

東海地方東部地域の地震予知に関する地下水観測システム

—観測井及び観測機器について—

加藤 完* 池田喜代治* 東野徳夫*

垣見俊弘* 井野盛夫**

KATO, K., IKEDA, K., TONO, N., KAKIMI, T. and INO, M. (1981) The observation system of the groundwater for earthquake prediction in the eastern part of the Tokai District —Outline of observation wells and observation instruments—. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 32(1), p. 45-55.

Abstract: The South Kanto and the Tokai District were designated as intensive observation areas for earthquake prediction by the Coordinating Committee for Earthquake Prediction in February 1974. The Seismological Society of Japan reported in October 1976 that there were large possibilities of major earthquakes occurring in the Suruga Bay.

The Geological Survey of Japan constructed automatic observation system of groundwater in the eastern part of the Tokai District as a part of the integrated observation system of the government.

This system comprises:

1. Twelve observation wells for earthquake prediction of which six are installed for water level, one for water quality and eight for radon concentration observation systems.
2. Data telemetering system to the Japan Meteorological Agency through the Geological Survey of Japan from these wells.

The final goal of the project for major Tokai earthquake prediction is to catch the precursor of the earthquake by processing and analyzing the observation data derived from these system.

要 旨

本観測システムは大地震の発生の可能性が指摘されている東海地方東部地域を対象とするものであり、地震予知のための自動的監視システムとしては、我が国において始めて試みられたものである。昭和51年度から3カ年計画で、12の観測井を完成させ、これらに対して水位自動観測装置6、水質自動観測装置1、ラドン自動観測装置8を設置した。ここでは各観測井及び設置した観測機器類について報告する。

1. はじめに

東海地方は、地震予知連絡会により昭和49年2月以来「観測強化地域」に指定されていたが、昭和51年10月の地震学会において、駿河湾を震源域とする大地震の発生の可能性が指摘されたこと等を契機として、地震予知計

画に参加している機関が、この地域における観測を強化することとなった(第1図)。

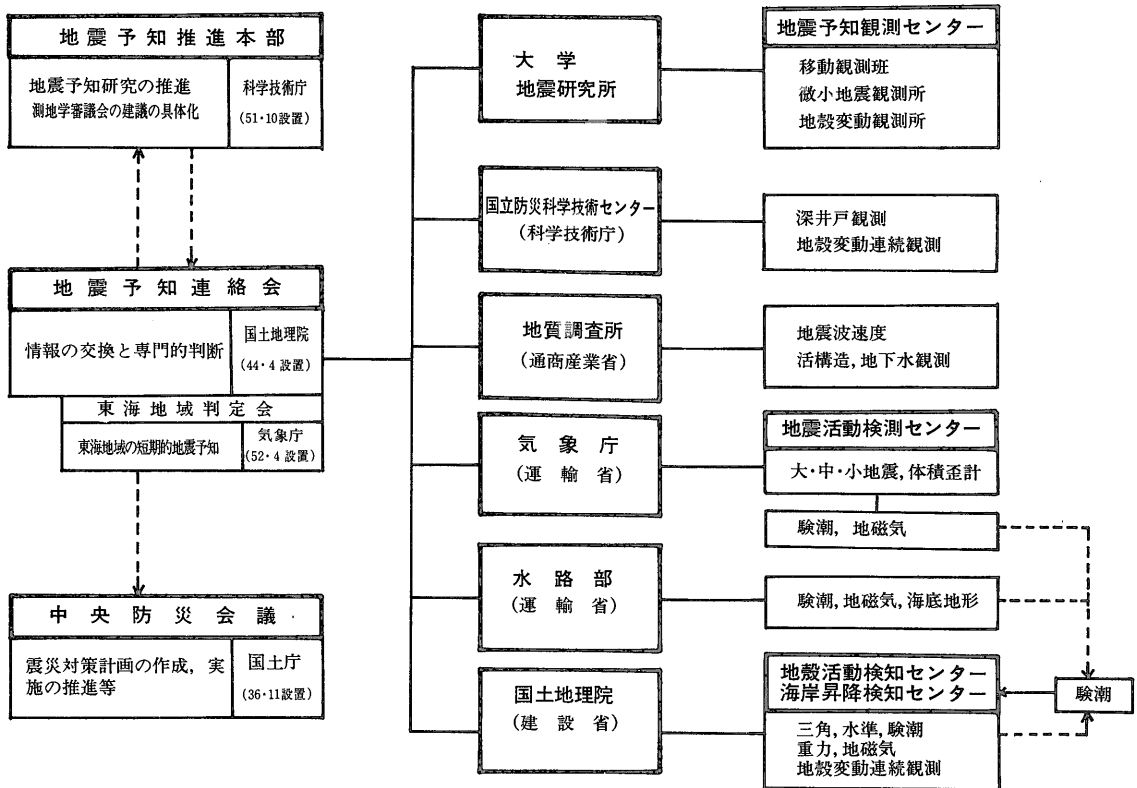
地質調査所では、地殻活構造や地震波速度の調査・観測とともに、地下水の研究・観測を担当し、当地域に地震予知に関する地下水観測システムを設置することになった。この計画は、工業技術院特別研究及び科学技術庁特別研究促進調整費により昭和51年度後半に発足し、昭和53年度末に一応完成した。

本観測システムの特徴は、第1には、観測井の分布が、予想される大地震の震源域をほぼカバーしていることである。第2には、連続観測でかつその観測データはすべて地質調査所にテレメータ伝送され、更にそのうちの主要なデータは、気象庁にリアルタイムでテレメータ伝送されることにより、常時監視の体制がとられていることである。このデータは昭和52年4月より発足した「東海地域判定会」による総合判断の資料の1つとして役立てられることになっている。

地震予知のための地下水変動の研究それ自体がその緒

* 環境地質部

** 静岡県庁総務部地震対策課



第1図 地震予知組織図(建設省国土地理院 地震とその予知, 1978より)

