

松代群発地震後第3活動期

—あとがきにかえて—

高橋 博

国立防災科学技術センター

Seismic Activity in the Post-Third Period of Matsushiro Earthquake Swarm and Some Recent Problems of Research

By

Hiroshi Takahashi

National Research Center for Disaster Prevention, Tokyo

松代群発地震は 69年2月23日 で実に 1,300日を数え、この間、松代における有感地震回数は62,294回10万倍地震計による無感地震697,359回にも及び(以下ことわらない限り地震回数は松代の地震観測所の観測による)その放出エネルギーの総計はほぼ、マグニチュード6.4の地震に相当する。松代群発地震は地震活動やその震源域から次の5期に分けられる。

- 第1活動期 '65年8月~(11月下旬)~'66年2月
- 第2活動期 '66年3月~(4月上旬)~7月
- 第3活動期 '66年8月~(9月中旬)~12月
- 第4活動期 '67年1月~(2月上旬)~'67年9月
- 第5活動期 '67年9月~

この区分は第1~3活動期の初めについては一致しているが、第3活動期の終りからは、震源域が著しく広がり、地震活動の状態も必ずしも明確でないため、関係者間の一致した見解とはいえない。なお、上に各活動期の上昇期と下降期の境も示した。第1活動期は序曲的な活動で地震は回数と強さを次第にまし、長期的な規模の大きい群発地震へと成長した。第2活動期は地震活動が最高に達した時期で、地震回数、地震放出エネルギーとも全活動期間を通じて最高であった。第3活動期は地震活動では、第2活動期に及ばなかったが大規模な基盤及び地表変動を伴い、大量の湧水を生じたことで著しい特色を示した。この期の地盤の活動のピークは地震活動のそれより、半月程度

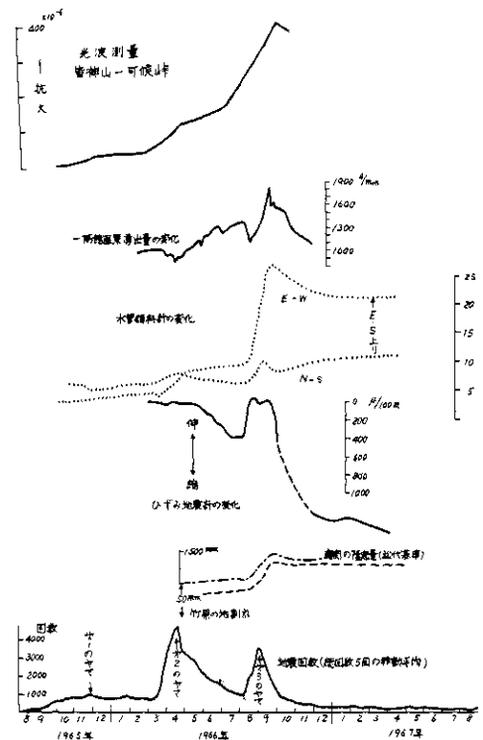


Fig.1. Seismic activity and crustal deformation.

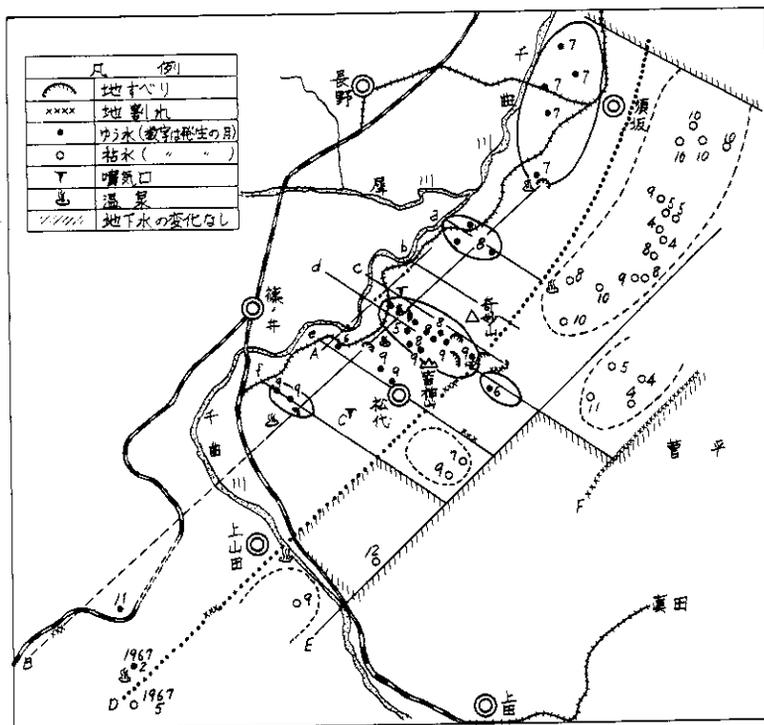


Fig.2 Crustal deformation and variation of underground water.

