

濁川盆地とその周辺における微小地震活動

Microseismicity in Nigorikawa Basin and its Vicinity, Southern Hokkaido

広田 知保
Tomoyasu HIROTA

まえがき

濁川盆地周辺には、新第三紀に属する堆積岩類、同時期の火山岩類、およびこれらを覆って第四系の地層が広く分布している。これらのうち新第三紀層の地質構造は、NW～SE方向に軸をもつ褶曲構造と、主としてこれに直交する方向の断層によって特徴づけられている。褶曲構造は、鳥崎川上流から坊主山を経てさらに北へ延びる背斜と、その西側を走る同方向の向斜から成る。断層は、N～S系のもののほかに、褶曲構造と同じNW～SE方向のものと、これより新しい時期に形成されたNE～SW方向のものがあり、この両方向の断層がこの地域の地質構造を規制している(石田, 1967; 松下ほか, 1973; 地質調査所, 1975; 道南地熱エネルギー株式会社, 1977)。

濁川盆地も、上に述べた両方向の断層に規制されていて、ほぼ五角形をとっている。この盆地の成因に関しては従来から諸説あったが、佐藤(1968)は、第四系石倉層(絶対年代12,000～20,000年前)の分布状況から、石倉層をもたらしした火山活動後に生じた陥没によって形成された、小さなクラカトア型カルデラであるとしている。

この報告では、1977年8月26日から10月28日まで、濁川盆地内で実施した地震観測によって明らかにされた、盆地とその周辺における微小地震活動の概況について述べる。

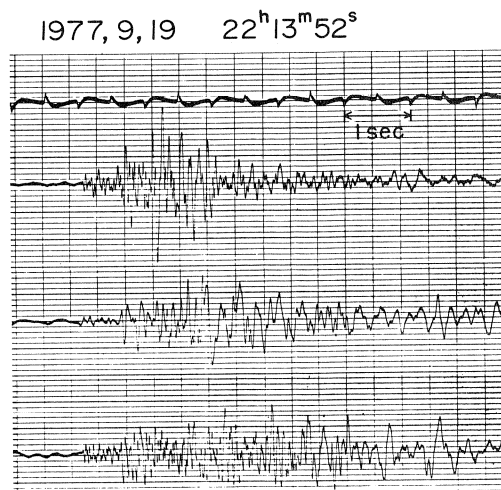
今回の観測に際して、森町企画課および道南地熱エネルギー㈱の各位からは、終始便宜をはかっていただいた。なお、震源決定の計算には北海道総務部電子計算課の計算機NEAC 2200を用いたが、その際関係者からは全面的な御協力を受けた。この報告をとりまとめるにあたって、上に記した関係各位に対し深く感謝いたします。

1. 地震観測の概要

地震観測は、一辺が約600mの三角形(第2図)の各頂点に、上下動地震計を1台ずつ配置するtripartite観測の方法によって行なった。観測システムは、樽前山における地震観測の際に用いたもの(広田・佐久間, 1978)と全く同じである。

今回の観測の場合、いずれの観測点でも大きな雑微動(最も静かな観測点でも平均約200 μ kine)の影響を受けたので、あまり感度を高くできなかった。従って総合速度感度はおよそ120 μ kine/mm、変位倍率では30Hzで16万倍程度であった。この程度の感度でも、震源距離3kmの地震を対象とすれば、Magnitude(村松, 1966)–1.5程度の極微小地震まで検出可能である。

64日間の観測期間中に、約2000個におよぶ地震が



第1図 地震記象例

Fig. 1 An example of seismogram.

第1表 S-P時間10.0秒以内の地震に関するデータ

Table 1 Microearthquakes with S-P intervals of less than 10.0 seconds.

