

地質調査所特別報告 第7号

1978年伊豆大島近海地震調査報告

地 質 調 査 所

昭和54年3月

550.34(521.61)“1978.01.14”

地質調査所特別報告 第7号

所長 佐藤 茂

1978年伊豆大島近海地震調査報告

編 集

垣見 俊弘・東野 徳夫

目 次

1978年伊豆大島近海地震に関する地質調査所の調査研究について

..... 垣見俊弘・東野徳夫

はじめに.....	1
文 献.....	2
Abstract.....	2

東伊豆・稲取地区の地震断層周辺の地質.....倉沢 一・加藤碩一

1. はじめに.....	3
2. 稲取地区の地質及び岩石.....	3
文 献.....	6
Abstract.....	6

「1978年伊豆大島近海地震」の際現われた地震断層

..... 山崎晴雄・小出 仁・佃 栄吉

1. はじめに.....	7
2. 稲取付近の地質構造と地震断層.....	8
3. 地震断層の概要.....	10
3.1 地震断層の出現形態.....	10
3.2 地震断層の運動について.....	11
3.3 地震断層の変位量について.....	11
3.4 稲取・大峰山断層と浅間山付近に生じた地変について.....	13
4. 地震断層の記載.....	19
4.1 稲取・大峰山断層.....	19
4.2 根木の田断層.....	31
4.3 その他の亀裂群.....	32
謝 辞.....	34
文 献.....	34
Abstract.....	35
Plate 1—12	

稲取・大峰山地震断層及び浅間山地震断層の余効的変動について

..... 橋本知昌・川野辰男・井上正文・斉藤英二

1. はじめに.....	49
2. 測 定.....	49
2.1 測定区域.....	49
2.2 測 点.....	49
2.3 測定機器および測定方法.....	49
2.4 基準方向角, 座標, 標高.....	51
3. 測定結果.....	51
3.1 A 地 区.....	51
3.2 B 地 区.....	52

4. ま と め	53
文 献	55
Abstract	56

稲取・大峰山地震断層南東部（稲取地震断層）の余効的変動の測定

..... 宮沢芳紀・伊藤吉助

1. はじめに	57
2. 測定点及び測定方法	59
3. 測定結果	60
付) 石廊崎地震断層における、伊豆大島近海地震後の変位測定	62
文 献	63
Abstract	63

稲取地区における α トラック法による地震断層調査

..... 加藤 完・伊藤吉助・永田松三

要 旨	65
1. はじめに	66
2. 測定方法	67
3. 測定結果及び考察	67
4. おわりに	69
文 献	70
Abstract	70

伊豆半島東部における地下水位・湧出量の観測と伊豆大島近海地震前後

におけるその変化について 岸 和男

はじめに	71
1. 観測方法	71
2. 観測結果の概要	72
3. 伊豆大島近海地震前後における地下水位・水量の変化	78
4. 伊豆大島近海地震前後の地下水情報収集の結果	82
む す び	84
Abstract	84

伊豆半島東部地域における地下水の水温・水質と伊豆大島近海地震前後

におけるその変化について 永井 茂・池田喜代治・後藤 隼次・

阿部喜久男・永田松三・大場信雄

要 旨	87
1. 結 言	87
2. 観測井の位置及び井戸諸元	87
3. 観測方法	88
3.1 水 温	88
3.2 水 質	89
4. 観測結果	90
4.1 水 温	90
4.2 観測井の水質	90

4.3 水質の経時変化	94
5. 伊豆大島近海地震前後の変化	109
5.1 地震前後に水温・水質を観測していた観測井と変化の有無	109
5.2 水 温	111
5.2.1 I-4 (中伊豆町上白岩) の水温変化	111
5.2.2 I-21 (河津町峰温泉) の水温変化	113
5.3 水 質	114
5.3.1 I-27 (中伊豆町上白岩) の水質変化	114
5.3.2 I-25及びI-24 (天城湯ヶ島町嵯峨沢温泉) の水質変化	116
5.3.3 I-32 (河津町梨本温泉) の水質変化	116
5.4 I-28 (河津町下佐賀野) の湧出量変化	117
6. ま と め	117
文 献	118
Abstract	118

伊豆半島東部地域における地下水中の溶存ガス組成と伊豆大島近海地震

前後におけるその変化について永田松三・大場信雄・池田喜代治・
永井 茂・後藤隼次・阿部喜久男

要 旨	119
1. はじめに	119
2. 観測方法	119
3. 観測結果並びに考察	121
3.1 観測井の溶存ガス	121
3.2 ガス組成の経時変化	123
3.3 伊豆大島地震前後の溶存ガス組成の変化	123
4. ま と め	127
文 献	128
Abstract	128

伊豆半島東部地域における地下水中のラドン濃度と伊豆大島近海地震前

後におけるその変化について池田喜代治・永井 茂・後藤隼次・
阿部喜久男・永田松三・大場信雄

要 旨	129
1. 結 言	129
2. 観測方法	130
2.1 ラドン試料の採取及び測定方法	130
2.2 ラドン測定方法の再現精度	131
3. 伊豆半島東部地域における地下水中のラドン観測の概要	132
4. 地下水中のラドンの観測結果	132
4.1 月1回の観測結果	132
4.2 週1回の観測結果	134
4.3 河津地震前後における観測結果	134
5. 伊豆大島近海地震前のラドン濃度変化	137
5.1 I-12の変化	137
5.2 I-9, I-10, I-11及びI-12の1977年8, 9月の変化	137

5.3	I-11'の変化	144
5.4	I-29, I-27の変化	146
5.5	I-09, I-10の地震直前直後の変化	146
5.6	考 察	146
	ま と め	148
	文 献	148
	Abstract	149

1978年伊豆大島近海地震に関する地質調査所の調査研究について

垣見 俊弘*・東野 徳夫*

はじめに

昭和53年1月14日12時24分、伊豆大島と伊豆半島のほぼ中間の海底下にM7.0の地震が発生し、気象庁により「1978年伊豆大島近海地震」と命名された。この地震は、伊豆大島及び横浜で震度V（強震）を記録したほか、主として伊豆半島中・東部の各地で、斜面崩壊や落石等により、死者・行方不明者25名を含む災害が発生した。更に、伊豆半島東海岸の稲取付近では、地震断層も出現した。

地質調査所の特別研究「地震予知に関する地質学的研究」グループにおいては、1974年伊豆半島沖地震（M6.9）発生以来、半島南端部に生じた石廊崎地震断層の追跡調査、同断層の余効的変動の観測並びに伊豆半島における活断層の調査等を実施しており、とくに活断層の調査結果は、当時「伊豆半島活断層図」（縮尺5万分の1及び10万分の1）として公表すべく製図中であった。また特別研究「地盤変動に関する特別研究」グループにおいては、昭和51年に伊豆半島東部に異常地盤隆起が指摘されて以来、同地域の地下水及び温泉水について水位、水量、水温、水質、溶存ガス、ラドン濃度等を連続または定期観測中であった。更に経常研究「地震地質の研究」グループにおいても、発足（昭和51年10月）以来、活断層及び地震断層の地形・地質学的研究を主要な研究テーマの一つとしている。

そこで、上記3研究グループにおいては、今回の地震に関連する研究として、特に緊急を要する以下の4項目について野外調査を行うこととした。

I：地震断層の調査

今回の地震時に発生した断層変位を発見し断層及びこれに関連して生じた地変を詳しく記録するとともに、地震・既存の活断層・地質等との関連を調べる。特に地表の微細な地変は復旧工事等により改変されてしまうおそれがあるので、なるべく早期に記録しておく。

II：地震断層の余効的変動の調査

発見された地震断層について適当な場所に、断層を横切る測点網を設け、これらの辺長・高低を繰り返し観測することにより、地震断層の地震後の余効的変動の実態を把握する。

III：「伊豆半島活断層図」の作成に関する補足調査

同図はすでに製図中であったが、今回の地震によって変位を生じた断層を「地震断層」として同図に盛り込む。また、震源域に存在している活断層について、新たな変位の有無などを現地でも再チェックし、必要があれば原図の改訂を行う。

IV：地下水変動に関する調査

「地盤変動の研究」グループが伊豆半島において観測している地下水井・温泉井等の水位・水温・水質等々について地震前後のデータを早急に把握し、地下水変動の実態を調べる。また当所観測井以外の温泉等についても聞き込みにより地震前後の変化の状況を調べる。特に地震前の変動については、それが地震の前兆であるか否かについて検討する。

野外調査は、地震発生後の4日後の1月18日から10数名の担当者によって実施された。その後、地震断層の精査及びその余効的変動の観測は、科学技術庁特別研究促進調整費による緊急研究「伊豆大島近海

* 環状地質部

地震に関する特別研究」の一環として行うこととなり、53年3月末まで特調費による調査及び観測が継続された。

上記の調査項目のうちⅢについては地震直後の調査により一応の結論を得て、その成果は「伊豆半島活断層図」(星野ほか, 1978)として公表済みである。その他の調査の一部も必要に応じて公表されたものもある(小出ほか, 1978; 地質調査所, 1978a, b など)が、地震断層の余効的変動及び伊豆半島における地下水、地下ガスの観測は現在も継続中である。

本特別報告は、上記のうちⅢを除く調査項目について、おおむね昭和53年3月までに得られた結果を記したものである。

本調査研究を実施するに当って、静岡県地震対策課及び地元静岡県東伊豆町をはじめとする関係町役場の方々には多大の御協力をたまわった。また特に地下水変動の調査にあたっては、観測井所有者・観測依頼者・下田保健所・修善寺保健所の方々のみならず、一般の井戸所有者からも貴重な情報を提供していただいた。以上の方々に対し、ここに厚く御礼申し上げる。

文 献

- 地質調査所 (1978a) 1978年伊豆大島近海地震の地震断層とその地震後の運動. 地震予知連絡会会報, vol. 20, p. 106-108.
- (1978b) 伊豆大島近海地震前後における地下水中ラドン濃度の変化. 地震予知連絡会会報, vol. 20, p. 109-113.
- 星野一男・橋本知昌・松田時彦 (1978) 伊豆半島活断層図. 構造図4, 地質調査所.
- 小出 仁・山崎晴雄・佃 栄吉・正井義郎 (1978) 1978年伊豆大島近海の地震調査速報. 地質ニュース, no. 284, p. 1-13.

Studies on the Izu-Oshima-Kinkai Earthquake of 1978 by the staff of Geological Survey of Japan

Toshihiro KAKIMI and Norio TONO

Abstract

The Izu-Oshima-Kinkai Earthquake of 1978 with a magnitude of 7.0 occurred on January 14, 1978. The earthquake caused sever disturbances such as surface faults, landslides, rock falls, damages to houses and roads, etc., mainly in the eastern and central parts of Izu Peninsula.

Immediately after the earthquake, following studies were carried out by geologists, hydrologists, geochemists and surveyors in the Geological Survey of Japan:

- 1) Detailed studies on the earthquake faults which revealed themselves around Inatori district, the eastern coast of the Peninsula.
- 2) Repeated observations on the after-seismic slip of the earthquake faults.
- 3) Check survey on the active faults developed in the epicentral area of aftershocks, and for necessary modification of the map of the "Active Faults in Izu Peninsula" which had been in printing at that time.
- 4) Hydrological and geochemical studies on the disturbances of underground water before and after the earthquake.

Of these, the map on the "Active Fault in Izu Peninsula" was published in March, 1978 (HOSHINO, *et al.*, 1978), and the other results are reported in this volume.

(受付: 1978年11月30日; 受理: 1978年12月6日)

東伊豆・稲取地区の地震断層周辺の地質

倉沢 一*・加藤 碩一**

1. はじめに

伊豆大島近海地震に伴って伊豆半島東部の稲取地区にいくつかの地震断層が発生した。本報告では、短期間の調査結果と既存資料によってこれら地震断層近傍地区の地質について概報する。なお、本地区の地質に関しては、倉沢(1959)、小野・角(1959)などの報告があり、今回の調査結果も、これらと基本的に異なることはない。本地区の地質学的位置付け等については、これらの文献を参照していただきたい。

2. 稲取地区の地質及び岩石

本地区は、伊豆半島東部に位置する天城火山群の南東部にあたり、山体の中心部から大きく侵食された深い谷を流れる白田川を北に、また南側は見高地区によって境される。本地区の地形図を第1図に、地質図及び断面図を第2図に示す。

(1) 基盤岩類

基盤岩類は、玄武岩～安山岩質の熔岩、火山砕屑岩、岩脈および少量の水成堆積物とからなり中新世～鮮新世に相当するものである。これらの相互関係ならびに地質時代は、半島全域の対比が必ずしも一致していないため省略し、一括して表現する。

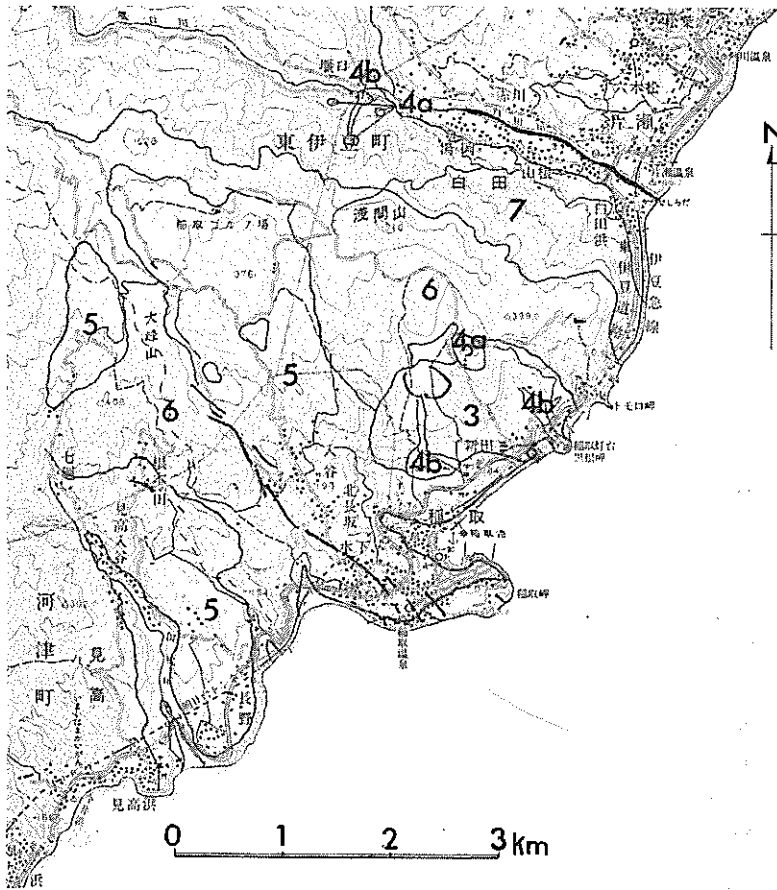
(2) 安山岩類

浅間山を模式地とする安山岩類は、広く本地区に分布し、浅間山およびその南東方、さらに大峰山^{おおみねやま}からその南方あるいは北西方と稲取南方にみられる。これらの噴出物は、天城火山本体安山岩類の下位のもので、浅間山西方約3.7 kmに位置する三筋山^{かすみ}や、同西北西方約8.3 kmに位置する登尾山^{のぼりやま}を構成する安山岩類と、その活動時代や岩質を共通にするものである。岩石は、石英含有オパサイト化角閃石紫蘇輝石普通輝石安山岩で、極めて稀に輝石反応縁をもつかんらん石斑晶がみられる。この安山岩類は、数枚の熔岩流からなるものと思われるが、はっきりしない。なお、稲取岬の安山岩熔岩も同質岩である。

稲取泥流(24900±120 y. B. P. 笠原, 1964)は浅間山・大峰山の両山稜によってその分布を規制され、とくに大峰山の山稜によって大きく二分される。両山稜によって挟まれた稲取及びその北北西方の、やや緩傾斜地は、流れ山地形を伴った特徴ある地形をみせている。岩相は場所により異なり、天城火山群に由来する噴出物のさまざまな形と大きさの礫、粘土、風化土などが不規則に混り合っている。礫は径1 mをこえるものもあり、崖錐堆積物とは、円礫～歪角礫で構成されることから区別できる。礫は大部分が天城火山群起源の安山岩であり、浅間山安山岩類似岩質のものも認められるが、かんらん石に富む、普通輝石かんらん石紫蘇輝石安山岩の礫が多く含まれている。この岩石は、北西方の三筋山などのものに類似しているが、天城火山本体安山岩類には存在しない種類のものである。この泥流を覆うものは、後述の玄武岩質噴出物のみである。稲取泥流は、天城火山群南東部斜面に特徴的なものであるが、火山体本体の南東方に開析された白田川・川久保川の現在の流路とその深い谷地形の形成・発達と

* 技術部

** 環境地質部



第1図 稲取地区の地形図

地質境界も示してある。第2図参照

「この地図は、国土地理院発行の5万分の1地形図(稲取)を使用したものである」

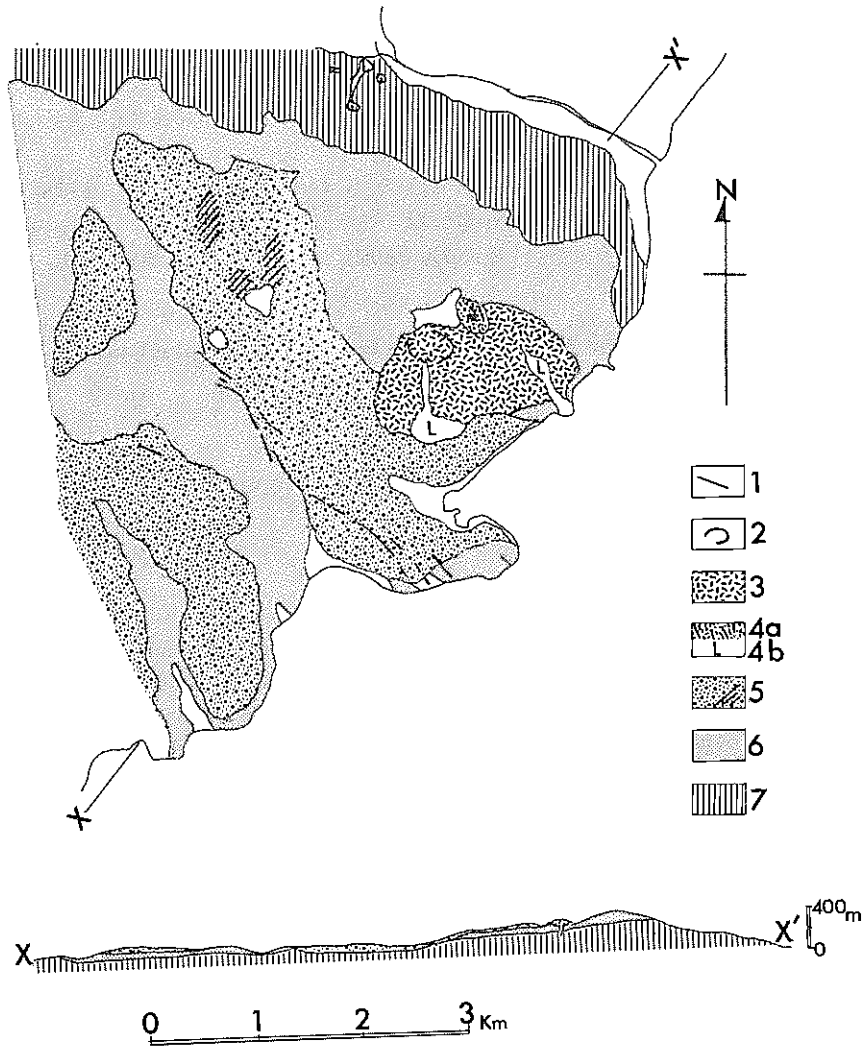
Fig. 1. Map of Inatori district.

Geologic unit-boundary is shown in the map.

の関係は明らかではない。また、稲取ゴルフ場付近には熱水変質帯があり、粘土化などが進んでいる。

(3) 玄武岩類

玄武岩の活動は、稲取北方、浅間山南方に認められ、また小規模のものは、浅間山北方の白田川寄りの中腹に存在する。浅間山南方の玄武岩の活動は、おそらく、少なくとも数個所で行われたらしい。稲取北方のやや平坦な凹地の南東部のスコリア丘は比高約50mで、その北西部は赤色～赤褐色のスコリアを採石している採石場となっている。火山弾も多量に含まれている。またその西～北西方に小さな丘があり噴石丘とも考えられる。さらに西寄りには、径300～400mの火口地形が認められる。玄武岩熔岩流は、黒根岬を形成するものと稲取北方台地に分布するものがある。前者は黒根岬北西方700m付近から流出したもののようであるが、はっきりしない。後者は前述の大きな火口南方の中腹から流出しているものと思われる。それぞれ石英含有普通輝石かんらん石玄武岩で、特に石基中のかんらん石は磁鉄鉱と単斜輝石で囲まれた(反応縁)特徴をもっている。熔岩流はスコリアによって覆われている。これらの玄武岩の活動は、天城火山群、大室山火山群を中心に、伊豆半島東部に散発的におこった玄武岩質マグマの活動と一連のものである(荒牧・葉室, 1977)。それらの活動は、少なくとも3万年前にさかのぼ



1. 断層, 2. 火口, 3. 玄武岩スコリア, 4 a. 玄武岩スコリア丘, 4 b. 玄武岩熔岩流, 5. 稲取泥流 (斜線部は熱水変質帯), 6. 浅間山・大峰山安山岩類, 7. 中新世~鮮新世基盤岩類
玄武岩熔岩流 (4b) は玄武岩スコリアによりおおわれているが, この図では熔岩流の分布をそのまま表わしてある。

第2図 稲取地区の地質図

1. Fault; 2. Crater; 3. Basalt scoria; 4a. Basalt scoria cone; 4b. Basalt lava flow;
5. Inatori mud-flow and hydrothermally altered area (obliquely hatched);
6. Sengen-yama and Omine-yama andesites; 7. Miocene-Pliocene basement.
Distribution of basalt lava flows (4b) is shown in the map though they are covered by basalt scoria (4a).

Fig. 2. Geologic map of Inatori district.

るが, 本地域のものは, 稲取泥流を覆うことから, それらの中でも, 比較的新しいグループに相当しよう。

文 献

- 荒牧重雄・葉室和親(1977) 東伊豆単成火山群の地質—1975-1977中伊豆の異常地殻活動に関連して—, 震研彙報, vol. 52, p. 235-278.
- 笠原芳雄(1964) 稲取泥流の年代—日本の第四紀層の ^{14}C 年代XV—, 地球科学, 表紙iii.
- 倉沢 一(1959) 伊豆・天城火山群の岩石学および化学的性質, 地球科学, no. 44, p. 1-18.
- 小野晃司・角 清愛(1959) 5万分の1地質図幅「稲取」および同説明書, 地質調査所, 23 p.

**Geology of the Area around the Inatori Earthquake Fault
of January, 1978, East Izu Peninsula**

Hajime KURASAWA and Hirokazu KATO

Abstract

The oldest rocks exposed in the Inatori district are Miocene to Pliocene volcanic and associated sedimentary rocks. On these, rest lava flows of quartz-bearing hornblende-hypersthene-augite andesite which constitute Sengen-yama and Omine-yama and are the lower members of Amagi Volcano Group. Inatori mud-flow of about 25,000 y.B.P. covers the above andesite lava flows. Rock fragments included in the mud-flow deposits are mostly andesite of Amagi Volcano Group. The deposits are partly subjected to hydrothermal alteration. Basaltic scoria cones and lava flows distributed on the southeast and south flank of Sengen-yama rest on the Inatori mud-flow and Sengen-yama andesite. The basalt lava is dark in color and is porphyritic with olivine and includes quartz xenocrysts. The basalt activity is the youngest one in the east Izu Peninsula.

(受付: 1978年10月9日; 受理: 1978年11月24日)

「1978年伊豆大島近海地震」の際現われた地震断層

山崎 晴雄*・小出 仁*・佃 栄吉*

1. はじめに

1978年(昭和53年)1月14日、伊豆半島と伊豆大島間の海底を震源とするマグニチュード7の大地震が発生した。気象庁は同日この地震を「1978年伊豆大島近海の地震」と命名した(第1表)。

この地震による被害は伊豆半島に集中し、斜面崩壊や落石等により25名の死者が出たのを始め、道路・鉄道・水道施設等が多大の損害を受けた。静岡県がまとめたこれらの被害の概略を第2表に示す。

この地震では陸上に断層が延び、伊豆半島東岸の東伊豆町稲取付近に地震断層が現われた。断層は稲取半島付近から北西方向に延び、大峰山の東麓付近まで延長約4 kmにわたって認められた。筆者らはこの断層を稲取・大峰山断層と命名した。また、副断層と思われる小規模な断層変位が稲取・大峰山断層にやや斜交して河津町根木ノ田付近に出現した。これを根木ノ田断層と呼ぶことにする。その他、稲取北方の浅間山付近でも地震に伴なって地変が生じている(第1図)。本稿はこれらの地震断層の調査報告である。

地震断層の運動は、地質時代に断層変位を繰り返してきた活断層の運動の一こまでである(松田, 1976)。

第1表 1978年伊豆大島近海地震の地震記象
Table 1. Izu-Oshima-Kinkai Earthquake of 1978.

Origin Time	12h 24m 38.6s, January 14, 1978.
Epicenter	139° 15' E, 34° 46' N.
Focal depth	0 km
Magnitude	7.0

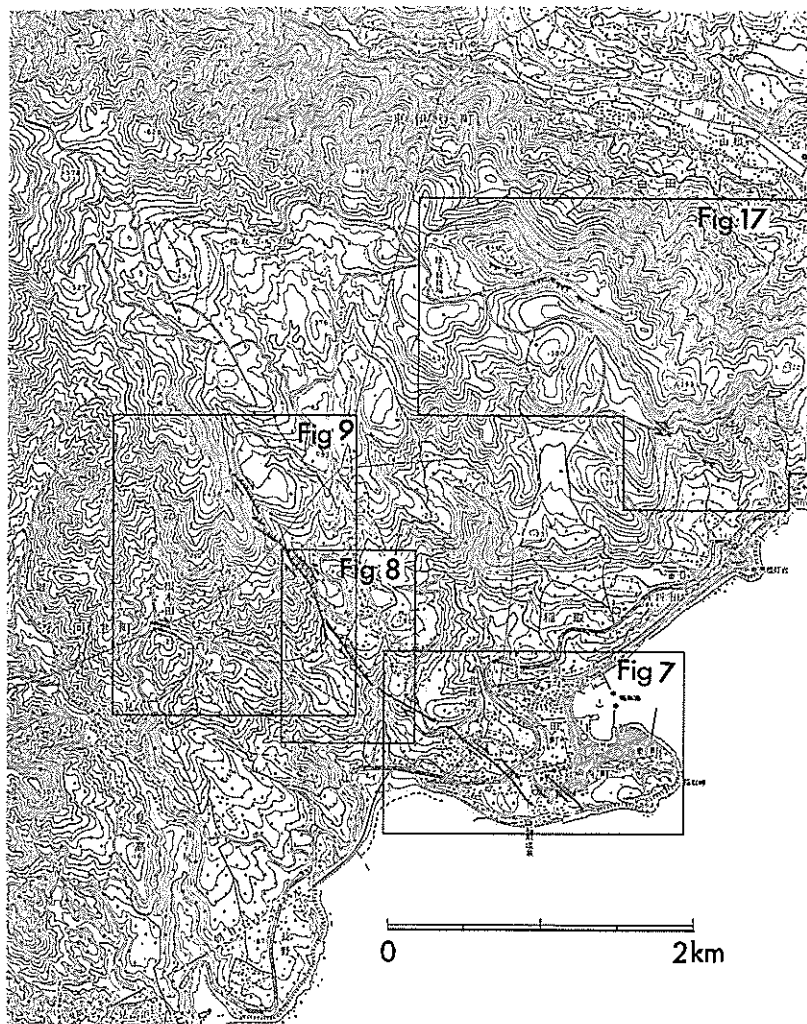
J. M. A.

第2表 静岡県下の地震被害(1978年2月7日現在)
Table 2. The damage by Izu-Oshima-Kinkai Earthquake in Shizuoka Prefecture.

Casualties	25 (killed), 197 (wounded)
Destroyed houses	89 (completely), 536 (partially), 3763 (slightly)
Destroyed public buildings	21
Damaged road	1124 places
Damaged bridges	3
Damaged river installations	65 places
Damaged water-works systems	532 places
Damaged farmland	18.774 ha
Landslide	193 places
Damaged railway structures	26 places

The data from the authorities of Shizuoka Prefecture as of February 7, 1978.

* 環境地質部



第1図 1978年伊豆大島近海地震の地震断層位置図

〔この地図は、国土地理院発行の2万5千分の1地形図（縮取）を使用したものである〕

Fig. 1. Locality map of earthquake faults and other surface fractures associated with the Izu-Oshima-Kinkai earthquake of 1978.

したがって、地震断層が出現した時、その形態や変位量の詳しい記載を行うことは、歴史時代に地震を発生させていない他の活断層を調査し、評価する際の極めて有効な資料となる。

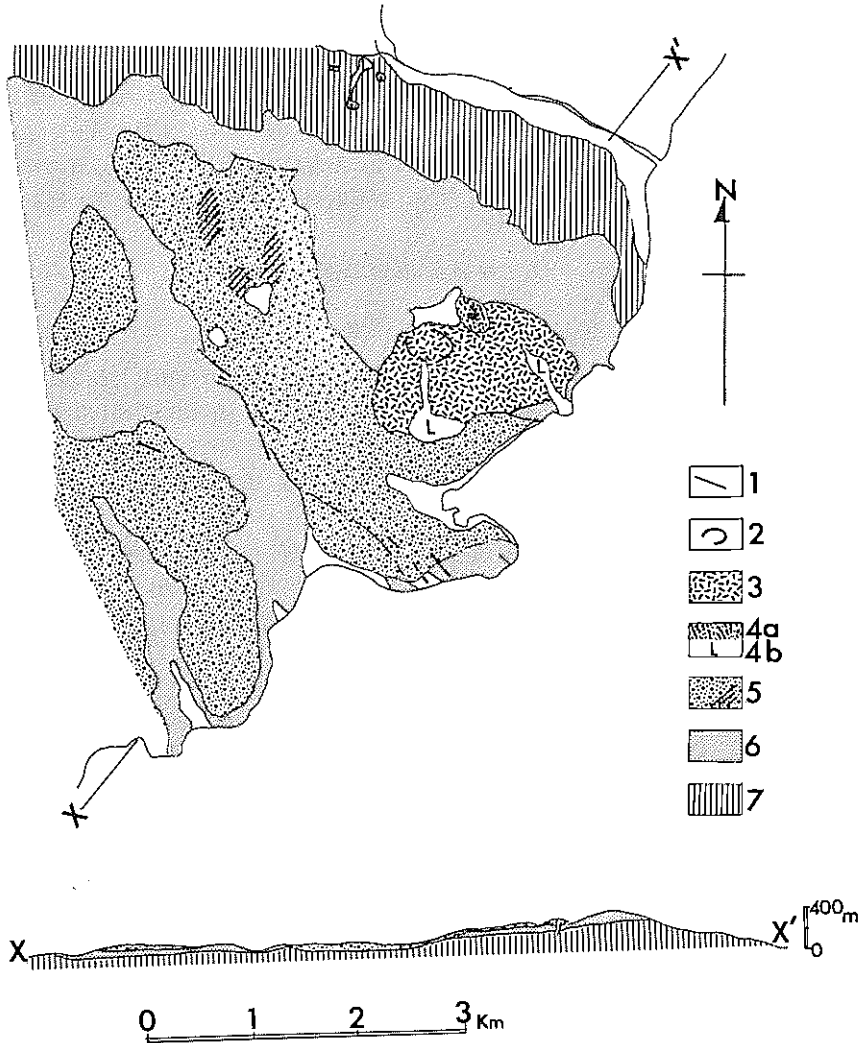
そこで、筆者らは、この稲取・大峰山断層についてその位置、断層の出現形態、変位量等をできる限り詳しく記載することを試みた。もちろん、調査日数や人員に限りがあり、地震時の地変のすべてを本稿に記載できた訳ではないが、断層変位量の認定とその測定に重点を置いて調査した。

2. 稲取付近の地質構造と地震断層

稲取付近は天城火山群の南東部にあたり、同火山に由来する火山岩類が分布している。倉沢（1959, 1972）、（倉沢・加藤, 1979）によれば、この地域には下位より天城火山の初期安山岩類、稲取泥流堆積物、玄武岩質寄生火山が分布する（第2図）。

初期安山岩類は大峰山・浅間山・三筋山などを構成する輝石安山岩で、露頭で観察される岩石は風化

「1978年伊豆大島近海地震」の際現われた地震断層（山崎・小出・佃）



1. Fault 2. Crater 3. Scoria 4a. Cinder cone 4b. Basalt lava 5. Inatori mud-flow deposits and hydrothermal alteration zone 6. Sengeniyama-Omineyama andesites 7. Miocene-Pliocene basement.

第2図 稲取周辺地域の地質図（倉沢・加藤，1979）

Fig. 2. Geological map of Inatori and its adjacent area (after KURASAWA and KATO, 1979).

変質を受けており脆い。

稲取泥流堆積物は、天城火山本体末期の爆発で流下したもので（小野・角，1959）、安山岩角礫と砂・粘土が不規則に混合した堆積物である。固結は進んでおらず、表層部は風化している。泥流の表面地形は凹凸に富んでおり、堆積時の原地形かどうか疑わしい。一方、見高付近の稲取泥流堆積物の上には平坦面が認められることから、泥流はある時間間隔をおいて数回にわたって流下した可能性がある。見高では、泥流中の木片から $24,950 \pm 150$ y. B. P. (Gak. 207) の ^{14}C 年代測定値が得られている（笠原，1964）。

寄生火山は浅間山南方に4つ、大峰山西方にも大池・小池・鉢山等が存在する（荒牧・葉室，1977）。これらの活動はスコリアの噴出と玄武岩熔岩の流出で代表され、その時期は更新世末から完新世に及

ぶ、とくに大峰山西方の火口から噴出したスコリアは大峰山や稲取泥流の分布地域を広く覆っている。

地震断層は、稲取付近では初期安山岩類と稲取泥流堆積物を切り、大峰山東麓では初期安山岩と稲取泥流堆積物の境界部に一致して現われた。しかし、今回の地震断層は表土の厚い地域を通過したため岩盤の食い違いを直接観察できるところはなかった。また、地震断層が既存の断層に沿って生じたかどうかも確かめられていない。ただ、伊豆急稲取トンネルでは断層変位が生じた区間の岩石は著しく破砕されているとのこと（小野田・楠山・吉川，1978）で、既存断層が再活動したものと思われる。

3. 地震断層の概要

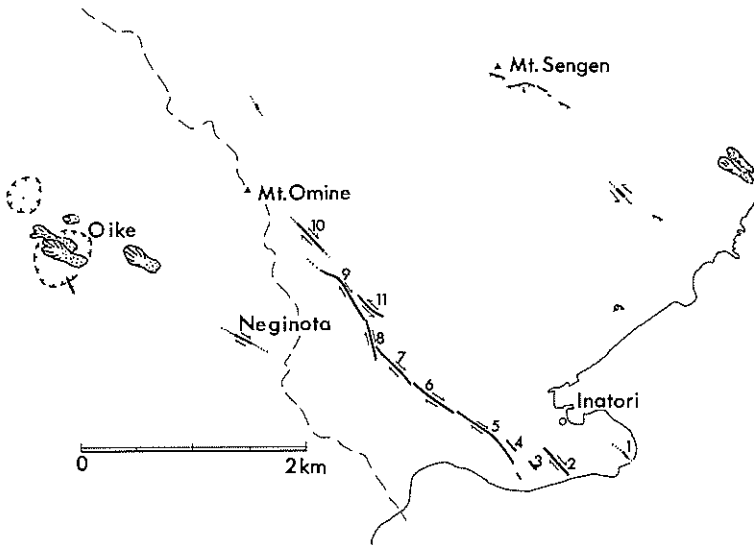
3.1 地震断層の出現形態

地震断層が地表に出現する際、被覆層の状況によって断層はさまざまな形態をとることが知られている（松田，1976）。今回の地震断層は、表層風化を受け厚い表土や降下火砕物に覆われる大峰山の初期安山岩や稲取泥流堆積物を切ったため、全域ではほぼ一様な亀裂帯として現われた。これは長さ3～5mの亀裂（fracture または crack）が雁行状に配列して幅数mの亀裂帯（fracture zone, または shear zone）を形成したものである。

稲取・大峰山断層は右横ずれ変位が顕著で、個々の亀裂は「杉」の字のつくりのような右ずれ雁行配列¹⁾を示し、それが数百m連続して1つの亀裂帯を形成した。個々の亀裂の方向と亀裂帯の方向のずれは5°～30°程のものが多かった。断層の垂直変位は南西側隆起が顕著であった。しかし、一部では北東側隆起も認められた。

横ずれ変位に伴ない、道路などの直線的構築物が断層を横切るところでは、その交差する方向により短縮や伸長が認められた。短縮の場合、路面や側溝などに pressure-ridge ができ、伸長の場合には開口が生じた。

亀裂帯は数百m連続すると変位量が減少し消えてしまう。すると、少し離れた地点で別の亀裂帯が出現して再び北西方向へ延びているのが認められた。第3図は断層がこのような亀裂帯で構成されている



第3図 亀裂帯の分布図。数字は亀裂帯の番号を示す

Fig. 3. Arrangement of fracture zones which composed the Inatori-Omineyama earthquake fault. Numeral represents the number of fracture zone.

1) 個々の亀裂の走向が、亀裂帯の平均方向に対して右まわり（時計まわり）に偏傾している配列を、本論においては右ずれ雁行配列という。また、この逆の配列を左ずれ雁行配列という。

「1978年伊豆大島近海地震」の際現われた地震断層（山崎・小出・佃）

様子を示したものである。この図のように、稲取・大峰山断層はおおよそ11の亀裂帯に分かれ、それらは配列パターンの相違から南部・中部・北部の3地域に区分される。

南部地域は、亀裂帯が更に右ずれ雁行に配列する二重雁行を示す。二重雁行が地下に生じた断層の地表への表現と考えると、その方向は二重雁行の配列方向より推定される。これから、二重雁行を形成した断層の平均方向はWNW-ESEと考えられる。亀裂帯の方向は断層線の方向に対し東へ30°以上ずれており、亀裂帯相互の間隔は数百m以上ある。

中部地域の亀裂帯は南部と同様の右ずれ二重雁行を示すが、亀裂帯どうしは接近する。二重雁行の方向もNW-SEを示し、亀裂帯の方向が断層線の方向から北へ偏る角度も小さくなる。

北部地域の大峰山東麓では亀裂帯は右ずれ型の二重雁行を示さない。亀裂帯の配列はむしろ「ミ」字型で、見かけ上中南部地域と逆になっているが、亀裂帯自身は右ずれ変位を示している。

3.2 地震断層の運動について

(1) 地震時の断層運動

地震断層が通過した石垣では、不安定な石積みにもかかわらず、破壊せず湾曲しただけのものも少なくなかった。また、石垣の破壊箇所が断層の近傍に集中するというものもなかった。断層が通過した家屋でも土台はせん断破壊したが建物自体には大きな破壊は生じなかった。同様の例は過去の地震断層出現の際に多数の例が認められている（松田・山科，1974；松田，1976）。松田（1976）は、これらの事実から断層の両側の地盤が食い違う速さは急激な加速度を生じるような速いものではなく、比較的ゆっくりした速度（おおよそ1 m/sec）と推定している。今回の地震断層の動きも、このようなものであったらと思うられる。

地震断層の断層面が観察された場合には、面上の粘土フィルムに岩盤の移動した軌跡を示す条線が記されていることもある（垣見ほか，1977）。

稲取・大峰山断層では雁行亀裂が地表に現われたため断層面を直接観察できる所はなかった。しかし、稲取入谷の田村豊作氏宅（Loc. 28）では、断層上にあった建物の移動した軌跡が認められ、断層の動きを知ることができた。ここでは断層が同家の納屋を横切ったが、このときその土台がせん断破壊せず南西側地盤に載ったまま北西へ移動したため、北東側地盤にその土台の動きを示す条線が記されたのである（Plate 1-1）。これから、断層運動は、北東側地盤に対し南西側地盤が最初やや急な角度で隆起し、次に水平面に対し15°程の角度で隆起しながら北西に移動したことがわかった。なお、この貴重な条線は表層部の風化土中に記されたため、その後の雨で消失してしまった。

(2) 余効運動について

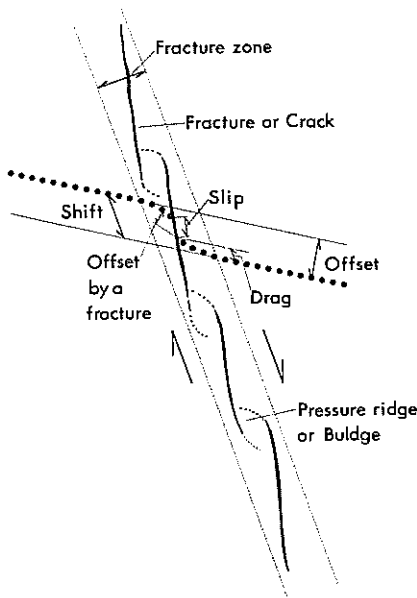
地震断層の変位は1月14日の本震時に生じたが、一部の地点では、14日に生じたbulgeなどが15日朝の比較的規模の大きな余震の際に更に成長したと言われている。地震断層の余効運動は伊豆半島沖地震の際、石廊崎断層で明瞭に認められており（松田・山科，1974；衣笠，1976）、今回の地震でも生じている可能性が大きい。地震後半月以降から現在（53年3月）までの時点では確実な証拠は得られていない（宮沢・伊藤，1979参照）。

3.3 地震断層の変位量について

(1) 断層に沿う変位様式

稲取・大峰山断層は横ずれ雁行亀裂帯として現われたため、断層変位は地震前から直線的に配列してあった断層変位基準（道路・畠のうね・壁・石垣・フェンス等）の食い違いとして認められた。このような食い違いにはさまざまなタイプ及びオーダーのものが認められ、地震断層を詳しく記載するにはそれらを厳密に定義、分類する必要がある。以下本文においては、変位を表わす語（横ずれに限る）を以下のように定義して用いる。

断層変位基準の食い違い量を断層変位基準の方向と直交する方向に測定したとき、これをoffsetという。同じものを断層（または、亀裂、亀裂帯、以下同じ）の走向方向に測定したとき、これをshiftと



第4図 亀裂及び亀裂帯に沿って生じる変形を示す概念図

Fig. 4. Type of the deformation caused by the crack and fracture zone.

呼ぶ。slip は断層によって切断された断層変位基準の両端部を断層の走向方向に沿って測定した距離である。drag は断層近傍で撓み曲った断層変位基準の部分で断層の走向沿いに測定した量である。shift は slip のみ、または drag のみからなることもあるが、多くの場合 slip と drag の組合せで構成されている。このうち、slip のみは直接測定できる場合もあるが、drag 及び shift は断層変位基準と断層のなす角度及び offset 量から計算によって導かれる(第4図)。

変位様式は断層の出現形態によりいろいろなオーダーのものがあり、稲取・大峰山断層については少なくとも3つの様式が識別された。地表観察で認められる最も小規模な変位様式は、多くの場合断層変位基準が個々の亀裂(fracture, crack)により offset を生じたもので、slip と drag から成る shift が認められる。これは長さ数mの断層変位基準があれば認められるので、断層沿いに多数の地点で測定できた。

亀裂帯(fracture zone)に沿って生じる shift はより規模の大きな変位である。これを識別するには長さ数~10m以上の断層変位基準が必要である。

更に高次のオーダーの変位様式は亀裂帯を越えたより広域にわたる drag 変形を含むもので、今回の地震断層

では伊豆急稲取トンネルの屈曲として認められた。このトンネルでは、地震後精密な測量が実施されトンネル側壁が約50cmの区間で62cm右ずれに offset を生じたことが知られている(小野田・楠山・吉川, 1978)。これは明瞭な断層によりトンネル側壁が食い違ったものではなく、幅広い区間で撓み曲ったものである。このような変形は識別するのに数十~数百mに及ぶ断層変位基準が必要であり、地震前に精密に測量されていた構造物でない限り通常の地表観察だけで見出すことは困難である。

普通、より長い断層変位基準をとればより広域にわたる変動が観察されるので、高次オーダーの変位ほどより大きな変位量を示すことになる。このように、変位量は例え同一地点で測定しても、その断層変位基準の長さにより扱えられる変位様式が異なり、得られる変位量が異なるのである。オーダーの異なる変位様式の変位量を比較してその増減を議論してもあまり意味はない。必要なことは、断層の変位量を記載する場合には、どのオーダーの変位様式の変位量であるかを明確に示すことである。

(2)変位量の測定

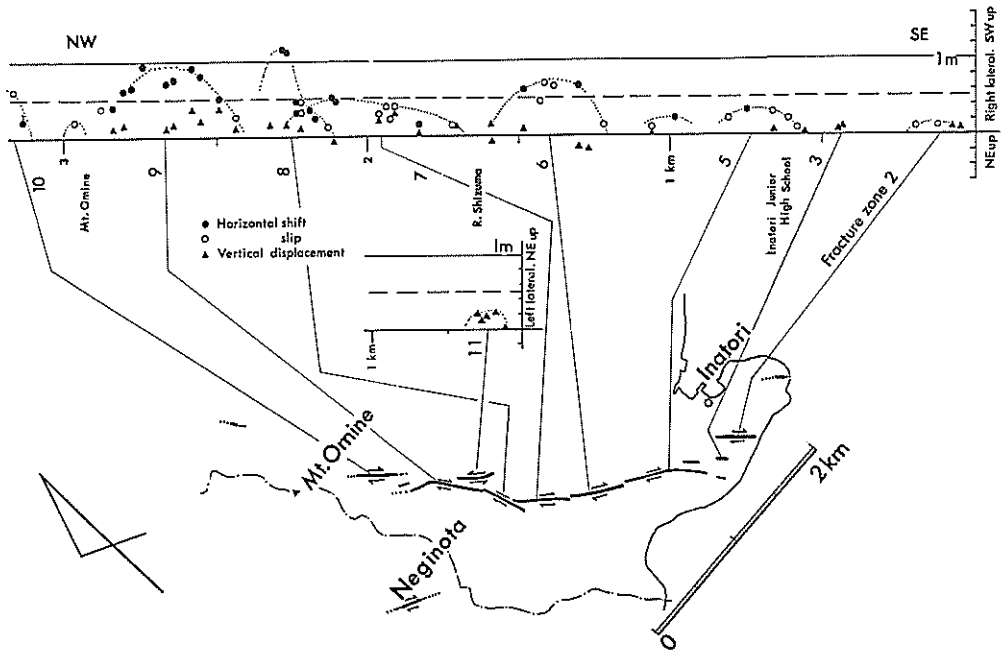
変位量を求める場合、個々の亀裂の slip 等は直接スケールをあてて測ることもできるが、変位がある区間で生じている亀裂帯などの場合には変位量の直接計測は不可能である。このようなときは、その亀裂帯の幅以上の長さのある断層変位基準の offset を測定する。亀裂帯がとくに広い場合などは、測量によって断層変位基準の食い違いを求める。

断層変位基準は地震断層とは無関係の方向に並んでいるので、その offset 量は断層の shift 量と一致しない。このため、offset 量と、断層の方向と断層変位基準の方向との交角から shift 量を求める必要がある。BROWN, et. al. (1973) はこのような方法でマナグア地震の地震断層を詳しく記載した。筆者らは今回の地震断層調査でこの方法を利用し、野外では断層変位基準の方向と offset 量、亀裂帯の方向、及び個々の亀裂の方向等を測り、これから亀裂帯や亀裂の変位量を求めた。このような方法で求めた各地点の変位量を第3表に示す。

(3)変位量の分布

第5図には上記方法で測定した断層変位量の分布を示した。この図では横ずれ変位については slip と

「1978年伊豆大島近海地震」の際現われた地震断層（山崎・小出・個）



第5図 稲取・大峰山断層の変位量分布図

Fig. 5. Distribution of the displacements along the Inatori-Omineyama earthquake fault.

shift を区別したが、垂直変位についてはとくに区別していない。しかし、これは亀裂の落差を測定していることが多いので、おおむね slip と見てよい。

第5図で shift 量を中心とした変位量の分布を見ると次のような特徴が見出せる。

㊤ 変位量は断層末端部にあたる北西の大峰山付近で大きく、震源に近い東側でむしろ小さな値を示す。大峰山の麓では1 m以上の右ずれを示す所もあり、垂直変位も大きな値を示す。

㊦ 変位量分布には地域的に増減があり、いくつかの区間が認められる。一つの区間では中心部が大きな変位量を示し両端部で減少する。このような変位量分布から認められる区間は、地表で追跡される一つ一つの亀裂帯と一致している。

㊧ 垂直変位成分は南西側地盤の隆起が卓越する。しかし、一部には北東側地盤が隆起している部分も認められる。この北東側隆起は亀裂帯の南端部にあらわれることがあり、断層の右横ずれ変位に伴う末端部の圧縮のため生じた可能性もある。

3.4 稲取・大峰山断層と浅間山付近に生じた地変について

今回の地震で伊豆半島に現われた地震断層の走向は、発震機構や余震分布から推定される断層面のそれと厳密には一致しないため、その原因をめぐっていくつかの見解が示されている。

余震は大島・稲取間ではほぼ E-W 方向に分布するが、伊豆半島ではその方向をやや北寄りに転じ WNW 方向に並ぶようになる（津村ほか、1978）。余震分布の陸上での方向及び位置は、稲取から根木ノ田を経て大池・小池方面へ延びるリニアメントと一致する。これから、このリニアメントが主断層の陸上延長の一部を形成する、という見解もある（梅田・村上、1978；佐藤・石井・井内、1978）。

この考えを支持する事実として、被害分布が河津町梨本や天城峠付近などこのリニアメント沿いに集中すること、辺長・水準測量結果とも調和的であること、などが挙げられている。この考え方では、根木ノ田を通過するリニアメントに推定地震断層を考え、稲取・大峰山断層はそれに伴う二次的な地変と考えている。更にこの考えをすすめて、浅間山に生じた左ずれ成分を持つ亀裂（Loc. 6）とあわせ

第3表 稲取・大峰山断層沿いに測定された断層の変位量
 Table 3. Characteristics of fractures along the Inatori-Omineyama fault.

Locality	Trend of fracture zone	Trend of each fracture	Remarks of fault displacement	Trend of the reference	H.	Offset (cm)	V.	Shift	Horizontal Slip (cm)
1		NW	Fracture zone 1 Fence		8 R				
2	N30°W	N15°W	Fracture zone 2 Tennis court				8 SW		
3		N15°W	Ground surface in the bush				10 SW		
4	N55°W		Wall						12 R
5	N30°W	N10°W	Wall	N80°E	11 R				11 R
7		N30°W	Fracture zone 3 Concrete wall		+				
8	N15°W		Ground surface		+				
9		N10°W	Fracture zone 4 Side line on the road						
10	N15°W		Ground surface		+				5 R
11	N30°W	N-S	Fracture zone 5 Ground surface				10 SW		
12	N20°W	N10°W	Vegetable field		+		+		
13		N30°W	Foundation of the house	N70°E	8 R				8 R
14		N10°W	Side line on the road	N50°E	18 R				21 R
15	N30°W	N15°W	Margin of the turf on the ground	N85°W			5 SW		30 R
16	N40°W	N20°W	Frame of the flower bed	N15°E	26 R				32 R
17	N40°W	N20°W	Side of water course	N15°E	12 R				21 R
18	N50°W	N 8°W	Ground surface						

「1978年伊豆大島近海地震」の際現われた地震断層（山崎・小出・佃）

19	N82°W	N-S	Ground surface (Pressure ridge)						
20	N40°W	N 5°W	Ground surface	+	12 R	+	23 R		
21	N44°W	N75°W	Concrete pavement						10 R
22	N45°W	N65°E	Foundation of the house		10 R				
23	N50°W	N25°W	Staircase of shrine	+					
24			Inatori rail tunnel		62 R				
Fracture zone 6									
25		N48°W	Concrete pavement						14 R
		N50°W	Stone wall	+			20 NE		
26	N60°W	N20°W	Stone wall		43 R				67 R
27	N60°W	N35°E	Stone wall in the orchard		65 R				65 R
	N60°W	N30°E	Stone wall		67 R				69 R
	N60°W	N35°E	Stone wall		45 R				46 R
28	N60°W	N55°W	Garden		60 R		8 SW		60 R
29	N60°W	N35°W	Orchard	+					
	N45°W	N45°W	Orchard				10 NE		
							20 SW		
Fracture zone 7									
31		N20°E	Stone wall	+					
32			Path (pressure ridge)	+					
33	N25°W	N-S	Road		11 R		15 SW		16 R
34	N20°W	N20°E	Road		10 R		3 SW		16 R
35	N25°W	N-S	Stone wall		35 R		30 SW		39 R
	N25°W	N10°W	Stone wall		20 R				22 R
	N25°W	N10°W	Stone wall		35 R				39 R
	N22°W		Stone wall		23 R		20 SW		29 R
36	N20°W	N10°E	Path way	+					
	N20°W	N-S	Orchard	+					
37	N30°W	N20°W	Side wall of the greenhouse		23 R		10 NE		46 R

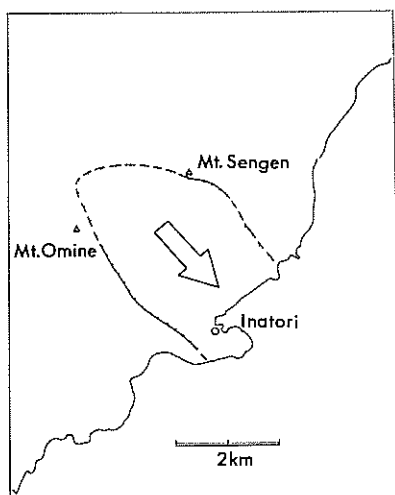
第3表 (つづき)

Locality	Trend of fracture zone	Trend of each fracture	Remarks of fault displacement	Trend of the reference	H.	Offset (cm)	V.	Horizontal Shift (cm)	Slip (cm)	
	N30°W	N 5°W	Side wall	N30°E	45 R	10 NE		52 R		
	Fracture zone 8									
39	N-S	N30°E	Stone wall	N50°W	10 R				10 R	
40	N-S		Greenhouse	N60°E	20 R			23 R		
	N-S		Greenhouse	N60°E	30 R			35 R		
41	N-S	N10°E	Ridge and furrow of the field	N60°E	40 R		+ W	46 R		
	N-S	N10°E	Stone wall	N62°E	40 R			45 R		
	N20°W	N10°E	Ridge and furrow in the field	N60°E	30 R		10 SW	31 R		
	N20°W	N10°E	Stone wall	N62°E	30 R		10 SW	31 R		
42	N10°W	N10°W	Stone wall	N56°E	103 R		20 SW	113 R		
	N10°W		Stone wall	N60°E	110 R			117 R		
43	N10°W	N-S	Orchard				20 SW			
	Fracture zone 9									
44	N10°W	N-S	Ground of the barn				15 SW			
45	N20°W	N10°W	Path on the slope				10 SW		25 R	
46	N20°W		Stone wall	N65°E	50 R		35 SW	50 R		
47	N20°W	N 5°E	Stone wall	N30°W	10 L					
48	N20°W	N-S	Stone wall	N65°E	80 R		20 SW	80 R		
	N20°W	N20°W	Stone wall	N65°E	90 R		35 SW	90 R		
49	N20°W	N20°W	Stone wall	N65°E	75 R		15 SW	75 R		
	N20°W	N20°W	Stone wall	N65°E	70 R		10 SW	70 R		
50	N20°W	N-S	Concrete slab on the road	N45°W	40 R			95 R		
51	N20°W		Stone wall	N45°E	60 R			66 R		
52	N20°W		Stone wall		60 R		20 SW			
	N70°W		Stone wall	N20°W	30 R		12 SW	39 R		

「1978年伊豆大島近海地震」の際現われた地震断層（山崎・小出・佃）

53	N70°W	N60°W	Road	N20°W	30 R	38 R
			Fracture zone 10			
54		N60°W	Road	N10°W	16 R	20 R
55		N25°W	Road	N20°E		
56	N50°W	N30°W	Rut on the road	N20°W	10 R	20 R
57		N30°W	U tubes of ditch	N10°E	40 R	+ SW 62 R
			Fracture zone 11			
58		N40°W	Field			+ NE
		N55°W	Field			
59	N40°W	N50°W	Stone wall	N70°E	+ L	+ NE
			Field			20 NE
60	N30°W	N70°W	Field		+ L	15 NE
		N70°W	Field		+ L	10 NE
61	N40°W		Field			
	N10°W		Field			20 NE

(+; Offset was recognized.) R; Right lateral displacement. L; Left lateral displacement.
SW, NE; Upthrown side of the fault (fracture, fracture zone)



第6図 浅間山・大峰山を結ぶ巨大スラブ地
 じりの想像図

Fig. 6. Idea of the large slab landslide at
 Inatori region.

