

1977 年有珠山噴火の推移と噴出物^{*}

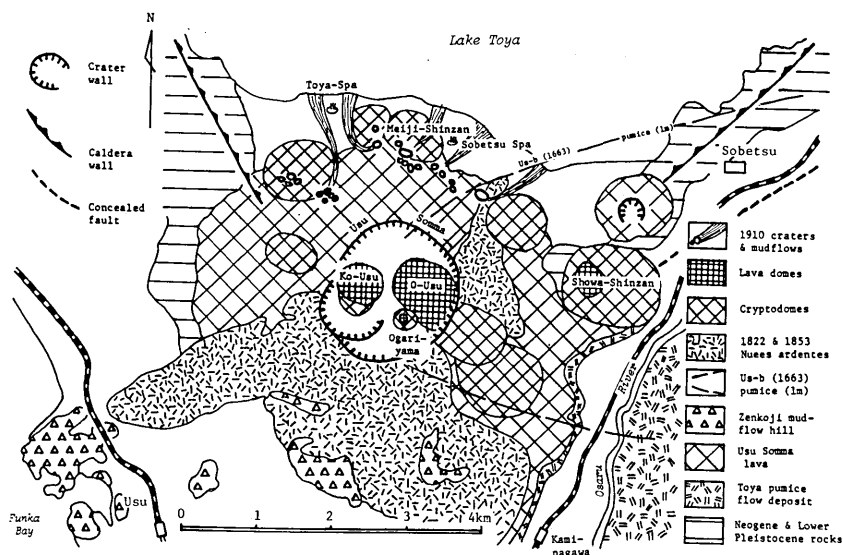
北海道大学理学部地質学鉱物学教室

1. はじめに

1977 年 8 月 6 日早朝 3 時すぎ、洞爺カルデラの南壁上にある有珠山は火山性地震を頻発しはじめ、翌 7 日 9 時 12 分に山頂火口原からデイサイトの激しい軽石噴火をおこした。噴火は 8 月 14 日未明まで 1 週間にわたって断続的におこなわれたが、その後も火山性地震は終息せず、火口原内外での地殻変動は進行中で、この活動は長期化すると予想されている。

今回の噴火は、決して不用意に発生したものではなかった。近年の有珠山は数十年ごとに活動をくりかえしており、北大理学部では既にこの年の 4 月から有珠火山観測所の設立を急いでいた。また過去の活動では、例外なく噴火に先だち局地的地震が発生している。それゆえ、今回 8 月 6 日早朝 3 時すぎに火山性地震が発生しはじめてから、北大理学部も気象庁も急いで臨時観測所を設けて地震観測を開始するとともに、地表パトロールを実施した。また気象庁は火山情報を関係機関に通報して警戒をよびかけた。

噴火が開始されると、各大学、気象庁その他各研究機関の多数のスタッフによる多面的な観測がおこなわれた。火山噴火予知連絡会は現地に総合観測班を組織し、観測結果を集約し、火山活動の分析に当った。北大理学部地質学鉱物学教室のスタッフは、山形大学理学部・職業訓練大学校・帯広畜産大学などの研究者と共同して、噴火の推移、噴出物の分布とその性質、地形変化などについて調査した。以下はその概要であり、やや詳細な報告は別に印刷中である。^{1)、2)、3)}



第 1 図 有珠山の地質略図 (4)、5) を簡略化)

^{*} Received Jan. 25, 1978

2. 噴火史からみた1977年の活動

有珠山は噴火湾の北辺にある二重式の火山で、火山体は外輪山火山と多数の溶岩円頂丘および潜在円頂丘から構成されている。(第1図) 更新世末期、洞爺地方では多量の火砕流の噴出があり、洞爺カルデラが形成された。完新世ははじめから、その南壁上でソレアイト質玄武岩～苦鉄質安山岩の溶岩およびスコリアの噴出がおこなわれ、成層火山が作られた(外輪山溶岩)。その後、山頂部が爆発により崩壊し、岩屑流が南麓に広く流下した(善光寺泥流)。最近のテフクロロジーによる調査では、外輪山溶岩や善光寺泥流の表面には、年代にして千～数千年前というような古い有珠山起源のテフラが認められていない。つまり非常に長い活動の休止期があったのである。この間に、有珠山のマグマは極端に珪長質となり、ついで過去約3世紀にわたる有珠山晩期の活動が再開されている。^{4), 5)}

