

熊本平野および周辺地域の工業用水源

—工業用水源地域調査研究—

尾崎 次男* 菅野 敏夫* 後藤 隼次** 村上 篁***

Industrial Water Resources in the Kumamoto Plain and its Surrounding Area, Kumamoto Prefecture, Kyushu District

by

Tsugio Ozaki, Toshio Kanno,
Hayaji Gotō & Takamura Murakami

Abstract

In the Kumamoto plain which has an area of approximately 200 square km, the water for domestic, irrigation and industrial purposes are supplied through wells drilled in water table aquifer and confined aquifer. This draft was about 350,000 m³ per day. As low development of industry in this region, the draft for industry is less than 10 %.

The purposes of this survey are; to determine the sources of recharge, occurrence and movement, and the areas of discharge of ground water, to determine the chemical quality of the ground water, to estimate the safety pumping rate of the wells. The field work deals with study on water temperature, water specific resistivity, chemical analyses, surface water runoff in low water period, and pumping test of a well in Nagasu town.

The conclusion of this investigation is as follows:

- 1) Down to depth of 200m, the writers can find in this plain three main aquifers consisting of sand and gravel which lay between black clay beds with peat and tuffaceous clay beds.
- 2) By the chemical analysis of the confined water, the upper aquifer, which supplies a large quantity of water than other aquifers, is divided into two blocks, namely, Shirakawa block recharged by the Shira river, and Midorigawa block recharged by the Midori river. The lower aquifer in Takuma highland and alluvial plain may consist of sand and gravel bed underlain by the Aso lava.
- 3) As the result of hydrological investigation, surface streams of Shira river system and Midori river system trend to chiefly seep into the underground between mountainous area and alluvial plain. Its amount is about 200,000~400,000 m³ per day. Effluent seepage areas, Suizenji and Ezuko, discharge 5.79 m³ per sec. to the ground surface.
- 4) The most favorable aquifer obtaining ground water is the bed of sand and gravel which is underlain by the Aso lava. It is not difficult to pump up 2,000 m³ per day within drawing down of 2 m in a well.

要 旨

1) 本報告は工業用水源地域調査研究として熊本平野および周辺地域について行なった、地表水および地下水の水温・水比抵抗・水質分析および河川水文調査、さらに補足的に行なった揚水試験の結果をそれぞれ記載して

いる。

2) 飲料およびかんがい用、さらに工業用を含めた地下水利用量の合計は1日に 350,000 m³ に達するものと推定される。また、大小規模の工場の大部分が水源を地下水に依存しているが、地下水取得総量は 35,000m³/day に達しておらず、工業の面では立ち遅れた地域である。

3) 平野では、深度20~40mにある炭質物を含む黒色粘土層、深度80~120 mにある厚層の凝灰質粘土層など

* 地質部
** 技術部
*** 福岡駐在員事務所

の特徴ある地層が認められ、この間に帯水層である砂礫層が介在する。これら特徴ある地層を境にして帯水層は最上部層・上部層・下部層に大別できる。

4) もつとも使用されている上部層の被圧地下水は、その示す水質的な特徴により、主として白川水系および緑川水系に分けられる。また平野中央で下部層に含まれる地下水は、水質的な特徴から託麻原系と判断される。

5) 水文調査の結果では、白川水系および緑川水系などの河川表流は、いずれも山縁部付近で伏没する傾向が認められ、おおそ $200,000 \sim 400,000 \text{ m}^3/\text{day}$ が地下水に転化するものとみられる。

6) 潮位の影響が認められる臨海地域では長時間の揚水試験は適当でない。長洲地区における帯水層試験の結果得られた水理常数は透水量係数 $T=2,440 \text{ m}^2/\text{pd}$ 、貯留係数 $S=1.28 \times 10^{-4}$ 、1日の揚水による影響半径 r_0 は $6,500 \text{ m}$ となった。

7) 若干の揚水試験の結果明らかにされた透水量係数 T と、井戸さく井当初に得られた比湧出量 Q/S_w の関係から、見掛けの透水量係数 T' を試算し、地域的の地下水流動量および井戸の適正揚水量をそれぞれ明らかにした。

8) 水量および水質にすぐれ、もつとも地下水開発が期待できる地域は、健軍町付近から出水町付近に至る一帯で、熔岩の下位にある砂礫層（以下託麻原系という）の地下水が推奨できる。ついで平野中央の託麻原系の地下水が推奨できる。これらの地下水を対象とした場合、一井当りの揚水量は水位降下 2 m 以内で $2,000 \text{ m}^3/\text{day}$ 前後は容易である。

9) 平野でもつとも利用されている上部層の帯水層は、透水性がすぐれており、また涵養規模が大きい利点がある。しかし白川水系は水質が不安定であり、また、地下水の大量利用は井戸の相互干渉を招来するから、利用規模については慎重な考慮がのぞましい。

10) 将来の産業用水源として水前寺および江津湖の湧泉は、きわめて重要である。下流における既存水利権を考慮しても、なお水量的には $200,000 \text{ m}^3/\text{day}$ 前後の利用の余地が残されている。

1. 緒言

熊本平野は加藤・細川兩藩以来の穀倉地帯として、県産業に大きく貢献している。東にのびる丘陵性山地は阿蘇山までつづいており、中九州の政治・教育の中心地である熊本市は阿蘇山および熊本城に支えられた観光都市に変貌している。一方、第二次産業である工業は、地理的な産業を背景とした乳製品・精穀・製粉・穀油・水産加工・かんづめなどの食品加工業および繊維工業で代表されている。

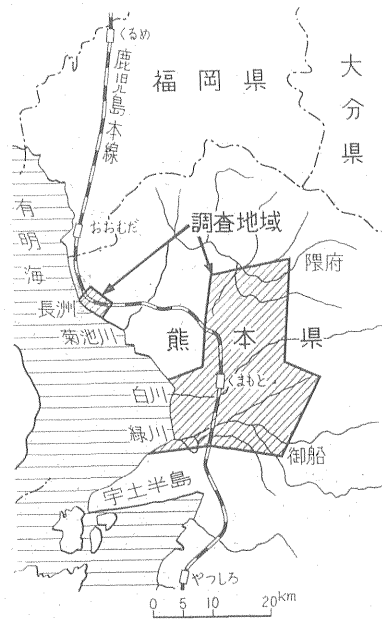
工場の水源は、その大部分が地下水に依存しているが、1日に $10,000 \text{ m}^3$ 以上の用水型工場は宇土市にある日本合成化学工業K.K.のみであり、工場数のわりに用水規模が小さく、工業の面では立ち遅れた地域である。しかし、ここ数年来平野および周辺地域に工場の新設および拡張が目立ってきている。

将来、諸産業の発展に対処して、熊本平野および周辺地域における地下水開発の規模の大小を前もつて明らかにすることは、きわめて重要であるが、これまで、平野の一部あるいは地域の一周辺部について局所的な地下水調査研究がなされているにすぎない。

本報告は、工業用水源地域調査研究として、主として熊本平野および周辺地域について行なつた一般地下水調査・水質分析および河川水文調査、さらに補足的に行なつた帯水層の水理試験などの結果をそれぞれ記載している。本調査研究に際して御助言を頂いた熊本大学千藤忠昌教授、今西茂助教授、また種々御協力を頂いた熊本県企画課、商工労働部・県工業試験所・熊本市商工課・熊本市保健所および調査の対象となつた工場などの関係各位に対し心からお礼申し上げる。

2. 調査地域の概観

熊本平野は、北・東・南の三方に山地および台地を擁し、その西方は有明海に臨んでいる。北側の山地は、いわゆる金峯山山地、東側は阿蘇山の西山麓に連続する託麻原台地、南側は宇土地・雁回山および舞の原台地である。



第1図 調査地域図

金峯山山地と宇土山地は第三系の火山岩類によつて構成され、託麻原台地と舞の原台地は、第四系火山岩類によつて、また雁回山山地は、中生代白堊紀の地層によつて構成されている。

平野は、阿蘇山地に水源を發し北東の方向から流れる白川と、九州山地国見岳に水源を發し南東の方向から流れる緑川とによつて形成された沖積低地である。白川は熊本市が立地する扇状地を形成し、また現河道から江津湖までの間に5つの自然堤防が認められることから、かなり氾濫した河川のようなのである。

熊本平野の気象は、熊本測候所の統計によると（1891～1955）、平均気温 15.5℃、降水量 1,805.4 mm であつて、その約 70% が 6～7 月に降つている。

山地の周辺には湧出量の多い湧泉が分布している。阿蘇山地側には八景水谷、室園、水前寺、神水、江津湖などの湧泉があり、また南側の山麓沿いにも、赤井・井寺・六嘉・轟などの湧泉および湧水が認められる。

平野一円には自由面地下水および被圧地下水が分布しており、被圧地下水の一部は、低地では自噴するので、一般民家の飲料およびかんがい用に多く利用されてい

る。これら掘抜井の孔径は 5 cm 程度が多く、深度は概して海寄りに深く、20～80mの範囲にある。

3. 調査の規模

調査範囲

第1図に示す面積約 400 km²、第2図および第3図参照、5万分の1地形図、熊本・御船・隈府・高瀬および長洲参照

調査時期

- 第1次：昭和 36 年 5 月～6 月、熊本平野井戸一般調査・水質分析・揚水試験の指導
- 第2次：昭和 36 年 6 月：熊本市および玉名市地下水調査
- 第3次：昭和 37 年 2 月～3 月、熊本平野の工場巡検・冬季渇水期における河川水文調査

調査実績

巡検工場ほか	30カ所
工業用水調査票収集	26カ所
水比抵抗および水温測定	450カ所
表流流量測定	59カ所



第2図 流量測定位置図

水質分析

46カ所

調査員および野外作業の分担

- 尾崎 次男 調査のとりまとめ、井戸一般調査・工場
 巡検・揚水試験および 水文調査 の指導
 菅野 敏夫 水文調査
 後藤 隼次 水質分析
 村上 篁 熊本市および玉名市付近井戸一般調査

4. 水利用の現況

熊本平野一円に分布する地表水および地下水は、飲料およびかんがい用、さらに工業用などに利用されており、このうち平野および周辺地域を含めた地下水の利用量は1日に 350,000 m³ に達するものと推定される。

4.1 地表水

熊本平野を流れる坪井川・白川および緑川などの水系に属する河川表流および湧泉などは、いずれもかんがい用に高度に利用されており、工業用としては日本合成化学工業 K. K. 熊本工場が緑川から 30,000 m³/day、神戸生糸 K. K. 肥後製糸工場および日華ゴム K. K. 熊本工場が坪井川から合計 233m³/day、さらに片倉工業 K. K. 熊本工場が背後山地の湧水から 255 m³/day を取得しているにすぎない。

