

2-6 多摩川下流域にみられる地盤隆起現象の地球化学的研究

Geochemical Approach on the Ground Upheaval in the Lower Tamagawa Area

東京大学理学部 脇田 宏
Hiroshi Wakita,
Faculty of Science,
University of Tokyo

国土地理院の観測によると、1971年頃から、多摩川下流域を中心とする半径約5kmの地域が、地盤の隆起を継続しているが、これが、いかなる原因によるものであるかを究明する目的で、地球化学的研究を行っている。これまでに進展した研究の一部を報告する。

1. 地下水中のラドン濃度の変化

地震の先行現象の一つとして、地下水中のラドン濃度に変化が観測されたという報告が2、3の地震について知られている。しかし、この変化の生じる機構については解明されていない。推測の域を出ないが、震央域に発生する主破壊に先立って、無数の微小亀裂が発生すると、岩石の表面積が増加し、ラドンの放出率が増加する。そして、このラドンが地表近くの滞水層に供給されると、測定している地下水中のラドン濃度に変化が起る可能性があるとして解釈することもできる。

この地域の隆起が、地殻変動に基づくものであるのか、また、地殻変動に先行して、果して、地下水中のラドン濃度は変化を示すかどうかを検討する目的で、当該地区6ヶ所、および約10kmはなれた地点1ヶ所で、地下水中のラドン濃度の測定を月に2回行っている。(第1図)

この地域の地下水中のラドン濃度は、 $2 - 3 \times 10^{-10} \text{Ci}/\ell$ の範囲で、普通の深層地下水中の濃度と同程度である。観測を開始してからこれまで5ヶ月間、有意の変化を示したとは思われない。第2図に観測記録の一例を示す。

今回、新たに開発した連続測定装置によるラドンの連続自動測定も継続中である。

2. 地下水位の上昇

川崎市周辺の地下水位は、1964年頃から回復する傾向になっていたが、1971年後半頃から、急激な上昇に転じ、特に1974年4月以降は、月間1m以上もの著るしい上昇率が記録されている。一例として、川崎市が行っている水位観測井の記録を第3図に示す。

企業の所有する井戸を含めて、揚水規制から期待される水位上昇曲線と、現在の水位の差を

コンター（第4図）に示すと、地盤の隆起から得られるコンター¹⁾とよい一致を示し、さらに、それらは、多摩川の旧河道とも地理的に、ほぼ一致することがわかる。

一般に、地下水位の上昇と揚水量の減少の間に相関関係があるのは明白であり、観測された地盤隆起と地下水位の上昇の間の密接な関係は無視できない。近年、とくに昨年5月以降にみられる著るしい揚水量の減少と、急激な水位の上昇とは関係が深い。

しかし、横浜市など、川崎市の周辺では、同程度の揚水規制が行われたにもかかわらず、顕著な水位の上昇はみられていないことも、注目に値することである。

この地域の地下水位は、これまで地区別に揚水の程度の相違により、様々なレベルにあったが、現在、どの地区でも、地下水位は上昇して同じ水位レベルに達している。すなわち、はじめに、ばらばらの水位に低下していたものが、静水圧的につり合った同じレベルに上昇しつつある。

この地域の水位変化を観測するため、3ヶ所で自動測定、その他3ヶ所で、1日1回の観測を行っている。

3. 地下水の地球化学的研究

月間1mを越す水位上昇が観測されているが、これらの水が、どこから供給されているかを決定する目的で、地下水の化学組成、年代、炭素同位体比などの測定を行った。これらの結果をまとめて表1に示す。

3.1. 地下水の化学組成

上流から下流にかけて、14ヶ所の地下水について、塩素イオン、COD：過マンガン酸カリウム消費量（有機物の含有量に相当）、総鉄、総硬度（ $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ ）、pHその他の測定を行った。塩素イオン濃度と総硬度の間には相関がみられる（第5図）。

塩素濃度と過マンガン酸カリウム消費量との間の相関図（第6図）より、この地域の地下水を、以下の3つのグループに区分することができる。

第1のグループは、塩素、総硬度、有機物含有量の少ない多摩川系と考えられる水、第2は、塩素および総硬度は低いが、有機物に富み、色も黒褐色で第三紀層に含まれる水、第3は、塩素、総硬度ともに高く、有機物含有量の低い、現在下流域を満している水である。