て、地震時に大峰山・浅間山間のブロックが海側へ巨大なスラブ地じりを起こしたという見解(第6図)もある(小林, 1978)。

筆者らも地震の直後には、浅間山の亀裂を地震断層と呼んだこともあった(小出ほか, 1978)。しかし、その後、現地調査を行い地震断層を地質学的に調査、検討した結果、“浅間山断層”を地震断層あるいは巨大地じりの翼部の断層とする考えに対し大きな疑問を持つようになった。その要点は次のような点である。

㊸ もし、巨大地じりが生じたとなると、浅間山—大峰山間を結ぶ北西部になぜ滑落崖が生じていないのか、流動物質の場合ならともかく、稲取泥流や火山岩分布地域であれば他の地じりと同様に明瞭な滑落崖がまず第一に認められてしかるべきであろう。

㊹ 稲取・大峰山断層と浅間山の亀裂がともに巨大地じりの両翼を構成するものであるなら両者は同じ性格で逆の変位センスを有するはずである。稲取・大峰山断層は大きな地形単元の境界部にほぼ連続的に現われ、過去

に出現した多くの地震断層と良く似た特徴を持つ。これに対し、浅間山の亀裂は分布が不規則で、地下に1本の断層が存在すると推定できるような系統的な亀裂ではなく、両者の性格は全く異なっている。

とくに、浅間山の亀裂は直線状斜面の中～上部にのみ生じている。直線状斜面の分布高度は山稜の高度が変わると一緒に変位するが、亀裂もこれにあわせて出現高度が変わり、これが亀裂の水平的な分布を不規則にしている原因である。亀裂の出現高度が斜面形と関連するということは、その亀裂が表層のみに関連した地質現象であることを示している。すなわち、浅間山の亀裂は深層に及ぶ地震断層や巨大地じりの東翼の断層ではなく、表層の斜面崩壊に関連した局地的な滑落崖的な亀裂と考えられる。また、浅間山と同様の亀裂が本来の地震断層とは別に大峰山の東斜面にも現われ、ここでは実際に表層の崩壊も生じている(Plate 2-1)。

㊺ 全電通労働学校へ通じる道に生じた左横ずれ変位(Loc. 66)は、浅間山断層説すなわち巨大地じり説の重要な根拠である。しかし、ここでは、道路はN80°E方向、亀裂はN45°W方向に走っており、もし断層が左横ずれ成分を持つなら路盤に短縮が生じるはずである。ところが実際には道路には大きな開口亀裂が生じたのである。これは、この付近が急斜面のため、表層地塊が最大傾斜方向(南～南西)へじったと考えれば、見かけの左ずれと大きな開口亀裂が説明できる。この傍証として、亀裂の脇の露頭では、浅間山安山岩とそれを急傾斜に覆うスコリア層が見られ、亀裂のじり面はこの不整合面に一致しているのが観察された。

以上から、個々の亀裂の性格を吟味せず単純に稲取・大峰山断層と浅間山の亀裂をつないで巨大スラブ地じりを考えるには無理があろう。

稲取・大峰山断層が震源断層に続く主断層であるのか、それとも副断層の1つにすぎないのかを判断する決定的な資料は現在までのところ得られていない。しかし、筆者らは少なくとも陸上部に関する限り今回の地震で主要な活動を行ったのは稲取・大峰山断層であり、根木ノ田方面へ続くリニアメントはあまり動かなかったと考える。その理由は実際に測定された断層変位量は根木ノ田断層に比べ稲取・大峰山断層が圧倒的に大きいことである。また、被害分布は確かに断層活動と関連していることが多いが、伊豆半島の場合には人口密度、斜面傾斜の分布、表層地質など断層以外の条件が関与する割合が大きいと思われ、被害分布からただちに断層を推定することはできない。さらに、余震分布から推定した震源断層と実際に地表で観察された地震断層が若干食い違うという現象は、伊豆半島沖地震の際にも認められている(垣見ほか, 1977)。この時は、余震分布はほぼ海岸沿いにWNW-ESE方向に延びたが、

地震断層は入間でNW方向に屈曲した。そして、余震分布と一致するリニアメントに変位はほとんど生じなかった。

我々は地表に現われた断層は観察できるが、深部の断層を直接観測することはできないので、いずれにせよ推測の域を出ない。今回の地震の震源から稲取を通り根木ノ田・大池方面へ続く深部の断層ゾーンあるいは構造帯が存在する可能性は大きい。しかし、1回の地震の際には必ずしも断層の全域が動くわけではない。稲取・大峰山断層の北半部は地質学的には分岐した支断層かも知れないが、今回の地震では伊豆半島沖地震の場合と同様に、支断層が動き主断層の直線の延長部はほとんどあるいはわずかし動かなかったと考えられる。根木ノ田・大池付近はちょうど1976年8月18日の河津地震（M 5.4）の震源及び余震域に入っており、河津地震で応力解放されていたため今回あまり動かなかった可能性がある。

4. 地震断層の記載

以下、伊豆大島近海の地震の際に現われた地震断層やそれに関連する地変について、その位置や形態を逐次記載する。地震断層や地変の詳しい位置は第7図；8図；9図；17図に示した。これらは東伊豆町発行の1/3000地形図と静岡県発行の1/5000森林基本図を基図としたものである。これらの図に示した個々の亀裂はやや概念的に描写しており、必ずしも正確に図のとおり分布しているわけではない。地図上に示した Loc. No. の位置は、以下記載する各 Loc. No. と対応している。

4.1 稲取・大峰山断層

稲取半島から大峰山の東麓まで延長4 km にわたって追跡され、右横ずれ変位の卓越した断層である。断層はほとんどの地点で雁行亀裂帯として現われた。断層はおおよそ11の亀裂帯で構成されており、これに南東より順に番号を付けその名称とした（第3図、第7～9図）。

(1) 南部地域

南部地域は亀裂帯が数百m間隔で雁行状に並び、2重雁行配列を示した。この最南端の亀裂帯1は稲取半島東南部の灯台付近（どんつく神社西側）に現われた。

(i) 亀裂帯1 **Loc. 1.** 稲取灯台ではフェンスの土台のコンクリート・ブロックに亀裂が入り、8 cm の右ずれ変位が生じた。この亀裂の南方延長は急崖（海食崖）となり、その上部では崩壊が生じた。また、この海食崖下部にはNW方向の亀裂が現われた。また、稲取市街地の全壊家屋や大被害建築物は亀裂帯1の北西延長上に集中しており、この亀裂帯は稲取駅方面へ延びる可能性がある（中野ほか、1978）。

中野ほか（1978）はこの亀裂帯を単一の断層と考え稲取東断層と呼んでいる。

(ii) 亀裂帯2 **Loc. 1.** から西方へ500mほど離れたテニスコートには亀裂帯2が出現し北西へ約300m追跡された。

Loc. 2. テニスコートでは、その東半分を亀裂帯がN30°W方向に横断した（Plate 1-2）。このコートは山頂部を切盛り整地した所であるため、東端部では明らかに表層崩壊の滑落崖と思われる亀裂も生じていた。恒石ほか（1978）はここで100 cm に及ぶ右横ずれ変位を考えた。しかし、筆者らは、これは周囲に比べ異常に大きな変位量であり、土地条件からみて地盤の滑落による変位が加わっているかも知れないと考え、断層変位としては扱わなかった。

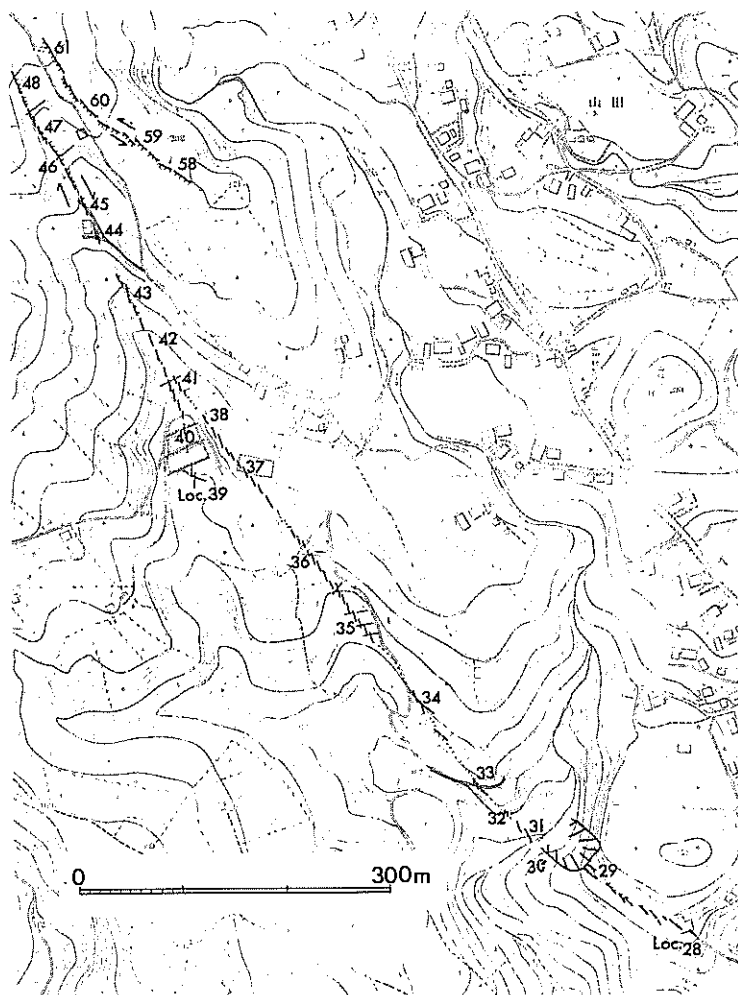
Loc. 3. テニスコート北西の雑木林の中ではN15°Wの雁行する亀裂が認められた。横ずれ変位量は断層変位基準がないため測定不可能であったが、南西側10 cm の隆起が認められた。

Loc. 4. 稲取市街地では雁行亀裂は認めにくかった。しかし、家屋の土台や道路に生じた亀裂の位置がほぼ直線的に北西へ追跡できるので、断層の位置は推定できた。ここでは、民家のコンクリートの擁壁に亀裂が入り12 cm の右ずれ変位（slip）が認められた。

Loc. 5. 稲取警察署南方の蛭原凌氏宅では亀裂によりブロック塀が11 cm 右横ずれに offset を生じた



第7図 稲取付近の地震断層の詳細位置図
Fig. 7. Detailed map of cracks and fracture zones in Inatori town. Locality numbers correspond to those in Table 3.



第8図 志津原川—大峰山南麓部の地震断層の詳細位置図

Fig. 8. Detailed map of cracks and fracture zones in Inatori-Iriya region. Locality numbers correspond to those in Table 3.

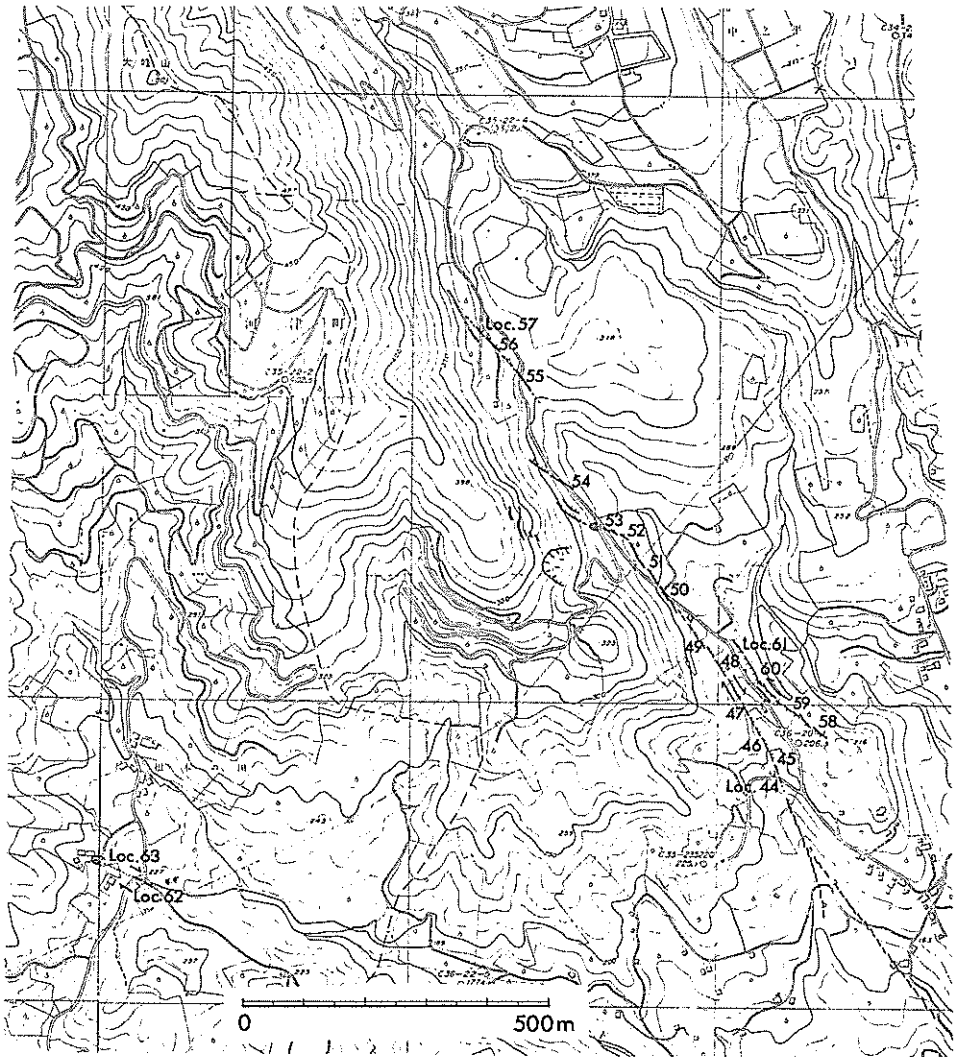
(Plate 1-3). 警察署前の道路では路面に若干の右横ずれ成分を持つ2本 ($N10^{\circ}W$, $N10^{\circ}E$) の亀裂が生じた。

Loc. 6. 稲取小学校では大谷石の擁壁に右ずれ5~10 cm の offset が生じ、また校庭に亀裂帯があらわれた (中野ほか, 1978)。

(iii) 亀裂帯3 稲取半島南部の海岸付近から内陸へ約300m続いた。

Loc. 7. 稲取半島南海岸では、観光ホテルの前の護岸 (コンクリート擁壁) に $N30^{\circ}W$ 方向の亀裂が生じた。これは数 cm の右横ずれ変位を示し、この亀裂は、さらに観光ホテル内に延びた。中野ほか (1978) によれば、このホテルは右横ずれ変位を受けたためその建物の中央部付近が大破し、更にその北西にある建物 (木造) は土台のせん断や建物自身の滑動 ($N40^{\circ}W$ 方向へ 17 cm) などが認められたとのことである。

Loc. 8. 稲取電話局付近では、その南側の道路に亀裂と崩壊が生じ、そこから亀裂帯は電話局構内に続いた。電話局では建物の東側に $N15^{\circ}W$ 走向の亀裂が現われたが変位量は認められなかった。この付近が亀裂帯3の北西端である。



第9図 大峰山東麓部の地震断層の詳細位置図

Fig. 9. Detailed map of cracks and fracture zones in the eastern foot of Mt. Omineyama and Neginota region. Locality numbers correspond to those in Table 3.

(v) 亀裂帯4 稲取中学校の校庭には2本の亀裂帯があらわれたが、これはその東側のもので、延長はわずか150mほどであった。

Loc. 9. 東伊豆道路にN10°W走向の2本の亀裂があらわれ、このうちの1本は道路の白線を5cm右ずれに変位(slip)させた。道路の南西側でも法面の石垣が一部破壊しており亀裂帯がここを通過したことを示している。

Loc. 10. 稲取中学校校庭では、体育館の前をN15°W方向に亀裂帯が走り、これは更に東西に長い同校校舎の中央部玄関付近を通過した(Plate 2-1)。変位量が小さいため正確な値は求められなかったが、校舎に沿う石垣のずれからみて、右横ずれ数cmの変位が生じたことは確実である。校舎の北側では、コンクリート擁壁に亀裂が生じ、亀裂帯は更にその北側の畑へ続くものと思われた。しかし、この畑にはビニールハウスが建っていたが、これには変位は全く認められず、ここより北西への追跡は不可能であった。

(2) 中部地域

中部地域の亀裂帯の雁行パターンの特徴は、亀裂帯どうしが南部よりはるかに接近して配列していることである。また、全体の雁行配列の方向がやや北寄りに変わり NW-SE 方向を示すようになる。

(i) 亀裂帯 5 稲取電話局西方の高校跡地から稲取トンネルの上部付近まで、800 m にわたり追跡できた。

Loc. 11. 市街地西方にある高校跡地（整地された平坦地）の南東部に長さ十数mの亀裂が生じた。全体の走向はN30°Wだが、詳しく見ると N-S 方向と N35°W方向の雁行亀裂が連結したもので、右横ずれ変位で生じたものである。横ずれ変位量は求められなかったが、垂直変位は断層の南東側が 10 cm 隆起したことが認められた。しかし、ここで亀裂が現われたのは南東部だけで、地山を切取ったと思われる北西部では、北西端で崖に小崩壊が生じたこと以外には地表に異常は認められなかった。

Loc. 12. 前述の小崩壊地の北西では畑地に N20°W方向に延びる亀裂帯が現われた。亀裂帯は幅 1 m 以下で、長さ 5 m 以上、走向 N10°Wの亀裂により構成されていた。

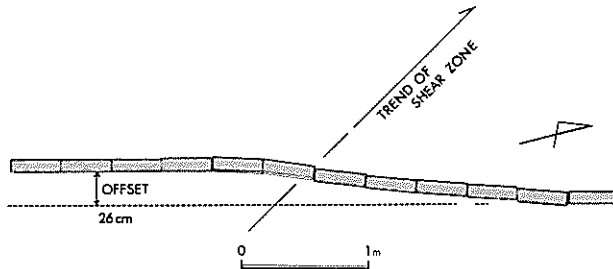
Loc. 13. Loc. 12の北西にある田村石男氏宅では前述の亀裂帯が家屋を貫通し、土台が変位した (Plate 2-2)。同家玄関で認められた亀裂の slip 量は 8 cm であった (Plate 2-3)。家の北側の道路にもこの続きの 2 本の亀裂が生じた。これは、さらに東伊豆道路の歩道橋に登るコンクリート階段を切り、住宅の間を抜けて東伊豆道路を横切った。

Loc. 14. 東伊豆道路では稲取中学校の歩道橋東方で 2 本の亀裂 (N10°W) が路面を横切った、このため、道路の白線には約 18 cm 右ずれ offset が認められた。この亀裂の slip 量は約 21 cm である (Plate 2-4)。

Loc. 15. 稲取中学校校庭では Loc. 10 で記載した亀裂帯 4 の約 50 m 西方を亀裂帯 5 が通過する。ここでは走向 N15°~20°W の亀裂が雁行配列して、N30°W 方向に延びる幅約 3 m の亀裂帯を形成していた。ここは、今回生じた地震断層の中で最も典型的な雁行亀裂が見られた地点である。亀裂帯は校庭に引かれていた白線や走り幅跳びの助走路を横切り右ずれに変位させた (Plate 3-1, 2)。助走路では N20°W の亀裂により 30 cm の右ずれ slip と 5 cm の南西側隆起が認められた。

Loc. 16. さらに断層は稲取中学校の西側にある住宅地に現われた。ここでは滝謙一氏宅の玄関前を亀裂帯が走り、その脇の石垣は大破した。更に断層は北隣の垂井正氏宅を通過し、ブロック塀のせん断や家の土台の破壊を引き起こした (Plate 3-3)。同家の庭に花壇の縁石として N15°E 方向に一列に並べてあったコンクリート・ブロック (各々長さ 40 cm, 幅 10 cm) 12 個は第 10 図に示すように drag 成分だけの変形を示した。ここでは 32 cm の右横ずれ shift が求められた。このブロック列は偶然 2 本の亀裂の間に位置していたため、このような drag だけの変形を示したものと思われる。

Loc. 17. ミカン畑の中に長さ数mの亀裂が現われた。これは数m間隔で雁行配列し、N60°W 方向へ延びるやや幅の広い亀裂帯を形成する。ミカン畑の中を E-W 方向に延びるコンクリート舗装の農道では、これに数本の亀裂が入り、5 cm 程の開口が生じた。この南側には畑の中を N15°E 方向に延びる石



第10図 断層運動で右横ずれ変位した花壇の縁石 (Loc. 16)

Fig. 10. Deformation of the concrete block frame of the flower bed in the garden at Loc. 16.

積の排水路があり、幅数mの亀裂帯がこれを横切り変位させた。ここで測定できたのはN20°Wの亀裂で生じた12 cmのoffset量で、これから計算したslip量は約20 cmである。またこのミカン園内には断層の余効運動測定のための基線網を設置した(宮沢・伊藤, 1979)。

Loc. 18. 内山利忠氏宅では、ミカン収納用の納屋を亀裂帯が横断した。亀裂の方向はN8°Wである。筆者らの調査時点(1月18日)にはこの亀裂は既に埋められていたが、内山氏の話では、地震直後は夏ミカンが入る程(10 cm以上)の裂口が生じていたとのことである。

Loc. 19. 内山氏宅北西のミカン園では亀裂は不明瞭であった。しかし、その北西にある金指竹平宅では、庭の南端の石垣が長さ10mに渡って崩れ落ちており、ここを断層が通過したらしい。また、同家の庭には地盤の盛り上り(pressure-ridge又はbuldge)が現われた(Plate 3-4)。これは長軸がN82°W方向へ延びる長さ3~5 m、幅1 m、高さ10 cmほどの盛り上りである。隆起部の表面には長軸に平行する小亀裂が認められた。また、付近には更に長さ1 m、幅20 cm、及び長さ30 cm、幅10 cmほどの同様の盛り上がりが右ずれ雁行を示して並んでいた。また、長軸に直交する長さ3 m、走向N-Sの亀裂も生じた。このpressure-ridge群はおそらく、亀裂と亀裂の間が右ずれに伴う短縮で盛り上ったものであろう(第11図)。家の北側には高さ約3 mの崖があり、亀裂帯通過地点では石垣が大きく崩れていた。

Loc. 20. 前記の崖上の道路にも亀裂が入り、その北側にある金指徹氏宅では、母屋の西側及び納屋を亀裂帯が通過した。亀裂は走向N5°W、長さ2 mで、1.7 m幅の亀裂帯を形成してN40°W方向へ延びた。同家母屋は土台が破壊され、西向きの壁が変形したが倒壊するには至らなかった(Plate 4-1)。

Loc. 21. 稲取から入谷へ続く町道を断層が横断しコンクリートの路盤が食い違った。路盤の継ぎ目のoffsetから23 cmのshiftが認められた。道路南側の民家(鉄骨造りで一階はコンクリートを敷いた駐車スペースとなっている)は北西へ移動し道路上に民家のコンクリート板がのし上った(Plate 4-2)。ここでは断層は家の東側を通過しており、この衝上は断層の南西側地盤内に生じたもので、直接の断層変位によるものではない。また、西隣の塀もこの民家に接する部分が北方へ屈曲しており(Plate 4-3)、この民家の部分だけが大きく北西へ移動したことを示している。他の地点の石垣や塀の変形からみて、断層沿いに特に大きな加速度が加わったとも思えず、この原因はむしろ、道路がdrag成分の多い変形を示したのに対し、民家の東側ではslip成分が大きかったため、民家のコンクリート板が北西へのし上ったのではなかろうか。

Loc. 22. 亀裂帯は道路の北側に移り住宅地を貫いて北西へ延びる。しかし、老人いこいの家の東側付近では明瞭な亀裂帯は現われず、幅50m位の広い範囲に亀裂が散在していた。これらの亀裂のうちの1本(走向N25°W)は田村林之助氏宅の土台を切断し、これに右横ずれ10 cm、南西隆起2 cmのslipを与えた。

Loc. 23. 愛宕神社参道の入口は急な石段となっているが、この石段の最上部で破壊が著しく断層はここを通過したらしい。石段の脇にある小祠は大破し、石段にも若干の右ずれ変形が見出せた。しかし、明瞭な亀裂や断層変位は現われなかった(Plate 4-4, 5)。

Loc. 24. 伊豆急稲取トンネルの真上のミカン畑には明瞭な亀裂帯は出現しなかった。ここはゆるく南へ傾斜した尾根の上だが、今まで追跡してきた地域と地盤が特に異なるとも思えず、亀裂帯の末端部



第11図 亀裂の表現パターン概念図

Fig. 11. Idealized fracture pattern on the ground.

R; Ridge (Pressure ridge or buldge). T; Tension crack. W; Wall or fence.

「1978年伊豆大島近海地震」の際現われた地震断層（山崎・小出・佃）

分であろうと考えた。この地下を通る伊豆急トンネルでは断層帯による撓曲が見出されている。

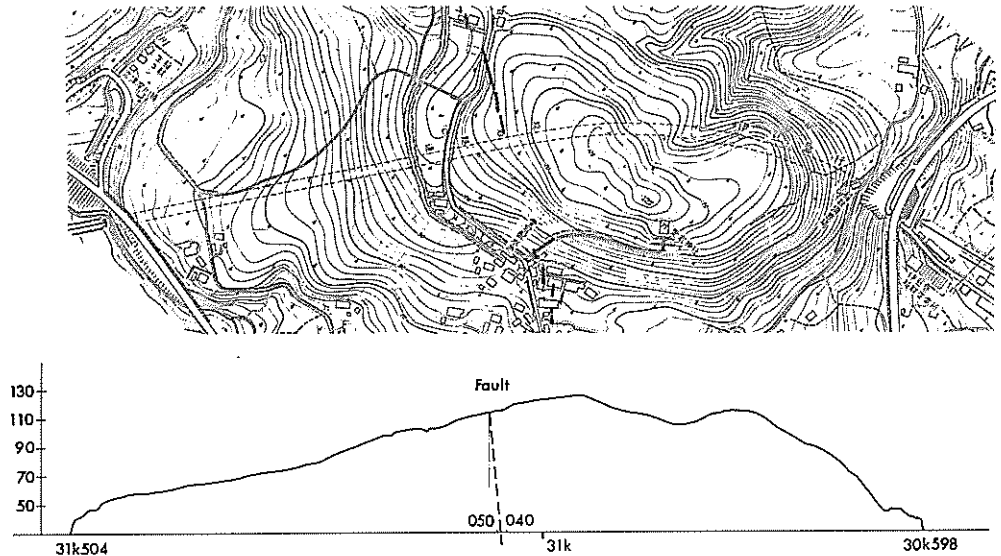
伊豆急稲取トンネルではその中央部を断層が通過、トンネルのライニングが大破した。小野田・楠山・吉川（1978）によれば、トンネル内で特に被害の激しい地点は伊東起点より30 km 915~940m, 31 km 010~060m, 31 km 150~170mの3カ所であり、とくに31 km 010~060m地点ではライニングをはがした結果岩石が粒土化した断層破砕帯が認められた。トンネルの精密測量の結果では、31 km 010~060m付近で62 cmの右横ずれ（offset）が生じていたことがわかった。しかし、この変位は1つの断層面を境に食い違いが生じたものではなく、50m程の区間で撓み曲ったものであった。

筆者らは1月22日にこのトンネルを調査したが、その時は31 km 040~050m付近で激しい湧水が認められた。第12図はトンネル付近の亀裂分布とトンネルの断面を示したものである。地表の断層通過点とトンネル内の通過点を結びとおよその断層面の傾きが求められる。ここでは、北東傾斜約80°が求められた。

(u) 亀裂帯 6 亀裂帯 6 は伊豆急稲取トンネル直上付近から志津摩川付近まで長さ300mにわたり追跡できた。

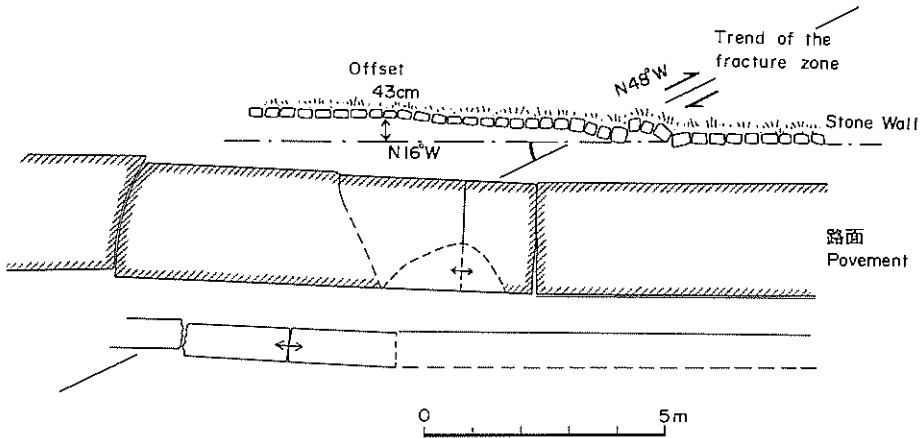
Loc. 25. ミカン畑内には明瞭な亀裂は現われないが、断層の位置は農道や石垣の破壊箇所が直線状（N50°W方向）に分布することから推定できる。畑内のコンクリート道（N16°E方向）に生じた亀裂（N48°W）では14 cmのslipが認められた。このミカン畑の西端部ではN30°W方向へ続く高さ2.5mの石垣を断層が横断し、石垣は長さ15mにわたって崩壊した。これより北西では明瞭な亀裂（N50°W）が現われ断層の追跡が容易となる。この地点の変位量は、断層の南側の石垣が崩壊に伴って小地送りを起こしたため測定できなかった。垂直変位量は今までとは逆で、北東側隆起20 cmである。

Loc. 26. 稲取・入谷間の町道を再び断層が横切る。Loc. 21に比べ道路の破壊は著しかった。ここでは亀裂帯がN60°W方向に走り、道路（N20°W）は右横ずれのために短縮し、路面のコンクリート板が「へ」の字形にbucklingした（Plate 5-1）。道路沿いの石垣は右横ずれに43 cm offsetし（第13図, Plate 5-2）、これから求めた亀裂帯のshiftは67 cmであった。垂直ずれは、Loc. 25と同様、北東隆起で約15 cmであった。



第12図 稲取トンネル付近の亀裂分布とトンネルの断面図。31km 040から050mの区間は断層でトンネルが切られたと思われる地点。推定される断層面の傾斜は80°N

Fig. 12. Cross section along the Inatori railway tunnel. Dip of the fault plane is about 80°N based on a straight line connecting the most damaged point in the tunnel and the surface fault trace on the ground.



第13図 Loc. 26 での道路路盤の破壊と断層による石垣の右横ずれ変位を示す図
Fig. 13. Right-lateral offset of the road and its stone wall at Loc. 26.

Loc. 27. 断層は町道の南西側に移り鈴木秋太郎氏宅の母屋と納屋の間を通過，その北西の田村又吉氏所有のミカン畑内に入った。

ミカン畑内には石垣（高さ0.5~1.5m）が、N30°-35°E方向に数列並んでいた。断層はN60°W方向に走ってこの石垣を横断し右ずれ変位を与えた（Plate 5-3, 4）。石垣は亀裂の通過地点だけ破壊し小崩壊が生じた。変位量は個々の亀裂の slip 成分を測っているので46 cm から69 cm とばらつきがあった。亀裂の走向はN45°~50°Wで亀裂どうしが接近した雁行配列のため亀裂の末端部には高さ5~10 cm 程の盛り上り（pressure-ridge 又は buldge）が生じた。地質調査所では、このミカン畑内に断層の余効運動観測のための4測点を設置した（宮沢・伊藤，1979）。

Loc. 28. 断層は小さな沢を越えて田村豊作氏宅を通過した。ここでは今回の地震断層中最も見事な pressure-ridge や断層条線が認められた。同家の母屋では玄関付近から西側を亀裂帯が通過し、土台が破壊された（Plate 5-5）。更に亀裂帯は西側の納屋の端をかすめた。この間の土地には顕著な亀裂帯が生じた。亀裂帯はN60°W走向、構成する個々の亀裂の走向はN55°Wで、亀裂の末端では Loc. 27と同様のしかもより顕著な pressure-ridge が生じた（Plate 6-1）。これは長軸がN85°Wで長さ2 m、幅1 mで盛り上りの高さは約30 cm であった。断層を跨ぐ物置の土台が破断されずに南西側地盤に載ったまま相対的に北西へ移動したため、土台の軌跡が北東側地盤に記された（Plate 1-1; 6-2）。

この運動については既述した（Ⅲ. 2 参照）ので省略する。変位量は60 cm の右横ずれ（slip）と8 cm の南西側隆起が認められる（Plate 6-3, 4）。更に断層はその北西のミカン畑に入り、ミカン収納小屋の下を通過した。そのため建物全体が変形した。

Loc. 29. 収納小屋北西のミカン畑ではやや幅の広い亀裂帯（2~3 m幅）が認められた。個々の亀裂の走向はN30°-40°W であった。断層変位基準がないので水平変位量は不明だが、垂直変位量は南西側隆起5~10 cm が認められた。畑の南西側には急斜面があるが、この垂直ずれのセンスは滑落崖とは逆センスであり断層変位であることが明らかである。このミカン畑の西端部では幅2~3 mの小地溝が生じた。ここでも横ずれは測定不可能で垂直変位量は南側の亀裂で南西側隆起20 cm、北側の亀裂で北東側隆起10 cm であった。

Loc. 30. ミカン畑の西側は志津摩川の谷となる。ここでは断層通過地点を中心に河崖に崩壊が生じ稲取泥流が露出した（Plate 7-1）。志津摩川では、Loc. 29の北西延長上には亀裂が出現せず、この付近が亀裂帯6の末端部と考えられる。

(ⅳ) 亀裂帯7 志津摩川西岸から急斜面上を北西に延び、大峰山方向から南流する浅い谷と交差するまでの延長約500mにわたり認められた。走向は亀裂帯6よりやや北寄りに転じ、N30°Wを示すように

った。志津摩川付近で亀裂帯7は根木ノ田方向からESE方向へ延びるリニアメントを構成する谷と交差する。しかし、この谷の谷底部は水田化され見通しは良いが、リニアメントに一致する亀裂や亀裂帯は全く現われなかった。

Loc. 31. 志津摩川谷底では、Loc. 29の対岸よりやや下流（南側）の笹ヤブ内にかすかな右横ずれを示す雁行亀裂（走向N-S～N10°W）が現われた。その西方は放棄された水田跡であり、石垣が多数構築されていたが断層の通過地点で小破壊が起こった。N20°E走向の亀裂がN80°W方向の石垣を右横ずれに変位させたところもあったが変位量は極めて小さく測定できなかった。

Loc. 32. 志津摩川に沿う小径では、pressure-ridgeが生じ20～30cmも路面が盛り上った。これは右横ずれによる短縮らしいが小径の周囲には小さな崩壊が生じ変位量は測定できなかった。

Loc. 33. Loc. 32の北西の幅3.5mの林道を亀裂帯が横切った(Plate 7-2)。ここでは幅1mの亀裂帯がN25°W走向に走り右ずれ雁行配列したN-S～N10°E、長さ1～2mの亀裂で構成されていた。亀裂末端部には小さなpressure-ridgeが生じた。右横ずれ変位量は法面のoffset量11cmから求めた約16cm (slip) であり、垂直変位量は水平変位量より大きく南西側隆起15～20cmであった。Loc. 33からLoc. 34の間は断層はミカン畑となっている南西向き急斜面を通過する。ここにもNW-SE方向の亀裂が認められるが、ここでは北東隆起の垂直ずれが卓越し、表層崩壊の滑落崖の可能性が強いので記載は省略する。

Loc. 34. 南西向き斜面を斜めに登るミカン畑内の農道(N60°W)に亀裂帯(N20°W)が生じた。このため道路北側の石垣には右横ずれ10cmのoffsetが生じ、路面はかすかに(2～3cm)南西側が隆起した。断層はこのミカン畑を斜めに横断して山田方面から南下する町道を通り、これに大破壊を与えた。この付近のミカン畑は急斜面に石垣を組んで平坦地を確保しているが、地震でそれらが皆崩落したため、断層の通過位置を詳しく認定できなかった。

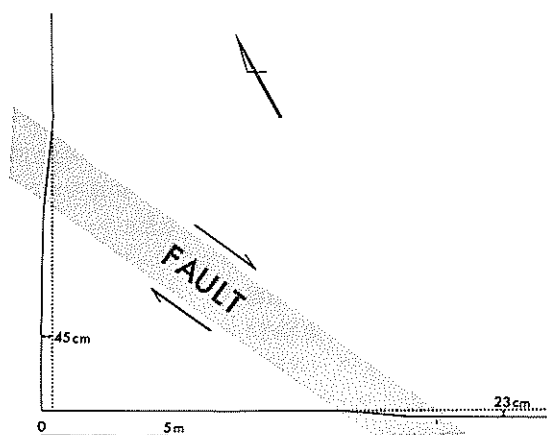
Loc. 35. 前述の町道の西側は緩い谷斜面にミカン畑が作られており、その中にある東西方向の石垣(高さ1m)がN-SないしN10°W方向の亀裂によって変位した。変位量(slip)は右横ずれ35cm、垂直ずれ30cm南西側隆起で、垂直変位成分が卓越することが特徴である。

Loc. 36. 亀裂帯は谷斜面にあるミカン畑をN25°～30°W方向に進んだ。この北にある山田太郎氏宅では納屋を亀裂帯が横断した。この亀裂帯はその北側のコンクリート舗装した小径にせん断亀裂を生じさせ、更に西側のミカン畑に続いた。この亀裂帯はN-SないしN10°Wの亀裂で構成されN20°W方向へ延びた。

Loc. 37. 八代宇一郎氏所有のビニールハウス付近では、その南側の農道を亀裂帯が横断、路盤にせん断亀裂と開口が生じた。更に亀裂帯はビニールハウスを斜めに横切り、ハウスの南側面及び西側面は右横ずれによる変形を受けた(Plate 7-3)。第14図はこのビニールハウスを測量した図であり、南側面では23cm、西側面では45cmのoffsetが認められた。横断した亀裂帯の方向はN30°Wで、これらから求めた右横ずれshift量は各々46cm、52cmであった。垂直変位は5～10cmの北東側隆起が認められ、それ以南とは逆のセンスを示した。また、右横ずれのため南側面では伸張が生じ、水道管が引き抜けたが西側面では逆に短縮が生じ水道管は逆S字状に湾曲した。亀裂帯の幅はここではやや広くなり、3m以上に及んだ。また亀裂帯の周囲、とくに北東側地盤の上には亀裂が広い範囲に分散して出現したようである(Plate 7-4)。

Loc. 38. ビニールハウスより北西では、亀裂帯はあまり明瞭に追跡できなくなる。これは断層変位基準の少ないこともあるが、亀裂帯末端部のため変位量が減少していることが主因であろう。ミカン畑内の収納小屋は、稲取泥流とそれを覆うスコリア層を約2m切土して建てられていたが、その切土部分に小崩壊が生じた。その周辺には多少亀裂が認められるので、亀裂帯がここを通過したものと思われる。変位量等は不明である。

(iv) 亀裂帯8 亀裂帯8はLoc. 37の西方50m程の地点から現われ始め大峰山東麓から南下する谷に沿って追跡できた。断層は南北走向を示すが、その後、亀裂帯7と接近するにつれ走向を西に転じ、N20°W走向で北西へ直線的に続いた。この亀裂帯の北端については多少の議論があるが、筆者らは変位



第14図 断層運動で変形したビニールハウスの側面 (Loc. 37)
 Fig. 14. Deformed greenhouse and measurement of the fault movement at Loc. 37.

量の減少に注目して、Loc. 39の北西300m程にあるミカン収納小屋付近と考えた。この亀裂帯は調査した中では最大の変位量を示した。

Loc. 39. Loc. 37の西方にある広い谷底に雁行亀裂が現われ、畑地内の石垣(N50°W)がN30°E方向の亀裂により10 cm右横ずれにslipした。

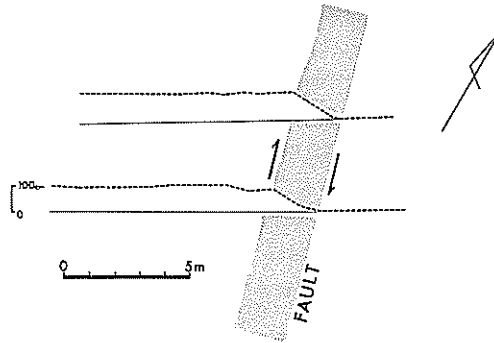
Loc. 40. 八代善一郎氏所有のビニールハウスをN-S方向に延びる亀裂帯が横切った。このためビニールハウスや石垣が変形した(Plate 8-1)。ここでは変位量は亀裂帯末端部(南側)から北へ向い急激に増大する。ビニールハウスの南端では10 cm程の水平変位量であったものが、北方へ50m離れた地点では35 cm程に増大する。

Loc. 41. 亀裂帯は農道を横切り路面に亀裂が生じた。その北西、八代金男氏所有の畑では、やや斜交する2本の亀裂帯が出現した(Plate 8-2)。西側の亀裂帯はN-S方向に延び、N10°E走向の亀裂で構成されLoc. 40からの亀裂帯の延長と思われる。これに対し東側の亀裂帯はN15°-20°W方向に延びN10°Eの亀裂で構成されている。これはLoc. 38の亀裂帯の延長である可能性がある。この畑では石垣や畑のうねなどがN60°E方向に作られていたので変位量測定が可能であった。西側の亀裂帯は、石垣や、うねを右横ずれに変位させた(Plate 8-3)。変位量(shift)はともに約45 cmである。東側はこれより若干変位量が小さく、うねや石垣は31 cm右横ずれにshiftした。ここでは南西側地盤に10 cmの隆起が認められた。

Loc. 42. 大峰山東麓へ続く谷底は、以前水田であった所をミカン畑にした所で、畑内にはN35°E方向の低い石垣が多数作られていた。断層亀裂帯はこれらの石垣を次々に変位させ、谷の東側斜面内に続いていった。ここは稲取・大峰山断層で生じた断層変位の中で最大のshift(右横ずれ1.2m)が認められた地点である。第15図に石垣の変位の様子を示す。亀裂帯の幅は広くなく1.2mの右横ずれ変位もわずかに数mの間で生じている。Loc. 41に現われた並走する2本の亀裂帯がこのLoc. 42付近で合流するらしく、この付近から水平変位量は急激に増大する。垂直変位は10~20 cmの南西側隆起が認められた。また、亀裂の末端部にはpressure-ridgeが生じた。亀裂の通過した石垣は破壊したが、石垣の高さが低かったこともあり大きな崩壊はなく、また、崩れずに湾曲しただけの石垣もあった。

Loc. 43. 断層は谷の東側斜面を斜めに横切って北西にすすむ。東斜面の中間部に平垣地を作った畑を亀裂帯が通過、N10°Wの亀裂に沿って南東側の10~20 cmの隆起が認められた(Plate 8-4)。

この北西の雑木林(谷の東斜面)の中で亀裂は追えなくなる。それとともに、谷の中部で小亀裂が現われはじめ、これが次に述べる亀裂帯9となる。亀裂帯8と9の接合部は不明瞭であるが、Loc. 42より北では変位量が急変し、このLoc. 43付近が最低と思われるので、ここで亀裂帯を2つに分けることにし



第15図 Loc. 47 における石垣の変位

Fig. 15. Measurement of deformed stone walls in the orchard at Loc. 47.

た。しかし、亀裂帯8と9は今後の精査により一連のものとなる可能性もある。

(v) 亀裂帯9 雑木林の北の外れにあるミカン収納庫の前から大峰山の東麓に沿って北西へ続いた。ここでも亀裂帯8と同様大変位量を示した。延長約600mである。

Loc. 44. ミカン収納小屋の前にはN-S走向の亀裂群が生じ亀裂帯はN20°W方向へのびた(Plate 9-1)。ここでは垂直変位成分が卓越し南西隆起20 cm程が認められた。

Loc. 45. Loc. 44の30mほど北では林道を亀裂帯が横断し、道の側面はN10°Wの亀裂で約25 cm右横ずれ変位(slip)した。これより亀裂帯は大峰山東斜面の基部に沿ってあらわれた。

Loc. 46. 山麓部に入ると亀裂帯の幅は狭くなり1 m以下の所が多くなった。ここでは、1本の長い亀裂が発達し南西側隆起の低断層崖が出現した。断層崖の高さから35 cmの隆起量が求まり、また、断層がN65°E方向へ延びる石垣と交差したので50 cmの右横ずれ変位量(shift)が求められた。この付近の石垣には高さ1.5m以上あるにもかかわらず変形はしたが崩壊しなかった箇所も認められ、断層面の運動がそれ程急激でなかったことを推定させる(Plate 9-2, 3, 4)。

Loc. 47. ここでは、断層は南東向き急崖の頂部を通過したが、地表には長い亀裂ではなくN5°Eの亀裂(長さ2 m)が右横ずれ雁行記列を示して亀裂帯を形成した。これに沿ってN30°W方向に建っていた石垣を10 cmほど左横ずれさせている亀裂も見出された。これは一見すると断層が左横ずれに変位したと思わせるが、しかし、この亀裂は垂直及び開口成分が大きいこと、急崖の頂部にだけ認められること、北西部では別の石垣が大きく右横ずれしており、この左横ずれ変位は局所的であること、などから考えて、これは急崖に小規模な地送りが生じたため、断層変位規準とした石垣が最大傾斜方向へ移動し、このため見かけ上左横ずれが生じたものと考えられる。

Loc. 48. 断層は再びN20°W方向に直線的に延びる亀裂として現われ、低断層崖を示す。一部には地送りによって影響されているのか、平行な数本の亀裂が生じた所もある。ここではN65°Eの石垣が右横ずれ最大90 cmの変位(shift)を受けた。また、垂直変位は南西隆起20~35 cmを示した。この付近が亀裂帯9の最大変位量を示す地点である。

Loc. 49. 大峰山東麓に幅の狭い直線的な亀裂帯として続いている。石垣の変位量は右横ずれ75 cm(shift)南西隆起15 cmである。断層は更に道路南側の山田重吉氏所有のミカン収納小屋の背後を通過する。ここではミカン畑内の小さな道(周囲に石垣を組んである)が右横ずれ状に屈曲していた。当初これは断層変位と思われたが、山田氏の話では地震前より道は曲がっていたとのことである。実際の断層はやや幅の広い亀裂帯となって、このやや北側を通過したらしい。

Loc. 50. 大峰山東麓に沿う道路を亀裂帯が横断し右横ずれ変位を与えている(Plate 10-1)。この路盤は幅2 m長さ約3 mのコンクリート板を並べたものだが、これが断層の通過により第16図のように右横ずれ変位した。また、道の方向が右横ずれに対して伸長方向にあっていたため、路盤の継ぎ目は合計約60 cmほど拡大した。変位した路盤はそれぞれ時計まわりの回転を受けたため、継ぎ目の部分は見か

け上左横ずれが生じている。同様、時計まわりの回転変位に伴う見かけの左横ずれは、この道路脇にある排水溝のU字管の継ぎ目でも認められた。

簡易測量で作成した第16図から路盤の offset 量40 cm が求められ、これより shift 量95 cm が計算された。登り坂のため、垂直変位量は求められなかった。

Loc. 51. 前述の道路の東側にある山田登氏所有のミカン畑では断層がN20°W方向に通過し、石垣の右横ずれと地表での亀裂が認められた。この石垣は1 m以上の幅で変形、破壊し、右横ずれに66cm shift した (Plate 10-2)。

Loc. 52. 亀裂帯は道路の東側のミカン畑の中をN20°W方向に続くが、この付近で走向を急に西寄りに変えN60°-70°W方向となる。そして、N20°Wの方向の石垣と茶の木の列と交差して、これに右横ずれ約40 cm (shift)、南西隆起12 cm の変位を与え、大峰山の東斜面に向かって進む。

Loc. 53. 大峰山の稜線上の送電線鉄塔へ向う道との分岐点付近を断層がN60°-N70°W走向で通過した。ここでは道路のコンクリートに亀裂が生じた他に道路の方向に対して断層がほぼ左まわり²⁾に斜交していたため右横ずれによりコンクリート路盤に短縮が生じた。路面の東半分では南側路盤が北側の上に、西半分では北側が南側の上に、たがいちがいそれぞれ55~60 cm 乗り上げた (Plate 10-3)。

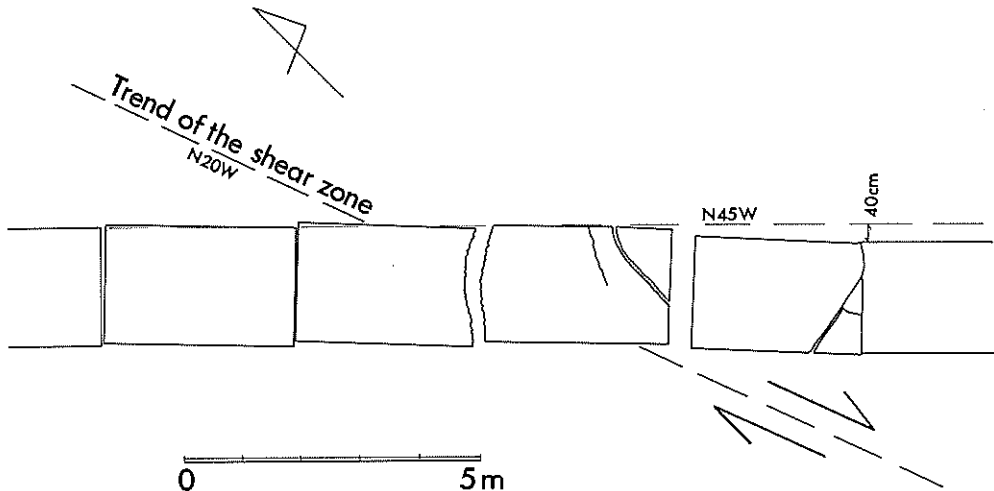
ここでは道路の側面がN60°Wの亀裂により30 cm 程の offset し、これから求めた変位量は約38 cm (slip)であった。これは Loc. 52の値よりはかなり小さいが、slip なので shift 量は更に大きくなると思われる。

このあと断層は送電線鉄塔への道にN20°WとN10°Eの亀裂を生じさせながら大峰山斜面に入った。断層の通過した道路脇の切土した崖では小規模な崩壊が生じた。この亀裂は更に大峰山斜面に延びるが未調査である。また、この付近では断層とは別に大峰山斜面中腹に長い亀裂が生じ、一部では表層崩壊も生じた (Plate 10-4)。これは、表層風化物やスコリアに覆われた急傾斜で不安定な斜面に地震の振動のために表層崩壊やその頭部の亀裂が生じたものである。

(3) 北部地域

大峰山東麓では断層の北端部で亀裂帯の配列が「ミ」の字形になり、また、一部には左横ずれ変位成分を持つ亀裂帯も現われた。この地域をそれより南と区別して北部地域と呼ぶ。

(1) 亀裂帯10 亀裂帯10は稲取・大峰山断層の最北端の亀裂帯である。Loc. 54に現われた亀裂は Loc. 55



第16図 大峰山東麓の Loc. 50 で、断層運動により変位した道路のコンクリート路盤
 Fig. 16. Deformed concrete slabs on the road by right-lateral faulting at Loc. 50 in the eastern foot of Mt. Omineyama.

2) 道路と断層とがなす角のうち、鋭角の方が道路からみて、反時計回りにあるような交差のしかたをいう。

から始まる亀裂帯とは離れすぎており別の亀裂帯らしい。しかし、Loc. 54からの亀裂帯とともに「ミ」の字型の雁行配列を形成するのでここでは便宜上亀裂帯10に含める。

Loc. 54. Loc. 53の北方100mの地点で林道に亀裂帯があらわれる。亀裂はN60°W方向に走り、道路面では16 cmの右横ずれoffsetが認められた。この亀裂帯は大峰山斜面に入るが、数十m連続して消失した。

Loc. 55. Loc. 54の200m北西で更に別の亀裂帯が林道を横断する。ここでは幅3 mのコンクリート舗装道路に亀裂が入り路盤は大破した。静大災害地質調査班（1978）によればこの地点で路盤に50 cmの短縮が生じたとのことである。

Loc. 56. Loc. 54から斜面に入った断層はN40°~50°Wに進み、ヒノキの植林地を通過、その西側の農道に現われた。ここではN30°W方向の亀裂が右横ずれ雁行配列を示し、各々の亀裂の末端にpressure-ridgeがあらわれた。道路の西側にある側溝は短縮し、U字管は破壊した。ここでは路上のわだちの跡が亀裂帯により約10 cm右横ずれにoffsetした。shift量は約20 cmであった。

Loc. 57. この亀裂帯は更に北西にのび、別の農道を横切った。ここでは長さ10m走向N30°Wの亀裂によりN10°E方向に延びた側溝が70 cm程右横ずれ変位(slip)した。この亀裂では25 cmの開口成分が認められた。垂直成分は南西隆起が認められたが、坂道のため測定できなかった。

(ii) 亀裂帯11 亀裂帯11は亀裂帯9の東側50~100m程の稲取泥流から成る尾根の上を亀裂帯9とやや斜交して北西、南東方向にのびる。延長約250mである。

断層変位は北東隆起の垂直変位成分が卓越し、若干の左横ずれ変位成分が認められた。これからこの亀裂帯を右横ずれ変位の卓越する稲取・大峰山断層に含めることには問題があるかも知れない。しかし、この亀裂帯は尾根の上に現われ、地送りや斜面崩壊の滑落崖とは考えにくいこと、稲取・大峰山断層に至近の距離にあり、その活動と関連していることが十分予想されることなどから稲取・大峰山断層（の副断層）に含めることにした。

Loc. 58. 尾根の最高点よりやや西へ下ったミカン畑中にN40°Wの亀裂が生じた。これを西方へ追うとN55°Wの亀裂があらわれその通過点では石垣が破壊していた。北東側隆起の垂直変位量が数cm認められたが水平変位は認められなかった。

Loc. 59. N50°W方向の亀裂が左横ずれ雁行を示してN40°W方向の亀裂帯を形成していた。垂直変位（北東隆起）だけが顕著であった。亀裂の長さも2~3 mで西方に向うと雁行配列は不明瞭となった。

Loc. 60. 亀裂帯はN70°Wを示して西方に向い畑地に入った。10~15 cmの垂直変位が認められ、また野菜畑のうねにかすかな左横ずれ変位が認められた(Plate 11-1)。この部分では断層の走向は再び北へ転じN35°-40°Wを示した。

Loc. 61. 垂直変位はこの部分で最も顕著となり、15~20 cmの北西隆起を示し長さ10m以上の低断層崖が生じた。しかし横ずれ変位は全く認められなかった(Plate 11-2)。

4.2 根木の田断層

稲取周辺地域で活構造に関連しそうな地形を空中写真で判読すると、伊豆急稲取駅付近から谷や鞍部の連続としてE-W~WNW-ESE方向に延びるリニアメントがある。これに沿っては明瞭な断層変位地形はないが、リニアメント上の河津町根木ノ田では、リニアメントより上流で谷幅が急に広がるなどの異常な地形や河川争奪の跡らしき地形が認められる。

この根木ノ田集落では地震の際小規模な断層変位が生じた。以下これについて記載する。

Loc. 62. 根木ノ田集落の南端、山本実蔵氏宅では母屋の下を断層が通過した。台所や風呂場のコンクリートに亀裂が入り、これに右横ずれ変位が認められた。同家の東側には駐車場を作るため風化した泥流堆積物を切り取った小屋があったが、ここを断層（走向N40°W）が通過し、8~10 cmの右横ずれ変位が現われた(Plate 11-3)。

Loc. 63. 断層は山本氏宅西側の道路と水路に小さな亀裂を生じさせた。しかし、その西側の水田では亀裂は全く生じなかった。

水田西側の斜面上に位置する飯田七三郎氏宅では庭の東端の物置が大破していた。ここは前記の断層線の延長部にあたる。更にその西方斜面上にある飯田十二氏宅では東端で崖崩れが生じ、東西方向に細長く建っていた母家はN-S方向の亀裂のため南側が口を開き「く」の字形に屈曲した。

このように根木ノ田断層の西半部は明瞭な亀裂帯は現われなかったが崖崩れなどが線状に配列することから識別できた。

一部を除いて、根木ノ田断層で明瞭な変位が認められないのは、断層の変位量が極めて少なかったため地表までその変位が現われなかったためであろう。

4.3 その他の亀裂群

1月14日の地震の際、稲取付近には上記2つの地震断層の他に、さまざまな亀裂群が生じた。このうち特に顕著であり、その解釈にいろいろな意見のあるものをここにまとめておく。

(1) 浅間山南及び南東斜面の亀裂の記載

稲取北方4 kmにある浅間山は大峰山と同様天城火山の初期安山岩で構成される山塊である。この山の南西向き斜面は急傾斜であり、かつ谷が開析していない新鮮な斜面地形を示す。

この斜面にNW-SE方向にのびるいくつかの亀裂が生じた。当初これは浅間山断層と名付けられたが、その後調査がすすみ、この亀裂に対する評価・見解がいくつかに分れている。この諸見解の概略については既述した(3.4.参照)ので省略し、ここでは亀裂の記載だけを行う。第17図には、この亀裂群の位置を1/5000地形図に示した。

Loc. 64. 浅間山山塊の南端、黒根付近では、南方へ口を開いた舟底状の地形が見られる。このような凹型の地形は大峰山の急斜面とその西に接する碎屑丘によって作られたものである。この急斜面の西部はかなり上部までミカン畑となっているが、その最上部で南西落ち落差20~30 cm 開口成分20 cm 以上の亀裂が長さ10 m以上にわたって生じた。このためミカン畑の石垣の一部が崩壊した。ここでは、その斜面上方で崩落が起こり土石流が発生したが、それは雑木林内で止まりミカン畑に被害は及ばなかった。

Loc. 65. 前述のミカン畑の上方へ通じる林道(現在は廃道)にN50°W方向の亀裂が入り、道路は左ずれに変位した。垂直変位は北東側隆起である。ここでは道の脇に露頭があり亀裂の切り面は、粗粒未風化な scoria が浅間山の安山岩を覆う不整合面(古い斜面)と一致していることが観察された。

Loc. 66. 全電通労働学校へ向う道路(N80°E方向)ではN45°Wの亀裂が道路を横断、約40 cmの左横ずれ(道路の側面の変位)と北東側30 cmの隆起が見られた(Plate 11-4)。この亀裂も開口成分が大きく30 cm以上ある。亀裂は雁行配列しながらその北西の斜面に追えるが数10 mで消えてしまう。なお、Loc. 65, 66の南西にある谷では比較的大きな崩壊が生じ、その頂部にあたる Loc. 66付近にはE-W方向の亀裂が生じた。

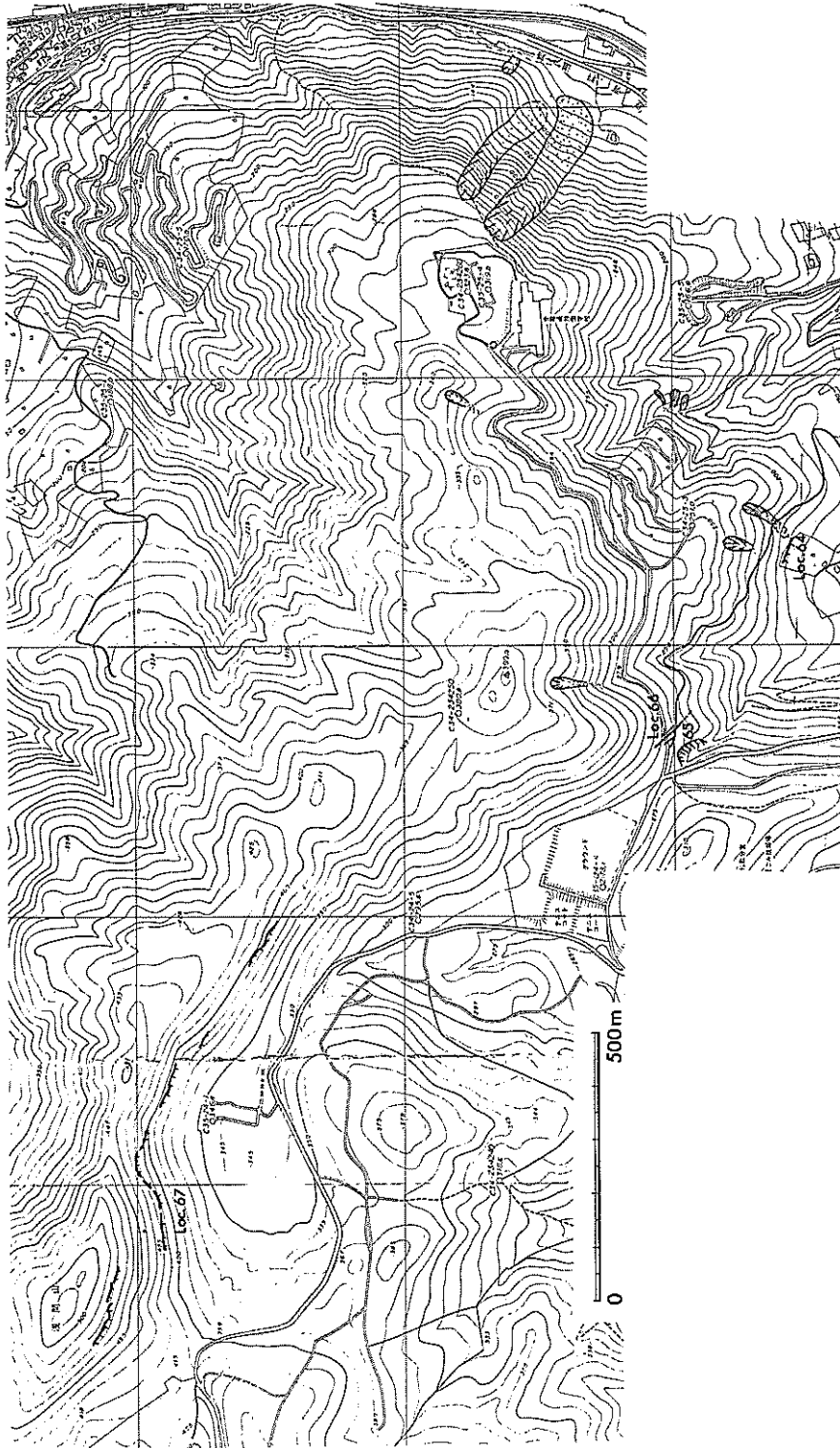
Loc. 67. 浅間山南西向き斜面の中腹では延長1 kmにわたって亀裂が生じた(Plate 12-1, 2)。しかし、この亀裂は一本の亀裂や雁行配列する亀裂ではない。第17図に示されるように、亀裂は浅間山の下では標高470 m付近に生じるが、その南西の尾根では410~420 mと50 mも高度が急変する。亀裂は斜面の傾斜方向である南西側が落ち、開口成分は不明瞭である。村井ほか(1978)によれば、この亀裂の変位ベクトルの方向は最大傾斜方向であるS又はSWを示すとの由である。

(2) 稲取ゴルフ場西端に生じた亀裂

Loc. 68. 天城山へ向う林道が稲取ゴルフ場の西端を走る付近で、道路の西側の草地内にN10°W走向の開口成分の卓越した長さ15 mほどの亀裂が生じた(Plate 12-3)。これは今回の地震で生じたことは明らかだが変位量等は求められなかった。

(3) 大池付近の亀裂

Loc. 69. 河津町北方に位置する天城火山の寄生火山、大池火口付近に亀裂が現われた。この亀裂は火口をとりまく尾根に現われたもので走向はN5°W、長さ8 m、右横ずれ性の雁行配列を示し、亀裂は30 cm以上の開口を示していた。水平変位成分は不明瞭だが垂直成分は南西側15 cmの隆起が認められた。この亀裂は南側の火山斜面に数十~百数十m連続し消滅する。斜面上では開口成分が大きく地入り



第17図 浅間山周辺地域の亀裂群の詳細位置図

Fig. 17. Detailed map of cracks in Mt. Sengen area. Locality numbers correspond to those in Table 3.