遅れて生じ(Fig.1)²¹⁾, 地変は北は須坂付近から南は上山田付近の広い区域に発生した²²⁾(Fig.2). その被害も地震活動の最大であった第2活動期よりも大きく, 地すべりや異常湧水のように, 後に長く尾をひき, 後遺症的災害をともなった. 被害域は広がったが地盤や地表変動が集中的に, しかももっとも著しく発生した所はよく知られているように皆神山の北麓で, 第1期地下構造調査で発見された地下異常——陥没状構造の所と一致し, また, 松代群発地震の最初の活動場所とも一致している²³⁾. 特に, 地震断層がこの所を横切り, 1,000万とと推定される大量の湧水の大半が, ここから生じ, その湧水は本邦では珍らしいCaCl₂型の温泉で, 現在の所地球化学者によって, 化石海水ではなく, 火成源性の温泉と推察されていることは, 今回の地震の成因を考える上で

極めて重要なことである.

震源域は, 第3活動期までは, その活動期を迎えるたびごとに拡大した²⁴⁾(Fig.3). 震源の深さも活動期ごとに浅くなる傾向を示したが, Fig.4みると, あたかも下からつきやぶろうとして何回もつきあげたかのごとく, 活動期ごとに, 浅くなる時期が顕著で, 第3活動期には基盤の破壊がついに地表にまで達し, 激しい地震活動を発生させる原因がこれで消滅したかの感を与えるようである. 第3活動期の末期には地震活動は北は東村, 高山村——群馬県境近辺, 南は冠着山付近にまで拡大したが, 地震活動は全般に衰えた. 年があげると, 坂井村方向の地震活動が活発となり, 第4活動期をむかえ, 震源域は南西方向と菅平などに広がり震源域は最大となり, 坂井村には湧水と湧水現象が生じた. たゞし, CaCl₂型の湧水は松

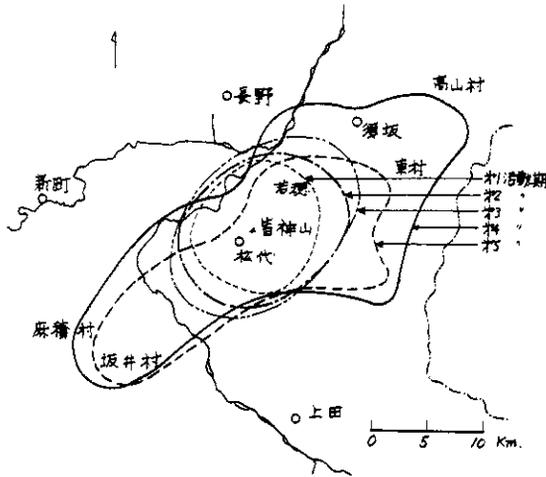


Fig.3 Expansion of occurrence area of Matsushiro earthquake swarm.

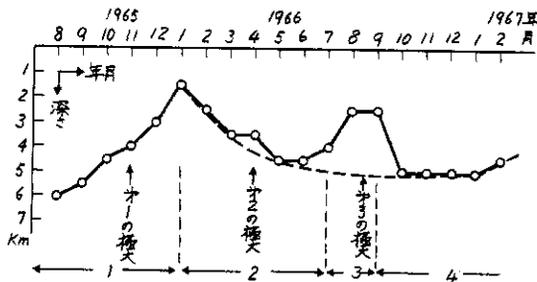


Fig.4 Variation of focal depths in time.

