

2回の有珠山噴火を経験して From experiences of the last two Activities of Mt. USU

北海道大学大学院理学研究科
附属地震火山研究観測センター

森 清

1. はじめに

有珠山は、20世紀に4回の噴火をおこなっており、北海道内はもちろん、我が国でも有数の活動的火山である。

有珠山は、我が国で一般的な安山岩質火山とは異なり、活動時以外は、山体近傍では常時沈降傾向を示すという特性を、20世紀の4回の活動において示した。また、有珠山の噴火前・後の地殻変動形態は、活動時の形態と対応して異なっていた。

そのため、山頂噴火と山麓噴火という大きく異なる最近2回の活動の経験は、今後起こるであろう活動時及びその前後の現象の例として、噴火予知のみならず火山防災のためにも、貴重なものであった。

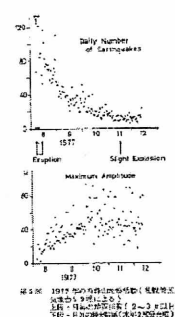
有珠山における火山災害と噴火予知

有珠山における火山災害としては、前兆現象を含めて、火山活動による一次災害と、その後の副次的要因による二次災害がある。その全てを述べることは、私の専門外である。今回は、有珠山の活動の特徴と、それに伴う特殊な災害について述べ、専門とする活動予測による減災の可能性をさぐる。

有珠山が他の火山ときわめて大きく異なっている特徴は、一次災害の中の1)地震活動および2)地殻変動であり、それによる災害も特徴的である。それらについて、最近2回の噴火の経験から得られたことについて以下に述べる。その後、活動の特性から、噴火予知の可能性を考える。

1977-82年の地震活動

前兆地震活動は、噴火の約32時間前から始まった。図に示すように地震の規模・数は次第に増加し、人々を不安に陥れた。地震活動は高周波の地震から低周波の地震の活動へ移行し、地震数の減少傾向が始まった直後に有史の噴火としては、最も短い前兆地震活動期間ののち、1977年8月7日の最初の噴火が9時12分に始まった。



1) 地震活動による災害

有珠山の活動では、前兆時を含め、他の多くの火山ではわずかしかな発生しない有感地震が大量に発生して、被害をもたらしている。

しかし、山頂噴火であった1977-1982年の活動と山麓噴火であった2000年の活動とでは、さまざまな違いが認められた。

その違いは、後で詳しく述べるが、相違の原因は、やはり、山頂噴火と山麓噴火という活動形態の違いを反映したものであった。

1977-82年の地震活動

発生する有感地震の規模は最初の噴火後も増大を続けたが、1977年9月にM4.3に達したのちは、それ以上大きい地震は発生しなかった。また、噴火中には地震活動は低下し、噴火が止まると地震活動が再活発化することが繰り返された。大きい噴火は8月14日を最後に翌年の銀沼火口活動期まで起こらなかった。しかし、地震活動は活発な状態を維持し続け、有感地震の群発は1982年3月まで続いた。

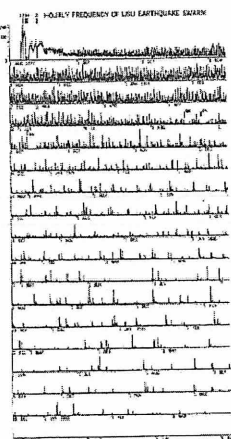
また、1977-82年の山頂噴火を伴った活動は山麓噴火の場合と比べて、活動期間が長いという特性を示した。

1977-82年の地震活動

しかし、地震の規模がM4.3で頭打ちとなったことと、有感地震の震源が山頂火口原内にほぼ限定されたことによって、地震動による被害は、地殻変動による被害にくらべて、無視できるほどわずかであった。

Fig.

