

支笏・洞爺・濁川・大山火山の 大規模噴火の前駆活動と噴火推移

金田泰明・後藤義瑛・西野佑紀・宝田晋治・下司信夫
Yasuaki Kaneda, Yoshiaki Goto, Yuki Nishino, Shinji Takarada and Nobuo Geshi

地質調査総合センター活断層・火山研究部門
Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan, AIST

Kaneda Y., Goto, Y., Nishino, Y., Takarada, S. and Geshi, N. (2020) Volcanic activities and eruption sequence of the large-scale eruption at Shikotsu, Toya, Nigorikawa and Daisen Volcanoes. Open-File Report of the Geological Survey of Japan, AIST, no. 699, p.75

Abstract

大規模噴火による噴出物の特徴、噴火推移、長期・短期的前駆活動、後カルデラ活動を取りまとめた。ここでは、支笏火砕流噴火 (46 cal ka)、洞爺噴火 (106 ka)、濁川火砕流噴火 (14.6 cal ka)、大山倉吉噴火 (60 ka) について報告する。

The characteristics of ejecta and eruption sequence of large-scale volcanic eruptions, and the activities before and after these eruptions are compiled. Included are 4 caldera forming-eruptions which are the following: Shikotsu eruption (46 cal ka) and Toya eruption (106 ka), Nigorikawa pyroclastic eruption (14.6 cal ka) and Daisen-Kurayoshi eruption (60 ka).

1. はじめに

カルデラ形成を伴うような大規模噴火は、その推移、長期・短期的前駆活動に多様性が認められる。また、大規模噴火は発生時に、数 10~1,000 km³ の火砕物を噴出し、火砕流や降下火砕物等により、広域に甚大な被害を及ぼす可能性が高い (Tatsumi and Suzuki-Kamata, 2014)。

その為、大規模噴火の推移、前駆活動の理解は、大規模噴火の総合的理解のためだけでなく防災的な面においても重要である。そこで、産総研地質調査総合センターでは、数年前より大規模噴火による噴出物の特徴、噴火推移、長期・短期的前駆活動、後カルデラ活動等を取りまとめ、大規模噴火データベースの構築を進めている (例えば、西野ほか, 2019; Table 1-1)。本研究資料集では、これらのうち、VEI 7 (火山爆発指数; Newhall and Self, 1982) の支笏火砕流噴火、洞爺火砕流噴火、VEI 6 の濁川火砕流噴火、大山倉吉噴火について報告する。

Table 1-1 大規模噴火データベースの対象噴火リスト

西野ほか (2019) で報告された噴火を青字, 本研究報告で報告する噴火を赤字で示す.

No	年代	噴火	給源	VEI
1	946 AD	白頭山-苦小牧噴火	白頭火山	7
2	6.4 cal ka	池田カルデラ形成噴火	池田火山	5
3	7.3 cal ka	鬼界-アカホヤ噴火	鬼界火山	7
4	7.6 cal ka	摩周主カルデラ形成噴火	摩周火山	6
5	10 cal ka	ウルルン-隠岐噴火	ウルルン火山	6
6	14.6 ka	濁川火砕流噴火	濁川火山	6
7	15 cal ka	十和田-八戸火砕流噴火	十和田火山	6
8	30 cal ka	始良-入戸火砕流噴火	始良火山	7
9	32 cal ka	十和田-大不動火砕流噴火	十和田火山	6
10	40 cal ka	屈斜路 I 火砕流噴火	屈斜路火山	7
11	46 cal ka	支笏火砕流噴火	支笏火山	7
12	60 ka	大山-倉吉噴火	大山火山	6
13	60 ka	箱根-東京噴火	箱根火山	6
14	89 ka	阿蘇4火砕流噴火	阿蘇火山	7
15	95 ka	鬼界-長瀬火砕流噴火	鬼界火山	7
16	100 ka	御嶽第1噴火	御嶽火山	6
17	106 ka	洞爺火砕流噴火	洞爺火山	7
18	108 ka	阿多火砕流噴火	阿多火山	7
19	110-115 ka	三瓶火砕流噴火	三瓶火山	6
20	120 ka	屈斜路 M 火砕流噴火	屈斜路火山	7
21	123 ka	阿蘇3火砕流噴火	阿蘇火山	7

第1章 参考文献

Newhall, C.G. and Self, S. (1982) The volcanic explosive index (VEI): an estimate of explosive magnitude for historical volcanism. *J. Geophys. Res.*, **87**, 1231-1238.

西野佑紀・宝田晋治・下司信夫 (2019) 始良・鬼界・阿多・屈斜路・十和田・摩周・池田火山の大規模噴火の前駆活動と噴火推移. 産総研地質調査総合センター研究資料集. No.680, 産総研地質調査総合センター, p.1-126.

Tatsumi, Y. and Suzuki-Kamata, K. (2014) Cause and risk of catastrophic eruptions in the Japanese Archipelago. *Proceedings of the Japan Academy, Series B*, **90**, 347-352.

2. 支笏火砕流噴火

噴出源：支笏カルデラ

年代：ca. 46 cal. ka BP (Uesawa et al., 2016)

*火砕流に含まれる炭化木片の放射性炭素年代から

総噴出量：見かけ体積 350~390 km³, マグマ噴出量 120~128 DRE km³ (山元, 2016)

*Spfl (勝井, 1958)：文献, ボーリング試料等から推定した層厚分布から計算

Spfa-1 (勝井, 1959)：Tephra2 を用いた分布再現計算から

構成要素 (見かけの噴出量)：※層位順に記載

後カルデラ活動

樽前^{なるまえ}火山噴出物

風不死^{ふっぶし}火山噴出物

恵庭^{えにわ}火山噴出物

本噴火 *中川ほか (2018) の区分を踏襲した

Unit F：降下火砕堆積物, および火砕サージ堆積物

Unit E：火砕流堆積物

Unit D：火砕流堆積物

Unit C (Spfl; 勝井, 1958 に相当)：火砕流堆積物, および火砕サージ堆積物

Unit B (Spfa1 に相当)：降下火砕堆積物, 火砕サージおよび火砕流堆積物 200~240 km³

Unit A：火砕サージ, および降下火砕堆積物

} 150 km³

前駆活動

Spfa-5 (佐藤, 1969)

Spfa-6 (佐藤, 1969)

社台^{しゃだい}噴火堆積物 (Ssfa, Ssfl; 山縣, 1994)

本噴火の推移：

マグマ水蒸気噴火→プリニー式噴火とそれに伴う火砕流→休止期 (侵食間隙) →大規模火砕流→休止期→断続的な火砕流の発生→小規模プリニー式噴火および火砕サージ

分布

本火山由来の火砕流が支笏カルデラの周囲に堆積する。また、本火山由来の降下火砕物は北海道東方全域に堆積する (Fig.2-1).

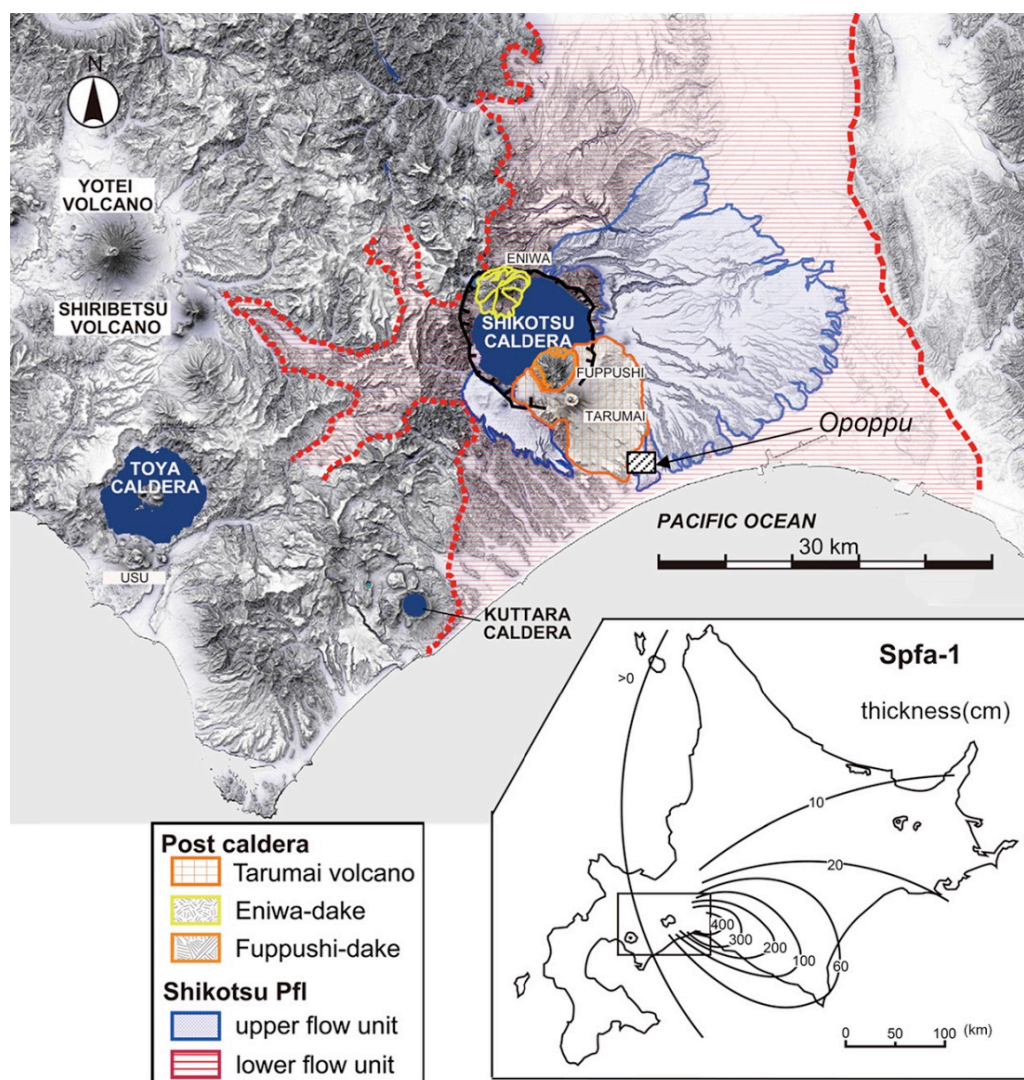


Fig. 2-1 46 ka 支笏カルデラ形成噴火噴出物および後カルデラ火山の分布図 (中川ほか, 2018)
覚生地域は支笏火山南方に位置する。支笏火砕流堆積物 (Spfl), 支笏降下火砕堆積物 1 (Spfa-1) の分布図はそれぞれ北川 (2001), 勝井 (1959) を改変。支笏火砕流堆積物 (Spfl) は, 北川 (2001), 中川ほか (2006) により上部と下部の 2 つのフローユニットに分けられていた。

長期的前駆活動

支笏火山では、支笏カルデラ形成噴火に先行して、60 ka 社台噴火 (Ssfa, Ssfl ; 山縣, 1994), Ssfa-6, Ssfa-5 (佐藤, 1969) を噴出する噴火がそれぞれ発生した。支笏火山の活動史を示した階段ダイアグラムを Fig. 2-2 に示す。

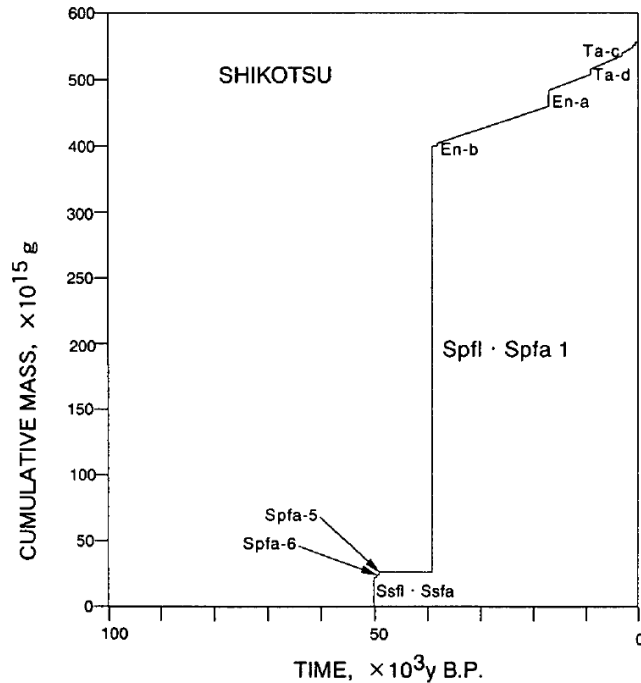


Fig. 2-2 支笏火山の階段ダイアグラム (山縣, 2000)

後期更新世以降の支笏火山の活動を横軸に年代、縦軸に累積質量で表したもの。

*山縣 (2000) は、カルデラ東方に分布する体積から全体を推定しているため、実際の値より大きく見積もった可能性がある。

以下、支笏カルデラ形成噴火直前に知られている支笏火山起源と考えられる噴出物を古い順に記述する。

社台噴火堆積物 (Ssfl, Ssfa : 山縣, 1994)

石狩低地帯に広く分布し、Spfa-1 の下位に存在する最も厚いスコリア層。降下火砕堆積物とスコリア流堆積物からなり、これらは、指交関係にある (山縣, 1994)。

岩相：堆積構造と構成物から3つのユニットに大別される (下位から Unit A, B, C)。ユニット間に時間間隙を示す堆積構造は認められない、一連の噴火堆積物である (Fig.2-3 ; 宮坂・中川, 2018)。Unit A, Unit B が Ssfa に、Unit C が Ssfl に相当する。

Unit A：軽石および火山灰層。岩相の違いからさらに3つに細分される (下位より A1, 2, 3)。A1 は、淡灰色～暗灰色の軽石層。礫支持である。遊離結晶や岩片にやや富む部分が存在する。A2 は、黄褐色～淡灰色の軽石層。礫支持である。A1 よりも粗粒。

黄褐色軽石が主体だが、A1 よりも岩片・遊離結晶に富む。岩片の多くは、変質し赤褐色～茶褐色を呈する。A3 は、赤褐色～淡褐色の火山灰層。下部は、軽石質であり、上部は、火山灰質を示す。

Unit B : A3 を直接覆うスコリア層。全体的に成層構造が発達し、上方粗粒化を示す。また、本ユニットは、色調・粒径の違いから 5 つのサブユニットに細分される（下位より B1, 2, 3, 4, 5）。B1 は、暗赤褐色～淡赤褐色のスコリア層。礫支持で、淡黄色軽石、縞状軽石、灰色軽石、スコリアを含む。わずかに岩片も認められる。B2 は、遊離結晶に富む粗粒火山灰層。下位から上位に向かい、暗灰色から灰白色に色調が変化する。B3 は、淡赤褐色火山灰の薄層を狭在する赤褐色のスコリア層。礫支持である。構成物比は、淡黄色軽石 > 縞状軽石、灰色軽石であり、スコリア、岩片を 1～2 割程度含む。B4 は、淡赤褐色火山灰の薄層を狭在する赤褐色～黒褐色スコリア層。縞状軽石、灰色軽石、淡黄色軽石、スコリアの礫支持層である。岩片を 1 割程度含む。上位に向かうにつれ、淡黄色軽石の量比が増える。B5 は、上方粗粒化を示す、礫支持の黒色スコリア層である。黒色部と赤黒色部が成層している。両者に構成物の違いはなく、スコリア、縞状軽石、灰色軽石、岩片、淡黄色軽石の順に多く含む。

Unit C : B5 を直接覆う灰色の塊状火山灰層。細粒物に富み、淘汰は悪い。岩相の違いから C1, C2 に細分される（下位より C1, 2）。C1 は、岩片農集部を含み、不明瞭な成層構造が認められる、基質支持である。C2 は、細粒物に富むスコリア層。C1, C2 ともに、灰色軽石、縞状軽石、スコリア、岩片、淡黄色軽石の順に多く含まれる。

分 布 : 給源である支笏火山より東方に分布する (Fig.2-4 ; 宮坂・中川, 2018)。

年 代 : 60 ka (佐藤ほか, 2004 ; 町田・新井, 2003)

※海洋酸素同位体ステージとの層位関係から

噴出量 : VEI 6 程度 (町田・新井, 2003)

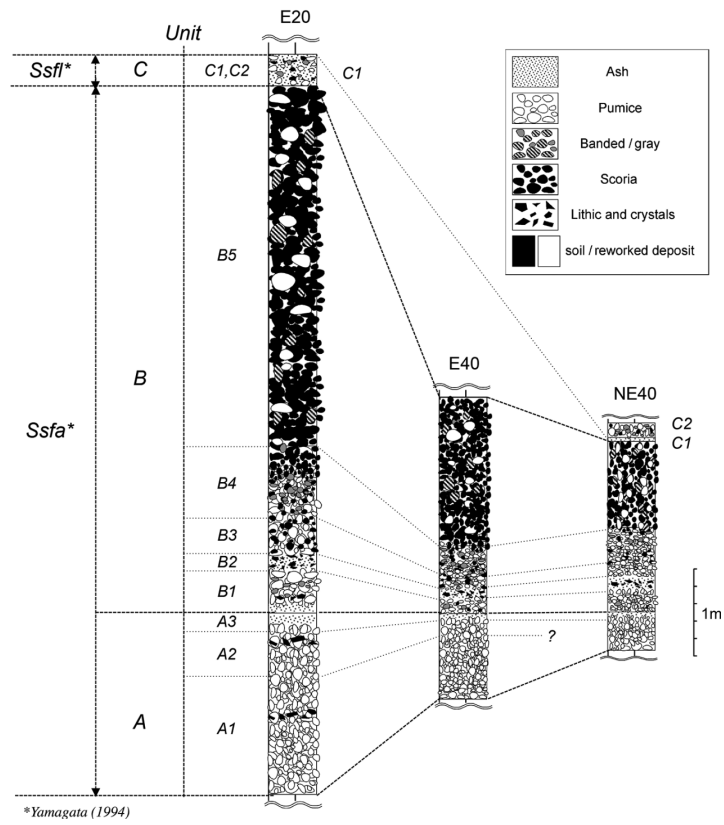


Fig. 2-3 社台噴火堆積物の対比柱状図 (宮坂・中川, 2018)

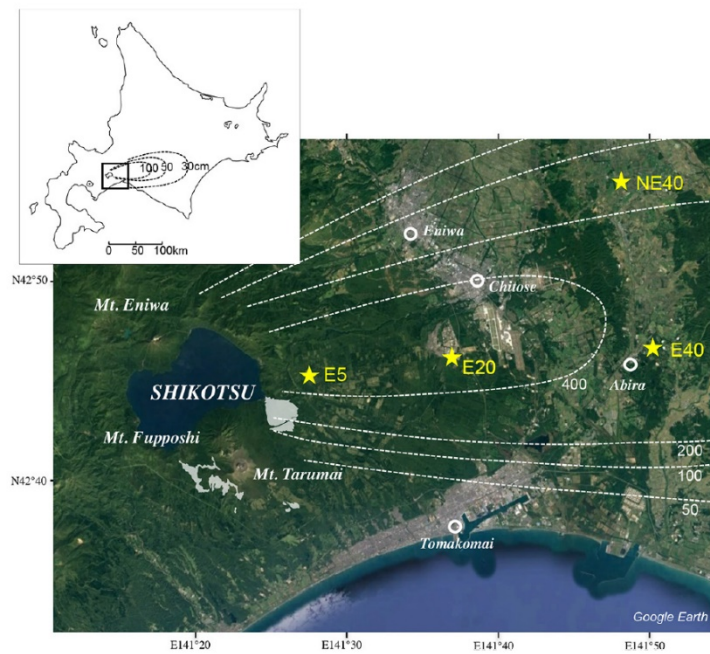


Fig. 2-4 支笏-洞爺火山地域の調査地点図.

破線 : Ssfa (Spfa-10-7) の等層厚線 (町田・新井, 2003), 白色部 : Ssfl 分布域 (古川・中川, 2010).

Spfa-6 (佐藤, 1969)

社台噴火堆積物を覆う降下軽石堆積物。春日井ほか (1978) の Op-2 に相当する。

岩 相：赤褐色の降下軽石堆積物。最上部は細粒の褐色火山灰からなる。有色鉱物に富む外観を示す。軽石中に含まれる有色鉱物は、斜方輝石、単斜輝石、鉄チタン磁鉄鉱である (曾屋・佐藤, 1980)。最上部の火山灰中には、角閃石が少量認められる (岡田, 1973)。

分 布：給源である支笏火山より東方に分布する。北は追分^{おいわけ}、南は鷓川^{むかわ}付近まで分布が認められる (Fig.2-5；曾屋・佐藤, 1980)。

年 代：43～46 ka (許ほか, 2001)

* Spfa6 直下の泥炭の放射性炭素年代と層位から

噴出量：2 km³ (Spfa-5 と合わせた体積；山元, 2014)

* 山縣 (2000)の階段図より読み取り

Spfa-5 (佐藤, 1969)

Spfa-6 との間にクッタラ早来^{はやきた} (Kt-Hy)を挟み堆積する、降下火砕堆積物。

岩 相：下部の褐色降下軽石堆積物と上部の褐色細粒火山灰からなる。有色鉱物は、斜方輝石、単斜輝石、鉄チタン磁鉄鉱からなる (曾屋・佐藤, 1980)。

分 布：給源である支笏火山より東方、安平^{あびら}から振内^{ふれない}にかけて分布する (Fig.2-5；曾屋・佐藤, 1980)。

年 代：43～46 ka (許ほか, 2001)

* Spfa6 直下の泥炭の放射性炭素年代と層位から

噴出量：2 km³ (Spfa-6 と合わせた体積；山元, 2014)

*山縣 (2000)の階段図より読み取り

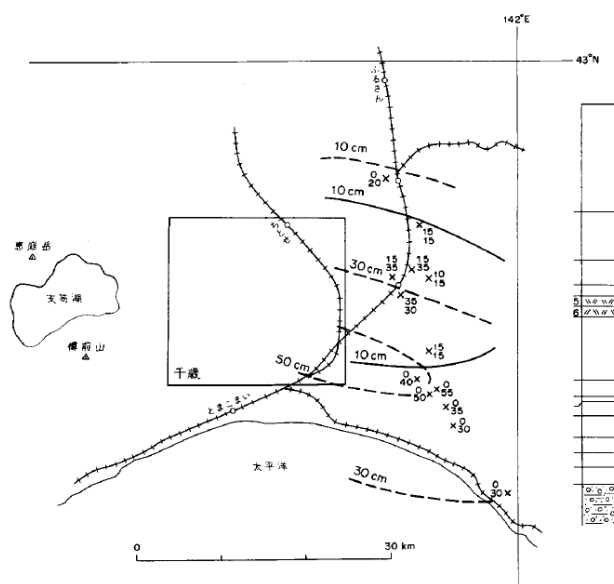


Fig. 2-5 Spfa5, 6 の分布図 (曾屋・佐藤, 1980)

破線が Spfa6, 実線が Spfa5 の分布を示す.

