

利根川中流域および江戸川流域工業用水源地域調査報告
—— 関東東部地域調査 第2報 ——

木野 義人* 高橋 稔* 安藤 武*

Ground Water Resources for Fabric Industry along the Middle
Reaches of the Tone River and Edo River

by

Yoshito Kino, Shigeru Takahashi & Takeshi Andō

Abstract

The researched area may be divided hydro-geologically into two zones: one extends from the Watarase flood control lake to the low-land of the west bank of the Edo river, and the other covers the Shimofusa high-land.

The former zone includes many towns and cities in Saitama and Ibaraki prefectures. In the northern part of this zone, there is a remarkable stream of ground water stretching from north or northwest to south in the Pleistocene sediments which is 100~200 m thick. This ground water stream is rich in quantity and superior in quality, and it has many artesian wells near Koga city and Kurihashi town. The writers name this ground water stream as "Koga Stream".

In the southern part of the zone, the confined water derived from the Koga Stream is contained in the Pleistocene sediments more than 300 m thick. The ground water in this part is assumed like the stagnant condition, and it is rich in quantity but inferior in quality.

It is presumed that the Koga Stream will be sufficient in quantity to supply the ground water to the fabric industry in this district.

Next, the latter hydrogeological zone has also many towns and cities belonging to Chiba prefecture. Because the ground water in this zone is supplied chiefly from the rain water on the high-land and scarcely from the Koga Stream, it is superior in quality but not always rich in quantity as compared with that in the former zone.

To preserve the quantity and the quality of the ground water resources in this high-land, it is necessary to take it in the thoughtful consideration to regulate the pumping quantities from the bore-holes and to reserve the wide green belt.

要 旨

1) 本調査地域は埼玉県東部・千葉県北西部・茨城県西部・群馬県東部などのそれぞれ一部を含み、東京都江東地区・埼玉県西部地域・栃木県南部地域などにそれぞれ隣接して、関東平野の地下水理上重要な位置を占めている。

2) 本地域は地下水理的には古河市付近から江戸川西岸沖積低地帯にわたる地域と、下総洪積台地地域とに両分され、前者は“古河透水帯”と称する顕著な地下水の流れが支配し、後者は下総台地固有の地下水が支配している。

3) 地質構造的にみて、江戸川西岸低地帯では関東構造盆地の盆央部と考えられる栗橋町方面に向かつて地層が傾斜しているが、水理的には、古河透水帯の地下水は逆に古河市方面から江戸川西岸沿いに南流するかたちをとっている。

4) 古河透水帯における利用深度は現在下層（越谷谷市における深度約 250 m）までであるが、地質的には深度 300~400 m 前後まではさらに帯水層の存在が期待できる。なお、幸手町以北における実測値によれば、深度を増すほど量的・質的に良好な地下水が得られる傾向がある。

5) 古河透水帯の地下水は、古河市——栗橋町付近で

* 地質部

は質的・量的に優れているが、杉戸町以南では水質が漸次低下する傾向を示している。これに対して下総台地の地下水は大部分台地上の天水によつて涵養されており、質的には優れているが、量的には前者に比較して劣つてゐる。

6) 調査対象となつた主要水源井の被圧面地下水総揚水量は、約 40,000 m³/day で、東京都江東—都北区などに比較すれば、単位面積当りの揚水量はまだきわめて僅少である。

1. 緒言

昭和34年3月、約10日間にわたり、茨城県古河市付近、江戸川西岸の埼玉県の一部、江戸川東岸の千葉県の一部を含む地域の工業用水源について主として地下水理的調査を行なつた。水露頭実測は主として木野義人および高橋綱が、水質分析は安藤武がそれぞれ担当した。

本調査は関東平野東部地域工業用水源調査の一環として実施したもので、調査地域はすでに調査済みの宇都宮市・小山市・栃木市・佐野市などを含む栃木県南部地域、熊谷谷市・羽生市などを含む埼玉県北部地域および江戸川下流の東京都江東地区などに隣接し、地下水理的にそれらの地域とは不可分の関係にある。とくに本調査

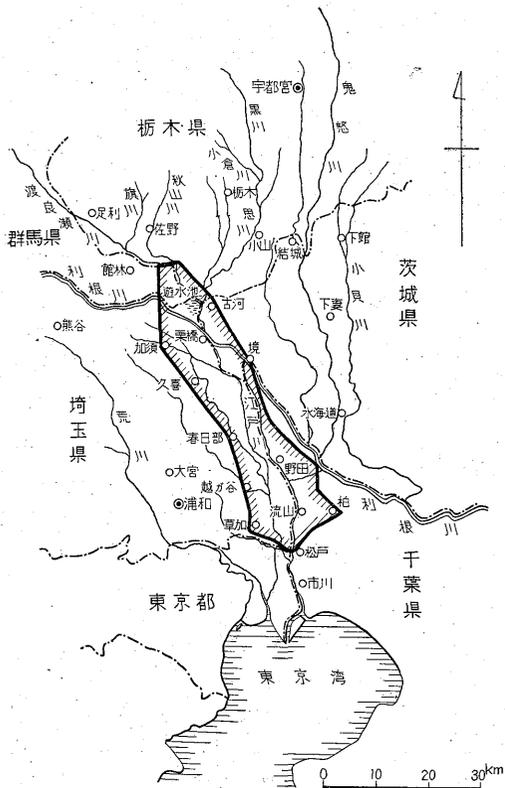
地域北部の栗橋町付近は、いわゆる関東構造盆地の中央部にあたり、表流・地下水ともにこの地点に合流しているもので、いわば関東平野中央部における水理的要点を占めている。そうした意味で短時日の調査であるがとくに第2報としてとりまとめた。

