

## 56. 1978年伊豆大島近海地震前後の伊豆半島 月ヶ瀬・徳永南における温泉の水質変化

高 橋 春 男  
地震研究所 { 恒 石 幸 正

(昭和53年8月18日受理)

### 1. はじめに

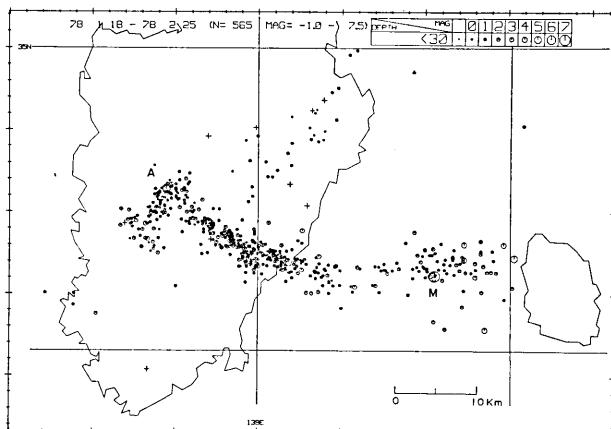
1978年1月14日、12時24分、伊豆大島と伊豆半島との間の海底を震源とする、マグニチュード7.0の地震が発生した。当時、伊豆半島では、1975年8月に始まった半島東部地域の群発地震、および1976年の初めに確認された冷川峠を中心とする地殻の異常隆起現象を解明するために、関係機関により種々の観測が続けられていた。この観測体制の一環として、著者らは、隆起域の中心から周辺にかけて位置する3箇所のボーリング井において、地球化学的立場から異常隆起の原因を探ると同時に、地下水の地域特性や、地下水を通して地下深部の状態変化を知るための基礎的資料の収集を目的として、1976年7月から水質調査を続けてきている。その一部はすでに報告されている（高橋・恒石、1977）。

このように、比較的整備された観測体制が敷かれている中で、マグニチュード7クラスの地震が発生したことは、今回が本邦で初めての例であり、不幸にして十分な予知がなされず伊豆半島を中心として多大の被害が生じてしまったが、地震の前後を通して多くの観測資料や調査結果が得られている。そして、これらの資料の解析は、今後の地震予知に対し多くの重要な知見を与えるものと考えられる。

本報告は、このような視点から、前回の報告以後に得られた観測結果のうち、今回の地震発生の前後数ヶ月間について、月ヶ瀬と徳永南の2箇所のボーリング井における水質調査の結果を記述する。なお、前回報告した姫ノ湯は、所有者の都合により1977年10月以降観測が中止されている。

### 2. 1978年伊豆大島近海地震の概要

1978年1月14日12時24分、伊豆大島と伊豆半島との間で地震が発生した。気象庁の決定によれば、この地震の震源は $34^{\circ}46'N$ ,  $139^{\circ}15'E$ 、深さは0km、マグニチュード7.0である。次いで翌15日朝7時31分には伊豆半島中部でマグニチュード5.8の最大余震が発生した。第1図には、地震研究所の津村ほか（1978）による本震および余震の震央分布が示されている。図中Mは本震、Aは最大余震の震央である。今回の地震の余震域はつぎの3つの部分に分けられる。すなわち、本震直後から始まった余震活動による、i) 伊豆大島付近からほぼ西に延びて伊豆半島の稲取に達する部分、ii) 稲取付近から西北西に延びて天城峠から猫越峠付近に達する部分、および、最大余震の余震活動による、iii) 猫越峠付



第1図 1978年伊豆大島近海地震の余震分布図。図中Mは本震の震央、Aは最大余震の震央(津村ほか, 1978)。

近から南西に延び西伊豆に達する部分である。i) は主破壊域、ii) は1976年の河津地震の余震域と隣接あるいは重複している地域、iii) はこれまで微小地震すら発生していないかった地域である。観測された半島内の余震の震源の深さはいずれも8km以浅である。一方、前震と思われる地震活動は、13日夕刻に伊豆大島西方近海で観測され始め、14日午前8時頃から活発になった。そして、午前11時頃活動がやや衰えてきた後、本震の発生となった(津村ほか, 1978)。

