

愛媛県燧灘沿岸工業用水源調査報告

村下 敏夫* 安藤 武* 比留川 貴**

Ground Water Researches for Fabric Industry on Coastal Region of the Hiuchi-nada, Ehime Prefecture

By

Toshio Murashita, Takeshi Andō & Takashi Hirukawa

Abstract

An investigation of the ground water resources on coastal region of the Hiuchi-nada was carried out 1956 in connection with the systematic researches of water resources for fabric industry in Ehime Prefecture.

In this region — Imabari, Nyūgawa, Iyo-mishima and Kawano districts, the water of 240,000 cub. meters is utilized in a day for fabric industry, and 56 per cent of it depended on the ground water. In general, the shortage of the ground water had been caused by intensive pumping, deficiency of rainfall and small drainage area of rivers.

Therefore, the first of all, the careful regulation of the ground water must be necessary for development of the industrial centers.

要 約

(1) この調査報告は、工業用水源地域調査の一環として、昭和31年に実施した愛媛県燧灘沿岸地帯の地下水理調査結果について記載してある。

(2) この地帯の工業用水消費量は、今治・道前平野・伊予三島川之江の各地区のみで合計240,000 m³/日に達しており、その56%が地下水によって供給されている。

(3) この地帯は瀬戸内海特有の気象によって降雨量少なく、かつ河川が小規模であるために地下水の涵養量が乏しく、地下水の取得によって顕著な塩水侵入・工場排水による汚染、井戸干渉などの災害が生じている。

(4) したがってこの地帯では水資源の実態に即応した合理的な工業用水の取得計画を樹て、健全な産業の育成をはかることが根本的な課題である。

しかしながら工業の発展に伴って、工業用水の使用量は逐年増加し、一部においては無統制な地下水利用によって水資源が著しく涸渇している。そして各水源の確保と相俟って、工業用水源と灌漑用水源あるいは上水道水源との競合など、各産業存立の基本的資源としての水の問題が近年とみに重要性を帯びてきた。

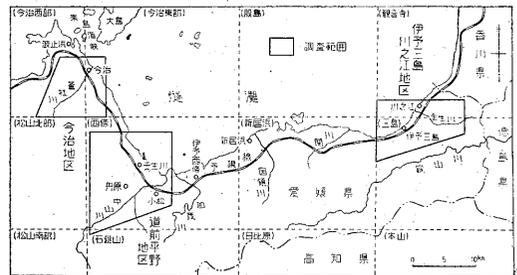
四国北岸の河川は、分水嶺が海岸に近接して、流域面積が狭く、河川勾配が急であるため、表流は一時に出水し、平野部における河川表流は雨季以外ほとんどみられない水無川の河況を呈している。しかも瀬戸内沿岸地帯はわが国における寡雨地帯に属するため、水資源はきわめて乏しい処である。

この調査は、水資源保全の立場から考慮される完全、かつ合理的な地下水利用の計画推進に資する目的で、燧

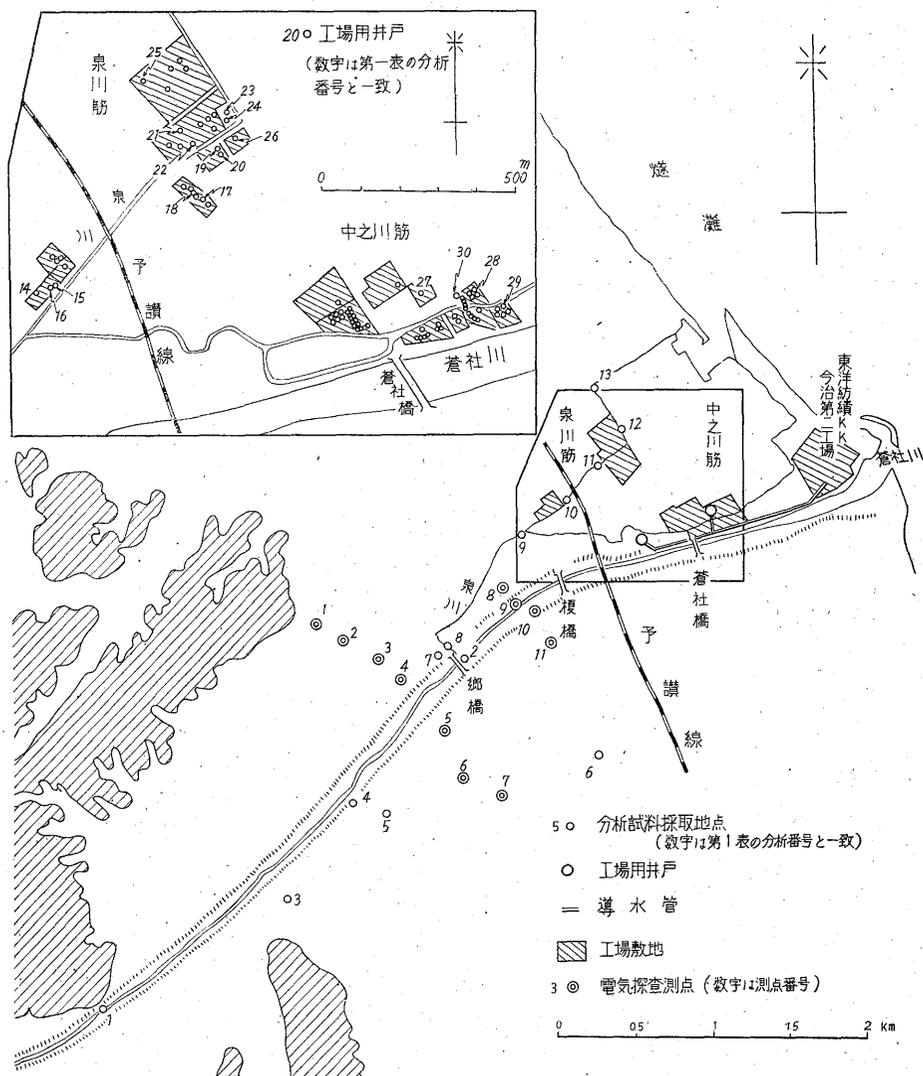
1. 緒 言

愛媛県燧灘沿岸地帯は、瀬戸内沿岸工業地帯のうち、四国北岸工業地帯の中核をなし、化学・化学繊維・製紙・染色など、多量の用水を必要とする工業が古くから発達している。しかもこの地帯は、その用水の大半を地下水水源に依存する著しく高度の地下水利用地帯である。

* 地質部
** 技術部



第1図 調査範囲



第2図 今治地区水理調査概要図

灘沿岸地帯特に工業用水の取得に難渋している諸地区のうち、染晒工業からなる今治地区、製紙工業からなる伊予三島・川之江地区および当地域における唯一の工業未開発地区である道前平野地区について、昭和31年1月29日から2月28日までの間に行われた。本報告書はその調査の概要を取り纏めたものである。

なお現地においては、四国通商産業局・愛媛県企画室を初め、今治市役所・今治工業用水保全期成同盟会・伊予三島市役所・川之江市役所・伊予機械製紙工業会・壬生川・小松・円原各町役場および愛媛大学文理学部豊田英義・野間泰二・同大学工学部松岡文一諸氏の終始きわめて熱心な御協力によって高度の調査能率を維持することができた。これらの関係各位に深く謝意を表する次第

である。

また今治地区および道前平野地区は、村下敏夫・比留川貴が調査し、伊予三島川之江地区には安藤武が加わった。

現地における調査実績を示すと、次の通りである。

調査の対象となった水露頭	990カ所
化学分析試料	102点
電気探査測点	30点
巡検した工場	39カ所

(なお参照地形図は、50,000分の1今治・西条・三島・観音寺、25,000分の1今治東部・同西部があり、別に壬生川町には15,000分の1、伊予三島・川之江両市には10,000分の1の市街図がある)。

2. 今治地区

今治市は、愛媛県北東部の高縄半島の突端部に位置して東は燧灘に面し、北は来島水道芸予諸島を隔てて中国地方に近接し、南東は越智郡下の平野にひらけ、海陸交通の要衝にあたり、綿糸都市として四国最初の貿易指定を受けた処である。

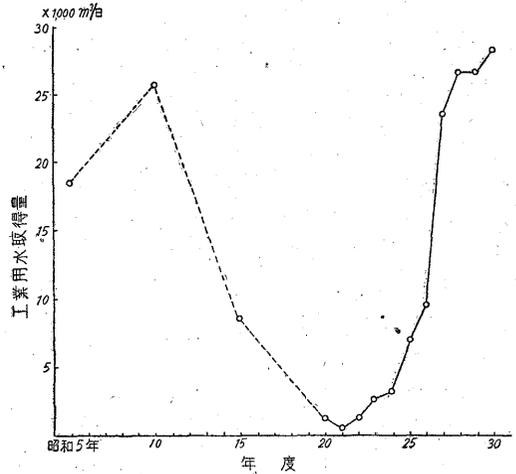
当地区における染晒工業は、綿糸・布の染晒に理想的な軟水を供給していた蒼社川の湧泉である泉川および中之川のほとりに発達し、当初は表流を直接使用していた。その後綿業の発展と染晒技術の進歩とによって水の需要が著しく増加し、工場内に井戸を掘鑿して地下水を手軽に利用してきた。しかるに蒼社川の河況が変化して地下水涵養量が減少し、1井当りの揚水量が減退したためと、さらには工場排水によって浅層地下水の水質が悪化してきたために、井戸の増加とともにその深度が次第に増大してきた。

また蒼社川の下流に塩水が溯上して以来、工場の井戸にも塩水の侵入が認められるようになり、最近工業用水の保全と確保の問題が大きくクローズ・アップしてきた。

2.1 水の分布およびその利用

当市の南方の花崗岩類からなる基盤山地に源を發し、流域面積 108 km² を有する蒼社川は、平野に至ると天井川となり、かつては表流は完全に花崗岩質の砂礫からなる河床下に伏没し、それらの一部が両岸に滲透し、随所に湧出して湧泉あるいは湧水となっていた。しかし大正末期から永年にわたる砂利採取と、地盤変動などによる河床低下に伴なって河況が著しく変化し、下流部まで表流がみられるようになり、工場の主要水源であった泉川・中之川の湧泉は昭和29年に全く涸渇し、昭和30年には蒼社川から導入するに至つた。今治市の資料によると、蒼社川の河床は予讃線鉄橋下で、大正13年から昭和26年までの間で最大 2.4m、昭和31年1月までの間に最大 3.8mの低下が記録されている。また臨海部の地盤沈下量は約 1m程度と認められ、昭和29年9月には河口から約 1.4kmの上流側にある蒼社橋まで塩水が溯上している。そして国道の北側には、塩分含有量の多い地下水が分布している。

当地区における主要な水利用工場は18工場(うち休止工場1を含む)あり、これらは 100%地下水に依存し、調査当時83本の井戸から約 28,300 m³/日の揚水を行つていた。この実績を基礎にして市商工課の資料から年次別の日当たり工業用水取得量を求めると第3図のように示される。これによると、工業用水取得量は昭和10年頃を境として、戦時は生産量の減退に伴なって減少し、終戦直後は僅か日量 500m³ 程度となつたが、その後工場の



第3図 今治地区工業用水取得量の年度別変化 (1年を通じたの平均日量)

操業再開とともに急速に増加している。

また工業用水のほかは今治市上水道が、郷橋附近の蒼社川左岸堤内地で、蒼社川に平行して地表下 6mの深さに口径 750mm、延長 150mに及ぶ集水管を敷設して、地下水約 8,400 m³/日(最大取水量 18,000 m³/日、水位降下 2.74m)を取水している。したがって平野部における地下水取得量は家庭用水を見込んで、常時約 40,000 m³/日となる。

