

# 2000年有珠山噴火\*

## The 2000 eruption of Usu Volcano

北海道立地質研究所  
Geological Survey of Hokkaido

### 1. はじめに

有珠山は、2000年3月27日から火山性地震の増加が始まり、4日後の3月31日午後1時7分に有珠山西方の西山西麓で噴火を開始した。1977年に噴火を開始した前回の噴火活動以来、23年ぶりの噴火である。

地質研究所では3月29日からGPSによる地殻変動を観測するとともに、地表変動などの現地観測・調査を関係する機関と合同で開始した。噴火以降は総合観測班として、これらの観測・調査に加えて噴火活動状況、および地下水や温泉の水位変動などについても観測・調査を継続した。ここでは、これらの観測・調査結果の概要を報告する。

### 2. 観測結果の概要

#### 2.1 地殻変動

3月27日から始まった地震活動は次第に活発化していき、28日未明からは有感地震も発生し始めた。このため、地質研究所と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は共同で、有珠山の火山性地殻変動を監視するために3月28日深夜からGPS観測網の設置および連続観測を開始した。4月上旬からは気象研究所も観測に加わり、最多25点における高密度GPS観測が行われた。観測期間中の全観測点を第1図に示す。

##### 2.1.1 噴火前の地殻変動(地質研究所、北海道大学地震火山研究観測センター)

壮瞥町にある国土地理院の電子基準点である960524観測点のデータの提供を受け、この点を基準とした基線解析を行った。その結果、山体が山麓方向へせり出すような大きな変動が認められた。北西麓の洞爺湖温泉街(KNP観測点)では、観測を開始した3月29日17時から31日9時までに2mにおよぶ水平変動と1mの隆起が観測された。北東麓の壮瞥温泉(HKG観測点)では、29日正午から噴火開始の31日13時までに1mの水平変動と0.25mの隆起が観測された。また、結果的に火口群に最も近い場所に設置された西山西麓のIZM観測点では、噴火前までの水平変動は極小小さく、かつ観測期間中に変動方向が反転し、29日17時から31日9時までに0.16mの水平変動と0.04mの沈降であった。

各点における水平変動を詳しく見るため、第2図に3月29日から31日までの6時間ごとの水平変動ベクトルを示す。最も大きな変動を示したのはKNP観測点であり、その変位方向はほぼ北からしだいに北東方向へと変化している。HKGおよび虻田町泉地区のAKT観測点はそれぞれ北東、南西方向に変位している。一方、IZM観測点では変動量は小さいものの、その変位方向ははじめ北西方向であったのがしだいに北向きになり、最終的には南東方向へ変化している。これらの観測結果を解析すると、3月29日18時以降におけるマグマの動きは、KNP南部から上昇しながら西側のIZM方向へ移動していったことが推察される。

##### 2.1.2 噴火後の地殻変動(地質研究所、北海道大学地震火山研究観測センター、気象研究所)

噴火によりデータ回収が不可能となったIZMおよびKNP観測点では、約2ヶ月後に受信機が回収され、4月下旬におけるデータ(5日分)が回収された。その結果、観測開始から4月下旬までの約1ヶ月間における変位量は、IZM観測点では水平変動で北北西に8.3m、上下変動で4.1mの隆起、KNP観測点では水平変動で北北東に3.6m、上下変動で2.1mの隆起という非常に大きな変動が観測された。また、ほぼ連続観測されたAKT観測点では噴火後に変動率が大きくなり、4月下旬までの変位量は水平変動で南西に2.7m、上下変動で0.8mの隆起となった。一方、火口から比較的距離のあるHKG観測点では噴火開始以降の変動は小さくなり、4月下旬までの変位量は水平変動で北東に1.3m、上下変動は噴火時よりもやや沈降して隆起量は0.2mであった。

\*Received 17 Sep., 2001

4月中旬以降からは火口群を取り巻くように観測点を増設して観測を行った。第3図に壮瞥町のKMK観測点を基準とした各観測点の4月から10月までの主な期間における水平変動ベクトル(変動率)を示す。いずれの観測点でも噴火開始直後は隆起域である西山火口からほぼ放射状に変動ベクトルが向いている。その後、変動率が徐々に低下していくとともに、変動ベクトルが反転して火口方向を向く観測点が現れ始めた。7月には火口群に極近いWKSおよびIZM観測点以外の観測点、また8月以降は全ての観測点で変動ベクトルが火口方向を向くようになり、その後も同様の傾向が続いた。

## 2.2 地表変動(地質研究所、北海道大学大学院理学研究科、地質調査所)

地質研究所、北海道大学大学院理学研究科、地質調査所(当時、以下当時を省略)などの調査により、3月30日から31日にかけて北屏風山の断層や西山～金比羅山地域の北東-南西方向の断層群、西山西麓の国道230号線付近での地割れ・断層群の出現が確認された。また、有珠山北～北西麓では30日夕方から31日朝にかけて、壮瞥温泉地域で北-南～北東-南西方向の右横ずれ断層群、洞爺湖温泉街の東側で北北西-南南東方向の左横ずれ断層群の出現が確認された。これらの断層群の一部は前回の1977年からの噴火活動の際にも顕著に運動しており、いわば火山性活断層と呼ぶべきものである。これら断層群に挟まれた洞爺湖温泉街などの地域は、ブロック状に北の洞爺湖側へ移動したと考えられる。