有珠山晩期の活動は、まず1663年(寛文3年)の大規模な山頂のプリニー式噴火にはじまり、 2.2 km^3 という大量の流紋岩質降下軽石が東方に堆積した。記録には明記されていないが、このあと、水蒸気爆発がつづき、小有珠の溶岩円頂丘が生じたと考えられる。その後、1769年、1822年、1853年、1910年、1943～1945年などの活動がおこり、デイサイトの溶岩円頂丘と潜在円頂丘が形成され、火山灰の噴出や熱雲の発生も伴った(第1表)。以上歴史時代の噴火については、北海道としては比較的詳細に記録として残しており、またテフラとの照合も行われている。⁵⁾

第1表 有珠山の噴火史

邦 暦	西 暦	休 止 期	前兆地震 継続期間	主 な 活 動
寛 文 3 年	1663 年	— 105 年—		大軽石噴火(Us-b 降下軽石・b1～b6 火山灰)小有珠円頂丘形成
明 和 5 年	1769 年	— 5 2 年—	※)	Us-Va 火山灰
文 政 5 年	1822 年	— 3 0 年—	3 日間	Us-Na 火山灰、文政熱雲
嘉 永 6 年	1853 年		1 0 日間	Us-IIIa 火山灰、立岩熱雲 大有珠円頂丘形成
明 治 43 年	1910 年	— 5 6 年—	6 日間	明治新山潜在円頂丘生成
昭和 18～20 年	1943～1945 年	— 3 0 年—	6 カ月間	昭和新山円頂丘生成
昭和 52 年～ ?	1977 年～ ?	— 3 2 年—	3 0 時間	軽石噴火 ～ ?

※) 前兆地震の記録はあるが期間不明 (文献5)に加筆)

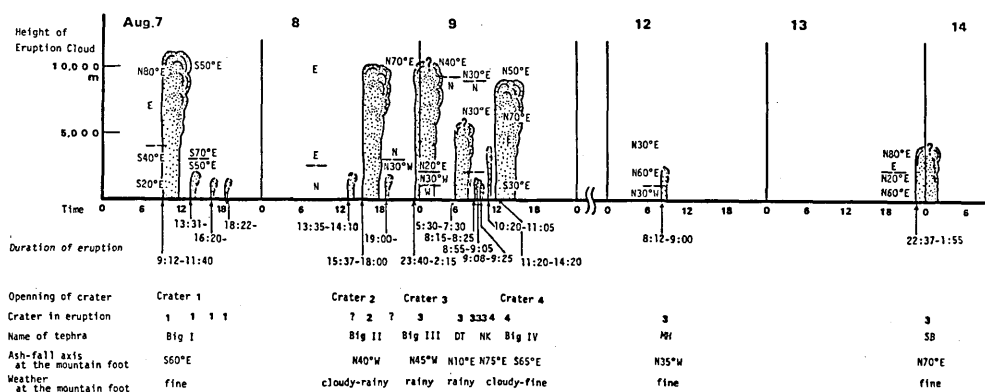
歴史時代における有珠山は、大規模な1663年の噴火のあとを除くと、約30～50年の休止期をへて噴火を反復している。これは地下におけるエネルギー供給が比較的一定し、臨界状態になって噴火が発生したためと考えられる。このような噴火の反復性は長期的な噴火予測の上で重視される。今回の噴火は昭和新山が形成してから32年後におきた。

また、有珠山の歴史時代の活動の特徴の一つは、噴火直前に局地的な火山性地震を頻発することである。これはマグマが珪長質で粘性が高いためと考えられる。この前兆地震の継続期間は、異例に長かった昭和新山の場合を除くと、一般に短く3～10日間であって、今回の場合はわずか約30時間であった。このような特性が判っていたので、既述のように地震観測や地表パトロールが急がれたのである。