このほか水田 3,640 町歩の灌溉用水として、蒼社川水系の幹線取入口 22カ所から表流が取得され、また蒼社川に沿って灌溉用井戸が分布するが、その揚水量は詳らかでない。

2.2 帯水層とその分布

当地区の主要な帯水層は、花崗岩質の砂・礫である。臨海部における深度 70mの深井戸の資料によると、地表から深度 30mまでは砂または砂礫からなり、深度 18~24mには厚さ 6mの砂混り粘土があつて、上、下 2つの帯水層(上位から第1、第2砂礫層と呼ぶ)に分かれており、その下位には厚さ 30mに及ぶ砂礫混り粘土がある。他の鑿井資料によると、上部の砂混り粘土の上限は約 1/200 の勾配で北東へ傾斜している。

今治市街地南西部で実施した電気探査 11 測線の結果および今治市の依頼で愛媛大学が調査した頼田川流域の地下水調査結果¹⁾を参考にして勘案すると、蒼社川流域の地下水質は大きく区別して上位から次の 3つに分けられる。

- (1) 大地比抵抗 40~60kΩ-cm を示す層……A層
- (2) " 20kΩ-cm 台を示す層……B層
- (3) " 10~20kΩ-cm を示す層……C層

A層は深度10~25mまで発達し、西側基盤山麓部から蒼社川へ、また平野においては南西から北東へ向かつて層厚を増し、その下位にあつて比較的变化の少ない曲線を示すB層は約40m程度の層厚で連続分布する。またC層の上限は西側基盤山地から平野中央へ向かつて深度を増し、今治市上水道水源付近では深度70mに達する。前述の平野部における鑿井資料からA層は粘土を挟む砂礫層、B層は連続性に富む粘土混り砂礫層、C層は平野の基盤をなす花崗岩類に相当するものと推測される。

2.3 帯水層の物理的性質

井戸の湧出量は、帯水層の透水係数という一般的な指標で表現されているが、透水係数のほかに収水管の長さ・井戸効率・水位降下などの諸条件によつても左右される。

当地区における工業用井戸の多くは、口径 1.5~4 m、深度 6 m程度、または孔径 2~3 吋、深度10m前後の自由面井戸と、孔径 4~14 吋、深度25~70mの被圧面井戸とである。

口径 3~4 mの自由面井戸の湧出量は1,200~1,900 m³/日、口径 1.5~2.0mのそれは 500~1,200 m³/日、また孔径 2~3 吋程度の自由面井戸は 350~700 m³/日である。被圧面井戸の湧出量は 500 m³/日程度であるが自由面地下水をも併せて収水している井戸は 1,300~1,800 m³/日を示している。すなわち口径 1.5~2 m程度の自由面井戸と孔径14吋程度の被圧面井戸、また口径 3~4 m程度の自由面井戸と、自由面地下水をも併せて収水する被圧面井戸とはそれぞれ同一程度の湧出量を示している。

井戸の比収水量 (Specific capacity) は、単位水位降下当りの揚水量で表わされ、収水層あるいは帯水層の湧出能力の指数として用いられる。そしてこれは一般に水位降下によつて決まるが、井戸効率・収水管の長さ・揚水継続時間・井戸相互の干渉によつても大いに影響される。

自由面井戸のうち、孔径 3~4 mの井戸の比収水量は 900~1,500 m³/日/m、口径 1.5~2 mのそれは 250~300 m³/日/mで最大 800~900 m³/日/mを示す。自由面地下水をも併せて収水する被圧面井戸の比収水量は、70~80 m³/日/mのきわめて小さい値を示している。井戸の径が同一ではないので、これらの資料から帯水層の物理的性質を比較することは困難であるが、同一水量をうるには、一般に被圧面井戸では大口径の自由面井戸よりも水位降下を大きくしなければならない。しかしこれは収水部の面積と水位降下との関係のみでなく、本質的には第1帯水層と第2帯水層あるいはそれ以深の帯水層間の透水性の差異によるものと考えられる。

2.4 地下水理

2.4.1 水位の変化

地下水の水位に関する詳細な継年観測資料はないが、工場の井戸については若干の記録がある。第3図に示したように、当地区の工業用水取得量は昭和26、27年頃飛躍的に増加し、既設井の揚水能力では充分維持できないため井戸の掘鑿が盛んに行われた。しかしこの頃はまだ大口径でかつ深度数mの井戸であつたが、総揚水量の増加に伴つて1井当りの揚水量がはなはだしく減少し、さらに水質の悪化によつて、昭和30年頃には第1砂礫層の下部が収水の対象となつた。

このため泉川筋では、昭和26年頃 0.3m程度、昭和29年にはさらに 0.4m程度の水位低下が認められた。中之川筋の浅井戸は大正年間に季節によつて自噴し、まだ昭和24年頃までは降雨によつて蒼社川の水位が高くなると一時的に自噴したが、昭和27年頃からはその現象がみられなくなつた。またこの地区から臨海部にかけては、潮汐の影響を受けて水位の変化が認められる。

水位低下などの現象によつて帯水層の物理的性質が変化し、昭和26年6月鑿井した東洋紡績 K.K. 今治第1工場の被圧面井戸2号井の揚水試験によれば、

昭和28年	比収水量	252 m ³ /日/m
29	97	97
31	24	24

のように井戸の湧出能力は3年間で $\frac{1}{10}$ に低下している。

2.4.2 地下水の流動

蒼社川の平野流域における自由面地下水の水位測定結果から求めた水位等高線によると、両岸ではかなり顕著な水位差が認められる(第4図参照)。

蒼社川が基盤山地を脱する付近では、両岸の水位はほぼ同一標高であるが、下流へ向かつて両岸の水位差が次第に大きくなり、上水道水源付近では約 2.5m左岸側が高くなつている。しかしその下流では水位差が減じ、予讃線鉄橋下流側では両岸の水位はほぼ同一標高となる。

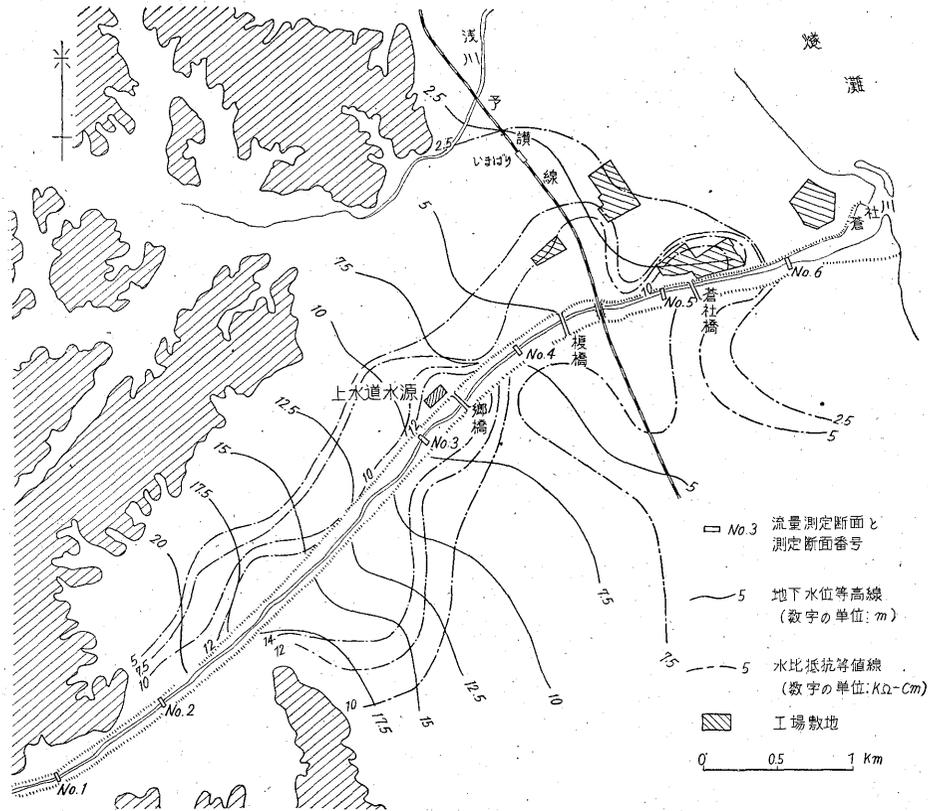
地下水位等高線の形状から地下水と蒼社川との関係を見ると、蒼社川が左岸側の基盤山地を脱する付近では左岸側への表流滲透があるが、右岸側の基盤山地を脱すると逆に右岸側へまた予讃線鉄橋上流付近ではふたたび左岸側へ滲透する傾向を示している。

なお地下水の動水勾配は、地表面勾配と同様 $\frac{1}{200}$ を示している。

2.4.3 地下水の温度と水比抵抗

自由面井戸の水温は14~15°Cでほぼ一定しているが、被圧面井戸は深度24~27mで17°C、70mで18°Cを示している。

地下水と表流との関連および地下水の流動を知る方法



第4図 今治地区の地下水位等高線および水比抵抗等値線

として用いられる水比抵抗法によって得た平野流域の地下水調査結果から判断すると、第4図に示したように、水位等高線によって表流の透過を受けていると想定される附近には、蒼社川の水比抵抗 (ρ_w) 15~17k Ω -cm と同一の値を示す地下水が分布している。そして蒼社川の両岸1~1.5km の範囲では、10k Ω -cm 以上を示す地下水が比較的規則正しく分布し、平野上流部では右岸側に、郷橋下流部では左岸側に水比抵抗の高い地下水が存在する。しかし今治城築城前に平野の西山麓に沿って流れていたという蒼社川旧河道、あるいは平野東縁部を貫流する頓田川とに挟まれた地帯の水比抵抗は不規則な分布を示し、かつ用水・溜池などに近接した井戸のみが高い値を示すことなどから、この地帯の地下水はむしろ直上の降雨によって涵養され、河川からの供給は直接受けていないものと考えられる。

臨海部においては、海岸線から約1km の範囲にわたって一般に 2.5k Ω -cm 以下の低い水比抵抗を示す地下水があり、蒼社川右岸側と、市街地の西縁にある浅川に沿っては 1.5km 程度の内陸部にまで及んでいる。

2.4.4 表流の透過量

今治市が昭和31年4月16日実施した蒼社川の縦断方向

における6断面の流量測定^{註1)}から、次のような結果が得られた(第4図参照)。

測定断面	流量	流量減
No. 1	2.865 m ³ /秒	
No. 2	2.646 "	-0.219 m ³ /秒
No. 3	2.262 "	-0.384 "
No. 4	2.000 "	-0.262 "
No. 5	1.939 "	-0.061 "
No. 6	1.880 "	-0.059 "

すなわち平野部における蒼社川は、上流から下流へ向かって漸次水量を減ずる典型的な流通河川であり、調査結果から当時における表流の伏没水量は1m³/秒弱で、断面No.4(郷橋・榎橋間)より下流の伏没量は僅少であることが明らかとなった。