有珠山の西側では地表変動域は第4図に示すように、西山西麓の隆起域を中心として約2km、南西～南側の虻田町市街地では約3kmの半弧状に広がっている<sup>2)</sup>。変動域の縁(変形フロント)では圧縮によって40～100cm以上におよぶ隆起が生じている。また、変動域内ではアスファルト路面が座屈してできた圧縮リッジ、縁石ブリッジなど地盤の圧縮に伴う様々な変形が起き、これらの変形から推定された圧縮方向は、概ね西山西麓火口群を中心とした放射状の分布を示している。

これら、西山西麓の隆起に伴う地表変動は、噴火前には有珠山山頂部から山麓のほぼ全域で発生したが、噴火後は次第に北西～南西の山麓や山腹に集中するようになった。

## 2.3 水位変動

### 2.3.1 広域の水位変動(地質研究所、北海道大学地震火山研究観測センター、地質調査所)

地質研究所、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、および地質調査所は、噴火が始まった4月から有珠山周辺における井戸の水位変動状況の調査を開始した。その結果、今回の噴火活動に伴って、有珠山周辺では温泉井や地下水井に顕著な水位変化が観測された。

水位変化が確認された範囲は第5図<sup>3)</sup>に示すように、西山西麓火口から水平距離にして約10km以内である。有珠山に近い洞爺湖温泉および昭和新山北麓では100m前後におよぶ水位上昇が観測されたが、火口から離れるにしたがって上昇量は小さくなる。有珠山南麓から伊達市にかけての地域での水位変化は火山性地震の増加に対応するように起き、その後水位が急速に上昇、噴火開始後には水位が低下している。

噴火後の水位低下は地下水井により異なり、たとえば深度300m以浅の地下水井では、噴火後5月中旬頃までに急激な水位低下を示した後落ち着いたもの、7月中旬頃まで水位低下が続き落ち着いたもの、11月時点でも低下傾向が残っているものなどがある。また、深度1,000m以上の温泉井では12月時点でも依然として大きな水位低下を示しているものもある。これらの変化の違いは、それぞれの井戸が噴火時に受けた地殻歪みの大きさやストレーナーの設置されている帯水層の水理特性によって生じていると推定される。

一方、噴火活動域の西～南西側の虻田町高砂地区から入江地区にかけては、噴火後も地下水の自噴域が徐々に拡大し、自噴量も増加する傾向が5月上旬まで続いた。これは、前述の地域の水位変化とは異なる現象であるが、この地域が西山西麓に近く、地表変動による圧縮歪みを受けていたことによるものと思われる。しかし、この地域でも5月中旬頃からは、自噴量の減少や水位の低下が現れており、7月下旬頃には自噴が停止した地点も確認された。11月時点でもわずかではあるが、自噴量の減少や水位低下が続いている。

### 2.3.2 洞爺湖温泉の水位変動（地質研究所）

洞爺湖温泉には第6図に示すように多くの源泉が開発されており、地質研究所では休止温泉井である洞爺10号源泉（T10）、洞爺11号源泉（T11）、虻田町GSH-1源泉の3井、および洞爺湖で噴火前から水位の連続観測を行っていた。第7図に1997年11月から2001年2月までの洞爺湖、T10およびT11の水位変化を示す。いずれの井戸も噴火活動前の静水位の標高は洞爺湖水面（ $83\pm 0.5\text{m}$ ）より若干高い。T11の水位は1997年11月から2000年3月の噴火前まで洞爺湖の湖水位と連動して変化していた。しかし、火山活動が始まった3月27日から顕著な水位上昇が始まり、噴火開始後に低下している。一方、T10の水位は1999年9月まではT11同様湖水位と連動していたが、10月からは湖水位とは異なる水位低下が記録された。2000年1月からはさらに水位低下率が増加し、噴火直前には急激な水位低下が観測された。噴火の数ヶ月前からの水位低下は、火山活動に伴う地殻変動が原因で地下水の流動状況が変化して生じたものと考えられている<sup>9)</sup>。また、2000年6月1日から再び観測を開始したがT10では湖水位とは異なる水位変動が続いている。今後、噴火前後における地盤の隆起の影響等を取り除いた上での解析が必要である。

第8図に1999年5月から2001年4月までのGSH-1の水位変化を示す。GSH-1は洞爺湖温泉における他の温泉井とは異なり深度が1200mあり、静水位は約-84m（標高約57m）である。GSH-1の水位は2000年3月27日までは地表面から-84mで安定していたことがわかる。しかし、28日には急激に水位が低下し、スケールアウトしてしまった。その後、4月3日には一気に水位が上昇し自噴した。この水位変化は地殻内の亀裂の発生に伴う間隙圧の減少と火山性流体の混入が原因と考えられている<sup>9)</sup>。2000年5月30日から再び観測を開始したが、水位は地表面から-60mで噴火前に比べて24m高く、水位の変動幅も10倍以上になった。これは噴火活動で井戸のケーシングが破損し、異なる帯水層の地下水が混入しているためと考えられる。

### 2.4 温泉資源の変動（地質研究所）

噴火後、地質研究所・北海道保健福祉部薬務課・道立衛生研究所・室蘭保健所により結成された「有珠山噴火に係わる温泉資源等調査チーム」が、杜警温泉および洞爺湖温泉への影響調査を行った<sup>9)</sup>。