性の亀裂の可能性もある。

大池火口内では地震時に表層の崩壊が大規模に発生し、火口内に土石流が発生した。この土石流は、かなりの速度で流下したらしく対岸の火口壁の斜面にまでのり上げた (Plate 12-4, 5)。

謝 辞

野外調査の際には地震直後の多忙の中多くの方々および各機関から御協力をいただいた。とくに東伊豆町役場の方々には地形図を提供していただくなど数多くの便宜をはかっていただいた。また、東大地震研究所の松田時彦氏、中村一明氏、国土地理院の羽田野誠一氏、国立防災科学技術センターの大八木規夫氏、清水文健氏、都立大学の松田鶴余氏、田村俊和氏、地質調査所の垣見俊弘課長、倉沢一氏からは数多くの御教示を得た。また、本論に掲載した写真は地質調査所正井義郎氏撮映の写真を多数利用させていただいた。これらの方々には厚く御礼申し上げる。

文 献

- 荒牧重雄・葉室和親(1977) 東伊豆単成火山群の地質—1975-1977中伊豆の異常地殻活動に関連して—。地震研彙報, vol. 52, p. 235-278.
- BROWN, R. D., Jr., WARD, P. L. and PLAFKER, G. (1973) Geologic and seismologic aspects of the Managua, Nicaragua, earthquakes of December 23, 1972. *U.S.G.S. Professional paper*, no. 838, 34p.
- 笠原芳雄(1964) 稲取泥流の年代—日本の第四紀層の¹⁴C年代XV—。地球科学, no. 75, 表紙(Ⅲ).
- 垣見俊弘・衣笠善博・鈴木尉元・小玉喜三郎・三梨 昂(1977) 1974年伊豆半島沖地震に関する地質学的研究。地質調査所特別報告, no. 6, p. 1~52.
- 衣笠善博(1976) 1976年伊豆半島沖地震と石廊崎地震断層。地質学論集, no. 12, p. 139-149.
- 倉沢 一(1959) 伊豆・天城火山群の岩石学および化学的性質。地球科学, no. 44, p. 1-18.
- (1972) 伊豆半島の火山・火山岩。伊豆半島, 東海大学出版会, 東京, p. 155-184.
- ・加藤碩一(1979) 東伊豆・稲取地区の地震断層周辺の地質。地質調査所特別報告, no. 7, p. 4-6
- 小林芳正(1978) 伊豆大島近海地震による東伊豆町稲取の断層による地盤破壊。1978年地震学会講演予稿集, no. 1, p. 26.
- 小出 仁・山崎晴雄・佃 栄吉・正井義郎(1978) 1978年伊豆大島近海の地震調査速報。地質ニュース, no. 284, p. 1~13.
- 松田時彦・山科健一郎(1974) 1974年伊豆半島沖地震の地震断層。地震研速報, no. 14, p. 135-158.
- (1976) 活断層と地震—その地質学的研究。地質学論集, no. 12, p. 15-32.
- 宮沢芳紀・伊藤吉助(1979) 稲取大峰山地震断層南東部(稲取地震断層)の余効的変動の測定。地質調査所特別報告, no. 7, p. 57-63.
- 中野尊正・望月利男・国井隆弘・松田鶴余・田村俊和・宮野道雄・福井留男・和田 諭・茂呂英雄・石井久克・荻本孝久・丸田英明(1978) 伊豆大島近海地震における断層, 加速度および各種被害の分布について。昭和52年度文部省科研費自然災害科学特別研究(1)「1978年伊豆大島近海の地震による災害の総合的調査研究報告」, p. 61-66.
- 小野晃司・角 清愛(1959) 5万分の1地質図幅「稲取」および同説明書。地質調査所, 23 p.
- 小野田耕治・楠山豊治・吉川恵也(1978) 伊豆大島近海地震による鉄道トンネルの被害トンネルと地下(投稿中)。
- 佐藤 裕・石井晴雄・井内 登(1978) 地殻変動から見た伊豆大島近海地震。1978年地震学会講演予

「1978年伊豆大島近海地震」の際現われた地震断層（山崎・小出・佃）

稿集, no. 1, p. 17.

静岡大学災害地質調査班(1978) 1978年伊豆大島近海の地震に伴う震害の地質学的考察. 静大地球科学研報, no. 3, p. 45-64.

津村建四郎・唐鎌郁夫・萩野 泉・高橋正義・神定健二・中村 功(1978) 1978年伊豆大島近海地震の前震・余震活動. 1978年地震学会講演予稿集, no. 1, p. 50.

恒石幸正・伊藤谷生・狩野謙一(1978) 1978年伊豆大島近海地震にともなう地震断層. 1978年地震学会講演予稿集, no. 1, p. 24.

梅田康弘・村上寛史(1978) 伊豆大島近海地震による伊豆半島内の地変線及び最大余震による被害地域. 1978年地震学会講演予稿集, no. 1, p. 22

Surface Faults associated with the Izu-Oshima-Kinkai Earthquake of 1978, Japan

Haruo YAMAZAKI, Hitoshi KOIDE and Eikichi TSUKUDA

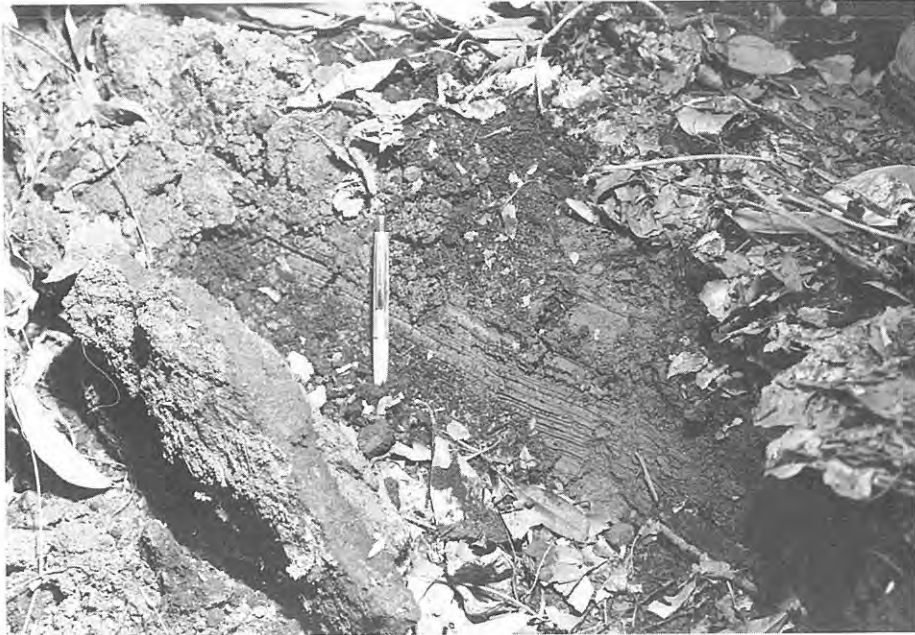
Abstract

Beneath the sea floor between the Izu Peninsula and Izu-Oshima Island in Japan, an earthquake with a magnitude of 7.0 ("Izu-Oshima-Kinkai Earthquake") occurred at 12.24, January 14, 1978. In the Izu Peninsula, Shizuoka Prefecture, the earthquake caused 27 deaths, 197 wounded and severe damage on houses, water pipes, roads, railways, etc. Surface tectonic fractures formed at the Inatori section of Higashi-Izu Machi on the east coast of the Izu Peninsula.

The authors mapped surface fractures and measured the movement of faults at as many points as possible. Most of surface tectonic fractures were observed discontinuously in a 4 km long zone of north-west trend ("Inatori-Omineyama earthquake fault") which extend from the Inatori coast through the western part of the town to the east foot of Mt. Omineyama. Small en echelon fractures (3-5 m long) forms fissure zones which were some 100 m long and several meters wide. The Inatori-Omineyama earthquake fault is formed by an en echelon arrangement of 11 fissure zones. Thus, surface tectonic fractures show double en echelon arrangements.

The orientation of en echelon fractures, the separation of recognizable points on the fracture walls, and the mounds consistently indicate right-lateral strike slip with slight upthrow of the south-west side. The precise amount of slip along fractures were measured based on offset stone walls and other man-made structures. The measured amounts of slip shows the maximum on the central part of each fissure zone and less on the both ends. The maximum measured displacement is the right-lateral slip of 1.2 m and 40 cm upthrow of the south west-side at the foot of Mt. Omineyama. The maximum measured slip on each fissure zone shows a tendency to decrease south-eastward toward the Inatori coast, although the epicenter located farther eastward of the coast.

(受付: 1978年10月12日; 受理: 1978年12月11日)



1. Loc. 28 で観察された断層運動を示す条線
Striations indicating the fault movement at Loc. 28. View towards northeast.



2. Loc. 2 のテニスコートに生じた亀裂
Cracks on the tennis court at Loc. 2.



3. せん断亀裂のために変位したコンクリート・ブロックの塀 (Loc. 5)
Offset of the concrete block masonry fence by the shear fracture at Loc. 5.



1. 断層運動のために破壊された稲取中学校校舎 (Loc. 10)
The Inatori Junior High School deformed by faulting at Loc. 10.



2. 民家の土台の右横ずれ変位 (Loc. 13)
Right-lateral offset of the foundation of the house at Loc. 13.



3. Plate 2-2 と同一地点。民家の外側より見る
Same as Plate 2-2. Outside of the house.



4. 断層運動のため右横ずれ変位した国道135号線稲取付近のセンター・ライン (Loc. 14)
Right-lateral offset of the center line and side line of the route 135. (Loc. 14).



1. 稲取中学校校庭 (Loc. 15) にあらわれた亀裂帯. この亀裂帯は雁行状に配列した多数の亀裂によって構成されている

Fracture zone on the ground of the Inatori Junior High School at Loc. 15. The fracture zone was composed of en echelon cracks.



2. 地震前から校庭に引かれていた白線の食い違い (Loc. 15)

Offset of the white line on the ground at Loc. 15.



3. 断層運動によってせん断し, 変位したブロック塀 (Loc. 16)

Concrete block wall sheared and displaced by faulting at Loc. 16.



4. 農家の庭に生じた pressure-ridge (Loc. 19)

Pressure-ridge in the garden of the farm house at Loc. 19.



1. 断層が通過したため破壊した民家の土台 (Loc. 20)
Damaged foundation of the house at Loc. 20.



2. 重なり合ったコンクリート路盤 (Loc. 20). 断層は画面の左側から右側へ通過する
Overlapped concrete slab at Loc. 21. Fault trace runs from the left side to the right side of the picture.



3. 断層運動で変形した石積みの塀 (Loc. 21)
Deformed stone wall at Loc 21.



4. 地震のため破壊された愛宕神社の鳥居 (Loc. 23)
Damaged torii of the shrine at Loc. 23.



5. 小さな右横ずれ変位を示す愛宕神社の石段
Slightly right-lateral displacement of staircase by faulting at Loc. 23.



1. 断層の右横ずれ変位に伴う圧縮によって生じたコンクリート路盤の pressure-ridge. 断層は画面右手前より左手奥へ通過する (Loc. 26)

Pressure-ridge of the concrete slab of the pavement at Loc. 26.



2. 道路脇の石垣に認められた右横ずれ変位 (Loc. 26)

Right-laterally offset road at Loc. 26.



3. ミカン園内の石垣に生じた右横ずれ断層変位とその変位量測定作業 (Loc. 27)

Right-lateral offset of the stone wall in the orchard at Loc. 27. Showing the measurement of the offset of the stone wall.



5. Loc. 28 で民家の土台を破壊した亀裂

Surface fractures and damaged foundation of the house at Loc. 28.



4. Plate 5-3 と同様、石垣の右横ずれとその変位量測定作業 (Loc. 27)
Same as Plate 5-3



1. Loc. 28 で農家の庭に出現した pressure-ridge
Pressure-ridge in the garden at Loc. 28.



2. 断層運動で移動した納屋の土台. この土台は, 元は人物の足元にある板の所に位置していた. 断層は画面の一番下を左上から右下に通過している (Loc. 28)
Deformed foundation of the barn at Loc. 28.



3. 断層の垂直変位量を測定しているところ (Loc. 28)
Measurement of the vertical displacement of the fracture at Loc. 28.



4. 土台の移動から求められる断層の変位量と運動のようす. ペンの立ててある面に, 土台の移動した跡を示す条線が記されている (Loc. 28)
Measurement of the horizontal slip along the fracture at Loc. 28.



1. 稲取泥流堆積物の露頭 (Loc. 30)
Outcrop of the Inatori Mudflow Deposit
at Loc. 30.



2. 林道を横断する亀裂 (Loc. 33)
Surface fractures on the road at Loc. 33.



3. 断層運動のため変形したビニールハウスの側面。人物の足元には、雁行状に配列した小亀裂群が見える (Loc. 37).
Deformed wall of the greenhouse at Loc 37.



4. ビニールハウスと交差する雁行亀裂帯 (Loc. 37)
En echelon fractures at Loc. 37.



1. 断層運動のために変形したビニールハウスと石垣 (Loc. 40)
Deformed greenhouse at Loc. 40.



2. ほぼ平行する2本の亀裂帯のため、一連の石垣が2カ所で変位している (Loc. 41)
Two fractures splitted the stone wall at Loc. 41.



3. 畑を断層が横断，ダイコンのうねの列が右横ずれ変位した (Loc. 41)
Right-lateral offset in the field at Loc. 41.



4. 谷壁に生じた亀裂 (Loc. 43).
断層は画面の中央部を遠方より手前の方に延びている
Cracks on the side of the valley at Loc. 43.



1. ミカン収納小屋 (Loc. 44) の前にあらわれた地震断層
Surface fractures at Loc. 44.



2. ミカン園の中を延々と続く断層 (Loc. 46)
En echelon fractures in the orchard at Loc. 46.



3. Plate 9-2 と同様、ミカン園内にあらわれた断層。石垣の破壊は断層の通過点だけに限られることに注意
Same as Plate 9-2



4. 断層亀裂帯が通過したため変位し破壊した石垣。写真は変位量を測定しているところ (Loc. 46)
Measurement of the offset of the fracture zone at Loc. 46.



1. 断層運動によって右横ずれしたコンクリート路盤 (Loc. 50)

Damaged concrete road at Loc. 50.



2. ミカン園内の石垣の右横ずれ変位 (Loc. 51). 断層通過地点の石垣は大破

Deformed stone wall by the right-lateral movement at Loc. 51.



3. 断層の右横ずれ変位に伴う圧縮で破壊されたコンクリート路盤. 断層は画面上半部を右下より左上に通過 (Loc. 53)

Concrete road deformed by compression at Loc. 53.



4. 大峰山東斜面に生じた亀裂と斜面崩壊

Fractures and the avalanche on the eastern slope of Mt. Omineyama.



1. 畑地内にかすかに認められる左横ずれ変位 (Loc. 60)
Slightly left-lateral offset in the field at Loc. 60.



2. 畑地を切る低断層崖 (Loc. 61)
Fault scarplet in the orchard at Loc. 61.



3. 根木ノ田における地震断層の露頭 (Loc. 62)
Exposed fault at Loc. 62. (Neginota)



4. 浅間山南斜面に生じた亀裂とそのため引き起こされた道路の左ずれ変位 (Loc. 66)
Left-lateral offset of the road at Loc. 66.



1. 浅間山南西斜面の遠望. 亀裂は画面の中央部を左から右に走っている
Cracks on the southern slope of Mt. Sengen yama.



2. 浅間山南西斜面に生じた亀裂 ↑
Detail of the same point as Plate 12-1.



3. 大峰山東麓の草地内にあらわれた亀裂 (Loc. 68) →
Cracks on the grassland at Loc. 68.



4. 地震のため大池の火口内に生じた泥流 (Loc. 69)
Avalanche in the crater of Oike Volcano at
Loc. 69.



5. Plate 12-4 と同じ地点. 泥流の先端は反対側
の火口壁にのり上げた
Same as Plate 12-4. The avalanche struck
the opposite side of the crater wall.

稲取・大峰山地震断層及び浅間山地震断層の余効的変動について

橋本 知昌*・川野 辰男*・井上 正文*・斉藤 英二*

1. はじめに

1978年1月14日に発生した伊豆大島近海地震は、伊豆半島の東伊豆町稲取地域で、地表に断層変位(稲取・大峰山断層, 浅間山断層, 根木の田断層)をともなった。これらの断層の成因については議論のあるところであるが(山崎ほか, 1979), ここでは地震時に地表に断層変位を生じたという意味で, すべて地震断層と称することにする。このうち稲取・大峰山地震断層(右ズレで北東側落ち)と浅間山地震断層(一部左ズレで南西側落ち)の余効的変位量を, 光波測距儀により地震発生2週間後の1月27日~2月1日, 2月10日~2月14日, 3月24日~3月28日の3回にわたって測定した。従来地質調査所では地震断層の余効的変位検出のためには, 一辺がわずか数mという局地的な菱形測線網により測定を実施してきた(宮沢・衣笠, 1977)が, 今回は, より巨視的に余効変動を把握することを目的として, 新たに一辺が数100mの規模で菱形測線網を設置して測定を行ったので, その概要を報告する。

測定にあたって, 東伊豆町役場には地形図の提供, 人夫の確保, 測定用地の借用などのほか色々便宜をはかっていただいた。また, 株式会社伊豆バイオパーク(代表者小沢進氏), 山田元八氏(東伊豆町)ならびに岡田荘一氏(三鷹市)には, 心よく測定用地の使用を許可していただいた。ここに改めて御礼申し上げる次第である。

なお, 環境地質部岩崎一雄技官には測定全般について種々助言をいただき, 技術部特殊技術課小川銀三, 竹内三郎両技官には測線の作製に協力していただいた。

2. 測定

2.1 測定区域

稲取・大峰山地震断層と浅間山地震断層の余効的変位量を測定するため, 入谷部落地区(以下A地区と呼ぶ)では稲取・大峰山地震断層をはさんで, 両側に2点づつ計4点(一辺が500m~850m), 浅間山地区(以下B地区と呼ぶ)でも浅間山地震断層をはさんで, 両側に2点づつ計4点(一辺が400m~500m)の菱形測線網を, それぞれ設置した(第1図)。

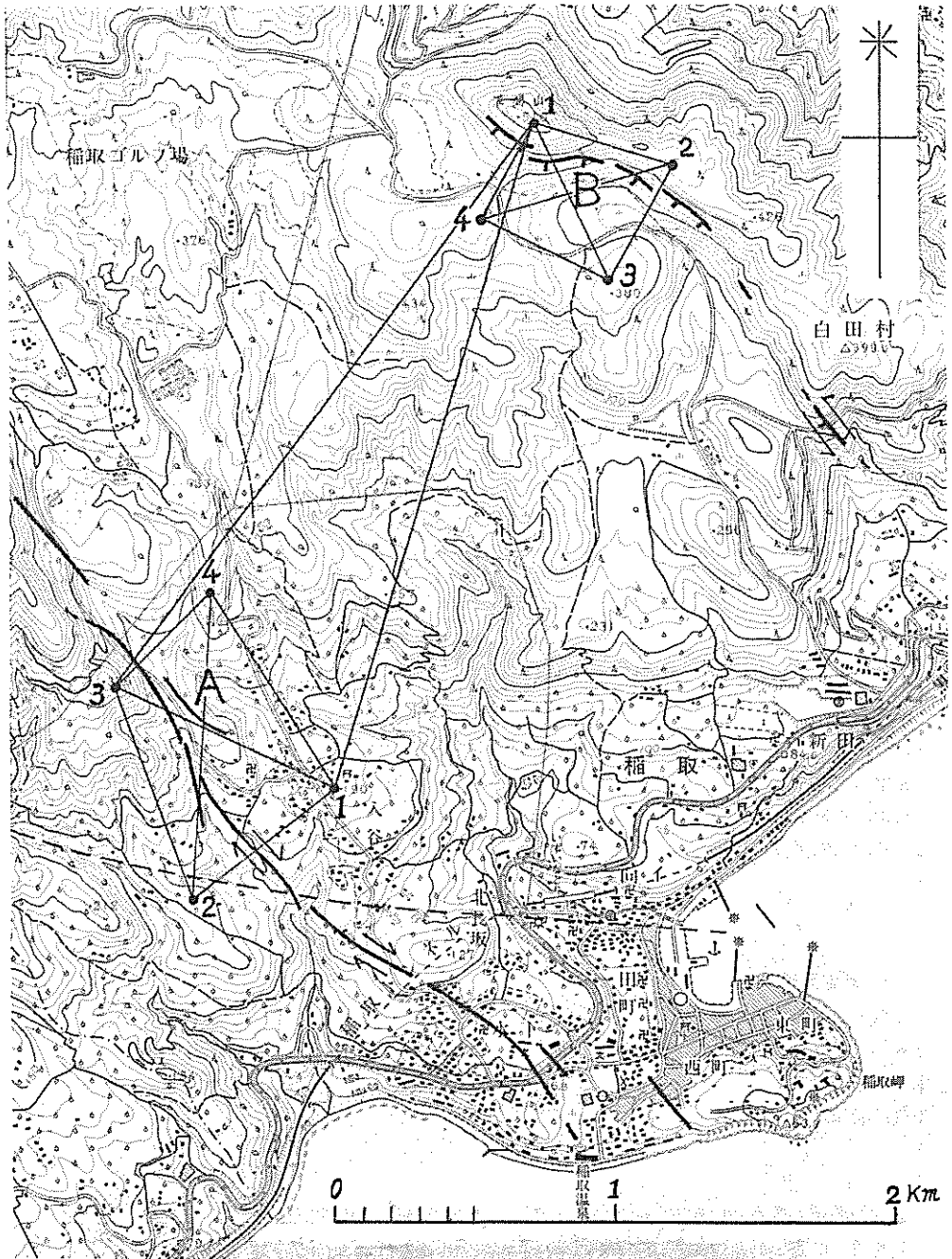
2.2 測点

菱形測線網の各点には径3.3cmの鉄パイプを直接地面に1.2m打ち込み, パイプには木栓をし測量用の釘を打ち測点とした。測点はいづれも約5cm地上に出しており, この測点を囲んで四方に約30cm間隔で4cm×4.5cm角の杭を打ち, 測定時以外は木蓋をして保護した。

2.3 測定機器および測定方法

距離測定には光波測距儀 CUBITAPE DM-60(最小読定値1mm)と三素子反射プリズムを使用し, A地区, B地区ともに各測点の相互距離(6辺)を往復して測定した(第2-a, b図)。一辺の測定値は

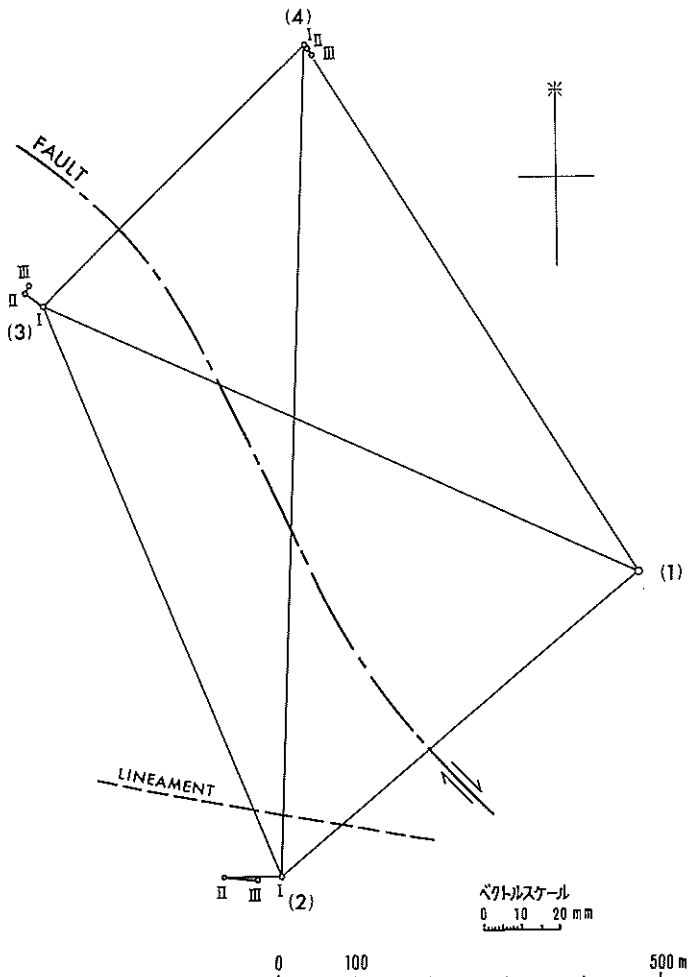
* 技術部



第1図 稲取付近における地震断層と菱形測線網の位置。(太実線は地震断層, 破線はリニアメント, 細実線は観測線)
 「この地図は、国土地理院発行の2万5千分の1地形図(稲取)を使用したものである」

すべて10回以上の観測を行って、その平均値を採用した。また、補正のための気圧と温度の測定とを併せて行った。

角測定には PENTAX TH-01 型セオドライト(1秒誌)を使用した。これらの測定にあたっては



第2-a 図 A地区菱形測線網および測点変位ベクトル図

高精度保持のため、三脚は地面を掘って据えつけ、安定をはかった。

2.4 基準方向角、座標、標高

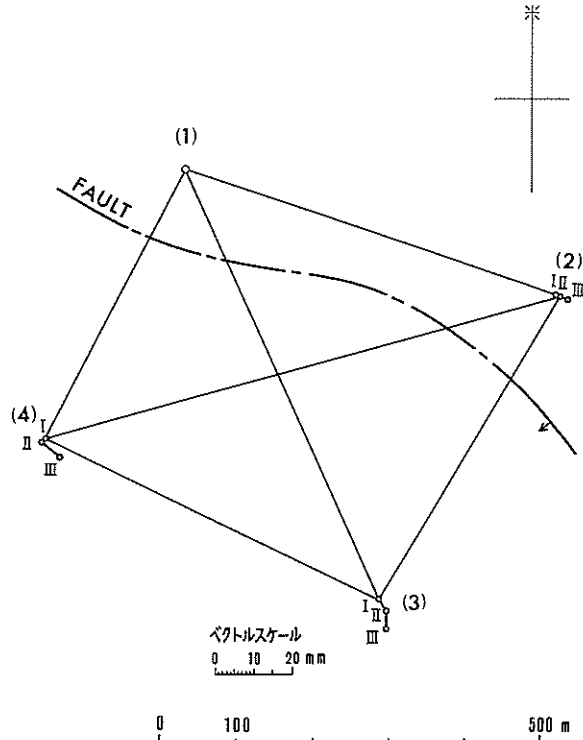
A地区(1)において、北極星による天文測量を行って基準方向角を算出し、A地区では(1)―(4)を、B地区では(1)―(2)を固定方向とした。また、A、B両地区を同一座標系とするために、A地区(1)、(3)とB地区(1)において内角の測定を行った。なお、標高はB地区において三角点白田村（標高398.95m）から間接測量により求め、これをA地区へも誘導した（第1図参照）。

3. 測定結果

測定データによる計算結果を、第1表、第2表、第3表、第4表および第2-a 図、第2-b 図に示した。

3.1 A地区

3回にわたる測定データにより三辺三角計算を行うと、角(1)~(4)の内角閉合差は、最も大きい場合で



第2-b 図 B地区菱形測線網および測点変位ベクトル図

+5.5秒（第1回目の角(3)）であり、最も小さい場合で-1.3秒であった（第1表）。

平均計算による辺長の変化は1回目を基に比較すると、2回目では(1)-(2)の+12 mm が最も大きく、(1)-(3)の+6 mm がこれに次いでいる。3回目では(1)-(2)、(1)-(3)、(2)-(3)がそれぞれ+5 mm で、(1)-(4)の-3 mm がこれに次いでおり、他は0~2 mm と変化は少なかった（第2表）。なお、辺長における測定値と平均計算値との差は、最大で±3 mm であった。

三辺三角平均計算を行い、(1)を仮不動点として各点の座標値およびその変化を示したものが第3表および第2-a図で、1回目から3回目までの(2)、(3)、(4)各点の累積水平変化は、それぞれ6 mm、7 mm、3 mm であった。

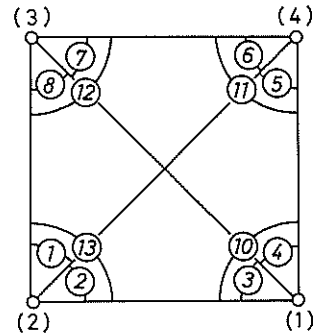
垂直変化は(1)を仮不動点として、2回目の測定では(2)、(3)で-1 cm の変化を示したが、3回目の測定で結果的には(3)が-1 cm の変化を示したにとどまった（第4表）。

3.2 B 地区

この地区はA地区に比べて観測条件が良く、三辺三角計算による角(1)~(4)の内角閉合差は、最も大きいところで+3.3秒、最も小さいところでわずか-0.2秒であった（第1表）。

平均計算による辺長の変化は、A地区同様1回目を基に比較すると、2回目では(1)-(3)、(3)-(4)が共に+4 mm であり、他はほとんど変化を示していない。3回目では(1)-(3)が+8 mm で最も大きく、(2)-(3)が+6 mm とこれに次いでいる。他は0~±2 mm で変化は少なかった（第2表）。なお、B地区では辺長における測定値と平均計算値との差は最大でも±1 mm であった。

A地区と同様に三辺三角平均計算を行い、(1)を仮不動点として各点の座標値およびその変化を示したものが第3表および第2-b 図で、1回目から3回目までの(2)、(3)、(4)各点の累積水平変化は、それぞれ2 mm、8 mm、6 mm である。



第1表 測線網の角閉合差と内角変化表 (2)

地区名	測点番号 夾角番号	I			II			III		
		閉合差	平均	夾角	閉合差	平均	夾角	閉合差	平均	夾角
A 地区	(1) ③	+4.0	65	13' 03.8	+4.0	65	13' 00.9	-1.3	65	13' 03.6
	④		33	38 16.7		33	38 16.3		33	38 15.7
	⑩		98	51 20.5		98	51 17.2		98	51 19.3
	(2) ①	+4.3	24	00 58.1	+4.2	24	00 58.2	-1.4	24	00 58.2
	②		47	30 12.7		47	30 13.0		47	30 12.3
	⑬		71	31 10.8		71	31 11.2		71	31 10.5
	(3) ⑦	+5.5	69	29 23.4	+5.4	69	29 20.8	-1.8	69	29 20.4
	⑧		43	15 45.4		43	15 47.9		43	15 45.9
	⑫		112	45 08.8		112	45 08.7		112	45 06.3
	(4) ⑤	+5.3	33	38 26.8	+5.2	33	38 29.8	-1.7	33	38 28.4
	⑥		43	13 53.1		43	13 53.1		43	13 55.5
	⑪		76	52 19.9		76	52 22.9		76	52 23.9
B 地区	(1) ③	+1.2	47	09 02.2	+3.2	47	09 02.0	-0.9	47	09 02.9
	④		51	40 26.0		51	40 26.8		51	40 22.4
	⑩		98	49 28.2		98	49 28.8		98	49 25.3
	(2) ①	+1.0	43	39 14.0	+2.7	43	39 15.8	-0.8	43	39 13.9
	②		34	17 28.0		34	17 27.9		34	17 29.1
	⑬		77	56 42.0		77	56 43.7		77	56 43.0
	(3) ⑦	+1.1	40	11 39.4	+2.9	40	11 38.5	-0.2	40	11 38.1
	⑧		54	54 15.8		54	54 14.3		54	54 14.2
	⑫		95	05 55.2		95	05 52.8		95	05 52.3
	(4) ⑤	+1.3	46	53 03.8	+3.3	46	53 03.2	-1.0	46	53 05.6
	⑥		41	14 50.8		41	14 51.4		41	14 53.8
	⑪		88	07 54.6		88	07 54.6		88	07 59.4

垂直変化は(1)を仮不動点として、2回目に(3)、(4)が-1cmとなったが、3回目の測定で結果的には(2)が+1cmの変化を示したにとどまった(第4表)。

4. ま と め

稲取・大峰山地震断層および浅間山地震断層の地震後の余効的変位を求めるために、入谷部落(A地区)と浅間山(B地区)に一辺が400m~850mの菱形測線網を設置し、地震発生から2週間後の1月27日から3月28日の間に光波測距儀 CUBITAPE DM-60 を用いて3回にわたる距離測定を行った。その

地質調査所特別報告 第7号

第2表 測線網の辺長および辺長変化表

	I	II	III	II-I	III-II	III-I
A 地区	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
(1)-(2)	619.862	619.874	619.867	+0.012	-0.007	+0.005
(1)-(3)	857.814	857.820	857.819	+0.006	-0.001	+0.005
(1)-(4)	824.998	824.997	824.995	-0.001	-0.002	-0.003
(2)-(3)	821.161	821.161	821.166	0.000	+0.005	+0.005
(2)-(4)	1105.578	1105.578	1105.576	0.000	-0.002	-0.002
(3)-(4)	487.932	487.932	487.930	0.000	-0.002	-0.002
B 地区						
(1)-(2)	521.787	521.786	521.789	-0.001	+0.003	+0.002
(1)-(3)	623.666	623.670	623.674	+0.004	+0.004	+0.008
(1)-(4)	402.717	402.717	402.718	0.000	+0.001	+0.001
(2)-(3)	467.548	467.549	467.554	+0.001	+0.005	+0.006
(2)-(4)	706.338	706.339	706.338	+0.001	-0.001	0.000
(3)-(4)	489.523	489.527	489.521	+0.004	-0.006	-0.002

第3表 測点の座標値および変位表

	I		II		III		備 考
	X	Y	X	Y	X	Y	
A 地区	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	仮不動点
(1)	1000.000	1000.000	1000.000	1000.000	1000.000	1000.000	
(2)	598.193	528.004	598.193	527.989	598.192	527.998	
(3)	1359.950	221.360	1359.954	221.355	1359.956	221.356	
(4)	1703.036	568.303	1703.035	568.304	1703.033	568.305	
B 地区							仮不動点
(1)	3374.287	1724.860	3374.287	1724.860	3374.287	1724.860	
(2)	3207.781	2219.367	3207.781	2219.366	3207.780	2219.369	
(3)	2805.609	1980.916	2805.606	1980.918	2805.602	1980.918	
(4)	3016.858	1539.321	3016.857	1539.320	3016.853	1539.325	
	II-I		III-II		III-I		備 考
	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	
A 地区	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	仮不動点
(1)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
(2)	0.000	-0.015	-0.001	+0.009	-0.001	-0.006	
(3)	+0.004	-0.005	+0.002	+0.001	+0.006	-0.004	
(4)	-0.001	+0.001	-0.002	+0.001	-0.003	+0.002	
B 地区							仮不動点
(1)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
(2)	0.000	-0.001	-0.001	+0.003	-0.001	+0.002	
(3)	-0.003	+0.002	-0.004	0.000	-0.007	+0.002	
(4)	-0.001	-0.001	-0.004	+0.005	-0.005	+0.004	

座標値は、A地区(1)を仮原点(X, Yともに1000.000)として起算。

第4表 測点の標高および垂直変化表

	I	II	III	II-I	III-II	III-I	備 考
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
A 地区							
(1)	187.25	187.25	187.25	0.00	0.00	0.00	仮不動点
(2)	161.08	161.07	161.08	-0.01	+0.01	0.00	
(3)	318.05	318.04	318.04	-0.01	0.00	-0.01	
(4)	283.54	283.54	283.54	0.00	0.00	0.00	
B 地区							
(1)	512.55	512.55	512.55	0.00	0.00	0.00	仮不動点
(2)	439.42	439.42	439.43	0.00	+0.01	+0.01	
(3)	379.45	379.44	379.45	-0.01	+0.01	0.00	
(4)	423.12	423.11	423.12	-0.01	+0.01	0.00	

結果

i) 三辺三角平均計算値によれば、稲取・大峰山地震断層はA地区において、最大7mm、最小3mm、浅間山地震断層はB地区において、最大8mm、最小2mmの変化を示したことになるが、これらの数値は光波測距儀 DM-60 の精度が $\left\{ \pm \left(5 \text{ mm} + \frac{S}{10^6} \right) \right\}$ であるため、有意の変動であるとは必ずしもいえない。しかし、A、B両地区の各点ともに変位ベクトル図（第2-a, b 図）に示すように、それぞれの断層の地震時におけるズレの向きとは、おおむね調和的であるため、計算値そのものではないとしても、若干の余効的変動があったかも知れない。

なお、A地区においては、測点(2)の約80m北側の谷を、地震時にわずかに右ズレ変位を示した根木の田断層（山崎ほか、1979）の延長部と見られるリニアメント（星野ほか、1978）が、西北西—東南東方向に通過している（第1図）。この測線網において測点(2)がやや特異な変動を示している（第2-a 図）ことは、上記のリニアメントの影響かとも考えられるので、今後の観測によりその推移を見守りたい。

ii) 垂直変動については、3回の測定では計算値が示すように、有意の変動はなかったと解した方がよいと思われる。

iii) 今回の測定では、2カ月という短い期間であったためか、地震断層の余効的変動について、的確な指摘を下すには至らなかった。しかし、この地震断層には巨大なスラブ地すべり説（小林、1978）もあり、測定を雨期の後に行うなど、気候サイクルの中で長期的観測を行うことにより、その変動形態を明確に把握して行く必要があるものと考えられる。

文 献

小林芳正(1978) 伊豆大島近海地震による東伊豆稲取の断層による地盤破壊. 1978年地震学会講演予稿集, no. 1, p. 26.

小出 仁・山崎晴雄・佃 栄吉・正井義郎(1978) 1978年伊豆大島近海の地震調査速報. 地質ニュース, no. 284, p. 1-13.

星野一男・橋本知昌・松田晴彦(1978) 伊豆半島活断層図(5万分の1). 地質調査所.

宮沢芳紀・衣笠善博(1977) 石廊崎断層の余効的運動. 地質調査所特別報告, no. 6, p. 105-117.

山崎晴雄・小出 仁・佃 栄吉(1979) 「1978年伊豆大島近海地震」の際現われた地震断層. 地質調査所特別報告, no. 7, p. 7~35

**After-seismic slip of the Inatori-Omineyama and
Sengenyama earthquake faults**

Tomomasa HASHIMOTO, Tatsuo KAWANO, Masafumi INOUE and Eiji SAITO

Abstract

After-seismic slip of the Inatori-Omineyama and Sengenyama earthquake faults accompanied by the Izu-Oshima-Kinkai Earthquake of January 14, 1978 was observed at two quadrilaterals straddling the faults with the dimensions on the order of 400~850 m, using the geodimeter CUBITAPE DM-60.

During 2 months after the earthquake occurred, lateral displacements observed are 3~7 mm at the Inatori-Omineyama fault and 2~8 mm at the Sengenyama fault. Although these displacements are within the accuracy of the geodimeter, there may have been a slight but real slip, because the vectors of the observed displacements are roughly concordant with the sense of coseismic movement of those faults. On the contrary, there seems to be no vertical displacement associated with the faults.

Long-term observation is needed to substantiate a possible after-seismic slip of these faults.

(受付：1978年10月12日；受理：1978年12月11日)

稲取・大峰山地震断層南東部（稲取地震断層）の余効的変動の測定

宮沢 芳紀*・伊藤 吉助**

1. はじめに

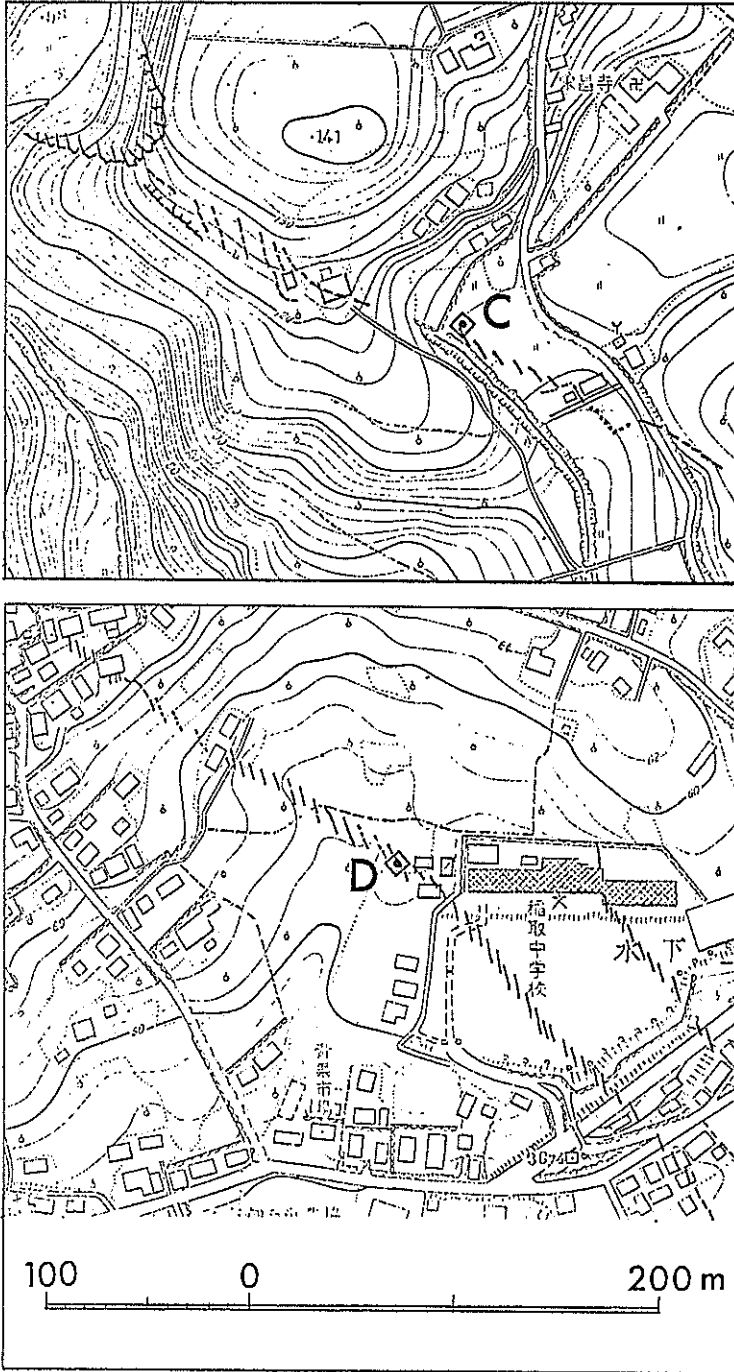
1978年伊豆大島近海地震に際して発生した稲取・大峰山地震断層は、走向NWで陸上部の延長約3 kmにわたり、最大約1.2mに及ぶ右横ずれ変位と、僅かな南西側隆起を示した（小出ほか，1978；山崎ほか，1979）。筆者らは、この断層の南東部（稲取地震断層）沿いの2地点において、断層をまたぐ小規模な測点網を設け、その間の辺長測定を行うことにより地震後の変位の検出を試みた。測定は現在も継続中であるが、ここでは1978年3月末までに実施した4回の測定結果について報告する。

報告にあたって、測定用地の使用を快く承諾して載いた東伊豆町田村又吉氏及び瀧謙一氏に厚く御礼申し上げる。また測定地点の選定・測定結果の検討等に当っては、垣見俊弘課長・山崎晴雄技官はじめ環境地質部地震地質課の諸氏に多大の協力と助言を受けた。特殊技術課の小川銀三・竹内三郎両技官に



第1図 稲取・大峰山断層（太実線）と観測点位置（G, D）。Aは光波測長用の観測網（橋本ほか，1979を参照）
「この地図は、国土地理院発行の2万5千分の1地形図（稲取）を使用したものである」

* 環境地質部
** 技術部



第2図 観測点の詳細位置図

は測点用指標等の製作について御協力を載いた。以上の方々に厚く御礼申し上げる。

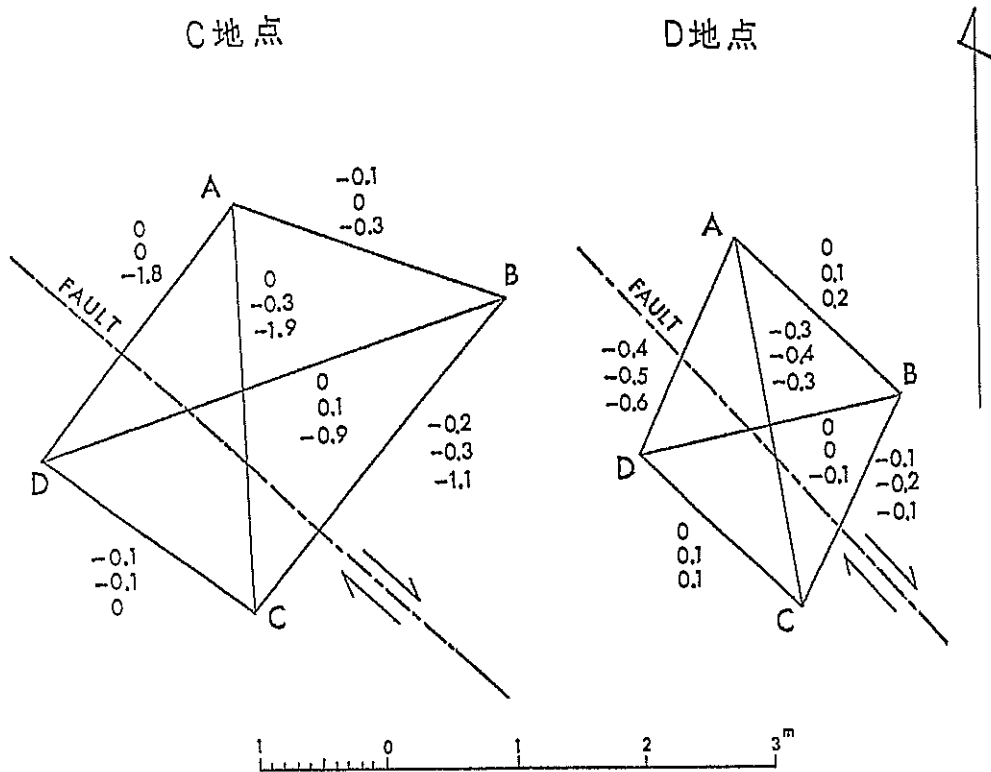
2. 測定点及び測定方法

稲取断層沿いの2カ所に設けられた観測網の位置を第1図C及びDに示す。各地点の詳細位置は第2図に示すとおり、両地点とも平坦なミカン畑の中にあり、地下の断層変位を反映した顕著な亀裂をはさんで片側に2点ずつ、測点間の長さがそれぞれ数m程度となるような計4点の基準点が設けられている。両地点におけるそれぞれの測点網と断層との関係は、第3図に示すとおりである。ここで、断層は第2図における亀裂帯の平均方位を示したものであり、個々の亀裂はこれより南北方向に偏り雁行配列している（山崎ほか、1979）。なお、C地点及びD地点における地震時の右横ずれ変位量はそれぞれ約70 cm及び約30 cmであった。

地表部はいずれも厚い表土に覆われているため、長さ1—1.5m、径3 cmの鉄パイプを地表すれすれまで垂直に打ち込み、その上部に真ちゅう製の指標を固定し、観測点とした。なお、鉄パイプの最上部約20 cmの間は径約15 cmの円柱状にセメントを注入し、地表部に固定した。

観測網Cは、断層調査を行っていた当所地震地質課の山崎晴雄技官により1月21日（地震後7日目）に設置され、同日に辺長のみの変測定が行われた。Dは1月31日（地震後17日目）に筆者等が設置し、同日にC・D両地点の測定を行った。以後はC・D地点両地点ともに1月31日の測定値を第1回すなわち基準値とすることとした。

各測点間の斜辺長（第3図における、AB, BC, CD, AD, AC, BDの6辺）は鋼尺により測定され、温度補正を行って求められた。また測点間の高低差は日本光学製ティルティングレベルE-5型により



第3図 観測網の図形。測線付近の数値は辺長変化量（単位mm, +は伸長, -は短縮）で、上よりそれぞれ第II, III, IV回測定値と第I回測定値の差を表す。

地質調査所特別報告 第7号

測定され、その変化はD点を基準として示した。水平辺長は以上の要素から算出したのち、網平均により求められた。各回とも同一の鋼尺及びレベルを使用して測定した。

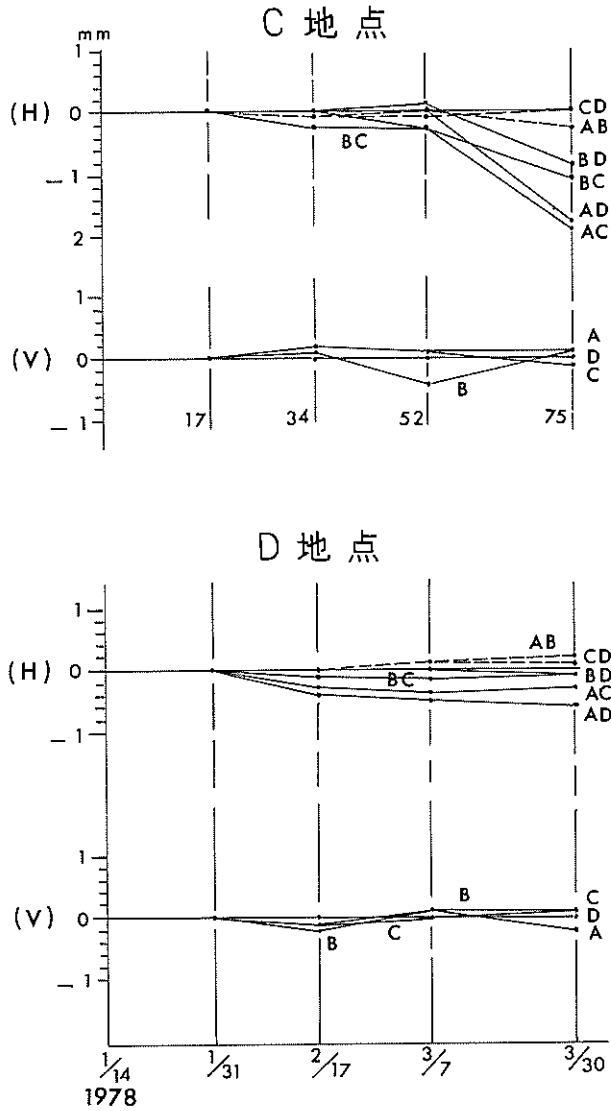
以上の測定方法は、1974年伊豆半島沖地震後の石廊崎断層の余効的変動の測定のために実施している方法（宮沢・衣笠，1977）と同一である。この方法は、比較的簡単に辺長測定ができ、かつ誤差の値も少ない（熟練すれば±0.3 mm 以内）が、長距離の測定には適しないので、亀裂帯の幅が広がったり、地表に引きずり変位の要素が大きい場合にはあまり適当ではないという手法上の限界も認めなければならない。したがって、この測定においては、亀裂帯近傍の変位の検出につとめることとし、より広範囲な断層全体の変位運動については、北西方の大峰山付近（第1図A地区）において実施されている光波測距儀による観測（橋本ほか，1979を参照）により検出することとなっている。

3. 測定結果

現在までに1月31日(I)，2月17日(II)，3月7日(III)及び3月30日(IV)の4回の測定が行われた。それらの原辺長・辺長変化量及び高低変化量は第1表及び第4図に示すとおりである。4回の測定によ

第1表 測定結果一覧

水平	1978 1.31	2.17		3.7		3.30	
	I	II	差 I : II	III	差 I : III	IV	差 I : IV
C 地区							
AB	2.1757	2.1756	-0.0001	2.1757	0	2.1754	-0.0003
BC	2.9994	2.9992	-0.0002	2.9991	-0.0003	2.9983	-0.0011
CD	1.9586	1.9585	-0.0001	1.9585	-0.0001	1.9586	0
AD	2.3991	2.3991	0	2.3991	0	2.3973	-0.0018
AC	3.0330	3.0330	0	3.0327	-0.0003	3.0311	-0.0019
BD	3.7084	3.7084	0	3.7085	+0.0001	3.7075	-0.0009
D 地区							
AB	1.7400	1.7400	0	1.7401	+0.0001	1.7402	+0.0002
BC	1.7299	1.7298	-0.0001	1.7297	-0.0002	1.7298	-0.0001
CD	1.6735	1.6735	0	1.6736	+0.0001	1.6736	+0.0001
AD	1.7765	1.7761	-0.0004	1.7760	-0.0005	1.7759	-0.0006
AC	2.7933	2.7930	-0.0003	2.7929	-0.0004	2.7930	-0.0003
BD	2.0418	2.0418	0	2.0418	0	2.0417	-0.0001
1978.1.14 初震							
垂直	1978 1.31	2.17		3.7		IV	
	I	II	差 I : II	III	差 I : III	IV	差 I : IV
C 地区							
D	0.0000	0.0000	(mm) 0.0	0.0000	(mm) 0.0	0.0000	0.0
A	0.0553	0.0555	+0.2	0.0554	+0.1	0.0554	+0.1
B	0.0569	0.0570	+0.1	0.0565	-0.4	0.0570	+0.1
C	0.0443	0.0445	+0.2	0.0444	+0.1	0.0442	-0.1
D 地区							
D	0.0000	0.0000	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.0
A	0.0218	0.0217	-0.1	0.0219	+0.1	0.0216	-0.2
B	0.0298	0.0296	-0.2	0.0299	+0.1	0.0299	+0.1
C	0.0398	0.0397	-0.1	0.0398	0.0	0.0399	+0.1



第4図 辺長(H)及び高低(V)の経時変化

る辺長変化量は、第3図にも各辺毎に示してある。

これらの測定結果からは、辺長変化・高低変化とも、その量は極めて小さい。辺長変化量については、第III回目までの変動は各辺ともいずれも0.5 mm以内であり、有意の変化とは言い難い。ただしC地点における第IV回目の測定結果は、断層をはさまないAB及びCDの変化が極めて小さいのに対して、断層をはさむBD, BC, AD, ACの辺長はいずれも短縮を示し、AB及びCDの辺長変化に対して有意の差が認められている。このような変化の原因については不明ではあるが、余効的変動であるならば、地震直後の変動速度の方が大きく、時とともに次第に減少することが期待される。しかしC地点においてはIII回目とIV回目の間に変動速度が急激に増加している。したがって断層変位の余効的変動とは即断できない。また、断層をはさむ4辺がいずれも短縮であることから、左ずれ、右ずれのいずれにしてもこれが横ずれ変位を現わしているとは考えられない。しいて推定すれば、断層をはさむ両側の地盤が互いに接近したと考えるべきであろう。その原因としては、地震時に開口した亀裂が閉じる方向に地

表部が変化したとも考えることができる。なお、この測点がいずれも表土の厚い場所に設置されていることから、4点のうち断層の片側になる2点(たとえばA、B点)が、Ⅲ回目とⅣ回目の期間中に人為的原因を含む何らかの原因でわずかに移動したとしても説明は可能である。いずれにしてもその変化量は僅少であるので、C、D地点とも今後の測定によりその推移を明らかにしたうえで、判定を行いたい。

高低変化については、C、D地点とも、有意の変化は認められない。

以上をまとめると、稲取・大峰山断層においては、現在までのところ余効的な断層変位は傾斜ずれ、走向ずれともに有意なものとしては認められない。C、D両地点とも(とくにC地点において)、断層両側の地盤が断層に向かって接近する傾向がわずかに認められるが、これについては今後測定を繰り返し、その推移を見守りたい。

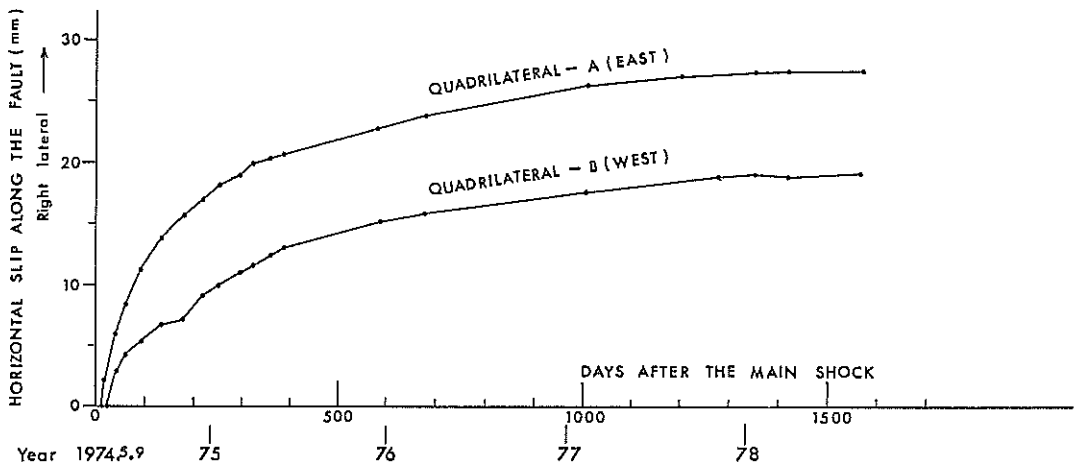
付) 石廊崎地震断層における、伊豆大島近海地震後の変位測定

石廊崎断層については、1974年5月の伊豆半島沖地震時における断層変位の発生以来、石廊崎地区のA・B2地点において数多くの測定を繰り返し、その結果大きな余効的変位運動が検出されている(衣笠, 1976; 宮沢・衣笠, 1977)。今回の地震前における最近の測定は、昭和52年8月23日にA地点、同11月7日にB地点で行われたが、この時点でも、なお、余効的変位は継続していることが認められた。

そこで、今回の地震発生が同断層の運動に対して与えた影響の有無を調べるため、地震発生後53年1月19日及び3月29日の2回にわたり、従来と同様の方法で再測定を行った。

結果の詳細は、これまでの測定と合わせ別途報告することとし、ここでは、A・B両地点における横ずれ変位量の推移のみを第5図に示すだけにとどめておく。

これによれば、石廊崎断層における今回の地震をはさむ期間及び地震後の期間の変動はきわめて僅少(本方法における誤差の限界ぎりぎり程度)であり、少なくとも今回の地震が石廊崎断層に何らかの変位を与えたとは思われない。見方によっては、地震直前まで1974年地震の余効的運動を続けてきた同断層が、今回の地震によって却って従来の運動を減速または停止させた可能性もうかがえる。現在のところは、同断層の余効的運動の継続・停止のいずれとも判定しかねるが、この問題は断層の変位運動の機構を考えるうえで重要と考えられるので、今後も同断層の測定を継続していきたい。



第5図 石廊崎断層における1974年伊豆半島沖地震後の水平変位(宮沢・衣笠, 1977に加筆)

文 献

- 橋本知昌・川野辰男・井上正文・斉藤英二（1979） 稲取・大峰山地震断層及び浅間山地震断層の余効的変動について. 地質調査所特別報告, no. 7, p. 49-56
- 衣笠善博（1976） 1974年伊豆半島沖地震と石廊崎断層. 地質学論集, no. 12, p. 139-149.
- 小出 仁・山崎晴雄・佃 栄吉・正井義郎（1978） 1978年伊豆大島近海の地震調査速報. 地質ニュース, no. 284, p. 1-13.
- 宮沢芳紀・衣笠善博（1977） 石廊崎断層の余効的運動. 地質調査所特別報告, no. 6, p. 105-117.
- 山崎晴雄・小出 仁・佃 栄吉（1979） 「1978年伊豆大島近海地震」の際現われた地震断層. 地質調査所特別報告, no. 7, p. 7-35

Measurements of After-seismic Slip of Inatori Earthquake Fault

Yoshinori MIYAZAWA and Kichisuke ITOH

Abstract

After-seismic slip of the Inatori fault (southeastern part of the Inatori-Omineyama Earthquake Fault) associated with the Izu-Oshima-Kinkai Earthquake of January 14, 1978 was measured at two small quadrilaterals with dimensions on the order of several meters installed across the ground cracks. Every side-length was measured by a steel-tape scale and vertical displacement was obtained by a tilting-level.