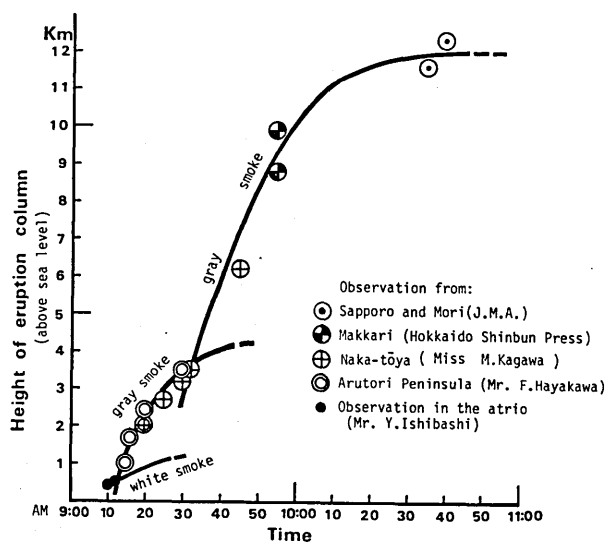
噴火予知では地震予知の場合とちがって、「どこで」という命題は自明とされ、余り問題とならないことが多い。ところが有珠山では、この命題にこたえることが重要な課題となっている。例えば、洞爺湖側の北麓で噴火が発生すると、高温のマグマは豊富な地下水に接触して瞬間的に高圧の水蒸気を生じ、激しい水蒸気爆発や火山泥流の噴出がおり、温泉街が打撃をうけると予想されるのである。1910年の活動はまさにこのようなもので、北麓に大小45個の爆裂火口が開かれた。今回は幸いにして、最も心配された北麓噴火の兆候が発見されなかった。一方、通報はおくれたが7日8時50分ごろ、小有珠東方の火口原で落差約40cmの新しい正断層が牧場の方々によって発見された。これはマグマが既に火口原を隆起していることを示すものであり、この直後に噴火がおこった。今回の噴火では局地的な山麓の破壊は免れたが、山頂ではじまった軽石噴火は広範囲にわたって降灰の被害を及ぼす結果となった。

3. 噴火の推移

今回の噴火の推移は、北大理学部調査記録と札幌管区気象台の資料を照合した結果、第2図のような



第2図 1977年有珠山噴火の推移、¹⁾ 気象データは札幌管区気象台による。風向は風下を表示



第3図 8月7日午前の噴火の噴煙柱の成長

図表にまとめられた。この図表には、各噴火に対応した火口、噴出物層の名称と分布軸方向、ならびに気象データも記入してある。

8月7日9時12分にはじまる最初の噴火は、約2時間30分継続し、11時40分に一たん休止した。噴火の開始時に火口原にいた人の談話によると、9時10分に小有珠東南麓から突然白い湯気が立ち昇り、間もなく激しい噴火に移行したという。この間、大きな爆発音は聞かれなかった。噴煙は快晴の青空に、はじめ比較的ゆっくり上昇し、次第に加速し、約1時間半後には高度12,000mに達した(第3図)。この間、山麓では爆発音が連続して低くゴーゴーと聞え、窓ガラスの振動をおこす程度の空振があった。噴煙は偏西風に流され、火山の南東側は降灰に見舞われた。この日の午後、3回にわたって小噴火があり、翌朝空中から小有珠の東南麓に直径約100mの新火口(第1火口)が確認された。

8日午後から9日午後までの約25時間には大きな噴火が続発した。8日15時37分～18時00分および夜半の23時40分～2時15分に大きな噴火がおこり、小有珠東麓に第2・第3火口が開かれた。夜半の噴火では火柱と雷光が観察された。このころ、おりからの低気圧の接近で、雨模様となり、風向もかわった。軽石・火山灰は火山の近くでは北西方に、遠くでは北から北東側に降灰した。その後9日5時30分～9時25分に断続した中小噴火はおもに北方に降灰をもたらした。

