

## 茨城県工業用水源地域調査報告

—関東東部地域調査 第3報—

小西 泰次郎\* 安藤 武\* 木野 義人\* 永井 茂\*\*

### Ground Water Resources for Fabric Industry in Ibaragi Prefecture

by

Taijirō Konishi, Takeshi Andō, Yoshito Kino & Shigeru Nagai

#### Abstract

The investigation was carried out from May to July in 1959.

The confined water which is important ground water resources in this prefecture is chiefly contained in Diluvial deposits more than 100 m thick. The hydrological and chemical condition of the confined water is influenced by the topography and geological structure of Kwantō plain. The confined water is supplied from the border-mountainlands of the plain and Diluvial highlands.

The utilization of the ground water for fabric industry is not yet in fullness.

A large scale of ground water stream which is in Shimodate city and its environs will be able to supply the ground water in quantity and quality for fabric industry. The writers named it the "Shimodate Stream". On the other hand, the quality of the ground water along lower reaches of the Kinu river and Kogai river is not good, and the ground water is assumed like the stagnant condition hydrologically and chemically.

It is necessary to take managements to preserve the quantity and quality of the ground water in Diluvial highlands which is the important gathering area of rain water in this prefecture.

#### 要 旨

1) この地域における工業用水を主とする水利用は、西南部および中南部地域では主として地下水、北部地域においては一部地下水、大部分表流水をそれぞれ水源として行なわれている。

2) この地域の全体を通じてみたときの主要な水源地は、被圧面地下水である。

3) 被圧面地下水は主として成田層群に対比される洪積層中に含まれ、その賦存状態は関東構造盆地を中心とする関東平野全域の地質構造およびそれを反映する地形に支配されている。

4) 被圧面地下水は主として阿武隈山脈・八溝山脈・筑波山塊・鬼怒川上流地域・足尾山地および洪積台地などから供給されているものとみられる。

5) 一般に工業用水としての地下水の開発はまだ充分

行なわれておらず、下館市地区で約 5,000 m<sup>3</sup>/day、土浦市・阿見町地区で 5,000~6,000 m<sup>3</sup>/day、石岡市地区で約 5,000 m<sup>3</sup>/day、勝田市で 1,600 m<sup>3</sup>/day、日立市で約 7,000 m<sup>3</sup>/day (ほかに湧水約 2,200 m<sup>3</sup>/day、坑内水約 11,500 m<sup>3</sup>/day) が利用されている程度である。これらのうち下館市地区には有力な地下透水帯があり、量・質の両面で本調査地域中最も有望な地区である。

6) 下館市地区の地下透水帯および洪積台地帯における被圧面地下水は、一般に溶存成分が少なく良質で、水質組成は主として high carbonate hardness を示しているが、鬼怒川下流および小貝川下流沿岸・利根川下流沿岸低地帯・霞ヶ浦沿岸低地帯などでは著しく溶存成分が増加し、とくに HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>などにその傾向が顕著で、水質組成も主として carbonate alkali を呈している。このように水質が著しく低下している区域は、地下水停滞域を示しているものと思われる。またこのような区域にはしばしば遊離性ガスを溶存している。

7) この地域において洪積台地は重要な地下水源地と

\* 地質部

\*\* 技術部

なっているため、各種施設の集中防止、大量揚水井の分散、さらに積極的に緑地帯の保存・育成などの措置によって、地下水源涵養地帯としての機能を保全することが必要である。

は20万分の1地形図に表現しうる精度でとりまとめられた。

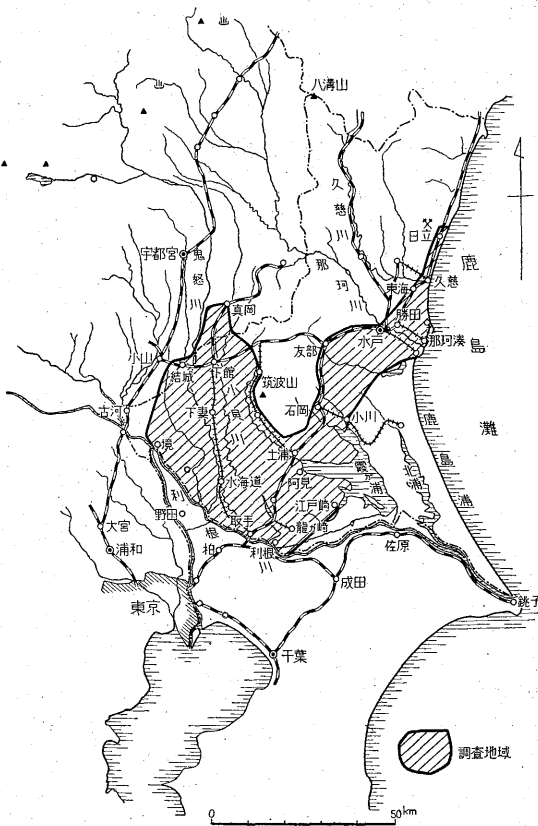
この調査地域の北部には古くから日立市などを中心とする工鉱業地帯があり、最近では東海村を中心とする原子力工業地帯が開発されつつあるが、これらの地区を除いては工業地帯としてはほとんど未開発の地域が多い。しかし、京浜・京葉など臨海工業地帯の後背地として、また常陸工業地帯の拡大、霞ヶ浦工業地帯その他の開発に伴って、工業用水源としての地下水の需要は漸次増大することが予想される。また国土保全・地下水の適正な利用開発など総合的な計画・実施は大局的な観点に立つて行なわれなければならない。かゝる意味で関東平野全域の一部として本地域の地下水の実態を把握しておくことはきわめて重要なことと思われる。

なおこの調査には表記調査者のほかに、蔵田延男・森和雄および岸和男の3名が加わっていることを付記しておく。

## 2. 地形および地質

茨城県における地下水の有効な帯水層は洪積層中にある。洪積層は最上部にいわゆる関東ロームと呼ばれる2~3mの火山灰質粘土層があり、その下の厚い未固結堆積物は房総半島北部から下総台地にかけて発達する成田層群に対比され、砂を主とし、粘土・砂礫などを挟み、しばしば海棲貝化石や泥炭層を伴っている。成田層群は洪積世の一時期に関東平野の大部分を覆っていたいわゆる古東京湾の堆積物といわれ、関東平野の周縁部を除いては、ほぼ水平に近い地層を呈し、広大かつ平坦な洪積台地を形成している。

洪積層は一般に厚く、霞ヶ浦沿岸・利根川沿岸・鬼怒川中・下流沿岸などでは少なくとも100m以上であるが、北方の南那珂台地・筑波山塊、東方の銚子半島、南方の房総半島、北西方の鬼怒川上流など第三紀以前の基盤岩の露出している方向に向かってそれぞれ薄くなっている。関東平野全域についてみれば、南部および西部では第三紀層から洪積層までの地層が見事な単斜構造をなして、いわゆる関東構造盆地の中央部、すなわち利根川中流域に向かって緩やかな傾斜で下がっているため、利根川沿岸はちょうど関東構造盆地の東西方向の向斜軸の部分にあたっている。また銚子半島では第三紀層から洪積層に至る地層が西方に向かって緩傾斜をしていることが知られている。この銚子半島と那珂湊付近とを結んで、北浦沿岸には西方の霞ヶ浦西岸よりも僅かに下位の地層(洪積層)の露出が報ぜられ、また地形的に霞ヶ浦西岸地域の台地高度が、一般に25~30mであるのに対して、



第1図 調査地域図

## 1. 緒言

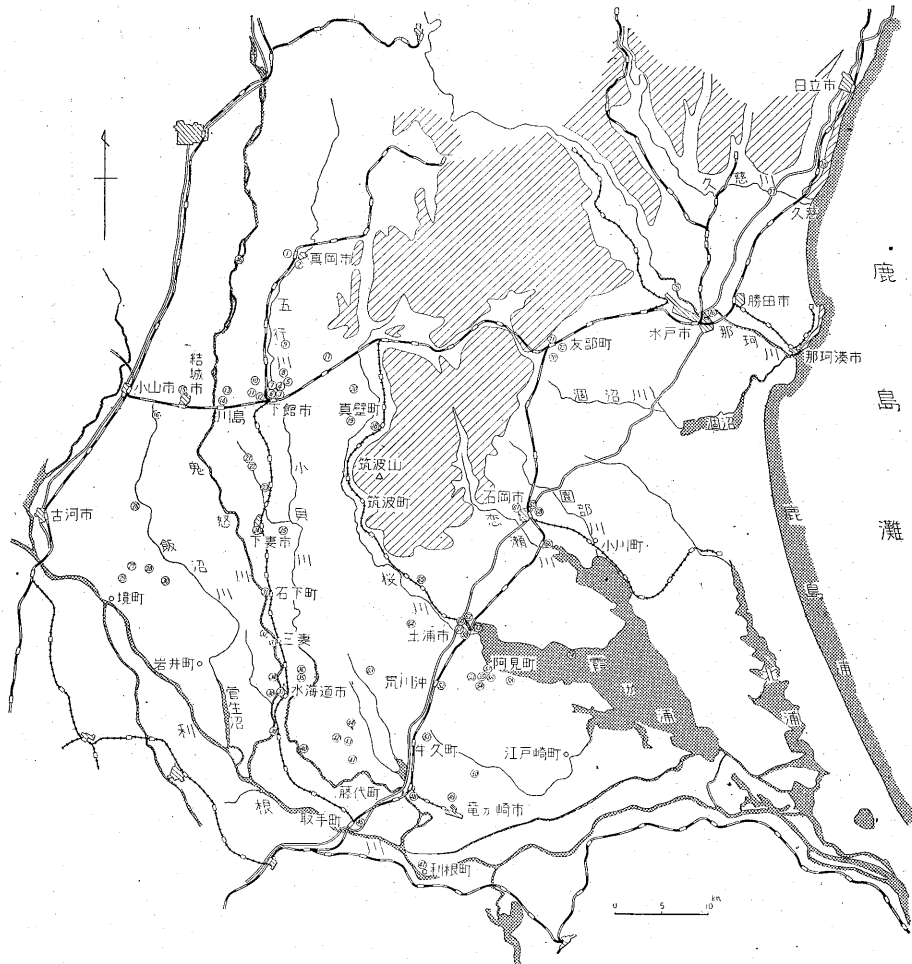
関東平野東部地域工業用水源調査の一環として、鬼怒川および小貝川の中・下流沿岸、利根川中・下流沿岸、霞ヶ浦沿岸、那珂川および久慈川下流沿岸などを含む、主として茨城県地域の地下水域調査を行なった(第1図)。この調査は昭和34年5月から7月までの延べ約30日間にわたって行なわれた。そのうち北部の常陸工業地帯の主として工場調査については蔵田延男と小西泰次郎が、西南部の地域調査については安藤武(水質)・木野義人(水理)・岸和男(水理)が、霞ヶ浦工業地帯を含む中・南部の地域調査については木野義人(水理)・森和雄(水理)・永井茂(水質)がそれぞれ担当して行なった。水理・水質を主とする地域調査は、那珂川以北・北浦沿岸および利根川河口付近を除いて、茨城県平野部のほとんど過半部を占める広域に及んでおり、したがって調査結果

北浦沿岸の台地高度が40mに達している事実から、ここにも緩やかな隆起帯が存在する可能性がある。また鬼怒川沿岸では地形的に上流側が高まるにしたがつて地層も緩やかな上昇勾配を示している。このように本調査地域の洪積層は、関東構造盆地の一部をなしているので、そのなかに含まれる被圧面地下水の水利的・水質的な賦存状態は、大局的には関東構造盆地を中心とする関東全域の地質構造と、その反映である地形とに支配されているものと思われる。

台地を形成する洪積層が砂層に富み、かなり著しい砂礫層を伴い、かつ最上部に浸透率の大きいローム層を載せている反面、洪積層上層部に連続する粘土層に乏しいという事実は、洪積台地上の雨水がローム層を経て容易に深部に浸透しうること、および高度差によって生じる水頭圧によって、台地中の地下水が沖積低地に向かつて

移動しやすい状態になっていることなど、台地中の地下水水利の基本をある程度示唆している。また筑波山塊など基盤岩の露出している山麓部の洪積層は、その基底部に粗大な砂礫を伴っていることが多いので、山地の雨水は容易にその基底砂礫層中に浸透して圧力勾配に従って平野の中央部へ流動することが考えられる。

次に、利根川・鬼怒川・那珂川・久慈川その他多数の河川は上述の洪積台地を開析して沿岸に沖積層を新たに堆積し、一般に狭長な沖積低地を形成している。沖積層の厚さは洪積層に比較してかなり薄く、10~50mと思われる。また沖積層は一般に粘土層に富んでいるので、下位の洪積層中の地下水に対しては被圧層となる一方、上位の地表水に対しては、不透水層をなしていることが多いと考えられる。したがって沖積低地帯の存在は、基盤岩からなる筑波山塊の突出した存在とともに、この調



第2図 調査対象主要水源井および試料採取地点一覽図  
(位置番号は第1~3表共通)

