

# 地震の経過

相原 奎二

## 1. はじめに

松代群発地震については 本誌 144号に その発生当時から昭和41年3月までの状況 過去に北信地域に起こった地震の例 および 震度 マグニチュード 地震の発生回数と振幅との関係などの予備的なことがらについて掲載されているので その後の状況について 松代にある気象庁 地震観測所の資料からお知らせする。

## 2. 地震回数の変化

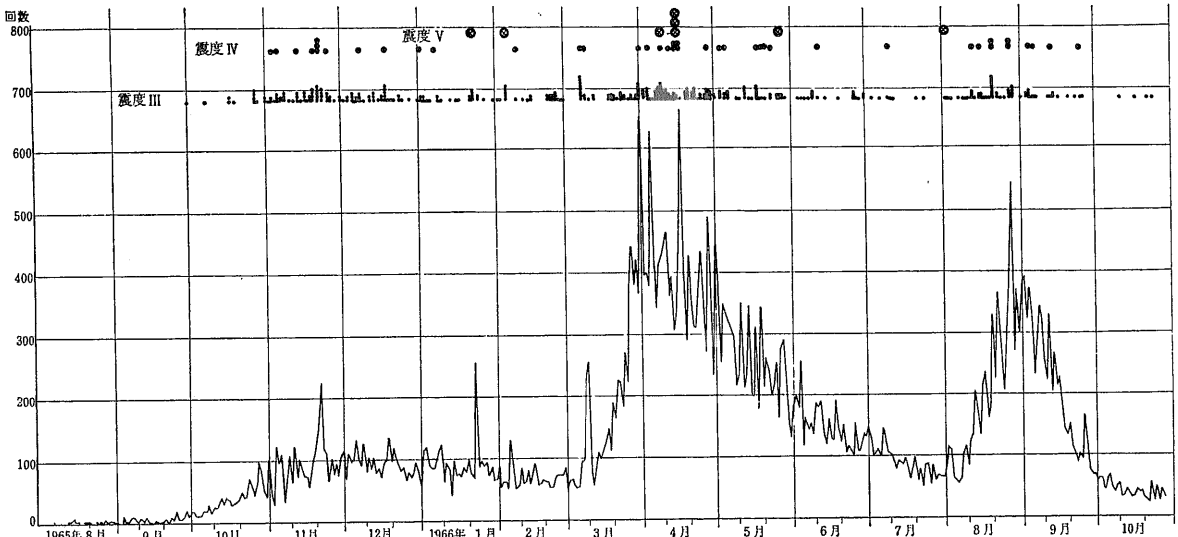
気象庁の地震観測所に設置してある 国際標準地震計(周期1秒の地動に対して10万倍の倍率がある)の上下動成分に記録された松代群発地震の日別回数は 昨年3月中頃から急に増加して4月1日の9時から2日9時までの24時間に 6596回の地震が記録され そのうち 441回が有感地震であった。 その後回数はやや減少する傾向を見せたが 震度の大きい地震は続いて起こり4月17日には1昼夜に震度IV V各3回をはじめ有感地震 661回を含めて6780回の地震が記録されて人々を驚かせた。 しかしこれを境にして地震回数も少なくなり震度の大きい地震も減ってきたが 5月28日にはまた震度Vの強震に見舞われ いくらか落ち着きを取り戻した人々を再度驚かせた。 この地震は単発に終り その後も順調に回数が減少したので 7月末にはそろそろ松代地震も終る

のではないかとというような声も聞かれるようになった。しかし地震なまづは テレビや新聞を見ているらしく人間の考えの裏をかいて 8月になると第三のヤマを起こし考え方の甘さをいましめた。 そのヤマも9月半ばから急速に減衰し 10月に入るとかなりおだやかになってきている。

