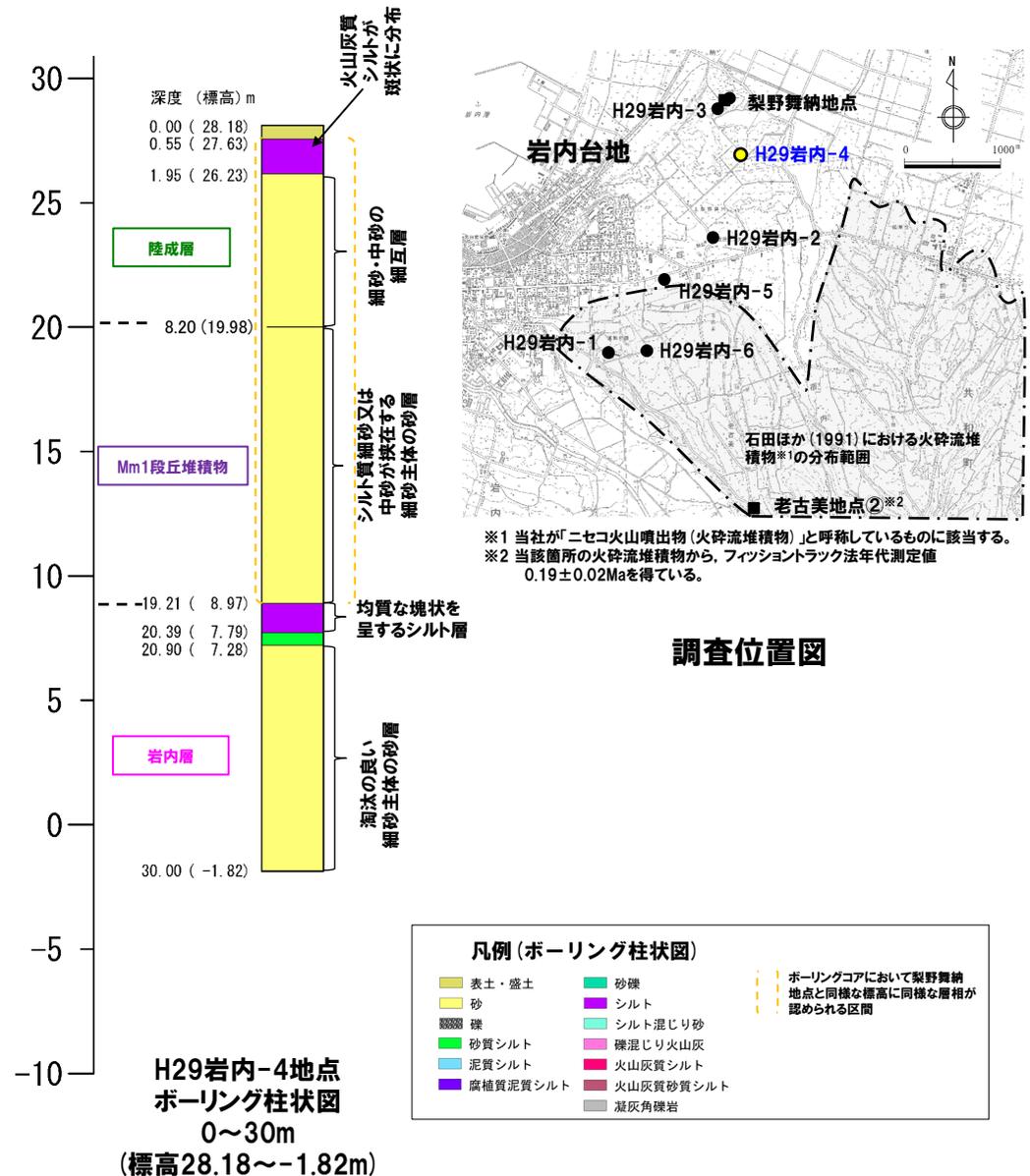


4. ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地に到達した可能性評価

⑦ H29岩内-4ボーリング(1/2)

一部修正 (H30/5/11審査会合)

- 本地点においては、コア観察の結果、岩内層(標高8.97m以深)の上位の標高19.98~8.97mにMm1段丘堆積物及び標高26.23~19.98mに陸成層が認められる。
- また、陸成層の上位の標高27.63~26.23m(深度0.55~1.95m)に、火山灰質シルトが斑状に分布するシルト層が認められる。
- 本地点においては、後述する梨野舞納地点の露頭及びボーリング(P352~P358参照)と同様な標高に同様な層相が連続することから、当該シルト層は、梨野舞納地点の火山灰質砂質シルト層(標高約24m)に対比されと考えられる。
- しかし当該シルト層は、火山灰質シルトが斑状に分布することから、洞爺火山灰(Toya)堆積以降の擾乱が示唆されるため、洞爺火山灰(Toya)の層厚を評価することはできない。
- 仮にニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が本地点に到達していた場合、本火砕流堆積物の噴出年代より古い、岩内層の上位及びMm1段丘堆積物の下位に、本火砕流堆積物が認められる可能性が考えられるが、そのような状況は認められない。

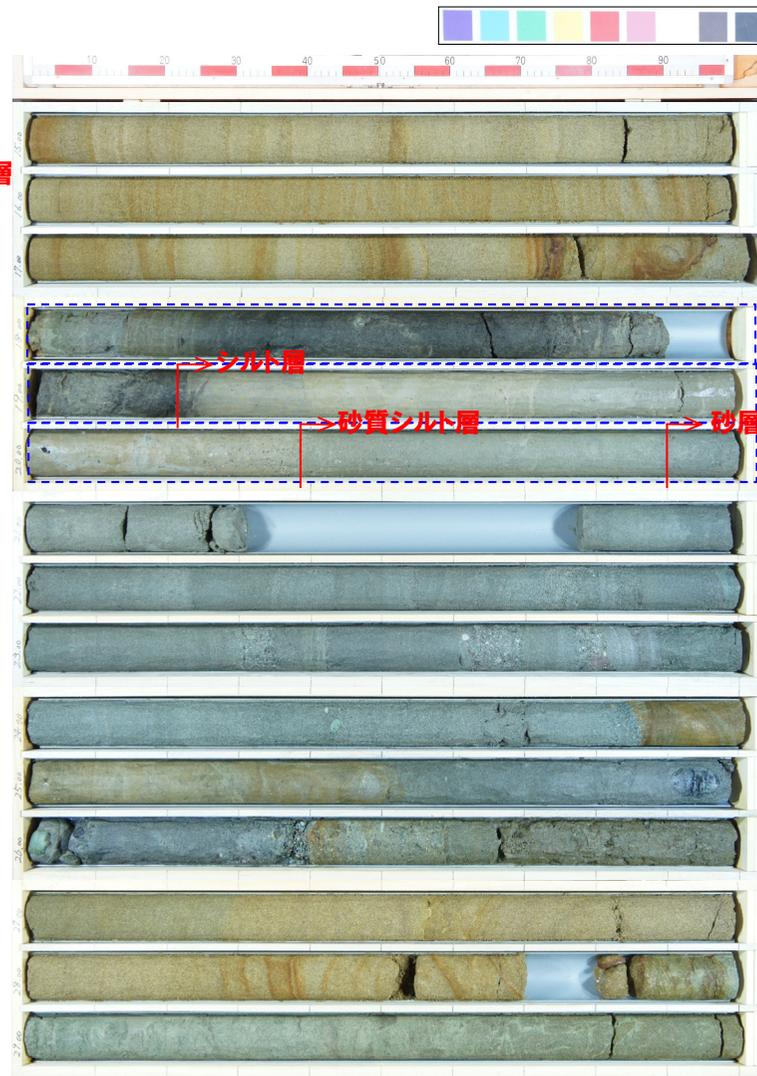


⑦ H29岩内-4ボーリング(2/2)

一部修正(H30/5/11審査会合)



コア写真(深度0~15m, 標高28.18~13.18m)



コア写真(深度15~30m, 標高13.18~-1.82m)

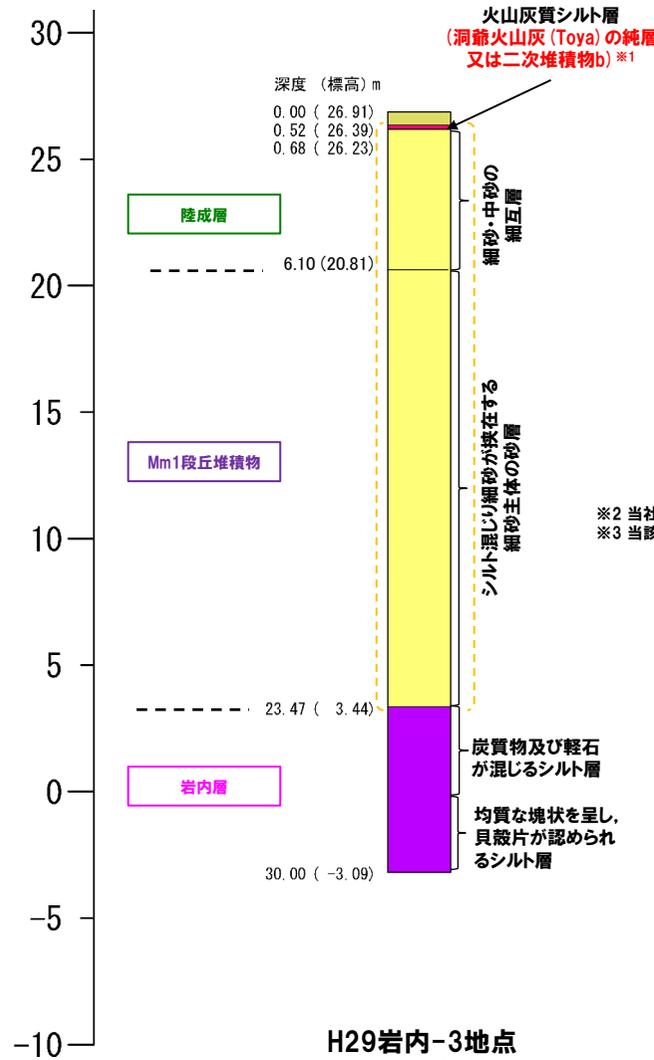
⋮ : 仮にニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が本地点に到達していた場合、本火砕流堆積物が想定される層位

4. ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地に到達した可能性評価

⑧ H29岩内-3ボーリング(1/2)

一部修正 (H30/5/11審査会合)

- 本地点においては、コア観察の結果、岩内層(標高3.44m以深)の上位の標高20.81~3.44mにMm1段丘堆積物及び標高26.23~20.81mに陸成層が認められる。
- また、陸成層の上位の標高26.39~26.23m(深度0.52~0.68m)に火山灰質シルト層が認められる。
- 本地点においては、後述する梨野舞納地点の露頭及びボーリング(P352~P358参照)と同様な標高に同様な層相が連続することから、当該火山灰質シルト層は、梨野舞納地点の火山灰質砂質シルト層(標高約24m)に対比されると考えられる。
- このため、当該火山灰質シルト層は、洞爺火山灰(Toya)の純層又は二次堆積物b(純層と二次堆積物bを合わせた層厚:16cm)に区分される※1。
- 仮にニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が本地点に到達していた場合、本火砕流堆積物の噴出年代より古い岩内層の上位及びMm1段丘堆積物の下位に、本火砕流堆積物が認められる可能性が考えられるが、そのような状況は認められない。



※2 当社が「ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)」と呼称しているものに該当する。
 ※3 当該箇所の火砕流堆積物から、フィッショントラック法年代測定値0.19±0.02Maを得ている。

調査位置図

※1 当該堆積物については、柱状図において、降下火砕物由来として示しているが、火砕サージ由来か降下火砕物由来かを厳密に区別することは難しいと評価している。

■ 表土・盛土	■ 砂礫	--- ボーリングコアにおいて梨野舞納地点と同様な標高に同様な層相が認められる区間
■ 砂	■ シルト	
■ 礫	■ シルト混じり砂	
■ 砂質シルト	■ 礫混じり火山灰	
■ 泥質シルト	■ 火山灰質シルト	
■ 腐植質泥質シルト	■ 火山灰質砂質シルト	
	■ 凝灰角礫岩	

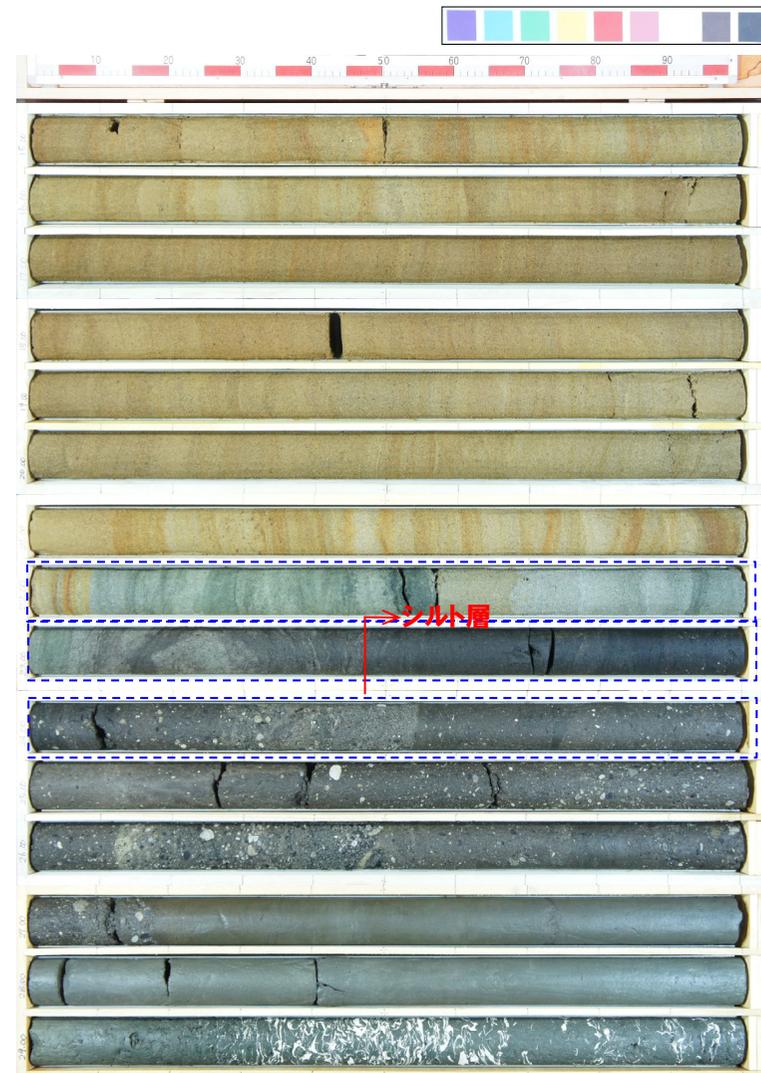
H29岩内-3地点
 ボーリング柱状図
 0~30m
 (標高26.91~-3.09m)

⑧ H29岩内-3ボーリング(2/2)

一部修正(H29/3/10審査会合)



コア写真(深度0~15m, 標高26.91~11.91m)



コア写真(深度15~30m, 標高11.91~-3.09m)

： 仮にニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が本地点に到達していた場合、本火砕流堆積物が想定される層位

(参考) 梨野舞納地点(まとめ)

一部修正(H31/2/22審査会合)

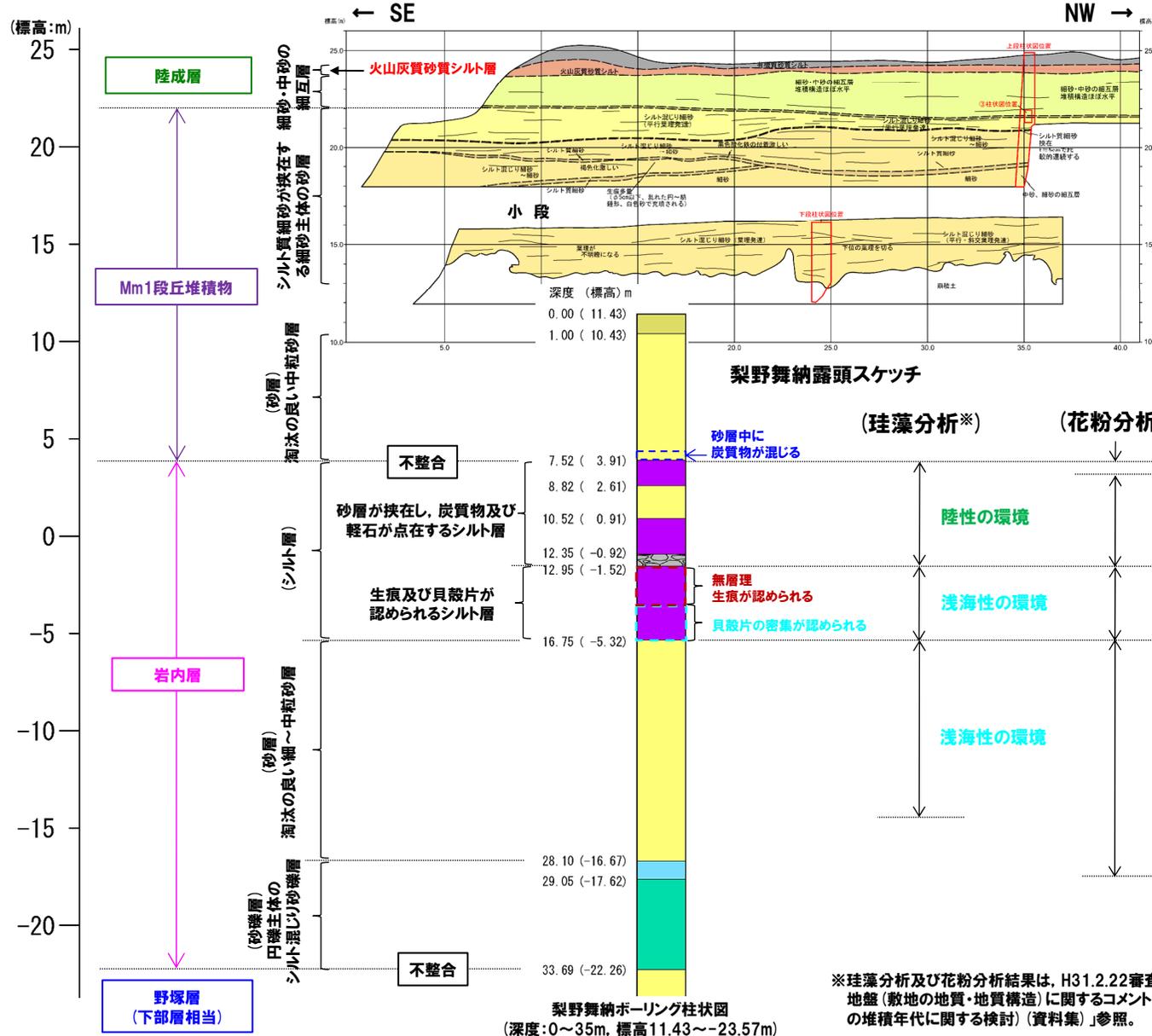
- 本地点においては、露頭及びコア観察の結果、岩内層の上位の標高約4～22mにMm1段丘堆積物及び標高約22～24mに陸成層が認められる。
- また、陸成層の上位に、火山灰質砂質シルト層(標高約24m)が認められる。
- 火山灰分析の結果、当該火山灰質シルト層のうち、標高24.35～24.05mについては、基質部分に洞爺火山灰(Toya)の火山ガラスを多く含む(1000/3000粒子以上)ことから、洞爺火山灰(Toya)の純層(層厚:30cm)に区分される*。
- また、標高24.65～24.35mについては、直下に洞爺火山灰(Toya)の純層が認められること及び火山ガラスの粒子数が309～941粒子認められることから、洞爺火山灰(Toya)の二次堆積物b(層厚:30cm)に区分される。
- 仮にニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が本地点に到達していた場合、本火砕流堆積物の噴出年代より古い岩内層の上位及びMm1段丘堆積物の下位に、本火砕流堆積物が認められる可能性が考えられるが、そのような状況は認められない。

※当該堆積物については、柱状図において、降下火砕物由来として示しているが、火砕サージ由来か降下火砕物由来かを厳密に区分することは難しいと評価している。

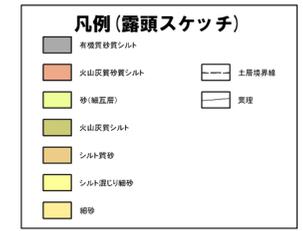
4. ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地に到達した可能性評価

(参考) 梨野舞納地点(露頭写真, スケッチ及び柱状図)(1/3)

一部修正 (H31/2/22審査会合)



梨野舞納地点状況写真



※珪藻分析及花粉分析結果は、H31.2.22審査会合資料「泊発電所地盤(敷地の地質・地質構造)に関するコメント回答(Hm2段丘堆積物の堆積年代に関する検討)」参照。

4. ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地に到達した可能性評価

(参考) 梨野舞納地点(露頭写真, スケッチ及び柱状図)(2/3)

一部修正 (H29/3/10審査会合)

← SE

NW →

標高: 25m

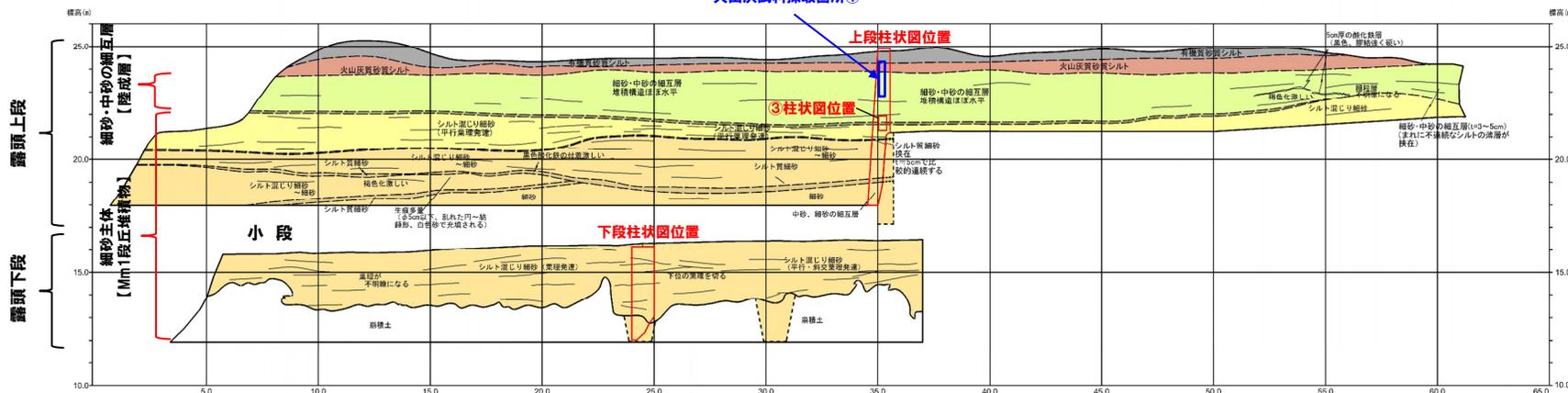
標高: 20m

標高: 15m

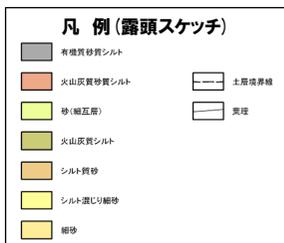


梨野舞納露頭写真

火山灰試料採取箇所①



梨野舞納露頭スケッチ



(参考) 梨野舞納地点(露頭写真, スケッチ及び柱状図) (3/3)

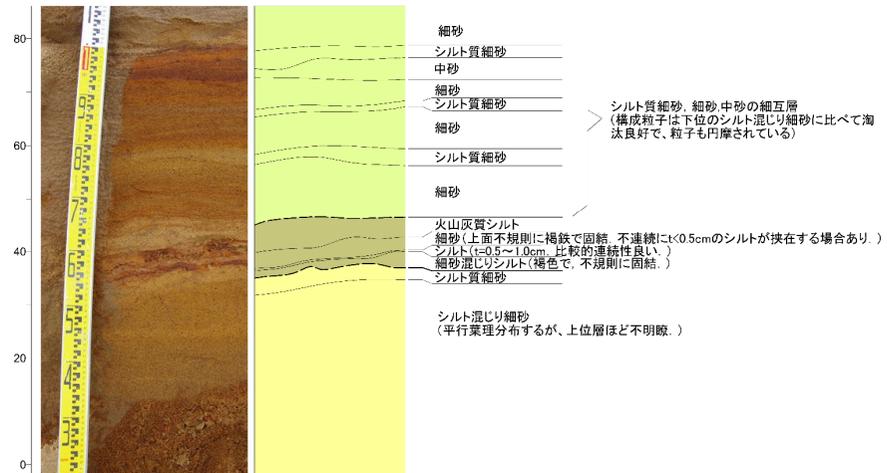
再掲 (H29/3/10審査会合)