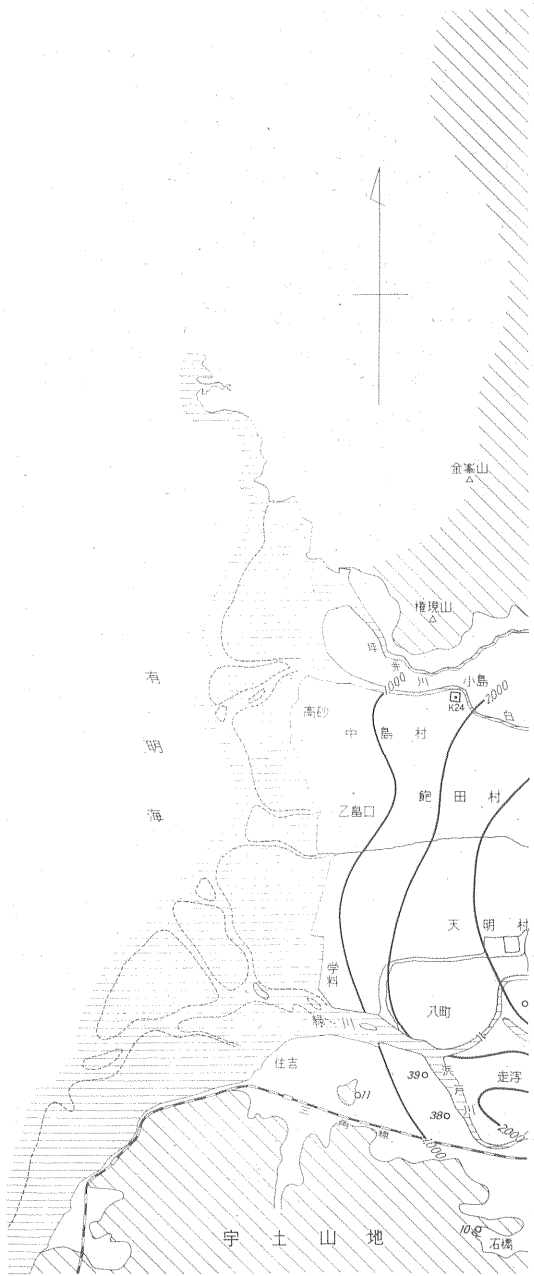
4.2 地下水

熊本平野に分布する被圧地下水は、鹿児島本線から海寄りの低地および緑川水系に沿った低地では 孔径 5 cm 程度の掘抜井 (つき井戸) により自噴するので、一般家庭の飲料のほかカラーおよび水田苗代などのかんがいに利用されている。これら自噴井戸の深度は20~80m、その湧出量は、0.1~0.5 l/min の範囲にあるが、利用数が多いので、その合計量は 200,000 m³/day を超えるものと推定される。

熊本市の上水道は、その水源を自由面地下水および被圧地下水に依存している。八景水谷水源、一本木水源、亀井水源では合計 35,000 m³/day の自由面地下水を取得しており、また健軍水源、川尻水源および城山水源などの被圧地下水取得総量は 67,000 m³/day に達している。このうち健軍5号井および8号井は、それぞれ 20,000 m³/day 以上の湧出量を示し本邦屈指の水源井といつてよい。

また、宮の庄にある宇土市上水道の礫水源は熔岩割れ目からの湧水であつて、明和7年細川氏これを水源とし、9寸角の樋管を埋設し宇土城下の武士水道に用いたという。

熊本平野には用水型工場としては、宇土市にある日本合成化学工業 K. K. 熊本工場のみであり、中・小規模の工場が多く、調査の対象となつた 26 工場の地下水取得

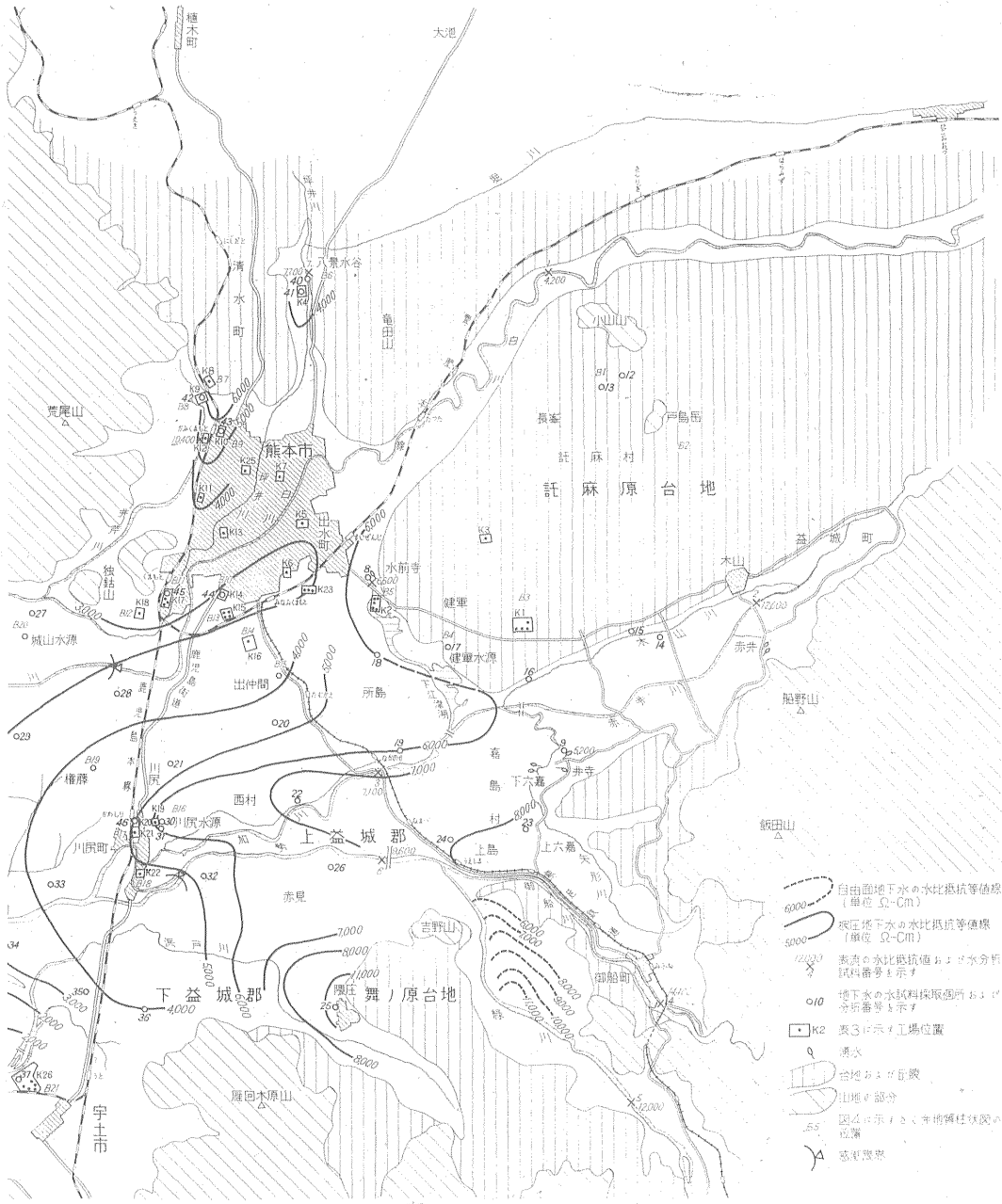


第3図 熊本

総量は 33,000m³/day を超えている。

このうち、中央紡績 K. K.、協和醸酵工業 K. K.、日本冷蔵 K. K.、ユープ食品 K. K. および日本合成化学工業 K. K. などが、3,000 m³/day 前後の地下水を取得しており、取得総量の61%を占めている。

なお、平野における工業用水の使用状況・工業井戸の諸元、および上水道・簡易水道の水源規模などについては、第1, 2, 3表にそれぞれまとめてある (第3図参



平野地下水調査要図

照)。

工業用水の水源は淡水であつて、なかでも地下水の使用量は全体の47%を占め、淡水源の79%は冷却用水である。したがつて当平野の地下水源はきわめて重要な価値を占めている。

5. 帯水層の規模

熊本市の地下水は、地形・地質および涵養源によつて

それぞれ特徴をもっているので、本報告においては説明の便宜上、平野中央部・託麻原台地・白川扇状地・坪井川低地・井芹川低地の5地区に細分する。なおこれらの地区における「さく井地質柱状図」は第4図に示してある。

5.1 平野中央部

熊本平野には、さく井資料が得られるような深井戸があまり存在しないし、またその分布も偏っている。最近

第1表 熊本市上水道および簡易水道などの水源規模

番号	名 称	所在地	井戸の 種 類	番号	井戸の 深 度 (m)	口 径 (m)	収水層の深度 (m)	揚水量 (m ³ /day)	備 考	
1	八景水谷 水源井	八景水谷	浅井戸	1	7.6	7.5		11,000		
				2	9.48	7.5		13,000		
2	一本木 "	一本木	"	1	9.6	4.0		6,000	m ³ /day 最大12,000 7,000 "	
3	亀井 "	亀井	"	1	10.0	7.5		5,000		
4	健軍 "	健軍	深井戸	1	41.0	300 $\frac{m}{m}$	16.5~20 26.7~39.1	4,320		
				2	41.0	450		1,920		
				3	41.0	450		960		
				4	41.0	450		960		
				5	42.0	450		22,400		
				6	41.0	450		4,760		
				7	41.0	450		4,760		
				8	41.0	450		24,000		
5	川尻 "	川尻町	"	1	180	450	114.5~137 152~159.5 168.5~180	1,600	最大 4,500 "	
6	高橋 "	城山	"	1	120	450	84~118	1,400	4,000 "	
7	荒屋簡易水道水源	島崎町	湧水					20		
8	上松尾 "	松尾町	"					65		
9	谷尾崎 "	池の上町	"					30		
10	谷尾崎 "	" 平	"					30		
11	要江 "	松尾町	浅井戸	1				50		
計								102,275		

温泉調査の目的として二本木に掘られた深度505 mの地質調査用井戸の記録によると

深度 0~80m: 砂・礫からなる累層

深度 80~124m: 阿蘇山の火山岩類からなる累層

深度124~505m: 金峯山の火山岩類からなる累層

のような地層が確認されている。

川尻町における熊本市水道部のさく井記録によると、深度87~114 mにある凝灰質粘土層を境として上部の地層は砂・礫を主とし、下部の地層は粘土・砂質粘土と砂・礫との互層である。さらに詳細に検討すると、上部層は2つの異なつた地層に細分され、0~27 mの最上部層には貝殻を混える粘土層、泥炭を含む粘土層などが挟在し、一般に細粒質のものであるが、それ以深の地層は砂・礫などの粗粒物質に富んでいる。

この上位の泥炭層・含貝殻粘土層からなる地層は、すくなくとも江津湖一川尻を結ぶ線とその延長方向、すなわち海岸に向かって次第に層厚を増し、約1:200の傾斜で西に傾くようである。