Till the end of March, 1978, measurements were carried out four times since the nets were installed. According to the results obtained, it is likely that no significant after-slip along the fault plane (inferred beneath the nets) have occurred during this period.

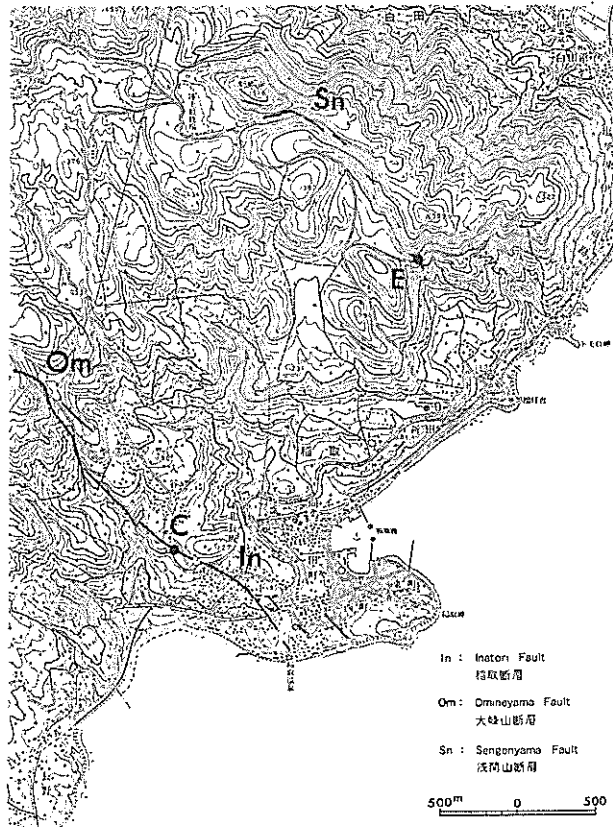
(受付: 1978年10月9日; 受理: 1978年12月11日)

稲取地区における α トラック法による地震断層調査

加藤 完*・伊藤 吉助**・永田 松三**

要 旨

1978年伊豆大島近海地震に際して新たな変位を発生した稲取・大峰山断層及び浅間山断層において、 α トラック法による断層調査を試みた。この方法はラドンが放射する α 線が硝酸セルロース等を通過する時、トラックを残す現象を利用するもので、単位面積当りのトラックを数えることによりラドンの相対濃度を測定することができる。測定は両断層を横切る測線上に2.5-5.0m 間隔で測点を設けて行われ



第1図 稲取・大峰山断層と浅間山断層（太実線）と観測点位置（C・E）

「この地図は、国土地理院発行の2万5千分の1地形図（稲取）を使用したものである」

Fig. 1. Locality map showing the measurement point C on the Inatori-Omineyama fault and point E on the Sengenyama fault.

* 環境地質部

** 技術部

た。その結果両断層のトラック数は伊豆半島の既存断層のそれに比べて数倍の高い値を示し、また稲取・大峰山断層のトラック極大部は地表に現われて亀裂帯より東側にずれて、帯状に分布する傾向が認められた。

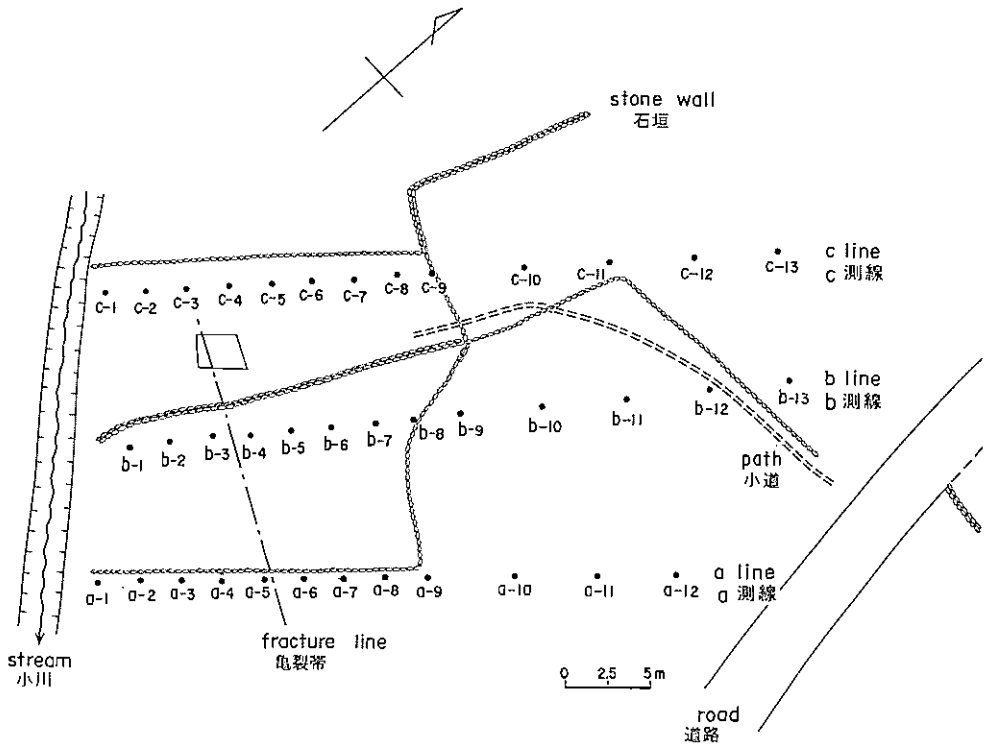
1. はじめに

1978年伊豆大島近海地震に際して新たな変位が発生した稲取・大峰山断層及び浅間山断層において、筆者らは α トラック法による断層調査を試みた。調査地点は第1図のC及びE地点である。

C地点は、稲取・大峰山断層の右横ずれ変位を反映して雁行配列する顕著な亀裂群の発達する場所であり、断層の地震後の余効運動を観測するため、地質調査所によって小規模な辺長観測網(宮沢・伊藤, 1978)が設置されている。ここで地震断層を横切る3測線、合計38測点(第2図)において、土壤ガス中のラドンの相対濃度を、 α トラック法により測定した。この地点の地下は天城火山から由来した安山岩塊を含む稲取泥流堆積物(角・小野, 1959)からなるが、地表部は厚い表土に覆われ、緩傾斜のミカン畑となっている。

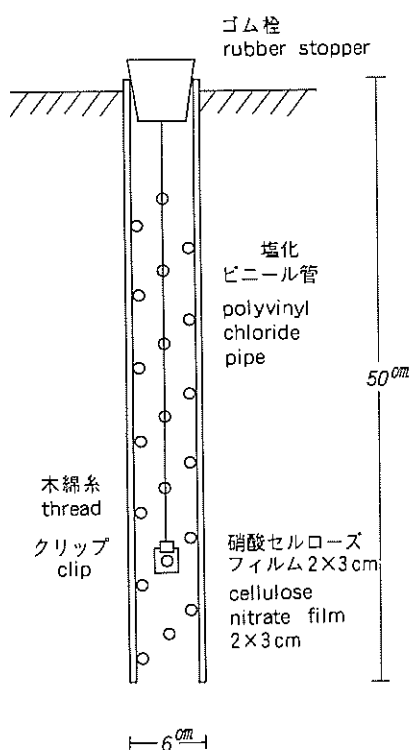
E地点は、浅間山の南西斜面に発達した顕著な亀裂群(浅間山断層)の南東延長部に当り、この付近では最も顕著なみかけ上の左横ずれ(約40 cm)と南西側落ちの垂直変位(約30 cm)を示した亀裂が認められた(山崎ほか, 1978)。ここでは亀裂を横切る道路に沿って1測線11測点と同様の測定を行った。

本測定は、地震断層における地震後のラドン放射量の経年変化を調べるため、現在も継続中であるが、本報告ではその第1回目として、5月9日にセットし、5月23日に回収測定した結果について述べる。



第2図 C地点観測孔配置図

Fig. 2. Map showing the arrangement of the observation holes at point C.



第3図 フィルムセット断面図

Fig. 3. Schematic profile of the observation hole used for a track etch method.

ック製 CA-80-15硝酸セルロースフィルムを使用した。第2図の各測点は電動オーガーにて50 cmの深度まで掘き、第3図のように40カ所に直径6 mmの孔をあけた口径5 cm×長さ50 cmの水道用耐衝撃性硬質塩化ビニール管を埋めこみ、その中に孔底部40 cmの深度にフィルムを吊し、結露を防ぐためその上部はゴム栓で蓋をした。14日後にこれを回収し、温度60°C10%カセイソーダ溶液に20分間浸してエッチングを行った。その後フィルムにエッチングされたトラックの単位面積当たりの数を500倍の顕微鏡にて測定し、1 cm²当り1日当りのトラック数に換算して表示した。

3. 測定結果及び考察

第2図に示した稲取断層を横切るa, b, c各測線及び浅間山断層を横切る測線に沿うラドン濃度分布を第4図に、またC地点におけるラドン等濃度分布図を第5図に示した。

両図から明らかなように、亀裂帯の付近には極めて顕著なラドン濃度の極大値が認められる。比較のため、1977年11月に同じ方法で調査した伊豆半島の大野、加殿、石廊崎各地震断層のトラック数と、今回の両断層のトラック数とを第1表に示した。今回の両断層のトラック数は既存断層のそれに比べ、最高値で7倍、平均でも4倍と、極めて高い値を示している。このことは、今回の調査が地震の比較的直後であったため、他の断層に比べ、断層面に沿う地下からのラドン供給が活発に続けられていることを表わしていると考えられる。

また両図において、稲取・大峰山断層のラドン濃度の極大部分が、地表に現われた断層線（亀裂帯）の位置より東側に系統的にずれて、帯状に分布する傾向が認められる。これは断層面が東側に傾斜して

1) 荷電粒子が物質中を通過するとき単位距離を進むごとにつくるイオン対の数をいう。

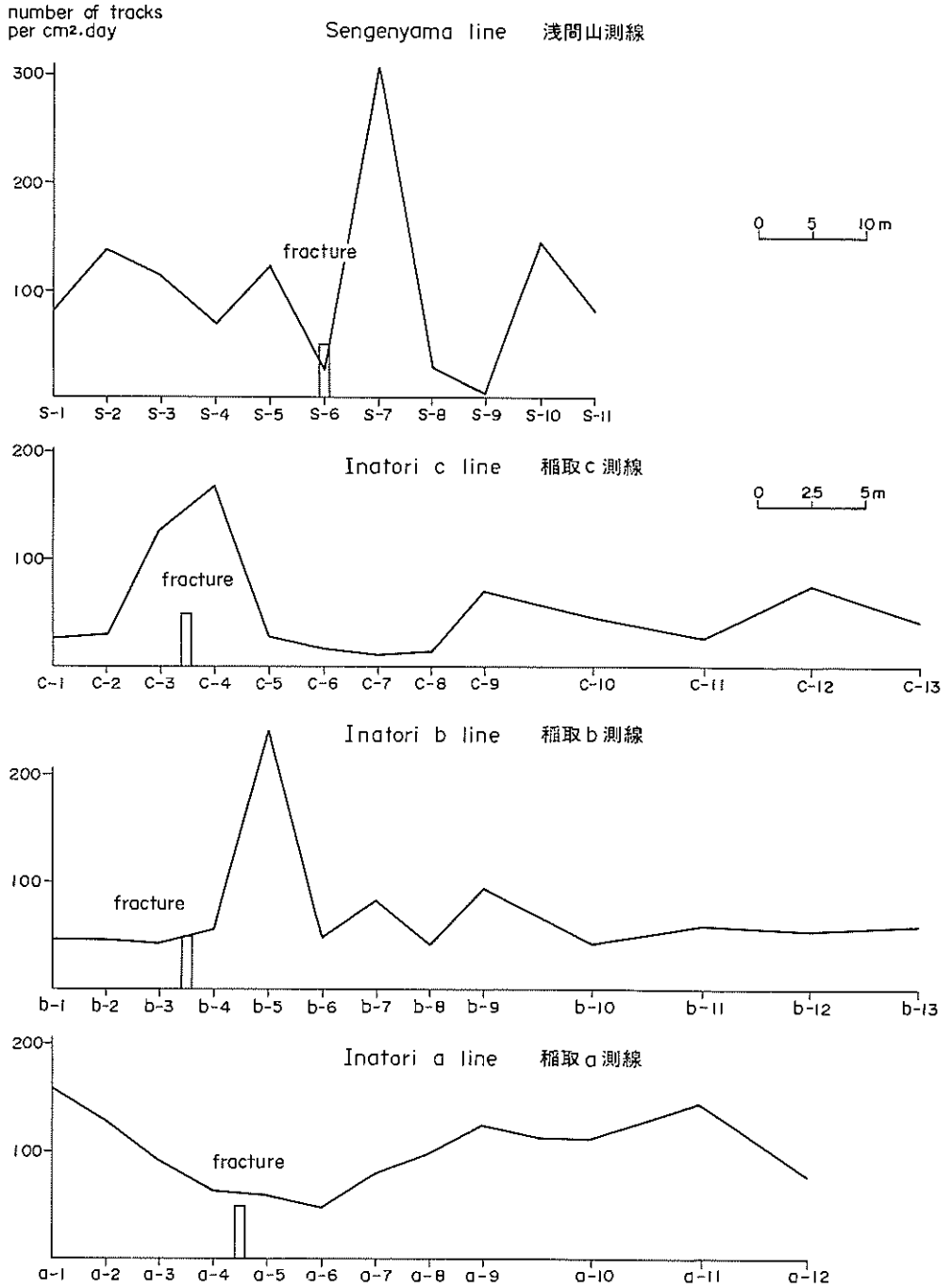
報告に当って測定用地の借用について東伊豆町田村又吉氏及び東伊豆町役場に多大の御協力をいただいた。地質調査所玉生志郎・金谷弘両技官からはαトラック法について多くの御教示を受けた。これらの方々に厚く御礼申し上げる。

2. 測定方法

αトラック法とは、土壌ガスや地下水中のラドンの相対濃度分布を測定し、これにより地下におけるラドンの生成状況並びに運搬経路等を知るために、最近開発されたものである（阪上, 1973）。この方法は、比較的簡便にラドンの相対濃度分布図が得られるため、現在は、ウラン探査、地下水探査、地震予知、地沁り調査、断層調査などと各方面に広く利用されている。

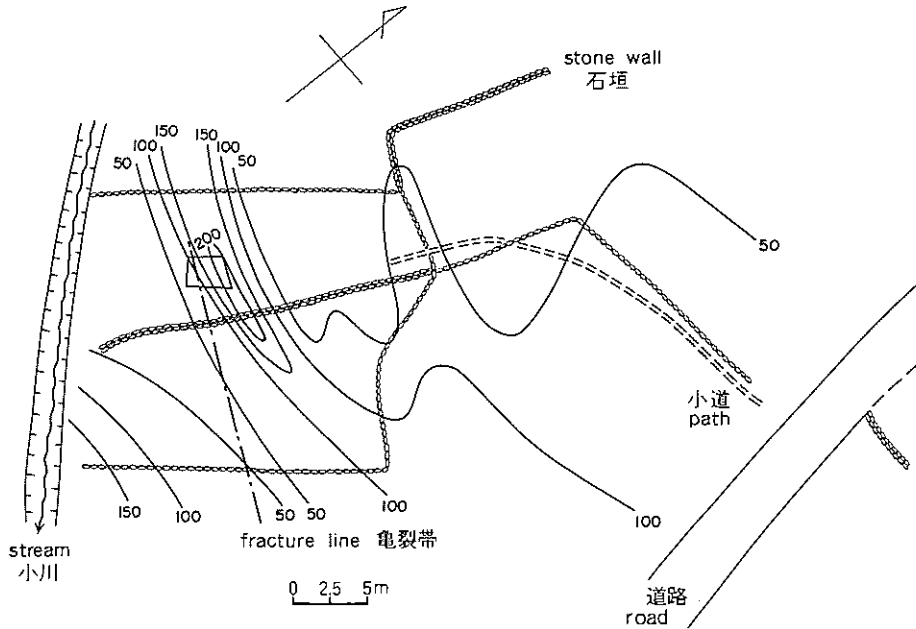
αトラック法の原理は、ラドン及びその娘元素ポロニウムが放射するα線など重荷電粒子の飛跡が短かく、比電離能¹⁾が大きいため、マイカ、硝酸セルロース、酢酸セルロース等の固体中を通過するとき、トラック（飛跡）を残す現象を利用するものである。α線などの放射線の通過を受けたこれらの物質を化学処理（エッチング）し、トラックを拡大固定し、光学顕微鏡で観察して単位面積当たりのトラック数を知ることにより、α線の強度即ちラドンの相対濃度を測定することができる。

今回は固体飛跡検出器として、2×3 cm 平方のコダ



第4図 浅間山測線と稲取a・b・c測線上のラドン濃度分布図 (単位トラック数/ $\text{cm}^2 \cdot \text{day}$)
 Fig. 4. Distribution of radon concentration on the survey lines at points C and E.

稲取地区におけるαトラック法による地震断層調査（加藤・伊藤・永田）



第5図 C地点ラドン等濃度線図（単位トラック数/cm²·day）

Fig. 5. Isoconcentration map of radon at point C (numerals represent the number of tracks per cm²·day).

第1表 伊豆半島地震断層のトラック数（単位トラック数/cm²·day）

Table 1. Table showing the number of tracks per cm²·day along the earthquake faults in the Izu Peninsula.

断層名 name of fault	稲取・大峰山 Inatori- Omneyama	浅間山 Sengenyama	大野 Ohno	加殿 Kadono	石廊崎 Irozaki
最大トラック数 Number of max. tracks per cm ² ·day	243	305	70	58	41
最小トラック数 Number of min. tracks per cm ² ·day	21	2	6	12	8
平均トラック数 Number of mean tracks per cm ² ·day	81	101	28	26	20
測定年月日 Date of survey	May 23. 1978	May 23. 1978	Nov. 21. 1977	Nov. 21. 1977	Nov. 21. 1977
地震発生日 Date, earthquake	Jan. 14. 1978	Jan. 14. 1978	Nov. 26. 1930	Nov. 26. 1930	May 9. 1974
マグニチュード Magnitude	7.0	7.0	7.0	7.0	6.9

いるため、地表の断層線よりも東側にラドンガスの上昇（供給）が多くなっているためであると考えられる。このことは、伊豆急電鉄稲取トンネルに見られる断層と地表の断層位置とを結び、断層面は約80°の東傾斜であるとの報告（山崎ほか，1979）とよく調和する。

4. おわりに

αトラック法による地震断層調査は地質調査所においては今回始めて実施されたが、断層の位置や性状を知るのに有効な手法であることが明らかになった。その他、アメリカのサンアンドレアス断層上でαトラック法による経年観測から、トラック数の増加と地震発生とが顕著な相関を示すことが報告されており（KING, 1978）、日本でも山崎断層上のαトラック法による観測で、同様な報告がされている

(山崎断層研究グループ, 1978).

このような事例から, 筆者らは現在稲取・大峰山断層の a 測線上に 8 点, b, c 測線上にそれぞれ 1 点, 浅間山断層の s 測線上に 4 点を選び, 2 週間毎の定期観測を継続中である.

文 献

- KING CHI-YU (1978) Radon emanation on San Andreas Fault. *Nature*, vol. 271, p. 516-519.
- 小出 仁・山崎晴雄・佃 栄吉・正井義郎(1978) 1978年伊豆大島近海の地震調査速報. 地質ニュース, no. 284, p. 1-13.
- 宮沢芳紀・伊藤吉助(1979) 稲取地震断層の余効的変動の測定. 地質調査所特別報告, no. 7, p. 57-63
- 阪上正信(1973) 粒子トラックとその応用. 南江堂, 198 p.
- 角 清愛・小野晃司(1959) 5万分の1地質図幅「稲取」および同説明書. 地質調査所, 23 p.
- 山崎断層研究グループ(1978) 1977年9月30日山崎断層の地震(M=4)に伴った諸観測量の異常. 地震学会講演予稿集 1978, no. 1, p. 187.
- 山崎晴雄・小出 仁・佃 栄吉(1979) 「1978年伊豆大島近海地震」の際現われた地震断層. 地質調査所特別報告, no. 7, p. 7-35

**Study on the Earthquake Faults at the Inatori
District Using a Track Etch Method**

Kan KATOH, Kichisuke ITOH and Syozo NAGATA

Abstract

Using a track etch method, a study on detection of radon emanation relating to the earthquake faults has been carried out. Anomalous radon concentrations have been detected around the Inatori-Omineyama and Sengeniyama earthquake faults which appeared at the time of the Izu-Oshima-Kinkai Earthquake of January 14, 1978 at the Inatori district in the Izu Peninsula (Fig. 1).

The method is applied conventionally for the measurement of relative concentration of radon content in the soil, by counting the number of the tracks per $\text{cm}^2 \cdot \text{day}$ on a small piece of plastic film (cellulose nitrate) which is sensitive to α -ray radiated from radon.

From the measurement on the lines crossing the Inatori-Omineyama earthquake fault at C point (Fig. 1), radon emanation peaks were recognized in parallel on the east side of the surface fracture line (Fig. 4). It is considered therefore that the fault plane dips eastwards, in accord with the geological evidence.

The radon emanation along the Inatori-Omineyama and Sengeniyama earthquake faults was however anomalously large: 4 to 7 times larger than that along the existing earthquake faults in the Izu Peninsula, such as Ohno, Kadono and Irozaki faults (Table 1).

(受付: 1978年10月17日; 受理: 1978年11月22日)

伊豆半島東部における地下水位・湧出量の観測と 伊豆大島近海地震前後におけるその変化について

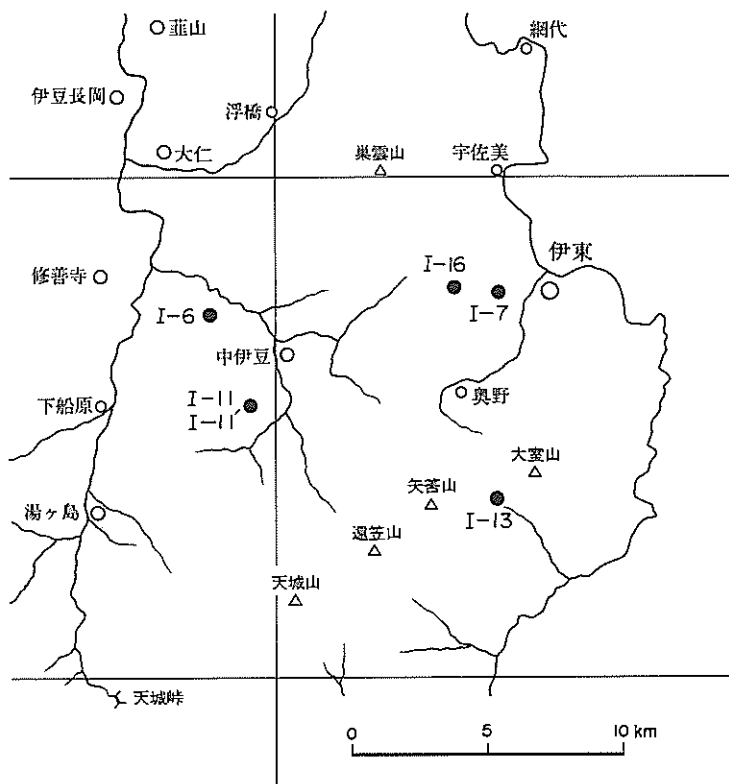
岸 和男*

はじめに

地震予知に関する地球化学的研究の一環として、伊豆半島東部において地下水位・湧出量等の観測を行っている。ここに最近までの同観測結果を報告するとともに、1978年1月14日に発生した伊豆大島近海地震前後における地下水位と湧出量の変化について述べる。この観測に当っては、中伊豆町佐藤敏郎氏および小長谷朗夫氏から多大の御協力を頂いている。ここに厚く御礼を申し上げる。

1. 観測方法

観測は1976年6月から開始された。観測地点を第1図に、それら各地点における水源別種類・深度・地質・観測項目および観測期間等を第1表に示す。



第1図 地下水位・湧出量の観測地点

* 環境地質部

上白岩観測井（I-6）においては、水位のほか気圧と雨量についても、同時に自記連続観測を行っている¹⁾。水位の測定は日本システムリサーチ㈱のデジタル型水位計を用い、気圧および雨量のデータとともに電算機用8単位さん孔紙テープに記録している。測定間隔は5分である。結果は通常は1時間値、異常変化時には5分値として表わせる。水位と気圧についてはアナログ記録も得られている。なお、当観測施設は停電時（24時間以内）でも継続して観測を行うことが可能である。

姫ノ湯水井戸（I-11'）においては、自噴量の自記連続観測を行っている。その方法は自噴水を三角ノッチに受け、ノッチと接続されている測定水槽の水面高を精密水位計で計測し、水量に換算する方式である。三角ノッチおよび測定水槽は黄銅製小型のもので地質調査所技術部特殊技術課 小川銀三技官・同竹内三郎技官により製作されたものである。ノッチ高からの水量換算式（ストリックランドの式）²⁾は次の通りである。

$$Q = 8/15 \times \left(0.565 + \frac{0.0087}{\sqrt{H}} \right) \times \tan \frac{D}{2} \times \sqrt{(9.8 \times 2)} \times H^{5/2}$$

Q……水量 (m³/sec) D……ノッチ角度 (度) H……ノッチ高 (m)

なお、上白岩観測井における初期（1976年10月までの期間）の水位観測はテスターと電極コードによる手観測、姫ノ湯温泉井（I-11）における自噴量観測は容器とストップウォッチによる手観測、また伊東市水道第1（I-7）および同第2水源（I-16）における湧水量観測は四角堰のノッチ高測定による手観測によってそれぞれ行われた。また同市水源井池2号井における水位観測は電気的な自記連続観測で、揚水停止中の静水位を読み取ったものである。これらのうち、伊東市水道水源の3カ所における観測は、同市水道部によって行われ、本報告のうち同水源3カ所に関する部分は、伊東市水道部から提供された観測データに基づくものである。なお、伊東市水道第1・第2水源については、1977年6月以降におけるデータの収集を中止した。

2. 観測結果の概要

上白岩観測井における地下水位と降水量および気圧に関する観測結果を第2図と第3図に、また気圧変化と地下水位変化との関係を第4図に示す。

上白岩観測井における地下水位は、気圧による小さな波の変化と季節的な大きな波の変化とを示す。降雨による変化については月雨量による影響がみられるが、短時間あるいは短日数間の雨量の影響はみられない。

第2図において、水位は1977年1月までは比較的明瞭な変化を示していたが、2月から変化量が小さくなり、4月中旬からは気圧による小さい変化も認められなくなった。この井戸では湯管の中の水を測定しており、測定管内径とフロート径との間の余裕が小さい。またこの井戸は温泉井なので水面が

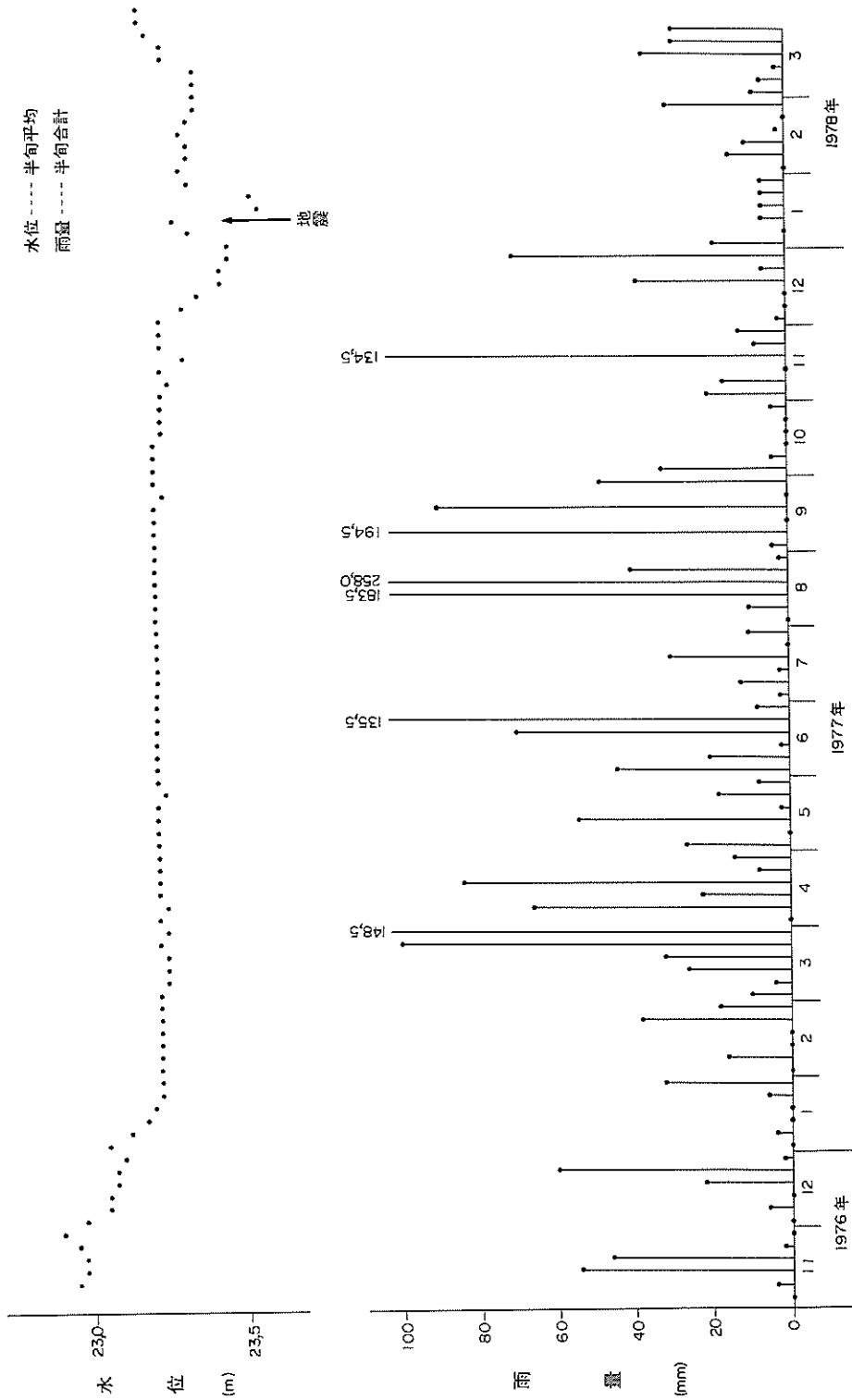
第1表 観測井等における深度・観測項目および観測期間など

番号	名 称	種類	深度 (m)	地 質	観 測 項 目	観 測 方 法	期 年 ・ 月
I-6	中伊豆町上白岩観測井	温泉井	500	第三紀 湯ヶ島層	水 位 水位・気圧・雨量	週2回手観測 自記連続	1976.6 ~ 1976.10 1976.10 ~
I-11	中伊豆町姫ノ湯温泉井	温泉井	500	第三紀 白浜層 ~湯ヶ島層?	自噴量・水温	週2回手観測	1976.6 ~ 1977.9
I-11'	中伊豆町姫ノ湯水井戸	水井戸	30	第三紀 白浜層	自 噴 量	自記連続	1977.7 ~
I-13	伊東市水道 池2号井	水井戸	50	第四紀 沖積層 ~湯ヶ島層	水 位	自記連続	1976.6 ~
I-7	伊東市水道 第1水源	湧 水	—	第四紀宇佐美火山噴出物	湧水量・水温	毎日手観測	1976.6 ~ 1977.5
I-16	伊東市水道 第2水源	湧 水	—	第四紀宇佐美火山噴出物	湧水量・水温	毎日手観測	1976.6 ~ 1977.5

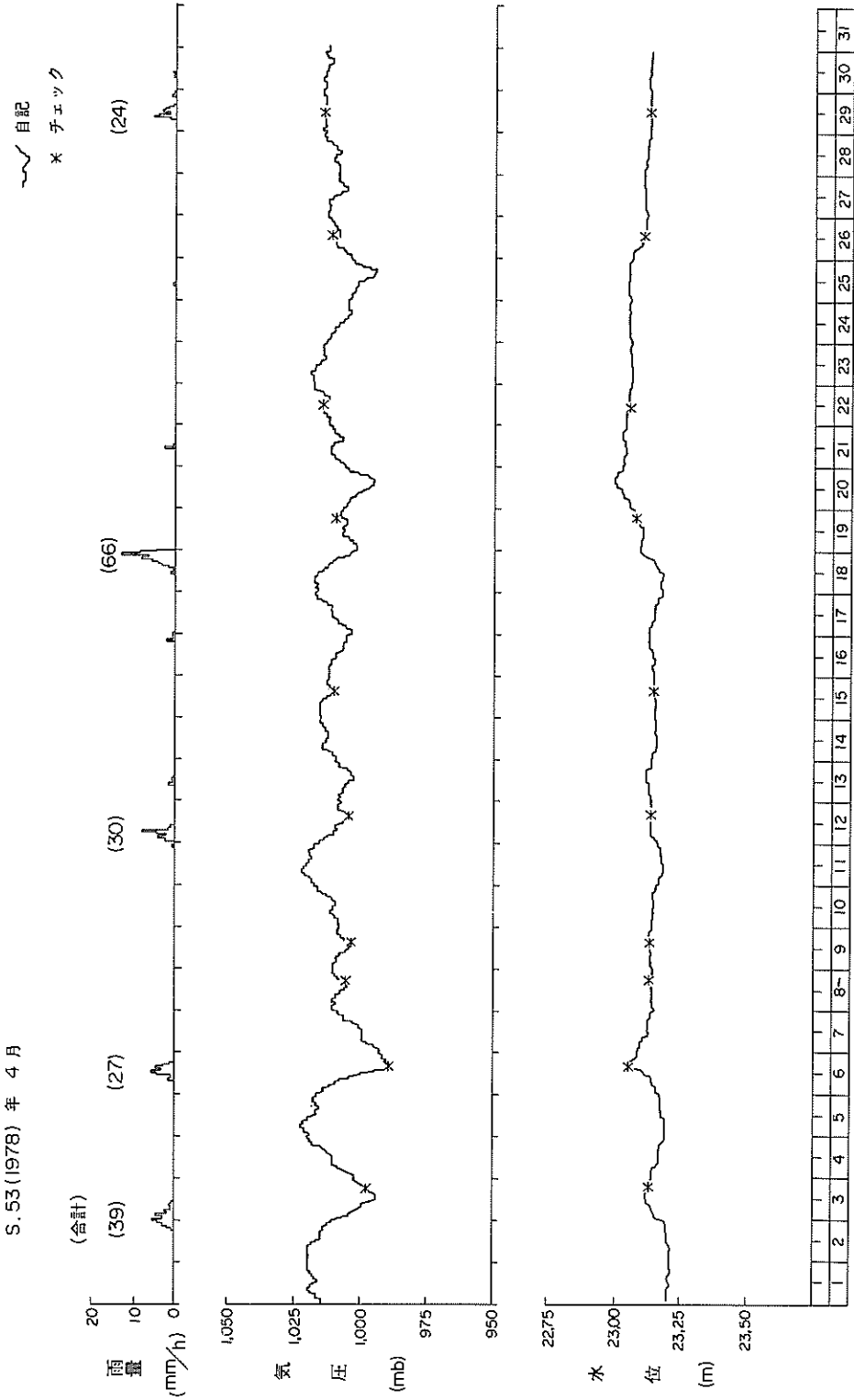
1) 観測井と観測機器等の詳細については地質ニュース No. 294 号の記事（伊豆半島東部における水位・湧出量観測と地震前後の水位等の変動：岸 和男）を参照されたい。

2) この式による計算値と容器による実測値との差は、±3%以下（10~260 l/min）である。

伊豆東部の地下水位等の観測と地震前後の変化（岸）

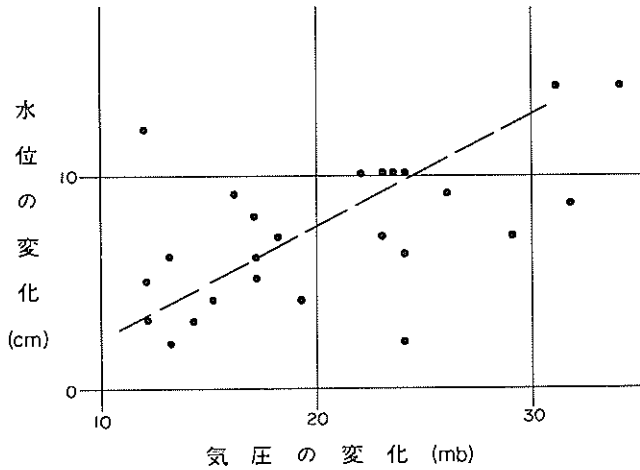


第2図 中伊豆町上白岩観測井 (I-6) における水位と雨量

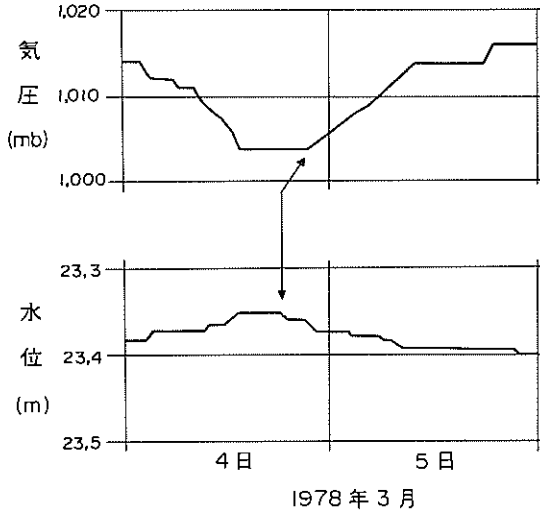


第9図 上白岩観測井における気圧・雨量と地下水位

伊豆東部の地下水位等の観測と地震前後の変化（岸）



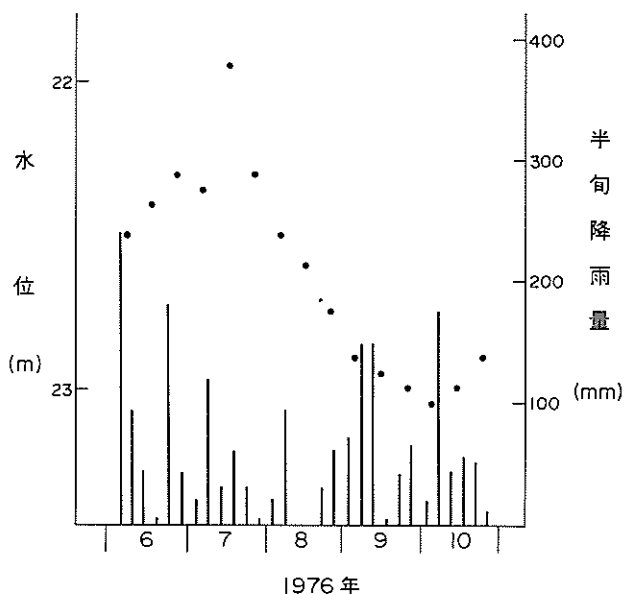
第4図 上白岩観測井における気圧と地下水位との関係



第5図 上白岩観測井における気圧変化に先立つ地下水位変化

上下する間でスケールが付着し易い。そのためフロートが固定された状態となり正常な水位を示さなくなったものである。その後スケール除去の方法を種々検討し、10月初旬に除去作業を行った結果、再び気圧の影響による変化を示すようになり、地下水位の測定は正常に戻った。10月・11月の変化量は小さいが、伊豆大島近海地震（1月14日）発生前の12月初旬から水位が低下し始め、下旬から上昇に転じているのが注目される。また地震発生直後に急激な低下を示している。

次に第3図・第4図において、気圧変化に対する水位変化の割合は一定ではなく、気圧が変化しても水位が変化しない場合もある。変化の割合はこの井戸の場合には気圧変化10 mb 当り平均 5 cm である。気圧変化の周期は2～5日であり、長期間の水位変化をみる場合、地下水位の半旬平均値をとれば気圧変化による補正を行わなくても充分であると考えられる。またこの井戸の場合気圧変化に先立つ水位変化が認められ、単純な気圧補正を行うとかえって誤差が大きくなる恐れがある（第5図参照）。第6図にこの井戸の初期における手観測による水位変化と伊東市池における雨量との関係を示す。1976年7月に水位の急激な上昇がみられるが、降雨および気圧の直接の影響でないことは明らかである。この水



第6図 上白岩観測井における地下水位と降雨量（手観測記録、降雨量は伊東市池における記録による）

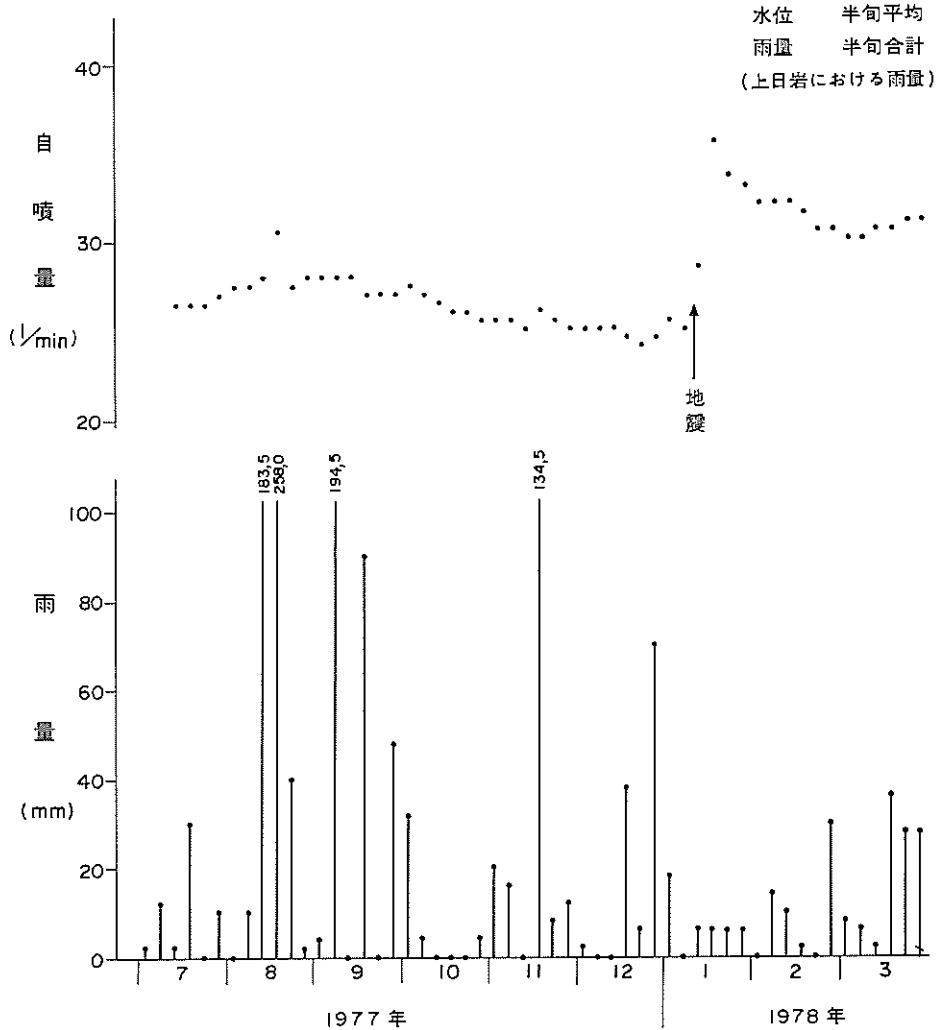
第2表 稲取地区における地震前後の温泉変化

番号	地震前（1977年9月）			地震後（1978年1月15～16日）			地震後（1978年3月10～12日）		
	静水位 (m)	温度 (°C)	揚湯量 (l/min)	静水位 (m)	温度 (°C)	揚湯量 (l/min)	静水位 (m)	温度 (°C)	揚湯量 (l/min)
I-2	12.5	72	132	45.5	72	80	45	72	80
I-3	6.0	76	450	14.6	28	200	15.9	28	200
I-4	1.0	61	180	9.95	32	40		74	100
I-5		74	100	49.75	40	30	40	70	80
I-6	4	82	300	45.3	80	200		82	400
I-7	6	84	300	43.2	78.5	170	40.95	83	300
I-8	0	81	180	45.3			37.2	82	260
I-10	33	60	90		58	30		58	50
I-16	41.5	70	70					72	100
I-18	0	44	108		44	120		44	120
I-22	42.0	64	140		32	60			
I-24	7.0	82	130	38.1	82	130	18.9	82	130
I-27									
I-1		30	20		30	20			
I-20		34	450		36	600			

水位上昇は河津地震（1976年8月18日）の約1カ月前の時期に相当し、この観測井に見られる1977年12月における下降現象とともに注目される。

第7図に姫ノ湯水井戸（I-11'）の自噴量と降雨量とを示す。この井戸は、姫ノ湯の活断層上に位置し、深さが浅い（実測30m）のにもかかわらず、地上より70 cm 以上、近接する河水面より2 m近くも高い圧力面を有している。これは気圧の影響はまったく受けておらず、直接的な降雨の影響も少ない。ただし巨視的にみると、降雨と若干関係するようである。1977年8月中旬と11月中旬における水量増加は降雨によるものと思われるが、9月上旬の降雨の影響による水量増加はみとめられない。12月中旬か

伊豆東部の地下水位等の観測と地震前後の変化（岸）

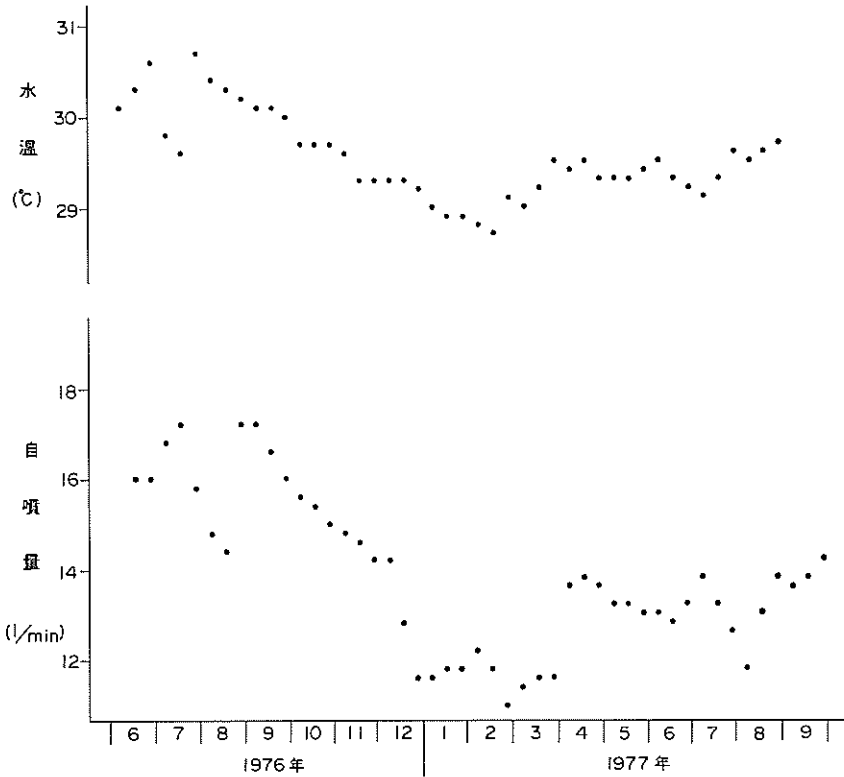


第7図 姫ノ湯水井戸（I-11'）における自噴量と雨量

らの減少、下旬の増加、さらにそれに続くわずかの減少、地震発生と言うパターンは一応注目される。この変化は地震の前兆的現象である疑いは残るが、その変化量は少なく雨量との関係も正確なことはまだ不明であり、いまのところはっきりとしたことは云えない。

第8図に姫ノ湯温泉井（I-11）の自噴量と水温の変化を示す。自噴量と水温とは相関を示し、降雨による変化も比較的大きい。湯水期と豊水期とは若干異なるが、およそ半旬雨量100 mm以上のときは水量が増加し、100 mm以下のとき減少する。週2回の手観測のため短時間的な降雨の影響や気圧による影響は不明である。

第9図に伊東市水道池2号井（I-13）の水位を示す。水位は季節変化が大きく降雨の直接的な影響も大きく受ける。影響の度合は一定でなく、降雨後2～数時間で水位が上昇する。この井戸では旬雨量100 mm以下が続くと低下しつづけるが、1978年1月14日の地震後は旬雨量10 mm以下が続いているにもかかわらず、2月中旬まで水位が上昇した。このような現象は少し離れた所にある1・2・4号井の水位にも現われ、同様な傾向を示した。



第8図 中伊豆町姫ノ湯温泉井 (I-11) における自噴量と水温

第10図と第11図は、伊東市水道第1水源 (I-7) と第2水源 (I-16) の湧水量と水温を示す。両水源とも季節的变化が大きく、第2水源では降雨による影響も大きく受けている。また、湧水量そのものも多く、かつ観測方法が四角瓶の手観測なので精度がかなり劣る。そこで両水源とも、今回の観測目的には適合しないものと判断された。

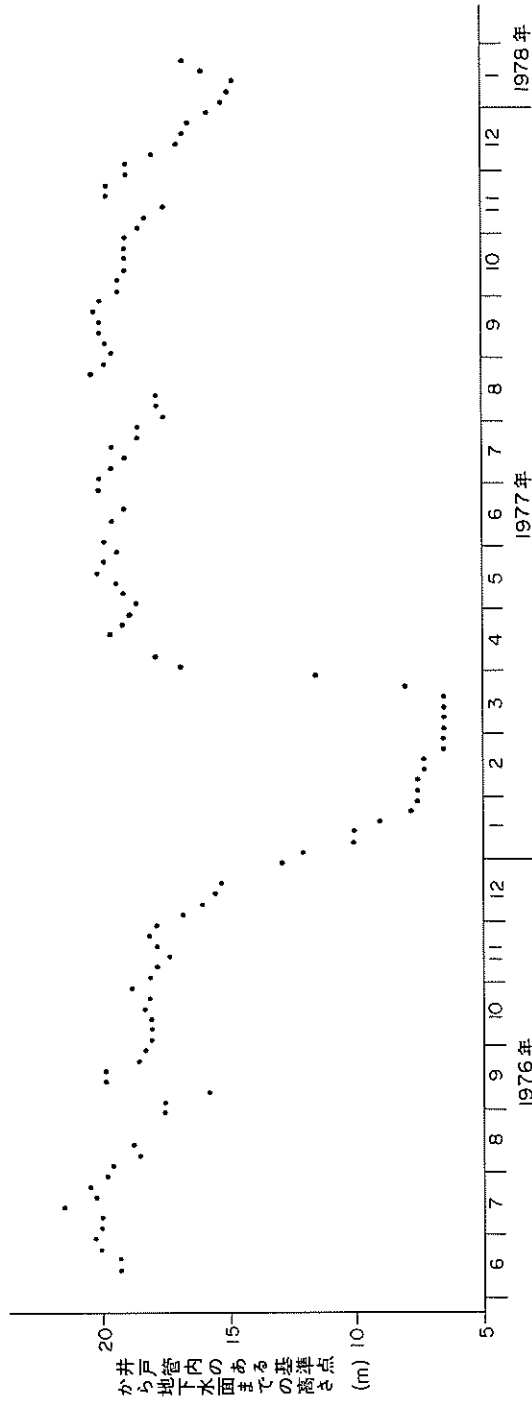
3. 伊豆大島近海地震前後における地下水位・水量の変化

1978年1月14日12時24分と15日7時32分に地震が発生した。第12図に地震前後における上白岩の観測井の地下水位変化を示す。地下水位は12月初旬から低下し、12月下旬から地震まで上昇していることはすでに述べた。この間、水位は上記の大きな変化とともに、気圧による2~4cmほどの小さな変化の繰り返しを示している。地震発生約1.5日前から水位はほぼ一定となり、気圧に対応する変化も示さなくなった。地震直後、水位は急激に約80cm低下したまま気圧との対応を示さず一定状態が続き、15日朝第2回目の地震直後に数cmの水位の上下動がみられた後、気圧の変化を示しつつ回復へと向った。回復期間はおよそ8日間である。

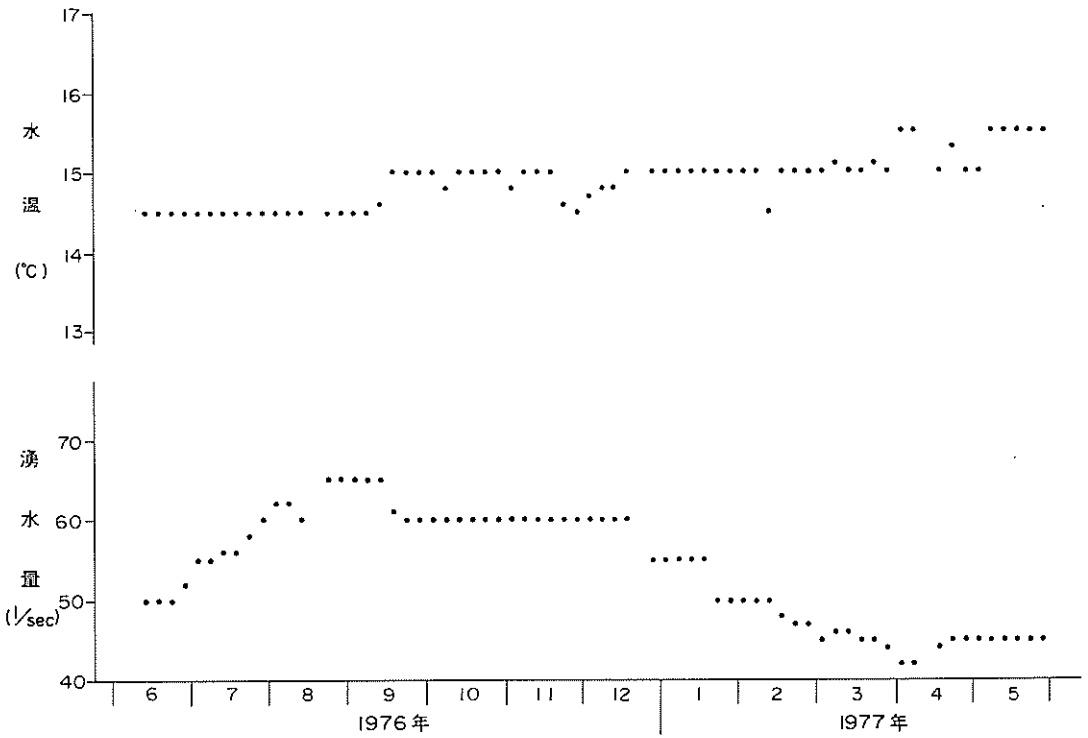
このように上白岩観測井の地下水位変化は地震約1.5日前から、異常な形態を示し、地震の前兆的現象である可能性がある。

第13図に姫ノ湯水井戸の自噴量の変化を示す。1978年1月14日以前については、すでに述べた。自噴量は地震直後、一瞬減少しすぐに急増 (約12 l/min) した。13時40分頃までわずかに減少し、その後は15日朝の地震まで変化していない。15日朝の地震直後にわずかの減少、2~3 l/minの増加を示し、その