2. 地形および地質

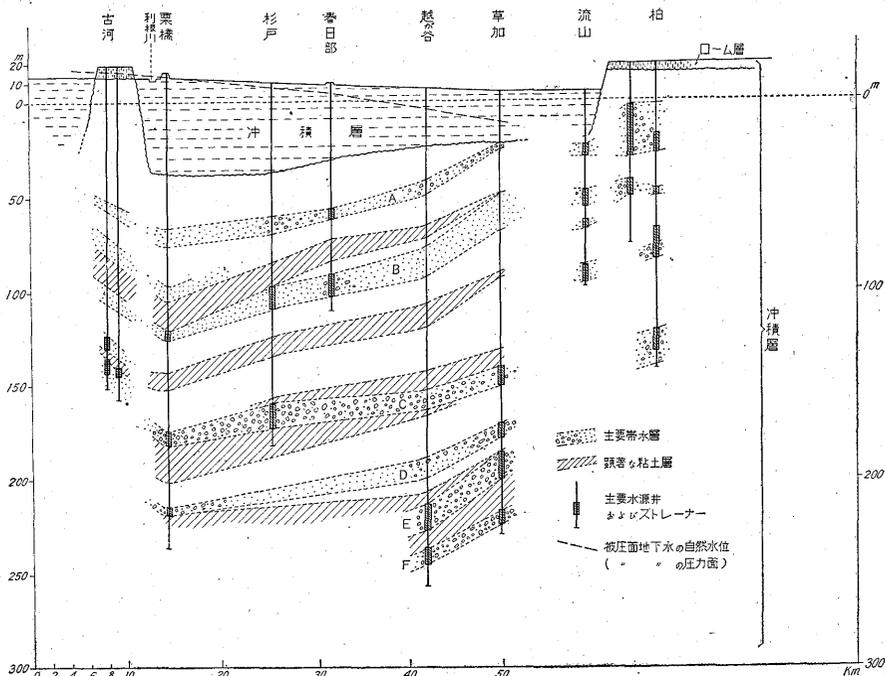
本調査地域のうち、利根川と渡良瀬川との合流点付近から江戸川西岸にかけてはほとんど低平地をなしているが、江戸川と利根川とに挟まれた千葉県内の狭少な区域はほとんど台地からなり、両河川沿岸に部分的に低地を伴っている。一方利根川北岸の古河市付近は北方の宇都宮・小山両市方面から連続する台地の南端部にあたり、利根川北岸沿いに部分的な低地を伴っている。これらのうち江戸川と利根川との間の台地は、下総台地の一部に当り、宇都宮・小山・古河に南下する台地とともに、武蔵野台地に対比される平坦面を有し、いずれも最上部は関東ローム層に覆われ、以下砂層を主とする厚い洪積層が発達している。これに対してそれらの台地の周辺に伴う低地および江戸川西岸などの低地帯の表層部は、いずれも沖積層からなっている。

さく井資料によれば、江戸川西岸の沖積低地帯においては、少なくとも深度 250 m までは第四紀層で、うち深度 30~60 m までは泥層を主として砂層を伴う沖積層と思われるが、以下は泥層・砂泥層・砂層・砂礫層・礫層などからなる洪積層となつている。洪積層のうち深度 150 m 付近までは、主として砂層と泥層とからなり、まれに礫層を混ざるが、深度 150 m 以下では礫層が頻繁となり、さらに深度 200 m 以下では泥層と礫層とが交互するといった垂直的な層相変化を示している。古河付近の台地における洪積層も、ほぼこれに類似した層相を示しているが、江戸川東岸の下総台地の洪積層は、少なくとも深度 150 m までは主として砂層からなり、これにしばしば礫層を含むといった状態で、粘土層は少なくしかも連続性に乏しい。このように全体を通じて、洪積層が深部にいくに従つて粗粒堆積物を多量に含んでいること、および下総台地において比較的浅い部分まで砂質堆積物に富み、しかも連続する粘土層に乏しいことなどは地下水理に対して大きな影響を与えているものと思われる。

さく井資料によつて総括された地形および地質に関する模式断面を第2図に示す。この図において地層の空白の部分は主として泥層・砂泥層・砂層などからなり、また沖積層は主として泥層からなっているため、図中の各帯水層はそれぞれほとんど独立した被圧面地下水を含んでいるとみなされる。たゞ下総台地においては、上述の



第1図 調査範囲図



第2図 利根川および江戸川沿岸地理地質模式断面図

ように連続する粘土層に乏しいので、上部の地下水は被圧度が弱く、かつ上下の帯水層中の水の流通は比較的容易に行なわれる可能性が予想される。

これらの帯水層および顕著な粘土層の分布状態によって明らかなように、江戸川西岸低地帯における洪積層は北東方栗橋に向かって傾斜し、その勾配は $1/1,000 \sim 2/1,000$ を示している。ところが本地域外の北方の小山・栃木・佐野各市方面では基盤が急に浅くなっているため、ほぼ南北の断面についてみれば、洪積層は栗橋付近を底部とする非対称的の盆状構造を呈していることがうかがわれる。また本地域西方の調査資料によれば、栗橋付近における盆底部構造は、さらに西方の加須・羽生方面まで拡がっているものと思われる。

一方南方に向かって地層が上昇する傾向は、さらに本地域外の江戸川河口付近まで追跡でき、そこでは洪積層は深度 370 m まで発達し、基底礫層中に有力な帯水層が知られている。したがって本調査地域の洪積層は少なくとも深度 400 m 前後まで発達し、第2図に示された帯水層以深にも帯水層の存在する可能性がある。

3. 被圧面地下水利用の現況

本地域における工業用水・上水道などの水源は、大部分地下水に依存し、それらの主要な水源井は、主として洪積層中の被圧面地下水を収水しているため、以下地域別に被圧面地下水の利用状況について述べる。なお調査

対象となつた水源井のうち、おもなものの概況を挙げれば第1表の通りである。

3.1 古河市および周辺地域

古河市には、 $1,000 \text{ m}^3/\text{day}$ を超える大規模な工場その他の用水施設がなく、被圧面地下水の全揚水量は最大限 $3,000 \text{ m}^3/\text{day}$ 程度と推定される。また管井深度も最大 170 m 程度で、収水層は第2図における A, B, C の3層に相当すると思われるものに止っている。

古河市北西方の板倉沼付近の低地帯には、深度 50~160 m の自噴井群があり、1本平均の湧出量は $100 \text{ m}^3/\text{day}$ 前後と推算される。また古河市南東方の境町付近にもかんがい用の自噴井があり、稲尾付近にある深度 140 m のものは約 $140 \text{ m}^3/\text{day}$ の湧出量を示している。

