東大阪地区における被圧地下水の 水質とその水理地質学的解釈

鶴 巻 道 二*

Water-quality Problem in Eastern Osaka and its Hydrological Interpretation

By

Michiji TSURUMAKI

Abstract

This report treats of the groundwater condition in Eastern Osaka basin, especially of the problem of water-quality. Analytical works in the 1965-69 period on the artesian groundwater samples taken from the existing wells and test wells were summarized in several maps and diagrams; a) isogram maps for major constituents, b) profile of chloride content, c) profile of water-quality represented by the shape diagram. The tritium content of 30 water samples was determined. Of these samples, three had less than 0.3 TU, five had less than 3.0 TU.

Four main types of water based on alkalinity and chlorinity are described, with subdivision based on tritium content. The water samples characterized by the high chloride with the range of 100 to 300 ppm are distributed in the northern part of the basin. It is confirmed by the isochlor map and profile that the chloride was derived from the ancient saline water entrapped in the sediments deposited in a marine or brackish environments. The water samples of high alkalinity accompanied with nitrogen and phosphorus are found in the central part of the basin. The chemical and hydrological conditions which produce the water are discussed based on the content of the organic materials in the clayey layer.

As a result of this study three discontinuous lines of water-quality were found. One of them coincides with geological structure called Uemachi elevation, and the others lack the geological evidence. The discontinuation lying east and west provides a reasonable interpretation for the groundwater conditions as well as for the distribution of the amount of land subsidence in this area.

ま え が き

東大阪地区とは、大阪平野において、東西を生駒山地と上町台地によつて、南北を大和川と淀川によつて限られている地域を指す。この地区では、1965年以降著しい地盤沈下の進行が認められ、年間沈下量が

* 大阪市立大学理学部地学教室 Osaka City University

20 cm にも達する地点が出現した。1966 年 5 月に、本地区は工業用水法に基づく指定地域となり、1970 年 9 月をもつて工業用水道への転換が完了したので、沈下量は急速に減少傾向を示し、同年には年間沈下量が 8 cm を上廻る地点はみられなくなった。

本研究は、地下水の水質の水平的・垂直的分布を明らかにすることによって、この地区の地下水の賦存状況を検討することを目的として、1965～69 年の間に実施された調査の結果を、とりまとめたものである。

調査・研究は、大阪府土木部の委託を受けておこなわれたものであり、同部高潮課(現都市河川課)の諸氏の絶大なる理解と協力とに對して、深く感謝する。なお本研究は、水質調査作業を協同で進めた大阪府立大学・長沢幹雄、トリチウム測定を実施された農業土木試験場・落合敏郎の諸氏に負うところが極めて大であり、あつくお礼申しあげる。

I. 地質の概略

大阪周辺の地質は、下記のように要約されている(IKEBE, et al., 1970)。

① 沖積層	
② 上部洪積層	{ 上部層
下部層
最下部層
③ 大阪層群
(鮮新世～最新世)	
④ 下大阪層群(鮮新世)	
⑤ 神戸・二上層群(中新世)	
⑥ 基盤岩類	

①は海拔およそ 5 m 以下の低地に分布し、粘土・シルト・砂からなり、その深度は深いところで約 20 m である。②・③は粘土・シルト層と砂・砂礫層との互層をなし、丘陵部を構成するとともに、大阪平野の地下に広範囲に分布し、被圧地下水の帯水層を含んでいる。④は二、三の探層ボーリングにおいてのみ認められているものであつて、③よりも固結度が高い。⑤は⑥に含めてもよいものである。

簡略にした地質図を、第 1 図に示した。盆地部の地下地質は、大阪府・市が地盤沈下対策の一環として、地質および土質調査を目的とする深層ボーリングを次々と施工した結果、その概略を模式的に示すことができるようになった。第 1 図の下方に、それをあげてある。

地下水の実態、その開発の適正・過剰などを把握するために、地下水域(Groundwater Basin)という概念が重視されている。これまでにみてきた地質の概略によつて、大阪平野は大きくみて一つの地下水域をなすことは明らかである。ところが、この平野のほぼ中央部にあつて南北にのびる上町台地が、平野を東西に分けている。この台地は、段丘とは性格がことなり、千里丘陵につらなる基盤の上昇帯に当たることが明らかになった(池辺, 1965)。したがつて、これを境にして東西の盆地に分け、東大阪地区と北摂地区とを併せて河内盆地と呼ぶことがある。本研究は、東大阪地区を主たる対象とするものであるが、地下水域の概念にてらして、北摂地区を含む河内盆地全域を調査対象としている。この盆地内の地下水賦存状況を、水質によつて細かく区分しようとするのが、本研究の目的である。

