

地震予知に関連する地下水の化学的性質

池田 喜代治・阿部 喜久男 (技術部化学課)

はじめに

1976年は世界的に大地震の多い年であったといわれる。マグニチュード7 (M.7) 以上の地震が世界の13ヶ所で発生し大きな災害をもたらした。

一方わが国ではここ2・3年来地震に対する関心が急速に高まりつつある。この背景として地震の前兆ではないかと懸念される1974年12月の川崎の異常地盤隆起と1976年5月の伊豆半島東部の異常地盤隆起が検出され地震予知連絡会(予知連)がその懸念を表明したことなどがある。川崎の方は幸いにも地震に結びつく現象がほかに観測されなかったことと揚水量の大幅な減少による地下水位の上昇が地盤隆起と密接に関連していることが明らかとなったために直下型地震の可能性がうすらいだとの判断がされているが伊豆半島東部地域に対しては引き続き観測体制が強化されている。このような状況のなかで1976年10月東大理学部石橋助手による巨大地震の駿河湾震源説が発表されるということもあって政府に対する地震予知政策

地震防災対策が強く要望されている。1974年末に文部省の測地学審議会の建議によって第三次地震予知5か年計画(昭和49~53年度)が発足していたがこの予知計画は石橋説がキッカケで今年更に強化されることになった。地質調査所はこのなかで地震波速度の変化地下構造の解明および地下水に関連した地球化学的手法による地震予知研究・調査を行なうことになっており既に川崎伊豆東海関東の諸地域で地下水に関連した各種の観測を実施している。この内容は地下水の水位水温水質ラドン溶存ガス等の観測を継続し地震の前兆現象としての変化をはあくして地震との関連性を解明しようとするものである。

地下水のこれらの要素は地震の前兆として変化することが知られており地震予知の短期的な指標として重要であると考えられる。

今回は地下水中の化学成分が地震予知にどう関連するのか過去の資料最近のソ連邦中国などでの報告からの実例を挙げ地震の前兆として変動する成分とその変動のメカニズムについての考え方を紹介しまた現在地質調査所が行なっている観測地域観測方法およびこれまでの観測結果について報告する。

第1表 地震による温泉の変化例

年代	地震名・場所	温泉の変化
684	室戸岬沖(M.8.4)	道後温泉の湧出止まる
1707	紀伊半島沖 (宝永地震M.8.4)	道後温泉の湯が4か月間止まる
1854	安政地震(M.8.4)	道後 湯の峯 白浜温泉 3~6か月湧止まる
1886	長野・新潟県境(M.6.1)	野沢温泉の湯が止まる
1898	陸羽地震(M.7.0)	梅の湯温泉湧出量1/4に減少 水温低下
1891	濃尾地震(M.7.9)	岡山県の真賀温泉の湧出量2倍 湯原温泉の水温が異常に高くなる
1899	有馬温泉付近の群発地震	水温42℃から48℃に上昇
○1923	関東地震(M.7.9)	地震の4か月前 伊豆山 伊東 古奈の各温泉の量が次第に多くなる
1943	鳥取地震(M.7.4)	皆生温泉の水温が3℃上昇
1946	南海地震(M.8.1)	道後温泉湧出止まる 別府温泉地震後 水温・湧出量上昇 雲仙地獄温泉一週間前から水温上昇
○1965~	松代群発地震	加賀井温泉湧出量 水温 塩化物イオン変動
1974	伊豆半島沖地震(M.6.9)	下賀茂 上河津 蓮台寺 松崎など各温泉の水温 湧出量上昇
1964	新潟地震(M.7.5)	温海温泉水温10℃低下 水量1/2

○印は地震の前兆としての変化

1. 地震による地下水の変化例

地震による地下水の変化は かなり古くから記録に残っており また最近のソ連邦 中国などでの報告では地震に関連した地下水の変化が定量的に測定されている。先ず過去の地震による温泉水の変化例を第1表に掲げる。これらの変化例は 記録に残っていたといわれるもので最近刊行されたいくつかの出版物の中からリストアップしたものである。多分この種の記録のごく一部でしかないと思われる。この表では地震のときに起こる変化例は温泉の湧出量と水温に関するものが多く湧出が停止あるいは減少した例と逆に増加した例がある。水温についても上昇例と低下例がみられるが湧出量が増加したときには水温が上がり減少したときには低下するようである。地震の前の記録例は少なくここでは2例だけであるが数か月前~1週間前から湧出量の増加と水温の上昇があったと記録されている。地震

前での変化例が少ないのは 通常 地震前は気付かないで見過ごしてしまうケースが多く 地震後は わずかな変化でも地震と結び付けて考え易いということが考えられる。

第2表には 地下水の変化例を示す。地下水の場合には 地表にわき出したという例 すなわち水位の上昇や 水の濁り 塩からなくなった例などがある。塩からなくなったということは明らかに水質変化があったということである。地震前の変化例もあるが この場合は 数時間前～10日間前に水の濁りや水位上昇があったと記録されている。

また最近のソ連邦 中国で起こった地震のときの変化例を示しているが ソ連のタシケント地震と(1966. 4. 26 M. 5. 5) 中国の海城地震 (1975. 2. 4 M. 7. 3) については 地震前後にわたる地下水に対する観測が行なわれており 海城地震のときには 他の地球物理的な現象 地下水の変化などから地震予知に成功している。このときの地下水の変化は 地震の約2か月前に井戸の水位変化(上昇および低下例)が認められ ラドン量が20～40%増加している。地震の数か月前には 海城 宮口地域の観測井82か所のうち 水位上昇55% 低下15% 変