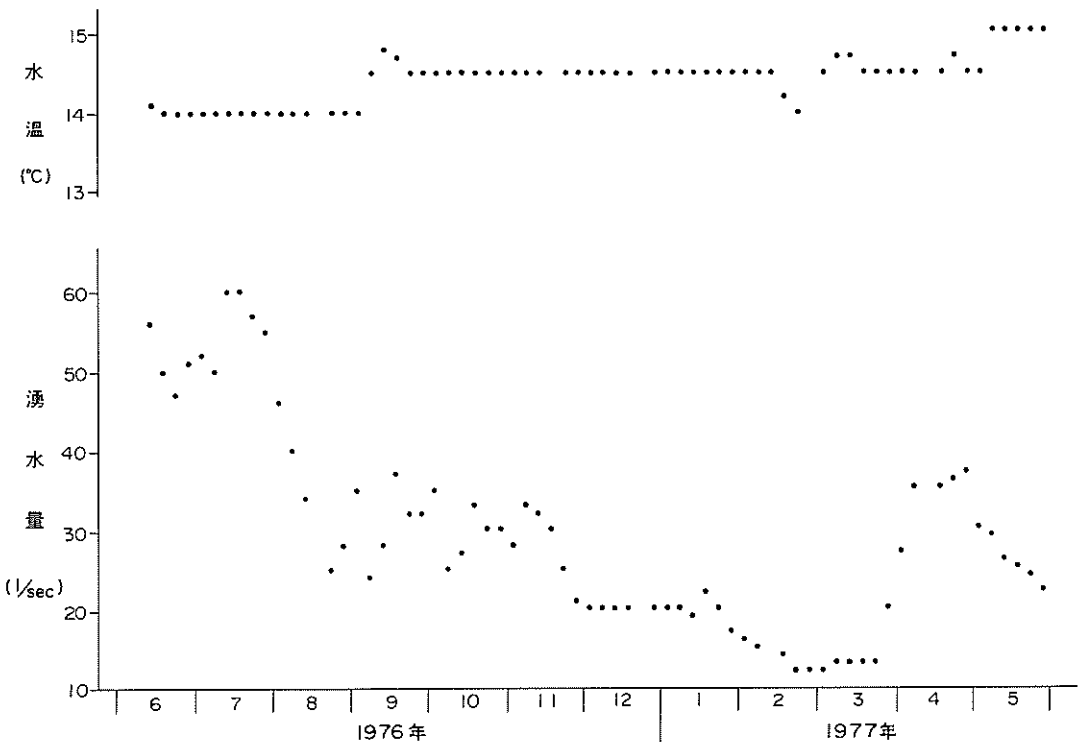
伊豆東部の地下水位等の観測と地震前後の変化（岸）



第9図 伊東市池2号井 (I-13) における水位変化

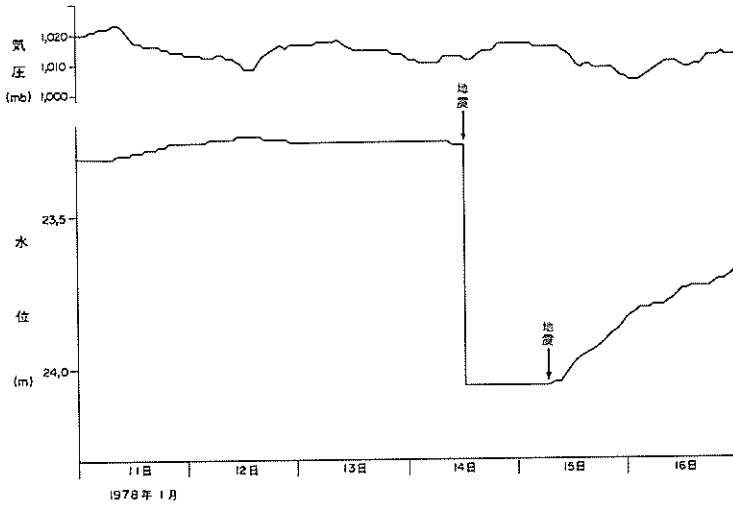


第10図 伊東水道第1水源 (I-7) における湧水量と水温

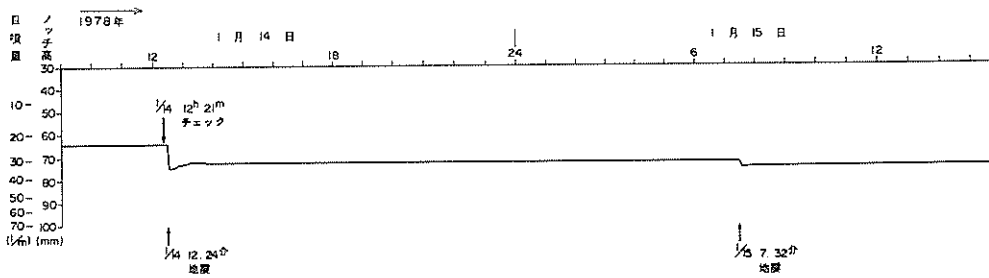


第11図 伊東水道第2水源 (I-16) における湧水量と水温

伊豆東部の地下水位等の観測と地震前後の変化（岸）



第12図 上白岩観測井における地震前後の地下水位変化



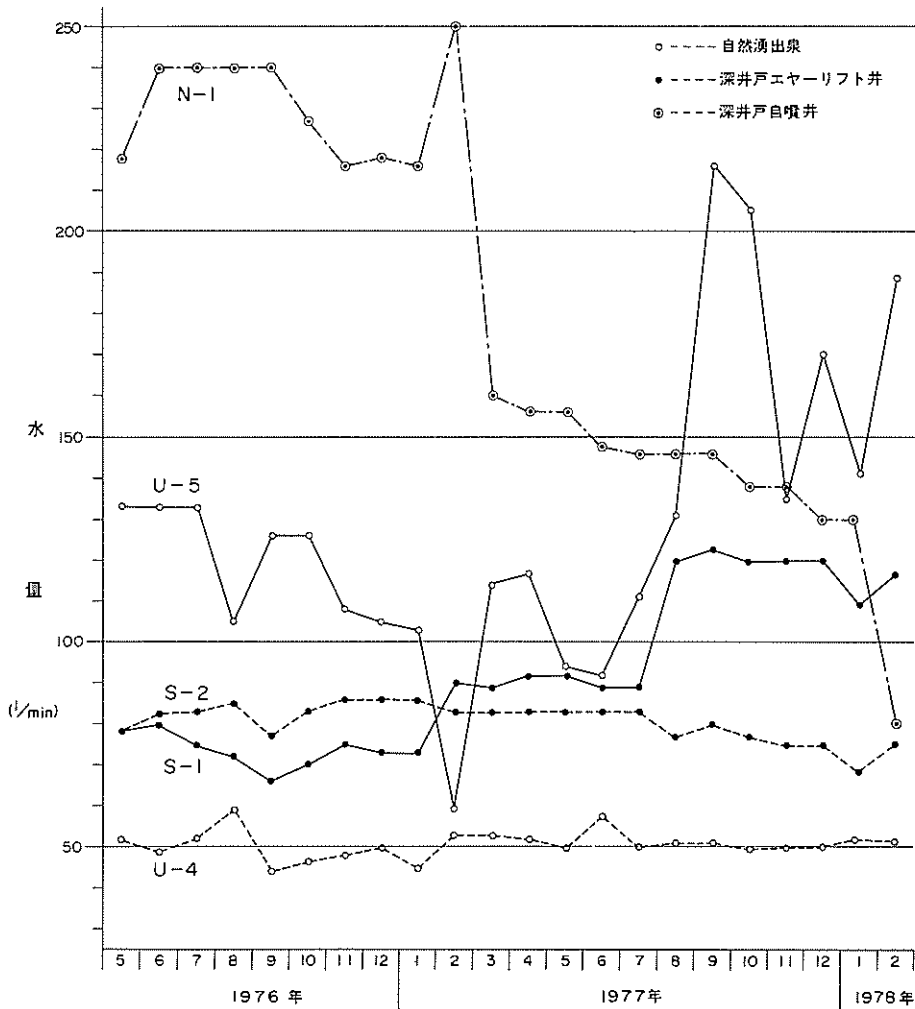
第13図 姫ノ湯水井戸における地震前後の自噴量の変化

第3表 東伊豆～南伊豆地区（稲取地区を除く）における地震前後の温泉状況

下田保健所資料およびその他の開取による

地名	地震前			地震後		
	水位 (m)	水温 (°C)	水量 (l/min)	水位 (m)	水温 (°C)	水量 (l/min)
熱川	25			35		
"	自噴			37		
"	自噴			16.5		
"	自噴			13		
片瀬	自噴	96		11	80.5	
"	18.5			30 以上		
湯ノ沢	自噴	86	132	5	80	150*
白田	12			24		
蓮台寺		51	550		50	1,100
"		44.5	500		47.5	660
下賀茂	3.3			自噴		

* リフトによる湯



第14図 温泉の湧出量変化（修善寺およびその周辺地区）

後はわずかの減少を示している。なおこの自記記録はもともと時間精度が高いものではないが、たまたま1月14日12時21分に人手による時間チェックを行っていたため、今回の地震に際しては、水量の変化が地震発生直後に現われたものであることが明らかにされた。

4. 伊豆大島近海地震前後の地下水情報収集の結果

1978年1月14日の地震発生数日後と3月に温泉源の地震前後の変化について、資料収集と聞き取り調査を行った。収集範囲は修善寺およびその周辺地区と、東伊豆町から南伊豆町にかけての地区である。

修善寺保健所では、管内温泉源の水温と水量の調査を月1回行っているが、第14図にその資料の一部を示す。図で明らかのように各種の温泉源とも、月によって水量が大きく変化する場合が多く、季節的な変化も明瞭ではない。第14図のU-4は自然湧出泉のうち変化の最も少ない例であり、U-5は大きな例であるが、自然湧出泉の大部分は季節変化が大きい。S-1とS-2は比較的近距离に位置する深井戸で、エアーリフトによる揚湯井である。揚湯井は自然的変化のほか、揚湯装置および井戸の改修・変更



第15図 稲取地区 I-20 井戸における1977年10月の自噴量



第16図 第15図と同一の井戸における1978年3月の自噴量

などによる人為的な変化を示す。また近隣井の干渉を受けることもある。N-1は深井戸自噴井の水量変化である。一般に自噴井の圧力面は（自噴量と相関する）季節変化を除いては、掘さく直後が高く、時間の経過とともに低くなる。低下の傾向は、始めは大きく次第に小さくなり、ある時期からほぼ安定するのが普通である。N-1における掘さく直後の自噴量は約350 l/min、3カ月後には300 l/minに減少したと言われている。この減少傾向は地震前まで続いており、地震後さらに大きく減少したことを示している。

第2表に稲取地区における地震前後の温泉変化を示す。この表の井戸はすべて深井戸であり、自噴井を除いてはエヤーリフトおよび水中ポンプによる揚湯井である。揚湯井の静水位は地震後大きく低下し、最も低下した井戸ではその量は40m以上を示した。また多くの井戸で揚湯量が減少し、泉温が低下した。揚湯量が著しく減少した原因は静水位が低下したことにもよるが、揚湯管などの施設が地震によって損壊したことが主な原因である。静水位は地震後約2カ月経過しても、ほとんど回復していない。

揚湯量は揚湯施設の改修・変更を行った井戸では回復し、中には地震前よりも多量に揚湯可能となっている井戸もある。

自噴井では地震後水温が上昇し、水量が増加したものが1井、変化しないものが1井ある。第15図と第16図は、ともにI-20の自噴井であり、前者は1977年10月、後者は1978年3月に撮影したものであるが、この写真から自噴量が増加していることが明らかである。

第3表に稲取地区を除く東伊豆～南伊豆における地震前後の温泉状況の数例を示す。この表における地震前の数値は、地震前数日～3カ月の状態を示すもの、また1年前、さらには掘さく時のものもあり、地震後の数値はおおむね1978年1月中のものである。

熱川・片瀬・白田では、水位が明らかに低下し、水温も僅かに下ったものとみられる。蓮台寺では水量が増加し、下賀茂では水位が上昇した。

以上述べたように、資料収集および聞き取り調査の結果、温泉状況等の地震後の変化はかなり明らかとなったが、地震直前の変化、いわゆる地震の前兆的現象は明確に把握することは出来なかった。

む す び

地下水位や湧出量は自然のおよび人為的な原因によって影響を受け、変化する。その影響の受け方は井戸あるいは水源によってそれぞれ異なり、気圧・降雨および隣接井における揚水などの影響を受け易いものから受け難いものなど様々である。したがって、地震の影響を受け易い井戸あるいは水源と、そうでないものがあることも考えられる。伊豆半島東部では、地震後の変化を示した井戸はかなり認められるが、地震前の変化、いわゆる前兆的現象を示したと見られるものは1カ所（上白岩観測井、I-6）にすぎない。今後明確な前兆的現象をとらえるには、観測点を数多く設け、その中から地震の影響を示し易いものを選び出し、精度の高い観測を続けることが肝要であろう。

Change of water level and flow rate of wells in the eastern part of Izu Peninsula at the time of the Izu-Oshima Kinkai earthquake, 1978

Kazuo KISHI

Abstract

The continual observation of water level and flow rate has been carried out at several wells and natural springs in the eastern portion of Izu Peninsula since 1976.

A well at Kami-Shiroiwa was selected for the water level monitoring and the continual observation was started since June 1976. A hydrograph, a barograph and a rain gauge were set up at the observatory. The well is 500 m deep well which was drilled in expectation of hot spring and the water level is 21~23 m below the ground surface. The water level shows usually major and minor change related to seasonal factor and the change of atmospheric pressure, respectively. The change by the latter is about 5 cm per 10 mb.

Another well at Himenoyu was added for the flow rate monitoring since July 1977. The well is about 30 m deep and has about 70 m of high water head (pressure) above the ground surface, and thus a flowmeter was set up there. The flow rate attains 25~30 l/min, and the rate shows usually seasonal change and rainfall effect.

The well at Kami-shiroiwa completely stopped the water level fluctuation for 36 hours before the outbreak of the earthquake, then the abrupt lowering of water level of 80 cm occurred after the earth-

伊豆東部の地下水位等の観測と地震前後の変化（岸）

quake. Water level was kept low for about 18 hours till the next major earthquake took place. The level showed gradual recovery after the earthquake with atmospheric fluctuation effect. On the other hand, the well at Himenoyu did not show distinct pre-earthquake change, however, the flow rate was increased by about 10 l/min after the quake.

Besides these, lowering of water level and increase of flow rate after the earthquake were observed at many wells in the end springs in the area.

(受付：1978年10月30日；受理：1978年12月2日)

伊豆半島東部地域における地下水の水温・水質と 伊豆大島近海地震前後におけるその変化について

永井 茂*・池田喜代治*・後藤 隼次**
阿部喜久男**・永田 松三**・大場 信雄*

要 旨

伊豆半島東部の異常地盤隆起に関連し、地震予知に関する地球化学的研究の一環として、昭和51年4月より伊豆半島東部地域の水井戸、湧水、温泉の水質定期観測（月1回）と、温泉の水温毎日観測を実施してきた。このデータの中に認められる昭和53年1月14日の伊豆大島近海地震（M7.0）の前後での水温・水質の変化については、下記の諸点が明らかになった。

- 1) 地震前後の変化は温泉のみに現われ、水井戸にはほとんど現われなかった。
- 2) 温泉での変化は、特定の源泉のみに現われた。
- 3) 水温の変化は地震の前にも後にも現われているが2つの源泉で地震の前兆の疑いのある有意の変化が認められた。
- 4) 水質の変化は主として地震後に現われ、1源泉で地震直後に大きく変化し、また2、3の源泉で地震後に変化を生じた。

1. 緒 言

最近、地下水を対象とする地球化学的手法による地震予知研究が重視されるようになり、各機関で研究が進められている。

地質調査所では伊豆半島中東部地域における異常地盤隆起に関連して、昭和51年4月より地震予知研究に関する地球化学的研究の一環として、水井戸、湧水、温泉を対象に、水位、水質、ラドン、溶存ガスの定期観測を開始した。また定期観測とは別に、伊豆半島には火山性の温泉が数多く分布しているが、地下深部の地殻異常は温泉の湧出量に変化を生じ、それが水温を変化させるという報告（萩原、1974；池田・阿部、1977）があるので、幾つかの源泉について水温毎日観測のデータの集計を行ってきた。このデータの中で、昭和53年1月14日の伊豆大島近海地震（M7.0）の前後に幾つかの観測井において、水温、水質の変化が認められた。

ここでは水温、水質について、昭和53年3月までの観測結果と、地震前後の変化について報告する。

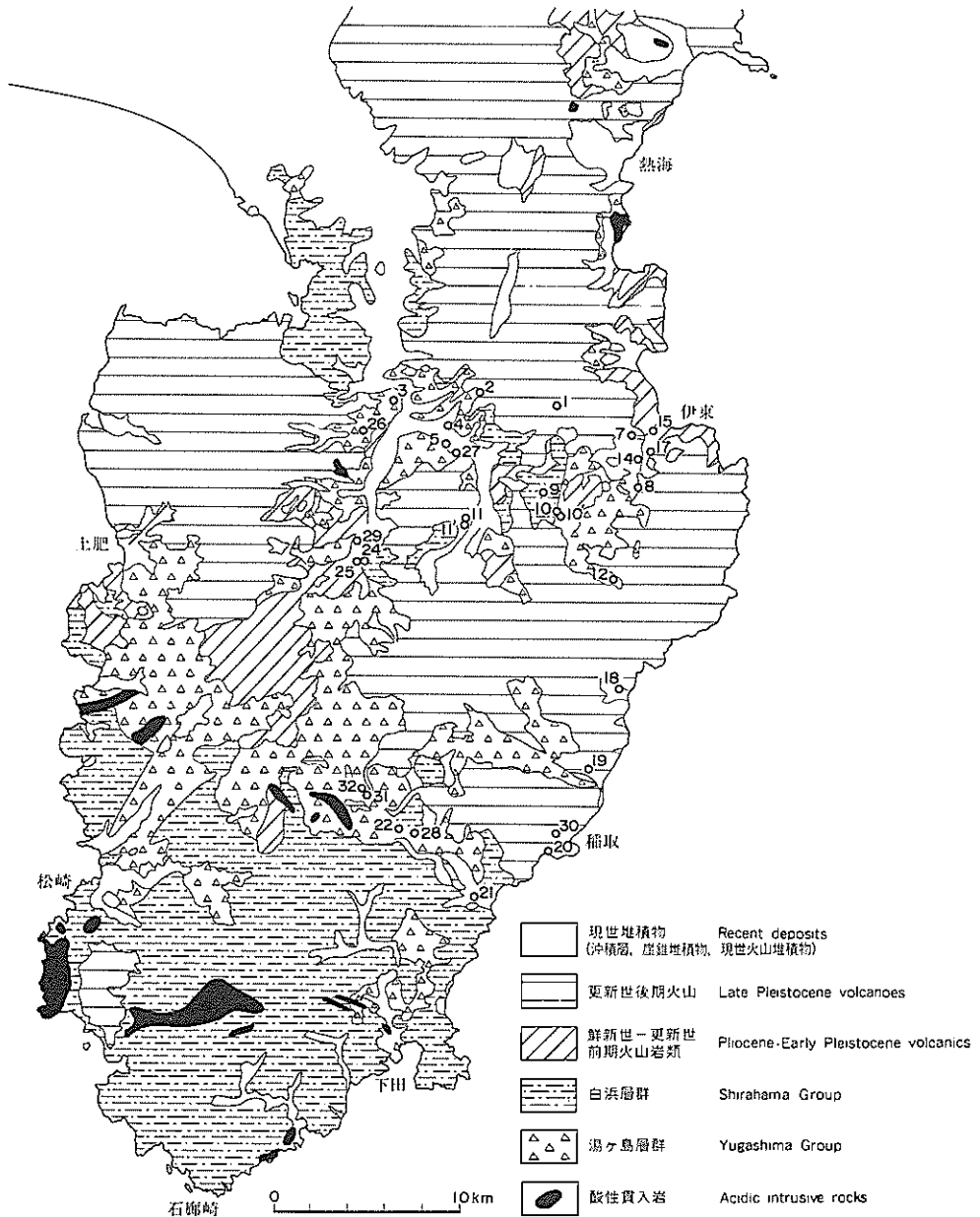
なお、本研究において、水温毎日観測を初め、各種の調査に御協力を頂いた地元の方々から心からの謝意を表す。

2. 観測井の位置及び井戸諸元

昭和51年4月に観測を開始したが、諸般の事情から途中で観測を打切った観測井もある。全観測井の位置を第1図に、その井戸諸元を第1表に示す。

* 探検地質部

** 技 術 部



第1図 伊豆半島東部地域, 水温・水質観測井位置図
 [地質図は「伊豆半島活断層図(10万分の1)」: 星野ら, 1978より転記]

3. 観測方法

3.1 水温

選定した観測井(温泉のみ)について, 原則として毎日1回一定時間に井戸元で水温を測定することを地元の人に依頼し, 観測結果を集計した。

水温測定は, 50°C以下の源泉については棒状水銀標準温度計(0.1°C目盛, 0~50°C)を, 50°C以上

伊豆大島近海地震前後における地下水の水温・水質の変化（永井・池田・後藤・阿部・永田・大場）

第1表 伊豆半島東部地域観測井一覧表

No.	観測井名	水源種類	自噴動力別	位置	深度(m)	水温(°C)	水量(l/分)	水位(m)
I-1	中伊豆スカイライン・カン トリークラブ	水井戸	動力	中伊豆町	150	14~15	不明	-70
2	修善寺町年川上水道水源	湧水	自然湧出	修善寺町	—	15.5	—	—
3	“ 生コン水源井	水井戸	動力	“	30	14.0	—	—
4	大京観光温泉2号泉	温泉	自噴	中伊豆町	500	47~50	300	—
5	吉本謙三宅温泉	“	“	“	500	48~51	25	—
7	伊東市水道山第一水源	湧水	自然湧出	伊東市	—	14~16	4,160	—
8	“ 城の平水源	“	“	“	—	14~15	8,300	—
9	全農協共済中伊豆リハビリ テーションセンター3号泉	温泉	自噴	中伊豆町	703	33~34	220	—
10	翠光園(外管)	水井戸	“	“	150	14.1	不明	—
10'	“ (内管)	“	“	“	300	14.0	—	—
11	姫ノ湯	温泉	“	“	500	29~31	14	—
11'	“	水井戸	“	“	35	15	26	—
12	伊東市池浄水揚1号泉	“	動力	伊東市	50	11~13	不明	—
14	逓信保養所(伊豆荘)	温泉	“	“	411.8	47~49	—	—
15	伊東光風閣1号泉	“	“	“	450	28~29	—	—
17	“ 2号泉	“	“	“	500	36~37	—	—
18	大川荘	“	“	東伊豆町	600	52~57	—	—
19	片瀬山荘	“	“	“	398	91~92	—	—
20	稲取保養所	“	“	“	391	75~83	—	—
21	吉田荘	“	“	河津町	88.1	60~65	—	—
22	国民宿舍かわず	“	“	“	150	60~61	—	—
24	門野原1号泉	“	“	天城湯ヶ島町	150	44~45	130	—
25	“ 2号泉	“	“	“	122	38~43	83~86	—
26	虎浜荘	“	“	修善寺町	160	33	—	—
27	中伊豆温泉病院2号泉	“	“	中伊豆町	700	51.7	不明	—
28	民宿みなみ	“	自噴	河津町	200	42.7	110	—
29	慶応リハビリテーション	“	動力	天城湯ヶ島町	56.7	39.2	不明	—
30	稲取20号泉	“	自噴	東伊豆町	261	32.4	—	+0.2
31	桜井温泉	“	“	河津町	214	56	220	—
32	吉川温泉	“	“	“	400	25.6	不明	—

注) 番号は、研究開始からの通し番号

の源泉については水銀留点温度計(0.5°C目盛, 0~100°C)を使用した。

3.2 水質

定期観測においては、地震前に前兆的变化をするパラメーターならびに成分といわれる水温、pH、Cl⁻、F⁻(脇田, 1978)と、電導度、pH4.8アルカリ度、及び本地域の温泉の主成分であるSO₄²⁻を測定・分析し、陽イオンはじめ、その他の成分については観測井の水質解析など、必要に応じて分析・測定を実施した。

分析・測定方法は、

水温：棒状水銀標準温度計(0.1°C目盛, 0~50°C及び50~100°C)で測定。

電導度：携帯用電導度計(東亜電波製, M-1F型)で測定し、温度補正(25°C換算)。

pH：比色法(指示薬はBTB, PR, TB)で測定。

Cl⁻：10mg/l以下はチオシアン酸第二水銀-吸光光度法。10mg/l以上は硝酸銀滴定法。

SO₄²⁻：50mg/l以下はクロ酸バリウム・酸懸濁法-吸光光度法。50mg/l以上は硫酸バリウム重量法。

F⁻：イオン電極法。

Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Fe, Mn, SiO₂：原子吸光法。

なお、水温、pH、電導度、pH 4.8アルカリ度は現地、他は室内にて分析・測定した。

4. 観測結果

4.1 水温

水温の毎日観測を依頼した源泉は延べ13井であるが、種々の事情で観測を中断したもの、途中で観測を打切ったものもある。観測結果は第2図に示した。

観測データについて水温変化の要因を検討した結果、次の事項が判明した。

1) 観測期間中、水温の変動が非常に小さい源泉 (I-15, 17, 19, 22)。これらは、連続揚水であって測定条件が常に一定し、あるいは断続揚水であってもポンプ運転開始後、測定までの時間を十分長くとしている源泉である。

2) 天候、特に降雨等の影響を受ける源泉 (I-4, 5, 18, 20, 21)。これらは雨や気温の影響を受けやすい自噴泉と、ポンプのベルトが雨でゆるみ、揚水量の減少で水温が低下したり、雨水が源泉に差し込んで水温が低下する源泉である。ベルトの交換や、井戸管の改修後は水温の変動は減少している。

3) 揚水時間の影響を受ける源泉 (I-14, 26)。これらは断続揚水のため、揚水開始後の測定までの時間の長短が水温に変動を与えている。

4) 近くにある他源泉の揚水の影響を受ける源泉 (I-21, 24, 25)。これらは源泉間の相互の水温干渉であって、揚水停止、自噴停止、揚水量の変化などで水温が低下する。

5) 観測期間中、徐々に水温が低下している源泉 (I-4, 5)。これらは自噴圧の低下 (湧出量の減少)、井戸管の老化 (スケールの付着による湧出量の減少) 等による。

等の事実が明らかになった。

伊豆大島近海地震前後の水温の変動としては、地震前に I-4 及び 21 に地震の前兆の疑いのある変化が認められており、これらについては後述する。なお、地震後における自噴停止 (I-5) や水温の低下 (I-24, 25) も見られる。

4.2 観測井の水質

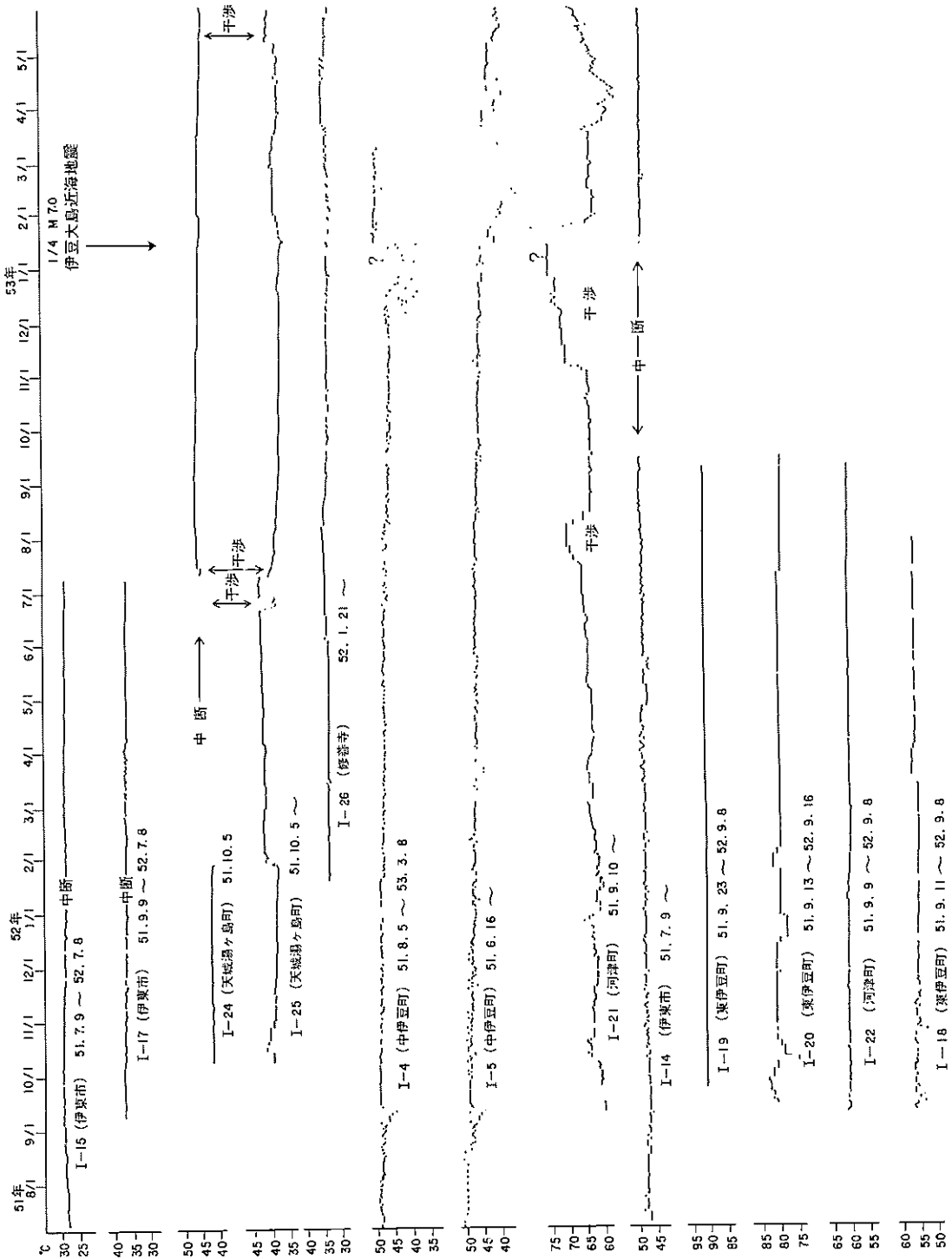
水質分析を行った観測井は温泉16井 (内定期観測井でないもの9井)、水井戸6井、湧水3地点である。全観測井の水質分析結果を第2表に、水質組成を示すキータイヤグラムを第3図に、水質図 (ヘキサダイヤグラム) を第4図及び第5図に示す。

水質分析結果に基づいた地球化学的考察を水井戸 (湧水を含む) と温泉に分けて行う。

水井戸 (湧水) は何れも溶存成分量が少なく、また鉄、マンガンをほとんど含まず、水質は良質である。水質組成を示すキータイヤグラム (第3図) から、本地域の地下水は3つのグループに分けられる。Iのグループ (I-3, 8, 12) は pH が7以下、 SiO_2 が30 mg/l 以下であり、狩野川の伏流水である I-3 を除いて溶存成分量が最も少なく、供給源からの距離、地層中の滞留時間も比較的短いと考えられる。IIのグループ (I-1, 2, 7, 11') は、pH は7.1~7.3、 SiO_2 は33~38 mg/l とやや多い。IIIのグループ (I-10, 10') は水質組成が $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 型と NaHCO_3 型の中間にあり、pH が8.5~9.0 と高く、Mg がほとんど存在せず、 SiO_2 も11~15 mg/l と少なく、特異な水質である。

温泉は本地域ではほとんどが新生代中新世の湯ヶ島層群 (一部白浜層群) より湧出する。しかし、温泉は帯水層の連続する地下水と異なり、泉脈は局地的であり、熱源からの距離、地層・岩質の違い、地下水や海水の混入などが複雑にからみ合うため、水温、水質は地域により、また深度によって非常に異なっている。概略的に本地域の温泉を分けると、海岸部には食塩泉タイプ (NaCl 型)、内陸部にはばう硝泉タイプ (Na_2SO_4 型) が分布するが、河津町梨本、天城湯ヶ島町には石こう泉タイプ (CaSO_4 型) が、中伊豆町東部には重そう泉タイプ (NaHCO_3 型) も存在する。溶存成分量では中伊豆町の中でも温泉井によって大きな差がある。例えば蒸発残留物でみると200 mg/l から約6,000 mg/l の広いはらつきが認められる。

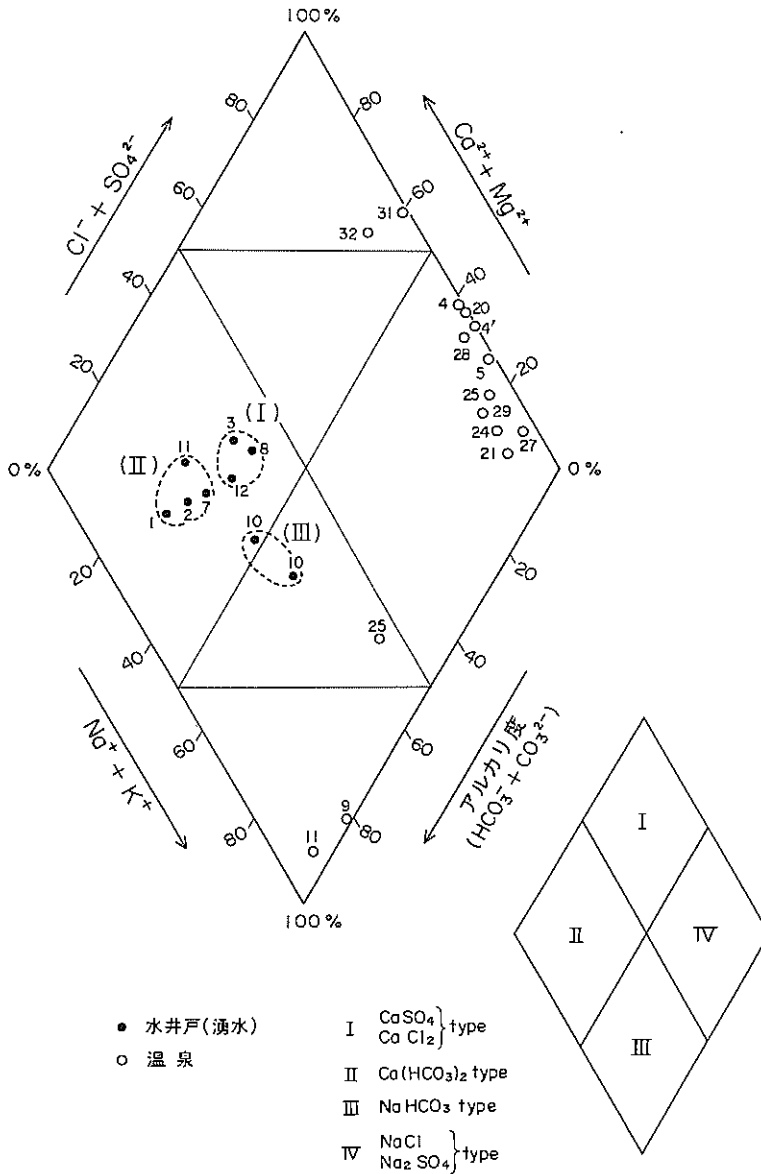
伊豆大島近海地震前後における地下水の水温・水質の変化 (永井・池田・後藤・阿部・永田・大場)



第2図 泉温毎日観測結果

第2表 水質分析結果一覽表

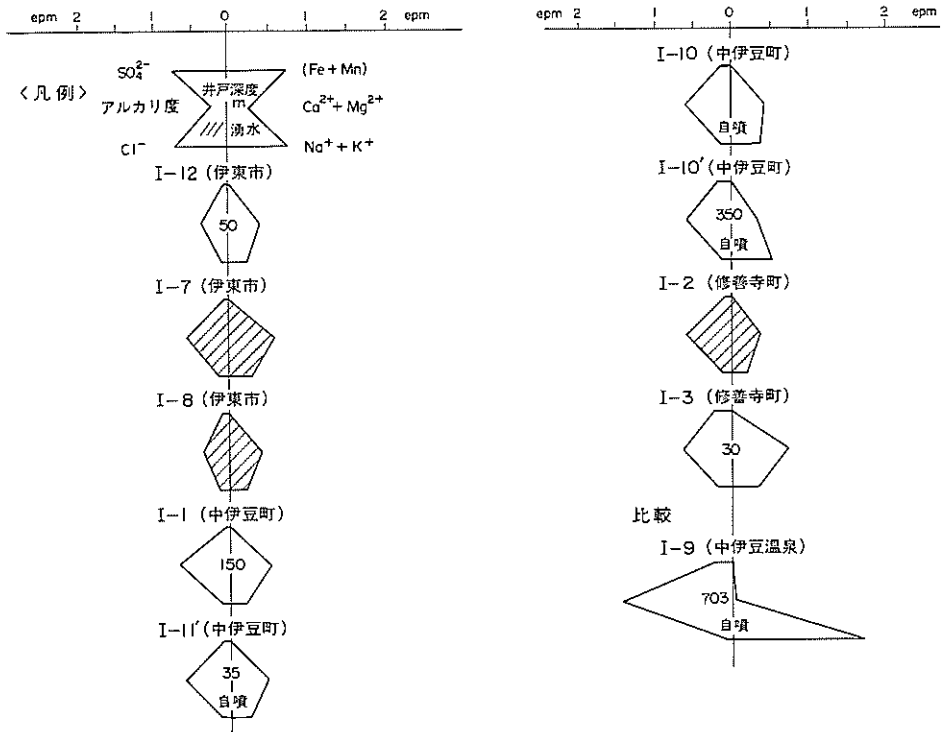
No.	所在地	水源	採水年月日	水温	電導度	pH	アルカリ度 CaCO ₃ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	SiO ₂ mg/l	F ⁻ mg/l
1-7	伊東市	湧水	51. 7. 6	15.7	95.0	7.2	28.5	5.5	2.8	7.0	2.7	6.0	1.1	37.4	—
8	"	"	51. 7. 6	14.5	70.0	6.8	16.5	4.7	5.0	5.0	2.0	4.9	1.0	24.2	—
12	"	水井戸	51. 7. 6	12.0	57.8	6.8	19.0	4.0	4.3	5.2	1.5	4.5	0.7	27.8	—
1	中伊豆町	"	51. 7. 7	14.6	89.4	7.1	33.0	3.6	1.7	6.7	2.6	4.6	0.4	37.4	—
10	"	"	51. 7. 8	13.7	88.9	8.5	29.0	4.6	6.5	8.6	0.1	8.9	0.3	14.9	0.00
10'	"	"	52. 9. 21	14.0	94.1	9.2	27.5	3.5	9.3	7.0	0.04	12.1	0.1	11.7	0.00
11'	"	"	52. 3. 16	15.4	77.4	7.1	29.0	4.4	5.0	6.6	1.8	5.6	1.0	37.9	0.00
2	修善寺町	湧水	51. 7. 7	15.5	65.6	7.3	28.1	3.8	2.8	6.6	2.0	4.6	0.6	33.4	—
3	"	"	51. 7. 7	14.5	122	6.3	32.5	6.1	11.5	9.6	3.1	7.5	0.9	23.8	0.00
4	中伊豆町	水井戸	52. 6. 24	47.5	3,970	9.0	21.6	269	1,702	355	0.0	639	5.0	23.0	4.52
5	"	温泉	52. 2. 16	47.3	3,350	9.0	22.5	224	1,390	179	0.2	573	3.2	39.2	—
9	"	"	51. 6. 11	33.7	167	9.3	71.0	4.8	9.7	0.4	0.0	38.0	1.6	88.6	0.18
11	"	"	51. 7. 7	30.0	473	8.5	240	4.2	17.6	3.3	0.6	111	1.0	35.9	0.31
27	"	"	52. 6. 24	51.5	2,480	8.9	37.5	136	908	53.7	0.2	440	3.0	66.4	1.18
4'	"	"	53. 3. 17	33.7	4,472	8.3	30.0	283	2,372	400	9.8	930	9.8	17.5	—
25	修善寺町	"	53. 3. 17	29.9	309	8.4	72.0	28.8	18.7	9.6	0.12	58.1	0.7	26.4	—
24	天城湯ヶ島町	"	53. 3. 17	44.5	1,131	8.4	37.0	39.5	333	32.0	0.06	174	4.9	44.0	—
25	"	"	53. 3. 17	37.2	1,264	8.5	33.6	56.6	461	56.9	0.12	212	6.0	46.4	—
29	"	"	52. 7. 19	39.1	687	8.4	26.0	29.5	220	28.5	0.4	114	1.9	44.5	0.56
21	河津町	"	53. 3. 24	59.6	952	8.6	50.0	302	58.5	32.0	0.4	222	14.5	58.0	—
28	"	"	52. 6. 25	42.6	1,060	9.3	18.0	36.6	408	73.0	0.0	161	0.8	27.5	0.32
31	"	"	53. 3. 15	56.5	1,380	8.8	10.0	56.6	638	190	0.06	144	3.1	39.5	—
32	"	"	53. 3. 15	26.0	495	8.6	21.0	12.4	159	54.8	0.9	34.7	0.7	25.5	—
20	東伊豆町	"	53. 3. 15	84.0	6,500	7.8	36.0	1,845	688	496	6.9	1,012	57.4	77.6	—
30	"	"	53. 3. 16	32.7	1,100	8.4	9.6	6.2	551	195	1.6	39.5	2.5	38.0	—



第3図 水質組成のキーダイヤグラム

狭い地域中でも源泉による泉質の違いがある。その具体的な例を示すと、河津町梨本の I-31 と 32 の源泉は、互いに 500m 離れた位置にあり、深度はそれぞれ 200m と 400m である。水温が前者が約 56°C 後者は約 26°C、SO₄²⁻ 量は同じく 640 mg/l 及び 160 mg/l と著しく異なる。また中伊豆町上白岩地区の約 1.5km の範囲内にある I-4, 4', 5, 27 の 4 源泉（I-27 のみ深度 700m, 他は 500m）の水質をみると、何れも含石こうぼう硝泉であるが、水質図（第 5 図）に示す通り、水質、溶存成分量にはかなりの差が認められる。同様に、互いに 5 km 離れた中伊豆町の I-9 を 27 は、井戸深度は 700m と同じであるにもかかわらず、水温、水質組成、溶存成分量が全く異なる。

このように、同じ湯ヶ島層群中の中の温泉であっても、水質からみて地質構造、地下水理が非常に異



第4図 水井戸，湧水の水質図（ヘキサダイグラム）

なるものと推定され、地震に対応する水温、水質の変化の現われ方に違いが出るものと思われる。

4.3 水質の経時変化

月1回の定期観測を実施した16観測井について、水温、pH、電導度、pH 4.8アルカリ度、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 F^- （温泉のみ）の6成分の分析結果を、観測井別に第6図から第21図に示す。

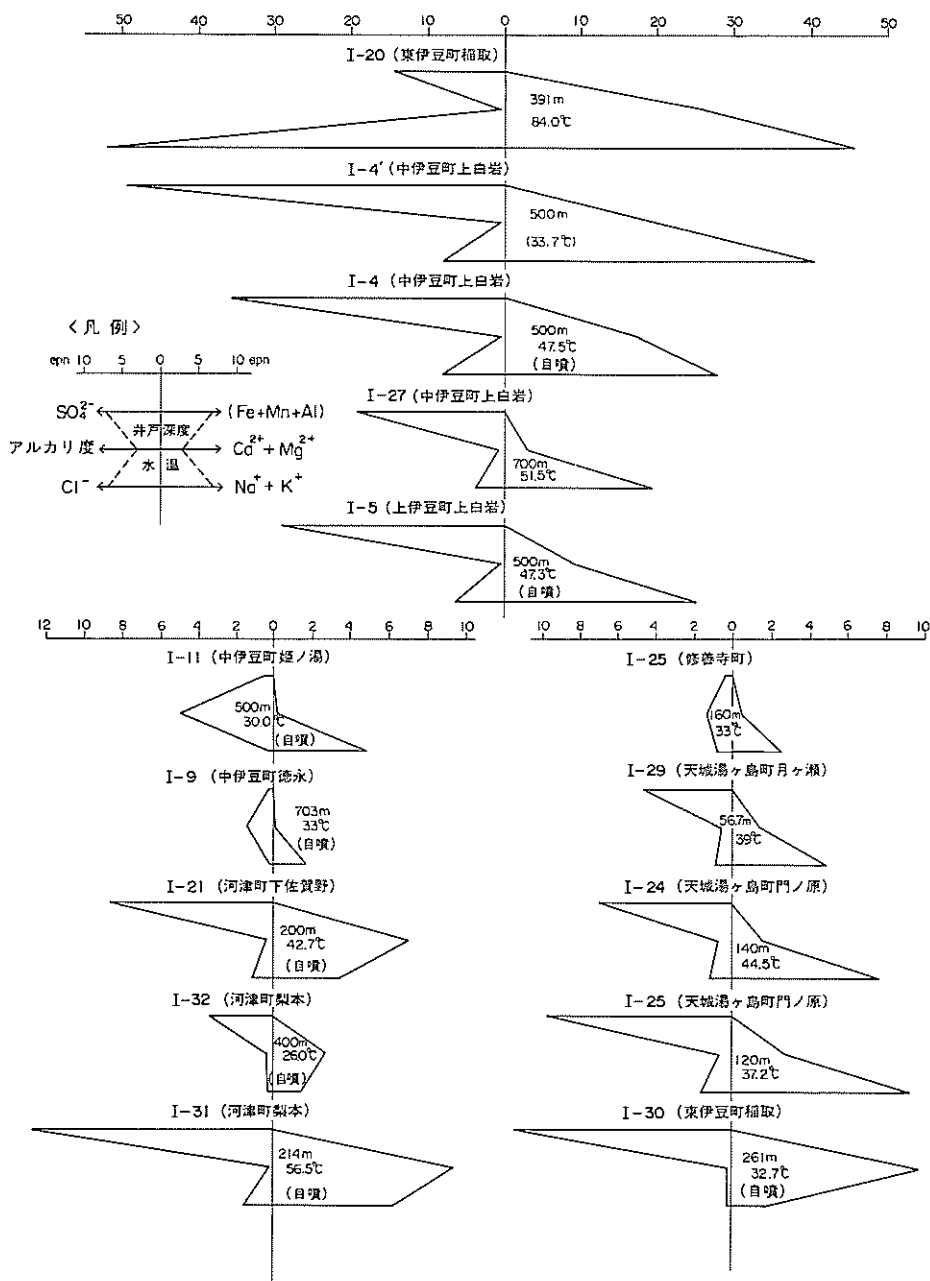
以下、観測井ごとに検討した結果について述べる。

1) 水井戸 I-1 (第6図) では水温、電導度を除いて変動は小さく安定している。I-3 (第8図) は狩野川の伏流水であり、季節変化が水温にはっきり現われている。気温と水温のずれは約3カ月であり、表流水が伏流してから3カ月後に井戸に到達していることを示している。各成分とも水温ほどでないが、季節変化に近い変動を示している。I-10 (第14図) では電導度以外は変動が小さいが、地震後に Cl^- の減少、 SO_4^{2-} の増加が見られる。I-10' (第15図) でも電導度以外は全般に変動が小さいが、 SO_4^{2-} が地震の前に低い値を示しているのが注目される。I-11' (第17図) では水温、電導度、 SO_4^{2-} が大きく変動しているが、その原因は不明である。I-12 (第18図) では水温の変動が大きく、季節変化とはやや違った変動を示している。また、 SO_4^{2-} が昭和52年5～8月に増加しているが、これも原因は不明である。

2) 湧水 I-2 (第7図) では電導度以外の変動は少なく、安定している。I-7 (第11図) は電導度、pH 4.8 アルカリ度の変動が大きく、 Cl^- 、 SO_4^{2-} は変動が小さい。I-8 (第12図) は水温に季節変化らしい変動が見られ、 Cl^- と SO_4^{2-} は逆の変動を示している。

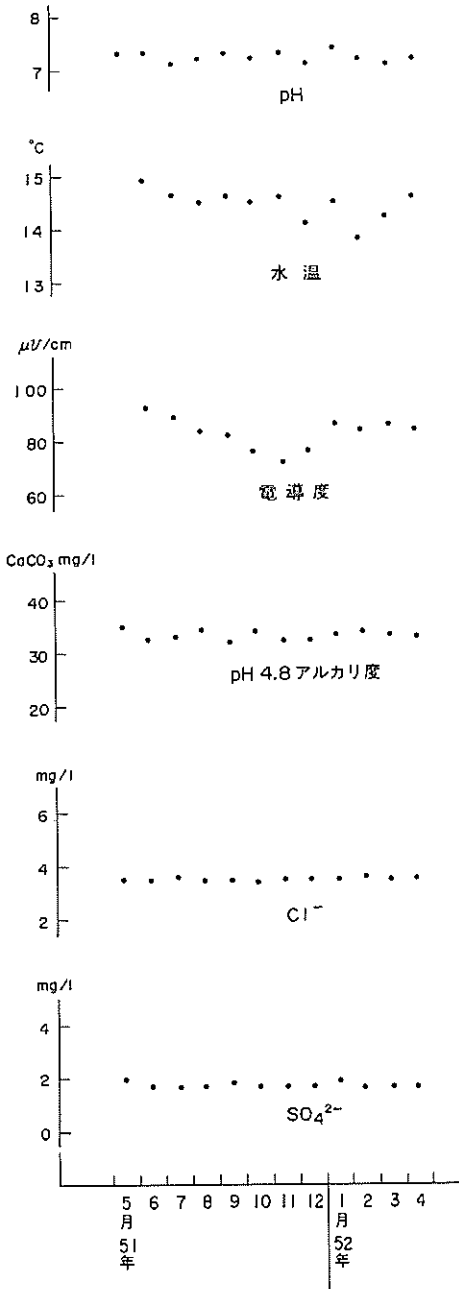
3) 温泉 I-4 (第9図) では全体として比較的変動が小さく、水温だけが地震前に大きく低下しているが、これについては後述する。 SO_4^{2-} がわずかながら減少しており、地震前に最低を示している。I-5 (第10図) では変動がやや大きい、電導度を含め、各成分とも似たような変動を示している。I-9

伊豆大島近海地震前後における地下水の水温・水質の変化（永井・池田・後藤・阿部・永田・大場）

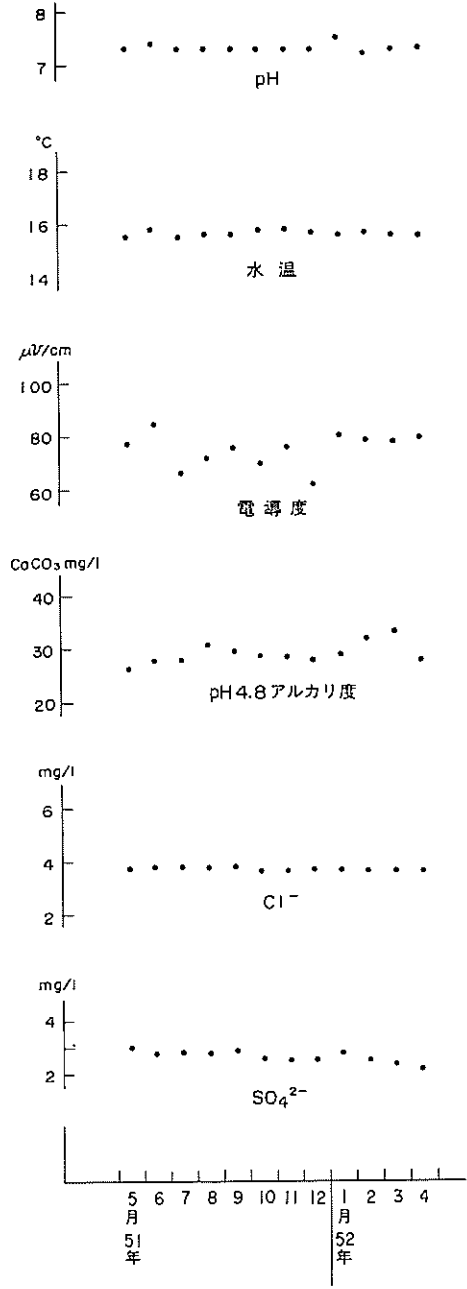


第5図 温泉の水質図（ヘキサダイアグラム）

(第13図) はもっとも溶存成分が少なく、変動も小さい。地震前に水温がやや低下しており、地震後に pH が上がり、 F^- が減少している。I-11 (第16図) では主成分の pH 4.8 アルカリ度の変動がやや大きい、それ以外は比較的安定している。I-27 (第19図) では Cl^- 、 SO_4^{2-} が電導度と同じ変動を、pH 4.8 アルカリ度は逆の変動を示している。地震後の大きな変動については後述するが、変動の傾向は同じであり、昭和52年2月及び6月の SO_4^{2-} 等の減少と pH 4.8 アルカリ度の増加とは互に逆の関係にある。I-20 (第20図) では比較の変動は小さいが、pH が地震前に最低を示している。I-21 (第21図) で

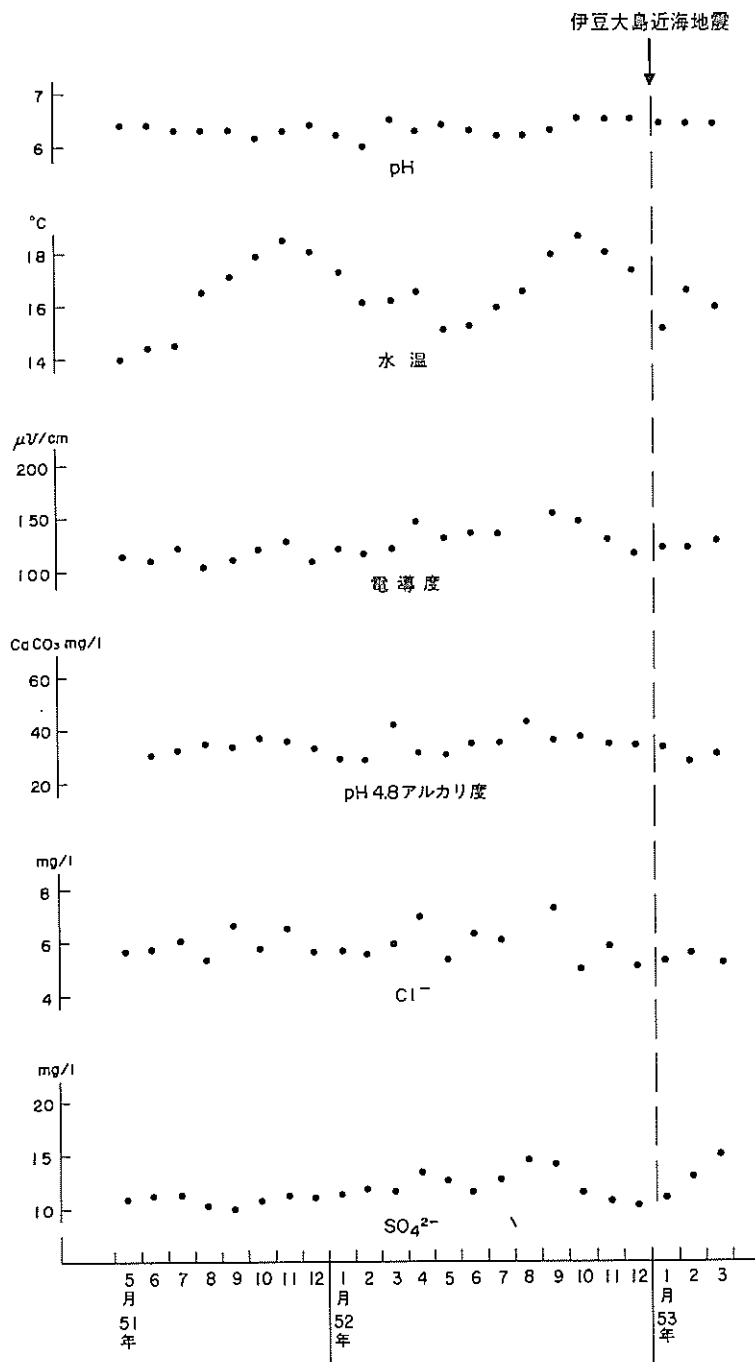


第6図 水質の経時変化-1 I-1 (中伊豆町, 水戸)

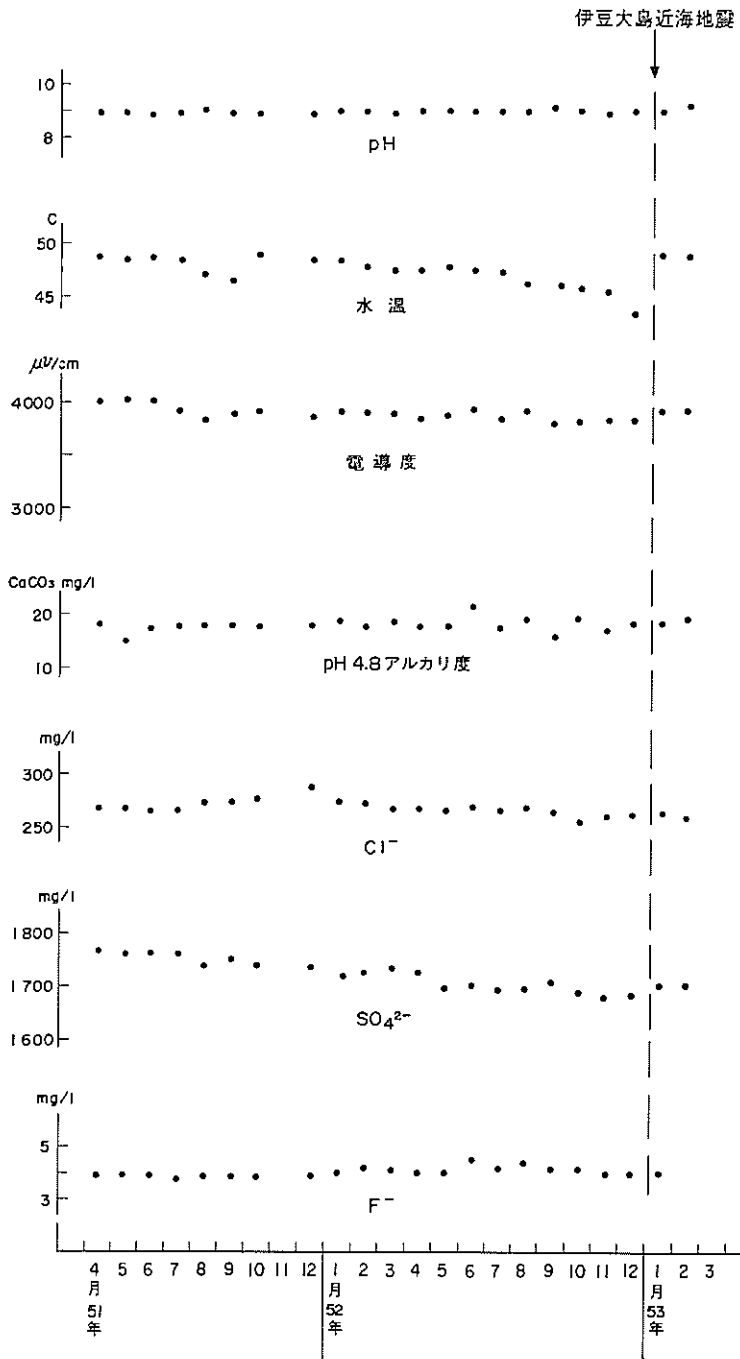


第7図 水質の経時変化-2 I-2 (修善寺町, 湧水)