についたばかりであり、未だ基礎的研究の段階にあることは言うまでもない。このような情勢の中で、我が国はもとより世界でも例のみない、リアルタイムの地下水観測網が短期間に作られたため、システム自体になお多くの問題点をかかえていることは明らかである。筆者らはこのシステムを運用していく中で、一つ一つ問題を解決し、真の完成に近づけたいと考えている。

本報告は、この観測システムの観測井及び設置した観測機器類の概要について述べるだけにとどめ、テレメータ監視システムの詳細については別に報告する。

2. 地震予知計画における地下水変動の役割

大地震の前に地下水位の変化、温泉等の水温の変化、自噴現象、地下水の涸渇、水の濁り等の現象がみられることが経験的に知られている(那須, 1976)。

近年、日本でも、1946年の南海地震(M=8.1)の前に、四国南岸や紀伊半島において、井戸水位が変化したり、濁ったことが報告されている(水路局, 1948; 沢村, 1966)。1964年の新潟地震(M=7.5)に際しては、農林省の新潟地盤沈下観測井19井のうち14井が、地震の約9時

間前から地盤上昇(0.3-0.4 mm/9h)を記録し、また地震の約1日前からメタンガスを噴出した観測井が1井あったことなどが知られている(農林省, 1964)。

しかしながら、我が国の地震予知計画においては、発足当初(昭和40年度)はもとより、昭和49年度からの第3次地震予知計画においても、地下水による地震予知研究はまったく採用されなかった。地震予知計画に関する測地学審議会の建議のなかで、地下水の役割が初めて言及されたのは昭和50年7月(第3次計画の一部見直し建議)であった。

この建議の背景としては、第1に、ソ連と中国において、地震予知に対する地下水観測の役割が重要視され、水位や水中ラドン濃度による予知の成功例(ウロモフほか, 1974; 朱鳳鳴, 1976)が報告されたこと、第2に、地震発生に関する「ダイラタンシー・水拡散モデル」が提唱され(ショルツほか, 1973)、これによって、地震前における地下水・ラドンなどの変化も、他の物理現象とともに統一的に解釈されるようになったこと、そして第3に、昭和48年東京大学理学部において地震予知のためのラドン観測・研究が開始されたり、昭和49年末に発表され

た川崎地区の地盤隆起に地下水が関係していることが注目され、東京大学理学部や地質調査所によって水理地質学及び水地球化学的な調査がかなり徹底的に行われたことなどが挙げられる（脇田ほか、1976；永井ほか、1976）。

これ以後、地震予知に関する地下水の研究や観測は進展し、現在に至っている。この間に、地震の前兆とみられる地下水変動を示した例が数多く報告された。

3. 地下水（水位・水質・ラドン）観測井の設置

力武（1976）は地震先行現象の先行時間と地震のマグニチュード（M）との関係を調べた際、ラドン・水位等の異常例を検討し、先行時間がMと相関している場合と、Mとは無関係に直前の異常を示す場合のあることを認め、それぞれを第1種及び第2種の先行現象と名付けた。

このような前兆の変動が現われるメカニズムは、まだ詳しく解明されていないが、次の2つのケースがあるようである。1. 地震前に震源域の地殻に状態変化が生ずる結果、その影響が地表近くの水圧・水質・ガスの実体的変化として現われることがある。2. 地震直前に震源域で急激な歪の変化があれば、それが遠隔地まで伝播し、その水位・水圧を変化させる可能性がある。この場合、井戸の水位は敏感な体積歪計の役割を果していることになる。前者は力武による第1種、後者は第2種の先行現象にほぼ相当するものであろう（垣見、1978）。

本観測システムの設計に際しては、上記の第1種の先行現象が現われることが期待される場所、すなわち、駿河トラフ沿いに南北に走り西方へ傾斜する逆断層運動に

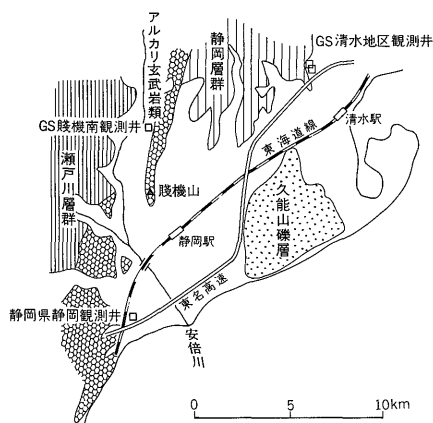
よって発生すると想定される震源域（石橋、1976）の陸上部分をカバーすることとした。

観測井の設置に際しては、自然的要因（降水・潮汐など）及び人為的要因（灌漑・揚水など）の影響の少ない、第三紀層中の地下水を対象として、既存井の選定及び新設井の位置選定を行った。

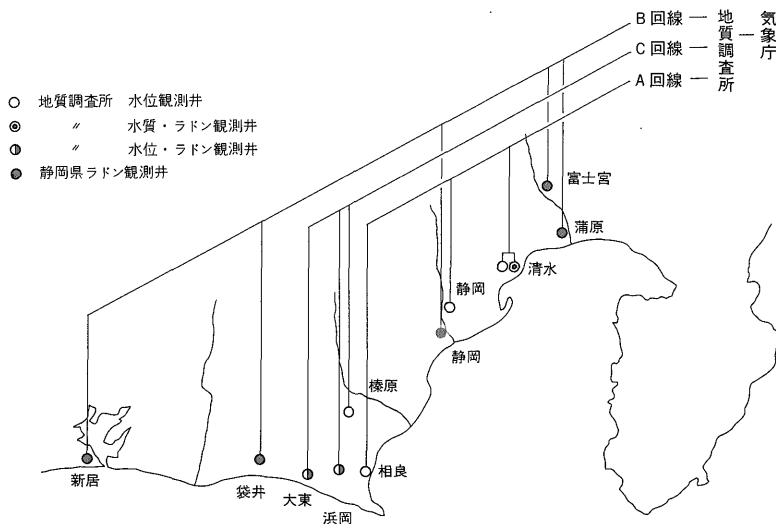
一方、静岡県は独自で既存井を利用し、新居・袋井・静岡・蒲原・富士宮の5カ所にラドン観測井を設置した。これらの観測データは県当局の御好意により、一括して解析するため地質調査所にテレメータ伝送されている。これら観測井についても述べる。