第2表 地震による地下水の変化例

年代	地震名・場所	地下水の変化
1257	関東南部の地震(M.7.0)	地表面に「わき水」
1804	象潟地震(M.7.1)	山形 秋田地方で井戸水が噴き上げる
○1855	江戸地震(M.6.9)	地震数時間前に井戸水にごり 塩味 地震10日前に江戸の下町で地表面に「わき水」
1946	南海地震(M.8.1)	大分市で地下水の水位の低下 乳白色ににごる
1948	福井地震(M.7.3)	福井市で井戸水が地上に溢れる ながにごる
1949	今市地震(M.6.4)	井戸水の水量増加(13例) 減少(30例)
○1951	高田地震(M.6.6)	数時間前に地下水にごる
1952	十勝沖地震(M.8.1)	井戸水にごり 北海道全域
1974	伊豆半島沖地震(M.6.9)	下田市で井戸水が噴き上げる 芦の湖畔の地下水位10数cm低下
○1966.4	ソ連 タシケント地震(M.5.5)	地震直前までラドン濃度増加 水質変化する
○1970.1	中国 雲南省通海(M.7.7)	・1週間前に H ₂ S 臭 ・4～5日前鉄分多くなる ・2～3日前 MgSO ₄ 多くなる
○1975.2	中国 遼東半島の海城地震(M.7.3)	予知に成功 4・5日前から井戸の水位の変化 変色 変味広範囲 3～5か月前からラドン20～40%増加
○1976.4	ソ連 キジルクム砂ばく地震(M.6.9)	予知に成功 約1週間前からラドンヘリウム ふっ素 水銀等が変化

○印は地震の前兆としての変化

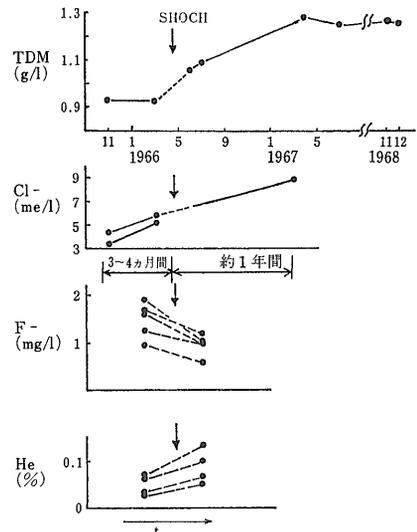
色 変味30%の変化が起こったと報告文¹⁾されている。

ソ連邦では 中央アジアのキジルクム砂ばくで発生した地震(1976. 4. 8 M. 6. 9)について 地下水の化学成分の変化で事前に地震発生を予知し成功したといわれる。この地震予知のため 観測井約50点を設置し 定期的に試料採取を行なって 地下水中のアルゴン(Ar) ヘリウム(He) ラドン(²²²Rn) 炭酸ガス(CO₂) ふっ素(F) 水銀(Hg)などの成分変化を観測していたところ 地震の5日前から濃度の増加がみられ 地震前日には これらの成分が急に低下して地震に至ったといわれる。これら成分変化の具体的なデータは まだ入手していないが 大変興味のある発表である。

3. タシケント地震前後における地下水成分の変化

前述のソ連邦のタシケント地震については「地下水の地球化学的調査による地震予知研究文²⁾」によって地震前後の地下水成分の変化が定量的に報告されている。このなかで 明らかに地震に対応した変化を示した成分は 全溶存固形物総量(TDM) 塩化物イオン(Cl⁻) ヘリウム ふっ素 ラドン等であって このうち ふっ素以外は 地震後増加している。水質表をもとにして作図した第1図でこれらの関係を示したが 全溶存固形物総量とヘリウムについては 濃度増加が地震前であったのか地震後であったのかは明らかではない。ふっ素については 地震発生後 1～2か月してから減少している。塩化物イオンの変化例は 地震の2～3か月前から増加したことを示している。

タシケント地震のときのラドン濃度の変化は 地震の前兆としての変化をはっきりと示している。これらの



第1図 ソ連邦タシケント地震(1966.4 M. 5.5)前後における地下水中の化学成分の変化

第3表 地震の前兆現象の収集観測例

項 目	デ ー タ 数
地形の変形	19
傾斜および歪変化	84
前 震	73
b-値	11
地震活動度	3
発震機構	6
断層クリーブ速度異常	2
V _p /V _s 比異常	27
V _p および V _s の異常	11
地磁気変化	2
地電流変化	13
比抵抗変化	17
ラドンの異常	9
地下水の異常	2
石油湧出量の異常	3
合 計	282

(1976 力武常次)

結果は健康上への影響を調べる目的で 温泉水中のラドン測定を続けていたのが 地震との関係を見つけるキツカケになったといわれている。この温泉水のラドンの平常値は 約5 エマン (10⁻¹⁰ Ci/l) であったのが 地震直前には約3 倍まで上昇し 地震の発生とともに急速に低下して 以前の水準よりも低下している。この後の余震の前後にもラドン濃度の変化が観測され 地震の約

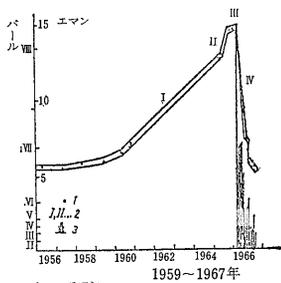
1 週間前に ラドン濃度は約2 倍に上昇し 地震後 再び前の水準に低下している。第2 図はこれらの観測例である。

