

有珠山噴火に伴う地震活動と地震のEnergy*

気象庁火山機動観測班
札幌管区气象台
室蘭地方气象台

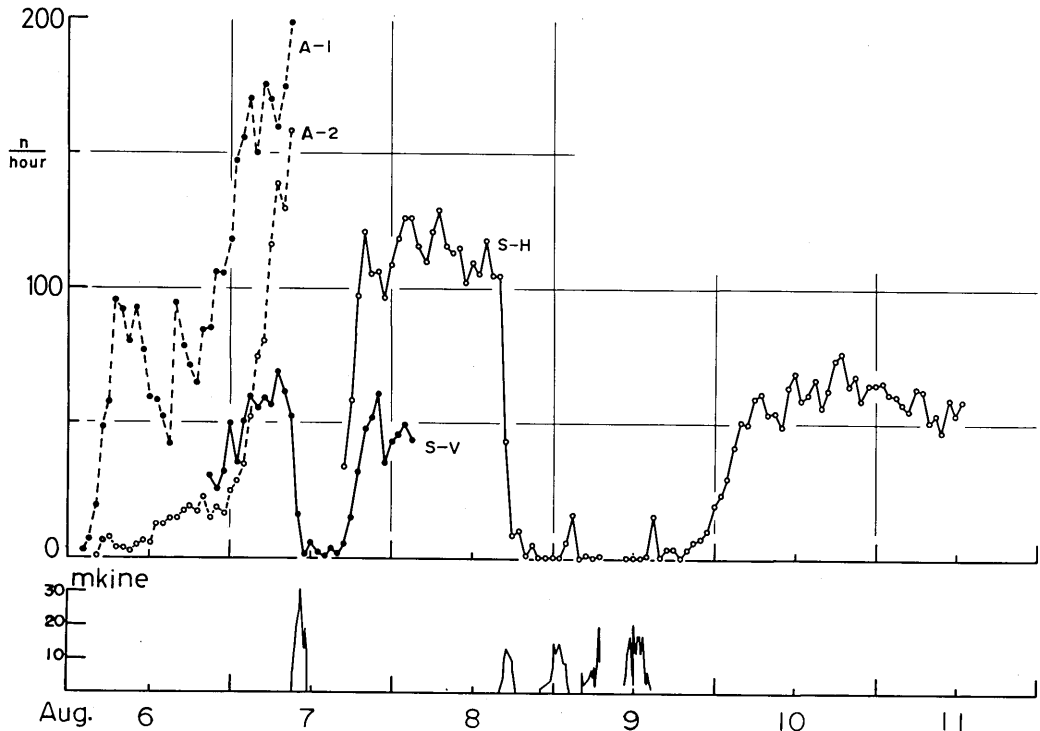
有珠山は、1977年8月7日09時12分、火口原の中で噴火した。8月6日04時過ぎに有感地震が発生してから約30時間後のことであった。壮瞥温泉での観測によると、当初は音を伴う震動時間が短い地震が多かったが、7日04時頃には音を伴わない震動時間が長い有感地震も加わっていた。

12月現在、有珠山の火口原は隆起を続け、有感地震を含む地震活動も活発で、依然として危険な状態は変わっていない。以下に、噴火前後及び12月初めまでの地震活動の概略をまとめた。

1. 8月6～11日の地震活動

第1図は毎時間の地震回数の変化及び火山性微動の発現の状態を表わしている。図中の略号は第1表のとおりである。

第1図上段の地震回数は、噴火前急増・7日09時12分の噴火と同時に急減・7日夕刻急増・8日16



第1図 1977年8月6～11日の地震活動
上段：毎時間の地震回数
下段：火山性微動の速度振幅変化

* Received Dec. 23, 1977

第 1 表

略号	観測地点	位置	地震計	地震回数読取基準
A-1	有珠山A点	小有珠東南東 1.55 km	3成分、 $T_0 = 1.0$	通常約 0.4μ 以上
A-2			変位型	1.25μ 以上
S-V	壮警温泉	小有珠北北東 2.6 km	上下動、 $T_0 = 1.0$ 、速度型	25mkine 以上
S-H			水平動、 $T_0 = 1.0$ 、速度型	5mkine 以上
	杉上	小有珠西方 2.75 km	上下動、 $T_0 = 1.0$ 速度型	10mkine 以上