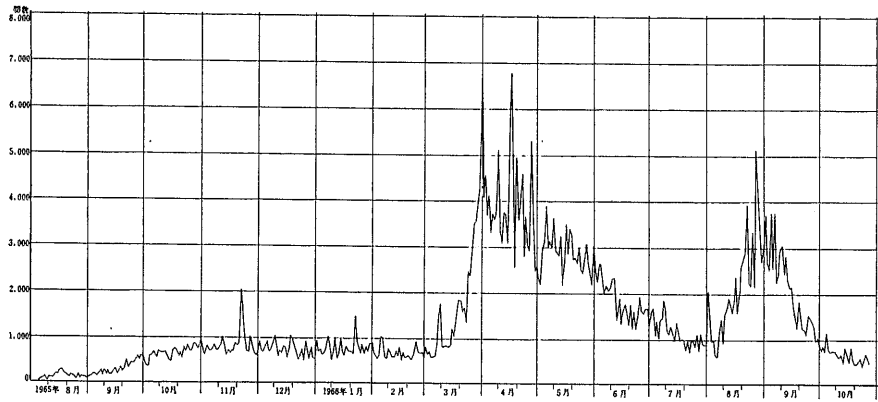
## 3. 震源の移動

ここでもう一度地震回数グラフを見ていただきたい。第一のヤマといわれた 一昨年11月の活動期は今から見れば丘にすぎない。 次に第二のヤマと第三のヤマを比べて見ると その形が大へんちがっているのに気付かれることであろう。 第二のヤマは立ち上りが急で 下る時はゆるいのに 第三のヤマは頭がまるく 上りと下りの傾斜があまり変っていない でこぼこをならして平均的な線を引いて見ると 第二のヤマはこのぎりの歯のような形になるのに 第三のヤマはまんじゅうのような形になる。 三つのヤマの形はこんなにちがうのだが その時の地震がどんな所で起こっていたかを調べるのも無駄ではあるまい。

有感地震の震源の深さが時とともにどう変っていたかを見ると 一昨年11月の第一のヤマにかかる前は 深さ4~7km のあたりに起こる地震が多かったが 地震回数が増加するにつれて それよりも浅い所で起こる地震の割合が増し第一のヤマでは 7km よりも浅い所でいろいろの深さの地震が同じ様に起こっていた。 第一のヤマを過ぎると 4km よりも浅い所に起こる地震の方が多くなり 昨年1月ころまではその割合が増加する傾向で しかも震度IVやVの地震の起こった時にはその割合が少し多くなるように見えた。 また 有感地震のうち 4km よりも浅い所で起こる地震の割合は、日別有



第1図 日別有感地震回数



第2図 松代地震日別回数 国際標準地震計(倍率10万倍)による

有感地震回数とかなりよく似た傾向を示していた。2月になると少し様子が変わり 4 km よりも浅い地震の割合が急に減り 4~7 km の地震の割合が増えたが有感地震回数はそれほど減っていない。3月に入ると 4 km より浅い地震も 4~7 km の地震もほぼ同じ割合いで起こるようになり 第二のヤマに入った。これは第一のヤマの場合と同じで 7 km より浅い所では地震の起こり方が大体一緒であったわけである。第二のヤマの平均地震回数のピークは4月上旬に出ているが震度の大きい地震回数のピークと 4 km より浅い地震の割合のピークとは共に4月中旬に出て 少し時期のズレがある。4月下旬第二のヤマの減衰期にかかると 4 km よりも浅い地震の起こる割合はさらに減って4~7 km の地震の起こる割合を下回るようになって 5月から7月までの3月間は それぞれの割合が4月下旬当時のままほとんど変わっていないといつてよい。しかし有感地震回数は順調な減少の仕方をしているので第一のヤマの後半と第二のヤマの後半とでは地震の起こり方にちがいがあつたといえよう。8月になって第三のヤマに入ると また 4 km より浅い地震の割合が増して4~7 km のものの割合を上回るようになったが今回は 4 km より浅い地震の割合のピークは 8月中旬から9月上旬にあり有感地震回数のピーク(8月下旬~9月上旬)とほぼ一致している。9月に入ると 4 km よりも浅い地震の割合が減り 4~7 km の地震の割合が増して10月に続いている。これらのことから考えると 有感地震の回数は震源の深さの分布にはあまり関係なく 震源の分布している区域全体の状態に関係が深いようだが 震度の大きい地震の起こる前後には地表に近い部分の回数が増えることが多いといえるようである。