4. 地震による地下水変化についての考え方

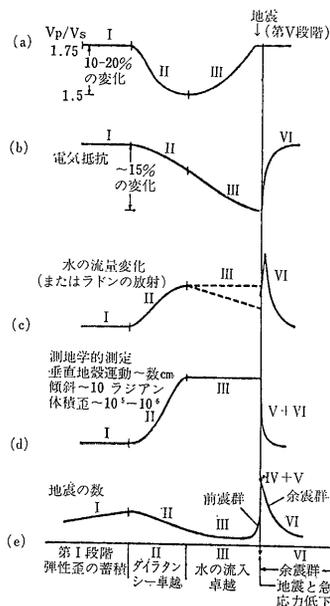
今まで紹介した地震に対応した地下水の変化は どう考えたらよいのだろうか このへんの理論的な課題は地震のおこる機構が十分に解明されていないと同様であって これからのデータの収集によって次第に確度の高いものになるはずである。今のところ 地震による地下水の変化は ほかの地震の前兆現象と密接に関連しているだろうと考えられるので 地震の前兆現象として収集された観測例と 実際に観測されたこれらの前兆現象を統一的にダイラタンシーモデルで説明した いわゆるシヨルツ理論のなから地下水のラドン 化学成分の変化を考えてみる。

東京工大の力武教授が地震の先行現象として収集した観測例は 地盤の傾斜 歪変化などの地殻変動 地震波速度の異常などの地球物理的な変化 それにラドン・地下水変化などの地球化学的な変化などであり これらの観測項目と検出件数とは第3表にまとめられている文3)。

上に挙げたような種々の地震の前兆現象を シヨルツらは統一的に巧妙に説明している文4)。第3 図はダイラタンシーモデル図から導き出された各種現象変化の予想であるが 地震前に起こる地殻の変化を3段階 すなわち



第2 図
ブリタシセント地下帯水層の熱水 (thermal water) 中のラドン濃度
帯の広さは測定誤差に相当する
1. ラドン濃度
2. 鉱層の歪みの段階
3. タシセント地震とその余震 (ウロモーフとマワシエフによる)



第3 図
ダイラタンシーモデルから予想される各種前兆現象の変化のパターンの模式図
IV段階は短期的な変化の可能性のある段階でダイラタンシーモデルより必然的に導き出されるとは限らない。
(SCHOLZ, C. H. 他 1973による)

第4表 地質調査所地下水観測網および観測項目

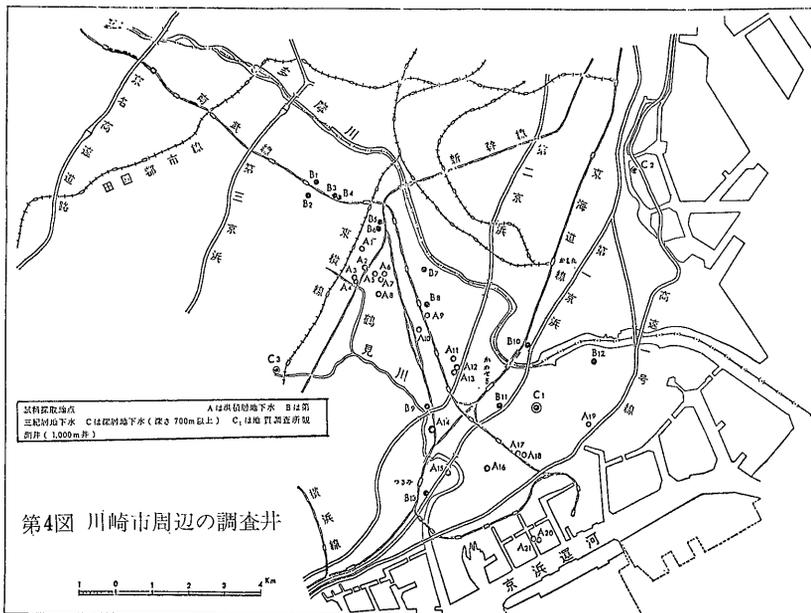
地 域	観 測 範 囲	観 測 項 目	観 測 開 始
川 崎 (第4図)	地質調査所水位・水質観測井	ラドン 水質 ガス (1回/週) 電導度 水温 水位の自動連続測定	1975.10~ "
	川崎—横浜周辺井戸 (11~12箇所) 川崎 " (4~5箇所)	ラドン 水質 ガス (2~3回/年) ラドン (1回/月)	1975. 4~ "
伊豆東部 (第5図)	伊東—中伊豆—河津 (14箇所)	水温 (1回/日)	1976. 5~
	伊東—中伊豆—修善寺 (11箇所)	ラドン 水質 ガス (1回/月)	"
	伊東—中伊豆 (4箇所)	ラドン (1回/週)	"
	" (6箇所)	水位 水量 (2回/週)	"
東 海 (第6図)	中伊豆町 (2箇所)	水位の自動連続観測	"
	清水—大東町 (4箇所)	ラドン 水質 ガス (1回/月)	1977. 2~
	" (3箇所)	ラドン (1回/週)	"
	清水地質調査所水位観測井 " " 水質 "	水位の自動連続観測 ラドン 電導度 水温 pH の自動連続 観測—テレメタリング	1977. 4予定 1977. 4 "
関東西部 (第7図)	深谷—吉川町 (埼玉県下10箇所)	ラドン (1回/週)	1976. 6~