水位等高線・水比抵抗および表流の流量測定などの結果から、蒼社川平野流域における地下水理は次のように考えられる。

(1) 平野部における地下水の主流部は、大半蒼社川によって涵養されている。

(2) 地下水の主流部は蒼社川にほぼ平行して流動

註1) 調査当時は前5日間降雨なく、当日は晴天・極微風で、好都合の調査条件であった。

第 1 表 今治地区水質分析結果一覽表

No.	試料採取場所	深度 (m)	水温 (°C)	pH	R pH	dis. O ₂ (cc/l)	free CO ₂ (mg/l)	Excess base (m.eq/l)	Cl ⁻¹ (mg/l)	NO ₂ ⁻¹ (mg/l)	SO ₄ ⁻² (mg/l)	NH ₄ ⁺¹ (mg/l)	Fe ⁺² (mg/l)	Fe ⁺³ (mg/l)	Ca ⁺² (mg/l)	Mg ⁺² (mg/l)	Total Hard- ness	Total SiO ₂ (mg/l)	P (mg/l)	KMnO ₄ cons. (mg/l)	ρ (kΩ-cm)
1	蒼社川表流, 永代橋 下流	—	3.9	7.0	7.2	—	2.2	0.68	4.2	0.00	6	tr.	0.00	0.00	12.8	2.0	2.31	5.0	0.00	2.8	20.50
2	蒼社川表流, 郷 橋	—	—	6.7	6.8	—	—	0.55	5.8	—	7	—	—	—	10.2	3.4	2.21	—	—	—	—
3	今治市四村, 農業用井	不明	10.5	6.5	7.2	6.11	8.8	0.63	6.3	tr.	11	0.2	0.00	0.00	16.0	2.1	2.72	10.0	0.00	5.6	12.75
4	" 中寺 "	不明	6.9	6.8	7.1	—	3.3	0.77	5.4	tr.	6	0.0	0.00	tr.	14.4	2.3	2.55	4.0	0.00	3.4	19.00
5	" " 湧 水	—	16.4	6.5	7.2	6.25	6.6	0.64	4.6	tr.	8	tr.	0.00	0.00	12.2	2.2	2.21	10.0	0.00	2.5	14.25
6	" 畑地, 農業用井	不明	14.8	6.4	7.3	2.81	11.0	1.15	7.1	0.01	11	0.1	0.13	0.15	17.3	5.4	3.66	10.0	0.00	2.6	8.40
7	今治市上水道水源 泉 川	—	10.0	6.7	7.1	6.44	4.4	0.85	6.2	tr.	7	tr.	0.00	0.00	13.9	2.7	2.56	5.0	0.00	3.7	13.00
8	" "	—	—	6.7	6.9	—	—	0.54	3.9	—	8	—	—	—	9.7	3.8	2.23	—	—	—	16.30
9	" "	—	—	6.6	6.9	—	—	0.59	6.1	—	11	—	—	—	11.7	4.3	2.63	—	—	—	14.00
10	" "	—	—	6.5	6.7	—	—	0.61	6.7	—	13	—	—	—	12.0	4.4	2.69	—	—	—	12.60
11	" "	—	—	6.4	6.7	—	—	1.06	12.5	—	15	—	—	—	17.5	7.0	4.06	—	—	—	7.80
12	" "	—	—	7.8	7.8	—	—	1.47	18.2	—	21	—	—	—	19.0	7.4	4.37	—	—	—	6.70
13	" "	—	—	7.8	7.8	—	—	1.53	44.0	—	29	—	—	—	21.9	9.5	5.25	—	—	—	3.40
14	松本染晒工場	3.8	—	6.4	6.7	—	—	1.09	9.1	—	7	—	—	—	18.1	5.9	3.89	—	—	—	8.00
15	泉タオル協同組合 A 井	3.0	—	6.3	6.6	—	—	0.85	9.7	—	8	—	—	—	16.1	5.2	3.45	—	—	—	5.70
16	" B 井	3.6	—	6.4	6.8	—	—	1.10	9.3	—	12	—	—	—	17.5	6.2	3.87	—	—	—	7.80
17	真木染織 K.K. B 井	5.2	—	6.4	6.7	—	—	1.32	15.8	—	24	—	—	—	21.1	7.2	4.61	—	—	—	5.80
18	" D 井	9.6	—	6.4	6.7	—	—	0.82	12.0	—	17	—	—	—	15.9	6.7	3.76	—	—	—	7.70
19	今治タオル輸出協同 組合, No. 1 井	5.2	—	6.5	6.7	—	—	1.01	26.1	—	21	—	—	—	29.6	7.1	5.78	—	—	—	4.50
20	" No. 2 井	6.1	—	6.4	6.7	—	—	1.06	20.4	—	10	—	—	—	24.4	6.3	4.86	—	—	—	5.10
21	阿部 K.K. 染色工場, 浅井戸 No. 1 井	5.5	—	6.5	6.8	—	—	1.22	15.8	—	13	—	—	—	23.0	3.7	4.07	—	—	—	5.80
22	" 深井戸 No. 1 井	26.0	—	7.2	7.4	—	—	1.55	24.3	—	16	—	—	—	9.3	7.2	2.95	—	—	—	11.70
23	二宮染晒工場, 浅井戸	6.1	—	6.4	6.8	—	—	1.65	66.2	—	6	—	—	—	41.4	10.3	8.19	—	—	—	2.70
24	" 深井戸	24.0	—	7.1	7.2	—	—	1.20	117.0	—	7	—	—	—	26.1	5.7	4.96	—	—	—	2.50
25	東洋紡績 K.K. 今治第 一工場, No. 3 井	69.0	—	6.7	7.4	2.48	15.4	1.77	263.0	tr.	51	0.1	0.60	0.10	37.1	9.2	7.31	7.5	0.06	3.4	—
26	伊予製氷 K.K.	不明	—	6.6	6.9	—	—	1.09	16.2	—	17	—	—	—	20.8	7.1	4.54	—	—	—	5.50
27	日之出染工 K.K.	7.6	—	6.8	7.2	5.31	4.4	1.01	7.4	0.01	6	0.1	0.00	0.00	14.9	2.4	2.64	4.0	0.05	1.9	—
28	在間染晒, No. 1 井	9.0	—	6.9	7.1	—	—	0.75	21.9	—	38	—	—	—	8.5	8.7	3.19	—	—	—	8.00
29	丸今綿布 K.K. No. 3 井	12.0	—	6.0	6.4	—	—	0.44	332.0	—	43	—	—	—	136.7	25.7	25.10	—	—	—	1.10
30	東洋紡績 K.K. 今治 第二工場, 水源井	不明	—	6.4	6.9	—	—	1.16	35.6	—	35	—	—	—	30.0	6.2	5.63	—	—	—	—

地質調査所月報 (第 7 卷 第 8 号)

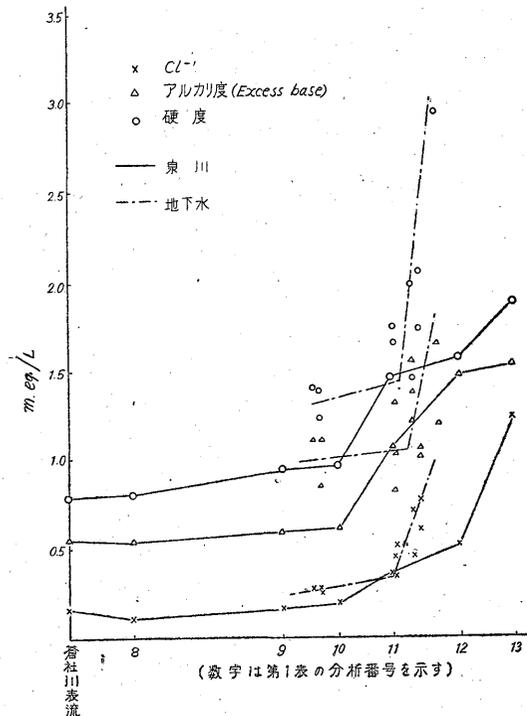
し、郷橋から下流では左岸側に認められる。

(3) 蒼社川河口附近には塩水によって汚染された地下水があり、その一部は泉川・中之川筋の工場地帯に近接している。

2.5 地下水の化学的性質と汚染

2.5.1 水質の特徴

当地区における地下水の化学成分については第1表に揚げたが、蒼社川の平野上流部一帯は、水比抵抗の分布と同様に、河川兩岸1~1.5kmの範囲における地下水は、蒼社川からの距離の大小にかかわらず、水質にはほとんど差が認められない。分析結果によれば工場地帯の地下水は深度によってかなりの質的差異が認められる。すなわち第1帯水層の水質は比較的良好で、特に深度10m前後の地下水が優れているが、第2帯水層以深の帯水層は一般に溶存成分に富み、特に深度70m前後の地下水は多分に海水の影響を受けているとみられる水質を示している。



第5図 泉川筋の表流・地下水水質の地理的変化

また工場地帯の地下水は上流から下流へ向かつて水質が悪化している。第5図に示した泉川と工業用井戸との化学成分についての関係を考察すると、泉川の溶存成分は測点 No. 4 附近から急激に増加し、地下水の水質もこの附近から悪化している。これは染晒の排水が泉川に放出されるため、汚染された表流が揚水に伴って透水

度の高い第1帯水層に透過することに原因するものと考えられる。この現象は泉川筋のみでなく、中之川筋においても認められる。

2.5.2 水質の時間的变化

工場地帯における水質の変化は、昭和27年頃から顕著となり、泉川筋では主要成分が次のような時間的变化を示している。

	昭和28年	昭和29年	昭和30年
総硬度(度)	3.0~6.2	3.0~5.3	3.0~7.4
Cl ⁻¹ (mg/l)	8.1~44.2	10.5~57.2	11.3~67.4

すなわち、昭和28~30年の2年間において総硬度は年平均7%、Cl⁻¹は平均26%の増加率を示している。また臨海部に位置する東洋紡績 K.K. 今治第二工場の自由面井戸(深度 3.6m)は、昭和26年1月 Cl⁻¹ 24mg/l を測定したが、同年秋にはすでに塩分を感じ、昭和31年2月には水比抵抗が 0.12kΩ-cm であった。そして被圧面井戸(深度 70m)では昭和29年5月に Cl⁻¹ 4,550 mg/l を検出している。

これらの現象は、過剰揚水にも原因するが、蒼社川の地下水涵養量の減少、かつての染晒工業の水源であった泉川・中之川が排水路の性格を帯びてきたこと、当地区における主要な帯水層である第1砂礫層の上部に、汚染源からこれを遮断するに十分な粘土層が発達していない地質的条件などが根本的な原因と推察される。