SHOCK NO.	ARRIVAL TIME					S-P sec	最大振幅 μ kine	MAG	初動方向
	M	D	H	M	S				
1	8	28	1	58	43	7.9	750	0.5	C
2	8	30	7	41	6	1.8	2,200	0.3	C
3	9	9	0	27	42	3.5	1,050	0.2	D
4	9	9	7	6	42	6.6	1,900	1.1	C
5	9	9	7	36	2	2.1	3,500	0.7	D
6	9	11	12	58	3	1.1	14,700	1.2	D
7	9	11	12	58	20	1.2	14,200	1.2	D
8	9	11	13	18	30	1.2	3,900	0.4	D
9	9	15	5	37	32	1.2	680	-0.8	D
10	9	17	13	40	1	2.8	9,230	1.5	C
11	9	19	22	13	52	0.6	7,720	0.4	C
12	9	22	0	30	12	0.5	2,000	-0.6	C
13	9	22	8	28	45	0.5	3,400	-0.3	C
14	9	23	21	49	46	0.8	320	-1.6	D
15	9	24	13	21	6	0.6	3,200	-0.2	C
16	9	25	6	20	9	0.6	3,700	-0.1	C
17	9	26	8	15	2	2.9	4,400	1.1	C
18	10	4	22	1	45	2.0	1,050	-0.1	C
19	10	8	5	12	26	0.6	1,300	-0.8	C
20	10	23	22	38	35	1.4	300	-1.2	D
21	10	27	12	49	31	2.0	1,670	0.2	C

記録されたが、その大部分は有珠山の噴火活動（最初の噴火は1977年8月7日）に伴う地震と考えられる。

S-P時間が10.0 sec以下の局地的地震は25個のみであったが、これらの地震のMagnitudeは-1.3~+1.8の範囲にあり、微小ないし極微小地震として分類される非常に規模の小さい地震である。これらの地震のうち第1表に示した21個については、初動の方向が明瞭であり13個がcompression, 8個がdilatationを示した。

S-P時間が1.0 sec以下で、観測網のごく近くで発生した地震は7個のみであった。

地震発生の時間系列をみると、S-P時間が10.0 sec以内の地震も、観測網のごく近傍で発生したS-P時間が1.0 sec以内の地震も、ともに9月中~下旬に集中的に発生し、盆地周辺で発生する地震には群発的な性格がみとめられる。

なお、第1図には記象例を示した。

2. 震源分布

地震波はPoisson比0.30, P波速度3.5 km/secの半無限均質の媒質中を平面波として伝播するとの仮定のもとに、局地的地震のうち17個について震源決定を行ない、その震央を第2図に示した。第3図には、震源分布を南北断面と東西断面に分けて立体的に示した。

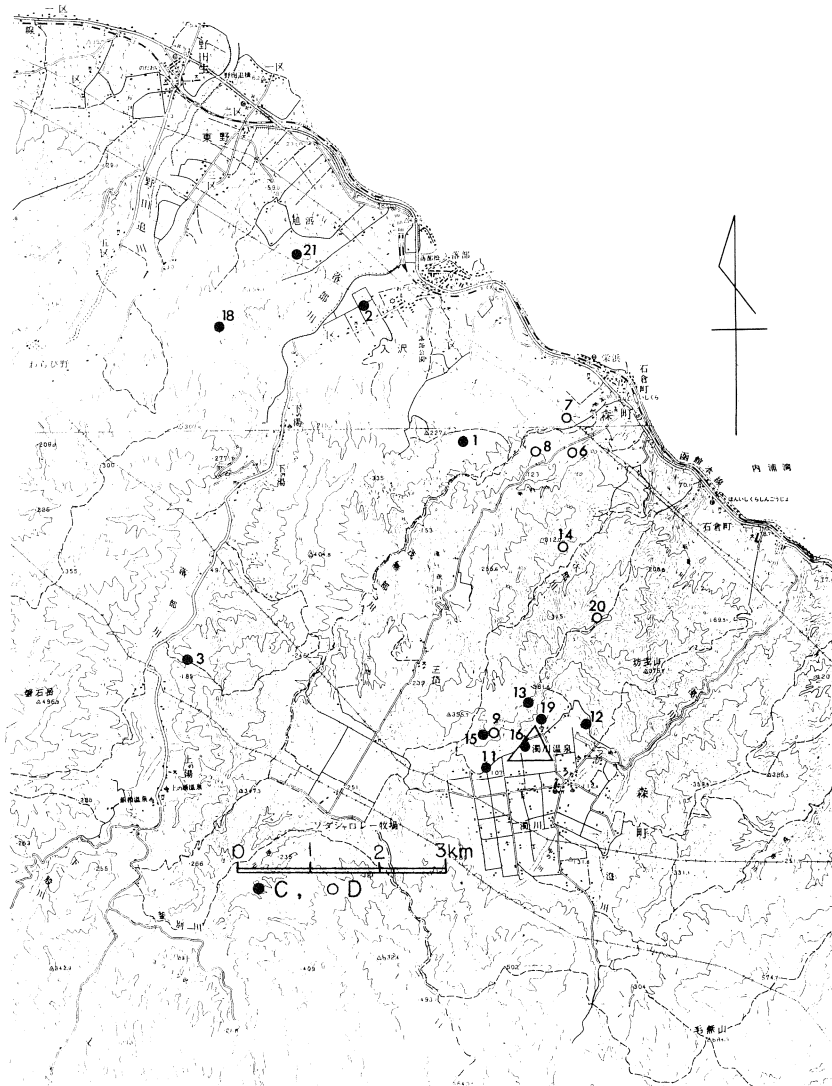
第2図と第3図によって震源分布の特徴について簡単に述べる。まず、盆地の北ないし北西のカルデラ壁に沿って群をなして浅い地震が発生していることが、最も大きな特徴である。しかもNo.9の地震を除けば、震源の深さは1.8~2.2 kmのごとく薄い部分に集中し、初動の方向も全てcompressionを示している。