このうち地質研究所は、杜警温泉の杜警町温泉利用管理協同組合が所有する2源泉について、5月9～10日に温度検層・電気伝導度検層を実施した。また、洞爺湖温泉の洞爺湖温泉利用協同組合が所有する14源泉について、7月17日～8月3日にかけて前記検層の他、孔曲り、およびボアホールカメラによる坑井内の損傷状況調査を実施した。

杜警温泉では検層の結果、坑井内温度は噴火の2～6年前の結果に比べて約10～20℃上昇した。

洞爺湖温泉では検層の結果、第1表に示すように、坑井内最高温度は四十三山の爆裂火口付近にある共同4号、5号および6号源泉が、噴火の3～6年前の値に比べて11～16℃上昇した。しかし、これらの近くに位置する共同2号、新5号源泉や金比羅山側にある新8号およびH-3号源泉では、5～7年前の値に比べて5～11℃低下した。このうち、前の2源泉は揚湯を続けた結果、しだいに温度が上昇し、噴火前よりも揚湯温度が高くなった。このような温度変化は、各源泉の位置の違いによる地下深部熱水と周辺地下水の供給割合の変化が原因と考えられる。

各源泉での地殻変動あるいは地震の震動による被害は、6源泉でケーシングパイプの抜上がり、2源泉でケーシングパイプの切断およびズレが確認された。また、地盤の隆起により相対的に水位が低下したため、一時的に揚湯が不能状態になった源泉もあった。

孔曲り調査は坑井内に簡易投光装置を最大-83mまで降下させ、坑井の傾斜方向と角度を推定した。第9図は各源泉の坑井の傾斜方向を示している。調査した14源泉中、共同1号～6号、洞爺4号、新5号および新々9号の9源泉の傾斜方向は北東～北西方向であった。この結果、洞爺湖温泉地域は全体的に北側へ移動し、特に深部はより大きく移動したことが推定される。このことは、GPSによる地殻変動観測や地表変動観測の結果と調和的である。

### 3. まとめ

地質研究所では、他の機関と共同で有珠山噴火に伴う地殻変動、地表変動、および地下水・温泉水の観測を行った。今後、詳細な解析等がさらに必要であるが、現時点での観測結果をまとめると以下ようになる。

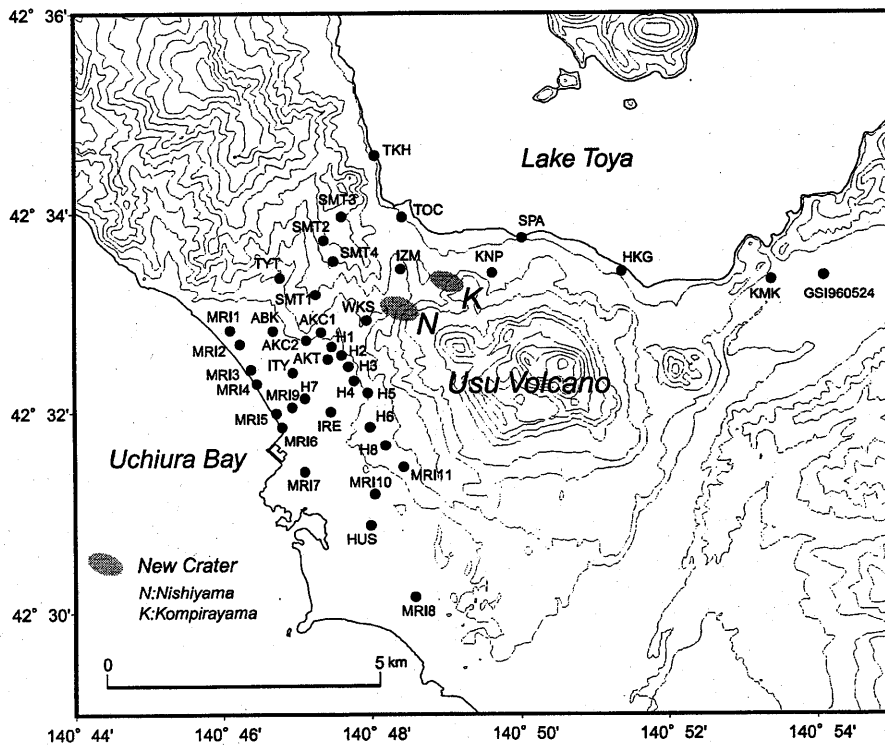
今回噴火をもたらしたマグマは、GPSの観測から明らかになったように北～北西麓上昇し、しだいに西側へ移動し

たとえられる。このマグマの移動に伴い、地表では数多くの断層群や地割れなどの地表変動が発生した。断層群の一部は、前回の噴火でも運動しており、有珠山噴火活動として特徴的なものである。また、マグマ上昇に伴い、これらの断層群にはさまれた洞爺湖温泉地域は全体に北側に移動したと考えられる。また、北西麓に近い洞爺湖温泉地域の温泉水の水位変化は、マグマの活動が噴火の半年前から始まっていたことを示唆するものである。