II. 調査井戸の状況

この調査は、各種の事業所において稼働中の深井戸を対象とした。調査井戸の分布を、第 2 図に示した。

1. 井戸深度と収水位置

東大阪地区の調査井戸のうち、収水位置が判明しているもの 204 井(全調査井戸の約 80%)について、井戸深度と最上部収水孔の深度との関係を、相関表の型で第 1 表に示した。井戸深度を 150 m で区分してこ

第1図 大阪平野の地質概略図(Ikebe, et al., 1970を簡略にした)と、その模式断面図(藤田, 1966をIkebe, et al., 1970が改訂したもの)。

第2図 調査井戸位置図。地区の略称は下記の通り。

- Well sampled and Number ☒ Test well
 ● Deep drilling for geological investigation A—A' Line of water quality profile
 T : 高槻, I : 茨木, Se : 摂津, NH : 枚方, N : 寝尾川, M : 守口, KD : 門真, D : 大東,
 J : 城東(大阪市), F : 布施, Ka : 河内, Hi : 枚岡(以上3地区は東大阪市), Y : 八尾

第1表 井戸の深度と収水孔最上部の深度との関係を示す相関表

井戸の深度 (m) 最上部 収水孔(m)	20~50	51~100	101~150	151~200	201~250	251~300	301~350	計
① 収水位置 不明の井戸	13	40	21	7	3			84
② ~ 20	3	16	6	1				26
③ 21~ 40	1	28	28	4				61
④ 41~ 60		13	22	12	2			49
⑤ 61~ 80			12	13	3		1	29
⑥ 81~100			3	9	4			16
⑦ 101~120				5	1			6
⑧ 121~140				1	6			7
⑨ 141~160						2		2
⑩ 161~180						2	1	3
⑪ 181~200					2			2
⑫ 200~					1	1	1	3
総 計	17	97	92	52	22	5	3	288
②~④の合計	117 (89%)			19 (27%)				
⑤~⑫の合計	15 (11%)			53 (73%)				

の表をみると、この深度までの井戸は、132井中117井(89%)が60m以浅に収水孔を有し、151m以上の深度の井戸は、72井中53井(73%)が61m以深から収水していることがわかる。

地質調査ボーリング資料から、本地区内のあるものを選び出し、第3図にそれらの地層柱状図をあげた。この図によると、上部洪積層と大阪層群との境界部の深度は、およそ60~80mとなつてゐる。これを上の収水孔位置についての傾向と併せ考えると、深度150mまでの井戸は主として上部洪積層から収水し、151m以上の井戸は主として大阪層群から収水しているとみなすことができる。そこで、前者に当るものを「浅い井戸」、後者に当るものを「深い井戸」と呼んで区別することにした。

2. 深井戸増設の傾向

第4図は、1965・66年に調査した東大阪地区の深井戸のうち、上水道水源井を除外した210井について、建設年次ごとに累積曲線として表わしたものである。年次不明のものが約30井あり、それらは古い年代に集中する可能性が大きいと考えなければならないが、その点を考慮してもなお、1960年以降に深井戸の増設が急激に進行したことがわかる。この傾向は、わが国の経済発展の傾向と呼応するものであろうが、1959~63年にわたる大阪市域での工業用水くみ上げ規制と関係するものではないかと考えさせられる。東大阪地区において、創設年次による工場数の割合の分布図と、農地法第5条による工場進出分布図とを照合し、1960年以降の工場進出率70~90%のところには、大阪市隣接区からの進出が多いことを指摘している報告がある(小口ら、1972)。

III. 水質調査の方法

水質分析は、主として国土調査法にあげられた水質調査作業規定準則(半谷、1960)にもとづいて実施した。採水現地において、水温・電導度・pH・RpHを測定し、2価鉄の比色分析(オルソフェナンスロリン法)における発色操作をおこなつた。採水当日乃至は翌日中に、4.3アルカリ度・NO₃-N・NO₂-N・NH₄-N・PO₄-P および KMnO₄ 消費量の分析を完了し、ついで Cl・SO₄・SiO₂・Na・K・Ca・Mg・全鉄・

第3図 深層地質ボーリング資料とコアサンプルの浸出試験結果

* 稲井ら, (1966)による。 ** 松下(1960, 1967)による。

第4図 深井戸の増設傾向と、D16~19井における静水位の低下状況

マンガン等の分析をおこなった。分析結果は、陰・陽イオンごとに epm 値の合計を求め、それらを比較する方法、ならびにそれらを電導度と比較する方法(鶴巻, 1969)によつてチェックした。

以上の他に、少数例ではあるが、溶存酸素(ウインクラーの改良法による)・ABS(Abbott 法による)および $N_2 \cdot CH_4$ 等(ガスクロマトグラフィーによる)の分析を試みた。