第3のグループの水の起源を論ずるに必要な、下流域での地下水中の塩素濃度の経年変化を第7図に示した。

3.2. トリチウム濃度

天然の状態では、トリチウム（ ^3H ）は、宇宙線の二次中性子と大気中の窒素原子との核反応で生成されるか、直接太陽から飛来するものであるため、雨水中の平均濃度は、6T.U.（ $6 \times ^3\text{H}$ ）

／ $10^{18} \times {}^1\text{H}$) 程度であり、半減期 (12.3y) が短いため、移動速度の小さな深層地下水では、その濃度は極端に小さい。1950年代にはじまる水爆実験以来、系は乱され、大気中のトリチウム濃度は、10 - 1,000倍も増加したことがあり、現在の雨水中の濃度は、約50T. U.である。

分析結果から、上流域の高い値は、多摩川系の新しい水が入っていること、下流域および台地を形成する古い地層の水には、現代の水は、ほとんど含まれていないこと、また、上流から下流にかけては、トリチウム濃度が、徐々に低くなっていることがわかる。

今回行った測定は、昭和47年10月行われた分析結果とも一致し、旧河道を通して入ってくる多摩川系の水は、途中でさえぎられて、下流域にはほとんど入っていないことがわかる。また、昭和47年10月から昭和50年3月の間に ${}^3\text{H}$ 濃度の増加がみられた井戸は、一個所もない。

3.3. ${}^{14}\text{C}$ 年代

${}^{14}\text{C}$ は、大気上層で、宇宙線の ${}^{14}\text{N}$ (n, p) ${}^{14}\text{C}$ 反応で生成する半減期5.730yの放射性核種である。理想的な場合として、大気中で ${}^{14}\text{CO}_2$ をとかし込んだ雨水が、地中を滲透する間に、土壌中の有機物のバクテリア分解などで発生する ${}^{14}\text{CO}_2$ を吸収し、深層の滞水層に蓄えられた後は、炭素の同位体比に関して、系が閉じていたと仮定すると、地下水の年代を算定することができる。

${}^{14}\text{C}$ 年代測定の結果、上流ではModern age (基準として用いられている1950年の ${}^{14}\text{C}$ 濃度より高い値) が、下流域では、1万年を越える年代が算定され、中流域では、これらの中間の年代が求められた。

地下水の ${}^{14}\text{C}$ 年代測定は、完全には確立しておらず、さまざまな問題が残されており、一概にこの結果から、一つの結論をくだすことはできない。しかし、経験的には、堆積層中の地下水の年代は、滞水層の深さと相関しており、この地域の滞水層のように60～70m程度の深さで、1万年を越える年代が求められた例はなく、この年代の水は、東京および千葉では、数百米あるいはそれ以下の地下水に相当する²⁾ことを付け加えておく。(ここで測定した年代は、地下水の年代であって、地層の年代とは異なることを注意する。)

中間の領域では、 ${}^{14}\text{C}$ 濃度の高い水との混合によって、中間の年代を示しており、実際より若い年代が得られている。下流域でも、多少はModernの水が含まれていると考えられるので実際の年代はさらに古い。すなわち、より深層からの水である可能性がある。

3.4. $\delta {}^{13}\text{C}$ の測定

3試料についての測定結果を報告する (第1表)。

4. 考 察

多摩川下流域の滞水層は、多摩川の旧河道に沿って存在し、この方向に透水係数が高い。上流から優勢に入ってくる多摩川系の水は、東横線のすぐ東側のあたりの地域で、下流域を満しているトリチウム濃度の低く、年代の古い水と衝突することになる。化学組成の相異から、この古い水は、多摩川流域をはさむ台地からの水、あるいは、海水の直接的または間接的流入によるとは考えられない。地球化学的データから、この古い水は、地下深部から、多摩川系の水とつり合う圧力で湧き上っている可能性が指摘される。

地下水位の回復と地盤の隆起との関係の定量的理論あるいは実験が必要であろう。地盤隆起の原因を考えるに、地下水位の回復と、時間的、空間的にほぼ一致することは明らかであり、深部の水の移動による広範な地盤の膨張の可能性を考えることができる。この深部からの水の流入の原因を地殻変動と全く無関係と言いきることはできない。

参 考 文 献

- 1) 国土地理院, 第28回地震予知連絡会資料 (1975)
- 2) 木越邦彦, 私信 (1975)

第1表 地下水の化学組成, ³H濃度, ¹⁴C年代, 炭素同位体比

Table 1 Chemical composition, ³H concentration, ¹⁴C age and carbon isotopic ratios of ground waters.

