

αトラック法による南関東-東海地域活断層の ラドン濃度の定期観測結果

加藤 完* 高橋 誠* 吉川清志*

KATO, K., TAKAHASHI, M. and YOSHIKAWA, K. (1987) Weekly observation of radon concentration on some active faults at the South Kanto-Tokai district using the α -track method. *Bull. Geol. Surv. Japan*. vol.38(12), p.765-775.

Abstract : Weekly observation of radon concentration in soil gas in some active faults at the South Kanto-Tokai district has been carried out using cellulose nitrate film as a part of earthquake prediction research. As the results of observation for long term, we found increase of track density (tracks/cm²/day) along the Kozu-Matsuda fault since winter of 1982, however we did not find the distinct anomaly of track density along other faults. We suspected it as a precursor of the coming Odawara Earthquake which seems to occur in a recurrent period of seventy years, by the reason that this increase is similar to the anomalous increase of radon concentration observed on the Median Tectonic Line, Matsushiro fault and Atera fault began one or two years prior to the Western Nagano Prefecture Earthquake, 1984.

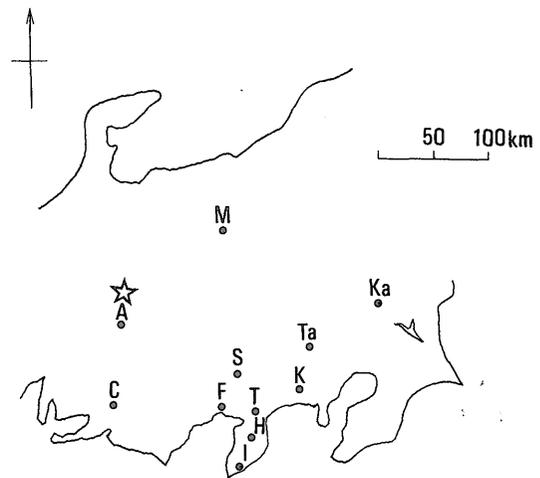
1. はじめに

地質調査所では、観測強化地域及び特定観測地域に指定されている各地の活断層において、αトラック法によるラドン濃度の定期観測を行っている。その観測地点を第1図に、その概要を第1表に示す。ここでは長期間観測を行っている南関東-東海地域の国府津-松田・丹那・姫ノ湯・富士川・稲取-大峰山断層上の観測点における定期観測結果について報告する。このうちの国府津-松田断層上では神奈川県大井町相互台に8ヶ所の観測孔を設置し、1980年2月からαトラック法によるラドン濃度の定期観測を行ってきたが、1982年11月頃及び1985年1月頃よりそれ以前に比べてトラック密度が増加する現象が観測された。同様な現象が先の長野県西部地震(1984)の前に、松代・阿寺・新城の3観測点で観測された(加藤ほか, 1986)。国府津-松田断層におけるこの現象は「小田原付近の地震」(石橋, 1977)の前兆でないかと考えその考察を行った。

2. 観測方法

活断層を横切る測線上の土壤中に塩ビ管を埋め込み、その中に硝酸セルローズフィルム(Kodak LR 115 Type II 以下CNフィルムと呼ぶ)を吊し1週間間隔で回収する(第2図)。CNフィルムは60℃・10%水酸化ナト

リウム溶液中で100分間エッチングを行い、ラドンが放射するα粒子の衝突によって生じたCNフィルム上の飛跡(トラック)を拡大し、30分間の水洗後スライドグラス上にのせカバーガラスで覆う。CNフィルムにあらわれたトラックを、倍率100倍の顕微鏡下で単位面積当たりで計数し、トラック密度(tracks/cm²/day)に換算し、その経年変化から相対ラドン濃度変化の観測を行う(加藤, 1981)。



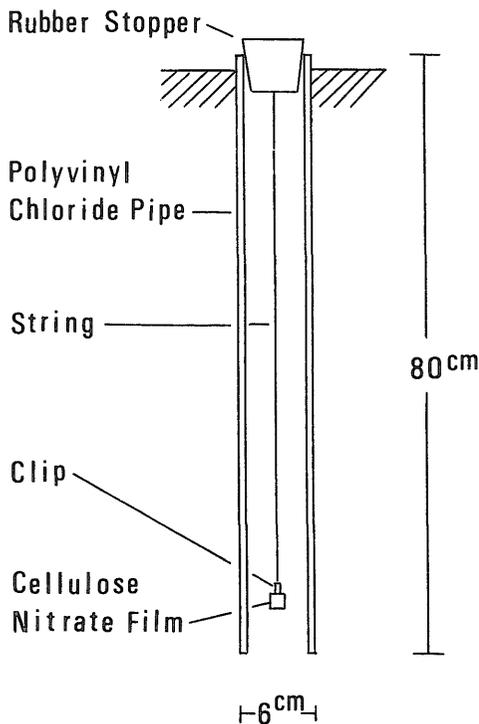
第1図 CNフィルムを使用した土壌ラドン濃度定期観測点位置
☆: 1984年長野県西部地震の震央