短期的前駆活動

支笏カルデラ形成噴火の直前 (数年～数百年内) に発生したと考えられる先駆的な噴火の存在を示唆する堆積物は確認されていない。

本噴火

[各噴出物の特徴]

支笏カルデラ形成噴火堆積物

支笏カルデラ形成噴火の噴出物は、降下火砕堆積物 (Spfa-1) とその上位に堆積する火砕流堆積物 (Spfl) が知られている。中川ほか (2018) は、支笏カルデラ形成期の噴出物の再検討を行い、6 ユニットに細分した (下位より Unit A～F; Fig. 2-6)。Unit B-C 間, Unit C-D 間, Unit E-F 間には、時間間隙を示す堆積構造が認められる。しかし、中川ほか (2018) では、同タイプの本質物質が全ユニットを通し認められること、時間間隙の定量的な評価が不十分なことから、全てのユニットを支笏カルデラ形成噴火としている。

各ユニットの、他研究によるユニット区分との対応関係は Table 2-1 に示す。

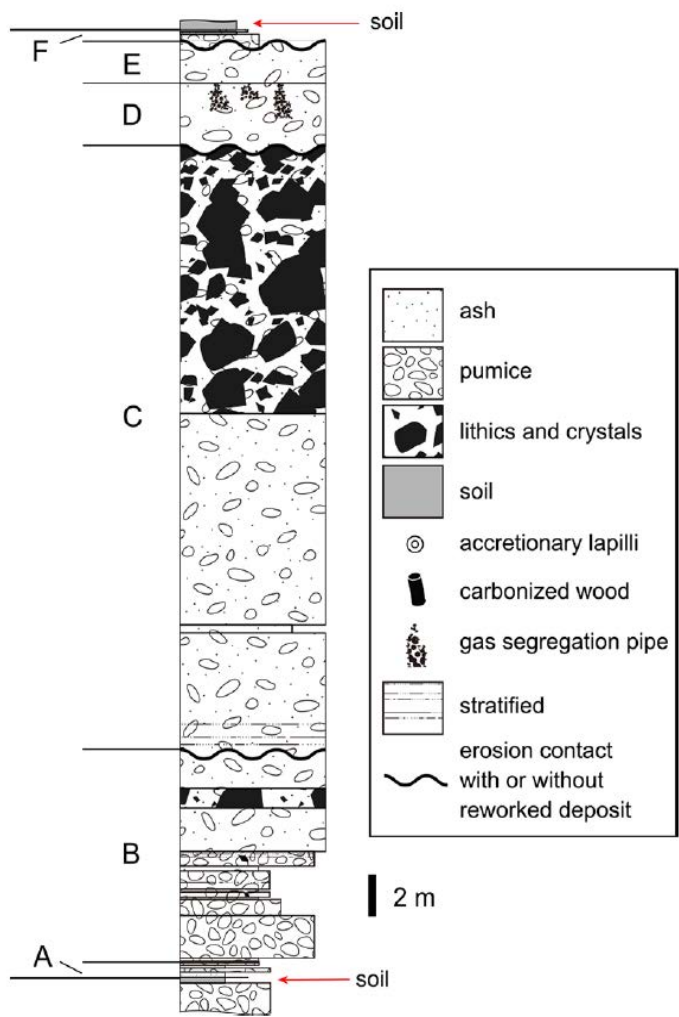


Fig. 2-6 支笏カルデラ形成噴火堆積物の総合柱状図 (中川ほか, 2018)

Table 2-1 各研究の支笏カルデラ形成噴火堆積物ユニット区分の対応関係

Yamagata (1991)の Unit8 以降は、他のユニット区分と必ずしも一致していない。

勝井_1959	中川ほか_2006	中川ほか_2018	Yamagata_1991
		unit F	unit 11?
			unit 10?
			unit 9?
			unit 8?
Spfl	Spfl_上部	unit E	unit 7
		unit D	
	Spfl_下部	unit C	unit 6
			unit 5
Spfa-1	Spfa-1	unit B	unit 4
		unit A	unit 3
			unit 2
			unit 1

Unit A. 火砕サージ堆積物および降下軽石堆積物

岩 相：層厚は約 70 cm である。二つのサブユニットに区分される（下位より A1, 2; Fig. 2-7）。

A1：火砕サージ堆積物。最大層厚約 2 cm，側方変化が激しい。淘汰はよく，暗灰色粒子からなる。粒子は，粗粒砂サイズで，やや円磨されている。

A2：下位から火砕サージ堆積物，降下軽石堆積物のセットが 2 回認められる堆積物（1 セット目が A2a，2 セット目が A2b）。A2a, A2b いずれも下部は，淡灰色の火山灰層である。粒子はシルトサイズで，火山豆石を多く含む。A2a は，わずかに円磨された軽石を含む。A2a, A2b いずれも上部は，礫支持で軽石とわずかな岩片からなる。軽石は垂角で，シルトサイズの火山灰でコーティングされている。A2a 最上部では，表面が褐色の低斑晶の軽石（Crystal-poor type: CP タイプ）が濃集する。

構成物：A1：斜長石，斜方輝石，単斜輝石，白色軽石（CP タイプ），岩片，角閃石

A2：細粒火山灰，火山豆石，軽石（CP タイプ），岩片

分 布：カルデラより南方の^{おぼっぐ}覚生地域において認められる（中川ほか，2018）。詳細な分布域は不明。

噴出量：不明

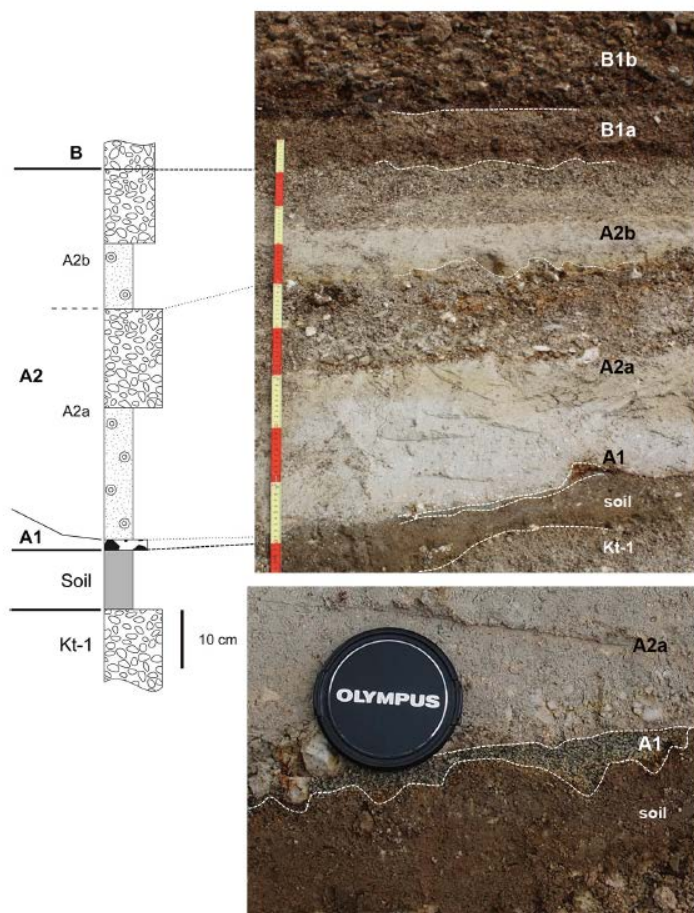


Fig. 2-7 Unit A を含む柱状図と露頭写真 (中川ほか, 2018)

Unit B. 降下軽石堆積物, 火砕サージおよび火砕流堆積物

時間間隙を挟まず, 直接 Unit A を覆っている. 従来の Spfa1 に対比される (Table 2-1).

Unit B は明瞭な侵食が認められ, 後述する Unit C に覆われる.

岩相: 岩相・堆積構造により 3 つに細分される (下位より Unit B1, 2, 3; Fig. 2-8). Unit A で認められた火山灰によってコーティングされた礫は認められない.

Unit B1: 降下軽石堆積物. 岩片量と構成物の粒径変化から B1a から B1c の 3 つのサブユニットに細分される (下位から B1a, b, c). B1a は, 直径 3 cm 以下の軽石 (CP タイプ) が主体であり, 直径 2 cm 以下の岩片を含む, B1b および B1c も軽石主体であるが, 最下部に岩片が濃集し, 暗褐色を呈する. 岩片量は, 上方に向かい減少する.

Unit B2: 火砕サージおよび火砕流堆積物と降下軽石堆積物の互層で構成される. 堆積様式の変化から B2a から B2d の 4 つのサブユニットに細分される (下位から B2a, b, c, d). B2a および B2b は, いずれも火砕サージ堆積物と降下軽石堆積物のセットで構成される (下位に火砕サージ堆積物, 上位に降下軽石堆積物). B2a, B2b の下位層 (火砕サージ堆積物) は, 共に礫支持を示すが, 淘汰が悪い. その一方上位層 (降下軽石堆積物) は, よく

淘汰されており，円磨度の低い軽石が礫支持を示している．また，B2a は炭化木片が認められる．B2c は，塊状無層理の基質支持を示す火砕流堆積物である．基質は赤白色から淡ピンク色の火山灰（細粒砂～シルト）であり，円磨度の良い軽石を含む．B2d は，白色軽石主体の降下軽石堆積物である．弱い成層構造を示す．また，炭化木片が認められる．

Unit B3：非溶結の火砕流堆積物である．2枚のフローユニットが認められる（下位から B3a, b）．B3a は，塊状無層理の基質支持である．基質は，淡桃色～淡褐色の粗粒から細粒火山灰で，よく円磨された軽石とわずかに岩片を含む．B3b は B3a と似た堆積構造を示すが下部に厚さ 40 cm のやや円磨された岩片の濃集層が認められるほか，上部において軽石がやや細粒であるといった違いがある．

構成物：B1～3 は，主に角礫状の軽石（CP タイプ）が主体であり，そのほかに岩片が含まれる．

分 布：北海道東部全域に分布する（Fig. 2-1）．

噴出量：200～240 km³（山元，2016）

40～48 DRE km³（山元，2016）



Fig. 2-8 Unit Bを含む柱状図と露頭写真 (中川ほか, 2018)

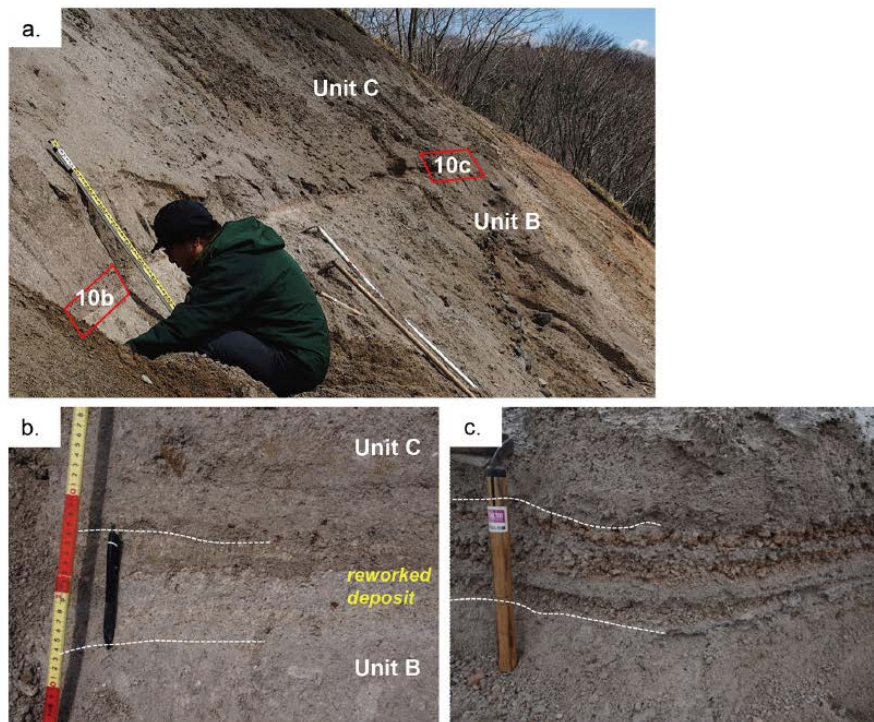


Fig. 2-9 Unit B,C境界の露頭写真 (中川ほか, 2018).

Unit C. 火砕流堆積物

再堆積層を挟み、Unit Bを覆う (Fig. 2-9). 従来の Spfl の一部に対比される (Table 2-1).

岩相：非溶結で塊状を示す火砕流堆積物。層厚・軽石の粒径が支笏火山南方において最も大きく、支笏カルデラ形成噴火における最大規模の火砕流堆積物である。構成物の違いにより下部 (Unit C1) と上部 (Unit-C2) に分けられる。Unit C1 と C2 の境界部は、不規則に入り組んだ火炎状構造を示している。また、C1 中に C2 由来と考えられる岩片が入りこんでいる様子が認められる。

Unit C1：淡灰白色～灰白色の非溶結の火砕流堆積物。堆積様式の違いから C1a から C1c の3つのサブユニットに細分される。C1a は、非溶結の火砕流堆積物である。淡灰白色を示す。軽石の円磨度は高い。中部～上部にかけては淘汰が悪い。下部は成層構造が発達している、また Unit B に考えられる堆積物をブロック状に捕獲している (Fig. 2-10)。C1b は、低斑晶の軽石 (CP タイプ) と火山灰により構成される火砕サージ堆積物である。基質は、シルトサイズに乏しいといった特徴を示す。C1c は、よく円磨された軽石と火山灰からなる、非溶結の火砕流堆積物である。無層理で淘汰度が悪い。わずかに石質岩片が含まれる。

Unit C2：異質岩片に富む火砕流堆積物。淘汰が悪い。褐色～暗褐色で角張った岩片の濃集が認められる。軽石は、大半が斑晶に乏しいもの (CP タイプ) であるが、ごくわずかに斑晶量の多いもの (Crystal-rich type: CR タイプ) も認められる。

構成物：軽石 (CP タイプ > CR タイプ)、岩片、火山灰

分布：本カルデラ周辺において、山地を除き全方位に分布する (中川ほか, 2006).

噴出量：150 km³ (山元, 2016) *ただし Unit-D, E も含める

80 DRE km³ (山元, 2016) km³ *ただし Unit-D, E も含める

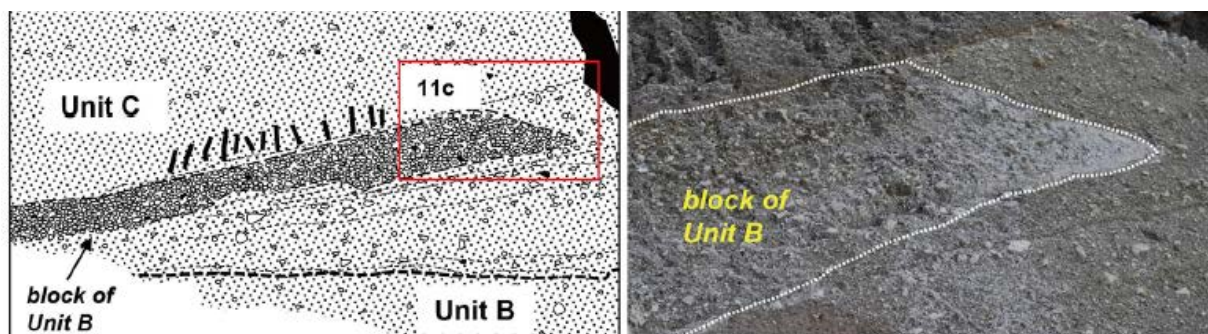


Fig. 2-10 Unit C 基底部の露頭写真およびスケッチ (中川ほか, 2018)

Unit B をブロック状に取りこんだ産状が認められる。

Unit D. 火砕流堆積物

再堆積層を挟み Unit C を覆う (Fig. 2-11). 従来の Spfl の一部に対比される (Table 2-1).

岩 相 : 塊上の火砕流堆積物. 非溶結である. 淘汰度は悪い. 基質は粗粒の火山灰であり, 円磨度の高い軽石を含む. わずかに石質岩片も認められる. 軽石は CP タイプが多いが, CR タイプも認められる. 上部には, ガス抜けパイプ構造が多く, その周辺では, 基質および軽石の硫気変質が認められる.

構成物 : 軽石 (CP>CR), 石質岩片, 粗粒火山灰

分 布 : 本カルデラより南西から東部にかけて分布する (中川ほか, 2006).

*中川ほか (2006) は Unit E も含めた分布域である.

噴出量 : 150 km³ (山元, 2016) *ただし Unit C, E も含める

80 DRE km³ (山元, 2016) *ただし Unit C, E も含める

Unit E. 火砕流堆積物

従来の Spfl の一部に対比される (Table 2-1).

岩 相 : 桃色から赤褐色を呈する火砕流堆積物. 非溶結である. 円磨度が良好な軽石が主体で, シルト質成分に乏しい火山灰を基質にもつ. また, 経 7 cm 以下の石質岩片を含む. Unit E では, Unit-D で見られたガス抜けパイプ構造が認められず, ガス抜け構造が Unit 間をまたぐことがないことから, Unit E は, 火砕流 (Unit-D) からのガス抜けが収まったのちに堆積したと考えられる (Fig. 2-11).

構成物 : 軽石 (CR>CP), 石質岩片, 火山灰

分 布 : 本カルデラより南西から東部にかけて分布する (中川ほか, 2006).

*中川ほか (2006) は Unit E も含めた分布域である.

噴出量 : 150 km³ (山元, 2016) *ただし Unit C,D も含める

80 DRE km³ (山元, 2016) *ただし Unit C,D も含める

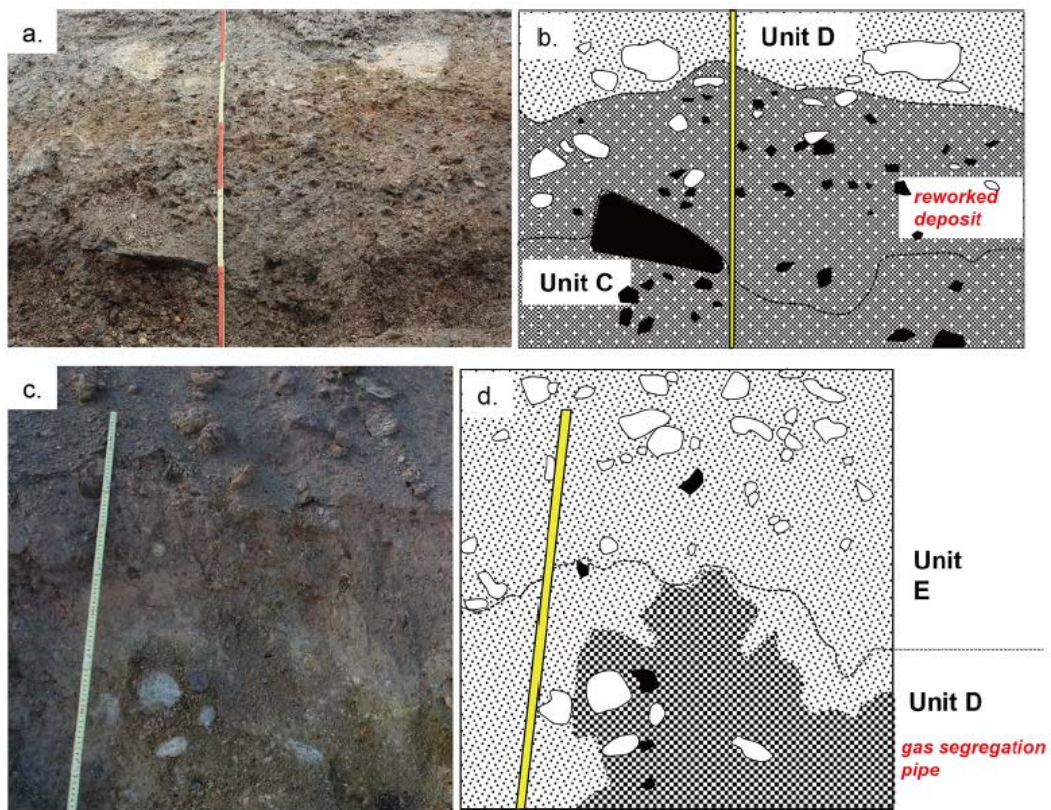


Fig. 2-11 Unit D,E の露頭写真及びスケッチ (中川ほか, 2018)

Unit F. 降下軽石堆積物および火砕サージ堆積物

Unit-E との間に再堆積層が挟在する (Fig. 2-12).

岩 相 : 岩相・構成物の違いにより 2 つに細分される (下位より Unit F1, 2).

Unit F1 : 暗褐色の降下軽石堆積物. 礫支持を示す. 円磨度の悪い軽石が主体だが岩片も含まれる.

Unit F2 : 火砕サージ堆積物. 岩層の違いから 2 層に細分できる (下位より Unit F2a, F2b). Unit F2a は, 粘土質のシルト~極細粒砂サイズの火山灰で主に構成され, 円磨度の良い軽石や, 石質岩片を含む. また, 火山豆石が, 特に上部に含まれる. 成層構造が認められ, 下部が暗褐色, 上部が灰褐色を示す. Unit F2b は, 赤褐色の砂サイズの火山灰を基質にもち, 円磨度の良好な軽石を含み, 少量の岩片を伴う. 弱い成層構造が認められる.

構成物 : Unit F1 : 軽石 (CR>CP), 石質岩片, 火山灰

Unit F2 : 軽石 (CP>CR), 石質岩片, 火山灰

分 布 : カルデラより南方の^{おぼっぶ}覚生地域において認められる (中川ほか, 2018). 詳細な分布域は不明.

噴出量 : 不明

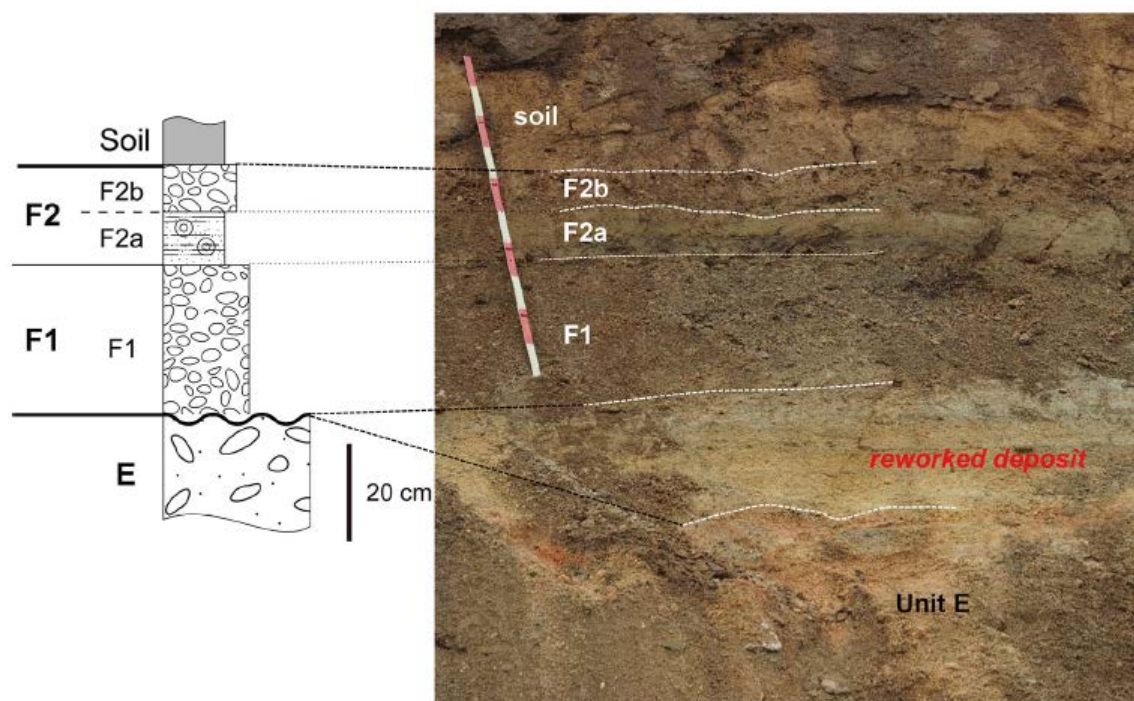


Fig. 2-12 Unit F の柱状図及び露頭写真 (中川ほか, 2018)

Unit E との間に再堆積層を挟む.

[噴火推移]

最初期の噴出物である Unit A1 は、遊離結晶に富む火砕サージの薄層である。上位の Unit A2 は、シルト質火山灰層と降下軽石層の互層である。シルト質火山灰層は、弱く成層し、火山豆石を含むほか、降下軽石層は、火山灰でコーティングされた軽石が含まれており、水蒸気プリニー式噴火による堆積物の特徴を有する。よって支笏カルデラ噴火の初期は、マグマ水蒸気爆発によるベースサージが発生し、その後マグマと水の相互作用による水蒸気プリニー式噴火が発生したと考えられる (Fig. 2-13)。

その後、Unit B を噴出したマグマ噴火に時間間隙なく移行したと考えられる。Unit B は、塊状で礫支持を示す降下軽石層 (B1) と降下軽石と火砕物密度流の互層 (B2) という 2 つのサブユニットから構成される。よって、Unit B 噴出時は、プリニー式噴火による安定した噴煙柱を形成し、その後、噴煙柱が不安定になって火砕流を発生させたと考えられる (Fig. 2-13)。

Unit B,C 間は、再堆積層が介在するほか、Unit C 内に Unit B の一部がブロック状に取り込まれることから、ある程度の時間間隙が考えられる。

Unit C は、最も規模の大きな火砕流堆積物である。Unit C 噴出の前半は、塊状で岩片が少ない火砕流堆積物が発生した (C1)。後半は、石質岩片に富み、本質物質に乏しい火砕流が引き続き発生した。C1,C2 間に時間間隙は認められず、一連の噴火であったと考えられる。また、C2 の上位には、風化した再堆積層が認められることから、噴火活動はここで一時休止したと考えられる (Fig. 2-13)。

Unit D, E はいずれも火砕流堆積物であり、断続的に小規模な火砕流が発生したと考えられる。Unit D, E はいずれも、CR タイプが普通に認められることが特徴である。Unit D,E 間には、その堆積構造から短い時間間隙が存在したと考えられる。しかし、中川ほか (2018) では、Unit D,E 共に小規模であり、CR タイプ軽石を含むといった特徴が共通することから、これらを同じフェーズとした (Fig. 2-13)。

Unit E の上位には、風化した再堆積層が認められることから、Unit D,E 噴出後には、わずかな休止期があったと考えられる (Fig. 2-13)。

Unit F は、降下火砕堆積物と火砕サージ堆積物から成り、噴煙柱形成後に、火砕サージが発生したと考えられる (Fig. 2-13)。

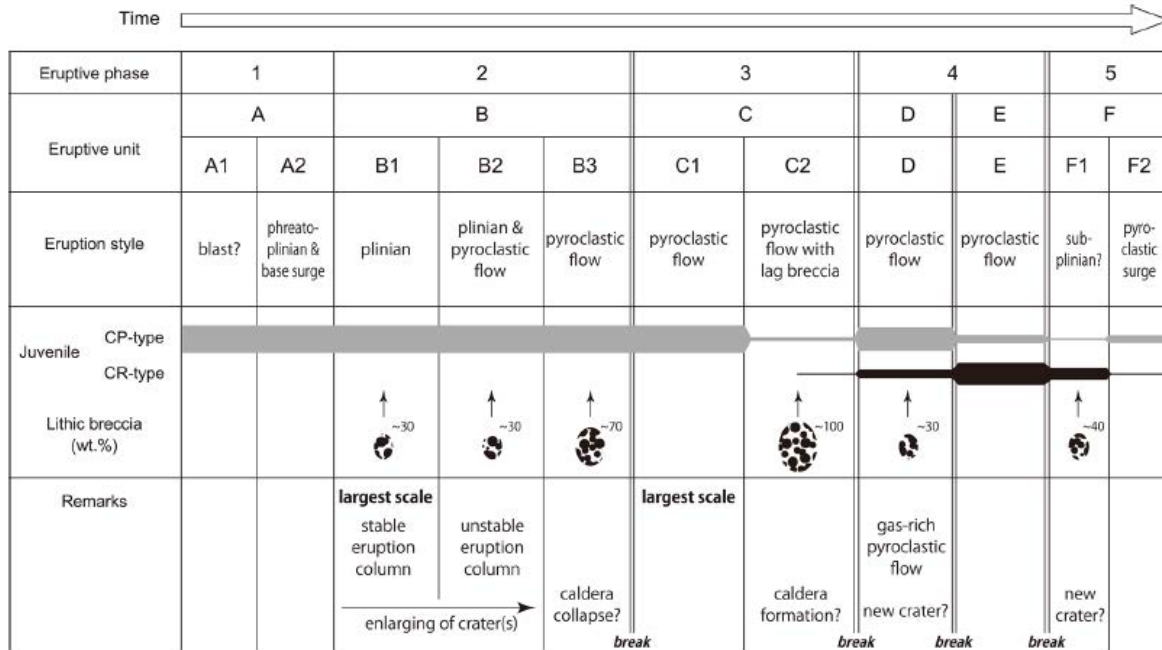


図 17 46 ka 支笏カルデラ形成噴火の推移。活動はマグマ水蒸気噴火および phreatoplinian 噴火ではじまった（フェーズ 1：ユニット A）。その後、時間間隙をおかずにマグマ噴火に移行し、プリニー式噴火が開始した（フェーズ 2：ユニット B）。フェーズ 2 後期には噴煙柱が不安定になり、火砕サージ堆積物や火砕流堆積物を噴出した。侵食間隙において、爆発的な噴火により大量の火砕流堆積物を噴出し、最後にラグブレッチャが堆積した（フェーズ 3：ユニット C）。休止期において、火砕流堆積物が間欠的に噴出した（フェーズ 4：ユニット D, E）。最後に、火砕サージを伴う小規模なプリニー式噴火が発生した（フェーズ 5：ユニット F）。