5.2 託麻原台地

健軍における地層は、深度約30mまでいわゆる託麻原礫層と称せられる砂礫層であつて、下部に浮石を挟む砂礫・礫土が存在する。

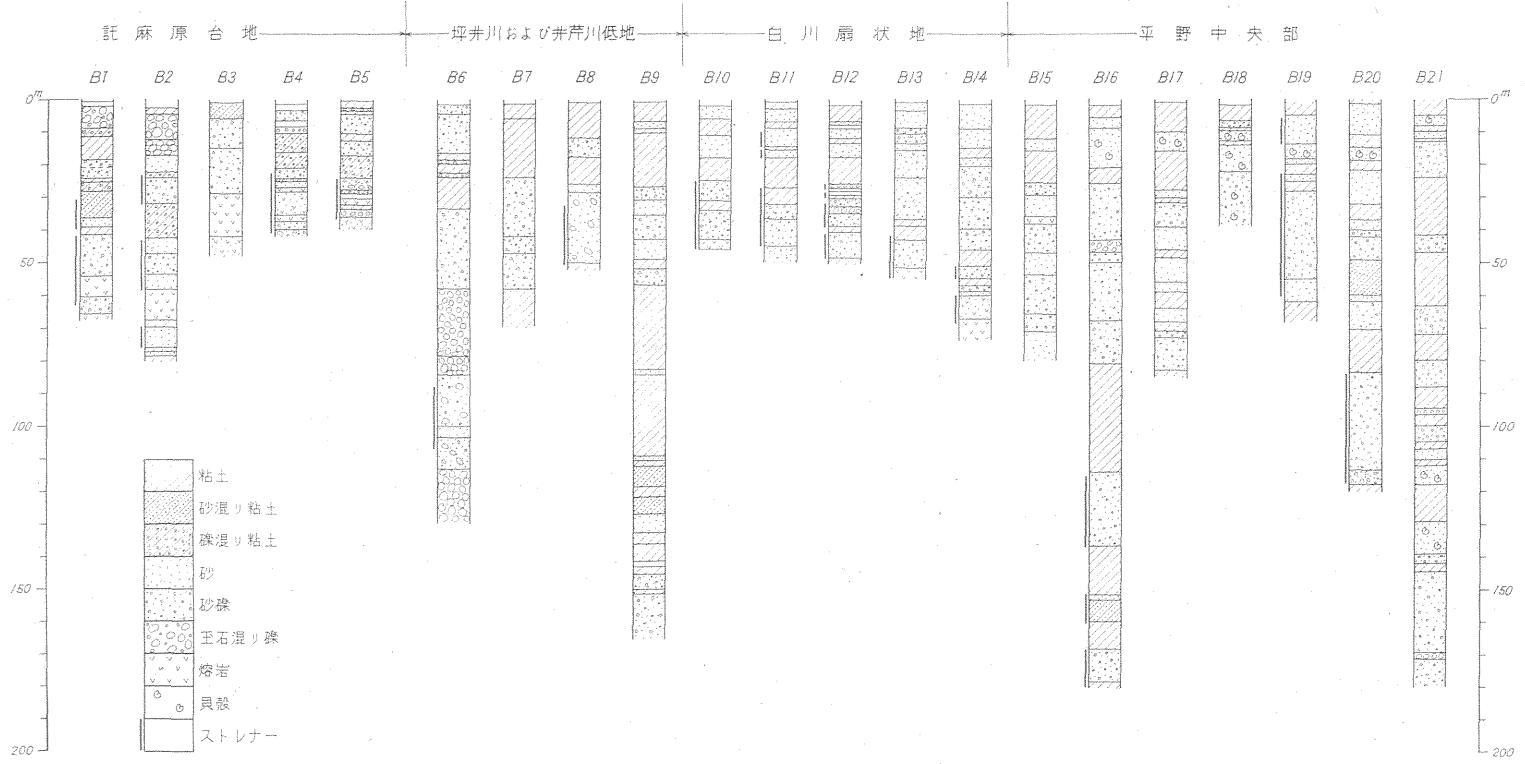
この地層の下位は多孔質な熔岩であつて、さらにその下位に砂礫層が存在する。託麻原台地の東北方では託麻原礫層が厚くなり、熔岩までの到達深度が増加する。

5.3 白川扇状地

熊本市街地は、白川扇状地に立地しており、ここにおける深井戸は深度80mまでである。白川と豊肥本線との間にある工場および南熊本駅近くの工場の地質柱状図によると、熔岩までの深度は、おおむね北から南に向かつて増加する傾向にある。そして託麻原台地における場合と同様に熔岩の上位には、浮石を混えた砂礫層が分布している。この地区における深井戸は、ほとんど熔岩に達したところで掘り止めとされているから、砂礫層の厚さは北から南に向かつて増加していることになる。二本木の地質ボーリングによると、阿蘇火山岩類が、80~124 mの間に存在することから、この地区に分布する熔岩は、阿蘇火山岩類の上部に相当するものとみなされる。そして上位の砂礫層は、白川による堆積物であろう。

5.4 坪井川低地

八景水谷水源構内敷地で熊本市水道局が行なつた深度130mの試掘結果では、深度16.5mまでが浮石を混えた礫層であつて、この下位に主として粘土・砂質粘土および含礫粘土などの層が58mまで厚く堆積しており、さら



第4図 熊本平野における各井地質柱状図

第2表 熊本平野における

番号	会社・工場名	所在地	取水量 (m ³ /day)				
			地表水	地下水	上水道	循環水	計
1	中央紡績KK	東町	—	3,600	236	—	3,836
2	協和醃酵工業KK	出水町今	—	2,503	37.7	148	2,688.7
3	グリオ熊本協同乳業	健軍町道南	—	1,660	—	—	1,660
4	弘乳社八景水谷工場	清水町高平	—	1,130	—	—	1,130
5	熊本製糸KK	大江町	—	150	—	—	150
6	大久保醤油KK	〃	—	140	200	—	340
7	古荘醤油KK	北新坪井町	—	150	30	—	180
8	雪印乳業KK	池田町	—	340	—	—	340
9	ヤクルト熊本工場	〃	—	72	27	—	99
10	熊本製粉KK	花園町	—	100	10	—	110
11	熊本罐詰KK	鳥崎町	—	720	9	—	729
12	熊本県酒造研究所	〃	—	18	0.4	—	18.4
13	日本冷蔵KK	練兵町	—	6,000	4	—	6,004
14	森永乳業熊本工場	本山町	—	1,420	47	—	1,467
15	有明製鉄KK	〃	—	1,872	—	—	1,872
16	西部ガスKK	春竹町	—	500	—	—	500
17	日華ゴムKK	春日町	100	1,541	155	218	2,014
18	片倉工業KK	田崎町	225	225	—	—	450
19	新日本穀油KK	南高江町	—	730	—	330	1,060
20	コープ食品KK	川尻町	—	3,000	—	—	3,000
21	東肥醸造合資会社	〃	—	360	—	35	395
22	吉村合名会社	〃	—	1,132	2	—	1,134
23	熊本繊維KK	出水町	—	135	—	10	145
24	浜田醤油KK	小島中町	—	18	—	—	18
25	神戸生糸KK	内坪井町	163	448	—	—	611
26	日本合成化学工業KK熊本工場	宇土市築籠	34,510	5,400	—	—	39,910
	計		34,998	33,364	758.1	741 ⁺	69,861.1

※ このほか従業員飲料用・社宅用など生産に関係のない水量がある。

に深度130 m までには、84.5mから103.5 m まで中砂・細砂を混えた礫層が認められる以外は凝灰質および安山岩質の転石の累層で構成されている。

坪井川の左岸、熊本市城山水源井付近では、120 m までの間は、おおむね粘土質であつて、表層の20mまでの間は粘土・砂からなり貝殻を混える。

5.5 井芹川低地

上熊本駅付近にある深度165 m のさく井資料によると、地層はおおむね次のように区分される。

深度 0~57 m : 砂礫にとみ、0~27 m は粘土質である。

深度 57~145m : 薄い砂層を介在する粘土層。

深度 145~165m : 砂礫にとみ薄い粘土層を挟む。

熊本平野で現在利用されている帯水層は、砂礫層および熔岩下の砂礫層であつて、これは前述の地区区分によつて特徴を示すと、次のように表示される。

地区	帯水層の位置
平野中央部	ほぼ、30~80mの砂礫層と120m以深の砂礫層
託麻原台地	託麻原礫層および熔岩下の砂礫層
白川扇状地	深度20~80mの砂礫層
坪井川低地	深度130mまでの砂礫層
井芹川低地	深度60mまでの砂礫層と145m以深の砂礫層

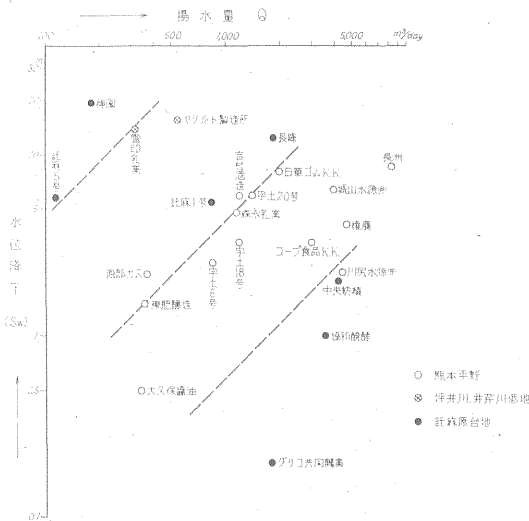
6. 帯水層の水理的性質

さく井当初において行なわれる揚水試験の結果を参考にして、帯水層の能力をあらわす、水位降下—揚水量曲線を地区別に作図すると第5図に示したような傾向がみいだされる。

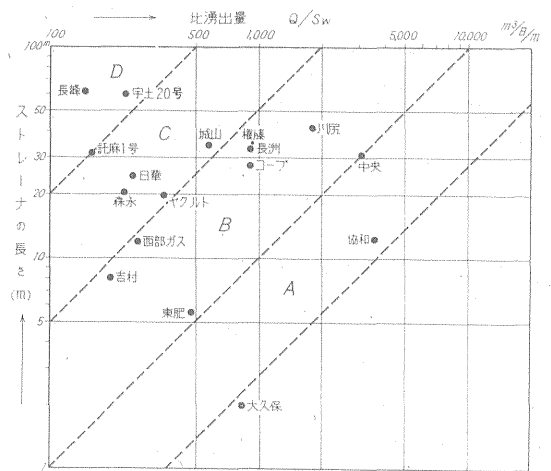
また、これから計算された比湧出量 Q/S_w とストレ

工業用水の使用状況

ボーラー用	用途別水量 (m ³ /day)					計	備 考
	原料用	製品処理 洗浄用	冷却用	温調用	その他の 生産用 ※		
10	—	—	—	3,500	100	3,610	
97	84	396	2,020	—	78	2,675	軟化装置, 純水装置あり
—	17	308	50	—	—	375	軟化装置あり
29	—	215	655	231	36.4	1,166.4	
12	—	108	—	—	30	150	
10	25	300	—	—	5	340	S 37年にさく井
—	—	180	—	—	—	180	
—	—	—	340	—	5.9	345.9	
2	1.2	70	20	—	—	93.2	
—	—	110	—	—	—	110	
8	—	670	45	—	—	723	
—	2	10	—	—	—	12	
—	—	—	6,000	—	—	6,000	S 36年 6, 7, 8 月平均
290	—	220	880	—	70	1,460	
—	—	—	1,872	—	—	1,872	
10	—	50	270	—	50	380	
67	—	18	1,530	—	399	2,014	
30	40	320	—	—	—	390	
40	—	220	800	—	—	1,060	
—	—	—	—	—	—	—	S 37年 4 月操業
25	10	20	330	2	5	392	
12	—	660	180	—	18	870	
2	—	140	—	—	—	142	
1.8	—	9	—	—	—	10.8	
21	7.2	400	—	—	—	428.2	
840	—	—	36,790	—	2,280	39,910	循環再使用可能水 525 m ³ /h を含む
1,506.8	186.4	4,424	51,782	3,733	3,077.3	64,709.5	