第1表 被圧面地下水利用

位置 番号	名 称	所 在 地	用 水 取 得 量			用 途
			総 量	表流水	地下水	
1	仙波糖化工業K. K.	真岡市台町 (栃木県)	660	515	145	工 業
4	茨城製紙K. K. 下館工場	下館市下館	1,100	—	—	〃
13	K. K. 日立製作所下館分工場	〃 川島	3,000		3,000	〃
14	日本コンクリートK. K. 川島工場	〃 〃	260		260	〃
15	鐘淵蚕糸K. K. 結城工場	結城市結城	540		540	〃
17	大和西土地改良区用水組合	真壁郡大和村古那	5,800		5,800	農 業
19	上西郷谷用水組合	〃 明野町上西郷谷	5,400		5,400	〃
20	矢貝東部用水組合	〃 協和村大塚新田	2,500		2,500	〃
23	神明用水組合	下妻市忠左衛門新田	3,600		3,600	〃
27	蛇池深井戸揚水利用組合	猿島郡境町蛇池	7,000		7,000	〃
28	猿島町東部水利組合	〃 猿島町喜五郎	2,700		2,700	〃
29	枇杷砂用水利用組合	〃 境町上小橋	2,200		2,200	〃
30	生子菅ノ谷土地改良区用水組合	〃 猿島町菅ノ谷	5,400		5,400	〃
34	高砂製紙K. K. 茨城工場	水海道市豊岡町名塚	2,190	2,175	15	工 業
38	豊岡南部用水組合	〃 〃 砂原	3,600		3,600	農 業
39	小絹地区簡易水道	筑波郡谷和原村小絹	800		800	上水道
42	伊奈村簡易水道	〃 伊奈村板橋	420		420	〃
43	取手ゴルフ場	〃	—		—	雑 用
44	筑波ゴルフ場	〃 〃 高岡	—		—	〃
47	利根町簡易水道	北相馬郡利根町布川	700	480	220	上水道
49	東洋運搬機K. K. 竜ヶ崎工場	竜ヶ崎市	162		162	工 業
50	竜ヶ崎ゴルフ場	〃 泉町	1,300~ 1,900		1,300~ 1,900	雑 用
51	神谷酒造K. K. 牛久工場	稲敷郡牛久町柏田	4~175		4~175	工 業
52	日立セメント製品工業K. K. 土浦工場	土浦市荒川沖	60		60	〃
54	東洋精機K. K.	稲敷郡阿見町阿見	40		40	〃
55	協和醸酵工業K. K. 土浦工場	〃	600~ 1,350		max 550 1,800	〃
56	日本資糧工業K. K. 茨城工場	〃	2,000		2,000	〃
58	日興酸素K. K. 土浦工場	〃 〃 舟島	1,150		1,150	〃
59	土浦製水K. K.	土浦市三好町	300		300	〃
62	中川ヒューム管工業K. K. 土浦工場	〃 真鍋町	300		300	〃
64	東岡普通畑改善施設	新治郡桜村東岡	730		730	農 業
65	藤沢土地改良区	〃 新治村高岡	2,500		2,500	〃

状 況 一 覧 図

(位置番号は第2図参照)

井戸番号	作井年月	井戸深度 (m)	井戸口径 (in)	自然水位 (m)	揚水水位 (m)	揚水量 (m <sup>3</sup> /h)	備 考
1	昭, 24	100	8	17	25	18	
1	昭, 21	79	8	自噴	—	—	
1	昭, 32, 11	92	10	3.5	15	132	1日置運転
2	昭, 32, 12	91	10	3.5	9	150	
1	昭, 28, 6	76	8~6	3	9	50	
2	昭, 33, 10	94	8~5	4	14	38	
1	昭, 34, 3	30	5	7	—	(22.6)	
1	昭, 30, 4	76	12	—	—	—	
1	昭, 24	93	12	12	—	—	
1	昭, 24, 10	64	12	9	30	100	
1	昭, 24	110	12	11	25	150	
1	昭, 24, 2	92	12	7	—	290	
1	昭, 18	82	10	3	—	110	
1	昭, 24	91	10	6	—	90	
1	—	91	12	—	—	—	
1	昭, 33, 10	70	2.5	—	—	—	調査当時未使用
2	昭, 34, 6	110	12	10	—	—	
1	昭, 24	142	10	6	—	150	
1	昭, 34, 3	91	8	8.5	17	—	
1	昭, 32	100	12	10	30	—	
1	—	91	6	—	—	—	
1	昭, 34, 3	91	10	10	22.5	46	調査当時未使用
1	昭, 33, 3	91	—	—	—	—	
1	昭, 14	250?	—	—	—	—	
1	昭, 33, 1	97	12	13	27	90	
1	昭, 23	60	2	9	17.5	—	
1	昭, 32	50	3	—	—	—	
1	昭, 28	30	6	—	—	20	
1	昭, 22, 9	91	12	—	26/145m <sup>3</sup> /h	—	
2	昭, 32, 8	152	10	—	17/33m <sup>3</sup> /h	—	
1	—	91	12	—	—	55	
2	昭, 31, 10	85	12	14.5	23/90m <sup>3</sup> /h	90	
1	昭, 26, 7	68	2.5	7.5	12	48	
1	大, 11	36	2	3	—	—	
2	大, 11	73	4	2.5	3.6	—	
1	昭, 30, 8	81	6	1	1.5	7	
1	昭, 32, 11	76	—	—	—	—	
1	昭, 25	91	12	21	27	100	

位置 番号	名 称	所 在 地	用 水 取 得 量			用 途
			総 量	表流水	地下水	
66	(合) 広瀬商店	石岡市高浜	360~460		360~460	工 業
67	神栄製糸K. K. 石岡工場	〃 国分町	1,000		270 730	〃
68	東京通産局石岡アルコール工場	〃 泉町	2,500		2,500	〃
69	筑波乳業K. K.	〃 石岡	700		70 630	〃
70	日立炭素工業K. K. 友部工場	西茨城郡友部町平	230		215 15	〃
71	日本専売公社友部工場	〃 〃 友部	40~50		40~50	〃
72	県立中央病院	〃 〃 西飯田	270		270	生 活

査地域の地下水の賦存状態をかなり複雑化しているものと思われる。

### 3. 地下水の利用状況

この調査地域において地下水の利用は、畑地かんがいなど農業用水としては盛んであるが、工業用には一般にまだ充分開発されていない。とくに常陸工業地帯を含む北部地区は、地下水の主要帯水層である洪積層の厚さが著しく薄くなっているため、地下水への依存度は低く、その大部分を那珂川・久慈川などの表流水に求めている実情にある。この調査地域の主要水源井における揚水概況を一括して第1表に示す。なお以下調査地域を便宜的に西南部地域・中南部地域および北部地域の3地域に分けてそれぞれ調査結果をとりまとめた。

#### 3.1 西南部地域

主として筑波山塊以西の地域で、下館市・結城市・下妻市・水海道市のほか、真壁郡・結城郡・猿島郡・筑波郡・北相馬郡などに属する町村を含み、さらに栃木県真岡市なども併せている。

##### 3.1.1 下館市付近

下館市付近では深度20~30m以深に有力な被圧面地下水があり、工場・事業場その他諸施設・家庭用などに自噴井として利用されている。それら被圧面井戸の深度は一般に30~60mで、ときに100m前後のものもみられる。揚水量としては川島地区におけるK. K. 日立製作所下館分工場の3,000 m<sup>3</sup>/dayが最大で、これに次ぐのが、同じく川島地区の日本コンクリート工業K. K. 川島工場の260 m<sup>3</sup>/dayである。下館市街地東部の茨城製紙K. K. 下館工場では、約1,000 m<sup>3</sup>/dayの水を使用しているが、これは大部分が五行川表流水である。その他市内の製菓工場など中小企業の揚水量は1カ所当り数 m<sup>3</sup>/day

ないし数10 m<sup>3</sup>/dayの程度にすぎない。

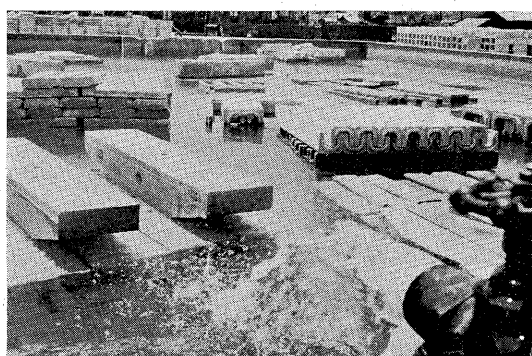
下館市付近の沖積低地の自噴井はほとんど深度30~60mの被圧面地下水を利用しているので、この深度に相当する帯水層から大量揚水を行なうときは、干渉によってそれらの自噴を停止させるおそれがあるので、市街地付近における工業用その他の大量揚水のためには、少なくとも、100 m以深に収水層を求めることが必要である。

しかし西部の川島地区は鬼怒川の自然堤防上にあり、下館市街地付近の沖積低地より数m高所にあるので自噴井は存在しない。しかし揚水水位約10m(水位降下量約5 m)で3,000 m<sup>3</sup>/day以上の揚水実績がある。また水質は第2表で明らかのようにきわめて良質である。したがって川島地区は下館市付近における最も有望な用水型工場の立地可能地とみなしてよい。この地区において現在確認されている有力な帯水層は深度50~90 m間の砂礫層である。



図版 1 下館市付近における自噴井  
深度約30m, 自噴量約70l/min, 水温16°C  
(夏期), 水量もきわめて優れている。

井戸番号	作井年月	井戸深度 (m)	井戸口径 (in)	自然水位 (m)	揚水水位 (m)	揚水量 (m <sup>3</sup> /h)	備 考
2	昭, 28	80	—	自噴	5	15	
1	昭, 22	60	6	18	—	19	
2	昭, 34, 6	75	8	—	—	36	
1	昭, 12, 10	95	8	—	—	—	
2	昭, 12, 10	95	8	—	—	76	
1	昭, 24, 9	60	5	12	—	9	
2	昭, 29, 4	76	8	12	—	36	
1	—	42	8	7.5	—	—	
2	昭, 29	30	6	—	—	—	
1	昭, 23, 10	34	8	—	—	15	
1	昭, 31	60	—	—	—	—	
2	昭, 32, 8	48	10	5	30	22	



図版 2 下館透水帯の被圧面地下水の利用状況  
下館市川島地区のコンクリート工場における  
製品の養生

### 3.1.2 結城市付近

水戸線沿線から沖積低地沿いに南方に向かって自噴井が分布し、下館市西部川島地区における深度 50~90m の帯水層に相当すると思われる被圧地下水が、主として家庭用に利用されている。しかし結城市街地は北方から延びている台地の末端部にあたるので自噴井はみられない。本地区における工業用水のおもなものとしては、僅かに鐘淵蚕糸 K. K. 結城工場において深度 30m の井戸から約 550 m<sup>3</sup>/day 程度の地下水が揚水されているにすぎない。結城市地区の被圧地下水は下館市地区と同様良好である。

### 3.1.3 真岡市付近

真岡市付近には自噴井はほとんど認められないが、最近かなり多数のさく井が行なわれ、深度 15~60 m までの帯水層の被圧地下水が利用されている。しかし工業用水としては僅かに仙波糖化工業 K. K. で深度 40~60 m の帯水層から 145 m<sup>3</sup>/day 程度の揚水が行なわれてい

るにすぎない (同工場ではそのほか数 100 m<sup>3</sup>/day の表流水を使用している)。この地区の水質は比較的良好である。しかしさく井資料によれば、揚水に伴う水位降下量は下館市川島地区に較べてかなり大きいことが注目される。

### 3.1.4 真壁町およびその周辺部

真壁郡に属する真壁町・大和村・協和村・明野町など筑波山東北麓には工業用水として利用されている井戸はほとんどなく、その代り農業用水として最近主要なものだけで 10 本以上のさく井が行なわれている。その代表的なものは第 1 表に掲げたが、かんがい需要期における揚水量は全部で 10,000 m<sup>3</sup>/day 以上にのぼっているものと推定される。井戸の深度は下館市付近に較べてかなり深く、明野町の一部にある 20~30 m のものを除いては 50~130 m に及んでいる。大和村古那および明野町上西郷谷のかんがい用水源井の実例から推すと、水質は下館市付近よりもすぐれ、水量もかなり豊富であると思われる。

### 3.1.5 下妻市付近

下妻市付近にもみるべき工業はないが、学校・農業用などにかんがいのさく井が行なわれており、深度は一般に 30~70m である。これらのうち東北部の小貝川沿岸低地帯の被圧地下水は深度 50~70m の帯水層中に含まれ、下館市付近の深度 30~70 m の帯水層に相当するものと思われる。水質は下館市付近から南下するにつれて漸次低下しているが、同市東部以南の深度はほとんど 40m 以下となり、水質も不規則な分布状態を示すようになる。一方関城町旧河内村を中心とする洪積台地を開析する沖積谷中には 15~20 本のかんがい用自噴井があるが、水質は下館市方面および下妻市付近の小貝川沿岸低地帯のもの

のとほとんど関係が認められず、水比抵抗はかなり高い値を示している。台地中に涵養された独立的な地下水が被圧されたものと思われる。そのうち下妻市北部の忠左衛門新田にある神明用水組合のかんがい用水源井は、深度約110mに達しているが、主要収水層は40~60mであり、台地面の比高約15mを差引くと小貝川沿岸低地面からの深度は25~45mで、下館市方面から連続する一連の帯水層と異なり、むしろ下妻市東部以南の被圧地下水帯水層に対比される。しかし、水質は開析谷中の自噴井群のそれに類似し、東部以南の小貝川沿岸低地帯のものよりかなり良質である。したがってこの地下水も台地自体に涵養された良質の地下水が強く影響しているものと思われる。なお神明用水組合水源井は夏期かんがい期には揚水量3,600 m<sup>3</sup>/dayに達している。

### 3.1.6 鬼怒川西岸地区

鬼怒川西岸一帯は宇都宮・小山方面から南南東に延びる台地が発達し、そのなかを北北西から南南東に向かつて多数の小河川が楢の歯のように流れ、沿岸に狭長な沖積谷が開析されている。この地区には猿島町・境町・岩井町などが含まれるが、工業用水としてみるべきものはない。しかし近年農業用水として多数のさく井が行なわれ、第1表に示したようにかんがい期における揚水量はかなりの量になっている。また飯沼川沿岸など沖積谷中には古くから掘抜井戸が発達し、多くは自噴井として家庭用・かんがい用に利用されている。これらのうち沖積谷中の掘抜井戸は深度10~60mであるが、近年のさく井にかゝる農業用深井戸は一般に90m前後である。飯沼川沿岸低地帯の掘抜井戸群の水質から判断すると、鬼怒川に近づくほど水質は悪くなる傾向がある。

### 3.1.7 水海道市およびその周辺部

水海道市における工業用水としては、鬼怒川畔にある高砂製紙K.K. 茨城工場において約2,000 m<sup>3</sup>/dayが使用されているにすぎず、しかもその大部分は調査当時鬼怒川表流水に依存し、地下水は深度70mの井戸から僅かに15m<sup>3</sup>/dayを揚水しているにすぎなかつた。しかし同工場では新たに深度110mの井戸を新設中であつたので、今後地下水の依存度は増加する見込みである。