IV. 水質の水平分布

深い井戸は、第1表からわかるように、収水位置が浅層から深層にまたがっているものが多く、かつ資料数が少い。そこで、深い井戸に関する水質分布図を作るとは困難であると考え、浅い井戸の水質資料によつて、主要10項目に関する分布図を作成した。第5図のA・B・Cに、代表的な5成分の分布図をあげた。これらは、II-1によつて、上部洪積層の地下水に関する水質分布図であるといえよう。

第5図 東大阪地区の浅い井戸に関する水質分布図(A, B)と地盤沈下等量線図(C)

1. 塩素イオンの分布

河内盆地の中央部から北部にかけて、最大幅約5kmで細長くのびる型で、Cl高濃度帯が存在する。この地帯における地下水のCl含有量の最大値は1000ppmに達するが、100~300ppmの範囲にあるものが多い。西大阪地区では、水平方向にも垂直方向にも、典型的な海水侵入によるCl分布がみられたが(岩津ら, 1961)、本地区にみられる高Cl地下水の分布は、下記の理由により、塩水侵入によるものではないと判断した。

(a)高Cl地下水帯は、西大阪地区のそれと連続せず、独立して存在する。

(b)特定の帯水層について、地下水中のCl含有量が経年的に増大する現象を見出してない。

(c)西大阪臨海部においては、深度150mの帯水層に塩水化が認められていないにもかかわらず、本地区中央部では150m附近の帯水層に高Cl地下水を産する(垂直分布の項参照)。

河内盆地においては、上町台地を形成した基盤の上昇運動により、海成層に保存された塩水の淡水化が、部分的に進行した状態で停止し、局部的に塩分濃度の高い地下水が保存されたのであろう。天然ガス

の賦存状況の調査によつて、大阪ガス田は、ほとんど陸水によつて破壊された産ガス地である、とする見解がすでに発表されている(兼子, 1956)。

このようにして、本地区の高 Cl 地下水は、化石水的地下水であるといえるので、その分布は地下地質を解釈する上で、極めて有力な手がかりとなるであろう。この点については、水質の垂直分布の項で、さらに詳しくふれる。

寝屋川地区の浅い井戸数井(N地区の5~8および9~11……第2図参照)について、Cl含有量の経年変化を調べた。

調査期間中に廃井となつたものもあり、充分な資料がえられなかつたが、その結果によるとCl量の減少傾向をみることができる。集中的な揚水によつて、高Cl地下水の枯渇をきたし、淡水の補給が進行しているものとみなすことができる。

2. アルカリ度の分布

盆地のほぼ中央部に、アルカリ度4~6epmの地下水を産する地帯がある。pHが7.4をこえない本地区の試水にあつては、アルカリ度はほぼHCO₃の含有量に相当するものと考えてよい。一般の地下水について、NaおよびNH₄が重炭酸塩として溶出し濃度を増大する現象は、極めて普通に認められている(杉崎・柴田, 1961)。CEDERSTROM(1946)は、遊離炭酸の溶解作用によるHCO₃の生成が、最大250ppmに止まるとのべ、またFOSTER(1950)は、CaCO₃の豊富な地帯におけるCa(HCO₃)₂としての溶出は、450ppm以上になることはめつたにないとのべている。これらの値をアルカリ度に換算すると、それぞれ4.1および5.5epmに当る。このような値が、土壤空気中のCO₂濃度の増大(酸化的環境における)に伴うHCO₃含有量の上限に当ると考えられる。

還元的環境におけるHCO₃の生成機構としては、バクテリアによるメタン醗酵を先ずあげることができる。炭水化物では、

脂肪酸では、

によつてCO₂を生じ、それがHCO₃となる。もう一つは硫酸還元であり、SO₄の多い地下水にあつては、

によつてHCO₃を生ずる。H₂SはFeS₂として地層中に固定されることが多い。(1)・(2)・(3)式はBERNER(1971)より引用した。上の(1)・(2)によるHCO₃の生成について、第2表にあげた水質ならびにガス分析の結果が参考になる。CH₄含有量は、高Cl地下水と関係せず、またトリチウム濃度にも無関係であり、アルカリ度に最も関係が深い。

このような機構によるHCO₃の生成を採用するためには、分解され易い形態をもつ有機物の供給が必要ならぬ。市原(1967)および市原ら(1968)は、大阪沖積層ならびに大阪層群の泥質堆積物中のアミノ酸含有量を分析し、それぞれ0.1~0.2%および0.05~0.002%であること、大阪層群に関してはMa10層準からMa1層準にかけて、指数函数的に含有量を減じていることを明らかにしている。地下水学の領域では、漏水・絞り出しの現象による垂直涵養量が、全涵養量中数10%を占めることが指摘されている(柴崎, 1970)。HCO₃含有量の大きい地下水は、生成年代の若い地層によつて被圧されている帯水層が、大きな水位低下を生じているという条件下で、有機物の多い間隙水が地下水中に供給されることによつて、生成したものと考える。第4図のCは、地盤沈下量の分布を示している。年間沈下量が8cm以上を示す地帯は、アルカリ度6epmの地帯とおよそ一致している。前述のようなアルカリ度の生成機構を採用するとき、この一致が了解されるであろう。