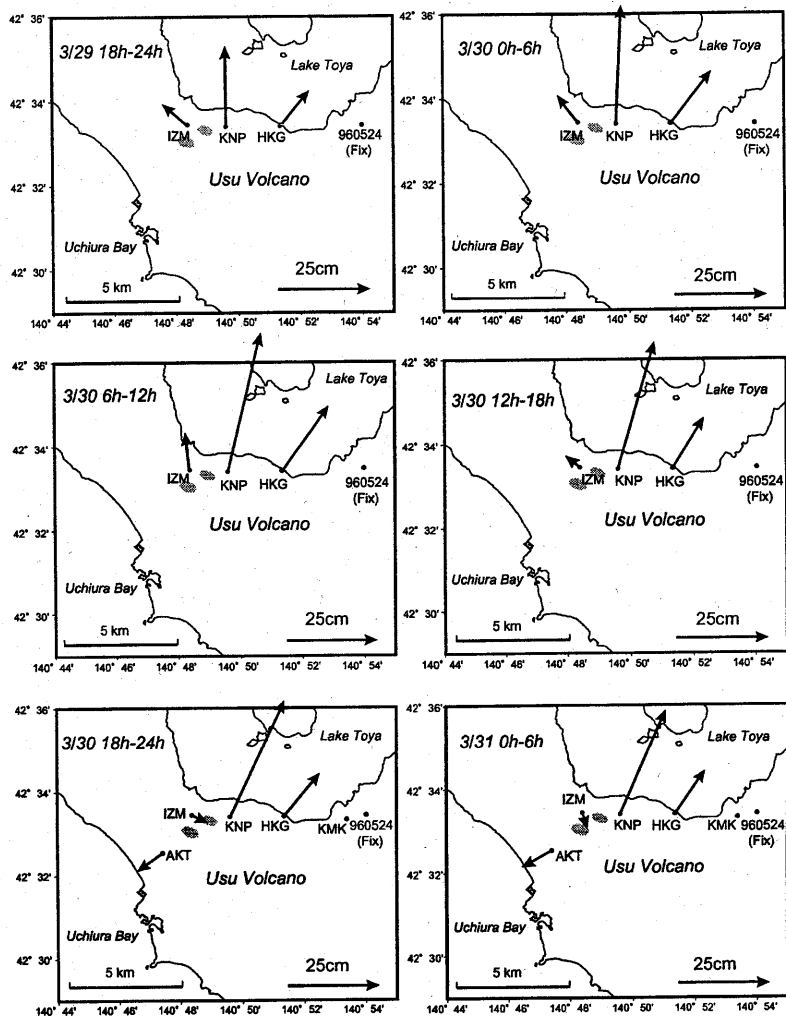
GPS観測や地下水の水位観測結果から、マグマの活動は噴火開始から4ヶ月後には終息したと考えられる。

参 考 文 献

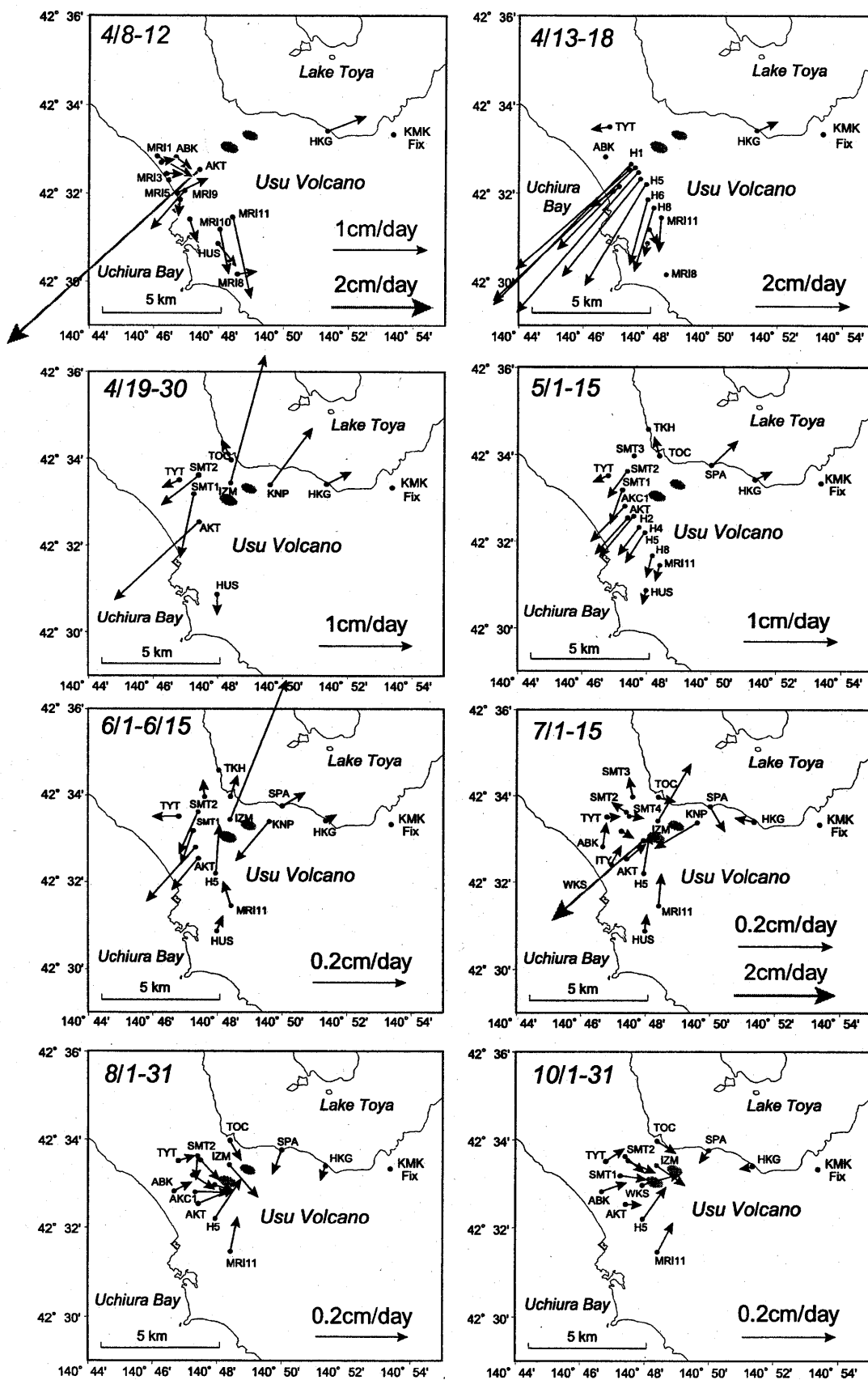
- 1) 岡崎紀俊・高橋浩晃・笠原 稔・石丸 聡・森 濟・北川貞之・藤原健治・中禮正明 (2001) : 高密度GPS観測による2000年有珠山噴火の地殻変動, 火山, 投稿中.
- 2) 廣瀬 亘・田近 淳 (2000) : 2000年有珠山の噴火とその被害, 応用地質, No.41, 150-154.
- 3) 秋田藤夫・柴田智郎・鈴木敦生・松島喜雄・佐藤 務 (2000) : 有珠山噴火に伴う温泉・地下水の変化, 温泉化学, No.50, 43-46.
- 4) T. Shibata and F. Akita (2001) : Precursory changes in well water level prior to the March 2000 eruption of Usu volcano, Japan, Geophysical Research Letters, 28, 1799-1802.
- 5) 北海道保健福祉部・北海道立衛生研究所・北海道室蘭保健所・北海道立地質研究所 (2001) : 2000年有珠山噴火による温泉への影響 (洞爺湖温泉・牡誓温泉), 105pp.