Fig. 2-13 支笏カルデラ形成噴火の噴火推移（中川ほか, 2018）

後カルデラ活動

支笏カルデラにおける、後カルデラ活動として、恵庭火山、風不死火山、樽前火山の活動が挙げられる。これらの火山の活動は、詳細な調査が進んでおらず、全てを網羅することが出来ていないものの、いずれの火山においても比較的大規模なプリニー式噴火を発生させたという共通点が存在する。

以下、上記の3つの火山活動についてまとめる。

恵庭火山

恵庭火山は、支笏カルデラ北西部で活動し、En-c (>28 ka), En-a (16~13 ka) の火砕噴火を発生させた (Fig. 2-14)。En-a は、比較的規模が大きいプリニー式噴火である。この後に、溶岩および砕屑物から成る火山体を形成したと考えられる (土井, 1957; 春日井ほか, 1974)。恵庭火山における最後のマグマ噴火は、約 2000 年前に発生したと考えられ、その後、少なくとも 3 回にわたり水蒸気爆発を発生させた (中村, 1973; 中川ほか, 1994)。

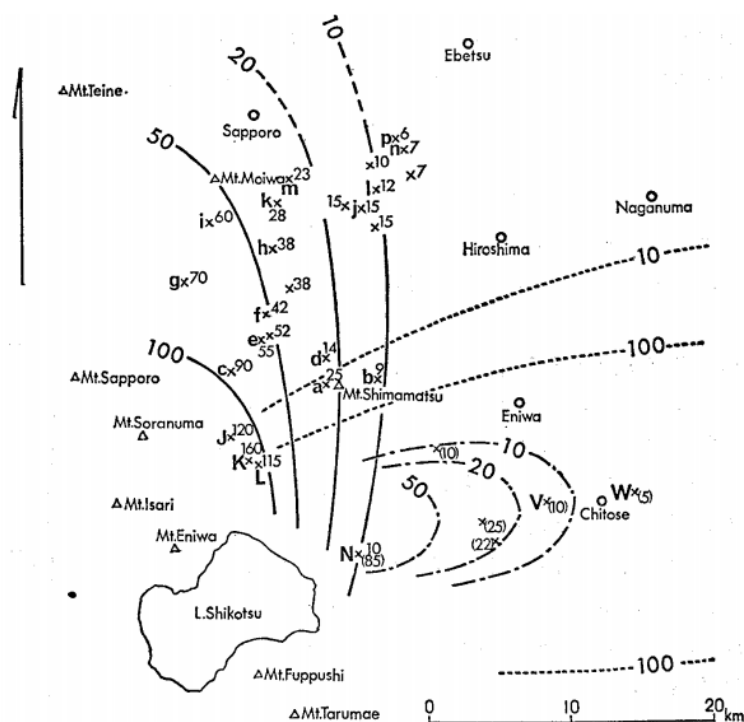


Fig. 2-14 恵庭火山及び不風死火山噴出物の分布 (春日井ほか, 1974)

各地点の数字は、恵庭 b 降下軽石層 (n.En-b) の層厚、()内の数字は恵庭 c 降下軽石層 (En-c) の軽石の層厚を示す。点線、実線、鎖線はそれぞれ En-a, n.En-b, En-c の等層厚線。a: 島松山西麓, b: 島松川上流, c: 小滝沢, d: 島松山北北西, e: 精進川上流, f: 定山溪ゴルフ場, g: 下藤野, i: 藻岩山南麓, j: 平岡, k: 澄川, l: 三里川, m: 西岡, n: 下野幌, p: 小野幌

恵庭 b 降下軽石層は、その分布及び岩石学的特徴から、不風死火山起源と考えられる (中川, 1993)。

不風死火山

不風死火山の活動は、支笏カルデラ形成後に始まったとされる。不風死火山は、大きく古期火山体と新期火山体に分けることができる。古期火山体は、新期火山体により覆われている複数の火山体を指す。新期火山体は、溶岩流及び溶岩ドーム、それらの崩落による火砕流堆積物と flow foot breccia から成る (中川, 1993)。26~25 cal ka のプリニー式噴火以降は、溶岩主体の活動に移行したと考えられる (石橋ほか, 1973) が、少なくとも一回はマグマ水蒸気噴火を発生させたと考えられる (古川・中川, 2009)。また、最新期の噴火は、完新世中葉の水蒸気噴火である可能性が高い (古川・中川, 2009)。

樽前火山

樽前火山の活動は、およそ 9000 年前に開始したと考えられ、1000 年以上の休止期を挟み 3 つの活動期に分けられる。第 1 活動期は、およそ 9000 年前から、第 2 活動期は、およそ 2500~2000 年前、第 3 活動期は 1667 年から現在までの活動である (Table 2-1)。

第 1 活動期は、2 回のプリニー式噴火 (Ta-d1, 2) が発生し、小規模な火砕流が発生した。第 1 活動期の総噴出量は、3.8 km³ である。第 2 活動期は、比較的短い休止期を挟み、3 回のプリニー式噴火が発生した。第 2 活動期の総噴出量は、4.6 km³ である。第 3 活動期では、1667 年と 1739 年に規模の大きなプリニー式噴火が発生した。19 世紀以降は、小規模な噴火が主となるが、70 回以上の噴火が発生、記録されている (古川・中川, 2010)。

Table 2-2 樽前火山におけるマグマ噴火 (古川・中川, 2010)

活動期	年代	降下火砕堆積物(略称)	火砕流堆積物(略称)	溶岩	噴出量(km ³)	総噴出量(km ³ DRE)	既存研究(石川ほか,1972など)
第3活動期	1909年(明治42年)	3月30日, 4月12日に火山弾放出		溶岩ドーム2	0.02	0.02	円頂丘溶岩II
	1883年(明治16年)			中央火口丘南麓に小丘(50x20m)	0.00001**	0.00001	
	1874年(明治7年)	樽前1874降下火砕堆積物(Ta-1874)	樽前1874火砕流堆積物(1874fl)	(溶岩ドーム1の破壊)	1874fl: 0.006 Ta-1874: 0.5	0.2	最新期 樽前IIa0降下軽石, 中央火口丘降下スコリア・スコリア流堆積物
	1867年(慶応三年)	中央火口丘		溶岩ドーム1	?	?	円頂丘溶岩I
	1804-1817年(文化年間)	樽前1804-1817降下火砕堆積物(Ta-1804-1817)			Ta-1804-1817: 0.08*	0.03	樽前IIa0降下軽石
	1739年(元文四年)	樽前a降下火砕堆積物(Ta-a), フォールユニットTa-a9からTa-a1	樽前a火砕流堆積物(下位afl-4からafl-1)		Ta-a: 3.9 afl-1: 0.2 afl-2: 0.4	1.6	Ta-a期 樽前a降下軽石堆積物, afl-1, afl-2軽石流堆積物
	1667年(寛文七年)	樽前b降下火砕堆積物(Ta-b), フォールユニットTa-b9からTa-b0	樽前b火砕流堆積物(下位bfl-2, 上位bfl-2)	?	Ta-b: 2.3 bfl-1: 0.3 bfl-2: 0.2	1.1	Ta-b期 樽前b降下軽石堆積物, bfl-1, bfl-2軽石流堆積物
第2活動期	2.0ka	樽前c3降下火砕堆積物(Ta-c3)	?	?	0.05	0.03	
	2.5ka	樽前c2降下火砕堆積物(Ta-c2)	樽前c2火砕流堆積物(c2fl)	?	Ta-c2: 3.8 c2fl: 0.3	1.4	Ta-c期 フォールユニットc2
	2.5ka(Ta-c2と数十年の時間間隙)	樽前c1降下火砕堆積物(Ta-c1)	樽前c1火砕流堆積物(c1fl)	?	Ta-c1: 0.2 c1fl: 0.1	0.14	フォールユニットc1
第1活動期	9ka	樽前d降下火砕堆積物(Ta-d), 下位降下軽石d2, 上位降下スコリアd1(噴出初期に火山弾をとまそう)	樽前d火砕流堆積物(d2fl)	?	Ta-d1: 0.9 d2fl: 0.02 Ta-d2: 2.8	1.4	Ta-d期 フォールユニットd1, d2

*火口から2km以上の範囲の分布は篠崎(1980MS)を参照して推定
**直径50m高さ20mの円錐と仮定

第2章 参考文献

- 土井繁雄 (1957) 5 万分の 1 地質図幅「樽前山」および説明書. 北海道地下資源調査所, **51**.
- 古川竜太・中川光弘・古堅千絵・吉本充宏 (2006) 樽前火山先史時代の噴火活動. 月刊地球, **28**, 302-307.
- 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**, 41.
- 古川竜太・中川光弘 (2010) 樽前火山地質図 1:30,000. 地質調査総合センター.
- 許成基・山崎誠・佐高裕之・中川昌巳・秋山泰祐・平野令緒 (2001) 支笏火山噴出層年代の再検討. 地球科学, **55**, 145-156.
- 石橋教子・大貫安行・柏原信・春日井昭・鈴木久恵・田中秀樹 (1973) 北海道月寒丘陵に分布する恵庭降下軽石層の ^{14}C 年代—日本の第四紀層の ^{14}C 年代 (86)—. 地球科学, **27**, 208-210.
- 春日井昭・石橋教子・大貫康行・柏原信・鈴木久恵・田中秀樹・松田紘一 (1974) 恵庭火山の降下軽石層—分布と層準についての改定—. 地球科学, **28**, 115-127.
- 春日井昭・秋葉力・近藤祐弘・小坂利幸・松井愈・松澤逸巳・佐藤博之 (1978) 降下火砕堆積物「十勝平野」. 地団研専報, **22**, 193-214.
- 勝井義雄 (1958) 支笏降下軽石堆積物中の化石林について. 地質雑, **64**, 379-385.
- 勝井義雄 (1959) 支笏降下軽石堆積物について—特に支笏カルデラ形成直前の活動について—. 火山, **4**, 33-48.
- 北川淳一 (2001) 支笏カルデラ形成時のマグマ溜まりの構造と噴出プロセス. 北海道大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻修士論文.
- 町田洋・新井房夫 (2003) 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, 336.
- 宮坂瑞穂・中川光弘 (2018) 支笏火山 60 ka 社台噴火の噴火推移—トレンチ調査およびボーリング調査による再検討—. 地学雑誌, **127**, 29-246.
- 中川光弘 (1993) 後支笏カルデラ火山群の形成史・活動様式及びマグマ系. 計画研究「火山災害の規模と特性」報告書, 文部科学省研究費自然災害特別研究, 27-42.
- 中川光弘・増田健介・勝井義雄 (1994) 後支笏カルデラ, 恵庭火山の最新の噴火活動. 火山, **39**, 237-241.
- 中川光弘・北川淳一・若佐寛子 (2006) 北海道, 支笏火山のマグマ供給系の構造と噴火推移—カルデラ形成期の複数マグマ溜りの同時噴火—. 月刊地球, **28**, 88-93.
- 中川光弘・宮坂瑞穂・富島千春・松本亜希子・長谷龍一 (2018) 支笏湖南方地域の火口近傍堆積物層序からみた 46 ka 支笏カルデラ形成噴火推移. 地学雑誌, **127**, 247-271.
- 中村忠久 (1973) 恵庭火山の中期噴出物の ^{14}C 年代—日本の第四紀層の ^{14}C 年代 (82)—. 地球科学, **27**, 42-43.
- 岡田所明 (1973) 支笏降下軽石層堆積物中の粘土鉱物. 地質雑, **79**, 363-375.
- 佐藤博之 (1969) 札幌—苫小牧低地帯の最四紀火山灰. 地質ニュース, **179**, 15-20.
- 佐藤隆・山縣耕太郎・細野衛・木村準 (2004) 石狩低地帯南部, テフラ—土壌累積層に記録された最終間氷期以降の植物珪酸体群の変遷. 第四紀研究, **43**, 389-400.

- 曾屋・佐藤 (1980) 5 万分の 1 地質図幅 千歳地域の地質および説明書. 地質調査所, **42**.
- Uesawa, S., Nakagawa, M., Umetsu, A. (2016) Explosive eruption activity and temporal magmatic changes at Yotei Volcano during the last 50,000 years, southwest Hokkaido, Japan. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **325**, 27-44.
- Yamagata, K. (1991) Formation of lithic breccia and vent evolution during the 32 Ka. eruption of Shikotsu caldera, Japan. *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University*, **26**, 227-240.
- 山縣耕太郎 (1994) 支笏およびクッタラ火山のテフロクロノロジー. 地学雑誌, **103**, 268-285.
- 山縣耕太郎 (2000) 支笏火山 40 ka 噴火の規模に関する検討. 上越教育大学研究紀要, **19**, 445-460.
- 山元孝広 (2014) 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, no.613, 産総研地質調査総合センター.
- 山元孝広 (2016) 支笏カルデラ形成噴火のマグマ体積. 地質調査総合センター研究資料集, no.632, 産総研地質調査総合センター, 1-51.

3. 洞爺火砕流噴火

噴出源：洞爺カルデラ

年代：約 106 ka (白井ほか, 1997; Matsu'ura et al., 2014; 東宮・宮城, 2020)

※酸素同位体比層序との対比可能な堆積物での層位関係より算出

FT年代：0.13±0.03 Ma (奥村・寒川, 1984)

熱ルミネッセンス年代：0.103～0.134 Ma (高島ほか, 1992)

総噴出量：見かけ体積 190～270 km³

※ (宝田ほか, 2018) で推定された洞爺火砕流堆積物の噴出量 (80～160 km³) と (町田ほか, 1987) で求められた降下テフラの体積を (宝田ほか, 2002) において区分積分法を用い再計算した値 (110 km³) を使用.

構成要素 (見かけの噴出量)：※層位順に記載

後カルデラ活動

有珠火山

中島火山

本噴火※洞爺カルデラ噴出物のユニット区分は Goto et al. (2018) を踏襲した

Unit 6：軽石質火砕流 > 2.6 km³

Unit 5：軽石質火砕流 > 4.9 km³

Unit 4：軽石質火砕流 > 0.5 km³

Unit 3：ベースサージ及び降下火山灰 > 1.5 km³

Unit 2：ベースサージ及び大規模火砕流 > 27.2 km³

Unit 1：降下火山灰 > 0.01 km³

前駆活動

おさるがわ長流川火砕流堆積物 (町田ほか, 1987)

滝ノ上火砕流堆積物 (近堂, 1963)

そうべつ壮瞥火砕流堆積物 (近堂, 1963)

噴火推移：

マグマ水蒸気噴火→大規模火砕流及びベースサージの発生→ベースサージの発生、それに伴う降下火山灰の噴出→小規模火砕流の噴出→軽石に富む火砕流を発生させたマグマ水蒸気噴火→軽石に富む火砕流を噴出させたマグマ噴火

分布

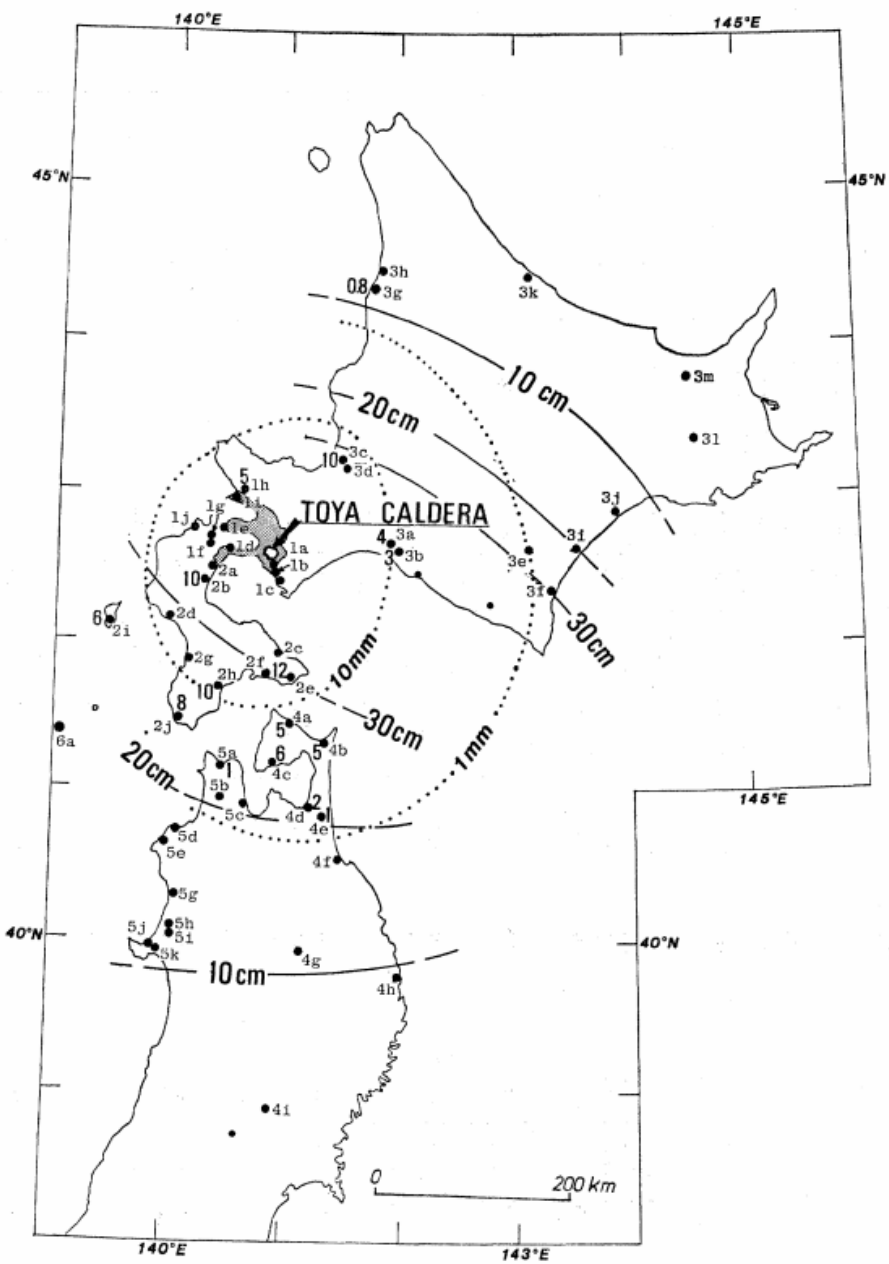


Fig. 3-1 洞爺降下テフラの分布 (町田ほか, 1987)

実線が洞爺テフラの層厚 (単位は cm)

点線は、軽石の最大粒径 (単位は mm) を示す。

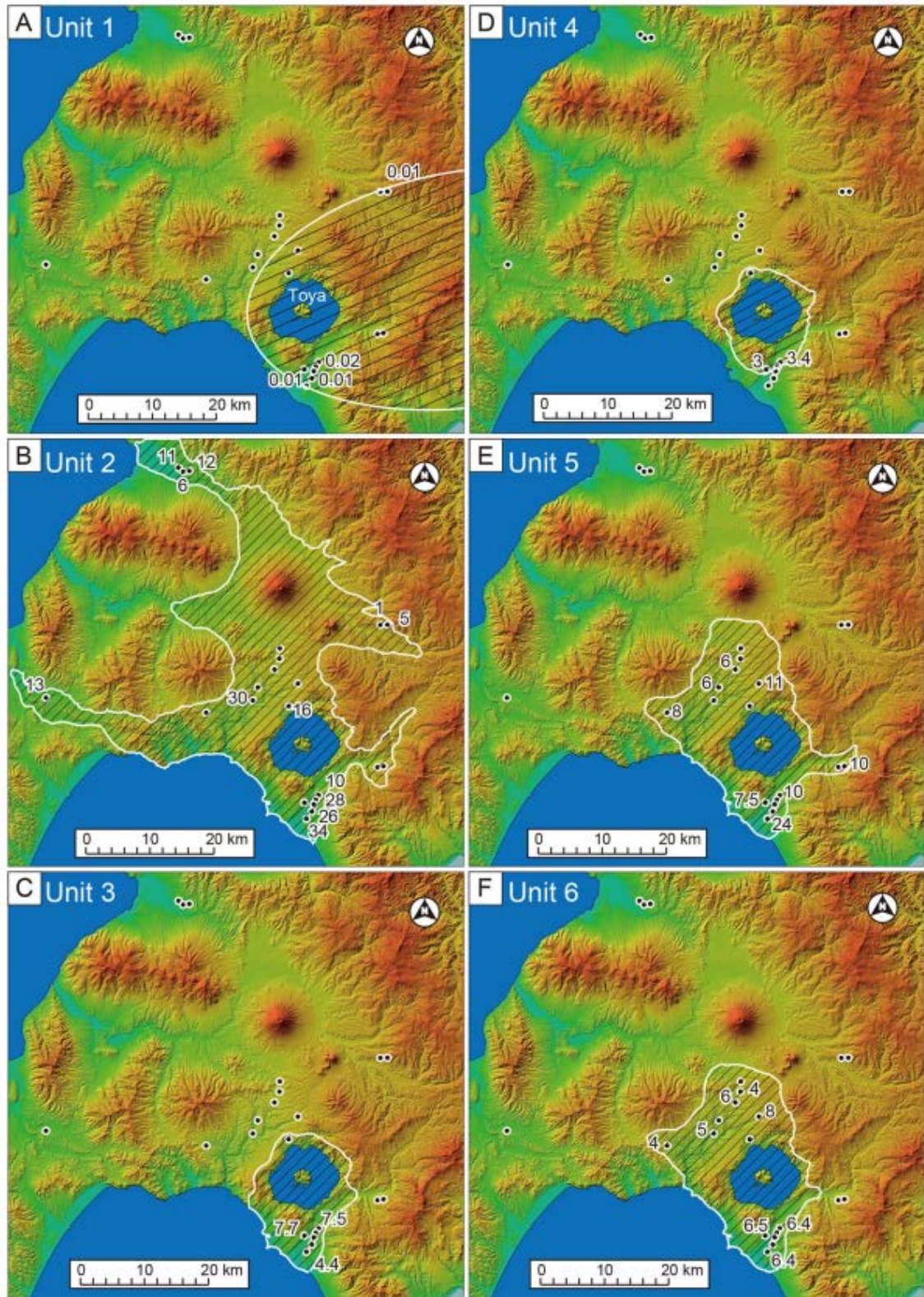


Fig. 3-2 各ユニットの噴出物の分布範囲 (Goto et al., 2018)

数値は層厚 (単位は m) を表す。

Unit 2 が最も広域に広がった分布を示す。

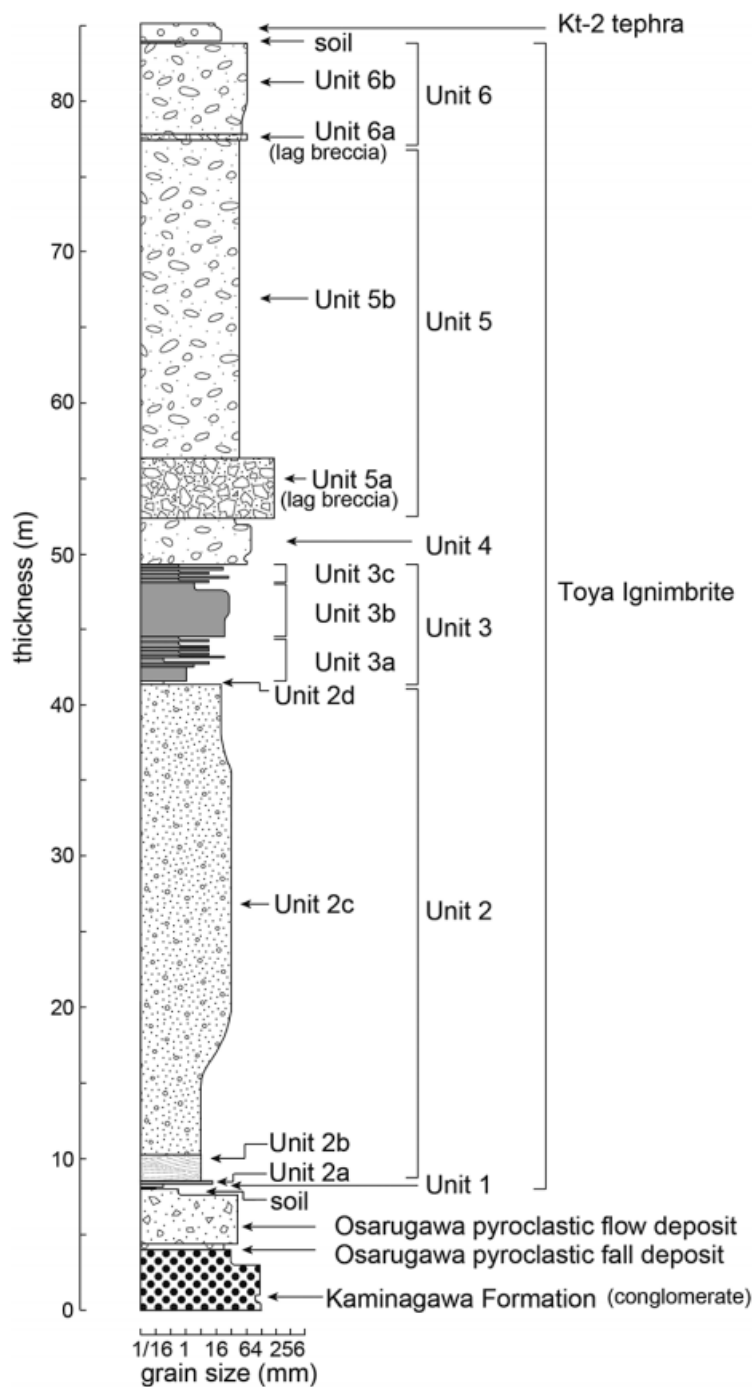


Fig. 3-3 洞爺カルデラ南方における洞爺火砕流の総合柱状図 (Goto et al., 2018)

洞爺火砕流の総合柱状図. 洞爺火砕流は、岩相の違いから大きく6つのユニットに細分できる(下位からUnit 1~6). 下位には、土壌を挟み長流川火砕流が堆積する.