また、盆地の北側に6個の地震（No.-1, 6, 7, 8, 14, 20）の震源が決まっている。これらのうち、No.1の地震は地殻深部で発生したもので、今回の観測では例外的なものである。残り5個とNo.9の地震に注目して第3図の南北断面をみると、震源が北から南に向って深くなっており、しかも初動の方向が全てdilatationであることが著しく特徴的である。

このほかにも、濁川盆地から北西および西方に離れた落部川沿いも、散発的に地震が発生しているが、初動方向はいずれもcompressionである。

3. 地震の発生と地質構造との関係

クラカトア型カルデラとして形成された濁川盆地の縁および盆地を囲む山地は、陥没運動の境界付近に相当し地殻応力の集中しやすい構造的に不安定なところである。しかも、①盆地の南部では温泉が湧出せず、また北部の温泉では自然湧出およびボーリング孔による高温泉が中央部よりも多いこと（福富ほか, 1963; 浦上ほか, 1977）、②Clイオンを1000 mg/l以上含む温泉群が盆地の北西壁付近にNE~SWの方向で並び、その南東側には同じNE~SWの方向をもって、さらに2つの異なったタイプの温泉群が、かなり明瞭に分離して分布すること（浦上ほか, 1977; 道南地熱エネルギー株式会社, 1977）、③1m深および20m深地温が盆地内の北~北西部で高いこと（地質調査所, 1975）、④構造試錐Ko.-1および電気探査の結果から盆地北半部に、深部まで広がる優勢な変質帯が確認されていること（日本地熱調査会, 1975）、⑤盆地壁のうち、北西側で重力異常値がHIGHの目玉をもつこと（浦上ほか, 1977）などの諸事実を考慮すると、盆地およびその外側も



第2図 地震観測点および震央位置

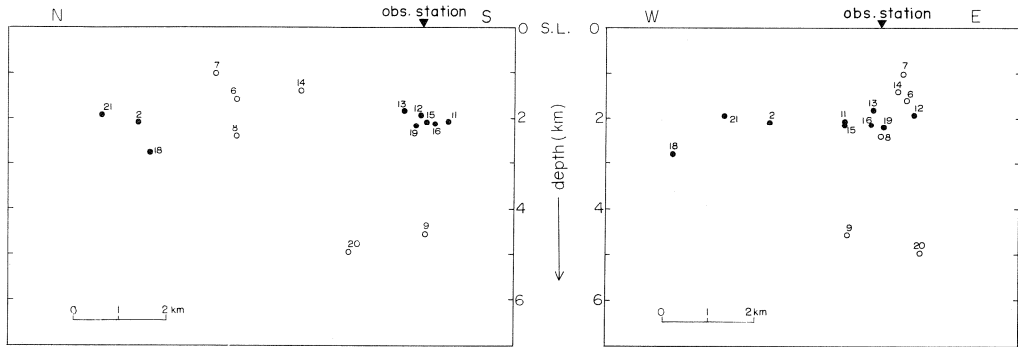
Fig. 2 Location of observation station and epicenters of microearthquakes.

