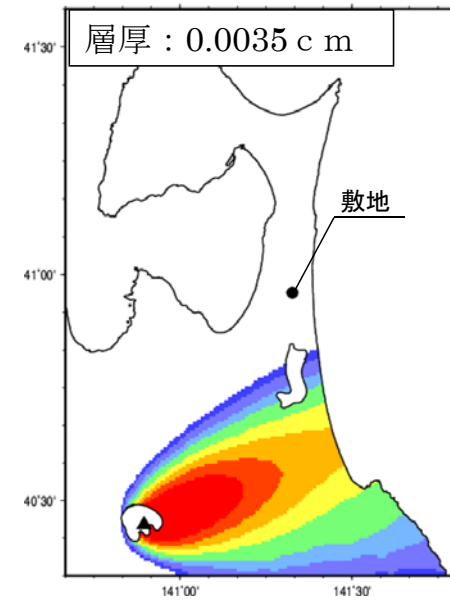
※赤字の下線箇所は、青森県より情報提供頂いたものである。



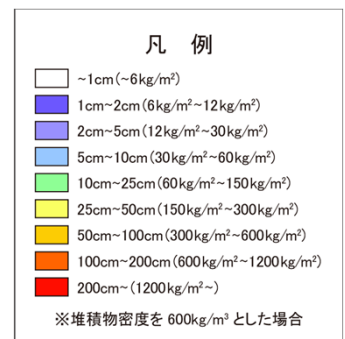
12時間前 (2015.4.16 21時)



最大層厚日時 (2015.4.17 9時)



12時間後 (2015.4.17 21時)



(参考16) 十和田火山防災協議会の降灰想定等の評価への影響について
十和田火山防災協議会の解析条件に係る考察: 敷地での層厚が最大となる日時とその前後の天気図

○敷地での層厚が最大となる2015年4月17日 9時前後の天気図

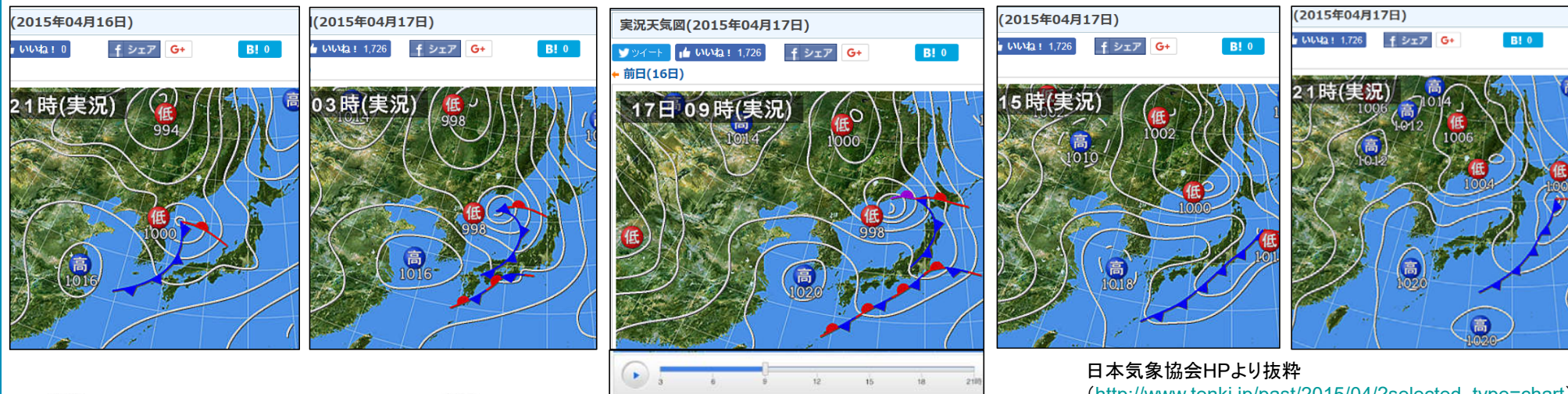
12時間前

6時間前

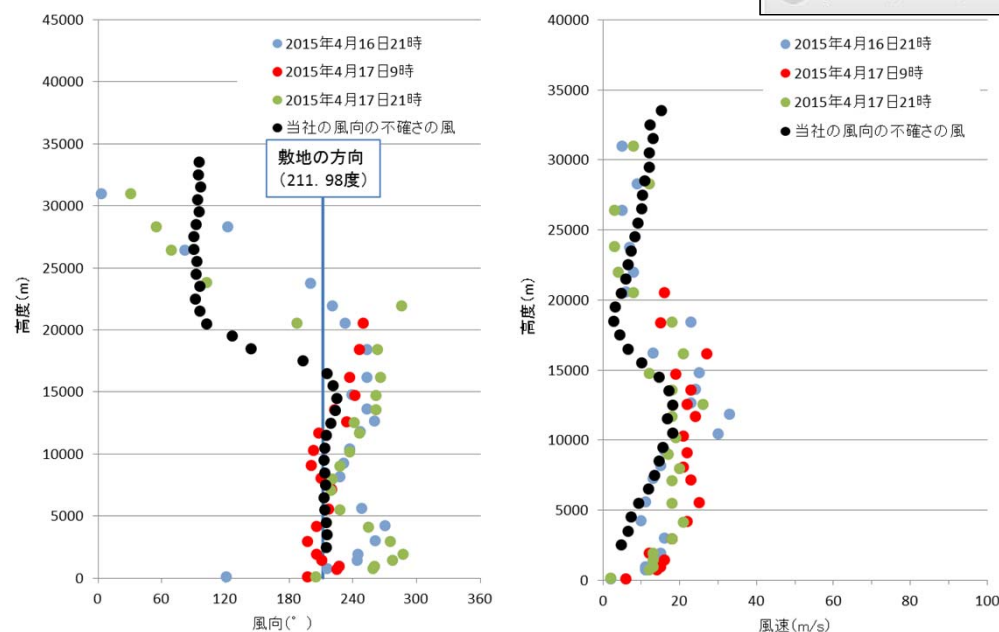
敷地での層厚が最大となる
2015年4月17日 9時

6時間後

12時間後



日本気象協会HPより抜粋
(http://www.tenki.jp/past/2015/04/?selected_type=chart)