以上の8日午後から9日早朝にかけての噴火は降雨中でおこった。降雨中の降灰現象にはいくつかの特徴が認められた。遠方まで飛行する筈の火山灰が、雨滴とともに軽石や火山礫に混じって山体近くに降灰したのである。したがって堆積物の分級が悪く、極端な場合は粗粒部と細粒部に二つのモードが認められた。降灰はあたかもセメントミルク状のドロップとなり樹木に粘着し、その重みで枝や幹を折り、森林や農作物に多大の被害を与えた。小雨模様のときは、火山豆石となってあられのように降った。

9日10時30分～11時05分に、これまでとは別の火口原北部で小噴火が発生した。ついで同じ場所でも11時20分に噴火がおこり、噴煙柱は再び晴れ渡った大空に高く昇り、次第に激しさを加えて、3時間におよぶ大噴火となった。この噴火で火口原北部に直径約100メートルの深い第4火口が開かれた。このときの軽石・火山灰は再び東方に降灰した。その後、12日8時12分～9時00分に小噴火があり、13日夜半22時37分～14日1時55分に中噴火があった。この夜半の噴火でも火柱と雷光が望見され、東北東方向に降灰がみられた。

以上が8月7日から14日未明までおこった軽石噴火の推移である。有感を含む火山性地震は、6日3時すぎから発生しはじめ、気象庁のA点(外輪山東部)の2千倍地震計には急速な地震の増加が記録され、1時間当たり200回近くのピークをすぎて最初の噴火がおこった。噴火がはじまると地震は急速に減少し、連続微動が記録された。噴火後は地震が増加し、8日午後から9日午後までの噴火続発時には再び減少しその後増加した。

軽石噴火の終わった8月15日以降も火山性地震は続き、地殻変動が顕著にあらわれはじめた。11月16日早朝、小有珠北東側の断層に沿って始めて水蒸気爆発がおこった。これは極めて小規模なもので、直径4mの2つの火口が開かれたが間もなく消失した。同様な小水蒸気爆発は、翌年1月13日に第3火口北東壁でおこった。

4. 新噴出物の分布

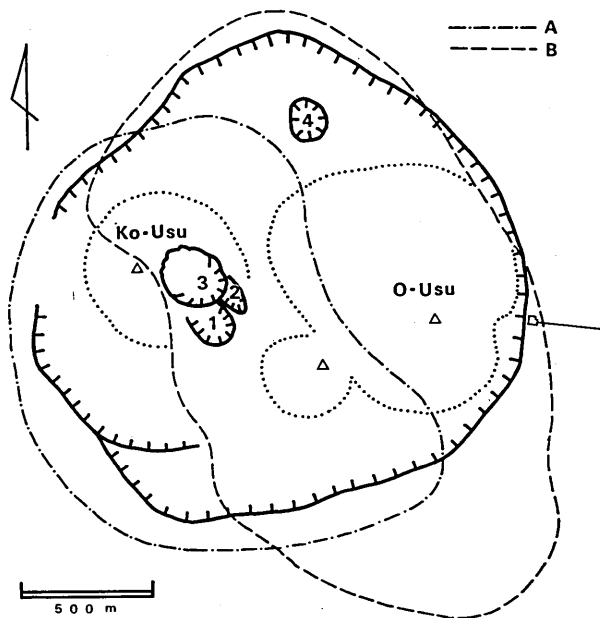
火山岩塊・火山弾の分布

直径30cm以上の火山岩塊・火山弾は弾道を描き、火口から水平距離にして最大2kmまで落下した(第4図)。分布は火口の構造に支配され、特定の方向に偏りがみられた。第4火口から放出した多数の岩塊・火山弾について、火口からの距離と落下角を測定した結果、飛行中の空気抵抗($0.6 \times 10^{-5} \text{ cm}^{-1}$)の考慮が必要で、その初速は $230 \pm 10 \text{ m/秒}$ と求められた。