代の地震断層に沿ってのみ発生し、坂井村をふくめ、他の地区のものはすべて弱アルカリ性である。また、地震断層沿いには地震の発生がみられなくなった。坂井村の地震活動は'67年2月をピークとし、その後、度々活発化した、時と共に地震回数は減少していった。震源域最北端の地震も次第に発生しなくなり、震源域もやせばまり、地震活動は全般に衰え次第に群発型から単発型に傾向が変ってきた(第5活動期)。水準測量により第3活動期の末頃から北信地域全体に顕著な基盤の隆起現象の起きたことがわかり、それが転化すればかなり大きな規模の地震となりうる程度のものであった。これと、松代群発地震の関係、ある

いは伊東地震にみられたように群発地震から大きな単発地震に転化する問題等について、明らかにならないまま経過したが¹¹⁾、'68年秋にいたり、これら隆起地域内またはその近くで、斑尾地震('68.9.21 M=5.4)池田付近の地震('68.10.31, M=4.2)、あるいは焼岳(上高地)の活動('68.11.7~8)等がみられた。これらは松代群発地震とは震源域がはなれており、別箇の活動と考えられるが、松代群発地震にエネルギーを供給した北信地域全般のより根源的な地殻活動に関連があるものであろう⁶⁾。

前回報告した、松代群発地震の特別研究(第1次⁵⁾)は、第1活動期に計画されたもので、地質、地球物理、地球化学的方法により、震源域の地質構造を研究し、200 mの試錐により震源域の中心において地中で地殻活動、皆神山の成因と松代盆地の地下構造を明らかにし、また、当時すでに地震学者より要望されていた震源域に達する深層試錐による地震の研究のためのパイロット・ボーリングとして、地中観測技術の開発的研究を行なった。その結果、震源域の地質構造が周辺地域と異って非常に複雑であることや、皆神山の成因や松代盆地の構造がわかり、皆神山北麓に特異な陥没状構造のあることも発見された。震源域に達する試錐については、深度2000 m程度なら地温が150~250℃の間で掘さく可能な温度範囲と推定され、他の諸調査からも、湧水圧や破碎帯などによる苦労をとんでも掘さくできないという条件は見出されなかった。試錐孔による地中観測についてはわが国ではじめて連続的な地殻活動の総合的な観測ができ、この先駆的研究が直ちにわが国の地震の研究に役立ち、その後、気象庁(高円寺、小名浜)や当センター(茨城—千葉県境長豊橋、えびの吉松地区地震観測井)の観測井が何れも設置に完全な成功を示している。今回報告するものは、第3活動期の異常事態に対応して計画され、拡大された地域に対する地下構造と地すべり、異常湧水の原因を研究したもの(第3次)が主である。その結果、戸倉—須坂間の地質構造を明らかにできたが、その後さらに拡大した坂井村方面の地質構造を明らかにできなかったことは本当に残念なことである。しかし、最初の研究の計画の時、すでに論議されながら地震があまりにも多いため実施が困難とされていた人工地震による地下構造探査が'67年11~12月に

行なわれた。これは、それまでの調査では深さ2 km程度までの地下構造が明らかにできたので、地震の主として発生している、それ以深の構造を明らかにする必要があったからだけではなく、震源域(3次元)の速度構造がまったくわかってなかったため、正確な震源決定に困難を生じていたからであった。すなわち、震源決定に必要な地下の速度構造は各機関で全くの仮定により行なわれていたし、地震波が水平的にも屈曲してくるよう観測される問題があった。探査測線は震源域を長軸と短軸方向に横切るように設けられ、結果としては、震源域の構造の骨組を明らかにできた⁹⁾。その詳細は近く公けにされる予定であるが、今日明らかになった主なことは次のようである：当地域はごく表層を除けば、3つの速度層からなり、震源域の長軸方向の断面では、単調でほぼ水平な層状構造を示すがその短軸方向の断面では、中央隆起帯と呼ばれている震源域付近は第3層が著しく隆起している(松代付近で深さ1~2 km)。その第1、第2層は第4紀の新しい堆積層から松代盆地の基盤をなす別所層を含む新第3紀などであろうが、第3層(6 km/s)は北信地域の基盤をなす古生層または中生層やこれに貫入した深成岩類に大まかにみて対応するものと考えられる。この速度構造はこれまでに知られていた地質学的見解や重力などの探査結果と大局的にはよくあう。いずれ、綿密な地質学的解釈がなされるであろうが、今回の探査は測線が長く、地形上の障害もあったので、細い構造解析まではできないものと考えられる。また弾性波速度からすべてを解析できるものでもない。そこで、次のような問題が残るものと思われる。たとえば、重力や地磁気探査によってえられた異常は、今回の結果でかなり明らかになるが、なおのぞききれないものが、かなり残るのではないと思われる。また、それらとどういふ対応がみられるかも、今の所、わからないが、地質調査から知られている震源域のブロック構造の深部地質が、今回の探査では明らかになっていないし、当地方の基盤と考えられる第3層が、古(中)生層や深成岩類のいずれから成るかどのような組合せ(分布)になっているかも今の所明らかになっていない。特に、群発地震は地質構成の複雑なところにおこるといふが、そういう点で震源となっている基盤(第3層)の実体を明らかにする必要があるのである。そのことと関連して、中