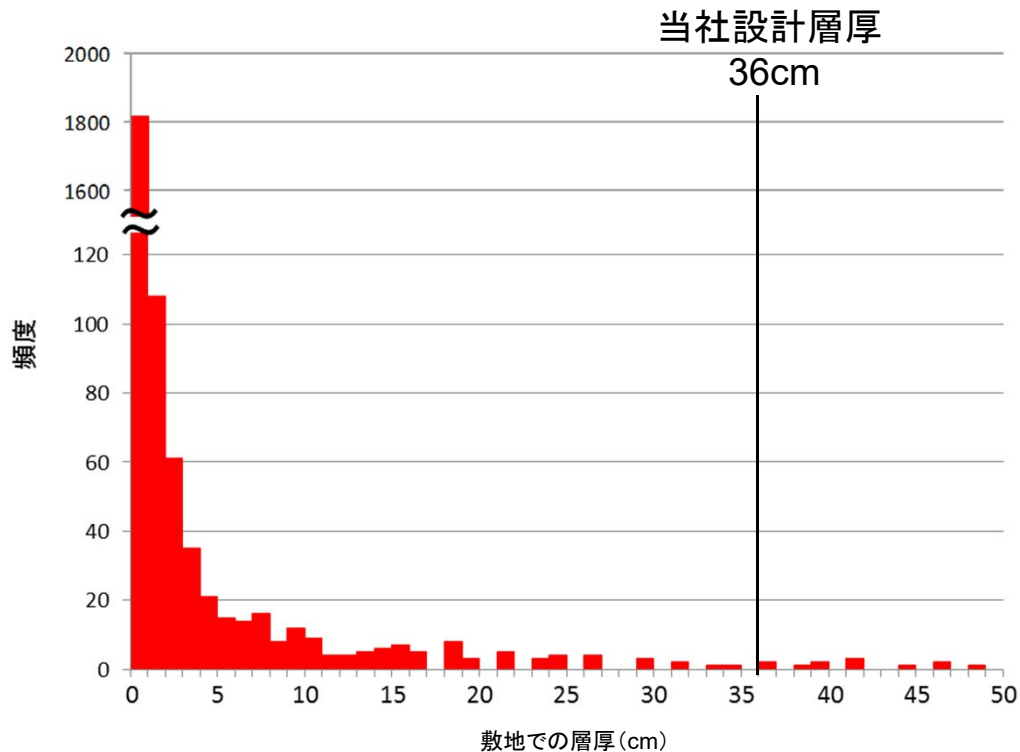
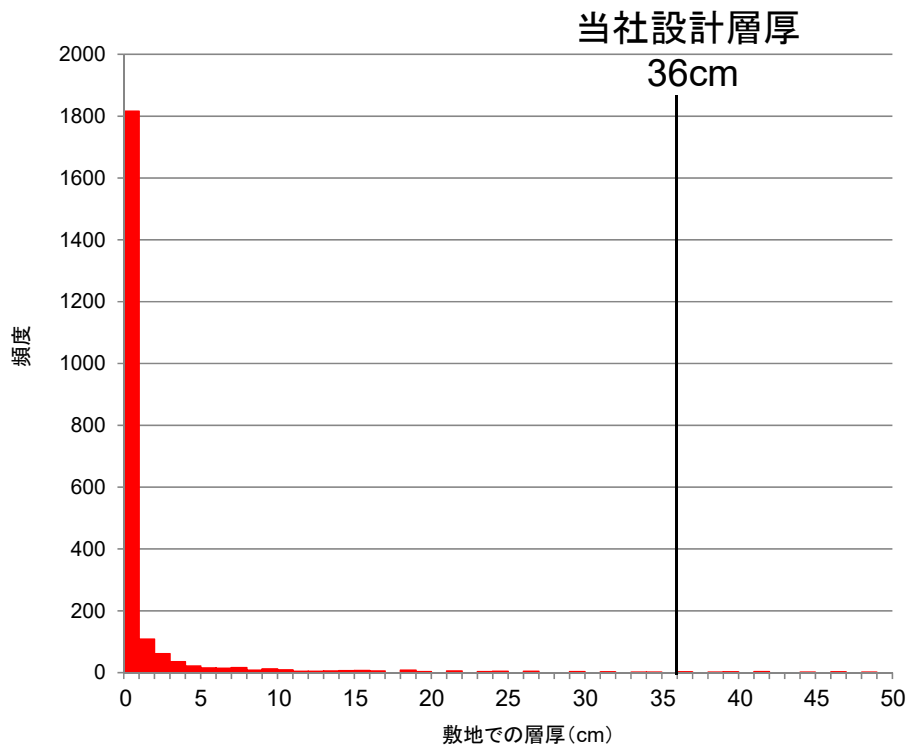


2015年4月17日9時の風, その前後12時間の風及び当社の風向の不確かさの風データ

- 敷地での層厚が最大となる2015年4月17日 9時前後の天気図を確認した結果, 低気圧が日本海上を北上しており, 2015年4月17日 9時頃に敷地に近い低気圧が最も発達している。しかし, その前後12時間では気圧配置が変化している。
- 当該地域の上層の風は通年偏西風が卓越しているが, 低気圧の発達・移動と偏西風の蛇行が密接に関連し, 一時的に給源から敷地へ向かう風向となったものと考えられる。
- また, 今回の想定噴火である, 十和田中掬テフラ(VEI5)の噴火では, 24時間程度の噴火継続時間が想定されることから, 十和田中掬テフラの噴火継続時間中, 9時の風が当社敷地方向に吹き続けることは考えがたい。

(参考16) 十和田火山防災協議会の降灰想定等の評価への影響について
十和田火山防災協議会の解析条件に係る考察:協議会ヒストグラム

- 十和田火山防災協議会の解析条件で、2192ケースの実績の風〔過去6年間(1992～1994年, 2014～2016年)の毎日9時の高層気象観測データ〕を用いて、敷地における層厚を算出した。
- 敷地の層厚が36cmを超えるのは2192ケースのうち12ケースであった。



2192ケースの実績の風を用いた解析結果の
敷地での層厚と頻度の関係(ヒストグラム)

(参考16) 十和田火山防災協議会の降灰想定等の評価への影響について
結論

■降下火砕物

- 当社は、降下火砕物の設計層厚を定めるにあたり、降下火砕物シミュレーションによる不確かさの検討として、噴煙柱高さ、風速及び風向の不確かさによる影響を検討した結果、風向の不確かさケース(敷地方向の風)が最大で層厚35cmである。(設計層厚は36cm)。
- 解析に用いた風は、内閣府等が策定した「火山防災マップ作成指針」(内閣府ほか、2013)が推奨している月平均値の風や、気象観測統計指針(気象庁、2005)において「その時々気象や天候を評価する基準」として示されている月別平年値の風と同様に、実績の風を平均して作成したものである。
- また、十和田の後カルデラ期の最大規模の降下火砕物である十和田中掬テフラを対象とした再現性解析の結果、降下火砕物の実績層厚を平均的な風を用いた解析で再現可能であることから、当社の平均的な風を用いた不確かさケース等の解析は妥当である。
- 以上のことから、当社の降灰想定は現実的に想定しうる中で最大限の不確かさを考慮し、十分な保守性をもたせた層厚であると考えられる。
- 一方、十和田火山防災協議会の警戒避難体制の整備を目的とした降下火砕物の層厚想定は、当社と同じ十和田中掬テフラを大規模噴火の想定噴火としているが、実績の風(毎日9時の高層気象観測データ)を用いており、その風が降下火砕物が全て降下するまで継続するという条件で実施し、実績層厚よりも厚く・広い範囲を、降下火砕物の影響範囲として想定している。
- また、「火山防災マップ作成指針」(内閣府ほか、2013)によるとシミュレーションに用いる風向・風速は月平均値を使うと良いとされており、加えて、十和田中掬テフラのようなVEI5規模の噴火の場合、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」によると噴火継続時間は約24時間とされていることから、一時的な風である実績の風(毎日9時の高層気象観測データ)が、十和田中掬テフラの噴火継続時間中、当社敷地方向に吹き続けることは考えがたい。

