

# 「有珠火山地質図 第2版」改訂のポイント

東宮 昭彦<sup>1)</sup>

## 1. はじめに

2007年秋に「有珠火山地質図」の改訂第2版が出版されました。ここでは、どこがどのくらい変わったのか、その改訂のポイントについて解説します。

### 1.1 火山地質図とは

産総研地質調査総合センターからは多くの地質図類が出版されていますが、火山関係では「火山地質図」のシリーズが主なものです。火山地質図はB2判両面印刷で、基本的には表側に地質図(青ヶ島火山を除き1:25,000~1:50,000)、裏側にその火山についての解説、という統一フォーマットを持っており、

1981年以来現在までに14火山について刊行されています。各火山についての噴火履歴や噴出物分布などがコンパクトにまとめられていることから、火山防災や火山観測調査の基礎資料として多くの関係者に利用されています。「有珠火山地質図」の初版(曾屋ほか, 1981)は、シリーズNo.2として1981年に刊行されました。

### 1.2 有珠火山

有珠火山は北海道南西部にあって、数十年おきに噴火を繰り返している日本有数の活火山です(写真1, 第1表)。洞爺湖畔の風光明媚な地にあり、山麓には北海道有数の観光地である洞爺湖温泉を抱えてい



写真1 北西から見た有珠火山の全景。玄武岩～玄武岩質安山岩の外輪山溶岩から成る成層火山体の上に、大有珠・小有珠といった歴史時代の溶岩ドーム・潜在ドームが乗っている。2箇所の噴煙はそれぞれ金比羅山火口群と西山西麓火口群からのもの。2000年4月1日筆者撮影。

1) 産総研 地質情報研究部門

キーワード: 有珠火山, 火山地質図, 2000年噴火, 火砕流, 溶岩ドーム, マグマ, 防災

第1表 有珠火山の噴火年表(曾屋ほか, 2007).

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 Us-2000 降下軽石・火山灰	0.001 km <sup>3</sup>	2000年隆起域 (潜在ドーム)	2000年	降灰・火山泥流・地殻変動 により災害
		Us-1978 降下火山灰 Us-1977 降下軽石・火山灰	0.09 km <sup>3</sup>	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-Ia 降下火山灰	0.001 km <sup>3</sup>	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 Us-IIa 降下火山灰	0.003 km <sup>3</sup>	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
		嘉永(立岩)火砕流 Us-IIIa 降下軽石・火山灰	0.35 km <sup>3</sup>	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
		文政火砕流 Us-IVa 降下軽石・火山灰	0.28 km <sup>3</sup>	オガリ山 潜在ドーム	1822年	火砕流により南西麓で 1村全焼, 死者82名
		明和火砕流 Us-Va 降下軽石・火山灰	0.11 km <sup>3</sup>	小有珠 溶岩ドーム(※)	1769年	火砕流により南東麓で 家屋火災
		先明和噴出物	?	?	17世紀末	記録なく詳細不明
		Us-b <sub>1</sub> -b <sub>6</sub> 降下火山灰 火砕サージ Us-b 降下軽石	2.5 km <sup>3</sup>	?	1663年	多量の降灰により 家屋埋積・焼失, 死者5名
		休 止 期				若生貝塚 2,860 ± 950y.B.P. (GaK-4199) 縄文早期-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		
中 期 更 新 世 鮮 新 世	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 112-115ka		
中 期 更 新 世 鮮 新 世	上長和層					
	滝ノ上火砕流堆積物					
	社警火砕流堆積物					
新第三紀火山岩類						

(※) 小有珠溶岩ドームの形成時期は従来1663又は1769年のいずれかと考えられてきたが, 岩石学的特徴が1769年の火砕物と良く一致する一方1663年のものとは全く異なることから, 1769年噴出物の可能性が高い。

ます。最近では2000年に噴火して、周辺住民1万人が避難するなど、地域に大きな影響を与えました。この2000年噴火ですが、有珠の噴火としては最も規模の小さいタイプのものでした。過去にはもっと大きな噴火が何度も起こって、山麓に破壊的な被害を与えたことが分かっています。例えば1822年(江戸時代文政年間)の噴火では、火砕流によって山麓の住民82名が犠牲になっています。この文政火砕流の堆積物は、山麓の広い範囲で今でも数十cm以上の厚さで見られます。また、1663年(江戸時代寛文年間)の噴火は更に大規模なものでした。このような過去の噴火の事例を知っておくことは、今後の火山防災を考える上で重要なことです。有珠火山地質図には、有珠火山の過去の噴火事例が分かりやすくまとめられています。

### 1.3 有珠火山地質図の改訂

有珠火山地質図(初版)が出版されてから25年以上が経過しました。初版出版後、有珠について様々な新事実が分かってきたほか、新たに2000年噴火も起こりました。そこで、今回改訂版を作成することになりました。

改訂にあたっては、必要最小限の改訂にとどめ、迅速に第2版を出版する、という方針になりました。このため、今回完成した「第2版」(曾屋ほか, 2007)を「初版」(曾屋ほか, 1981)と見比べてみると、見かけはそれほど変わっていないように見えるかもしれませんが、しかしよく見れば、多岐にわたって様々な改訂が行われています(第2表)。特に大きく改訂されたのは第3章「歴史時代の噴火」および第5章「活動の監視・観測」です。

本稿では、有珠火山地質図「第2版」の「初版」からの変更点について解説します。これにより、第2版を効果的に読み取ることができるよう。また、火山地質図の改訂は有珠火山が初めての例になります。火山地質図は、新たな噴火が起こったら改訂しなければならない宿命を帯びています。今回の改訂作業の記録は、同種の改訂を今後行なう際の参考になりうるでしょう。

有珠火山地質図第2版の内容については、初版から引き継いだ部分は曾屋・勝井・新井田・堺の4氏が、第2版で改訂した部分は東宮が担当しています。なお、主著者であった曾屋氏はたいへん残念なこと

## 第2表 有珠火山地質図第2版における重要な改訂点。

### <主な追加事項>

- ・2000年噴火やその噴出物等に関する各種情報・解説
- ・先明和噴火について
- ・有珠の噴火シナリオ図、噴火パターンの解説
- ・有珠火山マグマ供給系のモデル化について

### <重要な修正事項>

- ・1910年噴火の継続期間は5ヶ月以上(10日間ではない)
- ・1822年噴火の継続期間は4ヶ月以上(19日間ではない)
- ・1822年噴火の犠牲者は82名(50名ではない)
- ・小有珠溶岩ドームの形成は1769年噴火(1663年ではない)
- ・有珠火山の活動は更新世末期から(完新世より古い)
- ・1910年火山泥流堆積物の分布を修正