含めて、北北部の方が地質構造は複雑であり、顕著な異常帯は NE~SW の方向をもっていることは確かである。このことは、はじめに述べた NE~SW 方向の比較的新しい断層運動が盆地北北部の地質構造を規制し、同方向の亀裂が深部にまで発達していることを示すものである。

このようにみえてくると、前項で述べた盆地壁近傍の地震が、北西側の壁に NE~SW の方向に並んで集中的に発生していて、他の部分で発生しないという観測事実は、これらの地震が盆地の形成を規制した比較的新しい NE~SW 方向の構造運動と密接な関係をもって発生していることを意味する。震源の深

さが集中する 2 km 前後の深さは、構造運動の影響を受けた深さを意味するものとも考えられる。なお、かなり規模の大きい変質帯の存在が確認されている盆地北東部周辺（日本地熱調査会、1975）には、地震 No. 12 の震央が決まっていることを考慮しても、地震が非常に少ないことは注目に値する。

今回の盆地内の観測網に対して、初動方向の分布に、かなり明瞭な規則性がみとめられることは前項でふれた。この分布は、はじめに述べた NW~SE 方向の背斜軸の東側の地震は dilatation を示し、西側の地震は compression を示すとみることでもできる。このような微小地震と、より大きな地震の初動分布の



第3図 震源の南北断面および東西断面

Fig. 3 Foci of microearthquakes plotted on vertical sections along north-south and east-west direction.

関係を調べることによって、この地域に作用する地殻応力の方向など、構造運動のより詳細な様式を明らかにすることができよう。詳細な議論は今後に譲ることとする。

あとがき

今回の地震観測によって、濁川盆地とその周辺の浅発地震の活動状況は、ある程度明らかにされた。そして盆地壁近傍での地震の発生様式から、盆地を形成した構造運動が現在も活動的であることがわかった。

最近、水を地下に圧入した際に地震が発生し、圧入量と地震発生回数との間に高い相関関係があるという報告(Evans, 1966; Ohtake, 1974)や、ダムに貯水することにより地震が発生したり、地震の発生回数が増加するという報告(Gupta and Rastogi, 1976)などが非常に増えてきた。さらに、岩石破壊の実験と理論に基づいて地震予知の面に応用されはじめた Dilatancy model (Scholz et al., 1973) においても、地殻内における水の役割が非常に重視されるようになってきた。

このようなことを考慮すれば、濁川盆地における地熱の開発および利用に際して、地熱流体を地下からとり出すこと、あるいは逆に環元することが、地震の発生をはじめ地殻にどのような影響を与えるか監視して行かなければならない。今後は盆地内および周辺に多数の地震計を配置して、長期間にわたる観測を行なう必要がある。

文 献

- 地質調査所 (1975) : 全国地熱基礎調査報告書, No.1, 駒ヶ岳北部, 1-104.
- 道南地熱エネルギー株式会社(1977) : 北海道森町濁川地域-地熱開発調査報告書, 1-68.
- Evans, D.M. (1966) : Man-made earthquakes in Denver, *Geotimes*, vol. 10, No. 9, 11-18.
- 福富孝治ほか6名(1963) : 北海道濁川温泉の調査, 北大地球物理学研究報告, 第10号, 61-76.
- Gupta, H.K. and B.K. Rastogi (1976) : *Dams and Earthquakes*, Elsevier, Amsterdam, 1-229.
- 広田知保・佐久間勉 (1978) : 樽前山における地震活動の様式, 地下資源調査所報告, 第50号, 183-192.
- 松下勝秀・鈴木守・高橋功二 (1973) : 5万分の1地質図幅および説明書, 濁川, 北海道立地下資源調査所, 1-28.
- 村松郁栄 (1966) : Magnitude の式の訂正および注釈, 地震, 第2輯, 第19巻, 282-285.
- 日本地熱調査会(1975) : 地熱開発精密調査報告書, No.3, 駒ヶ岳北部, 1-99.
- Ohtake, M. (1974) : Seismic activity induced by water injection at Matsushiro, Japan. *Journal of Physics of the Earth*, vol. 22, No.1, 163-176.

- 佐藤博之(1968)：西南北海道濁川カルデラとその噴出物について(講演要旨)，地質学雑誌，第74巻，第2号，104.
- Scholz, C.H., L.R. Sykes and Y.P. Aggarwal (1973) : Earthquakes prediction ; a physical basis, Science, vol. 181, 803-810.
- 浦上晃一・西田泰典 (1977) : 駒ヶ岳北部地域放熱量調査物理探査報告，地質調査所月報，第28巻，第1号，1-20.