3.1 清水地区水位観測井

本観測井は庵原川左岸の清水市市原 245、市立庵原中



第3図 清水・静岡（駿機南）・静岡（みづほ）観測井付近の地質及び観測井位置図



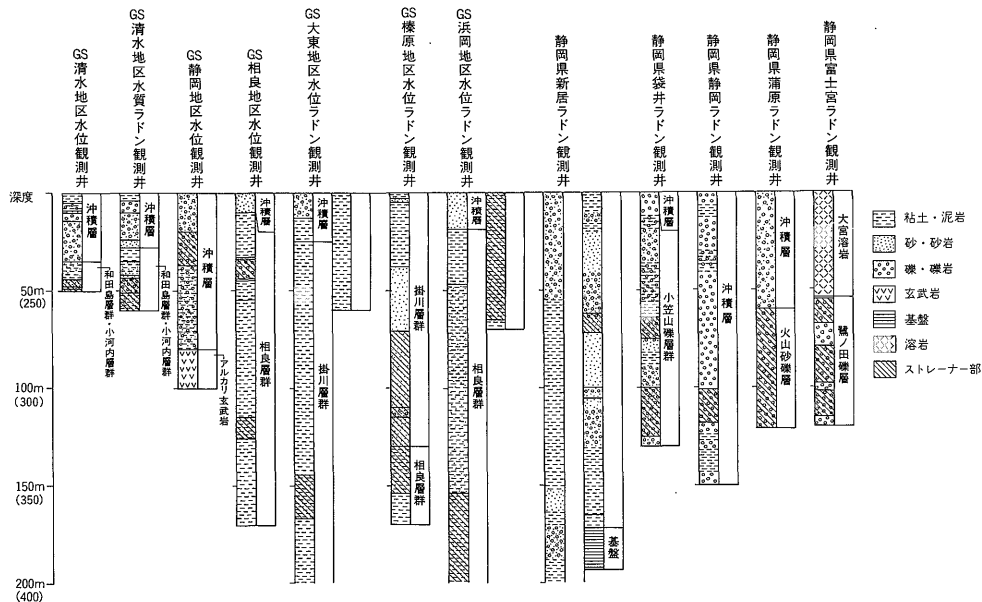
第2図 地下水観測井位置図

学校敷地内に位置している。観測井は第四紀沖積世の扇状地堆積物上にあり、北方の山地は第三紀中新世の和田島層群・小河内層群よりなる (第3図)。孔井の地質は、深度0-35m間は砂礫層よりなり、35-44m間は砂質泥岩、44-50m間は砂岩及び礫岩よりなる。なお深度0-24mは扇状地堆積物、24m以深は和田島層群・小河内層群と考えられる (第4図)。

掘さくは、ワンビットを使用したパーカッション方式

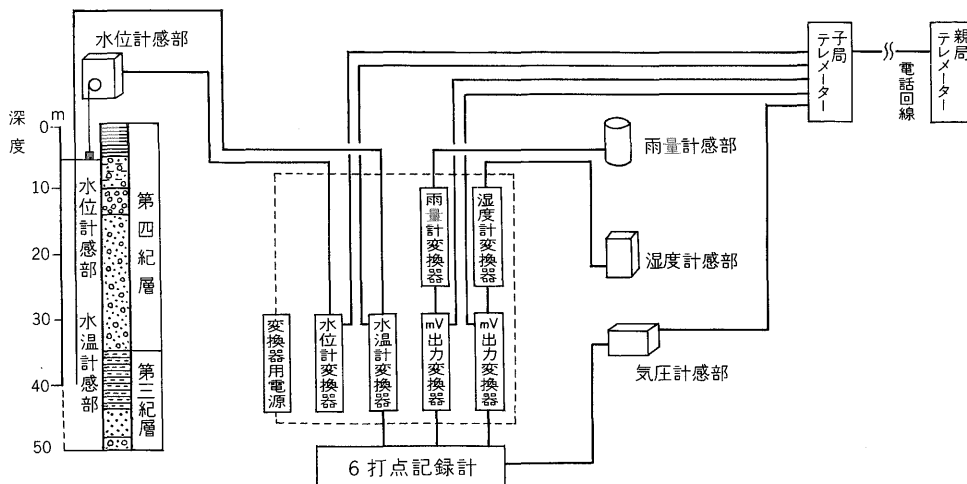
で行われ、スクリーンは深度44.5-50m間にセットし、口径200mm鋼管で仕上げた。揚水試験としては段階揚水及び連続揚水試験を行った。その結果、透水係数は 1.48×10^{-4} cm/secと小さい値で、多量の揚水は不可能であった (第1表)。