③柱状図

上段柱状図

標高 (m)	斜距離 (m)	柱状写真	地質土質	記事
7.85			有機質砂質シルト	紫灰~ベージュ色の砂質シルト、細粒分多く粘性あり。
7.60			火山灰質砂質シルト	灰褐~褐色の細砂多く混じるシルト、ローム状。
24.0	7.00 6.90		細砂、中砂の細互層	褐色細砂・中砂、灰白細砂、灰白シルト質細砂の細互層。
23.0	6.00			
	5.10 5.00		細砂	灰白~白色細砂主体、灰白色のシルトを含む。
22.0	4.65		細砂、中砂の細互層	褐色の細砂、中砂、シルト質細砂の細互層
	4.20 4.05 4.00		砂質シルト	火山灰質シルト、細砂、シルト、細砂混じりシルトからなる。酸化鉄が斑状に点在。
21.0			シルト混じり細砂	褐色細砂、灰白細砂。上部は波状、下部は平行の葉理発達。
	3.10 3.05 3.00		シルト質細砂	褐色のシルト質砂。
20.0	2.40		シルト混じり細砂	褐色細砂、灰白細砂。平行葉理発達。
	2.00		細砂	灰白~灰褐の細砂。
19.0	1.00 0.95 0.80		シルト質細砂	褐色のシルト質細砂。斑状、波状の酸化鉄多い。
	0.00		細砂	灰白~灰褐の細砂主体、シルト分少ない。

③柱状図



下段柱状図

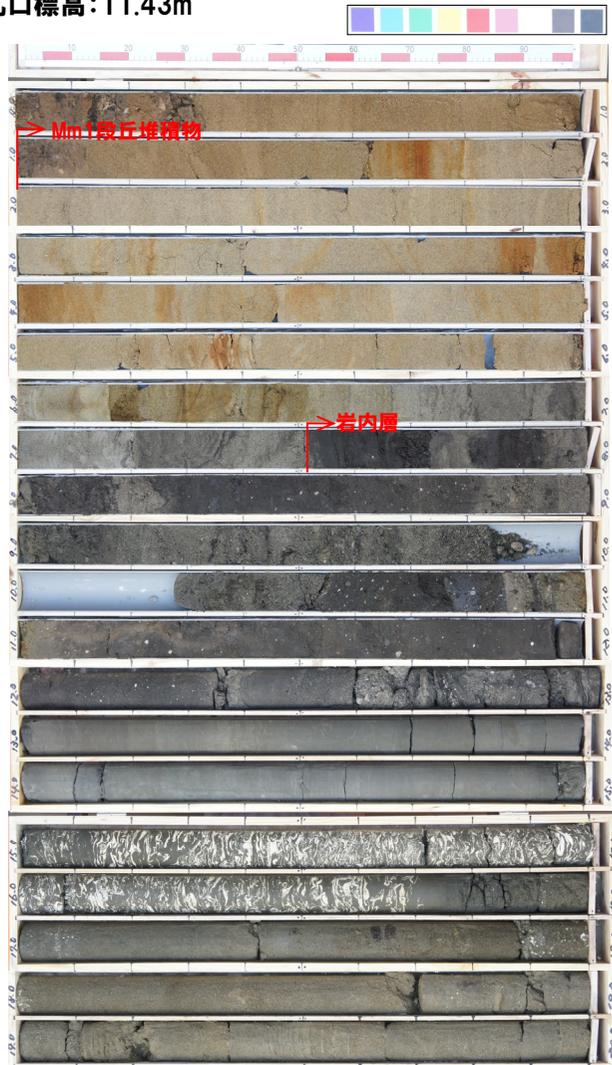
標高 (m)	斜距離 (m)	柱状写真	地質土質	記事
16.0	4.00		細砂	酸化による褐~褐灰色の細~中砂。
15.0	3.30 3.00		シルト質細砂	褐色細砂、灰白細砂、平行葉理・斜交葉理多い。
14.0	2.00		シルト質細砂	褐色のシルト質細砂。斑状、波状の酸化鉄多い。
13.0	1.00		細砂	灰白~灰褐の細砂主体、シルト分少ない。
0.00	0.00		細砂	灰白~灰褐の細砂主体、シルト分少ない。

梨野舞納露頭スケッチ 拡大柱状図

(参考) 梨野舞納地点 (ボーリングコア写真)

一部修正 (H27/5/29審査会合)

孔口標高: 11.43m



コア写真 (深度0~20m, 標高11.43~-8.57m)



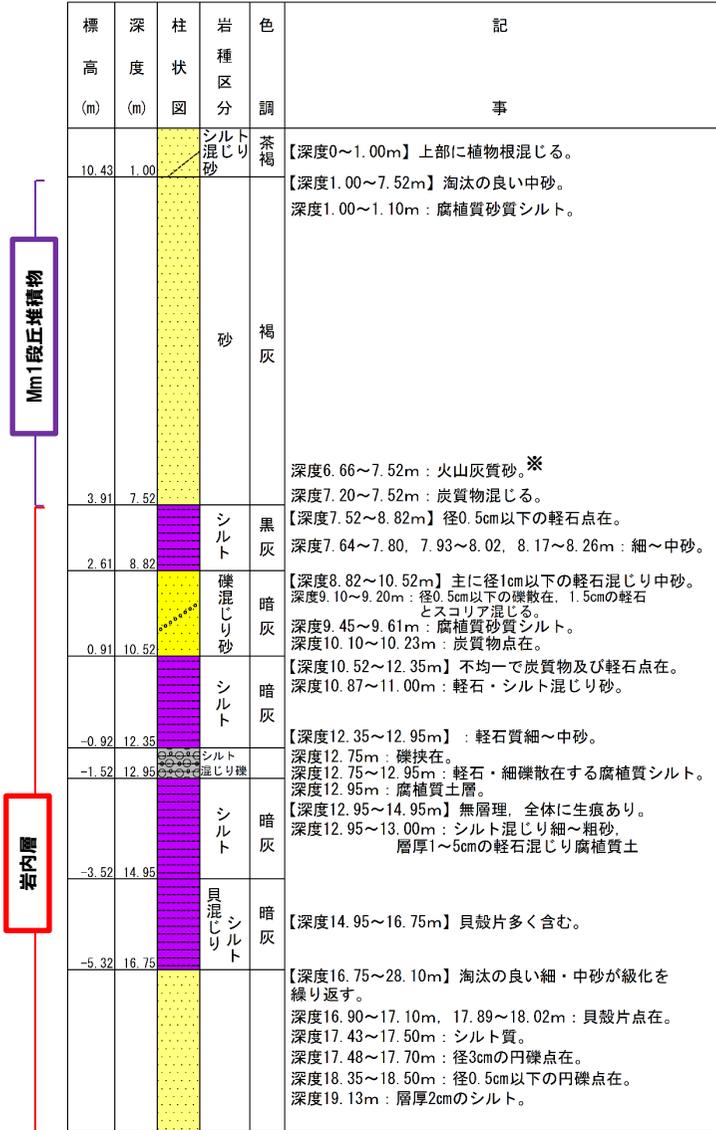
コア写真 (深度20~40m, 標高-8.57~-28.57m)

4. ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地に到達した可能性評価

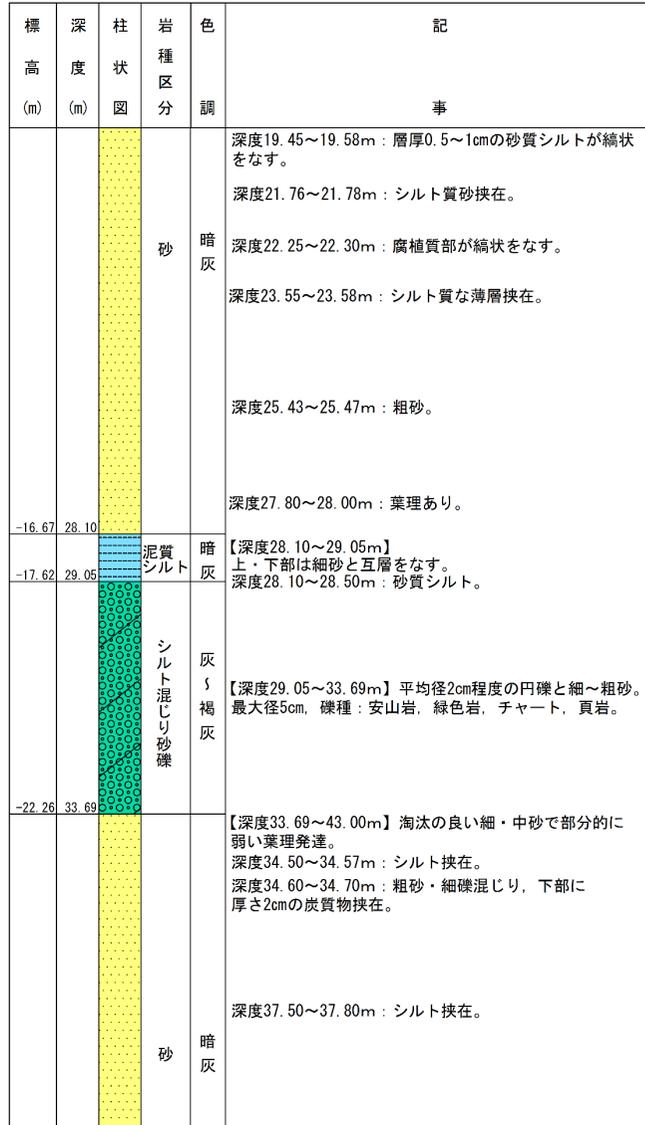
(参考) 梨野舞納地点 (ボーリング柱状図)

一部修正 (H27/5/29審査会合)

梨野舞納 孔口標高 11.43m 掘進長 100.00m



ボーリング柱状図 (深度0~20m)



ボーリング柱状図 (深度20~40m)

※ 柱状図には、“火山灰質”と記載されているが、R3.10.14審査会合以降に実施した火山灰分析の結果、主に火山砕屑物からなるものではないと評価した (R5.7.7審査会合補足説明資料参照)。

凡例

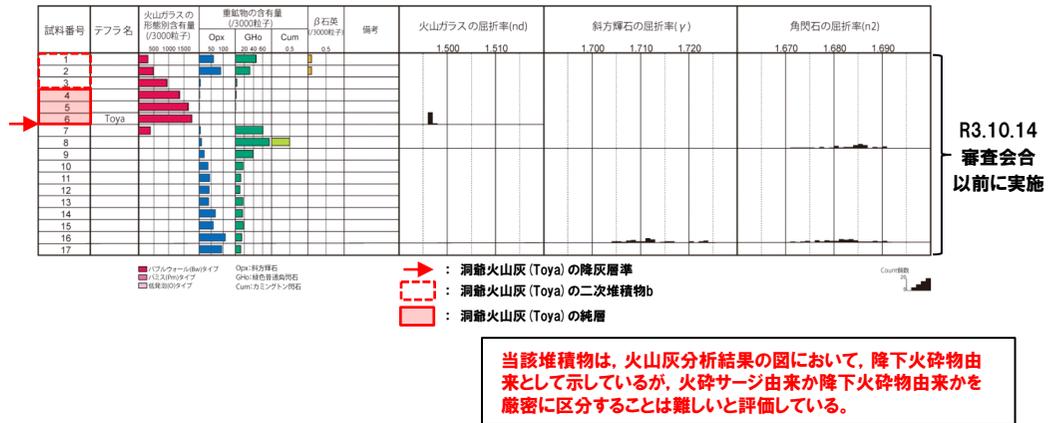
- シルト
- 貝混じりシルト
- 泥質シルト
- 砂
- シルト混じり砂
- 礫混じり砂
- シルト混じり砂礫
- シルト混じり礫

(参考) 梨野舞納地点(火山灰分析結果-梨野舞納露頭-)

一部修正 (H29/3/10審査会合)



火山灰分析試料採取箇所① 露頭柱状図



火山灰分析試料採取箇所① 火山灰分析結果

(参考) 洞爺火山灰の屈折率 (町田・新井, 2011より)

特徴	火山ガラス	斜方輝石	角閃石
バブルウォールタイプ・バミスタイプの火山ガラス主体	1.494-1.498	1.711-1.761 (1.758-1.761, 1.712-1.729 bimodal) ※	1.674-1.684

※括弧内の値はモードまたは集中度のよい範囲。

余白

4. ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地に到達した可能性評価

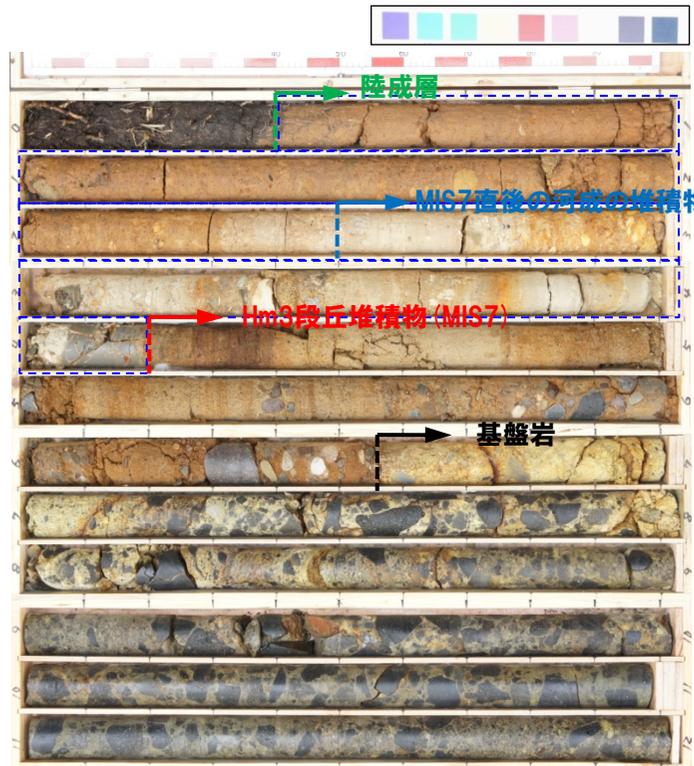
⑨ 茶津-2ボーリング

一部修正 (H31/4/26審査会合)

【茶津-2ボーリング】

- 基盤岩 (上面標高約43m) の上位に、円礫を主体とする砂礫層及び淘汰の良い砂層並びに礫混じり砂質シルト層、砂質シルト層、礫混じり砂質シルト層及び砂質シルト層が認められる。
- 本調査箇所はA-3トレンチ (P363~P369参照) と同位置でありHm3段丘面が判読されることから、基盤岩上位の砂礫層及び砂層はHm3段丘堆積物 (MIS7) に区分される。
- 本調査箇所はA-3トレンチ (P363~P369参照) と同位置であることから、Hm3段丘堆積物上位の礫混じり砂質シルト層及び砂質シルト層は、A-3トレンチとの層相及び分布標高の対比より、MIS7直後の河成の堆積物に区分される。
- 仮にニセコ火山噴出物 (火砕流堆積物) が本地点に到達していた場合、本火砕流堆積物の噴出年代より古いHm3段丘堆積物の上位に、本火砕流堆積物が認められる可能性が考えられるが、そのような状況は認められない。

： 仮にニセコ火山噴出物 (火砕流堆積物) が本地点に到達していた場合、本火砕流堆積物が想定される層位

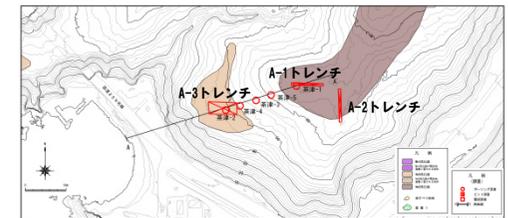


コア写真 (深度0~12m)

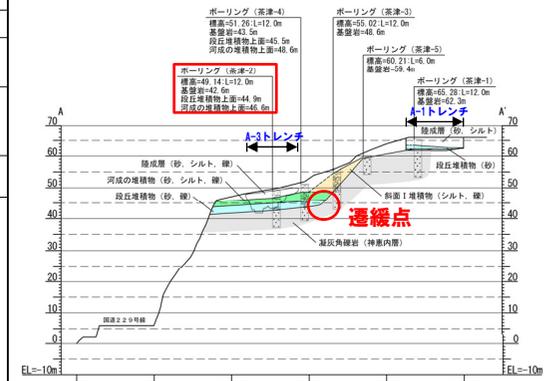
茶津-2 孔口標高 49.14m 掘進長 12.00m

標尺	標高 (n)	深 (n)	柱状図	地質	色調	記
1	48.75	0.38	シルト	黒粘	---	【深度0~0.38m】 植物根多く混じる。
2	47.74	1.40	砂質シルト	褐灰	---	【深度0.39~1.40m】 まれに径5cm以下のクサリ垂角混入。
3	46.84	2.50	礫混じり砂質シルト	褐灰	---	【深度1.40~2.50m】 径5cm以下のクサリ垂角・円礫混入。
4	44.94	4.20	砂質シルト	淡灰	---	【深度2.50~2.70m】 まれに径0.5cmの垂角混入。
5	43.57	5.57	礫混じり砂質シルト	淡灰	---	【深度2.70~4.20m】 径10cm以下のクサリ垂角・円礫混入。深床3.30~3.50m: 礫多し。深床3.70~4.00m: 砂質。
6	42.59	6.55	砂	褐灰	---	【深度4.20~5.57m】 均一な淘汰の良い中砂。深床4.25~4.40m: 黒砂の混入。∠0°。深床4.75~5.30m: 黒斑。深床5.00~5.40m: 円礫混入。
7	41.99	7.15	砂	褐灰	---	【深度5.57~6.55m】 径7cm以下の円礫と中砂。礫理: 安山岩、頁岩、珪質岩。
8			凝灰角礫岩	明灰	△△△	【深度6.5~12.00m】 塊状の一種な岩相をなしコアは砕状となる。礫理: 黒色鉄状の微細な安山岩。深床6.55~7.15m: 風化による酸化あり。
9			凝灰角礫岩	明灰	△△△	
10			凝灰角礫岩	明灰	△△△	
11			凝灰角礫岩	明灰	△△△	
12	37.14	12.00	凝灰角礫岩	明灰	△△△	

柱状図 (深度0~12m)



調査位置図



A-A' 断面

※本ボーリングは、A-3トレンチと同位置で調査を実施している。本層は、A-3トレンチの同標高に分布する層相と比較し、差異が認められるが、その差異はボーリング調査結果が点情報であること及び地層の平面方向の不均質性に起因するものである。

4. ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地に到達した可能性評価

⑩ 茶津-4ボーリング

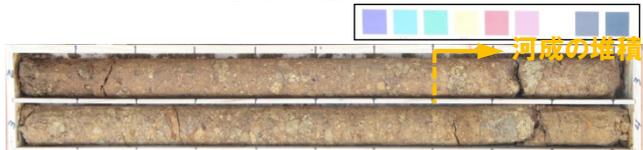
一部修正 (H31/4/26審査会合)

【茶津-4ボーリング】

- 基盤岩 (上面標高約44m) の上位に、円礫を主体とする砂礫層並びに亜角礫のクサリ礫が混じる礫層、シルト質礫層及び礫混じりシルト層が認められる。
- 本調査箇所は、A-3トレンチ (P363~P369参照) の背後に位置し、Hm3段丘面が判読されることから、基盤岩上位の砂礫層はHm3段丘堆積物 (MIS7) に区分される。
- Hm3段丘堆積物上位の礫層及びシルト質礫層は、A-3トレンチ (P363~P369参照) のMIS7直後の河成の堆積物と層相が調和的であり、同程度の標高に分布することから、MIS7直後の河成の堆積物に区分される。
- 仮にニセコ火山噴出物 (火砕流堆積物) が本地点に到達していた場合、本火砕流堆積物の噴出年代より古いHm3段丘堆積物の上位に、本火砕流堆積物が認められる可能性が考えられるが、そのような状況は認められない。



コア写真 (深度0~12m)

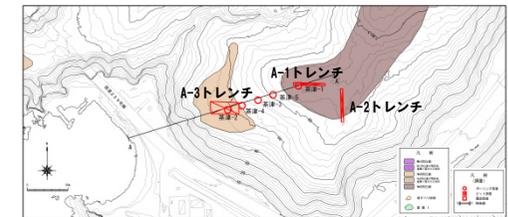


コア写真 (別孔 深度2~4m)

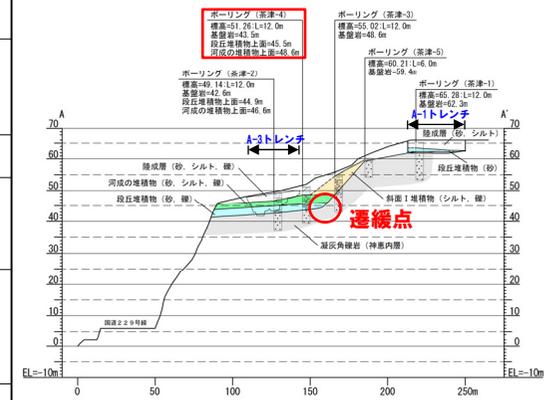
標尺	標高 (n)	深度 (n)	柱状図	地質	地質名	色調	記
1	50.36	0.30	有機質シルト	黒褐	黒褐	【深度0~0.30m】植物根多く含む。	
2			礫混じりシルト	褐灰	褐灰	【深度0.30~2.70m】径5cm以下のクサリ角礫・円礫混じる。	
3	49.58	2.70	シルト質礫	褐灰	褐灰	【深度2.70~4.80m】径5cm以下のクサリ角礫・円礫。礫種：安山岩、火山礫凝灰岩。	
4	49.48	4.80	礫層	淡褐灰	淡褐灰	【深度4.80~5.73m】径30cm以下のクサリ角礫。礫種：凝灰角礫岩。	
5	45.53	5.73	砂礫層	褐灰	褐灰	【深度5.73~7.75m】径25cm以下の円礫と粗・中砂。礫種：安山岩、凝灰岩、緑色岩、頁岩、チャート。深度7.65~7.75m：中砂。	
6	43.50	7.75	凝灰角礫岩	暗褐灰	暗褐灰	【深度7.75~10.25m】塊状の一種な岩相なしコアは特状となる。礫種：黒色凝灰岩の隙間あるいは多孔質な安山岩。	
7			火山礫凝灰岩	暗褐灰	暗褐灰	【深度10.25~10.63m】塊状無層理の一種な岩相をなす。	
8	40.83	10.63	凝灰角礫岩	暗褐灰	暗褐灰	【深度10.63~11.17m】塊状の一種な岩相。礫種：黒色凝灰岩の安山岩。	
9	39.28	12.00	火山礫凝灰岩	暗褐灰	暗褐灰	【深度11.17~12.00m】塊状無層理の一種な岩相。深度11.60~11.77m：砂質凝灰岩片状。∠40°。	

柱状図 (深度0~12m)

：仮にニセコ火山噴出物 (火砕流堆積物) が本地点に到達していた場合、本火砕流堆積物が想定される層位



調査位置図



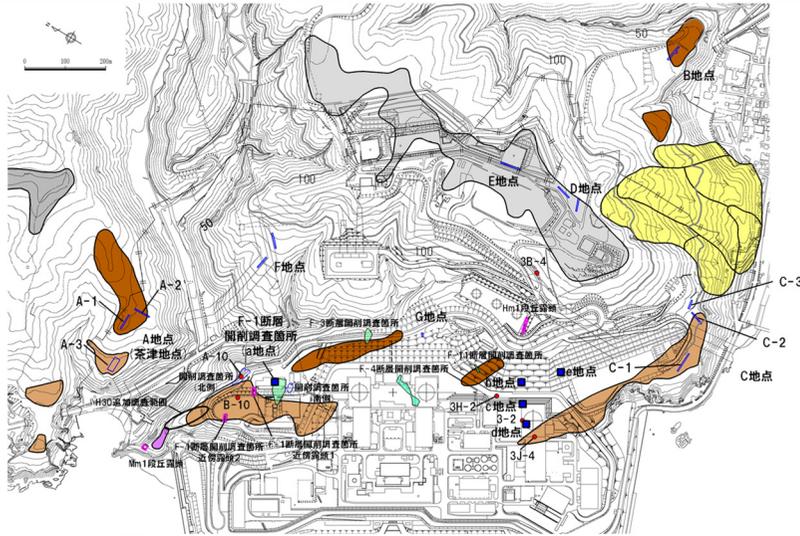
A-A' 断面

余白

4. ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地に到達した可能性評価

(参考) A-3トレンチ (1/7)