2.6 工業用水確保のための対策

以上の調査結果から、次の事項が要約される。

(1) 今治地区の地下水は、大半蒼社川によって涵養されているが、蒼社川の水量変化によって地下水涵養量が減少し、臨海部では塩水の侵入が顕著となった。

(2) 蒼社川の損失水量は、31年4月の測定によって 80,000 m³/日と確認されたが、平野部における地下水取得量は日量 40,000 m³ 程度であった。

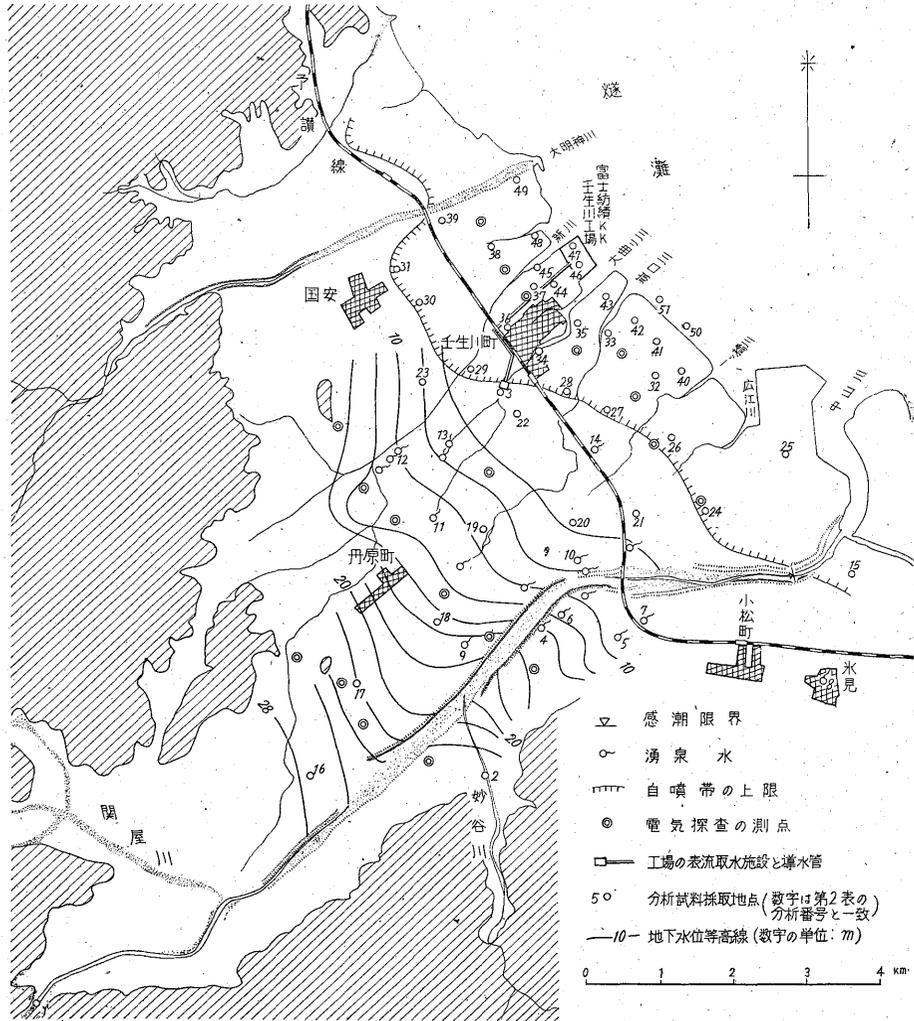
(3) 当地区における主要な帯水層は、花崗岩質の砂礫からなる第1帯水層であるが、上層に粘土層が発達していないため、汚染され易い地質条件を具えている。

(4) 泉川・中之川筋では、工場排水がかつて染晒工業の水源となっていた泉川・中之川に混入するために、第1帯水層が汚染されている。

(5) 工場地帯では井戸の増掘と過剰揚水とによって、1井当りの揚水量が漸次減少し、排水による地下水汚染は次第に深層部に及んでいる傾向が見受けられる。

これらの結果から、今治地区における工業用水の確保と保全のための対策としては、

(1) 工場専用排水路を速やかに建設して、工場地帯およびその下流部における地下水の汚染を防止するとともに、泉川・中之川の完全利用をはかる。



第6図 道前平野地区の水利地質調査概要図

(2) 蒼社川河口附近に防潮堰堤を設けて塩水の遡上を防止する必要がある。

(3) 工業用井戸の合理的な利用をはかるとともに、工業用水の不足量に対しては工業用水道によって補給しなければならない。

(4) 工業用水道の水源地は蒼社川に求めなければならないが、その取水地点については蒼社川の地下水涵養地帯を極力さけるべきであり、現況では蒼社橋と榎橋との間が最も適当な地点と考えられる。

3. 道前平野地区

道前平野²⁾は、周桑郡中山村湯谷口を頂点とし、北東燧灘へ向かつて約43°の角度で展開する中山川、大明神川などによる沖積平野で、面積は約68km²である(第6図参照)。

燧灘沿岸は遠浅で干拓に格好な地であるから、壬生川附近では約300年前から干拓が行われてきたが、臨海部はきわめて排水の便が悪く、特に平野中央にあたる新川沿いは地形的にも低地帯であつて、一部では塩害を蒙り、南海地震後はそれがますます顕著となつている。

海岸線に沿う幅1~2.5kmの範囲には自噴井が分布し、この区域の東部にあたる加茂川下流平野に連続して、愛媛県下に残存する唯一の自噴帯を形成している。

したがつて被圧面地下水が比較的未利用のまま賦存し、燧灘沿岸でも有数な工場地帯として注目されており、壬生川町国安・石田にある和紙(手摺)製造以外に大量に工業用水を利用している工場としては、富士紡績K.K. 壬生川工場が存在するにすぎない。

3.1 水分布およびその利用

3.1.1. 水分布の概要

石鎚山の西方堂ヶ森(海拔標高1,689 m)、青滝山(同1,303 m)に水源を發し、流域面積 100km²余を有する当地区最大の河川である中山川は、扇状地を形成する支流関屋川を合せて平野の東縁に沿って北東へ向かい、小松町附近で流路を急に東へ変えて燧灘に注ぐ。周桑郡桜樹村鞍瀬(流域面積72km²)における昭和19年から同23年までの間の流量観測⁹⁾によると、中山川の湧水量は0.67~1.30 m³/秒、また23年6月には0.17m³/秒の最少水量が記録されている。かつ中山川は平野部で水無川となり、一時的な出水を除いては常時田野村田野上方附近から下流には表流が認められない。

平野の北西方の花崗岩山地に水源を發する大明神川は、典型的な扇状地を形成し、表流は中山川と同様平野部に達すると完全に伏設する。

これらの河川が形成する扇状地末端の湧水などに水源を發し、平野中央低地帯に沿って北流する新川が、当地区において唯一つ返流河川の形態を具えている。

このように平野では表流が得にくいいため、山麓部には灌漑用溜池が多数存在し、その有効貯水量は、1,390,700 m³を擁している。また河川兩岸あるいは扇状地末端には湧出量 0.002~0.3m³/秒に及ぶ湧泉・水があり、総湧出量は湧水時 0.3m³/秒、最大 6 m³/秒に及んでいる。

湧泉・水群の末端、ほゞ国道以東の臨海部には自噴性被圧面地下水が分布し、自噴帯の面積は約 14k m²で、平野総面積の 1/5 に相当する。

3.1.2 水利用の特徴

道前平野4,600 町歩の灌漑用水⁹⁾は、中山川本流釜の口堰を初め山間部に設けられた20カ所の井堰、60カ所の溜池、湧水池に設けられた孔径 275mm、揚水動力75HPの揚水機 150カ所余および自噴井などあらゆる水源に依存している。

簡易水道は3カ所あり、田野村長野では深度45mの井戸による 450m³/日の給水計画を、同村田野上方では同じく深度45mの井戸から28m³/日の給水を行っている。また壬生川町では地下水に鉄分の多い新川筋の約30戸に對して給水している。

臨海部の自噴井は家庭用として、利用されているが、平野中央低地帯では塩害対策として掘鑿されたものが多く、総自噴量は日当り約 25,000 m³と推定される。

新川の河口に位置する富士紡績 K.K. 壬生川工場は、工業用水として約 55,000 m³取得している。おもな水源は表流(大曲川)・被圧面地下水であるが、被圧面井戸は周囲の家庭用自噴井に影響することを考慮して大半表流水源に依存している。同工場の拡張計画によると、31年度末においては 72,000 m³/日の工業用水を必要とする。

3.2 帯水層とその分布

道前平野の周辺基盤山地⁹⁾は、南縁部が和泉砂岩・結晶片岩からなり、中央構造線が中山川が平野に達する中川村湯谷口を横切っている。また平野西縁の南半部は和泉砂岩と古生層、北半部は花崗岩類からなる。

これらの岩層は平野の不透水性基盤をなしており、鑿井地質資料・電気探査の結果から考察すると、関屋川扇状地の末端にあたる田野村長野では深度 123m、新川・中山川間の平野中央部では深度 100m、海岸線では深度 80m前後で基盤に達する。基盤の表面の形は、中山川左岸に沿って南東へ急、北西へ緩い斜面をもつ谷部を形成しているが、下流へ向かつて北東へ拡がり、臨海部ではかなり単調な起伏をなしている。富士紡績 K.K. 壬生川工場の鑿井試料によると、新川附近の基盤は花崗岩からなっている。

平野中央部の厚さ数10mに及ぶ堆積物は、深度15~20 mまで粗礫であり、臨海部における堆積物も中山川下流では深度35m附近まで粗礫~砂礫で構成されているが、北西へ向かつて次第に細粒物質となり、中央低地帯では深度30~40mまで砂および粘土からなる。この下位には大地比抵抗曲線が比較的単調な形を示し、平野全体にわたって分布する粘土混り砂礫の厚層がある。したがって下部には帯水層となるべき砂礫層があまり発達していない。

3.3 地下水理

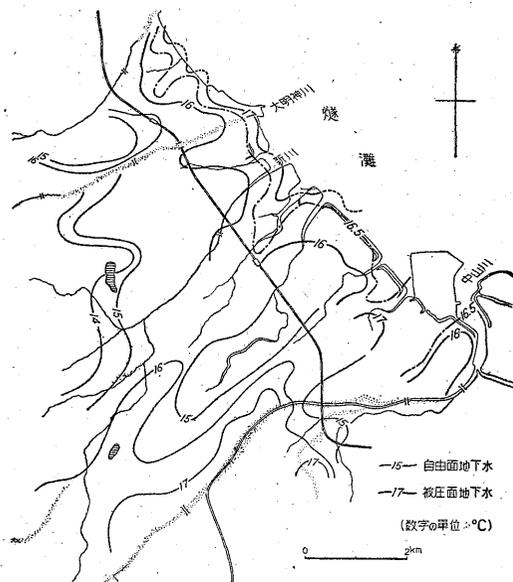
3.3.1 自由面地下水の水利

平野南東部における自由面地下水の水位は、関屋川扇状地末端では10~13mにも及ぶが、一般には2~5 mで下流側へ向かつて浅くなり、標高5~10m附近では湧水となる(第6図参照)。

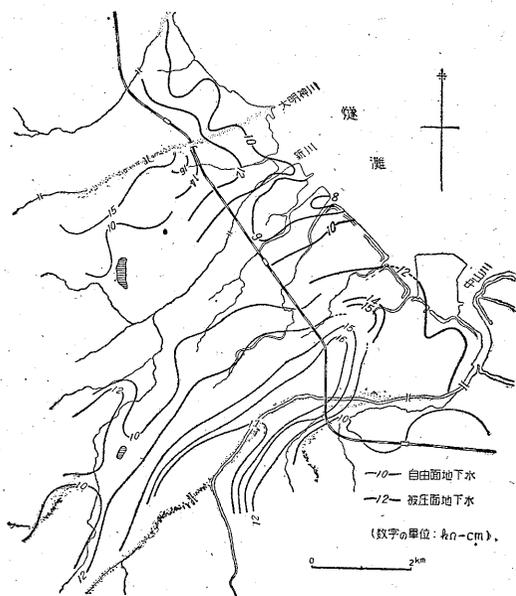
地下水位等高線によると、中山川流域では不透水性基盤が谷部を形成する附近すなわち石鎚橋上流田野村田野上方附近から、左岸に沿い壬生川町長田・石田附近へ向かう地下水の主流部があり、右岸では小松町北川附近にも認められる。また新川右岸に沿っても地下水位の谷部が認められる。

自由面地下水の温度は調査当時13~17°Cを示し、中山川流域には地下水位等高線が表わす地下水主流部に沿って、16~17°Cの高温を示す地下水が分布しているが、その両側には13°C台の地下水が分布する。花崗岩からなる西部山麓部一帯は、中山川流域とは逆に下流へ向かつて増温する(第7図参照)。

自由面地下水の水比抵抗は3~24k Ω -cmを示し、その分布を概観すると、15k Ω -cm以上を示す地下水が中山川に沿って細長く北東へ延び、また円原町の北西新川上流部には別に 12k Ω -cmを示す地下水があつて新川の



第7図 道前平野地区における地下水の温度等値線



第8図 道前平野地区における地下水の水比抵抗等値線

方向へ延びている (第8図参照)。

3.3.2 湧泉・湧水の水理

中山川・新川流域には、標高7~12mの間に湧泉および湧水が分布しているが、これらの多くは灌漑用水源として開鑿されているので、一見湧水池の観を呈している。湧出量は最小2/l 秒程度から最大0.3m³/秒に達する。