第 5 図 井戸の水位降下と揚水量との関係



第 6 図 比湧出量とストレーナの長さとの関係

第3表 熊本平野における工業

番号	工場名	所在地	井戸の種類	番号	さく井年月日	井戸の深度 (m)	井戸口径 (m/m)	
K 1	中央紡績KK	熊本市東町4	深井戸	1	S31年6月	42	340	
			"	2	31. 7.	53	350	
			"	3	36. 4.	55	350	
			"	4	36. 4.	51	350	
K 2	協和醗酵工業KK熊本工場	出水町今 829	浅井戸	1				
			深井戸	2	21. 9.	41.2	300	
			浅井戸	3		6.5	1.5m	
			"	4		7.3	1.5m	
			"	5		8.6	1.5m	
K 3	グリコ熊本協同興業KK	健軍町道南	深井戸	1	37. 2.26	55	300	
K 4	弘乳舎八景水谷工場	清水町高平	"	1	36. 1.20	45.5	250	
K 5	熊本製糸KK	大江町九品寺	浅井戸	1		10.3	1.7m	
K 6	大久保製油KK	"	深井戸	1	32. 8.	40	62.5	
K 7	古荘製油KK	北新坪井町	浅井戸	1			1.2m	
			"	2		6.06	1.0m	
			深井戸	1	35.		50	
K 8	雪印乳業KK熊本工場	池田町松ヶ花	"	1	31. 5.	66	250	
K 9	熊本県ヤクルト事業協同組合 ヤクルト熊本処理工場	池田町	"	1	33. 4.30	54.6	100	
						52	250	
K 10	熊本製粉KK	花園町	"	1		100	300	
				2	37.	70	300	
K 11	熊本罐詰KK熊本工場	鳥崎町宮内	深井戸	1	34.12.16	59	300	
K 12	KK熊本県酒造研究所	"	浅井戸	1		4.85	1.8m	
				2		"	"	
K 13	日本冷蔵KK熊本工場	練兵町	浅井戸	34		7.3	1.5m	
				"	35		"	"
				"	36		"	1.27m
				"	37		"	1.0m
K 14	森永乳業KK熊本工場	本山町	"	1		5	1.5m	
			"	2		"	"	
			"	3		"	"	
			深井戸	1	29. 3.28	45	300	
			"	2	32. 1.25	44	250	
K 15	有明製鉄KK熊本製造所	" 原萩	"	1	34. 5.26	55	150	
				"	2	35. 1.	"	"
				"	3	36.	"	"
				"	4	36. 9.	50	"
K 16	西部ガスKK熊本支店 春竹工場	春竹町大楠	"	1	35. 5.15	71.5	200	

用井戸水源の現況（その1）

収水層 深度 (m)	ポンプの 種類	ポンプの 大きい サイズ	揚水管 管径 (m)	揚水量 (m ³ /h)	1日の 運転時間 (h)	1日の工場 用水使用量 (m ³)	地下水位 - 静水位 / 揚水 (m) / 水位	水温 (°C)	備 考
16.5~42	B. H	30HP	125	75	停止中	3,836	14.5/	19	交互運転
15.5~37	S. P	22kW	125	195	17		13.5/15	19	
44~53	"	30"	150	150	15		15/23	19	
18.5~55	"	30"	150	150	15		14.5/16	19	
26~51	"	30"	150	150	15				
29~41.2	T. P	15HP	100	61	15.9	5,364	3.3/3.32	18.5	
"	"	10"	"	36	20		5.45/5.76	"	
"	"	"	"	37	"		5.45/5.61	"	
"	"	"	"	53	1.6		5.6/	"	
14~41	S. P	20"	125	104	8	1,660	25.5/	19	
不明	T. P	10"	"	120	15	1,800	4.2/	22	
	V. P	5"	75	8		300	2.1/	20	
38~40	T. P	3"	37.5	17	8.5	340	6/6.5	18	
	"	2"	50	7	8	30	3.63/		
	"	1"	"	"					
	"	2"	"	"	8~9				
21~48	B. H	15"	125	26	13	340	1.0/15	18	
10~12	T. P	2"	50	9	8	192.3	2/	15	新井掘さく中
32~52	S. P	20"	75	25	18		2.3/		
				15					新井掘さく中
39.4-51.5	S. P	20"	125	90	8~10	700	2.72/	18.2	
	V. P	1"	35.7	7.2	10		1.5/	17	
	"	1"	"	3.6	3			"	
	"	5"	75		24	6,000	3.0/	18	
	"	"	"		"		3.0/	"	
	"	"	"		"		3.0/	"	
	"	"	"		"		3.0/	"	
	"	"	"		"		3.0/	"	
	T. P	3"	50	15	予備		2.0/	18.5	
	"	3"	"		"		2.0/	"	
	"	2"	"	12	"	2,860	2.0/	"	
26~45	S. P	26"	100	90	16		5/15	20.5	
20~26	T. P	5"	75	38	予備		2/8	"	
32~44									
44~45	V. P	5"	100	18	24	1,872	4/	20	
"	"	"	"	25	"		4/	"	
"	"	"	"		休		4/	"	
39~50	"	7.5"	"	35	24		4/	"	
52~56 60~68	T. P	7.5kW	65	24	14	370	2.0/4.2	19	

熊本平野における工業

番号	工場名	所在地	井戸の種類	番号	さく井年月日	井戸の深度 (m)	井戸口径 (m)
K17	日華ゴムKK熊本工場	春日町	浅井戸	1		6	0.95m
			"	2			"
			深井戸	1	35. 1.10	50	250
			"	2	不明	40	75
K18	片倉工業KK熊本工場	田崎町	"	1	36. 9.20	50	250
K19	新日本穀油KK	南高江町	"	1		35	150
			"	2		37	75
K20	コープ食品KK熊本工場	川尻町	"	1	37. 2.4	80	300
K21	東肥醸造合資会社	"	"	1	28. 9	38.5	100
K22	吉村合名会社	"	浅井戸	1		32	1.3m
			深井戸	1	34. 10	40	150
K23	熊本藪繊維KK	出水町	浅井戸	1		6	0.9m
			"	2		"	1.8"
			"	3		4.54	
K24	浜田醤油KK	小島中町	深井戸	1	32. 6	58	100
K25	神戸生糸KK肥後製糸工場	内坪井町	"	1		100	
			"	2	27. 4	64	300
K26	日本合成化学工業KK 熊本工場	宇土市築籠	深井戸	1		118	350
				4		156	"
				5		90	"
				6		162	"
				8		159	"
				9		90	"
				14		81	150
				18		148	300
	20		180	400			

B.H: ボアホールポンプ, S.P: 水中ポンプ, T.P: タービンポンプ, V.P: ヒューガルポンプ

一ナの長さとの関係を第6図に示しているが、第5図および第6図からも明らかなように、 Q/S_w は帯水層の透水性のみでなく、地下水の涵養規模に関連する常数であつて、地下水開発の有力な指針となるものである。

地域の地下水の流動量を明らかにするには、まず帯水層の水理常数である透水量係数 T が明らかにされねばならないし、また、地域ごとの井戸の適正揚水量を算定する場合にも T および水位降下 S_w の決定が前提となる。

井戸の揚水による帯水層試験において、もつとも重要な水理常数は透水量係数 (T) であり、Thiemの平衡式では次のように示される。

$$T = \frac{2.3 Q}{2\pi(S_1 - S_2)} \log r_2/r_1$$

ここに S_1 = 揚水井中心から r_1 の距離にある観測井の水位降下(m)

S_2 = 揚水井中心から r_2 の距離にある観測井の水位降下(m)

いま、観測井 r_2 を揚水による水位降下の影響を受けない地点および揚水井に接した地点にそれぞれ設け、近接した観測井の水位降下と揚水井内の水位降下がまったく等しいものとすれば、前式は

$$T' = \frac{2.3 Q}{2\pi S_w} \text{ となる}$$

$r_2 = \infty$ $r_1 = r_w$ (r_w 揚水井の半径)

用井戸水源の現況（その2）

収水層 深度 (m)	ポンプの 種 類	ポンプの 大 い さ	揚 水 管 口 径 (m/m)	揚 水 量 (m ³ /h)	1 日 の 運 転 時 間 (h)	1 日 の 工 場 用 水 使 用 量 (m ³)	地下水位 静水位 / 揚水 水位 (m)	水 温 (°C)	備 考	
10-14.5 15.5-18 27.5-45	T. P	3HP	37.5	9	22	4,028	2.43/	19		
	"	"	"	"	6		5.0/	18.5		
	S. P	15kW	100	54	20		5.9/	19		
	T. P	7.5HP	62.5	36	22	450	2.4/	18.5		
	S. P	15"	100		17.5					
47~58 63.5~80	V. P		12.5	125			0.7/4.0	"		
33~38.5	"	5"	62.5	30	12	360	1.3/2.8	18.2		
32~40	T. P	3"	37.5	27	6	870	2.5/	17		
	"	5"	62.5	48	18		2.6/	"		
	"	"	37.5		10	147				
	"	"	"		"					
	"	"	"		8		18		20	
	"	"	5"	75	25.8	17	800		18	
	"	3"	"	20.4	8					
	"	S. P	10kW		25.0		5,600	/7.2	22	
"		5HP		5		4.65/7.0		22.5		
"		2HP, 5HP		2		5.06/6.80		20		
"		5HP, 30HP		35		4.58/7.1		23.5		
"		10HP,		24		5.2/7.3		23		
"		15HP,		15		4.4/6.0		21.5		
"		25HP		9		/5.8				
"		3HP		50		3.76/7.2		24		
"	"	44kW		60		2.75/8.79	23.5			

しかし、実際には、 Q/S_w には 40~50% の井戸効率（管外と管内の水位降下の比率）を含むから、 T はつねに $T > Q/S_w$ の関係にある。

したがって、前式は次式で示した方が妥当である。

$$T'' = C \frac{Q}{S_w}$$

$C > 1$

T'' : 見掛けの透水量係数 (m³/day/m)

Q/S_w : 比湧出量 (m³/day/m)