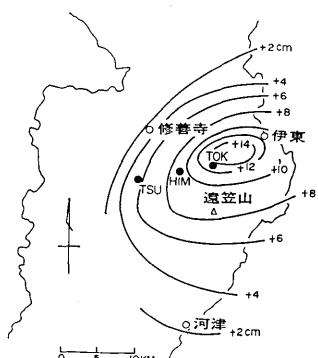
今回の地震により東伊豆町稻取地域と河津町根木ノ田で、それぞれ地震断層が出現した。TSUNEISHI et al. (1978) の調査によれば、稻取地域の断層は稻取海岸から大峯山東麓にかけて北北西の走向をもち、陸上での長さ3kmの右横すべり断層である。その地表的表現は“二重雁行”を示し、テンション・クラックである割れ目が雁行配列して割れ目帯を構成し、割れ目帯はさらに雁行して地下での断層の方向を表わしている。断層は中央部で「く」の字型に屈曲しており、変位量は北西側セグメントでは中央部で最大1.3mで両端へ向って減少し、南東側セグメントでは海岸へ向って増加し最大1.2mとなっている。鉛直成分は10~20cmで北東下りである。根木ノ田の断層は、西北西方向の走向で長さ300mの右横すべりの断層である。また、稻取北方に位置する浅間山南斜面やその他の地域では、表層地辺りによる断片的な地割れ群が見られた。

地震による被害は伊豆半島で大きく、とくに1974年伊豆半島沖地震の場合と同様、地辺り、崖崩れが多発し、半島東部海岸線を走る道路や県道修善寺下田線は東伊豆町、河津町のいたる所で寸断され、救援活動や災害調査に支障をきたした。4世帯10棟の家屋を埋没させ、7人の犠牲者を出した河津町見高入谷の地辺りは10万m<sup>3</sup>に近い土砂を移動させた(伯野ほか, 1978)。また、天城湯ヶ島町持越で標高600mの山頂付近にあった鉱さい貯蔵ダムのえん堤が本震および最大余震の際、2度にわたって破壊し毒性の強いシアン化合物が流出、持越川、狩野川を汚染、流下して沼津市にある河口にまで達するという、これまで経験しなかった新しい型の被害が発生した。村井ほか(1978)の調査によれば、今回の地震による地辺り、崖崩れや家屋等建造物の被害は2つの地域に集中している。1つは本震によるもので、東伊豆町および河津町の地域であり、他は最大余震による天城湯ヶ島町

から西伊豆町に至る地域で、いずれも余震域とほぼ対応している。また、天城湯ヶ島町などの一部では、本震による損傷を最大余震がさらに大きくする現象も観察されている。

### 3. 観測井の位置と測定方法

観測井は、先の報告（高橋・恒石、1977）に使用した井戸と同じであり、その位置を第2図に示す。図中、TOKは徳永南で深さ700mの自噴井、TSUは月ヶ瀬で深さ346m、エアーリフトにより24時間連続して湯を汲み上げている。HIMは姫ノ湯で、姫ノ湯断層のほぼ直上に位置する自噴井であるが、所有者の都合により1977年10月17日以降観測は中止されている。



第2図 観測井の位置。等高線は国土地理院による。図中 TOK は徳永南、TSU は月ヶ瀬、HIM は姫ノ湯である。

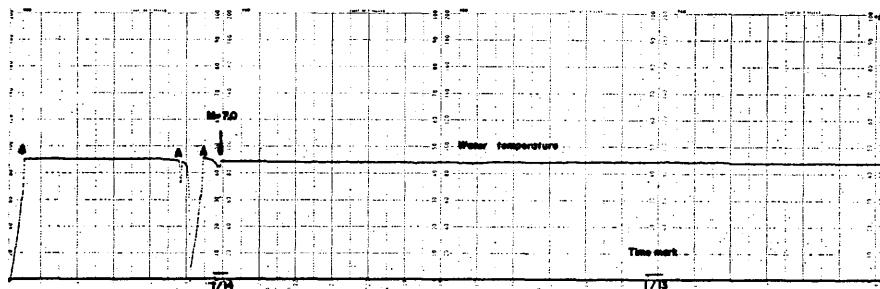
徳永南における水温の測定は、特別検定の標準水銀温度計を使用した。月ヶ瀬では計器による水温の連続観測を行っている。また、採水試料の分析は実験室で行なった。Mg は原子吸光法、Na は炎光法、Cl はイオン電極法により分析した。イオンメーターには記録計を併用して指示値を拡大し、読み取り精度を高めた。この方法と先に使用したロダン水銀による比色法の結果とは、比較的よく一致した。