第2表 試験井戸の調査結果

井 戸 名 称	鴻 池 (K)			庭 窪 (N)		
	50m井	100m井	200m井	50m井	100m井	200m井
収 水 深 度 <i>m</i>	45~50	92~97	175~193	31.5~45	59~101	208~238
採 水 年 月 日	42.12.22	43. 1.24	42.12. 7	43.12. 7	43. 3.15	43. 3.20
揚 水 量 <i>m</i> ³ /日	450	200	900	500	600	500
静 水 位 <i>m</i>	33.37	41.72	42.70	30.46	32.07	27.06
動 水 位 <i>m</i>	40.53	48.31	45.05	34.40	35.02	30.06
比 湧 水 量 <i>m</i> ³ /日/ <i>m</i>	100	27.5	330	230	220	140
透 水 量 係 数 <i>m</i> ² /sec	6×10^{-4}	3.6×10^{-4}	1.1×10^{-2}	3.0×10^{-3}	7×10^{-3}	5.5×10^{-3}
水 温 °C	18.3	19.9	23.3	16.5	17.4	21.0
pH	6.8	7.4	6.8	7.4	7.4	7.4
RpH	7.2	7.6	7.2	7.8	7.6	7.7
4.3 アルカリ度 <i>epm</i>	6.229	4.813	4.123	2.684	2.521	2.480
8.3 酸 度 "	2.19	0.83	1.56	0.67	0.78	0.45
Cl ⁻ "	1.152	0.162	5.98	4.66	5.21	0.093
SO ₄ ²⁻ "	0.028	0.076	0.025	0.051	0.049	0.024
PO ₄ ³⁻ "	0.188	0.231	0.155	0.001	0.045	0.030
陰イオン合計 "	7.60	5.28	10.28	7.40	7.83	2.63
NH ₄ ⁺ "	0.71	0.78	0.885	0.185	0.370	0.185
Na ⁺ "	2.00	1.22	2.48	4.04	4.00	0.747
K ⁺ "	0.510	0.540	0.512	0.286	0.504	0.23
Ca ²⁺ "	2.064	1.237	3.353	1.222	1.243	0.738
Mg ²⁺ "	2.142	1.420	2.775	1.472	1.567	0.600
Fe ²⁺ "	0.208	0.043	0.111	0.220	0.148	0.035
Mn ²⁺ "	0.035	0.00	0.036	0.025	0.027	0.003
陽イオン合計 "	7.67	5.24	10.16	7.43	7.85	2.57
ケ イ 酸 <i>ppm</i>	49.8	45	62.5	33.5	56.7	55
Total Fe "	5.85	1.25	3.17			0.95
蒸 発 残 留 物 "	407	274	655	470	533	173
KMnO ₄ cons. "	13.57	8.50	11.37	5.60	4.12	3.35
ABS "	0.04	0	0			
溶 存 ガ ス <i>ml/l</i>	43.5	29.5	35.8	19.3	24.2	13.7
同 上 中 CH ₄ %	94	72	69	22	40	5
トリチウム T.U.	12.7	3.9	1.9	7.3	2.7	1.2

3. アンモニア・リンの分布

NH₄-N および PO₄-P は、アルカリ度と同様に、盆地周辺部から中心部に向つて濃度を漸増する分布形態を示している。東部において濃度勾配が大きいことも、これら成分に共通してみられる。図には示していないが、KMnO₄ 消費量も、ほぼこれらと一致する分布を示している。N・PはHCO₃と同じく、有機物の分解によつて地下水中に供給される成分であり、上と同じ供給機構を考えることができる。地盤沈下量最大の地区は、N・Pに関する高濃度帯とよく一致している。

Fe・Mnの分布については、長沢(1970)がくわしく論じている。Ca+Mg およびK等の陽イオン組成の地域性については、TSURUMAKI(1972)がとりあげている。

V. 水質の垂直分布

いわゆる深井戸には、多層収水するものが多く、井戸深が大きくなるにつれて収水帯水層が多くなる傾向がみられる(第1表参照)。このような深井戸によつて得られた資料は、どの深度の帯水層に関するものであるかという点について、厳密性を欠くことが多く、地下水研究の最大の障害となつている。近年、多層収水する深井戸について、各帯水層ごとに湧水量を求めたり(吉武・戸次, 1966。落合, 1967), また帯水層ごとに試水を採取したり(武内ら, 1969)する方法が開発されている。このような調査手段の拡大ならびに単層収水井の増設によつて、上記の難点は次第に克服されてゆくであろうが、なるべく多くの測点を得たいという要求からすれば、既設井の資料の集積とその適切な解釈とが、どうしても必要になる。本研究では、先ず Cl の垂直分布をとりあげ、ついで水質組成について検討する方針をとつた。Cl を先ずとりあげた理由は、次の通りである。