水海道市付近にも近年農業用をはじめ公共施設・事業場などのさく井が多数行なわれ、水海道市・石下町・守谷町およびそれらの隣接部を併せて60カ所以上に達している。その代表的なものは第1表に示すとおりで、それらの深度は一般に50~100mである。そのほか小貝川沿岸低地帯には一般家庭用として古くから多くの掘抜井戸が発達し、それらの深度は一般に30~60mで、とくに50m前後のものが多い。小貝川沿岸低地帯における被

圧地下水の帯水層は、深度30m前後と50m付近とにあるが、前者は鉄分を多く含んでいるので、大多数は50m付近の帯水層を利用している。

水質は一般に悪く、とくに水海道市北部の三妻付近一中妻付近・同市南方の谷和原村の一部、伊奈村西南部などは水比抵抗は2,000 Ω-cm以下となり、第2表の水質一覧に示すとおり多量のHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>を含んでいる。しかし北東側の洪積台地に近づくると水質は良くなり、水比抵抗値は7,000 Ω-cm以上を示している。

### 3.2 中・南部地域

主として利根川下流沿岸および霞ヶ浦沿岸地域で、土浦市・石岡市・竜ヶ崎市のほか北相馬郡・稲敷郡・筑波郡・新治郡・東茨城郡・西茨城郡などに属する多数の町村を含んでいる。

#### 3.2.1 竜ヶ崎市およびその周辺部

本地区には竜ヶ崎市のほか取手町・利根町・藤代町などが含まれるが、工業用水としておもなものは、僅かに竜ヶ崎市域の常陸台地南縁にある東洋運搬機K.K. 竜ヶ崎工場で、約160 m<sup>3</sup>/day程度が揚水されているにすぎない。井戸の深度は250mといわれている。

小貝川下流および利根川沿岸低地帯では深度30~60mの被圧地下水が最も広く利用されている。水質は利根川畔に近づくると非常に悪化し、利根町ではHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>を200ppm以上、Cl<sup>-</sup>を80ppm以上も含んでいる。しかし常陸台地に近づくると次第に良くなり、上記の東洋運搬機K.K. ではHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>が70ppm、Cl<sup>-</sup>が8ppm程度となつている。

竜ヶ崎市北部の常陸台地にも最近農業用などの井戸が掘られている。

#### 3.2.2 土浦市およびその周辺地域

いわゆる霞ヶ浦工業地帯の中心に当たる土浦市・阿見町などには本県としては比較的工場が密集し、その他の諸施設を合わせると単位面積当りの揚水量は軽視できない状態になっている。すなわち現在工業その他の用水はすべて地下水に依存しているが、土浦市および阿見町における工業用水揚水量は調査対象となつた主要工場のみで、5,000 m<sup>3</sup>/dayを超えている。ことに阿見町阿見地区では工業用以外の分も合わせると1km<sup>2</sup>当り約700 m<sup>3</sup>/dayの揚水量となる。この地区は常陸台地上にあるので、地下水は主として雨水の地表からの直接浸透によつて供給されると考えられる。この地区の平均年間雨量は1km<sup>2</sup>当り100~120万m<sup>3</sup>と算定され、そのうち被圧面地下水となりうる量はその一部と考えられるので、単位面積のみについて考えれば、台地としては揚水量はかなり大きなものといえる。現在のところ周囲はまだ空地や緑地



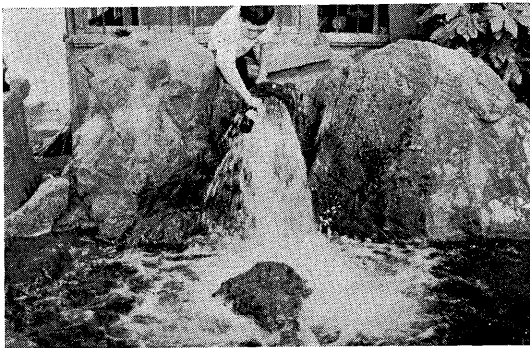
が多いので、それほど切迫しているとは思えないが、この地区の開発に当っては揚水井の適正配置を行なうとともに、工場その他諸施設の占める面積に対して十分な緑地帯を配備する必要がある。

阿見地区の台地では主として深度 20~40 m と 60~80 m の帯水層が利用され、一部に 85 m 以深、150 m までの帯水層が利用されている。水質は低地帯に比較してかなり良好であるが、他の台地に較べるとやゝ劣っている。

土浦市街低地では俗に 100 間掘りと称して深度 200 m に近い自噴井があり、公共施設・家庭用などに利用されている。しかし水質は悪く、 $\text{HCO}_3^-$  が約 170 ppm、 $\text{Cl}^-$  が約 230 ppm に達する例がある。

また土浦市街地では 150m 以浅の被圧面地下水もほとんど自噴しており、自噴帯は桜川沿岸低地帯沿いに新治村区域にまで分布している。それらの深度は一般に 15~80 m である。

土浦市周辺の台地には最近かんがい用井戸がかなり多く掘られ、需要期における揚水量は軽視できない量にのぼっている(第 10 図参照)。



図版 3 土浦市村近の筑波山麓地帯にあるかんがい用水源井 深度約 100m、揚水量約 3,000 m<sup>3</sup>/day、常陸台地には深度 30~100m、揚水量 1,000 m<sup>3</sup>/day 以上のかんがい用井戸が発達している。

### 3.2.3 石岡市およびその周辺部

石岡市内には国営アルコール工場のほか数工場が被圧面地下水を利用しており、計約 5,000 m<sup>3</sup>/day が揚水されている。帯水層としては台地からの深度 30~50 m と 60~80 m のものが主として利用されている。霞ヶ浦に臨む高浜地区には深度 80m の井戸があり、沖積面上約 2 m まで自噴している。高浜から恋瀬川沿岸低地帯は、土浦市における桜川沿岸と同様に自噴帯となっており、井戸の深度は一般に 20~60 m である。石岡市付近の被圧面地下水の水質は一般に良好である。水量も国営アルコール工場の揚水量 2,500 m<sup>3</sup>/day から推定するとかなり豊富であると思われる。

小川町付近の園部川沿岸低地帯にも深度 30 m 前後の自噴井が発達し、一般家庭用に供されている。また小川町東北部の百里ヶ原台地では、最近農業用水井が多く掘さくされている。深度 60~80m で、一井当り 2,000m<sup>3</sup>/day 以上の揚水量をえている。

### 3.2.4 水戸市およびその周辺部

水戸市における工業用水としてはほとんどみるべきものがなく、僅かに 2, 3 カ所で深度 10 m 以内の自由面地下水を利用しているのを認めたにすぎない。一般にも地下水としてはほとんど自由面地下水が利用されており、被圧面地下水に関する資料はえられなかつた。

しかし水戸市南部の旧吉田村付近の台地では、かつて深度 90 m、収水層 30~50 m および 60~70 m の井戸によつて 2,000 m<sup>3</sup>/day 以上の揚水が行なわれた記録がある。

友部町では専売公社友部工場など工業用として計 250 m<sup>3</sup>/day 程度が揚水されている。

しかし水戸市・友部町などを含むこの地区も、工業用としてよりむしろ農業用としての地下水利用が顕著である。岩間町では農業用水井の揚水量は主要なものだけで 5,000 m<sup>3</sup>/day に達している。井戸の深度は常磐線沿線では 30~40 m であるが、東南東方へ向かつて次第に深くなり、陸前浜街道沿線では 70~90 m に達している。溜沼川沿岸沖積低地帯には被圧面地下水が存在し、深度 30m 前後で自噴している。

次に那珂川沿岸低地帯では被圧面地下水はほとんどみられず、深度数 m の自由面地下水がもつぱら利用されている。那珂川の表流水が伏没している形跡はなく、水質は悪い。とくに那珂川河口および溜沼川沿岸では塩水が混入していると思われるところもある。

## 4. 西南部地域の水質

この地域の深井戸および掘抜井戸を主とし、測点 240 点のなかで代表的なもの 43 点を採水して分析した結果は第 2 表のとおりである。被圧面井戸 41 点 (浅い被圧面井戸数点を含む)、自由面井戸 1 点 (No. 7)、表流水 1 点 (No. 46) である。採水地点は第 2 図に示したとおりである。水質分析は採水地域の被圧面地下水の成分量とその質的組成を表現している。これらの分析試料は地下水の供給状況・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・深度を選んで採水した。

### 4.1 一般的特徴

栃木県真岡市一次城県下館市一結城市一小山市一真壁町一下妻市など西部地域の被圧面地下水は低い電気伝導度を示す。すなわち溶存成分量の少ない概して良質の地

第2表 西南部地

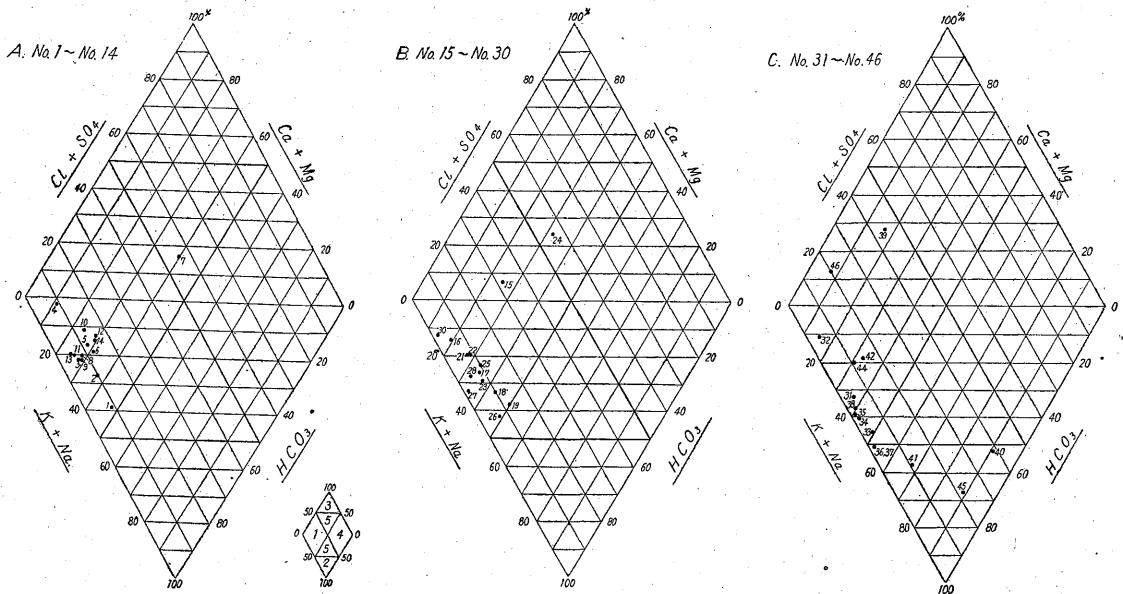
位置番号	名称	所在地	用途	井戸深度 (m)	収水層位置 (m)	水温 (°C)	電気伝導度 (μmS/cm)	pH	RpH
1	仙波糖化工業K. K.	真岡市台町(栃木県)	工業	100	38.7~42.0 52.0~59.0 87.8~91.5	16.5	122	6.8	7.0
2	真岡女子高校	真岡市 (〃)	生活	61	27.2~31.6 51.0~60.0	—	102	7.0	7.2
3	下館製菓K. K.	下館市下館	工業	24		16.8	103	7.0	7.2
4	茨城製紙K. K. 下館工場	〃 〃	〃	79		16.0	122	6.8	7.2
5	常陽木工K. K.	〃 〃	生活	109		17.4	109	7.0	7.2
6	日向野製菓K. K.	〃 〃	工業	51		15.4	135	7.3	7.4
7	松屋	〃 〃	生活	7		18.5	385	6.3	6.8
8	下館市竹島小学校	〃 稲野辺	〃	54		15.8	106	7.0	7.2
9	〃 麦ノ内民家	〃 麦ノ内	〃	50		15.4	91	7.0	7.2
10	〃 谷中 〃	〃 谷中	〃	36		15.6	95	7.1	7.3
11	〃 伊讚小学校	〃 西谷貝	〃	33		15.8	100	7.0	7.3
12	〃 菅ノ谷民家	〃 菅ノ谷	〃	50		15.8	106	7.0	7.3
13	K. K. 日立製作所下館分工場	〃 川島	工業	91	66~84	16.6	117	7.1	7.3
14	日本コンクリート工業K. K. 川島工場	〃 〃	〃	94	57~60 71~87	16.8	106	7.1	7.3
15	鐘淵蚕糸K. K. 結城工場	結城市結城	〃	35	16.5~33.0	15.6	116	6.6	6.9
16	結城市小田林灌漑井戸	〃 小田林	農業	58		16.4	100	7.1	7.3
17	大和西土地改良区用水組合	真壁郡大和村古那	〃	77	10.4~22.4 55.2~62.7 76.0~77.0	15.3	87	6.8	7.0
18	村井醸造K. K.	〃 真壁町真壁	工業	40		15.5	135	7.0	7.4
19	上西郷谷用水組合	〃 明野町上西郷谷	農業	94	14.0~16.3 22.7~27.8 30.3~87.2 89.4~93.7	16.4	125	6.8	7.1
21	関城町灌漑井戸	〃 関城町河内	〃	40		16.2	102	7.1	7.3
22	〃	〃 〃	〃	50		15.7	114	7.4	7.4
23	神明用水組合	下妻市忠左衛門新田	〃	106	41.0~52.0 57.5~61.0 86.5~98.5	16.4	120	7.4	7.6
24	下妻市下妻小学校	〃 下妻	生活	40	36.0~40.0	16.7	370	6.1	6.5
25	〃 豊加美小学校	〃 加養	〃	38	32.0~36.0	16.1	162	7.5	7.7
26	三和村諸川某醸造工場	猿島郡三和村諸川	工業	272	最下層	18.0	122	6.8	7.2
27	蛇池深井戸揚水利用組合	〃 境町蛇池	農業	92	49.8~59.0 63.6~69.7 73.3~75.8	16.6	228	7.5	7.8
28	猿島町東部水利組合	〃 猿島町喜五郎	〃	82		15.8	169	7.4	7.6
30	生子菅ノ谷土地改良区用水組合	〃 〃 菅ノ谷	〃	91	35.0~53.0	16.0	250	7.4	8.0
31	石下公民館	結城市石下町石下	生活	50	46.5~48.0	15.8	212	7.4	7.6
32	花島給水組合	水海道市花島	上水道	51		15.8	500	7.5	7.9
33	五家給水組合	〃 五家	〃	54		16.4	270	7.5	7.8
34	高砂製紙K. K. 茨城工場	〃 豊岡町名塚	工業	77	69.0~77.0	15.5	322	7.3	7.6