1977-82年の有珠山の地震活動推移(時間別回数)



2000年の地震活動

山麓に火口を開いた2000年の活動では、4日前の3月27日午後から前兆地震活動が始まった。有感地震も28日未明から起こり始めた。前回と同様に、高周波地震のピークの後、低周波地震が増加し、ピークを迎えて、地震数が減少傾向に転じてから、最初の噴火に至った。

そのため、住民避難には十分な時間が確保され、1977年噴火時のように、噴火してからの避難とはならず、噴火前に避難が完了し、人的被害は無かった。

しかし、地震の最大規模はM4.6と山頂噴火であった1977-82年の活動時より大きく、震源が南山麓に集中したため、地殻変動による被害に比べて、わずかではあるが震動による被害も発生した。

山麓噴火の活動期間は山頂噴火より短く、過去の例も含めて、2年以内に終息を迎えている。

2) 地殻変動による災害

有珠山の火山災害が、他の日本の火山と最も大きく異なっている点が、デイサイトマグマに起因する桁違いに大きい地殻変動による災害である。

最近2回の活動では、火口の形成された場所の違いにより、最大の変動量は、1977-1982年の活動では水平変動で約200m、2000年噴火では上下変動で70m余りであった。

しかし、もたらされた被害は山麓部の人家のある場所で最大となった2000年の活動のほうが大きかった。

1977-82年の地殻変動

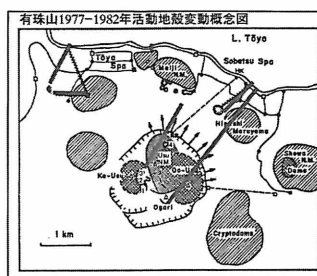


Fig. 1977-82年有珠山生成活動概念図
(赤線: 主要断層、1-4: 1977年噴火口
波線: 1910年活動時の断層)

- ・小有珠は約50m沈降
- ・大有珠は南部; 沈降、北部; 隆起

☆山頂部

- ・噴火直前、ロープウェイケーブル2mの短縮
- ・噴火30分前、火口開口部付近に段差数10cmの断層
- ・1977/8/7 9:12AM 最初の噴火～8/14 マグマ噴火
- ・山頂火口原中央に北西南東走向の断層
- ・断層の北東側隆起・北東へ迫り出し(有珠新山隆起約165m、北東外輪山迫り出し約200m)

1977-82年の地殻変動

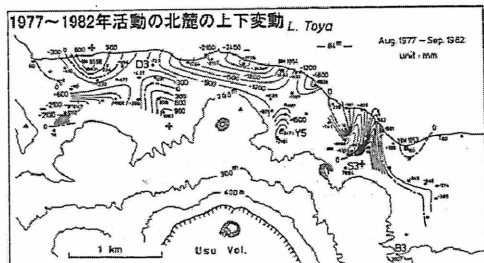


Fig. 有珠新山生成活動時の山麓の上下変動

☆山麓部

山頂部の迫り出しにより、山麓部は皺寄せを受け複雑な地殻変動パターン。湖岸で、最大25m迫り出し(外輪山の約1/8)。隆起部が多いが、潜在ドームの陰では沈降、1910年活動時の断層が再活動。

1977-82年の地殻変動による災害

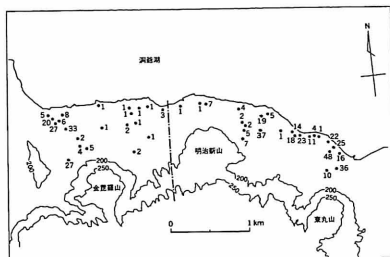
山麓部の地殻変動により、建物等の構造物が被災。特に断層周辺の構造物に被害が集中。



(岡田弘撮影)

1977-82年の地殻変動による災害

また、地中埋設水道管等の長大構造物にも被害。

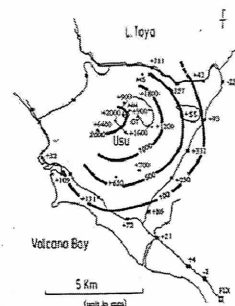


折れ曲った水道管
(岡田弘 撮影)

図 有珠山北麓における水道管破損箇所分布
(前川ほか, 1981)

2000年の地殻変動

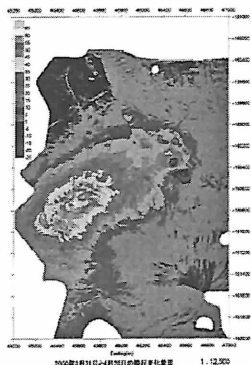
前兆期は山頂部西部を中心とした、全山規模の隆起・膨張(最大隆起量数m)