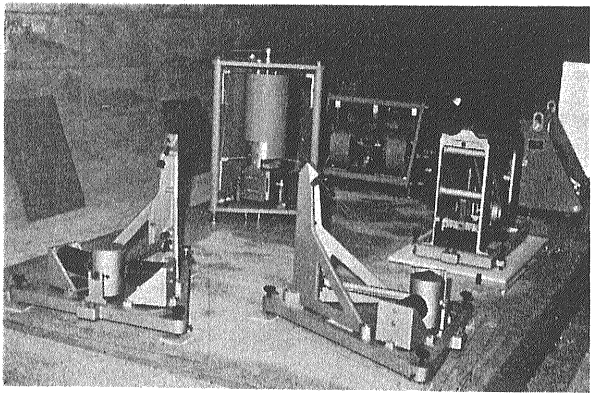
ここで見落してはいけないことは 松代群発地震としては深い方に属する 8 km よりも深い所に起こった地震のことである。この深さの地震はその割合はさほど

多くはないが 重要な役割りをしているようである。地震の初期 第一のヤマのピークを過ぎるまでは 8 km よりも深い地震は非常に少なかった。しかし1月ころからその割合が増加して 2月にピークが出3月に入るとまたごく少なくなった。2月ころから4~7 km の地震の割合が増加し

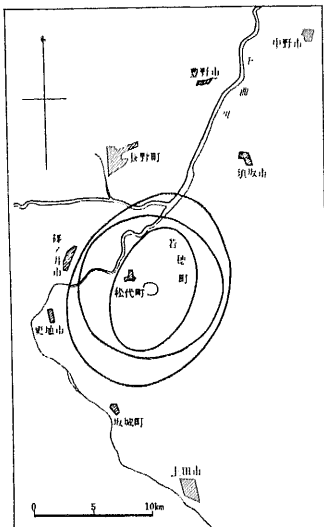
はじめ 3月に第二のヤマ 4月中旬には 4 km よりも浅い地震のピーク と並べて見ると何となく関係があるような気がする。また5月 6月にもそれぞれ 8 km より深い地震の割合が少し増しているが これらが重なり合つて第三のヤマや 七月頃から目立って来た地割れ 地盤の隆起 それに伴つた地下水異状 山崩れなどに関係しているとも考えられる。

それではこの時期に水平面内での震源の移動はどのようなものであつたかを見よう。第一のヤマの前には松代町を中心として 北東から南西に伸びた長径 12 km 短径 7 km の長円形の内に大部分の有感地震が起つていた。第一のヤマの終りころには 少し広がつて直径 12 km の円形となつていたが 第二のヤマの後さらに広がつて最初の長円を大きくしたような形 北東から南西に長径 16 km 短径 12 km となり 第三のヤマに入つてさらに北東と南西に伸びたような形となつている。

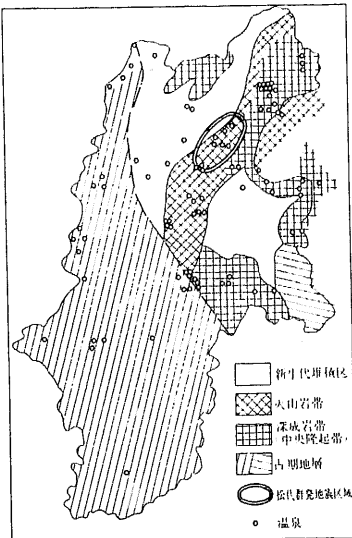
この長円の長径の方向が 松代 若穂の温泉群を通り 戸倉・上山田の温泉と山ノ内温泉郷とを結ぶ線の方とほぼ一致することも見のがせないことである。温泉は地下の割れ目や その下の熱源に関係があるわけであるが 割れ目の方向に地震の震源が分布しても不思議ではないかもしれないのである。このへんに群発地震の原因を暗示するものがあるようにも思われる。



国際標準地震計 午前の3台が長周期用 後側の3台が短周期用変換器で一番背の高いのが短周期上2効用のもの松代群発地震の総回数はこの地震計の記録から数えられる



第3図 震央分布図



第4図 松代群発地震と長野県の温泉分布および地質構造との関係 (信州大学飯島助教授による)

#### 4. 初動分布

各地で観測された地震記象の最初の部分を調べると地震動の最初にその土地がどの方向に動いたか どの方向から力を受けたのかが分る。ある地震について各地の観測値を集めて見ると 地震動の最初に ある地域では地面が震源の方向に引かれ 他の地域では震源と反対の方向に押し上げられるような動きをしている。引かれる地域と押しされる地域とが地図上ではっきりと分けられることが多い。この押し引きの分布を調べて見ると震源でどのような力が働いて その地震が起こったかを推定することができるので 地震動の最初の動き 初動の分布を調べることは 重要な調査事項の一つに入っている。