■降下火砕物を除く火砕流等の火山事象

- 降下火砕物を除く火砕流等の火山事象については、十和田火山防災協議会の想定影響範囲に当社敷地は含まれない。

※赤字の下線箇所は、青森県より情報提供頂いたものである。

以上のことから、降下火砕物については、当社は現実的に想定しうる中で最大限の不確かさを考慮しており、当社の降灰想定は妥当であるため、十和田火山防災協議会の層厚想定は施設的设计には用いない。また、降下火砕物を除く火砕流等の火山事象については、協議会の想定でも施設への影響は無い。

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)概要及び付表, 200万の1地質編集図, no.11, 独立行政法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター.
2. 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, 独立行政法人産業技術総合研究所 地質調査総合センター.
3. 西来邦章・伊藤順一・上野龍之・内藤一樹・塚本 斉編(2014): 第四紀噴火・貫入活動データベースVer.1.00, 独立行政法人産業技術総合研究所.
4. 産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2017): 1万年噴火イベントデータ集(ver.2.3), 産総研地質調査総合センター.
5. 気象庁編(2013): 日本活火山総覧(第4版).
6. 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.
7. 山元孝広(2015): 日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図, 地質調査総合センター研究資料集, 613, 産総研地質調査総合センター.
8. 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], 東京大学出版会, 336p.
9. 海上保安庁海洋情報部: 海域火山データベース.
10. Matsubara, M. and Obara, K. (2011): The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake related to a strong velocity gradient with the Pacific plate, *Earth, Planets and Space*, 63, pp.663–667.
11. Matsubara, M., Sato, H., Uehira, K., Mochizuki, M. and Kanazawa, T. (2017): Three-dimensional seismic velocity structure beneath Japanese Islands and surroundings based on NIED seismic networks using both inland and offshore events, *Journal of Disaster Research*, 12, pp.844-857.
12. Matsubara, M., Sato, H., Uehira, K., Mochizuki, M., Kanazawa, T., Takahashi, N., Suzuki K. and Kamiya, S. (2019): Seismic Velocity Structure in and around the Japanese Island Arc Derived from Seismic Tomography Including NIED MOWLAS Hi-net and S-net Data, *Seismic Waves - Probing Earth System*, IntechOpen, pp.1-19.
13. 高田倫義・中川光弘(2016): 南西北海道, 横津火山群の地質と岩石: 150万年間の活動様式とマグマ化学組成の時間変遷, 日本地質学会第123年学術大会講演要旨, R3-O-2.
14. 工藤 崇(2018): 十和田湖周辺地域における前期～中期更新世火山活動史, 地質調査研究報告, 69, pp.165–200.
15. 雁澤好博・紀藤典夫・柳井清治・貞方 昇(2005): 北海道駒ヶ岳の最初期テフラの発見と初期噴火活動史の検討, 地質学雑誌, 111, pp.581–589.
16. 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)(1988): No.13-南茅部地域-, 地熱開発促進調査報告書, 1170p.
17. 宝田晋治(1991): 岩屑流の流動・堆積機構—田代岳火山起源の岩瀬川岩屑流の研究—, 火山, 36, pp.11–23.
18. 宝田晋治・村岡洋文(2004): 八甲田山地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 86p.
19. 吉本充宏・宝田晋治・高橋 良(2007): 北海道駒ヶ岳火山の噴火履歴, 地質学雑誌, 113, pp.81–92.
20. 鈴木 守・長谷川 潔・三谷勝利(1969): 5万分の1地質図幅「東海」及び説明書, 北海道開発庁, 33p.
21. 国府谷盛明・松井公平・小林武彦(1967): 5万分の1地質図幅説明書「鹿部」及び説明書, 北海道開発庁, 30p.
22. Miura, D., Arai, K., Toshida, K., Ochiai, T., Tanaka, M. and Iida, T. (2013): Eruption history, conduit migration, and steady discharge of magma for the past 50, 000 yr at Esan volcanic complex, northern Japan, *Geological Society of America Bulletin*, published online on 7 June 2013 as doi:10.1130/B30732.1.