第1図 有珠山周辺における噴火後の1周波GPS観測点分布  
Fig.1 Distribution of single frequency GPS stations after the 2000 eruption.

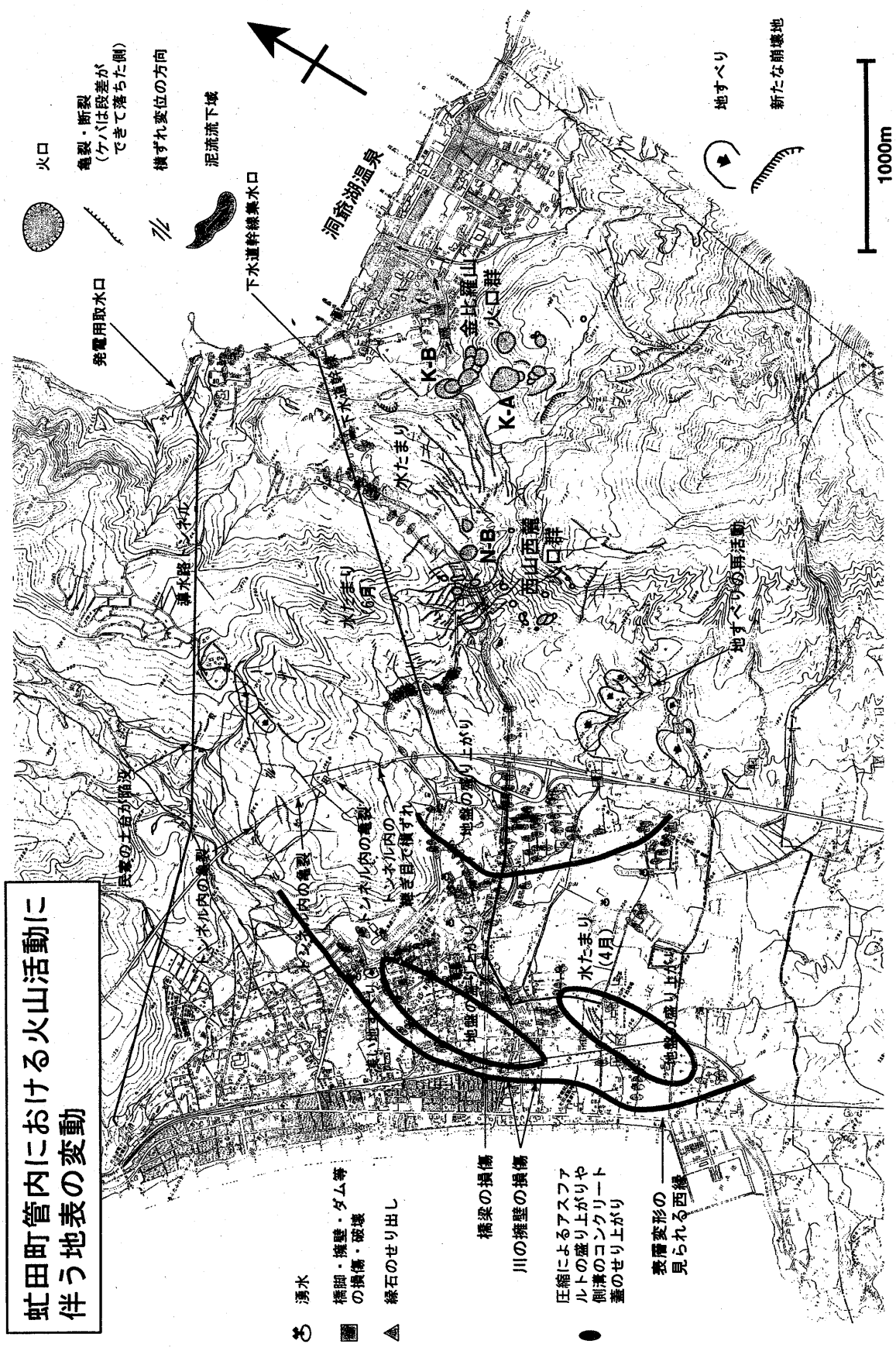


第2図 2000年3月29日18時から31日6時までの6時間ごとの水平変動ベクトル  
 Fig.2 Distribution of horizontal displacements every 6-hours from 29th to 31st March 2000.