時過ぎ噴火と同時に急減・一連の噴火が休止した9日夜に増加するという激しい変化を続けた。第1図下段に示す火山性微動が発現している時間は噴火している時間と一致する。

有珠山A点は7日09時33分に停止し、壮警温泉ではS-VからS-Hへ切り換えたため同一基準による一貫した地震回数の比較はできないが、噴火前の地震回数の最高時は1回目の噴火の後の地震回数より2~3割は多いと推定される。噴火前の地震活動に関して注目されることは、ほぼ同じ読みとり基準を使用したA-2(推定30mkine以上)とS-V(約25mkine以上)との回数の比較である。両者は6日から7日03時頃までほぼ同じ水準であったが、03時過ぎからA-2の水準が急速に高くなっている。このことから、7日03時過ぎより地震の震源はA-2(有珠山外輪東部)に近くなっていると推定できる。なお、札幌管区気象台59型地震計($T_0 = 5$ 秒、100倍)によると7日04時45分頃から地震(表面波が卓越)が増加しており、このことから震源が浅くなっていると考えられる。

火山性微動は第1図下段に示したが、噴火と同時に始まり、噴火の休止とともに小さくなることからみて、噴煙が火口から噴出する力により発現するものであろう。また微動は最初から最大にならず、ある時間後peakに達する。微動の振幅が噴煙の勢いによるとすると噴火はその始まりから時間とともに次第にpeakに達したことになり、今までの噴火で爆発地震らしきものが見られない特徴と関係があるかも知れない。なお、この微動は、48km離れた駒ヶ岳A点、57km離れた樽前山A点でも地震計に記録し、25km離れた室蘭地方気象台では鳴動を聞いている。