3.2 江戸川西岸低地帯

本地域における被圧面地下水は、草加市・越谷町・春日部市・杉戸町・栗橋町などの上水道水源を始め若干の製造業や一般民家においてもしばしば利用され、収水層は A 層から下層にまで及んでいる。ことに 200 m 以深、すなわち D 層以下の帯水層から収水している井戸は、幸手町から加須市付近にかけてしばしば自噴しているが、このような深部に到達している井戸の数は少ない。

第1表には揚水量・井戸施設などの面から比較的大規模なもののみを掲げたが、これによる揚水量の総量は約 $13,000 \text{ m}^3/\text{day}$ で、その他のものを含めても $15,000 \text{ m}^3/\text{day}$

第1表 主要水源の被圧面地下水取得状況

No	名称	所在地	水源井数	地下水総取得量 (m ³ /day)	代表水源井								備考	
					No	設井年度	揚水量 (m ³ /day)	管井深度 (m)	管井孔径 (mm)	取水層 (主要帯水層ある いは深度 m)	設井当時の 自然水位 (海拔m)	設井当時の 揚水水位 (m/m ³ /day)		水温 (°C)
3	須藤製糸 K.K. 松原工場	茨城県 古河市	1	910	—	昭22	910	91	—	{50~53 67.5~73 (A?)	7.3	10.9/636	16.9	
4	" 本社工場	" "	1	630	—	—	630	91	—	{64~68.5 88~94 112~117 (B?)	—	—	17.2	
6	青木酒造K.K.	" "	1	—	—	昭32	—	170	150	{142~148 154~164 (C?)	—	—	18.9	
7	三桜工業K.K.	" "	1	830	—	昭24	830	176	—	170~176 (C?)	3.0 (+15±)	6.1/1,300	18.6	
13	栗橋町上水道 水源	埼玉県 栗橋町	1	750 (計画)	—	昭34	750	248	150	B,C,D	—	—	—	調査当 時掘さ く 中
16	杉戸町上水道 水源	" 杉戸町	1	750 (計画)	—	昭33	750	190	200	B,C	1.72 (+7±)	3.5/1,141	19.4	
17	春日部市上水道 水源	" 春日部市	2	2,500	2	昭30	2,500	120	350	A,B	5.5 (+3.5 ±)	12.0/2,500	17.0	No. 1 は補助 的に使 用
18	越ガ谷町上水道 水源	" 越ガ 谷町	2	2,700	1	昭33	—	260	300	E,F	11.2 (-5±)	12.38/2,160	20.0	
19	草加市上水道 水源	" 草加市	1	3,000 (計画)	—	昭33	3,000	235	300	C,D,E,F	14.3 (-10.4)	16.5/3,600	17.8	
20	帝国製紙K.K.	" "	2	600	1	—	—	127	—	—	—	—	17.8	
21	昭和染布K.K.	" "	4	2,400	3	—	800	218	—	—	—	—	17.2	
23	川間ゴルフ場	千葉県 野田市	3	1,450	3	昭33	730	91	200	{60.5~77.5 79.5~84.0	8.3 (+7±)	12.7/1,090	17.2	
29	野田醤油K.K.	" "	5	5,500	1 3	—	—	77	300	{43.0~50.0 62.2~76.5	—	—	16.7	
31	千葉県住宅協 会、江戸川団 地簡易水道水 源	" 流山町	2	200	1	昭32	200	155	300	{39.8~47.7 60.2~71.8 96.2~98.6 126.3~143	14.9* (+5±)	19.15/1,080*	17.0	No. 2 は未使 用
33	野田醤油K.K. 流山酒造工場	" "	2	2,700	2	—	1,800	78.5	300	{47.0~60.5 64.8~78.0	—	—	16.7	
34	東邦酒類K.K. 流山工場	" "	3	1,853	1	昭17	900	100	300	{31.0~36.2 50.0~54.7 94.0~98.5	—	—	17.3	
36	第一生命建設 協会南柏団地 簡易水道水 源	" 柏市	5	300	1	昭31	—	50	150	{23.0~27.8 30.5~34.4 40.5~46.0	5.1 (+17)	8.3/257	12.9	
39	柏市上水道水 源	" "	3	1,800	1	昭30	1,800	121	300	{39.5~57.0 72.5~75.0 92.5~118.0	20.6* (+1~2)	25.6/1,680*	17.0	主とし てNo. 1のみ 使用
40	日本住宅公団 光ガ丘団地簡 易水道水 源	" "	2	750	2	—	400	157	300	—	—	—	15.6	

* 印は調査当時

day 前後と推定される。これを本地域に隣接する江戸川下流～荒川放水路中間地帯の工業用水揚水量 $75,000\text{m}^3/\text{day}$ に比較すれば遙かに少ない水量である。したがって単位面積当りの揚水量はきわめて小さなものとなる。そしてこのことに関連して、揚水量に対する水位降下量が小さいことは、この地域の揚水条件の特色であろう。ことに第1表から明らかなように、E層以下の帯水層から収水しているものは $2,160\text{m}^3/\text{day}$ に対して約1m, $3,600\text{m}^3/\text{day}$ に対して約2m という、きわめて優れた揚水条件を示している。