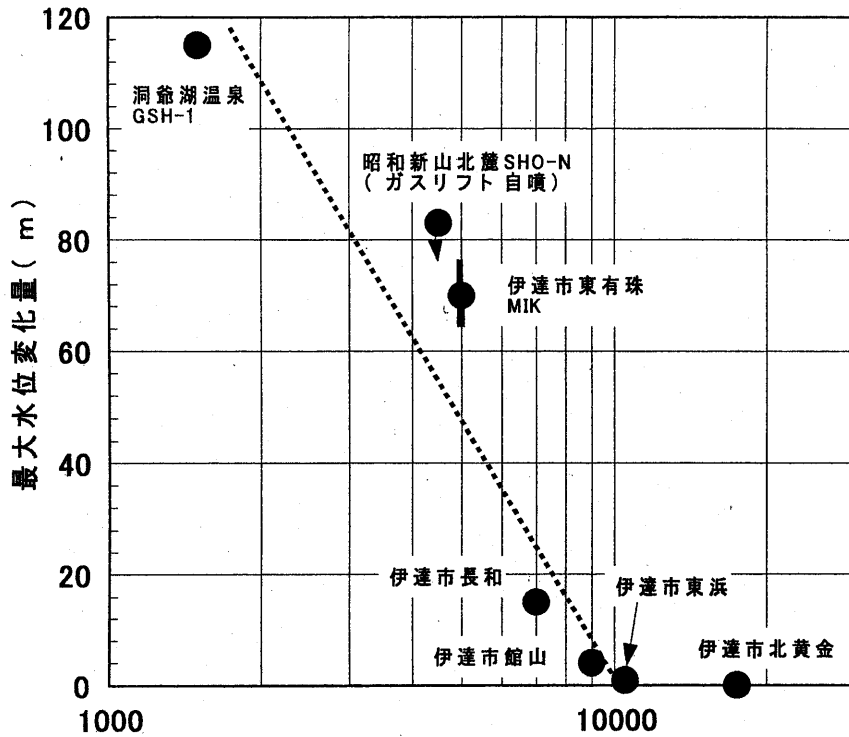


第3図 2000年4月8日から10月31日までの水平変動ベクトル (変動率)

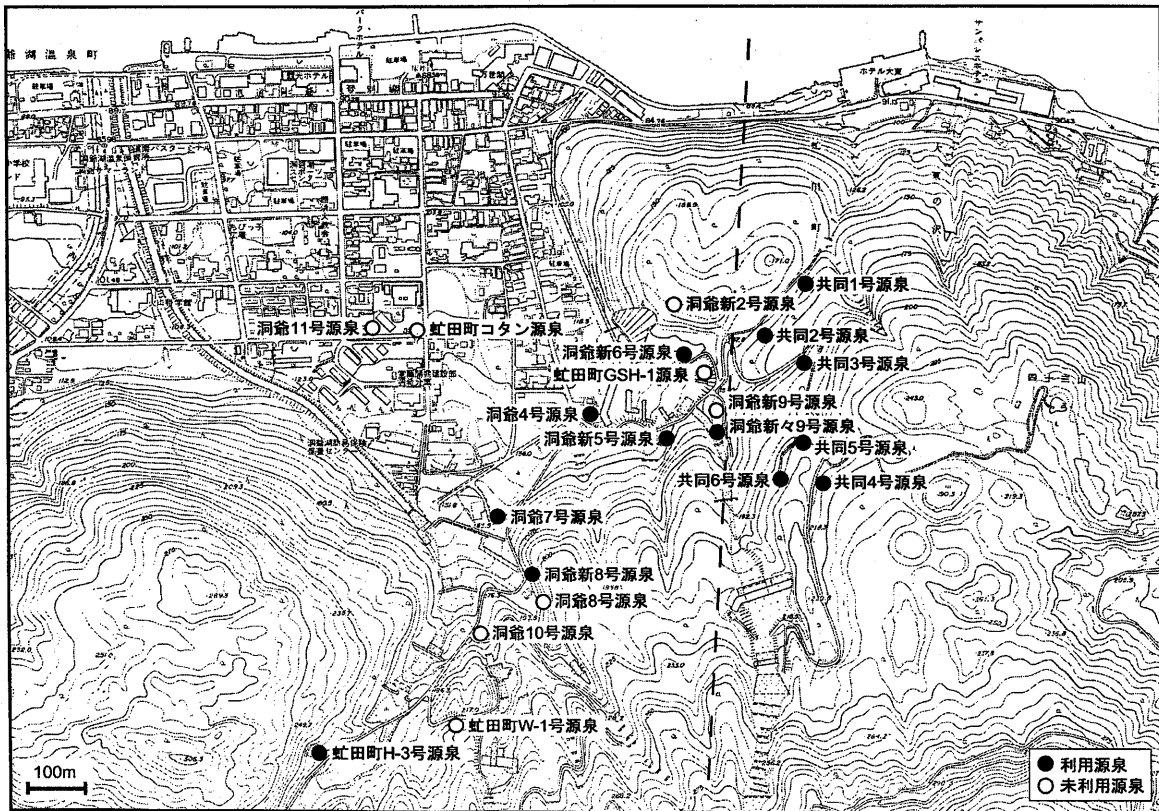
Fig.3 Distribution of horizontal displacement rate from 8th April to 31st October 2000.