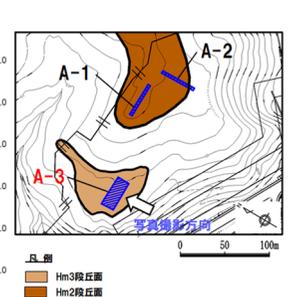
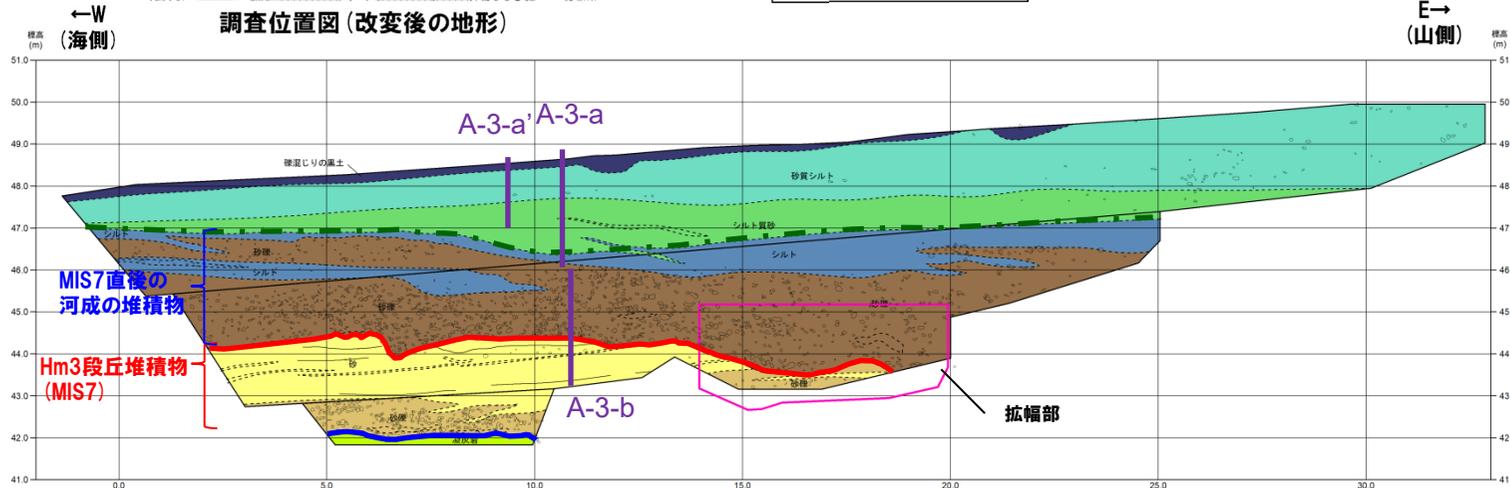
一部修正 (H31/4/26審査会合)



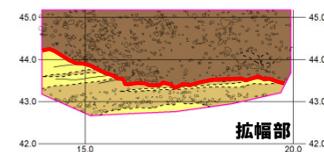
- 【凡例】**
- : 火山灰分析実施測線
 - : 河成の堆積物上面*
 - : 段丘堆積物上面
 - : 基盤岩上面

※距離呈約12~13mにおいてMIS7直後の河成の堆積物(シルト)と上位の陸成層(シルト質砂)の境界部に認められる乱れは、河成の堆積物(シルト)堆積直後に、陸成層(シルト質砂)が堆積したことによる擾乱等の影響が推定される。また、当該構造は指交関係様であることから、両層は、ほぼ同時期に堆積した堆積物であると考えられる。

- 【凡例】**
- (陸上堆積物)
 - 礫混じり有機質シルト
 - 砂質シルト
 - シルト質砂
 - シルト
 - 砂礫
 - (海成堆積物)
 - 砂
 - 砂礫
 - (基盤岩)
 - 凝灰岩
- 大区分 (埋没層以上) } 地質境界線
 - - - 細区分 (埋没層内の層間) } 地質境界線



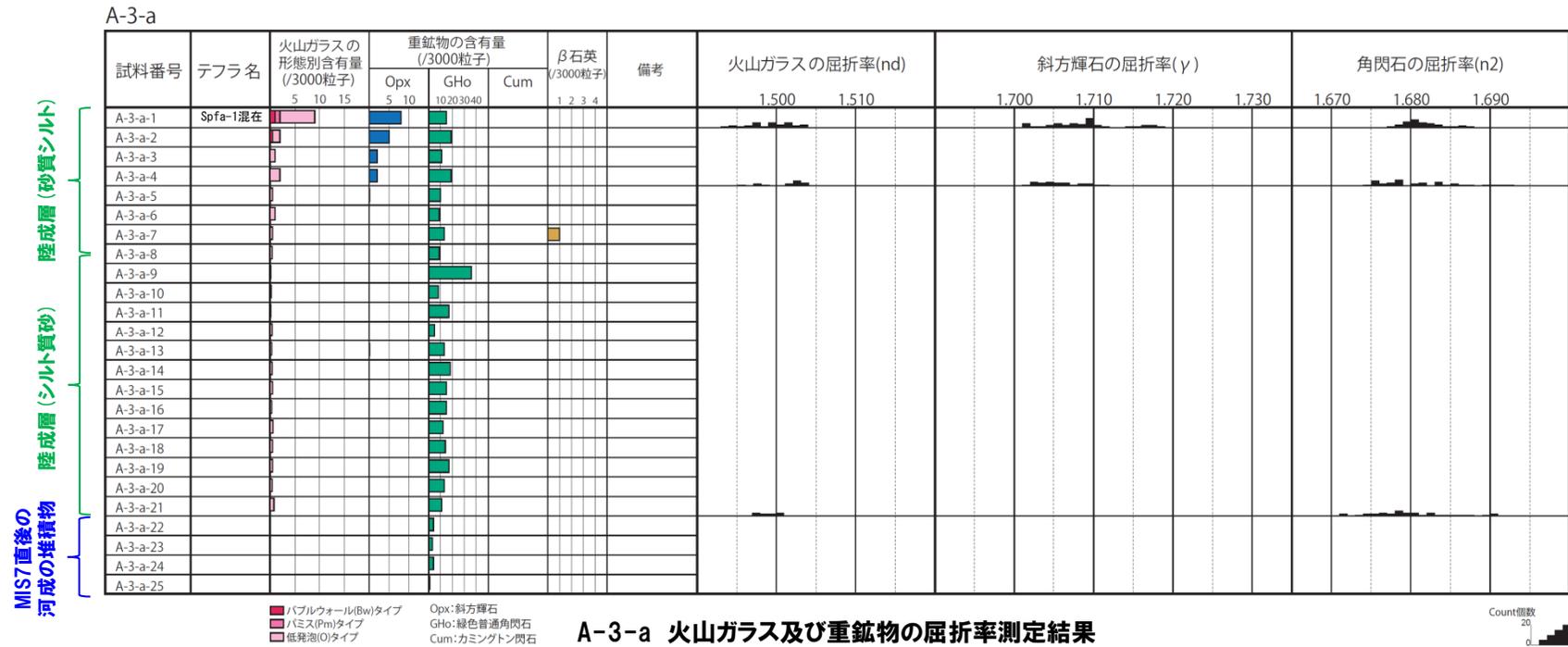
トレンチ壁面スケッチ (A-3)



トレンチ壁面スケッチ (A-3拡幅部)

(参考) A-3トレンチ (2/7)

- 露頭観察では、色調等から火山灰主体と判断される地層は認められないものの、火山ガラス及び重鉱物の屈折率測定並びに火山ガラスの主成分分析を実施した(測線A-3-a)。
- 火山ガラスの屈折率測定及び主成分分析の結果、陸成層(砂質シルト)には、Spfa-1に対比される火山ガラスの混在が認められる(試料番号A-3-a-1)。



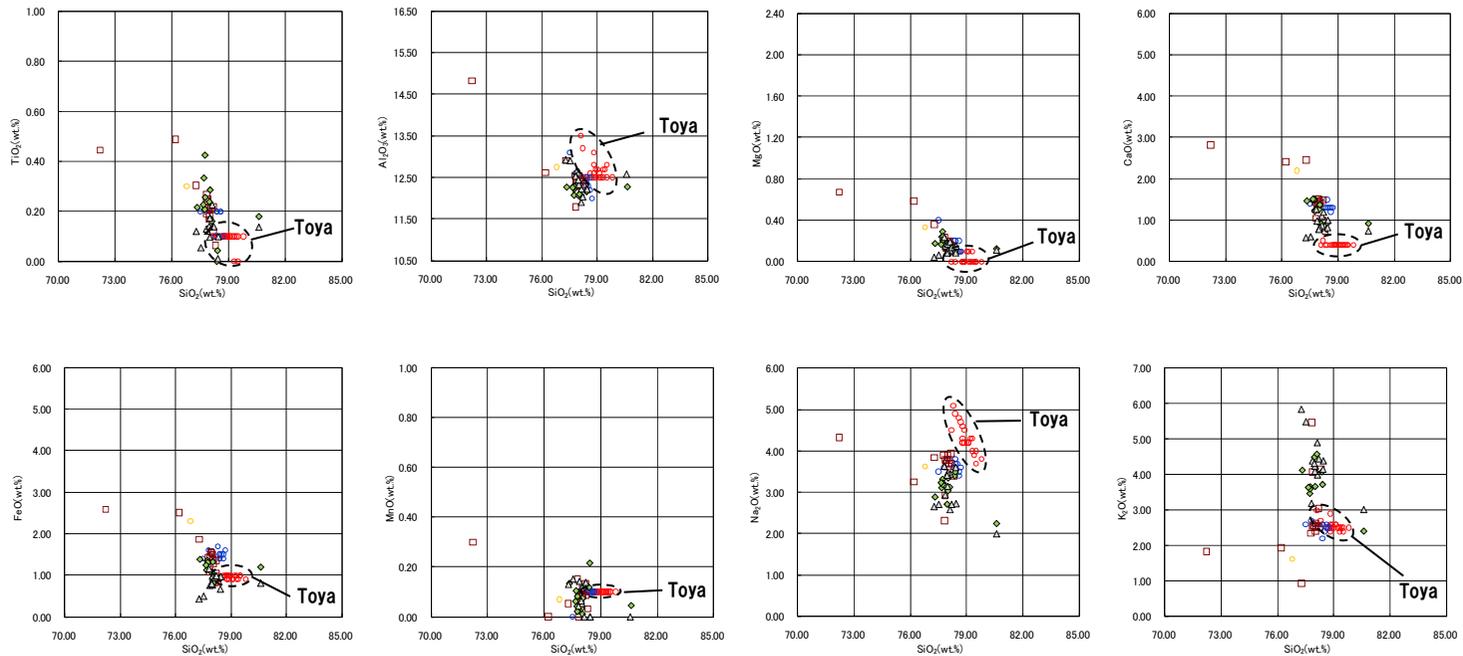
(参考) Spfl及びSpfa-1の屈折率(町田・新井, 2011より)

略号	特徴	火山ガラス	斜方輝石	角閃石
Spfl	バブルウォールタイプ・ハミスタイプの火山ガラス主体	1.500-1.503	1.730-1.733	1.688-1.691
Spfa-1	ハミスタイプの火山ガラス主体	1.501-1.505 (1.502-1.503)	1.729-1.735	1.688-1.691

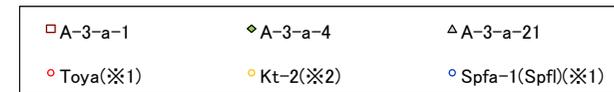
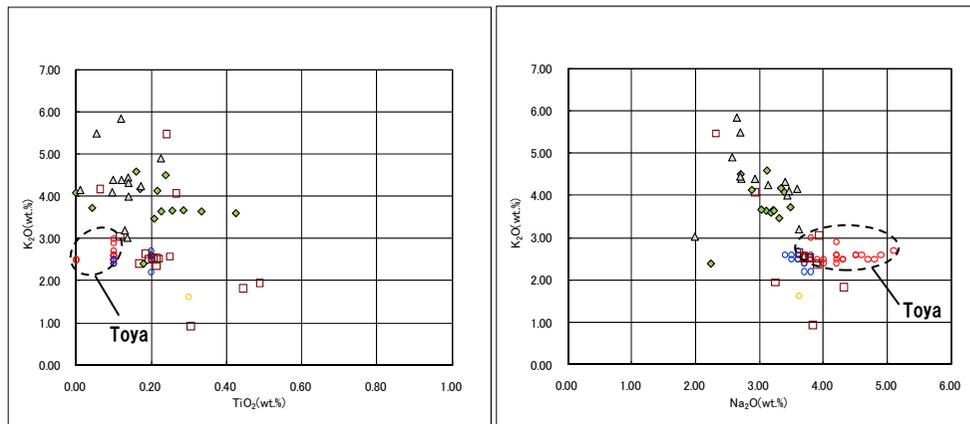
(参考) 洞爺火山灰(Toya)の屈折率(町田・新井, 2011より)

略号	特徴	火山ガラス	斜方輝石	角閃石
Toya	バブルウォールタイプ・ハミスタイプの火山ガラス主体	1.494-1.498	1.711-1.761 (1.758-1.761, 1.712-1.729 bimodal)	1.674-1.684

(参考) A-3トレンチ (3/7)



A-3-a 火山ガラスの主元素組成 (ハーカー図)



※1 町田・新井(2011), ※2 青木・町田(2006)

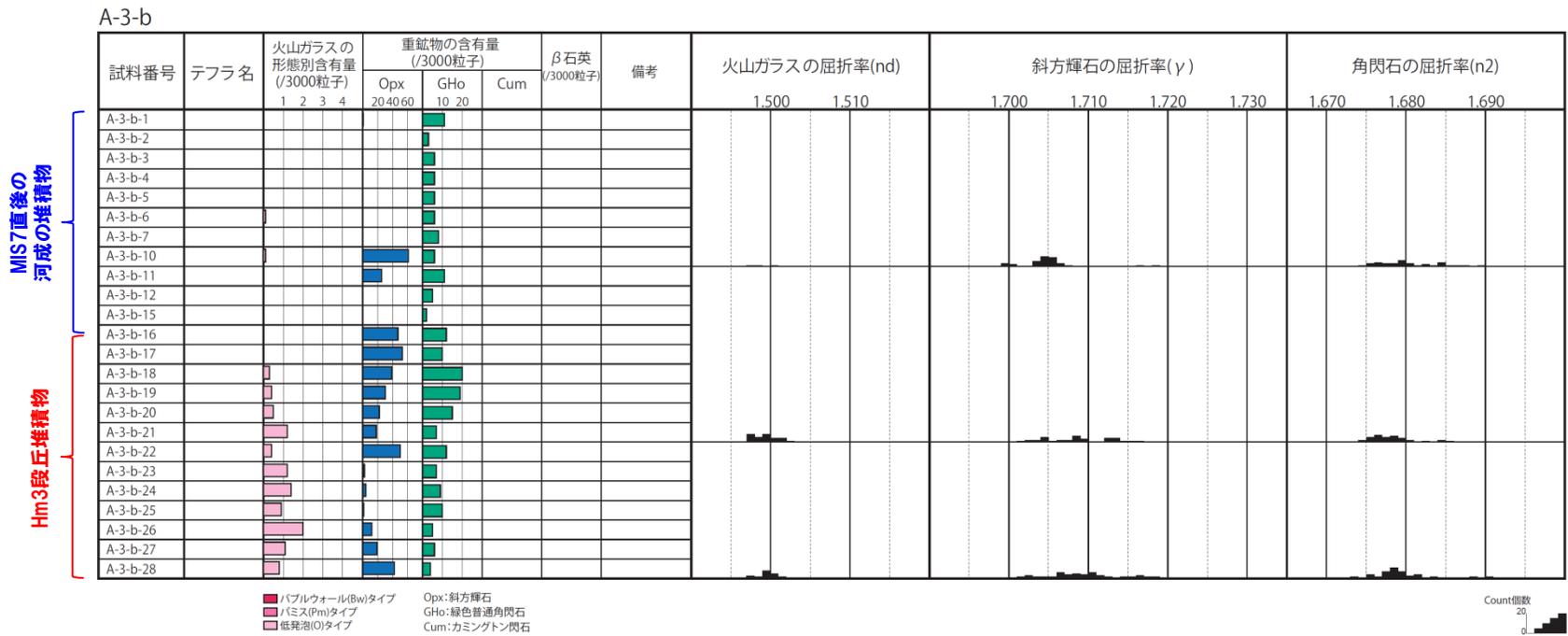
A-3-a 火山ガラスのK₂O-TiO₂図(左図), K₂O-Na₂O図(右図)

4. ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地に到達した可能性評価

(参考) A-3トレンチ (4/7)

一部修正 (H31/4/26審査会合)

- 露頭観察では、色調等から火山灰主体と判断される地層は認められないものの、火山ガラス及び重鉱物の屈折率測定並びに火山ガラスの主成分分析を実施した(測線A-3-b)。
- 火山ガラスの屈折率測定及び主成分分析の結果、MIS7直後の河成の堆積物には、洞爺火山灰(Toya)及びSpfa-1に対比される火山ガラスは認められない。



A-3-b 火山灰分析結果

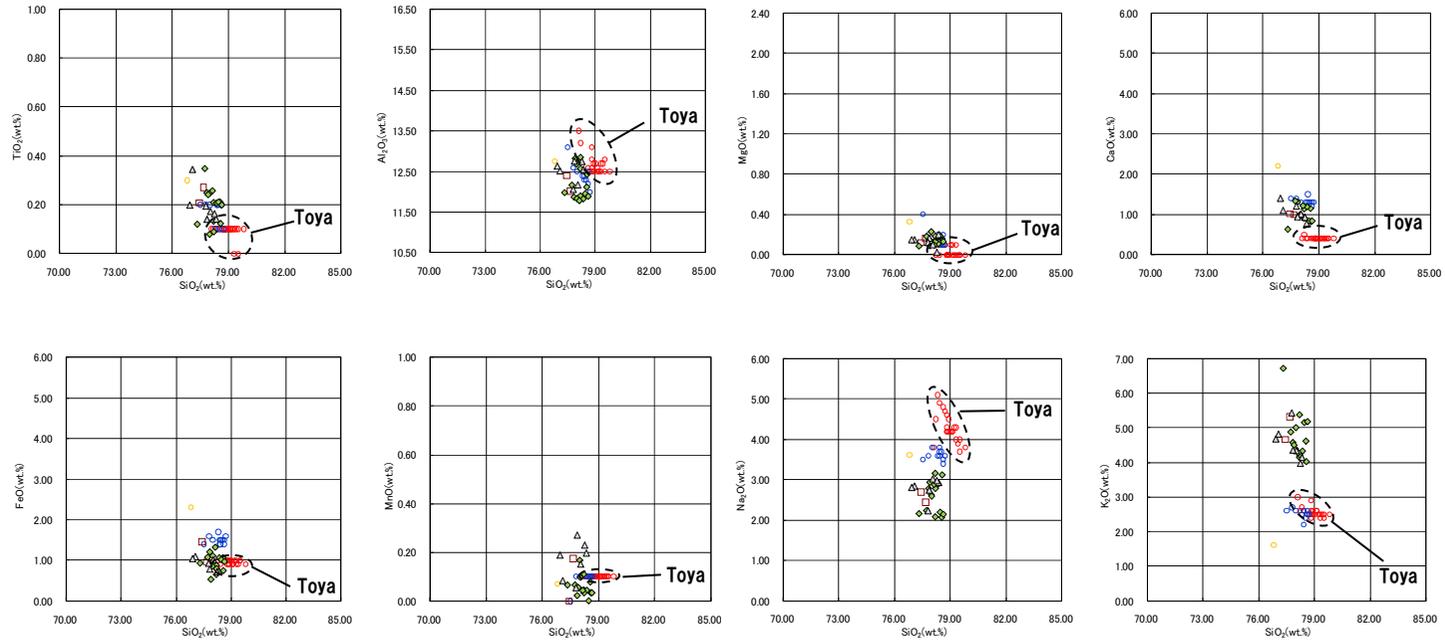
(参考) Spfl及びSpfa-1の屈折率(町田・新井, 2011より)

略号	特徴	火山ガラス	斜方輝石	角閃石
Spfl	ハブルウォールタイプ・ハミスタタイプの火山ガラス主体	1.500-1.503	1.730-1.733	1.688-1.691
Spfa-1	ハミスタタイプの火山ガラス主体	1.501-1.505 (1.502-1.503)	1.729-1.735	1.688-1.691

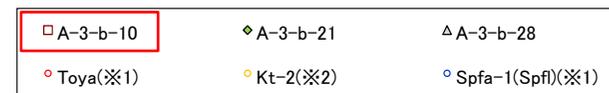
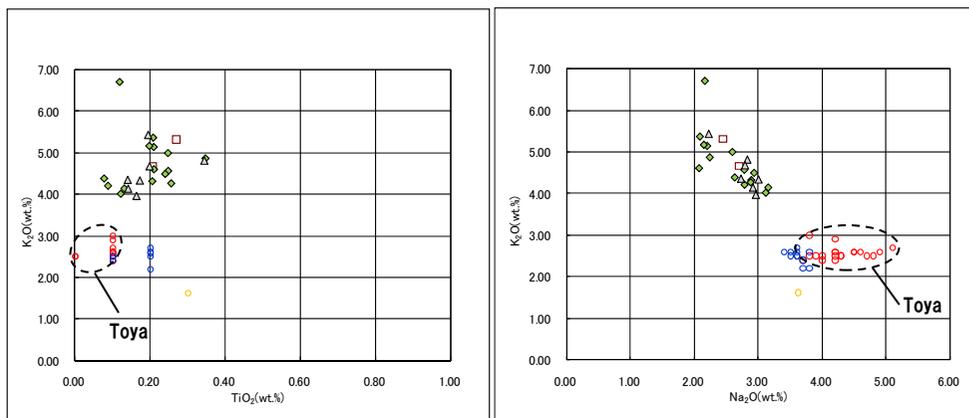
(参考) 洞爺火山灰(Toya)の屈折率(町田・新井, 2011より)

略号	特徴	火山ガラス	斜方輝石	角閃石
Toya	ハブルウォールタイプ・ハミスタタイプの火山ガラス主体	1.494-1.498	1.711-1.761 (1.758-1.761, 1.712-1.729 bimodal)	1.674-1.684

(参考) A-3トレンチ (5/7)



A-3-b 火山ガラスの主元素組成 (ハーカー図)



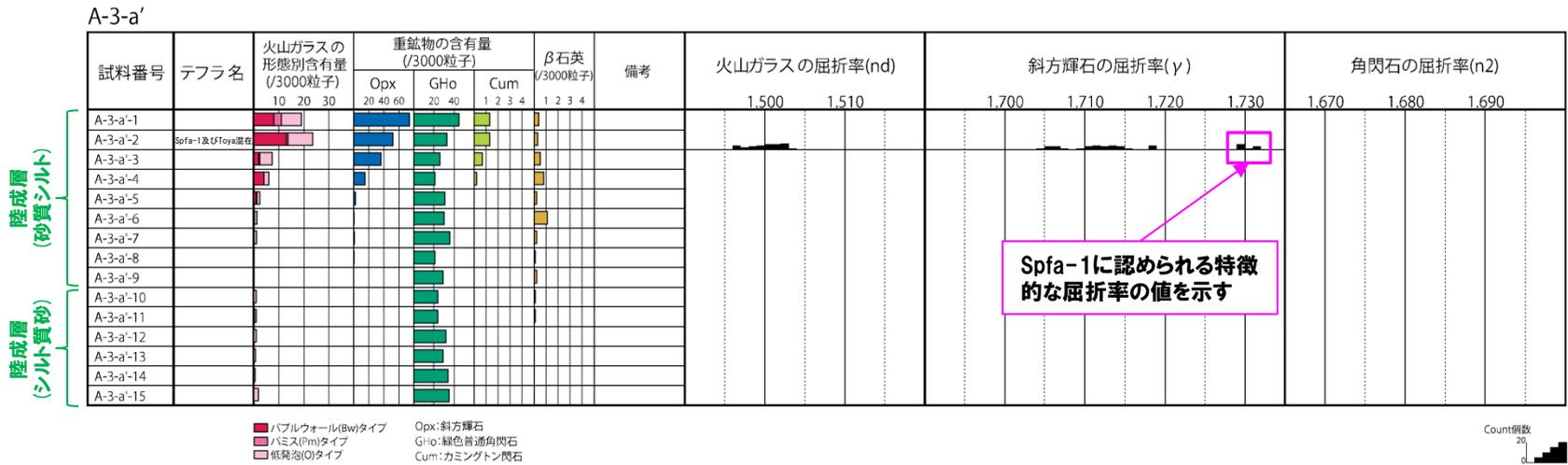
※1 町田・新井(2011), ※2 青木・町田(2006)

A-3-b 火山ガラスのK₂O-TiO₂図(左図), K₂O-Na₂O図(右図)

4. ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地に到達した可能性評価

(参考) A-3トレンチ (6/7)

- 測線A-3-a付近に測線(A-3-a')を設定し、火山ガラス及び重鉱物の屈折率測定並びに火山ガラスの主成分分析を実施した。
- 火山ガラスの屈折率測定及び主成分分析の結果、陸成層(砂質シルト)には、洞爺火山灰(Toya)及びSpfa-1に対比される火山ガラスの混在が認められる(試料番号A-3-a'-2)。
- 重鉱物の屈折率測定の結果、陸成層(砂質シルト)には、Spfa-1に認められる特徴的な屈折率の値(1.730付近)を示す斜方輝石が確認される(試料番号A-3-a'-2)。