参考文献②

23. 梅田浩司(1992):下北半島,むつ燧岳火山の地質と岩石記載,岩鉱,87,pp.420-429.
24. 富樫茂子(1977):恐山火山の岩石学的研究,岩石鉱物鉱床会誌,73,pp.45-60.
25. リサイクル燃料貯蔵株式会社(2007):リサイクル燃料備蓄センター使用済燃料貯蔵事業許可申請書,平成19年3月,(平成21年4月一部補正,平成21年6月一部補正,平成21年8月一部補正,平成21年12月一部補正,平成22年4月一部補正).
26. 佐々木 実・小川 洋・斎藤憲二・梅田浩司(1996):岩木火山の形成史,日本火山学会講演予稿集,P17,pp.165.
27. 工藤 崇・宝田晋治・佐々木 実(2004):東北日本,北八甲田火山群の地質と火山発達史,地質学雑誌,110,pp.271-289.
28. 村岡洋文・高倉伸一(1988):10万分の1八甲田地熱地域地質図説明書,特殊地質図,通商産業省 工業技術院 地質調査所,21,27p.
29. 村岡洋文・山口 靖・長谷紘和(1991):八甲田地熱地域で見出されたカルデラ群,地質調査所報告,275,pp.97-111.
30. 大沢 穠・三村弘二・広島俊男・中島和敏(1993):20万分の1地質図幅 青森,第2版,通商産業省 工業技術院 地質調査所.
31. 青森県史編さん自然部会(2001):青森県史 自然編 地学. 青森県,625p.
32. 長森英明・宝田晋治・吾妻 崇(2013):青森西部地域の地質,地域地質研究報告(5万分の1地質図幅),産総研地質調査総合センター,67p.
33. 中川久夫・中馬教允・石田琢二・松山 カ・七崎 修・生出慶司・大池昭二・高橋 一(1972):十和田火山発達史概要,東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告,73,pp.7-18.
34. 土井宣夫(1993):盛岡市付近に分布する十和田一大不動・八戸火砕流堆積物の産状,日本地質学会東北支部会報,22,pp.8-9.
35. 大沢 穠・須田芳朗(1978):20万分の1地質図幅 弘前および深浦,工業技術院 地質調査所.
36. 工藤 崇・内野隆之・濱崎聡志(2019):十和田湖地域の地質,地域地質研究報告(5万分の1地質図幅),産業技術総合研究所地質調査総合センター,192p.
37. 大場 司(1991):秋田焼山火山の地質学的・岩石学的研究-1.山体形成史-. 岩鉱,86,pp.305-322.
38. 筒井正明・伊藤英之・秋田県鹿角建設事務所(2002):秋田焼山起源のテフラ及びその噴火年代,日本火山学会講演予稿集,P49,pp.173.
39. 須藤 茂(1987):仙岩地熱地域の珪長質大規模火砕流堆積物—玉川溶結凝灰岩と古玉川溶結凝灰岩—. 地質調査所報告,266,pp.77-142.
40. 仙岩地熱地域地質編集グループ(1985):10万分の1 仙岩地熱地域地質図説明書,特殊地質図,通商産業省 工業技術院 地質調査所,21-2,23p.
41. 伊藤順一・土井宣夫(2005):岩手火山地質図. 1:25,000火山地質図,13,産業技術総合研究所地質調査総合センター.
42. 須藤 茂・石井武政(1987):雫石地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1図幅),地質調査所,142p.
43. Hayakawa, Y. (1985): Pyroclastic Geology of Towada Volcano, Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo, 60, pp.507-592.
44. Yamamoto, T., Kudo, T. and Isizuka, O. (2018): Temporal variations in volumetric magma eruption rates of Quaternary volcanoes in Japan, Earth, Planets and Space, 70:65.
45. 鎌田耕太郎・秦 光男・久保和也・坂本 亨(1991):20万分の1地質図幅 八戸,工業技術院 地質調査所.
46. 工藤 崇・小林 淳・山元孝広・岡島靖司・水上啓治(2011):十和田火山における噴火活動様式の時代変遷と長期的予測,日本第四紀学会講演要旨集,41,pp.82-83.
47. 工藤 崇(2010):十和田火山,御倉山溶岩ドームの形成時期と噴火推移,火山,55,pp.89-107.
48. 工藤 崇・小林 淳(2013):十和田火山,先カルデラ期~カルデラ形成期テフラの放射年代測定,地質調査研究報告,64,pp.305-311.

参考文献③

49. 大池昭二・中川久夫(1979):三戸地域広域農業開発基本調査 地形並びに表層地質調査報告書, 東北農政局計画部 1978年度 地質調査報告書, 103p.
50. 大和伸友(1989):五戸川流域の地形面, 駒澤大学大学院地理学研究, 19, pp.1-18.
51. 工藤 崇(2005):十和田地域の地質,地域地質研究報告(5万分の1地質図幅),独立行政法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター,79p.
52. 近藤玲介・塚本すみ子・工藤 崇・遠藤邦彦・小林 淳・坂本竜彦(2012):レス堆積物のpIRIR年代測定による十和田火山周辺におけるテフラ降下年代の推定, 日本第四紀学会講演要旨集, 42, pp.250-251.
53. 大和伸友(1988):テフロクロノロジーによる高館面段丘化期の認定とテフラ中の斜交関係, 駒澤大学大学院地理学研究, 18, pp.3-15.
54. 兼岡一郎・井田善明(1997):火山とマグマ, 東京大学出版会.
55. Chiba, M. (1966): Genesis of magmas producing pumice flow and fall deposits of Towada caldera, Japan, Bull. Vol, 29, pp.545-558
56. 谷口宏充(1972):十和田火山の岩石学的研究, 岩石鉱物鉱床学会誌, 67, pp.128-138.
57. Hunter, A. G. and Blake, S. (1995): Petrogenetic Evolution of a Transitional Tholeiitic—Calc-alkaline Series: Towada Volcano, Japan, Journal of Petrology, 36, pp.1579-1605.
58. 工藤 崇・植木岳雪・宝田晋治・佐々木寿・佐々木実(2006):八甲田カルデラ南東地域に分布する鮮新世末期～中期更新世火砕流堆積物の層序と給源カルデラ. 地学雑誌,115,pp.1-25.
59. 高橋正樹(2008):破局噴火-秒読みに入った人類壊滅の日, 祥伝社新書, 248p.
60. Tatsumi, Y. and Suzuki-Kamata, S. (2014): Cause and risk of catastrophic eruptions in the Japanese Archipelago, Proceedings of Japan Academy, 90, pp.347-352.
61. 高橋正樹(1995):大規模珪長質火山活動と地殻歪速度, 火山, 40, pp.33-42.
62. 十和田火山防災協議会 監(2018):十和田火山災害想定影響範囲図, 青森県防災危機管理課・秋田県総合防災課・鹿角市総務課・小坂町総務課 発行, 平成30年1月24日作成(修正済), 15p.
63. 下司信夫(2016):大規模火砕噴火と陥没カルデラ:その噴火準備と噴火過程, 火山, 61, pp.101-118.
64. Nakajima, J., Matsuzawa, T., Hasegawa, A. and Zhao, D.(2001b): Three-dimensional structure of Vp, Vs and Vp/Vs and beneath northeastern Japan: Implications for arc magmatism and fluids, Journal of Geophysical Research, 106, pp.21,843-21,857.
65. 相澤広記(2016):火山電磁気観測の進展, 火山, 61, pp.345-365.
66. 相澤広記(2017):火山の比抵抗構造研究の進展と課題, 日本火山学会2017年度秋季大会講演予稿集, A1-03.
67. 後藤忠徳・三ヶ田 均(2008):電磁気法探査(EM法探査)技術の現状と展望—地震探査との統合型解析に向けて—, 地学雑誌, 117, pp.997-1010.
68. 中島淳一(2016):プレートの沈み込みと島弧マグマ活動, 火山, 61, pp.23-36.
69. 浅森浩一・梅田浩司(2005):地下深部のマグマ・高温流体等の地球物理学的調査技術—鬼首・鳴子火山地域および紀伊半島南部地域への適応—, 原子力バックエンド研究, 11, pp.147-155.
70. 西村太志・井口正人(2006):日本の火山性地震と微動, 京都大学学術出版会.
71. 青木陽介(2016):火山における地殻変動研究の最近の発展, 火山, 61, pp.311-344.