長期的前駆活動

洞爺カルデラの南縁付近には、いずれも給源不明の^{そうべつ}壯瞥火砕流堆積物（流紋岩質）とそれを覆う滝ノ上火砕流堆積物（安山岩質）が露出している（Fig. 3-4）。これらの上位には、礫、砂及び泥からなる^{かみながわ}上長和層が堆積し、その上位に、^{おさるがわ}長流川火砕流堆積物が堆積している（Table 3-1; Fig. 3-5）。

壯瞥火砕流堆積物、滝ノ上火砕流堆積物は、いずれも熱ルミネッセンス年代測定が行われており、年代値はそれぞれ 1.59 ± 0.33 Ma と 0.90 ± 0.15 Ma である（高島ほか, 1992）。長流川火砕流堆積物は、対比から 125~120 ka と考えられている（町田ほか, 1987）。

長流川火砕流堆積物は、土壌を挟むものの、洞爺火砕流堆積物の直下に存在する火砕流堆積物であり、その年代も、カルデラ形成より約 1 万年前に発生した火砕流であることから、洞爺噴火前の重要な長期的前駆活動とみなすことができる。

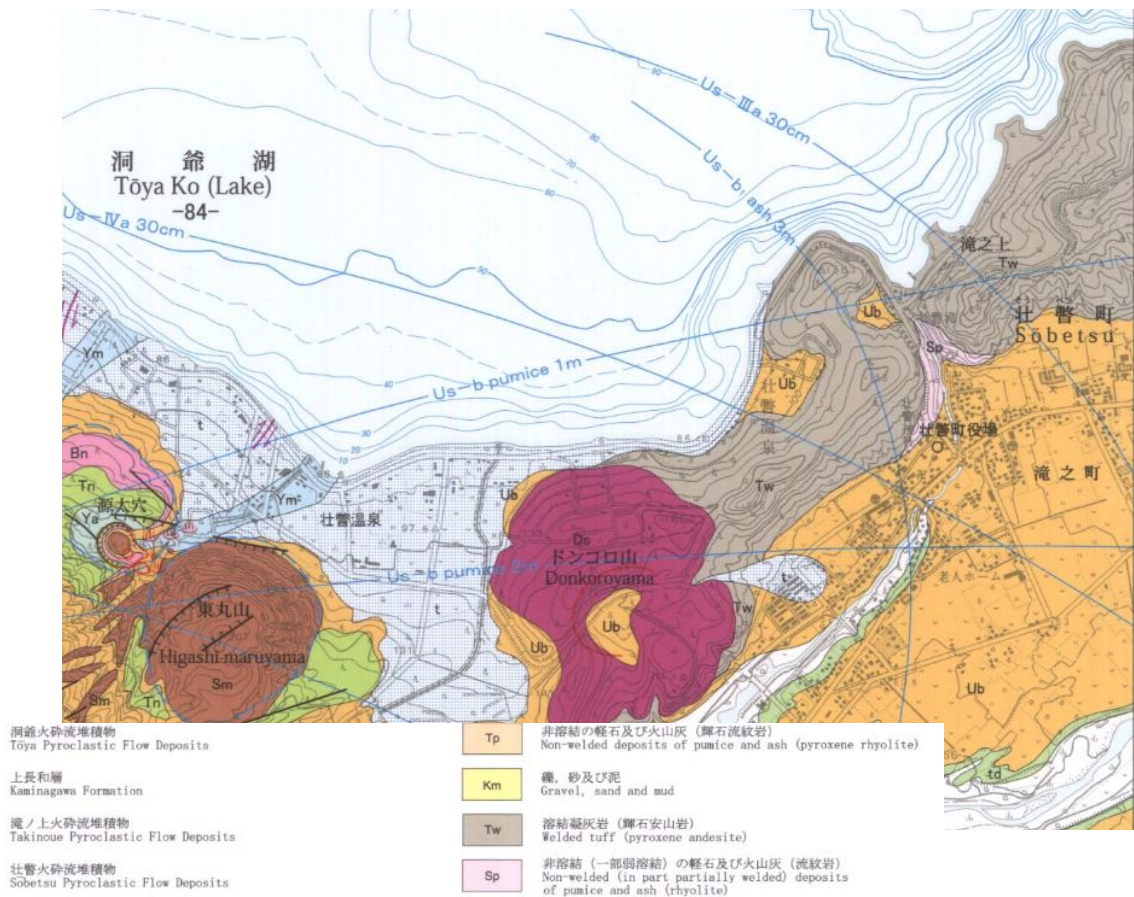


Fig. 3-4 洞爺カルデラ南東縁地質図，壯瞥火砕流，滝ノ上火砕流の分布（曾屋ほか, 2007）

Table 3-1 洞爺カルデラの活動史 (曾屋ほか, 2007; 松本・中川, 2011) より作成

時代	地質層序		火山活動			
	(火砕物層序)	(火砕物体積)	(新たに生じた山体)	(噴火年代) (その他)		
完 新 世	有 珠 火 山	火山泥流		2000年隆起域	降灰・火山泥流・地殻変動により災害	
		Us-2000降下軽石・火山灰	0.001 km ³	(潜在ドーム)	2000年	
		Us-1978降下火山灰	0.09 km ³	有珠新山潜在ドーム	1977~78年	降灰・地殻変動により災害, 土石流により犠牲者3名
		Us-1977降下軽石・火山灰				
		Us-I a降下火山灰	0.001 km ³	昭和新山溶岩ドーム	1943~45年	降灰・地殻変動により災害, 幼児窒息死1名
		火山泥流	0.003 km ³	明治新山潜在ドーム	1910年	降灰により災害, 火山泥流により犠牲者1名
		Us-II a降下火山灰				
		嘉永(立岩)火砕流	0.35 km ³	大有珠溶岩ドーム	1853年	住民避難, 赤く光る溶岩ドーム出現
		Us-III a降下軽石・火山灰				
		文政火砕流	0.28 km ³	小有珠溶岩ドーム	1822年	火砕流により南西麓で1村全焼, 死者82名
		Us-IV a降下軽石・火山灰				
		明和火砕流	0.11 km ³	オガリ山潜在ドーム	1769年	火砕流により南東麓で家屋火災
		Us-V a降下軽石・火山灰		先小有珠溶岩ドーム		
		先明和火砕流	?	先小有珠溶岩ドーム?	17世紀末	記録なく詳細不明
Us-b ₁ b ₆ 降下火山灰				多量の降灰により家屋埋積・焼		
火砕サージ	2.5 km ³	?	1663年	失, 死者5名		
Us-b降下軽石						
休止期			若生貝塚2,860±950 y.B.P. (GaK-4199) 縄文早期一晩期人類遺跡			
後 期 更 新 世	外 輪 山 形 成 期	善光寺岩屑なだれ堆積物		山体崩壊, 外輪山形成		
		ドンコロ山スコリア丘		側火山(スコリア丘)形成		
		有珠外輪山溶岩		成層火山形成		
段丘堆積物						
(中島火山溶岩)			(中島火山形成)			
洞爺火砕流堆積物			洞爺カルデラ形成112 - 115 ka			
中 期 更 新 世 ~ 鮮 新 世	長流川火砕流堆積物		120 - 125 ka (町田ほか, 1987)			
	上長和層					
	滝ノ上火砕流堆積物		0.90 ± 0.15 Ma (高島ほか, 1992)			
	壮瞥火砕流堆積物		1.59 ± 0.33 Ma (高島ほか, 1992)			
新第三紀火山岩類(長流川累層)						

黄色：洞爺火砕流の前駆の火山活動，緑色：洞爺火砕流堆積物，青色：後カルデラ活動。

壮瞥^{そうべつ}火砕流堆積物 (近堂, 1963)

新第三紀火山岩類 (長流川累層) を不整合に被い, 滝ノ上火砕流堆積物に不整合で被われる, 火砕流堆積物である (高島ほか, 1992). 太田 (1956) による壮瞥^{うまいし}浮石流に対応する.

岩相: 淡灰色で, 石英斑晶に富み, 非溶結または弱溶結の火砕流堆積物である (高島ほか, 1992). 溶結部では, 幅の広い柱状節理が見られる (横山ほか, 1973).

分布: 壮瞥滝付近を中心に分布が確認されるが, 噴出源は不明である (高島ほか, 1992).

年代: 1.59±0.33 Ma (高島ほか, 1992)

※熱ルミネッセンス年代

噴出量: 不明

滝ノ上火砕流堆積物 (近堂, 1963)

壮瞥火砕流堆積物を不整合で被い, 上長和層に不整合で被われる火砕流堆積物である (高島ほか, 1992). 自然残留磁化測定が行われており, 逆帯磁を示す (岩崎ほか, 1957).

岩相: 暗灰色の普通輝石紫蘇輝石安山岩質で, 流理に似たユータキシテック組織を示し, 多数の扁平した黒色火山ガラスのパッチが水平に配列する. 外来岩片を多量に含む (横山ほか, 1973). 斑晶に斜長石, 紫蘇輝石, 普通輝石斑晶を含む (高島ほか, 1992).

分布: 洞爺湖南東岸に厚く分布するが, 噴出源は不明である (高島ほか, 1992).

年代: 0.90±0.15 Ma (高島ほか, 1992)

※熱ルミネッセンス年代

噴出量: 不明

長流川^{おさるがわ}火砕流堆積物 (町田ほか, 1987)

角閃石斑晶を含まないテフラである. ガラス組成・斑晶量・斑晶鉱物組み合わせにおいて, 洞爺カルデラ周辺に分布する他のテフラと区別が可能である (Fig.3-6; 中川ほか, 2018).

岩相: 直下に降下テフラを持ち, 岩片の多い火砕流堆積物である (町田ほか, 1987). 火砕流中に含まれる火山ガラス, 直方輝石の屈折率は, それぞれ 1.503 – 1.508, $\gamma = 1.718 – 1.723$ である (町田ほか, 1987).

分布: 分布域は不明である. 伊達市長流川左岸において, 上長和層の上位に降下火砕堆積物, 火砕流堆積物が認められる (町田ほか, 1987). それぞれの層厚は 0.4 m, 3.6 m である. また, 貫気別川^{ぬきんべつ}沿いにおいても, 層厚 8 m 以上の火砕流堆積物が確認できる (Goto et al., 2018).

年代: 125-120 ka (町田ほか, 1987).

※ MIS 5e と対比される上長和層の上位に堆積することから推定される.

放射年代値に基づく層位からの推定 (町田ほか, 1987).

噴出量: 不明

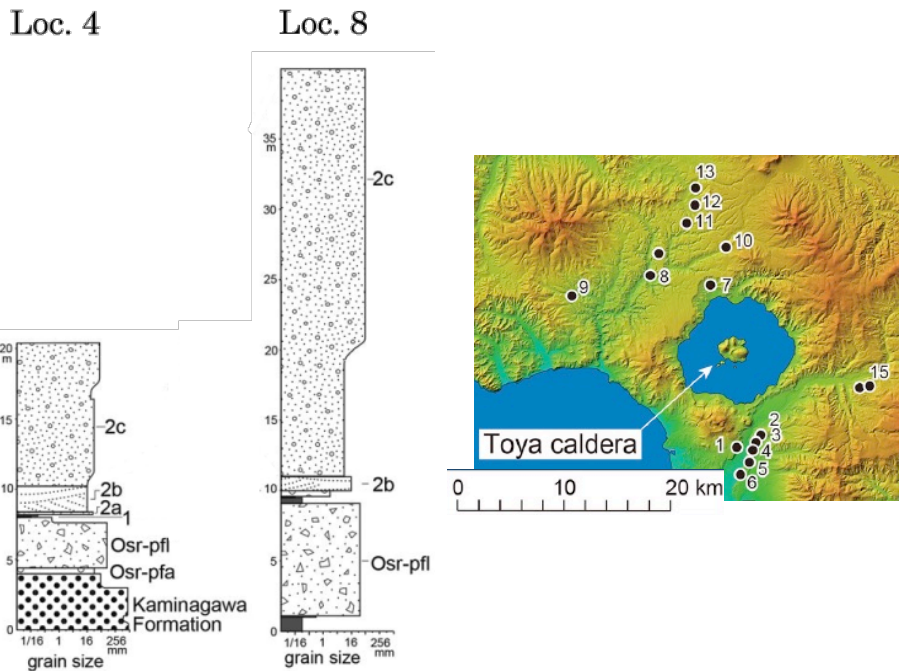


Fig. 3-5 長流川火砕流堆積物の柱状図 (Goto et al., 2018)

1, 2a~c: 洞爺火砕流堆積物.

Osr-pfl: 長流川火砕流堆積物

Osr-pfa: 長流川降下火砕堆積物

Kaminagawa Formation: 長和累層

右の図中の数字は露頭番号を表す.

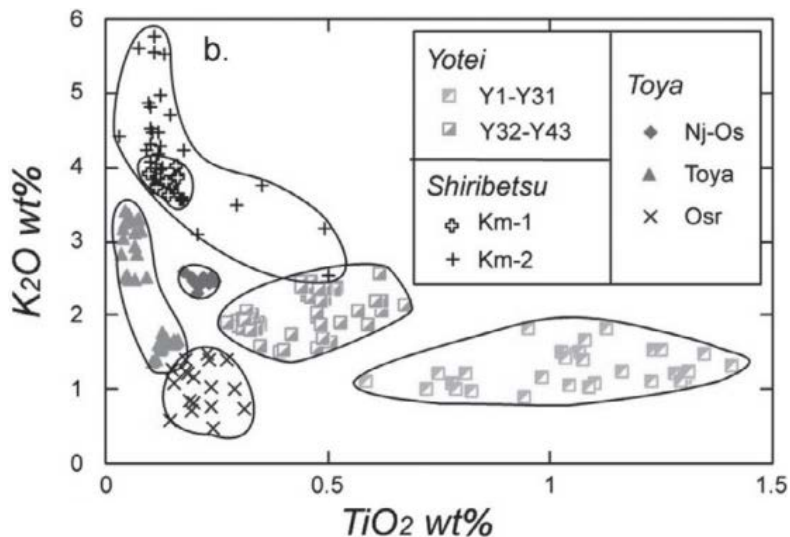


Fig. 3-6 長流川テフラの火山ガラス組成 (中川ほか, 2018) ©日本地質学会

実線は、各テフラの化学組成域を表す.

長流川テフラ (Osr) は、他のテフラと比べ K_2O , TiO_2 に乏しいことで特徴づけられる.

短期的前駆動

巨大噴火の直前（数年～数百年内）に発生したと考えられる先駆的な小規模噴火の存在を示唆する堆積物は確認されていない。

本噴火

[各噴出物の特徴]

洞爺火砕流堆積物

Goto et al. (2018) では, Feebrey and Nakagawa (1995) を踏襲し洞爺カルデラ形成噴火の堆積物をまとめて「洞爺火砕流堆積物 (Toya ignimbrite)」と呼んでいる。以下に洞爺噴火における各ユニットの噴出物の特徴を Goto et al. (2018) を参考にしてまとめる。

洞爺火砕流堆積物は、その岩相の違いから、6つのユニットに分けられる（下位より Unit 1～6; Goto et al., 2018）。各ユニットの、他研究によるユニット区分との対応関係を Fig.3-7 に示す。

Suzuki et al. (1970)	Yokoyama et al. (1973)	Ikeda and Katsui (1986)	Lee (1993)	Machida and Yamagata (1996)	Ganzawa et al. (2007)	This study Toya Ignimbrite
Toya caldera pyroclastic deposit IV	Tpfl 2	Tpfl IV	Toya-2	Tpfl IV	Tpfl IV	Unit 6b
				Tpfl IV lag breccia		Unit 6a (lag breccia)
Tpfl IV lag breccia		Tpfl III		Unit 5b		
		Tpfl III lag breccia		Unit 5a (lag breccia)		
volcanic breccia	Tpfl III	Tpfl III lag breccia	Tpfl II	Tpfl III	Unit 4	
Toya caldera pyroclastic deposit III						
Karasawa Tuff	Tpfl 1	Tpfa	pyroclastic fall deposit	Tpfa		Unit 3
Toya caldera pyroclastic deposit II		Tpfl II	Toya-1	Tpfl I	Tpfl I / II	Unit 2
Toya caldera pyroclastic deposit I		Tpfl I				
						Unit 1 (ash-fall deposit)

Fig. 3-7 各研究の洞爺火砕流堆積物ユニット区分の対応関係 (Goto et al., 2018)

Unit 1. 降下火山灰

岩相：白色の降下火山灰層。塊状無層理，層厚は1～2 cm 程度である (Fig. 3-8).

構成物：流紋岩質の細粒ガラス片，結晶片 (斜長石，石英，直方輝石，単斜輝石，不透明鉱物)，石質岩片。全ての粒形は，直径0.3 mm 未満である。ガラスの発砲度は低い，

分布：北東方向に分布主軸が伸びる (Fig. 3-2).

噴出量：見かけの体積 >0.01 km³ (Goto et al., 2018)

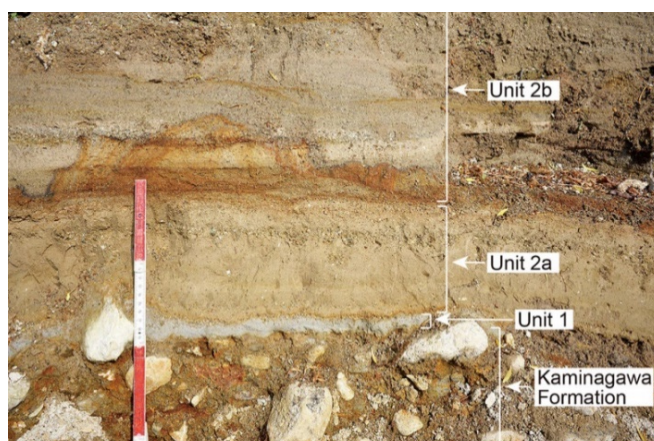


Fig. 3-8 洞爺火砕流堆積物 (Unit 1,2; Goto et al., 2018).

この地点では，Unit 1 が上長和累層を直接被覆し
Unit 1 と上長和累層との間の土壌は確認できない。

Unit 2. ベースサージおよび軽石質火砕流堆積物

岩相：層厚は28.2～34.0 m である。ベースサージ堆積物 (Unit 2a) とそれを覆う軽石質火砕流堆積物 (Unit 2b～c) からなる (Fig. 3-8)。火砕流堆積物は，グランドサージ層 (Unit 2b)，塊状火砕流層 (Unit 2c)，灰雲サージ層 (Unit 2d) から構成される (下位より Unit 2b, 2c, 2d)。

Unit 2a：灰色で，塊状からやや葉理が発達した岩相を示す。稀に火山豆石を含む。

Unit 2b：斜交層理の発達する火砕サージ堆積物。色調は灰色。いくつかのガラス片は，多面的に破碎をうけた形状を示す。Unit 2c に向かい上方粗粒化を示す。

Unit 2c：基質支持，塊状無層理の火砕流堆積物。下部は，火山豆石を含む，一方上部は軽石に富み，ガス吹き抜けパイプ構造がみられる。

Unit 2d：斜交層理・デューン構造の発達する火砕サージ堆積物。

構成物：Unit 2a：細粒火山灰，流紋岩質軽石，石質岩片，火山豆石

Unit 2b：粗粒火山灰，流紋岩質軽石

Unit 2c：微細～粗粒火山灰，流紋岩質軽石，石質岩片

Unit 2d：流紋岩質のガラス片，結晶片 (斜長石，石英，直方輝石，単斜輝石，角閃石，黒雲母，不透明鉱物)，石質岩片

分 布：カルデラ周辺部に広く分布する。北部，西部ではより遠方にまで分布が伸び、熱郭
や岩内においても堆積物が確認される (Fig. 3-2).

噴出量：見かけの体積 >27.2 km³ (Goto et al., 2018)

Unit 3. ベースサージおよび降下火山灰堆積物 (Fig. 3-9)

岩 相：Unit 3は層厚 4.4~7.7 m で3枚に細分される (下位より Unit 3a, b,c).

Unit 3a：複数の薄いベースサージと降下火山灰の互層。ベースサージ堆積物は茶
~灰褐色で，薄い層理が認められる。また，降下火山灰層は，茶色で，葉
理が発達している。ベースサージ堆積物，降下火山灰層はいずれも，火山
豆石に富む。

Unit 3b：塊状無層理，茶褐色のベースサージ堆積物。いくつかのガラス片は，多
面的に破砕をうけた形状を示す。

Unit 3c：複数のベースサージ堆積物からなる。茶褐色で，薄い葉理が発達してい
る。

構成物：Unit 3a：ベースサージ堆積物は，軽石，火山灰 (石質岩片，結晶片 (斜長石，石
英，直方輝石，単斜輝石，普通角閃石，黒雲母，不透明鉱物)，ガラス片)，
火山豆石からなる。

降下火山灰は，石質岩片，結晶 (斜長石，石英，直方輝石，単斜輝石，角閃
石，黒雲母，不透明鉱物)，ガラス片，火山豆石からなる。

Unit 3b：石質岩片，結晶片 (斜長石，石英，直方輝石，単斜輝石，角閃石，不透明
鉱物)，ガラス片，軽石。

Unit 3c：石質岩片，結晶 (斜長石，石英，黒雲母，直方輝石，角閃石，不透明鉱物)
ガラス片。

分 布：洞爺カルデラ周辺 10 km 以内にのみ分布。南側に厚く堆積している (Fig. 3-2).

噴出量：見かけの体積 >1.5 km³ (Goto et al., 2018)



Fig. 3-9 洞爺火砕流堆積物 (Unit 2, 3, 5 ; Goto et al., 2018)

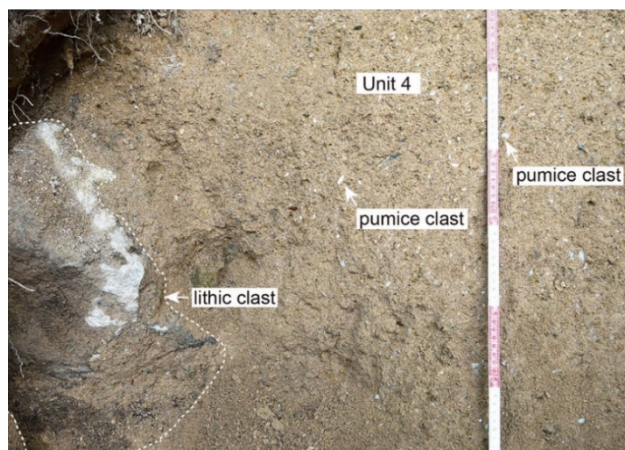
Unit 4. 軽石質火砕流堆積物 (Fig. 3-10)

岩 相：層厚 3.4～3.9 m で基質支持，塊状無層理の軽石質火砕流堆積物。色調は，淡い灰褐色。非溶結である。基底部に石質岩片が濃集する傾向がある。いくつかのガラス片は，多面的に破碎をうけた形状を示す。

構成物：細粒～粗粒火山灰，石質岩片，流紋岩質軽石

分 布：洞爺カルデラに近い地域にのみ分布 (Fig. 3-2)。

噴出量：見かけの体積 $>0.5 \text{ km}^3$ (Goto et al., 2018)



**Fig. 3-10 洞爺火砕流堆積物
(Unit 4 ; Goto et al., 2018)**

比較的大きな石質岩片を含む。

Unit 5. 軽石質火砕流堆積物

岩 相：基底部の石質岩片に富む層により特徴づけられる火砕流堆積物。層厚は 7.5～24.0 m。Unit 4 と Unit 5 間の接触は不明瞭である。Unit 5 は岩相から 2 枚に分けられる (下位より Unit 5a, b)。

Unit 5a：基質支持，塊状無層理の火砕流堆積物。石質岩片に富む。

石質岩片は角～亜角を示し，色調，礫種，変質度は様々である。

Unit 5b：基質支持，塊状無層理の火砕流堆積物。いくつかのガラス片は，多面的に破碎をうけた形状を示す。カルデラ南部，長流川沿いの露頭では，下部から中部にかけて吹き抜けガスパイプ構造がみられる。

構成物：Unit 5a：石質岩片，粗粒火山灰，軽石。

Unit 5b：細粒火山灰，軽石 (白色，縞状)，石質岩片。

分 布：洞爺カルデラの南及び北西方向に広く分布している (Fig. 3-2)。

噴出量：見かけの体積 $>4.9 \text{ km}^3$ (Goto et al., 2018)

Unit 6. 軽石質火砕流堆積物

岩 相：赤灰色を示す軽石質火砕流堆積物。層厚は 6.4～6.5 m。Unit 5b との接触は不明瞭である。岩相の違いから 2 枚に分けられる (下位より Unit 6a, b ; Fig. 3-11)。

Unit 6a：基質支持・塊状無層理の火砕流堆積物。非溶結である。石質岩片を多く含む。Unit 6b に向かい上方粗粒化を示す。

Unit 6b：基質支持・塊状無層理の火砕流堆積物。非溶結である。

構成物：Unit 6a：粗粒火山灰，石質岩片，軽石。

Unit 6b：細粒火山灰，軽石（白色，縞状，灰色）。

分布：Unit 5 と比較的似た範囲に分布する (Fig. 3-2)。

噴出量：見かけの体積 >2.6 km³ (Goto et al., 2018)



Fig. 3-11 洞爺火砕流堆積物
(Unit 5, 6 ; Goto et al., 2018)

[噴火推移]

洞爺カルデラ形成期の噴出物の各 Unit 間において、時間間隙を示す堆積構造は認められない。このことから、本カルデラ形成噴火は、休止期を挟まずに比較的短期間で発生した一連のイベントであったと考えられる。