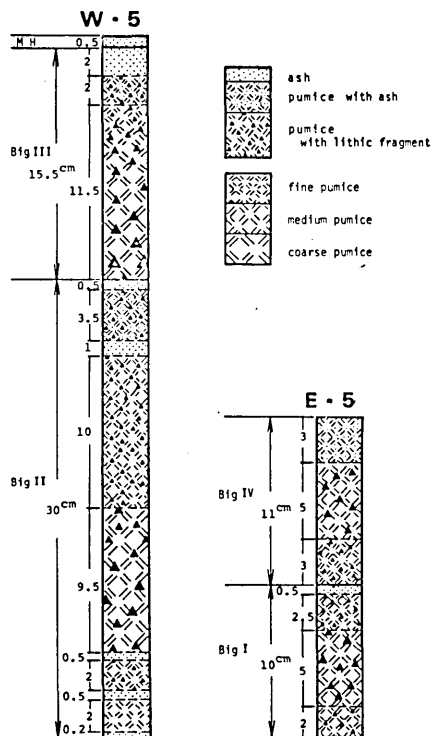
軽石・火山灰の分布

高温の軽石・火山灰は火山弾とともに噴煙柱となって高く上昇し、風下に流され、北海道の各地は降灰に見舞われた。全道的な降灰域・降灰時間・堆積量は道内180市町村の消防署からの報告によって概要が明らかにされた(第5図)。フォールユニット毎の降灰域と各地の降灰開始時刻は、札幌管区气象台による上下層の風向・風速データによってよく説明される。すなわち、Big I・NおよびSBは偏西風で東側に降灰したが、DTは南風により北側へ降灰した。最も複雑な分布をしめすのはBig II・IIIであり、下層の南東の風、上層の南から西よりの風に運ばれ、結果として火山の近くでは北西側、遠くでは北から北東側へ降灰した。降灰開始時刻は、火山からやや遠い地域では時速40~60kmで伝播し、この速度は上層の風速にほぼ相当している。

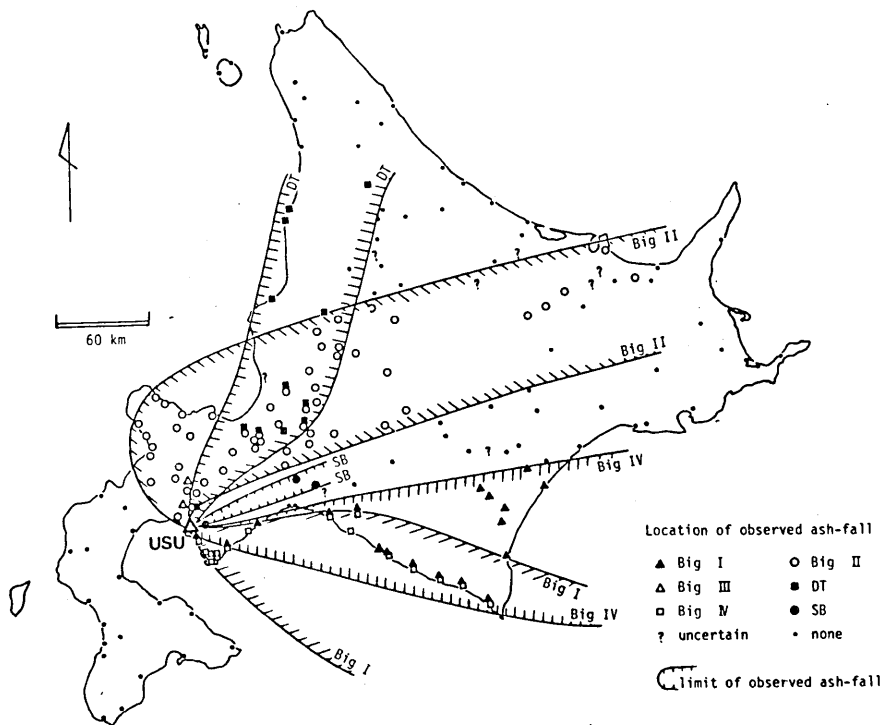
火山から20数キロメートルの範囲のテフラは、フォールユニット毎に詳細な柱状と分布の調査が行われた(第6・7図)。これらの厚さを積算すれば、等厚線はBig II・IIIとBig I・Nの分布に