参考文献④

72. 中島淳一(2017):東北地方の火山周辺の地震波速度・減衰構造:地殻構造と低周波地震・S波反射面との関係, 東京大学地震研究所彙報, 92, pp.49-62.
73. 下鶴大輔・荒牧重雄・井田喜明・中田節也 編(2008):火山の事典(第2版), 朝倉書店, 575p.
74. Nakajima, J., Matsuzawa, T., Hasegawa, A., Zhao D. (2001a): Seismic imaging of arc magma and fluids under the central part of northeastern Japan, *Tectonophysics*, 341, pp.1-17.
75. Yamamoto, K., Kosuga, M., Hirasawa, T. (1981): A Theoretical Method for Determination of Effective Elastic Constants of Isotropic Composites, *Sci. Rep. Tohoku Univ*, 28, pp.47-67.
76. Ogawa, Y. (1987): Preliminary interpretation on detailed magnetovariational profilings in the Northern Tohoku district, *Journal of geomagnetism and geoelectricity*, 39, pp.559-569.
77. Kanda and Ogawa(2014): Three-dimensional electromagnetic imaging of fluids and melts beneath the NE Japan arc revisited by using geomagnetic transfer function data, *Earth, Planets and Space*, 66, doi:10.1186-1880-5981-66-39.
78. 上嶋 誠(2009):MT法による電気伝導度構造研究の現状, 地震 第2輯, 61, pp.S225-S238.
79. 内田利弘・Yoonho Song・Tae Jong Lee・Seong Kon Lee・Seong Keun Lim(2008): 済州島におけるMT法調査ー超長距離リモートリファレンスの適用, 地質ニュース, 644, pp.44-53.
80. 気象庁(2014):十和田の火山活動解説資料(平成26年1月)
81. 国土地理院(2018a):平成30年5月の地殻変動. 国土地理院. 国土地理院ホームページ.
82. 国土地理院(2018b):特集・平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震から7年, 平成30年3月8日.
83. 安藤 忍(2013):SAR干渉解析による全国の火山の地殻変動監視と検出された火山性地殻変動. 気象研究所技術報告, 69, pp.65-88.
84. 気象庁(2015):第131回火山噴火予知連絡会資料, 平成27年2月24日.
85. 気象庁(2019a):十和田, 第143回火山噴火予知連絡会資料(その4の2)東北地方, 平成31年2月27日, pp.25-32.
86. 広井 良美・宮本 毅・田中 倫久(2015):十和田火山平安噴火(噴火エピソードA)の噴出物及び噴火推移の再検討, 火山, 60-2, pp.187-209.
87. Umeda, K., Ban, M., Hayashi, S. and Kusano, T. (2013): Tectonic shortening and coeval volcanism during the Quaternary, Northeast Japan arc, *J. Earth Syst. Sci.*, 122, pp. 137-147.
88. 八甲田火山防災協議会(2014):火山災害予想区域図(数値シミュレーション計算 結果), 第5回八甲田山火山防災協議会, 平成26年3月26日, 14p.
89. 桑原拓一郎(2004):青森県東部上北平野における海成段丘構成物の層序と相対的海面変化, 地質学雑誌, 110, pp.93-102.
90. 桑原拓一郎・檀原 徹・山下 透(2007):青森県, 上北平野北部に分布する袋町1~9テフラの記載岩石学的特徴, 第四紀研究, 46, p.63-66
91. 小川康雄(1991):八甲田火山群の深部比抵抗構造に関する考察, 地質調査所報告, 275, pp.83-95.
92. 気象庁(2019b):八甲田山の火山活動解説資料(令和元年10月7日).
93. 気象庁(2019c):火山の状況に関する解説情報:八甲田山(令和元年10月8日).
94. 国土地理院(2014):八甲田周辺の地殻変動, 第128回 火山噴火予知連絡会資料(平成26年2月25日), 八甲田周辺の地殻変動, pp.23
95. 気象庁(2014):八甲田山の火山活動解説資料(平成26年6月)
96. 鈴木 啓・森下 遊・雨貝知美・唐沢正夫(2010):干渉SARを活用した効率的な地盤沈下監視の実施へ向けた取り組み. 平成22年度国土交通省国土技術研究会, 自由課題イノベーション部門, 2.

参考文献⑤

97. 気象庁(2019d):八甲田山, 第143回火山噴火予知連絡会資料(その4の2)東北地方, 平成31年2月27日, pp.11-22.
98. 久保寺章(1991):火山噴火のしくみと予知, 古今書院, 200p.
99. 木村久夫・宮原伐折羅・宮川康平(2013):GNSS連続観測システム(GEONET)捉えた海溝型巨大地震に伴う予効変動の時間変化, 国土地理院時報, 124集, pp.47-55.
100. 早川由紀夫(1983):十和田中掬テフラ層の分布, 粒度組成, 年代, 火山第2集, 28, pp.263-273.
101. 日本原燃(株)(2015):第82回核燃料施設等の新規規制基準適合性に係る審査会合資料1-1, 原子力規制委員会, 第82回核燃料施設等の新規規制基準適合性に係る審査会合, 168p.
102. 東北地方第四紀研究グループ(1969):東北地方における第四紀海水準変化, 地団研専報, 15, pp.37-83.
103. S.L. Wellington and H.J. Vinegar (1987):X-ray computerized tomography, Journal of Petroleum Technology, 39, pp.885-898.
104. 岩森暁如・高木秀雄・朝日信孝・杉森辰次・中田英二・野原慎太郎・上田圭一(2018):医療用X線CTを活用した断層破碎帯の最新活動部認定手法, 日本地球惑星科学連合2018年大会予稿集, SSS08-P34.
105. Tabito Matsu'ura, Junko Komatsubara, Changjiang Wu (2019): Accurate determination of the Pleistocene uplift rate of the NE Japan forearc from the buried MIS 5e marine terrace shoreline angle, Quaternary Science Reviews, 212, pp.45-68.
106. 古川竜太・中川光弘(2010):樽前火山地質図, 地質調査総合センター, 火山地質図15, 1sheet.
107. 山縣耕太郎(2000):支笏火山40ka噴火の規模に関する検討, 上越教育大学研究紀要, 19, pp.445-460.
108. 古川竜太・中川光弘(2009):後支笏カルデラ, 風不死火山の爆発的噴火活動と年代, 日本火山学会講演予稿集, A41.
109. 古川竜太・中川光弘・古堅千絵(2006):樽前火山先史時代の噴火活動, 月刊地球, 28, pp.320-307.
110. 中川光弘(1998):3.恵庭火山 札幌からいちばん近い活火山をたずねて, フィールドガイド北海道の火山, 62-75p
111. 土井繁雄(1957):5万分の1地質図幅「樽雨山」及び同説明書, 北海道開発庁, pp.1-57.
112. 曾屋龍典・勝井義雄・新井田清信・堺 幾久子・東宮昭彦(2007):有珠火山地質図(第2版), 地質調査総合センター, 火山地質図2, 1sheet.
113. 中川光弘・松本亜希子・田近 淳・広瀬 亘・大津 直(2005):有珠火山の噴火史の再検討:寛文噴火(1663年)と明和噴火(1769年)に挟まれた17世紀末の先明和噴火の発見, 火山, 50, pp.39-52.
114. Nagaoka, S.(1988):The Late Quaternary Tephra Layers from the Caldera Volcanoes in and around Kagoshima Bay, Southern Kyushu, Japan, Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University, 23, pp.49-122.
115. 三好雅也・長谷中利昭・佐野貴司(2005):阿蘇カルデラ形成後に活動した多様なマグマとそれらの成因関係について, 火山, 50, pp.269-268.
116. 工藤 崇・奥野 充・中村俊夫(2003):北八甲田火山群における最近6000年間の噴火活動史, 地質学雑誌, 109, 3, pp. 151-165.
117. 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. 地質調査研究報告, 58, pp.261-321.
118. 吉本充宏・宇井忠英(1998):北海道駒ヶ岳火山1640年の山体崩壊. 火山, 43, pp.137-148.
119. 萬年一剛(2013), 降下火山灰シミュレーションコードTephra2の理論と現状-第四紀学での利用を視野に, 第四紀研究, 52, pp.173-187
120. CG Newhall and S Self(1982):The volcanic explosivity index (VEI) an estimate of explosive magnitude for historical volcanism, Journal of Geophysical Research: Oceans, 87, pp.1231-1238
121. 宇井忠英 編(1997):火山噴火と災害, 東京大学出版会編, 219p.
122. 地学団体研究会・新版地学事典編集委員会 編(2007):新版地学事典, 平凡社, 1468p.
123. 小尾亮・藤沢康弘・厚井高志・池田暁彦・堤宏徳・山本陽子(2019):降灰後の土石流発生に関わる火山灰特性(軽石の堆積密度)について, 2019年度砂防学会研究発表会概要集, P-178.