C : 常数

C は、貯留係数および揚水時間、さらに井戸口径にも関係しており、このような水理常数が求められていれば次のような式として求められる。

$$C \frac{Q}{S_w} = \frac{S r_o^2}{2.25t}$$

S : 貯留係数

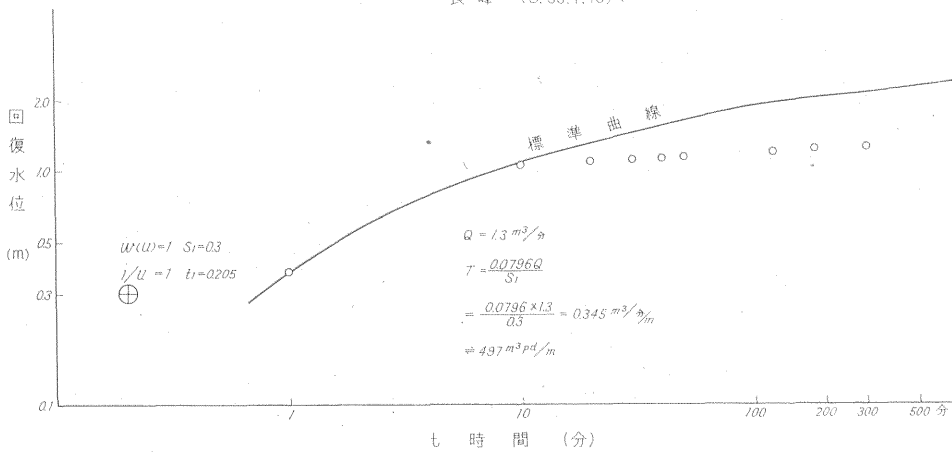
r_o : 影響圏

t : 揚水時間

また、揚水試験の結果得られた T が、少なくとも3つ以上あれば、 Q/S_w と T の関係曲線から C が決定できるだろう（第7図および第12図参照）。

長洲地区および長峰の揚水試験記録から、Stallmanの解析法により求めた T の値は、 $T=2440$ m³/day/m、 $T=497$ m³/day/m であり、 Q/S_w と T の関係から求めた C の値は 2.98~3.32 であつて、 Q/S_w が大であれば

長峰 (S. 36.1.18)



第7図 託麻原台地長峰井における揚水試験

C が小さくなり、 Q/S_w が小であれば、 C が大きくなる関係がみられる。したがって便宜的な調整数を考慮すると、

$$C = 3.15 (1 \pm 0.05)$$

$$T'' = 3.15 (1 \pm 0.05) Q/S_w$$

となる。

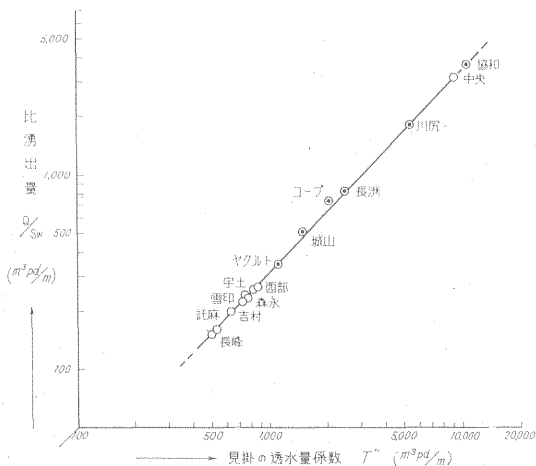
熊本平野における大部分の深井戸は多層採水であり、各帯水層ごとの正確な水理常数は得られていない。 Q/S_w の関係から求めた見掛けの透水量係数 T'' には、井戸個々の構造上の相違および揚水条件の相違などの要素が含まれるが、井戸掘さく当初の揚水継続時間は、短時日のものであり、これから求めた見掛け透水量係数 T'' は帯水層の一つの水理常数として使用してもさしつかえないと考えられる。

に示すようにまとめられる (限界水位を超えた Q/S_w から求めた T'' の値は小さくなる)。

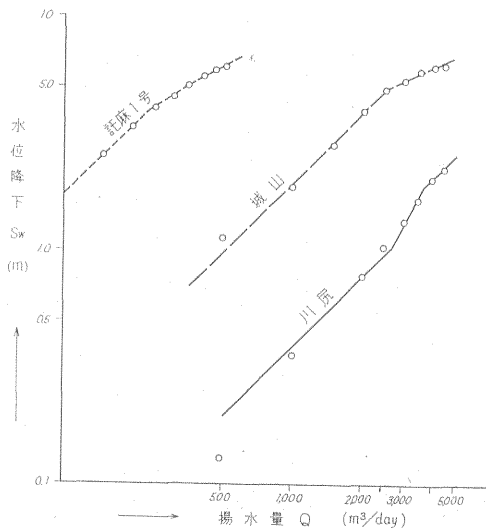
熊本平野における帯水層の見掛けの透水係数 k' は $1.3 \sim 7 \times 10^{-3}$ の範囲にあり、帯水層は、砂礫層・細砂層および粘土まじり砂礫層と判断される。

井戸による適正揚水量を決定する場合には、帯水層の水理常数 T のほかに、まず適正な水位降下を決定することが重要である。

水位降下 S は透水量係数に反比例するから、前式により、おおよその S の値が算定できる。しかし、なお正確に求めるには井戸の段階試験によるのがのぞましいことである。



第8図 比湧出量から見掛けの透水量係数を求めた図



第9図 井戸の段階試験

Q/S_w から求めた T'' をまとめて第8図に示している。また $T'' = m'k'$ (k' : 見掛けの透水係数 m' : ストレーナの全長) から地域的な見掛けの透水係数は第1表

井戸の段階試験の結果を第9図に示している。

川尻水源井では、 $2,700 \text{ m}^3/\text{day}$ を超えると、揚水量に比べて水位降下が大きくなる関係が認められる。すなわ

ち、ここでは適正揚水量の限界は 2,500 m³/day、限界水位は 1 m とみなすことができる。

城山水源井では揚水量が 2,500m³/day、また託麻 1 号井でも 250m³/day を超えると、揚水量に較べて水位降下が小さい関係が認められる。このような現象の説明は、明らかでないが、少なくとも一つの因として、水理常数および涵養規模を異にした帯水層からの補給が考えられる。したがって、第 9 図に示した変曲点は他の帯水層の限界を示すものと判断されるから、水位降下の限界は 5 ~ 4 m とみなされる。

第 9 図に示す傾向から水位降下の限界を推定すると、第 5 図からおおよそ $S=1.5m$, $S=5.0m$, $S=10m$ 以内の地域に大別できるようである。

このようにして求めた見掛けの透水量係数 T'' と適正な水位降下 S_w の関係から、地域的な井戸の揚水量を算定すると、第 4 表に示すようにまとめられる。

また、この水理常数に基づいて、地域的な地下水流動量が概算できる。

$$q = T'' A \frac{H}{L}$$

q : 単位断面を流れる地下水量 (m³/day)

T'' : 見掛けの透水量係数 (m³/day/m)

A : 地下水の流れに対し直角に設けた断面 (ここでは単位幅 $B=1,000m$, 単位距離 $L=1,000m$ とする)

$\frac{H}{L}$: 地下水面の勾配 $L=1,000m$

すなわち、上式は $q = T'' BH$ となる。

託麻原台地西部、白川扇状地および平野中央部について、概算した地下水流動量を第 5 表に示している。

7. 地下水

熊本平野の地下水のありかたは、おおよそ次のように説明される。

託麻原台地の地下水は、台地上の降水によつて養われており、託麻原礫層中の地下水の一部は水前寺・江津湖などの湧泉、あるいは緑川支川赤井川の表流となつている。とくに江津湖の流量は本年 2 月の測定では、約 5.8 m³/sec であつて、ほぼ揚水量に近い値であろうと考えられる。また他の間接的な考察によると、この流量は、あるいは託麻原礫層の地下水量にほぼひとしいとみるこ

第 4 表 熊本平野における深井戸の地域別適正揚水量

地 域	おもな帯水層	見掛けの透水係数 $k'(\text{cm/sec})$	井戸の揚水による 適正な水位降下 $S_w(\text{m})$	井戸の適正揚水量 (m ³ /day)	備 考
託麻原台地東部	託麻原礫層	$7.0 \times 10^{-3} \sim 9.0 \times 10^{-3}$	4.0~6.0	650~900	井戸口径 300%, 井戸効率 50% と して揚水量を算定
同 西部	託麻原礫層 熔岩下位にある砂礫層	$3.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \sim 1.3$	4.0 0.75	900 2,250	
平野中央部	20~40m 以浅の最上部層	不 明	2.0~4.0	1,300~1,800	
	80~120m 以浅の上部層	$8.0 \times 10^{-2} \sim 1.2 \times 10^{-1}$			
	120m 以深の下部層	1.8×10^{-1}	1.5	2,250	
白川扇状地 井芹川低地	50m 以浅の砂礫層	$3.5 \times 10^{-2} \sim 9.0 \times 10^{-2}$	4.0~6.0	1,000±	
平野周縁部	200m までの砂礫層	$1.5 \times 10^{-2} \pm$	6.0	1,200±	

第 5 表 熊本平野における地下水の流動量

地 域	主要帯水層	T'' (m ³ /day/m)	H (m)	B	Q (m ³ /day)	備 考
託麻原台地西部地域 健軍町付近	託麻原礫層	750	12	4	36,000	単位面積 1km ² の水深に換算した量
	熔岩下位の砂礫層	10,000	5	4	200,000	
	計				236,000	
白川扇状地 みなみくまもと付近	最上部層	不 明	6	4	21,600	5.4mm/day
	上部層	800				
平野中央部 鹿兒島本線付近	最上部層	不 明	5	7	70,000	10.0mm/day
	下部層	5,000				
			5	7	175,000	25.0mm/day