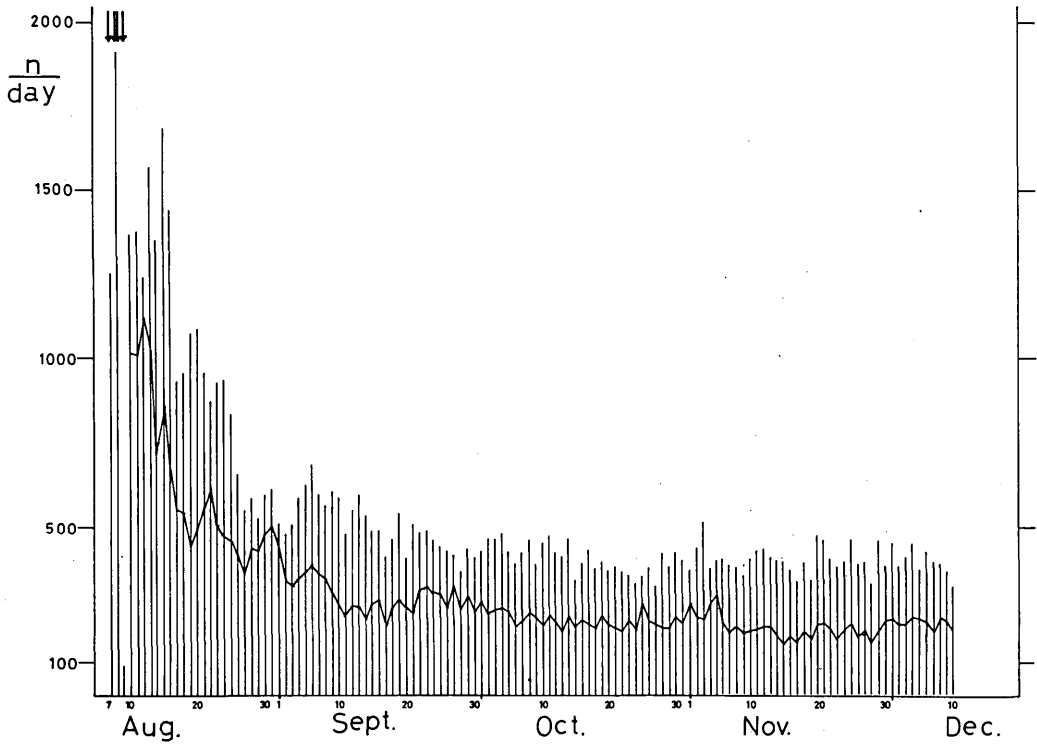
2. 日毎の地震回数の変化

壮警温泉における日毎の地震回数は第2図に示される。最高は8月8日の1912回であり、当初の噴火時は第1図でもわかるように増減が激しかったがその後8月10~16日をpeakに次第に減少していった。しかし9月下旬以降12月初めまでほとんど変わらず300~500回の高水準が続いている。当然のことながら一般地震の余震のように改良大森公式にも適合しない。

有感地震は、当初日中しか観測していないが、地震計の振幅やP~F時間から類推した粗い結果として第2表に示した。ここでも8月8日が最高で200回を超えている。8月7~8日には1時間に20回を超えることもあった。

第2表 壮瞥温泉における日毎の有感地震回数(推定を含む)

月日	回数	月日	回数	月日	回数
8月 7日	173	8月17日	169	8月27日	96
8	221	18	159	28	89
9	4	19	144	29	66
10	129	20	137	30	77
11	107	21	115	31	69
12	148	22	107	9月 1日	70
13	182	23	97	2	66
14	129	24	114	3	63
15	181	25	75	4	67
16	172	26	84	5	62



第2図 壮瞥温泉及び杉上における日毎の地震回数(1977年8月7日~12月10日)

棒グラフ: 壮瞥温泉 折線グラフ: 杉上

3. 地震のEnergyについて

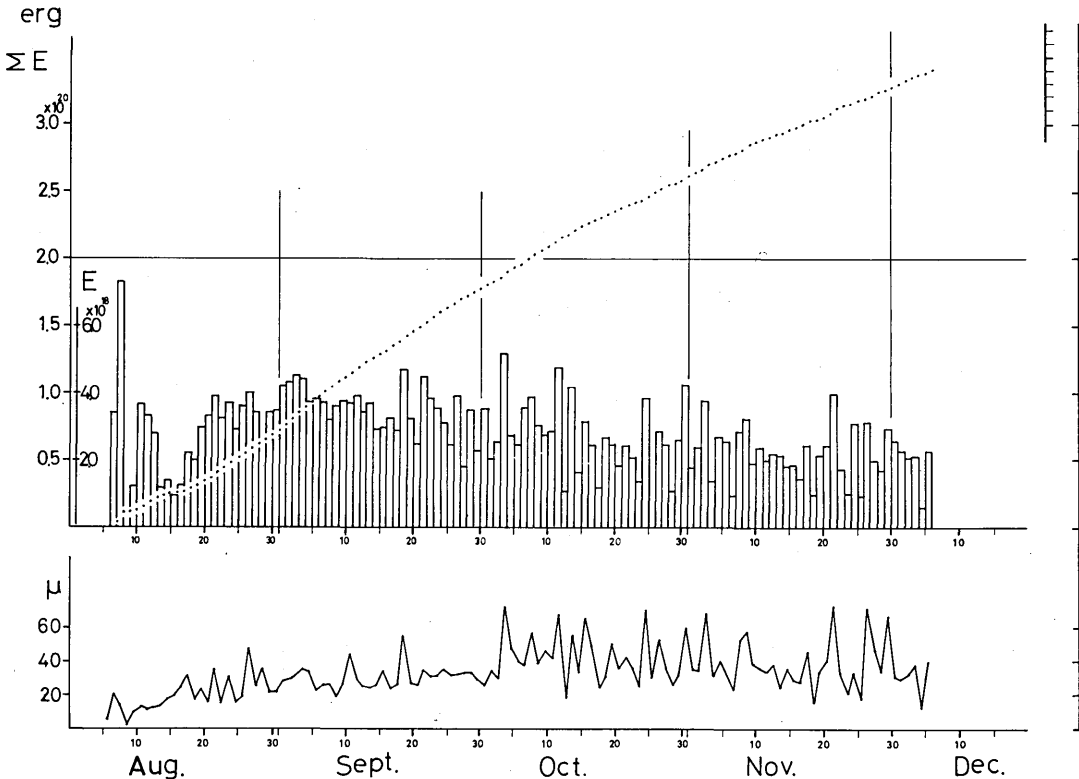
今回の有珠山の活動に伴う地震は、札幌管区気象台59型地震計にも多数記録されたが、5 μ 以上のすべての地震の振幅から地震によって放出される波動のEnergyの変化を追った結果が第3図に示される。Energyの算出方法は水平2成分の合成振幅と次の2式