### 4. 観測結果

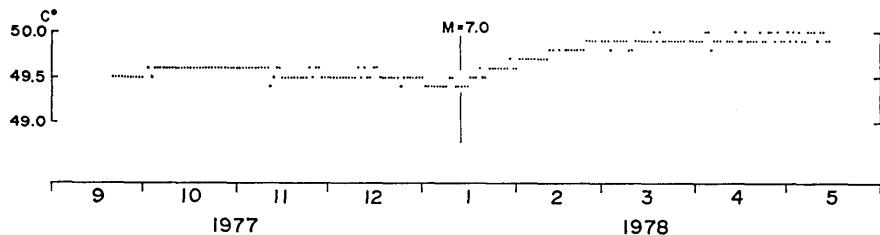
#### (1) 月ヶ瀬における水温の連続観測

月ヶ瀬の源泉は、エアーリフトにより24時間連続揚水しており、汲み上げた湯は、一度地上約 1 m の高さに設置された幅、高さ共 1.5 m 弱の鉄製タンクに貯められている。この源泉では、1977年9月25日より水温の連続観測が始まられた。以前、水温の測定は、タンクの下部にある排水口から流出する湯について水銀温度計により行っていたが、先に報告したように  $0.5^{\circ}\text{C}$  幅の不規則な変動が見られた。この変動の原因の一つとして気温の影響が考えられるため、連続観測に際しては、水中に投げ込むことのできるサーミスター温度計の防水型センサーを直接タンクの上部にある揚水の出口に取り付けて、湯がタンクに貯留されることにより生じる影響を排した。

第3図は今回の地震の前後を含む水温の連続記録の一部である。記録は打点式、記録紙の送りは1時間 12.5mm、フルスケール  $45.0^{\circ}\text{C}$  から  $55.0^{\circ}\text{C}$  の  $10^{\circ}\text{C}$  幅、タイムマークの右端が正午である。



第3図 月ヶ瀬における水温の連続観測記録の一部。右端は1978年1月13日午前0時、左端は15日午前0時、図中、 $M=7.0$  の矢印は主震の発生時刻、Aは人為的にエアーコンプレッサーを止めた時刻、下方のタイムマークは右端が正午、縦軸の水温は下から上へ  $45^{\circ}\text{C}$  から  $55^{\circ}\text{C}$  までの  $10^{\circ}\text{C}$  幅、記録方式は36秒に1回の打点式である。