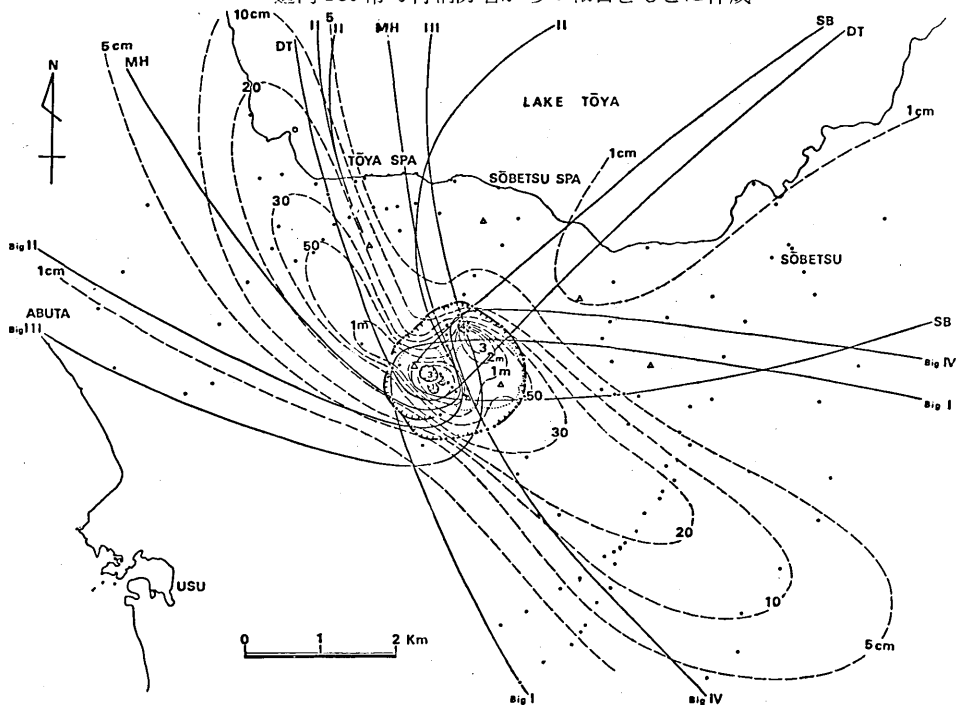
第4図 新火口の位置と火山岩塊・火山弾の分布域
A : 第1~3火口からの分布限界
B : 第4火口からの分布限界



第5図 有珠山1977年噴出物の標準柱状図¹⁾
E-5 : 大平(火口から南東3.5km)
W-6 : 木の実団地(火口から北西2.5km)



第6図 1977年有珠山噴火の降灰域¹⁾
道内180市町村消防署からの報告をもとに作成



第7図 山体近くにおける有珠山1977年噴出物の分布¹⁾
打点：調査地点 実線：フォールユニット毎の分布限界
破線：積算堆積量(厚さ)

支配され、北西 — 南東に伸びた分布図が描かれる。火口原内の等厚線の形は分散した新火口の影響で複雑な形を示す。しかし、火口付近の堆積量はストロンボリ式噴火のように大きくはない。これは軽石噴火の特徴である。北西・南東の山腹から山麓にかけては噴出物が厚く堆積しており、降雨に際し二次的な泥流がしばしば発生した。特に北西側では、植生がひどく破壊されているため、このような被害も大きかった。

噴出物の総量

今回の噴出物の総量は、分布面積と堆積量から $8.3 \times 10^{13} \text{ cm}^3$ と求められた。この値は、十勝岳1962年の噴出物の量に近い。