中山川流域の湧水はおもに兩岸から200~400mの堤内地にあつて、単独の湧水池となつているが、新川流域では河道に沿つて細長く連続する湿地帯の処々に湧出

し、道前平野最大の湧泉がこゝに存在する。大明神川扇状地の末端にある湧水は概して湧出量に乏しい。

中山川流域の湧水の温度は16~17°C、水比抵抗16~17 kΩ-cm、新川流域ではそれぞれ14~15°Cおよび9 kΩ-cm台を示している。また大明神川扇状地末端では、水温15°C、水比抵抗10~12 kΩ-cmを示している。

道前平野の湧泉・水は、下流側における帯水層の透水度の減少と、帯水層中に介在する粘土層の発達とに伴つて自由面地下水の一部が湧出しているものと考えられる。燧灘に注ぐ広江川・崩口川・大曲り川などはこれらの湧泉・水がその水源となつている。

3.3.3 被圧面地下水の水理

燧灘海岸に沿つては面積約14km²に及ぶ自噴帯があり、その上限は中山川下流で標高4m前後、中央低地帯では標高10mに達し、大明神川左岸では標高6m前後にある。大明神川右岸壬生川町国安には季節的に自噴する所があり、一般に自噴帯は縮少している模様である。

自噴井の総数は約2,800本に達し、その75%が壬生川町本町・三津屋一円の中央低地帯に集中している。孔径は1.5~2吋、深度は新川以西では7~32m、新川以東では10~15mで、自噴量は最大250cc/秒に達し、総自噴量は約25,000 m³/日と推定される。圧力面は新川以東では潮汐の影響を受け約1m程度の差異があるが、新川以西ではほとんど影響を受けない。自噴帯には塩水の侵入がみられず、壬生川町北新田沖合に干拓用として鑿井された自噴井にもその徴候は認められない。

被圧面地下水の温度は15.5~17.5°Cと比較的一定しているが、その分布はかなり著しい特徴をもっている。中央低地帯には16.5~17.5°Cを示す地下水があり、その両側には15.5~16.5°Cを示しているが、中山川下流には17°Cを示す地下水があつて他の区域とは逆に海岸へ向かつて水温が低下する。一方平野北西部の海岸線に沿つては17°C台を示す地下水がある。これは平野南東部と北西部とでは堆積物の物理的性質あるいは背面の地下水理に相違があつて、後者は多分に海水の温度の影響を受けていることによるものと考えられる (第7図参照)。

被圧面地下水の水比抵抗は、8~16 kΩ-cmを示し、中央低地帯には8~10 kΩ-cm、その両側には10 kΩ-cm以上の地下水が分布する。中山川下流と大明神川予讃線鉄橋附近には13 kΩ-cm以上の地下水があり、前者は15 kΩ-cm以上を示す自由面地下水の下流側にあつている。そして一般に自噴帯南東部は北西部に比較して、地下水の流動方向に対する水比抵抗の減少度が小さい傾向を示している (第8図参照)。

これらの結果から考察すると、道前平野の地下水はおもに中山川・大明神川によつて涵養され、地下水の一部

は湧泉・水となり、一部は被圧面地下水となつて自噴帯を形成する。そして中山川流域では平野の上流部で河床下に伏没した表流がむしろ左岸側に透過し、有力な地下水帯を形成している。特に冬季相当の広範囲にわたつて高温・高水比抵抗を示すことは、他地域の地下水調査資料から考察すると、堆積物の物理的性質のほか表流透過量が相当に多いことを意味するものである。これに反して大明神川流域の地下水は、右岸側に流域全体にわたつて、分散・流動している。これらの河川の透過水のほか、背面基盤山地から供給される地下水が中央地帯へ向かつて流動しているものと考えられる。

3.4 地下水の化学的性質

調査地域内で採取した51個の水試料の分析結果から、主要な成分の分布およびその特徴を概観すると次のようになる。なお分析結果は第2表に掲げた。

pH と遊離炭酸 表流の pH は 6.8 ~ 6.9, 自由面地下水は 5.8 ~ 6.9 を示すが、中山川流域から平野中央へ向かつて酸性となり、被圧面地下水は臨海部へ向かつて漸次中性となる。

遊離炭酸の含有量に応じて (RpH-pH) が変化するが新川流域の地下水はその差が大きく、遊離炭酸は 10 ~ 20 mg/l を示すが、そのほかの区域では大略 5 mg/l 以下である。

塩素イオン 自由面地下水は一般に集落汚染などのために塩素イオンが多く検出されるが、被圧面地下水は 7 mg/l 以下であり、海水の混入は認められない。

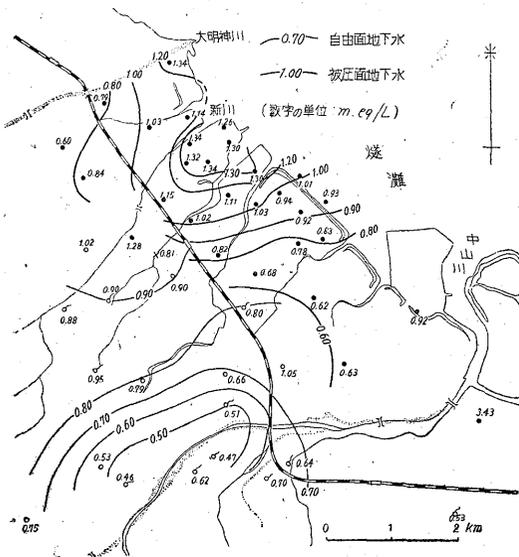
アルカリ度 アルカリ度は pH と同様な分布を示し、

pH が中性に近づくとアルカリ度も増加する。自由面地下水のそれは中山川流域が低く、被圧面地下水では中央低地帯へ向かつて増加する (第9図参照)。

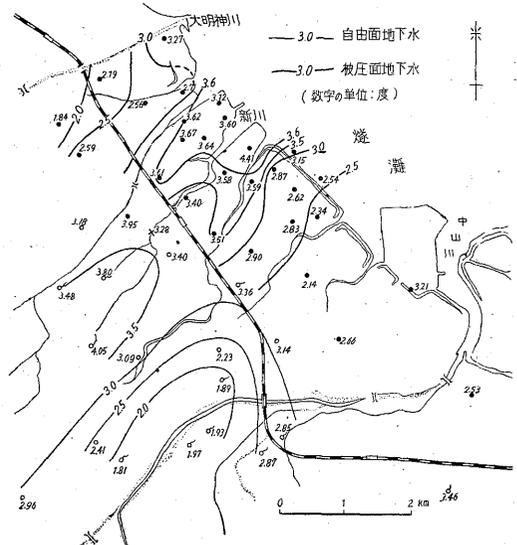
溶存酸素 自由面地下水の溶存酸素は 3.5 ~ 6.8 cc/l を示し、中山川流域は自由面・被圧面地下水ともに多い。被圧面地下水は 0.2 ~ 6 cc/l であるが、大明神川・新川下流には 1 cc/l 以下を示す所があり、この地帯では一般に Fe^{+2} が多く還元性の地下水となっている。

硫酸イオン 地下水の硫酸イオンは和泉砂岩・結晶片岩類からなる基盤山地にその水源を発する中山川・新川流域に 10 ~ 30 mg/l 含有されており、花崗岩基盤山地に水源を発する大明神川流域では 8 mg/l 以下である。

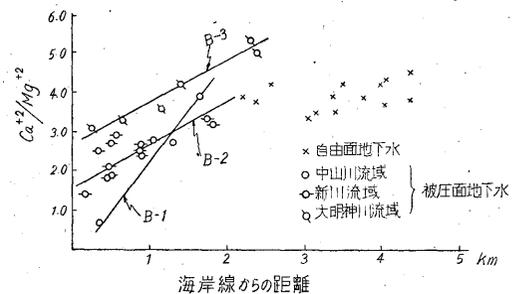
全硬度 自由面地下水の全硬度は、アルカリ度と同様に中山川流域に小さく、被圧面地下水では中央低地帯へ



第9図 道前平野地区における地下水のアルカリ度 (Excess base) 等値線



第10図 道前平野地区における地下水の全硬度等値線



第11図 道前平野地区における地下水の Ca^{+2}/Mg^{+2} の地理的变化

向かつて増加する (第10図参照)。しかし被圧面地下水の Ca^{+2} は臨海部へ向かつて減少し、 Mg^{+2} は逆に増加する。したがつて Ca^{+2}/Mg^{+2} は内陸側が大きい値を示している (第11図参照)。これは一応堆積物の吸着・イオン