噴火開始後は、西～北西山麓に隆起域形成 → 火口域とほぼ一致

Fig. 2000年新生山生成活動前兆活動期の上下変動
(北西山麓は、その後の活動により、局所的隆起域が形成されたため除いて示す。単位mm、森、宇井、2000)

2000年の地殻変動



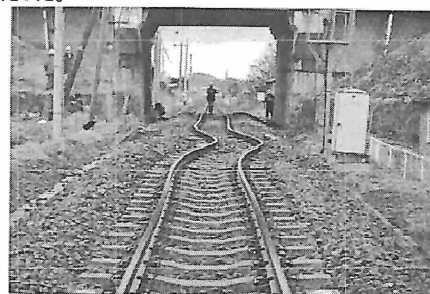
土木研究所(2000)によると、3月31日、4月26日に行われた、ヘリ搭載型レーダー精密航空測量の結果、西麓には北東-南西方向に長さ1.7km、幅約600mの隆起域が認められた。およその隆起体積は、 $3 \times 10^7 \text{ m}^3$ である。

4月5日に開始した、北西方向からの隆起域北端の変動観測から、噴火開始時には10m弱/日の隆起があったと推定される。

2000年の地殻変動による災害

有珠山西麓から北西麓にかけて数十個の火口を開いたが、地殻変動災害は、火口域だけにとどまらず、南西麓から北麓までの広範囲にわたった。

南西麓では、JR線の線路と高速道路が変形して、通行不能に陥った。



(北海道開発局撮影)

2000年の地殻変動による災害

火口域を通る国道230号線及び隣接する道道は断層によりずたずたに切れ、最大数mの段差を生じた。北麓でも、前回ほどではなかったが、断層による被害を生じた。



(自衛隊撮影)

減災のための噴火予測

有珠山は、江戸時代の噴火を含めて、記録されている噴火のすべてで、前兆有感地震活動が記録されており、有感地震の群発があって噴火しなかった例もない。

したがって、噴火の直前予測は、きわめて容易な火山である。よって、人的被害を出さないようにすることは比較的しやすい。

一方、物質的な被害を出すことは避けられないし、その対策も困難である。しかし、中長期的な活動予測が可能になれば、減価償却を見込んだ構造物の建設等、減災対策をこうじることはできるであろう。

広域地殻変動による中長期活動 広域水準測量 予測

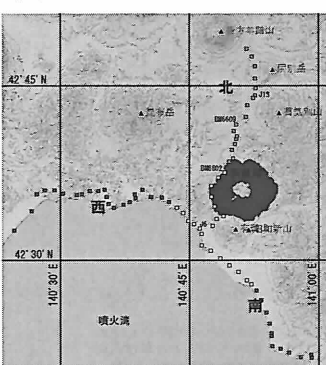


Fig. 有珠山周辺1等水準測量路線(■, □:有珠山中心から10km以遠)

- ①1905年
1. 1910年明治新山生成活動
2. 1943-45年昭和山生成活動
- ②1953-54年
- ③1968年
3. 1977-82年有珠新山生成活動
- ④1985-86年
- ⑤1992年(北は無し)
4. 2000年新山生成活動
- ⑥2000年(北のみ)

20世紀の有珠山活動前後の広域地殻変動

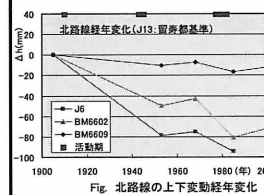


Fig. 北路線の上下変動経年変化

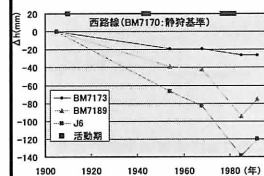


Fig. 西路線の上下変動経年変化

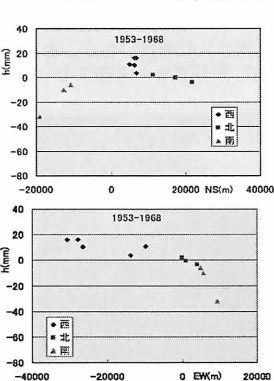
近傍では、静穏期には隆起は認められないが、北路線で、有珠山北方約21kmのJ13を基準に取ると有珠山麓の水準点(J6)を含めて、経年変化を追える水準点では、有珠山に近いほど変動量大活動期を含む → 沈降