5. 新噴出物の性質

今回の固形噴出物の大部分は、新しいデイサイト質マグマが発泡して生じた軽石・火山灰である。軽石は鉱物組成・化学組成ともに昭和南山の円頂丘溶岩によく似たシソ輝石デイサイトで、シリカ量は68～69%である(第2表)。過去3世紀余りの有珠山晩期の本質噴出物の化学組成に注目すると、最初の1663年の流紋岩質軽石が最もシリカ(73%)・アルカリにとみ珪長質で、後期ほどこれらにやや乏しく、鉄・カルシウム・マグネシウムにやや富む傾向のあることが確認された(第2表・第8図)。このような変化は、組成的に分層したマグマ溜りが存在したことを示すものである。

今回の軽石は、最初のBig I が最も発泡がよくて白色を呈する。Big II・III・IVでは、それぞれ噴火の進行とともに白色軽石に灰色～縞状軽石を混じえるようになり、後期には灰色軽石が主体となっている。このような変化は、化学組成よりもむしろ火山ガラス中の晶子の量によるらしく、灰色軽石は多数の晶子を含み、一般に発泡が悪くて硬い。さらに今回の軽石の特徴は、いずれも降下中に冷却割れ目がいって、容易に壊れることである。

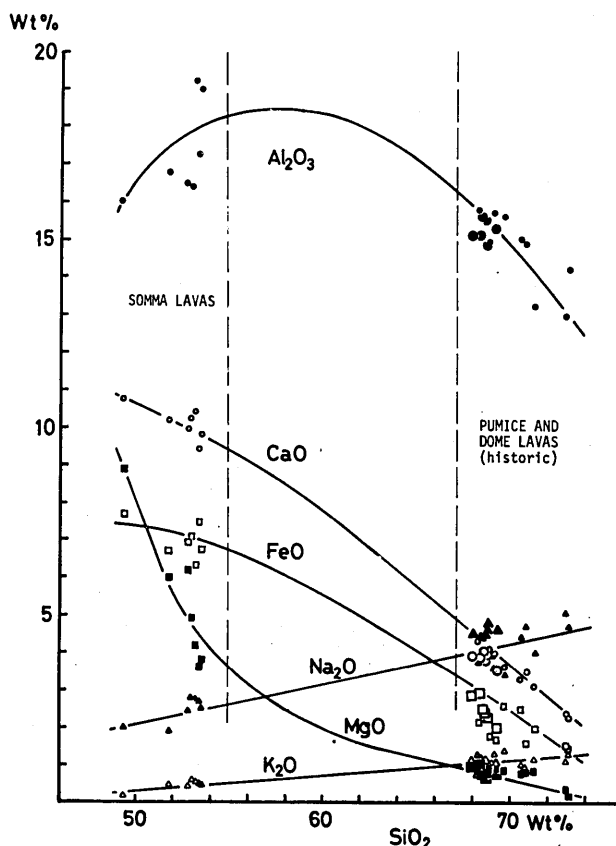
第2表 歴史時代における有珠山の本質噴出物の化学組成

Year	1663			1822	1853		1944			1977					
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SiO ₂	73.13	73.04	71.25	70.83	70.60	68.26	69.74	69.17	68.89	68.05	68.74	69.34	68.77	68.43	68.57
TiO ₂	0.18	0.26	0.43	0.33	0.36	0.36	0.45	0.41	0.47	0.44	0.45	0.46	0.48	0.44	0.50
Al ₂ O ₃	14.19	12.95	13.21	14.86	15.00	15.77	15.59	15.68	14.92	15.13	15.52	15.34	14.87	15.14	15.58
Fe ₂ O ₃	0.91	1.11	3.19	1.86	1.37	1.91	1.52	2.37	3.01	1.80	1.42	1.45	1.53	1.61	1.45
FeO	1.51	1.54	1.96	1.61	2.49	2.15	2.59	1.72	1.78	2.88	2.39	2.00	2.34	2.95	2.49
MnO	0.08	0.06	0.27	0.09	0.09	0.31	0.08	0.20	0.16	0.20	0.08	0.12	0.14	0.15	0.16
MgO	0.22	0.36	0.84	0.78	0.77	0.99	0.85	0.92	0.90	0.96	0.84	0.75	0.69	0.96	0.79
CaO	2.30	2.41	3.10	3.53	3.30	4.37	3.63	4.00	4.10	3.93	3.78	3.56	3.93	3.93	4.06
Na ₂ O	4.71	5.07	4.02	4.71	4.42	3.83	3.43	3.63	4.00	4.54	4.62	4.63	4.77	4.41	4.46
K ₂ O	1.32	1.14	1.15	0.93	0.98	1.29	1.36	1.32	1.03	1.13	1.10	1.02	1.07	0.92	1.13
P ₂ O ₅	0.36	0.43	0.46	0.08	0.21	0.18	0.22	0.20	0.24	0.19	0.28	0.32	0.38	0.14	0.27