第 2 表 道前平野地区水質分析結果一覽表

No.	試料採取場所	深度 (m)	水温 (°C)	pH	R	pH	dis. O ₂ (cc/l)	free CO ₂ (mg/l)	Excess base (m. eq/l)	Cl ⁻¹ (mg/l)	NO ₂ ⁻¹ (mg/l)	SO ₄ ⁻² (mg/l)	NH ₄ ⁺¹ (mg/l)	Fe ⁺² (mg/l)	Fe ⁺³ (mg/l)	Ca ⁺² (mg/l)	Mg ⁺² (mg/l)	Total Hard ness	Total SiO ₂ (mg/l)	P (mg/l)	KMnO ₄ cons. (mg/l)	ρ (kΩ-cm)
1	中山川表流, 湯谷口	—	9.0	6.9	7.1	—	2.2	0.51	4.8	tr.	19	0.1	0.00	0.00	10.2	3.5	2.24	12.4	0.00	6.5	20.00	
2	妙谷川表流, 妙口	—	9.5	6.9	7.1	—	2.2	0.41	4.7	tr.	9	0.1	0.00	0.00	8.1	2.5	1.71	11.6	0.00	4.7	22.50	
3	大曲川表流, 富士紡 表流採取点	—	14.0	6.8	7.2	7.29	4.4	0.81	5.5	tr.	22	tr.	0.00	0.00	16.7	4.1	3.28	12.8	0.01	4.4	10.25	
4	小松町北川西, 湧水	—	16.1	6.5	7.2	6.18	2.2	0.62	5.2	0.00	8	0.1	0.00	0.00	9.8	2.6	1.97	21.2	0.00	6.5	16.50	
5	〃 南川, 湧水	—	15.5	6.0	6.9	4.50	13.2	0.70	6.6	0.24	23	0.1	0.00	0.00	14.4	3.7	2.87	5.6	tr.	7.9	9.30	
6	〃 北川東, 湧水	—	16.0	6.6	7.1	5.88	2.2	0.47	5.4	tr.	10	0.1	0.00	0.00	9.5	2.6	1.93	15.2	0.01	5.4	16.50	
7	〃 新宮, 湧水	—	16.3	5.9	6.9	4.61	20.9	0.64	7.1	0.01	20	0.0	0.00	0.00	14.3	3.7	2.85	11.6	0.00	5.9	10.70	
8	西条市水見弘法井戸 湧水	—	15.0	5.8	6.3	5.89	17.6	0.53	14.8	0.50	31	0.1	0.00	0.00	17.8	4.2	3.46	8.8	0.01	4.7	10.25	
9	壬生川町鴨窪, 湧水	—	16.0	6.9	7.2	6.75	2.2	0.46	5.7	0.00	8	0.1	0.00	0.00	9.5	2.1	1.81	15.2	tr.	3.3	17.00	
10	〃 新出, 湧水	—	15.1	6.6	7.0	6.33	2.2	0.51	5.1	0.00	8	0.1	0.00	0.00	9.2	2.6	1.89	14.0	tr.	4.4	16.50	
11	〃 願連寺, 湧水	—	15.7	6.2	6.8	5.76	14.3	0.95	6.5	tr.	26	tr.	0.00	0.00	21.2	4.7	4.05	14.8	0.00	3.0	10.00	
12	〃 北市北, 湧水	—	15.2	6.2	7.1	4.21	13.2	0.88	5.2	0.00	21	tr.	0.00	0.00	18.0	4.2	3.48	19.2	tr.	1.1	9.70	
13	〃 周布新出, 湧水	—	15.2	6.3	7.1	5.13	12.1	0.90	4.9	0.05	27	0.1	0.00	0.00	19.5	4.6	3.80	18.8	tr.	2.5	9.20	
14	〃 福王院, 湧水	—	14.5	6.2	7.1	5.39	12.1	0.80	5.5	0.01	22	0.1	0.00	0.00	16.9	4.3	3.36	16.4	0.00	3.1	10.25	
15	西条市新兵衛	64	16.5	6.4	7.0	0.00	—	3.43	1,930.0	0.01	3	11.7	109.00*		85.8	57.7	25.30	52.0	0.21	55.3	0.20	
16	田野村田野上方馬場 簡易水道水源井	不明	(9.0)	6.6	7.0	(6.33)	3.3	0.52	4.4	0.00	19	0.1	0.01	tr.	12.4	3.4	2.52	10.4	0.05	4.4	15.50	
17	丹原町光下田農業用井	20	16.5	6.2	6.7	5.82	4.4	0.75	5.0	tr.	19	0.1	0.00	0.00	13.6	4.6	2.96	12.0	0.00	6.1	12.00	
18	壬生川町鴨窪西農業 用井	不明	15.9	6.5	7.0	5.98	4.4	0.53	6.4	0.00	12	0.0	0.00	0.00	11.8	3.3	2.41	10.4	0.07	3.8	15.00	
19	〃 周布	不明	13.3	6.4	7.0	5.52	8.8	0.79	4.2	0.05	15	0.0	0.00	0.00	15.8	3.8	3.09	9.6	0.00	3.5	12.10	
20	〃 石田織田酒店	11	16.4	6.6	7.0	5.33	3.3	0.66	5.0	0.00	8	0.2	0.00	0.00	10.7	3.2	2.23	13.2	tr.	3.7	15.30	
21	〃 吉井農協	3.6	14.0	7.9	7.9	6.90	0.0	1.05	8.2	tr.	9	0.1	0.00	0.00	15.7	4.1	3.14	2.4	tr.	4.5	13.00	
22	〃 下田壬生川中学校	13	15.3	6.0	6.9	4.13	13.2	0.90	6.2	0.20	21	0.1	0.00	0.00	17.4	4.2	3.40	18.4	0.00	9.5	9.75	
23	〃 明理川	16.5	16.3	6.4	7.2	3.56	12.1	1.02	6.2	tr.	6	tr.	0.00	0.00	15.3	4.5	3.18	15.6	tr.	1.2	9.10	
24	〃 今在家	11.5	16.8	6.4	6.9	4.80	5.5	0.63	5.5	0.01	15	tr.	0.00	0.00	13.4	3.4	2.66	5.6	tr.	4.4	13.00	
25	〃 大黒新田農業用井	16	16.9	6.9	7.1	3.33	4.4	0.92	8.8	0.02	16	tr.	0.00	0.00	6.8	9.8	3.21	9.2	0.01	3.1	10.00	

26	〃 広江	11	16.7	6.6	6.9	4.97	4.4	0.62	4.5	0.01	10	0.1	0.00	0.00	9.5	3.5	2.14	4.4	tr.	6.8	15.00
27	〃 北条南端	15.5	12.0	6.4	7.2	3.48	6.6	0.68	5.9	0.03	19	0.1	0.00	0.00	14.6	3.7	2.90	16.0	0.00	0.9	12.50
28	〃 北条伊予酒造店	不明	16.0	6.3	7.1	4.51	11.0	0.82	5.5	0.00	23	tr.	0.00	0.00	18.5	4.0	3.51	16.4	0.00	0.7	10.25
29	〃 円海寺	13	15.5	6.6	7.0	0.58	9.9	1.28	5.1	0.00	9	0.1	tr.	tr.	19.0	5.6	3.95	16.8	0.01	3.1	9.75
30	〃 喜多台	不明	15.7	6.8	7.3	5.12	3.3	0.84	4.0	0.02	8	tr.	0.00	0.00	13.9	2.8	2.59	20.8	tr.	6.6	12.60
31	〃 国安	11	15.6	6.6	7.1	6.08	5.5	0.60	4.4	tr.	0	0.2	0.00	0.00	10.0	1.9	1.84	16.8	0.03	6.3	14.50
32	〃 北条新田	16	15.5	6.6	7.1	4.18	5.5	0.78	4.8	tr.	12	0.1	0.00	0.00	14.3	3.6	2.83	20.8	0.00	2.1	11.20
33	〃 北新田北条川々筋	不明	16.1	6.7	7.2	3.39	5.5	1.03	5.4	0.02	10	0.1	0.00	0.00	15.6	6.1	3.59	21.6	tr.	2.1	8.75
34	〃 三津屋お寺	不明	16.7	6.4	7.0	4.36	11.0	1.02	4.9	0.01	21	0.4	0.00	0.00	16.2	4.9	3.40	22.8	tr.	3.2	9.50
35	〃 旭新田墓地脇	不明	16.4	6.6	7.3	4.12	9.9	1.11	5.2	0.06	13	tr.	0.00	0.00	16.2	5.7	3.58	17.2	0.00	5.1	9.20
36	〃 簡易水道水源井	不明	16.0	6.6	7.1	2.72	11.0	1.15	6.0	0.04	8	tr.	0.00	0.00	17.1	5.3	3.61	22.0	0.00	3.2	9.20
37	〃 大新田墓地脇	不明	16.4	6.8	7.3	0.18	9.9	1.27	7.0	0.00	7	0.1	2.09	0.09	18.0	5.0	3.67	20.4	0.06	4.4	8.80
33	〃 出作	25	15.8	6.9	7.3	1.49	5.5	1.03	4.3	tr.	3	0.0	0.00	tr.	12.5	3.5	2.56	39.2	0.01	2.5	11.60
39	〃 高田・神社前	不明	16.8	6.8	7.2	3.45	4.4	0.79	4.6	tr.	1	0.1	0.00	0.00	11.2	2.7	2.19	27.6	0.01	7.4	13.00
40	〃 南新田南側	16	16.2	6.8	7.2	4.01	4.4	0.83	4.8	0.02	7	0.1	0.00	0.00	10.6	3.7	2.34	18.4	tr.	1.8	12.00
41	〃 南新田北側	不明	16.5	6.9	7.4	3.76	2.2	0.92	5.5	0.05	15	0.1	0.00	0.00	9.8	5.4	2.62	24.4	tr.	6.0	10.70
42	〃 北新田	不明	16.5	6.9	7.3	3.40	2.2	0.94	5.5	0.01	8	tr.	0.00	0.00	11.1	5.7	2.87	27.2	tr.	2.5	10.25
43	〃 旭新田突端	不明	16.5	6.8	7.3	3.33	4.4	1.30	5.6	0.00	19	tr.	0.00	0.00	19.7	7.2	4.41	21.6	0.01	5.4	8.00
44	〃 大新田富士紡西	不明	17.0	7.0	7.5	0.56	4.4	1.34	5.3	0.00	6	0.2	0.35	0.03	15.3	6.5	3.64	14.8	0.01	0.4	8.40
45	〃 大新田新川川筋	不明	16.4	6.9	7.1	0.16	5.5	1.32	6.0	tr.	5	0.2	1.44	0.06	15.5	6.3	3.62	22.0	0.09	2.1	9.75
46	〃 富士紡績K.K.壬生川工場, No. 6井	51.5	17.4	7.0	7.4	0.96	4.4	1.30	6.3	0.00	8	0.0	0.00	tr.	14.5	6.8	3.60	15.6	0.04	4.6	8.30
47	〃 " No. 8井	91	17.4	7.0	7.4	2.13	5.5	1.26	7.3	0.00	2	0.2	0.20	0.02	13.4	5.4	3.12	23.6	0.30	6.2	10.20
48	〃 新川・境川の川口の間	不明	16.7	6.9	7.3	0.27	7.7	1.14	4.1	0.00	6	1.3	1.84	0.03	12.8	4.0	2.71	38.4	0.38	4.5	10.40
49	〃 高田大明神川川口	33	16.7	6.9	7.4	0.36	8.8	1.34	3.4	tr.	1	2.0	1.00	0.03	15.3	4.9	3.27	36.8	0.22	6.0	9.70
50	No. 41 の東, 海の中	不明	16.7	6.9	7.2	3.65	3.3	0.93	6.3	0.03	12	0.2	0.00	0.00	9.4	5.3	2.54	18.0	0.13	4.4	10.30
51	No. 42 の東, 海の中	不明	16.9	6.9	7.2	--	3.3	1.01	5.2	0.00	8	0.2	0.00	0.00	10.2	7.5	3.15	26.8	0.07	3.7	9.70

(註) * 全鉄 (Total Fe) を示す

交換などの現象によるとも考えられるが、一方堆積物の堆積環境などに原因しているものとも推察される。

以上のように道前平野における地下水には、その背面における地質の差異によって明瞭な質的特徴がみられる。

3.5 地下水の保全とその対策

道前平野の地下水は、中山川・新川・大明神川などの河川によって大半涵養されているが、瀬戸内特有の気象によって雨量少なく、水源が浅いため地下水涵養量は至つて少ない。またこれらの河川は平野部では水無川となるので、家庭用水・産業用水源はほとんど地下水であり、それらの総取得量は約 $1 \text{ m}^3/\text{秒}$ 強に及んでいる。道前平野の河川湧水量は $1.5 \text{ m}^3/\text{秒}$ 程度と見込まれるから地下水取得量はほぼ地下水涵養量に等しいとみなすことができる。この事実は当地区の地下水開発のうえで重要な指標となるもので、産業発展のためにはまず水源確保の対策を講ずる必要が生じてくる。

平野中央部は地下水の利用度が高く、井戸相互の干渉によって圧力面の低下がはなはだしく、井戸の濫掘によって地盤沈下の促進・塩水侵入など一連の災害を誘起する危険もまた考慮される。したがつてこの低地帯一円においては、地下水保全のために上水道水源などの設置をはかり、地下水の取得量を最小限に抑制する必要がある。