A-3-a' 火山ガラス及び重鉱物分析結果

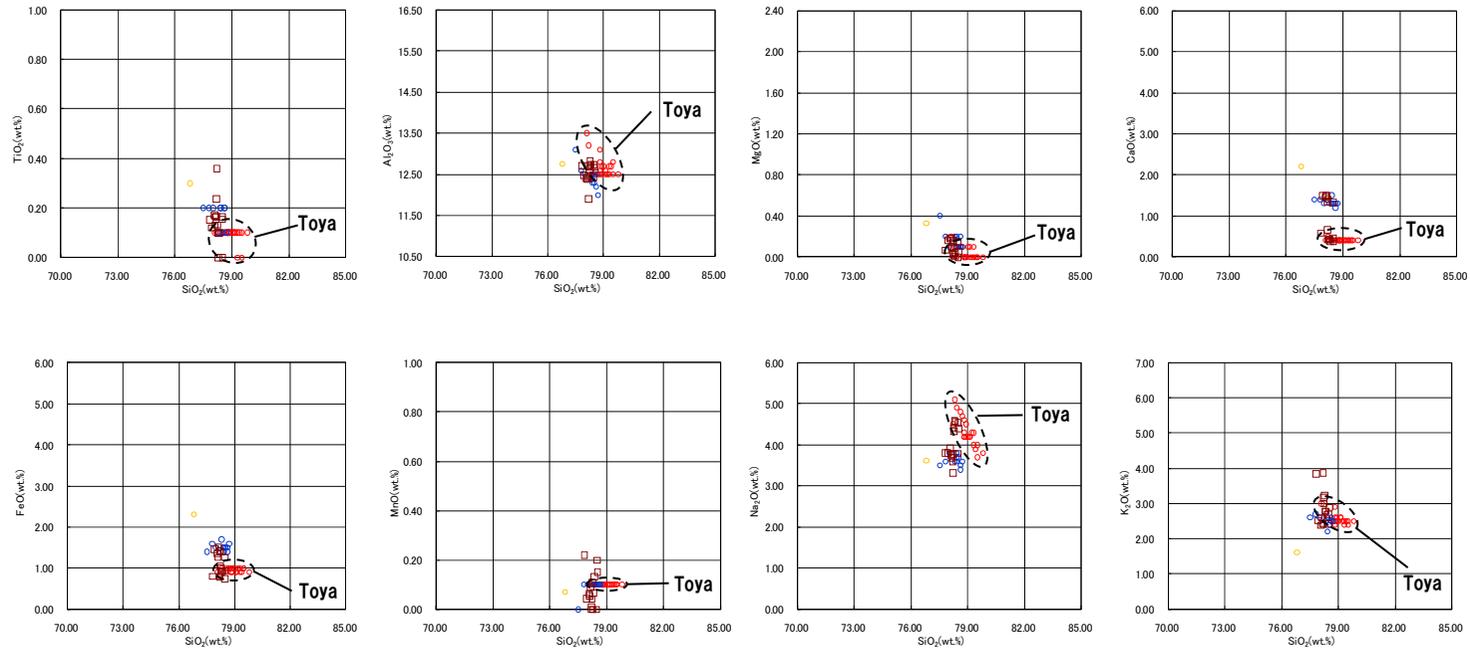
(参考) Spfl及びSpfa-1の屈折率 (町田・新井, 2011より)

略号	特徴	火山ガラス	斜方輝石	角閃石
Spfl	バブルウォールタイプ・ハミスタイプの火山ガラス主体	1.500-1.503	1.730-1.733	1.688-1.691
Spfa-1	ハミスタイプの火山ガラス主体	1.501-1.505 (1.502-1.503)	1.729-1.735	1.688-1.691

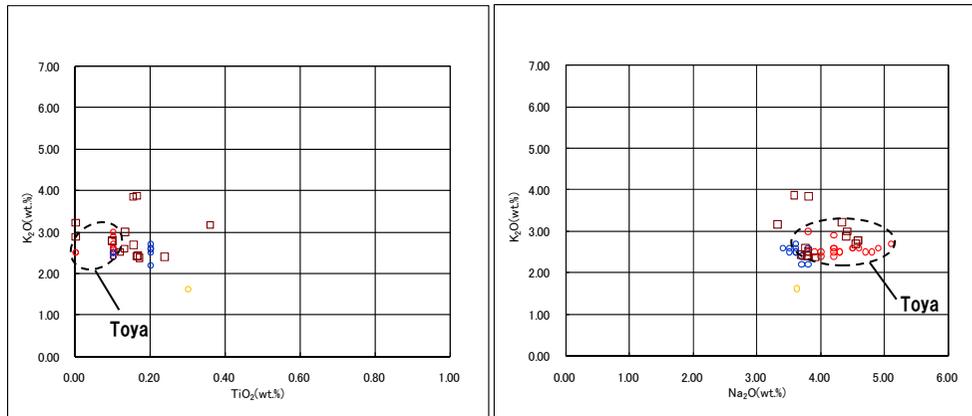
(参考) 洞爺火山灰(Toya)の屈折率(町田・新井, 2011より)

略号	特徴	火山ガラス	斜方輝石	角閃石
Toya	バブルウォールタイプ・ハミスタイプの火山ガラス主体	1.494-1.498	1.711-1.761 (1.758-1.761, 1.712-1.729 bimodal)	1.674-1.684

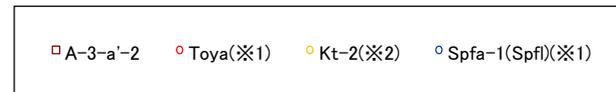
(参考) A-3トレンチ (7/7)



A-3-a' 火山ガラスの主元素組成 (ハーカー図)



A-3-a' 火山ガラスのK₂O-TiO₂図(左図), K₂O-Na₂O図(右図)



※1 町田・新井(2011), ※2 青木・町田(2006)

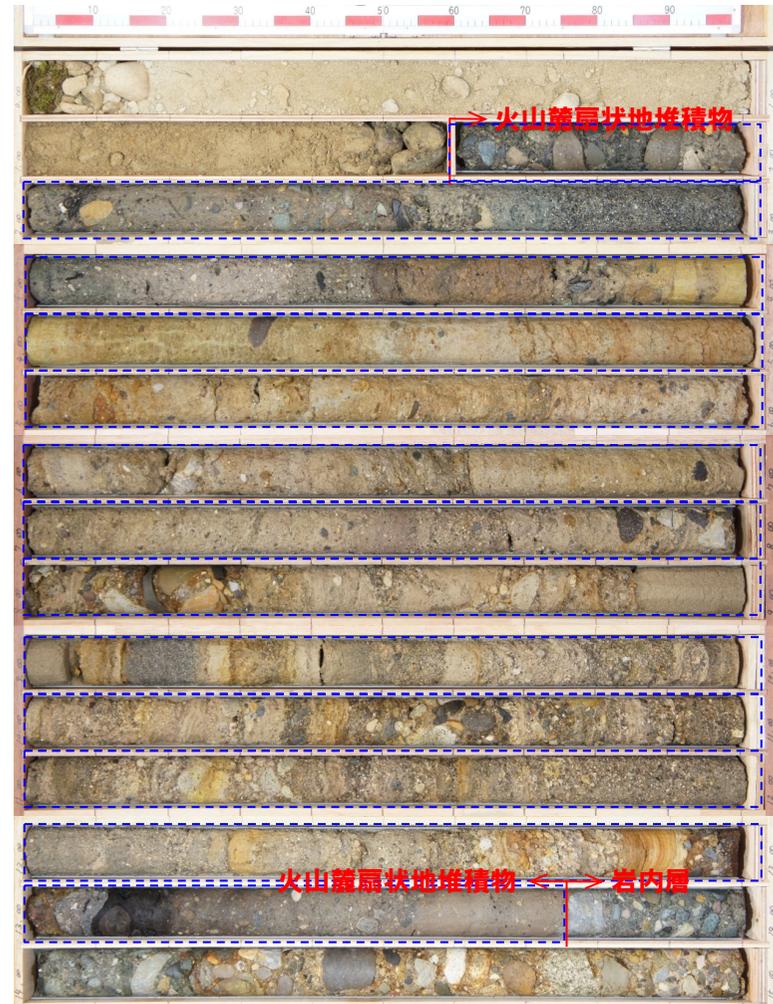
4. ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地に到達した可能性評価

⑪ B-3ボーリング(1/3)

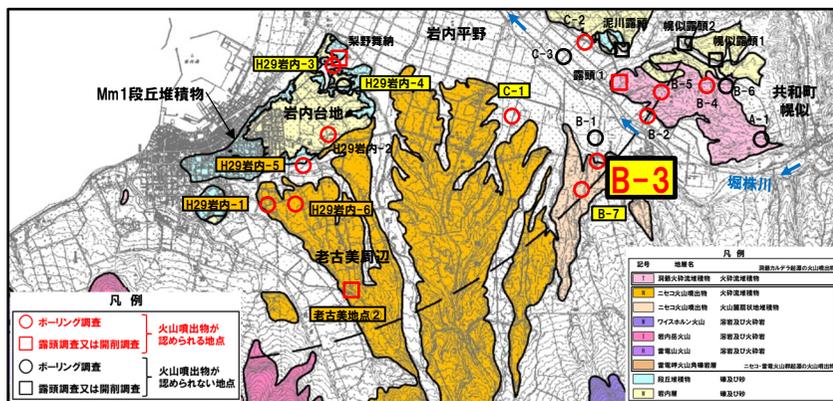
一部修正 (H28/2/5審査会合)

- 本地点においては、標高-0.01~-5.66m(深度13.75~19.40m)に岩内層が認められる。
- また、岩内層上位の標高12.14~-0.01m(深度1.60~13.75m)に認められる堆積物は、安山岩礫を主体とし、堆積構造が認められることから、火山麓扇状地堆積物に区分される。
- 仮にニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が本地点に到達していた場合、本火砕流堆積物の噴出年代より古い岩内層の上位に本火砕流堆積物が認められる可能性が考えられるが、そのような状況は認められない。

孔口標高:13.74m



コア写真(深度0~15m)



調査位置図

□ : 仮にニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が本地点に到達していた場合、本火砕流堆積物が想定される層位

⑪ B-3ボーリング (2/3)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

孔口標高: 13.74m



コア写真 (深度15~30m)



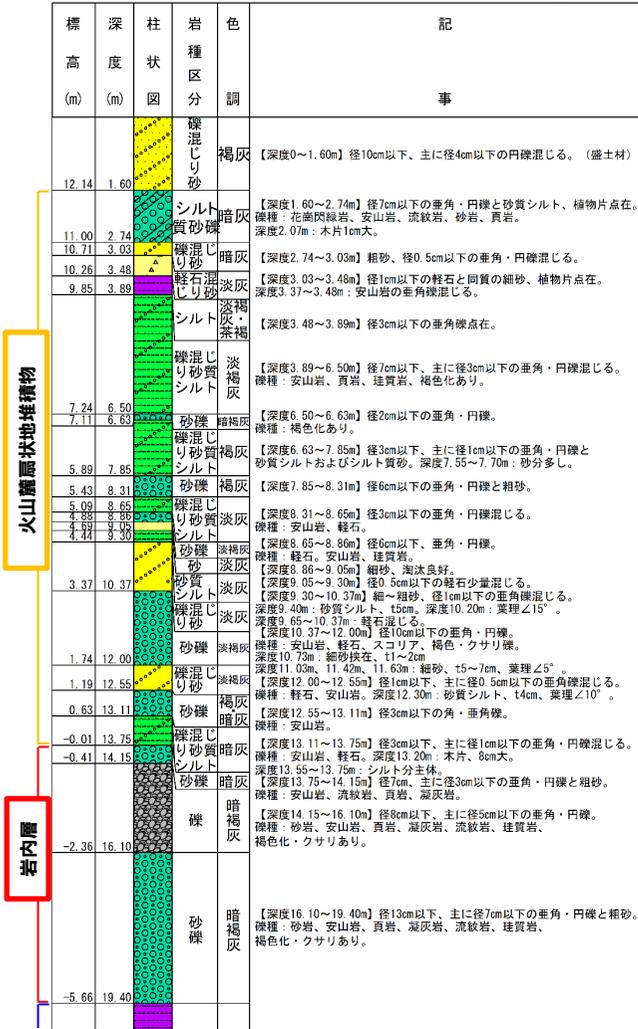
コア写真 (深度30~40m)

4. ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地に到達した可能性評価

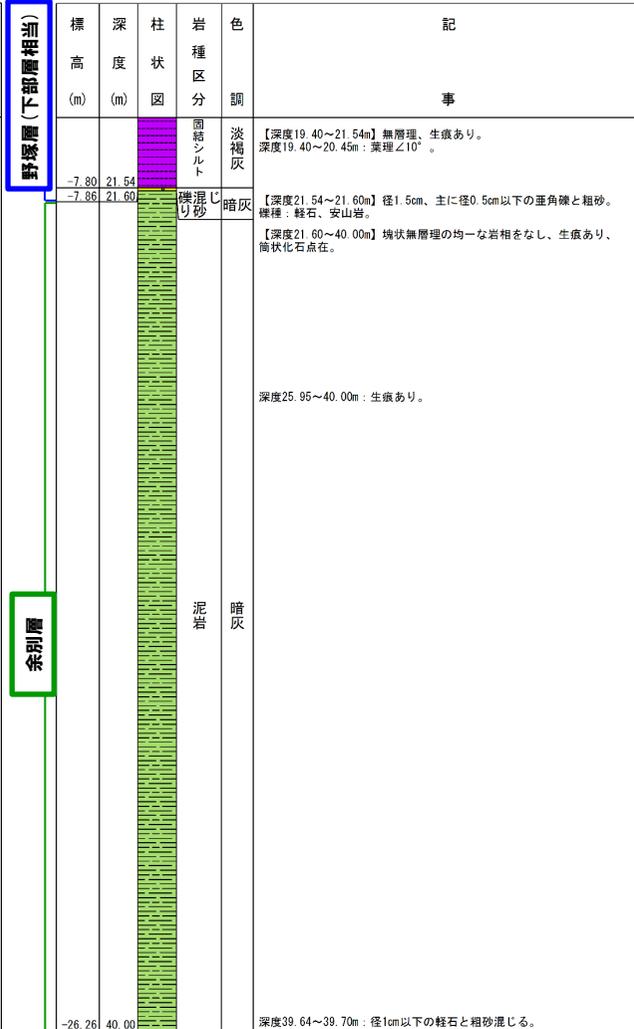
⑪ B-3ボーリング (3/3)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

B-3 孔口標高 13.74m 掘進長 40.00m



ボーリング柱状図 (深度0~20m)



ボーリング柱状図 (深度20~40m)

凡例

- シルト
- 砂質シルト
- 礫混じり砂質シルト
- 砂
- 軽石混じり砂
- 礫混じり砂
- シルト質砂礫
- 砂礫
- 礫
- 固結シルト
- 泥岩

余白

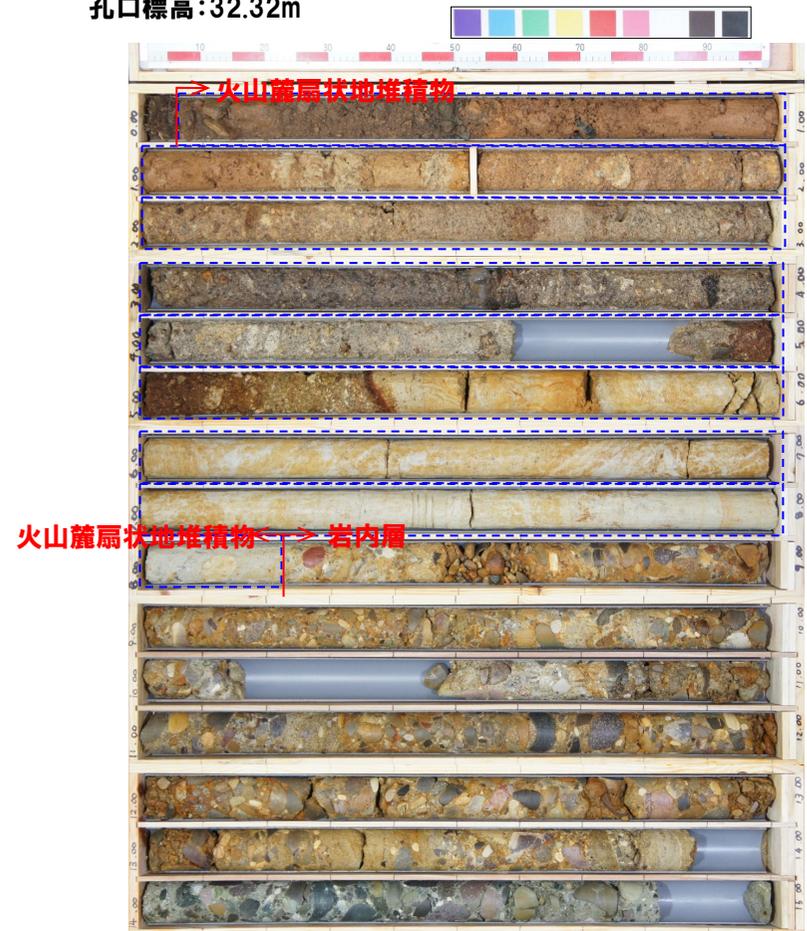
4. ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地に到達した可能性評価

⑫ B-7ボーリング(1/3)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

- 本地点においては、標高24.10~3.56m(深度8.22~28.76m)に、岩内層が認められる。
- また、岩内層上位の標高32.27~24.10m(深度0.05~8.22m)に認められる堆積物は、安山岩のクサリ礫を主体とし、弱い堆積構造が認められることから、火山麓扇状地堆積物に区分される。
- 仮にニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が本地点に到達していた場合、本火砕流堆積物の噴出年代より古い岩内層の上位に、本火砕流堆積物が認められる可能性が考えられるが、そのような状況は認められない。

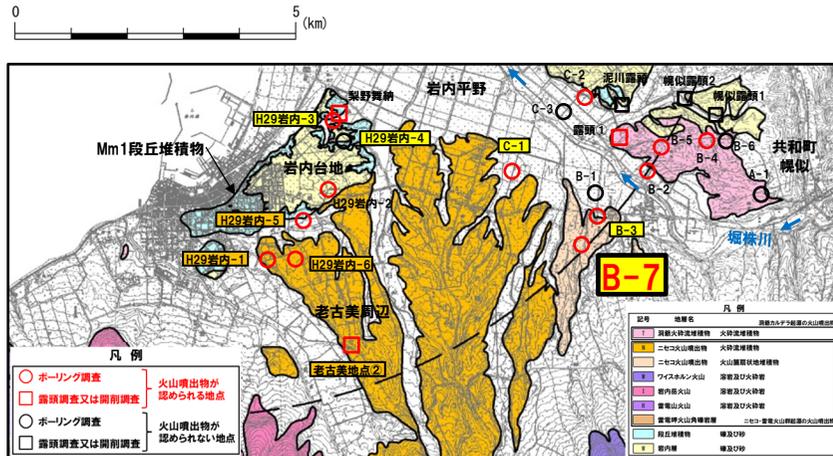
孔口標高:32.32m



コア写真(深度0~15m)



コア写真(深度0.5~1.5m)別孔



- : ホーリング調査 火山噴出物が認められる地点
- : 露頭調査又は開削調査 火山噴出物が認められる地点
- : ホーリング調査 火山噴出物が認められない地点
- : 露頭調査又は開削調査 火山噴出物が認められない地点
- : ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が確認される調査地点
- : ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が到達していた場合、本火砕流堆積物が想定される層位に認められない調査地点
- : 仮にニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が本地点に到達していた場合、本火砕流堆積物が想定される層位

調査位置図

⑫ B-7ボーリング (2/3)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

孔口標高:32.32m



コア写真(深度15~30m)



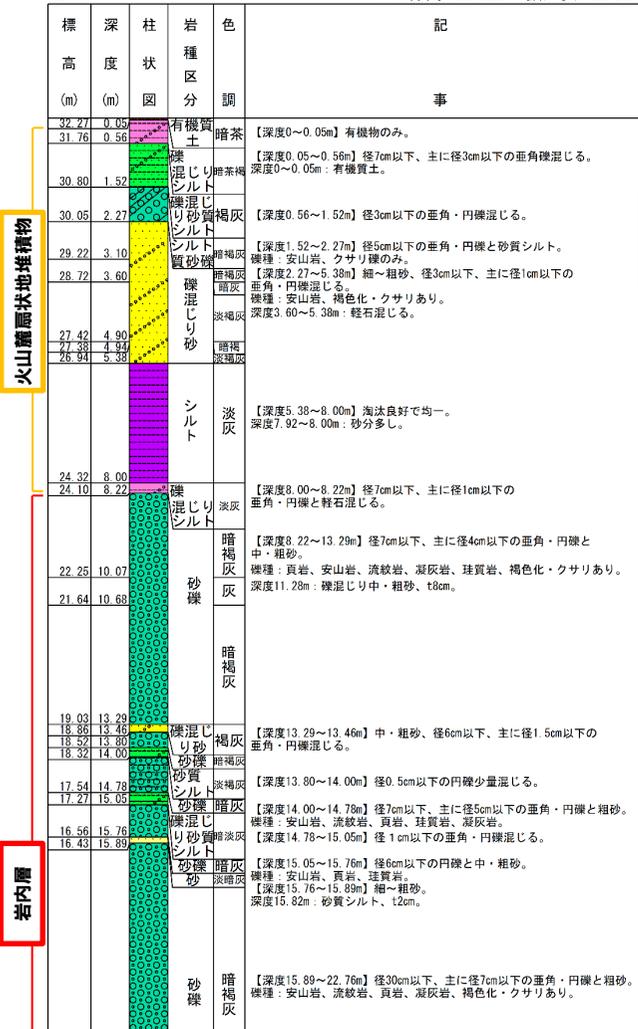
コア写真(深度30~40m)

4. ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地に到達した可能性評価

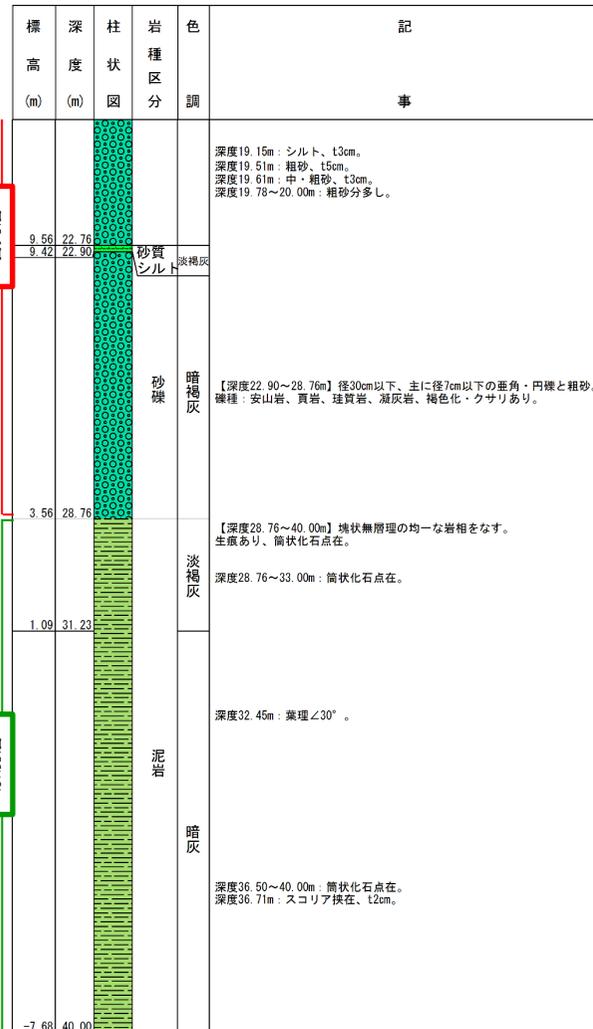
⑫ B-7ボーリング (3/3)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

B-7 孔口標高 32.32m 掘進長 40.00m



ボーリング柱状図 (深度0~20m)



ボーリング柱状図 (深度20~40m)

凡例

- 有機質土
- シルト
- 砂質シルト
- 礫混じり砂質シルト
- 礫混じりシルト
- 砂
- 礫混じり砂
- シルト質砂礫
- 砂礫
- 泥岩

余白

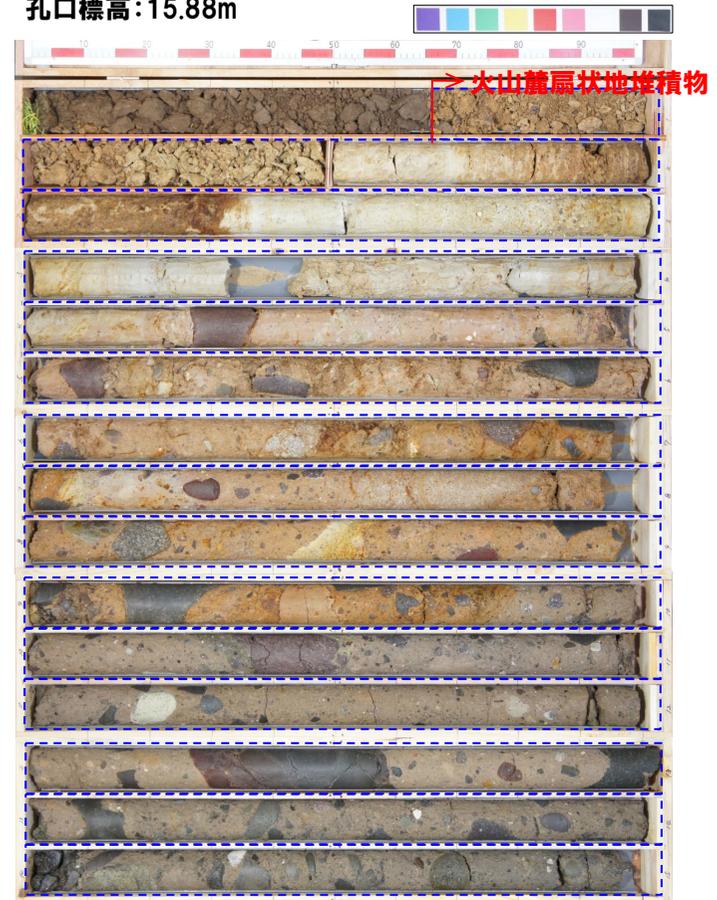
4. ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地に到達した可能性評価