参考文献⑥

124. 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)(1990):No.19 八雲地域, 地熱開発促進調査報告書, 44, pp.833-840p.
125. 沢村孝之助・秦 光男(1981):相沼地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 34p.
126. 松下勝秀・鈴木 守・高橋功二(1973):5万分の1地質図幅「濁川」及び説明書, 北海道立地下資源調査所, 28p.
127. 柳井清治・鴈澤好博・古森康晴(1992):最終氷期末期に噴出した濁川テフラの層序と分布, 地質学雑誌, 98, pp.125-136.
128. 黒墨秀行・土井宣夫(2003):濁川カルデラの内部構造, 火山, 48, pp.259-274
129. 吉本充宏・宮坂瑞穂・高橋 良・中川光弘・吉田邦夫(2008):北海道駒ヶ岳火山, 先歴史時代噴火活動の再検討. 地質学雑誌, 114, pp.336-347.
130. 古川竜太・吉本充宏・山縣耕太郎・和田恵治・宇井忠英(1997):北海道駒ヶ岳火山は1694年に噴火したか? -北海道における17~18世紀の噴火年代の再検討-, 火山, 42, pp.269-279.
131. 勝井義雄・鈴木健夫・曾屋龍典・吉久康樹(1989):北海道駒ヶ岳火山地質図, 地質調査所, 火山地質図5, 1sheet.
132. 広瀬 亘・岩崎深雪・中川光弘(2000):北海道中央部~西部の新第三紀火成活動の変遷:K-Ar年代, 火山活動様式および全岩化学組成から見た東北日本弧北端の島弧火成活動の変遷, 地質学雑誌, 106, 2, pp.120-135.
133. 三谷勝利・鈴木 守・松下勝秀・国府谷盛明(1966):5万分の1地質図幅「大沼公園」及び同説明書, 北海道立地下資源調査所, 46p.
134. 庄谷幸夫・高橋功二(1967):5万分の1地質図幅説明書 尾札部, 北海道開発庁, 20p.
135. 恵山火山防災協議会(2001):恵山火山防災ハンドブック, 恵山火山防災協議会.
136. 荒井健一(1998):恵山火山の噴火史と火山災害評価-特に最近1万年間の活動に基づいて-, 北海道大学大学院地学研究科修士論文, 71p.
137. 安藤重幸(1974):恵山火山の地質と岩石, 岩石鉱物鉱床学会誌, 69, pp.302-312.
138. 山縣耕太郎・町田 洋・新井房夫(1989):銭亀-女那川テフラ:津軽海峡函館沖から噴出した後期更新世テフラ, 地理学評論, 62, pp.195-207
139. 雁澤好博(1992):西南北海道渡島半島の新第三系層序と古地理, 地質学論集, 37, pp.11-23.
140. 三谷勝利・小山内 熙・松下勝秀・鈴木 守(1965):5万分の1地質図幅「函館」および同説明書, 北海道地下資源調査所, 32p.
141. 山口昇一(1977):渡島福島地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 28p.
142. 山口昇一(1978):知内地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 55p.
143. 小杉安由美・中川光弘・清野寛子(2013):西南北海道, 更新世渡島小島火山の地質と岩石学的特徴, 地質学雑誌, 119, pp.743-758.
144. 吉井守正(1966):5万分の1地質図幅説明書 渡島小島, 通商産業省 工業技術院 地質調査所, 13p.
145. 梅田浩司・檀原 徹(2008):フィッシュン・トラック年代によるむつ燧岳の活動年代の再検討, 岩石鉱物学, 37, pp.131-136.
146. 梅田浩司・古澤 明(2004):RIPLによるテフラ降灰層準の認定と最新噴火活動の推定, 月刊地球, 26, pp.395-400.
147. 梅田浩司・古澤 明(2003):テフラ層序からみた東北日本, むつ燧岳火山の活動史, 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集(CD-ROM), (G017-P001).
148. 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, pp.39-49.
149. 戸田成太郎・大場 司・小林 淳・林 信太郎(2011):下北半島中部に分布する大畑層の地質, 日本鉱物科学会2011年度年会合同学術大会講演要旨集(セクションC), pp.37.