伊豆大島近海地震前後における地下水の水温・水質の変化（永井・池田・後藤・阿部・永田・大場）

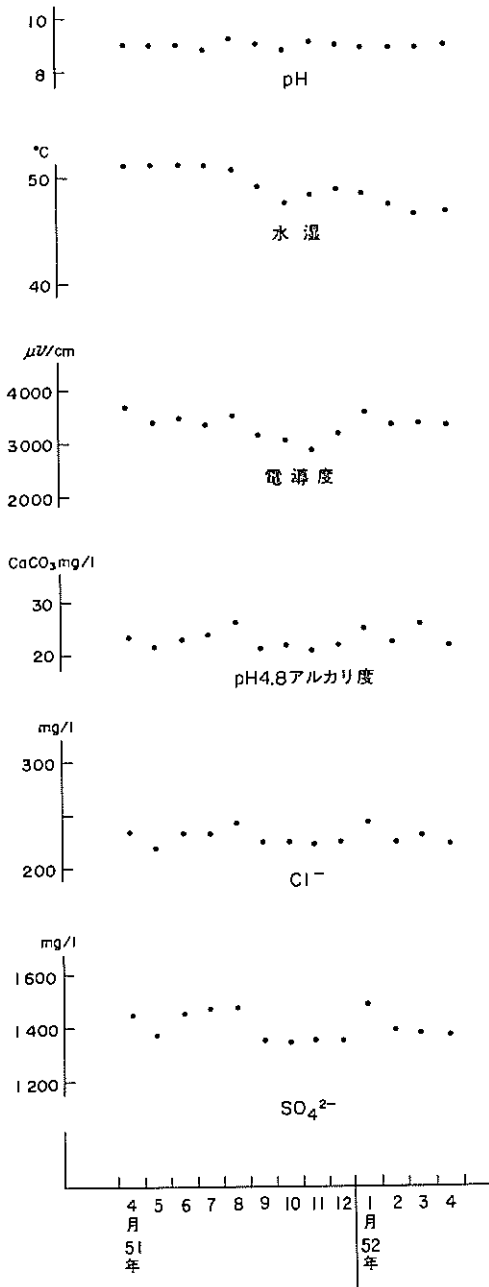


第8図 水質の経時変化-3 I-3（修善寺町，水井戸）

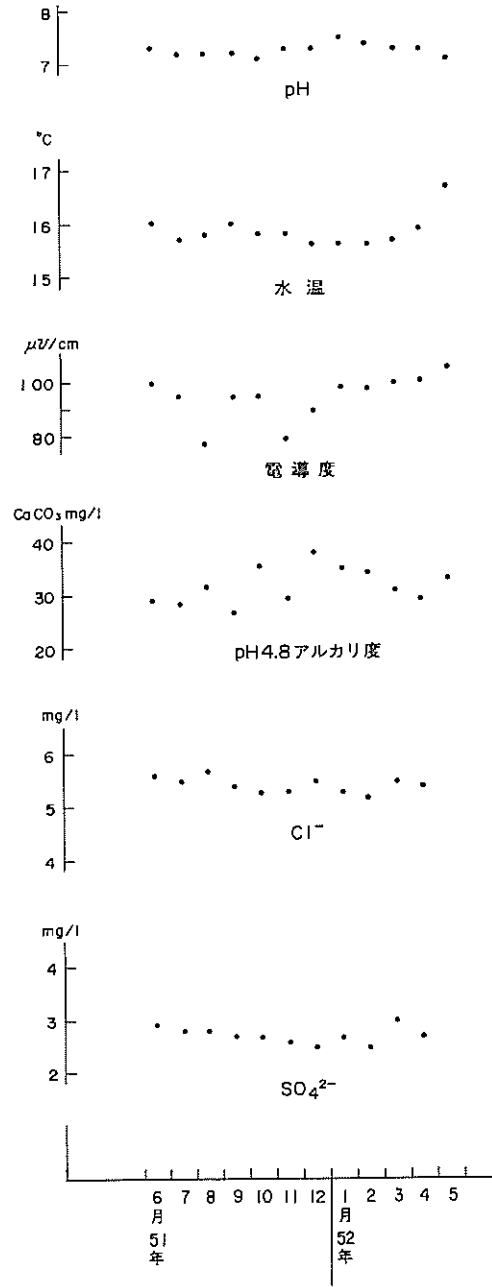


第9図 水質の経時変化-4 I-4 (中伊豆町上白岩, 自噴泉)

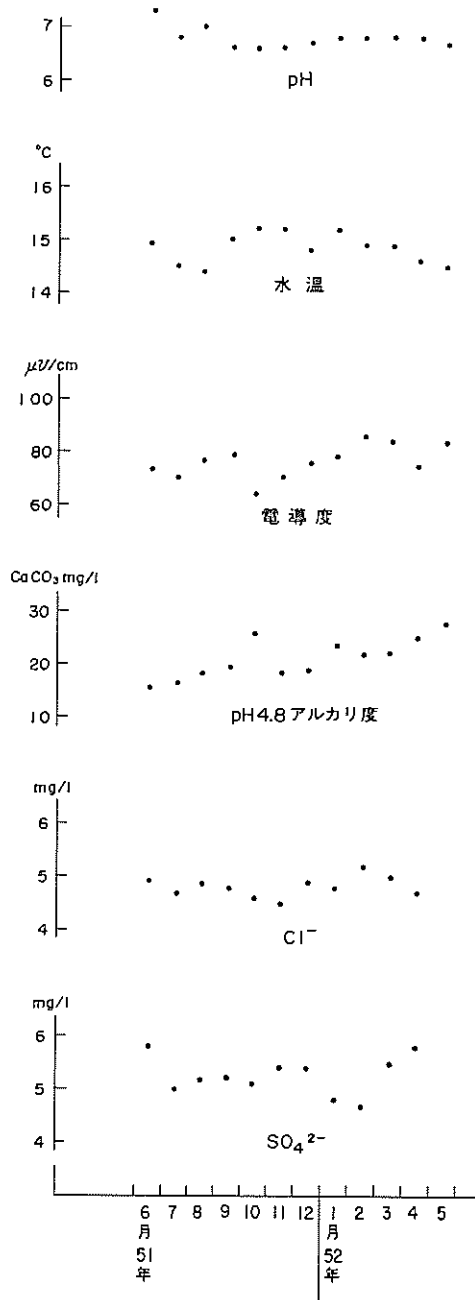
伊豆大島近海地震前後における地下水の水温・水質の変化 (永井・池田・後藤・阿部・永田・大場)



第10図 水質の経時変化-5 I-5 (中伊豆町上白岩, 自噴泉)

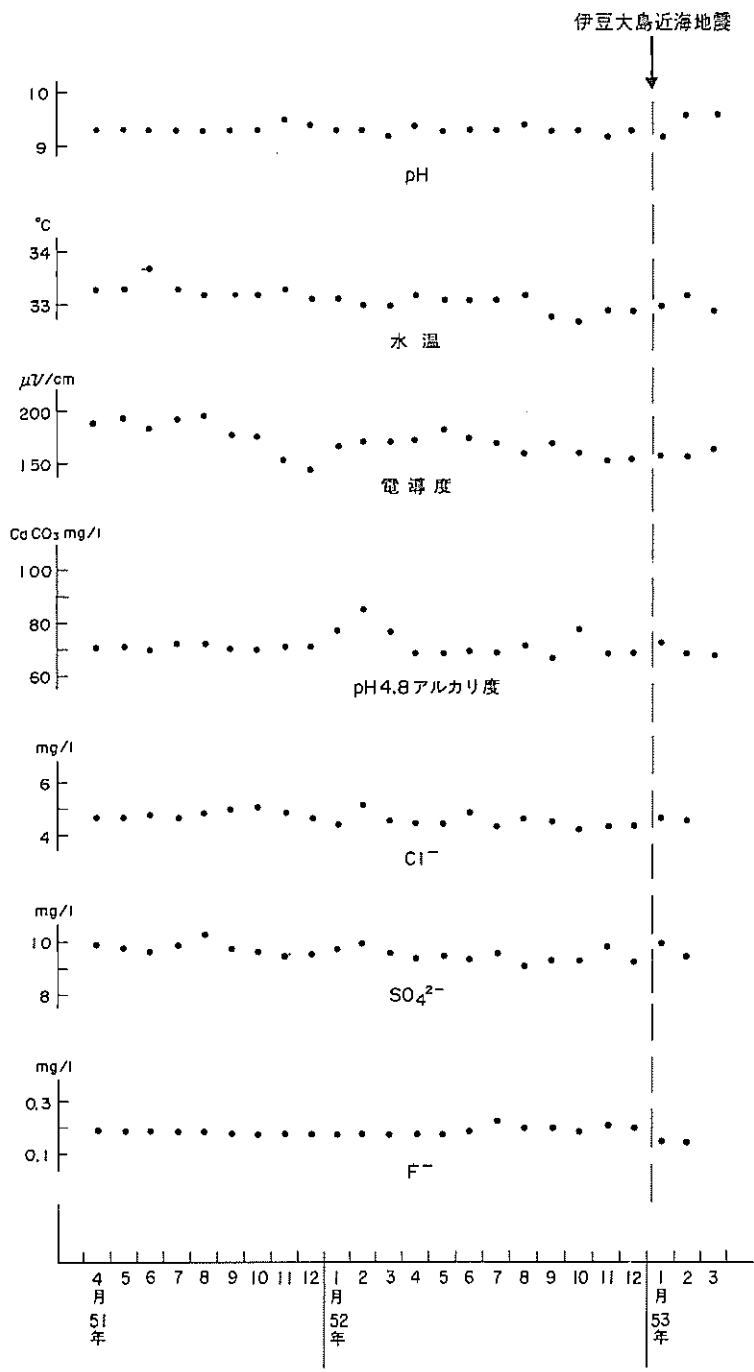


第11図 水質の経時変化-6 I-7 (伊東市, 湧水)

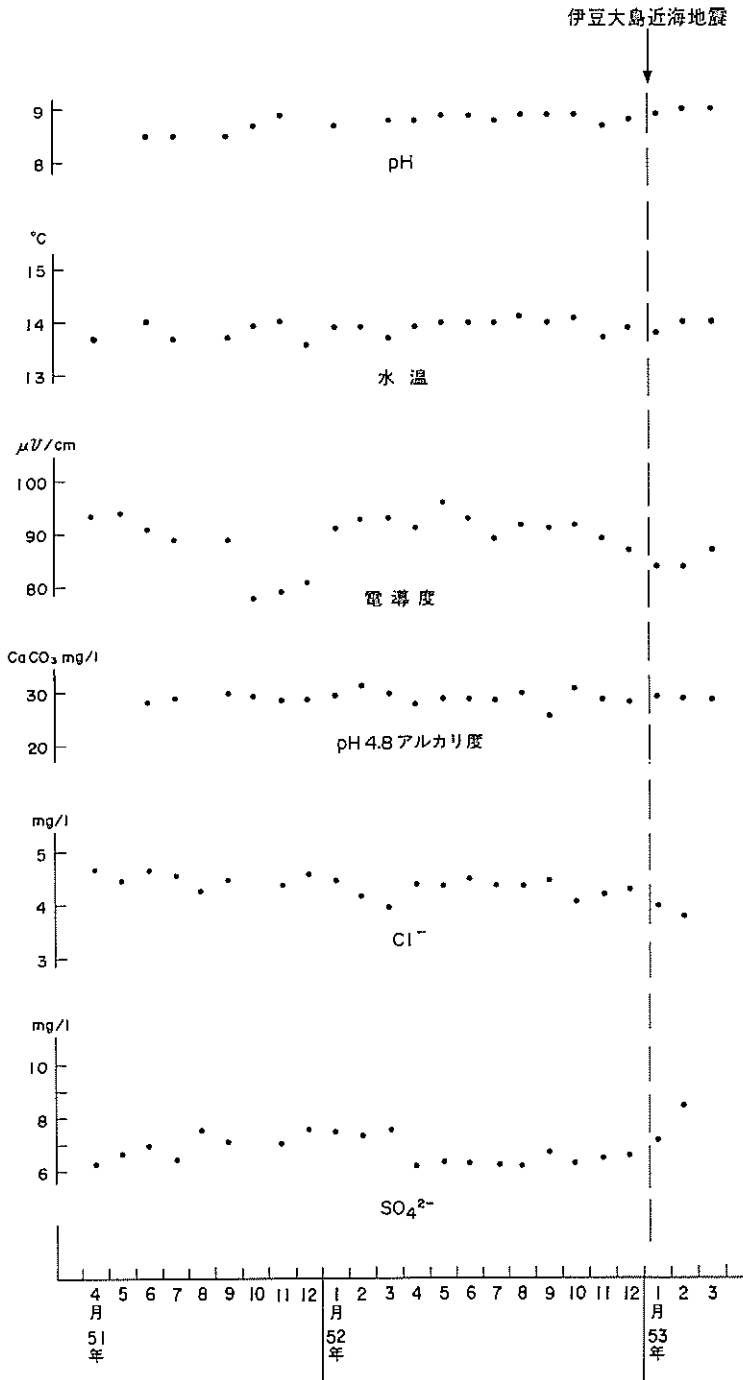


第12図 水質の経時変化-7 I-8 (伊東市, 湧水)

伊豆大島近海地震前後における地下水の水温・水質の変化（永井・池田・後藤・阿部・永田・大場）

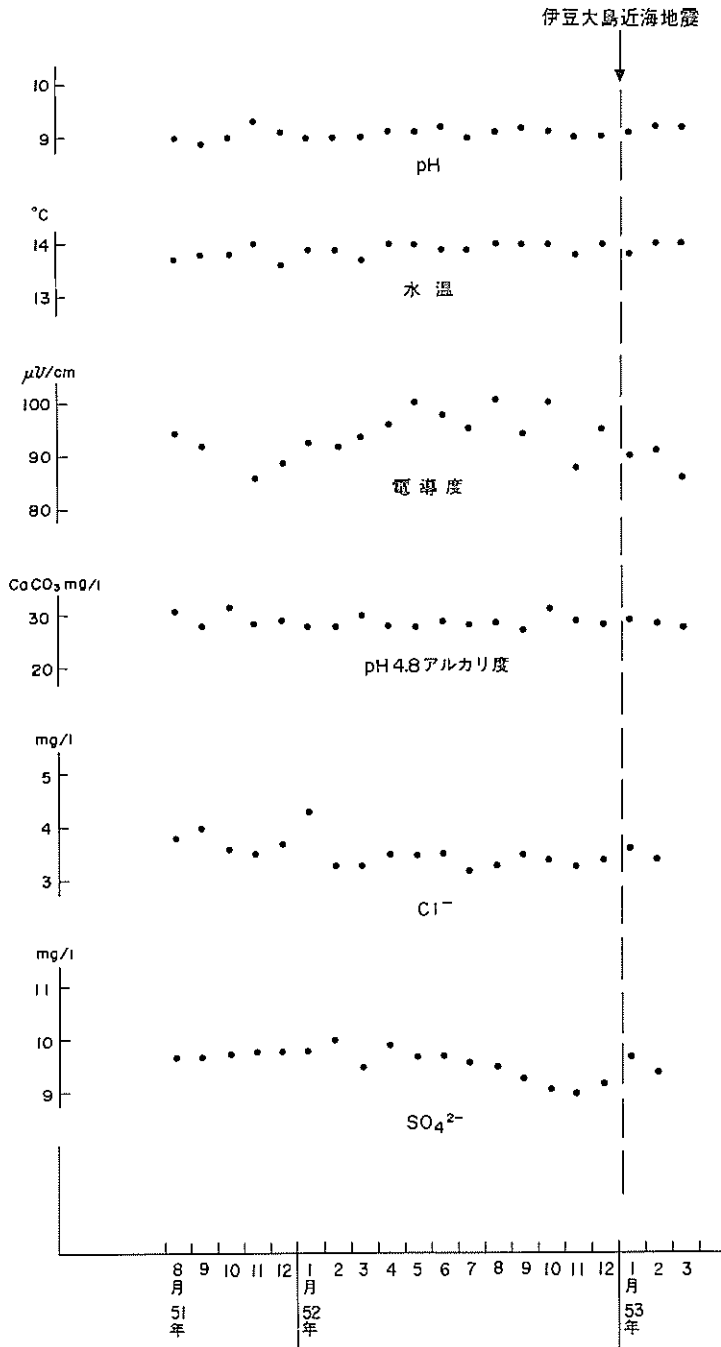


第13図 水質の経時変化-8 I-9 (中伊豆町徳永, 自噴泉)

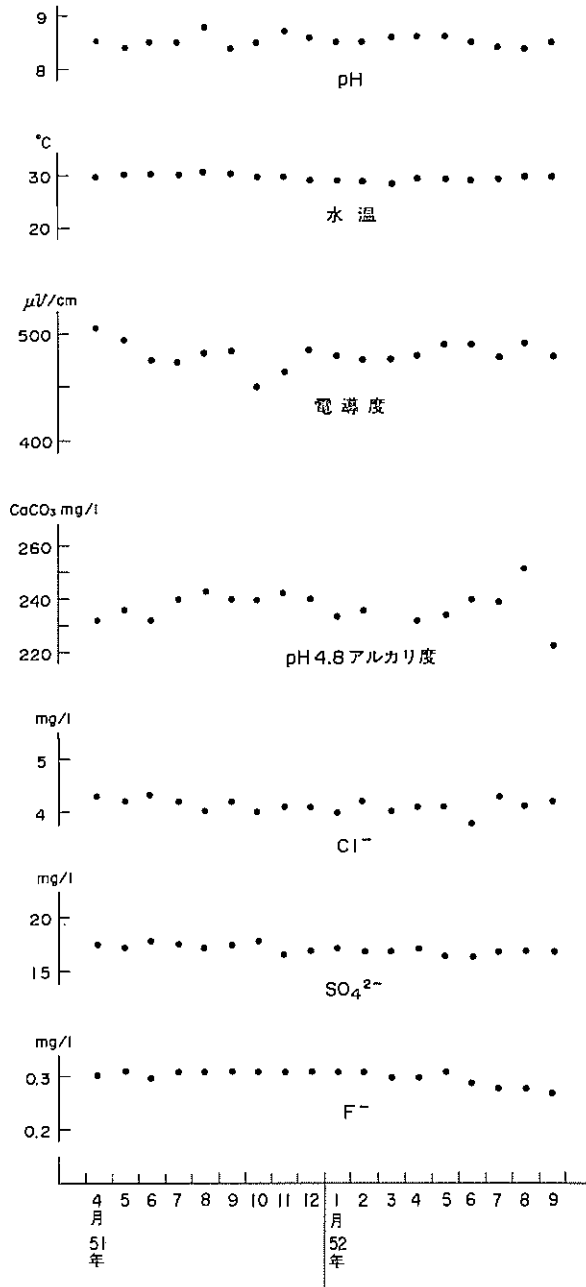


第14図 水質の経時変化-9 I-10 (中伊豆町徳永, 自噴井)

伊豆大島近海地震前後における地下水の水温・水質の変化（永井・池田・後藤・阿部・永田・大場）

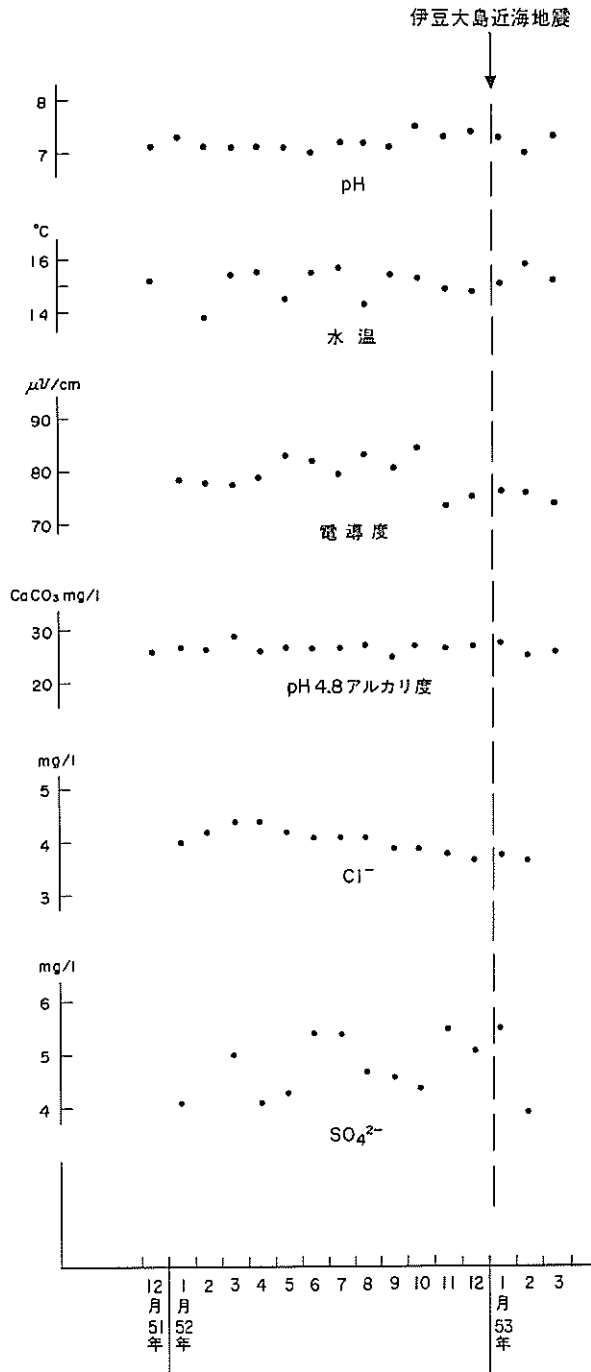


第15図 水質の経時変化-10 I-10' (中伊豆町徳永, 自噴井)

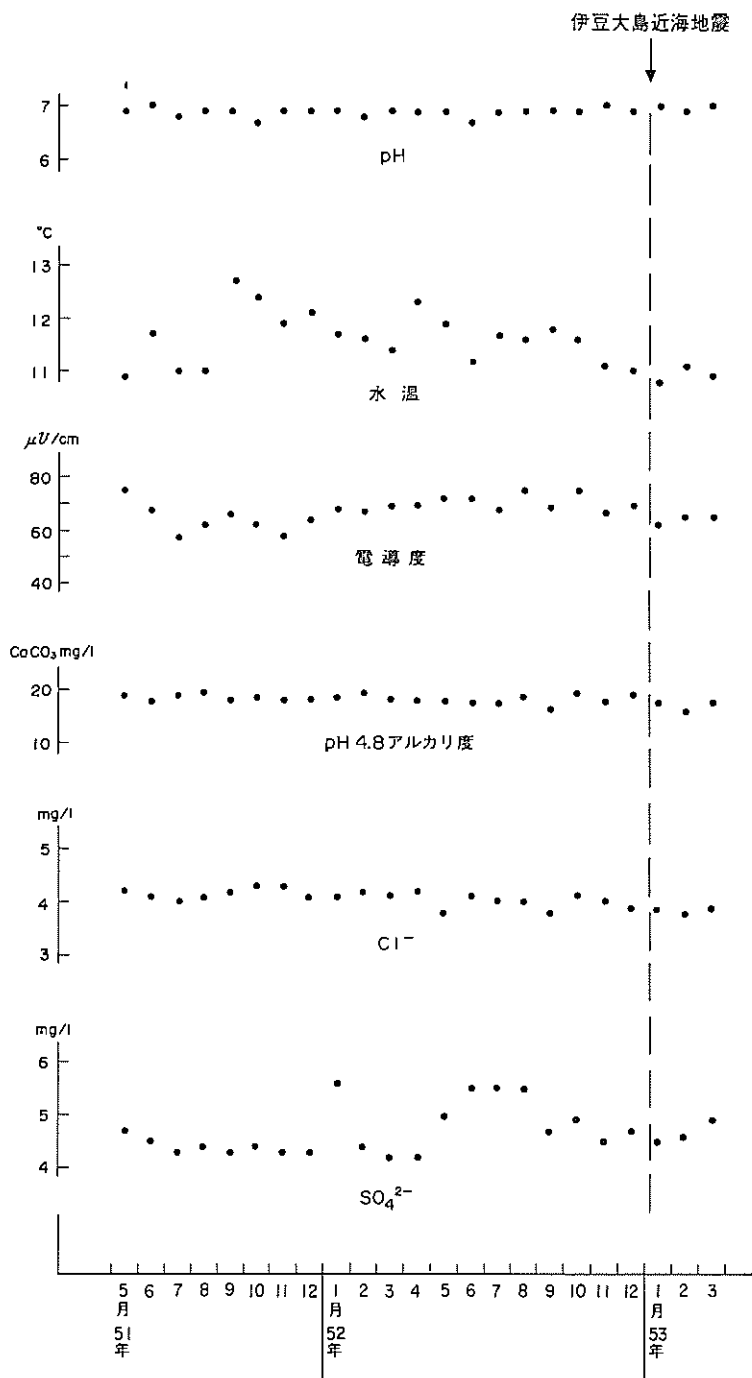


第16図 水質の経時変化-11 I-11 (中伊豆町姫ノ湯, 自噴泉)

伊豆大島近海地震前後における地下水の水温・水質の変化（永井・池田・後藤・阿部・永田・大場）

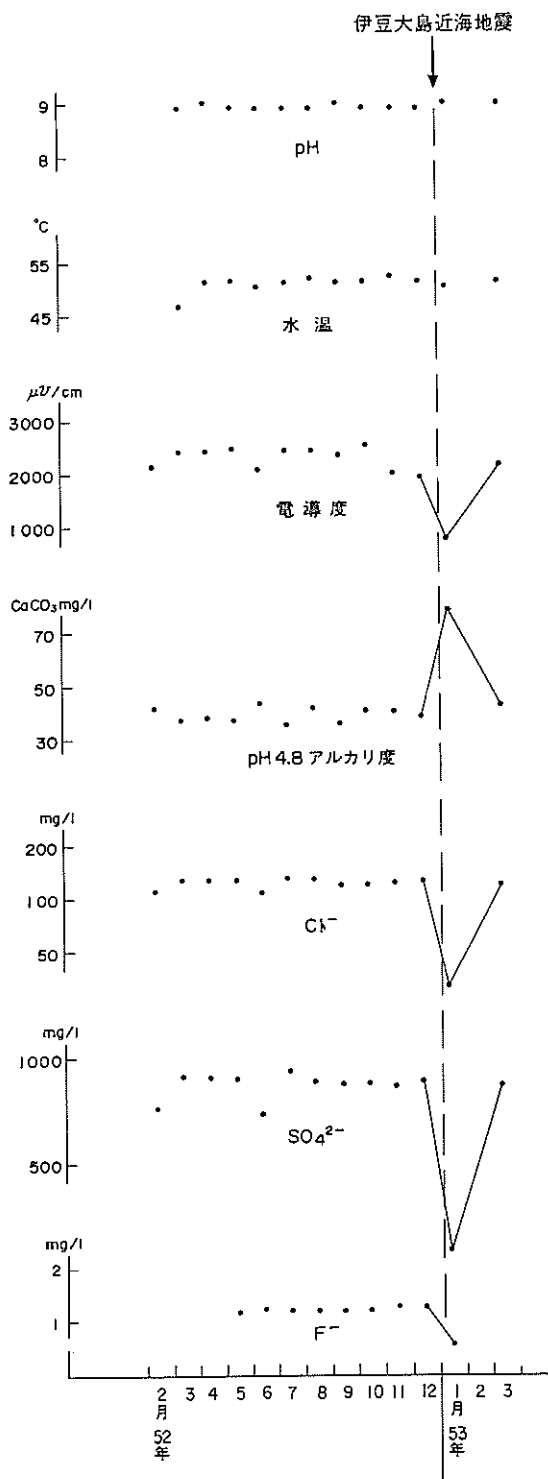


第17図 水質の経時変化-12 1-11'（中伊豆町姫ノ湯，自噴井）

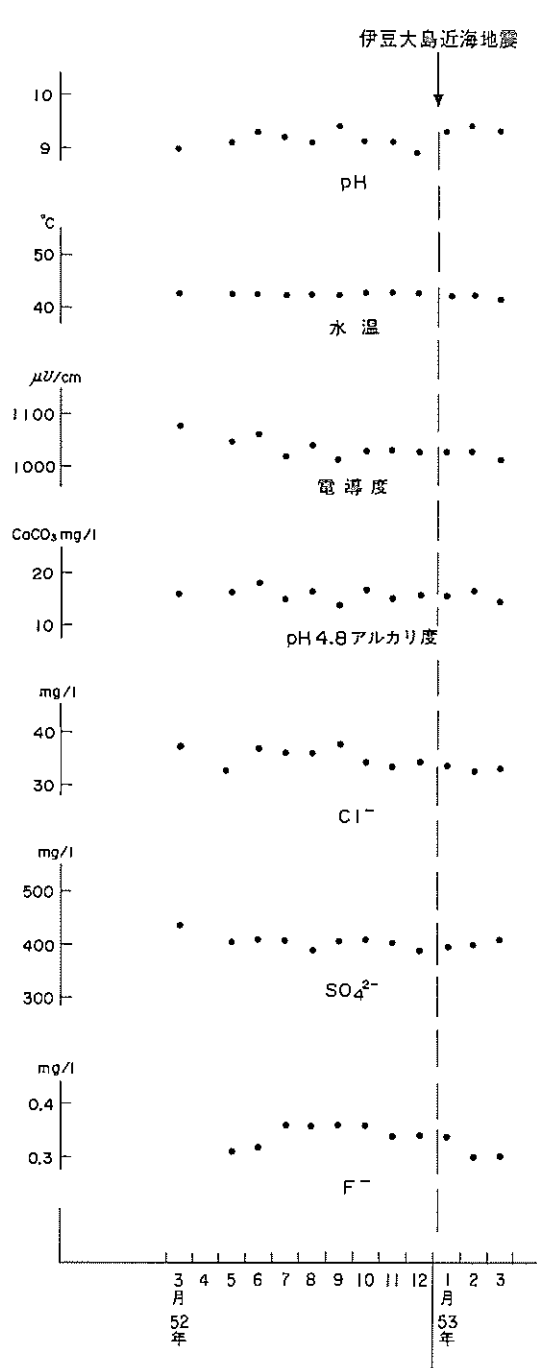


第18図 水質の経時変化-13 I-12 (伊東市, 水井戸)

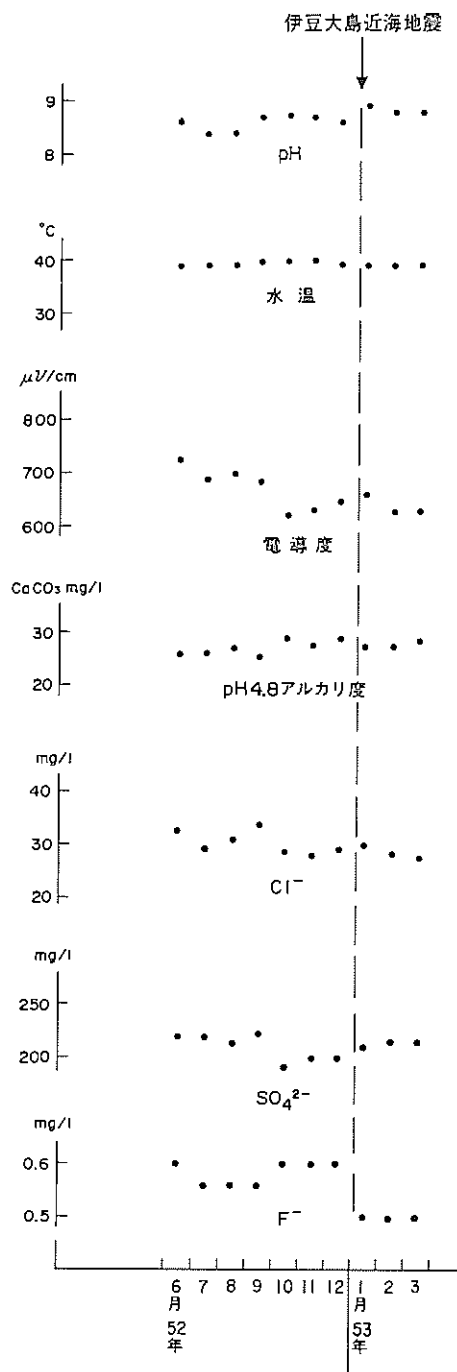
伊豆大島近海地震前後における地下水の水温・水質の変化（永井・池田・後藤・阿部・永田・大堀）



第19図 水質の経時変化-14 I-27 (中伊豆町上白岩, 温泉)



第20図 水質の経時変化-15 I-28 (河津町下佐賀野, 自噴泉)



第21図 水質の経時変化-16 I-29 (天城湯ヶ島町, 温泉)

伊豆大島近海地震前後における地下水の水温・水質の変化（永井・池田・後藤・阿部・永田・大場）

は各成分とも変動は比較的大きい。ここも Cl^- 、 SO_4^{2-} は電導度と同じ変動を示し、pH 4.8アルカリ度は逆の変動を示している。電導度、 Cl^- 、 SO_4^{2-} とも地震前の昭和52年10～12月に最低を示しており、地震後に F^- が大きく減少している。

次に定期観測に際して定常的に測定を行っている pH、水温、電導度、pH 4.8アルカリ度、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 F^- について、各パラメーター及び成分ごとの経時変化についてみると

1) pH：ほとんど変動のない2、3の観測井を除いて、約±0.2の範囲内で変動が見られる。これは現地での比色法による測定であるため、むしろ個人差あるいは天候などの測定条件の違いに起因するもので、実際の変動はもっと小さいと考えられる。

2) 水温：温泉の場合、自噴泉では湧出量の変動が、ポンプ揚水ではポンプ運転後、測定までの時間の長短が水温変動の主な原因である。水井戸、湧水では季節変化のはっきり認められるものがある。これらでは変動幅も大きい。

3) 電導度：溶存成分量の少ない観測井は変動幅、バラツキともに大きい。これは、低濃度測定用の電極を使用しないで測定したためと考えられる。 SO_4^{2-} が主成分の高濃度の温泉では、電導度は SO_4^{2-} の変動と一致した変動を示している。

4) pH 4.8アルカリ度 ($\text{CaCO}_3\text{mg/l}$)：I-9の約70 mg/l、I-11の約240 mg/l 以外は、20～30 mg/lと非常に少ない。これも現地分析であり、本方法の測定誤差を考えると変動はかなり小さい。なお、水温で季節変化の見られる水井戸、湧水ではかなり変動が大きい。

5) Cl^- ：水井戸、湧水の大部分と温泉の一部は3～5 mg/lと非常に含有量が低く、変動も小さい。また、100 mg/l以上の温泉でも変動は小さい。30～40 mg/lの温泉の変動がやや大きく、水温で季節変化の見られる水井戸、湧水でも大きく変動している。

6) SO_4^{2-} ： Cl^- に比べると全体に変動は大きい。水井戸、湧水では4 mg/l以下の場合には変動が小さいが、4～6 mg/lの場合に変動が大きく、水温で季節変化の見られる場合はやはり大きく変動している。温泉では、低濃度の場合には変動が小さいが、高濃度の場合にはかなり変動が見られ、電導度と良く似た変動を示している。

7) F^- ：地震前の変動は比較的小さいが、I-28と29での変動がかなり大きい。地震後はI-4を除いて、どの温泉でも減少しており、とくにI-14、28、29では大きく減少している。

5. 伊豆大島近海地震前後の変化

5.1 地震前後に水温・水質を観測していた観測井と変化の有無

地震発生前後において、水温・水質を観測していた観測井の種類と、地震前後の変化の有無を第3表に示した。なお、不定期観測は地震前後に水質分析を実施したものである。

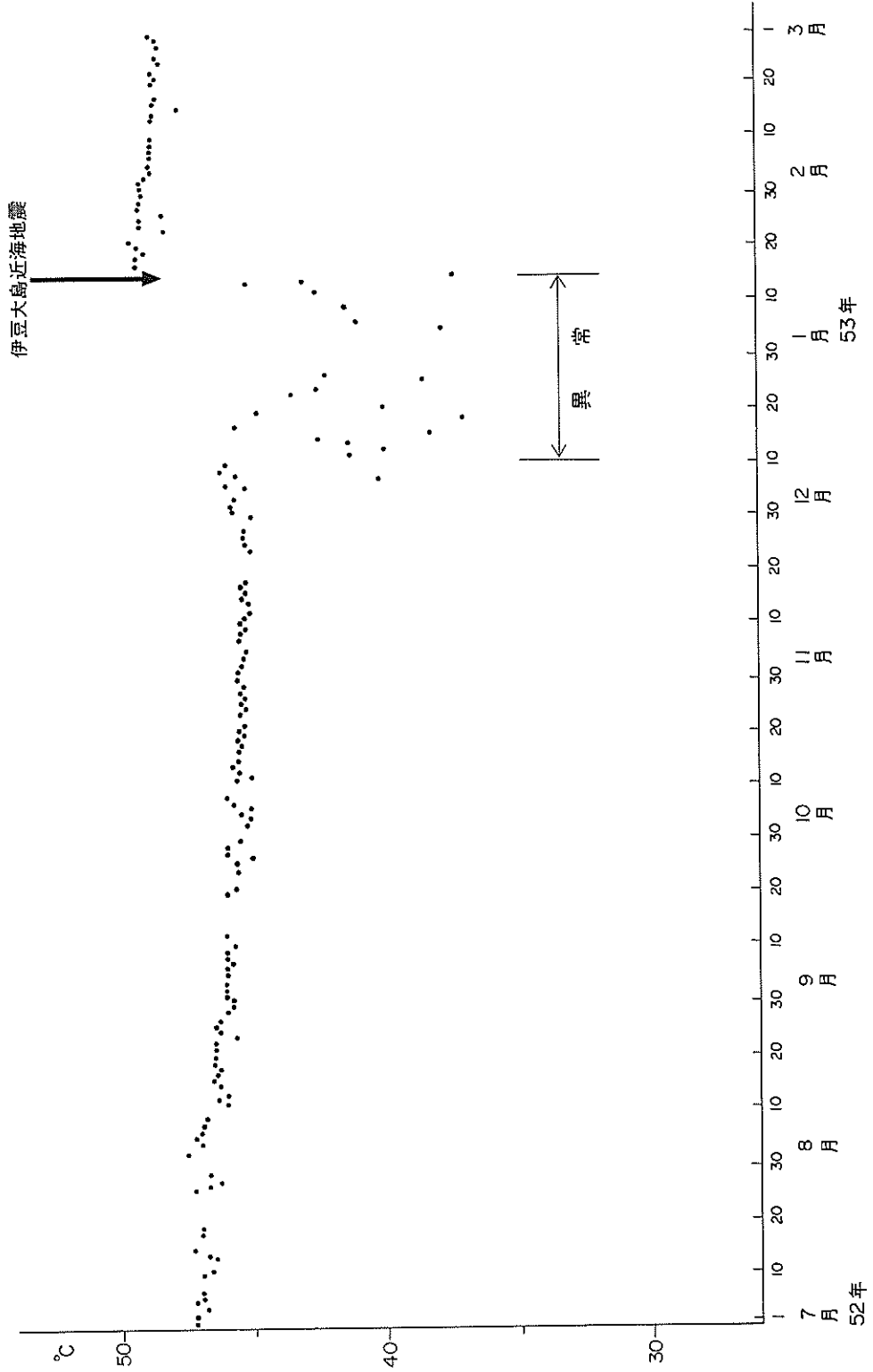
地震前後ではっきり変化の認められたのは温泉に限定され、水井戸ではほとんど変化は認められなかった。

以下、地震前後にはっきり変化の認められたものについてのみ記述する。

第3表 地震前後に水温・水質を観測していた観測井と変化の有無

観測項目	観測方法	水源種類	観測点数	変化あり	変化なし
水 質	定期観測 (月1回)	水井戸	5	0	5
		温泉	5	1	4
	不定期観測	"	4	3	3
水 温	毎日観測 (依頼)	"	6	2	4*
湧 出 量	定期観測 (月1回)	"	1	1	0

* 地震後の変化は除外



第22図 I-4 (中伊豆町上白岩) の水温変化

伊豆大島近海地震前後における地下水の水温・水質の変化（永井・池田・後藤・阿部・永田・大場）

5.2 水 温

5.2.1 I-4（中伊豆町上白岩）の水温変化

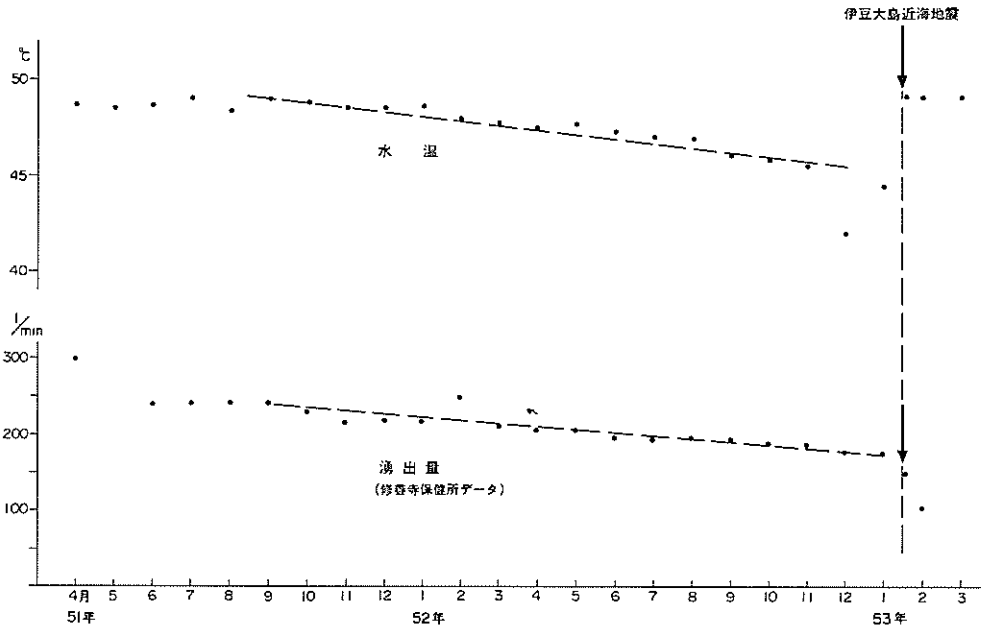
昭和52年7月以降の水温毎日観測の結果を第22図に示す。

本源泉は、昭和52年12月初めまで多少のバラツキは認められるものの、水温はほぼ安定していた。それが12月10日頃より急激に低下し、しかも大きく変動を始めた。その約1カ月後に今回の地震が発生したのである。地震後に水温が再び上昇しているが、これについてはあとで触れる。

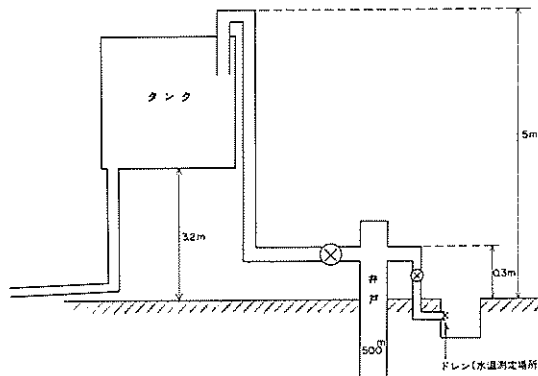
この水温変化は湧出量と密接な関係があるので水温と湧出量の関係を第23図に示した。

水温は昭和51年4月より昭和52年1月まで、ほとんど変化が見られないが、52年2月よりわずかながら低下し、11月には約3°C低くなっている。一方湧出量は、当初300l/分あったのがだんだん減少し、昭和52年4月には200 l/分となり、その後わずかながら減少して12月には180 l/分となっている。第23 図に示すように、水温の低下と湧出量の減少の傾向はかなり一致している。

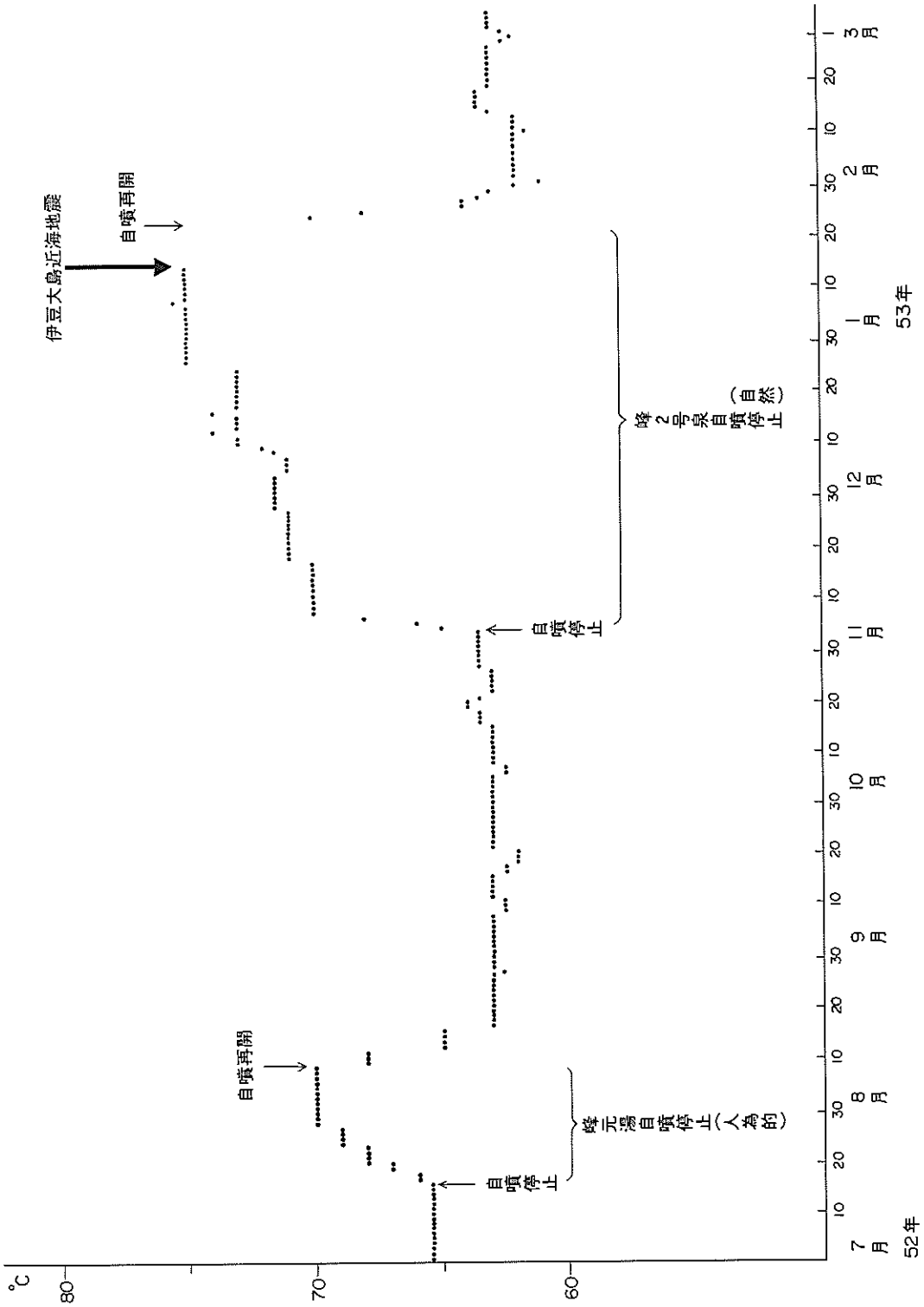
湧出量は地震後に大きく減少し、地震直後150 l/分、2月80 l/分となり、3月初めに自噴が停止した。地震後、湧出量の減少にもかかわらず、水温が急上昇しているが、これは井戸の構造（第24図）に原因



第23図 I-4（中伊豆町上白岩）の水温と湧出量の変化



第24図 I-4（中伊豆町上白岩）の井戸断面模式図



第25図 I-21 (河津町隆) の水温変化

がある。

この源泉は自噴圧が高く、湧出量が多すぎるので、湧出量を減少させるために、保健所の指導で図に示すように高架タンクを設置し、自噴ヘッドを地上5mまで上げてある。水温は井戸元のドレンを開いて測定しているが、52年11月までは自噴圧が5m以上あり、測定条件はほぼ同じであり、水温は安定していた。12月初め頃から、水温が急激に低下し、乱れ始めたのは、この時期に自噴圧が急激に低下し、温泉水が5mのタンクに届いたり届かなくなったりの状態になったためと考えられる。タンクに届く時は温度が高く、届かない時は温泉水が途中で止まり大気で冷やされるために低くなるのである。地震後は、ドレンを全開にしたため、自噴ヘッドが低くなり、地下の高温の温泉水が直接上昇し、水温が高くなったのである。

本源泉の地震前における水温の低下と乱れは、このように自噴圧の低下が原因である。しかし、地震前の12月初めにおける自噴圧の急激な低下については、この低下をひきおこすべき外的要因（例えば付近での揚水量増加等）も見当たらないので、この自噴圧の低下は地震の前兆的現象であった疑いが大きい。

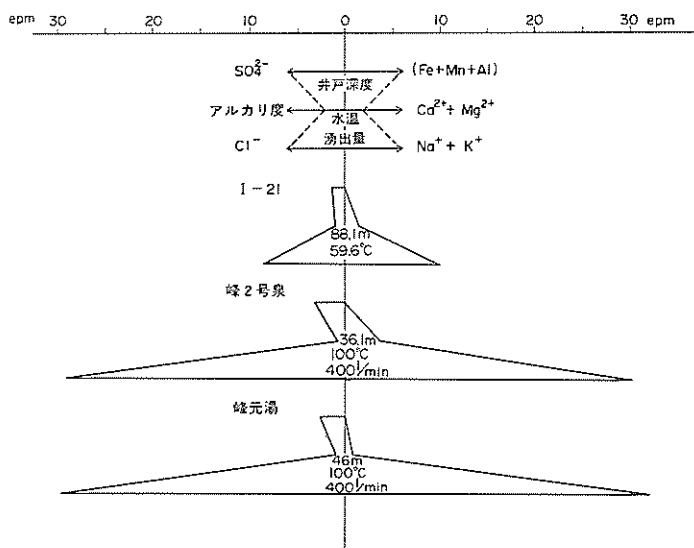
なお、水質については、第9図のように、地震前後においても特に変化は認められなかった。

5.2.2 I-21（河津町峰温泉）の水温変化

昭和52年7月以降の水温毎日観測結果を第25図に示す。

この源泉では近接する他の源泉の揚水、特にこの源泉から、約100m離れた2本のふっとう泉（峰元湯、峰2号泉）の影響が水温に良く現われている。昭和52年7月から8月にかけて、峰元湯（深度46m、湧出量400 l/分）が井戸管修理のため人為的に自噴を停止させた。その影響で、自噴停止直後から水温は急上昇し、当初の65.5°Cが12日後には最高70°Cになった。自噴再開後、今後は急激に低下し、7日後には63°Cになり、その後は±1.0°Cの変動で水温は安定していた。11月初め、今度はもう1本のふっとう泉峰2号泉（深度36m、湧出量400 l/分）の自噴が停止した。この影響で水温は自噴停止直後より再び急上昇を始め、当初の63.5°Cが4日後に70°C、15日後71°C、25日後71.5°Cと上昇を続けた。その後、一旦71°Cに下がったが、約40日後に73°Cとなり、約半月間安定したが、地震の20日前（自噴停止後55日）に2°C上昇して75°Cとなった。

この源泉での水温の急上昇は、近接するふっとう泉の自噴停止が原因であるが、峰元湯、峰2号泉は本源泉からの距離、井戸深度、湧出量、水質の何れも良く似ており、自噴停止による水温への影響も当



第26図 河津町峰温泉の水質比較

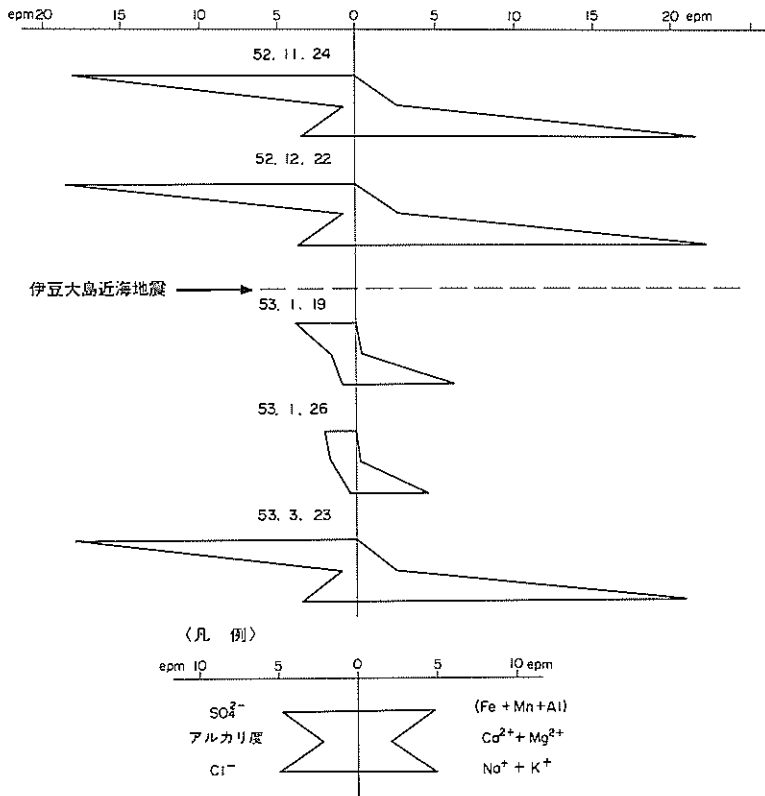
然同じ程度と考えてよいであろう。しかし第25図で分るように、水温の上昇パターンと上昇幅に2つの場合で非常な差が見られる。自噴停止の原因が、峰元湯が人為的であるのに対し、峰2号泉は自然停止であり、自噴停止期間が前者は約1カ月間に対し、後者は約3カ月と長かった（井戸掃除、井戸管の交換をしても自噴がなかなか再開せず、地震後にやっと再開した）という違いがある。約2カ月前の峰2号泉の自然自噴停止を含め、本源泉における異常な水温上昇は地震の前兆現象の疑いがある。

なお、第27図は峰温泉の水質図であるが、峰元湯、峰2号泉と本源泉の水質、井戸深度は全く異なっているにもかかわらず、ふっとう泉の自噴停止がすぐ本源泉の水温に影響するのは興味ある現象である。

5.3 水 質

5.3.1 I-27 (中伊豆町上白岩) の水質変化

昭和53年11月以降の水質分析結果を第4表に、水質図を第27図に示す。

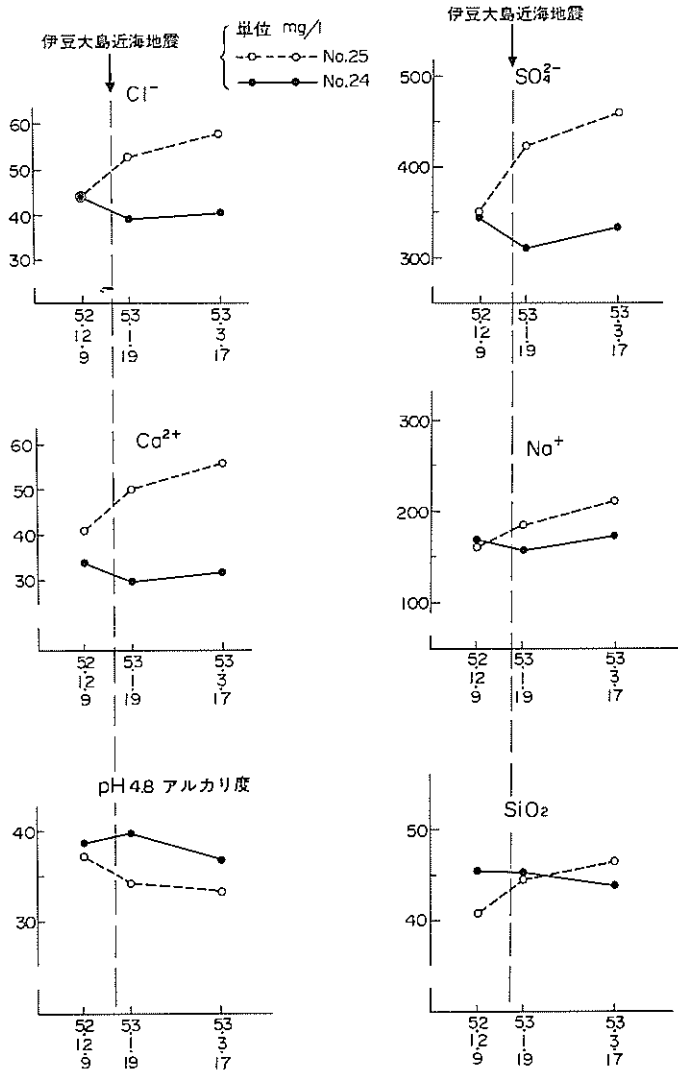


第27図 I-27 (中伊豆町上白岩) の水質変化

第4表 I-27 (中伊豆町上白岩) の水質分析結果

採水年月日	水温 °C	電導度 μV/cm	pH	pH 4.8 アルカリ度 CaCO ₃ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	SiO ₂ mg/l	F ⁻ mg/l
52.11.24	52.3	2,365	8.9	40.4	129	869	53.9	0.35	490	3.3	65.0	1.30
52.12.22	51.7	2,385	8.9	39.0	134	893	53.9	0.30	508	3.3	64.0	1.30
53.1.19	46.7	674	9.0	74.0	31.8	182	5.8	0.12	149	1.2	—	—
53.1.26	50.5	451	9.0	79.5	16.3	95.6	4.1	0.23	103	1.2	112	0.55
53.3.23	51.3	2,180	9.0	42.8	126	867	48.6	0.06	481	3.0	66.3	—

伊豆大島近海地震前後における地下水の水温・水質の変化（永井・池田・後藤・阿部・永田・大場）



第28図 I-24, 25 (天城湯ヶ島町) の水質変化

この源泉の水質は SO_4^{2-} 、 Na^+ が主成分の典型的なぼう硝泉である。昭和52年2月から12月まで、水質の変化はあまり認められなかったが、第4表と第28図に示したように地震直後の昭和53年1月19日と、さらに1週間後の1月26日に水質は大きく変化した。すなわち、溶存成分とくに Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 等の主要成分が1/5~1/10に減少し、pH 4.8 アルカリ度、 SiO_2 等は逆に約2倍に増加している。2月は水中ポンプの故障でサンプリング出来なかったが、3月の水質は再び地震前に回復した。

この急激な水質変化を検討してみると、増加した成分等からみて単に水（地表水あるいは地下水）が混入したとは考えられない。これは幾つかある泉脈のうち、従来優勢であった泉脈が地震のために一時的に押えられ、今まで弱かった泉脈（水質が異なる）が優勢になったか、或いは全く水質の異なる、本源泉と無関係であった別の泉脈が、新たに生じた割れ目を通して一時的に上昇したためと推定される。

本源泉は水質の経時変化で述べたように、昭和52年2月と6月とに、わずかではあるが互いに類似した水質変化を示している。今回の急激な水質変化は地震後の調査で認められたものであるが、変化の大

きさからみて、地震前にも前兆的な変化として現われていた可能性も考えられる。

5.3.2 I-25及びI-24（天城湯ヶ島町巖沢温泉）の水質変化

ここは水温毎日観測を実施している源泉であり、本源泉と約50m離れてI-24の源泉がある。地震前と地震後の分析結果を第5表に、水質変化を第28図に示す。

地震前の昭和52年12月の水質調査の結果は二源泉とも非常に良く似ていたが、地震直後、I-24では溶存成分が減少したのに対し、I-25では逆に増加するという変化が見られた。さらに、2カ月後の3月には、I-24ではほぼ地震前の水質に戻ったが、I-25ではさらに溶存成分が増加しているのが注意を引く。

5.3.3 I-32（河津町梨本温泉）の水質変化

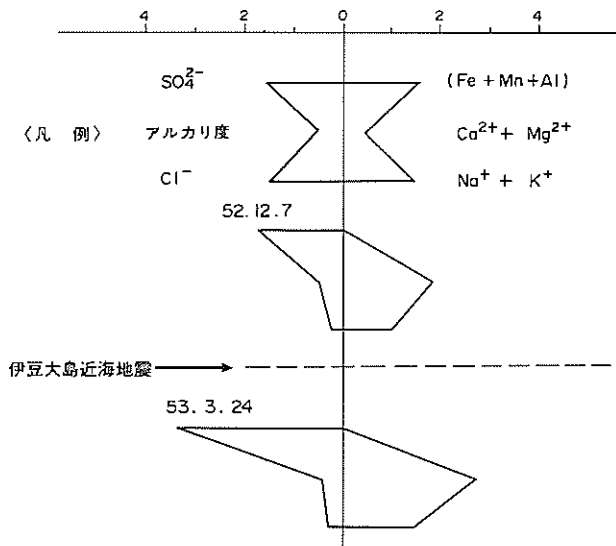
水質分析は地震前の昭和52年12月と地震後の昭和53年3月のみであるが、この源泉も地震の前と後とで水質が大きく変化した。分析結果を第6表に、水質図を第29図に示す。

第5表 I-24, 25（天城湯ヶ島町）の水質分析結果

	採水年月日	水温 °C	電導度 μS/cm	pH	pH 4.8 アルカリ度	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	SiO ₂ mg/l
					CaCO ₃ mg/l							
I-24	52.12.9	45.0	980	8.4	39.0	43.2	346	33.8	0.20	169	5.1	45.2
	53.1.19	44.5	876	8.5	40.0	38.6	312	29.7	0.15	159	4.9	45.2
	53.3.17	44.5	1,131	8.4	37.0	39.5	333	32.0	0.06	174	4.9	44.0
I-25	52.12.9	36.6	956	8.3	37.5	43.2	349	40.7	0.12	162	4.8	40.8
	53.1.19	36.2	1,130	8.3	34.5	52.0	422	49.5	0.14	186	5.9	44.6
	53.3.17	37.2	1,264	8.5	33.6	56.6	461	56.0	0.12	212	6.0	46.4

第6表 I-32（河津町梨本）の水質分析結果

採水年月日	水温 °C	電導度 μS/cm	pH	pH 4.8 アルカリ度	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	SiO ₂ mg/l
				CaCO ₃ mg/l							
52.12.7	23.0	312	8.5	24.0	8.9	82.7	35.7	1.1	22.0	0.4	22.0
53.3.24	26.0	446	8.6	22.0	12.4	162	56.8	0.9	33.8	0.6	25.0



第29図 I-32（河津町梨本）の水質変化

伊豆大島近海地震前後における地下水の水温・水質の変化（永井・池田・後藤・阿部・永田・大場）

この源泉は地震後に各成分とも増加しており、特に SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Na^+ の増加が著しい。水温も 3°C 上昇している。なお、すぐ近くの I-31（自噴泉）では、ほとんど水質の変化は見られなかった。

5.4 I-28（河津町下佐賀野）の湧出量変化

この源泉は月1回の定期観測において、湧出量（自噴量）、水質、ラドン、溶存ガスの観測を同時に実施した。湧出量の測定結果を第30図に示す。

湧出量は52年10月から12月まで、80 l/分前後（若干増加の傾向がある）であったのが、地震後150～200 l/分と急激に増加した。しかし、3月、4月と減少を続け、元に戻りつつある。源泉所有者の談話によると、この源泉は1月14日の地震後、自噴が停止し、翌15日6時半頃、わずかに自噴が回復したが、7時32分の地震で再び自噴が停止した。しかし、約1時間後に自噴は回復し、湧出量が増加したとのことである。

なお、この源泉では水質は第20図に示したように、地震前後の変化はほとんどなく、水温も湧出量の増加にもかかわらず、変化は認められなかった。

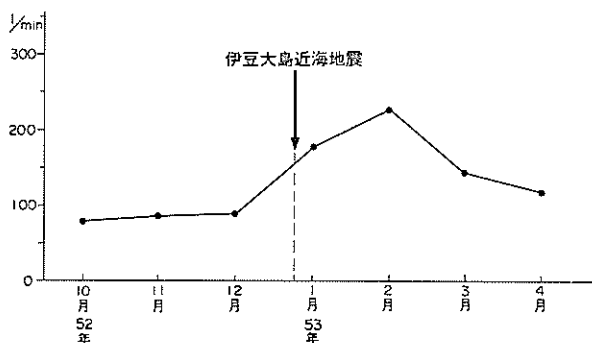
6. ま と め

昭昭51年4月から昭和53年3月まで、伊豆半島東部地域の温泉、水井戸、湧水について水温、水質の観測を続け、データを取ってきた。このデータに基づいて昭和53年1月14日の伊豆大島近海地震（M7.0）の前後での水温、水質の変化について検討した結果は、次の通りである。

- 1) 地震前後の変化は温泉のみに現われ、水井戸にはほとんど現われなかった。
- 2) 温泉での変化は特定の源泉のみに現われ、また変化の度合もまちまちであった。これは複雑な地質構造、地下水理を反映するものと考えられる。
- 3) 水質の変化は主として地震後に現われている。1つの源泉では地震前に変化の生じた疑いもあるが、月1回の観測では確認できなかった。
- 4) 水温の変化は地震後に現われているが、地震前にも前兆の疑いのある顕著な変動が2地点で見出された。
- 5) 湧出量の変化は地震後に現われた。

今回の検討で判明した事項は、地殻の状態の変化をよく反映し、地震予知に役立つデータをもたらすべき観測井の選定にあたって、貴重な資料となるであろう。

また、今回の水質・水温の観測記録の中には、幾つかの地震の前兆現象の疑いのある変化が認められた。温泉を含めて地下水の水温・水質の変化を、地震の前兆現象として客観的に位置付けるには、その現象とそれをもたらす地殻の状態変化とのかかわり合いの解明や、変化に関係する種々のプロセスのモデル化がなされねばならない。このためには、着実な観測の長期的な継続と展開（観測井の選定と有効



第30図 I-28（河津町下佐賀野）の湧出量変化

な配置, 自記記録による連続観測を含めた観測の強化など)と共に, 地質, 水理地質, 地球化学, 地球物理の諸分野にわたる総合的基礎的研究の発展も, 同様に重要であることは言うまでもない。しかし, 今回の水温・水質のデータの検討結果から, 地質状態の複雑な所でも, 水温・水質の観測によって地震予知に必要な地球化学の面からの情報が得られる見通しが立ったことは, 非常に意義深い。

文 献

- 萩原尊礼編 (1974) 地下水の地球化学的調査による地震予知の研究 (ソ連邦ウズベク共和国科学アカデミー地震研究所刊行物の邦訳). p. 1 ~16.
- 星野一男・橋本知昌・松田時彦 (1978) 伊豆半島活断層図, 構造図4. 地質調査所.
- 池田喜代治・阿部喜久雄 (1977) 地震予知に関連する地下水の化学的性質. 地質ニュース, no. 273, p. 20~23.
- 脇田 宏 (1978) ソ連の地球化学的地震予知. 自然, no. 10, p. 75~83.