に2006年6月にお亡くなりになりました。

以下、改訂のポイントについて解説していきます。

## 2. 改訂のポイントその1：2000年噴火

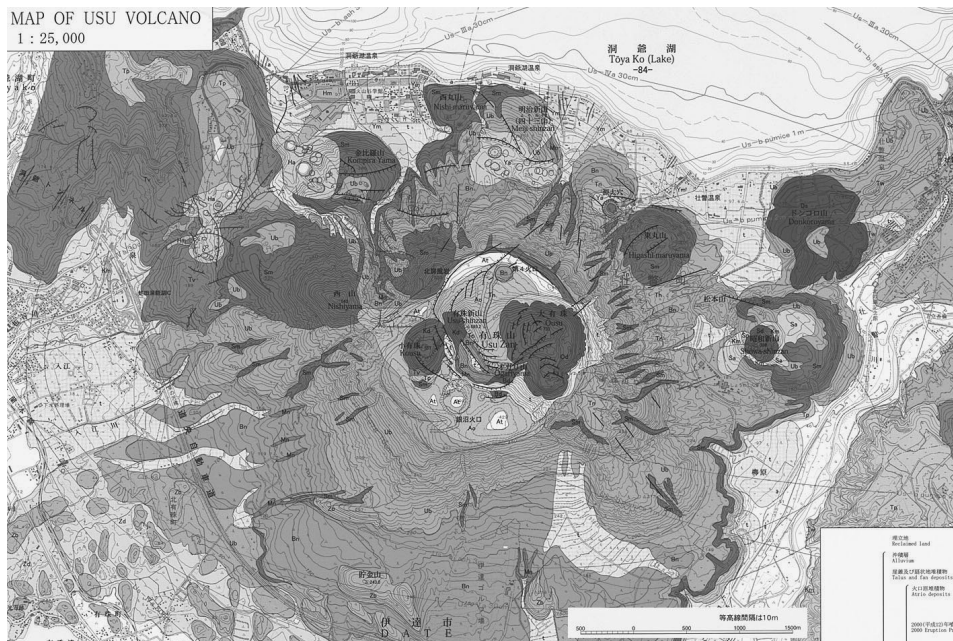
### 2.1 2000年噴火の概要

今回の改訂の最大のポイントは、やはり2000年噴火に関する記述の追加です。

2000年噴火は、噴火初日(3月31日)に起きたマグマ水蒸気噴火を除けば、比較的小規模な水蒸気爆発を繰り返した程度で、噴出量は有珠の歴史時代の噴火の中でも最小クラスです。とはいえ、山麓には多数の火口が形成され、火口群周辺には火山灰や火山れきなどの噴出物(降下火砕物)が厚く堆積していますし、火山泥流(特に火口から直接流れ出したもの;熱泥流)を出したり、大きな地殻変動も引き起こしています。第2版の地質図では、2000年噴火による降下火砕物(Us-2000層)と火山泥流堆積物それぞれの分布域、火口群、断層、隆起域(潜在ドーム)を加えました(第1図;第2版の地質図より)。

2000年火口群については別の図も作成し(第2図(a);第2版の第11図より)、火口の形成確認日を示すことによって、次々と火口が形成されていく様子が分かるようにしました。この図には、2000年噴火の中で特に規模の大きかった3月31日と4月4日の爆発による噴出物の等層厚線も示しています。

解説本文においては、2000年噴火の推移を述べるとともに(第2版の3章)、地震および測地観測データ



第1図 有珠火山地質図第2版(曾屋ほか, 2007)の地質図の中央部分. 2000年噴火の噴出物・火口・断層・隆起域などが加筆されたほか, 1910年噴火の火山泥流分布などが修正されている.

と岩石学的データとを合わせて推定されたマグマの上昇過程を説明しました(第2版の5章; 後述).