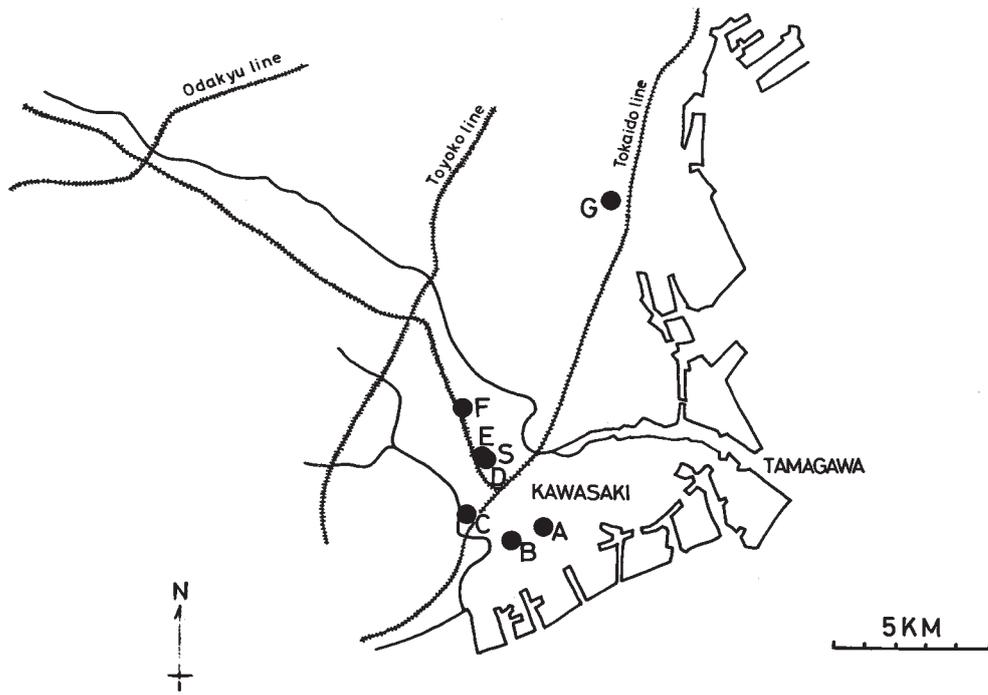
No.	Depth (strainer) (m)	chemical composition (mg/l)					³ H conc.* (T.U.)	¹⁴ C age* (y)	δ ¹⁴ C* (% of modern C)	δ ¹³ C** (‰)
		Cl	COD (KMnO ₄)	total iron	total hardness	alkalinity (BCG)				
A	75.8	740	21	9.6	500	310	1.16±0.10	12080±580	-(22.2±1.6)	-8.9
B	91 (31-48,63-89)	940	41	15	500		0.09±0.13			
C	(28-36,45-55, 78-89)	610	19	9.4	340	470	0.50±0.16	11900±590	-(22.6±1.7)	-1.1
D	90 (66-72)	400	19	22	300	340	1.83±0.18	6240±180	-(46.0±1.1)	-8.0
U	72.5						1.10±0.15			
F	55 (34-44)	95	15	14	200		24.8±0.3			
N	120 (30-115)	36	13	11	120	250	67.8±0.5	3990±670	-(60.9±4.9)	
Q	117 (16-105)	41	30	4.2	104		30.7±0.2			
L	60 (18-56)	26	5.1	3.6	100	90	60.2±0.6	Modern	+(108±6)	
T	37 (15-22)						27.1±0.8			
M	19	19	1.1	0.05	80	80	36.5±0.8	Modern	+(112±8)	
O	120 (36-100)	106	170	5.0	42		8.2±0.2			
H	100 (36-100)	85	230	3.8	120		1.56±0.13			
P	150	43	210	3.6	100		0.28±0.16	25100±2500	-(4.42±1.18)	
R	80	6.4	3.8	0.44	76		1.16±0.15			
G	150 (22-131)	39	10	5.0	130					