⑬ C-1ボーリング(1/3)

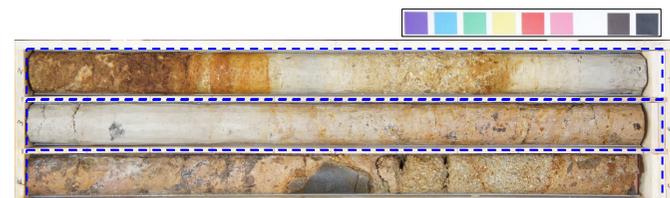
一部修正 (H28/2/5審査会合)

- 本地点においては、標高-1.39~-20.17m(深度18.23~36.05m)に、岩内層が認められる。
- また、岩内層上位の標高15.23~-2.35m(深度0.65~18.23m)に認められる堆積物は、安山岩のクサリ礫を主体とし、円礫を多く含み、シルト塊が認められることから、火山麓扇状地堆積物に区分される。
- 仮にニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が本地点に到達していた場合、本火砕流堆積物の噴出年代より古い、岩内層の上位に、本火砕流堆積物が認められる可能性が考えられるが、そのような状況は認められない。

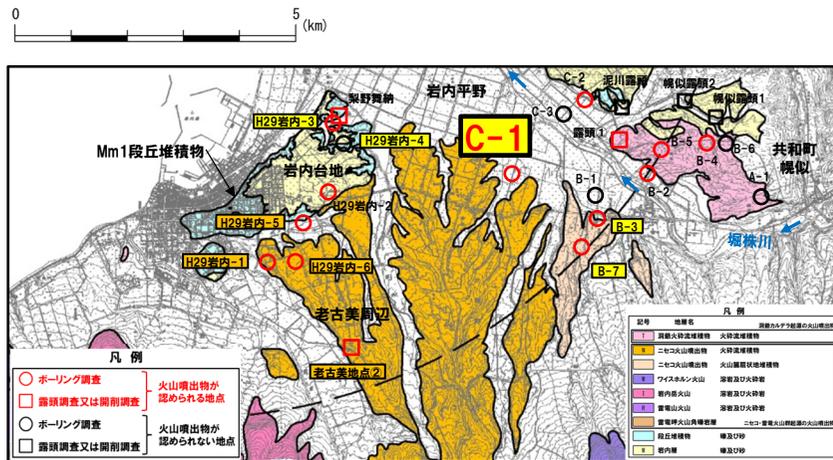
孔口標高:15.88m



コア写真(深度0~15m)



コア写真(深度2~5m)別孔



- : ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が確認される調査地点
- : ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が到達していた場合、本火砕流堆積物が想定される層位に認められない調査地点

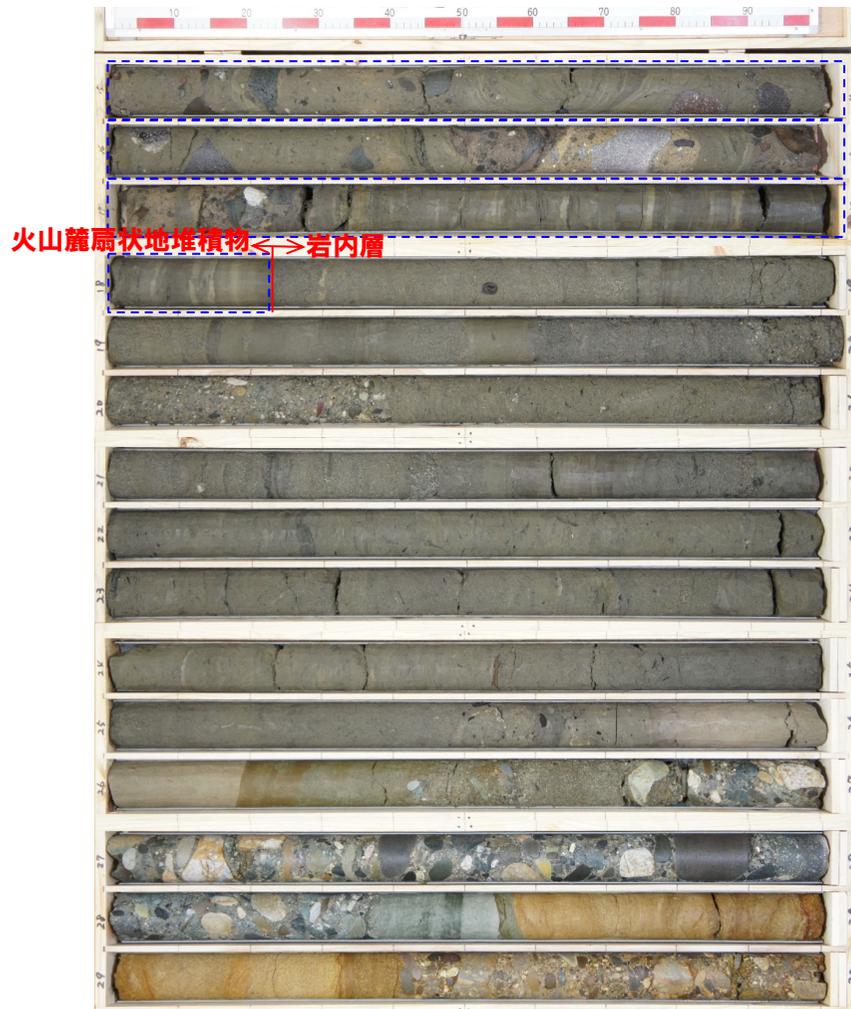
調査位置図

□ : 仮にニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が本地点に到達していた場合、本火砕流堆積物が想定される層位

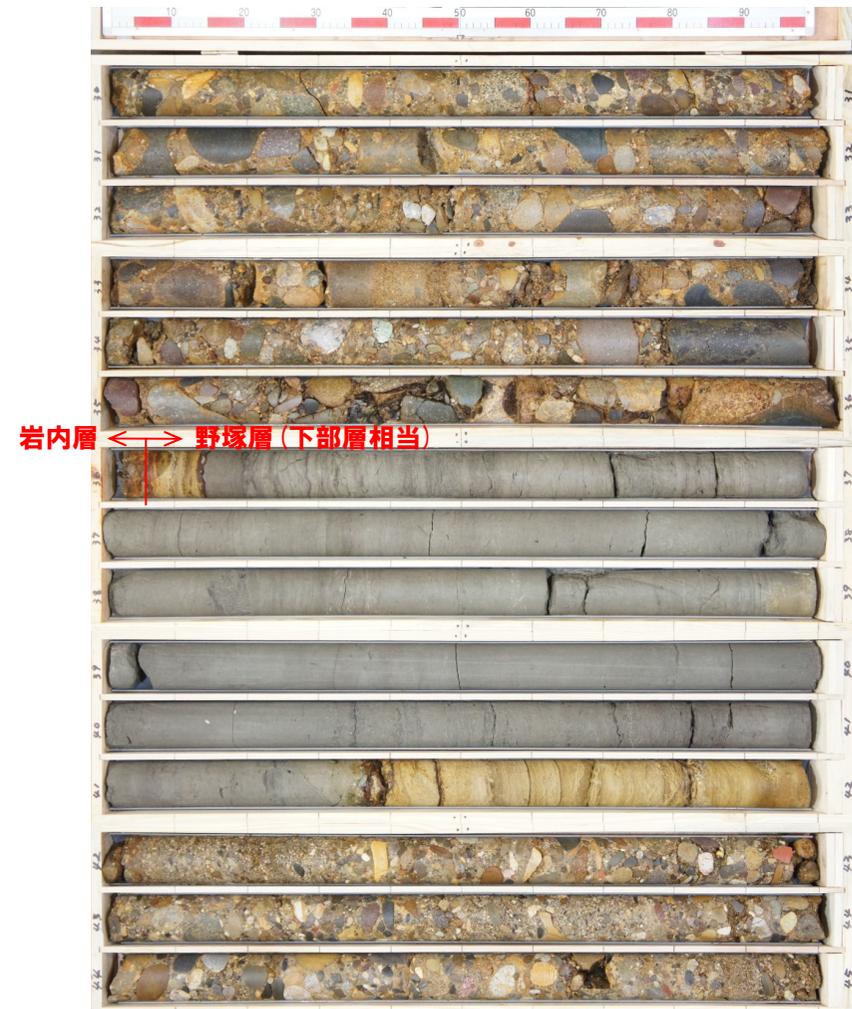
⑬ C-1ボーリング (2/3)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

孔口標高: 15.88m



コア写真 (深度15~30m)



コア写真 (深度30~45m)

⋯ : 仮にニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が本地点に到達していた場合、本火砕流堆積物が想定される層位

4. ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地に到達した可能性評価

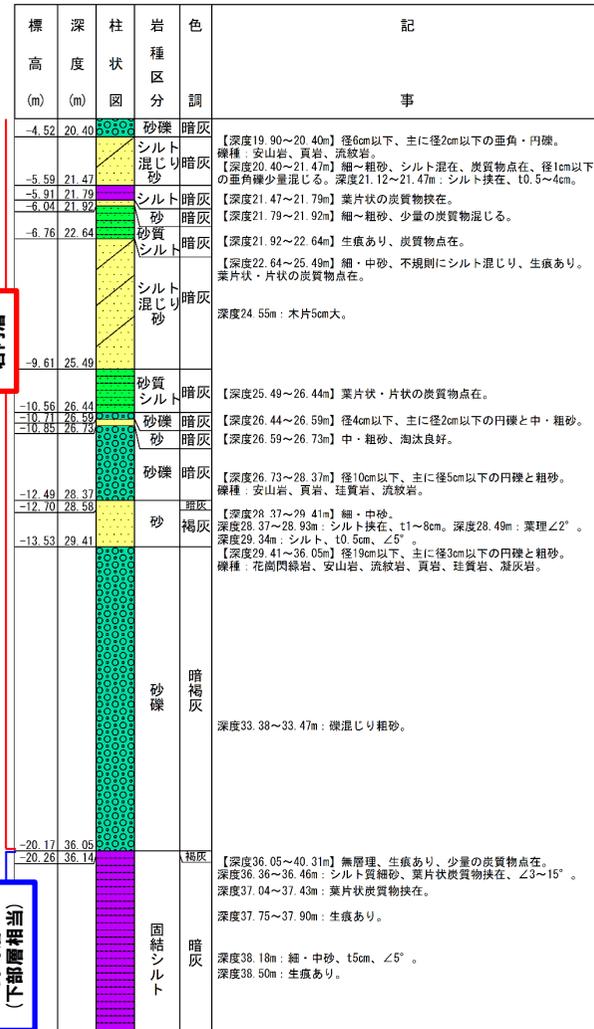
⑬ C-1ボーリング (3/3)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

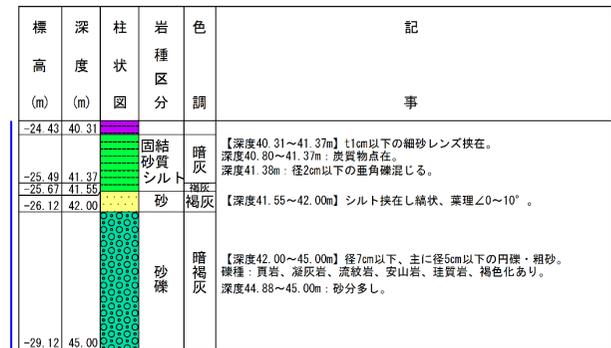
C-1 孔口標高 15.88m 掘進長 45.00m



ボーリング柱状図 (深度0~20m)



ボーリング柱状図 (深度20~40m)



野礫層 (下部層相当)

ボーリング柱状図 (深度40~45m)

- 凡例
- シルト
 - 有機質シルト
 - 砂質シルト
 - 礫混じり砂質シルト
 - 砂
 - シルト混じり砂
 - 砂礫
 - 固結シルト
 - 固結砂質シルト

余白

4. ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地に到達した可能性評価

⑭ ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)の堆積状況に関する考察(1/2)

- 石田ほか(1991)における火砕流堆積物分布範囲の縁辺部に位置するH29岩内-5は層厚が薄い状況であるが、給源側において近接するH29岩内-1及びH29岩内-6地点においては相対的に層厚が厚い状況が認められる。
- このような堆積状況に関して考察するため、まず火砕流の分類に関する文献レビューを実施した。

【文献レビュー】

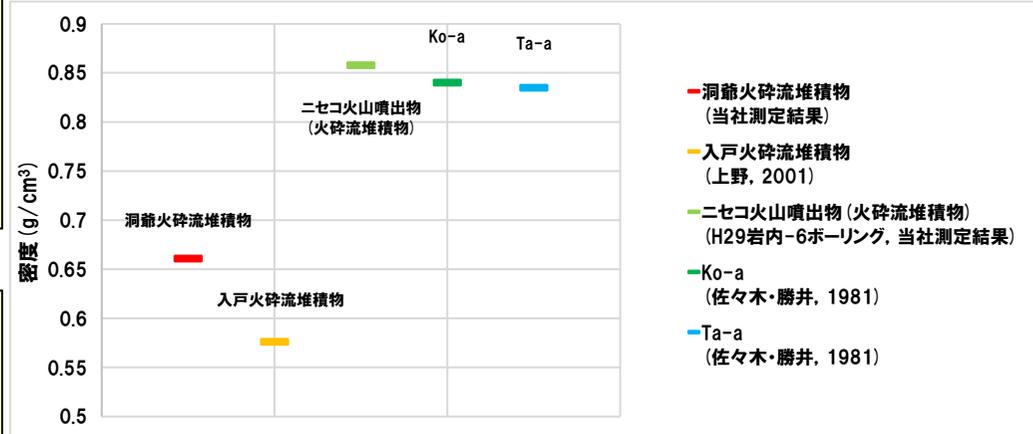
- 噴出物の量及び本質岩塊の密度により火砕流の分類をしている荒牧(1968)をレビューした。
 - ・火砕流の規模は、 10^7 の範囲にわたるが、規模の大小によりその特徴が変化するとされている。
 - ・最も重要な性質は、含まれる本質物質の見かけ密度の差であり、大型のものはほぼ例外なく低密度(発泡度が大)であるのに対し、高密度の本質岩塊をもつものは例外なく小型であるとされている。
 - ・中間の規模の火砕流は中位の発泡度の軽石やスコリアを含む場合が多い、岩質は、大型のものは流紋岩・デイサイトが圧倒的に多いのに対し、小型のものは種々の岩質のものがあ、環太平洋火山帯のような、arc(弧)型火山地域では、最も多い岩型を反映して、安山岩質のものが多くとされている。

- 荒牧(1968)を踏まえると、火砕流の規模が大きいほど、その火砕流堆積物の密度は小さいことから、ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)の密度から、その規模について検討を行う。
- 検討においては、H29岩内-6ボーリングにおいて採取したニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)及び幌似周辺露頭①で採取した洞爺火砕流堆積物(354km³(DRE)※)の軽石を対象に実施した当社密度測定(見かけ密度)結果と、文献に示される以下の火砕流堆積物の軽石の平均密度との比較を行った(右表及び右図参照)。(大規模な火砕流)
 - ・入戸火砕流堆積物(353~414km³(DRE)※)
 (中小規模な火砕流)
 - ・Ko-a(北海道駒ヶ岳)(0.2km³(DRE)※)
 - ・Ta-a(樽前山)(1.6km³(DRE)※)

※各火砕流堆積物を噴出した噴火における総噴出量を示す。

- 火砕流の規模に差が認められる火山噴出物の密度を測定した結果、噴出物体積が数100km³の洞爺火砕流堆積物及び入戸火砕流堆積物に比べ、数km³以下のKo-a及びTa-aの密度は大きい。
- H29岩内-6ボーリングに認められるニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)の軽石の密度は、洞爺火砕流堆積物及び入戸火砕流堆積物に比べ、大きく、Ko-a及びTa-aと同等であることから、その規模は大規模なものではないと推定される。

火山噴出物名	平均密度(g/cm ³)	根拠
洞爺火砕流堆積物	0.661	当社測定結果
入戸火砕流堆積物	0.576	上野(2001)
ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)	0.858	当社測定結果
Ko-a	0.84	佐々木・勝井(1981)
Ta-a	0.835	佐々木・勝井(1981)



各火砕流堆積物に含まれる軽石の密度
(当社測定結果、上野(2001)及び佐々木・勝井(1981)を基に作成)

⑭ ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)の堆積状況に関する考察(2/2)

○次に、火砕流の規模と堆積状況について記載されている文献のレビューを実施した。

○火砕流の規模と堆積状況について記載されている早川(1991)をレビューした。

・Wilson(1980)は、火砕流の中を上昇するガス流速の違いによって火砕流を次の3タイプに分けることを提唱しているとされている。

(タイプ1 ガスがゆっくりと上昇する火砕流)

・活動中の溶岩円頂丘や溶岩流の一部が崩壊して発生するような、発泡度が低い岩塊を多く含む小規模の火砕流の中では、上昇するガス流速が遅いために流動化による降伏強度の低下がほとんど起こらないとされている。

・有珠山の1822年文政熱雲など、熱雲と呼ばれた火砕流の大部分がこのタイプであるとされている。

(タイプ2 ガスが中程度の速さで上昇する火砕流)

・流れがいくぶん膨張する程度のガス流速が実現すると大きな粒子の内部移動が可能になり、重力の作用で重い岩片が下方に集積する級化(grading)が起こる。流れ全体の密度より軽石の密度が軽いときには、粗粒軽石が上方に集積する逆級化が見られるとされている。

・中小規模の軽石質火砕流の多くがタイプ2に分類されるとされている。

(タイプ3 ガスが速く上昇する火砕流)

・砂粒子の大部分が流動化する程度のガス流速が達成されたときには降伏強度が著しく低下する。これによって流動性が增大するから、急斜面上に堆積物はほとんど残らないとされている。

・大規模な軽石質火砕流のほとんどがタイプ3であるとされている。

・実測された火砕流の最高速度は13~50m/sの間にあるが、どれもタイプ1火砕流あるいはタイプ2火砕流の計測値である。地質時代に起こった複数のタイプ3火砕流の速さを、乗り越えた山地の比高とエネルギー保存則によって計算すると、70~200m/sが得られるとされている。

・十分な質量をもって出発した火砕流の到達距離は与えられた速度によって決まる。すべての火砕物の流速が0に等しくなったときが、その火砕流が停止するときである。流路には比較的厚い堆積物が残され、先端には急崖が形成されるだろうとされている。

・速い火砕流の到達距離は出発時の質量によって決まることが理解できる。火砕流はその最終段階で、流れるべき火砕物がなくなるためにそこで消滅するのである。流路には薄い堆積物が残され、先端はレンズ状に尖滅するとされている。



○早川(1991)を踏まえると、中小規模の火砕流は、降伏強度の低下が比較的小さいことから、末端部においても、厚い堆積物が残されるものと考えられる。

○ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)は大規模なものではないと推定されることから、H29岩内-1及びH29岩内-6ボーリングにおいて層厚が厚い状況は、早川(1991)の知見と矛盾するものではない。

1. 敷地から半径160km以内の範囲(地理的領域)にある第四紀火山カタログ	P. 3
2. 火山影響評価に関する各種調査	P.120
2.1 文献調査	P.121
2.2 地形調査	P.129
2.3 地質調査	P.134
2.4 火山学的調査	P.278
3. 支笏カルデラ及び洞爺カルデラにおいて噴出した火砕流が敷地に到達した可能性評価	P.292
3.1 支笏火砕流	P.294
3.2 洞爺火砕流	P.302
4. ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地に到達した可能性評価	P.312
5. 影響評価における将来の噴火の可能性に関する検討	P.384
5.1 始良カルデラ	P.385
5.2 阿蘇カルデラ	P.391
5.3 倶多楽・登別火山群	P.395
6. 火山影響評価に関する文献レビュー	P.438
6.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	P.439
6.2 巨大噴火の可能性評価	P.443
参考文献	P.461

1. 敷地から半径160km以内の範囲(地理的領域)にある第四紀火山カタログ	P. 3
2. 火山影響評価に関する各種調査	P.120
2.1 文献調査	P.121
2.2 地形調査	P.129
2.3 地質調査	P.134
2.4 火山学的調査	P.278
3. 支笏カルデラ及び洞爺カルデラにおいて噴出した火砕流が敷地に到達した可能性評価	P.292
3.1 支笏火砕流	P.294
3.2 洞爺火砕流	P.302
4. ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地に到達した可能性評価	P.312
5. 影響評価における将来の噴火の可能性に関する検討	P.384
5.1 始良カルデラ	P.385
5.2 阿蘇カルデラ	P.391
5.3 倶利伽羅カルデラ	P.395
6. 火山影響	P.438
6.1 火砕流	P.439
6.2 巨大噴火の可能性評価	P.443
参考文献	P.461

① 始良Tn火山灰(AT)の分布状況 P. 386

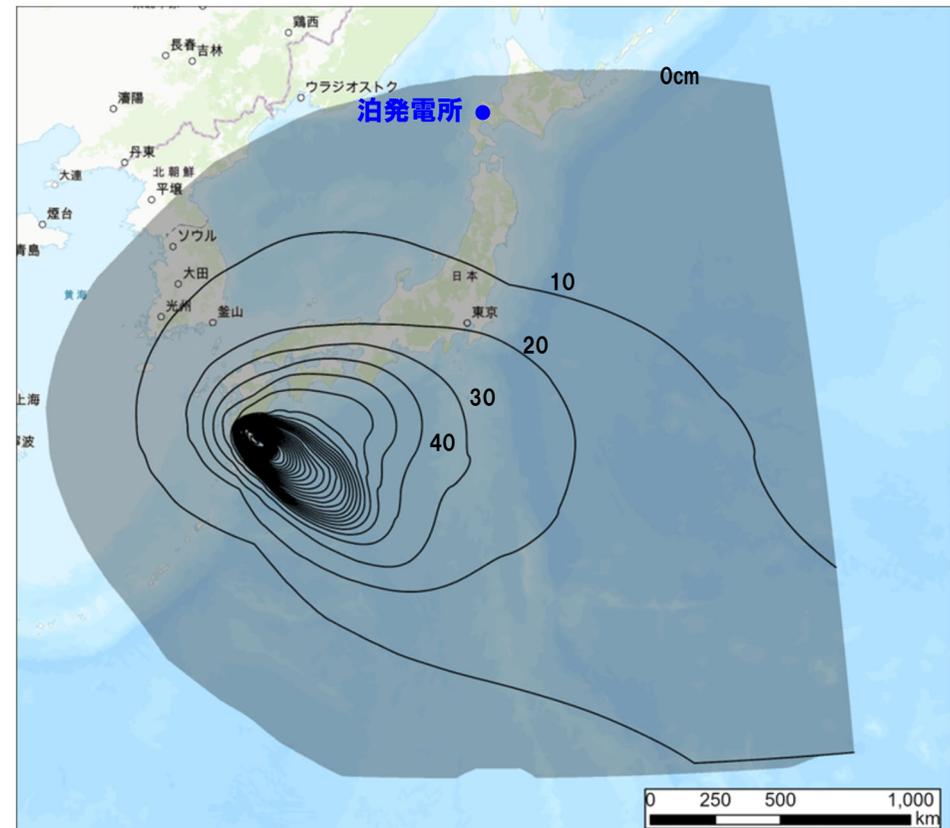
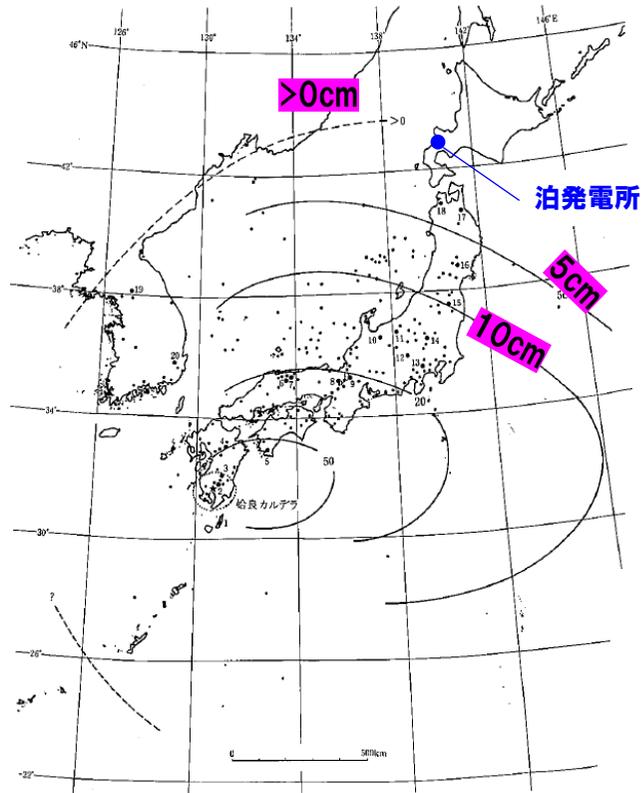
② 活動履歴 P. 387