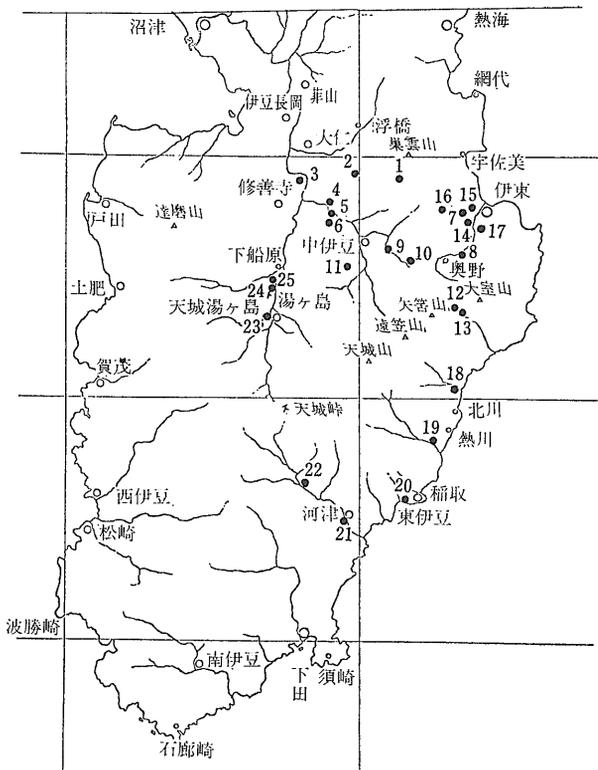
1. 弾性歪の蓄積の段階
2. 非弾性的な体積増加の段階
3. 水の流入が卓越する段階

に分け 各段階で起こる測地学的変化 地球物理的变化
およびラドン・地下水に関する地球化学的变化などを説明している。これらの種々の変化は実際に観測される
変化とよく一致するといわれる。

ラドン濃度については 岩石に微少な割れ目ができて
地盤が隆起する段階でラドンの放射量が増加する。こ
の段階では岩石の微少な割れ目の発生によってラドンの

放射面積が著しく増大し 放射効率 (emanating effect)
が高くなるためだと理解される。更に割れ目に地下水
が作用する段階 (第2段階から第3段階) で 地下水
中のラドンが増加することが理解される。しかし実際
には 岩石の歪の蓄積する場所は地下数 km 以上の深部
であると考えられるので 筆者らが観測している地下水
の深度範囲 (100~1,000m) に これらの影響が及んで
くるのは ラドンがガス体としてか あるいは地下水に溶
解した形で地下の割れ目や 空隙をとおってわれわれが
観測できる地下水の深度まで上昇し 混入する過程を予
想しなければならない。中国 ソ連邦などの事例で地
震のときに対応する地下水中のラドンや地下水に関する





第5図 伊豆半島東部地域の観測地点位置図

種々の変化が大小さまざまあって 中には全く変化しない地下水もあるというのは 地下の割れ目や空隙の分布が地下深部からの情報の受けやすさを左右する要素になっているためであろうと考えられる。このほかのラドンの変動の要素としては 地殻のストレスが弾性的な歪みの蓄積の段階になると 層間水 (pore water) の絞り出しが行なわれ この水が地下水に混入するケース あるいは 地下水系の変化が生じたために他水系の地下水の混入するケースなども考えられる。地下水の水質の場合は 地殻に歪が蓄積し 地震に至るまでに地下水と岩石との相互作用の拡大による水質変化 歪の蓄積の段階での層間水の絞り出しと その水の地下水への混合 地下水系の変化に伴う他水系の地下水の混合などの現象によって水質変化が起こると推定される。

5. 地質調査所の地下水観測網

地質調査所の地下水観測は 予知連が観測強化を指定した地域で 具体的に問題となった 伊豆半島東部 川崎東部および東海地方東部の各地域と関東西部地域を対象としている。これらの地域では 一般的な地下水のラドンと化学成分 水温 溶存ガス成分 (水素 ヘリウム アルゴン 窒素 酸素 メタン等) の測定を行なっている。このほか川崎では水質自動観測装置によって

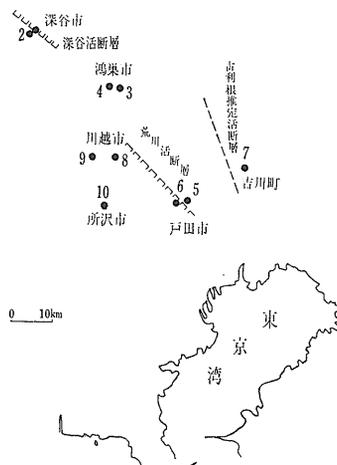
第35回地震予知連絡会資料 伊豆北部の観測・調査対象井戸・湧水表

No.	井戸・湧水	水源種類	自動噴別	位置	深度 (m)	水温 (℃)	水量 (ℓ/分)	水位 (m)	調査項目
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	ラドン 水質 ガス定期調査 1回/月 水温毎日
2	修善寺町年川上水道水源	湧水	自然湧出	修善寺町	—	15.5	不明		ラドン 水質 ガス調査 1回/月
3	生コン水源井	水井戸	動力	"	30	14.0	"		" 水温毎日
4	大京観光温泉2号井	温泉	自噴	中伊豆町	500	47-50	300		" 水温毎日
5	吉本謙三宅温泉井	"	"	"	500	48-51	25		"
6	佐藤敏郎	"	"	"	500	—	不明	-22.7	水位定期観測 2回/週
7	伊東市水道山第一水源	湧水	自然湧出	伊東市	—	14-16	4,160		水質定期調査 1回/週より 1回/月
8	城の平水源	"	"	"	—	14-15	3,300		"
9	全農協共済中伊豆リハビリテーションセンター3号井	温泉	自噴	中伊豆町	703	33-34	220		ラドン 水質 ガス定期調査 1回/月 ラドン 水量 1回/週
10	翠光園	水井戸	"	"	350	14.1	不明		"
11	姫の湯	温泉	"	"	500	29-31	14		"
12	伊東市池浄水場1号井	水井戸	動力	伊東市	50	11-13	不明		" ラドン 1回/週
13	" 2号井	"	自噴	"	100	12.0	"		水位 日記観測依頼
14	通信保養所	温泉	動力	"	411.8	47-49	"		水温毎日観測
15	伊東光風閣1号泉	"	"	"	450	28-29	"		"
16	伊東市水道山第二水源	湧水	自然湧出	"	—	14.0	4,000		水量毎日観測
17	伊東光風閣2号泉	温泉	動力	"	500	36-37	不明		水温毎日観測
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	"	"		"
22	国民宿舎かわず	"	"	"	150	"	"		"
23	町営3号泉	"	"	天城湯ヶ島町	100	"	"	-8.6	"
24	門野倉1号泉	"	"	"	127	"	75	8.7	" 水位観測
25	" 2号泉	"	"	"	122	"	83-85		" 水量 "