各地で記録された多くの松代群発地震の記象を調査すると この地震はその震源がみなさがっていても ほぼ東西方向に圧縮力が働き 南北方向に伸張力が働いて起

こったものと考えることができる。この力の方向は過去に北信地方一帯に起こったいくつかの地震の時に働いた力の方向ともほとんど合っている。このことから 松代群発地震も過去の地震と同じように 地殻の内に働く大規模な力によって起こされた 構造性的地震であると考えられる人もある。しかし 地震活動の状況 地震回数や震源の分布などから 地震の原因を地下のマグマの活動と結びつけて考えるマグマ性の考え方の人もあり 現在はまだ結論は求められていない。

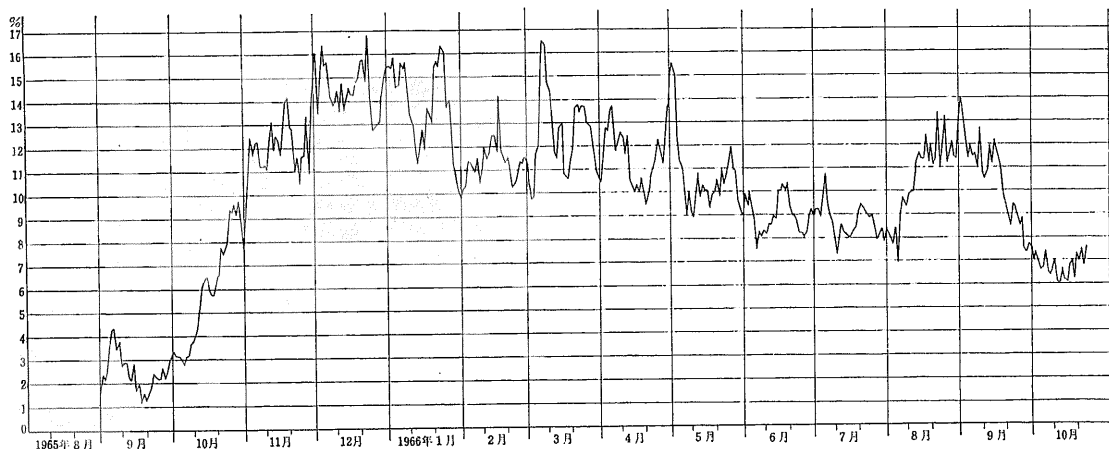
#### 5. 地震活動の周期性

地震回数だけを見ても 11月 3~4月 8~9月と大体4か月おきに増減があり 周期性があるようにも思われる。これをもっと細かく見たらどうなるであろうか。たと

えば 国際標準地震計に記録された地震回数と有感地震との関係とか 地震記象を振幅別に分類して 振幅の大きいものの数の関係を調べるなどしてみたらどうであろうか。周期1秒の地動に対して約3万倍の倍率を持っている上下動地震計の記象を 振幅別に分類して整理して見ると地震の始まった8月から約2週間の周期の変動が見られ この周期性は時々乱れることはあっても ずっと後まで認められる。また標準地震計に記録された地震回数と有感地震回数とを整理しても周期性が見られるが これには2週間周期の時とそうでない時とがあり 2週間のものもその増減の時期が3万倍の上下動地震計と一致する時もあれば しない時もあって 簡単な関係はつけにくい。

#### 6. 強い地震の前後の様子

強い地震の前後で地震の起こり方に何かちがいがあ



第5図 有感地震回数と無感地震回数との比

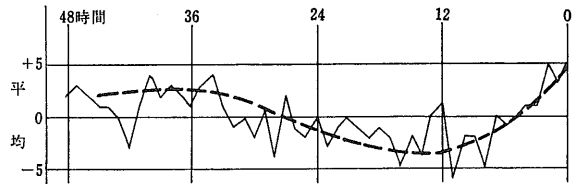
であろうか。震度ⅣやⅤの地震についてはその24時間位前から地震回数が多少減り3～4時間前になると増加する傾向の見られるものもある。また強い地震の前後で石本飯田の係数(振幅の小さい地震が振幅の大きい地震の何倍多く起こっているかを表わすもの)を調べて見ると地震後の方が地震前よりも係数が小さくなる傾向がある。いかえると強い地震前には小さい地震の起こる割合が多く地震後は逆に大きい地震の起こる割合が多くなることで強い地震前にはまず小さい地震の回数が増加し地震後には大きい地震が尾を引くように残るように見えるといってもよいわけである。また教科書の例に出しても良いようなきれいな余震群のある地震もある。