**Change of ground water temperature and quality before or after
the Izu-Oshima-Kinkai Earthquake, 1978**

Shigeru NAGAI, Kiyoji IKEDA, Hayaji GOTO, Kikuo ABE
Syozo NAGATA, Nobuo OBA

Abstract

The continuous observation of ground water temperature and monthly check of water quality at wells and natural springs in the eastern part of the Izu Peninsula, in where the abnormal ground upheaval have been observed, were started in April, 1976.

Some of these observation wells recorded the change of water temperature and water quality before or after the outbreak of the Izu-Oshima-Kinkai Earthquake (M 7.0) on January 14, 1978.

The changes are summerized as follows.

- 1) Evident change was observed only at specific hot spring wells.
- 2) The change of water temperature is observed in both the pre- and post-earthquake data and the two well data showed the sign of pre-earthquake temperature change.
- 3) The change of water quality is observed mostly in the post-earthquake data. It includes a major change in one well and minor changes in several wells.

(受付: 1978年11月13日; 受理: 1978年11月30日)

伊豆半島東部地域における地下水中の溶存ガス組成 と伊豆大島近海地震前後におけるその変化について

永田 松三*・大場 信雄**・池田喜代治**・永井 茂**
後藤 隼次*・阿部喜久男*

要 旨

伊豆半島東部地域の地下水中の溶存ガス組成について長期的観測を実施中であるが、そのデータに基づいて同地域の遠笠山を中心とする群発微小地震（昭和51年10月頃）ならびに伊豆大島近海地震（昭和53年1月14日）の前後におけるその変化について検討を行った。

群発微小地震との対応についてみると、1) 溶存ガス成分ではとくに H_2 濃度の増加が著しい、2) 溶存 H_2 濃度の変化は大部分の観測井で見られ、水温、井戸の深度に関係がない、3) H_2 溶存量の変化に比べて He のその変化は小さい。

伊豆大島近海地震の前後における変化についてみると、1) 一部の観測井では地震の6日後の観測で、 H_2 および He 濃度の変化があり、2) この変化は水温 $39^\circ C$ 以上、深度200m以深の観測井に限定され、3) また、一部の観測井では地震前後で溶存 N_2 および Ar 濃度にも若干の変化が認められた。

1. はじめに

昭和51年5月24日の地震予知連絡会において、伊豆半島東部一帯に昭和46年より昭和51年までの7年間に10数 cm に及ぶ地盤の隆起が観測されたこと、および昭和50年10月頃から伊豆半島中部の遠笠山を中心に微小地震が群発していることが報告され、翌25日には地震予知連会長より地震予知研究推進会議議長に対し、これら諸現象の相互関係を解明するため各種の観測を実施するよう要望された。これを受け、関係機関が協議し、地質調査所は地下水に関する研究を担当することになった。

本研究は、地下水に関する研究の一環として、伊豆半島東部地域の既存井（温泉、地下水など）の地下水中の溶存ガスを対象とし、各種成分の長期的な観測を行い、それらの組成の変化と地盤隆起および群発微小地震との関連性を明らかにすることを目的としたものであるが、本研究により得られたデータに基づいて伊豆大島近海地震の前後におけるガス組成の変化についても検討を行った。

本研究に際しては、伊東市、中伊豆町、天城湯ヶ島町、河津町等の関係者に多大の御協力を頂いた。ここに厚く感謝の意を表する。

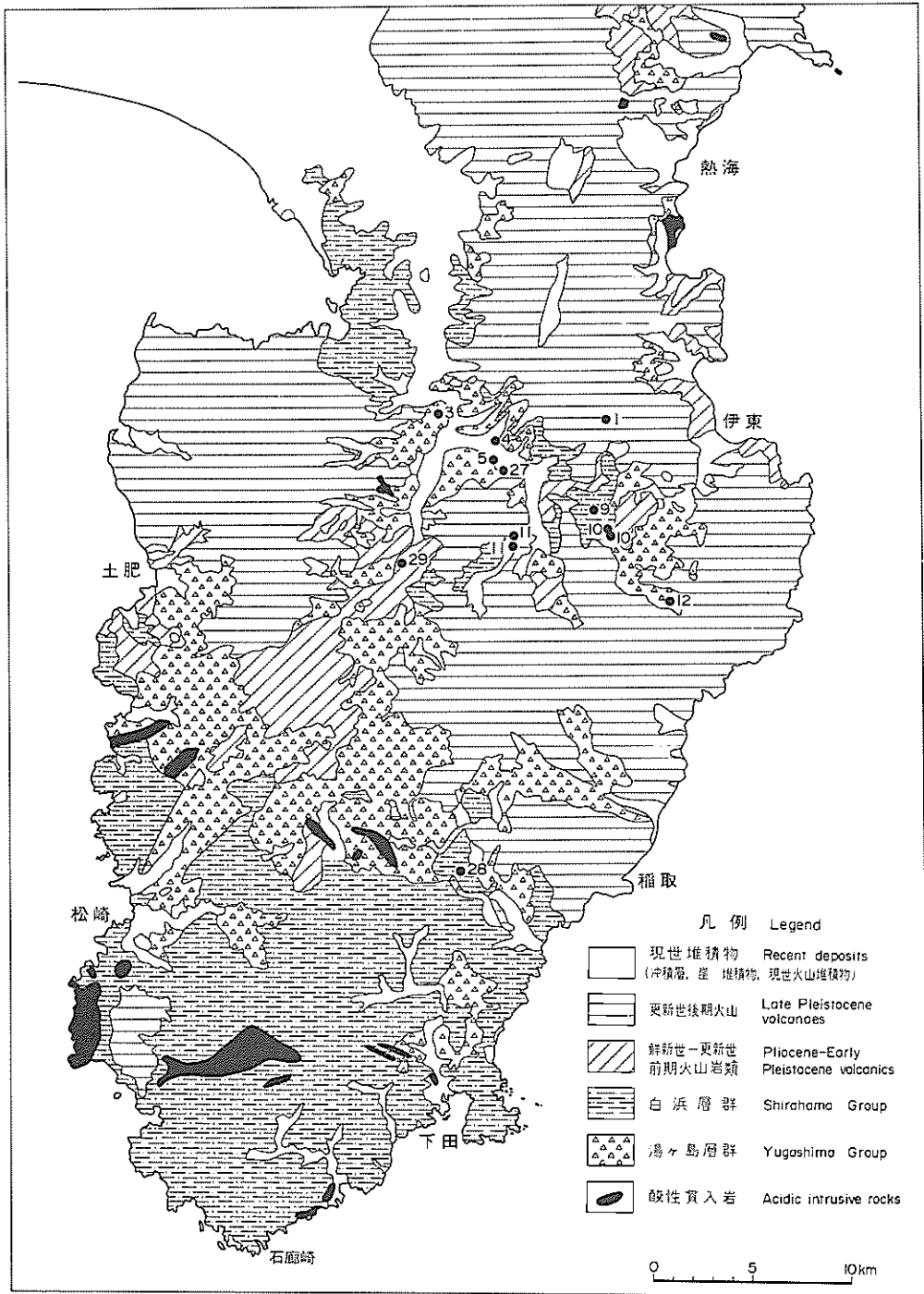
2. 観測方法

長期観測の対象とした13観測井の位置を第1図に、井戸諸元を第1表に示す。観測頻度は、昭和51年4月から53年3月までは月1回、53年4月から月2回で現在も継続中である。地下水の溶存ガスの採取方法は、炭酸ガス誘出法によった（金原ほか、1958）。すなわち、自噴井の場合はサイフォン方式、水中ポンプによる揚水井の場合は圧力ゲージのロックから試料水を容量既知の分解びん（約500 ml、あらかじめ大理石粒を入れておく）の口もと一ぱいまで採取し密栓して実験室に持ち帰り¹⁾、 HCl と大理石

* 技術部

** 環境地質部

1) 運搬に際しては、ロック類はビニールテープで固定しアイスボックスに入れ、低温保存措置を行った。



第1図 伊豆半島東部観測井の位置図

「地質図は「伊豆半島活断層図(10万分の1)」: 星野ら, 1978より転記」

伊豆大島近海地震前後における地下水中の溶存ガスの変化（永田・大場・池田・永井・後藤・阿部）

第1表 伊豆半島東部地域観測井一覧表

No.	井戸・湧水	水源種類	自噴動力別	位置	深度(m)	水温(°C)	水量(l/分)	水位(m)
I-1	中伊豆スカイライン・カントリークラブ	水井戸	動力	中伊豆町	150	14-15	不明	-70
-3	修善寺生コン水源井	"	"	修善寺町	30	14.0	"	
-4	大京観光温泉2号井	温泉	自噴	中伊豆町	500	47-50	300	
-5	吉本謙三宅温泉井	"	"	"	500	48-51	25	
-9	全農協共済中伊豆リハビリテーションセンター3号井	"	"	"	703	33-34	220	
-10	翠光園(外管)	水井戸	"	"	150	14.1	不明	
-10'	翠光園(内管)	"	"	"	300	14.0	"	
-11	姫ノ湯	温泉	"	"	500	29-31	14	
-11'	"	水井戸	"	"	35	15	26	
-12	伊東市池津水揚1号井	"	動力	伊東市	50	11-13	不明	
-27	温泉病院	温泉	"	中伊豆町	700	51.7	"	
-28	民宿みなみ	"	自噴	河津町	200	42.7	110	
-29	慶応リハビリテーション	"	動力	湯ヶ島町	56.7	39.2	不明	

注) 番号は、研究開始からの通し番号

とによって試料水中で CO₂ 泡をつくり、泡の中へ溶存ガスを拡散逸出させ、このガスを NaOH液に導いて CO₂ 以外のガスを捕集して分析試料とした。

溶存ガスのうち、He, H₂, O₂, N₂, Ar, CH₄濃度をガスクロマトグラフを用いて定量化した。

また、参考のため一部の観測井については遊離ガスの採取も行っているが、これらについても上記成分以外に CO₂ を加えて分析を行った。

3. 観測結果並びに考察

一般に地下水中の溶存ガスの主成分は N₂, O₂, Ar などであり、その大部分は大気起源である。その他、何らかの原因で地下から供給され地下水に溶存されるガスには He, H₂, H₂S, CO₂, CH₄あるいは Rn などがある。

これらガスの地下水に溶解する量は、ガスの組成、温度および圧力によって異なる。例えば空気の純水に対する飽和溶解量は15°C、1気圧の条件下で1l 当り O₂ は7.04ml, N₂ は13.18ml, Arは0.33 ml でこれ以上は遊離ガスとなって分離する。本地域の各観測井における溶存ガス量は12-25 ml/l の範囲であり、これらのうち遊離ガスが認められるものは水温が39°C以上の I-4, 5, 27, 28, 29の各観測井である。ガス質は N₂ が88%以上の窒素型を示し、その他の成分として O₂, Ar, He, H₂ などが含まれている。He は上記以外の観測井にはほとんど検出されない。

3.1 観測井の溶存ガス

本地域における観測井の採水層の地質層準は I-3, 11'及び12は深度50m以浅であり洪積層に相当する。その他は伊豆半島の中北部に広く発達する新第三紀の中新世の湯ヶ島層あるいは白浜層群と考えられる地層中に位置する(沢村, 1955; 小野ほか, 1959)。

観測井の溶存ガス量とその組成は深度、揚水量、採水層などに著しく左右される。溶存ガスの組成例を第2表-(1)、遊離ガスの組成例を第2表-(2)に示す。

溶存 O₂ 量は0.37-6.89 ml/l の範囲を示し、2 ml/l 以上の観測井はいずれも深度は50m以浅で水温も11-16°Cと低い値を示す。特に6 ml/l 以上を示す I-1, 11', 12は O₂ で飽和した地表水の影響が大きく飽和量に近い値を示している。

一方、溶存 O₂ 量の少ない観測井の深度は150-700mで、水温も30-53°Cと高く、温泉井である。

溶存 N₂ 量は13.06-16.93 ml/l の範囲を示し、一般に N₂ 量としては過飽和の値を示している。

第2表-1) 伊豆半島東部、地下水中の溶解ガス組成の一例

採取年月	試料番号	井戸	水温 (°C)	ガス の状況	Total Gas (ml/l)	Hc (ml/l)	H ₂ (ml/l)	O ₂ (ml/l)	N ₂ (ml/l)	Ar (ml/l)	CO ₂	CH ₄ (ml/l)	N ₂ /Ar	Hc/Ar	備考
昭和52. 1	I-1	中伊豆カントリー	15	溶解ガス	22.37	0.000 ₀	0.0006	6.89	15.05	0.42	—	0.006	35.7	—	ポンプ揚水
"	-3	修善寺生コン	14	"	18.60	0.000 ₀	0.0016	3.00	15.15	0.44	—	0.004	34.6	—	"
"	-4	大京観光2号	49	"	18.61	0.0028	0.0012	0.75	17.43	0.40	—	0.025	33.6	0.0049	自噴井
"	-5	吉本井	50	"	12.94	0.0015	0.000 ₀	0.47	12.05	0.39	—	0.017	33.8	0.0038	"
"	-9	リハビリー3号	34	"	16.22	0.0001	0.0007	0.37	15.53	0.32	—	0.000	41.6	0.0003	"
昭和52. 4	-10	翠光園(外管)	14	"	16.05	0.0003	0.0008	0.38	15.34	0.33	—	0.003	46.7	0.0008	"
"	-10'	"	14	"	18.67	0.0003	0.0010	2.64	15.64	0.39	—	0.003	39.9	0.0008	"
"	-11	姫ノ湯	30	"	16.84	0.0002	0.0014	0.46	15.93	0.45	—	0.003	37.4	0.0004	"
"	-11'	"	15	"	21.43	0.000 ₀	0.0013	6.15	14.81	0.47	—	0.005	31.6	—	"
"	-12	伊東池1号	11	"	20.94	0.000 ₀	0.0006	6.17	14.33	0.44	—	0.004	32.6	—	ポンプ揚水
昭和52. 6	-27	温泉病院	51	"	15.21	0.0014	0.0003	1.72	13.08	0.36	—	0.045	36.0	0.0011	"
"	-28	民権みなみ	42	"	15.70	0.0007	0.0002	0.42	14.81	0.46	—	0.006	32.0	0.0013	自噴井
"	-29	慶応リハビリー	39	"	15.56	0.0006	0.0001	2.18	13.06	0.32	—	0.000	41.0	0.0019	ポンプ揚水

第2表-2) 伊豆半島東部、地下水中の遊離ガス組成の一例

採取年月	試料番号	井戸	水温 (°C)	ガス の状況	ガス量	H ₂ (%)	O ₂ (%)	N ₂ (%)	Ar (%)	CO ₂ (%)	CH ₄ (%)	N ₂ /Ar	Hc/Ar
昭和52. 12	I-4	大京観光2号	49	遊離ガス	微小	0.036	0.015	0.66	97.70	1.49	0.03	64.0	0.0170
"	-27	温泉病院	51	"	"	0.009	0.000	4.10	92.81	1.38	0.08	67.0	0.0065
"	-28	民権みなみ	42	"	"	0.007	0.000	4.79	93.95	1.25	0.010	75.0	0.0056
"	-29	慶応リハビリー	39	"	"	0.007	0.000	10.19	88.64	1.16	0.012	76.0	0.0060
		大気	化学組成			0.00052	20.95	78.09	0.917	0.03	85.16	0.00057	

伊豆大島近海地震前後における地下水中の溶存ガスの変化（永田・大場・池田・永井・後藤・阿部）

溶存 Ar 量は $0.32\text{--}0.47\text{ ml/l}$ の範囲で、これは大部分大気に由来するものと考えられる。

溶存 He 量は $0.000\text{--}0.0028\text{ ml/l}$ の範囲であるが、とくに He 濃度の高い観測井は中伊豆町白岩地域に集中し $0.014\text{--}0.028\text{ ml/l}$ を示す（I-4, 5, 27）。本地域は丹那断層の南に当り、比較的活断層の発達した地域（星野ほか、1978）であることからみて、これら断層を通じて深部から He の供給が行われている可能性が考えられる。これらの他、I-28で 0.0007 ml/l 、I-29で 0.0006 ml/l の溶存 He 量が測定されたが、他の地域の観測井にはほとんど検出されない。

溶存 H_2 量は $0.0002\text{--}0.007\text{ ml/l}$ の範囲にあって観測井の大部分に検出される。 H_2 濃度は他の成分に比較して変動が大きいのが特徴である。

3.2 ガス組成の経時変化

各観測井における溶存 He と H_2 濃度の経時変化（昭和51年4月-53年3月まで）を第2図、 N_2 と Ar 濃度の変化を第3図に示した。なお、昭和53年1月14日の伊豆大島近海地震前後の変化については項を改めて後述する。

溶存 H_2 濃度は、各観測井とも全般的傾向として観測開始時より昭和52年3月にかけて減少傾向がみられる。とくに、I-4においては 0.007 ml/l から 0.0002 ml/l と減少が著しく、この減少傾向は群発微小地震の衰退とほぼ対応する。

溶存 He 濃度は、前述の通り H_2 濃度と異なり限られた条件の観測井にのみ検出される。I-4 の He 濃度は昭和51年8月まで 0.001 ml/l 以下を示していたが、その後欠測期間がありその間は不明であるが、12月には 0.003 ml/l と増加を示した。その後、52年4月にかけて減少傾向を辿った後5月からは再び増加に転じて $0.002\text{--}0.003\text{ ml/l}$ の範囲にある。

溶存ガス濃度の経時変化を検討すると、ほとんどすべての観測井において溶存 H_2 濃度の変化が著しく、He 濃度がこれに次ぎ、他の溶存ガス濃度の変化はわずかである。

溶存 H_2 濃度は、観測を開始した昭和51年4月から群発微小地震が発生した10月までは高含量を示し、地震の鎮静化とともに H_2 濃度は減少した。この一連の変化は、伊豆半島奥野観測点で観測された地震回数と頻度（第4図；東京大学地震研究所ほか、1978）と対応しているのが注目される。すなわち、地震回数の多い月は溶存 H_2 濃度は全般的に高く、地震回数の減少とともに H_2 濃度も減少する傾向がみられた。

地下水中に微量に溶存している H_2 の供給源が地下深部に起源をもつのか、地表近くの二次的な原因によるのか（例えば温泉井の場合、何らかの原因で鉄のケーシング・パイプと反応して H_2 を発生することがある）、また他の要因によるものか現在の時点では判らない。しかし、溶存 H_2 濃度変化が群発微小地震の発生-地下岩石の歪み変化-と対応する傾向がみとめられることから、その変化は地震の前兆現象の把握のための一つの要素として役立つものと言えよう。

なお、溶存 He 濃度は H_2 濃度ほどの変動は示さずほぼ一定である。

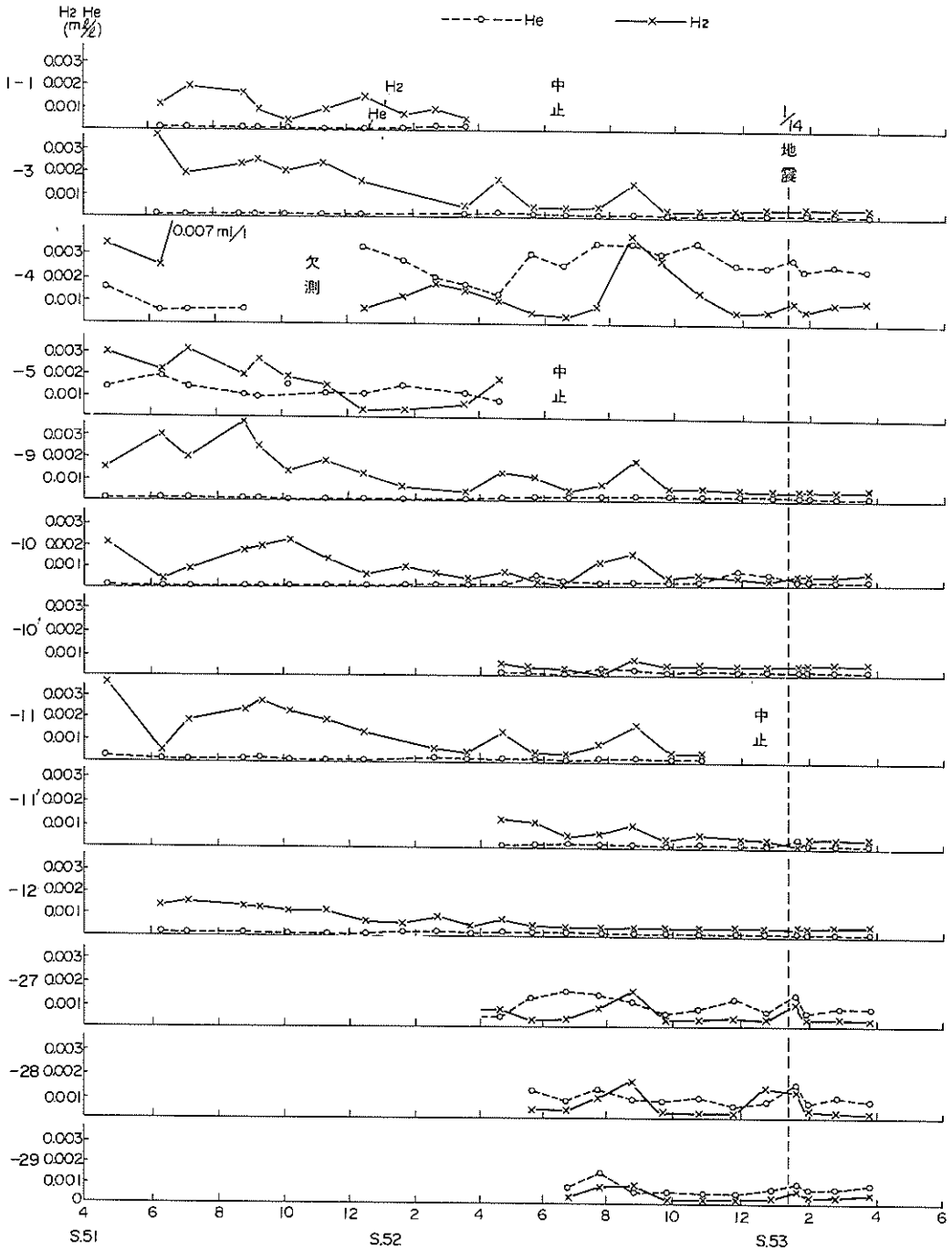
溶存 N_2 と Ar 濃度は、ともに同様の変化を示している。昭和51年9月にはI-4, 5, 9などで共に増加し、昭和52年10月には、I-4, 9, 11, 12, 27, 29において減少傾向がみられた。とくに、I-12では4月から N_2 及び Ar 濃度が徐々に増加して9月にピークがみられるが10月に急減した。

3.3 伊豆大島地震前後の溶存ガス組成の変化

今回伊豆大島近海地震では地下水の溶存ガス濃度に若干の変化が認められた。変化の認められた観測井の地震前後の溶存 He 及び H_2 濃度の変化の結果を第5図、 N_2 及び Ar濃度の変化の結果を第6図に示した。

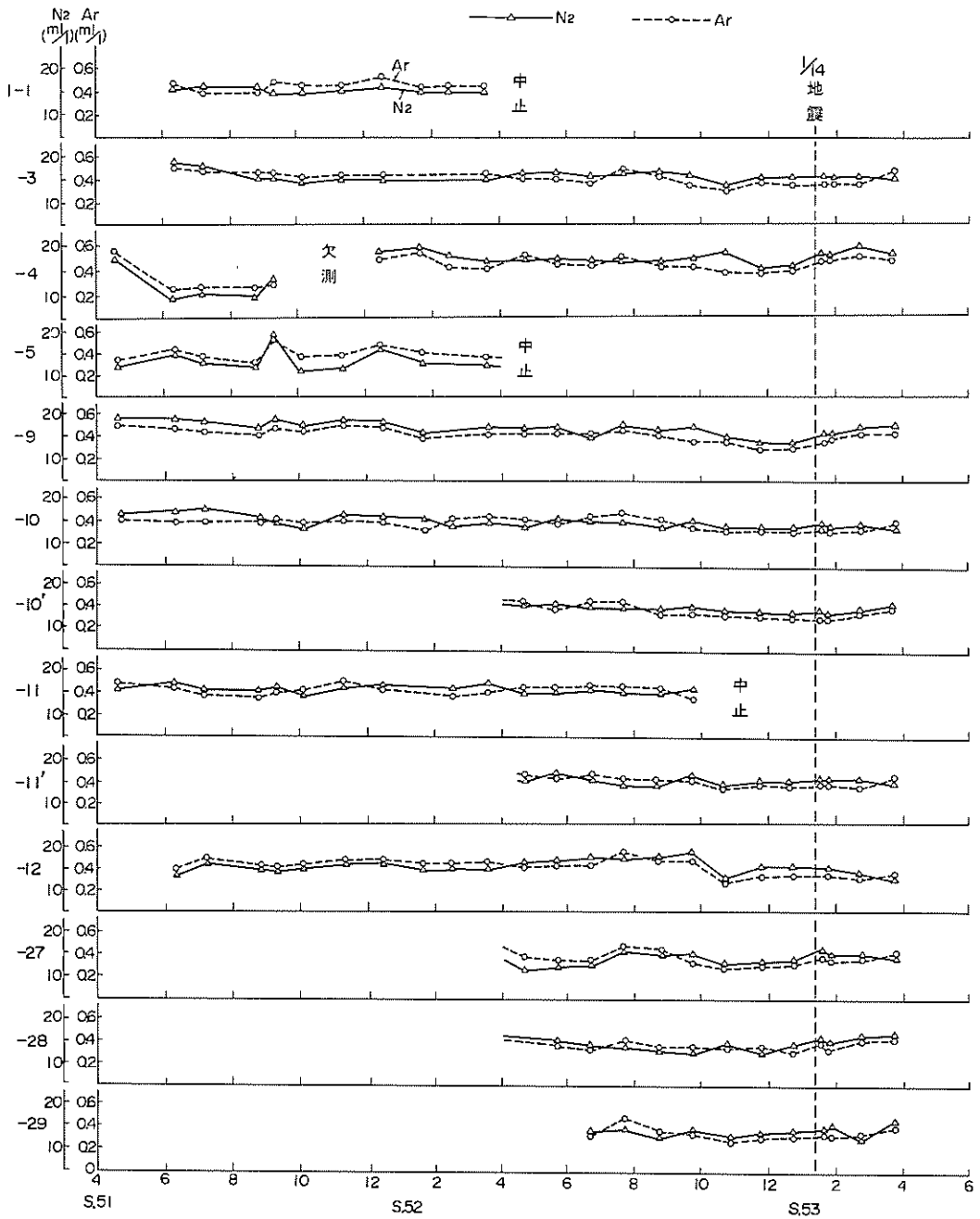
地震前後における He 及び H_2 濃度は昭和52年8月頃からI-4, 27, 28及び29の各観測井において類似の経時変化がみられる。

第5図に示したように、I-4の H_2 濃度は昭和52年8月の 0.004 ml/l から減少の傾向を示し、12月には 0.0005 ml/l と最低値となったが地震発生6日後には 0.0012 ml/l とやや回復した。He 濃度は、I



第2図 伊豆半島東部地下水中の溶存ガス He と H₂ 濃度の経時変化

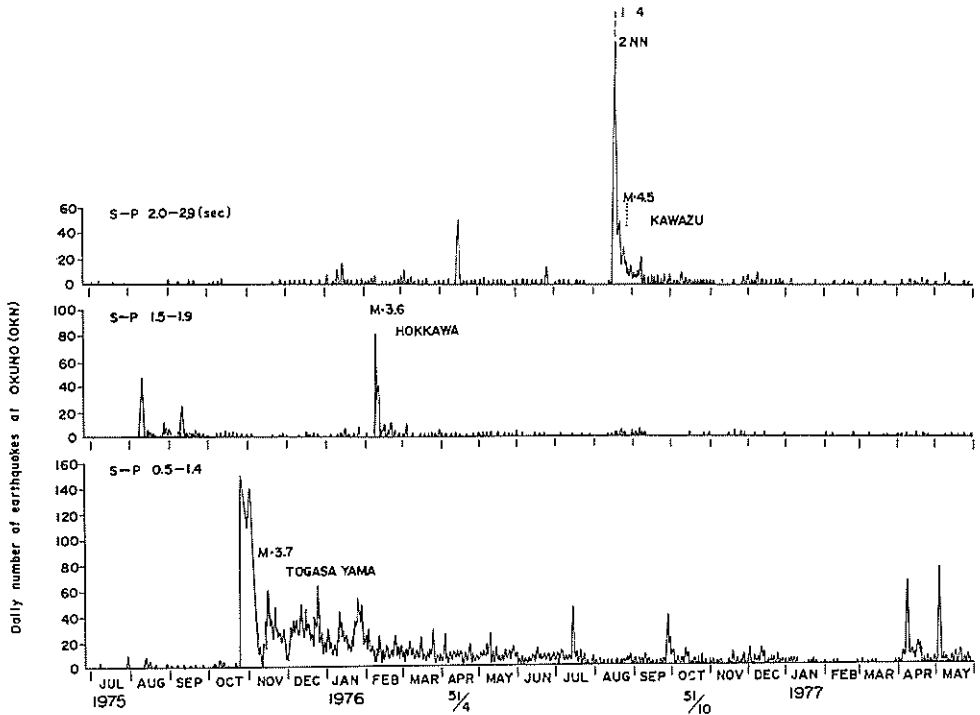
伊豆大島近海地震前後における地下水中の溶存ガスの変化（永田・大場・池田・永井・後藤・阿部）



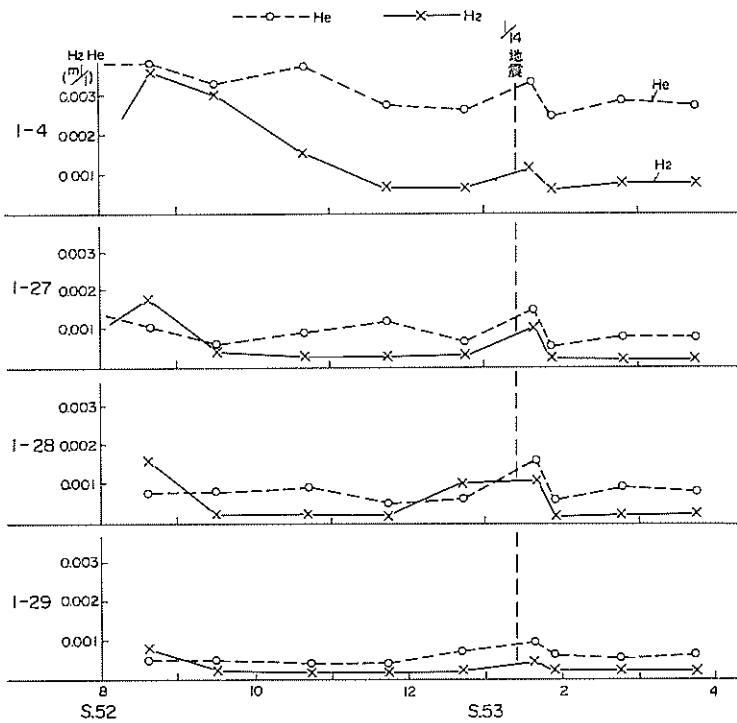
第3図 伊豆半島東部地下水中の溶存ガス N_2 と Ar 濃度の経時変化

- 4 及び 29 の観測井で変化がみられる。I-4 においては昭和52年5月にそれまでの減少傾向が増加に転じた（第2図）。その増加傾向は10月頃まで続いたのち、地震前の11-12月には減少した（第5図）。同様に、I-27においても52年5月から8月にかけて増加の傾向（第2図）から、地震前の2カ月には減少して地震発生となっている（第5図）。

これら He 濃度の異常変化は、伊豆大島近海地震発生に伴う地下の歪みの変化を反映しているものと

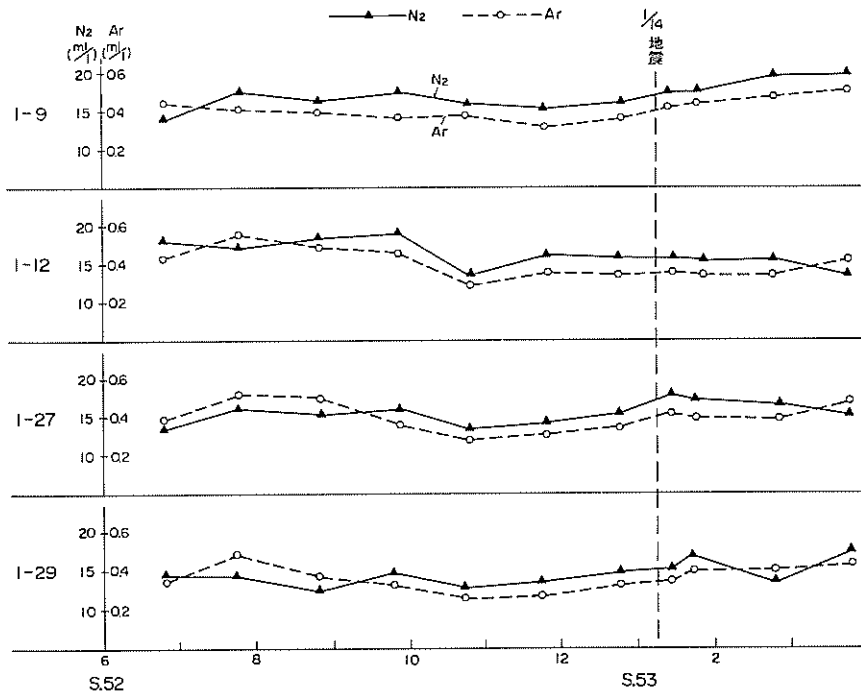


第4図 奥野観測点における S-P 別地震回数



第5図 地下水中の溶存ガス He・H₂ 濃度の地震前後の変化

伊豆大島近海地震前後における地下水中の溶存ガスの変化（永田・大場・池田・永井・後藤・阿部）



第6図 地下水中の溶存ガス N_2 ・Ar 濃度の地震前後の変化

解釈できる。

溶存 N_2 及び Ar 濃度の変化は第3図及び第6図にみられるように、昭和52年10月頃から地震発生時にかけて I-4, 9, 12及び27の観測井に減少傾向がみられ、地震後、元のレベルに回復した。とくに、I-12では昭和52年9月から10月にかけて N_2 及び Ar 濃度ともに急減している。

上述のように、いくつかの観測井では伊豆大島近海地震前後に地下水中の溶存 He , H_2 濃度などに変動が認められたが、それらの観測井ではすべて水温が $39^{\circ}C$ 以上、深度が200m以深のものである。今後これらの観測井についてはとくに注目する必要がある。

4. ま と め

地下水の溶存ガス組成の変化が、地震予知に関する指標となり得るかどうかが検討する目的で、伊豆半島東部の13観測井より定期的に採取した地下水試料中の溶存ガス組成—— He , H_2 , O_2 , N_2 , Ar, CH_4 ——の長期測定を行っている。この長期観測中に、昭和51年10月に群発微小地震が遠笠山付近を中心として発生し、また、昭和53年1月14日に伊豆大島近海地震がおり、これらの地震の発生と、地下水溶存ガス組成の変化との対応を検討する機会を得た。

1) 群発微小地震との対応

ほとんどの観測井において地下水溶存 H_2 濃度の変化が著しく、この溶存 H_2 濃度の変化は地震回数に対応している。 H_2 と同様に軽溶存ガスである He 濃度は、 H_2 濃度ほど増減は顕著ではない。

2) 伊豆大島近海地震との対応

地震前後にやや明瞭な変動を示した溶存ガス成分は、群発微小地震の場合と同様に軽い He と H_2 とであった。ただし、地震前後に溶存 He , H_2 濃度の変化が認められた観測井は、水温 $39^{\circ}C$ 以上、深度200m以深のものに限られている。その他の溶存ガス成分のうち、 N_2 と Ar濃度にわずかな変化が認められた。

文 献

- 星野一男・橋本知昌・松田時彦 (1978) 伊豆半島活断層図, 構造図4. 地質調査所.
金原均二・本島公司・石和田靖章 (1958) 天然ガス. 朝倉書店, 東京, p. 36-131.
小野晃司・角 清愛 (1959) 5万分の1地質図幅「稲取」および同説明書. 地質調査所, p. 26.
沢村孝之助 (1956) 5万分の1地質図幅「修善寺」および同説明書. 地質調査所, p. 51.
東京大学地震研究所ほか (1978) 伊豆半島東部の群発地震 (1976年11月~1977年5月). 地震予知連絡会報, vol. 18, p. 42-43.

**Chemical composition of dissolved gases in groundwaters in the
Izu Peninsula and its variation in relation to the 1976
microearthquake swarms and the 1978 Izu-Oshima-Kinkai Earthquake**

Syozo NAGATA, Nobuo OBA, Kiyoji IKEDA, Shigeru NAGAI,
Hayaji GOTO and Kikuo ABE

Abstract

Geochemical studies, one of the geoscientific methods for the study of the earthquake prediction, have been conducted in the Izu Peninsula about 150 km SWW of Tokyo. Dissolved gases in groundwaters taken from 13 observation wells were periodically analyzed for He, H₂, Ar, N₂, O₂ and CH₄ using gas-chromatograph at a rate of once or twice a month since April 1976.

The purpose of the study is to obtain the long-term variation in chemical composition of the dissolved gases for the earthquake prediction, and to find anomalous changes of the content of the dissolved gases corresponding to seismic activity in the area.

The following relations were noticed between the variation of the chemical composition of dissolved gases and the 1976 micro earthquake swarms:

(1) remarkable increase in the H₂ content in the area was observed, (2) increase in the H₂ content was detected at the almost all observation wells, this variation was independent of the depth of well and temperature of groundwaters, and (3) variation in the He content was less distinct than that in the H₂ content.

The following relations were found between the chemical composition of dissolved gases and the Izu-Oshima-Kinkai Earthquake 1978:

(1) by the observation on the 6th day after the earthquake, the increase in the content of both He and H₂ was observed, (2) such significant increase in the content of He and H₂, was only noticed at the limited number of the observation wells, which have the groundwater temperature higher than 39°C and the depth deeper than 200 meters, and (3) slight changes in the content of N₂ and Ar were observed between two observations before and after the earthquake.

(受付: 1978年11月14日; 受理: 1978年12月11日)

伊豆半島東部地域における地下水中のラドン濃度と 伊豆大島近海地震前後におけるその変化について

池田喜代治*・永井 茂*・後藤 隼次**
阿部喜久男**・永田 松三**・大場 信雄*

要 旨

伊豆半島東部地域で地震予知研究を目的とした地下水中のラドンの観測を行っている。1976年5月から観測を開始し、現在、観測を継続中である。深度35~700mの地下水及び温泉水を対象としている。

観測方法は地下水中のラドンをトルエンに抽出、分離し、液体シンチレーションカウンターで計測してラドン濃度を測定する方法で行っている。この測定法の再現精度は、 0.3×10^{-10} Ci/l以上の濃度で、変動率5%以下である。

各観測井のラドン濃度は $(0.3 \sim 7) \times 10^{-10}$ Ci/lであって、季節的な要因を含めても、ラドンの変動は、変動率10%以下である。

観測期間中に伊豆半島では被害地震が2回発生した。1回目は1976年8月18日の河津地震(M. 5.4)、2回目は1978年1月14日の伊豆大島近海地震(M. 7.0)である。これらの地震の前後には、地震に対応したと思われる変動率14~88%のラドン濃度変化がいくつかの観測井で観測された。

1. 緒 言

ラドン (^{222}Rn)¹⁾ は天然のウラン系列の壊変元素のなかで、ただ一つの気体元素であって、その半減期は3.82日である。わが国の通常の地下水中には $10^{-11} \sim 10^{-9}$ Ci/l程度含まれている。地下水中のラドンは、地層中のラジウム (^{226}Ra) の壊変によって供給されるので、地層中のラジウム濃度とある平衡関係をもつと考えられる。したがって、ある地層中の地下水はその地下水固有のラドン濃度を示すようである。

地下水中のラドンは、前述のようなラドンの地球化学的な特性から、安定した水理学的条件下ではむしろ変化しにくい特徴をもっていると考えられる。一方、地下水中のラドンが地震の前駆的現象の一つとして変化することがソ連のタシケント地震の際に発見され、それ以後も、ソ連、中国などで、いくつかの大きな地震前にラドンの濃度変化があった例が報告(萩原, 1974)されている。ラドン濃度の変化は、ソ連邦ウズベク共和国タシケント地震(1966年M. 5.5)では約3倍の増加が地震前に観測され、中国の遼東半島の海城地震(1975年M. 7.3)では20~40%の濃度変化が地震前に観測されたと報告されている。地震の前兆としてのラドン濃度の変化が起る時期と、変化の大きさは、震源地と観測井の距離及び地震の強さと関連があるという報告(SULTANKHODZHAEV ほか, 1977)もある。わが国では地震に関連する地下水中のラドンの変化に関しては、ほとんど資料がないのが現状であるが、伊豆大島近海地震でラドン濃度の変化が地震前に観測されたという報告(脇田, 1978)もあり、地下水中のラドンは、その地球化学的特徴から、地殻の異常を示すよいインジケータになり得るものと考えられる。

本研究に当り、当所の調査・研究業務のために、心よく井戸を使用させて頂いている関係市町及び井

* 環境地質部

** 技術部

1) ラドンにはウラン系列の ^{222}Rn 、トリウム系列の ^{220}Rn (慣用名: トロン)及びアクチニウム系列の ^{210}Rn (慣用名: アクチノン)がある。本論文でのラドンは ^{222}Rn のことをいう。

戸所有者の各位、ラドンの抽出・測定など御協力頂いた方々に厚く謝意を表す。

2. 観測方法

地下水中のラドン観測は長期的に同じ井戸で定期的に観測を行わなければならないので、多数試料を能率よく高い精度で測定できる方法が必要である。

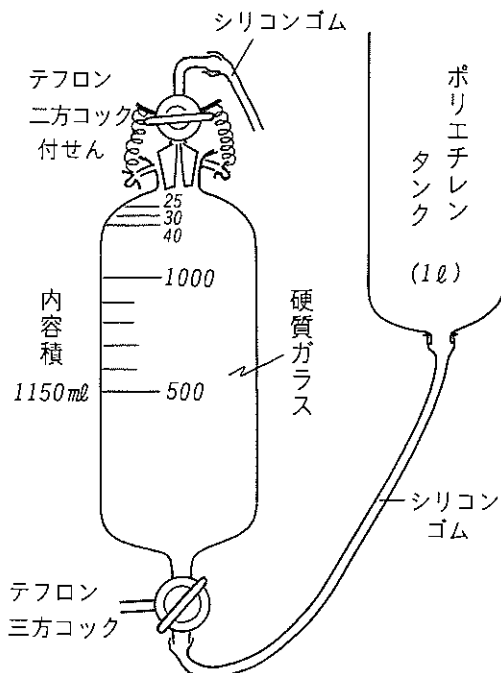
日本原子力研究所の野口(1964)の報告した「液体シンチレータによる Radon の放射能測定」法は、水中のラドンを液体シンチレーター(トルエン溶媒)と直接混合後、分離して抽出し、液体シンチレーションカウンターで計測する方法であって、多数試料を精度よく測定するのに適した方法である。この方法に関連して、本間・村上(1973)、木村ほか(1975)、脇田ほか(1976)などの報告がある。

また、これらの方法に関連して当所でも試料採取方法、液体シンチレーターによる抽出・分離条件などを検討し、第1図に示すラドン抽出分離器を用いて、次のような試料採取方法、抽出・分離方法(池田・阿部, 1977; 池田, 1978)で観測を行っている。

2.1 ラドン試料の採取及び測定方法

水中のラドン測定上の誤差は主として地下水の採取時と、抽出分離操作中とに生ずる。試料の採取に当っては、揚水過程で空気が混入しない構造のポンプを使用する井戸を選定し、空気に触れない試料を採取した。また、ラドンは減衰が早いので停滞水を採取しないようにした。ラドン観測は、なるべく定期的に水中ポンプで汲み上げられている地下水あるいは自噴性地下水を対象とした。

ラドンの抽出分離方法は下記の通りである。試料水が空気に触れないようにラドン抽出分離器(以下、分離器とする)の底から注入して正確に 1 l の試料水を分離器に採取する。これに液体シンチレータ [2,5-ジフェニルオキサゾール (PPO) 4g, 1,4-ビス (2-(5-フェニルオキサゾリル)) -ベンゼン (POPOP) 0.1 g を正しくトルエン 1 l に溶かす] 40 ml を正しく加え、200回以上激しく振り混ぜる。振り混ぜ後、約5分間静置して水相とトルエン相が分離後、ポリエチレンタンク内の水圧でトルエン相

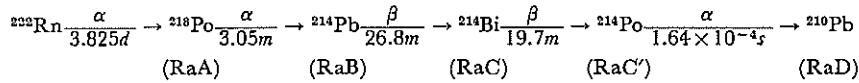


第1図 水中ラドン抽出分離器

伊豆大島近海地震前後における地下水中のラドン濃度変化 (池田・永井・後藤・阿部・永田・大場)

を押し上げ、分離器の上部コックのシリコンゴム管の先端をガラスバイアル (25 ml) の底まで入れて、静かにトルエン相をガラスバイアルに移す。ガラスバイアルからトルエン相を少しづつ溢れさせながらシリコンを引き抜き、ガラスバイアルのふたを閉めラドン抽出試料とする。

抽出試料中のラドンは次のように3本の α 線と2本の β 線が放出して ^{210}Pb に変わる。約4時間放置すると、この系



は放射平衡に達する。4時間以上ラドンの抽出試料を放置後、野口 (1975) の方法に準じて液体シンチレーションカウンターによって測定している。

地質調査所に設置した液体シンチレーションカウンター (パッカード, トライカーブ 3385 型) を用い、装置のウインド幅を100 \sim ∞, 200 \sim ∞, 300 \sim ∞に設定した3チャンネル同時計数を行い、各チャンネルの計数率値 (n_1, n_2, n_3) からウインド幅がゼロ位置の積分計数率値 (No cpm) を補外法で求め、以下次式によって試料採取時のラドン濃度 ($C_0 \times 10^{-10}$ Ci/l) を求めている。この場合、同時に抽出用液体シンチレーターの計数を行い、バックグラウンド補正を行っている。

$$N_0 \text{ (cpm)} = \frac{1}{6} (8n_1 + 2n_2 - 4n_3)$$

$$I_{Rn} = \frac{N_0}{1110 \cdot fs} \dots \dots \text{測定バイアル中のラドン量 (} 10^{-10} \text{Ci)}$$

$$C_0 = K \cdot I_{Rn} \cdot e^{0.007553t'} \dots \dots \text{試料採取時の水中のラドン濃度 (} 10^{-10} \text{Ci/l)}$$

$$K = \left(\frac{1}{D_T} \cdot \frac{V_{air}}{V_W} + \frac{V_S}{V_W} + \frac{D_W}{D_T} \right) \frac{1}{V_T}$$

t' : 試料採取から測定までの時間 (hr)

V_{air} : 空気容積 (l)

V_W : 水試料の容積 (l)

V_T : 測定バイアル中の液体シンチレーターの容積 (l)

V_S : 抽出分離器内に加えた液体シンチレーターの容積 (l)

fs : 飽和係数 $1/5 (f_{Rn} + f_{RaA} + f_{RaB} + f_{RaC} + f_{RaC'})$

ラドンの抽出試料は4時間以上放置するので、飽和係数 fs は1として計算できる。

D_T, D_W は抽出時の水温 t °Cにおけるラドンのトルエン及び水に対する溶解度で、温度依存性がある。 D_T は藤田 (1976), D_W は Misaqi (1975) のそれぞれ次の近似式を用いている。

$$D_T = 18.2e^{-t/140.5}$$

$$D_W = 0.1057 + 0.405e^{-0.0602t}$$

著者らが用いている液体シンチレーションカウンターのデータ処理システムを第2図に示す。

2.2 ラドン測定方法の再現精度

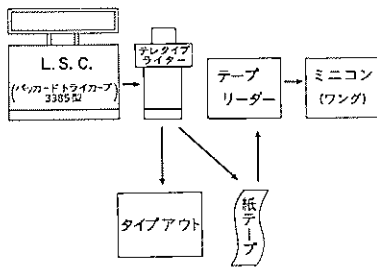
ラドン測定方法の再現精度は、探水現場で抽出分離してラドン抽出試料とする著者らの方法では、そのまま観測精度である。

ラドン測定の再現精度は、野外の自噴性地下水を対象として試料採取からラドン濃度を求める一連の操作を10回繰り返して求めた。その結果を第1表に示す。平均値 0.33×10^{-10} Ci/l の地下水試料では変動率4.54%, 平均値 0.83×10^{-10} Ci/l の地下水試料では変動率1.93%である。伊豆半島地域における観

第1表 水中ラドン濃度測定法の再現性

Trial No.	Rn conc. (10^{-10} Ci/l)	
	T-1	T-2
1	0.84	0.32
2	0.83	0.33
3	0.81	0.35
4	0.84	0.33
5	0.83	0.31
6	0.82	0.35
7	0.85	0.32
8	0.81	0.32
9	0.84	0.32
10	0.80	0.35
平均値	0.83	0.33
標準偏差	0.016	0.015
C.V. (%)	1.93	4.54

T-1, T-2 は自噴性抜圧地下水



第2図 L.S.C. データ処理システム

観測の間隔は週1回または月1回とし、観測間隔の異なる2群の観測地点を設置した。観測間隔はソ連のタシケント地震と、中国の海城地震の際に観測された地震前のラドン変化などを参考として決定した。すなわち、これらの観測例では4、5カ月以上も前からラドン濃度変化が起っている。著者らは広範囲の測点を月1回の測定でカバーし、そのなかの要所で週1回の観測を行うようにした。

各観測地点の地下水、温泉水試料を採取し、採取現場で抽出分離したラドン抽出試料を、液体シンチレーションカウンターで測定する観測システムを用いていることは前述の通りである。

観測間隔は週1回または月1回とし、観測間隔の異なる2群の観測地点を設置した。観測間隔はソ連のタシケント地震と、中国の海城地震の際に観測された地震前のラドン変化などを参考として決定した。すなわち、これらの観測例では4、5カ月以上も前からラドン濃度変化が起っている。著者らは広範囲の測点を月1回の測定でカバーし、そのなかの要所で週1回の観測を行うようにした。

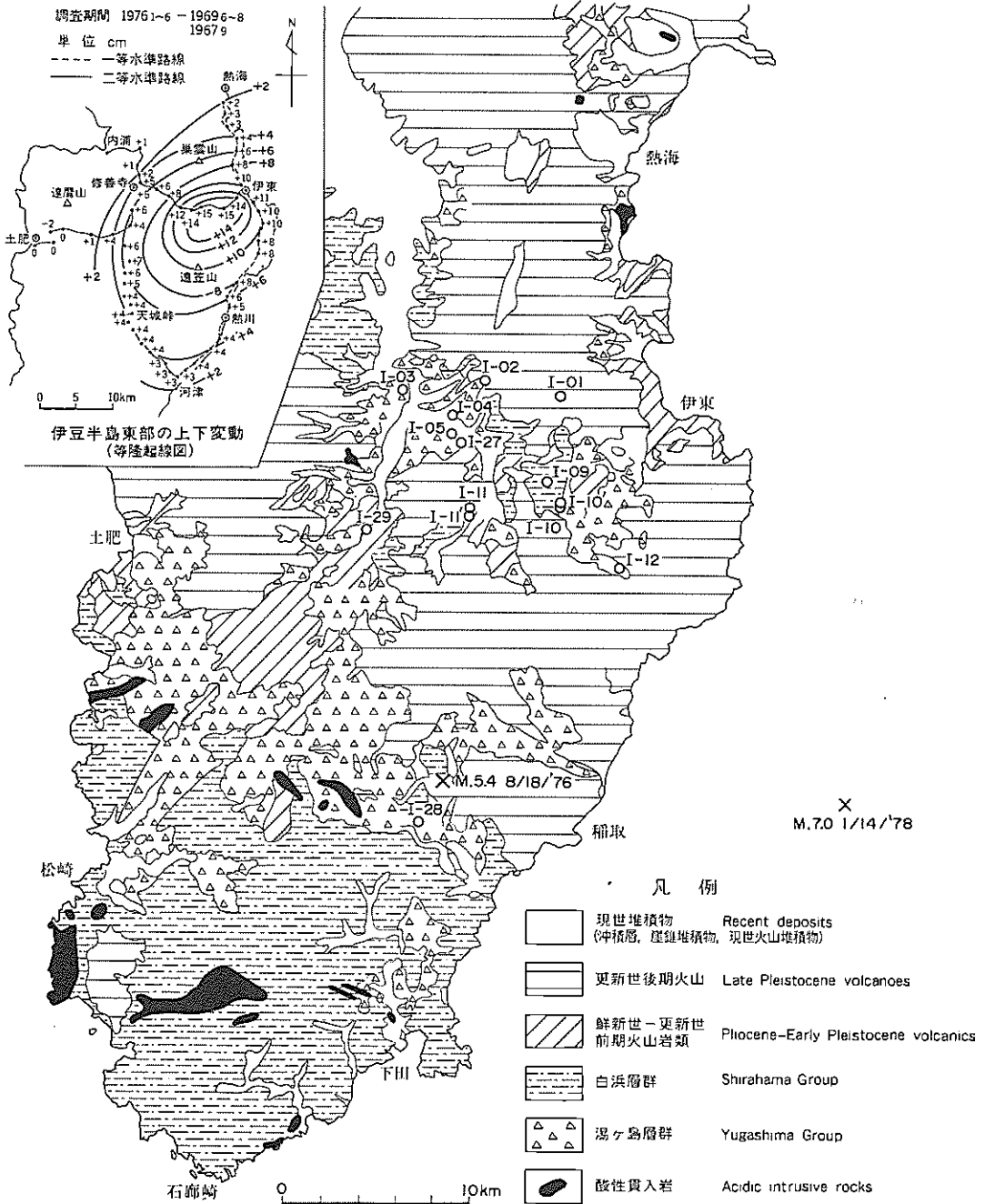
4. 地下水中のラドンの観測結果

4.1 月1回の観測結果

1976年4月から1978年4月までの期間中に観測を行った月1回の観測地点における地下水中ラドン濃度の観測結果を第3表に示す。

これらの観測結果のうち、I-02は自噴量の著しい減少によって観測不能となり、また、I-01、I-05は井戸施設の改善工事のために観測が不可能となったので、1977年3月、4月にこれらの観測を中止し、新たに、I-27、I-28及びI-29の3カ所を観測地点として追加している。