Stage 1. マグマ水蒸気噴火—火山灰の噴出—

洞爺カルデラ形成噴火の最初期の噴出物である Unit 1 は、含まれる火山灰の多くが、低発泡・ブロック状の火山ガラスであり、水の関与によるマグマの破碎が示唆される。このことから、洞爺カルデラ形成噴火は、マグマ水蒸気爆発により始まったと考えられる。また、Unit 1 の分布は比較的広域であるため、水蒸気プリニー式噴火の可能性も示唆されている (Fig. 3-12 ; Goto et al., 2018)。

Stage 2. マグマ水蒸気噴火—火砕流の発生—

Unit 1 の噴出に続き、再びマグマ水蒸気爆発によりベースサージが発生した (Unit 2a ; Fig. 3-12)。その後、単一の火砕流が発生し、Unit 2b, 2c, 2d を噴出した。これらのユニットは、それぞれ火砕流のグランドサージ層、塊状火砕流層、灰雲サージ層に相当する。

Unit 2 は、多数の軽石礫、火山豆石を含むことから、マグマが主体のマグマ水蒸気爆発

であったことが考えられる。Unit 2b の基底部に多数の炭化木片を含むことから、比較的高温であったことが示唆される。また、Unit 2 は最も噴出量が大きく、マグマ溜まりを空にするための重要な役割を果たしたと考えられるが、堆積物中にカルデラの沈降を示唆する証拠は認められない。そのため本ステージでは、カルデラの沈降は始まっていなかったと考えられる。

Stage 3. 複数の小規模なマグマ水蒸気噴火

本ステージでは、小規模のマグマ水蒸気爆発が複数回発生し、薄いベースサージと降下火山灰を堆積させた (Fig. 3-12)。Unit 3 は、火山豆石に富み、かつ含まれる軽石が非常に少量であることから、高い水/マグマ比であったと考えられる (東宮ほか, 2001; 山元, 2001)。

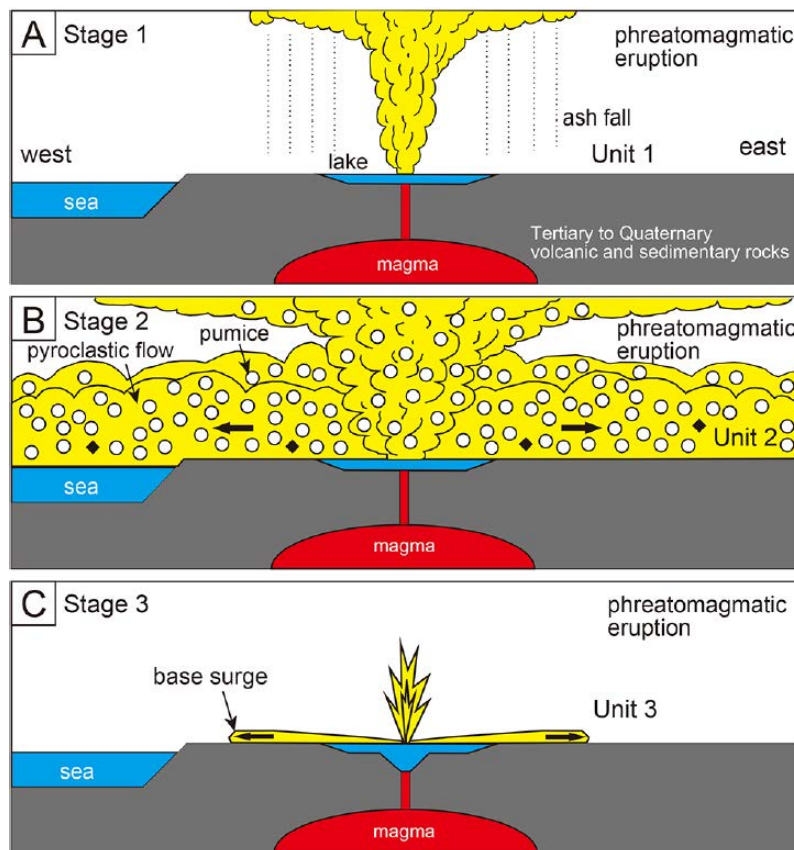


Fig. 3-12. Stage 1~3 までの活動推移 (Goto et al., 2018)

マグマ水蒸気爆発に始まり、火砕流、火砕サージ、降下火山灰を堆積させた。

Stage 4. マグマが優勢なマグマ水蒸気噴火ーカルデラ崩壊の開始ー

このステージでは、マグマ水蒸気爆発が発生し、少量の軽石を含み石質岩片に富む火砕流を噴出した。Unit 4 は、基質に多面的な破碎を受けたガラス片が認められる一方、火山豆石が認められないことから、マグマが優勢なマグマ水蒸気爆発であったと考えられる。

またこのステージ以降、噴出物中に占める石質岩片の割合、石質岩片の粒径、石質岩片の占める堆積岩の割合が大きくなる (Fig. 3-14; Goto et al., 2018). このことから、Stage 4 から、比較的大きな噴火イベント (単一火口から複数の火口への噴火へ、火道の拡大、カルデラの沈降) が始まった可能性が示唆される (Fig. 3-13).

Stage 5. マグマが優勢な水蒸気噴火—カルデラ崩壊における最大の噴火—

本ステージでは、マグマ水蒸気爆発により、火砕流が噴出した (Fig. 3-13). Unit 4 と同じく基質に多面的な破碎を受けたガラス片が認められる一方、火山豆石が認められないことから、マグマが優勢なマグマ水蒸気爆発であったと考えられる.

Unit 5 は、石質岩片に富むラグ角礫が認められる. 直径 3 m に及ぶ岩片が存在することから、本ステージがカルデラ崩壊の最終段階における壊滅的噴火であったことが示唆される (Goto et al., 2018).

Stage 6. マグマ噴火—カルデラ崩壊噴火の最後—

本ステージでは、マグマ噴火により、火砕流を流下させた. この Unit 6 はこれまで見られた、水との接触を示唆する構造がみられず、ドライな環境下での噴火だったと考えられる (Goto et al., 2018).

Unit 6 下部の石質岩片に富む層は、下位の Unit 5 と比べ、層厚や含まれる岩片の粒径が小さいため、本ステージはカルデラ崩壊の最終段階の直後であり、Unit 6 に含まれる石質岩片は、Unit 5 由来である可能性が示唆される (Goto et al., 2018).

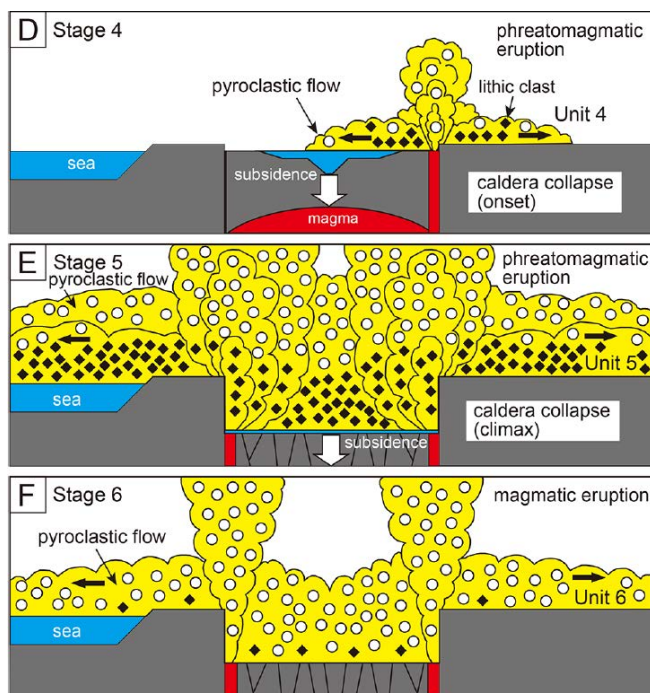


Fig. 3-13. Stage 4~6 までの活動推移(Goto et al., 2018)

Stage 4 に入り、複数の火口が開き始め、カルデラの沈降が始まる.

Stage 5 では、引き続きマグマ水蒸気爆発が発生、カルデラの沈降がクライマックスを迎える.

Stage 6 では、カルデラの沈降が終わる. 噴火様式がドライな環境下へと変化する.

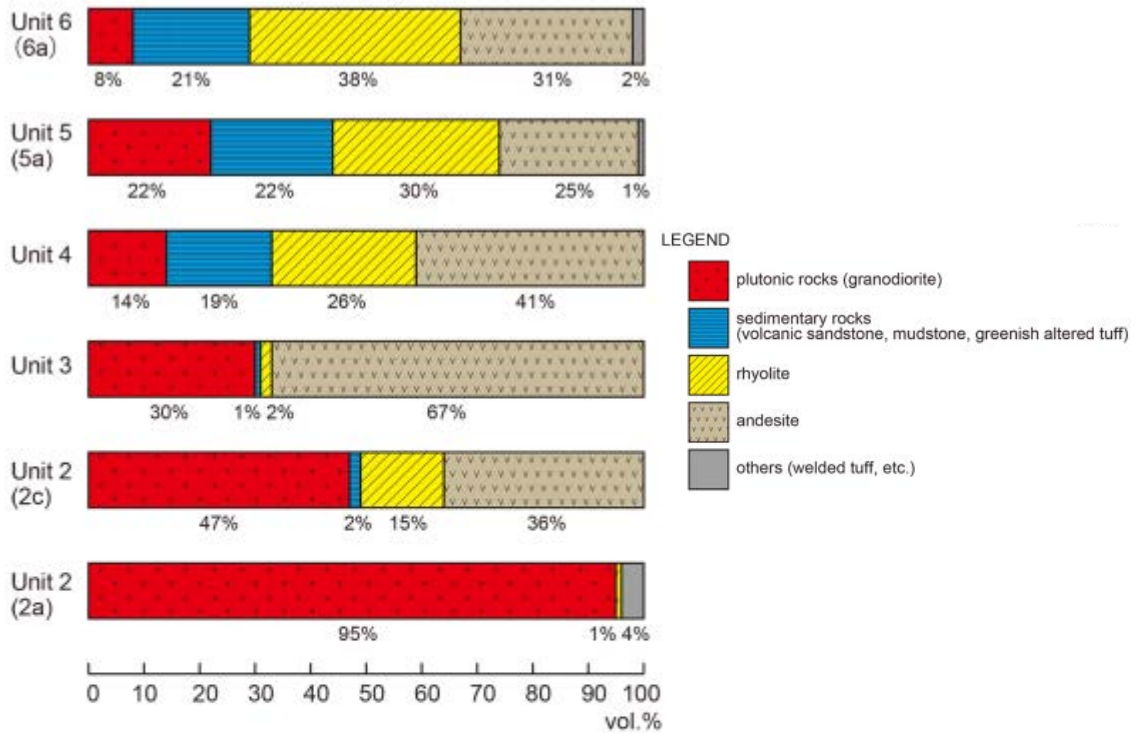


Fig. 3-14. 石質岩片の構成物量比 (Goto et al., 2018)

Stage 4 (Unit 4) 以降，石質岩片に占められる堆積岩，流紋岩質岩片の割合が急増し，深成岩片の占める割合が減少する。

後カルデラ活動

洞爺カルデラ形成後，後カルデラ活動として，中島火山の活動，有珠火山の活動が挙げられる。中島火山は，洞爺噴火によるカルデラ形成より，約6万年以上の休止期を経たのち，カルデラ盆中央部に形成された火山であり，有珠火山は中島火山の活動後，カルデラ南縁部において形成された火山である (Fig. 3-15)。有珠火山の活動は，休止期を挟み先歴史時代と歴史時代の活動に分けられる (Fig. 3-16)。また，この休止期には，山体崩壊による岩屑なだれ (善光寺岩屑なだれ) が発生しており，その発生時期は，20 cal kaBP 以前であると考えられている (Miyabuchi et al., 2014; 藤根ほか, 2016, 2017)。

以下，後カルデラ活動についてまとめる。



Fig. 3-15. 洞爺カルデラ，中島火山，有珠火山の位置関係 (Miyabuchi et al., 2014)

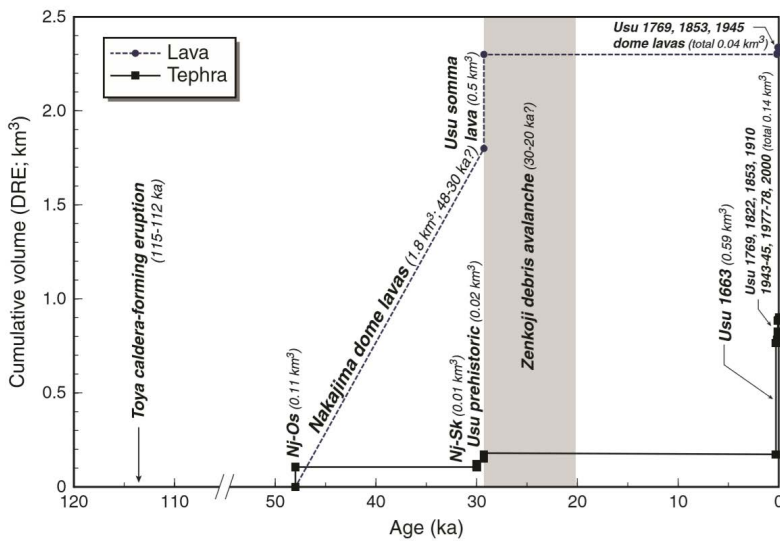


Fig. 3-16. 洞爺カルデラの後カルデラ活動 (Miyabuchi et al., 2014)

中島火山活動後，有珠火山の活動が始まる．有珠火山の活動休止期には，善光寺岩層なだれが発生している．

また，Nj-Sk は岩石学的特徴から，Us-Ka の一部であるとされる (Goto et al., 2015)．

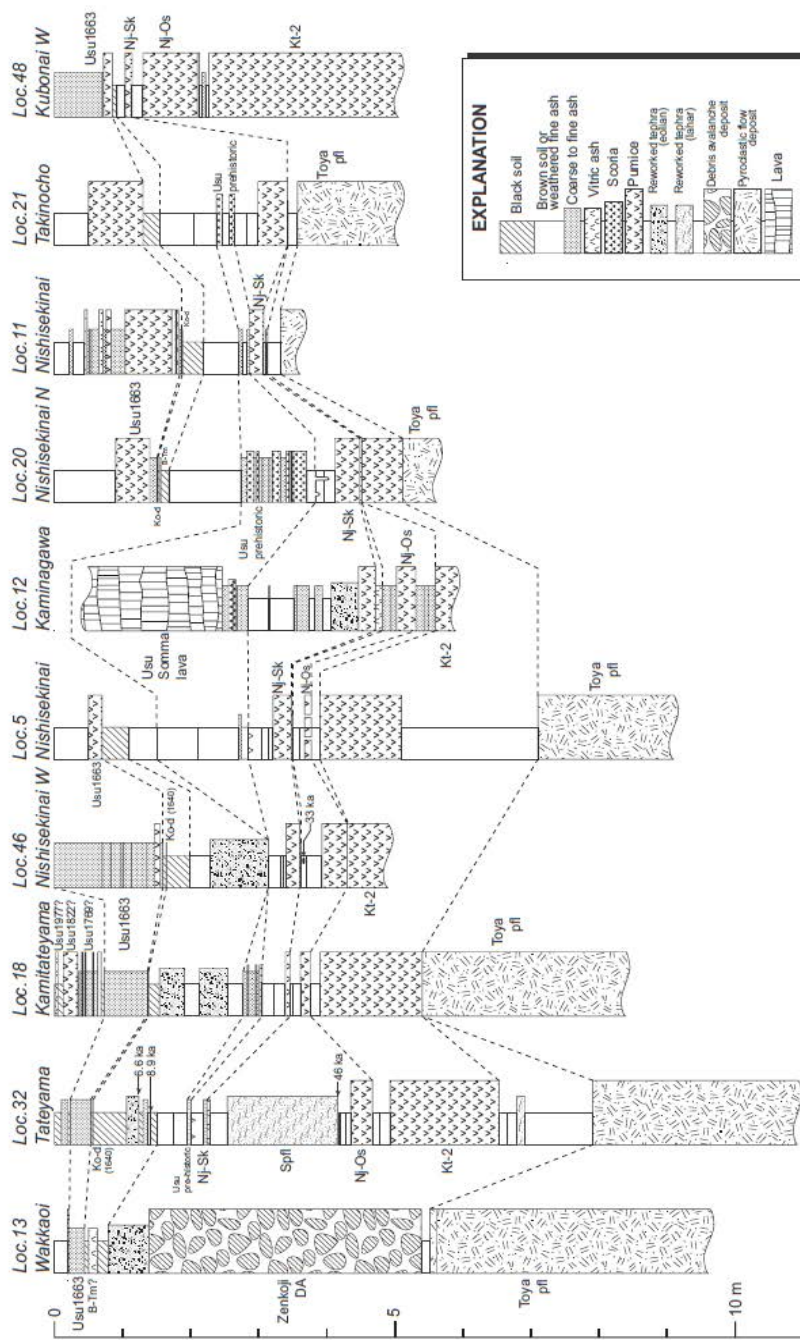


Fig. 3. Stratigraphic relations of tephra layers above the Toya ignimbrite around Toya caldera. See Fig. 1 for locations of the sites.

Fig. 3-17. 洞爺カルデラ周辺におけるカルデラ形成期以降のテフラ (Miyabuchi et al., 2014)

中島火山の活動

中島火山は洞爺カルデラの中央に位置する火山で、1つの火砕丘と8つの溶岩ドーム、1つの潜在円頂丘からなる (Fig. 3-18)。中島火山形成期は、風化度の違いや、被覆関係にか

ら活動前期後期に分けられる。活動前期に、6つの溶岩ドーム（北東ドーム、北山ドーム、南西ドーム、観音島ドーム、弁天島ドーム、饅頭島ドーム）と潜在円頂丘が、活動後期に2つの溶岩ドーム（東山ドーム、西山ドーム）と火砕丘が形成したと考えられる（Goto et al., 2015）。活動前期にあたる弁天島ドーム、南西ドームは、熱ルミネッセンス年代測定から、45～40 kaの値が得られている（高島ほか, 1992）。またドーム群の形成に伴い、爆発的噴火も発生しており、Miyabuchi et al. (2014), Goto et al. (2013)では中島長流川テフラ（Nj-Os）が記載されている（Fig. 17）。Nj-Osは斑晶鉍物組み合わせが、火砕丘のものと同様であることから、Nj-Osは火砕丘起源と考えられる（Goto et al., 2015）。

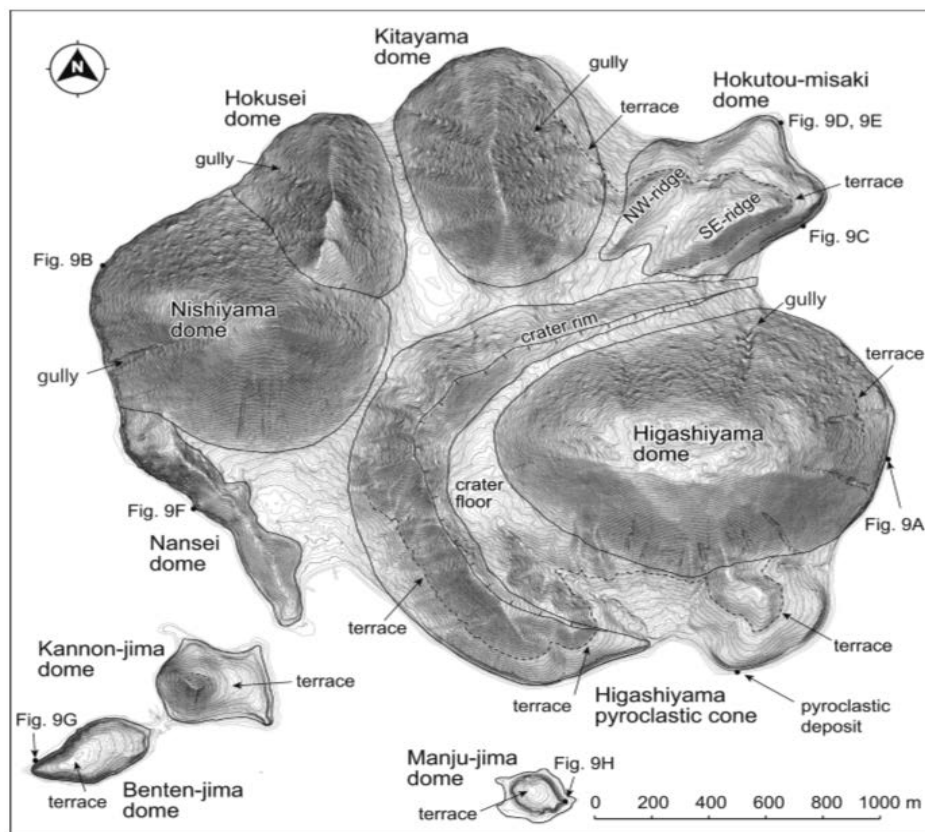


Fig. 7. Interpretation of the map shown in Fig. 6. Bold lines show the boundaries of the volcanic edifices. Dashed lines indicate the location of the horizontal terrace (56 m above the lake level). The locations of Fig. 9A–H, and an outcrop of pyroclastic deposit at the Higashiyama pyroclastic cone are also shown.

Fig. 3-18. 中島火山の地形分類 (Goto et al., 2015)

1つの火砕丘と8つの溶岩ドーム、1つの潜在円頂丘からなる

中島 - 長流川テフラ (Nj-Os ; 山縣, 1994)

岩 相 : 角閃石に富む降下軽石層. 淘汰は良い. 軽石は多孔質で, 色調は黄褐色である.

安山岩質を示す ($\text{SiO}_2 = 61.7 \text{ wt.}\%$). 斑晶組み合わせは, 斜長石, 普通角閃石, 直方輝石, 石英, 不透明鉱物, \pm 単斜輝石である.

春日井ほか (1990)における G-p テフラに相当する.

分 布 : 洞爺カルデラ東から南東かけ分布する (Fig. 3-19).

年 代 : 48 ka (Miyabuchi et al., 2014)

45~40 ka (Goto et al., 2015)

噴出量 : 約 0.44 km^3 (Miyabuchi et al., 2014)

※ 春日井ほか, (1990)の等層厚線図を基に計算

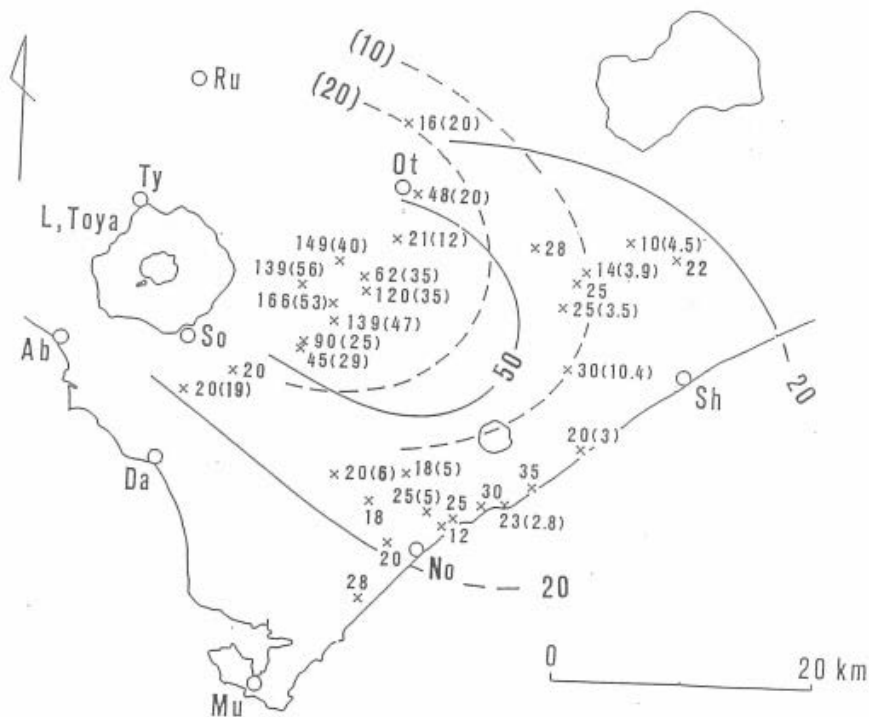


Fig. 3-19. Nj-Os の等層厚線図 (春日井ほか, 1990)

実線は Nj-Os の等層厚線を表す (単位は cm).

破線は Nj-Os の軽石の等粒径線を表す (単位は mm).

×印は測定地点, () 中は軽石の最大粒径 (単位は mm)

○印は, 市町村役場の位置

Ru : 留寿都, Ty : 洞爺, So : 壮瞥, Ab : 虻田, Da : 伊達, Ot : 大滝, Mu : 室蘭, No : 登別, Sh : 白老.