$$M = \log A + 1.73 \log \Delta - 0.83$$

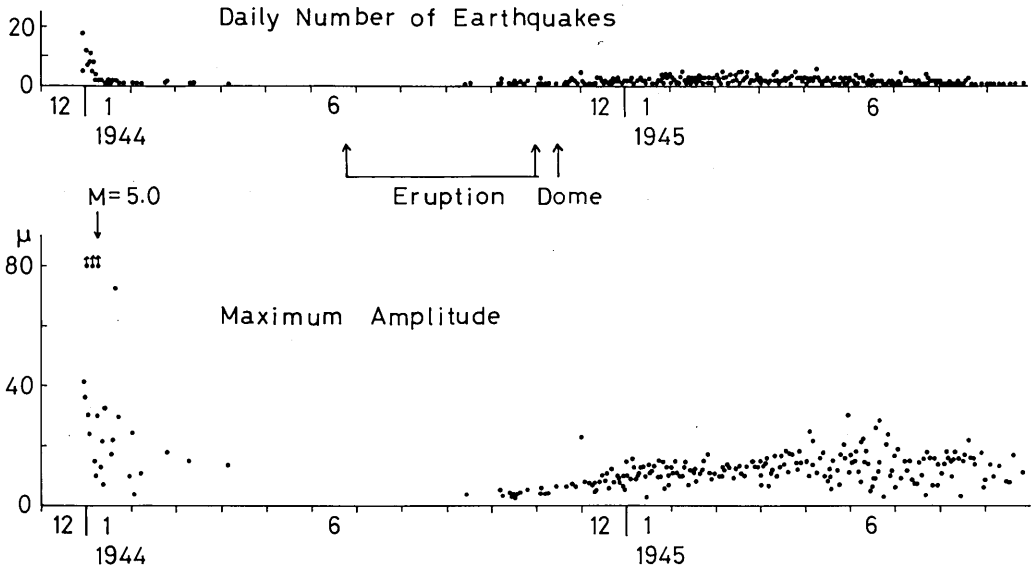
$$\log E = 1.5 M + 11.8$$

によった。ただし、札幌で記録される地震の最大振幅は表面波と推定されるので実体波によるEnergyとはやや違う点もあろう。

第3図上段は、8月6日以降の日毎のEnergy (Eで表示)と累積Energy (ΣE で表示)とを示している。日毎のEnergyをみると、地震回数が最も多い8月8日に 7.3×10^{18} ergと最大を示しているが、その後必ずしも地震回数とは一致せず8月10~16日には地震回数の割に日毎のEnergyは少なく小さい地震が多かったことを示している。累積Energyは、8月16日以降ほぼ直線的であるが、9月1~4日に放出率は大きく9月9・25日、10月15日、11月9日を節としてやや小さめになっている。これを昭和新生生成時の地震の総Energy¹⁾、 1.76×10^{19} ergと比較すると、今回は8月6~12日の間で既に超えているが、MからEを求める式が違うので単純でない。しかし、今回の活動に伴うEnergy



第3図 地震のEnergy (札幌管区気象台59型による)
 上段: 日毎のEnergy(E)及び累積Energy(ΣE)の変化
 下段: 日毎の最大振幅(水平1成分)の変化



第4図 1943~45年の昭和新山生成時の地震活動（札幌管区気象台Wiehertによる）
 上段：日毎の地震回数（ 3μ 以上）
 下段：日毎の最大振幅（水平2成分合成）