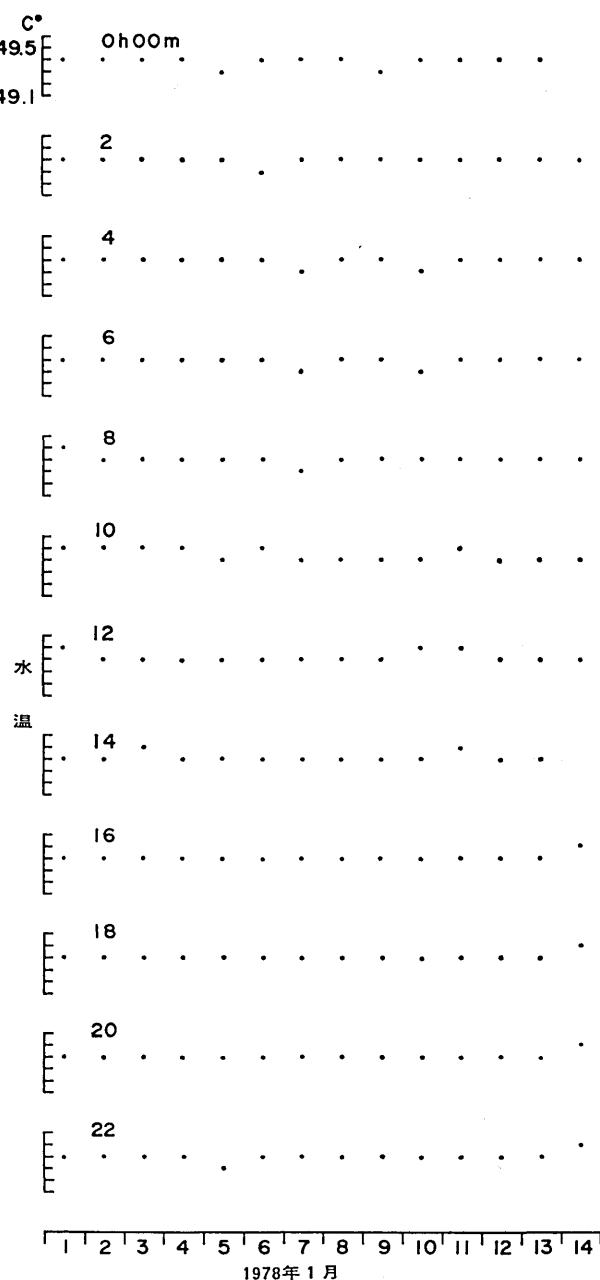


第4図 月ヶ瀬における水温の変化。各点は正午の読みとり値。

測定された水温は、わずかではあるが、24時間を周期とする変動が認められる。午後5時頃から翌日の午前9時頃までの間の水温は日中に比べて約 $0.1^{\circ}\text{C}$  低くなっている。おそらく気温の影響によるものと思われる。記録された水温に対する地震の影響としては、地震直後に水温が $0.2^{\circ}\text{C}$  低くなっているのが読み取れるが、この急激な水温降下は、停電により一時的にエアーコンプレッサーが止ったためである。そして、約10分後に水温は回復に向い、55分後には地震直前に比べて $0.15^{\circ}\text{C}$  上昇した。その後、2度にわたって人為的にコンプレッサーが止められているため水温の動向はわからないが、コンプレッサーが再び作動し水温が安定した午後4時頃には地震直前に比べて $0.1^{\circ}\text{C}$  の上昇となっている。

第4図は、水温の連続記録から1日1回正午の値を $1/100^{\circ}\text{C}$  まで読み取り、最後の桁を四捨五入して得られた結果をプロットしたものである。変化が階段状になっているのは四捨五入の結果である。1977年9月26日以降地震の直前まで、わずかではあるが水温に下降の傾向が見られる。しかしながら、この傾向が季節変化によるものかどうかはあきらかではない。これらの点については、今後平常時の水温の連続記録やほかの観測資料が得られた段階で考察したい。

一方、地震後の水温は、上昇傾向を示し、2月23日以降は横ばいになっている。地震の直後からわずか40日間で、水温は $49.2^{\circ}\text{C}$  から $49.9^{\circ}\text{C}$  に上昇した。この井戸の管理者の話によれば、今回の地震では、1974年の伊豆半島沖地震の時と同様に、地震の直後に湯が濁り、また翌15日午前中には浴槽に湯を入れた時、これまで感じられなかった硫化水素と思



第5図 月ヶ瀬における時刻別の水温変化。縦軸は水温でいずれも  $49.1^{\circ}\text{C}$  から  $49.6^{\circ}\text{C}$  の範囲である。図は0時から22時まで2時間ごとの水温変化を示す。

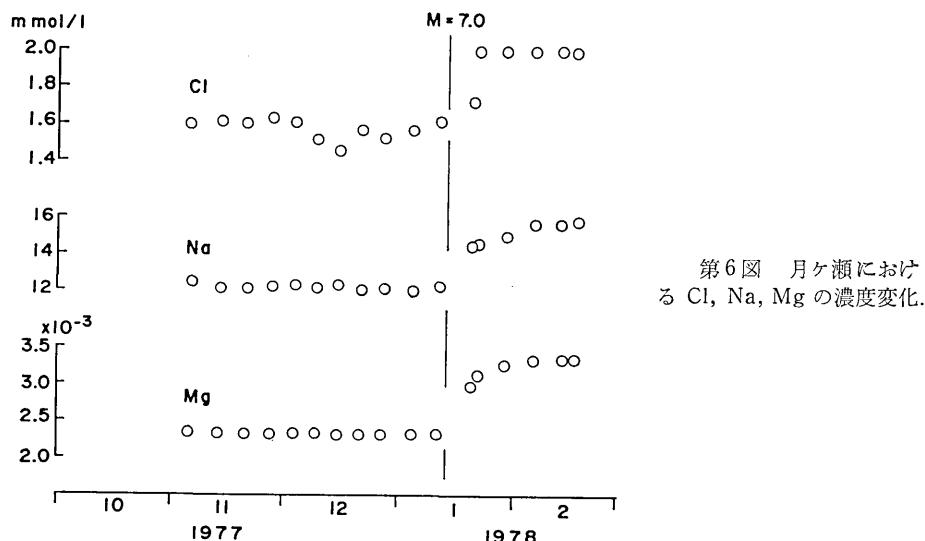
われる臭いがしたということである。したがって、地震後の水温変化はおそらく地震動によって地下の水系に何らかの変化が起こったことによるものと思われる。