有珠火山の活動

有珠火山は、直径約 1.8 km の外輪山をもつ玄武岩～玄武岩質安山岩の成層火山と、その側火口（ドンコロ山スコリア丘）、および 3 つのデイサイト溶岩ドーム（小有珠、大有珠、昭和新山）と多数の潜在ドーム（西山、金毘羅山、西丸山、明治新山、東丸山、オガリ山、有珠新山、2000 年隆起地域など）からなる（曾屋ほか, 2007）。また、小有珠溶岩ドームは、中央部、北東部は岩石学的特徴の相違、古文書の記述既述などから、二重構造のドームであり、1822 年のドーム形成以前にも、溶岩ドームが存在していた事が示唆されている（松本・中川, 2011）。既述の通り、有珠火山の活動は休止期を挟み、先歴史時代の活動と歴史時代の活動に分けられる。また、休止期には、善光寺岩屑なだれが発生している。

有珠火山先歴史時代の活動

Nj-Os の上位に、有珠火山が給源と考えられる有珠上長和テフラ (Us-Ka) が認められる。Us-Ka は下部の軽石層と、上部の細粒火山灰層からなる (Goto et al., 2013)。Us-Ka の上位には、スコリア層と、中～粗粒の火山灰層の互層が認められる。これらの互層は、少なくとも、スコリア層が 8 枚、火山灰層が 14 枚認められる。またこの互層中には、玄武岩質安山岩の溶岩（有珠外輪山溶岩）が挟在している (Miyabuchi et al., 2014)。有珠外輪山溶岩は、記載岩石学的特徴より 7 つに細分される。スコリアと火山灰からなる互層と有珠外輪山溶岩の総噴出量はそれぞれ 0.055 km³, 0.5 km³ である (Miyabuchi et al., 2014)。

有珠火山の活動は、Us-Ka の噴出に始まり、スコリア、火山灰を繰り返し噴出する活動へ推移、また同時期に有珠外輪山溶岩を噴出した。溶岩や、スコリアはカルデラ内側へ流下し、山体を成長させるとともに、外側にも流出し、円錐状の成層火山を作った。この時期に、ドンコロ山スコリア丘を形成した (曾屋ほか, 2007)。

有珠上長和テフラ (Us-Ka; 山縣・町田, 1996)

岩 相：下部の軽石層と、上部の細粒火山灰層からなる。軽石層は安山岩質の軽石と石質岩片からなり、軽石の SiO₂ 量は 61～62 wt.% である。火山灰層は火山豆石を含むことから、マグマ水蒸気爆発により形成されたことが示唆される (Goto et al., 2013)。

分 布：有珠火山東方に分布する (Fig. 3-20)。

年 代：19～18 ka

※ 直下の土壌層が示す放射性炭素年代値 (19～18 cal ka BP) より

噴出量：上部火山灰層：－

下部軽石層：0.18 km³ (Goto et al., 2013)

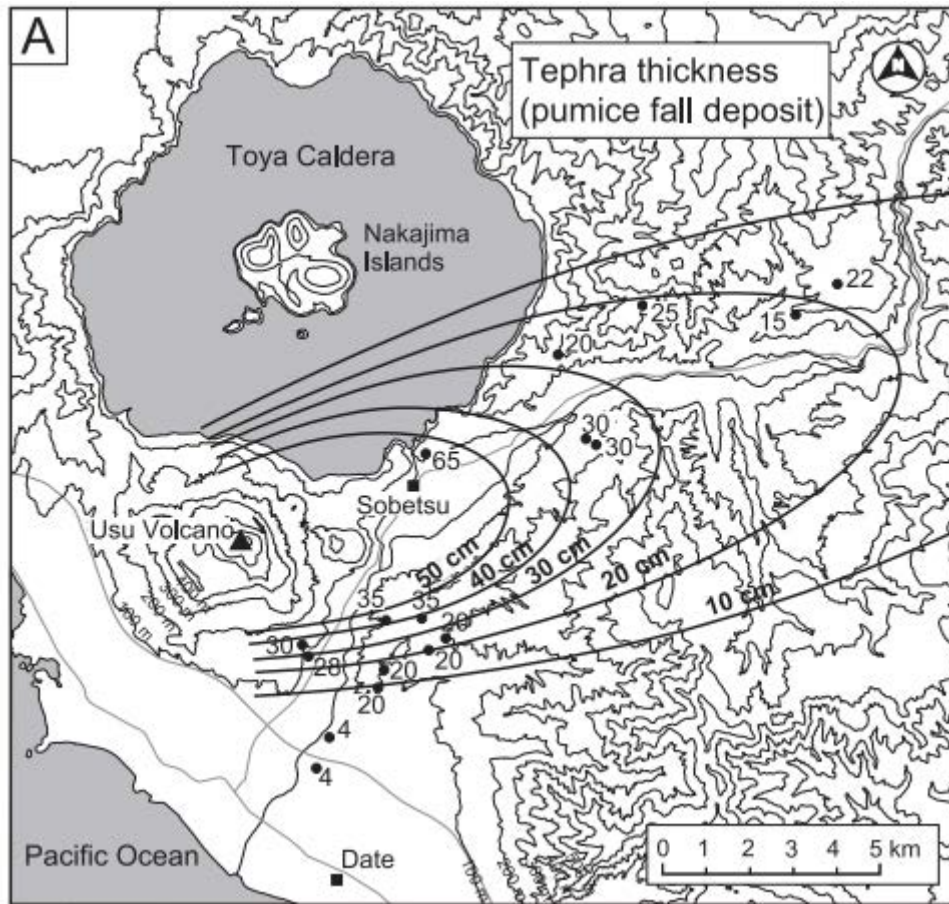


Fig. 3-20. Us-Ks の等層厚線図 (Goto et al., 2013)

実線は等層厚線，黒丸は軽石の最大粒径を表す。

有珠火山歴史時代の活動

有珠火山は歴史時代に入り，活動を再開しており，西暦 1663 年，1769 年，1822 年，1853 年，1910 年，1943–1945 年，1977–1978 年，2000 年に噴火が発生している．いずれの噴火も珪長質マグマが噴火に関与し，軽石，火山灰等を放出，ドームを形成している (曾屋ほか，2007)．また，1663 年と 1769 年の噴火の間に先明和噴火が発生した事が指摘されている (中川ほか，2005)．9 回の噴火のうち，1663，1769，1822，1853，1977–78 年のものは山頂噴火であり，いずれも噴煙柱高度が 10 km 以上に達するような爆発的な軽石噴火 (プリニー式ないし，サブプリニー式噴火) を噴火初期に起こした．一方，1910，1943–1945，2000 年のものは北西ないし，北東山麓からの山腹噴火であり，そのような軽石噴火は起こさず，水蒸気噴火あるいは，マグマ水蒸気噴火で始まっている (曾屋ほか，2007)．それぞれの噴火推移からこれらの噴火を 4 種に分類できる (Fig. 3-17)．

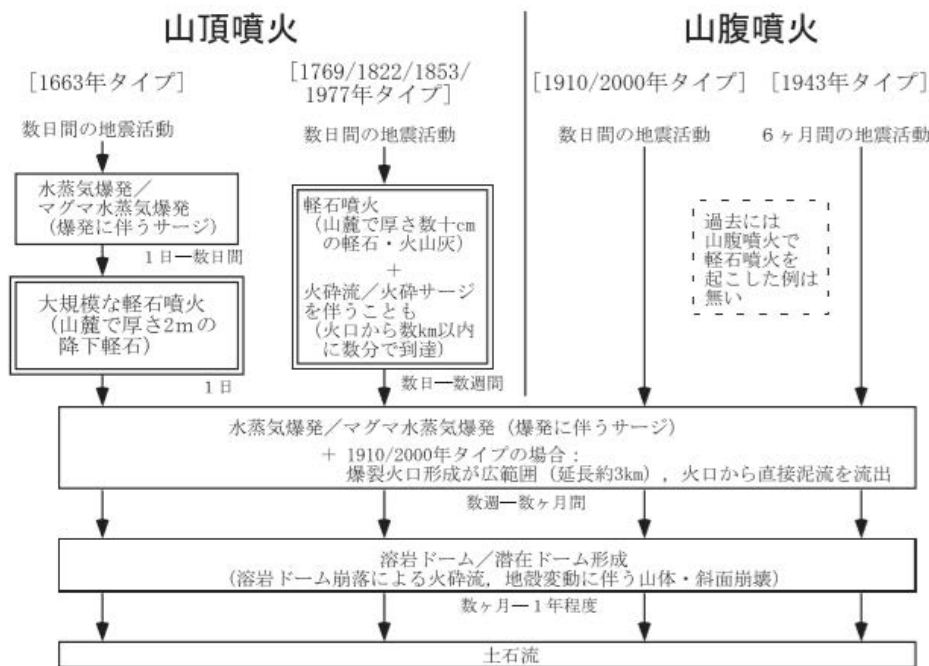


Fig. 3-21. 噴火推移による有珠火山歴史時代噴火の分類 (曾屋ほか, 2007)

1663年(寛文三年)噴火は、その噴出物が岩相の違いにより、7つ(Unit-A~G)に細分される(中村ほか, 2005)。また、中村ほか(2005)では、古記録との対比により、噴火推移を以下のように推測している。

火山性地震が、少なくとも3日間発生したのち、1663年8月16日に、マグマ水蒸気噴火(Unit-A)が発生した。8月17日には、プリニアン噴火に移行し、Unit-Bを噴出した。その後8月18日に、マグマ水蒸気噴火(Unit-C)へと移行した。Unit-C噴出以降は、マグマ水蒸気噴火を中心とした活動(Unit-D~G)へ推移し、その活動は、8月末ごろまで続いた。

先明和噴火は、有珠火山北西山麓でのトレンチ調査のより、1663年噴火、1769年噴火堆積物の間に、新たな噴火堆積物が認められることから、その存在が指摘されている噴火である。先明和噴火堆積物は、下位から、降下火山灰層、サージ堆積物と考えられる火山灰層と降下軽石層の互層、降下火山灰層の順に堆積している。最下位の降下火山灰層は、本質物質を含まないことから、先明和噴火は、水蒸気爆発に始まったと考えられる。その後噴煙柱を形成し、軽石を降下させるマグマ噴火に推移した。またこのマグマ噴火中には、火砕サージが発生している(中川ほか, 2005)。古記録が残っていない事、噴出物の露出が限られる事から、噴出年代、分布等は不明である。

1769年(明和五年)噴火は、降下火砕物(Us-Va)の噴出に始まり、火砕流(明和火砕流)を発生させた。明和火砕流は、多量の発砲の悪い軽石を含み、南東側、また南西及び北麓の

谷沿いに分布する（曾屋ほか, 2007）. 岩石学的特徴が類似する事からこの時期にオガリ山潜在ドームが形成されたと考えられる.

1822年（文政五年）噴火は、数日間の地震活動により始まり、プリニー式噴火を発生、多数のフォールユニットからなる降下火砕物（Us-IVa）と火砕流（文政火砕流）を堆積させた。噴火活動は、4か月以上継続した。文政火砕流は、大きく2枚のフローユニットからなり、南麓一帯、及び北麓や東麓の谷沿いに分布している（曾屋ほか, 2007）。またこの噴火に伴い小有珠溶岩ドームが形成された（Table 3-2；松本・中川, 2011）。

1853年（嘉永六年）噴火は、数日間の地震活動により始まり、プリニー式噴火が発生、降下火砕物（Us-IIIa）、火砕流（嘉永火砕流あるいは立岩火砕流）を堆積させた。この火砕流堆積物は、淘汰の悪い軽石及び火山灰からなり、多数の炭化樹幹を含む。またこの噴火に伴い、大有珠溶岩ドーム（アトシヌプリ）、大有珠南東側の潜在ドームを形成されたと考えられている（Table 3-2；松本・中川, 2011）。大有珠溶岩ドームはその後も成長を続け、1889年 595 m, 1905年 629 m, 1909年 692 m, 1911年 740 m と測定されている（曾屋ほか, 2007）。

1910年（明治43年）噴火は、数日間の地震活動により始まり、北麓の金毘羅山にて、水蒸気爆発が発生した。その後、場所を点々と変え断続的に噴火が発生し、複数の爆裂火口を形成した。噴煙は高さ約700 mまで達し、粘土を多く含む火山灰（Us-IIa）を堆積させた。6個の火口から、火山泥流（熱泥流）が直接流入した。その後、マグマの地下への貫入に伴う地盤の隆起が、顕著にみられるようになり、^{よそみやま}四十三山（明治新山潜在ドーム）が形成された。また、明治新山と東丸山の中間地域も約75 m隆起しており、潜在ドームと考えられる。

1943-1945年（昭和18-20年）噴火は、地震活動により始まり、水蒸気爆発、火砕サージの噴出が始まった。この一連の爆発による降下火山灰層（Us-Ia）は、灰色で、大部分が既存の岩石の細粉であったが、後期に入り、新溶岩の細粉が混入しSiO₂量に変化した。これらの噴火で、松本山の南側に7つの火口が開き、また、地盤の隆起から屋根山（潜在ドーム）を形成した。その後、屋根山中央部の爆裂火口群の中心から溶岩が流出し、昭和新山溶岩ドームを形成した（曾屋ほか, 2007）。

1977-1978年（昭和52-53年）噴火は、地震活動により始まり、山頂からの軽石噴火が発生、デイサイト軽石（Us-1977降下火砕物）を堆積させた。この軽石噴火を含む一連の爆発噴火は7日間続いた（第1期噴火）。第1期噴火では、大きな爆発が4回（Big-I,-II,-III,-IV）発生し、小有珠の東麓に第1-3火口、火口原北部に第4火口を形成した。短い休止期を挟んだのち、小規模な水蒸気爆発から中規模なマグマ水蒸気爆発を多発させた（第2期噴火）。また山頂の火口原において、マグマの上昇に伴う隆起から有珠新山潜在ドームが形成させた。第1,2期の総噴出量は、それぞれ0.83 km³, 0.075 km³である（曾屋ほか, 2007）。

2000年(平成12年)噴火では、約3日間の地震活動により始まり、火口原、西山麓に断層が形成された。その後、断続的な火山灰・噴石の放出が始まった。さらに、cock's tail型噴煙や、火口からの熱泥流が発生し、デイサイト質の本質物質を数10%含むマグマ水蒸気噴火(ないし小規模な水蒸気プリニー式噴火)が発生した(Us-2000)。この噴火中には、ごく小規模ながら低温の火砕サージも観測されている。その後、西山西麓と金毘羅山北麓において複数の火口を開きながら、水蒸気爆発が発生した。これらの火口のいくつかからは、熱泥流が発生した。また、地下浅部へのマグマの貫入に伴い、潜在ドームの形成活動があり、地下地盤の隆起と断層群の形成が起こった(曾屋ほか, 2007)。

Table 3-2. 有珠火山歴史時代の活動史(松本・中川, 2011)を基に作成

各噴火と噴出物, 山体形成の関係

マグマグループ	噴火	火口	噴出物	山体形成
③	2000	北西山麓	降下火山灰・軽石	潜在ドーム
	1977-78	山頂	降下軽石・火砕サージ	有珠新山潜在ドーム
	1943-45	東山麓	降下火山灰	昭和新山溶岩ドーム
	1910	北山麓	降下火山灰	明治新山溶岩ドーム
②	1853	山頂	降下軽石・嘉永火砕流	大有珠溶岩ドーム
	1822	山頂	降下軽石・文明火砕流	小有珠溶岩ドーム
	1769	山頂	降下軽石・明和火砕流	オガリ山潜在ドーム 先小有珠溶岩ドーム?
	pre-1769	山頂	降下軽石・火砕サージ	先小有珠溶岩ドーム?
①	1663	山頂	Us-b降下軽石・ベースサージ 降下軽石・火砕サージ	なし

第3章 参考文献

- 岩崎章二・佐野浚一・早川正己 (1957) 昭和新山地熱地帯における火山地質および地球物理・地球科学的研究, V. 磁気探査. 地質調査所報告, **170**, 77-98.
- Feebrey, C. and Nakagawa, M. (1994) Compositional and Mineral Diversity Among the High-Silica Rhyolitic Ignimbrites of Toya Caldera, Japan. *Abstract of 1995 meeting of Volcanological Society of Japan*, G11, 135.
- 藤根久・遠藤邦彦・鈴木正章・吉本充宏・鈴木茂・中村賢太郎・伊藤茂・山形秀樹・Lomtadze Zaur・横田彰宏・千葉達朗・小杉康 (2016) 有珠山善行寺岩屑なだれの発生年代の再検討 - 有珠南麓の過去2万年間の環境変遷との関連で -. 第四紀研究, **55**, 253-270.
- 藤根久・遠藤邦彦・鈴木正章・吉本充宏・鈴木茂・中村賢太郎・伊藤茂・山形秀樹・Lomtadze Zaur・横田彰宏・千葉達朗・小杉康 (2017) 宇井 (2017) の「討論：藤根ほか (2016) 有珠善光寺岩屑なだれの発生時代の再検討」への回答. 第四紀研究, **56**, 245-247.
- 鷹澤好博・臼井理沙・田中瞳・東剛 (2007) SAR法による洞爺火砕流堆積物の赤色熱ルミネッセンス年代測定. 地質雑, **113**, 470-478.
- Goto, Y. and Danhara, T. (2018) Subsurface Structure of Toya Caldera, Hokkaido, Japan, as Inferred from CSAMT Resistivity Survey. *Journal of Geography*, **127**, 139-156.
- Goto, Y., Matsuzaka, S., Knmeyama, S. and Danhara, T. (2015) Geology and Evolution of the Nakajima Islands (Toya Caldera, Hokkaido, Japan) Inferred from Aerial Laser Mapping and Geological Field Surveys. *Bull. Volcanol. Soc. Japan*, **60**, 17-33.
- Goto, Y., Suzuki, K., Shinya, T., Yamauchi, A., Miyoshi, M., Danhara, T. and Tomiya, A. (2018) Stratigraphy and Lithofacies of the Toya Ignimbrite in Southwestern Hokkaido, Japan: Insights into the Caldera-forming Eruption at Toya Caldera. *Journal of Geography*, **127**, 191-227.
- Goto, Y., Sekiguchi, Y., Takahashi, S., Ito, H. and Danhara, T. (2013) The 18-19 ka Andestic Explosive Eruption at Usu Volcano, Hokkaido, Japan. *Bull. Volcano. Soc. Japan*, **58**, 529-541.
- 春日井昭・前田寿嗣・岡村聡 (1990) クッタラ・支笏両火山のテフラの層序と編年 (2). 北海道教育大学紀要, 第二部. B, 生物学・地学・農学編, **40**, 111-126.
- 近堂祐弘 (1963) 北海道有珠火山周辺における第四紀火山砕屑物の粘土鉱物学的研究. 地質雑, **815**, 362-377.
- 李仁雨 (1993) 洞爺カルデラ火砕噴火の噴出物：全岩化学組成の特徴. 日本火山学会講演予稿集. page ..
- 町田洋・新井房夫・宮内崇裕・奥村晃史 (1987) 北日本を広くおおう洞爺火山灰. 第四紀研究 **26**, 129-145.
- 町田洋・新井房夫 (2003) 新編火山灰アトラスー日本列島とその周辺. 東京大学出版会, 336.
- Matsu'ura, T., Furusawa, A., Shimogama, K., Goto, N. and Komatsubara, J. (2014) Late Quaternary tephrostratigraphy and cryptotephrostratigraphy of deep-sea sequence

- (Chikyu C9001C cores) as tools for marine terrace chronology in NE Japan. *Quaternary Geochronology*. **23**, 63-79.
- 松本亜希子・中川光弘 (2011)：岩石学的特徴からみる、有珠火山山頂溶岩ドーム群の形成順序。日本火山学会 2011 年度秋季大会講演要旨, B2-20, 97.
- Miyabushi, Y., Okuno, M., Torii, M., Yoshimoto, M. and Kobayashi, T. (2014) Tephrostratigraphy and eruptive history of post-caldera stage of Toya Volcano, Hokkaido, northern Japan. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. **281**, 34-52.
- 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**, 39-52.
- 中川光弘・宮坂瑞穂・三浦大輔・上澤真平 (2018) 南西北海道, 石狩低地帯におけるテフラ層序学: 支笏-洞爺火山地域の噴火履歴. 地質雑, **124**, 473-489.
- 中村有吾・松本亜希子・中川光弘 (2005) 噴出物から推定した有珠山 1663 年噴火の推移. 地質雑, **114**, 549-560.
- 奥村晃史・寒川旭 (1984) 洞爺火砕流 (Tpfl) の分布と絶対年代. 日本火山学会 1984 年度春季大会講演要旨, 338.
- 太田良平 (1956) 虻田. 5 万分の 1 地質図幅説明書. 札幌 - 第 50 号. 地質調査所 (現 地質調査総合センター)
- 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) 1:25,000, 地質調査総合センター.
- 白井正明・多田隆治・藤岡換太郎 (1997) OPD 日本海試料との対比に基づく男鹿半島安田海岸更新世中 - 後期テフラの同定と年代. 第四紀研究, **36**, 183-196.
- 宝田晋治・星住英夫・宮城磯治・西村裕一・宮縁育夫・三浦大輔・川辺禎久 (2002) 有珠火山 2000 年噴火の火口近傍堆積物. 火山, **47**, 645-661.
- 宝田晋治・宮城磯治・東宮昭彦 (2018) 洞爺および屈斜路火砕流の分布と噴出量推定. 日本火山学会 2018 年度秋季大会講演要旨, B3-24, 116.
- 高島勲・山崎哲良・中田英二・湯川公靖 (1992) 北海道洞爺湖周辺の第四紀火砕岩及び火山岩の TL 年代. 岩鉱, **87**, 197-206.
- 東宮昭彦・宮城磯治・星住英夫・山元孝広・川辺禎久・佐藤久夫 (2001) 有珠火山 2000 年 3 月 31 日噴火とその本質物. 地質調査研究報告書, **52**, 215-229.
- 東宮昭彦・宮城磯治 (2020) 洞爺噴火の年代値. 火山, **65**, 13-18.
- 山縣耕太郎 (1994) 支笏およびクッタラ火山のテフロクロノロジー. 地質雑. **103**, 268-285.
- 山縣耕太郎・町田洋 (1996) 北海道伊達における洞爺テフラとその上位の諸テフラ. 日本第四紀露頭集委員会編「第四紀露頭集-日本のテフラ」**50**.
- 山元孝広 (2001) 有珠火山 2000 年噴火でのマグマ水蒸気爆発と火砕流到達域予測. 地質調査研究報告, **52**, 231-239.

横山泉・勝井義雄・大場与志男・江原幸雄（1973）有珠山，火山地質・噴火史・活動の現況
および防災対策，北海道防災会議．北海道における火山に関する研究報告所 第 3 編．
254p.

4. 濁川火砕流噴火

噴出源：濁川火山

年代：14.6 ka (青木・大串 2006; Kuroyanagi A. et al., 2006)

※海洋コアの年代モデルとその層序から

総噴出量：見かけ体積 $\geq 10.9 \text{ km}^3$ (柳井ほか, 1992)

マグマ噴出量 $> 4 \text{ DRE km}^3$ (黒墨・土井, 2003)

*黒墨・土井 (2003) の DRE は、海へ流入した火砕流の分も推定した値

構成要素 (見かけの噴出量)： ※層位順に記載

後カルデラ活動

角閃石安山岩～デイサイト質溶岩ドーム (安藤, 1983; 黒墨・土井, 2003)

火砕サージ堆積物 (名越, 1994)

本噴火*柳井ほか (1992) の区分を踏襲した.

Ng-a flow: 2.2 km^3

Ng-a fall: 6.7 km^3

Ng-b: 1.7 km^3

Ng-c: 0.3 km^3

噴火推移：

小規模ベースサージの発生→ベースサージ, 降下火山灰の噴出→大規模な降下火山灰の噴出→火砕流の発生.

分布： 降下テフラが、西南北海道に広く分布する。また、火砕流堆積物が北海道森町に厚く分布する (Fig. 4-1, 4-2, 4-3).

長期的前駆活動

濁川火砕流噴火より前に発生したと考えられる先駆的な噴火の存在を示唆する堆積物は、確認されていない。

短期的前駆活動

濁川火砕流噴火の直前（数年～数百年内）に発生したと考えられる先駆的な噴火の存在を示唆する堆積物は確認されていない。その一方で、佐藤（1968）は、濁川火砕流噴火の堆積物中に、本質物質（軽石）とほぼ同質の石質岩片が多量に含まれることから、本噴火の前に溶岩ドーム（潜在ドーム）が存在したことを示唆した。

本噴火

[噴出物の特徴]

濁川火砕流噴火

濁川火砕流噴火は、岩層の違いにより4つのユニットに区分される（下位から Ng-c, Ng-b, Ng-a fall, Ng-a flow）。これらのユニットは、直接被覆し、ユニット間に時間間隙を示唆するような堆積構造は認められない。このことから、濁川火砕流噴火は、一連の噴火であったと考えられる（柳井ほか, 1992）。

以下、濁川火砕流噴火堆積物の詳細について述べる。

Ng-c

岩 相：黄褐色や灰色の細粒火山灰層。粘土質の火山灰や安山岩質の岩片を含む。平行葉理が発達する。ラミナ中は、逆級化が認められる。各単層における礫の分級は、良い。給源より遠方では、成層構造を持たない粘土質細粒火山灰として認められる。

構成物：粘土質火山灰、安山岩質岩片。

分 布：濁川火山より東方に分布する (Fig. 4-1)。

噴出量：見かけ 0.3 km^3

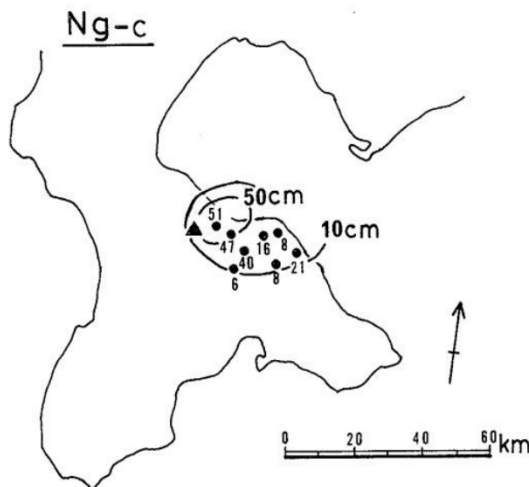


Fig. 4-1 Ng-c の等層厚線 (柳井ほか, 1992)

© 日本地質学会

▲が濁川火山

●と数字が露頭位置とその地点での層厚を示す。

Ng-b

岩 相：青灰色から黄灰色の火砕物層．細粒から粗粒の火山灰からなり，平行層理が発達する．層理を構成する単層の層厚は，数 cm～30 cm であり，10 cm を超える層では，逆級化が明瞭に認められる．各単層における礫の分級は良い．給源より遠方では，成層構造を持たない，粗粒から細粒の青灰色火山灰層として認められる．

構成物：粗粒から細粒の火山灰，安山岩質岩片．

分 布：濁川火山より東方に分布する (Fig. 4-2)．

噴出量：見かけ 1.7 km³

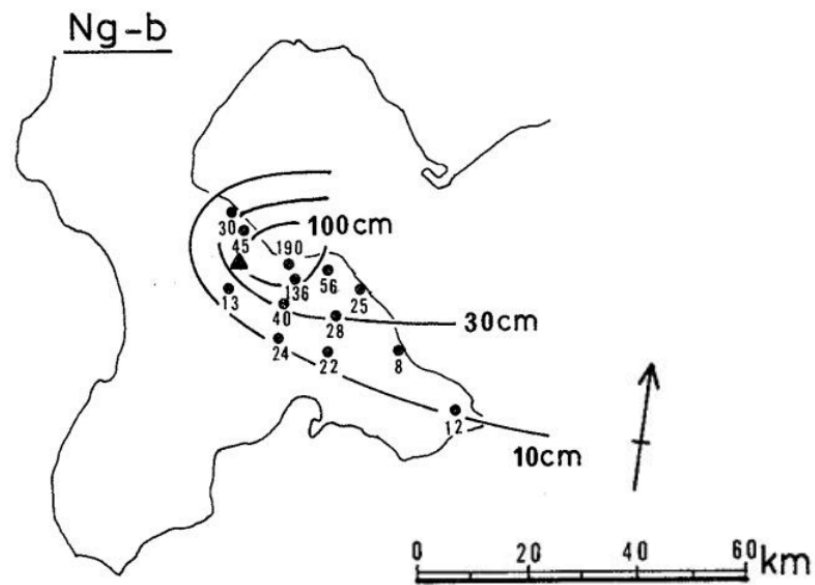


Fig. 4-2 Ng-b の等層厚線 (柳井ほか, 1992) © 日本地質学会

▲が濁川火山

●と数字が露頭位置とその地点での層厚を示す.