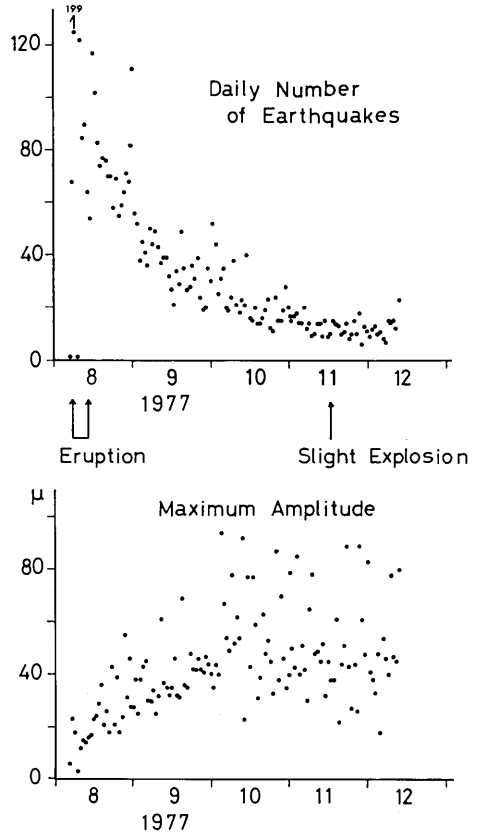
の方が圧倒的に大きく11月末までに数倍にはなっている。

第3図下段には、日毎の地震の最大振幅（水平2成分うち大きい方）の変化が示されている。

4. 昭和新山生成時の地震活動との比較

1943~45年の昭和新山生成時の地震は当時札幌管区気象台Wiehert地震計に記録され、この地震計と現在の59型と周波数特性が相似しているので比較してみる。

第4図は昭和新山生成時の地震活動¹⁾を示し、上段は 3μ 以上の日毎の地震回数下段は日毎の最大振幅（水平2成分合成）である。第5図は今回の地震活動を第4図と同じように示してある。地震回数は今回がはるかに多く、最大日回数で約10倍になっている。総計でも12月初めで既に3倍程度になっている。最大振幅では、昭和新山生成時の前期に 455μ （ $M=5.0$ ）を始め3個の大きい地震があったが、今回の 94μ （ $M=4.3$ ）程度よりは大きい。しかし、全体としてみれば3節のEnergyにも表われているように $M \geq 4.0$ の数は今回が圧倒的に多い



第5図 1977年の有珠山地震活動（札幌管区気象台59型による）
 上段：日毎の地震回数（ $2\sim 3\mu$ 以上）
 下段：日毎の最大振幅（水平2成分合成）