H ₂ O(+)	0.66	1.02	0.50	0.05	0.69	}0.51	0.67	}0.37	0.12	0.56	0.47	0.21	0.27	0.55	0.24
H ₂ O(-)	0.15	0.21	0.25	0.18	0.12		0.23		0.32	0.14	0.19	0.20	0.06	0.02	0.12
Total	99.72	99.60	100.63	99.84	100.40	99.93	100.36	99.99	99.94	99.95	99.79	99.40	99.30	99.65	99.82

文献1)、4)

火山灰は帯青灰色を呈し、歴史時代の有珠火山灰のように粘土鉱物を数%含んでいる。粘土はモンモリロナイトを主成分としており、このため今回の火山灰は、高い陽イオン置換能と吸着性・粘性をしめし、大気や水中での分散性が大きい。したがって、8月8日午後から9日朝の降雨中の降灰では既述のように森林・農作物の被害が極めて大きかったのである。この粘土は変質した火口原堆積物（恐らく湖沼堆積物）に由来したものである。事実8月20日ごろになって、火口原ではパホイホイ溶岩流に似た形態の粘土流が地殻変動によって2条の割れ目から絞り出されているのが目撃された。この粘土もほぼ純粋なモンモリロナイトである。

以上のほか、マグマに直接由来した本質火山岩塊・パン皮火山弾もかなり多量に放出された。類質・異質岩塊も放出された。本質岩塊・火山弾の大部分は、Big III・VIの後期および最後のSBの噴出に伴って放出されたものである。特にSBは多量の本質岩片に富んでいる。このことはマグマ溜り上部の揮発成分（おもに水）に富む部分がまず発泡して噴出し、次第に揮発性分の乏しい下位のマグマの噴出に移行すると発泡が悪くなって本質火山岩塊を放出するようになり、遂に噴火が停止したことを暗示する。



第8図 有珠山の溶岩・軽石などの化学組成変化^{1) 4)}
 歴史時代噴出物はいずれも珪長質であるが、
 このうち1977年輕石（大きな符号）は最も
 シリカ・アルカリに乏しく、カルシウム・マ
 グネシウムに富んでいる。

珪長質マグマは揮発成分に乏しくなると著しく粘性が増大する。したがってこのようなマグマは狭い火道を容易に通過できず、地殻変動を伴いながら徐々に上昇するといった有珠型の活動にはいったものと思われる（1978年1月18日稿）。

参 考 文 献

- 1) Katsui and others (in press) : Preliminary Report of the 1977 Eruption of Usu Volcano. J. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. 4.
- 2) 勝井義雄・新井田清信・大場与志男・鈴木建夫・近堂祐弘（印刷中）：1977年有珠山噴火の地質学的研究 — 序報。農業土木学会誌。
- 3) 近堂祐弘・近藤鍊三・勝井義雄（印刷中）：1977年8月噴出の有珠火山灰の粘土鉱物。土壌肥料学雑誌。
- 4) Ōba, Y. (1966) : Geology and petrology of the Usu Volcano, Hokkaido, Japan. J. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. 4. 13, 183 - 236.
- 5) 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