③ 始良入戸噴火と同規模の噴火が運用期間中に発生する可能性 P. 388

5.1 始良カルデラ

① 始良Tn火山灰(AT)の分布状況

- 始良カルデラにおける最大規模の噴火は、約30ka (30,174-19,982calBP) に始良Tn火山灰(AT), 入戸火砕流-亀割坂角礫堆積物(Ito-Km), 妻屋火砕流堆積物(Tm), 垂水火砕流堆積物及び大隅降下軽石(OS)を噴出した始良入戸噴火である。
- 始良Tn火山灰(AT)は、日本列島及び周辺の広範囲を覆い、北日本においては青森県までその分布が認められている。
- 町田・新井(2011)によれば、敷地周辺は層厚が0~5cmの範囲に該当する(左下図参照)。
- また、Uesawa et al.(2022)によれば、敷地周辺は層厚が0~10cmの範囲に該当する(右下図参照)。

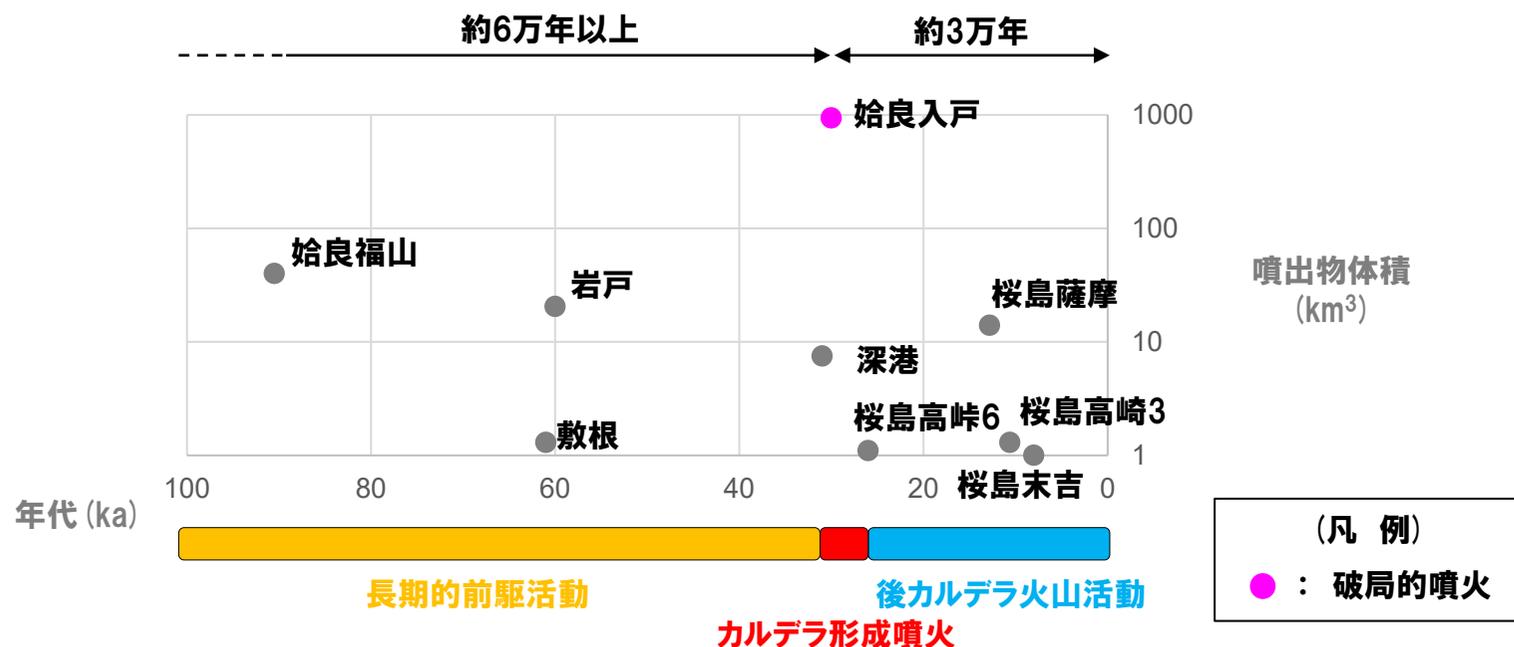


始良Tn火山灰(AT)の等層厚線図(左図:町田・新井(2011)に加筆, 右図:Uesawa(2023)を基に当社が作成)

5.1 始良カルデラ

② 活動履歴

○産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2022)によれば、始良入戸噴火の噴出物体積は、入戸火砕流-亀割坂角礫堆積物(Ito-Km) $500\text{--}600\text{km}^3$ ($200\text{--}250\text{km}^3$ (DRE)), 始良Tn火山灰(AT) 300km^3 (120km^3 (DRE))とされている。妻屋火砕流堆積物(Tm), 垂水火砕流堆積物及び大隅降下軽石(OS)も含めた当該噴火の総噴出量は $877\text{--}1,006\text{km}^3$ ($353\text{--}414\text{km}^3$ (DRE))と推定され、噴出規模はVEI7~VEI8クラスであったとされている。



始良カルデラの噴火時系列

(噴出物体積及び年代は産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2022)及び小林ほか(2013)に基づく)

5.1 始良カルデラ

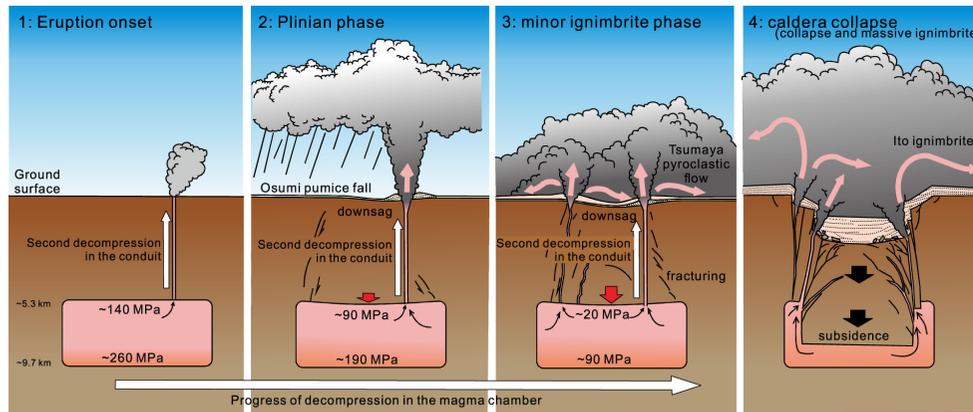
③ 始良入戸噴火と同規模の噴火が運用期間中に発生する可能性(1/2)

- 破局的噴火の活動間隔(約6万年以上)は、始良入戸噴火からの経過時間(約3万年)に比べて十分長いことから、同規模の噴火までは十分な時間的余裕があると考えられる(P387参照)。
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2022)によれば、始良カルデラにおける現在の噴火活動は、桜島における後カルデラ火山活動ステージとされている。
- 下司(2016)及び東宮(2016)によれば、巨大噴火を発生させるためには、巨大噴火が可能な量の珪長質マグマ溜まりが、上部地殻内(約20km以浅)のうち、深度約10km程度以浅に形成されることが必要であり、また、そのマグマ溜まりの周囲には部分熔融域が広がっているものと考えられる(本編資料P110~P112参照)。
- 始良入戸噴火の石英ガラス内包物の含水量を測定し、当該噴火のマグマだまりの減圧過程を推定したGeshi et al.(2021)によれば、噴火直前のマグマだまりの深度が5.3~9.7kmであったとされている(次頁左図参照)。
- 高分解能な3次元地震波トモグラフィーによって始良カルデラ浅部の地震波速度構造を明らかにした為栗ほか(2022)によれば、始良カルデラ中央部の深さ12kmを最上部とするS波低速度領域が認められ、この領域はメルトを約7%程度含む領域であるとされている(次頁右図参照)。
- このため、当該S波低速度領域は、巨大噴火を引き起こす珪長質マグマの形成深度(深度約10km程度以浅)より深い位置に分布する。

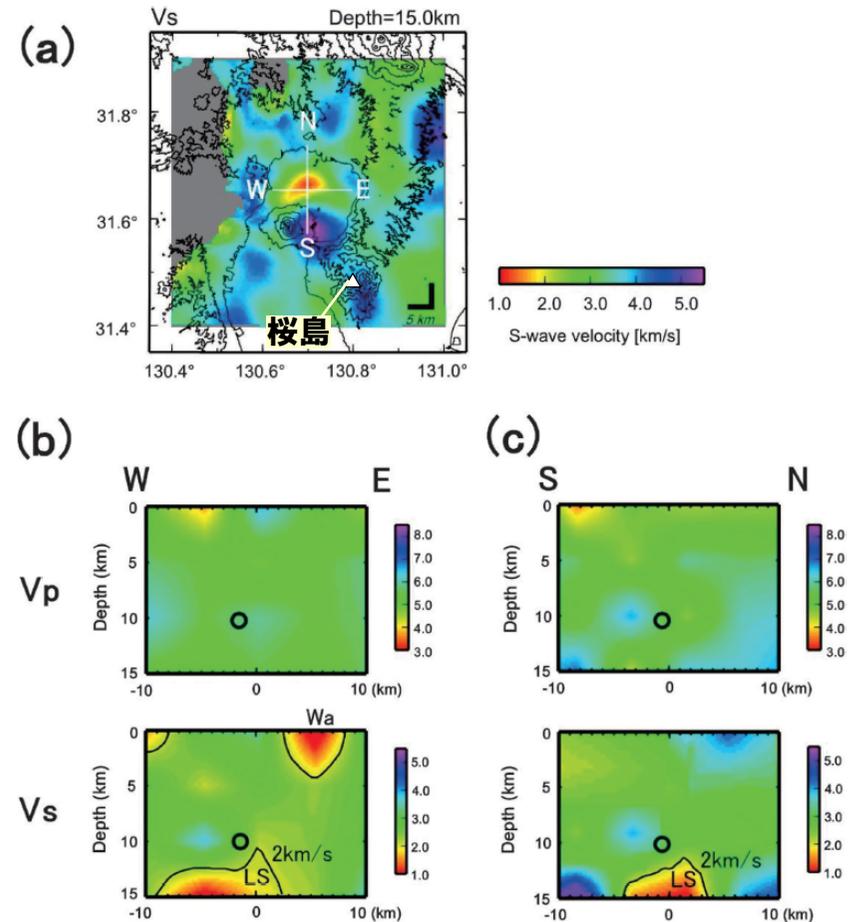


- 始良カルデラの活動履歴及び地下構造の検討の結果、現在の始良カルデラにおいては、巨大噴火が可能な深度に珪長質マグマが存在している可能性は十分小さく、始良Tn火山灰(AT)を噴出した噴火と同規模の噴火が運用期間中に発生する可能性は十分小さい。

③ 始良入戸噴火と同規模の噴火が運用期間中に発生する可能性 (2/2)



始良入戸噴火におけるマグマ減圧過程 (Geshi et al., 2021)



(a) 震度15kmにおけるVs断面 (b) (c) Vp及びVsの東西及び南北方向の鉛直断面 (為栗ほか (2022) に加筆)

余白

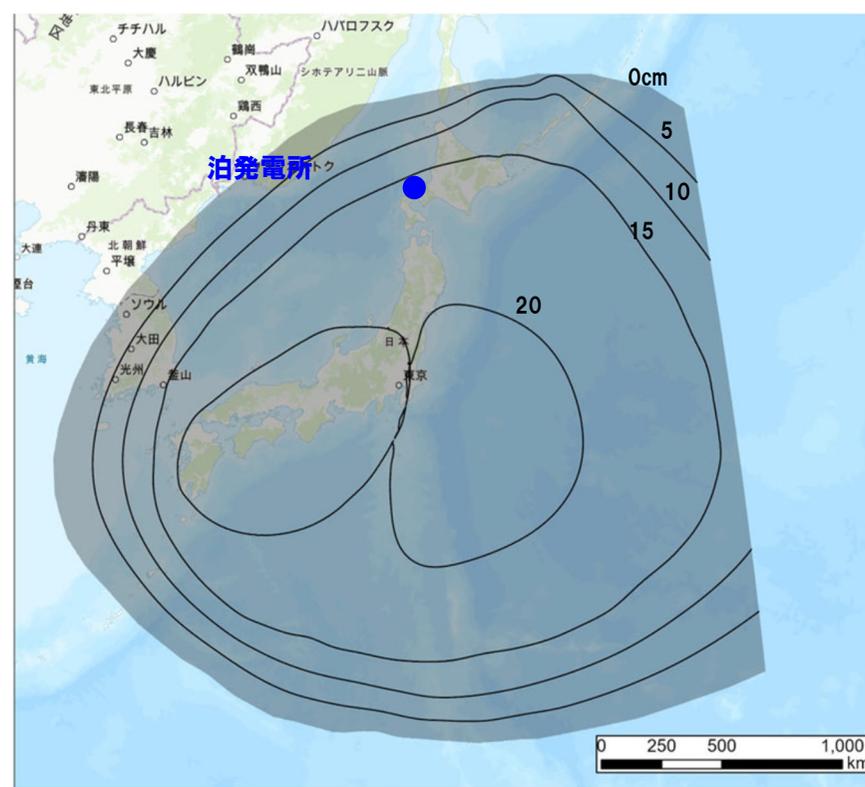
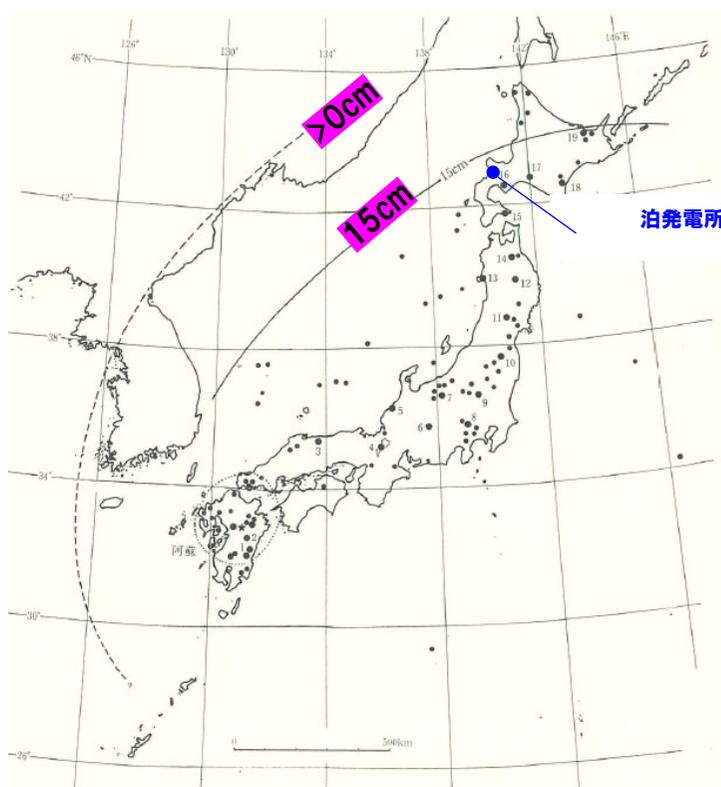
1. 敷地から半径160km以内の範囲(地理的領域)にある第四紀火山カタログ	P. 3
2. 火山影響評価に関する各種調査	P.120
2.1 文献調査	P.121
2.2 地形調査	P.129
2.3 地質調査	P.134
2.4 火山学的調査	P.278
3. 支笏カルデラ及び洞爺カルデラにおいて噴出した火砕流が敷地に到達した可能性評価	P.292
3.1 支笏火砕流	P.294
3.2 洞爺火砕流	P.302
4. ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地に到達した可能性評価	P.312
5. 影響評価における将来の噴火の可能性に関する検討	P.384
5.1 始良カルデラ	P.385
5.2 阿蘇カルデラ	P.391
5.3 倶多楽・登別火山群	P.395
6. 火山影響	P.438
6.1 火	P.439
6.2 巨	P.443
参考文献	P.461

① 阿蘇4火山灰(Aso-4)の分布状況	P. 392
② 活動履歴	P. 393
③ 阿蘇4噴火と同規模の噴火が運用期間中に発生する可能性	P. 394

5.2 阿蘇カルデラ

① 阿蘇4火山灰 (Aso-4) の分布状況

- 阿蘇カルデラにおける最大規模の噴火は、86.8-87.3kaに阿蘇4火山灰 (Aso-4) を噴出した阿蘇4噴火である。
- 阿蘇4火山灰 (Aso-4) は、日本列島及び周辺の広範囲を覆い、北海道においては知床半島沖までその分布が認められている。
- 町田・新井 (2011) によれば、敷地周辺は層厚15cm以上の範囲に該当する (左下図参照)。
- また、Uesawa et al. (2022) によれば、敷地周辺は層厚が15~20cmの範囲に該当する (右下図参照)。

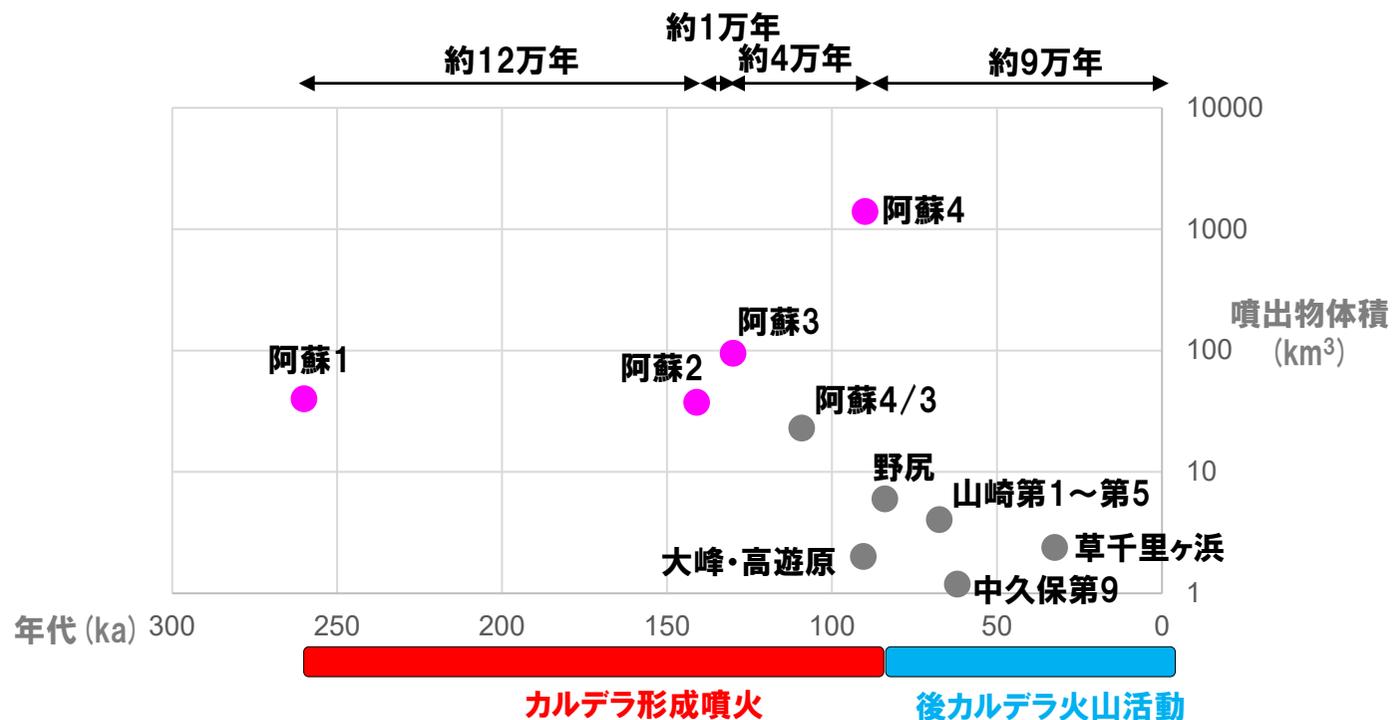


阿蘇4火山灰 (Aso-4) の等層厚線図 (左図:町田・新井 (2011) に加筆, 右図:Uesawa (2023) を基に当社が作成)

5.2 阿蘇カルデラ

② 活動履歴

- Takarada and Hoshizumi (2020) によれば、阿蘇4噴火の噴出物体積は、火砕流堆積物 $340\text{--}940\text{km}^3$ ($225\text{--}590\text{km}^3$ (DRE)), 降下火山灰 $590\text{--}920\text{km}^3$ ($240\text{--}370\text{km}^3$ (DRE)) とされている。当該噴火の総噴出量は $930\text{--}1,860\text{km}^3$ ($465\text{--}960\text{km}^3$ (DRE)) と推定され、従来の噴出規模VEI7がVEI8に訂正されるとされている。
- 町田・新井 (2011) 及び産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) によれば、阿蘇4噴火に次ぐ規模を持つ噴火は、260kaの阿蘇1火山灰 (Aso-1), 141kaの阿蘇2火山灰 (Aso-2) 及び130kaの阿蘇3火山灰 (Aso-3) を噴出した各噴火 (阿蘇1～阿蘇3噴火) とされ、いずれの噴火も給源から広範囲に火砕流堆積物の分布が認められる。
- 山元 (2014) によれば、阿蘇1～阿蘇3噴火の噴出物体積は、Aso-1が 50km^3 (32km^3 (DRE)), Aso-2が 50km^3 (32km^3 (DRE)), Aso-3が 150km^3 (96km^3 (DRE)) とされ、噴出規模はいずれもVEI6以上とされている。



阿蘇カルデラの噴火時系列

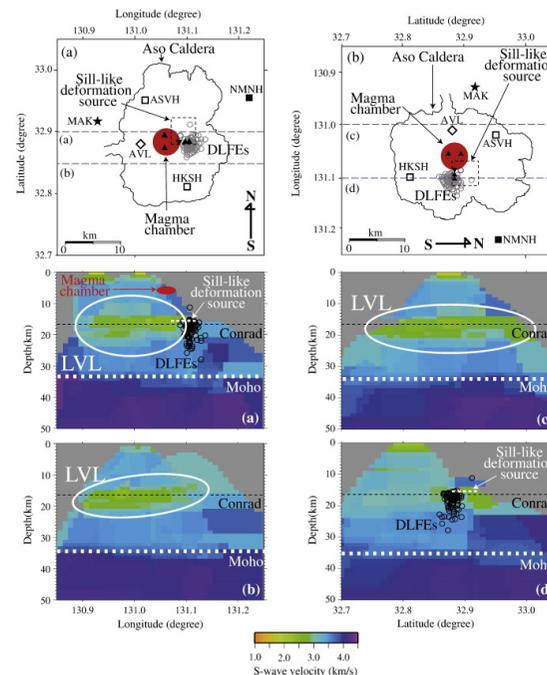
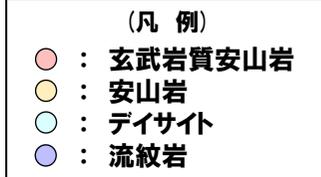
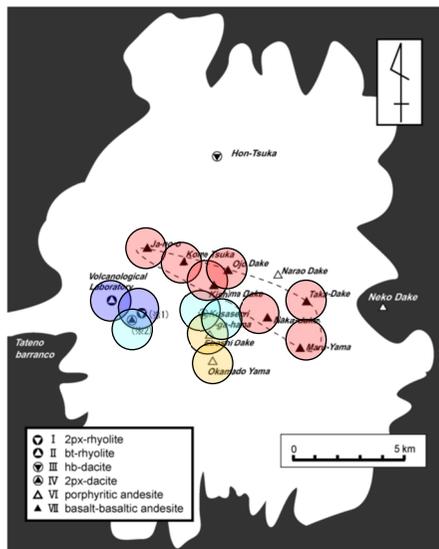
(噴出物体積及び年代はMcLean et al. (2020), Miyabuchi (2009, 2011), Takarada and Hoshizumi (2020), 星住 (2022), 山元 (2014) に基づく)

③ 阿蘇4噴火と同規模の噴火が運用期間中に発生する可能性

- 阿蘇4噴火及び阿蘇1～3噴火の最短の活動間隔(約1万年)は、阿蘇4噴火からの経過時間(約9万年)に比べて短いため(前頁参照)、これらの噴火と同規模の噴火のマグマ溜まりを形成している可能性及びこれらの噴火と同規模の噴火を発生させる供給系ではなくなっている可能性等が考えられる。
- 阿蘇カルデラにおける現在の噴火活動は、阿蘇4噴火以降、草千里ヶ浜軽石(Kpfa)等の阿蘇中央火口丘群における小規模噴火が発生していることから、阿蘇中央火口丘群における後カルデラ火山噴火ステージと考えられる。
- 三好ほか(2005)によると、阿蘇カルデラ中央部で玄武岩質マグマが、周辺で珪長質マグマが活動しているとされており、後カルデラ期には大規模な珪長質マグマ溜まりが存在する可能性は十分小さいと考えられる(左下図参照)。
- Abe et al.(2010)によると、阿蘇カルデラ下の深度15-25kmに地震波の低速度域が認められ、マグマの存在が示唆されるとされているが、大規模噴火が可能な量の珪長質マグマ溜まりの形成深度が深度約10km程度で浅であることを踏まえると(本編資料P110~P112参照)、巨大噴火を引き起こす珪長質マグマの形成深度(深度約10km程度で浅)より深い位置に分布する(右下図参照)。