ようである。

なお、両者の活動経過を類似したものとして考えようとする向きもあるが、噴火及び地震の経過からみても相違している面が多い。

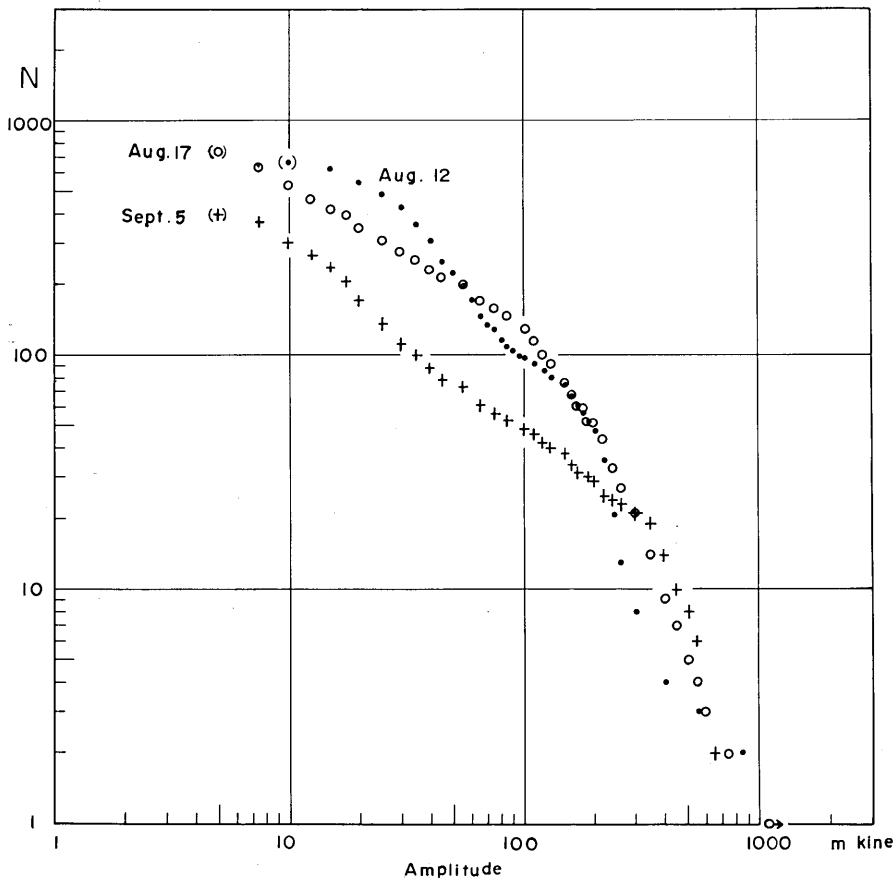
5. 地震の振幅分布と地震規模の上限

8月11日から札幌管区気象台は壮瞥温泉の地震計に広い範囲の地震の振幅を観測できる方式を使用した。これにより $M \geq 3.5$ の地震が頻発した活動の中で振り切れのために振幅が不明な地震は極く少数に押えることができた。そのために、振幅と度数との関係でも重要な資料が得られている。

第6図は8月12・17日及び9月5日の地震の振幅分布を例として示した。今までの多くの地震群(火山性地震を含む)の振幅分布は

$$\log N = K - (m - 1) \log A, \quad N: \text{累積度数}$$

に従い、両対数グラフでは直線で表現され、 m の値は一般地震・A型火山性地震で1.4~2.0、B型火山性地震で2~5程度であるとされ、地殻の不均一性などに支配される定数と考えられている。しかし、第5図を一部の例として、時間的にも²⁾振幅範囲によっても m は変り、振幅分布は直線で表現できない。このような例は、桜島³⁾・秋田駒ヶ岳の爆発地震⁴⁾⁵⁾⁶⁾松代地震⁷⁾、北海道横津岳の地震⁸⁾などを合せて