第4図 蛇田町管内における火山活動に伴う地表の変形  
Fig.4 Surface deformation caused by the 2000 eruption of Usu Volcano in Abuta Town.

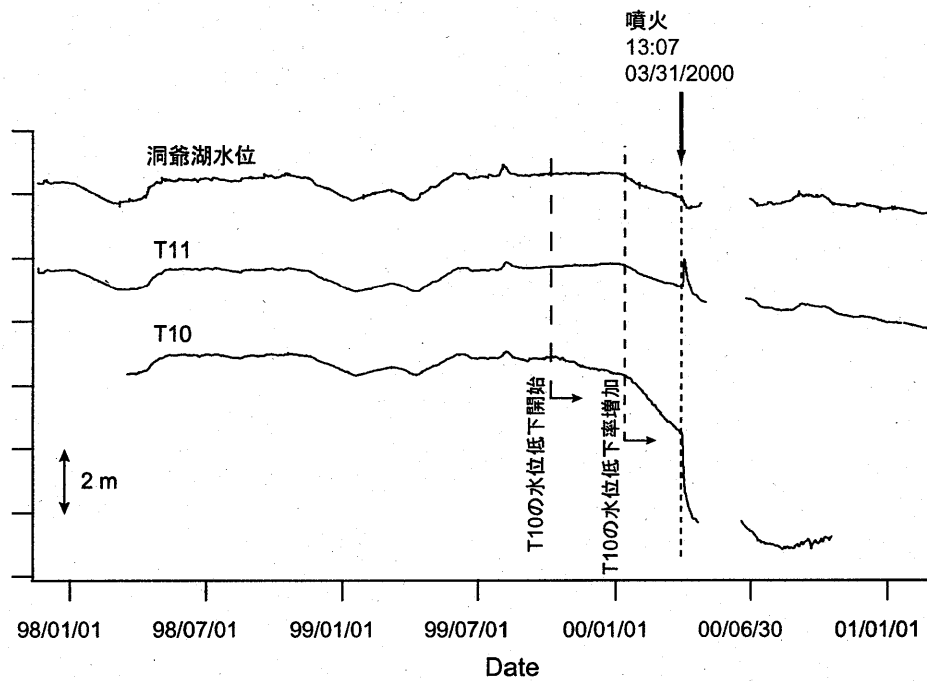


西山北西麓からの水平距離 ( m )  
 第5図 噴火に伴う水位変化の最大値と西山火口からの距離  
 Fig.5 The relation between maximum variation of groundwater level and distance from the Nishiyama craterlets.



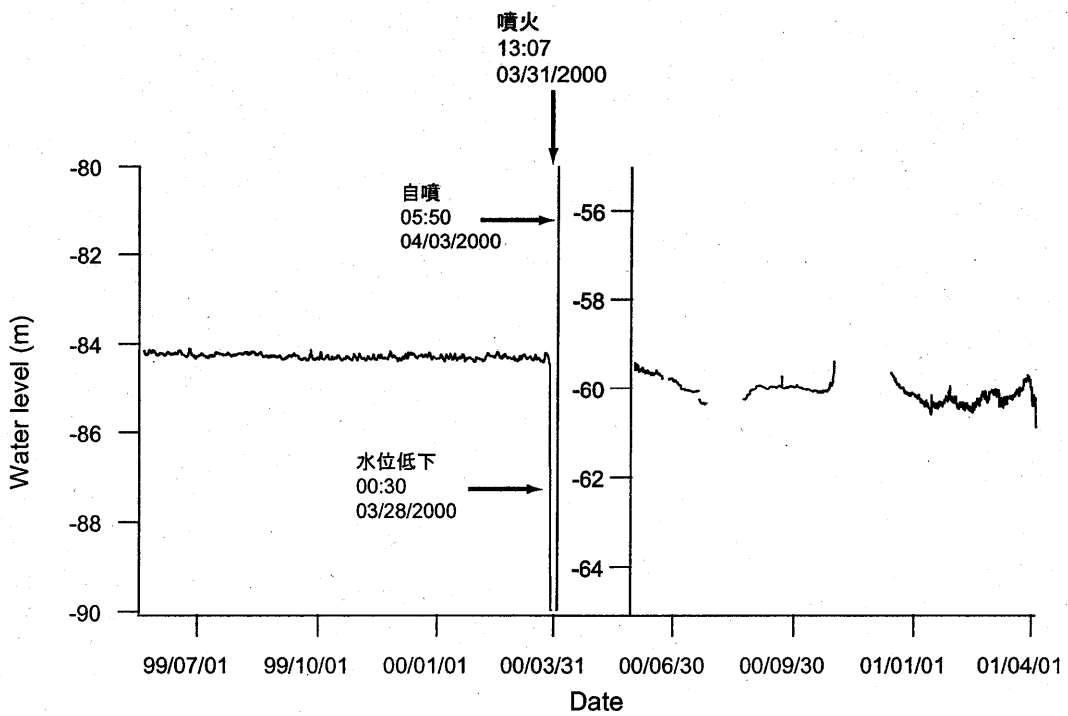
洞爺湖温泉の源泉位置  
 Fig.6 Location of wells drilled in the Toya-ko hot spring area.