## 7. 震度分布と被害分布

強い地震が起こった時に各地の震度はどうなるかまた被害はどう分布するかを見る前にまず震度のきめ方について考えてみよう。

震度のきめ方は第144号にも説明のある通り国によって少しずつ異なっている。しかし人体感覚により家屋のゆれ方や周囲の状況を判断してきめる点には変りがない。ゆれ方というのは地震動の加速度とその継続時間を加味したものであるが普通の地震の場合は振動の継続時間がある程度長いので震動がどの位かを判断する時間がある。しかし松代群発地震を松代で感じる場合にはゆれたと思った時にはもう終っているような地震もあり震度の判定には苦勞する。またゆれ方は地盤によって変るもので地盤の悪い所ほど大きくゆれるのが普通であり震源から遠い所の方が大きくゆれることもある。地下の状態がどこも同じならば震源地からの距離が同じ所は同じようにゆれる筈であるが実際にはそうならないのが普通で震度の同じ地点を結ぶと円形にはならないことが多い。またゆれ方といっても人間が一番感じやすいのは毎秒2～3振動位でそれよりも早いゆれは感じにくくなり毎秒1振動よりもおそいゆれ方も感じがにぶくなるのが普通である。立っている時は座っている時よりも感じにくく木造の家は鉄筋コンクリートのビルよりもゆれやすい。ゆれ方が同じでもその続いている時間の長い方が大きくゆれたように感じられる。以上のようなわけで震度の同じ地点を結ぶ等震度線を引くのには苦勞することが多いが松代群発地震の場合も例外ではなくきれいな等震度線を引きにくい地震も多い。

次に地震による被害の分布を見ると大体は震源地を中心とした円形に近くなるが中には被害区域が細長く伸びるものもありその方向も地域によって北西—南



第6図 強い地震前の地震回数の変化

東向きの所と北東—南西向きの所とがある。これは地盤の影響や地震の起こり方などを考えなければ説明できないことであるが特に地震の起こり方地震を起こす力の向きに関係があるように思われる。

## 8. 地変現象

地震動による直接の被害ではないようだが1月ころから松代町の竹原地区などに地割れができた。それが月と共に数と大きさを増し幅20cm以上のものも見られる。ジオジメーターによる距離測定や地割れの調査などから皆神山の北東に長さ2km位の北西—南東向きの断層ができてその北東側が北へ南西側が南へ動いたものと考えられることもできる。

また水準測量の結果から皆神山東方の地域が隆起し特に8月ころは異常な隆起をしたことが判っているがこれも断層と切り離して見ることはできない。

この地盤の隆起に伴って地下水脈がひどく変り今まで水のなかった畑に水が湧き出したり水の出ていた所が枯れた所もある。また山腹の地面に水が溜り地すべりを起こした所もありこれから地すべりを起こす危険のある所もある。一部の湧水の中には炭酸ガスを含む温泉水の混っているものもあり地下かなりの深さまで割れ目のできていたことが推定されている。

この地変と松代群発地震とは鶏と卵のようなものでどちらが原因であるかを断定することは困難であろうが今後の変化を厳重に注意して行かなければならない。

地すべりによって住家・非住家合わせて十数棟が倒壊し直接の地震動によるよりも大きな被害を出したことはまことに悲しむべきことであるが死傷者が出なかったことは不幸中の幸といえるであろう。

## 9. 鳴動

群発地震には鳴動(地鳴り)のあることが多い。鳴動の聞こえるのは岩盤中で比較的小さい地震の起こる時に多いといわれているが今回もドーンという大砲のような音ざーという陰気な地響き花火のように陽気な感じの音などいろいろな音が聞かれた。この鳴動の聞こえるのは大体震源から13km位の所までであるがその地盤によって聞こえ方はかなりちがうようで