央隆起帯は、その隆起活動により、基盤岩について同じ地質(岩石)であっても、その物理学的岩石学的性質において地震に関連した何か特別な性質が認められるかどうかなども今後の課題であろう。細部の地質構造については、皆神山北麓の陥没状構造は今回の探査でも、ある程度認められたようであるが、その実体はやはり不明のままである。そして、主としてここから出たと思われるあのおびただしい量の、今なおかなりの水圧をもって(地震センター談話会、大平・岸本、'68.11)湧出しつづけている異常水の貯留層がどこにありそれとまたはその運動と地震活動の間にどのような関係があるのか、今なお不明のままに残っている大きな問題である。そして、その特異といわれているCaCl₂型の水は火山性源のもので海水起源でないといわれているが、地震との関連では、その点もう少しははっきりさせておく必要がある。松代群発地震では、地震予知や住民対策の上で大きな成果がえられたが、地震発生の研究の上でも色々と研究が進められている。今回の地震は地震発生とそのにない手である地質との関係をといてゆくの絶好の機会であるので、この方面での研究の進歩も大きく期待されている。

松代地震の発生に際して過去の同種の地震である伊東地震、有馬の鳴動や北信地域でかつて発生した高井地震などの資料が逸散して、その詳細がわからないため、今回の地震のなりゆきを予測するうえで大変な苦勞をした。地震の研究の進歩を心がらねがう地元民の要望がもととなって設置された('67年2月8日)松代地震センターでは、自然科学的資料だけでなく、社会学、人文科学的資料についても印刷物から写真、録音、ボーリング・コアや異常湧水で死んだ魚などに至る各種の資料を精力的に集めている。'69.2.28現在で資料件数1007に達したが、この中には1件で1万枚をこすものもある。集収資料は応急的には月報で関係機関に知らされているが、検索しやすいようにUDC、資料形態、主題語、要録、作成者・機関名などを整理してカード化する努力が進められている。また、研究的な談話会を開き、数人の講演者を中心に総合的な討論の場を提供している(録音あり)。今までの実績は次の通りである。(68.12.末現在)

(1) 談話会 (回数(年月日):課題)

第1回(42.6.15):松代地区の地すべ

りと地下水

- 第2回(42.9.20) : 松代盆地付近の崩壊地形
 第3回(42.11.1) : 松代地震にともなう湧水の水質
 第4回(42.12.8) : 松代地震における医学・衛生問題
 第5回(43.1.25) : 松代地震の地塊運動
 第6回(43.2.15) : 松代地震による農作物の影響
 第7回(43.4.26) : 松代地震の建築物水道対策
 第8回(43.5.24) : 堤防・ガス対策
 第9回(43.6.20) : 建物被害
 第10回(43.7.18) : 松代人工地震探査結果
 第11回(43.10.30) : 牧内地区の地すべり
 第12回(43.12.9) : 空中磁気探査の結果
- (2) 出版物 松代群発地震資料月報 1 ('67.8. pp44), 2 ('67.10, pp18), 3 ('67.12. pp17), 4 ('68.4. pp19), 5 ('68.9. pp25)
 松代地震ニュース No 1('68.3.1)~ No 10('68.11.11)各pp4
 松代地震センター研究報告('68.12)
 松代群発地震地域における精神衛生調査, 心理調査, 情緒テストおよび心電図検査成績について

参 考 文 献

- 1) 気象庁(1968): 松代群発地震調査報告・気象庁技術報告, No 62, 10
- 2) 同 144
- 3) 同 9
- 4) 同 12
- 5) 国立防災科学技術センター(1967): 松代群発地震に関する特別研究, 防災科学技術総合研究速報, No 5, 1-89
- 6) 松代地震センター(1968): 松代地震ニュース(昭和43.11.11), No 10, 3
- 7) 長野地方気象台・地震観測所(1968): 松代群発地震(3年間の概要), 6
- 8) 地震観測所・松代地震センター(1968): 地震のシオリ.(昭43.8.3)
- 9) 科学技術庁研究調整局(1968): 松代群発地震に関する特別研究(第5次).(近刊)
- 10) 高橋博・鈴木定夫・相原奎二(1968): 松代地震センターにおける資料の収集と整理. 第5回情報科学技術研究集会講演集
- 11) 国立防災科学技術センター(1968): 創立五周年記念講演会 講演要旨, 7~9