第6図 東海地域の観測地点(1977.2 現在)

- 凡例
- ラドンの定期観測地点(1回/週) 2, 3, 4
 - ◎ ラドン・水質の自動連続観測井 1
 - 水位の # 2
 - 水質・ガス・ラドン(1回/月) 1, 2, 3, 4



第7図 関東西部地域ラドンの定期観測地点

地質調査所—水位・水質観測井(深度 1,016m)の地下水中の水温 電導度の自動連続測定を行なっており また今年の4月から静岡県清水市で ラドン・水質(水温 電導度 pH)の自動観測装置による連続測定をテレメタリング方式で行なうことになっている。現在(1977年2月)における地下水の観測地点を 第4表および第4図~第7図に示す。

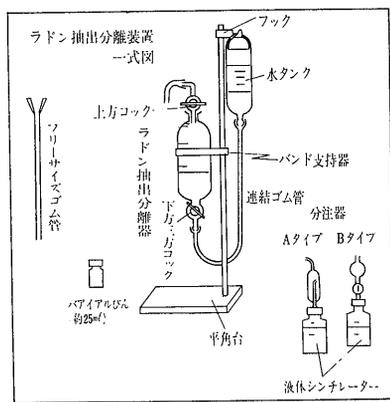
6. 観測方法

地質調査所が現在行なっている地下水観測は 自動観測装置による測定以外は 定期観測地点として定めた井戸について定期的に試料採取を行ない 前述の項目を測定している。一般的な地下水の水質成分は 現地分析

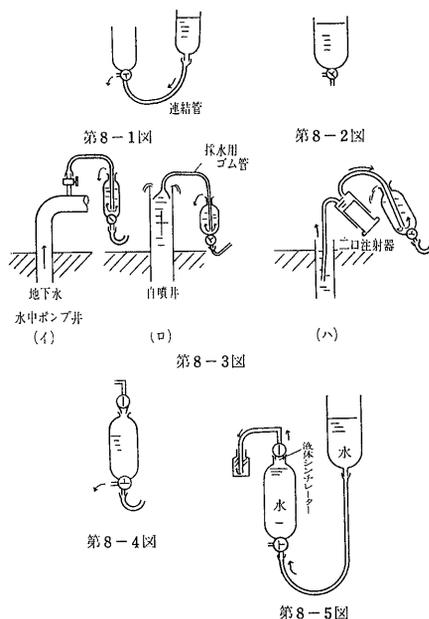
と室内分析によって分析し 地下水中の溶存ガスと遊離ガスは ガスクロマトグラフィで測定する。ラドンについては その化学的性質と測定方法についてやや詳しく述べる。

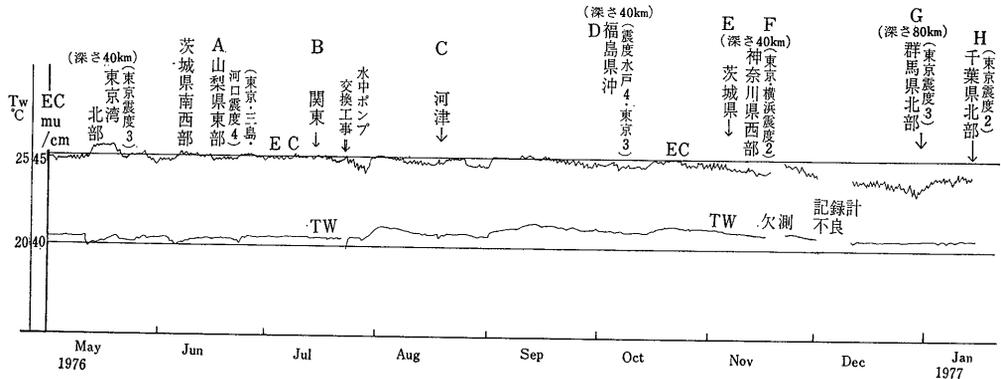
ラドン(^{222}Rn)は天然のウラン系列の壊変元素のなかで ただ一種類の気体元素で その半減期は3.82日である。他の元素とは殆んど反応しない極めて不活性な希ガスに属している。このため 地下水中のラドンは帯水層内で接触する地層や土壌との反応による損失は少なく 半減期が短いこともあって 地下水の流動の調査には都合がよい。

地下水中のラドンの測定方法は 有機溶媒へのラドン



第8図 ラドン抽出分離装置および採水要領図





第9図 川崎GS観測井における電気導伝率（電導度）水温の変化 * およびA~Hまでの記号はその下の地震を表わす

の溶解度が大きい（トルエンには水の約50倍溶ける）ことから 液体シンチレーター抽出—液体シンチレーション計測法〔野口（1964）〕文 5)の方法を用いている。現地で水中のラドンを抽出した液体シンチレーター溶液を入れたバイアルびんを 液体シンチレーションカウンターで計測する方法である。現地で水中のラドンを抽出分離するラドン抽出分離器は その大きさ 形状について筆者の一人池田が試作したGSタイプを使用している。試料水の採取量は1,000mℓ 液体シンチレーターの添加量は40mℓである。