掘さく完了後、コンクリートブロックにて観測小屋を建設し、内部に第5図及び第2表に示すように、水位計・水温計・雨量計・気圧計・湿度計を設置し、モニター



第4図 地下水観測井の孔井地質図

測定項目：水位・水温・雨量・湿度・気圧



第5図 地質調査所清水地区水位観測井

第1表 揚水試験一覧表

観測井名	水理常数		透水量係数 (m^2/sec)	透水係数 (cm/sec)
	解析法			
地質調査所 清水水位観測井	連続	Theis	7.96×10^{-6}	1.59×10^{-4}
	連続	Jacob	9.10×10^{-6}	1.80×10^{-4}
	回復	Theis	6.12×10^{-6}	1.22×10^{-4}
	回復	Jacob	6.50×10^{-6}	1.30×10^{-4}
	平均値		7.42×10^{-6}	1.48×10^{-4}
地質調査所 清水水質・ラドン観測井	連続	Theis	3.98×10^{-6}	2.65×10^{-5}
	連続	Jacob	2.23×10^{-5}	1.49×10^{-4}
	回復	Theis	3.98×10^{-6}	2.65×10^{-5}
	回復	Jacob	3.52×10^{-5}	2.35×10^{-4}
	平均値		1.64×10^{-5}	1.09×10^{-4}
地質調査所 相良水位観測井	回復	Jacob	5.54×10^{-3}	1.40×10^{-2}
地質調査所 大東水位・ラドン観測井	連続	Theis	2.10×10^{-5}	7.00×10^{-5}
	連続	Jacob	2.43×10^{-5}	8.10×10^{-5}
	回復	Theis	2.30×10^{-5}	7.67×10^{-5}
	回復	Jacob	2.34×10^{-5}	7.80×10^{-5}
	平均値		2.29×10^{-5}	7.64×10^{-5}
地質調査所 榛原水位観測井	回復	Jacob	4.70×10^{-6}	4.60×10^{-6}
地質調査所 浜岡水位・ラドン観測井	降下	Theis	5.43×10^{-6}	5.43×10^{-6}
	降下	Jacob	5.02×10^{-6}	5.02×10^{-6}
	降下	Stallman	5.26×10^{-6}	5.26×10^{-6}
	回復	Jacob	3.75×10^{-6}	3.75×10^{-6}
	平均値		4.86×10^{-6}	4.86×10^{-6}

用として6打点記録計にて自動記録するとともに、隣接する清水地区水質・ラドン観測井のテレメータ子局装置を使用し、観測データを1978年2月から地質調査所に伝送している。

3.2 清水地区水質・ラドン観測井

本観測井は水位観測井の東南約150m離れた所に位置し、地形及び地質は水位観測井のそれとほぼ同様である(第3図)。すなわち孔井の地質は、深度0-28m間は砂礫層よりなり、28-38m間は泥岩、38-60m間は泥岩及び砂岩の互層よりなる。なお深度28m以深孔底までは和田島層群・小河内層群と考えられる(第4図)。

掘さくは、水位観測井と同じ方式で行われ、スクリーンは深度43.5-60m間にセットし、口径200mm鋼管で仕上げた。揚水試験としては段階揚水及び連続揚水試験を行った。その結果、透水係数は $1.09 \times 10^{-4} \text{ cm}/\text{sec}$ と小さい値で、多量の揚水は不可能であった(第1表)。水質はpHが9.0と高いのが特徴である(第3表)。

掘さく完了後、プレハブ製の観測小屋を建設し、内部に第6図及び第2表に示すように、深度40mにセットし

た水中ポンプより毎分5l揚水し、水中ラドン連続測定装置(EQM-101R)と水質自動測定器に送水している。前者は地下水中のラドン濃度・水温・流量を計測し、後者は水温・電気伝導率・pHを計測する。モニター用としてそれぞれの記録が自動記録されるとともに、テレメータ子局装置を使用し、観測データを1977年3月から地質調査所に伝送している。

3.3 静岡地区水位観測井

本観測井は安倍川左岸の静岡市松富上組、市立賤機南小学校敷地内に位置している。付近は安倍川の河川堆積物よりなり、東側はアルカリ玄武岩類が、賤機山一竜爪山と続く南北に帯状の山地を形成している(第3図)。孔井の地質は、深度0-37m間は砂礫層を主とし、37-80m間は粘土混り砂礫層を主とし、80m以深は基盤のアルカリ玄武岩からなっている。前者の砂礫層は安倍川水系から直接地下水の供給をうけている(第4図)。

本観測井は、通産省が静岡地区地下水利用適正化調査のため掘さくした水位観測井で、スクリーンは深度20-37m間にあり、口径300mm鋼管で仕上げられている。

地質調査所月報(第32巻第1号)

第2表 観測井諸元一覧表

名称	位置	観測機器	ストレーナー部の地層	深度(m)	ストレーナー(m)	口径(mm)	観測期間(年・月)
地質調査所 清水地区 水位観測井	清水市市原 庵原中学校	水位計・雨量計・気圧計・湿度計・水温計	第三紀 和田島層群・小河内層群	50	44.5-50	200	1977.4-
地質調査所 清水地区 水質・ラドン観測井	清水市市原 庵原中学校	水質自動観測装置・ラドン計	第三紀 和田島層群・小河内層群	60	43.5-60	200	1977.4-
地質調査所 静岡地区 水位観測井	静岡市 賤機南小学校	水位計・雨量計・気圧計・水温計	第四紀 沖積層	100	20-37	300	1978.2-
地質調査所 相良地区 水位観測井	相良町相良 つくしの家	水位計・雨量計・気圧計・水温計	第三紀 相良層群	170	44-55 115-126	200	1978.2-
地質調査所 大東地区 水位・ラドン観測井	大東町三俣 大東町役場	水位計・雨量計・気圧計・水温計・ラドン計	第三紀 掛川層群	260	144.5-166.5 210.5-221.5	200	1978.2-
地質調査所 榛原地区 水位観測井	榛原町坂口	水位計・雨量計・気圧計・水温計	第三紀 掛川・相良層群	170	71-154	200	1979.3-
地質調査所 浜岡地区 水位・ラドン観測井	浜岡町佐倉 佐倉保育園	水位計・雨量計・気圧計・水温計・ラドン計	第三紀 相良層群	270	154-265	200	1979.3-
静岡県 新居 ラドン観測井	新居町新居	ラドン計	?	393	260.5-271.5 299-304.5 365-370.5	300 (200m まで) 200 (393m まで)	1978.7-
静岡県 袋井 ラドン観測井	袋井市豊沢	ラドン計	第四紀 小笠山礫層	130	64-75 99.5-124.5	300	1978.7-
静岡県 静岡 ラドン観測井	静岡市みずほ 長田南小学校	ラドン計	第四紀 沖積層	150	100.8-117.3	300	1978.7-
静岡県 蒲原 ラドン観測井	蒲原町 蒲原地震山下	ラドン計	第三紀 火山砂礫層	121	60-121	350	1978.7-
静岡県 富士宮 ラドン観測井	富士宮市 安居山上ノ原	ラドン計	第三紀 鷲ノ田礫層	120	53.8-67.1 78.5-96.8 102.3-114.5	350	1978.7-