*環境地質部

第1表 定期観測点概要

Mark	Name of fault	Location	Term of Observation	Number of holes	Annual variation of track density
A	Atera	Miyawaki, Fukuoka, Gifu	1980.2-	6	+
C	Median Tectonic Line	Arumi, Shinshiro, Aichi	1980.10-	5	+
F	Fujigawa	Lower Reach of Fuji River	1978.7-	7	+
H	Himenoyu	Himenoyu, Nakaizu, Shizuoka	1978.7-	4	+
I	Inatori-Omineyama	Inatori, Higashiizu, Shizuoka	1978.5- 1984.3	7	+
K	Kozu-Matsuda	Sogodai, Ohi, Kanagawa	1980.2-	8	-
Ka	Karasuyama-Sugonuma	Inari, Sekijo, Ibaraki	1983.4-	5	-
M	Matsushiro	Tennoyama, Matsushiro, Nagano	1981.10-	5	+
S	Shibakawa	Torinami, Shibakawa, Shizuoka	1985.4-	7	-
T	Tanna	Hata, Kannami, Shizuoka	1980.2-	5	-
Ta	Tachikawa	Hakonegasaki, Mizuho, Tokyo	1984.4-	5	+

+ : Existed - : Not existed



第2図 観測孔模式図

3. 観測地点

国府津-松田断層・丹那・姫ノ湯・富士川・稲取-大峰山断層の観測点付近の地形・地質の概要は次のとおりである。

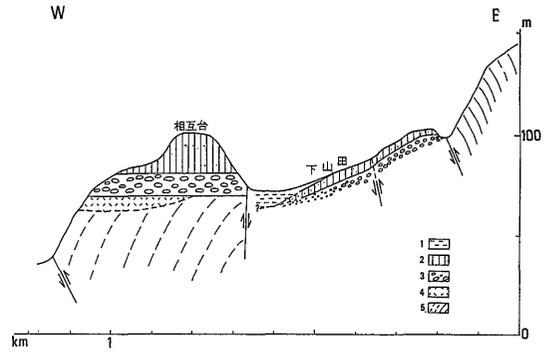
3.1 国府津-松田断層

測線を設定した神奈川県大井町相互台付近の地形は、段丘面が地壘状の高まりをなした台地(金子台と呼ぶ)が細長く分布している。その東方の大磯丘陵との間には金子台と平行して地溝状の凹地(山田地溝と呼ぶ)を形成している。活断層は、変位地形の様子や地形を構成する地層の不連続、変形状態などから第3図に示すように金子台と西側の沖積面との境界(断層番号①)、金子台と山田地溝との境界(断層番号②)、大磯丘陵と山田地溝との境界(断層番号③)に、ほぼ南北に平行して三条走る。上記地域の地形・地質断面は第4図に示した。(神奈川県, 1982)

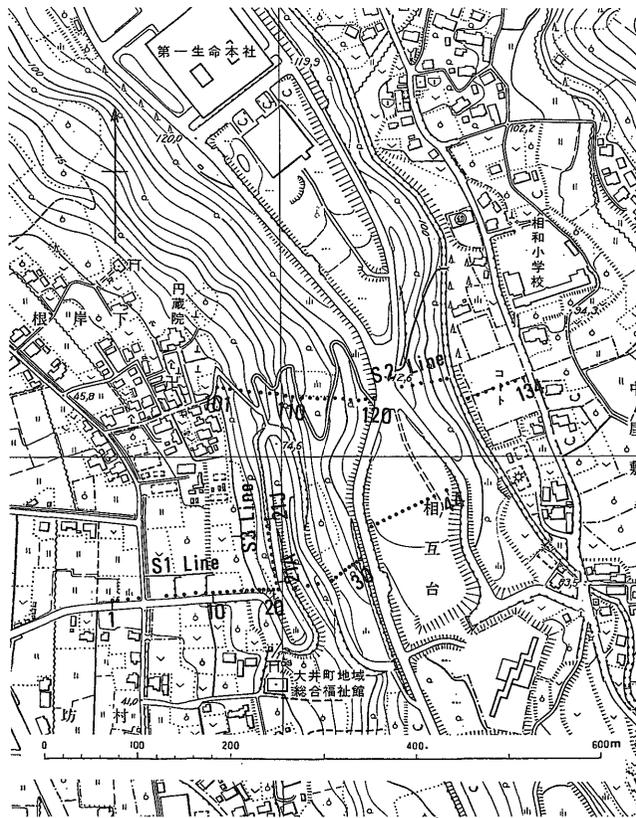
定期観測に先立って①断層と②断層の位置を求めため、①断層を横切るS1測線(延長380m)上に44孔、約200m北側で①断層と②断層を横切るS2測線(延長350m)上に34孔、さらに①断層崖に平行する道路沿いのS3測線(延長100m)上に10孔の観測孔を設置した(第5図)。測定の結果を第6図に示す。S1及びS2測