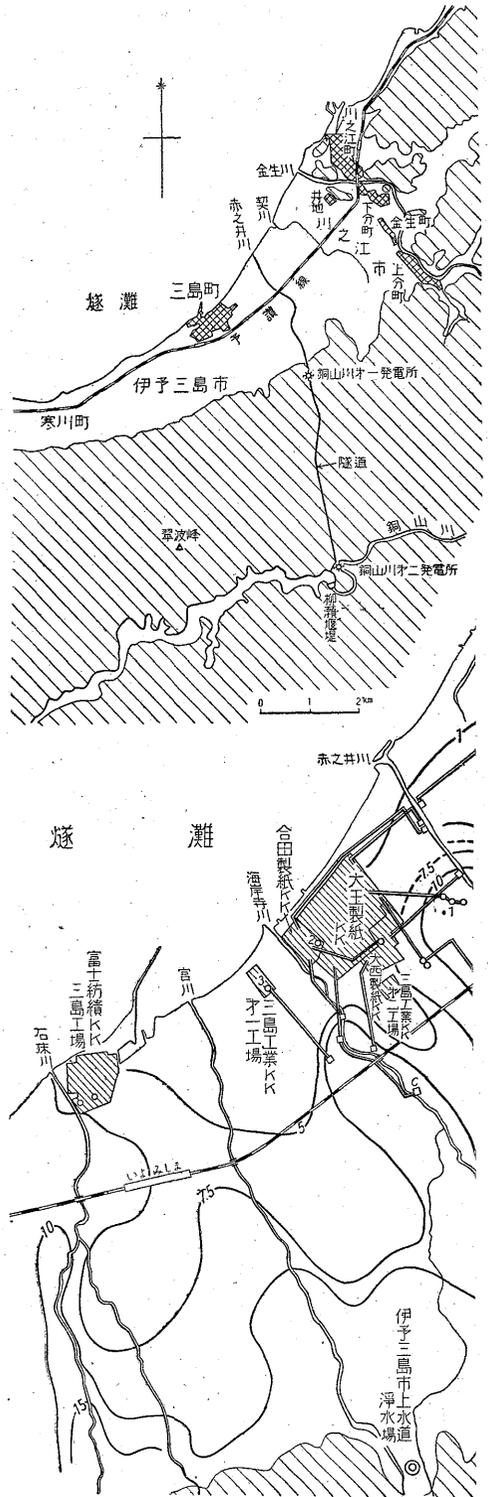
4. 伊予三島・川之江地区

伊予三島・川之江地区は、愛媛県の東縁部に位置し、東および南は香川・徳島・高知の3県に接し、北西は燧灘に臨む(第12図参照)。標高 892.5m の翠波峰を有する法皇山脈は燧灘に迫り、海岸に沿つて細長く带状に広がる当地区は最小 0.9 km, 最大 3 km の幅を有し、地表面は $1/18 \sim 1/75$ の勾配を示している。

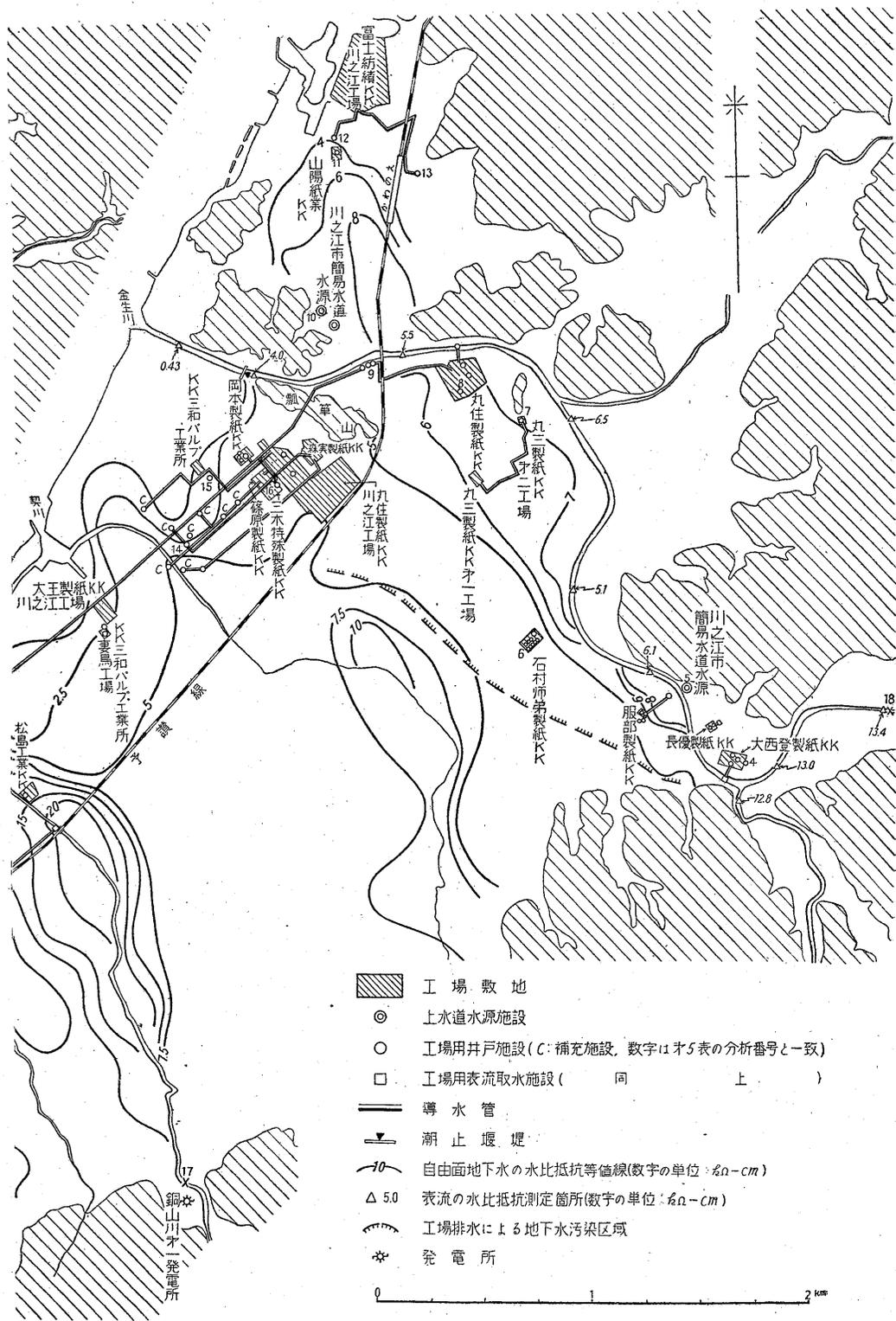
法皇山脈に水源を発する河川は、北流して燧灘に注ぐが、水源が浅く、降雨量が少ないため、金生川を除いては平野部ではほとんど水無川となつている。したがつて当地区は古くから灌漑用水に難渋し、3~5年を周期として起きる大早魃と、毎年初夏には通称山地風やまじかぜがあつて、平野一帯は水と風との脅威にさらされている。

当地区の水不足を解決するために、別子銅山の南西笹ヶ峯(標高1,859.9 m)に源を発し、四国山脈と法皇山脈との山峽をぬつて、吉野川に合流する銅山川からの分水計画が安政2年(1855年)の昔に立案され、爾来幾多の紆余曲折を経て、昭和29年に伊予三島市柳瀬に、当地区1,246町歩の灌漑用水と、出力最高 13,300 kW の発電を兼ねた四国最初の重力式ダムが完成して、一応初期の目的が達せられた。

また当地区は古くから伊予路の「紙どころ」として知ら



第12図 伊予三島・



川之江地区水理地質調査概要図

れ、現在手携和紙業者 237、パルプ・機械製紙業者52を数え、静岡県吉原、富士に次ぐ製紙工業地帯である。元来当地区の工業用水は灌漑用水の余剰水を利用していたため、水源は表流・溜池・地下水の多方面にわたり、操業に十分な水量は確保されず、かろうじて稼動時間の調節によって水源の活用をはかっていた。そして銅山川疏水の完成によって赤之井川が発電放水路となるに及んで、表流あるいはこれによつて涵養される赤之井川流域の地下水を利用して、一応完全操業に堪えるだけの水源が約束されたが、昭和28年からパルプ製造業が興り、そのため工業用水の取得量が増加して、水の問題はなお未解決のまま残されている。

4.1 水分布およびその利用

4.1.1 水分布の概観

当地区にはその東縁に流域面積55.6km²を有する金生川があるが、その他の川は5km²程度の流域面積を有する小河川にすぎない。表流は常時金生川(調査当時川之江市柴生で表流量0.2m³/秒)と銅山川第1発電所の放水路にあたる赤之井川(発電使用量最大5.8m³/秒、常時1.0m³/秒)のみであるが、後者は少なくとも0.12m³/秒以上の表流がある。したがって灌漑用の溜池が多く、堰堤基礎に適した和泉砂岩の分布する東部に集中している。

当地区の地下水は、銅山川疏水から灌漑用水を受ける夏期が豊富で、赤之井川流域では冬季との水位差が約5m程度ある。

また赤之井川一金生川間の臨海部には塩水が侵入しており、これは現在国道付近まで認められる。

4.1.2 水利用の特徴

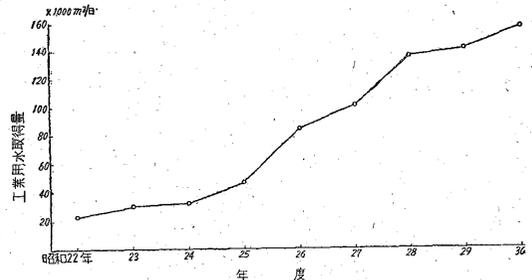
当地区の灌漑用水はおもに銅山川から導水され、年総量4,000,000m³に達する。

家庭用水はおもに地下水に依存しているが、背面山麓部および寒川以西では地下水が乏しいので、湧水あるいは溪流を利用し、簡易水道が普及している。伊予三島市の上水道は馬瀬川(赤之井川上流)などの自然流を約5,000m³/日取水し、川之江市は金生川右岸の地下水を水源として約4,500m³/日を目標に給水を行っている。

工業用水は紡績工業が温・湿度調整用として地下水に、また製紙工業が原料用・洗滌用・冷却用として表流・溜池・地下水などの種々の水源に依存し、温・湿度調整用としては日量2,500m³程度、製紙用としては162,200m³/日が取得されている。

80年度における機械製紙業の水源別取得量は第3表の通りであり、地下水が全体の56%を占めている。また伊予機械製紙工業会の資料に基づいて、機械製紙業の年度別工業用水取得量を第13図に示した。

区 域 (工場数)	地下水 (m ³ /日)	表 流 (m ³ /日)	合 計 (m ³ /日)
川之江市川之江町 (14)	29,300	16,000	45,300
同 妻鳥町 (2)	4,000	3,000	7,000
同 金生町 (8)	20,400	3,500	23,900
同 上分町 (8)	11,800	2,000	13,800
三島市 三島町 (12)	7,000	44,400	51,400
同 寒川町 (8)	15,000	—	15,000
合 計 (52)	87,500	68,900	156,400



第13図 伊予三島・川之江地区における工業用水取得量の年度別変化 (1年を通じての平均日量)

第3表のうち表流の内訳は金生川2,000m³/日、赤之井川66,900m³/日であつて、赤之井川の表流は機械製紙の数工場が昭和28年8月に最大30個の取水認可を得て同29年から取水している。しかし銅山川疏水事業は灌漑用水と発電用水とを主目的としたため、常時一定水量が放流されず、特に灌漑期には流量の減少と河床下への伏没と相俟つて工業用水の取得には相当の困難が生じる。

さらに当地区の地下水は河川兩岸のごく限定された場所からのみ大量に得られるので、灌漑および工業用の井戸がそこに集中し、主として自由面地下水が利用されているのも当地区の水利用の特徴である(第12図参照)。

また工業用水の増加に伴つて当然増加する工場排水は、ほとんど未処理のまま河川および水路に放流されるので、これらによつて涵養される地下水が汚染され、下流側の工業用水源井・家庭用井戸がそれによる災害を受け、環境衛生の面からも好ましくない状態におかれている。

4.2 帯水層の分布とその性質

4.2.1 帯水層の分布

法皇山脈の北縁を限つて東西に走る中央構造線の南側は結晶片岩類からなり、その北側では赤之井川以東に和泉砂岩層が分布し、平野の不透水性基盤をなしている。

愛媛大学工学部の地下水調査資料⁶⁾によると、平野部の不透水性基盤はおもに北西へ向かつて深度を増し、最も信頼できる鑿井資料によると伊予三島市街地では約90mで和泉砂岩層に到達する。