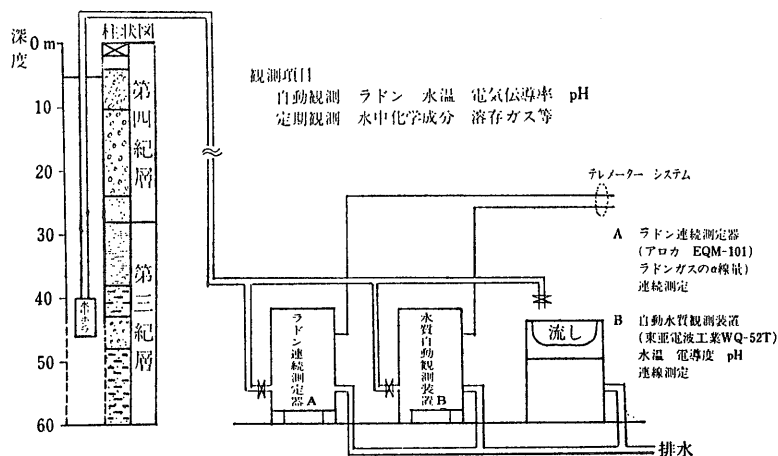
第3表 水質試験一覧表

観測井名	水温(°C)	pH	アルカリ度 CaCO ₃ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	採取年月日	備考
静岡県 新居観測井	22.5	7.3	92.5	1297.0	175.7	732.0	6.5	93.0	66.0	1979.6	池田分析
静岡県 蒲原観測井	20.5	7.7	69.0	68.3	—	—	—	—	—	1980.2	〃
地質調査所 清水観測井	17.3	9.1	93.5	44.9	12.0	63.5	0.8	4.8	0.5	1979.6	〃
地質調査所 大東観測井	22.2	8.0	1319.7	874.1	—	—	—	—	—	1979.6	〃
地質調査所 浜岡観測井	21.1	7.9	1400.0	33.7	43.0	563.0	24.5	14.0	6.1	1979.6	〃

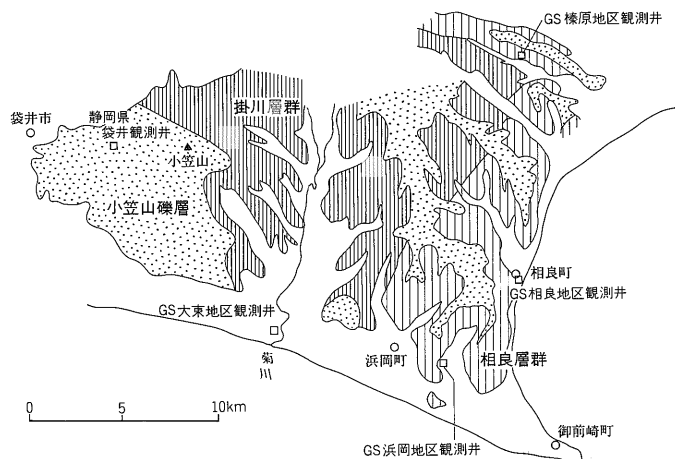
観測機器は第2表に示すように、水位計・水温計・雨量計・気圧計からなり、モニター用として6打点記録計により自動記録するとともに、テレメータ子局装置を使用し、1978年2月から地質調査所に伝送している。なお、以下に述べる相良地区と榛原地区の水位観測井には本観測井と同様な観測機器類をセットした。

3.4 相良地区水位観測井

本観測井は海岸より約350m離れた相良海岸砂丘上の相良町相良240、町立「つくしの家」敷地内に位置している。付近は第三紀中新世の相良層群が広く分布している(第7図)。孔井の地質は、深度0-10m間は砂層で、10-33m間は泥岩を主とし、33-44m間は礫層からなり、44-170m間は泥岩からなっている。なお深度10m以深孔底までは相良層群と考えられる(第4図)。



第6図 地質調査所清水地区水質・ラドン観測井



第7図 袋井・大東・浜岡・相良・榛原観測井付近の地質及び観測井位置図

掘さくは、トリコンビットを使用したロータリー方式で行われ、スクリーンは深度32-43mと115-126m間にセットし、口径200mm鋼管で仕上げた。揚水試験としては段階揚水及び連続揚水試験を行った。その結果、透水係数は 1.40×10^{-2} cm/secと大きい値で、多量の揚水が可能であった（第1表）。本観測井及び大東観測井の観測データは1978年2月から地質調査所に伝送している。

3.5 大東地区水位・ラドン観測井

本観測井は菊川右岸の大東町三俣 620, 町役場駐車場内に位置している。付近には第三紀鮮新世の掛川層群が分布している（第7図）。孔井の地質は、深度0-13m間は砂礫層よりなり、13-25m間はシルト、25-260m間は泥岩を主とし所々に砂質泥岩を挟む。なお深度25m以深孔底までは掛川層群と考えられる（第4図）。