第6表 熊本平野における地表水

No.	試料採取地点	深度または ストレーナ 位置 (m)	Tw (°C)	pH	RpH	Dis. O ₂ (cc/l)	Free CO ₂ (ppm)	HCO ₃ ⁻ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₂ ⁻ (ppm)
1	白川(吉原橋)	表流		7.5	7.7	—		70.8	16.8	0.00
2	赤井川(赤井橋)	"	22.5	7.5	7.5	—		39.0	5.2	0.00
3	加勢川(中ノ瀬橋)	"	22.0	7.1	7.4	—		62.2	9.6	0.00
4	御船川(目橋)	"	22.5	7.5	7.5	—		36.6	6.3	0.00
5	緑川(乙女橋)	"	22.8	7.6	7.7	—		53.7	6.3	0.00
6	緑川(著橋)	"	21.9	7.3	7.5	—		53.7	9.1	0.00
7	八景水谷	湧水	19.1	7.1	7.5	3.66		64.7	12.3	0.00
8	水前寺	"	18.6	6.9	7.4	4.49		59.8	10.1	0.00
9	井寺浄島神社	"	19.5	6.9	7.3	4.65		72.0	10.3	0.00
10	石橋轟水源	"	16.7	7.4	7.8	6.42		61.0	7.0	0.00
11	笹原	"	17.1	6.5	7.0	—		58.6	8.7	0.00
12	託麻村託麻簡易水道	62	18.2	6.8	7.2	—		45.1	12.9	0.00
13	" 託麻農業用井戸1号	66	18.0	6.9	7.2	—		45.8	14.0	0.00
14	益城町益城中学校	36.3	19.1	7.1	7.5	5.61		76.9	10.5	0.00
15	" 福富	不明	19.0	7.0	7.3	5.88		62.2	11.0	0.00
16	熊本市秋田中無田	"	19.5	6.9	7.3	4.79		73.2	12.0	0.00
17	" 広木健軍水源	15.1~20 27.3~39	19.3	6.9	7.3	6.07		53.7	10.7	0.00
18	" 画図上江津	54.6	19.1	6.9	7.3	5.80		67.1	10.5	0.00
19	" " 下無田	23.8	18.2	7.1	7.4	5.02		80.5	11.5	0.00
20	" 御幸笛田	45.0	18.0	7.0	7.4	3.66		78.1	16.4	0.00
21	熊本市川尻高江	32.8	18.5	7.3	7.7	0.00		84.2	17.8	0.00
22	" 御幸木部	18.2	18.7	7.3	7.5	0.00		95.2	6.6	0.00
23	上益城郡嘉島村上六嘉	27.3	18.2	7.2	7.5	—		63.4	12.2	0.00
24	" 上島	18.2	18.9	6.9	7.4	—		65.9	7.3	0.00
25	下益城郡城南隈庄	18.2	18.5	7.3	7.4	—		28.1	7.3	0.00
26	" 永	27.3	18.0	7.0	7.4	0.00		112.2	7.1	0.00
27	熊本市大塘	58.2	22.5	7.4	7.9	1.34		97.6	49.0	0.00
28	" 野口	106~109	20.3	7.4	7.6	—		123.2	21.3	0.00
29	飽託郡飽田村孫代	45.0	19.9	8.3	—	0.15		147.9	21.3	0.00
30	熊本市川尻川尻水源	114~137 152~159 168~180	19.9	7.4	7.6	—		137.9	70.0	0.00
30	同上	180		7.2	7.6			87.7	22.0	
31	熊本市川尻川尻水源	130~140	18.2	7.5	7.6	0.00		95.2	24.5	0.00
32	下益城郡富含釈加堂	45.5	18.5	7.3	7.9	0.00		100.0	12.6	0.00
33	飽託郡天明美登里	45.0	18.9	8.3	—	0.65		104.7	28.8	0.00
34	下益城郡富含莎崎	27~36	18.8	7.8	—	0.18		141.6	45.9	0.00
35	" 古閑	50.0	18.5	7.6	—	0.65		167.7	24.5	0.00
36	" 新	36.0	18.1	8.1	—	0.00		114.7	22.0	0.00
37	宇土郡宇土 日本合成化学工業20号	69~72 80~86 100~105 130~175	22.9	7.9	—	0.00		173.2	240.6	0.00
38	" 新開	45.5	16.4	7.3	7.7	—		237.9	81.1	0.00
39	" 新開農業用井戸	54.5	20.9	—	—	—		139.1	79.7	—

* 九州地方天然ガス開発利用調査報告の分析資料を参考にした。

および地下水の水質分析結果（その1）

SO ₄ ²⁻ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Na ⁺ (ppm)	Fe ²⁺ (ppm)	Fe ³⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Total Hardness (ドイツ)	比色 SiO ₂ (ppm)	KMnO ₄ cons. (ppm)	備 考
75	0.0	8.0	18.9	0.17	0.82	25.7	9.7	5.8	50.0	22.5	
5	0.0	1.8	5.7	0.00	0.41	7.0	2.6	1.5	23.0	8.4	
23	0.0	4.2	9.9	0.07	0.77	13.3	5.3	3.0	48.5	6.4	
3	0.0	2.5	4.7	0.80	0.05	7.3	1.8	1.4	31.5	6.1	
5	0.0	1.8	4.8	0.07	0.25	11.9	2.5	2.2	25.5	6.7	
7	0.0	3.6	4.7	0.00	0.03	12.0	2.5	2.2	28.5	5.6	
3	0.0	4.3	13.7	0.00	0.37	8.9	3.0	1.9	54.0	1.3	
23	0.0	4.3	9.9	0.00	0.12	13.8	5.2	3.1	51.5	9.8	
18	0.0	5.2	11.9	0.13	0.12	17.0	7.4	4.0	57.4	2.5	
1	0.0	2.5	6.1	0.00	0.00	10.6	2.9	2.1	45.0	1.6	
1	0.0	1.6	6.8	0.01	0.00	9.9	3.4	2.1	43.5	4.7	
5	0.0	3.9	8.5	0.00	0.06	9.3	3.3	2.0	48.7	4.4	
3	0.0	4.7	8.1	0.00	0.06	9.4	3.5	2.1	50.0	—	
31	0.0	5.8	11.9	0.01	0.00	15.8	7.5	3.9	55.7	4.7	自 噴
27	0.0	4.9	10.3	0.00	0.03	13.3	6.4	3.3	51.5	9.2	”
38	0.1	5.3	12.5	0.00	0.03	16.8	8.2	4.2	52.7	7.5	”
32	0.0	4.8	11.7	0.11	0.00	16.0	7.0	3.8	51.5	23.1	”
30	0.0	5.1	11.1	0.05	0.00	15.5	6.8	3.7	48.5	22.2	”
35	0.0	5.3	13.1	0.00	0.09	19.2	7.1	4.3	57.5	10.4	”
17	0.0	6.3	13.7	0.00	0.00	16.7	8.1	4.2	43.5	3.3	”
11	0.0	8.9	16.8	0.11	0.09	7.2	10.6	3.4	51.5	10.1	”
7	0.0	6.7	10.6	0.01	0.00	7.7	8.7	3.0	47.4	2.7	”
5	0.1	5.9	9.3	0.11	0.06	5.8	5.8	2.1	55.8	12.9	
5	0.0	3.2	5.5	0.02	0.09	13.1	4.3	2.8	33.3	25.6	
1	0.1	3.0	6.1	0.00	0.01	4.1	1.5	0.9	54.2	8.4	自 噴
5	0.0	6.2	6.9	0.03	0.10	9.9	12.8	4.3	43.5	6.7	”
12	0.1	7.1	63.0	0.00	0.11	4.0	1.0	0.7	55.7	5.0	”
15	0.5	8.0	31.3	1.00	0.00	15.9	8.1	4.0	59.0	10.3	
3	0.4	5.0	67.0	0.16	0.05	0.7	0.4	0.1	—	15	
13	多量	12.8	51.2	1.78	0.48	17.1	12.4	5.2	51.5	23.6	休止井
34	0.0	7.3	32.9	—	0.07	10.9	5.6	2.8	47.5	3.4	S. 37.2 運 転 中
11	0.2	7.3	33.4	1.60	0.00	9.1	7.2	2.9	43.5	18.2	自 噴
20	0.9	14.0	37.8	0.15	0.02	2.3	2.0	0.7	54.2	6.1	”
24	—	3.0	65.0	0.07	0.05	1.3	0.2	0.2	—	10	※
20	0.6	5.0	79.0	0.17	0.06	1.7	1.3	0.5	—	7	※
5	0.9	5.0	70.0	0.09	0.14	1.6	0.9	0.4	—	21	※
5	0.1	2.8	57.0	0.00	0.06	0.5	0.1	0.1	47.5	1.3	自 噴
5	0.7	10.6	186.6	0.16	0.00	17.9	7.5	4.2	46.0	12.9	
1	多量	11.2	112.6	0.50	0.42	8.9	2.6	1.8	54.2	14.3	
30	0.1	6.7	106.8	—	—	3.3	1.3	0.7	—	21.4	休止井

第6表 熊本平野における地表水

No.	試料採取地点	深度はまた ストレーナ 位置 (m)	Tw (°C)	pH	RpH	Dis. O ₂ (cc/l)	Free CO ₂ (ppm)	HCO ₃ ⁻ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₂ ⁻ (ppm)
40	熊本市八景水谷 八景水谷水源試掘井	140	24.0	7.5	—	—	—	133.0	74.7	tr.
41	〃 八景水谷 弘乳社	45	21.6	7.3	—	—	—	104.9	33.4	tr.
42	〃 花園町 ヤクルト製造所	32~52	16.8	6.9	—	—	—	70.8	18.0	0.00
43	熊本 倉庫	140	17.8	7.3	—	—	—	74.4	4.8	0.24
44	本山町 森永乳業KK熊本営業所	19.5~25.5 31.5~43.5	20.6	7.0	—	—	—	161.8	24.0	0.64
45	春日町 日華ゴムKK熊本工場	50	19.8	6.9	—	—	—	117.1	23.5	0.00
46	川尻町 コープ食品KK熊本工場	71~85	18.5	8.0	—	—	—	150.1	27.3	0.00
46'	〃	60	—	7.3	7.6	—	—	—	20.5	—

とができる。

しかし同礫層の下位にある熔岩下の砂礫層中の地下水は、江津湖を横切つて川尻町の方向に向かつて流れている模様である(第3図参照)。

白川によつて養われる地下水は、わずかに熊本市街地に分布する程度で、南は南熊本駅付近から出仲間までの範囲にとどまり、平野中央部までは延びてないようである。

平野中央部の地下水、とくにもつとも多く利用されている深度30~40mの地下水は第3図に示しているように、大部分緑川水系によつて養われている。そしてその主流となつているところは、緑川本川と加勢川のあいだ、嘉島村鯉付近から川尻町市街地をへて緑川の河口の方向に向かつている。また川尻町の深度120m以深の地下水は、次章で説明する水質から判断されるように託麻原台地における熔岩下位の砂礫層の地下水と同一化学的性質を示していることから、これが連続した地下水とみることができる。

すなわち熊本平野では、東側の託麻原台地砂礫層の地下水および白川によつて養われる地下水の分布は、江津湖および扇状地の末端までにとどまり、平野中央部の上部の地下水はおもに緑川水系によつて、また下部の地下水はむしろ託麻原熔岩下層の砂礫層中の地下水によつて養われている。

8. 水 質

熊本平野を流れる代表的な河川は白川および緑川であり、緑川水系に属する河川流域には地下水の水露頭である湧泉がところどころに認められる。また、熊本平野に分布する地下水が、その供給源の一端を河川表流に得ているならば、地下水の水質は河川表流と水質的な親近度

を示すものと考えられる。本章では、その地点、地点の水質のほか、水質の化学的組成から地域的な特徴を把握し、地下水の供給径路を定性的に考察した(第3図参照)。

水試料採取地点を第3図に、分析結果を第6表にそれぞれ示している。

8.1 表 流

白川水系および緑川水系などの河川について行なつた水質分析結果から特徴ある成分を示すと第7表のようにまとめられる。

第7表 河川の水質の特徴

水系	河 川	SO ₄ ²⁻ (ppm)	Na ⁺ (ppm)	比色 SiO ₂ (ppm)	全当量 (cpm)	備 考
白川	白 川	74	18.9	50.0	6.2	
緑川	緑 川	5	5.8	25.5	2.2	
支川	加勢川	23	9.9	48.5	3.4	
	赤井川	5	5.7	23.0	1.8	
	御船川	3	4.7	31.5	1.6	