不透水性基盤上にはおもに結晶片岩類に由来する砂礫が堆積しているが、一般に深度30m附近までは玉石ないし粘土混り玉石のような粗粒物質で、その下位は薄い砂

第 3 表 伊予三島・川之江地区水質分析結果一覽表

No.	試料採取場所	深度 (m)	水温 (°C)	pH	RpH	dis. O ₂ (cc/l)	breec CO ₂ (mg/l)	Excess base (m.eq/l)	Cl ⁻¹ (mg/l)	NO ₂ ⁻¹ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ NH ₄ ⁺ (mg/l)	Fe ⁺² (mg/l)	Fe ⁺³ (mg/l)	Ca ⁺² (mg/l)	Mg ⁺² (mg/l)	Total Hardness (mg/l)	Total SiO ₂ (mg/l)	P (mg/l)	KMnO ₄ cons. (mg/l)	ρ (kΩ-cm)
1	三島市大王製紙K.K. No. 5井	9~10	16.0	6.4	6.9	5.49	11.0	0.61	5.9	0.00	13	0.00	tr.	12.6	4.9	2.89	4.5	tr.	3.1	10.70
2	" 合田製紙K.K.	7.5	—	6.6	—	—	—	0.94	11.9	—	20	—	—	18.8	4.8	3.74	33.0	—	6.8	—
3	" 三島工業K.K. 2号井	12	17.7	6.6	—	—	—	1.61	86.4	—	31	—	—	26.9	19.2	8.19	18.0	—	11.2	2.50
4	" 川之江市大西製紙K.K. No. 1井	4.5(7.4)	6.9	7.2	(7.28)	—	2.2	0.72	7.3	0.00	—	0.00	tr.	16.4	2.5	2.87	6.0	0.04	5.4	12.70
5	" 上分水道水源井	不明	12.5	6.4	6.9	6.42	6.6	0.68	12.9	tr.	13	0.01	0.02	20.2	2.3	3.36	7.5	0.00	2.9	9.70
6	" 石村師弟製紙K.K.	7.5	16.8	6.5	7.1	6.61	12.1	1.09	22.7	0.02	21	0.00	tr.	24.0	5.2	4.56	7.0	0.01	3.1	5.40
7	" 九三製紙K.K. No. 2井	7	9.2	6.8	—	—	—	0.87	25.7	—	13	—	—	25.0	4.8	4.61	10.0	—	1.9	8.20
8	" 丸住製紙K.K.本社工場12尺井戸	7	15.4	6.4	7.0	5.15	6.6	0.89	25.8	0.00	12	0.00	0.01	24.1	5.1	4.55	2.5	tr.	3.0	6.30
9	" 金生川左岸水源 " 75P井	8.5	12.6	6.4	7.1	4.87	6.6	1.04	29.7	0.01	11	0.00	tr.	25.7	5.4	4.85	6.0	tr.	4.4	5.80
10	" 川之江市上水道水源井(補助)	不明	15.2	6.4	7.3	1.72	9.9	0.93	21.9	0.00	16	0.00	0.00	21.0	4.6	4.00	8.0	tr.	2.8	7.00
11	" 山陽紙業K.K.	24	—	6.7	—	—	—	1.05	105.0	—	27	—	—	31.0	12.0	7.12	15.0	—	2.5	—
12	" 富士紡績K.K.川之江工場No. 1井	7.5	16.4	7.6	—	—	—	1.09	122.0	—	35	—	—	33.4	11.8	7.39	20.0	—	4.4	2.10
13	" " " No. 2井	7.5	15.4	7.6	—	—	—	1.21	29.5	—	42	—	—	27.0	9.4	5.95	19.0	—	1.2	4.60
14	" 森実製紙K.K.	7.5	17.5	6.2	7.1	4.82	19.8	1.45	39.5	tr.	25	tr.	0.01	31.4	11.9	7.14	11.0	0.02	3.1	4.00
15	" 丸住製紙K.K.川之江工場	9	17.6	6.2	7.1	3.84	27.5	1.61	71.9	0.13	83	0.00	tr.	62.9	14.6	12.16	16.0	0.04	5.0	2.40
16	" 三木特殊製紙K.K.浅井戸	9	—	6.4	—	—	—	1.77	21.2	—	40	—	—	41.6	7.6	7.58	11.0	—	2.5	—
17	赤之井川表流発電所下流	—	5.0	5.8	6.2	—	8.8	0.49	3.5	0.01	10	0.18	0.12	11.1	2.2	2.06	2.0	0.00	4.4	26.70
18	金生川表流長途路橋	—	9.5	7.1	7.2	—	1.1	0.75	5.1	0.01	13	0.00	tr.	12.7	2.7	2.39	9.0	0.01	4.5	13.40

あるいは砂礫を挟有する厚い粘土層からなっている。

したがって主要な帯水層は透水度の高い上部の玉石層であり、かつこれは河川の両岸によく発達している。

4.2.2 帯水層の物理的性質
当地区における工業用井戸の多くは、孔径 1.0~3.6m、深度 5~10mの浅井戸が多く、1井当りの揚水量は赤之井川流域で 300~600m³/日、金生川流域で 350~1,000 m³/日を示し、契川流域では 200~300m³/日を示している。

また前述のように帯水層は概して粗粒物質からなるが、連続性に乏しいので透水度を表現する比収水量にもかなりの相違がある。すなわち赤之井川下流では 960m³/日/m の比収水量を示し、石床川河口附近では 300~500m³/日/m、金生川では上流から下流へ向かつて変化し、上分町で 600~1,400 m³/日/m、河口附近では 350~500m³/日/m となっている。しかし契川右岸では 85m³/日/m と他の区域の 1/4~1/6 の値を示している。

4.3 地下水の温度と水比抵抗

地下水の温度はおおむね 11~17°C で、河川の両岸が低温を示している。

河川の両岸 200~500m の範囲には、表流とほぼ同じ水比抵抗を示す地下水が分布しているが、上流に和泉砂岩層の分布する契川と、金生川の流域の地下水は赤之井川以西よりも水比抵抗が低く、それぞれ 5~8 kΩ-cm および 10~20 kΩ-cm を示している。また赤之井川以東では海岸線から 400~600m の範囲にわたって 2.5 kΩ-cm 以下の水比抵抗を示す地下水が分布している(第12図参照)。

当地区における工業用地下水源の温度と水比抵抗とを地区別

第 4 表

地 区	水温 (°C)	水比抵抗 (k Ω -cm)
伊予三島町(赤之井川流域)	11.4~17.2	6.6~14.6
同 (海岸寺川 \times)	17.7	2.5
同 (石床川 \times)	14.1~16.4	7.0~8.5
川之江市井地町(契川 \times)	16.3~18.8	0.7~4.0
同 上分町(金生川 \times)	7.4~13.4	9.7~12.7
同 金生町(同)	15.4~16.5	6.3~8.2
同 川之江町(同)	13.2~17.6	0.2~7.3

に示すと第4表のようである。

また第12図によつても明らかのように、赤之井川流域の地下水は下流まで10k Ω -cm以上の水比抵抗を示し、既述のように赤之井が銅山川の放水路となるに及んで、流域の地下水は渇水期間でも枯渇することがなく、主要な工業用水源となっていることはこれらの地下水が赤之井川によつて涵養されていることを意味するものである。

4.4 地下水の化学的性質と汚染

当地区で採水した試料の分析結果は第5表に掲げたが金生川は長途路橋よりも上流では良好な水質を示すが、その下流部では工業排水の影響を受けて水質が悪化している。しかも金生川流域の地下水はCl⁻10~30mg/l、硬度3.4~4.9°の値を示し、着色し異臭を発するものがある。赤之井川は濁度が高く、pH 5.8、全Fe 0.3 mg/lを示し、当地区における他の河川とはかなり異なつた水質を示している。

塩水の侵入

前述のように金生川流域は工業用地下水として約65,500 m³/日を取得しており、その44%が川之江市井地町で消費されている。この附近には金生町から瓢箪山の西側へ向かう金生川によつて涵養される透水帯と、契川筋では右岸綿布町から井地町の西側へ向かう透水帯とがある。資料⁹⁾によると昭和24年3月には、金生川河口から井地町の北部金生川筋の透水帯へ向かつて楔状にCl⁻500 ppm以上を含有する地下水が認められたが、同27年2月には契川筋まで広範囲に拡がるとともにその濃度が減少し100~260ppm程度となつている。

排水による地下水汚染

当地区の製紙工場の排水はほとんど未処理のまま灌漑用水路あるいは河川に放出されている。伊予三島市の工場は大半臨海部に位置するので、排水の影響は海岸線に沿つてみられるが、金生川流域では上分町から河口まで工場が点在しているので、金生川の河床は排水によつて汚染され、金生川によつて涵養されている左岸一帯の地下水もまたこの影響を受けている。この現象はパルプ製造が行われるようになった昭和28年頃から顕著で、特に表流が灌漑用水として利用される夏期にはなほだしい。

4.5 工業用水源の確保とその保全

当地区は燧灘沿岸地帯のなかで最も水資源に乏しい所

でありながら、富士・吉原に次ぐ製紙工業地帯である。しかもこの種の工業は最も水を必要とするので、当地区ではあらゆる水源を活用し、稼動時間の調節をはかつて工業用水を確保してきた。そして既述のように銅山川の導水によつて一部の工場はようやく工業用水の諸問題を解決したかみえたが、赤之井川の放水量が一定しないため根本的解決とはなつていない。

本調査の結果から当地区の工業用水の確保については次の事項が考えられる。

(1) 赤之井川の放水量は、徳島県側との分水協定もあつて相当困難な問題であるが、平野部は豊水期の余剰水を長時間貯水すべき用地もなかなか確保できない地勢であるので、当地区の工業用水は常時一定水量を放流することができれば大半解決される。

(2) 赤之井川流域の地下水は表流によつて涵養されているので、計画のある銅山川第三発電所が海岸近くに建設された場合は、放水を完全に利用することが困難となり、当地区における今後の上水道水源を確保する意味においても、この計画は再検討しなければならない。

(3) 当地区の工場排水は、その下流側に及ぼす影響がきわめて大きいので乏しい水資源の保全ならびに環境衛生の面からも専用排水路を設けることが急務である。

(4) 当地区の地下水取得量は、すでにその涵養量よりも過剰となつており、塩水侵入などの災害を誘起している。しかも銅山川の取水量にはおのずから限界があるから、工業用水の取得量を基本にして、健全な紙産業の育成をはかることが根本的課題である。

5. 結 論

燧灘沿岸地帯は、水資源の面からはきわめて不利な自然条件を具えているにもかゝらず、特に水を必要とする諸工業が発達し、かつ干拓、開拓事業の促進によつて灌漑用水もまた増加している。

一方南海地震後特に顕著な地盤沈下と地下水の過剰揚水とによる塩水侵入および工場排水による汚染などによつて、水資源はますます欠乏している。

したがつて燧灘沿岸地帯における地下水の取得量はその涵養量に相應して抑制すべきであり、その不足量に対しては工業用水道などによる供給も考えられるが、いずれにしても水資源の実態に即応した合理的かつ健全な既存産業の育成をはかることが根本的課題である。

(昭和31年1~2月調査)

参 考 文 献

- 1) 松岡文一・野間泰二：今治市頓田川流域地下水調査報告, 1956
- 2) 愛媛県：瀬戸内海沿岸都市周辺地下水予備調査報告書, 1954
- 3) 建設省河川局：流量年報第4回, 1952
- 4) 岡山農地事務局：道前道後平野農業水利改良事業計画概要書, 1952
- 5) 佐藤誠止：75,000分の1地質図および同説明書 西条, 地質調査所, 1938
- 6) 片岡恒・松岡文一：愛媛県宇摩郡川之江町井地附近地下水電気探査報告, 1952