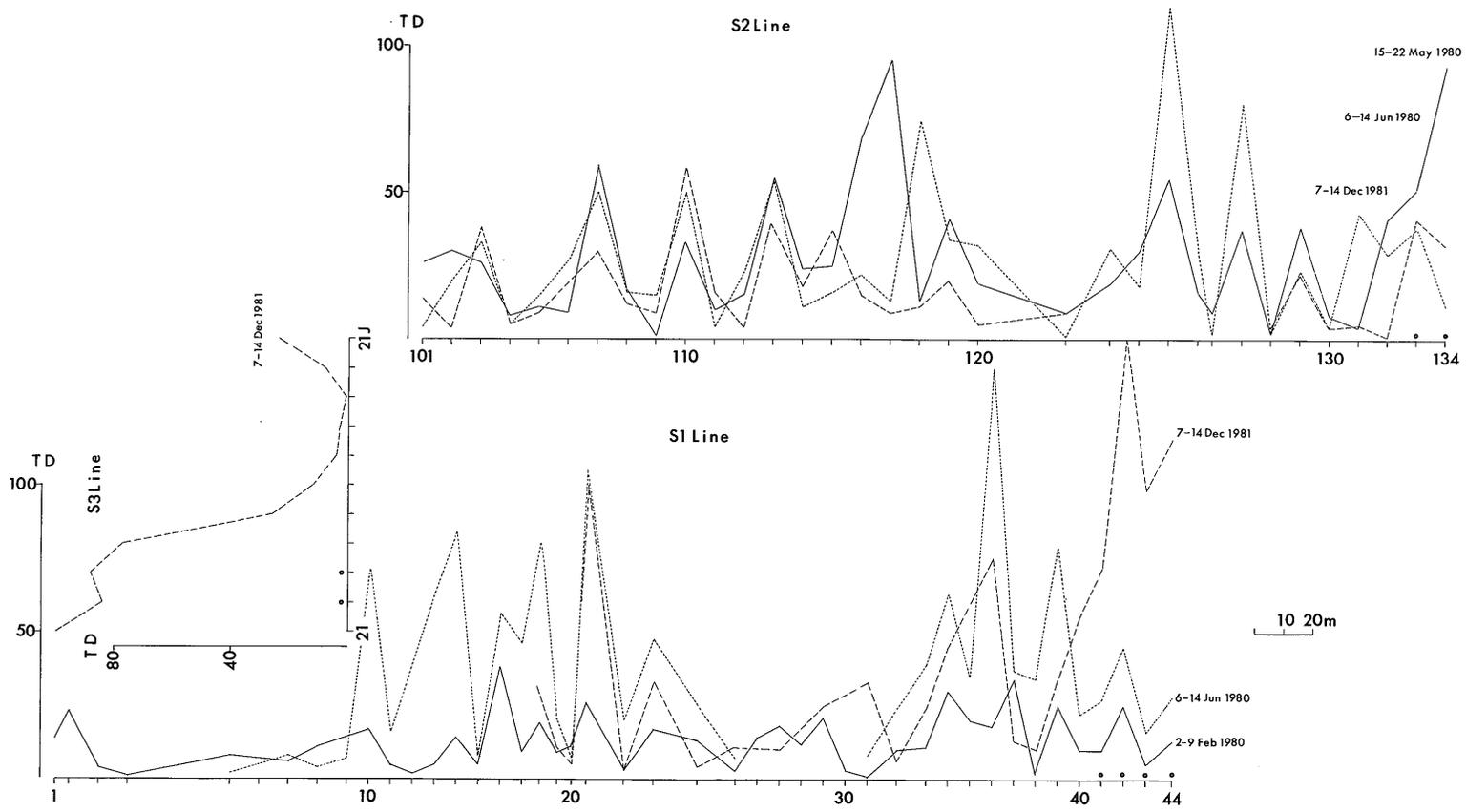
第3図 国府津-松田断層付近の地形分類図
(神奈川県, 1982より)



第4図 相互台を通る地形・地質断面図 (神奈川県, 1982より)
1:沖積層 2:新期テフラ 3:段丘・扇状地礫層 4:箱根新期軽石流 5:基盤



第5図 S1・S2・S3測線上の観測孔配置図



第6図 S1・S2・S3測線上のトラック密度分布図

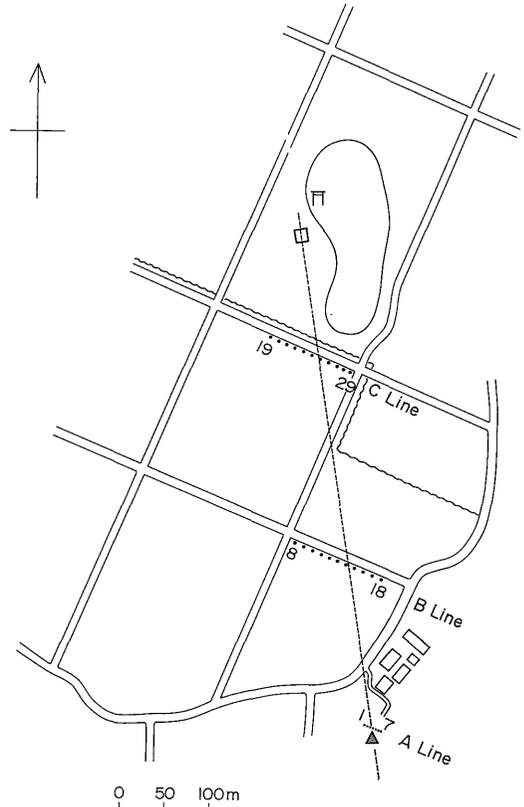
線では3回測定を実施したが、トラック密度のピークはほぼ同じ位置にあらわれた。S1 測線上の観測孔 No.41・42・43・44 と S2 測線上の観測孔 No.133・134 及び S3 測線上の①断層上と推定される 21A・21B 観測孔の8点を定期観測孔 (黒丸印) に選定した。