## 2.2 2000年火口群

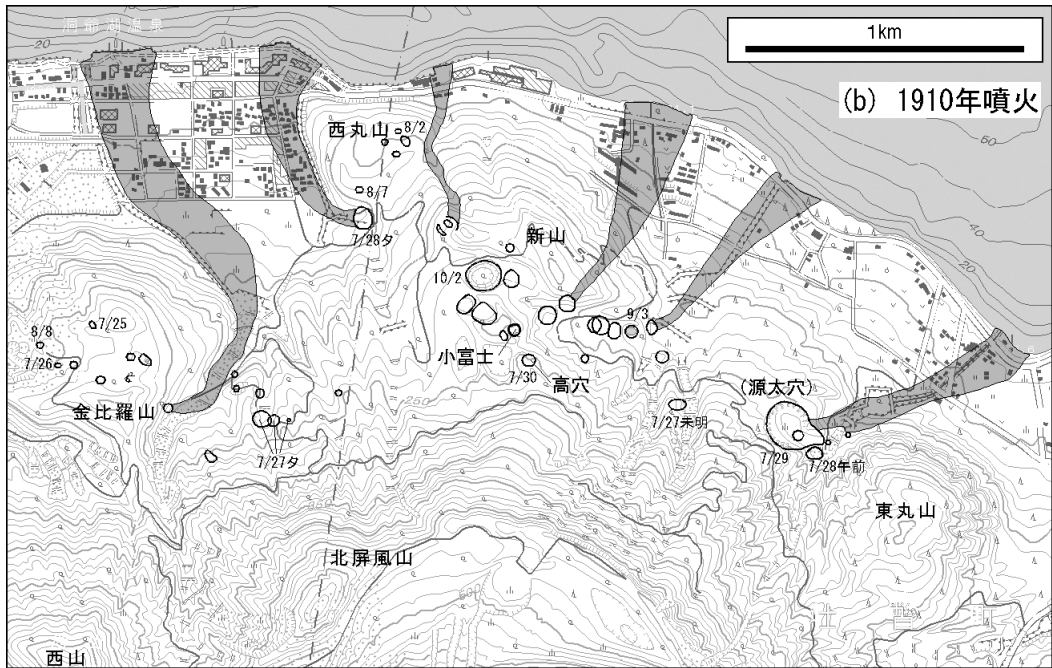
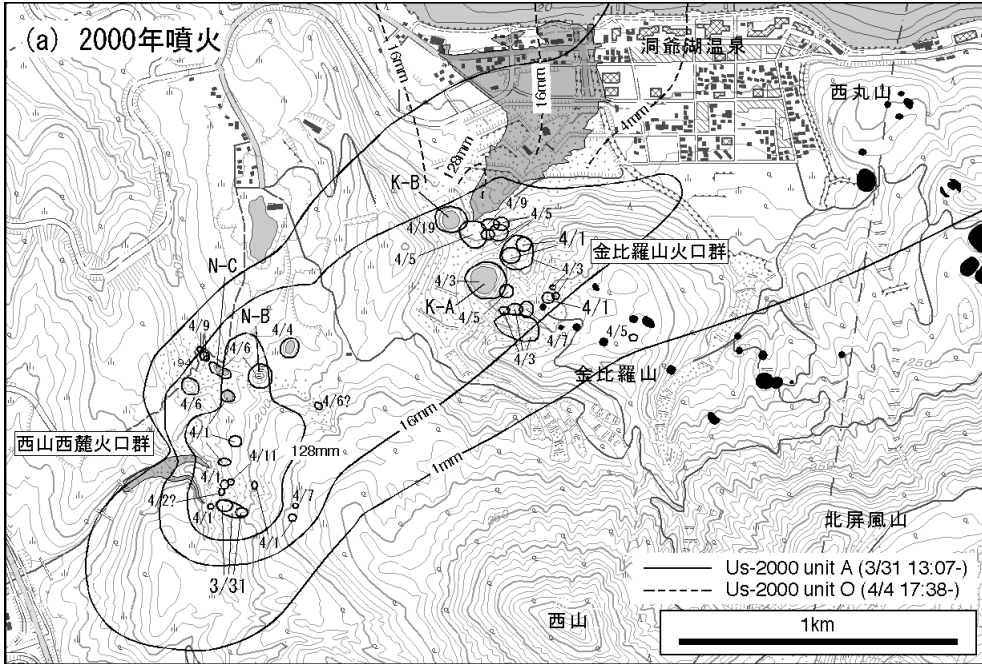
2000年噴火では, 一連の爆発によって新たに65ヶ所もの火口が約2週間の間に次々と開きました(宇井ほか, 2002\*). 火口は, 西山の西麓(西山西麓火口群)と金比羅山の北西斜面(金比羅山火口群)の2ヶ所に集中して開きました(第1図, 第2図(a)). このうち西山西麓火口群は, 最初で最大の3月31日噴火の火口を含むほか, 後にマグマが地下から地表を押し上げて隆起域や断層群を作ったときの隆起中心にもあたっています. このため, マグマの主たる出口(あるいは出ようとした口)は西山西麓であったと考えられます. 一方, 金比羅山火口群は, 1910年火口群の延長線上にきれいに乗って分布しています. つまり, 既にあった弱線(地面の割れやすいところ)に沿って火口が開いたものと考えられます. 有珠火山では, このような弱線がいくつかあり, 過去の噴火の火口や溶岩ドーム・潜在ドームの分布はこうした線上に並ぶ傾向があることが知られています. このことは, 将来どこに火口が開く可能性があるかを考える上で重要で

す.

第2版の地質図に示した2000年火口群の位置や形成時期は, 宇井ほか(2002\*)を基本情報としましたが, 筆者自身の観察(東宮, 2001)や八幡ほか(2002\*)なども参考にしました. 図に示した日付(第2図(a))は, それぞれの火口が「初めて確認された日」ですが, 3月31日と4月1日のものを除き, 必ずしも「形成された日」を意味しませんので注意が必要です. これは欠測日や見落としの可能性があるので. 火口によっては「初めて確認された日」が観測者によって違うケースがありますが, この場合は「より早い観測」を優先しました. 各火口の位置については, 北海道立地質研究所(2007\*) [岡崎ほか]掲載の「赤色立体地図」(航空写真を特殊加工して地形を見やすくしたもの)も参考にしました. 宇井ほか(2002\*)などによる火口位置の記載と赤色立体地図の火口地形とは良く一致していました.

## 2.3 2000年噴出物

2000年降下火砕物(Us-2000)は2000年火口群周辺に厚く堆積していますが, 火砕物(火山灰・火山れきなど)のほとんどは火口付近にもともと積もっていた



第2図 2000年噴火と1910年噴火の火口域。(a) 2000年噴火。山麓で多数の火口が次々に開いて噴火を繰り返した。日付は火口の形成確認日。比較のため、1910年噴火の火口を黒つぶしで示した。金比羅山火口群は、1910年火口群の延長線上の、洞爺湖温泉街からわずか数百mのところを開いた。有珠火山地質図第2版の第11図を改変。(b) 1910年噴火。2000年噴火と同様、山麓の広範囲に多数の火口が開いた。日付は火口の形成確認日。有珠火山地質図第2版掲載情報をもとに編集。

土砂などが吹き飛ばされたもの(類質・異質物)です。今回活動した新しいマグマを起源物質とする軽石や火山灰(本質物)は、3月31日の噴出物の中に数十%含まれるくらいです(東宮ほか, 2001\*; 中川ほか, 2002\*)。第2版の地質図では、2000年降下火砕物および火山泥流堆積物の分布域は、八幡ほか(2002\*)に基づきました。これらの分布の様子は、1910年噴火の降下火砕物および火山泥流堆積物の分布とパターンが良く似ています(第1図)。

第2版の第11図(本稿第2図(a))に載せた等層厚線は、大野ほか(2002\*)および長井ほか(2002\*)に基づきます。単位面積当たりの重量から層厚への換算は、 $1\text{mm}=900\text{g}/\text{m}^2$ を用いました。

## 2.4 2000年の断層群と隆起域

2000年噴火では、噴火開始から何日かたつと、地面の隆起と断層群の発達が目立つようになりました。地下のマグマが上昇して地盤を变形させたためです。もしそのままマグマ本体が地表に現れれば、昭和新山(1943~45年噴火で形成)のような溶岩ドームができたはずですが、2000年噴火ではそこまで至らないまま噴火が終わりました。第2版の地質図では、2000年の断層群は廣瀬ほか(2002\*)に、隆起域は関口ほか(2001\*)による地形の写真判読に、それぞれ基づきました。

なお、2000年隆起域は、成因を考えれば潜在ドームですが、元々の地形が平らでなかったため、できあがった地形はドーム状に見えません。世の中には、地形がドーム状でないばかりに見落とされている潜在ドームがあるかもしれません。

## 3. 改訂のポイントその2: 歴史時代の噴火

2000年よりも前の歴史時代の噴火については、基本的に初版の記述を引き継いでいますが、細かい点で様々な改訂をしています。このうち地質図上の分布が変わったものに1910年火山泥流堆積物が、噴火年代が変わったものに小有珠溶岩ドームがあります。また、1910年と1822年の噴火の推移については、噴火当時の資料に遡って再検討した結果、噴火の継続期間などが修正されました。このほか、新たな噴火事件として先明和噴火(17世紀末頃)が加わりましたが、堆積物が微量のため地質図には描かれていません。以