第7図 洞爺湖水位、洞爺10号源泉 (T10)、洞爺11号源泉 (T11) における1997年11月17日から2001年2月23日までの水位観測結果

Fig.7 Observed lake-water level and groundwater level at T10 and T11 from 17th November 1997 to 23rd February 2001.

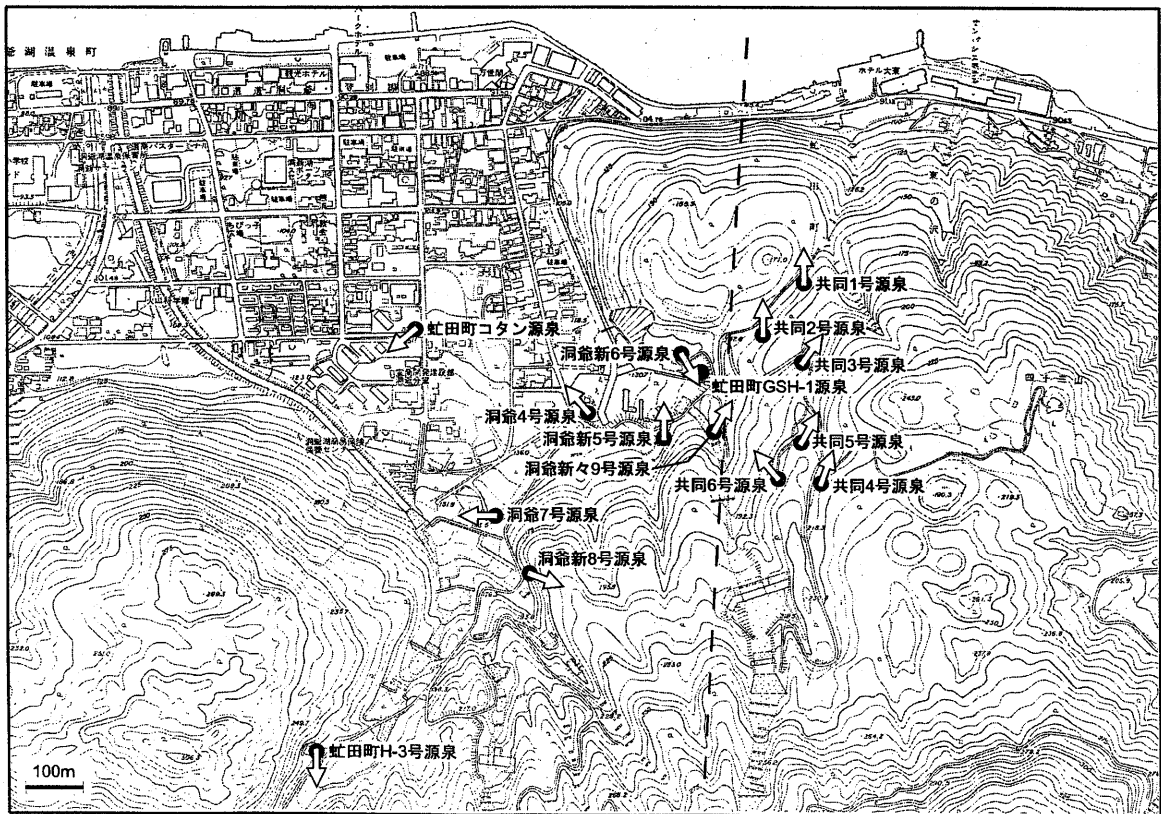


第8図 虻田町GSH-1源泉における1999年5月20日から2001年4月4日までの水位観測結果

Fig.8 Observed groundwater level at GSH-1 from 20th May 1999 to 4th April 2001.

源泉名	温度検層	
	最高温度	過去との比較 /(検層年)
H-3号源泉	37.7℃	-11℃/(1993)
新8号源泉	28.7℃	-8℃/(1995)
7号源泉	30.7℃	
コタン源泉	28.1℃	
4号源泉	32.7℃	
新5号源泉	37.1℃	-7℃/(1995)
新々9号源泉	49.2℃	
新6号源泉	40.6℃	
共同1号源泉	66.4℃	+4℃/(1995)
共同2号源泉	46.5℃	-5℃/(1995)
共同3号源泉	53.8℃	0℃/(1995)
共同5号源泉	73.0℃	+12℃/(1997)
共同6号源泉	72.6℃	+16℃/(1997)
共同4号源泉	90.1℃	+11℃/(1994)

第1表 洞爺湖温泉の各源泉における噴火前後の温度検層結果  
 Table 1 A comparison of thermal water temperature at logging to wells of Toya-ko hot spring before and after the 2000 eruption.



第9図 洞爺湖温泉各源泉の噴火後における孔曲がりの方向  
 Fig.9 Directions of wells bended by the 2000 eruption.