3.2 丹那断層

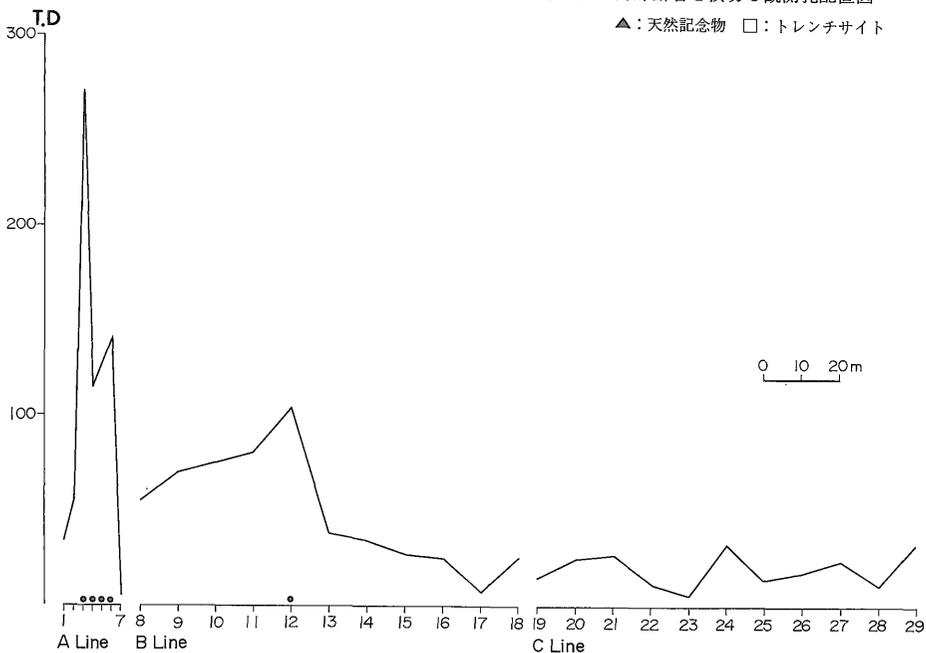
松田 (1972) によると、測線を設定した静岡県函南町の丹那盆地における、1930年北伊豆地震 (M7) による本断層の水平変位量は 2.5-3.5m に達するが、垂直変位はこの付近が断層の蝶番部に当たり、これより北は東側隆起、南は西側隆起である。

観測孔は断層を横切る3測線上に、A 測線では 2.5m 間隔で、B 及び C 測線では 10m 間隔で合計 29 孔設置した (第7図)。観測孔 No.4 は文部省指定の「天然記念物丹那断層」の断層線上に位置する。C 測線の北側約 400m と 100m の場所で、丹那断層発掘調査団 (1986) と丹那断層発掘調査研究グループ (1986) によってトレンチ調査が実施され、断層が確認されている。測定の結果は第8図に示した。

A 測線におけるトラック密度のピーク値は、B 及び C 測線の上のそれに比較して高い。このことは、A 測線は盆地縁辺に位置し基盤が浅く、B 及び C 測線は厚い湖成堆積層上にあるため (丹那隧道工事誌, 1936)、基盤が深くラドンの上昇時間の差があるため α 崩壊 (半減期



第7図 丹那断層を横切る観測孔配置図 ----: 丹那断層
▲: 天然記念物 □: トレンチサイト



第8図 A・B・C 測線上のトラック密度分布図

3.825 日) によってラドン量が減少するものと考えられる。なお、A 測線上の観測孔 No. 3・4・5・6 と B 測線上の観測孔 No.12 をラドン濃度の連続観測の定点 (黒丸印) に選定した。

3.3 姫ノ湯断層

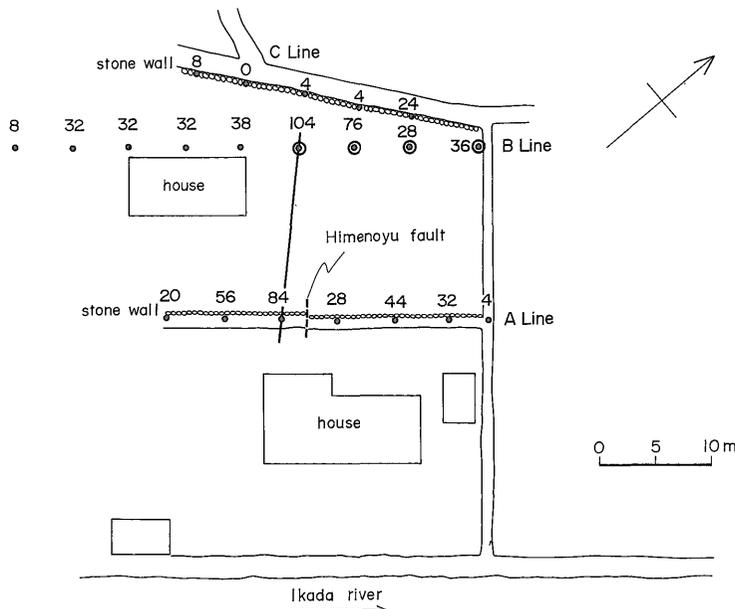
測線を設定した静岡県中伊豆町姫ノ湯では 1930 年北伊豆地震 (M7) 時に、筏川左岸側で石垣が右ずれで約 30cm の喰い違いを生じている。この喰い違った石垣を中心とした 3 測線上に、5 m 間隔で合計 21 孔の観測孔を設定した (第 9 図)。測定の結果、第 9 図の数字に示すように、A 測線上では地表にあらわれた断層 (喰い違った石垣) のやや南側で、トラック密度のピークが認められた。B 測線上でのトラック密度のピークと A 測線上のそれとを結ぶ線は、伊豆半島活断層図 (星野ほか, 1978) の姫ノ湯断層の走向と一致する。なお、B 測線上の断層