域 水 質 表

(位置番号は第2図参照)

free CO <sub>2</sub> (ppm)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	Cl <sup>-</sup> (ppm)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (ppm)	Ca <sup>2+</sup> (ppm)	Mg <sup>2+</sup> (ppm)	全硬度 (ドイツ ツ式)	KMnO <sub>4</sub> cons. (ppm)	Fe total (ppm)	SiO <sub>2</sub> (ppm)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (ppm)	P (ppm)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (ppm)	dis. O <sub>2</sub> (cc/l)	溶存酸 素飽和 度 (%)	備 考
9	69.6	4.2	0	7.3	3.6	1.85	8.2	0.37	39	0.20	0.16	0.05	—	—	
5	63.5	4.2	0	7.7	4.3	2.08	1.2	0.00	36	0.10	0.07	0.01	—	—	
1	61.0	2.1	0	8.6	4.3	2.19	8.3	1.71	31	0.45	0.27	0.16	0.66	9	
2	69.5	3.5	0	10.2	7.2	2.53	13.2	3.71	34	0.85	0.38	0.39	0.10	1	
2	61.0	2.1	4	9.4	4.3	2.30	2.5	2.86	29	0.76	0.15	0.00	0.50	7	自 噴
2	85.4	7.1	0	15.3	4.1	3.11	2.8	2.28	29	0.54	0.25	0.22	—	—	
11	101.3	49.6	32	26.5	10.9	6.21	2.1	0.57	23	0.46	0.11	0.01	—	—	
6	68.4	2.8	0	9.0	5.3	2.48	6.3	0.02	31	0.20	0.12	0.00	1.06	15	自 噴
4	58.6	2.1	0	8.1	4.1	2.08	2.8	0.00	30	0.08	0.09	0.13	3.82	54	
2	56.1	2.1	3	8.1	4.8	2.25	3.7	0.57	26	0.09	0.20	0.00	3.15	45	
3	58.6	2.1	0	8.5	4.0	2.13	3.7	0.28	28	0.09	0.17	0.00	2.85	41	
2	58.6	1.4	7	8.5	4.8	2.30	3.7	5.70	26	0.11	0.20	0.00	0.50	7	
2	73.2	2.8	0	12.8	3.9	2.71	2.1	0.57	26	0.21	0.14	0.07	1.74	26	
2	63.4	3.5	4	11.5	3.5	2.42	18.4	0.86	26	0.07	0.16	0.03	2.43	36	
7	46.4	2.1	14	9.4	4.5	2.36	2.5	0.28	34	1.52	0.17	0.01	1.64	23	
2	58.6	1.4	0	10.2	3.7	2.30	3.9	0.57	26	0.13	0.20	0.00	—	—	自 噴
10	57.4	2.8	0	7.3	3.8	1.90	4.4	0.61	35	0.14	0.09	0.00	0.40	6	
4	85.5	5.7	0	9.8	4.8	2.49	2.8	0.32	33	0.25	0.15	0.00	0.20	3	
5	81.8	6.4	0	9.0	3.8	2.13	14.5	0.52	35	1.09	0.21	0.00	0.10	1	
5	62.3	3.5	0	10.3	3.7	2.31	5.3	0.06	30	0.12	0.08	0.03	2.18	31	自 噴
8	72.0	4.2	0	12.0	4.2	2.65	9.4	0.11	34	0.55	0.10	0.00	0.20	3	自 噴
4	79.4	3.5	0	9.8	5.0	2.54	5.0	0.16	34	0.60	0.24	0.09	0.25	4	
11	70.8	53.8	0	19.6	10.0	5.07	1.6	0.00	37	0.32	0.02	0.00	1.28	18	
3	107.3	7.1	0	17.5	5.1	3.64	7.5	0.34	33	0.72	0.10	0.00	0.15	2	
10	70.8	2.8	0	6.8	3.4	1.73	9.4	0.14	37	0.22	0.39	0.60	—	—	
3	169.5	0.7	0	26.5	6.4	5.19	8.8	0.36	47	1.91	0.64	0.00	0.10	1	
7	119.6	3.5	0	17.1	6.6	3.92	4.4	0.65	33	2.08	0.36	0.00	0.20	2	
2	185.4	0.7	0	45.3	4.4	7.38	8.5	0.34	39	0.54	0.28	0.00	0.10	1	
7	152.5	2.8	0	17.6	9.3	4.62	5.7	0.35	33	1.92	0.37	0.00	0.60	8	
4	392.8	7.8	0	43.6	31.5	13.40	8.8	0.28	45	3.22	0.14	0.00	0.40	6	
3	192.8	2.8	0	17.6	9.3	4.49	6.6	0.19	44	1.95	0.33	0.00	0.25	3	
4	228.1	2.8	0	27.3	9.8	6.12	11.6	0.14	43	0.39	0.46	0.01	—	—	

位置番号	名称	所在地	用途	井戸深度 (m)	収水層位置 (m)	水温 (°C)	電気伝導度 (μΩ/cm)	pH	RpH
35	水海道市大生小学校	水海道市大生	生活	63		16.3	385	7.6	8.0
36	〃 大生中学校	〃	〃	53	48.0~52.5	16.1	312	7.4	7.8
37	諏訪町給水組合	〃 諏訪町	上水道	60	54.0~58.5	15.3	235	7.3	7.8
38	豊岡南部用水組合	〃 豊岡町砂原	農業	150	51.5~59.0 107.5~108.5 128.5~136.0	16.6	260	7.5	8.0
39	小絹地区簡易水道	筑波郡谷和原村小絹	上水道	91	ほゞ30, 60, 90付近	15.3	300	7.3	7.5
40	青木共同給水組合	〃 〃 青木	〃	73	68.0~73.0	16.7	588	7.9	8.0
41	中島共同給水組合	〃 伊奈村中島	〃	120	ほゞ45, 70, 100付近	16.4	130	7.4	7.5
42	伊奈村簡易水道	〃 〃 板橋	〃	100	ほゞ70, 100付近	15.5	90	7.0	7.2
44	筑波ゴルフ場	〃 〃	雑用	91	33.4~37.6 54.5~71.5	16.0	95	7.4	7.4
45	金門酒造K. K.	〃 〃 高岡	工業	65	60付近	16.4	340	7.6	7.9
46	鬼怒川表流水	真岡市鬼怒大橋 (栃木県)	—	—	—	19.2	103	7.0	7.1



- 1 carbonate hardness
- 2 carbonate alkali
- 3 noncarbonate hardness
- 4 noncarbonate alkali
- 5 以上4つの区分に属さないもの

第3図 地下水の水質を示す key diagram

free CO <sub>2</sub> (ppm)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	Cl <sup>-</sup> (ppm)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (ppm)	Ca <sup>2+</sup> (ppm)	Mg <sup>2+</sup> (ppm)	全硬度 (ドイツ式)	KMnO <sub>4</sub> cons. (ppm)	Fe total (ppm)	SiO <sub>2</sub> (ppm)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (ppm)	P (ppm)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (ppm)	dis. O <sub>2</sub> (cc/l)	溶存酸素飽和度 (%)	備考
2	286.7	2.1	0	29.0	16.8	7.96	6.3	0.15	41	2.80	0.10	0.01	0.20	2	
3	192.8	2.8	0	13.6	10.7	4.38	6.3	0.50	44	1.91	0.34	0.00	0.25	3	
2	169.5	1.4	0	12.8	8.7	3.80	20.5	0.18	53	2.19	0.40	0.00	—	—	
3	197.6	2.1	0	25.6	8.4	5.53	8.5	0.18	46	1.00	0.28	0.00	0.10	1	
2	104.9	49.6	0	37.6	8.6	7.26	6.3	0.08	38	0.39	0.05	0.23	—	—	
2	257.4	94.3	0	7.6	3.3	1.84	13.2	0.14	52	1.44	0.53	0.00	0.20	2	
5	83.0	5.7	0	3.9	3.6	1.38	8.8	0.45	34	0.69	1.01	0.00	0.50	7	
8	53.6	5.7	0	8.1	3.6	1.96	6.6	0.03	36	0.22	0.14	0.00	—	—	
3	57.4	4.2	0	10.7	2.5	2.08	3.1	0.00	29	0.07	0.18	0.00	1.34	19	
1	198.9	31.9	0	7.6	3.8	1.96	4.7	0.00	41	0.49	0.16	0.01	0.00	0	
3	37.8	5.7	0	10.7	2.5	2.08	3.4	0.00	17	0.05	0.00	0.04	—	—	

下水である。石下町と境町をほぼ東西に結ぶ地帯より南側の水海道市、およびその周辺から取手町に至る鬼怒川下流および小貝川沿岸の被圧面地下水は、地下水としてはかなり高い電気伝導度を示し、溶存成分が多い地下水となっている。被圧面地下水中の Cl<sup>-</sup> は、一部を除いては 7.0 ppm 以下、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> は一般に痕跡であり、水質組成は重炭酸塩を主としている。

4.1.1 Key diagram (第3図)

溶存成分量の多少とは無関係に地下水の主要塩類組成を表現したものである。汚染されたと考えられる自由面地下水あるいは浅い被圧面地下水 (No. 7, 15, 24 など)、または No. 39 のような例外を除いては一般に被圧面地下水はその 85~98% が重炭酸塩からなっている。しかも high carbonate hardness (HCO<sub>3</sub> 80%以上、

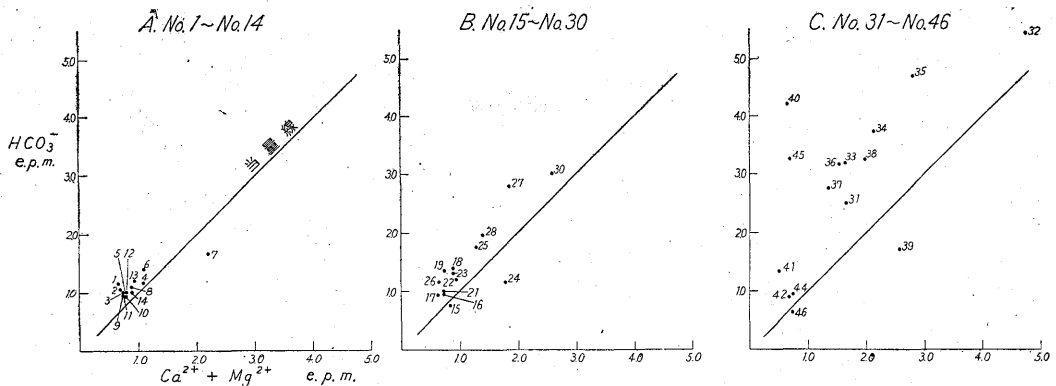
Ca+Mg 60%以上) の区分に属するものが大部分である。水海道市から取手町にかけての地帯では sodium bicarbonate が増加し、一部には carbonate alkali の区分に属する地下水が分布する。

4.1.2 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> と Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup> との関係 (第4図)

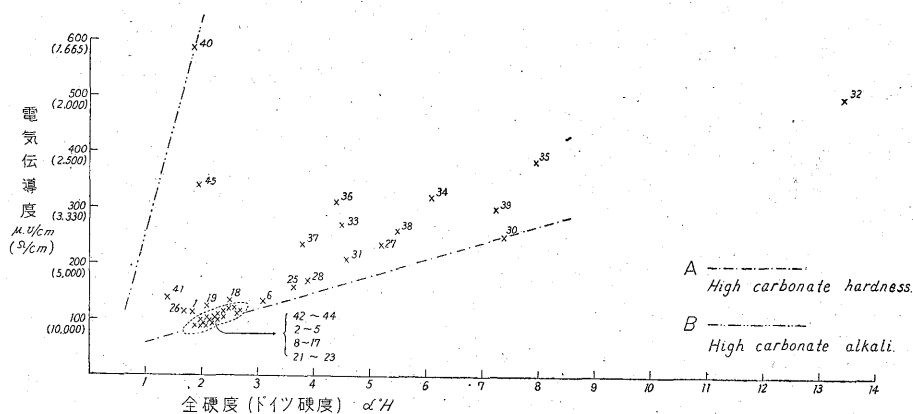
被圧面地下水は重炭酸塩を主としているから、重炭酸とアルカリ土類の関係はその溶存成分量と組成関係を表現している。すなわち被圧面地下水はいずれも当量線の上側にプロットされ、水の硬度は炭酸塩硬度のみからなっている。とくに No. 27~No. 41 の水海道付近停滞水域の地下水は著しく当量線の上側にプロットされ、一般に alkali carbonate の多いことを示している。

4.1.3 電気伝導度と硬度との関係 (第5図)

一定地域の水の電気伝導度と溶存成分量はほぼ一定の



第4図 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> と Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup> との関係 (No. は第1表参照)



第5図 電気伝導度と全硬度との関係

相関関係にある。すなわち電気伝導度 ( $\mu$ . mhs/cm) の値に 0.7~0.8 を乗ずるとはその固形成分総量とみなすことができる。したがって、電気伝導度と硬度の関係図で、 $\mu$ .  $\bar{v}$ /cm 値の大きいものほど溶存成分量の多い水であり、硬度の高いほどカルシウム・マグネシウムの多い水であり、同時にA線方向にかたよる水ほどその水質組成は carbonate hardness を主とする水である。B線方向にかたよる水ほど sodium bicarbonate あるいは alkali chloride が多くなっていることを示す。

4.1.4 各成分について

水温： 被圧面地下水の水温は 15.2~16.8°C で、一般に 16.0°C 内外である。

pH： 自由面地下水は一般に炭酸酸度を示すが、被圧面地下水の pH は一般に弱いアルカリ性に変じている。下館市方面では一般に 7.0~7.4 程度であるが、水海道市付近以南では 7.4~8.0 程度まで変化している。

free CO<sub>2</sub>： 自由面地下水では数 10 ppm に達していることが普通であるが、被圧面地下水中の遊離炭酸はきわめて少なく、一般に数 ppm である。