下、それぞれについて解説します。

### 3.1 1910年(明治)噴火

1910年の噴火と2000年の噴火はいろいろな点で似ています。どちらも、山麓で多数の水蒸気爆発を起こして何十個もの火口を作り、火口から火山泥流を出し、潜在ドームを作っています(第2図)。そこで、2つの噴火を比較する意味で、1910年噴火について再検討を行ないました。明治噴火当時の文献(Omori, 1911\*; 佐藤, 1910\*, 1913\*)にまで遡り、さらには当時の記録を復刻あるいは収集した資料(三松, 1993; 岡田・三松, 2004; など)にも当たって記載を確認したところ、いろいろと改訂すべき点が見つかりました。

まず、1910年噴火の継続期間です。有珠火山地質図初版では“噴火は8月5日には終わった”とあり、開始(7月25日)から約10日間しか噴火が継続しなかったことになっています。しかし実際には1910年8月中旬以降も爆発と火口の形成は続いていました。例えば爆裂火口の数は、8月2日に約15個、8月10日に少なくとも28個、そして11月12日には約45個になっています(第2図(b))。また、少なくとも1910年12月11日までは噴火の記録があります。つまり、1910年噴火は数ヶ月以上継続していたわけです。噴火の継続期間は防災上からも重要な情報で、10日間で終わるのか数ヶ月続くのかでは大きな違いと言えるでしょう。初版に見られる「8月5日」ですが、佐藤(1913\*)の“明治四十四年八月五日巡回の際には是等の火孔の多数は殆ど全く其活動を中止し”という記述を明治四十三年(1910年)と読み誤ったのではないかと推察されます。第2版では、“噴火活動は翌年8月5日までには停止した”と修正しました。

次に前兆地震活動です。これは清野ほか(2000)も指摘していることですが、前兆地震と言える活動が始まったのは噴火の4日前である7月21日でした(Omori, 1911\*)。初版では7月19日(6日前)とされていましたが、これは有珠の活動とは無関係の地震を含めてしまっていたためです。

それから、火山泥流についてです。初版の地質図に示された1910年火山泥流分布域は、実際とやや異なっていました。今回、佐藤(1913\*)の当時の記載を参考にしつつ、初版出版以降に公表された詳細な泥流分布(近堂ほか, 1982\*)に基づいて、1910年火山泥流分布域を適切なものに修正しました(第2図

(b)). なお、噴火当時の記録では1910年に火口から直接流れ出た泥流は5ヶ所とされていますが、ここでは近堂ほか(1982\*)の現地調査結果に基づき6ヶ所としています。

最後に火口の分布についてです。火口の分布は、佐藤(1913\*)による当時の詳細な記載を基本情報としました[これに対し佐藤(1910\*)の火口分布図は暫定版であり不正確なので要注意]。1910年噴火の火口域は、今では植物が繁茂するなど火口地形が明瞭でないため、現在の地形図や現地調査では確認が困難です。その後、前述の「赤色立体地図」により1910年噴火の火口地形が驚くほどよく見えた(北海道立地質研究所, 2007\* [岡崎ほか])ののですが、これが佐藤(1913\*)の記載とかなり合っていました。第2版の地質図では、この赤色立体地図の情報をを用いて佐藤(1913\*)の記載を修正した火口位置を載せています。それ以外の「火口のように見える地形」は載せていません。このため、近堂ほか(1982\*)に示された火口分布とは一部異なっています。なお、1910年火口の配列については、「全体が円弧状」に並ぶとする考え(Omori, 1911\*)と、西丸山から東丸山にかけての火口列および金比羅山付近の火口列の「2列」とする考え(佐藤, 1913\*)がありました。2000年の金比羅山火口群が1910年火口群(金比羅山付近)の延長線上にきれいに乗ることを考えると、後者のように「2列」と考えたほうが妥当でしょう。

### 3.2 1822年(文政)噴火

1822年の噴火では、火砕流が山麓の広い範囲に達し、有珠火山の噴火史上最悪の犠牲者を出しました。現在有珠火山で用いられているハザードマップ(災害予測図)は、このときの火砕流の到達範囲を想定して作られています。こうした意味で、有珠で最も注目すべき噴火と言えるでしょう。

この噴火では、爆発的な噴火によって噴煙柱が高く立ち上り(準プリニー式噴火)、軽石や火山灰を降らせました(Us-IVa層)。さらに、高温の火砕流が何度も発生し、山麓を焼き払いました(文政火砕流)。82名(および馬1,437頭)とされる犠牲者は、3月23日(旧暦二月一日)に起きた最大の火砕流によるものです。そして、最後には潜在ドーム(オガリ山)を形成しました。軽石噴火+火砕流+溶岩(潜在)ドーム、という噴火パターンは、有珠火山で何度も見られる典型的な

ものです。これは、有珠のようにシリカの多いマグマ(デイサイト～流紋岩)ではふつうに見られる噴火パターンです。

最近、1822年噴火当時の史料<sup>おおうすざんしょうほうにっき</sup>「大白山焼崩日記」が新たに見つかり、この噴火について詳しいことが分かってきました(川鯨, 2007)。この史料も含め、1822年噴火について再検討した結果、初版から改訂すべき点がいくつか出てきました。

まず、噴火による死者数です。初版では“50名死亡、53名負傷”とされていましたが、現在最も信頼できる数字として“82名死亡”を第2版では採用しました。「大白山焼崩日記」および「ウス山焼一件御届書寫」(これも噴火当時の史料)に基づき、アイヌ76名と和人6名が犠牲になったと読みました。ただし、200年近く昔の記録である上、噴火直後は現場も混乱していたので本当の数字はよく分からないのではないかと、という指摘もあります。例えば、三松・多田(2003)は103名という数字を(多少無理な解釈は承知の上で)提唱しています。

次に、噴火の継続期間です。初版によれば噴火は3月31日(旧暦二月九日)まで続いたとされており、これだと噴火開始(3月12日)からわずか19日後ということになります。しかし、各種史料を検討した結果、少なくとも7月3日(旧暦五月十五日)までは噴火が継続しており、さらに長く続いた可能性が高いと考えられます。そこで、第2版では“噴火は少なくとも4ヶ月以上続いた”と修正しました。1910年噴火の例と同様、噴火継続期間の修正は、防災上も重要な変更と言えます。初版に見られる旧暦二月九日ですが、横山ほか(1973\*)の記述“旧暦2月9日まで活動が続いたが、その後静かになっていった”の読み方に原因があったものと推察されます。この文は、少なくとも2月9日まで活動があった、ということを示しているだけで、噴火終了はあくまで「その後」でありました。実際には、噴火当時の史料の1つ「役僧日記」の記述が旧暦二月九日で中断されていただけだったのです。

最後に、火砕流の発生回数です。初版では、3月15日(旧暦閏一月二十二日)(注:初版記述の“旧暦一月”は“旧暦閏一月”が正しい)に“最初の火砕流が山麓近くまで流下”し、3月23日(旧暦二月一日)に“前回よりも大きな2回目の火砕流が発生”したと記されています。文政火砕流堆積物が山麓では大きく2つのフローユニットに分かれて見えることもあって、1822年

第3表 有珠火山地質図の図表の改訂.