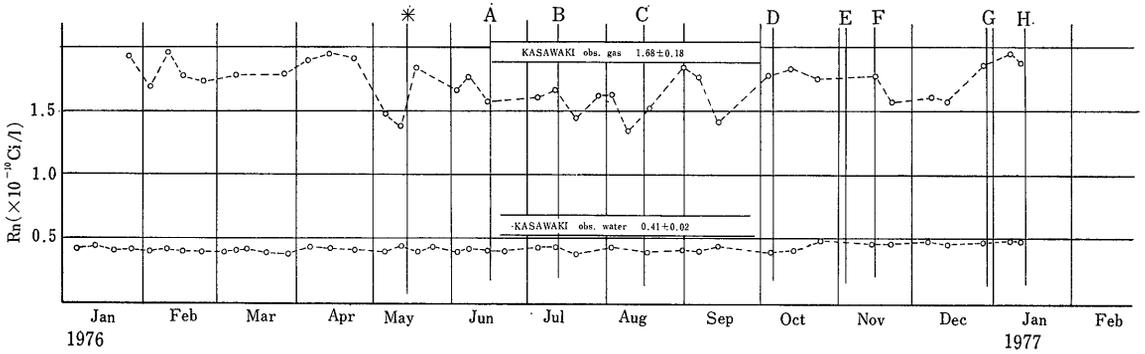
ラドンの抽出用の試料水の採取方法と測定方法の概要
ラドンの抽出分離装置の概要を第8図に示す。この装置を用いる抽出分離操作を次に述べる。

- 1) 水タンクに試料水を約1ℓ採取する。
- 2) ラドン抽出分離器（以下分離器と略す）の下方三方コックの向きを第8—1図のようにして連結シリコンゴム管の空気を水で追い出し 直ちに第8—2図のようにコックの装置を変える。
- 3) 分離器に試料水が空気に触れないように取る。
採取方法の具体例を 第8—3図イ ロ ハに図示した。 何れの場合も分離器の底までゴム管を入れ 試料水を底から注入する。 試料水が分離器の口から約500mℓ以上溢れるまで注入を続けた後 静かにゴム管を引き抜いて上方コックのせんをする。
- 4) 分離器に満した試料水は 第8—4図のようにコック位置を変えて排出し 試料水量が1,000mℓの目盛の位置に来たら下方のコックを元の位置に戻

して止める。 直ちに液体シンチレーター 40mℓを分注器を用いて 上方コックを外した分離口から加えて上方コックでせんをする。

- 5) 分離器を平角台支柱から外して 両手で上下コック付近をしっかりと保持し 200回 液体シンチレーターと試料水が十分に混合するように激しく振り混ぜて 再び平角台支柱に取り付ける。
- 6) 約5分間放置後 液体シンチレーターは水と分離する。 分離器上方コックの出口シリコンゴム管の先端が 計測用バイアルびんの底につくようにして 第8—5図のようにまず下方コックの向きを変え 次に上方コックの向きを変える。 分離器中の液体シンチレーター相は 水タンクから水で押し上げられ 計測用バイアルびん中に移行する。
- 7) 上方コックの開閉を加減して液体シンチレーターをバイアルびんの底から満たしてあふれるまで移す。 あふれさせながら静かにシリコンゴム管をバイアルびんから引き抜く。 この際 水がバイアルびんの方に入らないように注意する。
- 8) バイアルびんのせんをしっかりとする。 ふたの上に採取位置（番号）と採取した日時をマジックインキで記録する。 別に採取試料の水温 採取した時間（何時何分まで） 採取条件などを記録する。

計測用バイアル中のラドンとその娘核種は 約4時間後に放射平衡に達し ^{222}Rn 1崩壊あたり3本の α 線と2本の β 線が放出される。 これらの放射線を液体シンチ



第10図 川崎GS観測井地下水および天然ガス中のラドン濃度の推移 * は東京湾北部地震(東京震度3) A~Hは第9図と同じ

レーションカウンターで測定する。 現在筆者らが用いている液体シンチレーションカウンター装置は 地質調査所に設置されているパッカード Tri-Carb 3385型である。 計測値はミニコンによってデータ処理を行ないラドンの絶対値を求める。

の記録と電導度の変化を見ると 例えば1976年の5月13日の東京湾北部地震(東京震度3)のときには 地震に対応したと思われる変化がある。 またその他の地震に関しても同様な変化があるように思われるが 揚水条件の変動に伴うノイズもあるので もっと観測データを積み重ねることによって 地震との対応が明らかになると思われる。