- 阿蘇カルデラの活動履歴、噴出物の組成及び地下構造の検討の結果、現在の阿蘇カルデラにおいては、巨大噴火が可能な深度に珪長質マグマが存在している可能性は十分小さく、阿蘇4火山灰(Aso-4)及び阿蘇1～阿蘇3火山灰(Aso-1～Aso-3)を噴出した噴火と同規模の噴火が運用期間中に発生する可能性は十分小さい。



阿蘇カルデラのS波速度構造
(左:東西断面, 右:南北断面)
(Abe et al., 2010)

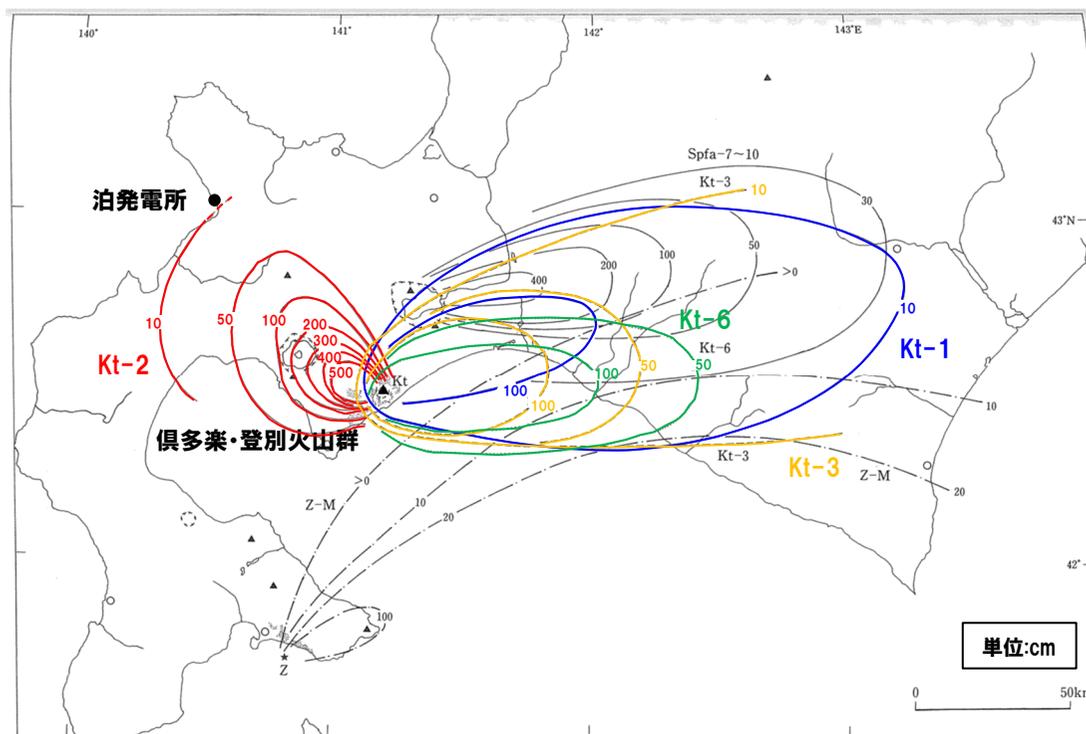
阿蘇カルデラ内の火口及び噴出物の組成分布
(三好ほか(2005)に加筆)

1. 敷地から半径160km以内の範囲(地理的領域)にある第四紀火山カタログ	P. 3
2. 火山影響評価に関する各種調査	P.120
2.1 文献調査	P.121
2.2 地形調査	P.129
2.3 地質調査	P.134
2.4 火山学的調査	P.278
3. 支笏カルデラ及び洞爺カルデラにおいて噴出した火砕流が敷地に到達した可能性評価	P.292
3.1 支笏火砕流	P.294
3.2 洞爺火砕流	P.302
4. ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地に到達した可能性評価	P.312
5. 影響評価における将来の噴火の可能性に関する検討	P.384
5.1 始良カルデラ	P.385
5.2 阿蘇カルデラ	P.391
5.3 倶多楽・登別火山群	P.395
6. 火山影響評価に関する文献レビュー	P.438
6.1 火	P.439
6.2 巨	P.443
参考文献	P.461
① クッタラ第2火山灰(Kt-2)の分布状況	P. 396
② 活動履歴	P. 397
③ 【評価結果】倶多楽・登別火山群の巨大噴火の可能性評価	P. 398
③-1 活動履歴	P. 400
③-2 地球物理学的調査	P. 406
(参考) 倶多楽火山防災協議会(2022)	P. 437

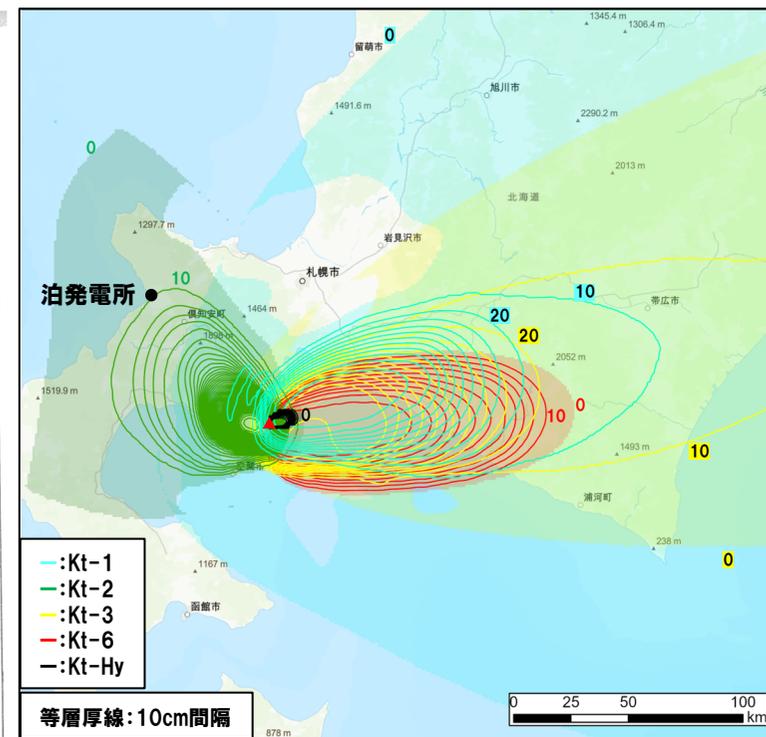
5.3 倶多楽・登別火山群

① クッタラ第2火山灰 (Kt-2) の分布状況

○町田・新井 (2011) 及び Uesawa et al. (2022) によれば、倶多楽・登別火山群起源の降下火砕物のうち、クッタラ第2火山灰 (Kt-2) については、分布主軸が概ね敷地方向を向いており、敷地周辺は層厚0~10cmの範囲に該当する。



Kt-1, Kt-2, Kt-3, Kt-6
(町田・新井 (2011) に加筆)



Kt-1, Kt-2, Kt-3, Kt-6, Kt-Hy
(Uesawa (2023) を基に作成)

5.3 倶多楽・登別火山群

② 活動履歴

一部修正 (R5/1/20審査会合)

- 倶多楽・登別火山群は、約11万年前～約9万年前にKt-8を噴出し、約9万年前に最大規模の噴火であるKt-7を噴出した噴火が発生した後、複数の珪長質マグマの活動 (アヨロステージ:Kt-6, Kt-4, Kt-Hy及びKt-3, クッタラステージ:Kt-2及びKt-1) 等が発生し、クッタラステージにおけるKt-1の噴火により現在のクッタラカルデラが形成された。
- 倶多楽・登別火山群は、クッタラカルデラを形成したKt-1の噴火を最後に、その後4万年間は火山活動度が低下したままであり、現在の噴火活動は、登別ステージである。



倶多楽・登別火山群活動履歴

年代	噴出物名	マグマ体積 DRE (km ³)	火山体体積 (km ³)	参考文献
完新世 A.D.1800頃 A.D.1800頃 8.5ka-A.D.1663	(裏地獄) (大湯沼) Nb-a~I※1	(水蒸気爆発) (水蒸気爆発) (水蒸気爆発)		
更新世				
登別 ステージ	14.5ka 不明	日和山溶岩ドーム 橋湖アグルチネート	0.04 不明	山縣 (1994) 森泉 (1998) 第四紀火山 カタログ委員 会編 (2000) 山元 (2014) Amma- Miyasaka et al. (2020) Miura et al. (2022)
クッタラ ステージ	44.1ka ca.50ka	Kt-1: pfa,pfl,ps,sfa Kt-2: pfa	14.4 10.2	
竹浦ステージ (episode Kt-Tk)	不明 不明	Kt-Tk: sfa 東山	0.4 0.2	
episode Kt-Kt	不明 不明	北山溶岩類 472m峰	0.5 0.2	
第四紀	ca.54ka	Kt-3: pfa,afa,ps,pfl	20.1	
アヨロ ステージ	59-55ka ca.75ka ca.84ka	Kt-Hy: pfa,ps,afa,pfl Kt-4: pfa,ps,pfl Kt-6 (+Kt-5): pfa,ps,pfl	7~8※2 11 Kt-5: 不明 Kt-6: 16.8	
先アヨロ ステージ	90-85ka 106-85ka 不明 不明	Kt-7: pfa,pfl Kt-8: pfa,afa,pfl 石山溶岩流 地獄谷火砕丘	6~24 (pfa) ※3 24 (pfl) ※3 [≦VEI5 class※4] 不明 不明	
			76.5	

- 倶多楽・登別火山群については、活動履歴、地球物理学的調査等の結果から、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価される (次頁～P436参照)。
- このため、巨大噴火に該当するKt-7を噴出した噴火 (P400～P401参照)と同規模の噴火については、運用期間中に発生する可能性は十分小さいと評価される。
- 一方、現在の倶多楽・登別火山群は、火山活動度及び噴出物体積から、比較的静穏な活動下にあると推定される (P400～P405参照)ものの、Kt-7以降の複数の珪長質火砕噴火に伴う噴出物 (Kt-6, Kt-4, Kt-Hy, Kt-3, Kt-2及びKt-1)と同様、珪長質な組成を示すことを踏まえ、これらと同規模の噴火が運用期間中に発生する可能性を考慮する。

※1 後藤ほか (2013) によれば、12層の水蒸気噴火堆積物の各々の噴火堆積物の体積は10⁵m³オーダー、また、Goto et al. (2015a) によれば、Nb-aの噴出物体積は、4.6×10⁵m³とされている。
 ※2 Miura et al. (2022) によれば、成層火山の体積は6.7km³と推定され、表に示すマグマ体積はKt-Hyテフラの噴出物体積と成層火山体積の推定値を足し合わせた値とされている。
 ※3 Kt-7を噴出した噴火は、Amma-Miyasaka et al. (2020) によれば、噴出規模が概算として「VEI7 class」とされているが、具体的な数値が示されていないことから、Amma-Miyasaka et al. (2020) を含む複数の文献を参考に、当社で噴出物体積を算出した。その結果、Kt-7の噴出物体積は60～90km³となり、最大値である90km³は、Amma-Miyasaka et al. (2020) における「VEI7 class」と大きな矛盾はないものと考えられる。
 マグマ体積 (DRE) は、山元 (2014) に基づき換算した値であり、Kt-7のマグマ体積は30～48km³ (DRE) となったことから、噴出量-年代階段ダイアグラムにおいては、48km³として図示している。
 ※4 Miura et al. (2022) によれば、Kt-8の噴出規模は、概算として「≦VEI5 class」とされていることから、噴出量-年代階段ダイアグラムにおいては、マグマ体積 (DRE) を1km³として図示している。

5.3 倶多楽・登別火山群

③【評価結果】倶多楽・登別火山群の巨大噴火の可能性評価(1/2)

一部修正(R5/1/20審査会合)

- 倶多楽・登別火山群の現在の活動状況は、以下の検討結果(詳細は次頁表参照)を総合的に踏まえると、巨大噴火が差し迫った状態ではないと評価される。
 - ・活動履歴を踏まえると、現在の倶多楽・登別火山群は、火山活動度及び噴出物体積から、比較的静穏な活動下にあるものと推定されることを踏まえると、Kt-7を噴出したような噴火を起こす状態ではないものと推定される。
 - ・地球物理学的調査のうち、地下構造調査(地震波速度構造、比抵抗構造及び重力異常)を踏まえると、上部地殻内において、現状、深度約10km程度以浅には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性は十分小さいと判断される。
 - ・地球物理学的調査のうち、火山性地震(低周波地震)及び地殻変動を踏まえると、大規模なマグマの移動・上昇、集積等の活動を示す兆候は認められないと判断される。
- また、網羅的な文献調査の結果、現状、巨大噴火が起こる可能性があるとする知見は認められない*ことから、運用期間中における巨大噴火の可能性を示す科学的に合理性のある具体的な根拠は得られていない。
- これらのことから、倶多楽・登別火山群の運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価される。

*現状想定されている噴火規模について、参考としてP437に示す。

5.3 倶多楽・登別火山群

③【評価結果】倶多楽・登別火山群の巨大噴火の可能性評価(2/2)

一部修正(R5/1/20審査会合)

検討項目	検討結果	該当頁
③-1 活動履歴	<p>○倶多楽・登別火山群においては、巨大噴火が約9万年前に1回発生しており、その噴出規模は、Amma-Miyasaka et al. (2020)において「VEI7 class」とされており、また、当社算出の噴出物体積が20km³以上となった。</p> <p>○巨大噴火による噴出物(Kt-7)を含め、先アヨロステージの噴出物について、全岩化学組成を示す知見は確認されない。</p> <p>○このため、巨大噴火の活動間隔及び最後の巨大噴火からの経過時間の観点並びに噴出物の組成の観点において、現在の活動状況を判断することは難しい。</p> <p>○クッタラカルデラ形成後、現在までの約4万年間は火山活動度が低下している登別ステージであるとされている。</p> <p>○火山活動度が低下しているとされる登別ステージにおける噴出物体積は、最大でも0.04km³であり、Kt-7の噴出物体積に比べ、十分小さいことから、現在の倶多楽・登別火山群は、Kt-7噴出時と比較し、静穏な活動下にあるものと推定される。</p>	次頁～ P405
地球物理学 的調査	<p>○現在の倶多楽・登別火山群の活動状況を把握するため、巨大噴火時の状況と現在の状況との差異について検討を実施した結果、火山活動度及び噴出物体積から、比較的静穏な活動下にあるものと推定されることを踏まえ、Kt-7を噴出したような噴火を起こす状態ではないものと推定される。</p>	
	<p>【地震波速度構造】</p> <p>○倶多楽・登別火山群直下の上部地殻(約20km以浅)を広く確認の上、さらに火山直下の約10km程度以浅の状況を確認した結果、以下の状況が認められる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域が、やや北方で、上部地殻の一部まで広がっているものの、その中心部は下部地殻に位置している。また、当該領域が倶多楽・登別火山群直下の浅所まで連続する状況は認められない。 ・深度約10km程度以浅においては、メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。 ・倶多楽・登別火山群直下の浅所においては、低Vpかつ高Vp/Vs領域が認められるものの、当該領域は信頼度が低い範囲に含まれる若しくは隣接しており、また、通常の地震が深度10km程度から地表付近まで分布していることから、この深度では脆性的な破壊が生じていると考えられる。 ・倶多楽・登別火山群直下の上部地殻内には、マグマや熱水等の流体の移動を示唆する低周波地震群は認められない。 <p>【比抵抗構造】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・倶多楽・登別火山群直下の浅部(4km以浅)には熱水、高温及び熱水変質帯によると考えられる低比抵抗領域が部分的に認められるが、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりを示唆する低比抵抗領域は認められない。 <p>【重力異常】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・重力異常を踏まえマグマ溜まりに関して考察されている文献は認められない。 	P407～ P409 P410～ P415 P416～ P419
	<p>○マグマ溜まりの位置、規模等を把握するため、地下構造調査を実施した結果、倶多楽・登別火山群直下の上部地殻内(約20km以浅)において、現状、深度約10km程度以浅には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性は十分小さいと判断される。</p>	
③-3 火山性 地震	<p>○火山性地震のうち、低周波地震活動は、ほとんど認められない。</p>	P421～ P427
③-4 地殻 変動	<p>○地殻変動は、白老町の局所的な変動、プレート間固着効果等に伴う定常的な変動、周辺の地震及び2000年有珠山噴火による余効変動等が認められる。</p> <p>○また、倶多楽湖の北西側(オフロ山周辺)において、2016年以降に確認される隆起及び当該領域を含む基線の伸びは認められるが、熱水の上昇・貯留に伴うものと推定される。</p> <p>○これらの変動以外に継続的かつ顕著な変位の累積は認められない。</p>	P428～ P436
総合評価	<p>○活動履歴及び地球物理学的調査に関する検討から、総合的に判断すると、倶多楽・登別火山群の現在の活動状況は、巨大噴火が差し迫った状態ではないと評価される。</p>	

5.3 倶多楽・登別火山群

③-1 活動履歴 (1/6)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

【目的】

- 運用期間中の巨大噴火の可能性を評価することを目的に、現在の倶多楽・登別火山群の活動状況を把握するため、巨大噴火時の状況と現在の状況との差異について、倶多楽・登別火山群における巨大噴火の活動間隔、最後の巨大噴火からの経過時間、噴出物の分布・体積、噴出物の組成等の観点から検討を実施する。



- 倶多楽・登別火山群の活動履歴、噴出量-年代階段ダイアグラム等をP402～P405に示し、倶多楽・登別火山群の活動の概要は以下のとおり。
 - ・倶多楽・登別火山群は、約11万年前～約9万年前にKt-8を噴出し、約9万年前に最大規模の噴火であるKt-7を噴出した噴火が発生した後、複数の珪長質マグマの活動（アヨロステージ：Kt-6, Kt-4, Kt-Hy及びKt-3, クッタラステージ：Kt-2及びKt-1）等が発生し、クッタラステージにおけるKt-1の噴火により現在のクッタラカルデラが形成された。
 - ・クッタラカルデラ形成後、現在までの約4万年間は火山活動度が低下している登別ステージである。

【検討結果】

（巨大噴火の活動間隔、最後の巨大噴火からの経過時間、噴出物の分布・体積）（P402～P404参照）

- Kt-7は確認地点は少ないものの北東方向に60km程度の地点で火砕流堆積物が認められ、Kt-7を噴出した噴火は、噴出規模が概算として「VEI7 class」とされていること及び当社で算出した噴出物体積が 20km^3 以上となった^{*1}ことから、巨大噴火に該当するものとして取り扱う。
- 登別ステージ以前においては、Kt-7を除く火砕流を含む火山噴出物については、噴出物ごとの分布境界は明確ではないが、Kt-7を除く火砕流堆積物の分布は山体近傍であることから（P36及びP40参照）、巨大噴火に該当しない。
- なお、これらの火砕流のうち、最大の噴出物体積は、Kt-1の 7.1km^3 である（次頁表参照）。
- 登別ステージ以降の最大規模の噴火は日和山溶岩ドーム（噴出物体積： 0.04km^3 ）であり、最大規模の降下火砕物を伴う噴火は約200年前のNb-aを噴出した噴火（噴出物体積：約 0.00046km^3 ）である。
- 森泉（1998）によれば、倶多楽・登別火山群の各ステージごとの噴出率は、アヨロステージが 4.9km^3 （DRE）/ka、竹浦ステージが 0.8km^3 （DRE）/ka、クッタラステージが 4.8km^3 （DRE）/ka、登別ステージが 0.01km^3 （DRE）/ka以下とされている。

（次頁へ続く）

5.3 倶多楽・登別火山群

③-1 活動履歴 (2/6)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

(前頁からの続き)

(噴出物の組成) (P405参照)

- 巨大噴火による噴出物 (Kt-7) を含め、先アヨロステージの噴出物について、全岩化学組成を示す知見は確認されない。
- 森泉 (1998) に基づくと、中規模珪長質火砕噴火が発生したアヨロステージ、苦鉄質マグマが活動した竹浦ステージ、竹浦ステージを挟んで再び中規模珪長質火砕噴火が発生したクッタラステージと推移しており、各ステージの噴出物の組成には変化が認められる。
- また、勝井ほか (1988) に基づくと、現在の噴火活動である登別ステージの噴出物 (日和山溶岩) についても、珪長質な組成を示す。



- 倶多楽・登別火山群においては、巨大噴火が約9万年前に1回発生しており、その噴出規模は、Amma-Miyasaka et al. (2020) において「VEI7 class」とされており、また、当社算出の噴出物体積が20km³以上となった^{※1}。
- 巨大噴火による噴出物 (Kt-7) を含め、先アヨロステージの噴出物について、全岩化学組成を示す知見は確認されない。
- このため、巨大噴火の活動間隔及び最後の巨大噴火からの経過時間の観点並びに噴出物の組成の観点において、現在の活動状況を判断することは難しい。
- クッタラカルデラ形成後、現在までの約4万年間は火山活動度が低下している登別ステージであるとされている。
- 火山活動度が低下しているとされる登別ステージにおける噴出物体積は、最大でも0.04km³であり、Kt-7の噴出物体積に比べ、十分小さいことから、現在の倶多楽・登別火山群は、Kt-7噴出時と比較し、静穏な活動下にあるものと推定される。
- したがって、現在の倶多楽・登別火山群は、火山活動度及び噴出物体積から、比較的静穏な活動下にあるものと推定されることを踏まえると、Kt-7を噴出したような噴火を起こす状態ではないものと推定される。

登別ステージ以前の噴出物体積^{※2} () カッコ内はマグマ体積 (DRE)

噴出物名	噴出物体積 (km ³)		噴出物名	噴出物体積 (km ³)	
		火砕流 (km ³)			火砕流 (km ³)
Kt-1	25.4 (14.4)	7.1 (3.4)	Kt-4	18.8 (11)	2.1 (1)
Kt-3	34.4 (20.1)	4.7 (2.3)	Kt-6	28.9 (16.8)	4.2 (2)
Kt-Hy	9.2~10.5 (7~8)	0.8 (0.4) ^{※3}	Kt-8	≤VEI5 class	≤VEI5 class

※1 Kt-7を噴出した噴火は、Amma-Miyasaka et al. (2020) によれば、噴出規模が概算として「VEI7 class」とされているが、具体的な数値が示されていないことから、Amma-Miyasaka et al. (2020) を含む複数の文献を参考に、当社で噴出物体積を算出した。その結果、Kt-7の噴出物体積は60~90km³となり、最大値である90km³は、Amma-Miyasaka et al. (2020) における「VEI7 class」と大きな矛盾はないものと考えられる。

※2 噴出物体積は、P404の活動履歴に示すマグマ体積を山元 (2014) に基づき、当社が換算した。

※3 Miura et al. (2022) によれば、Kt-Hyの火砕物密度流は、サブユニット (Lpdc, Mpdcc及びUpdc) に区分できるとされ、マグマ体積については、Updcの0.4km³ (DRE) のみ推定されている。

なお、同文献によれば、Lpdc及びMpdccの規模については、分布に不確実性があるため正確に決定できないものの、谷埋め型及び局所的な堆積物であることから、Updcよりも小さくなる可能性があると考えられている。

5.3 倶多楽・登別火山群

③-1 活動履歴 (3/6)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

○倶多楽・登別火山群の活動履歴、噴出量-年代階段ダイアグラム等を以下～P405に示し、倶多楽・登別火山群の活動の概要は以下のとおり。

- ・倶多楽・登別火山群は、約11万年前～約9万年前にKt-8を噴出し、約9万年前に最大規模の噴火であるKt-7を噴出した噴火が発生した後、複数の珪長質マグマの活動（アヨロステージ：Kt-6、Kt-4、Kt-Hy及びKt-3、クッタラステージ：Kt-2及びKt-1）等が発生し、クッタラステージにおけるKt-1の噴火により現在のクッタラカルデラが形成された。
- ・クッタラカルデラ形成後、現在までの約4万年間は火山活動度が低下している登別ステージであるとされている。

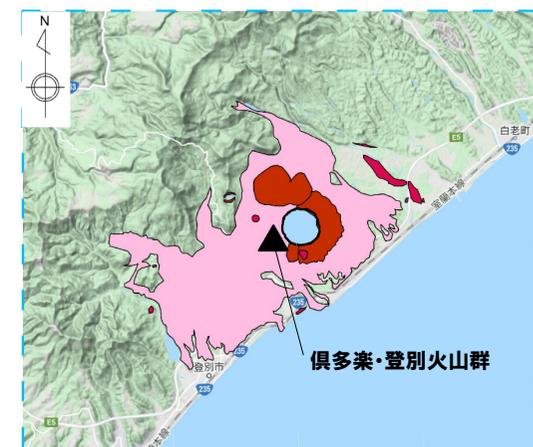
倶多楽・登別火山群の概要

火山名※1	C17 倶多楽・登別火山群
敷地からの距離	80.5km
火山の形式※2	成層火山-カルデラ、溶岩ドーム
活動年代※3	約11万年前以降
評価	約1万年前以降に活動しており、完新世に活動した火山として抽出する。