掘さくは、ワンビットを使用したパーカッション方式

で行われ、スクリーンは深度144.5-166.5m間に、スリットは210.5-221.5m間にセットし、口径200mm鋼管で仕上げた。揚水試験としては段階揚水及び連続揚水試験を行った。その結果、透水係数は 7.64×10^{-6} cm/secと小さい値で、多量の揚水は不可能であった（第1表）。水質は、アルカリ度の極めて高い有機物を含んだ着色水で、メタンガスを溶存している（第3表）。

観測機器類は第2表に示すように、静岡地区水位観測井と同様な機器及び水中ラドン連続測定器（NW-101R）を設置した。なお、以下に述べる浜岡地区の水位・ラドン観測井には本観測井と同様な観測機器類をセットした。

3.6 榛原地区水位観測井

本観測井及び浜岡地区水位・ラドン観測井は気象庁の体積歪計を設置した場所に近接し、体積歪計の観測結果

と水位・ラドンの観測結果を相互に比較できるように配慮した。その位置は榛原町坂口1240-4、石雲寺の東側にある。なお体積歪計埋設位置からの距離は約200mである。付近には第三紀鮮新世の掛川層群の下部層が分布している(第7図)。孔井の地質は、深度0-3m間はロームで、3-38m間は泥岩を主とし、38-130m間は砂岩を主とし、110-115m間は砂礫層を挟み、130-171m間は泥岩を主とする。なお深度130mまでは掛川層群、130m以深孔底までは相良層群と考えられる(第4図)。

掘さくは、トリコンビットを使用したロータリー方式で行われ、スリットは深度71-154m間にセットし、口径200mm鋼管で仕上げた。揚水試験としては段階揚水及び連続揚水試験を行った。その結果、透水係数は 4.60×10^{-6} cm/secと小さい値で、多量の揚水は不可能であった(第1表)。水質はアルカリ度が高く、塩化物の多い水である(第3表)。本観測井及び浜岡観測井の観測データは1979年2月から地質調査所へ伝送している。

3.7 浜岡地区水位・ラドン観測井

本観測井は浜岡町佐倉918-2、町立佐倉保育園敷地内に位置している。気象庁体積歪計の埋設位置からの距離は約150mである。付近には第三紀中新世の相良層群が分布している(第7図)。孔井の地質は、深度0-19m間が砂層よりなり、19-47m間はシルト、47-160m間は砂質泥岩、160-270m間は泥岩よりなる。深度19m以深孔底までは相良層群と考えられる。

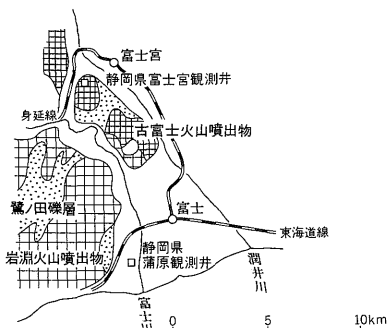
掘さくは、トリコンビットを使用したターンテーブル方式で行われ、スリットは深度154-265m間にセットし、口径200mm鋼管で仕上げた。揚水試験としては段階揚水及び連続揚水試験を行った。その結果、透水係数は 4.86×10^{-6} cm/secと小さい値で、多量の揚水は不可能であった(第1表)。

3.8 新居ラドン観測井

本観測井は浜名湖西岸砂州上の新居町新居2885-22に位置しており、上水道用のため新居町により掘さくされた水源井(塩水化のため放置)を利用したものである。孔井の地質は、深度0-372m間は砂層と砂礫層の互層からなり、372mで基盤に達している(第4図)。スクリーンは深度260.5-271.5m間・299.0-304.5m間・365.0-370.5m間にセットし、口径200mm鋼管で仕上げている。水質は塩素イオンの多いのが特徴である(第3表)。

ラドン観測機器は第2表に示した。なお、以下に述べる4カ所のラドン観測井には本観測井と同様な機器類がセットされている。これら静岡県内のラドン観測井の観測データは1978年3月から地質調査所に伝送されている。

3.9 袋井ラドン観測井



第8図 蒲原・富士宮観測井付近の地質及び観測井位置図

本観測井は小笠山山腹上の袋井市豊沢255-2に位置しており、畑地灌漑のため、農林省により掘さくされた水源井(水量不足のため使用していない)を利用したものである。付近は第四紀洪積世の小笠山礫層が広く分布している(第7図)。孔井の地質は、深度0-12m間は礫層、12-130m間は砂礫層からなっている。なお深度12m以深孔底までは小笠山礫層と考えられる(第4図)。スクリーンは深度64-75m間と99.5-124.5m間にセットし、口径300mm鋼管で仕上げた。

3.10 静岡ラドン観測井

本観測井は安倍川右岸の静岡市みづほ3-9-1、市立長田南中学校敷地内に位置しており、静清地区地下水利用適正化調査のため、通産省により掘さくされた水位観測井を利用したものである。付近は安倍川の河川堆積物よりなり、西側は賤機山から南北に続くアルカリ玄武岩類が山地を形成している(第3図)。孔井の地質は、深度0-150mまで礫層を主とし、所々に粘土を挟む(第4図)。スクリーンは深度110-127m間にセットし、口径300mm鋼管で仕上げている。

3.11 蒲原ラドン観測井

本観測井は富士川右岸の蒲原町地震山下5011-19、蒲原町上水道配水場敷地内に位置しており、上水道用のため、蒲原町により掘さくされた水源井(水量不足のため使用していない)を利用したものである。付近は富士川の河川堆積物よりなり、地名のごとく1854年の安政東海地震(M=8.4)の時に生じた高まりを形成している(第8図)。孔井の地質は、深度0-60m間は砂礫層、60-120m間は火山砂礫層(岩淵安山岩層と考えられる)からなっている。スクリーンは深度60-120m間にセットし、口径350mm鋼管で仕上げている(第4図)。水質は良質である(第3表)。