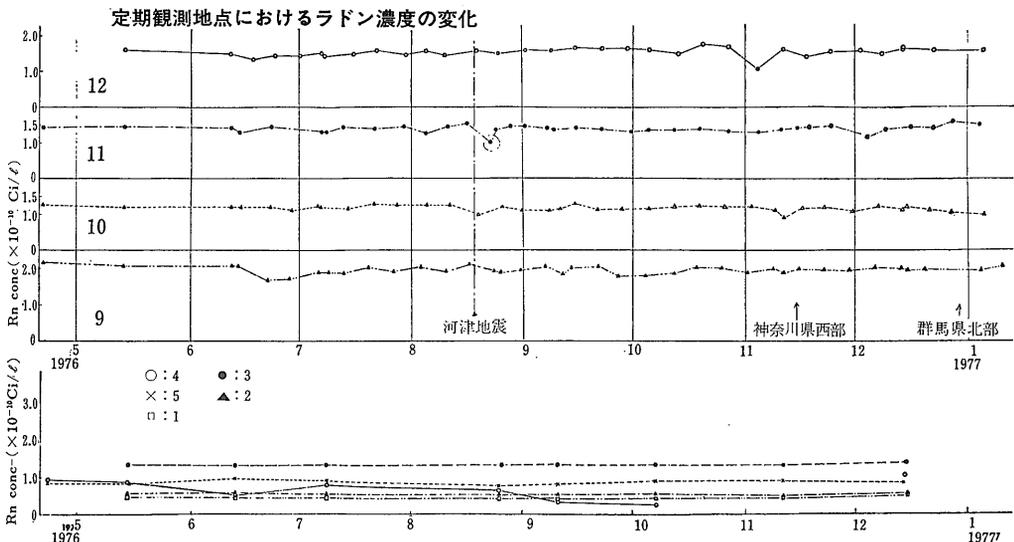
7. これまでに観測された結果

川崎地質調査所井の観測結果

1975年に川崎の異常な地盤隆起を解明するために掘さくされた地質調査所一水位・水質観測井の水温と電導度の記録の一部は 観測井の構造と観測機器の紹介をかねて地質ニュース No. 263 (1976-7)文 6)に報告したのでその後の測定結果を報告する。 またここでは1週間1回の ラドン ガス成分 一般水質成分の定期観測を行なっているので ラドンの測定結果について述べる。

第10図はラドンの観測記録である。 川崎観測井の地下水は溶存ガスを多量に含むため 試料を採取するときに圧力低下によってガスを分離する。 ラドンの測定は地下水および分離ガスの両方について行なっているが ラドン濃度はガス中で $1.7 \times 10^{-10} \text{Ci/l}$ 地下水中で $0.4 \times 10^{-10} \text{Ci/l}$ である。 水とガスとのラドンの分配係数で当然ガス中に多くなっている。 ガス/水 (vol. 比) は平均0.03で殆んど変化しないので これらの測定値はそのままプロットしてよいことになる。 測定結果をみると

第9図に最近までの電導度と水温の測定結果を示した。 1976年5月から今年の1月初旬までの間に起こった地震



第11図 伊豆半島東部地置域地下水中のラドン濃度の推移

ガス中のラドン濃度の変動係数は 11%程度で地下水よりも変動幅が大きくなっているが これまでの結果は直下型地震を反映するようなラドンの変化は起こっていないと判断している。

伊豆半島東部でのラドンの観測結果

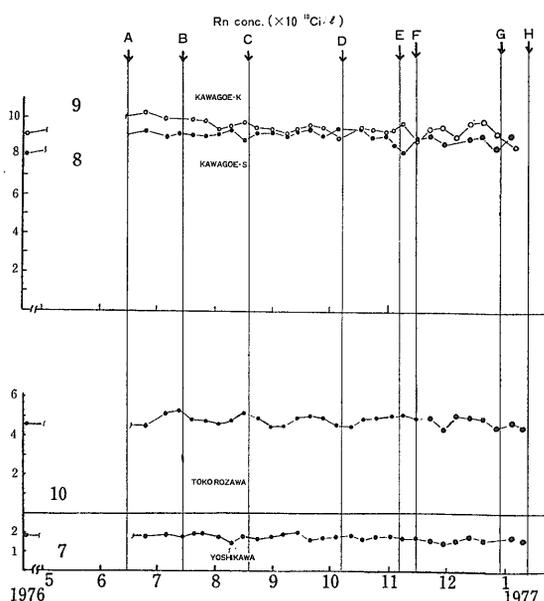
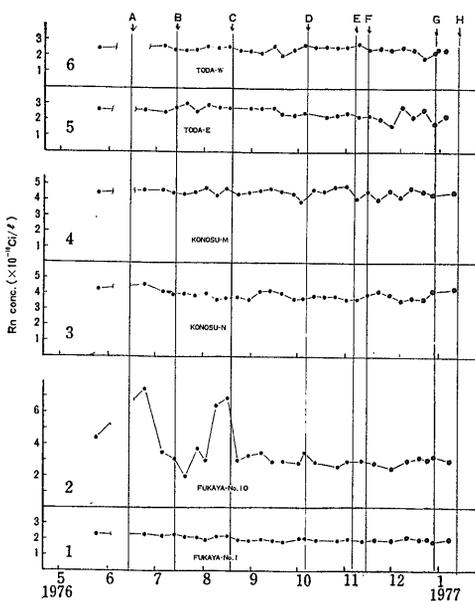
伊豆半島東部についての詳報は 高橋・垣見によって地質ニュース No. 270 (1977-2)文7) に述べられているのでここでは ラドンの観測結果のその後の経過を含めてその推移を第11図に示す。 図には1週間1回の定期観測地点における推移と 1か月1回の定期調査地点における推移を示している。 定期調査地点No. 11 (中伊豆町姫の湯)では 昨年(1976)の8月18日の河津地震の前後にわたるラドン濃度の変化がみられることに注目したい。地震前に僅かであるが観測開始後最高値を示し 地震後には最低の値を示した。地震後は平均値に対し 3σ以上の変化である。 No. 9も過去2か月間の極大値が地震の直前にあり No. 10は地震直後に極小値を示したのが認められる。しかし これらの変化の幅が非常に小さいのであまり明確ではない。1か月1回の定期観測地点におけるラドン濃度は 殆んど変化がみられない。第11図上の図の変化が河津地震に対応したものと考えると かなり短期間の変動であるので 1か月1回の測定では見逃してしまう恐れがある。しかし 中国の海城地震のように地震前3~4か月前から20~40%変化を示し またソ連邦のダシケント地震のように地震前に長期