☆学習院大学

☆☆岡山大学温泉研究所

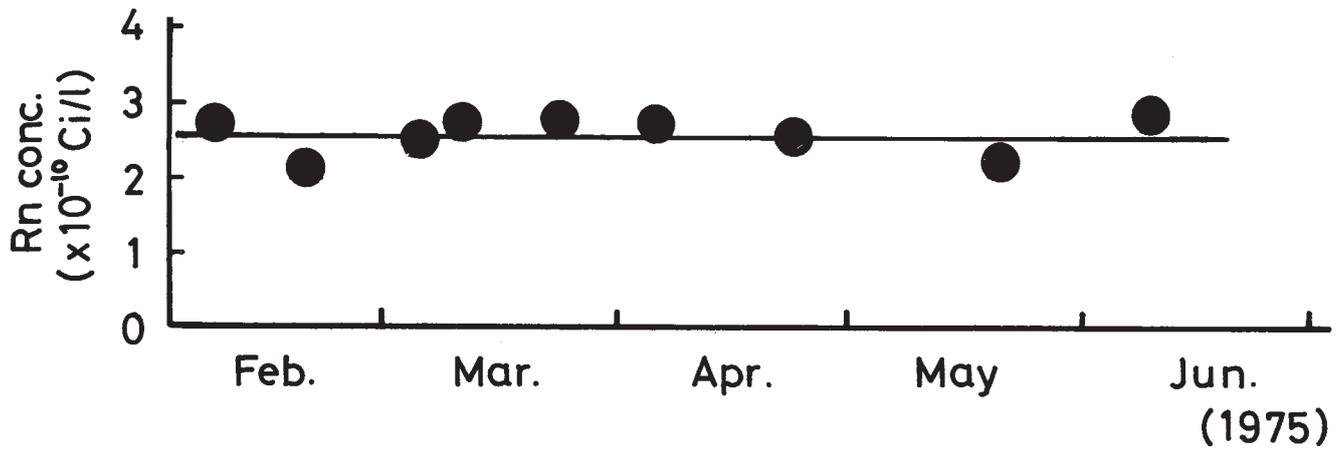
* Gakushuin Univ.

** Institute for Thermal Spring Research, Okayama Univ.



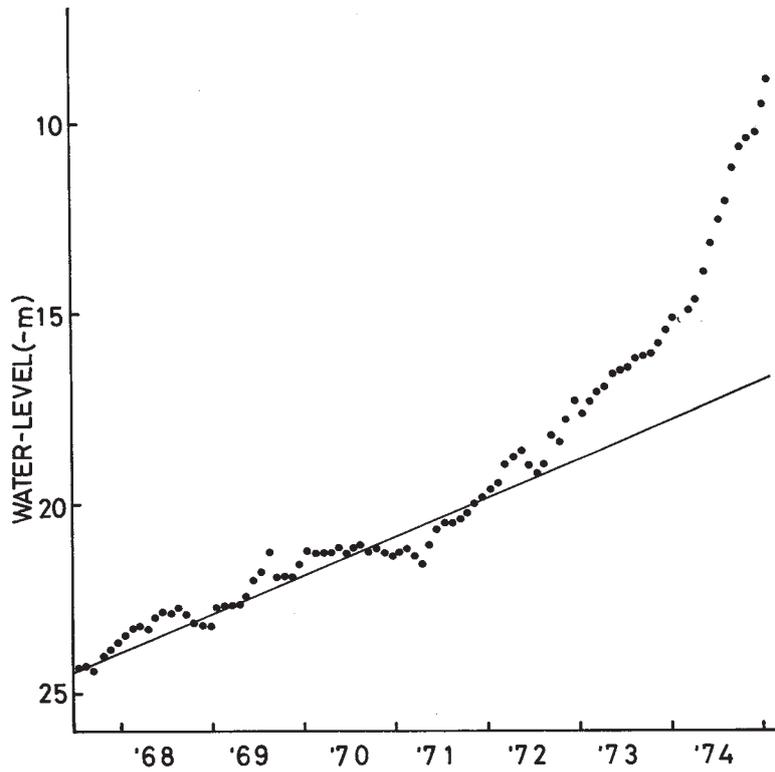
第1図 多摩川下流域とラドン観測点の位置

Fig. 1 Lower Tamagawa area showing Rn measurement stations.