初版 (1981)		第2版 (2007)	
表紙写真 東方から見た有珠火山と昭和新山		差替	表紙写真 北西から見た有珠火山
第1表 有珠火山の形成史と歴史時代の噴火	改訂		第1表 有珠火山の形成史と歴史時代の噴火
第2表 有珠火山の代表的な本質噴出物の化学組成	改訂		第2表 有珠火山の代表的な本質噴出物の化学組成
第1図 有珠火山周縁の代表的柱状図	改訂		第1図 有珠火山周縁の代表的柱状図
第2図 昭和新山溶岩ドームの成長を示すミマツダイアグラム			第2図 昭和新山溶岩ドームの成長を示すミマツダイアグラム
第3図 有珠火山1977年8月7-14日、噴火の推移			第3図 有珠火山1977年8月7-14日、噴火の推移
第4図 有珠火山1977年8月7-14日噴出物の降灰域			第4図 有珠火山1977年8月7-14日噴出物の降灰域
第5図 有珠火山付近における1977年8月7-14日降下火砕物の分布	割愛	改訂	第5図 有珠火山1977-78年の噴火に伴った降灰、土石流、地殻変動による災害発生域
第6図 1977-1978年噴火前後における有珠火山口の地形変化			第6図 1977-1978年噴火前後における有珠火山口の地形変化
第7図 有珠火山1977-78年の噴火に伴った降灰、土石流、地殻変動による災害発生域			第7図 北方からみた有珠火山
第8図 北方からみた有珠火山		改訂	第8図 有珠火山の本質噴出物の化学組成変化図
第9図 有珠火山の本質噴出物の化学組成変化図		新	第9図 有珠火山2000年噴火開始時の震源分布および地殻変動
第10図 有珠火山1977-1978年噴火と地震エネルギー放出率・オガリ山隆起速度の推移	割愛	新	第10図 有珠火山の過去の噴火シナリオ
第11図 有珠火山で1978年8月に発生した地震の震央分布	割愛	新	第11図 有珠火山2000年噴火の火口及び火山泥流の分布
第12図 空中赤外線映像による有珠火山口の表面温度、1978年9月24日	割愛		

噴火では火砕流が「2回」(だけ)起こったものとされてきました。しかし、当時の史料の記述や堆積物の詳しい観察からは、火砕流がもっと何度も発生していたと考えられました(堺幾久子、私信)。そこで第2版では、3月15日頃に“おそらく最初の火砕流が山麓近くまで流下”し、3月23日に“最大の火砕流が発生”，と記述を変更しました。

### 3.3 1769年(明和)噴火と小有珠溶岩ドーム

有珠火山の溶岩ドームのうち、小有珠溶岩ドームの噴出年代がこれまで未確定でした。小有珠の形成に関する歴史記録がないためです。1799年(寛政十一年)の古文書のスケッチに小有珠が描かれていることから、1769年あるいはそれ以前の噴火でできたことは分かっています。このため有珠火山地質図初版では、1663年または1769年のどちらかに形成されたと本文中では述べ、地質図(凡例)では1663年噴出物の中に含まれていました。

しかしその後の研究により、小有珠溶岩の岩石学

の特徴(化学組成、岩石組織、斑晶組織、など)は、1663年噴出物とは全く異なり、1769年噴出物とそっくりであることが分かりました。そこで、第2版では小有珠溶岩ドームを1769年噴出物として扱うようにしました。

### 3.4 先明和噴火

最近、1663年噴出物層と1769年噴出物層の間に、新たな噴出物層が発見され、これに対応する噴火として「先明和噴火」が提唱されました(北海道立地質研究所, 2003\* [p.1-96, 田近ほか]; 中川ほか, 2005\*)。この噴出物は、北西山麓の極めて狭い範囲の数ヶ所でしか確認されず、層厚は最大で15~20cmというものですが、本質(マグマ起源)の軽石が含まれており、マグマ噴火があったと考えられています。この噴火に対応する歴史記録は確認されておらず、噴火の詳細は不明です。

第2版では、噴火年表(第1表)、歴史時代の噴火の解説文、地質図凡例、のそれぞれに先明和噴火を



加えました。ただし、噴出物が微量で層厚も薄いため、地質図には表現していません。凡例には「地質図では省略 (Not shown in the geological map)」と付記してあります。

### 3.5 その他の噴火

その他の歴史時代噴火に関する改訂としては次のものがあります。

1943～45年(昭和18～20年)噴火について、1944年7月11日の爆発で低温(60～70℃)の火砕サージが発生して保安林や小屋を吹き倒したという記述を追加しました。溶岩ドームが出現する前の時期、マグマ水蒸気噴火に伴って低温の火砕サージが発生することがある、という事例を示す点で重要と考えました。また、フカバや東九万坪といった当時の地名が現在のどこにあたるかの説明を加えました。

1977～78年(昭和52～53年)噴火については、有珠新山の隆起が1982年3月まで続いたという記述を追加しました。初版は、有珠新山がまだ隆起を続けている間に出版されたのです。一方で、この噴火に関するいくつかの図と説明を割愛しました。2000年噴火に関する図と説明のための紙面を確保する必要があったためです。割愛された図は第3表に示しました。

## 4. 改訂のポイントその3：有珠火山形成史と洞爺火砕流

歴史時代より古い活動に関しても基本的に初版の記述を引き継いでいますが、いくつかの変更点があります。

まず、有珠火山がいつ形成され始めたかについて、初版では完新世初期(約1万年前)としていましたが、第2版では約1～2万年前としました。これは、有珠火山形成初期の噴出物である有珠外輪山溶岩およびドンコロ山スコリア丘の年代が、1万年前より古いことが分かったためです。時代としては、完新世ではなく後期更新世からということになります。具体的には、外輪山溶岩活動期に噴出した有珠起源のテフラが、広域テフラである濁川(Ng)テフラより下位にあり、Ngの年代値が1.2～1.5万年前であることによります(山縣, 1996; 町田・新井, 2003\*)。活動の開始時期については、4万年前(支笏火砕流; Spfl)より新しい