※1 産業技術総合研究所「日本の火山(DB)」2023年11月確認。

※2 西来ほか編(2012)「第四紀火山岩体・貫入岩体データベース」2023年11月確認。

※3 P404に示す倶多楽・登別火山群の活動履歴に基づく。



0 10 20km

凡例

- : 火山岩 (後期更新世, 珪長質)
- : 火山岩 (後期更新世, 中間質)
- : 火砕流堆積物 (後期更新世)

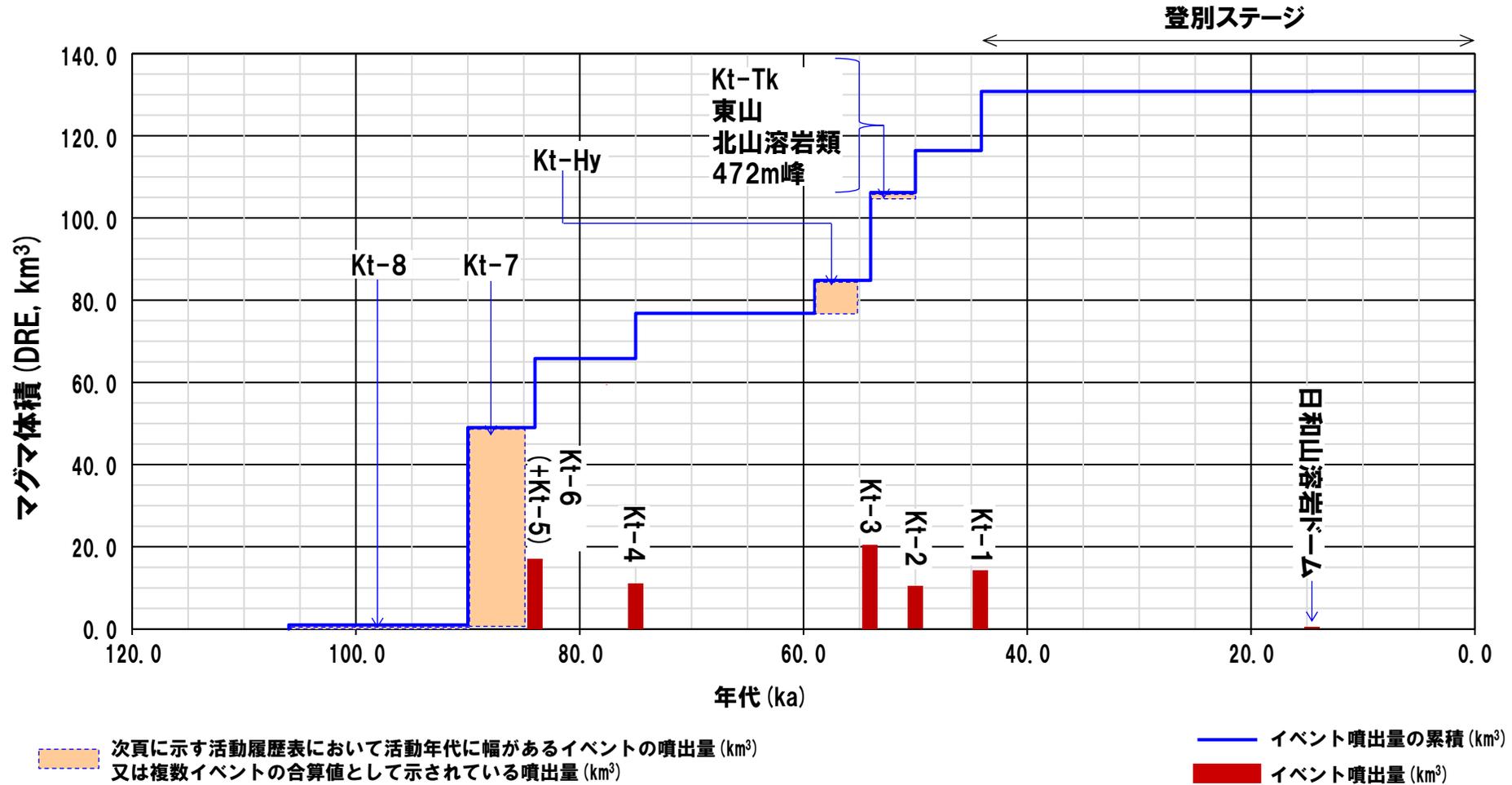
倶多楽・登別火山群の位置図

(産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2020)より作成)

5.3 倶多楽・登別火山群

③-1 活動履歴 (4/6)

一部修正 (H28/2/5審査会合)



噴出量-年代階段ダイアグラム

5.3 倶多楽・登別火山群

③-1 活動履歴 (5/6)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

倶多楽・登別火山群活動履歴

年代	噴出物名	マグマ体積 DRE (km ³)	火山体積 (km ³)	参考文献
完新世 A.D.1800頃 A.D.1800頃 8.5ka-A.D.1663	(裏地獄) (大湯沼) Nb-a~ ※1	(水蒸気爆発) (水蒸気爆発) (水蒸気爆発)		
更新世				
登別 ステージ 14.5ka 不明	日和山溶岩ドーム 樺湖アグルチネート	0.04 不明		
クッタラ ステージ 44.1ka ca.50ka	Kt-1: pfa,pfl,ps,sfa Kt-2: pfa	14.4 10.2		山縣(1994) 森泉(1998) 第四紀火山 カタログ委員 会編(2000) 山元(2014) Amma- Miyasaka et al.(2020) Miura et al.(2022)
竹浦ステージ (episode Kt-Tk) 不明 不明	Kt-Tk: sfa 東山	0.4 0.2		
episode Kt-Kt 不明 不明	北山溶岩類 472m峰	0.5 0.2		
ca.54ka	Kt-3: pfa,afa,ps,pfl	20.1		
アヨロ ステージ 59-55ka	Kt-Hy: pfa,ps,afa,pfl	7~8※2	76.5	
ca.75ka	Kt-4: pfa,ps,pfl	11		
ca.84ka	Kt-6 (+Kt-5): pfa,ps,pfl	Kt-5: 不明 Kt-6: 16.8		
先アヨロ ステージ 90-85ka	Kt-7: pfa,pfl	6~24 (pfa) ※3 24 (pfl) ※3		
106-85ka 不明 不明	Kt-8: pfa,afa,pfl 石山溶岩流 地獄谷火砕丘	[≤VEI5 class※4] 不明 不明		

- ※1 後藤ほか(2013)によれば、12層の水蒸気噴火堆積物の各々の噴火堆積物の体積は10⁵m³オーダー、また、Goto et al.(2015a)によれば、Nb-aの噴出物体積は、4.6×10⁵m³とされている。
- ※2 Miura et al.(2022)によれば、成層火山の体積は6.7km³と推定され、表に示すマグマ体積はKt-Hyテフラの噴出物体積と成層火山体積の推定値を足し合わせた値とされている。
- ※3 Kt-7を噴出した噴火は、Amma-Miyasaka et al.(2020)によれば、噴出規模が概算として「VEI7 class」とされているが、具体的な数値が示されていないことから、Amma-Miyasaka et al.(2020)を含む複数の文献を参考に、当社で噴出物体積を算出した。その結果、Kt-7の噴出物体積は60~90km³となり、最大値である90km³は、Amma-Miyasaka et al.(2020)における「VEI7 class」と大きな矛盾はないものと考えられる。マグマ体積(DRE)は、山元(2014)に基づき換算した値であり、Kt-7のマグマ体積は30~48km³(DRE)となったことから、噴出量-年代階段ダイアグラムにおいては、48km³として図示している。
- ※4 Miura et al.(2022)によれば、Kt-8の噴出規模は、概算として「≤VEI5 class」とされていることから、噴出量-年代階段ダイアグラムにおいては、マグマ体積(DRE)を1km³として図示している。

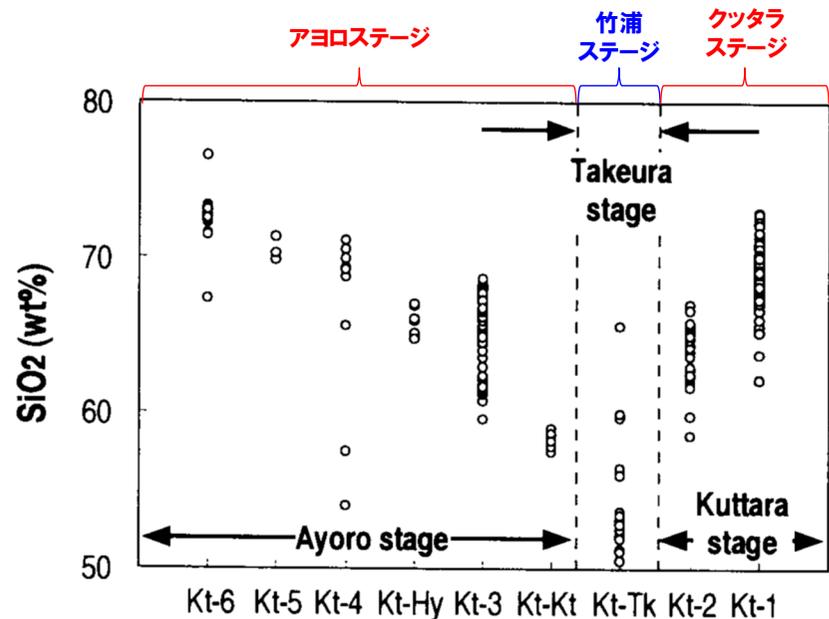
5.3 倶多楽・登別火山群

③-1 活動履歴 (6/6)

再掲 (R5/10/6審査会合)

【噴出物の組成】

- 森泉 (1998) に基づくと、中規模珪長質火砕噴火が発生したアヨロステージ、苦鉄質マグマが活動した竹浦ステージ、竹浦ステージを挟んで再び中規模珪長質火砕噴火が発生したクッタラステージと推移しており、各ステージの噴出物の組成には変化が認められる。
- また、勝井ほか (1988) に基づくと、現在の噴火活動である登別ステージの噴出物 (日和山溶岩) についても、珪長質な組成を示す (右表参照)。



倶多楽・登別火山群の噴出物の全岩SiO₂含有量の時間変化 (森泉 (1998) に加筆)

	登別ステージ	
	後カルデラ期	
No.	28	29
SiO ₂	67.08	56.98
TiO ₂	0.37	0.68
Al ₂ O ₃	15.35	15.72
Fe ₂ O ₃	3.19	7.33
FeO	1.80	2.48
MnO	0.06	0.16
MgO	1.64	3.31
CaO	4.32	7.49
Na ₂ O	3.33	3.04
K ₂ O	1.43	0.69
P ₂ O ₅	0.00	0.07
H ₂ O (+)	0.44	1.34
H ₂ O (-)	0.56	0.34
Total	99.57	99.63
Analyst	O.K	KK

No.28: 普通輝石シソ輝石デイサイト、日和山円頂丘溶岩
No.29: 日和山溶岩中の集積岩

日和山溶岩の全岩化学組成 (勝井ほか (1988) に基づき作成)

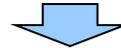
5.3 倶多楽・登別火山群

③-2-1 地球物理学的調査(地下構造:まとめ)

一部修正 (R5/10/6審査会合)

【目的】

○マグマ溜まりの位置、規模等を把握するため、地下構造調査(地震波速度構造、比抵抗構造及び重力異常)を実施する。



【各項目における検討結果】

(地震波速度構造) (次頁～P409参照)

- 倶多楽・登別火山群直下の上部地殻(約20km以浅)を広く確認の上、さらに火山直下の約10km程度以浅の状況を確認した結果、以下の状況が認められる。
 - ・メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域が、やや北方で、上部地殻の一部まで広がっているものの、その中心部は下部地殻に位置している。また、当該領域が倶多楽・登別火山群直下の浅所まで連続する状況は認められない。
 - ・深度約10km程度以浅においては、メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。
 - ・倶多楽・登別火山群直下の浅所においては、低Vpかつ高Vp/Vs領域が認められるものの、当該領域は信頼度が低い範囲に含まれる若しくは隣接しており、また、通常の地震が深度10km程度から地表付近まで分布していることから、この深度では脆性的な破壊が生じていると考えられる。
 - ・倶多楽・登別火山群直下の上部地殻内には、マグマや熱水等の流体の移動を示唆する低周波地震群は認められない。

(比抵抗構造) (P410～P415参照)

- 倶多楽・登別火山群直下の浅部(4km以浅)には熱水、高温及び熱水変質帯によると考えられる低比抵抗領域が部分的に認められるが、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりを示唆する低比抵抗領域は認められない。

(重力異常) (P416～P419参照)

- 重力異常を踏まえマグマ溜まりに関して考察されている文献は認められない。



- 倶多楽・登別火山群直下の上部地殻内(約20km以浅)において、現状、深度約10km程度以浅には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性は十分小さいと判断される。

5.3 倶多楽・登別火山群

③-2-2 地球物理学的調査(地下構造:地震波速度構造-まとめ-) (1/3)

一部修正 (R5/10/6審査会合)

【目的】

- Nakajima et al. (2001) 及び中道 (2022) によると、活火山直下の上部地殻で観測される低Vp、低Vsかつ低Vp/Vs領域は水の存在でしか説明できないとされていることから、同領域は水の存在を示唆するものと判断される。
- また、最上部マントルから下部地殻で観測される低Vp、低Vsかつ高Vp/Vs領域は、メルトによるものとする方が適当であるとしてされていることから、本検討(地震波速度構造の観点からの地下構造の確認)においては、同領域はメルトの存在を示唆するものとして取り扱う。
- このことから、地震波速度構造においては、倶多楽・登別火山群直下の上部地殻内(約20km以浅)を広く確認した上で、さらに約10km程度以浅において、メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域の有無を確認する。
- また、あわせて低周波地震及び通常の地震の分布状況についても考慮する。



【検討結果(次頁~P409参照)】

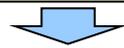
- 倶多楽・登別火山群直下の上部地殻(約20km以浅)を広く確認の上、さらに火山直下の約10km程度以浅の状況を確認した結果、以下の状況が認められる。
 - ・メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域が、やや北方で、上部地殻の一部まで広がっているものの、その中心部は下部地殻に位置している。また、当該領域が倶多楽・登別火山群直下の浅所まで連続する状況は認められない。
 - ・深度約10km程度以浅においては、メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。
 - ・倶多楽・登別火山群直下の浅所においては、低Vpかつ高Vp/Vs領域が認められるものの、当該領域は信頼度が低い範囲に含まれる若しくは隣接しており、また、通常の地震が深度10km程度から地表付近まで分布していることから、この深度では脆性的な破壊が生じていると考えられる。
- 倶多楽・登別火山群直下の上部地殻内(約20km以浅)には、マグマや熱水等の流体の移動を示唆する低周波地震群は認められない。

5.3 倶多楽・登別火山群

③-2-2 地球物理学的調査(地下構造:地震波速度構造) (2/3)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

○防災科学技術研究所HP上では、「日本列島下の三次元地震波速度構造(2022年度版)」として、Hi-net、F-net及びS-netの観測網による地震記録を用いた、海域を含む日本全国を対象とした地震波トモグラフィ解析結果を公開している(解析手法等の詳細はMatsubara et al. (2022)に記載)。その公開データを用いて、当社が倶多楽・登別火山群における水平・鉛直断面図を作成した。



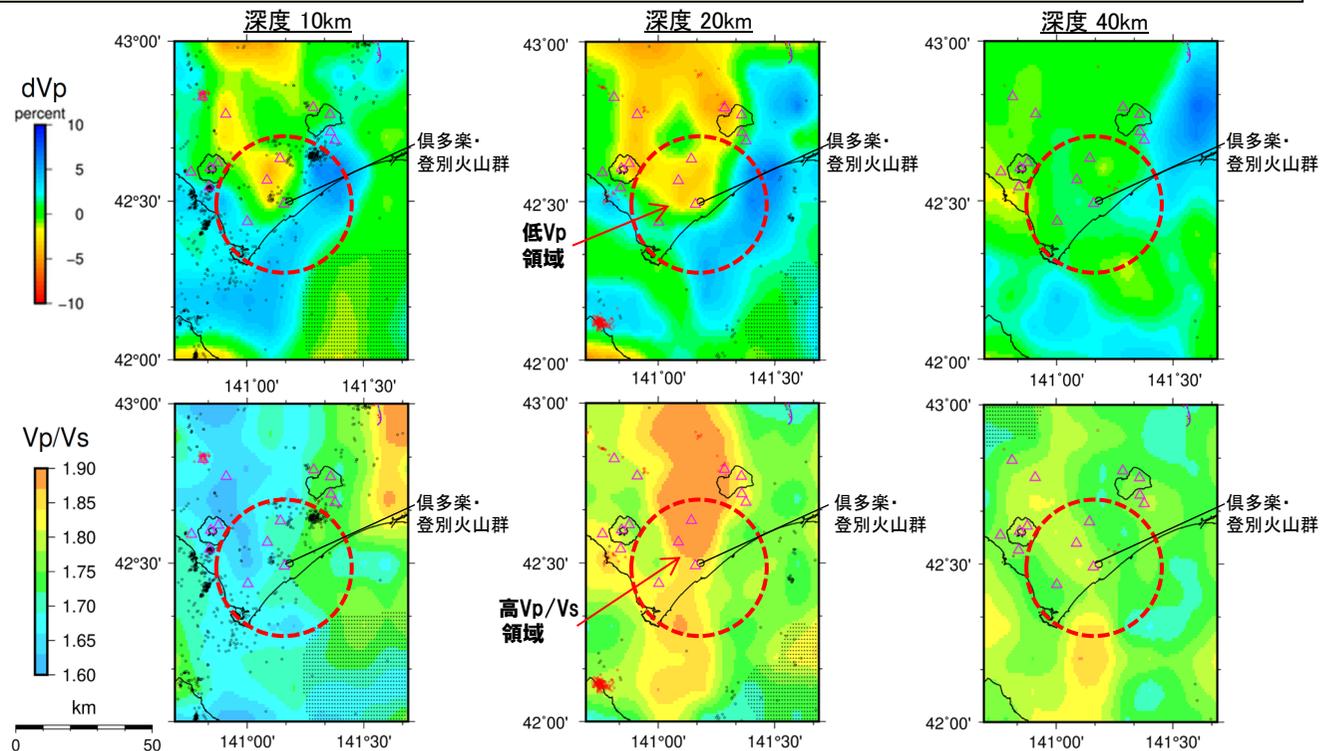
- 倶多楽・登別火山群直下の上部地殻(約20km以浅)を広く確認の上、さらに火山直下の約10km程度以浅の状況を確認した結果、以下の状況が認められる。
 - ・メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域が、やや北方で、上部地殻の一部まで広がっているものの、その中心部は下部地殻に位置している(次頁に示す南北断面を参照)。また、当該領域が倶多楽・登別火山群直下の浅所まで連続する状況は認められない。
 - ・深度約10km程度以浅においては、メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。
 - ・倶多楽・登別火山群直下の浅所においては、低Vpかつ高Vp/Vs領域が認められるものの、当該領域は信頼度が低い範囲に含まれる若しくは隣接しており、また、通常地震が深度10km程度から地表付近まで分布していることから、この深度では脆性的な破壊が生じていると考えられる。
- 倶多楽・登別火山群直下の上部地殻内(約20km以浅)には、マグマや熱水等の流体の移動を示唆する低周波地震群は認められない。

【当社におけるマグマ溜まりの状況の検討方法(本編資料P108~P112参照)】

- 地球物理学的調査のうち、地下構造については、上部地殻(約20km以浅)を広く確認の上、さらに火山直下の約10km程度以浅の状況を確認することとする。
- 地震波速度構造については、メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域が存在するか否かを確認する。
- 地震波速度構造について確認する際は、低周波地震及び通常地震の分布状況についても考慮する。

凡例

- △ 第四紀火山
- 震源(MJMA \geq 0)
- 低周波地震の震源(期間:2000/10/1-2020/12/31)
- 半透明黒色部 チェッカーボードテストの復元率が20%以下の範囲
- 活断層 } 今泉ほか編(2018)をトレース
- 推定活断層
- 倶多楽・登別火山群を中心とした、半径25kmの範囲

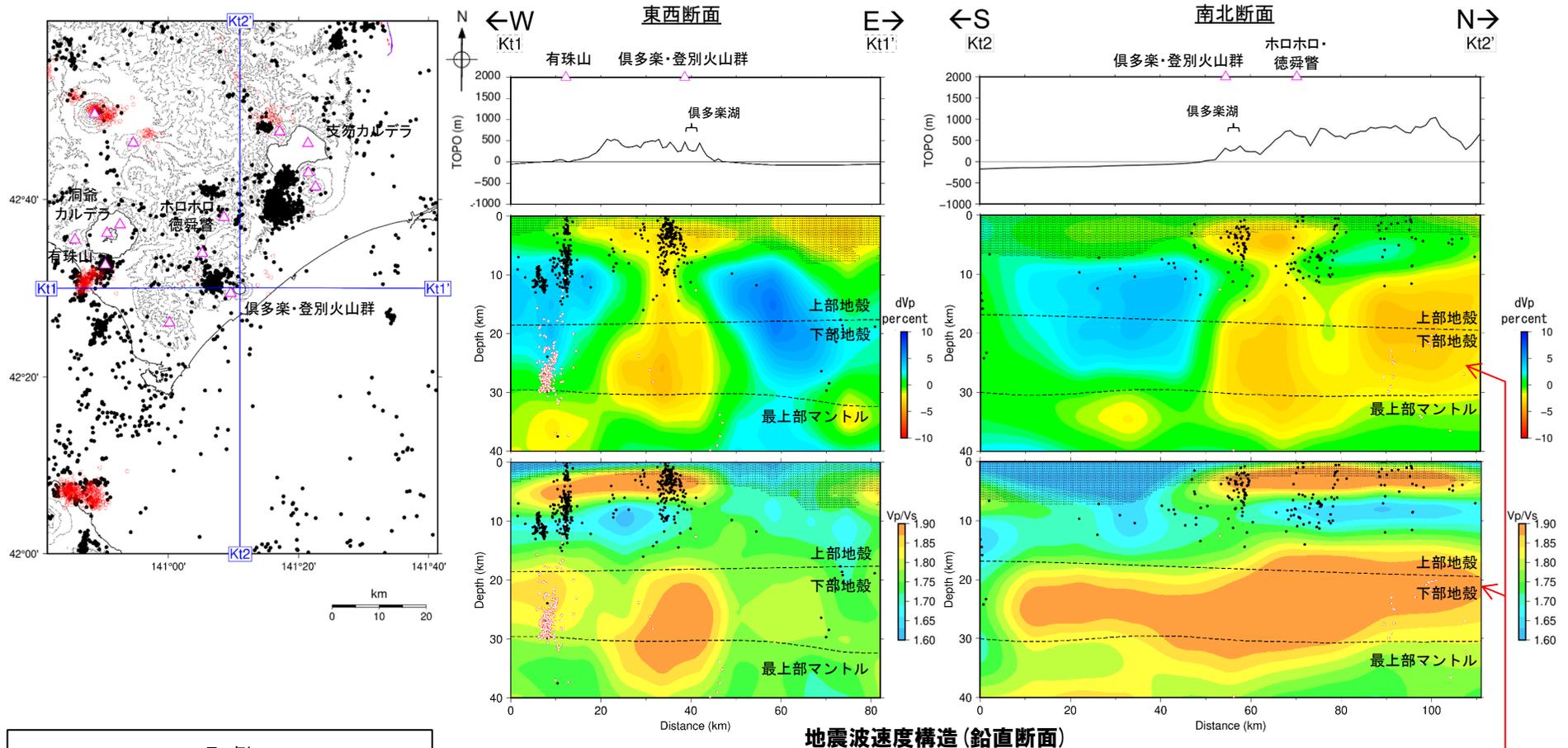


地震波速度構造(水平断面)

5.3 倶多楽・登別火山群

③-2-2 地球物理学的調査(地下構造:地震波速度構造) (3/3)

一部修正 (R5/1/20審査会合)



凡例	
△	第四紀火山
黒点	震源 (M _{JMA} ≥ 0)
赤点	低周波地震の震源 (期間: 2000/10/1-2020/12/31)
半透明黒色部	チェッカーボードテストの 復元率が20%以下の範囲
— (赤)	活断層
— (黒)	推定活断層

今泉ほか編(2018)をトレース

・メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域が、やや北方で、上部地殻の一部まで広がっているものの、その中心部は下部地殻に位置している。また、当該領域が倶多楽・登別火山群直下の浅所まで連続する状況は認められない。

・深度約10km程度以浅においては、メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。

・倶多楽・登別火山群直下の浅所においては、低Vpかつ高Vp/Vs領域が認められるものの、当該領域は信頼度が高くない範囲に含まれる若しくは隣接しており、また、通常地震が深度10km程度から地表付近まで分布していることから、この深度では脆性的な破壊が生じていると考えられる。

鉛直断面に記載している火山は、断面位置を中心に±5km内の火山を投影した。なお、水平方向の分解能は約20km。鉛直方向の分解能は深さごとに異なるが、深さ0km~10kmでは分解能約5km、深さ10km~40kmでは分解能約10kmである。上部地殻と下部地殻の境界(コンラッド面)はZhao et al. (1992)、下部地殻と最上部マンツルの境界(モホ面)はMatsubara et al. (2017)をトレースした。また、断面から±5kmの範囲の震源をプロットした。