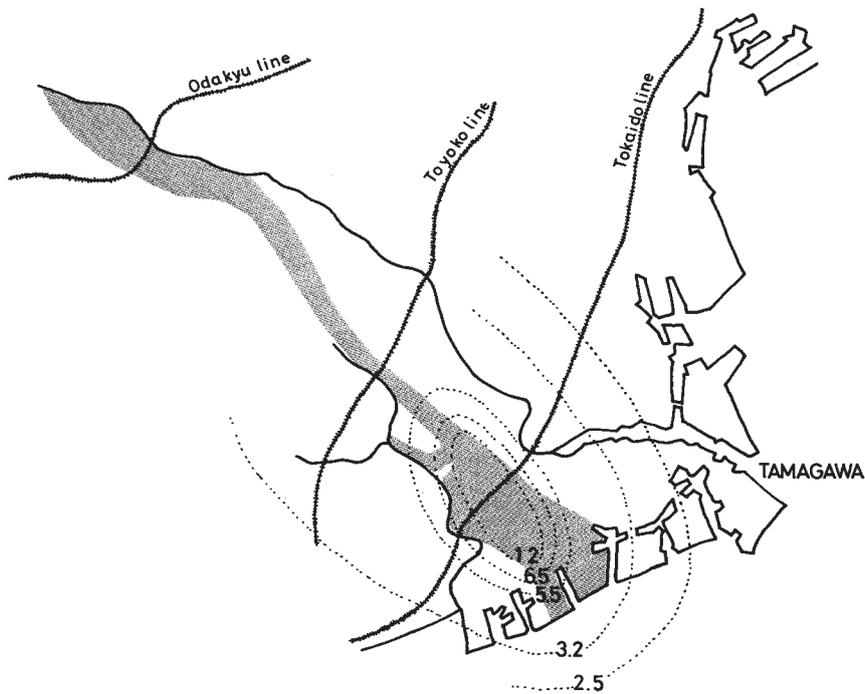
第2図 1975年2月から6月までの、D点における地下水中のラドン濃度の変化

Fig. 2 Temporal variation of Rn concentration in ground water at the station D.



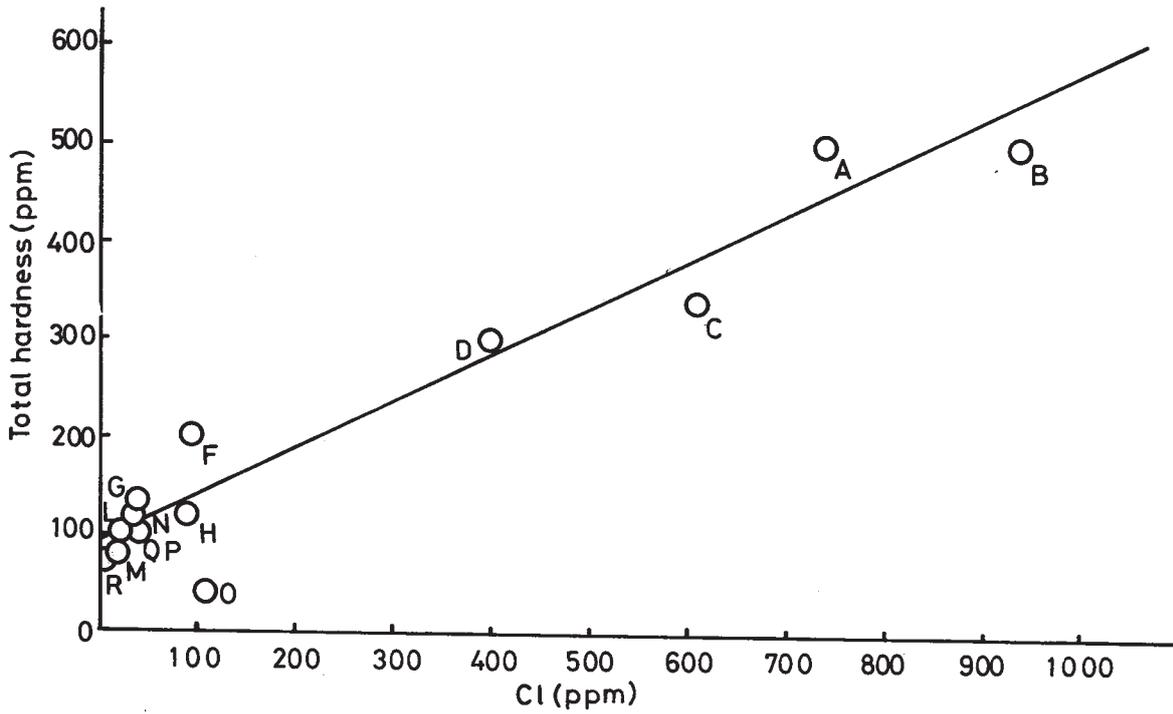
第3図 観測井の水位の経年変化の例（川崎市）

Fig. 3 A representative example of the rise of water-level recorded at an observation well located near station A in Fig. 2 .