Ng-a fall

岩 相：構成する礫の粒径により，下部と上部に細分できる．下部は，発泡した軽石と粗粒火山灰からなる降下軽石層である．粗粒火山灰は，角閃石の遊離結晶が目立つことで特徴づけられ，複数枚のユニットで構成される．上部は無層理な細粒火山灰層で，5 mm 程度の軽石，安山岩質岩片，角閃石の遊離結晶を含む．ややローム化し，黄褐色を呈する．

構成物：細粒～粗粒火山灰，軽石，遊離結晶（角閃石），安山岩質岩片．

分 布：濁川火山より東方に分布する (Fig. 4-3)．

噴出量：見かけ 6.7 km³

Ng-a flow

岩 相：分級が悪く無層理な火砕流堆積物．柳井ほか (1992) は，岩層と見かけの層序区分から便宜的に 3 つのサブユニットに細分した (下位から Ng-a flow I, II, III)．

Ng-a flow I は，乳白色の軽石流堆積物である．最大層厚は，10 m 以上である．含まれる軽石は，よく円磨され，発泡度が高い．Ng-a flow II は，暗灰色の軽石と粗粒火山灰からなる軽石流堆積物である．分級が悪く，不淘汰な岩塊を含む．含まれる礫は，9 割以上角閃石安山岩である．最大層厚は，約 40 m である．Ng-a flow III は，軽石と火山灰からなり，粗粒な角閃石の遊離結晶を含む軽石流堆積物である．最大層厚は 10 m 以上である．

構成物：Ng-a flow I：軽石，火山灰，岩片（角閃石安山岩類，頁岩，チャート）．

Ng-a flow II：暗灰色軽石，粗粒火山灰，岩塊（角閃石安山岩，変質安山岩，頁岩）

Ng-a flow III：軽石，火山灰，角閃石の遊離結晶

分 布：Ng-a flow I：主にカルデラ北方から西方，南方にかけて分布する (Fig. 4-4)．

Ng-a flow II：主にカルデラの北東，西方に分布する (Fig. 4-4)．

Ng-a flow III：主に，カルデラの東方から南東方向に分布する (Fig.4-4)．

噴出量：見かけ 2.2 km³

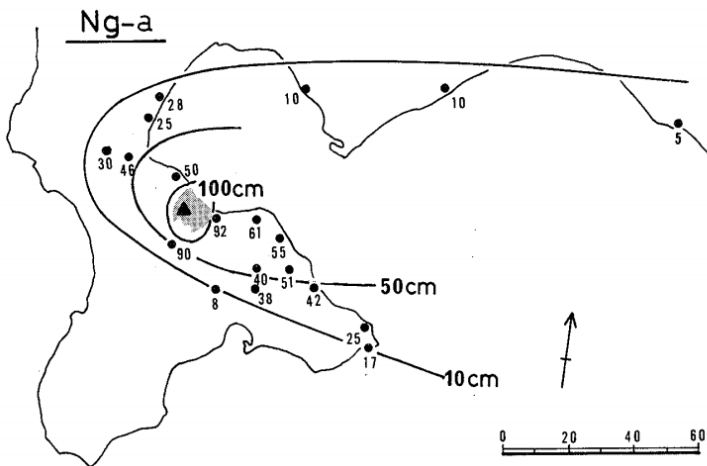


Fig. 4-3 Ng-a fall の等層厚線および Ng-a flow の分布域

(柳井ほか, 1992) © 日本地質学会

網掛部が Ng-a flow の分布域

▲が濁川火山

●と数字が露頭位置とその地点での層厚を示す．

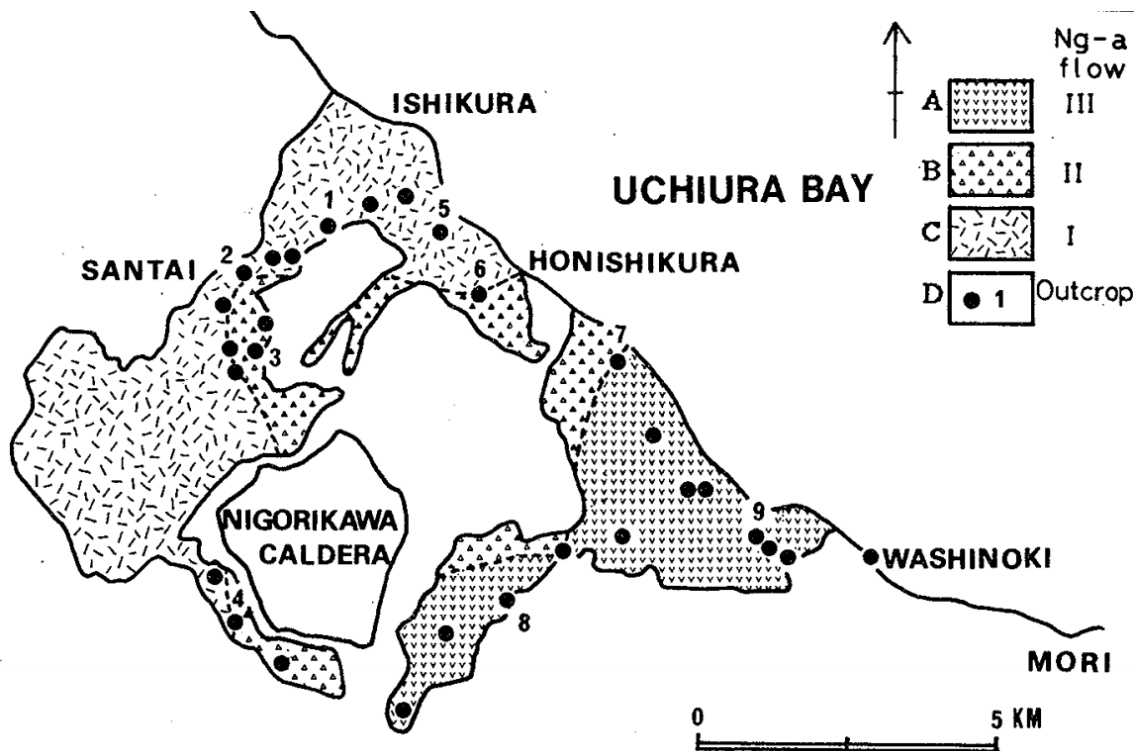


Fig. 4-4 濁川火砕流堆積物の分布域 (柳井ほか, 1992) © 日本地質学会
濁川カルデラの周辺約 5 km の範囲に分布する。

[噴火推移]

濁川火砕流噴火は、小規模なベースサージを発生させた噴火で始まった。その後、活動は、より規模の大きなベースサージ、降下火砕物を噴出する噴火へ推移した。最後に比較的規模の大きな降下軽石、降下火山灰が噴出し、火砕流が発生した。

後カルデラ活動

カルデラ形成後、濁川火山では、火砕サージ堆積物が噴出した (名越, 1994)。本火砕サージ堆積物はカルデラ形成に関わったと考えられる火砕流堆積物との間に時間間隙を示す構造が認められない。

また、カルデラ内では、角閃石安山岩質から角閃石デイサイトの貫入が発生し、貫入岩体と溶岩ドームが形成した (Fig. 4-5)。これらの溶岩ドームと貫入岩体は、含まれる緑色普通角閃石の屈折率の違いから 3 つに分類できる。このことから、後カルデラ活動による貫入イベントは複数回あったと考えられる (黒墨・土井, 2003)。本溶岩ドームの表面は、暗褐色のガラス質で、空気に触れ冷却した産状を示す。また、溶岩ドームの上位には、腐植土、湖成堆積物の順で被覆する。よって、本溶岩ドーム形成後、次第に冠水したと考えられる。

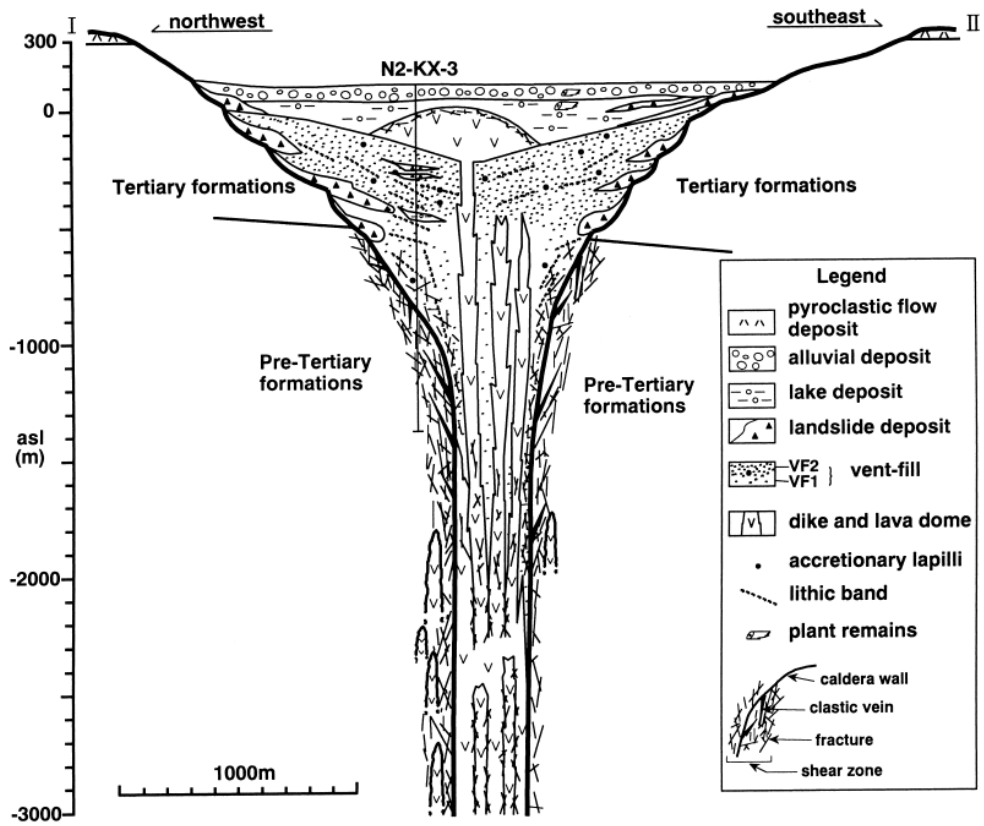


Fig. 4-5 濁川カルデラの内部構造 (黒墨・土井, 2003)

カルデラ内に、複数の貫入岩体、溶岩ドームが存在する。

第4章参考文献

- 安藤重幸 (1983) ボーリング結果からみた濁川カルデラの構造. 月刊地球, **5**, 116-121.
- 青木かおり・大串健一 (2006) 下北半島沖海底コア MD01-2409 中に介在する濁川テフラ.
第四紀研究, **45**, 257-260.
- 黒墨秀行・土井宣夫 (2003) 濁川カルデラの内部構造. 火山, **48**, 259-274.
- Kuroyanagi, A., Kawahata, H., Narita, H., Ohkushi, K. and Aramaki, T. (2006)
Reconstruction of paleoenvironmental changes based on the planktonic foraminiferal
assemblages off Shimokita (Japan) in the northwestern North Pacific. *Global and
Planetary Change*, **53**, 92-107.
- 名越幸生 (1994) 濁川カルデラの火砕堆積物. 日本火山学会講演予稿集 1994 年度秋季大会,
137.
- 佐藤博之 (1968) 西南北海道濁川カルデラとその噴出物について (演旨). 地質雑, **74**, 104.
- 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.
地質雑, **98**, 125-136.

5. 大山倉吉噴火

噴出源：大山火山

年代：ca. 60 ka (長橋ほか 2016)

*コアの年代モデルと層序から

総噴出量：見かけ体積 $\geq 40 \text{ km}^3$ (山元, 2016), マグマ噴出量 11 DRE km^3 (山元, 2017)

構成要素：※層位順に記載

後カルデラ活動

三鈷峰溶岩ドーム (太田, 1962)・阿弥陀川火砕流堆積物 (山元, 2017)

草谷原火砕流堆積物 (津久井, 1984)

弥山溶岩ドーム (大田, 1962)・榎水原火砕流堆積物 (山元, 2017)・東大山降下火砕物 (津久井, 1984)

烏ヶ山溶岩ドーム (津久井, 1984)・笹ヶ原火砕流堆積物 (津久井, 1984)・オドリ降下火砕堆積物 (津久井, 1984)

槇原火砕流堆積物 (津久井, 1984)・鴨ヶ丘降下火砕堆積物 (津久井, 1984)

本噴火

大山倉吉降下火砕堆積物 (DKP; 町田・新井, 1979):

堀火砕流堆積物 (HoF; 津久井・柵山, 1981):

前駆活動

大山関金降下火砕堆積物 (DSP; 町田・新井, 1979)

大山生竹降下火砕堆積物 (DNP; 町田・新井, 1979)

大山荒田 2 降下火砕堆積物 (DAP1; 岡田・谷本, 1986)

大山荒田 1 降下火砕堆積物 (DAP1; 岡田・谷本, 1986)

八束軽石堆積物 (YtP; 津久井, 1984) *大山荒田 1,2 との層位関係は不明

名和火砕流堆積物 (NwF; 津久井, 1984)

振子山溶岩ドーム (FR; 山元, 2017)

大山蒜山原降下火砕堆積物 (DHP; 町田・新井, 1979)

大山松江降下火砕堆積物 (DMP; 町田・新井, 1979)

大山樋谷降下火砕堆積物 (DYP; 津久井, 1984)

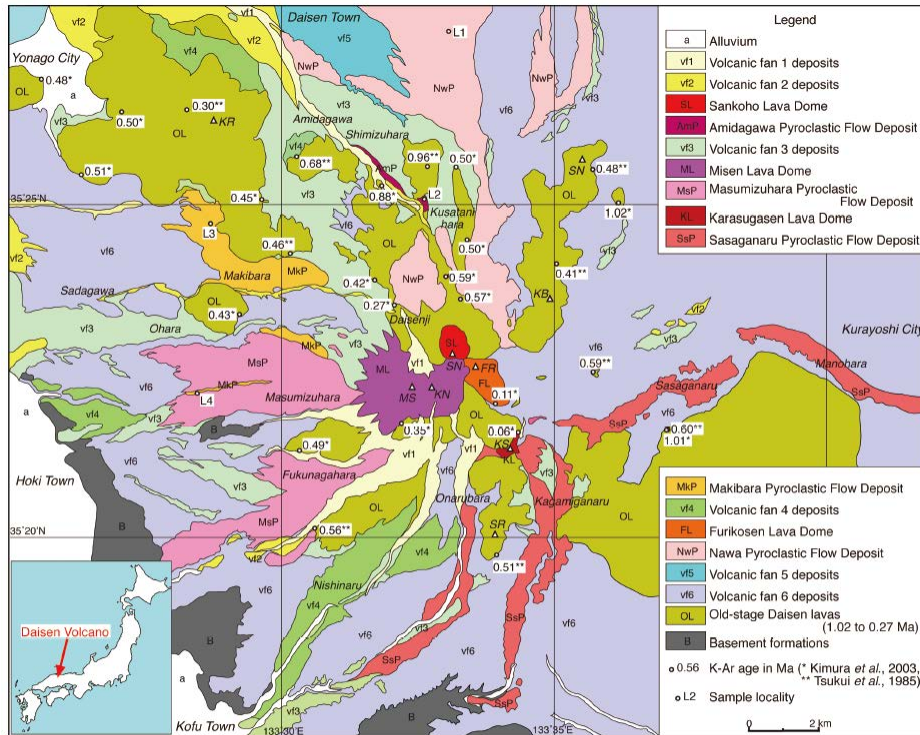
大山別所降下火砕堆積物 (DBP; 岡田, 1996)

大山奥津降下火砕堆積物 (DOP; 岡田, 1996)

噴火推移：

火砕流の発生→プリニー式噴火へ推移。

分布：中国地方から関東及び東北にかけて降下テフラが堆積する (Figs. 5-1, 5-2).



第1図 大山火山の地質図。三角は山頂 (FR = 振子山 ; KB = 甲ヶ山 ; KN = 剣ヶ峰 ; KR = 孝霊山 ; KS = 鳥ヶ山 ; MS = 弥山 ; SN = 船上山 ; SR = 城山)

Fig. 1 Geologic map of Daisen Volcano. Triangles are mountain tops (FR = Furikosen; KB = Kabutogasen; KN = Kengamine; KR = Koreisan; KS = Karasugasen; MS = Misen; SN = Senjosan; SR = Shiroyama).

Fig. 5-1 大山火山周辺の地質図 (山元, 2017)

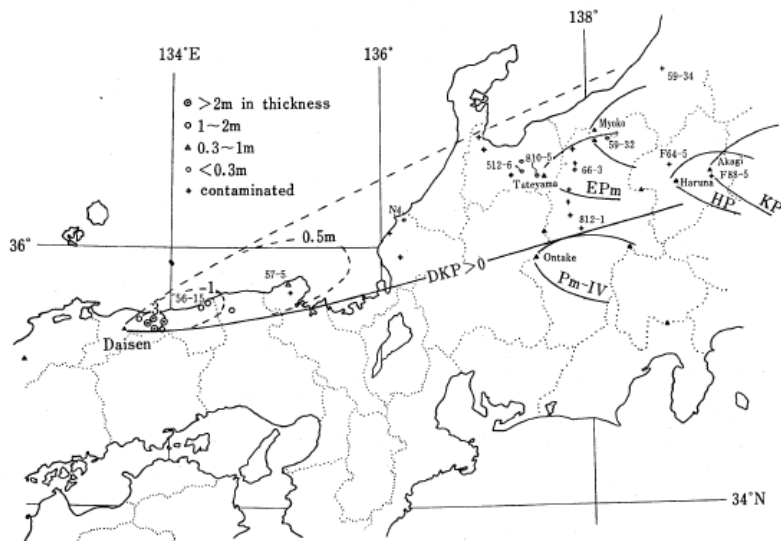


Fig. 5-2 大山倉吉噴火の分布図 (町田・新井, 1979)

長期的前駆活動

大山火山の活動は、約 100 年前に始まり、約 35 万年以降、約 20 回のプリニー式噴火を発生させたと考えられている (Fig. 5-3)。また、その活動は、流出的な噴火が卓越した古期と多数の火砕物を噴出しいくつかの溶岩円頂丘を形成した新期に区分される。新期大山火山の活動による堆積物は、比較的層序が明らかにされた上部テフラ累層 (約 15 万年以前) とそれ以前に堆積し、未区分のテフラで構成される下部テフラ累層、そして山頂付近の溶岩円頂丘から成る (津久井, 1984)。なお、大山倉吉噴火は、上部テフラ累層に含まれる。

以下、大山倉吉噴火以前の上部テフラ累層について、古い順に記述する。



Fig. 5-3 大山火山由来の降下火砕堆積物の等層厚線分布図 (山元, 2017)

等層厚線の単位は cm である。既存研究を基に等層厚線分布を修正したもの。

用いた文献は以下の通りである。

DOP: 町田・新井 (1979), 加藤ほか (2001)

DBP: 岡田・石賀 (2000), 加藤ほか (2001)

DMP: 町田・新井 (1979)

DNP: 町田・新井 (1979), 井村ほか (1989), 野村 (1994), 加藤ほか (2001), 小滝ほか (2002)

DSP: 町田・新井 (1979), 加藤ほか (2001)

DKP: 町田・新井 (1979), 竹本 (1991)

奥津降下火砕堆積物 (DOP: 岡田, 1996)

岩 相：大山火山南麓の上長田三谷川の露頭において層厚 400 cm 以上の降下火砕堆積物である。径 3~5 cm の黄^{きだいだい}橙色を呈する軽石からなる (木村ほか, 1999)。重鉱物は、主として緑色普通角閃石を含む、カミングトン閃石、直方輝石を伴うほか、少量の黒雲母、極微量のジルコンを含む (加藤ほか, 2004)。

分 布：大山火山より東方及び東南東に広く分布する (Fig. 5-3)。

年 代：190±60 ka (FT 法；木村ほか, 1999)

噴出量：1.9 DRE km³ (山元, 2017)

hpm1 降下火砕堆積物 (岡田ほか, 1990)

岩 相：大山火山より東方約 17 km の倉吉市大河内の露頭において、層厚 90~100 cm の降下火砕堆積物である。黄白色の軽石から成る。基底部にやや粗粒な軽石及び岩片が羅列する。軽石の粒径は、1~3 cm である (岡田ほか, 1990)。重鉱物は、緑色普通角閃石が多く、カミングトン閃石、不透明鉱物を伴う、また、少量の黒雲母、微量の直方輝石、極微量のジルコンを含む (加藤ほか, 2004)。黒雲母は風化し白色を呈したものが認められる (岡田ほか, 1990)。

分 布：大山火山より東方に分布する (Fig. 5-4)。

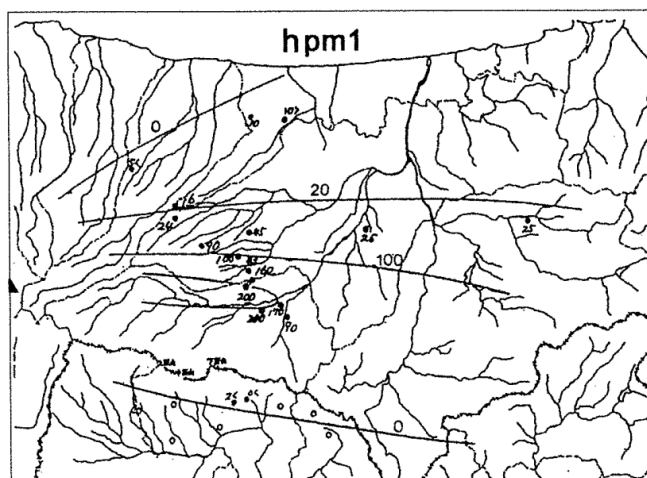


Fig. 5-4 hpm1 の分布図 (岡田・石賀, 2000) © 日本地質学会

年 代：230±70 ka (FT 法；木村ほか, 1999)

噴出量：不明

hpm2 降下火砕堆積物 (岡田, 1990)

岩 相：風化した降下火砕堆積物。風化し金色を呈す黒雲母を含む事で特徴づけられる。重鉍物として、緑色普通角閃石を多く含み、不透明鉍物、黒雲母を伴う。一方で、カミングトン閃石は含まれない。

分 布：大山火山より東方に広く分布する (Fig. 5-5)。

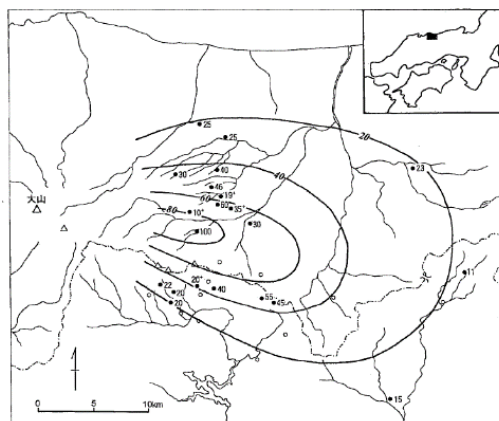


Fig. 5-5 hpm2 軽石層の分布図 (岡田, 1996)

年 代：73±2 ka (横山ほか, 1984)

噴出量：1.6×10⁻¹ DRE km³ (山元, 2017)

別所降下火砕堆積物 (DBP: 岡田, 1996)

岩 相：複数のユニットから成る降下火砕堆積物。上部ユニットは、ゲーサイト等の風化鉍物に富む。重鉍物として、緑色普通角閃石を多く含み、直方輝石と不透明鉍物を伴う。また、少量の黒雲母、極少量のジルコンを含む。下部ユニット及び上部ユニットの下部は、カミングトン閃石、褐色普通角閃石をほとんど含まない。その一方直方輝石は下部ユニットに多く認められる。

分 布：大山火山より東方に広く分布する (Fig. 5-3)。

年 代：およそ 150 ka (*層序より推定；山元, 2015)

噴出量：1.0 DRE km³ (山元, 2017)

樋谷^{ひだに}軽石堆積物 (HdP: 津久井, 1984)

服部^{さいはく}健西^{たいきゅうじ}迫群中町泰久寺樋谷の露頭において 150cm のロームを挟み DMP の下位に堆積する (木村ほか, 1999)。

岩 相：塊上無層理の降下火砕堆積物。経 1~3 cm の黄色軽石、青灰色の岩片で構成される (木村ほか, 1999)。

分 布：大山火山より北方から西方にかけて分布する (Fig. 5-6)。

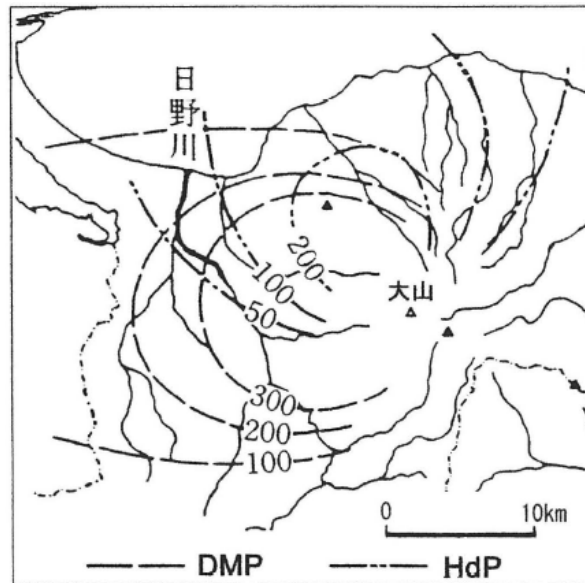


Fig. 5-6 HdP 及び DMP の等層厚線 (岡田・石賀, 2000) © 日本地質学会
 年 代 : 170 ± 60 ka (FT 法 ; 木村ほか, 1999)
 噴出量 : 2.2×10^{-1} DRE km³ (山元, 2017)

松江軽石堆積物 (DMP: 町田・新井, 1979)

岩 相 : 黄色軽石から成る降下火砕堆積物である。粘土化が進んでいる。石質岩片は少なく、下底において、厚さ 2~3 cm で黒色を呈する粘土質堆積物がしばしば認められる (津久井, 1984)。また、上槇原、樋谷、旧奈和では、本層の直上に火砕流堆積物が認められる。本火砕流堆積物の詳細な分布域は不明であるが、DMP に引き続き発生した火砕流と考えられる (津久井, 1984)。含まれる斑晶鉱物は、斜長石、普通角閃石、カミングトン閃石、黒雲母、磁鉄鉱、チタン鉄鉱である (町田・新井, 1979)。

分 布 : 大山火山より西方に分布主軸を持ち、西麓に厚く堆積する (Fig. 5-3)。西麓上槇原^{じょうまき}で層厚 2.8 m (津久井, 1984)。また、東麓においても、対比可能とみなされる降下軽石層が見いだされている (津久井, 1984)。

年 代 : 180 ± 60 ka (FT 法 ; 木村ほか, 1999) *層序との推定と年代値が合わない。

噴出量 : 9.9×10^{-1} DRE km³ (山元, 2017)

蒜山原軽石堆積物 (DHP: 町田・新井, 1979)

岩 相 : 黄色から橙褐色の降下軽石層 (津久井, 1984 ; 木村ほか, 1999) である。小さな岩片に富む。上部を除き風化鉱物に著しく富む (加藤ほか, 2004)。含まれる重鉱物は、緑色普通角閃石が多く、少量の直方輝石、不透明鉱物、微量の黒雲母を含む。また、極微量の淡褐色と褐色の普通角閃石、カミングトン閃石を含む (加藤ほか, 2004)。

分 布：大山火山より東麓および東南麓山原に分布する (Fig. 5-7; 岡田, 1996). 大山火山南麓の岡山県真庭郡八束村上長田三谷川において層厚 105 cm である.