付近に位置する 4 観測孔をラドン濃度の連続観測の定点 (二重丸印) に選定した。

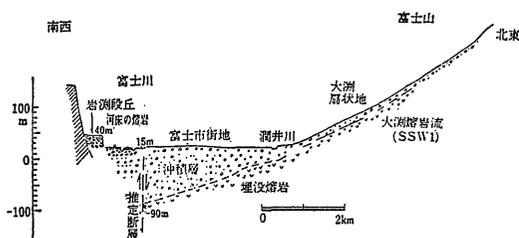
3.4 富士川断層

富士川河口付近は、1854 年安政東海地震 (M8.4) の時に新たな変位を生じたと推定され、羽田野ほか (1978) によると、駿河トラフ西縁-蒲原地震山・松岡地震山の東側-入山瀬・大宮断層と続く大構造線 (西上り逆断層) の一部を構成する。また、山崎 (1979) によれば推定される垂直変位量は約 14,000 年前の大淵溶岩の変位量から 100m、平均変位速度は 7 m/1,000 年であって、本邦で最大級の変位速度をもつ活断層である (第 10 図)。

測線を、静岡県蒲原町蒲原地先の富士川右岸堤防の内側、蒲原及び松岡地震山を結ぶ富士川断層推定線を横切る位置に設定し、300m の測線上に 20m 間隔で 16 観測孔を設置した (第 11 図)。観測結果の再現性を検討する



第 9 図 観測孔配置とトラック密度分布図 数字はトラック密度を示す。----: 姫ノ湯断層



第 10 図 富士市街地付近の地下断面図 (山崎, 1978 より)

ため 3 回の反覆観測を行い、活断層の伏在が推定される区間に位置する観測孔 No. 2・3・4 及び 8・9・10・11 を、ラドン濃度の連続観測の定点 (黒丸印) に選定した (第 12 図)。

3.5 稲取-大峰山断層

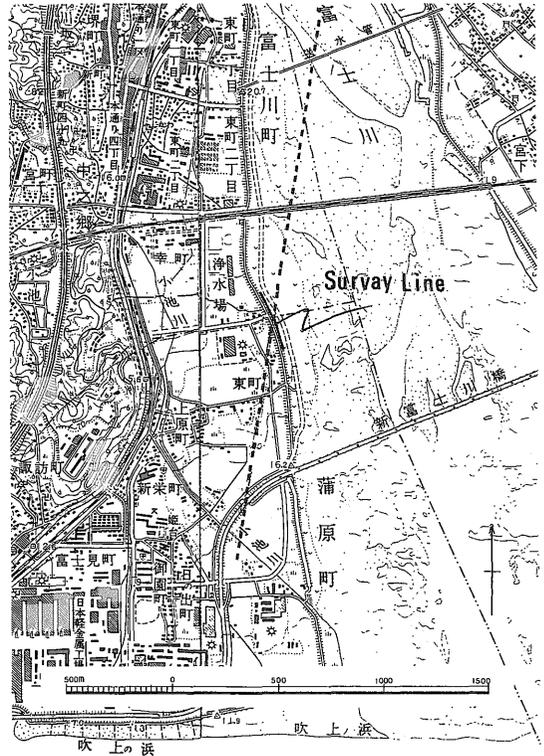
測線を設定した静岡県東伊豆町稲取では 1978 年伊豆大島近海地震 (M7) 時に、右ずれの変位を与えその水平変位量は 46-69cm である (山崎ほか, 1979)。この断層を横切る 3 測線上に、2.5-10m 間隔で合計 38 孔の観

測孔を設定した (第 13 図)。測定の結果は第 13 図の数字に示すように、トラック密度のピークは断層より東側にずれて帯状に分布する傾向が認められた。A 測線上の観測孔 No. 1・3・5・7・9・10・11 をラドン濃度の連続観測の定点 (二重丸印) に選定した。