静穏期のみ → 隆起

(2000年のデータは噴火開始約4ヶ月後で、噴火直後の沈降を含んでいる、前兆隆起量は図より大きいと思われる)

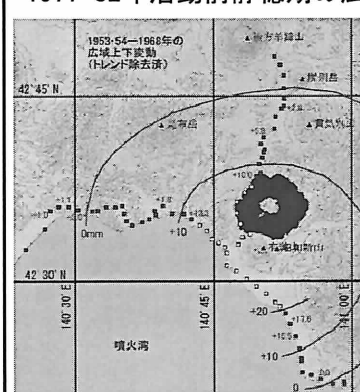
西路線は、トレンドの影響が大きいので、若干異なって見えるが、傾向が同じである。活動終息後間もない、1985-92年の方が、隆起率が高いように見える。休止期が、18年と短かったことも関係している可能性もある。

1953-54-1968年の広域地殻変動のトレンド



NS方向及びEW方向への投影(左図)から、東西方向のトレンドが卓越。南北方向にも、トレンドがある。南北方向、東西方向のそれぞれのトレンドから、最適トレンドを決定
最大トレンド方位 E 30.1° S、
補正トレンド $-1.05 \times 10^{-3} \text{ mm/m}$

1977-82年活動前静穏期の広域地殻変動



E29.4° S 方向のトレンドを除いた結果、有珠山南東側に中心を持ち、半径約30kmの広がり示す、同心円状の隆起パターンが、認められた。

近傍では確認できない、圧力増加(マグマ蓄積)の傾向は、明瞭であり、1977年噴火に向けての前兆変動と考えられる。

1977-82年活動の前兆広域地殻変動のソース

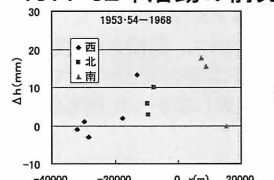


Fig. 1953-54-1968年広域上下変動(トレンド除去後)

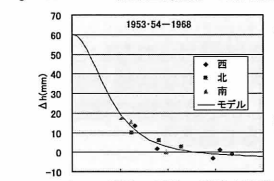


Fig. 有珠山生成活動の前兆広域変動と最適モデル曲線

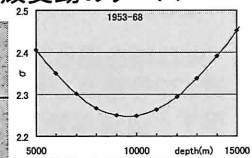
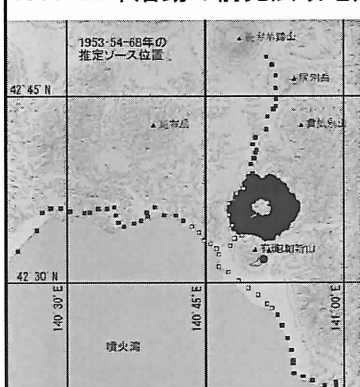
トレンド除去後(左図)、3方向とも10km以遠では、同様の傾向
北路線と西路線がシフト

ゼロ点のずれ

ソースの位置を水平・上下各1kmメッシュでグリッドサーチ

推定最大隆起量63.2mm、体積増加量 $2.1 \times 10^7 \text{ m}^3$ ($1.5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$)

1977-82年活動の前兆広域地殻変動のソース



最適等方圧力源モデルは、有珠山中心から、南へ1km 東へ2km、深さ10km
推定最大隆起量63.2mm、
推定体積増加量 $2.1 \times 10^7 \text{ m}^3$ ($1.5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$)
深部ソースも、ほぼ有珠山の直下(洞爺カルデラ内ではない)