(a)地球化学的にみて Cl は、置換反応・酸化還元反応に関与しないし、また沈澱を生ずることもなく、もつとも安定なイオンである。

(b)地質学的にみて、化石塩水に起源をもつとみなされる Cl の分布は、地下地質の解明に有力な手がかりを与える。

(c)利用の立場からみると、Cl 含有量の多い地下水は難点が多いので、その分析値は他の成分に比べて豊富に見出し得る。

1. 塩素イオンの垂直分布

試水の Cl を分析することは、比較的容易な作業であるが、既設井によつて得られた値が、いずれの帯水層の地下水の Cl 量を代表しているかを定めることは、必ずしも容易ではない。この点を明らかにするために、下記の予備的調査をおこなつた(鶴巻, 1967)。

(a)井戸深と水温、水温と Cl との関係の検討。

(b)電気検層による高塩分帯水層の位置の推定。

(c)砂質コアサンプルの浸出試験。第2図にその結果を図示してある。

(d)水質の経時変化の検討。

(e)試験井戸の施工とその調査。単層収水井又はそれに近いものとして、第2図の庭窪に深度 50・100・250 m の井戸を、鴻池に 50・100・200 m の井戸を設けた。調査結果は、第2表に要約されている。

これらの調査結果に既設井の資料を組み入れ、東大阪地区の北半部に関する Cl 断面図を作成したのが第6図である。この図の3つの測線の位置は、第2図の B・C・D に当る。

(1) B 測線

ほぼ淀川南岸の国道1号線に沿っている。この測線では、北東部を除いては、100 m 以浅の帯水層に、Cl が 100 ppm 以上の地下水が分布している。この深度は、第3図からわかるように、上部洪積層の分布している深度に相当している。

(2) C 測線

ほぼ京阪電鉄線に沿っている。東西に低 Cl 地下水が分布し、中央部では B 測線よりやや深度を増して、高 Cl 地下水が分布している。

(3) D 測線

ほぼ国鉄片町線に沿っている。この測線には、深層ボーリング(OD-6 地点)のコアサンプル浸出試験結果と、鴻池試験井の水質調査結果とを含んでいるので、断面図としては精度の高いものである。高 Cl 地下水は、C 測線よりさらに深度をまし、また東方へ深度をまして存在しており、その上・下部層に低 Cl 地下水の存在を確認している。

(4) D 測線以南の地区

第6図 東大阪北部地区の地下水に関する塩素イオン含有量断面図

第5図Aにみられるように、浅い井戸に関する高Cl地下水帯は存在しない。深い井戸についても、Clが25 ppm以上のものは見出されていない。このことは、この地区の深層ボーリング(OD-3)コアサンプルに、Clの多い試料が全く見出されなかったことと一致している。

2. 塩素イオン断面図による地下地質の推定

B・C測線の東部と、C・D測線の西部とに、Cl量からみた水質の不連続を設けた。上町台地に近い地区では、地下水の水温から推定される地温勾配が著しく高くなっていることも見出されたので、西部の水

質不連続は地質の項でのべた上町上昇帯に関連するものであると考えた。東部の水質不連続は、資料が不十分であるので、論議し難い。盆地中央部を南北方向にみると、高 Cl 地下水は D 測線附近まで分布するが、それ以南の地区では浅層・深層ともに、それが全く存在しない。この水質の不連続によって、河内盆地の中央部を東西もしくは北東—南西に走る構造線の存在が推定される。このような構造線を、地質資料の整理によって推定している報告もある (IKEBE, et al., 1970)。この推定構造線の北部地区では、地盤沈下等量線が密に分布し、南部地区では疎になっている。すなわち、沈下量の勾配が、この線の南北で変化しているようにみられる。

3. 水質組成の分布

これまでのべてきた水質資料の解釈は、特定成分の濃度の空間的分布にもとづくものであつた。水質の解釈には、もう一方、個々の試料の組成を比較する方法をとりあげなければならない。そこで次に、Cl 断面図を基本とし、盆地全域にわたる組成のプロファイルを作成すると、そのあらましは次のようにまとめられる。

(1) 北摂地区の地下水の水質組成

千里・北摂丘陵の南縁に分布する井戸の代表的な水質組成が、A 測線に示されている。これら丘陵地帯は、地文学的にみて、河内盆地への地下水涵養地帯をなしているとみなされている。水質組成は、

- (a) 溶存成分が少い、
- (b) アルカリ度が低く、 SO_4 が多い、
- (c) 2価カチオンがアルカリイオンに比べて多い、

という特徴を示している。このような水質は、その地下水が涵養地帯に近い位置に存在するときに、一般にみられるものである。E・F 測線の東部に、これに近い組成のものが存在する。