HCO<sub>3</sub>： 重炭酸は被圧面地下水の主要成分で、主として重炭酸土類として溶存する。水海道市付近以南では漸次重炭酸曹達が増加し、carbonate alkali の区分に属するような地下水まで分布する。下館市方面では 60~80 ppm 程度が普通である。下妻市以南では 100 ppm から多いものでは約 400 ppm に達するものまである。

Cl<sup>-</sup>： 塩素は一般に少なく数 ppm である。No. 7 および No. 24 の 50 ppm 内外は市街地の汚染に基因するものと思われる。No. 39 の 50 ppm, No. 40 の 94 ppm および No. 45 の 32 ppm は著しい例外である。これは井戸の性質上汚染によるものとは考え難く、停滞水域的な水質とともにこの地帯の地下水は地層堆積時代の塩水

の名残りを止めているのではないかと考えられる。

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>： 被圧面地下水中の硫酸根はほとんど不検出である。

Ca<sup>2+</sup> および Mg<sup>2+</sup> (硬度)： 下館市方面では全硬度 1.8~2.5°dH であるが、下妻市以南では 3.5~8.0°dH に達し、著しい例では 13.4°dH に及んでいるものがある。下妻市以南の地域でも、洪積台地の地下水は 2.0°dH 内外である。

KMnO<sub>4</sub> cons.： 水中の還元性物質、とくに有機物の含有量を暗示する。No. 1, 3, 4, 14, 19, 22, 25, 26, 27, 30, 32, 34, 37, 40, 41 など比較的多いものがある。

鉄： 別表のように鉄分の含まれる水が多い。No. 3, 4, 5, 6, 12 では 1 ppm を超える。No. 7, 10, 13, 14, 16, 17, 19, 28, 36, 41 では 0.5~1.0 ppm に達している。

SiO<sub>2</sub>： 被圧面地下水中の珪酸は表流水などより多いのが普通である。下館市方面では 26~40 ppm, 水海道市付近以南では 33~53 ppm 程度である。

NH<sub>4</sub><sup>+</sup>： アンモニアは一般に多い傾向が目立っている。とくに下妻市以南の地下水中に多く、No. 19, 27, 28, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 40 の例では別表のように 1 ppm 以上、最高 3.22ppm に達している。とくに No. 19, 27, 28, 32, 38 などのかんがい用深井戸の地下水中にアンモニアの多いことは注目される。たとえば猿島町東部用水組合の深井戸では NH<sub>4</sub><sup>+</sup>として 2.08 ppm に達し、これを NH<sub>4</sub>Cl とみなすと 7.93 = 8 ppm である。3,000 m<sup>3</sup>/day の揚水に対して約 24 kg の NH<sub>4</sub>Cl が含まれていることになる。

P： 磷は目立つて多いものはないが、0.1~0.6ppm 程度含まれるものが多い。

NO<sub>2</sub><sup>-</sup>： 亜硝酸は別表のように少ない。

その他：下妻市以南の被圧面地下水では一般に  $\text{CH}_4$  と考えられる遊離性ガスが含まれている。揚水される地下水中に微細な気泡として含まれ、揚水直後容易に遊離する。No. 27, 28, 30, 32, 35, 36, 38, 40, 41 などの井戸では 2~5cc/l の遊離ガスの溶存が認められる。

#### 4.2 地区別の特徴

##### 4.2.1 栃木県真岡市地区

この地区では砂利層の発達が顕著であり、沖積層中の帯水層から集水利用されている。水質は 100~125  $\mu\text{V}/\text{cm}$  の電気伝導度を示し、良質の地下水が比較的豊富に得られている。代表的な水質は No. 1, 2, に示したとおりである。

##### 4.2.2 茨城県下館市およびその周辺

この地帯の代表的な水質は No. 3~14 に示したとおりである。自由面地下水は一般に溶存成分が多く、かつ汚染された傾向が認められるものが多い。その一例は No. 7 に示したとおりである。被圧面地下水は 90~135  $\mu\text{V}/\text{cm}$  の電気伝導度を示し、概して良質の地下水が多い。下館市街地からその東側にかけては No. 3, 4, 5, 6, 12 に示したように、比較的鉄分の多い地下水が分布することは注目される。下館市の西側谷中—西谷貝—菅ノ谷にかけては 25~250  $\text{m}^3/\text{day}$  の自噴力をもった被圧面井戸が分布し、この付近では 35~70 m の間に 2 層の顕著な砂利層が発達する。これらの地下水は溶存酸素飽和度が 40~55% に達しており、透水度の比較的大きい被圧面地下水の存在を示している。下館市の西部鬼怒川沿いの小川—川島地区にかけては顕著な玉石混りの砂利層が発達し、No. 13, 14 に示したとおり良質の地下水が多量に得られる。溶存酸素飽和度は 25~35% に達している。

下館市—結城市—小山市を結ぶ地域は砂利層の発達が著しく、有力な被圧面地下水を賦存する。全硬度は 2.5°dH 以下で一般に良質の地下水であるが、ときとして鉄、 $\text{KMnO}_4$  cons. の比較的多いことがある。

##### 4.2.3 真壁町およびその周辺

真壁町の 40 m 層の水質は No. 18 に示したとおり、全硬度の 2.5°dH の bicarbonate 質の概して良質の地下水である。大和村西北部のかんがい用深井戸の水質は No. 17 に示したとおり、電気伝導度は 87  $\mu\text{V}/\text{cm}$ 、全硬度は 1.9°dH にすぎない台地系地下水の性質を表わしている良質の地下水である。大和村地内では 70~80 m で基盤の花崗岩に達している。真壁町上西郷谷地区のかんがい用深井戸の水質は No. 19 に示したとおり、電気伝導度 125  $\mu\text{V}/\text{cm}$ 、全硬度 2.1°dH の概して良質の地下水であるが、carbonate hardness と carbonate alkali の比は

1 : 1 である。なおその特徴として  $\text{KMnO}_4$  cons. が多く、またアンモニアが多い。

##### 4.2.4 下妻市およびその周辺

下館市—下妻市間の水質は No. 21~23 に示したとおり、全硬度 2.3~2.7°dH 程度の high carbonate hardness の良質の地下水である。No. 23 はかんがい用深井戸の水質を示しているが、40~50 m と 60 m 付近の砂利層および 90~100 m の砂層から集水しているもので、この地帯の地下水の性質を代表している。下妻市を境として北側と南側とでは水質上大きく 2 大別される地区的特徴が示されている。

下妻市街地区の浅井戸は著しく水質が悪い。この自由面地下水は No. 24 に示したとおり、40 m 付近の砂利層の水質にまで影響している。

##### 4.2.5 猿島郡境町—猿島町地区

この地域のかんがい用深井戸の水質は No. 27~30 に示したとおりである。炭酸塩硬度を増した high carbonate hardness の地下水で、全硬度は 4.0~7.4°dH に達している。特徴としてアンモニアの多いのが目立っている。 $\text{NH}_4^+$  として蛇池深井戸で 1.9 ppm、喜五郎深井戸で 2.1 ppm に達している。この地域の地下水には水海道市付近と同じように遊離性ガスが溶存している。帯水層は砂利層を主とし、地下水は豊富である。

##### 4.2.6 水海道市およびその周辺

代表的な水質は No. 30~45 に示したとおりである。石下町—水海道市—取手町地域の地下水は一般に著しく水質悪く、溶存成分が多くなっている。一般に炭酸塩硬度を増加し、high carbonate hardness の性質を示し、全硬度は 4~8°dH を示し、著しい例では 15.3°dH に達するものがある。なお炭酸塩の増加とともに重炭酸曹達の増加しているものがある。No. 36, 37, 40, 41, 45 に示したとおり、水海道市の一部から伊奈村—取手町にかけては carbonate alkali の区分に属する地下水が分布する。そのほかアンモニア、 $\text{KMnO}_4$  cons. の多い傾向が認められ、また一般に遊離性ガスを溶存している。 $\text{NH}_4^+$  の多い例としては No. 31, 32, 33, 35, 36, 37 など、いずれも 1.9 ppm 以上で最高 3.22 ppm に達している。水海道市を中心とした広い範囲の地下水が重炭酸塩を主成分とした溶存成分の多い地下水であり、かつ水質組成は high carbonate hardness から carbonate alkali に至る停滞性の地下水の性質を表わしていることは注目される。この地下水停滞域は関東平野の水理的特徴を示しているものである。

##### 4.2.7 台地の地下水

水海道付近の停滞域によつて特徴づけられた沖積低地

第3表 中南部地

位置番号	名 称	所 在 地	用途	井戸深度 (m)	水温 (°C)	pH	RpH	dis. O <sub>2</sub> (cc/l)	free CO <sub>2</sub> (ppm)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)
47	利根町簡易水道	北相馬郡利根町布川	上水道	91	(19.2)	8.0	8.0		0.0	235.5
48	小屋水道組合	竜ヶ崎市南中島	〃	64	16.2	8.0	8.0		0.0	78.1
49	東洋運搬機K. K. 竜ヶ崎工場	竜ヶ崎市	工業	250?	16.2	7.3	7.6		1.4	68.9
50	竜ヶ崎ゴルフ場	〃 泉町	雑用	97	15.3	7.2	7.4	1.53	0.8	73.2
51	神谷酒造K. K. 牛久工場	稲敷郡牛久町柏田	工業	60	15.5	7.3	7.3		2.2	53.4
52	日立セメント製品工業K. K. 土浦工場	土浦市荒川沖	〃	50	(22.4)	7.7	7.7		1.5	107.4
53	陸上自衛隊武器補給処	〃 右叡	生活	90	16.2	7.0	7.2		3.0	70.2
55	協和醸酵工業K. K. 土浦工場	稲敷郡阿見町阿見	工業	152	16.2	7.6	7.6	0.67	1.1	116.9
57	陸上自衛隊武器学校	〃	生活	75	15.9	7.3	7.4		2.4	114.1
60	土浦市亀城公園	土浦市土浦	—	126	18.3	7.3	7.7		3.8	170.2
61	〃 第一小学校	〃	生活	54	21.3	7.6	7.8	0.55	0.6	117.9
62	中川ヒューム管工業K. K. 土浦工場	〃 真鍋町	工業	81	16.0	7.5	7.6		2.2	106.1
63	筑波厚生園	筑波郡谷田部町	生活	91	(20.8)	7.3	7.4		3.2	127.5
64	東岡普通通知改善施設	新治郡桜村東岡	農業	76	16.2	7.3	7.5	0.23	4.5	125.7
65	藤沢土地改良区	〃 新治村高岡	〃	91	15.0	6.8	7.3	6.08	4.7	68.0
66	(合) 広瀬商店	石岡市高浜	工業	80	17.9	8.1	8.1	0.52	0.0	115.3
67	神栄製糸K. K. 石岡工場	〃 国分町	〃	75	16.2	7.3	7.4		0.9	53.1
69	筑波乳業K. K.	〃 石岡	〃	95	15.9	7.3	7.3		1.1	65.3
71	日本専売公社友部工場	西茨城郡友部町友部	〃	34	15.5	6.6	7.0		5.6	32.3
73	霞ヶ浦湖水	土浦市湖岸	—	—	26.4	7.2	7.4		2.1	72.5
74	〃	新治郡出島村八田湖岸	—	—	27.5	8.0	8.0		0.0	37.2
75	那珂川表流水	水戸市千歳橋	—	—	24.2	7.1	7.4		1.4	34.2
76	〃	〃 枝川橋	—	—	24.5	7.0	7.3		1.5	36.0
77	久慈川表流水	日立市国道榎橋	—	—	26.8	7.1	7.5		1.5	47.6
78	泉ヶ森湧泉	〃 水木泉ヶ森	—	—	15.5	7.3	7.7		2.2	130.6

の西に隣接する洪積台地上の地下水は、No. 42, 44 に示したとおり、電気伝導度は90~95 μV/cm、全硬度は2.0°dH 内外の high carbonate hardness 質の良質の地下水である。洪積台地に移ると急に水質が良くなることは台地上の浸透水が地域の涵源となつてゐることを表わしている。

### 5. 中・南部地域の水質

この地域の深井戸および掘抜井戸を主とし、代表的な

もの25点を採水して分析した結果は第3表のとおりである。被圧面地下水19点、湧泉1点、表流水3点、霞ヶ浦の湖水2点である。採水地点は第2図に示したとおりである。

#### 5.1 一般的特徴

地域内の地下水の水質は、低地帯地下水と台地帯地下水の2種に大別される。前者には利根川流域・土浦市街地・石岡市高浜地区などが含まれ、高い電気伝導度を示し、溶存成分量が多い。後者には竜ヶ崎市北部・牛久



域 水 質 表

(位置番号は第2図参照)