2000年新山生成活動前の広域地殻変動

1985・86-1992年の変動(北路線なし) → 東西のトレンドは求まるが、南北は不確定

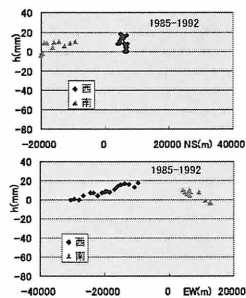


Fig. 1985・86-1992の広域上下変動の南北(上)、東西(下)投影図

3方向のデータが揃っている噴火を含む1968-85・86年の期間について、トレンドを求めると、

E 26.7° S、 -1.08×10^{-4} mm/m

換算すると、1985・86-1992年は、

-0.9×10^{-4} mm/m

1953・54-1968年と同方向、同率のトレンドを仮定すれば、

E 30.1° S、 -4.7×10^{-4} mm/m

トレンド方位は、ほぼ同じだが、大きさが5倍違う。

2000年新山生成活動の前兆広域地殻変動のソース

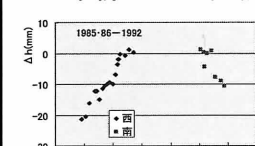


Fig. 1985・86-1992年広域上下変動(トレンド除去後)

平均的トレンド方位と東西方向トレンド
(-3.7×10^7 m³)からの換算値、
E 28.4° S と -4.3×10^7 m³を使用

ソースの位置: 水平・上下各1kmメッシュグリッドサーチ(深さ10~40km)

最適等方圧力源モデル:

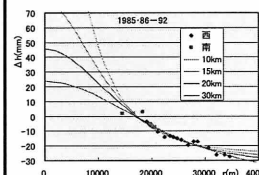


Fig. 昭和新生山生成活動後の広域変動とモデル曲線

有珠山中心から、南へ1km、東へ2km、
深さ21km以深

推定最大隆起量53~75mm、

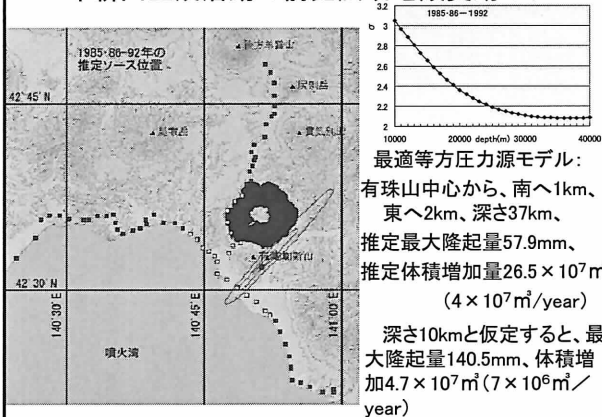
推定体積増加量 $8 \sim 33 \times 10^7$ m³ (大きい)

深さ10kmと仮定すると、

推定体積増加量

4.7×10^7 m³ → 20年間で 1.3×10^8 m³

2000年新山生成活動の前兆広域地殻変動のソース



最適等方圧力源モデル:

有珠山中心から、南へ1km、
東へ2km、深さ37km、

推定最大隆起量57.9mm、

推定体積増加量 26.5×10^7 m³

(4×10^7 m³/year)

深さ10kmと仮定すると、最
大隆起量140.5mm、体積増
加 4.7×10^7 m³ (7×10^6 m³/year)

広域水準測量から明らかになった中長期的前兆活動

(中長期的前兆地殻変動としての深部マグマ蓄積と中長期活動予測)

・深部マグマだまりは、有珠山直下のやや南東より(南1km、東2km)
深さ10km付近、 $2 \sim 7 \times 10^6$ m³/yearの割合で蓄積。

・1985・6-1992年の蓄積率と2000年噴火の浅部体積増加量がほぼ
対応→蓄積率から中長期噴火予測可能か?

(1953・4-1968年の蓄積率は厳密には対応しないが数倍の範囲にはある)

中長期噴火予測は可能か?

・現在のGPS点での体積増加の検知はかなり困難(室蘭で1.8mm/年の変動)。

・数年ごとの繰り返し広域水準あるいは。変動の大きい場所でのGPS連続観測網が必要。

・蓄積率がより正確に決められれば、噴火の中長期的余地は可能と思われる。

中長期予測のためのGPS連続観測網計画