(2) 高塩化物地下水の水質組成

B 測線にみられる浅い帯水層の高 Cl 地下水は、NaCl 型の組成を示しているが、D 測線にみられる深い帯水層の高 Cl 地下水は、4～6 epm のアルカリ度と硬度を伴っている。Shape diagram には表現されていないが、深層の高 Cl 地下水は NH_4 の含有量が多く、かつ K/Na が高いという特徴をもっている。

(3) 水質の経時変化が著しい地下水

D 測線の D-16・18・20 の 3 井は、水質の経時変化が極めて著しいので、代表的な 2 回の分析値からはじめて組成図をつくり、さらにこれら 3 井にその周辺の数井を追加し、各井の数回の水質分析結果を、鴻池試験井 3 井の資料と併せて、Trilinear diagram を作図しうる。井戸の深度が 300 m をこえ、170 m 以深から収水している D-20・22 井は、Diagram B にみられるように、 HCO_3 型の領域に入る。その他の D 地区の深い井戸の水質は、広範囲に分布するがほぼ一直線上に並び、陽イオン三角座標図においては狭い領域に集中する。これによつて、この地区の深度約 200 m までの帯水層には、三つの試験井で代表されるように、Cl と HCO_3 との含有量比に大幅な相違があるが、陽イオン組成に関してはほぼ等しい地下水が分布していることがわかる。D-16～19 井は、排砂による井戸の部分的な埋没によつて、低 Cl 含有量の地下水を揚水するようになり、同時に水温も少しく低下する。これらは浚渫をおこなうことによつて、Cl 含有量・水温ともにもとの状態に復する。

(4) 深層の地下水の水質組成

250 m 以深から主として収水しているものは、A 測線のものを除いては、浅層の地下水に比べてアルカリ度が減じ、 NaHCO_3 型に近い組成を示している。深層の地下水は、一般に地下滞留時間が長くイオン交換の進行が著しいため、或はまた、深層の地層ほど続成作用が進行し化学的性状が均一化するため、このように近似した組成を示すようになるのであろう。B 測線の N-39 井および 250 m 試験井は、それぞれ 182 m・208 m 以下から収水している。これらは大阪層群下部層に属する帯水層から収水しているものであつて、溶存成分が極めて少い地下水を揚水しているということになる。

VI. トリチウム濃度の測定

トリチウムによる地下水の年代推定は、滲透水のもとの濃度についての不確定性、井戸による採水につきまとう収水位置についてのあいまいさ、などの理由によつて、およその値を推定し得るにすぎないものである。しかしながらこの方法は、地下水の新旧を判断する全く独立した手段であり、地下水の涵養速度・賦存状況の究明に大いに貢献している。わが国においては、落合(1968)が、関東平野の水文地質学的研究にこれを採用し、多大の成果をあげている。本研究は、水質分布の検討に主体をおいたものであるが、これにトリチウムの濃度測定を併用することができれば、水質の解釈をより厳密なものにすることができようと考えていた。幸いにも、農業土木試験場・落合敏郎博士らの協力により、1967~69年の間に、約30試料の測定を実施することができた。

1. 測定対象井戸の選定

単層収水井である試験井戸の試水は、トリチウム濃度の測定対象として、先ずとりあげるべきものである。1967年1月から1968年3月にかけて鴻池の試験井、1968年3月に庭窪の3試験井について、採水・測定を行なつた。同時に実施した各種試験の結果と併せて、それらのTUを第2表にあげてある。試験井は何れも、地盤沈下ならびに水位観測井として転用されたので、トリチウム濃度の継続測定が不可能となつたのが惜しまれるが、本地区の各深度の地下水の代表的な値をえたという点で、重要な資料を提供した。

既設井については、次のような観点から測定対象を選んだ。

(a)地下水涵養地帯に近いと考えられる茨木地区(第2図I地区)から、井戸深度の浅いI-25井と深いI-30井とを選んだ。

(b)高Cl地下水を産する7井をとりあげた。寝屋川(N)地区の西部に集中して存在するN-6・7・8井、大東(D)地区のD-16・18・20井、および位置的にも深度の点でもそれらの中間にあるKD-22井を選んだ。

(c)大阪層群下部層から収水しているN-39井を選び、3回の測定をおこなつた。

測定対象井戸は、揚水試験を実施しt-s曲線を描くことによつて、被覆層を通じての漏水の有無を検討する方法(たとえば、村下, 1962)を採用し、トリチウム測定値の信頼性を考察できるようにした。KD-22井は、Cl含有量が700~1000 ppmで本地区の高地下水中最高Cl値を示すものであるが、30~45 ppmのSO₄を伴うことから被圧地下水そのものであるか否かについて、疑問がもたれるものであつた。この井戸のt-s曲線は、標準曲線からのずれが著しく、1・7・7.4・16.8と求められた3回のTU値についても、高い値は疑問があると判断した。この場合の垂直漏水は、掘さく孔と井戸側管との間隙に対する砂利充填が、地表面附近にまで達する不適当なものであつたことに、原因していると考えられた。環状間隙を通じての垂直方向の地下水の流量が、無視できないほど大きくなり得ることは、JOHNSON(1966)によつて指摘されている。