3.3 江戸川東岸地域

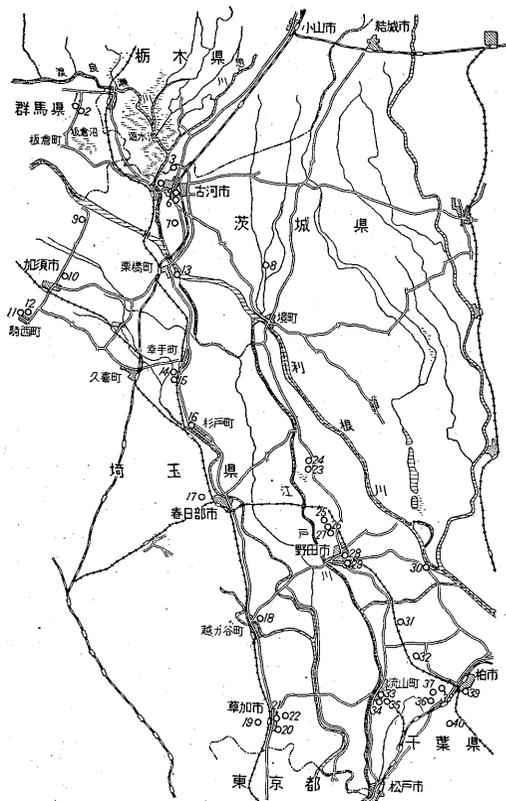
本地域においても、工業用水その他の大量用水は大部分被圧面地下水によって供給されている。たとえば野田市における野田醤油 K.K. の $5,500\text{m}^3/\text{day}$ 、流山町における野田醤油 K.K. 酒造工場の $2,700\text{m}^3/\text{day}$ などかなり大量の揚水が行なわれており、調査対象となつたものだけでも全揚水量は $15,000\text{m}^3/\text{day}$ に達している。しかも下総台地上には最近多数のかんがい用深井戸が掘られ、また集団住宅地や公共施設・企業施設などが急速に新設される勢いにあるので、将来最大揚水量は $15,000\text{m}^3/\text{day}$ を大幅に上廻ることが予想される。揚水量に対する水位降下量は、地形的または地理的位置によつてまちまちであるが、一般に江戸川沿岸の沖積低地部では小さく、台地上ではかなり大きな値を示している。また柏市上水道水源1号井においては、昭和30年さく井当時の自然水位16mが僅か4年間に5m近く低下している。

4. 水質の地域的特徴

水質分析試料は、調査地域の主として被圧面地下水の成分量とその質的組成を表現している。試料の採水は地下水の供給・流動経路など水理を考察する指針とするに必要と思われる箇所・深度を選び、被圧面井戸34点、自由面井戸1点である。これらの採水地点は第3図、分析結果は第2表に示した通りである。以下各地域について水質の検討を試みる。

4.1 古河市および周辺地域

この地域の自由面地下水は、一般に低い水比抵抗値 ($1,600\sim 4,000\ \Omega\cdot\text{cm}$ のものが多い)を示し、溶存成分量が多く、かつ汚染された傾向のある地下水であるが、被圧面地下水は溶存成分量が少なく、水質的に優れた地下水である。水質の地域的特徴として、現在利用されている深度200mまでの範囲では、帯水層の深度を増すにしたがつて良質となつている。 SO_4^{2-} は痕跡であり、 Cl^- は数ppmであり、成分は HCO_3^- に比例して含まれている。水質組成はKey diagram (第4図)に示したよう



第3図 主要水源井分布図 (番号は第1表および第2表の測点)

に、high carbonate hardness の区分に属し、重炭酸として80%以上、とくに90%以上を含むものが多い。なお硬度は HCO_3^- と $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ の当量関係(第5図、一部江戸川西岸低地帯の試料を含む)に示したように1:1の当量線の上側に分布し、炭酸塩硬度のみである。

古河市内で深度140~165mで収水している地下水はNo. 6に示したように深部地下水としては著しく優れた水で、全硬度は 1.2°dH 程度にすぎない。40~74mの比較的浅い被圧面地下水でも、No. 5に示した程度であり、全硬度は 4.5°dH 前後で、概して良質の地下水といえるものである。そのほかNo. 4, 7においても同様に優れた水質を示している。古河市の北西の方倉町付近の低地帯には、多数の自噴性掘抜井戸が分布するが、その水質はNo. 1, 2に示したようなものであり、溶存成分量の少ない良質の地下水である。

このように溶存成分の少ない深部被圧面地下水は、古河市付近から南はほぼ加須市一幸手町一鏡町にかけて分布し、僅かながら自噴しているものが多い。それらの水質はNo. 8, 9, 10, 14, 15に示した通りである。しかしこれら深部被圧面地下水は幸手以南においては漸次水質を低下しており、その傾向は主として炭酸塩硬度の増

第2表 古河透水帯および江戸

No	試料採取地点	深度およびストレーナの位置 (m) ()は通称の間数を示す	水温 (°C)	pH	RpH	HCO ₃ ⁻ (ppm)
1	群馬県巴楽郡板倉町細谷灌漑用自噴井	163 (90 間層)	20.5	7.2	7.2	46.2
2	" "	140 (77 間層)	20.4	7.2	7.2	69.6
3						
4	茨城県古河市須藤製糸 K.K. 本社工場	121 {64.2~68.5, 88.2~94.2 112.0~114.5	17.2	7.2	7.2	89.0
5	" " 古河第二小学校	91 {37.5~53.5, 58.0~62.5 70.0~74.0	15.6	7.2	7.2	128.0
6	" " 青木酒造 K.K.	170 {142~148 154~164	18.8	7.2	7.2	39.0
7	" " 三桜工業 K.K.	175	18.6	7.2	7.2	55.0
8	" 猿島郡境町稲尾灌漑用自噴井	145 (80 間層)	19.2	7.2	7.2	79.4
9	埼玉県北埼玉郡大越村外野	236 (130間層)	18.5	7.4	7.4	83.0
10	" 加須市県立水産試験所	218 (120間層)	21.4	7.3	7.3	91.5
11	" 騎西町釜屋酒造 K.K. 110間井戸	200 (110間層)	18.6	7.5	7.5	162.2
12	" " " 60間井戸	109 (60間層)	17.0	7.5	7.5	150.0
13						
14	" 幸手町石井酒造 K.K. 115間井戸	210 (115間層)	21.1	7.4	7.4	112.0
15	" " 竹内酒造 K.K. 60間井戸	109 (60間層)	18.2	7.4	7.4	152.5
16	" 杉戸町杉戸上水道水源井	190 {106.0~118.0 167.0~180.5	19.4	7.6	7.6	145.0
17	" 春日部市春日部上水道水源井	120 {62.0~75.0 101.0~112.0	17.0	7.6	7.6	243.0
18						
19	" 草加市草加市上水道水源井	235 {143.0~153.5, 171.5~179.0 186.3~202.3, 219.0~225.4	17.8	7.6	7.6	175.5
20	" " 帝国製紙 K.K.	127 (70間層)	17.8	7.6	7.6	163.5
21	" " 昭和染布 K.K.	218 (120間層)	17.2	7.6	7.6	184.2
22	" " "	73 (40間層)	15.8	7.4	7.4	300.0
23	千葉県野田市川間ゴルフ場深井戸	91 {60.5~77.5 79.5~84.0	17.2	7.5	7.6	254.0
24	" " " 浅井戸	22 {20.0~22.0	15.1	7.0	7.1	80.5
25	" " 五木新田灌漑用深井戸	77 {44.0~75.3	16.0	7.0	7.1	90.2
26	" " 五木灌漑用深井戸	63 {30.6~62.0	14.4	6.6	6.9	92.6
27	" " " 浅井戸	5	14.3	6.2	6.6	24.4
28	" " 野田中央小学校		15.5	7.4	7.4	117.0
29						
30	" " 瀬戸大和根温泉水井戸	51	15.2	7.0	7.0	58.5
31	" 流山町江戸川台団地簡易水道 水源1号井	155 {39.8~47.7, 60.2~71.8 96.2~98.6, 126.3~143.0	17.0	7.3	7.4	141.2
32	" " 十太夫新田灌漑用深井戸	76 {4カ所から取水	14.3	7.5	7.5	63.4
33	" " 野田醤油 K.K. 流山酒造 工場2号井	78 {47.0~60.8 64.8~73.2	16.7	7.6	7.6	147.2
34	" " 東邦酒類 K.K. 流山工場 1号井	101 {131.8~36.2, 50.0~54.7 94.0~98.5	17.3	7.6	7.6	186.5
35	" " " 3号井	55	16.5	7.4	7.4	153.5
36						
37	" 柏市南柏団地簡易水道水源 4号井	48 {23.3~28.1, 30.6~33.1 36.3~37.3, 43.7~46.7	—	7.4	7.4	54.8
38	" " " 5号井	100	—	7.4	7.4	54.8
39	" " 柏市上水道水源 1号井	121 {39.5~47.5, 50.0~57.0, 72.5~75.0 82.0~84.5, 92.5~104.0, 106.0~ 118.0	17.0	7.4	7.4	78.1
40	" " 光が丘団地簡易水道水源 2号井	157	15.6	7.5	7.5	85.4