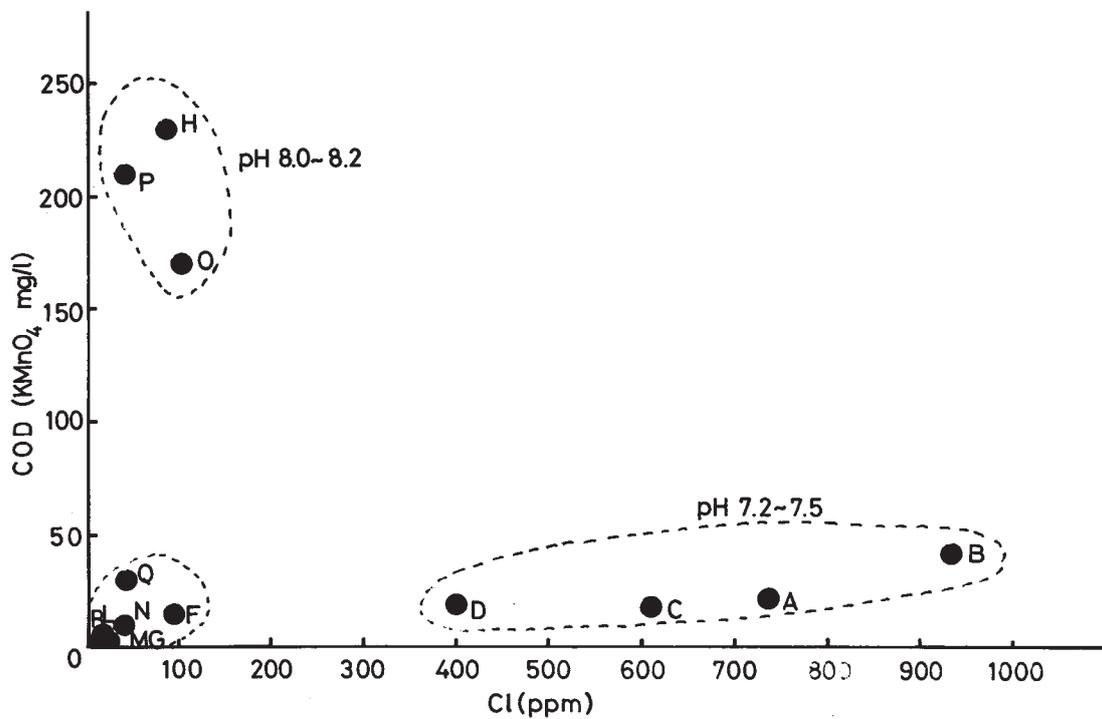
第4図 水位上昇のコンター（m）と多摩川旧河道

Fig. 4 Recent abnormal rise of water-levels shown in contour lines(m). The amount is about 8 m in the case of Fig. 3 . Stippled area shows "artesian zone" (Geol. Surv. Japan).