2. 測定結果

16井、22試料のトリチウム濃度測定結果を、各井の収水位置・Cl含有量などと併せ図示したのが、第7図である。

(1)涵養速度の大きな相違を示すTU値

千里丘陵に近いI-25井の試水は、58 TUという高い値を示した。その水質は、V-3・(1)でのべた特徴を示し、TU値とともに、涵養地帯に近い位置で揚水されていることを物語っている。同地区にあつて、およそ200 m以深から収水しているI-30井の試水は、低いTU値を示している。

淀川左岸に近い位置にあつて、大阪層群下部層から収水しているN-39井および庭窪250 m試験井の試水は、それぞれ0~0.3および1.2 TUを示した。これらの水質の特徴は、V-3・(4)でのべた。これら

第7図 トリチウム濃度の垂直変化(1967~69年測定)

は、涵養速度が極めて小さい地下水に当る。

(2) 高塩化物地下水の TU 値

高 Cl 地下水のトリチウム濃度として、最も信頼できるのは、庭窪 100 m 井と鴻池 200 m 井の TU 値であり、それぞれ 2.7 および 1.9 をえている。既設井では、一般にこれより高い値が得られている。それは、次項でべるように、上位の帯水層の地下水を併せ揚水するからである。単層収水井について、Cl・トリチウムの経年変化を観測し、高 Cl 地下水の淡水化の過程を明らかにしたいと考えたが、前記の理由によつて実施できなかった。

(3) TU 値の垂直変化

東大阪の北部地区と中央部地区とにおいて、TU 値の垂直変化をみることができた。特に興味あるのは、後者の場合である。第7図で明らかにしたように、D 測線では深度 150~200 m の帯水層に高 Cl 地下水を産し、その上・下部層では低 Cl 地下水が分布している。D-16・18・20 井は、これら水質のことなる帯水層の地下水を併せ収水しているために、それぞれ別個な組成の変化を示す。D-16 井は、高 Cl 地下水とその上位の低 Cl 地下水を収水するものであり、Cl の低下は TU の上昇を伴っている。D-18 井は、三つの性質のことなる帯水層に開孔しているため、TU 値の意味づけはむづかしい。D-20 井は、高 Cl 地下水とその下位の低 Cl 地下水を収水するものであるが、D-16 井と同様に、Cl の低下は TU の上昇を伴っている。この現象は、下位の低 Cl 地下水がその上位の高 Cl 地下水よりも、涵養速度が大きいことによつて生じたものと考えざるをえない。V-2 でのべた水質の不連続と、TU 値から推測されたこの涵養機構とを、同時にもたらす性質の水文地質構造として、酒井(1965)の著書にあげられている偽地下水堰の一つが、これにあてはまるように考えられる。

ま と め

東大阪地区の被圧地下水について、水質分布・水質組成の検討、ならびにトリチウム濃度の測定をおこない、水理地質学的解釈を試みた。その結果を要約すると、次の通りである。

(1) 深度 150 m までの井戸によつて揚水されている地下水は、主として上部洪積層に属する帯水層から収水されているとみなされる。これらは、アルカリ度(Alk. と略記する)と Cl 含有量とによつて、次のように水質区分をすることができる。

- I 低 Alk. 低 Cl 地下水
- II 低 Alk. 高 Cl 地下水
- III 高 Alk. 高 Cl 地下水
- IV 高 Alk. 低 Cl 地下水

I は周辺の丘陵部より活潑に涵養されている地下水であり、これが II 以下の地下水を補給している。IV は盆地中央部に分布する。III は II と IV の漸移帯として生じたものである。

(2) 深度 150~350 m の井戸によつて揚水されている地下水は、主として大阪層群に属する帯水層から収水しているとみなされる。これらは、水質とトリチウム濃度とによつて、次のように区分された。

- V 停帯性淡水性地下水
- VI 停帯性塩水性地下水
- VII 涵養速度が V・VI に比べて大きい深層の地下水

V は I に、VII は IV に類似するが、カチオン組成には明瞭な相違がみとめられる。VII は中央部の 250 m 以深に分布し、大阪層群の Ma 5 層準以下の地層から収水するものと考えられる。V は Ma 3 の層準以下(大阪層群下部層)から収水するものである。VI と III とは、組成の点でも賦存深度の点でも漸移的である。