Cl <sup>-</sup> (ppm)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (ppm)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (ppm)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (ppm)	K <sup>+</sup> (ppm)	Na <sup>+</sup> (ppm)	Fe <sup>2+</sup> (ppm)	Fe <sup>3+</sup> (ppm)	Ca <sup>2+</sup> (ppm)	Mg <sup>2+</sup> (ppm)	Total Hard- ness (ドイツ)	Total SiO <sub>2</sub> (ppm)	KMnO <sub>4</sub> cons. (ppm)	P (ppm)	備 考
80.1	0.70	6	0.2	10.8	114.0	0.00	0.03	8.9	3.3	2.00	45.7	12.6	0.12	試料は間接採取
7.4	0.30	7	0.1	2.5	6.7	tr.	0.01	15.4	2.2	2.63	51.5	25.9	0.11	
8.2	0.06	2	0.5	2.1	6.5	tr.	0.04	13.6	3.6	2.26	43.0	7.5	0.12	
8.7	0.01	1	0.4	2.2	6.2	0.04	0.08	12.8	4.2	2.74	54.0	9.7	0.08	
8.4	0.00	1	0.3	1.4	5.7	0.00	0.01	10.4	1.7	1.83	38.7	5.2	0.00	試料は間接採取
8.9	0.00	1	0.4	4.9	8.1	0.00	0.10	17.2	4.5	3.42	49.0	16.1	0.30	
9.3	0.00	2	0.3	2.2	6.7	0.68	0.12	12.0	2.1	2.15	41.6	6.0	0.20	
7.2	0.00	1	0.5	4.9	7.7	tr.	0.06	19.7	3.8	3.62	47.5	6.3	0.22	
10.4	0.00	2	0.9	4.2	8.3	0.07	0.11	21.8	3.3	3.77	44.4	9.2	0.26	試料は間接採取
42.9	0.00	2	1.5	12.6	48.9	tr.	0.03	18.5	5.5	3.83	44.1	21.2	0.11	
228.9	0.00	1	1.5	12.6	122.4	tr.	0.01	37.1	10.8	7.62	53.0	10.3	0.06	
13.7	0.54	1	0.1	5.0	16.5	0.00	0.05	13.4	3.6	2.70	50.0	7.5	0.14	
9.7	0.00	3	0.1	8.7	9.7	0.59	0.15	14.2	7.7	3.73	40.0	5.8	0.30	試料は間接採取
8.2	0.00	1	0.6	4.1	8.2	0.10	0.29	25.3	3.5	4.32	48.5	15.8	0.34	
38.1	0.01	3	0.1	3.0	14.6	tr.	0.01	18.8	8.9	4.67	37.7	6.3	0.08	
10.2	0.00	2	1.0	5.7	41.6	0.00	tr.	0.6	0.6	0.22	40.6	13.8	0.12	
6.8	0.00	4	0.1	2.7	5.6	tr.	0.02	9.9	2.5	1.94	49.2	5.8	0.16	試料は間接採取
7.2	0.00	5	0.5	5.1	6.8	tr.	0.01	8.6	3.7	2.06	40.0	14.4	0.13	
16.4	tr.	3	0.1	0.8	5.0	tr.	0.02	6.0	5.6	2.13	29.6	6.9	0.08	
30.6	0.40	12	1.0	5.9	17.5	0.00	0.03	18.5	5.6	3.86	14.1	18.4	0.05	
52.7	0.28	34	0.5	3.7	28.0	0.00	0.01	12.8	5.6	3.07	9.6	17.5	0.02	試料は間接採取
11.7	0.00	9	1.0	1.5	5.4	0.00	0.02	9.8	2.1	1.84	20.5	6.6	tr.	
11.8	tr.	7	0.1	1.8	5.3	0.00	0.04	9.7	2.3	1.89	20.5	8.1	0.02	
12.2	0.01	10	0.4	1.7	5.7	0.00	0.04	11.8	1.9	2.08	15.4	9.2	0.03	
19.5	0.01	10	0.2	1.6	10.4	0.00	0.00	37.7	5.0	6.38	25.6	2.8	0.03	

町・阿見町・土浦市南部の台地と、石岡市街地などが含まれ、低い電気伝導度を示し、溶存成分量が少なく、概して良質の地下水である。

水戸市および周辺地域には適当な深井戸資料が得られず、友部町の深井戸と日立市泉ヶ森の湧泉について分析を行なった。

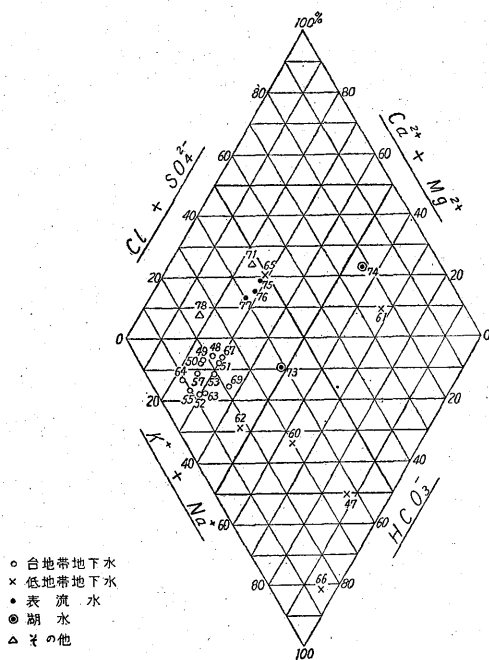
5.1.1 Key diagram

第3表の分析結果から主要塩類の組成をKey diagram によつて検討すると、第6図から明らかなように、台地

帯の地下水は大部分が重炭酸塩からなっており、high carbonate hardness (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 75%以上, Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup> 60%以上) に属する。しかし低地帯の地下水ではこれといった特徴は認められず、分布もばらばらであつて、全般的には alkali が多い傾向が認められる。

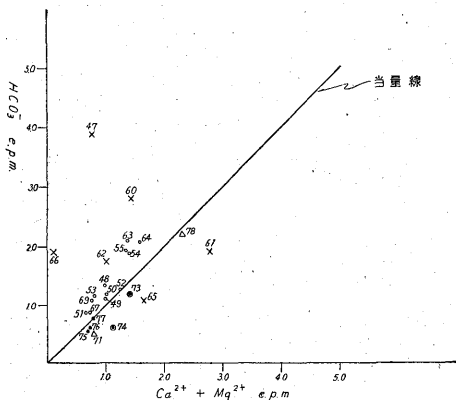
5.1.2 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> と Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> との関係

第7図のように台地帯の地下水ではすべて当量線の上側で、しかもこれに近いところにプロットされるが、低地帯の地下水では著しく当量線の上側にプロットされる



第6図 key diagram

もの (No. 66, 60, 47) あるいは当量線の下側にプロットされるもの (No. 66, 61, 65) があつて、分布はまちまちである。当量線の上側に極端に離れてプロットされる No. 66, 60, 47 などは、前記 Key diagram から明らかなように、alkali が 60% 以上 (No. 10 では 90%) を占めており、carbonate alkali の組成をなすものである。



第7図  $\text{HCO}_3^-$  と  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  との関係

### 5.1.3 各成分について

水温： 台地帯地下水では 15.3~16.2°C, 低地帯地下水は 15.0~21.3°C で、幾分後者の方が高い値を示している。

pH: No. 71, 65 の例外はあるが、一般にアルカリ性で、7.0 から 8.1 程度まで変化している。

free  $\text{CO}_2$ : きわめて少なく、数 ppm 以下である。

$\text{HCO}_3^-$ : 主として重炭酸土類として存在する。台地帯地下水において、石岡市・牛久町および竜ヶ崎市の地下水は 50~80 ppm であるが、土浦市・阿見町およびその西部地域は多くなり、100~130 ppm になつている。

低地帯地下水は No. 65 の 68 ppm を例外として、利根川流域では 200 ppm 以上、土浦市・石岡市高浜では 100~170 ppm に及んでいる。

$\text{Cl}^-$ : 台地帯地下水は一般に少なく、10 ppm であるが低地帯地下水は多く、利根町の 80 ppm, No. 61 の 230 ppm を例外としても 10~43 ppm となつている。

$\text{SO}_4^{2+}$ : No. 47 の 7 ppm, 6 ppm を除き、ほとんど 1~3 ppm で非常に少ない。

$\text{Ca}^{2+}$  および  $\text{Mg}^{2+}$  (硬度): 台地帯地下水は全硬度 2.0~4.3°dH であるが、低地帯地下水の中には、溶存成分の多い割合に著しく硬度の低い値を示すものがみられる。例えば No. 66 の 0.22, No. 47 の 2.00 などとはとくにその著しい例であるが、これらは前にもしばしば述べたように、その化学組成が carbonate alkali に属するものである。

$\text{KMnO}_4$  cons.: 大体 5~10 ppm の範囲にあるが、No. 60, 65 が 21.2 ppm, 25.9 ppm と高く、例外である。

鉄: 大部分が 0.1 ppm 以下であるが、No. 64~No. 53 が 0.4~0.8 ppm と多く含んでいる。

$\text{SiO}_2$ : 被圧面地下水は割合多く、40~50 ppm の  $\text{SiO}_2$  を含んでいる。

$\text{NH}_4^+$ : 0.1~1.5 ppm の範囲で、全試料に検出され、No. 60, 61 の 1.5 ppm, No. 10 の 1.0 ppm, No. 57 の 0.9 ppm がとくに多い。

P: 阿見町一谷田部町一桜村において若干多く、0.2~0.3 ppm で、その他は 0.1 ppm 前後である。

$\text{NO}_2^-$ : 大部分が 0.01 ppm, あるいは不検出であるが、No. 48 の 0.30 ppm, No. 47 の 0.70 ppm, No. 62 の 0.54 ppm などがとくに多い。

$\text{K}^+$ : 低地帯の土浦市・利根町では 10 ppm を超える。台地帯においては竜ヶ崎市側は 2 ppm 前後であるが、霞ヶ浦側では 5 ppm 近く含まれている。

$\text{Na}^+$ :  $\text{Na}^+$  の含量は低地帯と台地帯においてかなりはつきりした差が現われている。すなわち前者は 15 ppm から 100 ppm 以上に達しているが、後者においては 5~10 ppm である。

### 5.2 地区別の特徴

### 5.2.1 利根町付近

利根町付近は西部の水海道市一取手町に連なる地下水の停滞水域であり、溶存成分が著しく多く、成分組成は carbonate alkali が大部分を占めるが、sodium chlorite も割合多くなっている。また  $\text{NO}_2^-$  が多い。

### 5.2.2 竜ヶ崎市・牛久町付近

地下水の供給源を台地に仰いでいるためか、水質は最も良い。しかし南部 (No. 49, 48) で  $\text{NO}_2^-$  が増加している。

### 5.2.3 阿見町・土浦市南部

台地帯地下水に属するもののなかでは、水質は最も悪い。 $\text{HCO}_3^-$  は 100 ppm を超え、鉄は 0.1 ppm 以上あり、P も 0.2~0.3 ppm に達する。

### 5.2.4 土浦市街地付近

霞ヶ浦に接し、地下水の停滞現象がみられる。浅い層は汚染と考えられるほど  $\text{Cl}^-$ , alkali が多いが、全般的に硬度が高く、 $\text{Cl}^-$ , alkali に富んでいる。

### 5.2.5 筑波郡

大部分がかんがい用深井戸であるが、調査当時稼動しているものがほとんどなく、したがって採水試料もごく少数に限られたため、地域的な特徴をはつきり把握することはできなかつたが、概して  $\text{HCO}_3^-$ ・鉄・P が多い。

### 5.2.6 石岡市付近

市街地付近は供給源を台地にもつため、水質は良い。しかし高浜地区は霞ヶ浦に接し、pH が高く、水質は carbonate alkali に属し、硬度は著しく低い。

### 5.2.7 その他

水戸市・東茨城郡および新治郡においては、試料採取上適当な深井戸がないために、友部町の 1 本のみを参考までに水質分析を行なつたが、特記されるような特徴は認められない。また日立市泉ヶ森の湧泉は  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  の含量が高い値を示している。

表流水については、久慈川 1 点 (櫛橋)、那珂川 2 点 (千歳橋・枝川橋) を採水し、分析を行なつたが、わが国における他の河川ととくに違つた点は認められない。

湖水については、霞ヶ浦の西北端土浦市付近では海水の影響はあまり顕著に現われていないが、出島村八田付近になると多少その影響が現われているので、この付近から潮来町にかけて塩水混入の影響が大きくなることが予想される。

## 6. 地下水理

この地域の地下水理を概観的に第 10 図に示す。

地下水理的にこの調査地域は大きく分けて次の区域に区分される。

1. 鬼怒川・小貝川および利根川沿岸区域
2. 鬼怒川西岸区域
3. 霞ヶ浦沿岸区域
4. 那珂川沿岸以北区域

### 6.1 鬼怒川・小貝川および利根川沿岸区域

下館市一結城市付近には多くの自噴井によつて特徴づけられた地下水透水帯が存在し、その被圧面地下水は量質ともに優れている。これを下館透水帯と呼ぶことにする。

下館透水帯の帯水層は主として沖積面下の深度 40~80m の間にある。自噴井の北限は下館市北部の旧河間村付近にあり、これから下館市街地北西方の谷中・外塚付近にかけては水比抵抗値が最も高く、10,000~11,000  $\Omega$ -cm を示しているが、その値は南下するにつれて漸次低下し、下館市南部では 8,000~9,000  $\Omega$ -cm を示す。結城市付近や鬼怒川畔の川島地区もほぼ 8,000~9,000  $\Omega$ -cm である。

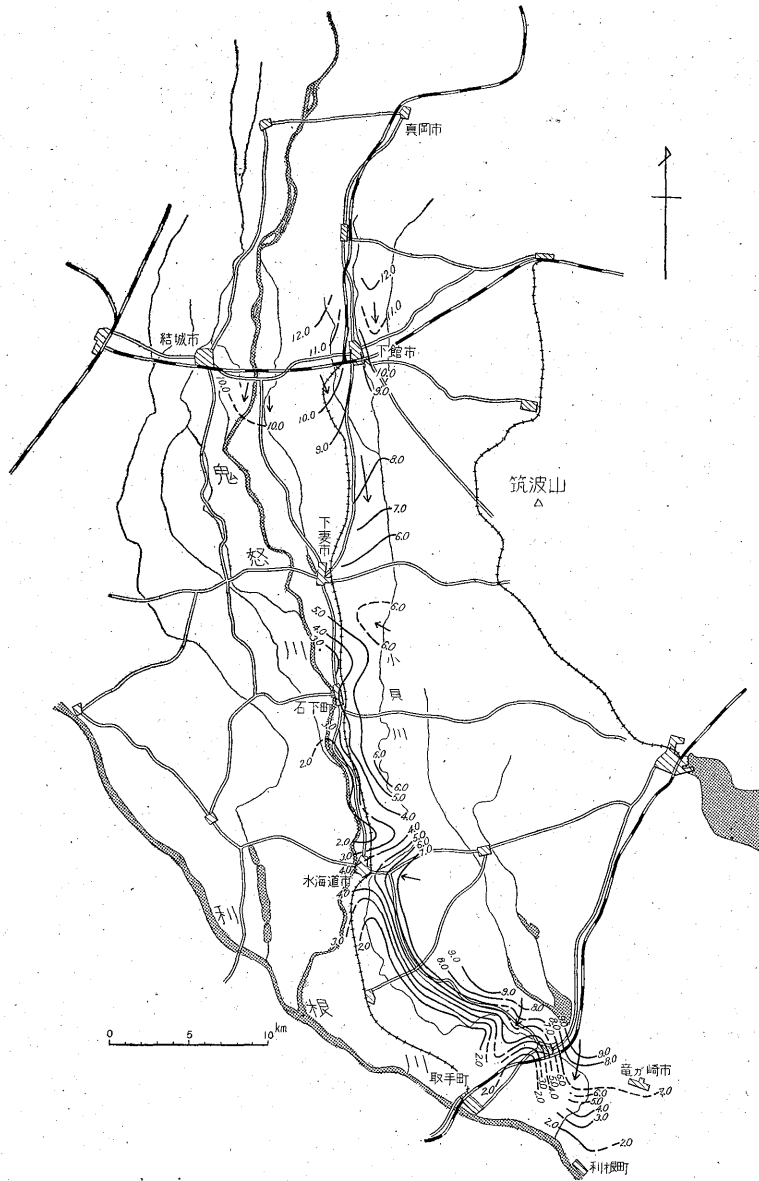
次に帯水層の深度分布をみると、下館市街地付近から小貝川沿岸沿いに南下するに従つて深度を増し、下妻市東北部では沖積面下 60~80 m まで下がっている。そのときの水比抵抗が 5,000~6,000  $\Omega$ -cm を示しているので、下館透水帯の被圧面地下水は少なくとも下妻市東北部まで及んでいることは確実である。