川流域地下水水質分析表

Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	全硬度 (°dH)	SiO ₂ (ppm)	KMnO ₄ cons. (ppm)	total Fe (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	P (ppm)	free CO ₂ (ppm)	dis O ₂ (cc/l)	電気伝導度 (μS/cm)
1.5	2	6.0	2.0	1.30	25	2.8	0.00	0.10	0.05	4.4	5.00	81
1.5	1	7.7	3.0	1.76	31	1.2	0.00	0.08	0.35	4.4	—	110
1.5	0	13.7	4.0	2.84	40	6.3	0.18	0.57	0.38	5.3	5.50	130
2.0	1	24.0	5.1	4.56	40	5.0	0.89	0.45	0.86	7.0	—	182
4.2	2	5.1	2.2	1.24	22	1.8	0.00	0.08	0.02	4.4	2.97	77
1.5	1	6.4	3.0	1.59	35	2.5	0.03	0.12	0.18	4.4	5.68	87
1.5	0	13.3	1.7	2.24	33	4.7	0.13	0.46	0.47	5.3	1.03	119
3.5	0	13.3	1.4	2.18	35	4.7	0.03	0.12	0.26	5.3	0.29	127
3.5	0	13.3	0.6	2.01	41	8.8	0.20	0.34	0.81	7.0	0.47	129
88.2	0	52.0	3.5	8.10	30	6.6	0.07	0.42	0.32	9.6	1.10	470
84.0	0	44.4	6.8	7.80	32	3.8	0.00	0.37	0.21	7.0	—	420
2.8	0	15.9	3.4	3.01	36	5.7	0.03	0.42	0.40	7.0	4.26	177
8.5	0	18.9	4.9	3.78	39	13.2	0.15	0.76	0.45	4.4	—	244
12.0	0	14.2	0.6	2.13	41	8.8	0.07	0.92	0.62	5.3	—	244
11.3	0	23.5	12.9	6.28	37	12.6	0.10	2.01	0.85	12.3	0.90	358
55.5	0	30.5	7.3	5.96	23	2.8	0.73	0.30	0.06	7.0	—	370
35.5	0	21.9	4.7	4.15	33	4.1	0.00	0.26	0.21	7.0	1.48	320
27.7	0	23.1	8.4	5.20	37	2.8	0.05	0.24	0.28	7.9	—	320
27.0	0	45.1	16.4	10.10	36	13.2	0.00	0.96	0.36	14.1	—	450
1.5	0	43.4	11.3	8.69	44	18.9	0.10	0.72	0.15	19.4	0.00	350
5.2	0	12.3	7.0	3.30	29	4.7	0.00	0.07	0.02	7.0	—	116
4.2	1	17.2	5.5	3.67	37	2.5	0.55	0.16	0.12	7.0	0.62	159
1.5	0	18.9	4.1	3.60	38	18.3	0.27	0.22	0.42	15.8	1.56	137
31.9	26	19.3	12.5	5.60	24	11.3	0.00	0.28	0.00	14.0	—	284
2.8	0	20.4	7.3	4.55	37	3.1	0.45	0.18	0.17	7.8	—	169
31.5	3	14.2	6.5	3.49	26	1.2	0.07	0.08	0.03	4.4	—	169
4.2	0	35.2	2.9	5.60	39	6.9	0.34	0.27	0.45	8.8	0.78	230
5.0	1	15.9	1.9	2.66	31	1.5	0.48	0.10	0.13	5.3	—	95
16.3	0	31.0	7.3	6.02	34	6.6	0.05	0.09	0.14	7.0	1.81	244
44.8	1	23.6	12.0	6.08	38	3.1	0.02	0.87	0.26	7.0	—	370
24.2	1	36.6	6.4	6.61	35	5.3	0.40	0.26	0.20	10.5	—	278
5.0	1	12.4	1.9	2.18	32	6.0	0.00	0.15	0.00	6.1	—	87
5.0	1	12.4	1.9	2.18	32	1.8	0.00	0.07	0.20	3.5	—	81
5.0	1	13.3	5.2	3.08	31	1.8	0.00	0.08	0.13	5.3	2.90	123
4.2	3	21.1	2.5	3.48	32	2.2	0.00	0.06	0.12	4.4	—	130