的变化を示すケースもあるので 現在われわれは 1か月1回の観測で広範囲の地域をカバーし そのなかの要所要所で1週間1回~連続観測を行なう体制をとっている。

関東西部地域でのラドンの観測結果

関東西部地域の観測点は 第7図のように 荒川 深谷の両活断層と古利根活断層(推定)の付近に設定している。これらの観測地点は 川崎 伊豆半島東部における地盤の異常隆起地域でのラドン濃度の推移と対比する意味で重要である。自然環境におけるラドン濃度の分布および長期にわたるラドン濃度の推移を調べることと 地殻変動によるラドン濃度の異常を検出することの両方の意味をもっている。

各観測地点のラドン濃度の変化を第12図に示したが 1例を除いて10%以下の変動幅である。 No. 2は1976年の8月の下旬まで異常な変化を示しているが 異常の原因を調査した結果 この原水の採水位置が他のラドン濃度の高い地下水のパイプラインと結合した位置に近いところにあるために その地下水の混入によって変動することが判明した。原因を除去した9月以降は比較的安定である。このように一般的に地下水中のラドン濃度は比較的安定であって 今までのところ 気温 降水などの気象的な要因などによる影響 またそういったものを含んだ季節的な要因等によるラドン濃度への影響は そう大きなものではないと考えられる。



第12図 関東平野部地下水中のラドン濃度の推移 A~Hは第9図と同じ地震を表わす。 井戸番号は第7図参照

ま と め

ソ連邦 中国などで観測された地震の前兆としての地下水中のラドン 水質等の変化の実例は 地下水の地球化学的手法による地震予知の可能性を示している。地震予知は 地球科学のあらゆる領域にまたがった総合的なアプローチが必要であるが 地下水の地球化学的手法の特徴としては 地盤の異常隆起等が観測されるなど 具体的な観測強化が必要な地域で 観測網を 集中することによって 比較的短期的な地震予知の役割りを果たことになるものと考えられる。現在 川崎 伊豆 東海 関東等でのラドン 地下水の観測網は 地質調査所 東大理学部などによって次第に整備されつつあるが いずれは 連続測定とテレメーター化が必要となろう。

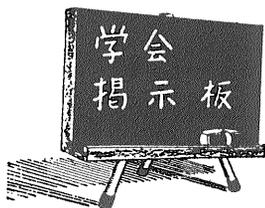
地震予知は その社会的な影響が大きいことから確度の高い予知が課題である。 そのためには莫大な資料の収集が必要であり その意味で わが国での地震予知研究・調査の実験的検証を積み重ねる必要がある。

最後に 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戸所有者の各位 ラドンの抽出 温度測定など御協力頂いている方々に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 中国地震考察団報告：1975年12月3日～4日 東京大学地震研究所（講演）
- 2) 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）。
- 3) 力武常次（1975）：地震の先行現象と地震予知の4段階 測地学会報 Vol. 21 No. 3.
- 4) SCHOLZ, C. H., et al. (1973) : Earthquake Prediction A Physical Basis, Science, Vol. 181, No. 4102.
- 5) 野口正安（1964）：液体シンチレーターによる Radon の放射能測定 Radioisotopes, 13.
- 6) 池田喜代治 阿部喜久男（1976）：川崎地区水位水質観測井について ～その5水質編～ 地質ニュース No. 263.
- 7) 高橋博 垣見俊弘（1974）：伊豆半島東部の異常地殻活動 地質ニュース No. 270.



・地震学会

1. 昭和52年5月12(木)～14(土)
2. 地震学会昭和52年度春季大会
3. 東京大学（3会場）
 - ・理学部2号館講堂
 - ・化学館講堂
 - ・医学部好仁会
4. 地震学会

5. 東京大学地震研究所内地震学会
東京都文京区弥生1-1-1 (☎113)
☎(03)813-7421

・日本古生物学会

1. 昭和52年6月18日(土)
2. 日本古生物学会 119 回例会
3. 静岡大学理学部 静岡市大谷836
4. 日本古生物学会
5. 茨城県新治郡桜村妻木字天久保 筑波大学地球科学系 猪郷久義
☎(0298)57-4511

・日本古生物学会

1. 昭和52年10月16日(日)
2. 日本古生物学会 120 回例会
3. 熊本大学理学部 熊本市黒髪町2-39-1
4. 日本古生物学会
5. 茨城県新治郡桜村妻木字天久保 筑波大学地球科学系 猪郷久義
☎(0298)57-4511

・International Geological Correlation Program : Circum-Pacific-Plutonism Project (IGCP-CPPP)

1. 昭和52年8月20日(土)～26日(金) 野外巡検
27日(土)～28日(日) 学術討論会
2. The 7th Meeting of the Circum-Pacific-Plutonism-Project
3. 野外巡検 — 中部日本 学術討論会 — 富山大学
4. IGCP-CPPP 国内委員会
5. ☎213 川崎市高津区久本135
地質調査所地質部 野沢保
☎(044)866-3171

[注] 1. 開催年月 2. 会合名 3. 会場 4. 主催者
5. 連絡先(掲載順位は原稿到着順)

・日本火山学会

1. 昭和52年5月14日(土)～16日(月)
2. 日本火山学会1977年度春季大会
3. 東京工業大学本館 121 番講義室
4. 日本火山学会
5. 東京都文京区弥生1-1-1 (☎113)
東京大学地震研究所内日本火山学会
☎(03)813-7421

・物理探鉱技術協会

1. 昭和52年5月25日(水)～27日(金)
2. 物理探鉱技術協会 昭和52年度春季講演会
3. 東医健保会館 (国電信濃町駅下車5分)
4. 物理探鉱技術協会
5. 川崎市高津区久本135 (地質調査所気付)
物理探鉱技術協会
☎(044)866-3171