ということ以外、正確な年代が分かっていません。

次に、7,000～8,000年前に起きた山体崩壊(善光寺岩屑なだれ)について、初版では“有珠山の山頂部は磐梯山の1888年の噴火のように水蒸気爆発によって山頂部が崩壊”したとされていましたが、この山体崩壊に伴い噴火があった証拠が無いことから、次のように修正しました：“有珠山の山頂部は大きく崩壊して現在の磐梯山のような姿になり……”。

また、有珠が生まれる前の洞爺火砕流については、初版の頃は年代がきちんと決まっていなかったが、その後様々な放射年代値、他の広域テフラとの層位関係、酸素同位体層序が確立したことから、第2版では11.2～11.5万年前(町田・新井, 2003\*)の値を載せました。また、広域に分布する火山灰は150 km<sup>3</sup>を超えることも追記しました。

このほか、初版の柱状図でN.Us-c降下軽石とされていたものは、Kt-2(クッタラ第2; 倶多楽カルデラ起源)テフラに改めました。

## 5. 改訂のポイントその4：噴火のモデル化

第2版では、新たな視点による解説の追加も行なわれました。1つは有珠の噴火パターンの分類(噴火シナリオ)について、もう1つは有珠火山のマグマ供給系のモデル化についてです。

### 5.1 噴火シナリオ図

有珠火山の歴史時代の噴火には、いくつかのパターンがあります。第2版では、この噴火パターンを分類して図示した「噴火シナリオ図」を載せました(第2版の第10図)。歴史時代の噴火は、まず山頂噴火と山腹噴火に大きく二分されます。山頂噴火はさらに、大規模軽石噴火の「1663年タイプ」(山麓で厚さ2mの軽石が堆積)と、それ以外の軽石噴火(山麓で厚さ数十cmの軽石・火山灰)の「1769/1822/1853/1977年タイプ」に分けられます。一方の山腹噴火は、前兆地震期間が約半年と長い「1943年タイプ」と、山頂噴火と同様に前兆地震が数日間の「1910/2000年タイプ」に分けられます。このパターン分類の原形は、2000年噴火の開始直前に当時の地質調査所(現・産総研地質調査総合センター)が火山噴火予知連絡会に提出したもので、噴火推移の予測に役立てられました。

このような噴火パターンを知っておけば、噴火が始

まったときに、その後の推移をある程度予測することができます。例えば2000年噴火が始まったとき、噴火翌日までは「この噴火は1910年噴火と似た推移をたどるだろう」と大まかな見通しを立てることができました。そして、実際にもほぼその通りの展開になりました。

噴火シナリオ図には、どのような噴火現象(軽石噴火、火砕流、溶岩ドーム形成、など)がどのようなタイミング(噴火の初期・中期・後期)と期間(数日間・数週間・数ヶ月)に起こるかがまとめられています。このような情報は、防災対策上も重要です。噴火現象を理解してモデル化する際にもたいへん有効です。

また、噴火シナリオ図に対応して第6章「将来の活動と災害の予測」では、山体崩壊の可能性(可能性は低い)について触れたほか、噴火地点(マグマの出口)が過去のドームを避けて選ばれる傾向についても述べました。

## 5.2 マグマ供給系のモデル化

初版出版後、有珠火山の地下のマグマ供給系(マグマ溜まり)についての理解が大きく進みました(Oba *et al.*, 1983\*; Tomiya and Takahashi, 1995\*, 2005\*; など)。歴史時代(1663年以降)のマグマの化学組成の時間変化や、含まれる斑晶鉱物の詳しい記載(組成、組織、サイズ分布など)、さらに実験岩石学的研究(実験室で岩石を高高温高压で融解させて地下のマグマの実際の条件を再現し、マグマが存在していた温度や深さなどを調べる研究)から、有珠火山の地下のマグマがどこでどのように蠢<sup>うごめ</sup>いているかが分かってきました。また、2000年噴火における様々な地球物理学的観測から、噴火に至るまでのマグマの動き(上昇過程)が推定されました。

第2版では、2000年噴火開始時のマグマの動きを示すデータである震源分布と地殻変動の図(Oshima and Ui, 2003\*)を掲載しました(第2版の第9図)。なお震源については、その後の研究(Onizawa *et al.*, 2007)で位置が精密に決め直された結果、全体の分布が図よりも2kmほど浅く1kmほど南になることが分かっています。

また、有珠火山のマグマ溜まりが深さ約10kmと深さ約4~6kmの2ヶ所に存在することが実験岩石学的研究により推定されていることを述べました(同・第4章末尾)。そして、2000年噴火では深さ10kmのマグ

マ溜まりからマグマが上昇を始め、深さ5~6kmのマグマ溜まりへと注入した後、一部のマグマは水平方向に薄く(シル状に)貫入する一方、さらに上昇を続けたマグマが地表に噴出した、とする噴火モデルを紹介しました(同・第5章末尾)。

## 6. 改訂のポイントその5：全体の構成・体裁と用語の改訂

これまで述べてきたのは内容に関する改訂点でしたが、ここではそれ以外の改訂点について説明します。

### 6.1 全体の構成の変更など

解説本文の構成として大きく変わった点は、既に述べたように、2000年噴火や先明和噴火についての説明の追加と、1977年噴火についての説明の一部割愛(特に「活動の監視・観測」における記述)です。また、「歴史時代の噴火」の章の冒頭に「歴史時代の噴火の特徴」という節を設け、内容を拡充しています。初版にあった用語解説(「主な用語」)は省略しました。また、「文献」については、第2版改訂にあたって参考にしたものを中心に挙げました。

解説本文の最後に「備考」を加え、地質ユニットの分布を表現する基準が「厚さ約30cm以上」であることなどを明記しました。

章立ての体裁については、各章に章番号を振ったほか、1943~45年噴火の3つの期にも(i)~(iii)の番号を振って、構成が分かりやすくなるようにしました。また、紙面上のページ割り付けは、初版では上下上下とページが進んでいましたが、第2版ではページが右に進んでいくように改めました。初版のp.4に見られるような本文の断片化が起こらないよう、本文や図表のページ割り付けにも配慮しました。