第7表から察知できる河川の水質は、発源および流下する河川流域の地質分布に大きく影響されている。すなわち、白川流域は大部分が新世代の火山噴出物であり、これに対して緑川・御船川などの流域の地質は古生代・中生代などの古期岩類が大部分を占めている。また緑川支川加勢川ではその水源は託麻原台地砂礫層の地下水の水露頭である水前寺および江津湖の湧泉であつて、台地地下水の示す水質成分と密接な親近度をもっている。

地質状態の相違および水量の多寡がそれぞれ水質成分に反映している事実は湧泉などの示す水質についても明らかである(第8表参照)。

および地下水の水質分析結果（その2）

SO ₄ ²⁻ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Na ⁺ (ppm)	Total Fe (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Total Hardness (ドイツ)	比色 SiO ₂ (ppm)	KMnO ₄ cons. (ppm)	P (ppm)	備 考
11	0.0	8.5	54.2	tr.	28.5	4.5	5.0	56.0	4.1	0.00	自 噴
9	0.0	7.2	32.9	tr.	17.5	3.3	3.2	53.0	4.7	0.00	
8	0.0	6.9	12.5	0.01	14.5	4.2	3.0	58.7	3.8	0.22	
5	0.0	3.1	8.1	0.02	11.7	3.4	2.4	47.5	4.5	0.08	自 噴
44	0.0	9.5	25.3	0.02	23.0	18.0	7.3	49.0	10.2	0.15	
23	0.0	7.0	37.6	3.04	11.7	6.9	3.2	53.0	6.4	0.28	白 濁
39	0.0	4.0	83.3	0.68	1.4	0.0	0.2	47.5	42.2	—	茶褐色水水質悪化のため60m層から採水
	0.0			0.48					2.0		

第 8 表 湧泉の水質の特徴

名 称	水 温 (°C)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	Na ⁺ (ppm)
八景水谷	19.1	12.3	3	13.7
水前寺	18.6	10.1	23	9.9
井 寺	19.5	10.3	18	11.9
藤	16.7	7.0	1	6.1
笹 原	17.1	8.7	1	6.8

8.2 地下水

主として上部層に含まれる被圧地下水は、その水質の化学成分から (1)白川水系 (2)緑川水系 (3)は(1)および

(2)に属さない3つの地下水系に大別できる。

(1)に含まれる託麻原台地地下水は SO₄²⁻、Cl⁻の点でさらに台地砂礫層と熔岩の下位にある砂礫層中の地下水系と区別できるようである。本文では後者をとくに阿蘇山系と呼ぶことにする。

第4表および第8図に示した水質の化学的成分および組成から地域的な水質の特徴をとりまとめて第9表に示している。

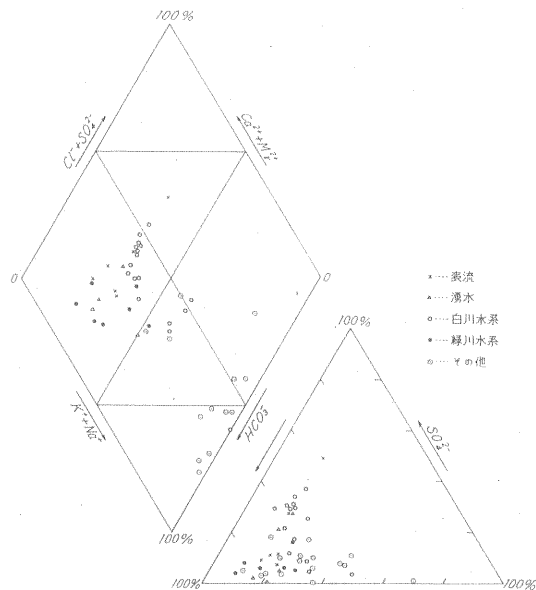
要約すると、白川扇状地の地下水は一般に鉄分 (Fe) に富み工業用水源としてはあまり良好の水質ではない。

平野中央部の地下水の SO₄²⁻ が少ないことは、緑川水系の地下水と類似しており、また化学組成を示す、

第 9 表 熊本平野における地下水の水質の特徴

地下水系	地 域	水 温 (°C)	成 分 お よ び 組 成 の 特 徴
坪井川水系	坪井川低地	22°±	硫酸イオン(SO ₄ ²⁻)が少ない。塩素イオン(Cl ⁻)が多い。40ppm±。
	井芹川低地	17°±	SO ₄ ²⁻ が少ない。Cl ⁻ が少ない。5~20 ppm。Feを含む。
白川水系	白川扇状地 (市街地)	20°±	SO ₄ ²⁻ が多い。Cl ⁻ は20~40ppm。溶存酸素の量が多い。溶存成分の含量が多い。平均 3.85 epm。
託麻原系	託麻原台地 (砂礫層)	18°±	SO ₄ ²⁻ が少ない。Cl ⁻ は10 ppm±。溶存酸素の量が多い。
	熔岩下位にある 砂礫層	20°±	SO ₄ ²⁻ が多く、砂礫層の地下水と区別しやすい。
緑川水系	平野中央部 30~40m層	18°±	SO ₄ ²⁻ が少なく、Cl ⁻ は10~20ppm。溶存酸素が少ない。Mg ²⁺ /Ca ²⁺ の割合が大きい。溶存成分は平均 2.94epm。組成は carbonate hardness
	170~180m層	20.8°	SO ₄ ²⁻ が多く上部層と区別できる。
	主として鹿児島 本線から以西の 地域	21°±	pHが7.3~8.1の微アルカリ性。Cl ⁻ が多い。SO ₄ ²⁻ が少ない。溶存酸素がほとんどない。NH ₄ ⁺ および Fe ²⁺ などを含む。水質組成は carbonate alkali

($Ca^{2+}+Mg^{2+}$), ($Na^{+}+K^{+}$), ($Cl^{-}+SO_4^{2-}$), HCO_3^{-} の四成分系の関係でも、白川水系の地下水ではない。



第10図 熊本平野における地表水および地下水の水質組成

臨海部の地下水は、その化学組成はおおむね carbonate alkali に属しており、また成分では水温および pH が高く、溶存酸素がほとんど認められないし、さらに NH_4 および Fe^{2+} を含有している点などを考慮すると還元状態にあり、少なくとも水質の面では他の地下水系と区別できる。臨海部の地下水は概して Cl 分が多い点も特徴の一つであり、水源利用には十分な注意が肝要である。

地下水は、帯水層の深度の増加によって酸化状態から還元状態に移行する。平野中央部の地下水は、次に述べるように深度に伴って還元性となり、深度80m前後がもつとも進んだ状態にある。しかし厚い粘土層の下位にある120m前後の水質は、それよりいくぶん還元性に乏しくなり、170m前後の水質は、その上位の地下水とはまったく異なった化学組成と水温を示し、健軍付近の熔岩下位にある砂礫層中の地下水と類似している。すなわ

第10表 熊本平野中央における地下水の深度による水質変化

水質	水温 (°C)	pH	Cl ⁻ (ppm)	Fe (ppm)	HCO ₃ (ppm)
帯水層					
30m土	18.3	7.3	17.0	tr.	88.4
40~50m	18.5	7.3	20.5	0.48	88.4
71~85m	18.5	8.0	27.3	0.68	150.1
130~140m	18.2	7.5	24.5	1.60	95.2
170~180m	20.8	7.2	22.0	0.07	87.8

ち平野中央部の地下水のうち、上部は緑川水系、下部は阿蘇山系によって養われているということが出来る。

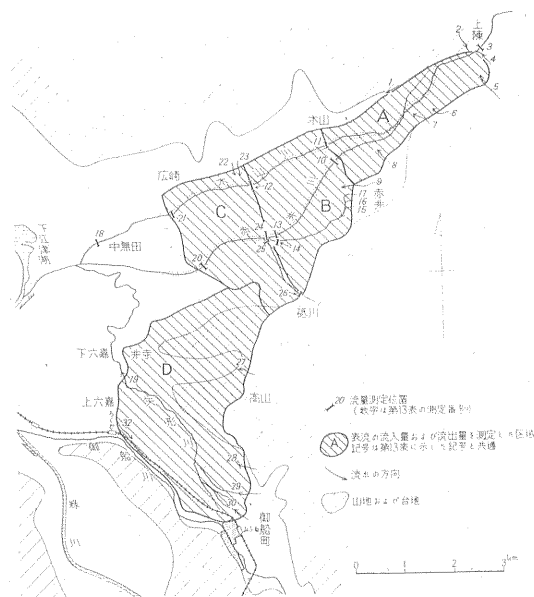
川尻市付近の地下水は、帯水層の深度によって、それぞれ異なった水質を示している。この関係を第10表に示している。

第10表の結果から、水質がもつとも良好な帯水層は、30m土と170~180mの層である。しかし下部の地下水は水温が高い特徴をもっている。また71~85m層は、他の地下水に比較して還元性であつて、その色は茶褐色を呈している。この地下水は過マンガン酸カリ消費量が多いことから、おそらく有機物質に富んでいるものと考えられる。

9. 河川の水文

熊本平野の上部層の地下水は緑川水系および白川水系に大別されるようである。この地下水の供給源は直上および背後地における降水であるが、間接的に河川などの表流に依存している場合が少なくない。また渇水期における河川などの表流は、その大部分が地下水によって涵養されている事実から、地下水と表流は、その供給および涵養についてきわめて密接な関係がある。

ここでは、地下水と表流との供給および涵養の規模の大小および地理的位置を明らかにするため、冬季渇水期をえらび白川水系および緑川水系について河川縦断方向における流量を測定し、さらに緑川の支川赤井川および矢形川の流域について、ブロック別の流量測定を行なった。また渇水期における河川流量の規模を明らかにする