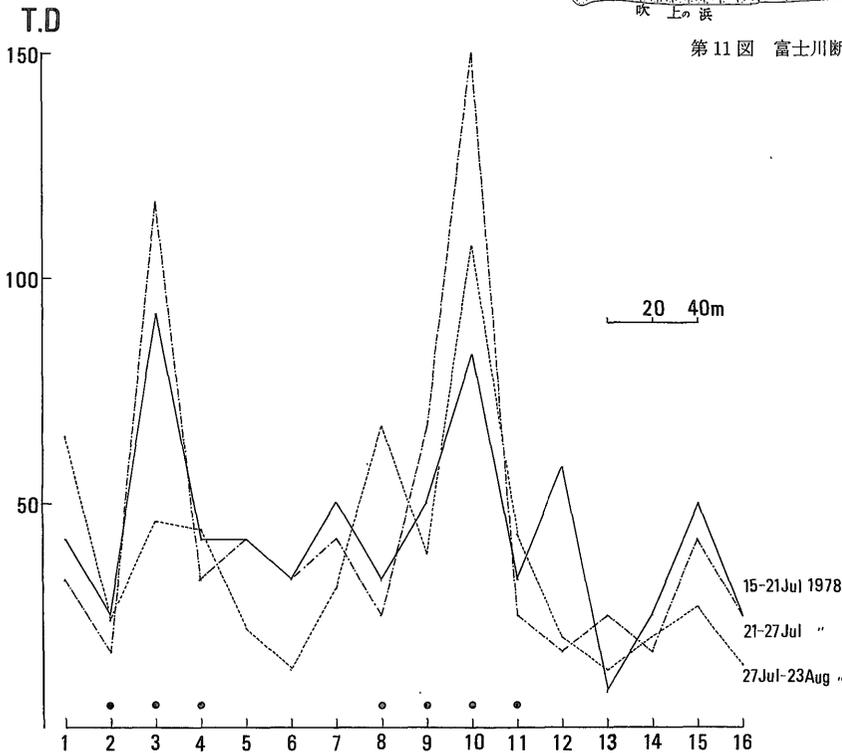
4. 観測結果

第 14 図に 5 断層上の観測点における、定期観測開始以来の一週間毎の各観測孔のトラック密度の平均値と、その変動を見易くするため 5 週間の移動平均値を示した。また第 14 図の中段に、伊豆東方沖の主要な群発地震 ($N > 2000$) の期間、回数と最大マグニチュードを示した。トラック密度のレベルが断層によって異なるのは被覆層の種類、観測孔設置場所の基盤までの深度、基盤岩の放射性鉍物含有量等に基因すると考えられる。

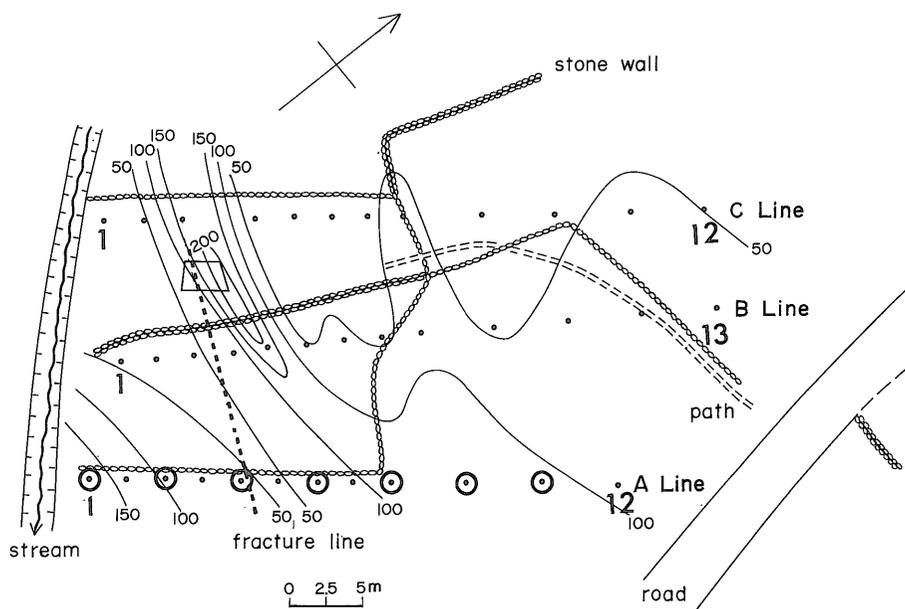
1980 年 2 月から定期観測を開始した国府津-松田断層では、観測開始以来 1982 年 10 月までほとんど年周変化もなく、また大きな変動も観測されなかったが、1982 年 11 月頃からトラック密度が増加し始めた。また第 14 図には観測期間中に起こった、山梨県東部地方を震源とする M5 以上の 2 つの地震 (1983 年 8 月 8 日、M6.0 と



第 11 図 富士川断層を横切る測線



第 12 図 測線上のトラック密度



第13図 観測孔配置と等トラック密度線図 数字はトラック密度を示す。----:稲取-大峰山断層

1984年2月14日, M5.2)を示した. 後者の地震後トラック密度は一度減少し, 1985年1月頃から再び増加し1987年4月現在までこの傾向は続いている.

1980年1月から定期観測を開始した丹那断層では, トラック密度が1984年1月-2月と, 1984年12月-1985年1月に増加した. それ以外には大きな変動は観測されなかった. しかしながらこの増加現象と伊豆東方沖の地震活動との対応は認められない.

1978年8月から定期観測を開始した姫ノ湯断層では, トラック密度が1980年より夏期に高く冬期に低い年周変化を示しながら, 全体にレベルアップしている. しかしながらトラック密度と伊豆東方沖の地震活動との対応は認められない.

1978年7月から定期観測を開始した富士川断層では, トラック密度が1982年より夏期に高く冬期に低い年周変化が観測され始めたが, それ以外の大きな変動は観測されていない.