月ヶ瀬観測井の水温は、わずかではあるが日変化が認められるので、地震の前兆的水温変化を明らかにするためには、毎日の同一時刻における水温の経時変化を知る必要がある。そこで、1978年1月1日より14日までの半月間について、第4図と同様にして各時刻ごとの水温を読みとてプロットした。第5図には、午前0時から2時間おきの時刻に読みとられた水温変化が示されている。縦軸は水温すべて1目盛 $0.1^{\circ}\text{C}$ 、 $49.1^{\circ}\text{C}$ から $49.6^{\circ}\text{C}$ まで目盛られている。

水温は全体に安定しており、各時間とも $49.4 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ の範囲にあるが、細かく見れば、10時から14時の間の平均値は多少高く、22時から翌朝8時の間は低い。一方、地震後の水温は、エアー・コンプレッサーを止めたため測定できなかった時刻(14時)を除き、いずれも系統的に $0.1^{\circ}\text{C}$ の上昇を見せており、しかしながら、地震の前兆と思われる水温の異常な変化は観測されていない。

## (2) 月ヶ瀬における Cl, Na, Mg の濃度変化

採水試料に含まれている Cl, Na, Mg の濃度の経時変化を第6図に示す。濃度は $1\text{l}$ 当たりの mmol 数で表わしてある。これらの成分は、いずれも地震の後で濃度が高くなっている。Mg と Na は地震の前にはほとんど変化が見られないが、地震後急激に濃度が増加した後次第に変化の割合が小さくなっている。一方、Cl 濃度は12月4日までは安定しているが、その後減少をはじめ12月16日には最低値を示している。そして、12月22日の値を別とすれば、地震をはさんだ1月21日まで、Cl 濃度はほぼ直線的に増加している。2日後の1月23日には Cl 濃度は急激に増加し、その後は一定値を保っている。しかしこの Cl の地震前の変動が地震の前兆的変動であるのか、または無関係であるのかについては、現時点



では判断できない。

地震によって変化した水温や Na, Mg の濃度が、その後次第に一定値に近づいていることは、地震によって生じた地下の状態変化がゆっくりと新たな安定状態へ向っていることを示唆している。

### (3) 徳永南における水温および Cl, Na, Mg の濃度変化

徳永南における水温および Cl, Na, Mg 濃度の経時変化を第7図に示す。

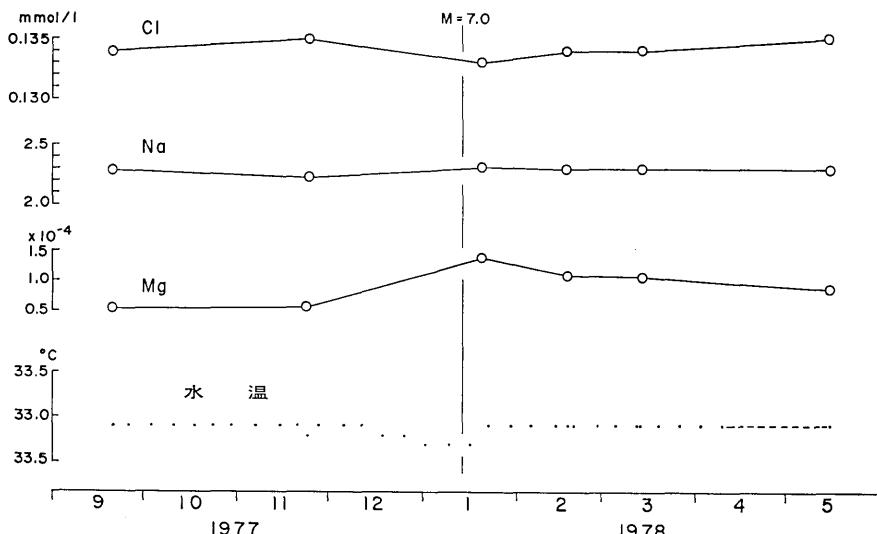
水温は、月ヶ瀬の Cl 濃度に直線的な上昇が見られたのと同じ時期、1977年12月19日から1978年1月17日までの間低下している。この井戸の水温は、これまでの観測によるとかなり安定しており、隆起が進行したと思われる時期にもほとんど変化が見られなかった。したがって、今回測定された水温の変動は、地震と何らかの関係があるのかも知れない。