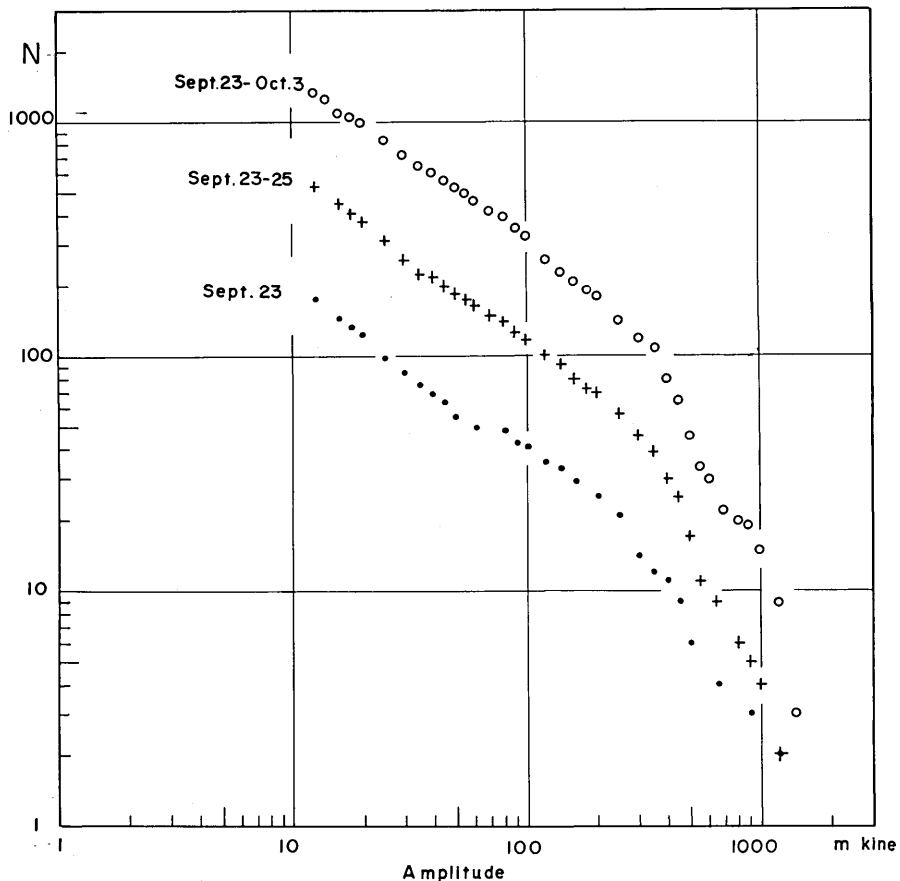


第6図 壮瞥温泉で観測された地震の振幅と累積度数分布

少数あるが、今回のように多数の資料で広い振幅範囲にわたり明瞭に現われた例はあまりないと思われる。

第6図をみると大きい振幅の地震数が急速に落ち込んでいることがわかる。このことは、今回の有珠山の地震群に規模の上限があるかも知れないことを示唆する。第7図のように地震数を9月23日から10月3日まで積算するとこの傾向はさらに明らかとなる。振幅分布は地震数が増加するに従い平行移動をせず、振幅の最大値に大きな変動はない。12月初めまで観測された地震が数万個あったとしてもその最大振幅は3 kine程度であり第6図から推定される最大値と大きな差はなく、確率的にみてこれより1けた大きい地震の発生は考えにくい。物理的にみると、有珠山の地震の震源は深さ1 km前後で直径2 kmの外輪山の中に集中(北大理学部横山他による)し、Magma がほぼ同じ限られた場所に連続的に力を加えているとすると、破壊の領域が限定され地震の規模に上限が生ずることはありうる。しかし、このことは“震源の位置が大きく変らない限り”という条件内であると共に資料の検討をさらに深める必要もある。

現在まで、北大理学部、東大地震研究所、東北大理学部各関係者、現地の壮瞥町役場他各対策本部、各関係機関から多くの御指導と御援助を受けていることに心から感謝する次第である。また、部内にあっては火山担当者に協力して未経験の火山観測・その維持・連絡などをつづけた関係諸氏の努力に敬意を表する。



第7図 11日間の積算による地震の振幅とその累積度数分布(壮瞥温泉)

参 考 文 献

- 1) Kizawa, T. (1959, 1960): A Study of Earthquakes in Relation to Volcanic Activity(2) and(3) Meteorology and Geophysics., Vol. 9, p 204 Vol. 11, P. 30
- 2) 森谷武男(1977): 地震回数計による有珠山における地震数と $b(m-1)$ の時間変化 地震学会講演予稿集, №2, P 56
- 3) 田中康裕(1967): 桜島の爆発地震について 火山、第2集、12、1、P 26
- 4) 諏訪彰・長宗留男・渡部貢(1971): 秋田駒ヶ岳(1970~71年噴火特集号) 火山、第2集、16、2~3、P 112
- 5) 田中和夫(1971): 秋田駒ヶ岳(1970~71年噴火特集号) 火山、第2集、16、2~3、P 135
- 6) 下鶴大輔・行田紀也・竹田豊太郎(1971): 秋田駒ヶ岳(1970~71年噴火特集号) 火山、第2集、16、2~3、P 143
- 7) 西田良平(1970): 松代群発地震における石本 — 飯田の係数 m の変動 地震、第2輯、23、2、P 142
- 8) 戸松征夫(1971): 北海道駒ヶ岳周辺の地震活動(1969-70) 北大地球物理研究報告、26、P 85