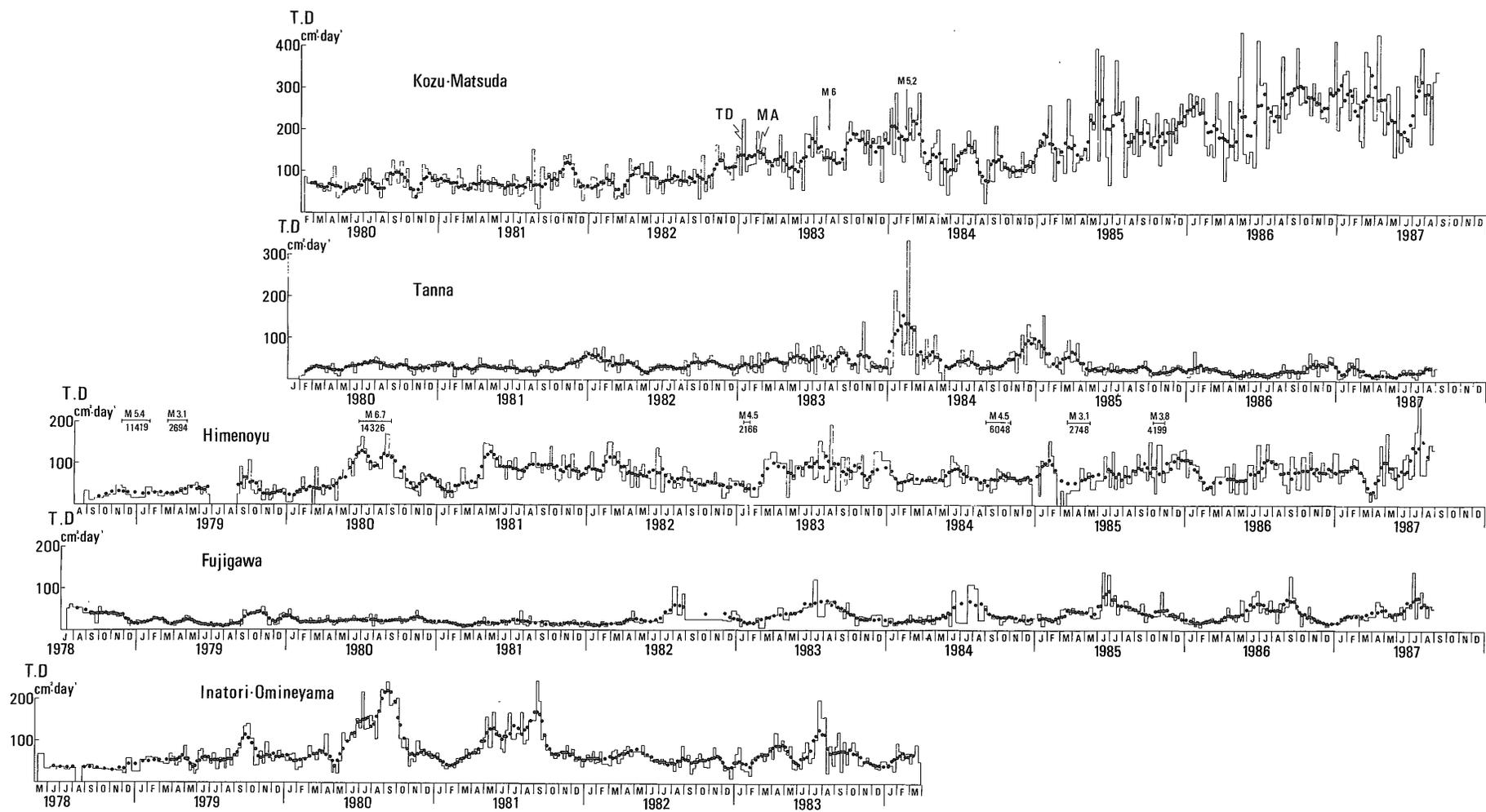
1978年5月から定期観測を開始した稲取-大峰山断層では, トラック密度が1980年より夏期に高く冬期に低い年周変化を示しながら, 1980年・1981年と全体がレベルアップしている. しかしながらトラック密度と伊豆東方沖の地震活動との対応は認められない. なおこの観測は建築工事のため1984年3月で中止した.

5. 考 察

トラック密度が夏期に高く冬期に低い年周変化の原因は, CNフィルムの温度特性実験から, CNフィルムのラドンに対する感度が, 温度の上昇とともに増加することによる影響である(加藤・高橋, 1985). しかしながら年周変化が生じない観測例もあり, その原因は不明である.

神奈川県西部地方には, 俗に「小田原付近の地震」と呼ばれるマグニチュード7前後の地震が, およそ70年周期をもって発生している(石橋, 1977). 藤井(1985)は, 国土地理院の1931・1973-1975・1982年に実施した3回の三角測量の結果から, 小田原付近から伊豆半島北東部へかけての地域では, 現在フィリピン海プレート北縁中で最大クラスの歪蓄積が進行していて, 蓄積歪は限界に近づいていると報告している.

70年を再来周期とするM7前後の地震が起きるとすると, 地震の前兆現象の先行時間と本震のマグニチュードとの関係についてこれまで報告された二つの経験式, すなわち世界各地の前兆現象からの力武(1979)の式 $\text{Log } T = 0.6M - 1.01$ 及び, 日本各地の第一種先行現象からの静岡県(1985)の式 $\text{Log } T = 0.64M - 1.38$ より, およそ3-4年前から前兆現象があらわれることが期待される.