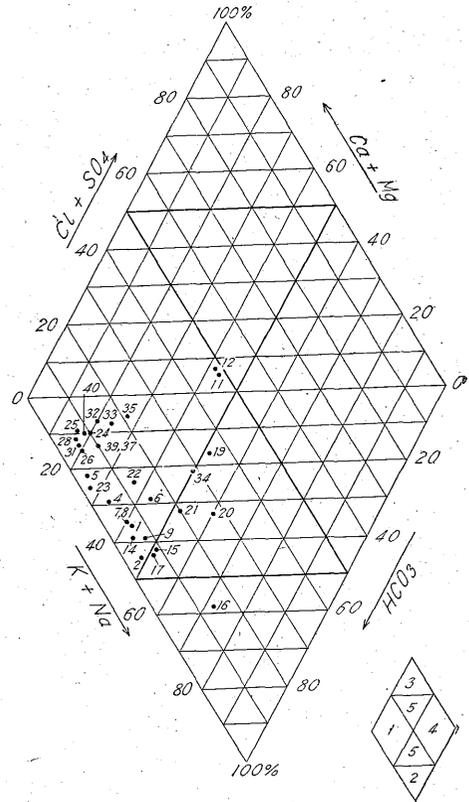
加によつて表現されている。

また古河市およびその周辺地域の深部被圧面地下水は、一般的に溶存酸素の多い傾向が認められる。このことはこれらの帯水層の透水性が比較的大きいと考えられるもので、その水質とともに注目し値する。たとえば No. 6 のように、142~164 m 層で、3.0 cc/l (溶存酸素飽和度 45%)、No. 4 の 64~114 m 層で 5.5 cc/l (溶存酸素飽和度 80%)、その他 No. 1, 7 に示した通りである。

4.2 江戸川西岸低地帯

幸手町で 100 m 層 (通称 60 間層) の被圧面地下水は、全硬度 3.8°dH で、No. 15 に示したような水質である。同じく 200 m 層 (通称 100~130 間層) の被圧面地下水は、全硬度 3°dH で No. 14 に示したような水質である。杉戸の上水道水源は全硬度 2°dH 前後で、まず良質であるが、この地下水は Carbonate alkali に属している。春日部市付近になると No. 17 に示したように比較的水質が低下し、全硬度は 6° dH 前後を示している。越谷市付近では、さらに水質が低下する傾向にある。草加市の被圧面地下水の水質は No. 19~22 に示した通りである。すなわち 70 m 層では全硬度 10°dH 前後に達しているが、100 m 層以下では 4~6°dH を示し、100~200 m 層の水質は比較的良好だが、それに深になると水質が悪化する傾向にある。SO₄²⁻ は痕跡であるが、Cl⁻ は 27~55 ppm に達している。

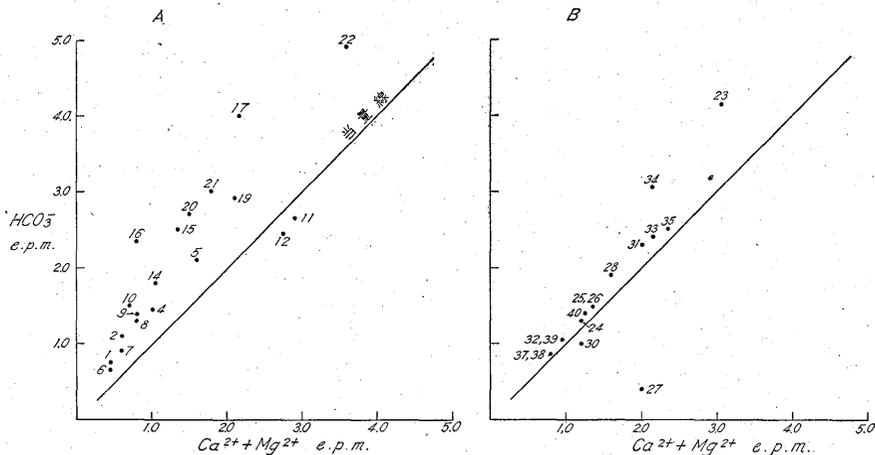
一方騎西町方面の 100 m 層および 200 m 層の水質は、No. 11, 12 に示した通りで、比較的硬度が高いのみならず Cl⁻ の多い特徴をもっている。100 m 層は 7.8°dH、200 m は 8.1°dH の全硬度を示している。古河市付近から加須市——幸手町付近までは表に示されるように Cl⁻ はきわめて少なく、一般に数 ppm にすぎないが、加須市のすぐ南側に隣接する騎西町においては、100 m 層は 84 ppm、200 m 層は 88 ppm の Cl⁻ を含み、急激に増加していることが注目される。また第 4 図



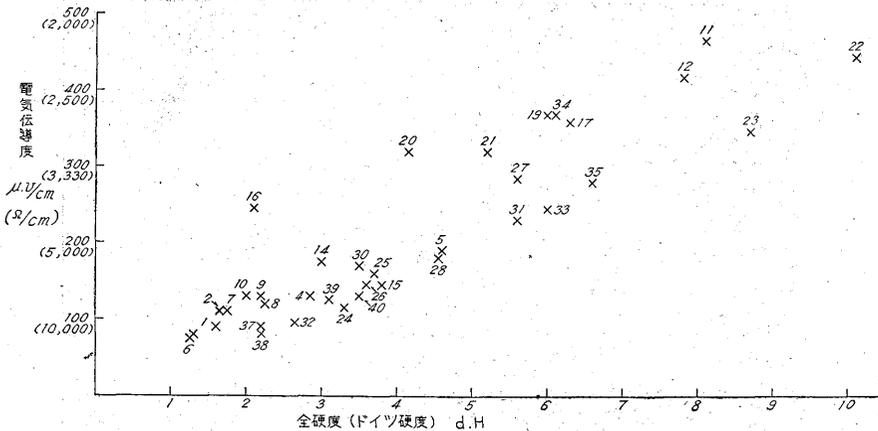
第 4 図 地下水の水質を示す Key diagram (No. は第 2 表参照)