さらに、解説面ではいくつかの図を2色刷りにしました。

### 6.2 図表の追加・割愛・修正

図表の追加・割愛・修正については、第3表にまとめました。追加したものは、2000年噴火に関する第9図・第11図と噴火シナリオ図の第10図です。割愛したものは、1977年噴火に関する旧第5図と旧第10~12図です。また、表紙写真も2000年噴火当時のもの

に差し替えたほか、スケッチを付けました。初版から引き継いだその他の図表の多くも修正を行なっています。

第1図(柱状図)では、N.Us-cをKt-2に修正したほか、凡例を作り直しました。第5図(1977～78年噴火災害)では、用語の変更(後述)と、第1火口の火口番号が落ちていたのを修正しました。第8図(化学組成変化図)では、1663年噴火で注入された高温マグマ(苦鉄質端成分)の組成と2000年噴出物の組成のデータを追加したほか、歴史時代噴出物の化学組成の変化傾向の説明を、結晶分化作用(初版の曲線)からマグマ混合(第2版の直線状の破線)に変えました。また、初版ではFeOのデータが全鉄(2価の鉄と3価の鉄を合わせたもの)ではなく2価の鉄のみの値になっていたので、第2版では全鉄換算した値を使用しました。新たに加えた第9, 10, 11図については、それぞれ本稿の5.2節, 5.1節, 2.1節をご覧ください。

第1表(噴火年表)については、2000年噴火と先明和噴火の追加、小有珠溶岩ドームの噴出年の変更、1822年噴火の死者数の修正、外輪山形成期の時代区分の修正、など様々な修正を行ないました。また、歴史時代の噴火については火砕物体積(Katsui *et al.*, 1981など)のデータを加えました。なお、第2版第1表の1663年の火砕物層序について、「Us-b<sub>1</sub>b<sub>6</sub>」とあるのは「Us-b<sub>1</sub>-b<sub>6</sub>」の誤り(誤植)です。第2表(化学組成)については、2000年噴出物を加えたほか、体裁を大きく変更しました。

### 6.3 地質図・凡例の修正

地質図については、基本的に初版からあまり変えない方針であったため新たな地質調査は行わず、既存の文献データを反映させました。

地質図に新たに加えた地質ユニット(凡例)は、2000年噴火によるUs-2000降下火砕物(Ha)および2000年火山泥流堆積物(Hm)、先明和噴火による先明和降下火砕物及び火砕サージ堆積物(地質図では省略のため記号なし)、それに埋立地(r)です。2000年噴出物については本稿2.3節を、先明和噴出物については3.4節をご覧ください。埋立地については、古い地形図(大正時代～昭和時代初期)と現在の地形図とで海岸線・湖岸線を比較することで、人工的に造成された土地を調べました。内浦湾の海岸沿いに数ヶ所見ることができ、このほか、2000年の活動

に伴う火口・断層群・隆起域(2.2節, 2.4節)を追加しました。

修正した地質ユニットは、1910年噴火の火山泥流堆積物(Ym)で、3.1節で述べたように分布範囲を修正しています。また、同じく1910年火口分布も修正しています。さらに、1910年断層群について、新たに2000年噴出物に覆われた部分(金比羅山西部)については線を消しています。

これらのほか、第2版では「温泉」(源泉位置)と「噴気孔」を、北海道立地質研究所(2003\*) [p.97-137, 秋田ほか]や1:25,000地形図などに基づいて新たに掲載しています。

最後に凡例の色などについてです。2005年度より地質調査総合センター発行の地質図に使用しているカラーチャート(色見本)が改訂されました。そこで、第2版でもこの新しいカラーチャートを使用しています。なるべく初版と同じ色合いのものを選んで使うよう心掛けましたが、地質ユニットによっては初版から微妙に色の印象を変えたものもあります。また、凡例の欄の構成を変え、等厚線は対応する地質ユニットの横に並べて説明しました。このほか、善光寺岩層なだれ堆積物の凡例の構成や説明文を変えたり、潜在ドーム(および隆起域)を青実線から太青破線に変えたり、細かいところで修正をしています。

### 6.4 地形図や地図情報に関する改訂

地質図のベースとなる地形図は、最新の1:25,000地形図を使用しました。初版から26年経過し、この間には旧国鉄胆振線が廃止になったり、道央自動車道をはじめとする新しい道路が開通したり、市町村合併で旧虻田町が洞爺湖町になったりしています。また、北大有珠火山観測所(UVO)が移転しましたが、移転先が地図範囲外になってしまったため、第2版には有珠火山観測所を載せられませんでした。

第2版では、地図上に地名を積極的に表示するようにしました。泉、入江、滝之上(注:地質ユニットTwについては命名者を尊重して「滝ノ上」の表記を継承)、といった地名のほか、ドンコロ山、松本山、貯金山、源太穴、オガリ山、北屏風岩、入江川、板谷川、気門別川、といった山名・河川名、さらには伊達市役所、壮瞥町役場、洞爺湖町役場、を明示しました。また、初版で金毘羅山となっていた漢字表記を金比羅山に修正しました(地形図に準拠)。なお、地

名の記入はすべて横書きに統一しました。

洞爺湖や内浦湾においては、新たに等深線を入れました。主な山には、三角点や標高点を入れました。地質図の左下のスペースに第11図を入れるために、地図範囲を全体的に南北方向に約500m(紙の上で約2cm)ずらしました。測地系(緯度経度)には世界測地系を入れました。

## 6.5 用語の改訂

地質図や解説文に使われている用語のうち、この四半世紀の間に使われなくなったものが出てきました。それらについては、近年使われている用語に置き換えました。例えば次のような用語が挙げられます(それぞれ矢印の左から右に置き換えました): 溶岩円頂丘→溶岩ドーム; 潜在円頂丘→潜在ドーム; 洞爺軽石流→洞爺火砕流; 寄生火山→側火山; 岩屑流→岩屑なだれ; 岩屑流丘→流れ山; 熱雲→火砕流; 中間型火砕流→別の表現に置き換え; 苦鉄質安山岩→玄武岩質安山岩; 紫蘇輝石→斜方輝石; クリプトフェルシチック組織→填間状又は隠微晶質組織, など。これに伴い、いくつかの地質ユニットも名称を変更しました(例: 文政熱雲→文政火砕流)。

また、用語として使われなくなったわけではありませんが、次のような置き換えも行なっています: シルト及び粘土→泥; ベースサージ→火砕サージ(1663年噴火について)。また、「泥流」という用語については、火口から直接流出した高温のものを便宜的に「火山泥流(熱泥流)」と呼び、降雨が堆積物を巻き込んで発生した二次的なものは「土石流」と呼んで区別しました。この件については様々な議論があり、必ずしもこれが正解と言いつれられないかもしれません。例えば、「(火山)泥流」を使うのは問題が多いため、代わりに「ラハール」を用いるのも近年の傾向として見られます。