参考文献⑦

150. 資源エネルギー庁(1993):広域地質構造調査報告書--渡島・下北地域--(平成3年度), 広域地質構造調査報告書, pp. 434.
151. 上村不二雄・斎藤正次(1957):5万分の1地質図幅「大畑」及び説明書, 地質調査所, 33p.
152. 青森県(1998):青森県地質図.
153. 上村不二雄(1975):陸奥川内地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 47p.
154. 安住亜友美・梅田浩司・柴正敏・佐々木実・佐藤大紀(2019):下北半島, 於法岳火山の岩石記載とK-Ar年代, 火山, 64, pp.169-174.
155. 小林 淳・水上啓治(2012):恐山火山外輪山の年代と火山活動史-小目名沢石英安山岩の恐山火山の活動史上の位置づけに着目して-, 第四紀学会講演予稿集, GO-06, pp.14-15.
156. 佐々木 実(2001):岩木火山の最新期活動, 高噴火ポテンシャル火山における噴火の規模・噴出様式に関する研究. 東京大学地震研究所特定共同研究B報告書(平成11~13年度)課題番号:1999-B-1, 2000-B-1, 2001-B-1, 22-27
157. 斎藤 光・鈴木毅彦(2004):中期更新世以降のテフラ層序に基づく岩木火山の噴火史. 日本第四紀学会講演要旨集, 34, 32-33
158. 井村隆介(1995):岩木火山の噴火史. 日本地質学会102年大会要旨, pp.245.
159. 三村弘二・金谷 弘(2001):東北日本, 岩木火山北東麓の流れ山のK-Ar年代と岩木火山の火山体形成およびその崩壊時期. 火山, 46, pp.17-20.
160. 大條裕一・佐々木 実(2002):田代岳火山および太良駒ヶ岳火山の地質と岩石, 日本火山学会講演予稿集, P47, pp.171.
161. 角 清愛・大沢 穠・平山次郎(1962):5万分の1地質図幅説明書 太良鉱山, 通商産業省 工業技術院 地質調査所, 51p.
162. 阿部泰久・山元正継(1990):秋田県北部田代岳火山の岩石, 日本地質学会第97年学術大会講演要旨, pp.409-409.
163. 近藤 梓・山元正継・大場 司・安井光大・緒方武幸(2010):東北日本弧北部, 碓ヶ関カルデラに分布する火山岩類の層序とK-Ar年代, 日本地質学会第117年学術大会講演要旨, O-179.
164. 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, pp.150-153.
165. 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)(1985):昭和59年度全国地熱資源総合調査(第2次)火山性熱水対流系地域タイプ3(八甲田地域)調査, 火山岩分布年代調査報告書, 45p.
166. 村岡洋文・長谷紘和(1990):黒石地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 124p.
167. 西村 健・柴正敏・佐々木 実・藤原大佑(2001):青森県弘前市周辺に分布する鮮新統三ツ森安山岩の岩石化学的研究, 弘前大学理工学部研究報告, 3, pp.93-102.
168. 村岡洋文(1986):沖浦カルデラの形成年代, 地質調査所月報, 37, 1, pp.33-42.
169. 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)(1983):地熱開発促進調査報告書, No.5 沖浦地域, 586p.
170. 野澤暁史(2001):八甲田地熱地域, 沖浦カルデラの内部構造と形成過程, 地質学雑誌, 107, 7, pp.413-431.
171. 工藤 崇・奥野 充・大場 司・北出優樹・中村俊夫(2000):北八甲田火山群, 地獄沼起源の噴火堆積物 —噴火様式・規模・年代—, 火山, 45, 6, pp. 315-322.
172. 工藤 崇・檀原 徹・山下 透・植木岳雪・佐藤大介(2011):八甲田カルデラ起源火砕流堆積物の層序の再検討, 日本第四紀学会講演要旨集, 41, pp.144-145.

参考文献⑧

173. 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)(1987):全国地熱資源総合調査(2次)火山性熱水対流系地域タイプ③,八甲田地域火山地質図 1:50,000・八甲田地域地熱地質編図 1:100,000及び同説明書, 77p.
174. 工藤 崇(2016):十和田火山,先カルデラ期溶岩のK-Ar年代,地質調査研究報告, 67, pp.209-215.
175. 安井光大・山元正継(2000):東北日本弧,稲庭岳地域の火山層序とK-Ar年代--著しくK₂Oに乏しいマグマの活動時期--. 岩鉱, 29, 74-84.
176. 中嶋聖子・首藤賢治・加々美寛雄・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
177. 八島隆一・大竹二男・長橋良隆(2001):東北地方における後期中新世-鮮新世火山岩のK-Ar年代. 地球科学, 55, 253-257
178. 石川賢一・吉田武義・北川嘉彦・青木謙一郎・大上和良(1985):東北本州弧,岩手県七時雨火山の地球化学的研究. 核理研研究報告, 18, 2, pp.366-378.
179. 照井一明(2006):東北日本弧,七時雨火山の地質と層序. 日本地質学会第113年学術大会講演要旨, pp.120.
180. 大口健志・大上和良・尾田太良(1986):第2巻-その3-島弧横断ルートNo. 15(大葛温泉-田山-浄法寺-二戸-久慈).新生代東北本州弧地質資料集, p13
181. 上村不二雄・須藤 茂・金原啓司・茂野 博・駒沢正夫・須田芳朗・菊池恒夫(1985):10万分の1仙岩地熱地域地質図説明書 特殊地質図. 地質調査所, 21-1, 23p. 147.
182. 資源エネルギー庁(1985):広域調査報告書-八甲田地域-, pp. 121.
183. 須藤 茂(1986):秋田焼山火山の地下構造. 日本火山学会講演予稿集, pp.91.
184. 内海 茂・宇都浩三・柴田 賢(1990):K-Ar年代測定結果-3 -地質調査所未公表資料-. 地質調査所月報, 41, pp.567-575.
185. 大場 司・梅田浩司(1999):八幡平火山群の地質とマグマ組成の時間-空間変化. 岩石鉱物鉱床学雑誌, 94, pp.187-202.
186. 大場 司・林 信太郎・梅田浩司(2003):岩手県松川地熱地域北方に分布する火山岩のK-Ar年代. 火山, 48, 4, pp.367-374.
187. 須藤 茂(1992):5万分の1仙岩地域中心部地熱地質図説明書, 特殊地質図(21-5). 地質調査所, 73p.
188. 和知 剛・千葉達朗・岡田智幸・土井宣夫・越谷 信・林信太郎・熊井修一(2002):八幡平火山起源の完新世テフラ. 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集, V032-P005.
189. 須藤 茂・板谷 徹丸・向山 栄(1989):森吉山火山噴出物の年代と古地磁気(演旨). 日本地質学会第96年学術大会講演要旨, 527pp.
190. 中川光弘(1983):森吉火山の地質と岩石, 岩石鉱物鉱床学会誌, 78, 197-210
191. 須藤 茂(1987):秋田県, 田沢湖周辺の火山岩の年代. 日本火山学会講演予稿集, 48pp.
192. 須藤 茂(1982):玉川溶結凝灰岩及び周辺の類似岩のK-Ar年代, 日本地熱学会誌, 4, 3, 159-170.
193. 小嶋智子・山崎晴雄(2013):仙岩火山地域南西部における大規模珪長質火砕流堆積物の分布の再検討. 日本火山学会講演予稿集, 131.
194. 齊藤徳美・土井宣夫・菊地真司・吉田桂治(2005):1998年岩手山噴火危機対応の記録. 国土交通省東北地域整備局岩手河川国道事務所・岩手県, 525p.
195. 中川光弘(1987):東北日本, 岩手火山群の形成史. 岩石鉱物鉱床学会誌, 82, pp.132-150.
196. 須藤 茂・宇都浩三・内海 茂(1990):仙岩地熱地域南部, 乳頭・高倉火山群噴出物のK-Ar年代. 地質調査所月報, 41, 7, pp.395-404.
197. 伊藤順一・住田達哉(2011):岩手火山における約10万年間のマグマ噴出率. 日本鉱物科学会2011年年会学術大会講演要旨集, T3-07.
198. 須藤 茂・板谷徹丸・向山 栄(1990):松川・葛根田地域の火山活動史と地熱の熱源, 日本地熱学会誌, 12, 1, pp. 63-78.