1. carbonate hardness
2. " alkali
3. noncarbonate hardness
4. " alkali
5. 以上 4 つの区分に入らないもの

いが、加須市のすぐ南側に隣接する騎西町においては、100 m 層は 84 ppm、200 m 層は 88 ppm の Cl⁻ を含み、急激に増加していることが注目される。また第 4 図



第 5 図 HCO₃⁻ と Ca²⁺+Mg²⁺ との関係 (No. は第 2 表参照)



第 6 図 電気伝導度と硬度との関係 (No. は第 2 表参照)

(地下水の水質組成を示す Key diagram) および第 5 図 (HCO_3^- と $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ との関係) にプロットしたように、被圧面地下水としては著しく異なつた地域の性質をもっている。なお、 Cl^- で特徴づけられた地下水は、羽生市付近でもすでに知られており、羽生市—騎西町—上尾市などを結ぶほぼ南北の地帯に分布するようである。この種の地下水は、その水質の地化学的性質から流動性の乏しい地下水であると考えられる。

4.3 江戸川東岸地域

江戸川東岸の合地上の自由面地下水は、沖積低地の自由面地下水と違って高い水抵抗値を示すことが多い。深井度の水質は調査範囲では深度を増すに従つて悪化している。このことは古河地域と全く相反する現象である。とくに合地性の柏市地域では No. 37~40 および No. 32 に示したようにきわめて良い水質である。 Cl^- は 4~5 ppm, SO_4^{2-} は 1~3 ppm であり、全硬度は 2.0~3.5°dH で、high carbonate hardness に属する。台地の西縁沖積低地にある流山町では No. 33~35 に示したように 6.0~6.6°dH の炭酸塩硬度で、16~45 ppm 程度の Cl^- を含む。野田市地域では No. 26 および No. 23~25 に示した通りである。とくに野田市川間地区では No. 23, 24 に示したように、浅層の地下水は全硬度 3.3°dH 程度で概して良質であるが、60~84 m 層の被圧面地下水は HCO_3^- が、254 ppm に及ぶ成分量の多い high carbonate の地下水である。なお、この地下水は無酸素状態であり、かつ僅かながらガス徴が認められるという特徴を有している。

4.4 その他の特徴

自由面地下水はいずれも pH 7.0 以下で、微弱な炭酸酸度を示すが、被圧面地下水はいずれも pH 7.0 以上で微アルカリ性を呈する。 HCO_3^- は被圧面地下水の主要

成分であり、主として Ca^{2+} , Mg^{2+} と結合して炭酸塩をなしているが、なお少量が重曹成分として溶存する。

一般に水質組成は炭酸塩硬度の高い含有率で特徴づけられる。 HCO_3^- 含有量についてその要点を述べると次のようである。古河付近の深層部 (100 m 以深) の地下水は 40~70 ppm, 中~深層部で 90 ppm 前後、浅~中層部で 130 ppm 前後である。幸手では 100 m 層で 150 ppm, 200 m 層で 110 ppm である。杉戸では 100 m 以深で 145 ppm, 春日部では 62~112 m 層で 240 ppm, また草加では 70 m 層で 300 ppm に達し、それ以深では 160~180 ppm となつている。

柏—流山—野田地域の合地上の浅層被圧面地下水は一般に少なく、50~90 ppm であるが、深くなると漸次それが多くなる傾向にある。野田市川間ゴルフ場では 20~22 m の浅層で 80 ppm, 同地点の 60~84 m の中層で 254 ppm に達している。流山町では 140~180 ppm である。 SiO_2 は一般に 30~40 ppm 前後を示す。沖積平地の自由面地下水では鉄分の多いいわゆる「そぶ水」が多いが、被圧面地下水は一般にきわめて僅かである。ただ浅層の被圧面地下水では所によつて鉄分の増えていることもあるが、それでも 1 ppm を超えることはない。P, NH_4^+ , KMnO_4 cons. などについては分析表に示したような関係にある程度でとくに注目されることはみいだされない。

5. 地下水理

本地域の主要水源である被圧面地下水は、かなり明瞭にその分布と流動状態とを指摘することができる。すなわち江戸川西岸沖積低地帯では第 2 図の地質断面に示される A~F までの顕著な砂利層または粗粒砂層が有力な帯水層をなしており、これらの帯水層中の地下水は古河



図版 1 古河透水帯の自噴井(群馬県巴楽郡板倉町板倉沼付近の沖積低地) 水温 20.5°C, 自噴量毎分 70 l, 水質は第2表 No. 1~2 参照。

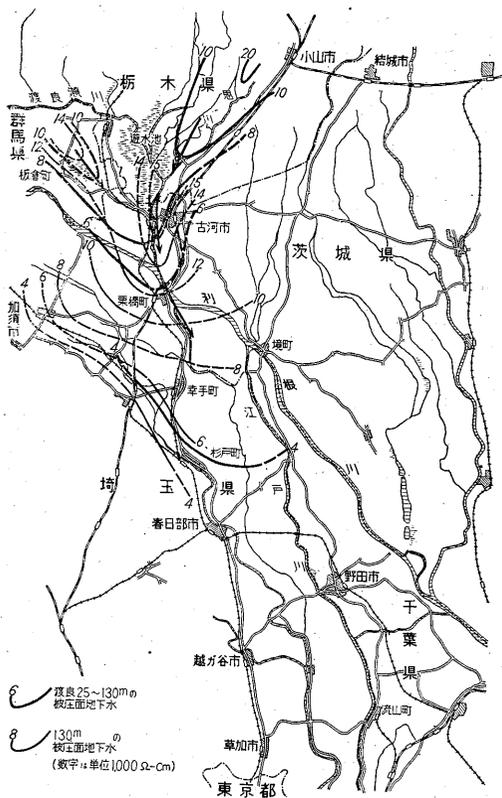


図版 2 古河透水帯の自噴性地下水を利用している養魚場(埼玉県加須市県立水産試験所)