3.12 富士宮ラドン観測井

第4表 自動観測機器仕様表

品名	型式	仕様
フロートレス水位発信器	I-504	測定範囲：0-10 m, 測定精度：±1 cm, 測定間隔 3 段切替 (10 sec, 1 min, 5 min), 電源：DC 12V
雨量計感部	B-020	測定範囲：0-100 mm, 測定精度：±0.5%, 口径：200 mm, 電源：AC 100V, 1 転倒降雨量：1 mm
水温計感部	E-741	測定範囲：5-25°C, 測定精度：±0.3°C, 耐水圧：10 kg/cm ²
湿度計感部	G-301	測定範囲：0-100%, 測定精度：±5%
気圧計	F-401	測定範囲：930-1050 mb
水位変換器	M-734	測定範囲：0-10 m, 精度：±0.5%, 変換方式：ポテンショメータ
雨量変換器	M-728	測定範囲：0-100 mm, 精度：±0.5%, 変換方式：パルス-電圧方式
湿度変換器	M-727	測定範囲：0-100%, 精度：±0.5%, 変換方式：差動トランス, 変位量-電圧変換方式
ITE mV 温度変換器	M-5351	直流 mV 信号又は測温抵抗体の抵抗値変化信号を 4-20 mA DC に出力信号に変換する, 精度：±0.5%
電子自動平衡記録計		記録点数：6 打点, 記録方式：色別打点式, 打点間隔：6 sec (50 Hz), 記録紙：25 mm/h 30 日, チャートスピード：3 段切替 (12.5, 25, 50 mm/h)
変換ユニットケース	M-720	容量：DC 5V 1A, 電源 AC 100V ± 10V, 50/60 Hz
水質自動測定器	WQ-52T	pH 測定 測定範囲：pH 2-12, 精度：±0.05% 温度測定 測定範囲：0-50°C, 精度：±0.5°C 電気伝導率測定 測定範囲：0-50 m Ω /cm, 精度：5% 記録計 精度：±0.5%, 記録点数：6 打点, チャートスピード：2 段切替 (12.5, 25 mm/h)
水中ラドン連続測定装置	NW-101	検出部 シンチレータ：ZnS (Ag), シンチレータ面積 200 ϕ mm, 流量可変範囲：0.5-5 l/min, 温度測定範囲：5-30°C 計測部 指示計：0-1000, 0-300 count/min, 0-1500 V 指示精度：±3%, 記録計：EM-800-06 (6 打点式) 内容：計数率 (c/min), 水温 (°C), チェック時間と曜日, 流量 (l/min) テレメータ用インターフェイス 入力：ラドン信号, 流量信号, 温度信号 出力：ラドン濃度 4-20 mA, 流量信号 4-20 mA, 温度 4-20 mA

本観測井は富士川と潤井川との間、富士宮市安居山字上の原776-9、富士宮市上水道安居山配水池敷地内に位置しており、上水道用のため富士宮市により掘さくされた水源井（水量不足のため使用していない）を利用したものである。付近は富士溶岩流中の大宮溶岩におおわれている（第8図）。孔井の地質は、深度 0-54m 間は溶岩、54-122.5m間は礫層からなっている。なおカッティングの観察によれば、深度 0-54m 間には大宮溶岩のほか、礫層も含まれているようである。54-122.5m間の礫層は鷲ノ田礫層と考えられる（第4図）。スクリーンは深度 55-66m間と78.5-114.5m間にセットし、口径 350 mm 鋼管で仕上げている。

4. 自動観測機器

4.1 水位観測装置

水位観測井における自動観測機器としては、水位に影響を与える自然的要因を除去し、真の水位変化を求めするため、水位計のほかに雨量計・気圧計、また水温変化を

求めるため水温計を同時にセットした。これら機器類は中浅測器製で仕様は第4表に示した。以下各機器の概要について述べる。

フロートレス水位計

本水位計はフロートを使用しない電極水面検出方式であって、小口径の観測井、あるいは揚水井での水位測定が可能である。また、大東観測井では地下水中に溶存するメタンガスの発泡のため、通常フロートレス水位計では測定が不可能である。したがって、気泡の影響を消すため、先端部にマグネットとリードスイッチ付きの水位センサーを付けた水位計を試作し、測定を可能にした。

水温計

本水温計は温度変化による白金線の電気抵抗変化を検出することにより水温を測定する。白金測温抵抗体は防水管に封入され、水圧 10 kg/cm² まで耐えられる機構になっている。

雨量計

本雨量計は、転倒弁に入った降水量が1mm相当の水量に達すると弁が倒れ、その転倒回数を計数することにより降水量が測定される。

気圧計

本気圧計は大気圧の変化をベローズの伸縮として検出する方式である。これを差動インダクトと増幅器で、アナログの電圧信号として出力する。

湿度計

本湿度計は相対湿度変化を毛髪伸縮として検出する。これをトランスを用いて、電圧変化として出力する。

電子式自動平衡記録計

観測データは6打点記録計(横河電機製)によってモニター記録され、30日巻チャートに打ち出される。これらのチャートは1週間毎に地質調査所に郵送され、テレメータ記録のチェック等に用いられる。

4.2 水質自動観測装置

清水地区水質・ラドン観測井に設置した水質自動観測装置は、地下水中のpH・電気伝導率・水温を自動連続測定するため、東亜電波工業に試作を依頼して製作した装置(水質自動観測装置WQ-52T)である。本装置の構成は次のとおりである。

- 1) 水温測定部:水温センサー(ニッケルセンサー)による井戸深度30mにおける測定。
- 2) 電気伝導率測定部:四極型電気伝導率センサーによる揚水中の地下水の測定。
- 3) pH測定部:pHガラス電極及び特殊型比較電極による揚水中の地下水の測定。
- 4) 記録部:記録計

本装置は揚水した地下水試料を連続的に測定槽に流入させ、測定槽内でpH及び電気伝導率を測定する。これらの測定結果は記録計に記録される。

4.3 水中ラドン連続測定装置

ラドン観測井における観測機器は、アロカ製の水中ラドン連続測定NW-101である。本装置はZnS(Ag)シンチレータを使用し、水から分離したラドンを α 線強度として測定するもので、装置の構成は次のとおりである。