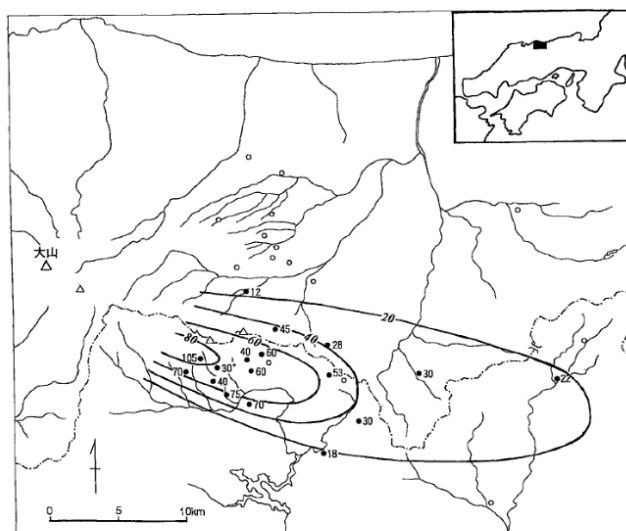


Fig. 5-7 大山麓山原軽石の分布 (岡田, 1996)

年 代：140±50 ka (FT 法；木村ほか, 1999)*今後追試の必要性あり

噴出量：8.7×10⁻² DRE km³ (山元, 2017)

なわ名和火砕流堆積物 (NwF; 津久井, 1984)

太田 (1962) の名和軽石流に相当する. 松江軽石層を挟む風成層を不整合に覆い, かつ三瓶木次降下火砕物 (SkP; 松井・井上, 1971) を挟む風成層に整合的に覆われる (山元, 2017).

岩 相：多面体形を示し, 低発砲の本質物質とその細粉からなる火砕流堆積物である. 岩相変化が著しく, 露頭によって堆積物に礫の占める割合や発砲度が大きく異なる.

不明瞭な成層構造や逆級化構造, ガス抜けパイプ構造が認められる (山元, 2017; 木村ほか, 1999). 本質物質は, 黒雲母直方輝石普通輝石デイサイトである (山元, 2017)

分 布：大山火山より北麓に分布する (Fig. 5-8; 木村ほか, 1999).

年 代：100±40 ka (FT 法；木村ほか, 1999)

噴出量：見かけ体積 1.7 km³ (山元, 2017)

1.3 DRE km³ (山元, 2017)

ふりこせん振子山溶岩ドーム (FR; 山元, 2017)

太田 (1962), 津久井 (1984) の側火山溶岩ドームの一部に相当する.

岩 相：黒雲母直方輝石普通角閃石デイサイトの溶岩ドームである. 地理的位置及び岩石学的特徴から名和火砕流の給源であると考えられる (山元, 2017).

分 布：大山火山の東方を構成する (Fig. 5-8).

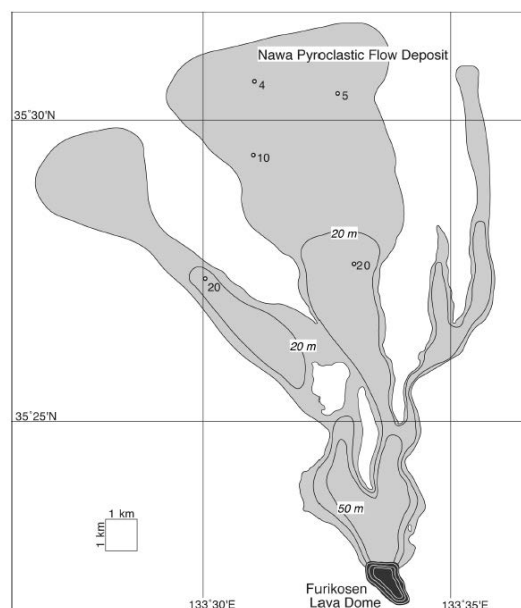


Fig. 5-8 名和火砕流堆積物及び振子山溶岩ドームの等層厚線図 (山元, 2017)

年 代：0.11±0.02 Ma (K-Ar ; Kimura et al., 2003)

噴出量：3.6×10⁻¹ km³ (削剥箇所を含め作図した層厚コンターより算出; 山元, 2017)

八束^{やつか}軽石堆積物 (YtP ; 津久井, 1984)

岩 相：黄橙色の軽石から構成される降下軽石堆積物.

分 布：大山火山の東方から南東に分布主軸を持つと考えられるが分布の詳細は不明である。蒜山原宇田において、層厚約 20 cm である (津久井, 1984).

年 代：不明

噴出量：不明

荒田 1 降下火砕堆積物 (DAP1 ; 岡田・谷本, 1986)

岩 相：黄橙色に風化した軽石から成る降下火砕物堆積物である。層上部は、岩片に富んだ暗灰色軽石層に漸移する。軽石は、本火山より東方約 14 km の露頭において径数 cm 程度である (岡田・谷本, 1986).

分 布：本火山より東方に分布する (Fig. 5-9).

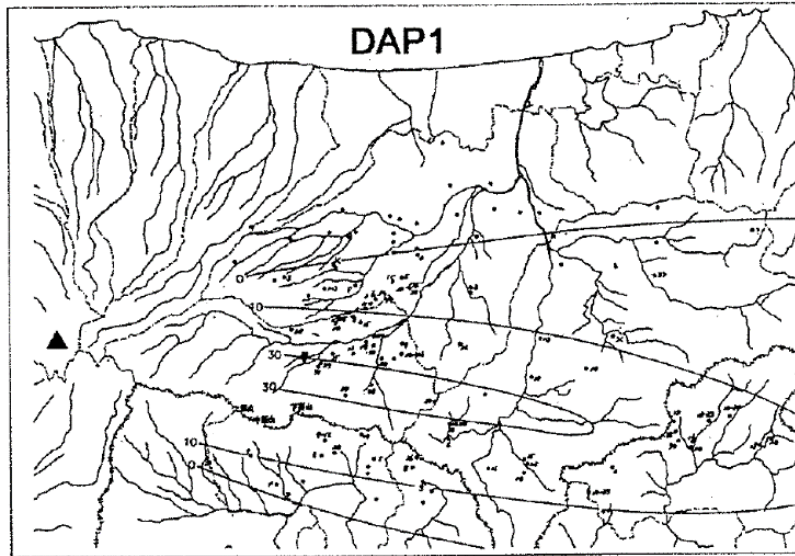


Fig. 5-9 DAP1 の等層厚線図 (岡田・石賀, 2000) © 日本地質学会

年代：不明

噴出量： 2.4×10^{-2} DRE km³ (山元, 2017)

荒田 2 降下火砕堆積物 (DAP2; 岡田・谷本, 1986)

岩相：黄橙色に風化した軽石と岩片からなる降下火砕堆積物である。層の上部は褐色ロームに漸移している (岡田・谷本, 1986).

分布：本火山より東方に分布する (Fig. 5-10).

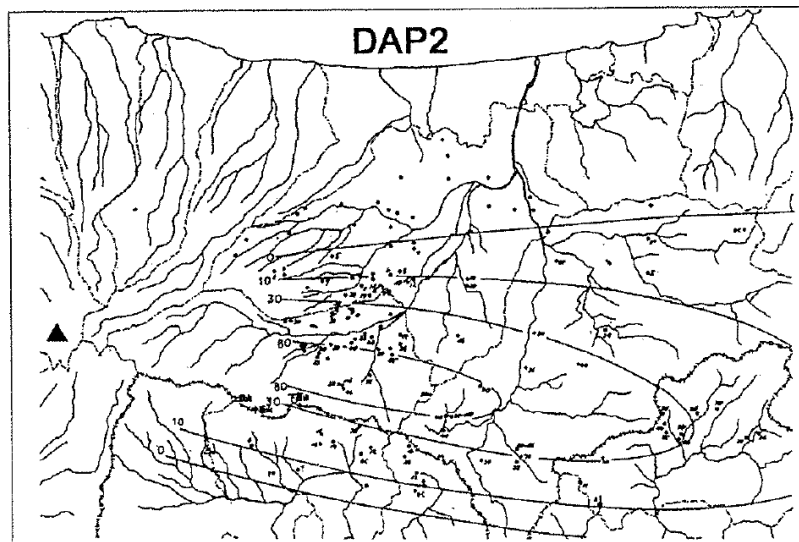


Fig. 5-10 DAP2 の等層厚線図 (岡田・石賀, 2000) © 日本地質学会

年代：不明

噴出量： 8.0×10^{-2} DRE km³ (山元, 2017)

だいせんなまだけ

大山生竹軽石堆積物 (DNP; 佐治ほか, 1975)

岩 相：黒雲母含有直方輝石角閃石デイスイトである (山元, 2017). 風化が著しく, 粘土化しクリーム色を呈する (津久井, 1984; 木村ほか, 1999).

分 布：本火山より東から南東方向に分布する (Fig. 5-3).

年 代：80±40 ka (FT 法; 木村ほか, 1999)

噴出量：2.1 DRE km³ (山元, 2017)

だいせんせきがね

大山関金降下火砕堆積物 (DSP: 町田・新井, 1979)

岩 相：橙色の降下軽石層である. 石質岩片を大量に含む (津久井, 1984). 重鉍物は, 緑色普通角閃石及び直方輝石主体であるが, 本層の最上部では, 角閃石及び不透明鉍物が主となり, 黒雲母を含むようになる (古澤・梅田, 2002).

分 布：本火山より東方に分布する (Fig. 5-3).

年 代：ca. 67.5 ka (山元, 2015) ※層序から年代値を推定.

噴出量：3.0×10⁻¹ DRE km³ (山元, 2017)

短期的前駆活動

大山倉吉噴火の直前（数年～数百年内）に発生したと考えられる先駆的な噴火の存在を示唆する堆積物は確認されていない。

本噴火

[噴出物の特徴]

大山倉吉噴火は、単一のフォールユニットから成る大山倉吉降下火砕堆積物（町田・新井, 1979）とそれに先立ち流下した堀火砕流堆積物（津久井, 1984）からなる。以下にこれらの堆積物の特徴について述べる。

堀火砕流（HoF；津久井・柵山, 1981）

日野（1970）の軽石流堆積物、町田・新井（1979）の小鴨川古期火砕流堆積物に相当する。本堆積物は、大山倉吉降下火砕堆積物（DKP）直下に認められる（津久井, 1984）。

岩 相：低発泡の本質物質と粗粒な基質からなる。上部は赤紫色，下部は灰白色を呈する。

火砕流の基底部では、流走中に取り込んだと考えられる円礫が認められる（津久井, 1984）。

構成物：軽石，粗粒火山灰，円礫

分 布：関金町堀付近の小鴨川砂岩沿いに東西 6 km にわたり分布する（津久井, 1984）。

噴出量：侵食を受けているほか、笹ヶ平火砕流堆積物に覆われているため、噴出量は不明。

大山倉吉降下火砕堆積物（DKP；町田・新井, 1979）

小畑（1966）の key b に相当する。

岩 相：橙色の軽石とごく僅かな石質岩片からなり、一枚のフォールユニットを構成している。岩片は、類質岩片のほかに角閃石，不透明鉱物を主とする花崗岩が認められる。逆級化を示す（津久井, 1984）。重鉱物は、緑色普通角閃石が主であり、直方輝石を多く含む。また、黒雲母もやや多く認められる（古澤・梅田, 2002）。

構成物：軽石，類質岩片，異質岩片（花崗岩片）

分 布：大山火山より東方に広く分布する（Fig. 5-3）。

噴出量：20 km³（町田・新井, 1979）

1.1×10¹ DRE km³（山元, 2017）

[噴火推移]

大山倉吉噴火の噴出物の内、堀火砕流堆積物は、大山倉吉降下火砕堆積物の直下に存在し、時間間隙を示す堆積構造は認められない。このことから、本噴火は、比較的短時間で発生した一連のイベントであったと考えられる。

また、上記の噴出物の岩相から、本噴火は次のような推移をたどったと考えられる。まず、火砕流が発生し、堀火砕流が堆積した。その後プリニー式噴火に推移し、大山倉吉降下火砕物が堆積した。

町田・新井(1979)は、本噴火により小型のカルデラが形成されたと考えたが、カルデラの存在を支持する地形は残存していない。

大規模噴火後の活動

大山倉吉噴火後も大山火山では活動が続き、溶岩ドームの形成やその崩壊、火砕噴火が発生した (Fig. 5-11)。以下、大山倉吉噴火以降に発生した、主な活動についてまとめる。

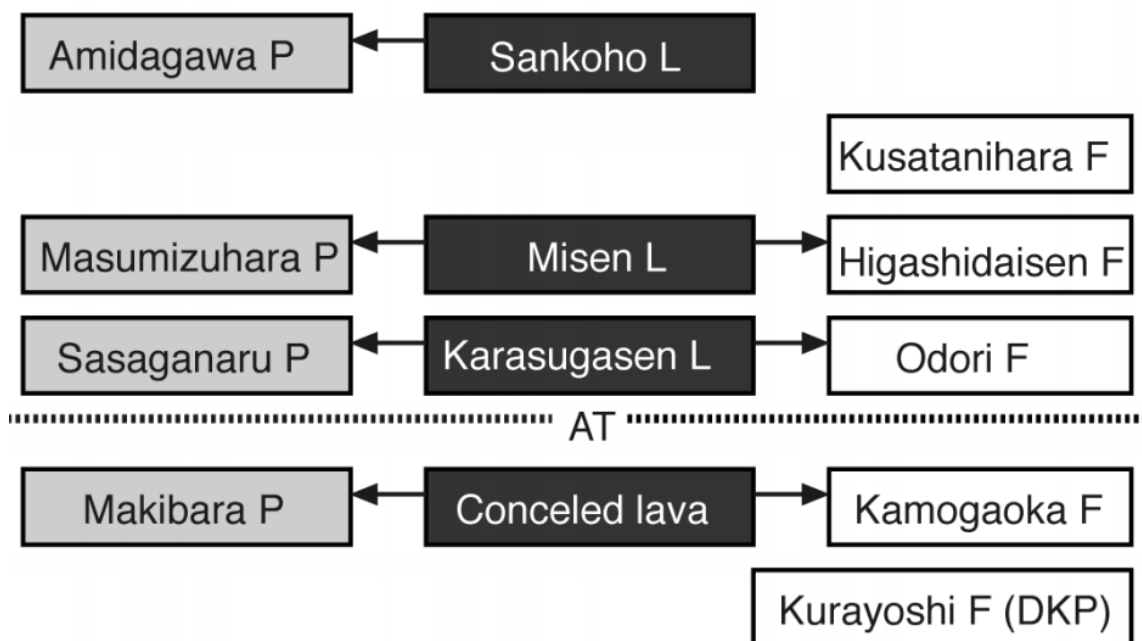


Fig. 5-11 大山倉吉火砕堆積物噴出後の大山火山の活動 (山元, 2017)

P=火砕流堆積物, L=溶岩, F=降下火砕堆積物を示す。

AT は、始良 Tn 降下火砕物を表す。

楨原火砕流と鴨ヶ丘降下火砕噴火の発生

大山火山西麓では、黒雲母含有直方輝石普通角閃石デイサイトの楨原火砕流（津久井, 1984；荒川, 1984）が発生した。本火砕流はブロックアンドアッシュフロー堆積物であり、不明瞭な成層構造、逆級化が認められる（山元, 2017）。給源元の溶岩ドームは、その後の活動により埋積されており、認められない。

本火山東麓では、楨原火砕流堆積物と同時異相と考えられる鴨ヶ丘降下火砕堆積物（津久井, 1984）が認められる。灰色の粗粒火山灰と細粒火山灰の互層であり、十数枚の fall unit からなる（津久井, 1984）。本降下火砕堆積物の発生年代は、 $41,632 \pm 203$ cal BP である（Katoh et al., 2007）。

笹ヶ平火砕流、烏ヶ山溶岩ドーム、オドリ降下火砕物の発生

$29,858 \pm 274$ cal BP 頃、笹ヶ平火砕流堆積物（津久井, 1984）とそれに伴うオドリ降下火砕堆積物（岡田, 1994）を噴出した噴火が発生した（Katoh et al., 2007）。笹ヶ平火砕流堆積物は、低発泡の本質岩片とその細粉からなるブロックアンドアッシュフロー堆積物であり、不明瞭な成層構造が発達する。オドリ降下火砕堆積物は、主に荒い火山砂からなる（津久井, 1984）。

これらの給源元と考えられるのは、烏ヶ山溶岩ドーム（津久井, 1984）であり、大山火山南東山腹の烏ヶ山山頂部を形成している（山元, 2017）。

榊水原火砕流、弥山溶岩ドーム、東大山降下火砕物の発生

$28,375 \pm 145$ cal BP 頃、榊水原火砕流堆積物（山元, 2017）が発生した。また、東大山降下火砕堆積物（津久井, 1984）の年代値は $28,923 \pm 358$ cal BP であり、榊水原火砕流とほぼ同じ年代値を示す（Katoh, 2007）。榊水原火砕流堆積物は、不明瞭な成層構造の発達するブロックアンドアッシュフロー堆積物である。東大山降下火砕物は、岩片を多く含む火山灰層であり、粒度、構成物比から約 30 枚の fall unit に分けられる（津久井, 1984）。

榊水原火砕流堆積物の給源と考えられるのは、弥山溶岩ドーム（太田, 1962；津久井, 1984）である。弥山溶岩ドームは、大山火山の山頂部、弥山・剣ヶ峰を構成する。

草谷原火砕物の発生

20,000～22,000 頃、草谷原降下火砕堆積物（津久井, 1984）を噴出した噴火が発生した（堂満ほか, 2002）。本降下火砕堆積物は、石質岩片を多く含み、複数の fall unit からなる（津久井, 1984）。

阿弥陀川火砕流、三鈷峰溶岩ドームの発生

20.9～20.7 ka 頃、阿弥陀川火砕流堆積物が発生した（山元, 2017）。阿弥陀川火砕流堆積

物は、基底部に成層した火砕サージを伴うブロックアンドアッシュフロー堆積物である（山元, 2017）。岩質・地形から三鈷峰溶岩ドーム（太田, 1962；津久井, 1984）が給源と考えられる。

三鈷峰溶岩ドームは、単斜輝石含有直方輝石黒雲母普通角閃石デイサイトであり、大山火山山頂部の三鈷峰を構成する（山元, 2017）。

第5章参考文献

- 堂満華子・椎原美紀・鳥井真之・塚脇真二・尾田太良 (2002) 日本海南部 KT96-17 P-2 コアの火山灰層序—大山草谷原軽石層 (KsP) の噴出年代—。地質雑, **108**, 545-556.
- 古澤明・梅田浩司 (2002) 新規大山テフラ DNP, DSP, DKP の岩石記載的特徴の再検討。第四紀研究, **41**, 123-129.
- 井村伸広・清水大吉郎・武蔵野実・石田志郎 (1989) 京都北西部の地質。地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 84p.
- 加藤茂弘・大森茂雄・松田高明・山下透・檀原徹・先山徹・半田久美子・佐藤裕司・古谷裕・小林文夫 (2001) 兵庫県北西部・鉢伏山周辺地域の第四紀後期テフラ層序—大山火山起源のテフラを中心として—。人と自然, **12**, 1-12.
- 加藤茂弘・山下透・檀原徹 (2004) 大山テフラの岩石記載的特徴と大山最下部テフラ層中のテフラ対比。第四紀研究, **43**, 435-445.
- Katoh, S., Handa, K., Hyodo, M., Sato, H., Nakamura, T., Yamashita, T. and Danhara, T. (2007) Estimation of eruption ages of the Sambe Volcanos based on AMS-¹⁴C dating of the moor sediments at Ohnuma Moor in the Chugoku Mountains, Western Japan. *Nature and Human Activities*, **11**, 29-50.
- 木村純一・岡田昭明・中山勝博・梅田浩司・草野高志・麻原慶憲・館野満美子・檀原徹 (1999) 大山および三瓶火山起源テフラのフィッシュトラック年代とその火山活動史における意義。第四紀研究, **38**, 145-155.
- Kimura, J., Kunikiyo, T., Osaka, I., Nagao, T., Yamauchi, S., Kakubuchi, S., Okada, S., Fujibayashi, N., Okada, R., Murakami, H., Kusano, T., Umeda, K., Hayashi, S., Ishimaru, T., Ninomiya, A. and Tanase, A. (2003) Late Cenozoic volcanic activity in the Chugoku area, southwest Japan arc during back-arc basin opening and reinitiation of subduction. *The Island Arc*, **12**, 22-45.
- 小滝篤夫・古山勝彦・井村陽一 (2002) 京都府北部, 福知山・綾部地域の高位段丘層中の含カミングトン閃石火山灰層と大山最下部火山灰層との対比。地球科学, **56**, 35-48.
- 町田洋・新井房夫 (1979) 大山倉吉軽石層—分布の広域性と第四紀編年上の意義。地学雑誌, **88**, 313-330.
- 松井整司・井上多津男 (1971) 三瓶火山の噴出物と層序。地球科学, **25**, 147-163.
- 長橋良隆・深谷桃子・木村純一・常青・佐川拓也・中川毅・池原研・KR15-10 乗客船研究者一同・SG06 プロジェクトメンバー一同 (2016) 大山倉吉テフラと山陰 1 テフラの層序と年代: 若狭湾沖堆積物コアと水月湖 SG06 コアによる検討。日本地質学会第 123 年学術大会講演要旨, 154.
- 野村亮太郎 (1994) 氷上低地・福知三盆地に分布するテフラと地形学上の問題。兵庫地理, **39**, 62-71.
- 小畑浩 (1966) 大山周縁の地形と火山灰。地理評, **39**, 787-801.

- 岡田昭明・谷本慎一 (1986) 大山下部火山灰から新たに発見された 2 枚の降下軽石層について. 鳥取大学教育学部研究報告, 自然科学, **35**, 33-42.
- 岡田昭明・谷口恵・木下直美 (1990) 模式地における大山最下部火山灰層中の強磁性鉱物の熱磁気特性. 鳥取大学教育学部研究報告, 自然科学, **39**, 143-160.
- 岡田昭明 (1996) 大山蒜山原軽石 (DHP) と大山最下部火山灰 hpm2 軽石について. 島根大学地球資源環境学研究報告, **15**, 53-60.
- 岡田昭明・石賀敏 (2000) 大山テフラ. 日本地質学会第 107 年学術大会見学旅行案内書, 81-90.
- 太田良平 (1962) 5 万分の 1 地質図幅「赤崎・大山」および同説明書. 地質調査所. 37p.
- 竹本弘幸 (1991) 大山倉吉軽石層とこれにまつわる諸問題. 駒沢地理, **27**, 131-150.
- 津久井志・柵山雅則 (1981) 大山山麓における三瓶山起源の降下軽石層の発見とその意義. 地質雑, **87**, 559-562.
- 津久井志 (1984) 大山火山の地質. 地質雑, **90**, 643-658.
- 津久井志・西戸裕嗣・長尾敬介 (1985) 蒜山火山群・大山火山の K-Ar 年代. 地質雑, **91**, 279-288.
- 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, no.613, 産総研地質調査総合センター.
- 山元孝広 (2016) 大山倉吉テフラの降灰シミュレーション. 地質調査総合センター研究資料集, no.635, 産総研地質調査総合センター, 1-46.
- 山元孝広 (2017) 大山火山噴火履歴の再検討. 地質調査研究報告, **68**, 1-16.
- 横山卓雄・竹村恵二・檀原徹 (1984) 蒜山地域の火山灰・軽石層のフィッション・トラック年代と旧石器包含層の関係. 古文化財の自然科学的研究, 同盟舎, 952-959.