ある。この鳴動は地震波が地表をゆり動かし、それが空气中を音波として伝わって人間の耳に聞こえるのである。普通は自分の足下の地面から出る音が聞こえるだけであるが、地盤や地形などの影響で、音が一方から他方へ移動するように聞こえることもある。

## 10. 温泉

松代町加賀井（皆神山北方約2km）にある一陽館という温泉には2本の井戸があり、地震前にはその一方だけから温泉が湧き出していた。井戸の深さは110mで炭酸ガスの圧力に自噴している塩類泉である。

地震発生後約3か月後の11月ころから、今まで枯れていて湯の出なかった井戸からも自噴をはじめ、同時に今まで出ていた方の湯も量が増加した。また湯の温度も上昇の傾向にあるようであるが、面白いことには湯量、温度、湯の中に含まれている塩素イオンの量などが、特定の地域に起こる地震の前後に変化することである。この温泉は皆神山の北東にあると考えられている断層の延長上にあり、断層方向で起こった地震の後に少し温度が下り、湯量も塩素イオンの含有量も減るが、しばらくすると回復する。他の地域で起こる地震では逆に増加することもある。この付近には他に何本か温泉の井戸があるが、細かい測定をしていないので地震との関係は分っていない。井戸の深さは110m、地震の起こる深さは数kmとずいぶんちがうのであるから、地震動で温泉水の通路に変動ができたものとも考えられるが、温度、湯量、塩素イオン含有量などの変化量と地震の大きさを比較して見ると、これらの間に人間の知らない何かが入っているようにも思われ、簡単なモデルで説明することはむずかしいようである。

また、地震隆起の大きい地域に出た温泉水と一陽館の温泉とが同じ系統のものであることも、断層と結びつけて考えるのに都合が良いが、その途中に全然系統のちがった温泉が湧き出していることなどは、松代付近の地下の構造が相当複雑なことを意味しているものと思われる。

## 11. 発光現象

大地震の時に光が見えたという話は、日本だけでなく外国にもいろいろある。中には電線のスパークを地震の光とまちがえたこともあるようだが、地震に関係があると思われるような光も多く見られている。この光については昔からの記録を集めた本もあるのだが、地震との関係はまだ何も分っていない。地震学者の中にもいろいろの意見の人があって、この方面の調査は不十分であったともいえる。

松代地震が始まって間もない8月15日夜の地震の時、垂直な帯状の光が見えたのをはじめとして、いろいろな人達が光を見たと言報告してくれた。それらの光は、震度の大きい地震の時だけでなく、震度ⅠやⅡのような小さい地震にも見られ、また地震と数分程度の時間のずれのあるものもある。色は白色が多いが、赤系統のものもあり、光の継続時間はせいぜい数十秒位のものである。幸いなことに松代町の栗林享氏の努力で、いくつかの光を写真に収めることができた。白黒の写真では雲のようにしか見えないが、カラー写真では白い光や朱色の光が広がっている有様がよく分かる。

松代の場合、観測態勢を整えて待っていれば、地震が起きてくれるので、普通の地震の時の光の観測に比べれば、やり易いわけであり、光の測定、空中電気、地磁気など地震以外の観測も行なわれているので、地震と発光現象との関係ははっきりするのでも近いことかもしれない。

## 12. 防災態勢

どんな仕事でも一年続ければ上手になるものだが、松代付近の人達は松代群発地震とはどんなものかを、経験的に体得してそれぞれの心構えを持っている。また、県市町村当局も、地震の状況に応じた警備・救援態勢を整えており、模範的な防災態勢が出ているといえよう。

強い地震が多く起こっているのに、地震の際の火事が一件もないということも、地元の人々が十分注意しているからであって、今後もこの状態を続けてほしいものである。特にこれから地震二度目の冬がくるので、火の用心には、なお一層の注意をはらってもらいたいと思う。

## 13. 終りに

松代群発地震の第三の活動期は終わったとはいえ、まだ地震が終わったわけではない。今後どのようになるかを予測できる段階にはなっていない。むしろ、これからだともいえるのではなからうか。地震予知は一朝一夕にできるものではないが、地震関係者はその方向へ努力を重ねている。どうか皆様方のご援助をお願いする次第である。

（筆者は気象庁地震観測所）