溶存成分は、採水間隔が2ヶ月に1回であるため、短期的変動は判らないが、地震後1週間たった1978年1月21日には、その前後に比べて、わずかではあるが Cl 濃度の減少、Na, Mg 濃度の増加が見られる。おそらく、この井戸の溶存成分も地震による影響があったものと考えられる。

## 5. おわりに

伊豆半島の月ヶ瀬および徳永南における水質調査の結果から、1978年伊豆大島近海地震の前兆的変化とはっきり言えるような顕著な異常は示されていない。その原因としては観測井のある地域にまで事前に影響を及ぼすほど地震の規模が大きくなかったこと、前兆的変動が測定精度を越えるほどの量ではなかったことが考えられる。

しかしながら、今回の地震の前後で明らかに水温と水質が変わったことから、先の報告で



第7図 徳永南における水温および Cl, Na, Mg の濃度変化。

なされた、この地域の地下水が複数の水系から成っているという予測は、より現実のものとなったと同時に、地下の水系がある大きさ以上の外からの刺激に対し不安定であることを示している。さらに、地震をはさんだ同時期に月ヶ瀬で Cl 濃度、徳永南で水温に変化が現われたことから、地震に先立つ地下の状態変化が何らかの形で、地下水の水質に反映される可能性があることも否定できない。

### 謝 辞

この調査を行うにあたって、井戸や施設を使用させて下さった、社会福祉法人農協共済中伊豆町リハビリテーションセンター、月ヶ瀬旅館および観測を手伝って下さったリハビリテーションセンターの佐藤喜弥氏、月ヶ瀬旅館の方々に感謝いたします。

### 文 献

- 伯野元彦・藤野陽三・片田敏行, 1978, 1978年伊豆大島近海地震被害調査報告, 地震研究所彙報, 53, 1101-1133.
- 村井 勇・角田信子・辻村芳子, 1978, 1978年伊豆大島近海地震の被害・震度と地震断層, 地震研究所彙報, 53, 1025-1068.
- 高橋春男・恒石幸正, 1977, 伊豆半島異常隆起域における地下水の水質変化——徳永南、姫ノ湯、月ヶ瀬, 地震研究所彙報, 52, 209-221.
- 津村建四朗・唐鍊郁夫・荻野 泉・高橋正義, 1978, 1978年伊豆大島近海地震前後の地震活動, 地震研究所彙報, 53, 675-706.
- TSUNEISHI, Y., T. ITO and K. KANO, 1978, Surface faulting associated with the 1978 Izu-Oshima-kinkai earthquake, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 53, 649-674.

56. *Variations in Chemical Composition of Thermal Water before and after the 1978 Izu-Oshima-kinkai Earthquake, at Tokunaga-minami and Tsukigase in the Izu Peninsula.*

By Haruo TAKAHASHI and Yukimasa TSUNEISHI,

Earthquake Research Institute.

The Izu-Oshima-kinkai earthquake of 1978 occurred during the course of our geochemical surveying of groundwater in the anomalous uplifting area of the Izu Peninsula (Fig. 1). Consequently variations in chemical composition and temperature of the groundwater before and after the earthquake were observed at two stations, Tokunaga-minami and Tsukigase (Fig. 2). After the occurrence of the earthquake, obvious increases in concentration of Cl, Na and Mg ions as well as water temperature were detected at Tsukigase Station (Figs. 4 and 6). The water temperature at Tokunaga-minami Station (Fig. 7) and the Cl-content at Tsukigase Station (Fig. 6) changed about a month prior to the earthquake, although the precursory variations were not so large.