(3) Cl 含有量の水平的・垂直的分布によつて、本地区に三つの水質不連続を認めた。西部にあつて南北に走るものは、上町上昇帯に関係するものである。中央部にあつて東西乃至は北東—南西に走るものは、地盤沈下量の分布をも大きく支配している。

(4) 中央部浅層に分布している高アルカリ度地下水は、 $\text{NA}_4\text{-N} \cdot \text{PO}_4\text{-P}$ の含有量もまた多い。このような地下水は、上部洪積層に属する海成粘土層によつて被圧され、それからの有機物の供給が多いことによつて、生じたものと考えた。

(5) III・IV・VI のタイプに属する地下水の過剰な揚水が、本地区中央部で発生した著しい地盤沈下の、最大の原因であるといえよう。

文 献

- BERNEA, R. (1970) : Principles of chemical sedimentology, McGraw-Hill Book Co., New York.
- CEDERSTROM, D. J. (1946) : Genesis of ground waters in the coastal plain of Virginia. *Econ. Geol.*, **41**, p. 218-238.
- FOSTER, M. D. (1950) : The origin of high sodium bicarbonate waters in the Atlantic and Gulf Coastal Plains. *Geochim. et Cosmochim. Acta.* **1**, p. 33-48.
- 半谷高久(1960) : 水質調査法, 丸善.
- 藤田和夫(1960) : 大阪湾の地質構造的意義, 松下進教授記念論文集, p. 133-141.
- 池辺展生, 他(1965) : 深層試錐の結果からみた大阪市の基盤地質, 日本地質学会関西支部報, No. 57, p. 4-6.
- IKEBE, N., TAKENAKA, J. and IWATSU, J. (1970) : Quarternary geology of Osaka with special reference to land subsidence. *Jour. Geosci., Osaka City Univ.*, **13**, p. 39-95.
- 市原優子(1967) : 沖積層に含まれているアミノ酸, 地質学雑誌, **73**, p. 247-254.
- 市原優子・市原 実(1968) : 大阪層群の泥質堆積物に含まれているアミノ酸, 地質学雑誌, **74**, p.

- 233-238.
- 岩津 潤・鶴巻道二・市原優子(1960)：大阪市西部の地下水の水質とそれに関連する諸問題，日本地下水学会会誌，No. 2, p. 23-36.
- 稲井信雄・石田志郎(1966)：大阪府北摂地区観測井コアの地質学的考察，地質調査所月報，17, p. 169-175.
- JOHNSON, E. D. (1966)：Ground Water and Wells, p. 201, Edward E. JOHNSON, Inc. Minnesota.
- 兼子 勝(1956)：本邦天然ガス鉱床の地質学的研究，地質調査所報告，No. 169.
- 松下 進(1965・1967)：大阪府委託研究報告書.
- 村下敏夫(1962)：地下水学要論，p. 80-82，昭晃堂.
- 長沢幹雄(1970)：東大阪の被圧地下水の鉄とマンガン，水処理技術，11, No. 9, p. 11-17.
- 落合敏郎(1967)：アイソトープによる深井戸の帯水層湧出試験，日本地下水学会会誌，No. 12, p. 9-15.
- 落合敏郎(1968)：関東平野における地下水の年代測定とその水文地質学的研究，日本地下水学会会誌，No. 14, p. 11-23.
- 小口悦子・米村典子・藤田明子(1972)：東大阪の工業に関する一考察，地理学会にて発表.
- 酒井軍治郎(1965)：地下水学，p. 156，朝倉書店.
- 柴崎達夫(1970)：広域地下水開発とその管理，現代日本の地下水研究，p 25-p 39，酒井軍治郎教授退官記念事業会.
- 杉崎隆一・柴田 賢(1961)：地下水の地球化学的研究，地質学雑誌，67, p. 427-439.
- 武内 猛・伊東 猛(1969)：多層採水井における各層水質探査についての一つの試験報告，工業用水，No. 107, p. 64-71.
- 鶴巻道二(1967)：東大阪の地下水の水質，その2，塩素イオンの分布，日本地下水学会会誌，No. 13, p. 11-23.
- 鶴巻道二(1969)：電導度と天然水の溶存成分濃度との関係，水処理技術，10, No. 11, p. 19-27.
- 鶴巻道二(1970)：被圧地下水の水質分布からみた地下水系，現代日本の地下水研究，p. 161-174，酒井軍次郎教授退官記念事業会.
- TSURUMAKI, M. (1970)：Quality of groundwater in Eastern Osaka, Japan, and its hydrological interetion. *Jour. Geosci. Osaka City Univ.*, 13, p. 149-178.
- TSURUMAKI, M. (1972)：Water-quality and tritium content of grounewater in Eastern Osaka, Japan. *Jour. Geosci., Osaka City Univ.*, 15.
- 吉武長栄・戸次文夫(1966)：坑井用特殊堅型微流速計による帯水層試験について，日本地下水学会会誌，No. 11, p. 6-8.