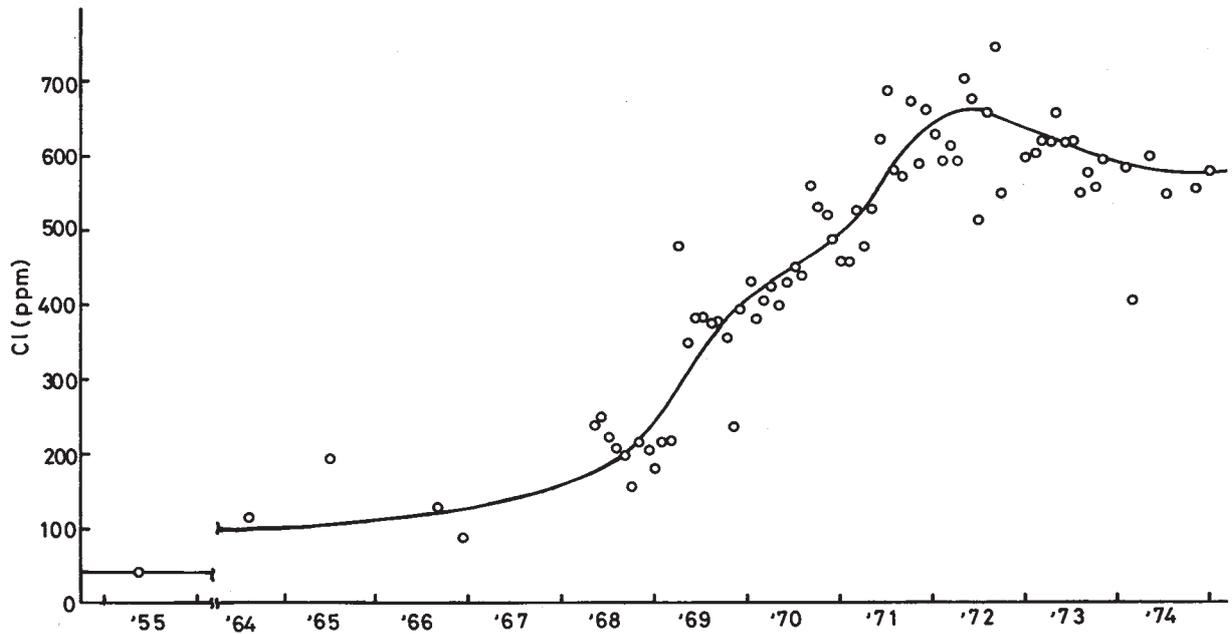
第5図 地下水中の総硬度と塩素濃度の関係

Fig. 5 Diagram showing total hardness vs Cl content of ground waters.



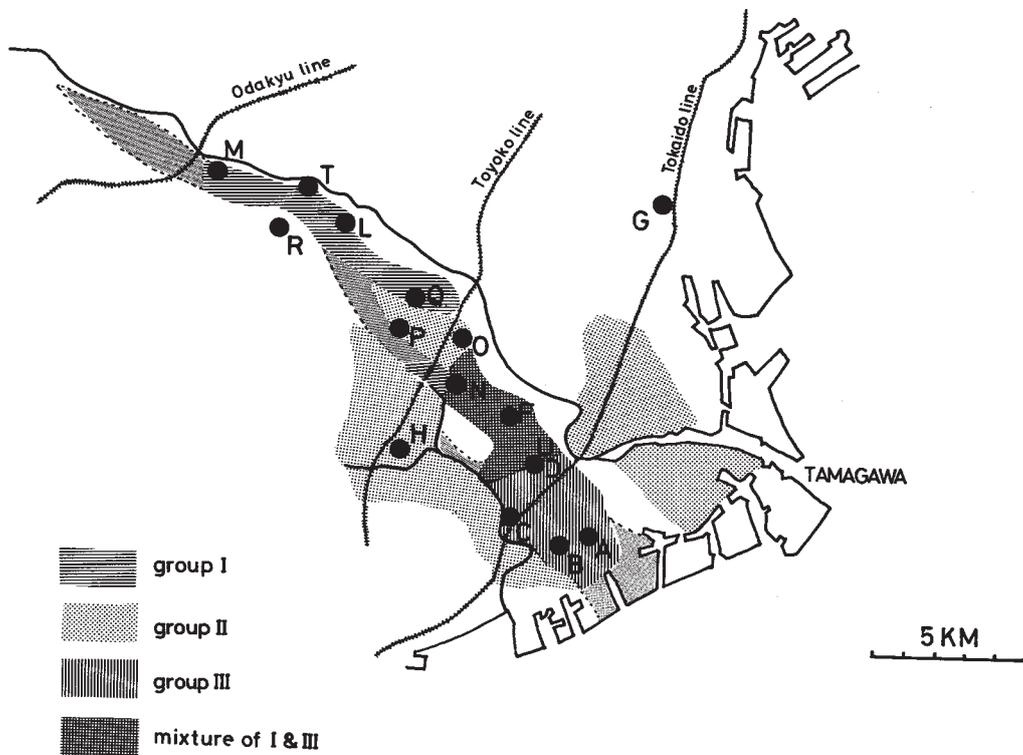
第6図 地下水中のCODと塩素濃度の関係, 三つのグループに分かれる

Fig. 6 Diagram showing the amount of COD(chemical oxygen demand) vs Cl content. Three groups of different character are distinct.



第7図 下流域における地下水中の塩素濃度の経年変化（D点附近）

Fig. 7 Temporal change of Cl content in ground water (observed near station D of Fig. 2)



第8図 地盤隆起域の地下水の分布

Fig. 8 Geographical distribution of the three groups of ground water defined in Fig. 6. They are also distinct in ages.