しかし下妻市以南では下館透水帯における主要帯水層まで達している井戸はほとんど認められず、大部分は沖積面下の深度 40~50 m の帯水層に限定されている。深度 40~50 m の帯水層は水海道市方面における 50~60 m の帯水層に連なっている (第 9 図参照)。

また水比抵抗も下館市方面から規則正しく漸次低下している傾向は、下妻市以南では全くみられず、水比抵抗等値線図 (第 8 図) でわかるように、次のような特徴を呈している。すなわち第一に、大きくみて水比抵抗値は東方ないし北方の常陸台地方面から鬼怒川方面に向かつて低下していく。第二にところどころに水比抵抗値 2,000  $\Omega$ -cm 以下というきわめて水質の悪い部分を形成している。水海道市北部の三妻付近から中妻付近にわたる区域と、水海道市南方谷和原村西部から小貝川沿いに取手町方面にわたる区域とがそのおもなもので、後者の区域は利根町からさらに利根川沿いに東へ延びている。

第 1 の事実は、下妻市以内の沖積低地下の被圧面地下水は、大部分東方ないし北方の常陸台地方面から供給されていることを示している。

第 2 の低比抵抗部では水質の項で明らかなどおり、多量の溶存成分——とくに  $\text{HCO}_3^-$ ・ $\text{Cl}^-$  などによつて特徴づけられ、しばしば遊離性ガスを含み、地下水の停滞



第8図 小貝川沿岸における被圧面地下水の水比抵抗等値線図

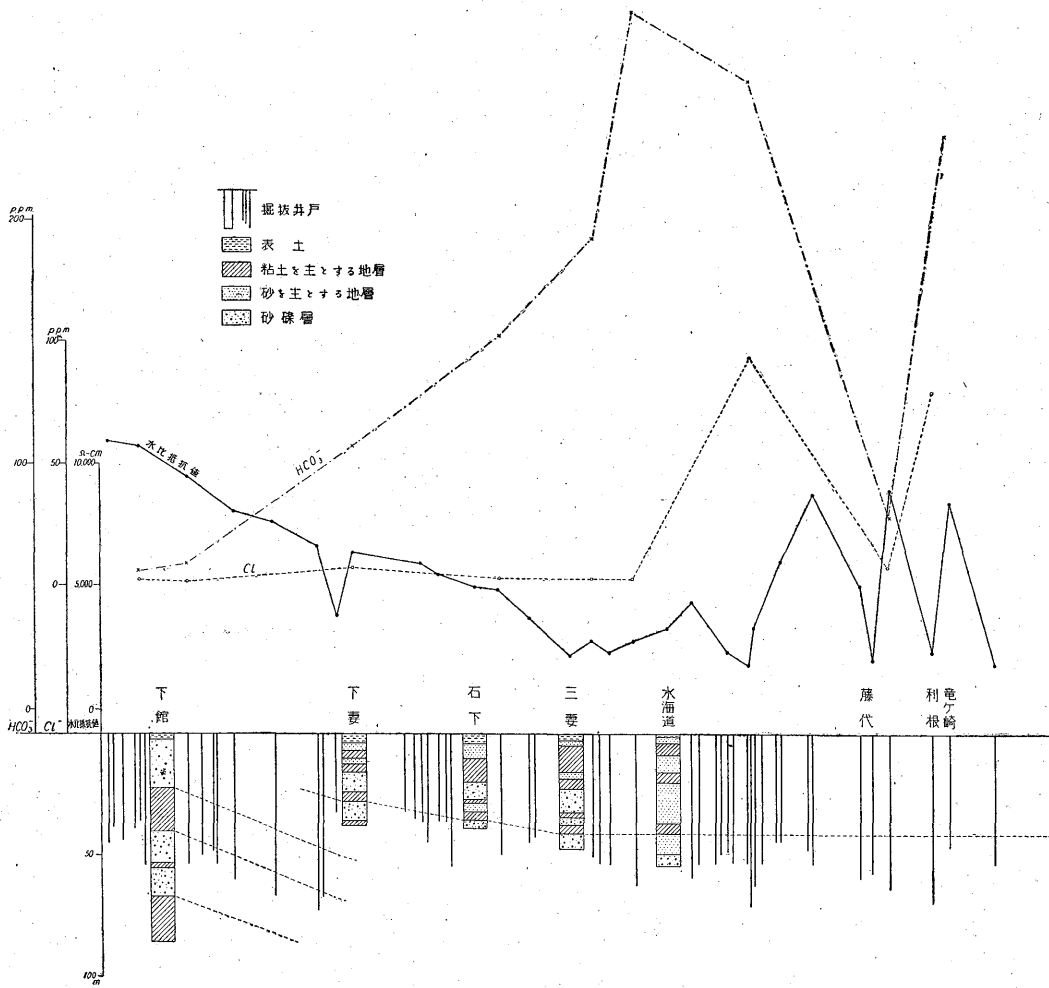
域を示している。

水比抵抗等値線図・水質・地質的條件などから考え合わせて、これらの地下水停滞域は、帯水層およびその上下の地層の局所的な性質、地質構造の影響、古東京湾時代の堆積物が原因になって形成されたものであろう。

筑波山東北麓地域は水理的に上述の事情と異なっているが、便宜的にこの地域に含ませる。この地域は主として洪積台地からなっており、深井戸としてはほとんど農業用に限られている。したがってごく限られたものしか

調査できなかつたので、この地域の被圧面地下水に関する資料は概して乏しい。

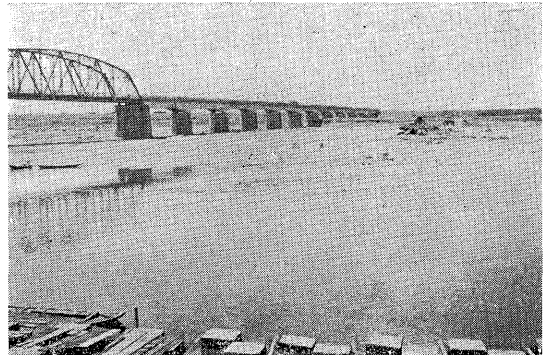
しかし地層は主として粗粒物質からなっているので透水性はかなり大きいこと、この地域を半ば圍繞するように筑波山塊が近接しており、基盤岩上に基底礫層が発達していることなどから、水量はかなり豊富であることが推定される。2, 3の井戸について調査した水質も良好である。地質および水質から推定して、この地域の地下水は供給源がかなり近いことは確かで、おそらく台地の



第9図 小貝川沿岸における水理地質および水質概略図



図版 4 常陸台地におけるゴルフ場用水源井  
 一般に台地の地下水は地上からの汚染がない限り良質である。台地の緑地帯は地下水涵養林としての役割をはたしている。



図版 5 下館市付近における鬼怒川  
 これより上流約15km付近では鬼怒川の水が沿岸に伏流している徴候が認められるが、このあたりでは全く認められない。これから下流に行くに従って鬼怒川は荒川の様相を失い、緩やかな流れとなる。



図版 6 水海道市付近における小貝川  
ほとんど沼沢地に近い景観を呈している。表流水  
のこのような状態に呼応して地下水もこのあたり  
では停滞的な環境を示している。

雨水と筑波山塊の基盤岩表面沿いの浸透水とによつて供給されているものと思われる。

### 6.2 鬼怒川西岸区域

この地域の大部分は洪積台地となつているが、これを開析した小河川沿岸および利根川沿岸の沖積低地帯には多数の掘抜井戸ないし自噴井があり、それらの深度は一般に30~70mで、小貝川沿岸沖積低地帯における掘抜井戸群の深度にほぼ相当するものと思われる。飯沼川沿岸沖積低地帯はかなり広域な自噴帯を形成している。この地帯における水比抵抗等値線図を描くと3,000~5,000  $\Omega$ -cm の等値線は飯沼川とほぼ平行になり、東方に向かつて——すなわち前述の水海道市北部の低比抵抗部に向かつてその値が低下している。一方西方利根川沿岸にある同深度と思われる被圧面地下水の比抵抗値は、飯沼川西岸寄りの水比抵抗値に較べて低くなつてることが多い。したがつて小貝川沿岸沖積低地帯の深度50~60mの被圧面地下水が、東方の常陸台地方面から供給されるかたちをとつているのに対して、飯沼川沿岸沖積低地帯の深度30~70mの被圧面地下水は、西方の岩井町・猿島町などを中心とする台地から供給されているものと思われる。菅生沼付近および鬼怒川・利根川合流点付近の沖積低地帯における被圧面地下水も付近の台地から供給されているものと思われる。しかし鶴戸沼付近の利根川沿岸沖積低地帯のものは、その水比抵抗値が上流側から下流側へ向かつて低下している傾向から推定して、古河市方面におけるいわゆる古河透水帯の末端部に当つているものと解される。

次に、この地域にはまれに100m以深の井戸があり、その水比抵抗値は上述の70m以浅の被圧面地下水とかなり異なつた値を示している。すなわち三和村諸川には深度約270mの井戸があり、水比抵抗値は約9,000  $\Omega$ -cm

を示している。また境町稲尾の自噴井は深度約145mで約9,000  $\Omega$ -cm、飯沼川下流沿岸の深度約120mのものは約7,500  $\Omega$ -cmを示している。

これらの深部地下水は、小山市・古河市方面で10,000  $\Omega$ -cm以上を示している古河透水帯と関連する公算が大きい。

### 6.3 霞ヶ浦沿岸区域

霞ヶ浦の周囲には常陸台地と呼ばれる洪積台地が広大な面積を占めて発達し、これを開析して桜川・恋瀬川・園部川・濁沼川その他の小河川が沿岸に狭長な沖積低地帯を形成している。沖積低地帯は普通自噴帯を伴っている。また水質は台地のものは比較的良好であるが、沖積低地では低下している傾向がある。

土浦市——竜ヶ崎市間の台地には工業用・農業用その他諸施設の深井戸がかなり分布し、深度は一般に50~100mで、水比抵抗値は5,000~13,000  $\Omega$ -cmを示している。これらの収水層深度は小貝川下流ないし利根川下流沿岸沖積低地帯の深度30~60mの被圧面地下水帯水層にはほぼ相当しているものと思われる。上述のとおり、竜ヶ崎市付近では深度30~60mの被圧面地下水の比抵抗値は台地から利根川畔に向かつて急速に低下しているので、この台地が沖積低地の被圧面地下水の供給源になつては明らかである。また台地における水比抵抗値は場所によつて種々で、被圧面地下水が一定の方向から流れているといつた徴候は全くみられないので、おそらくその全量が台地上の雨水によつてまかなわれているものと考えてよいであろう。

また牛久沼の南西方および南方に向かつて比較的水比抵抗値の高い部分が押し出したかたちを呈しているのは、台地の地下水が牛久沼付近の開析沖積谷に沿つて流動し、小規模な地下透水帯をなしているものと解される。

土浦市街地には深度30~80mのものと、170~200mの掘抜井戸(俗に100間掘りといわれる)があり、多くは自噴している。いずれも水比抵抗がきわめて低く、1,500~4,000  $\Omega$ -cmであるが、傾向として深くなるほど、また東南部になるほど低くなつていく。水質的にも $\text{HCO}_3^-$ および $\text{Cl}^-$ によつて特徴づけられる溶存成分がきわめて多い。これらのうち100m以深のものは市街地のみには存在せず、この深層地下水がどのような水理状態を示すのか、現在のところ手懸りが無い。しかし80m以浅のものは、桜川を溯つて筑波町方面まで分布し、その水比抵抗等値線図によれば、北側の台地に向かつて高くなる傾向が認められる。ことに新治村における台地縁部では12,000  $\Omega$ -cm以上となつている。した