## 6.6 その他の改訂

読みにくい地名などにはルビ(ふりがな)を振りました。

歴史時代の噴火などで年代を表記するときには、西暦表示を基本とするようにしました。和暦を記す際には、旧暦を漢数字で、新暦(明治6年の改暦以降)をアラビア数字で記して区別するようにしました。例えば、1822年3月9日は「文政五年閏一月十六日」、

1910年7月21日は「明治43年7月21日」などとなります。

地質図上などで地名をローマ字表記する場合には、平成16年11月11日付け国土地理院長達第34号「国土地理院が作成する地図及び地名集における地名等のローマ字表記に関する規程」に従うようにしました。特に問題となるのは地名等の「分かち書き」のやり方で、有珠山はUsu Zan(初版ではUsu-zan)、小有珠はKousu(同Ko-Usu)などとなります。分かち書きにするかしないか、ハイフンや空白の有無、大文字か小文字か、といったことを全ての地名についてチェックし修正しました。

このほか、初版に見られる明らかな誤字脱字の修正、てにをはの修正、その他の表現の変更なども行ないました。

## 7. 残された課題と今後の展開

今回の改訂で反映されなかった事項がいくつかあります。例えば、1853年噴火にはプリニー式(準プリニー式)噴火のステージが無かったのではないかと、いう考えが最近出てきています(堺・小林, 2005)。あるいは、有珠外輪山溶岩よりも前に珪長質なマグマによる爆発的な噴火があったのではないかと、いう説もあります(Us-Kaテフラ; 山縣・町田, 1996; 小林・宮縁, 2006)。これらの問題についてはまだ議論中であり、今後の研究の進展を待ってから反映すべきと考え、第2版では取り入れませんでした。また、北海道立地質研究所(2007\*)[岡崎ほか]では、1910年より古い噴火による火口や潜在ドームと思われる地形が新たに提案されていますが、これも反映していません。

このほか、直接有珠火山には関わりませんが、「新第三紀火山岩類(Tv)」については最近、その一部が第四紀の噴出物であるなど新しいことが分かりつつあり、北海道立地質研究所(2003\*)[p.9-12, 八幡・野呂田]では「虻田火山噴出物」と名前を再定義して最新の理解について述べています。この点についても、今回の改訂では触れませんでした。

有珠火山は多くの研究が進められている火山であり、今後も新たな発見が次々と出てくると考えられます。今回反映されなかった事項も含めて、次の改訂のときに反映されることでしょう。

なお、有珠火山地質図の初版(1981年版)は引き続き、産総研地質調査総合センターの活火山データベースにおいて見ることができます[URL: <http://riodb02.ibase.aist.go.jp/db099/index.html>]

## 8. まとめ

有珠火山地質図の改訂第2版を2007年に出版しました。

初版(1981年)からの主な改訂ポイントは、2000年噴火に関する情報の追加、1977年噴火に関する情報の一部割愛、歴史時代の噴火についての記述の一部見直し、噴火シナリオ図の追加、などです。歴史時代の噴火については、噴火継続期間や犠牲者数などいくつか重要な事実の修正を行なっています。このほかにも、細かなところで種々の改訂を行ないました。

## 備考

本稿の第1図・第2図の作成に当たっては、国土地理院長の承認を得て同院発行の2.5万分の1地形図を使用したもの(承認番号 平18総使, 第625号)を転載・改変しました。

## 文 献

有珠火山地質図(第2版)の文献リストに掲載のもの(本稿の文中で\*印を付した文献)は省略しました。

Katsui, Y., Yokoyama, I., Watanabe, H. and Murozumi, M. (1981): Usu Volcano. In: Katsui, Y. (ed.) Field excursion guide to Usu and Tarumai volcanoes and Noboribetsu spa. Volcanological Society of Japan, 1-37.

川鱈定明(2007): 大白山焼崩日記…文政噴火の日記を読む…。虻田文庫・第一集. 178p.

小林哲夫・宮緑育夫(2006): 有珠火山, 最初期テフラの年代と噴火様式(演旨). 日本火山学会講演予稿集2006年度秋季大会, A02, p.2.

三松正夫(1993): 明治新山活動日記. 昭和新生生成日記-復刻増補版-. 昭和新生生成50周年記念国際火山ワークショップ実行委員会, p.216-222.

三松三朗・多田康之(2003): 過去から現在への災害情報, そして未来へ～温故知新, 古きを学んでやがて再来する自然災害に備える～. 日本災害情報学会.

岡田 弘・三松三朗(2004): 1910年有珠山噴火の時系列総合データファイルの作成. 火山爆発のダイナミクス. 文部科学省科学研究費特定領域研究(領域番号422)研究成果報告書(2)(平成15年度), p.479-506.

Onizawa, S., Oshima, H., Aoyama, H., Mori, H. Y., Maekawa, T., Suzuki, A., Tsutsui, T., Matsuwo, N., Oikawa, J., Ohminato, T., Yamamoto, K., Mori, T., Taira, T., Miyamachi, H. and Okada, H. (2007): P-wave velocity structure of Usu volcano: Implication of structural controls on magma movements and eruption locations. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, vol.160, p.175-194.

堺 幾久子・小林哲夫(2005): 有珠火山, 1853年噴火(演旨). 日本火山学会講演予稿集2005年度秋季大会, A16, p.16.

清野政明・岡田 弘・森 濟・西村裕一・大島弘光(2000): 1910年有珠山噴火に関する資料の再検討(演旨). 日本火山学会講演予稿集2000年度秋季大会, A40, p.40.

曾屋龍典・勝井義雄・新井田清信・堺 幾久子(1981): 有珠火山地質図, 1:25,000. 火山地質図2, 地質調査所.

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. 火山地質図2, 産総研地質調査総合センター.

東宮昭彦(2001): 有珠火山2000年噴火の空撮写真～4月1日に次々と形成された火口群～. 地質調査研究報告, 52, I-II.

山縣耕太郎(1996): テフラ層序に基づく洞爺火山の噴火史(演旨). 地球惑星科学関連学会1996年予稿集, J31-04, p.710.

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. 第四紀露頭集-日本のテフラ. p.50.

トミヤ Akihiko (2008): Commentary on the revision of "Geological Map of Usu Volcano at Scale 1:25000".

<受付: 2008年3月3日>