市周辺地域と密接な関連を有しているものと思われる。

次に水質によつてすでに明らかなように、この地域では古河市付近から南下するにしたがつて一般に HCO_3^- 、 Cl^- などの溶存成分が増加し、逆に溶存酸素が欠乏する傾向がみられる。また第2図に示されている通り、圧方面も南に向かつて漸次低下している。このことからこの地域の被圧面地下水が古河市方面から南に向かつて流動しているものと解してもよいと思われる。その状態は第7図の水比抵抗等値線図によつて明瞭に表わされる。すなわち古河市北西方の板倉沼方面と古河市北方の思川方面とからそれぞれ流動してきた被圧面地下水は、古河市付近で合流し、さらに江戸川西岸沿いに漸次南下する傾向を示している。この顕著な地下水の流れを仮りに古河

透水帯と呼ぶ。第7図において、太線は第2図におけるB層以浅(約130m以浅)の被圧面地下水の変化を示し、細線はC層以深(約130m以深)の分を示しているが、両者を比較すると、同一場所においてはC層以下の方がかなり高い水比抵抗値を示している。このことは、C層以深の地下水の方が、B層以浅のものに比較して早い速度で流れていることを示しているとみてよい。たまたまB層以浅の帯水層が主として砂層からなっているのに対して、C層以深の帯水層が主として礫層からなっているという地質的条件を考えると、この判断は妥当と思われる。なお図には示されていないが、幸手町における深度別の水比抵抗値を比較すると、B層以浅のものが、4,000~5,000 $\Omega\text{-cm}$ 、C~D層のものが、6,000~7,000



第7図 水比抵抗等値線図

Ω-cm, E層以深のものが9,000~10,000 Ω-cmという具合に深度を増すごとに水比抵抗値は大となっており、少なくとも杉戸町付近までは深い帯水層ほど良質の水が存在していることは明らかである。なお渡良瀬川遊水池付近の沖積低地にある自噴井群は、各帯水層のものを含んでいるが、利根川以南における自噴井はD層以深のものに限られ、さらに杉戸町以南では全く自噴していない。

このような有力な地下水を有する古河透水帯も、越谷谷市ないし草加市付近に至るとC~F層の水比抵抗値も急速に低下し、2,000~3,000 Ω-cmとなり、B層以浅のものと同様に区別できなくなり、すでに明瞭な流動状態は認められなくなる。

このような低い水比抵抗値を示す地域は、越谷谷市から草加市にかけてかなり広範囲にわたっており、水質その他から考え合わせて、羽生—騎西付近一帯における同様の停滞的環境を呈しているものと推定される。

一方古河市付近で合流した被圧面地下水の一部は、南西方に向かい、他の一部は利根川北岸を南東方に向かつて分流している。これらのうち、南西方に向かうものは加須市付近で急速にその勢力が衰えて停滞の状態に移行するが、南東方に向かうものはなおかなりの勢力を有

し、少なくとも境町付近まで追跡することができる。

また古河透水帯の上流部にあたる小山市西方と佐野市付近には、自噴井群によつて特徴づけられる被圧面地下水がすでに知られており、地形・地質・水理的な考察から、それぞれ小倉川と黒川（いずれも思川の upstream で足尾山地を源流とする）および秋山川ないし旗川（いずれも渡良瀬川の支流で、同じく足尾山地を源流とする）の山麓部における伏流水の被圧化されたものであることが明らかである。ゆえに雨量の多い（足尾町における年間総雨量約 1,400 mm）足尾山地の広大な流域面積を供給源とする本古河透水帯の地下水は、質的・量的に有力な地下水源とみることができよう。

次に江戸川東岸の下総台地を主とする地域における地下水の賦存および流動状態は、江戸川西岸低地帯から古河方面にわたる地域と少なからず事情を異にしている。すなわちすでに地形・地質の項で述べた通り、地層は主として砂層からなり、粘土層の発達が少ないので、台地上では台地固有の地下水、すなわち雨水が直接台地中に浸透して生成される地下水が存在しているものと予想される。たとえば草加市付近の HCO_3^- 、 Cl^- などの溶存成分がきわめて増大し、水質が著しく悪化しているにもかかわらず、柏市付近では古河市付近に匹敵する良質の地下水が存在し、水比抵抗値も 10,000 Ω-cm 前後を示している事実はそれを裏書きしている。また柏市付近の良質の地下水は、水質的・水理的環境からみて周囲の他の地域から供給されたものとは考えられない。したがって下総台地における地下水は、少なくとも調査対象となつた深度 150 m までは、台地自体によつて、涵養されたものであるということが出来る。またこの下総台地の地下水は、水位および水質の点からみて、さらに台地周辺の沖積低地へ向かつて分散して流動していることがうかがわれる。たゞ流山町以北の台地周縁部においては、流山町・野田市北部の例にみられるように、水質のかなり悪化した古河透水帯末流部の地下水の影響が認められている。

6. 結 論

古河透水帯の地下水は古河市—栗橋町付近では量・質ともに優れている。しかし杉戸町以南では量的には現在のところかなり恵まれており、有利な条件で揚水することができるが、水質的には漸次悪化し、ことに越谷谷市以南では HCO_3^- 、 Cl^- などの溶存成分が急激に増加している。幸手町以北では深層の地下水ほど量・質ともに良くなる傾向にあるので、将来は少なくともC層（栗橋町で深度約 180 m）以深、できればE層（越谷谷市で深度約 230 m、栗橋町における推定深度 250 m 前後）以深

の開發が期待される。なお、この江戸川西岸低地帯では洪積層が深度 400 m 前後までは発達している可能性があるため、下層(越谷市における深度約 250 m)以深にも帯水層の存在が推定される。

下総合地の地下水は質的には優れているが、揚水水位降下量がかなり著しく、また地域的な水位の低下現象も認められる。しかも企業・公共その他の諸施設の進出に伴って、かんがい用井戸の普及とともに地下水の需要は急速に増加しつつあるので、今後の水位低下と水質変化

とに対しては十分な監視が必要である。また下総合地の緑地帯は、地下水源涵養地として重要な役割を果していると考えられるので、その喪失によつて地下水の量的・質的荒廃をもたらすことは必至である。したがつてこの緑地帯を保全することは、とりもおさず関東平野の地下水の中樞をなすこの地域の地下水の保全に寄与することとならう。

(昭和34年3月調査)