第 14 図 国府津・松田・丹那・姫ノ湯、富士川及び稲取-大峰山断層上の観測点のトラック密度の平均値と 5 週間の移動平均値 TD:トラック密度値 MA:移動平均値

第14図に示した観測結果では、フィリピン海プレートとユーラシアプレートの衝突部に位置する国府津-松田断層では1982年11月頃からトラック密度の増加現象が認められ、これを1983年8月8日の山梨県東部を震源とする最大M6.0の群発地震の前兆現象ではないかと報告した(加藤, 1984). 1982年2月14日の山梨県東部を震源とする地震M5.2後、トラック密度は一度減少し、1985年1月頃より再び増加する現象が1987年4月現在まで続いている。

もし、1982年11月頃からのトラック密度の増加現象が上記2地震の先行現象でなく、歪が解放されず蓄積が進行しているとすると、先行時間は4年以上を経過していることになる。また2つの地震で歪が解放されたとすると、1985年1月頃からの再度のトラック密度の増加現象は新たな歪の蓄積が始まったことを示し、先行時間は2年以上経過していることになる。

しかしながら、予想される小田原地震の震源域に近接する丹那断層上の観測点では、トラック密度が1984年1月-2月と、1984年12月-1985年1月に増加したが、それ以外には大きな変動は観測されなかった。いずれにしろ、国府津-松田断層のトラック密度の増加現象は、近くに位置する他の断層のそれに比べて際立って大きいことは明らかである。

1984年長野県西部地震(M6.8)の際にも、震源から約100km離れた松代・新城では2年前から、震源から約25km離れた阿寺では1年前から同様な現象が観測された(加藤ほか, 1986). 南関東-東海地域が地震テクトニクス上注目されていることでもあり、観測された国府津-松田断層のラドン濃度の増加が局地的な現象であるか、今後とも注意を払って見守っていく必要がある。

6. おわりに

南関東-東海地域の長期間観測を行っている活断層で α トラック法によるラドン濃度の定期観測結果について考察を行った。国府津-松田断層のラドン濃度は1982年11月頃より増加する現象が観測され、1987年4月現在までこの現象が継続している。しかしながら、それ以外の活断層上でのラドン濃度の顕著な変化はほとんど認められない。

南関東-東海地域が地震テクトニクス上注目されていることから、ほかに随伴する異常現象があるか等を調べることが必要である。このため、国府津-松田断層上の観測点の増設や水素ガス濃度の連続観測等を計画中である。

謝辞 本研究に際し、観測孔の位置選定及び測孔設

置場所の貸与、観測孔設置作業及びCNフィルムの交換に御協力をいただいた関係各位に深く感謝します。

文 献

- 熱海建設工事事務所編(1936) 丹那隧道工事誌。土木学会, p.75-88.
- 藤井陽一郎(1985) 小田原付近・伊豆半島北東部の地殻歪。地球, vol.74, p.446-451.
- 羽田野誠一・津沢正晴・松島義章(1978) 駿河湾北岸の完新世垂直運動と測地的上下運動。地震予知連絡会会報, vol.21, p.101-103.
- 星野一男・橋本知昌・松田時彦(1978) 伊豆半島活断層。構造図4, 地質調査所。
- 石橋克彦(1977) 「西相模湾地震」の可能性との関連。地震予知連絡会東海部会資料, p.53-68.
- 神奈川県(1982) 三浦半島および国府津・松田地域の活断層に関する調査報告書。神奈川県地震災害対策資料, p.82-171.
- 加藤 完(1981) α トラック法による活断層探査とその連続観測による地震予知。地質ニュース, no.325, p.30-45.
- ・池田喜代治・高橋 誠・永田松三(1982) α トラック法による神縄および国府津-松田断層地域の調査。第四紀研究, vol.21, p.67-74.
- (1984) α トラック法による国府津-松田断層のラドン濃度の定期観測。地震予知連絡会会報, vol.31, p.211-214.
- ・高橋 誠(1985) CNフィルム(Kodak LR 115 Type II)の温度および酸素濃度特性。放射線, vol.12, no.2, p.27-35.
- (1986) 長野県西部地震の前兆としての震央周辺における α トラック法によるラドン濃度異常。地震, vol.39, p.47-56.
- (1987) α トラック法による国府津-松田断層のラドン濃度の定期観測(1980年2月-1986年9月)。地震予知連絡会会報, vol.37, p.175-178.
- 松田時彦(1972) 伊豆半島。東海大学出版会, p.73-83.
- 力武常次(1979) 地震予知・警報論。学会誌刊行センター, p.131-135.
- 静岡県地震対策課(1985) 地震前兆現象分析の現状。p.113-143.

丹那断層発掘調査団 (1986) 1980年丹那断層 (名賀地区) トレンチ調査. 活断層研究, 3, p.19-23.

丹那断層発掘調査研究グループ (1986) 1982年丹那断層 (名賀地区) トレンチ調査. 活断層研究, 3, p.44-51.

恒石幸正・塩坂邦雄 (1978) 安政東海地震 (1854)

を起こした断層. 地震予知連会会報, vol.20, p.158-161.

山崎晴雄 (1978) プレート境界部の活断層. 地球, vol.1, p.570-576.

(受付: 1987年3月9日; 受理: 1987年7月17日)