伊豆大島近海地震前後における地下水中のラドン濃度変化 (池田・永井・後藤・阿部・永田・大場)



第3図 伊豆半島東部地域ラドン観測井位置図

[地質図は「伊豆半島活断層図(10万分の1)」: 星野ら, 1978より転記]

左上, 国土院(1976)による同地域の地盤隆起図, ×印: 河津地震, 伊豆大島近海地震の震央

地質調査所特別報告 第7号

第2表 伊豆半島東部地域ラドン観測井一覧表

No.	観測井名	水源種類	自噴動力別	位置	深度(m)	水温(°C)	水量(l/分)	水位(m)
I-01	中伊豆スカイライン・カントリークラブ	水井戸	動力	中伊豆町	150	14~15	不明	-70
I-02	修善寺町年川上水道水源	湧水	自然湧出	修善寺町	—	15.5	—	—
I-03	“ 生コン水源井	水井戸	動力	“	30	14.0	—	—
I-04	大京観光温泉2号泉	温泉	自噴	中伊豆町	500	47~50	300	—
I-05	吉本謙三宅源泉	“	“	“	500	48~51	25	—
I-09	全農協共済中伊豆リハビリテーションセンター3号泉	“	“	“	703	33~34	220	—
I-10	翠光園(外管)	水井戸	“	“	150	14.1	不明	—
I-10'	翠光園(内管)	“	“	“	300	14.0	—	—
I-11	姫ノ湯源泉	温泉	“	“	500	29~31	14	—
I-11'	“ 水井戸	水井戸	“	“	35	15	26	—
I-12	伊東市池浄水揚1号泉	“	動力	伊東市	50	11~13	不明	—
I-27	中伊豆温泉病院2号泉	温泉	“	中伊豆町	700	51.7	—	—
I-28	民宿みなみ	“	自噴	河津町	200	42.7	110	—
I-29	慶応リハビリテーション	“	動力	湯ヶ島町	56.7	39.2	不明	—

注) 番号は、研究開始からの通し番号

これらの観測期間中に、伊豆半島地域では河津地震(1976年8月18日, M. 5.1)と伊豆大島近海地震(1978年1月14日, M. 7.0)の被害地震が発生している。

第3表には2回の被害地震前後のラドンの測定値を含めた平均値、標準偏差も示してある。平均値に対する変動の割合は5~29%の範囲である。各観測井の地下水中のラドン濃度の経時変化を第4図に示す。

4.2 週1回の観測結果

1976年5月から1978年4月までの週1回の観測地点I-09, I-10, I-11, I-12及びI-11'の地下水中のラドン濃度の観測結果を第4表に示す。

観測地点I-11は自噴井であったが、エアリフト井に改造されたため1977年9月に観測を中止し、I-11'を週1回の観測井とした。

第4表では約2年間の観測結果を約1年単位で区切り、1977年3月末までと、それ以後の1978年3月末までの測定値の平均値、標準偏差を示した。平均値に対する変動の割合は、前記の地震前後の変動を含めて、年間5~15%の範囲である。I-09, I-10, I-11及びI-12の地下水中のラドン濃度変化を第5図に、I-11'の経時変化を第6図に示した。

4.3 河津地震前後における観測結果

観測開始後、間もなく1976年8月に河津地震が発生した。このときの観測井群は震央からの距離20~26kmの範囲に分布している。週1回の観測結果では第5図に示すようにI-11及びI-10の観測地点で、地震直後に鋭いラドン濃度変化が観測された。

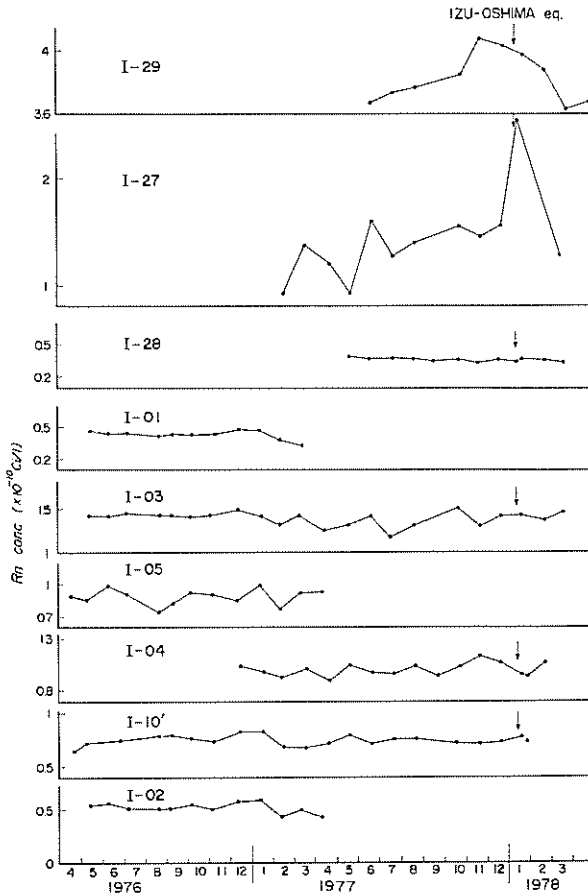
これらのラドン濃度変化は第7図に示すように、各観測地点の1976年5月から11月までの測定値の平均値からの標準偏差(1σ)を超えており、I-11は地震の2日前の測定値が1.8σ相当の増加を示し、地震の5日後の測定値は3σ以上の減少を示した。このラドンの濃度変化は河津地震に対応した変化と思われる。I-10は地震の2日後の測定値が2σ相当の減少を示している。

河津地震に対応したと思われる地下水中のラドン濃度変化は、地震をはさんで前後一週間以内に起っている。月1回の観測地点では、この地震に対応したような変化が観測されなかった。

第3表 (その2)

I-10' (翠光園(内))		I-27 (温泉病院)		I-28 (みなみ)		I-29 (K.O. リハビリ)	
採取年・月・日	Rn conc.	採取年・月・日	Rn conc.	採取年・月・日	Rn conc.	採取年・月・日	Rn conc.
1976.							
4. 21	0.64						
5. 13	0.71						
	—						
	—						
8. 25	0.79						
9. 10	0.79						
10. 7	0.75						
11. 11	0.72						
12. 15	0.81						
1977.		1977.		1977.		1977.	
1. 20	0.82	2. 17	0.92				
2. 16	0.66	3. 17	1.37				
3. 17	0.65	4. 22	1.21				
4. 23	0.70	5. 23	0.93	5. 23	0.39		
5. 25	0.78	6. 24	1.60	6. 24	0.36	6. 24	3.71
6. 24	0.70	7. 19	1.27	7. 17	0.37	7. 19	3.80
7. 19	0.73	8. 25	1.40	8. 26	0.36	8. 26	3.85
8. 25	0.73		—	9. 23	0.33		—
	—	10. 27	1.55	10. 28	0.36	10. 28	3.97
10. 26	0.70	11. 24	1.46	11. 25	0.32	11. 25	4.30
11. 23	0.70	12. 22	1.56	12. 22	0.35	12. 23	4.24
12. 21	0.71	1978.		1978.		1978.	
1. 19	0.73	1. 19	2.53	1. 19	0.35	1. 19	4.15
2. 22	0.72		—	2. 24	0.36	2. 22	4.01
3. 23	0.71	3.	1.25	3. 24	0.34	3. 22	3.63
試料数	N 21	N 12		N 17		N 15	
平均値	Av 0.73	Av 1.42		Av 0.34		Av 3.77	
標準偏差	σ 0.049	σ 0.41		σ 0.029		σ 0.32	
変動率(%)	$\sigma/Av \cdot 100$ 6.7	% 28.9		% 8.5		% 8.5	

伊豆大島近海地震前後における地下水中のラドン濃度変化（池田・永井・後藤・阿部・永田・大場）



第4図 伊豆半島東部地域地下水中のラドン濃度変化（1回/月）

5. 伊豆大島近海地震前のラドン濃度変化

河津地震以後のラドン濃度変化には、1977年3月頃から伊豆大島近海地震発生までの間にいくつかの特徴のある変化が観測された。

5.1 I-12の変化

1977年3月始めから4月末にかけて、長期的で大きなラドン濃度変化が観測された。このI-12のラドン濃度変化は1977年3月以前の約10カ月の測定値の平均値に対し、最大約45%の減少を示した。この異常は第8図に示すように地下水位の異常な低下と密接に関連していることが明らかとなった。ほぼ同じ時期に相当する1977年4月から、伊豆大島近海地震の前兆としての水位変化が伊豆船原地区で観測されたとの報告（山口・小高、1978）があり、I-12の変化と合わせて興味深い結果を示した。なお1977年3、4月に現われたラドン、水位の変化は1978年3月の観測結果には現われていない。

5.2 I-9, I-10, I-11及びI-12の1977年8、9月の変化

1977年8月末から9月末にかけて週1回の観測井の全部が、一斉にラドン濃度の大きな上下変化を示

第4表 (その1) 伊豆半島東部地域地下水中ラドン濃度測定表 (1976.5~1977.3)

I-12 (池1号)		I-10 (翠光園外管)		I-11 (姫ノ湯温泉)		I-9 (全北池)		I-11' (姫ノ湯水井戸)	
採取年・月・日	Rn conc.	採取年・月・日	Rn conc.	採取年・月・日	Rn conc.	採取年・月・日	Rn conc.	採取年・月・日	Rn conc.
1976.	—	1976.	—	1976.	—	1976.	—	—	—
5. 12	1.59	4. 21	1.26	4. 21	1.42	4. 21	2.12	—	—
6. 10	1.48	5. 13	1.21	5. 13	1.46	5. 13	2.04	—	—
6. 17	1.32	6. 11	1.19	6. 11	1.45	6. 11	2.05	—	—
6. 24	1.43	6. 15	1.10	6. 15	1.30	6. 14	2.05	—	—
7. 1	1.42	6. 22	1.20	6. 23	1.48	6. 21	1.74	—	—
7. 6	1.50	6. 29	1.11	6. 29	—	6. 28	1.77	—	—
7. 6	1.43	7. 7	1.24	7. 6	1.29	7. 5	1.87	—	—
7. 15	1.47	7. 8	1.21	7. 7	1.30	7. 8	1.89	—	—
7. 21	1.56	7. 14	1.15	7. 13	1.45	7. 12	1.83	—	—
7. 29	1.46	7. 20	1.28	7. 20	1.38	7. 19	2.02	—	—
8. 4	1.56	7. 27	1.24	7. 29	1.47	7. 26	1.88	—	—
8. 9	1.46	8. 4	1.26	8. 4	1.26	8. 2	2.01	—	—
8. 18	1.55	8. 11	1.26	8. 11	1.47	8. 9	1.91	—	—
8. 24	1.47	8. 18	1.01	8. 16	1.53	8. 16	2.05	—	—
8. 24	1.44	8. 25	1.18	8. 23	1.02	8. 23	1.92	—	—
—	—	8. 25	1.12	8. 24	1.35	8. 25	1.92	—	—
—	—	8. 31	1.10	8. 27	1.44	8. 30	1.98	—	—
9. 1	1.56	—	—	9. 1	1.46	—	—	—	—
9. 8	1.56	9. 7	1.10	9. 7	1.41	9. 6	2.06	—	—
9. 8	1.48	9. 10	1.16	9. 9	1.38	9. 10	1.82	—	—
9. 14	1.64	9. 14	1.30	9. 15	1.41	9. 13	2.03	—	—
9. 22	1.62	9. 21	1.13	9. 22	1.39	9. 20	2.05	—	—
9. 29	1.59	9. 28	1.15	9. 30	1.32	9. 27	1.79	—	—
10. 5	—	10. 5	1.16	10. 5	1.38	10. 4	1.80	—	—
10. 5	1.59	10. 7	1.16	10. 7	1.39	10. 7	1.72	—	—
10. 13	1.49	10. 12	1.21	10. 12	1.37	10. 12	1.84	—	—
10. 20	1.75	10. 19	1.24	10. 19	1.41	10. 18	2.01	—	—
10. 27	1.68	10. 26	1.21	10. 27	1.34	10. 25	2.01	—	—
11. 4	1.66	11. 2	1.23	11. 4	1.33	11. 1	1.87	—	—
11. 11	1.63	11. 8	1.13	11. 10	1.37	11. 8	2.00	—	—

伊豆大島近海地震前後における地下水中のラドン濃度変化 (池田・永井・後藤・阿部・永田・大場)

11. 11	1.62	11. 11	1.31	11. 11	1.88	1976.	12. 15	6.39
11. 17	1.43	11. 15	1.40	11. 15	1.99			
11. 24	1.58	11. 18	1.44	11. 22	1.96			
12. 2	1.60	11. 24	1.46	11. 29	1.95			
12. 8	1.50	12. 4	1.17	12. 6	2.02			
12. 14	1.67	12. 8	1.37	12. 13	2.00			
12. 14	1.62	12. 15	1.45	12. 15	1.97			
12. 22	1.57	12. 22	1.40	12. 20	1.97			
1977.		12. 28	1.60	1977.				
1. 5	1.57	1. 4	1.51	1. 4	1.96			
1. 12	1.50	1. 13	1.42	1. 10	2.04			
1. 19	1.60	1. 20	1.38	1. 16	2.07			
1. 19	1.27	1. 20	1.38	1. 24	1.92	1977.	1. 20	6.63
1. 26	1.49	1. 28	1.37	1. 30	2.23			
2. 3	1.52	2. 2	1.24	2. 7	1.88			
2. 9	1.42	2. 8	1.27	2. 14	1.81			
2. 15	1.46	2. 15	1.30	2. 16	1.85			
2. 15	1.43	2. 16	1.25	2. 22	1.87			
2. 23	1.44	2. 22	1.38	2. 28	2.30			
3. 2	1.27	3. 4	1.29	3. 7	1.89			
3. 10	1.06	3. 10	1.28	3. 14	—			
3. 18	0.87	3. 16	1.42	3. 17	1.99			
3. 18	0.87	3. 21	1.10	3. 22	1.90			
3. 23	0.87	3. 29	1.10	3. 29	1.95			
3. 30	0.83							
試料数	N 51	N 54	N 52	N 51	N 4			
平均値	Av 1.45	Av 1.13	Av 1.37	Av 1.95	Av 6.55			
標準偏差	σ 0.22	σ 0.10	σ 0.10	σ 0.11	σ 0.14			
変動率 (%) $\sigma/Av \times 100$	15.2	8.8	7.3	5.6	2.1			

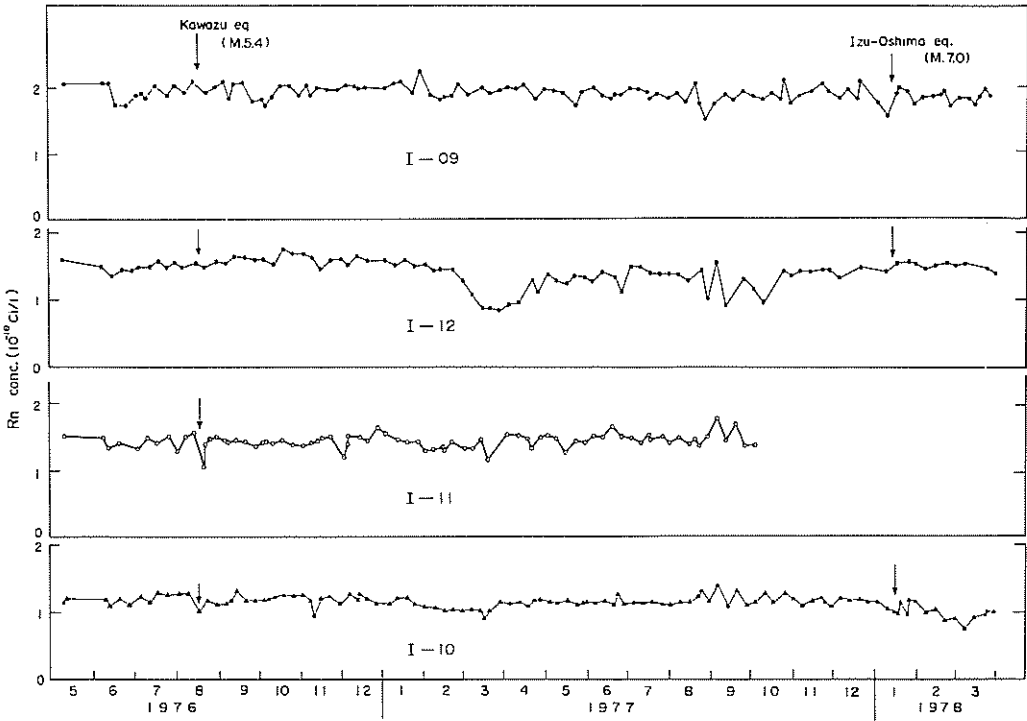
第4表(その2) 伊豆半島東部地域地下水中ラドン濃度測定表 (1977.4~1978.3)
 一回/週 観測地点

I-12 (池1号)			I-10 (翠光園)			I-11 (姫ノ湯温泉)			I-9 (金沢池)			I-11' (姫ノ湯水井戸)		
採取年・月・日	Rn conc.		採取年・月・日	Rn conc.		採取年・月・日	Rn conc.		採取年・月・日	Rn conc.		採取年・月・日	Rn conc.	
1977. 4. 6	0.93		1977. 4. 5	1.09		1977. 4. 4	1.52		1977. 4. 5	2.00		1977. 4. 22	6.34	
4. 13	0.97		4. 12	1.11		4. 12	1.48		4. 11	1.96				
4. 23	1.34		4. 19	1.05		4. 19	1.43		4. 18	2.04				
4. 23	1.24		4. 23	1.13		4. 22	1.27		4. 23	1.86				
4. 27	1.10		4. 27	1.14		4. 29	1.46		4. 25	1.83				
5. 4	1.40		5. 4	1.11		5. 4	1.48		5. 2	1.96				
5. 11	1.29		5. 10	1.09		5. 10	1.44		5. 9	1.94				
5. 18	1.24		5. 17	1.13		5. 17	1.23		5. 16	1.90				
5. 24	1.38		5. 24	1.07		5. 24	1.43							
5. 24	1.33		5. 25	1.08		5. 25	1.40		5. 25	1.73		5. 24	6.06	
6. 1	1.33		5. 31	1.11		6. 1	1.38		5. 30	1.92				
6. 7	1.26		6. 7	1.11		6. 7	1.48		6. 7	1.97				
6. 14	1.42		6. 14	1.14		6. 14	1.47		6. 14	1.85				
6. 24	1.33		6. 21	1.07		6. 21	1.62		6. 20	1.81		6. 23	6.56	
6. 24	1.31		6. 24	1.21		6. 22	1.34		6. 24	1.87				
6. 28	1.10		6. 28	1.09		6. 28	1.47		6. 28	1.87				
7. 5	1.49		7. 5	1.10		7. 5	1.45		7. 4	1.97				
7. 12	1.49		7. 12	1.09		7. 12	1.39		7. 11	1.96				
7. 19	1.21		7. 19	1.07		7. 18	1.50		7. 18	1.90		7. 19	5.59	
7. 19	1.27		7. 19	1.11		7. 19	1.44		7. 19	1.82				
7. 26	1.40		7. 27	1.06		7. 28	1.58		7. 25	1.89				
8. 2	1.40		8. 2	1.06		8. 2	1.39		8. 2	1.82				
8. 9	1.38		8. 9	1.09		8. 9	1.46		8. 9	1.89				
8. 16	1.28		8. 16	1.11		8. 17	1.37		8. 15	1.78				
8. 25	1.47		8. 23	1.18		8. 21	1.44		8. 22	2.04				
8. 25	1.42		8. 25	1.27		8. 24	1.35		8. 25	1.74		8. 24	5.38	
8. 30	1.00		8. 30	1.11		8. 30	1.48		8. 29	1.52				
9. 6	1.59		9. 6	1.34		9. 6	1.76		9. 5	1.74				
9. 13	0.92		9. 13	1.04		9. 13	1.44		9. 13	1.87				
			9. 20	1.28		9. 20	1.67		9. 19	1.80		9. 23	—	

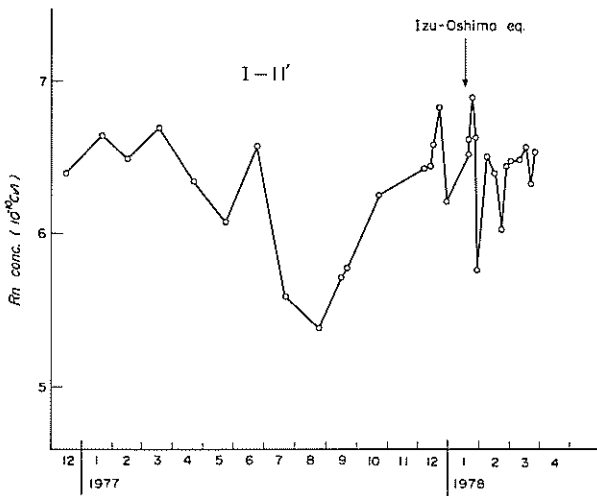
第4表 (その2) (つづき)

I-12 (池1号)		I-10 (翠光園)		I-11 (姫ノ湯温泉)		I-9 (金共運)		I-11' (姫ノ湯水井戸)	
採取年・月・日	Rn conc.	採取年・月・日	Rn conc.	採取年・月・日	Rn conc.	採取年・月・日	Rn conc.	採取年・月・日	Rn conc.
3. 23	1.42	3. 23	1.01			3. 23	1.94	3. 23	6.56
3. 28	1.40	3. 29	1.01			3. 27	1.85	3. 27	6.87
試料数	N 58		N 66		N 32		N 62		N 28
平均値	Av 1.37		Av 1.09		Av 1.45		Av 1.86		Av 6.34
標準偏差	σ 0.17		σ 0.10		σ 0.11		σ 0.11		σ 0.35
変動率(%)	$\sigma/Av \times 100$ 12.4		(%) 9.1		(%) 7.6		(%) 5.9		(%) 6.3
1976.5 ~ 1978.3									
	N 109		120		84		113		38
	Av 1.41		1.11		1.40		1.90		6.31
	σ 0.20		0.10		0.11		0.12		0.37
	% 14.2		9.0		7.9		6.3		5.9

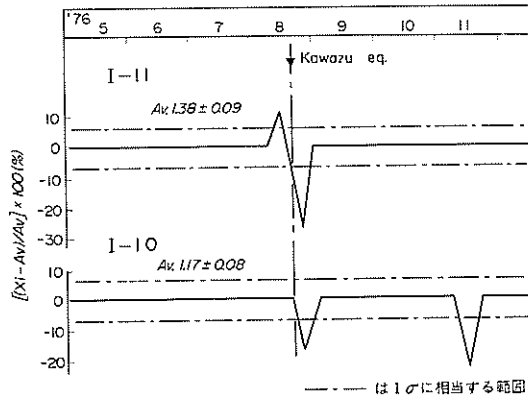
伊豆大島近海地震前後における地下水中のラドン濃度変化 (池田・永井・後藤・阿部・永田・大場)



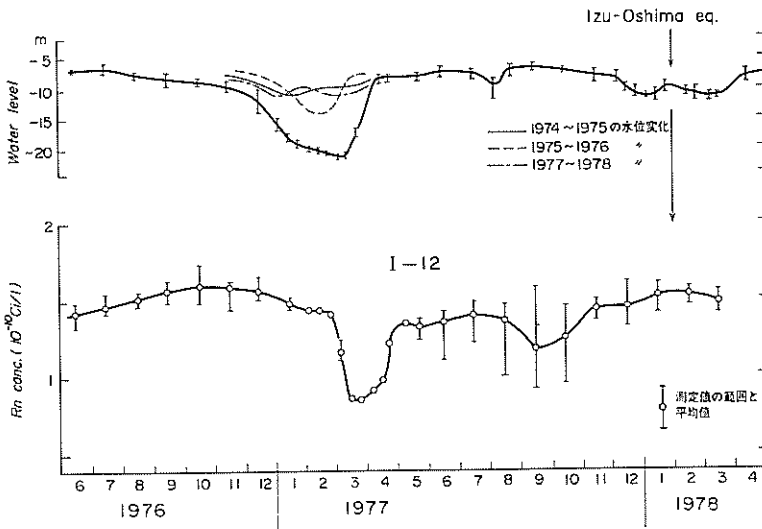
第5図 伊豆半島東部地域地下水中のラドン濃度変化 (1回/週)



第6図 中伊豆町姫ノ湯 (水井戸) のラドン濃度変化



第7図 河津地震に対応した地下水中のラドン濃度変化



第8図 I-12地点における1977年1月～4月の地下水位の異常低下に伴うラドン濃度の異常変化

した(第9, 10図)。

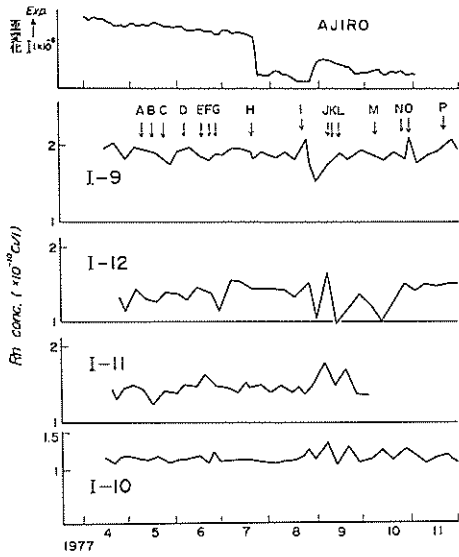
この期間中には、千葉県東方沖(1977年8月21日, M. 5.4), 八丈島近海(9月5日, M. 5.3), 栃木県中部(9月6日, M. 4.0)などの地震が発生しているが、第9図に示すように、これらの地震の震源よりも近い神奈川県西部地震(1977年5月8日, M. 4.8)及び八丈島近海地震(同年11月18日, M. 5.7)ではほとんどラドン変化が観測されなかったこと、また前述の河津地震の際にもこれ程大きなラドン変化が現われなかったことなどから、これらのラドン濃度の異常変化は、伊豆大島近海地震の前兆として現われた変化ではないかと推定される。

また、たまたまこの時期には、気象庁の網代観測地点で、歪変化の異常が7月22～24日及び8月26～29日に観測されている(気象庁地震課, 1978)。歪変化の異常と前後してラドン濃度変化の異常が現われたことは、興味深い結果である。

5.3 I-11' の変化

I-11'における月1回の観測結果では、1977年7月から10月にかけて異常なラドン濃度の減少が観測

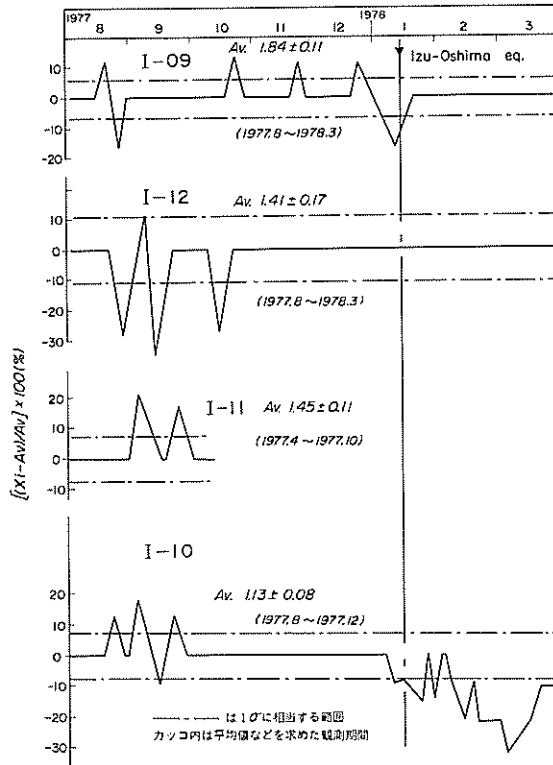
伊豆大島近海地震前後における地下水中のラドン濃度変化 (池田・永井・後藤・阿部・永田・大場)



第9図 1977年8月～9月に現われたラドン濃度の異常
上下変動及び同年4～11月に発生したM.4以上の地震

至変化図は気象庁地震課(1978)による

記号	震央	マグニチュード	記号	震央	マグニチュード
A	神奈川県西部	4.8	I	千葉県東方沖	5.4
B	千葉県中部	4.4	J	八丈島近海	5.3
C	千葉県東部	4.3	K	栃木県中部	4.0
D	東京湾北部	4.6	L	茨城県沖	4.3
E	茨城県南部	4.4	M	茨城県南西部	5.4
F	千葉県東部	4.3	N	茨城県沖	4.9
G	千葉県東部	4.7	O	茨城県沖	4.7
H	東京湾南部	4.0	P	八丈島近海	5.7



第10図 伊豆大島近海地震4～5カ月前及び直前のラドン濃度変化の異常

された、第6図)。この観測点では1976年12月～1977年6月の平均値が 6.45×10^{-10} Ci/l で変動率3.3%のかなり落ち着いた状態を示していたが、7～8月に最大約17%の異常な減少を示した。

この変化の時期は、5.2に述べたようにI-9、I-10、I-11及びI-12の週1回の観測井群にみられた変化の時期とはほぼ一致する。

5.4 I-29, I-27の変化

I-29は1977年6月から観測を開始した観測井であるが、9月までの測定値は安定している。11月には9月までの平均値の14%の異常な増加を示し、地震後の3月に元のレベルに戻った(第4図)。

I-27は最も著しい濃度変化を示した例である(第4図)。この変化は地震後に現われたが、水質の変化も観測されている事実もある(永井ほか, 1978)ので地震前から変化が起っていた可能性もある。

5.5 I-09, I-10の地震直前直後の変化

伊豆大島近海地震の前夜1カ月以内では、I-09、I-10のラドン濃度変化が認められた。これらのラドン濃度変化は、第10図のように一定期間内の測定値の平均値からの標準偏差(1 σ)を超える主な濃度変化で示すと、I-09は地震の4日前の測定値が2.6 σ 相当の減少を示し、地震後は元のレベルに戻っている。

I-10は直前の変化は1.2 σ 相当の減少に過ぎないが、地震後の2月、3月はさらに最大4 σ 相当の減少が継続して観測された。

5.6 考 察

伊豆半島東部地域における観測井は、そのほとんどが被圧地下水である。これらの地下水中のラドンは、帯水層の周囲の地層中に含まれるラジウムから絶えず一定のラドンの供給を受け、また一方では3.82日の半減期で壊変し、ある平衡を保って一定の濃度になっていると考えられる。この考え方は実際に観測された結果ともよく一致する。

実際に観測されたラドン濃度の範囲は $(0.3 \sim 7) \times 10^{-10}$ Ci/lを示し、地震の影響の少なかったと考えられる期間(1976年9月～1977年1月)では第11図に示すようにラドン濃度の変動率は5～9%の比較的安定な数値を示している。

1977年の3月頃から、観測地点の一つI-12に異常なラドン濃度変化が観測され、45%減の変化をしたのを始め、1977年の8月末～9月末には上下の変動幅が20～40%に及ぶ異常な上下変動が4カ所の観測地点で現われるなど、伊豆大島近海地震前にいくつかの特徴のある変化が認められた。この期間中には、伊豆半島から約300 kmの範囲内で、M. 4級の地震が10数回発生しているが、これまでの観測記録では、この程度の地震に対応したと思われる顕著な地下水中のラドン濃度変化は観測されていない。

伊豆半島のラドン観測地点は、伊豆大島近海地震の震央から20～40 kmの範囲内に分布しているので、この地震の前兆としてのラドン濃度変化が、現われやすい位置にあると考えられる。1977年3月頃からの顕著なラドン濃度変化は前述のM. 4級の地震の影響とは考えられないので、伊豆大島近海地震の前兆としての変化であると解釈できよう。

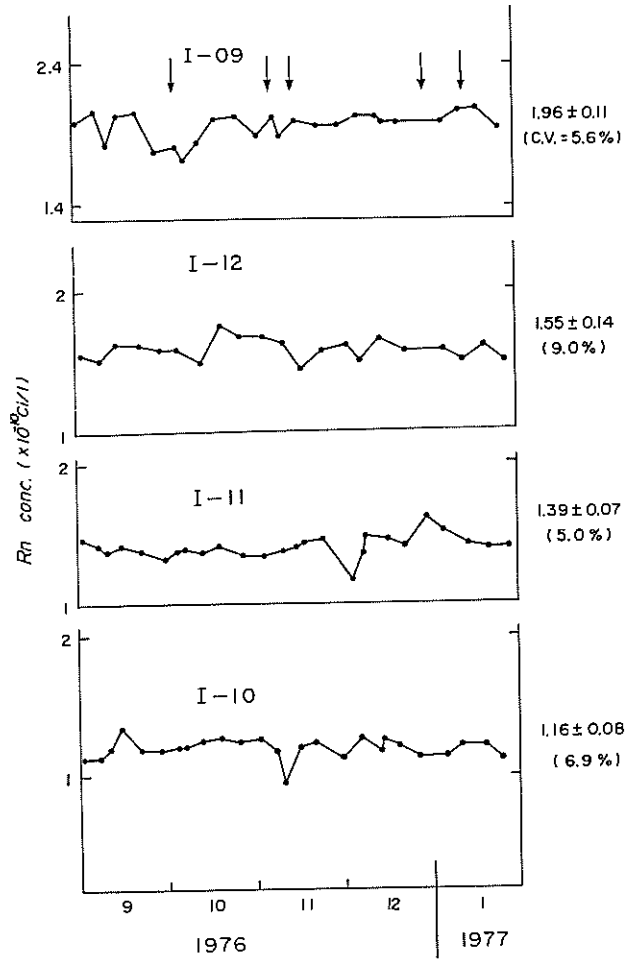
これらの伊豆大島近海地震に対応したと解釈される地下水のラドン濃度の変化例を第5表に示す。

伊豆大島近海地震発生時に観測を行っていた観測地点はI-03、-04、-09、-10、-10'、-11'、-12、-27、-28、及び-29の10カ所である。地震前に観測を中断したI-11を含めた11の観測井のうち、地震の前兆の疑いのあるラドン濃度変化を示したのは5カ所である。すなわち温泉井では6井のうち3井(地震後の変化を含めると4井)が、水井戸では5井のうち2井が変化を示した。

I-09、I-12では地震前に2回のラドン変化が観測された。

水井戸で比較的大きな変化を示したI-11'は、河津地震にも対応した変化を示した温泉I-11と数mしか離れていない観測井であって、両井とも姫ノ湯断層(星野ほか, 1978)のほぼ直上にある。これらの結果から、断層沿いの観測井は、地震の前兆としてのラドン濃度変化を示しやすいように思われる。

伊豆大島近海地震前後における地下水中のラドン濃度変化 (池田・永井・後藤・阿部・永田・大場)



第11図 地震が比較的少なかった期間中の観測井のラドン濃度変動
矢印は東京における有感地震

第5表 伊豆大島近海地震の前後にラドン濃度に変化した事例
(1978. 1. 14. M. 7.0)

観測地点 No.	深 (m) 度	地下水層地層	ラドン濃度変化の時期	ラドン濃度変化 変動率 (%)	震央からの 距離 (km)
I-12	50	湖沼堆積物 天城火山噴出物	地震の約10カ月前	減少 45	約 18
I-09	703	湯ヶ島層群	地震の5~4カ月前	上下変動 20~40	18~26
I-10	150				
I-11	500				
I-12	50				
I-11'	35	洪積層	地震の6~4カ月前	減少 17	約 26
I-29	56.7	湯ヶ島層群	地震の1.5カ月前	増加 14	約 30
I-09	703	湯ヶ島層群	地震の少なくとも4日前	減少 16	約 25
I-27	700	湯ヶ島層群	地震の5日後	増加 88	約 30

ま と め

伊豆半島東部地域におけるラドン観測地点では、伊豆大島近海地震前に地下水中のラドン濃度が顕著な変化を示したいくつかの観測結果が得られた。

これらのラドン濃度変化は、約10カ月前の異常な水位低下に伴うラドン濃度の異常な減少、約4～5カ月前のラドン濃度の異常な上下変動、約2カ月前の温泉井のラドン濃度増加及び地震直前の変化である。ラドン濃度の通常の変動の幅は、5～9%の変動率の範囲に入っているが、上記の異常変化は変動率14～45%、地震後の異常変化を含めると14～88%の変化に相当する。

伊豆大島近海地震前に現われたこれらのラドン濃度変化は、この地震の前兆としての変化とみなしてよいものと思われる。この解釈が正しいとすれば、前兆期間は2～10カ月であり、観測井全体としては、その間に何度かの前兆としての変化があったことになる。この解釈はM. 7級の地震の前兆としてのラドン変化が、短期的には2、3カ月、長期的には1年以上と報告している中国での報告例(脇田, 1978)からみても妥当なものと思われる。

観測井のうち約半数でラドン濃度変化が認められなかったことからわかるように、ラドン濃度の観測結果は、地震の前兆としての地殻の異常を反映しやすい地下水の水理学的な環境と、しにくい環境とがあることを示している。姫ノ湯断層沿いの地下水中のラドン濃度が比較的大きな変化を示したのは、地殻の異常を反映しやすい水理学的環境に位置したためだと思われる。

以上の結果は、地震予知の地球化学的手法の一つとして、地下水中のラドン濃度の観測が有効であることを示すものと考えられる。しかし観測された変化を地震発生後の時点で地震の前兆現象として解釈することはたやすいが、地震発生前の時点でそれを直ちに前兆現象と断定するには、多くの、しかもこの種の研究に適した井戸についての長期の観測データの蓄積だけでなく、観測手法の改良や、ラドン濃度変化を起した原因に関する基礎的研究など、多くの観測と研究の積み重ねが必要である。これらの積み重ねにより、地下水中のラドン濃度変化による地震予知が可能となることを期待し確信するものである。

文 献

- 萩原尊礼編(1974) 地下水の地球化学的調査による地震予知の研究(ソ連邦ウズベク共和国科学アカデミー地震研究所刊行物の邦訳)。
- 本間義夫・村上悠紀雄(1973) 液体シンチレーションカウンタによるラジウム-226の絶対測定法。日本化学会第28春季年会講演予稿集Ⅱ, p. 927。
- 星野一男・橋本知昌・松田時彦(1978) 伊豆半島活断層図説明書, 構造図4。地質調査所。
- 池田喜代治・阿部喜久男(1977) 地震予知に関連する地下水の化学的性質。地質ニュース, no. 273, p. 20—29。
- (1978) 液体シンチレーションカウンターによる水・ガス中ラドンの測定方法に関する研究。日本分析化学会・日本化学会各北海道支部1978年冬季研究発表会講演要旨集, p. 1。
- 木村重彦・大平成人・小前隆美(1975) 自然環境中のラドンによる水流動の研究(I)。農業土木試験場報告, 第13号, p. 1—34。
- 気象庁地震課(1977) 埋込式歪計による観測結果について。地震予知連絡会報(建設省国土地理院), vol. 19, p. 101—102。
- 国土地理院地殻調査部(1976) 伊豆半島中部の地殻変動。地震予知連絡会報(建設省国土地理院), vol. 16, p. 82—87。
- MISAGO, L. F. (1975) Monitoring Radon 222 content of mine waters. U.S. Department of the interior, Informational Report 1026, p. 1—17。

- 伊豆大島近海地震前後における地下水中のラドン濃度変化 (池田・永井・後藤・阿部・永田・大場)
- 永井 茂・池田喜代治・後藤準次・阿部喜久男・永田松三・大場信雄(1978) 伊豆半島東部地域における地下水の水温・水質と伊豆大島近海地震前後におけるその変化について. 地質調査所特別報告, no. 7, p. 87-118.
- 野口正安(1975) 私文.
- (1964) 液体シンチレーターによる Radon の放射能測定. *Radioisotopes*, vol. 13, no. 5, p. 362-367.
- SULTANKHODZHAEV, A. N., LATIPOV, S. U., ZAKIROV, T., KHAMIDOV, L. A. (1977) Possibility of predicting the place of origin of strong earthquakes according to the valuation of Radon. *Uzbekskii Geologicheskii zhurnal*, no. 3, p. 39-43.
- 脇田 宏・野津憲治・中村裕二・森岡正名・野口正安(1976) 多摩川下流域の地盤隆起と地下水中のラドン濃度の変化. *地震*, vol. 29, p. 71-81.
- ・——・——・野口正安・浅田 敏(1978) 時系列にあらわれた地下水中のラドン濃度の異常変化. 地震学会講演予稿集, 1978, no. 1, p. 70.
- (1978) 中国の地震予知と地球化学. 1977年地震学会訪中代表団報告集, 地震学会, p. 113-134.
- 山口林造・小高俊一(1978) 伊豆大島近海地震の前兆—伊豆船原, 柿木における地下水位の変化. 地震学会講演予稿集, 1978, no. 1, p. 71.

**Variation in radon-222 content in groundwaters in the eastern
region of the Izu Peninsula, with special reference to the
Izu-Oshima-Kinkai Earthquake, 1978**

Kiyoji IKEDA, Shigeru NAGAI, Hayaji GOTO, Kikuo ABE,
Syozo NAGATA and Nobuo, OBA

Abstract

The long-term observation of the radon content in groundwaters for the study of the forecast of earthquake prediction has been carried out in the eastern region of the Izu Peninsula. The depth of aquifers ranges from 35 to 700 meters and the observation has been done since May 1976 for groundwaters and hot spring waters. The radon content in the waters was determined with a liquid scintillation counter after extracting and separating radon from the water samples. The reproducibility of the analysis is less than 5%. The radon content at the observation wells ranges from 0.3×10^{-10} Ci/l to 7×10^{-10} Ci/l and the variation range in radon content is less than 10% including the seasonal variation. During the period of the long-term observation, the Kawazu Earthquake and the Izu-Oshima-Kinkai Earthquake occurred. The variation in radon content by 14-88% was noticed at about half of the 11 observation wells before and after each of these Earthquakes.

(受付: 1978年11月2日; 受理: 1978年11月21日)

地質調査所特別報告

第1号

門倉三能・大橋敏男・伊原敬之助・木村六郎・佐藤戈止・赤木 健：関東地震調査報告，第1，1925

第2号

門倉三能・小倉 勉・清野信雄：関東地震調査報告，第2，1925

第3号

新潟地震調査研究グループ：新潟地震調査研究報告，1966

第4号

須貝貫二・佐藤 茂・牧野登喜男：新潟地震予察報告，1966

No. 5

ASANO, S. and others: Explosion Seismic Studies of the Matsushiro Earthquake Swarm Area, 1969

第6号

垣見俊弘・他9名：1974年伊豆半島沖地震調査報告，1977

SPECIAL REPORT, GEOLOGICAL
SURVEY OF JAPAN

No. 1

KADOKURA, M., OHASHI, T., IHARA, K., KIMURA, R., SATO, H. and AKAGI, T.: Reports on the Kwanto Earthquake, September 1923, Part I, 1925 (in Japanese)

No. 2

KADOKURA, M., OGURA, T. and KRYONO, N.: Reports on the Kwanto Earthquake, September 1923, Part II, 1925 (in Japanese)

No. 3

Research Group of Niigata Earthquake: Report of the Geological Survey on the Niigata Earthquake, 1966 (in Japanese with English abstract)

No. 4

SUGAI, K., SATO, S. and MAKINO, T.: Report of a Preliminary Survey on the Niigata Earthquake, 1966 (in Japanese with English abstract)

No. 5

ASANO, S. and others: Explosion Seismic Studies of the Matsushiro Earthquake Swarm Area, 1969 (in English)

No. 6

KAKIMI, T. and others: Report of Geological Studies on the Izu-Hanto-Oki Earthquake of 1974, 1977 (in Japanese with English abstract)

1978年伊豆大島近海地震に関する地質調査所の調査研究について

KAKIMI, T.
TONO, N.

垣見俊弘・東野徳夫
地質調査所特別報告, no. 7, p. 1~2, 1979

昭和53年1月14日, 伊豆大島と伊豆半島のほぼ中間の海底下で $M=7.0$ の地震が発生した。地質調査所では, 地震発生後, 伊豆半島につき緊急を要する4項目, すなわち, 1. 地震断層の調査 2. 地震断層の余効的変動の調査 3. 「伊豆半島活断層図」に関する補足調査 4. 地下水変動に関する調査等を行った。上記項目のうち, 3. については地震直後の調査により一応の結論を得てすでに公表した。その他の調査の一部も必要に応じて公表されたものもある。2及び4の項目は, 現在も視測調査を継続中である。本特別報告は, おおむね昭和53年3月までに得られた調査研究の成果を記述した。

550.34(521.61)“1978.01.14”

東伊豆・稲取地区の地震断層周辺の地質

KURASAWA, H.
KATO, H.

倉沢 一・加藤 碩一
地質調査所特別報告, no. 7, p. 3~6, 1979
2 illus.

稲取地区の基盤は, 中新世~鮮新世の玄武岩~安山岩質熔岩や火山砕屑岩などからなる。この上位の安山岩類は, 浅間山とその南東方, さらに大峰山からその南方や北西方および稲取南方に分布し, 数枚の熔岩流からなる。稲取泥流は, 約25,000年前の活動によるもので, 天城火山群起源の円礫~亜角礫や粘土などが混在する。稲取泥流をおおう玄武岩類は, 稲取北方や浅間山の南や北に分布し, 一部, スコリア丘をなす。同質熔岩流は, 黒根岬と稲取北方台地に分布しスコリアにおおわれる。

55:551.243.1:550.34(521.61)

「1978年伊豆大島近海地震」の際現われた地震断層

YAMAZAKI, H.
KOIDE, H.
TSUKUDA, E.

山崎晴雄・小出 仁・仰 栄吉
地質調査所特別報告, no. 7, p. 7~35, 1979
17 illus., 12 pl., 3 tab.

「1978年伊豆大島近海地震」の際, 伊豆半島の東伊豆町稲取付近に現われた地震断層について調査し, その位置, 分布形態の特徴, 断層変位量等を記載した。断層は稲取から北西に約4 km, 大峰山東麓まで追跡された。この間, 断層は雁行状に並ぶ11の区間に分かれ, 更に各区間では長さ数mの亀裂が右ずれ雁行配列を示すという二重雁行配列が認められた。断層運動は右横ずれ変位が卓越し, 垂直変位は南西側隆起が目立った。変位量は各区間の中央部で大きく両端で急減した。陸上での最大変位量は断層の北西端に近い大峰山の麓で観察され, 右横ずれ約1.2m, 南西側隆起の垂直変位量0.4mに達した。

551.243.1:550.34(521.61)

稲取・大峰山地震断層及び浅間山地震断層の余効的変動について

HASHIMOTO, T.

KAWANO, T.

INOUE, M.

SAITO, E.

橋本知昌・川野辰男・井上正文・斉藤英二
地質調査所特別報告, no. 7, p. 49~56, 1979
2 illus., 4 tab.

1978年1月14日に発生した伊豆大島近海地震によって地震断層が生じたが、このうち稲取・大峰山地震断層及び浅間山地震断層の余効的変位量を光波測距儀(DM-60)により測定した。断層をまたぐ一辺が400~850mの菱形測線網を設置して1月下旬より3月下旬に至る間に観測を3回行ったところ、稲取・大峰山地震断層は最大7mm 最小3mm、浅間山地震断層は最大8mm 最小2mmの変位を示した。これらの変位は地震断層の地震時のズレの向きとおおむね調和的であるので、余効的変動があったとも解されるが、いずれも光波測距儀の精度範囲内であるため、有意の変動であるかどうかは今後の観測に待たなければならない。

551.243.1.08:550.34(521.61)

稲取・大峰山地震断層南東部(稲取地震断層)の余効的変動の測定

MIZAWA, Y.

ITO, K.

宮沢芳紀・伊藤吉助
地質調査所特別報告, no. 7, p. 57~63, 1979
5 illus., 1 tab.

1978年1月14日の伊豆大島近海地震(M7.0)の際に生じた稲取地震断層の地震後の運動を検出するため、同断層をまたぐ2カ所に小さな菱形の測点網を設置し、水準測量による高低及び鋼尺による辺長の変化を測定した。第1回測定は1月31日、以後3月末まで4回の測定を実施したが、その結果は高低・辺長とも変化量は僅小で有意な余効的運動があったとはいえない。ただし1カ所においては、開口した亀裂が僅かに閉じる方向に変化したかもしれない。なお、既に設置されていた石廊崎断層における今回の地震後の測定結果も併せ報告した。

551.243.1.08:550.34(521.61)

稲取地区における α トラック法による地震断層調査

KATO, K.

ITO, K.

NAGATA, S.

加藤 完・伊藤吉助・永田松三
地質調査所特別報告, no. 7, p. 65~70, 1979
5 illus., 1 tab.

「1978年伊豆大島近海地震」に際して新たな変位を発生した稲取・大峰山断層及び浅間山断層において、 α トラック法による断層調査を試みた。この方法はラドンが放射する α 線が硝酸セルローズ等を通過する時、トラックを残す現象を利用するもので、単位面積当りのトラックを数えることによりラドンの相対濃度を測定することができる。測定は両断層を横切る測線上に2.5~5.0m間隔で測点を設けて行われた。その結果、両断層のトラック数は伊豆半島の既存断層のそれらに比べて数倍の高い値を示し、また稲取・大峰山断層のトラック極大部は地表に現われた亀裂帯より東側にずれて、帯状に分布する傾向が認められた。

551.243.1:550.34:546.296:539.1(521.61)

KISHI, K.

伊豆半島東部における地下水位・湧出量の観測と伊豆大島近海地震前後におけるその変化について

岸 和男

地質調査所特別報告, no. 7, p. 71~85, 1979

16 illus., 3 tab.

地震予知研究の一環として行っている地下水位と湧出量に関する連続観測の結果を示し、とくに伊豆大島近海地震の発生前後における、それらの変化を述べた。地下水位は気圧による小さな変化と季節的な大きな変化を示す。自噴量は気圧による変化を示さない。伊豆大島近海地震のときには、地震直後に水位は約 80 cm 低下し、自噴量は約 12 l/min 増加した。地震直前の異常と思われる現象変化は中伊豆町上白岩観測井における地下水位にわずかに現われたが、他の井戸では明らかでなかった。

556. 332. 52 + 556. 332. 2:550. 348(521. 61)

NAGAI, S.

伊豆半島東部地域における地下水の水温・水質と伊豆大島近海地震前後におけるその変化について

IKEDA, K.

GOTO, H.

永井 茂・池田喜代治・後藤隼次・阿部喜久男・永田松三
・大場信雄

ABE, K.

NAGATA, S.

地質調査所特別報告, no. 7, p. 87~118, 1979

OVA, N.

30 illus., 6 tab.

伊豆半島東部の異常地盤隆起に関連し、地震予知に関する地球化学的研究の一環として、昭和51年4月より伊豆半島東部地域の地下水の水質定期観測(月1回)と水温観測を開始した。昭和53年1月14日の伊豆大島近海地震(M7.0)の前後で、観測中のいくつかの温泉において水温・水質の変化が見られた。水温は2つの源泉で地震の前兆現象の疑いのある有意の変化が認められた。水質は1源泉で地震直後に大きく変化し、また、2、3の源泉で地震後に若干の変化が見られた。

556. 313/. 314:550. 348(521. 61)

NAGATA, S.

伊豆半島東部地域における地下水中の溶存ガス組成と伊豆大島近海地震前後におけるその変化について

OVA, N.

IKEDA, K.

永田松三・大場信雄・池田喜代治・永井 茂・後藤隼次・
阿部喜久男

NAGAI, S.

GOTO, H.

地質調査所特別報告, no. 7, p. 119~128, 1979

ABE, K.

6 illus., 2 tab.

伊豆半島東部地域の地下水中の溶存ガス組成について長期的観測を行い群発微小地震ならびに伊豆大島近海地震前後におけるその濃度変化について検討した。本地域の群発微小地震に対して大部分の観測井で H₂ 濃度が増加を示し、その他の成分は殆んど変動を示していない。溶存 H₂ 濃度の変化が地下の歪みの変化を反映するものと推察された。また、伊豆大島近海地震前後に変化した溶存成分は He と H₂ であって、共に地震直後に増加した。これらの観測井は水温39℃以上、深度200m以深のものである。He 濃度の増加は断層を通じて深部から供給の活発化を反映するものと考えられる。

556. 314:550. 348(521. 61)

伊豆半島東部地域における地下水中のラドン濃度と伊豆大島近海
地震前後におけるその変化について

池田喜代治・永井 茂・後藤隼次・阿部喜久男・永田松三
・大場信雄

地質調査所特別報告, no. 7, p. 129~149, 1979

11 illus., 5 tab.

地質調査所は伊豆半島東部地域で地震予知研究を目的とした地下水中のラドン測定を行って
いる。地下水・温泉水を対象とし、1976年5月から観測を開始した。観測方法は地下水中の
ラドンを抽出分離し液体シンチレーション装置で測定する方法を用いている。測定法の再現
精度は C.V. 5% 以下である。各観測井のラドン濃度は $(0.3 \sim 7) \times 10^{-10} \text{Ci/l}$ の範囲で、ラ
ドンの変動は季節的な要因を含めて10%以下と見込まれる。観測期間中、河津、伊豆大島近
海の両地震が発生した。これらの地震の前後には変動率14~88%のラドン変化が約半数の観
測井で観測された。

556.314:546.296:550.348(521.61)

IKEDA, K.

NAGAI, S.

GOTO, H.

ABE, K.

NAGATA, S.

OBA, N.

昭和54年3月15日 印刷

昭和54年3月20日 発行

通商産業省工業技術院 地質調査所

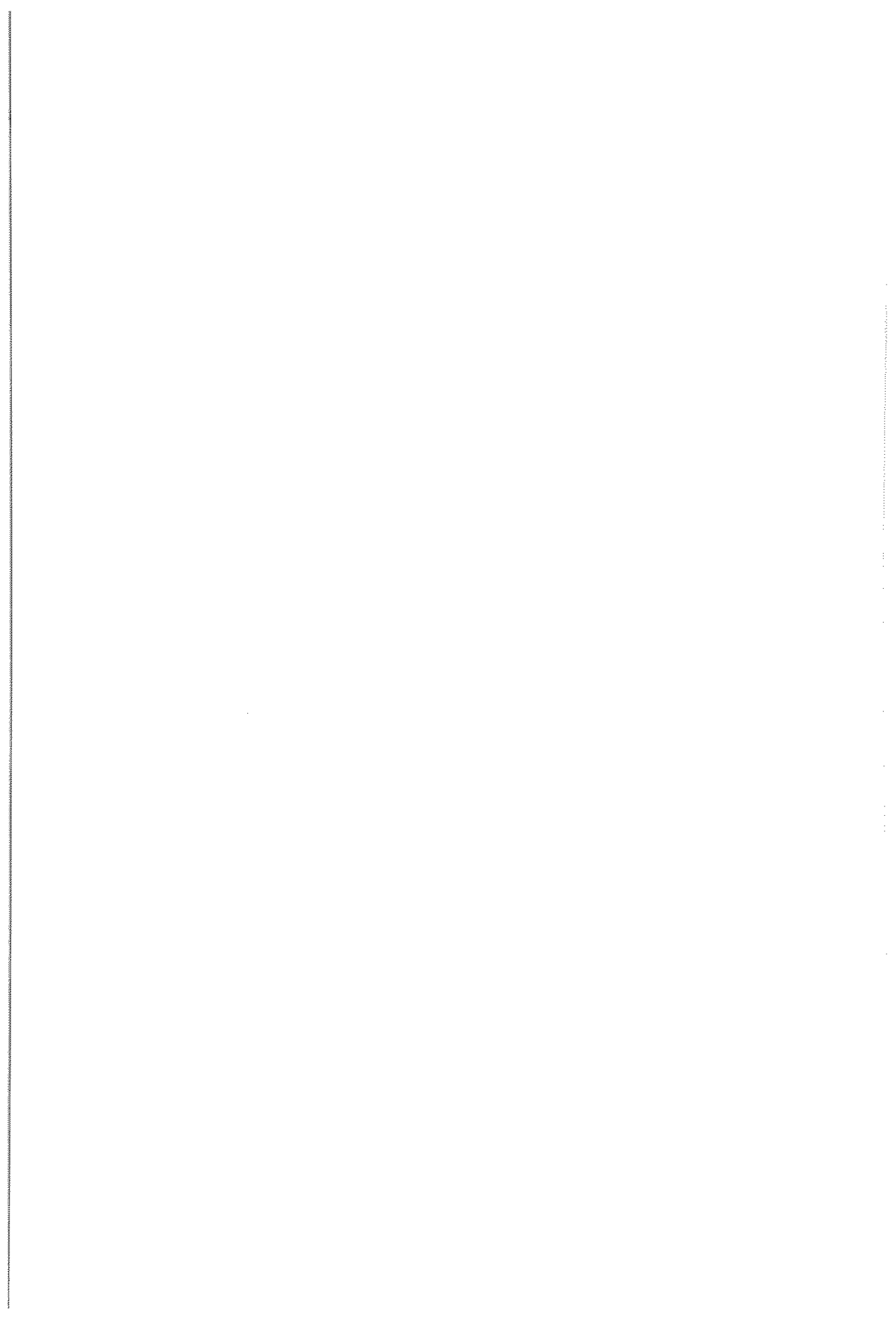
川崎市高津区久本135

印刷者 小宮山 一 雄
東京都新宿区天神町78

印刷所 小宮山印刷工業株式会社

©1979 Geological Survey of Japan





SPECIAL REPORT No. 7

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Shigeru SARŌ, Director

REPORT OF GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL
STUDIES ON THE IZU-OSHIMA-KINKAI
EARTHQUAKE OF 1978

Edited by

Toshihiro KAKIMI and Norio TONO

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Hisamoto, Takatsu-ku, Kawasaki-shi, Japan

1979

地調特別報告
Spec. Rept. Geol. Surv.
Japan, No. 7, 1979