- 1) 検出部: α 線検出器
- 2) 計測部:計測装置、記録計
- 3) テレメータ用インターフェース
- 4) 流入量安定器

検出部はZnS(Ag)シンチレータ総面積200 ϕ mmを有し、検出部内を連続的に通過する地下水試料から分離するラドンの α 線強度を測定する。この地下水試料の流入量は、0.5-5l/minの範囲で調整可能である。検出部

内の水滴付着の防止及び気相対流を行う機能と、Ra(D+E)の標準線源による自動(1回/日)又は手動の感度チェックをする機能をもっている。

計測部はレートメータレンジ300-100kcpmで6段階、時定数Fast-300secで4段階の設定ができる。

記録計には、ラドン計数率(C/M)、水温($^{\circ}$ C)、感度チェック時間、曜日、流入量(l/min)及びオーバースケール指示の内容が記録される。

4.4 テレメータシステム

観測データのテレメータによる地下水観測システムの構成は次の通り。

- 1) データ収集系
- 2) データ集録・処理系
- 3) データ転送系

データ収集系は安立電気製のテレメタリングシステムを用い、A回線は清水2(水位・水質・ラドン)、静岡(水位)、相良(水位)の4井、B回線は新居・袋井・静岡・蒲原・富士宮の五井のラドン、C回線は大東(水位・ラドン)、浜岡(水位・ラドン)、榛原(水位)の3井の観測データを収集する。それぞれの観測データはインターフェイスにより、4-20mVの信号に変換され、送信用子局装置と電信電話公社の3本の専用電話回線を使用して、地質調査所の受信用親局装置へ伝送している。

データ集録・処理系はミニコンピュータシステムを使用し、収集したデータの受入、マスターファイルの作成、気象庁へのデータ出力等、リアルタイムで処理している。併せて各種データの解析、データのXYプロッターによる図化出力等のバッチ処理が可能である。

データ転送系は気象庁に設置した受信用親局装置と地質調査所の送信用子局装置とが結ばれ、リアルタイムでデータの送信が行われている。また、高速フアクシミリを設置し、気象庁、国土地理院、国立防災科学技術センター、東京大学地震研究所、名古屋大学理学部とデータ、資料の交換ができるようになっている。詳細については佃ほか(1980)を参照されたい。

5. まとめ

本観測システムは、我が国における初めての試みであり、東海地方東部地域で1976年より3カ年計画で合計12の観測井を完成させた。自動観測装置としては、水位6、水質1及びラドン8(うち5は静岡県による)を設置した。

観測データは各観測井から地質調査所まで3本の専用電話回線により送信され、ミニコンピュータを通し収集、処理、気象庁へのリアルタイムでの送信等が行える

機構を整えた。その他、気象庁、国土地理院、国立防災科学技術センター、東京大学地震研究所、名古屋大学理学部とデータの交換等ができるよう高速ファクシミリの導入はもたらされた。

本システムの完成により自動的に各種データの収集が開始されたが、今後のデータの蓄積により各観測井ごとに水位、水質、ラドン濃度の測定値に含まれる気圧、降雨、潮汐、温度、季節的変動、地殻変動等の自然的要因あるいは近接井の揚水、観測井周辺地域の湛水等の人為的要因などによる影響について詳細な検討を行い、地震発生に関連すると考えられる地殻変動に伴う変化のみを抽出する解析研究を行うこととしている。

また、観測を開始してまだ日が浅いが、今までにも測定装置、テレメータ機器の故障、ラドン自動観測装置への給水に用いられる水中ポンプによる揚水量の一定化（揚水量が変化するとラドン濃度に影響を与える）のための方策などについてその都度対処してきたが、今後とも安定なデータの確保のために観測機器等の保守、管理に力を入れなければならないと考えている。

本観測システム設置に当たり、静岡県当局及び市町の関係各位には全面的な御協力を賜った。また、ラドンについては、静岡県が独自にラドン自動観測装置を設置した富士宮、蒲原、静岡、袋井及び新居の各観測井のデータのテレメータ化について快諾を頂いた。

ここに、厚く御礼申し上げます。

文 献

井野盛夫・池田喜代治(1977) 静岡県ラドン観測予定井のラドンの測定結果についての報告。静岡県, p. 1-6.

石橋克彦(1976) 東海地方に予想される大地震の再検討。地震学会講演予稿集, no. 2, p. 30-34.

垣見俊弘(1978) 地下水に関する調査研究。浅田敏編, 地震予知の反省と展望, 学術月報, vol. 31, no. 7, p. 13-14.

那須信治編(1976) 大地震の前兆に関する資料。古今書院, p. 14-18.

永井 茂・村下敏夫(1976) 川崎市における地盤の変動と地下水との関係。工業用水, no. 215, p. 46-49.

農林省(1964) 新潟地盤沈下調査報告書, no. 7, p. 1-5.

力武常次(1976) 地震予知論入門。共立出版全書, p. 179-183.

沢村武雄(1966) 日本の地震と津波。高知新聞社, p. 93-97.

朱鳳鳴(1976) 海域に発生したM7.3の地震に関する予知・予報と防災の概況。地震学会中国地震考察団講演論文集, p. 15-26.

水路局(1948) 昭和21年南海大地震調査報告。地変及び被害編, 水路要報増刊号, p. 12-15.

ショルツ・サイクス・アガワル(中村一明訳)(1973) 地震予知の物理的基礎。科学, vol. 43, p. 541-549.

佃 栄吉・衣笠善博・杉山雄一(1980) 東海地域地震予知のための地下水変動データ処理・監視システム。地調月報, vol. 31, p. 619-634.

(受付: 1980年7月28日; 受理: 1980年7月30日)