参考文献⑨

199. 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K-Ar年代測定. 文部省科学研究費補助金総合研究, pp.1-43.
200. 須藤 茂(1985):仙岩地熱地域南部の鮮新世-更新世火山活動について-安山岩火山の古地磁気とK-Ar年代. 地質調査所月報, 36.9, pp.513-533.
201. 中谷咲子・長谷川健・藤縄明彦・照井肇子(2013):東北日本, 仙岩地熱地域南部, 高倉火山の山体形成史とマグマ供給系. 地質学雑誌, 119, pp.457-473.
202. 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)(1991):平成2年度全国地熱資源総合調査(第3次)広域熱水流動系調査. 秋田駒地区地熱調査成果図集, 119p.
203. 和知 剛・土井宣夫・越谷 信(1997):秋田駒ヶ岳のテフラ層序と噴火活動. 火山, 42, pp.17-34.
204. 小坂文予・平林順一(1971):V.秋田駒ヶ岳1970-71年の噴火現象. 1.噴石活動と溶岩流出. 火山, 16, pp.122-134.
205. 藤縄明彦・巖崎正幸・本田恭子・長尾明美・和知 剛・林 信太郎(2004):秋田駒ヶ岳火山, 後カルデラ活動期における噴火史-火山体構成噴出物と降下テフラ層の対比-. 火山, 49, pp.333-354.
206. 須藤 茂(1984):秋田県荷葉岳火山の古地磁気とK-Ar年代. 火山, 2, 29, 2, pp.112-114.
207. 小針博通(1974):秋田県荷葉岳火山の岩石, 岩石鉱物鉱床学会誌, 69, pp.1-8.
208. 須藤 茂(1987):秋田県, 田沢湖周辺の火山岩の年代, 火山学会講演予稿集, 2, 48.
209. 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)(2001):秋田駒地域火山地質図(1:50,000). 秋田駒地域地熱地質原図(1:100,000)説明書
210. 大沢 穠・角 清愛(1958):5万分の1地質図幅「田沢湖」及び説明書.
211. 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)(1981):平成2年度全国地熱資源総合調査(第3次)広域熱水流動系調査, 秋田駒地区地熱調査成果図集, 119p
212. 鹿野和彦・大口健志(2004):八幡平西方, 玉川溶結凝灰岩中に見出された給源不明の火山碎屑堆積物. 火山, 49, 5, 283-297
213. 鹿野和彦・大口健志・林 信太郎・矢内桂三(2007):田沢湖カルデラとその噴出物(演旨). 日本地質学会第114年学術大会講演要旨, 70- 70
214. 鹿野和彦・石塚 治・大口健志・狐崎長琅(2008):田沢湖カルデラに辰子堆溶岩ドームが噴出した時期. 日本火山学会講演予稿集, 18-18
215. Kudo, T., Sasaki, M., Uchiyama, Y., Nozawa, A., Sasaki, H., Tokizawa, T. and Takarada, S. (2007): Petrological variation of large volume felsic magmas from Hakkoda- Towada caldera cluster: Implications for the origin of high-K felsic magmas in the Northeast Japan Arc. Island Arc, 16, pp.133-155.
216. 核燃料サイクル開発機構(1999):わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性-地層処分研究開発第2次取りまとめ-, 分冊1, わが国の地質環境
217. 電気事業分科会(2014):コスト等検討小委員会, 資源エネルギー庁.
218. 田中和夫(2003):青森県地震観測システム 地震観測結果報告(平成15年度),青森県.
219. 田中和夫(2004):青森県地震観測システム 地震観測結果報告(平成16年度),青森県.
220. 田中和夫(2005):青森県地震観測システム 地震観測結果報告(平成17年度),青森県.
221. 大谷佳子・渡邊和俊・小菅正裕・田中和夫(2002):十和田湖周辺域における浅部地震活動, 弘前大学工学部研究報告, 4, pp.57-67.
222. 宇津徳治(2001):地震学(第3版), 共立出版, 392p.

参考文献⑩

223. Wiemer and Wyss(2000): Minimum magnitude of completeness in earthquake catalogs: examples from Alaska, the Western United States, and Japan, *Bull. Seism. Soc. Am.* 90, 859–869.
224. 気象庁(2014): 八甲田山の火山活動解説資料(平成26年8月)
225. 鶴見 實(2011): 青森市大字荒川字南荒川山国有林火山性ガス調査報告書
226. 気象庁(1997): 平成9年12月 地震・火山月報(防災編)
227. 平林順一(1997): 八甲田山麓の火山ガス災害, 地熱, 233p.
228. 仙台管区气象台(1995): 東北地域火山機動観測実施報告 八甲田山・八幡平(平成6年7月～10月実施), 14, pp.77
229. 仙台管区气象台(1989): 東北地域火山機動観測実施報告 八甲田山(昭和63年8月～9月実施), 8, pp.32
230. 仙台管区气象台(1990): 鳴子・恐山 東北地域火山活動機動観測実施報告(平成元年8月～9月実施), 9, 60p.
231. 気象庁観測部(1981): 恐山・御嶽山火山機動観測実施報告(昭和54年10月～55年3月), 16, 20p.
232. Mannen, K. (2014): Particle segregation of an eruption plume as revealed by a comprehensive analysis of tephra dispersal: Theory and application, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 284, pp.61-78.
233. 内閣府(防災担当)・消防庁・国土交通省水管理・国土保全局砂防部・気象庁(2013): 火山防災マップ作成指針
234. 気象庁(2018): 気象観測統計指針
235. 八丈島火山防災協議会(2017): 東京都防災HP
236. S. Carey R. S. J. Sparks (1986): Quantitative models of the fallout and dispersal of tephra from volcanic eruption columns, *Bulletin of Volcanology*, 48, pp.109-125.