がつて桜川沿岸沖積低地帯の少なくとも 80 m 以浅の被圧面地下水は、主として北側の台地方面から供給されていることが明らかである。

土浦市東方の霞ヶ浦沿岸沖積低地帯にも、広範囲に自噴帯が分布しているが、これらの被圧面地下水も周囲の台地から主として供給されているものと思われる。

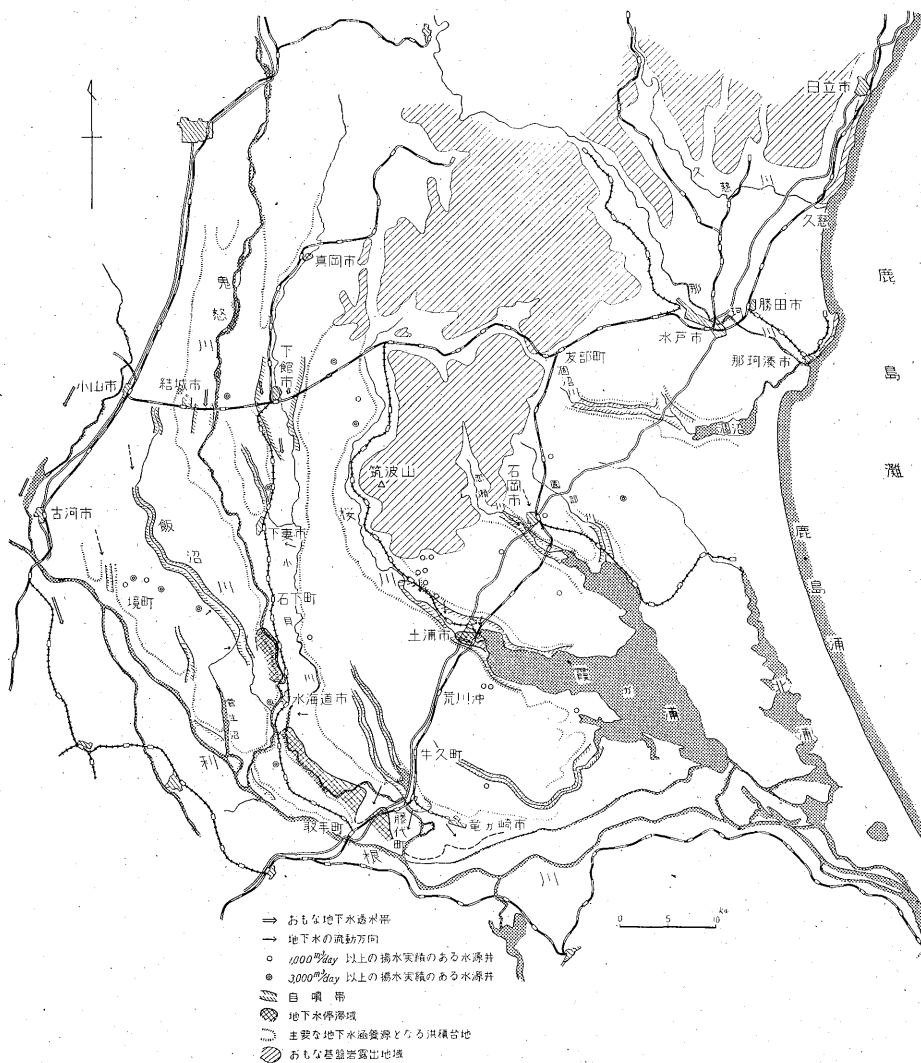
土浦市以北の洪積台地においても、その地下水の大部分は台地自体の雨水の浸透水によつて供給されているものと思われる。しかしこの地区は土浦市以南の台地と異なり、筑波山塊を西側にひかえているので、筑波山塊からの浸透水が基盤上を東方ないし南東方へ向かつて流動する可能性がある。一般的な傾向として、被圧面地下水の水比抵抗が筑波山塊に近づくほど高くなつていくことが

認められる。沖積低地における被圧面地下水が台地から供給されている傾向は、土浦市以南の場合と同様であるが、西方筑波山塊に向かつてその水比抵抗が高くなつている事実は注目に値する。

#### 6.4 那珂川沿岸以北区域

那珂川沿岸沖積低地帯には被圧面地下水はほとんど認めることができなかった。こゝではもつばら自由面地下水が利用されており、井戸の深度は 10 m 以浅の沖積層内に限られている。

水戸市付近から大洗町付近に至る自由面地下水の水比抵抗は、一般に 2,000~3,000  $\Omega$ -cm を示しているが、那珂川表流水は常磐線鉄橋付近で約 11,000  $\Omega$ -cm となつている。したがつて那珂川の表流水は沿岸沖積低地で



第 10 図 地下水理概観図

第4表 茨城県北、常陸

事業所名	事業所所在地	水源別用水	
		海水	河川水
原子力公社日本原子力研究所 原子燃料公社東海精錬所 K. K. 日立製作所水戸工場	那珂郡東海村 〃 勝田市		久慈川 43,200
〃 日立海岸工場	日立市		6,000
〃 日立山の手工場	〃		約 21,000 } 日製工業用水道, 久慈川より35,400 取水 うち平均6,000を 日立市上水へ
〃 多賀工場	〃 多賀町		
〃 国分工場	〃		
〃 絶縁物工場	〃 小幡		
日立電線K. K. 日立工場	〃 助川		2,500
〃 日高分工場	〃 小木津町		
日立セメントK. K.	〃 助川		
東京電力K. K. 日立火力発電所	〃	108,000	
東京瓦斯K. K. 日立製造所	〃		
日本鉱業K. K. 日立鉱業所本山	〃 本山	(取水施設あり)	宮田川水系 1,440
〃 電錬工場	〃 宮田町		〃 5,000
〃 大雄院	〃 大雄院		〃 6,800
高萩バルブ K. K.	高萩市		花貫川 48,000
水戸市上水道	水戸市		那珂川 23,500
勝田市上水道	〃		〃 3,300
日立市上水道	〃		久慈川平均 6,000

は全く伏没していないことが明らかである。なお、那珂川河口近くの関戸および酒沼川の酒沼より下流側では明らかに海水が潮上している。酒沼の水比抵抗は 500~1,500 Ω-cm を示し、塩水の影響が認められる。

久慈川沿岸沖積低地帯の地下水事情も、那珂川沿岸における場合とほぼ同様と推定される。

那珂川沿岸以北の台地ないし海岸段丘地帯では洪積層の厚さは薄く、数10m以内(一般に20~30m程度)で第三紀層以下の基盤岩に達するので、洪積層を対象としては大量の揚水は困難な場合が多い。しかし日立市付近の海岸段丘地帯では、洪積層ないし沖積層下の化石谷中に基盤岩上を流れる地下川の存在する可能性がある。那珂川と久慈川とに挟まれた、いわゆる那珂台地の基盤をなす新第三紀層は、泥質で比較的堅硬な地層からなっているが、天然ガスの開発と併行して、今後調査の対象となりうる。また第3表の分析値からわかるように、日立市南部の泉ヶ森の湧泉は比較的多量の  $\text{HCO}_3^-$  と  $\text{Ca}^{2+}$  を含んでおり、付近の地質から判断して石灰洞の存在する可能性がある。なお、この調査地域全域の地下水理の概況を第10図に示す。

7. 北部地域における工業用水源、とくに地下水利用の現況

那珂川以北の県北地区では、洪積層の那珂台地と久慈川流域の沖積低地のほかは第三紀層、もしくはそれ以前の地層・岩石からなる丘陵・山地で占められているが、その太平洋岸に沿う第三紀層中には常磐炭田があり、これに伴う鉱工業の発達で、K. K. 日立製作所傘下各工場の繁栄とともに、この地帯にいわゆる常陸工業地帯を産みだす素因となつた。

もともと那珂川・久慈川などは河川規模の割合にその流域のかんがい水田面積が少ないため、関東平野には珍らしく慣行水利権と競合せずに余裕水量が得られる河川である。したがって日立製作所関係の工場や上水道の水源地は古くから久慈川に求められており、また水戸市・勝田市の上水源地をはじめ、最近では原子力研究所関係の用水もまた那珂川の表流に依存してその取水を行なつていくというわけである。

一方日立市そのものは第三紀層が上に薄い沖積層を冠つて東向きに緩く傾斜して形づくつていく台地状の地形の上にあるので、宮田川支流流域の一部で、日立電線K. K. などがさく井を行なつて冷却用などに地下水を利用しており、また日立市上水道水源として池の川湧水地などがあるが、一般には地下水の利用は成功していない。しかし最近日立市小木津町に建設された日立電線



工業地帯用水現況

取得量 m <sup>3</sup> /day			備 考
地下水	坑内水	上水道水	
1,600 3本の中2本運転 1本交互使用 500 飲用に井戸4本		1,200	原研の分から分水 電炉コンプレッサー水圧機に水を使用, ほかに社宅3,000戸に上水道水 井戸は深度100m, 4吋BH 40HP, 自然水位19~21m, 30m <sup>3</sup> /h揚水 時揚水水位27~28m  取込水を260,000m <sup>3</sup> /dayの割合で回転使用, 水理実験用にとくに水を使用, 井戸は深度6~30m, 各現場飲用に少量ずつ揚水
井戸5本計2,200 井戸2本計3,000 湧水1,200 構外井戸240 100 ボイラ用に井戸2本		1,500 使用	井戸は深度130m, 孔径12吋, 4吋WS使用 タービン, ボイラ用に水を使用, 取込水を20倍に回転使用, 構外井戸 は深度7m, 側孔暗きを併わせタービン5FP ボイラ用に水を使用 タービン
	5,000		おもに選鉱用に水を使用 インゴット, 蒸発塔, コンプレッサー冷却用
	6,500		精錬電解, コンプレッサー, 酸素製造用に水を使用 水利権23,836m <sup>3</sup> /dayの169%分が実際に取得されている。パルプ製造 用に使用
湧水1,000			

K. K. 日高分工場では電気探査の結果によつて130mのさく井を行ない、1,500m<sup>3</sup>/day前後の揚水井を得ている。この南方北川の川口近くにある高萩炭鉱のボーリング孔では120m<sup>3</sup>/hの割合で6時間の揚水に成功した例があり、常時なお2.8kg/cm<sup>2</sup>の水圧で自噴している。これらの例からみて調査を慎重に行なえば少量の地下水利用は可能になるものと思われる。

もともとこの第三紀層の多賀統は、中新世の地層の割合に、含水性に富んでおり、炭坑内の湧水のほかこうしたボーリング孔にも比較的多量の地下水が求められている。

那珂台地はその下にいわゆる茨城ガス田をようしている。その浅層部には洪積層中の砂礫質帯水層があつて、K. K. 日立製作所水戸工場などで7~8mの水位降下で30m<sup>3</sup>/h程度の揚水を行なつているが、さらにガス田を構成している第三紀層の盆状構造の中心地付近で行なわれたガス探鉱ボーリングの結果によると、深度60~90m間と200~230m間(たゞし地盤高約30mの地点)のいずれも多賀統に属すると思われる地層中に、水質はCl<sup>-</sup>数百ppmを含んでいるが、量的には比較的豊富な帯水層があることが示されている。

こうして多賀統中にはある程度の地下水が得られる公

算が大きい。

しかしさしあつて好ましい工業用地下水源は、勝田市・東海村付近の那珂台地における洪積層中のものであり、河川の表流に併用して、冷却用に供給できるよう、適当な保全を考慮しておくことが必要であろう。

なお北部地域における既設工場の用水利用の現況は、第4表に示したとおりであり、この地域の用水事情の概略が察知できよう。

### 8. 工業用水利用に関する指針

常陸工業地帯を含む北部地域では、洪積層が薄く、地表から数10m以内で第三紀層ないしそれ以下の基盤岩に達するので、多量の工業用水の地下水依存の可否は、今後なお、水理地質に関する精密な調査と検討とを要する問題である。さしあつて大量用水は久慈川ないし那珂川の表流水に依存するのが最も安易な方法であろう。しかし両河川とも、下流沿岸は平坦な沖積低地となつているので、河川勾配がはなはだ緩やかであり、取水量の増加に伴う塩水の遡上は当然予想されなければならないであろう。

霞ヶ浦工業地帯を含む中・南部地域の洪積台地では、水質は概して良好であるが、一般的にいつて1井当りの

揚水量は、筑波山塊山麓部で 1,000 m<sup>3</sup>/day 以内、陸前浜街道沿線で 2,000 m<sup>3</sup>/day 前後が適当と思われる。

洪積台地はこの調査地域における地下水の有力な涵養源となつているので、その保全については充分な考慮が必要である。とくに各種施設の集中化防止、地表からの汚染防止、さらに積極的に緑地帯の保存・育成につとめることが肝要である。

霞ヶ浦および利根川沿岸沖積低地帯の被圧面地下水の水質は一般に悪い。霞ヶ浦の水質も必ずしも良好とはいええず、塩水の溯上または水質不良の沿岸の地下水の湧出による影響などが認められる。しかし竜ヶ崎市一藤代町間の台地南縁地帯では、台地から供給される地下水の流動が認められ、良好な水質を示している。

西南部地域の下館市付近には、調査地域全域を通じて、量質ともに最も優れた被圧面地下水を含む、地下水透水帯が存在し、下館市川島地区は工業用水利用の面からの適地といえる。

下館市一真壁町間および鬼怒川西岸地域にも量質ともに優れた被圧面地下水が存在する。

しかし下妻市以南、水海道市付近を経て取手町方面に至る小貝川沿岸低地帯の水質は一般に悪く、さらに利根川下流沿岸低地帯にかけて、被圧面地下水停滞域を形成している。これらの地域では飲用あるいは、工業用として水質には充分注意する必要がある。とくにこの地域の被圧面地下水中にはしばしば遊離性ガスが含まれている。  
(昭和34年5月～7月調査)

#### 文 献

- 1) 地質調査所：7万5千分の1地質図幅鉢田、および説明書、佐藤才止調査、1926
- 2) 地質調査所：7万5千分の1地質図幅筑波、および説明書、佐藤才止調査、1927
- 3) 茨城県：茨城県の地質、1953
- 4) 茨城県：常磐調査地域地下水予察調査報告書（第1編）、1956
- 5) 茨城県：地下資源調査報告書、一東海村周辺天然ガス一、1957
- 6) 茨城県：工場適地の案内、1959
- 7) 貝塚爽平：関東平野北東部の洪積台地、地学雑誌、Vol. 66, No. 4, 1957
- 8) 貝塚爽平：関東平野の地形発達史、地理学評論、Vol. 31, No. 2, 1958
- 9) 経済審議庁：全国深井地質資料台帳一関東地方、1952
- 10) 木野義人外2名：利根川中流流域および江戸川流域工業用水源地域調査報告、地質調査所月報、Vol. 11, No. 2, 1960
- 11) 蔵田延男外4名：栃木県鬼怒川右岸工業用水源地域調査報告、地質調査所月報、Vol. 10, No. 10, 1959
- 12) 落合敏郎、水之江政輝：深井戸に関する研究、農業土木研究、Vol. 20, No. 20, 1953
- 13) Otuka, Y. : Marine Lower Pleistocene of the Central Kwanto Plain, 地震研究所彙報、Vol. 14, Part 1, 1936
- 14) 斎藤登志雄：茨城県那珂湊市付近の第三系、茨城大学文理学部紀要（自然科学）、No. 6, 1956
- 15) 島田忠夫外2名：茨城県利根川流域天然ガス調査報告、地質調査所月報、Vol. 3, No. 6, 1952
- 16) 谷津栄寿：常陸那珂台地の地下水（第1報）、地理学評論、Vol. 23, No. 6, 1950
- 17) 谷津栄寿：常陸那珂台地の地下水（第2報）、陸水学雑誌、Vol. 15, No. 1~2, 1950