第11図 ブロック別流量測定位置図

第 11 表 熊本平野および周辺地域における表流流量測定結果

番号	水路名	測定場所	測定年月日	天候	測定	水面幅	最大深	断面積	備 考	
					流量					
					(m ³ /sec)	(m)	(m)	(m ²)		
1	木山川右岸支流	上益城郡 益城町 下寺中	37年 2月23日	晴	.068	1.10	.11	.160		
2	赤井川右岸支流	" " 上 陳	" "	" "	.024	.40	.11	.064		
3	赤 井 川	" " "	" "	" "	.761	8.85	.27	1.272		
4	赤井川左岸支流	" " 下 陳	" "	" "	.003					
5	金 山 川	" " "	" "	" "	.128	2.00	.25	.410		
6	赤井川右岸支流	" " 平 田	" "	" "	.001					
7	"	" " "	" "	" "	.003					
8	赤 井 川	" " 畑 中	" "	" "	.008	.25	.15	.032		
9	赤井川右岸支流	" " 赤 井	" "	" "	.420	4.80	.40	1.322		
10	赤 井 川	" " "	" "	" "	1.541	7.00	.30	1.775		
11	木 山 川	" " 木 山	" "	" "	.121	2.00	.21	.369		
12	"	" " 惣 領	37. 2. 23.	" "	.135	2.45	.18	.320		
13	赤 井 川	" " 新 川	37. 2. 24.	" "	.127					
14	藻 川	" " "	37. 2. 23.	" "	1.289	11.50	.55	4.890		
15	"	" " 赤 井	" "	" "	.553	6.00	.28	1.085		
16	藻 川 支 流	" " "	" "	" "	.483	3.65	.43	1.341		
17	"	" " "	" "	" "	.141	1.70	.25	.274		
18	木 山 川	熊本市 秋津町 中無田	37. 2. 24.	" "	.086	2.00	.20	.633		
19	矢 形 川	上益城郡 嘉島村 石塚	" "	" "	.286	5.05	.54	1.687		
20	赤 井 川	" 益城町 東無田	" "	" "	.734	8.00	.35	1.585		
21	木 山 川	熊本市 秋津町 沼山津	" "	" "	2.105	23.00	.61	11.595		
22	木山川右岸支流	上益城郡 益城町 福 富	" "	" "	.369	7.10	.35	1.472		
23	"	" " "	" "	" "	.003					
24	赤 井 川	" " 新 川	" "	" "	.005					
25	岩 戸 川	" " "	" "	" "	1.723	16.50	.51	5.478		
26	"	" " 砥 川	" "	" "	.032	1.50	.14	.116		
27	矢形川支流	" " 野 中	" "	" "	.057	2.40	.17	.285		
28	"	" 御船町 木 倉	" "	" "	.006	.60	.10	0.30		
29	矢 形 川	" " "	" "	" "	.001					
30	矢形川支流	" " 御 船	" "	" "	.630	8.60	.36	2.582		
31	御 船 川	上益城郡 御船町 西小坂	37. 2. 24.	" "	.003					
32	御 船 川 支 流	" 嘉島村 上六嘉	" "	" "	2.880	14.90	.44	4.441		
33	御 船 川	" 御船町 下方瀬	" "	" "	.003	5.70				
34	加 勢 川	熊 本 市 江津町 上無田	37. 2. 26.	晴	2.264	6.60	.67	5.586	森崎橋付近	
35	"	" " 三 郎無田	" "	" "	3.60					
36	赤 井 川	" " "	" "	" "	4.069	28.00	1.15	21.23		
37	"	熊 本 市 西無田	" "	" "	5.787	22.00	1.50	18.74		
38	矢 形 川	" " "	" "	" "	9.471	57.00	.97	33.185		
39	加 勢 川	" " 中ノ瀬	37. 2. 27.	曇	1.566	25.00	1.15	25.885	西無田橋付近	
40	"	上益城郡 嘉島村 下仲間	" "	" "	5.893	15.00	1.60	16.20	"	
41	緑 川	" 甲佐町 糸 田	37. 2. 28.	晴	13.221	35.00	2.25	60.860	中ノ瀬橋付近	
42	"	" " 和 田内	" "	" "	14.920	35.00	1.81	44.81		
43	"	" " 千 町	" "	" "	16.934	40.00	1.19	36.35		
44	加 勢 川	熊 本 市 出水町 今	" "	" "	13.136	47.00	1.20	30.66		
45	白 川	" 大江町 渡 鹿	37. 3. 1.	曇の 曇ち晴	20.549	36.00	1.65	51.524	著町橋付近	
46	"	" 新屋敷町	" "	" "	.620	57.00	1.65	51.524	市体育館付近	
47	"	" 二本木町	" "	" "	9.827	7.00	.92	5.045	竜 神 橋	
					7.974	52.00	.75	26.540	大 甲 橋	
					8.825	36.00	1.29	24.340	白 川 橋	

番号	水路名	測定場所	測定年月日	天候	測定流量 (m ³ /sec)	水面幅 (m)	最大深 (m)	断面積 (m ³)	備考
48	白川	熊本市薄場町	37. 3. 1.	曇り	9.804	38.00	1.27	19.500	薄場橋
49	"	飽託郡託麻村弓削	37. 3. 2.	曇り	7.297	38.00	1.50	23.816	古原橋
50	"	" 託麻村 下南部	"	雨	7.692	27.50	1.44	21.92	
51	"	熊本市黒髪町新南部	"	"	8.580	48.50	.89	21.180	小碓橋
52	"	" 清水町八景水谷	37. 3. 3.	晴	.254	2.25 3.00	.24	.770	
53	坪井川	" " "	"	"	1.836	7.60	.40	2.587	
54	堀川	" " 八景水谷	"	"	1.193	3.17	.65	1.501	堀川橋
55	合志川	菊池郡泗水村福本	"	"	.892	6.10	.35	1.579	合志橋
56	菊池川	菊池市村田	"	"	1.740	24.40	.57	6.938	
57	迫間川	" 隈府	"	"	.815	6.00	.49	1.290	迫間橋
58	合志川左岸支流	鹿本郡植町今藤	"	"	.151	1.00	.46	.300	
59	井芹川	熊本市花園町井芹	"	"	.445	8.75	.34	2.379	

ため、坪井川水系および菊池川水系の一部について若干の流量測定を行なった。

流量測定実施の関係位置を第2図および第11図に、測定結果を第11表、第12表にそれぞれ示している(第2図、第11図、第11表、第12表参照)。

9.1 河川縦断方向における流量の変化

白川および緑川水系について行なった、河川縦断方向における流量の増減結果を第12表に示している。

第12表の結果を要約すると、おおむね次のようにまとめられる。

1) 緑川水系では御船川・加勢川および各支川流域に生じている湧泉および湧水が河川表流を涵養している関係で、湧水量が大きい特徴を示している。

第12表の結果でも明らかなように全般的にみれば、各河川表流は下流側で流量増加の傾向を示しているが、緑川では左佐町糸田地先から左佐町和田地先までに 3.8 m³/sec、支川御船川では御船町西小坂地先から御船町下万瀬地先までに 0.62 m³/sec、また支川加勢川および赤井川では益城町東無田地先から熊本市西無田地先までに 0.54 m³/sec、熊本市三郎無田地先から熊本市中の瀬地先に至るまでに 2.04 m³/sec と概して山麓沿いの地域にそれぞれ表流の伏没量が認められる。これら伏没量の大部分は下流側でふたたび河流に還元する傾向があるが、少なくとも伏没量の一部は河床下および兩岸の地下水に転化するものと考えられる。

2) 緑川支川加勢川の水源の一部は水前寺および江津湖の湧泉であり、流下して三郎無田で赤井川と合流する。水前寺から合流点までの流量の増加量は、すなわち各区分地域の地下水の湧水量を示している。もつとも湧水の著しい区間は水前寺から上無田に至るまでの上江津湖の湧水であつて、赤井川合流点に至るまでの湧水量の

合計は5.79 m³/secとなつている。

3) 白川の表流は、上流部では増加、中流部で減少、下流部でふたたび増加という流量の増減関係が生じている。すなわち熊本市大江町渡鹿地先から新屋敷町地先までに 1,853 m³/sec の伏没量が認められる。この伏没量の大部分は下流側でふたたび河流に還元するが、一部は地下水の供給源になつているものと考えられる。

9.2 赤井川および矢形川流域の地域別流入量と流出量の関係

第9図に示すように、地域のの上流端を流れる水路の流量および地域の下流端を流れる水路の流量をそれぞれ測定し、地域ごとに流入量と流出量を差引すれば、それぞれの地域において表流からの地下水供給量あるいは地下水による表流の涵養量が量的に把握できるものと考えられる。ここでは、この種の測定を赤井川および矢形川の一部流域について行なった。

地理的關係位置を第2図および第11図に、また測定結果は第13表に示している。

この結果を要約すると、

赤井川ではA地域で 0.734 m³/sec、C地域で 0.559 m³/sec といずれも流量が増加しており、また矢形川のD地域では 0.097 m³/sec の流量増加を示している。しかし、赤井川のB地域では 0.815 m³/sec と流量の減少が認められている。流量増加地域についても、地域面積に対する増加の割合が異なり、とくにD地域内では測定不能な湧水があることを勘案すれば、D地域はむしろ流量が減少する地域と考える方が妥当である。

9.3 比流量

湧水期における河川流量を、流域からの地下水湧出量とみなせば、単位面積当りの流量(以下比流量という)の比較によつて、地域的に地下水湧出量の規模の大小が

第 12 表 緑川水系および白川水系の河川縦断方向における流量の増減

番号	水路名	流量 (m ³ /sec)	流量差		上流側断面 流量に 対する 流量差 の百分 率差 (%)
			増 (m ³ /sec)	減 (m ³ /sec)	
41	緑川	16.934	—	—	—
42	"	13.136	—	3.798	22.4
42	"	13.136	—	—	—
33	御船川	2.264	5.149	—	33.7
43	緑川	20.549	—	—	—
31	御船川	2.880	—	—	—
32	支流	0.003	—	—	—
		—	—	0.619	21.5
33	御船川	2.264	—	—	—
3	赤井川	.761	—	—	—
2	右岸支流	.024	—	—	—
4	左岸支流	.003	—	—	—
5	"	.128	—	—	—
6	"	.001	—	—	—
7	"	.003	—	—	—
8	"	.008	—	—	—
		—	.734	—	79.0
11	木山川	.121	—	—	—
10	赤井川	1.541	—	—	—
10	"	1.541	—	—	—
9	左岸湧水	.420	—	—	—
		—	—	0.672	34.2
13	赤井川	1.289	—	—	—
24	"	1.723	—	—	—
25	左岸支流	0.032	—	—	—
		—	0.350	—	20.0
20	赤井川	2.105	—	—	—
20	"	2.105	—	—	—
		—	—	.539	25.6
37	"	1.566	—	—	—
11	木山川	0.121	—	—	—
		—	.014	—	11.5
12	"	.135	—	—	—
12	"	.127	—	—	—
		—	.242	—	190.0
21	"	.369	—	—	—
		—	—	.083	22.5
18	"	.286	—	—	—
37	赤井川	1.566	—	—	—
18	木山川	.286	—	—	—

番号	水路名	流量 (m ³ /sec)	流量差		上流側断面 流量に 対する 流量差 の百分 率差 (%)
			増 (m ³ /sec)	減 (m ³ /sec)	
38	矢形川	5.893	—	—	—
		—	1.726	—	22.2
36	赤井川	9.471	—	—	—
36	"	9.471	—	—	—
35	加勢川	5.787	—	—	—
		—	—	2.037	13.4
39	"	13.221	—	—	—
39	"	13.221	—	—	—
		—	1.699	—	12.6
40	"	14.920	—	—	—
44	加勢川 (水前寺)	.620	—	—	—
		—	3.449	—	556.0
34	加勢川 (上江津湖)	4.069	—	—	—
		—	1.718	—	42.5
35	加勢川 (下江津湖)	5.787	—	—	—
49	白川	7.297	—	—	—
		—	.395	—	5.4
50	"	7.692	—	—	—
		—	.888	—	11.5
51	"	8.580	—	—	—
45	"	9.827	—	—	—
		—	—	1.853	18.9
46	"	7.974	—	—	—
		—	.851	—	10.7
47	"	8.825	—	—	—
		—	.979	—	11.1
48	"	9.804	—	—	—

推定できると考えられる。熊本平野およびその周辺地域の河川の比流量をまとめ、第14表に示している。

第14表の結果から、比流量が大きい順に示すと、緑川水系が平均 0.0664、白川水系が 0.0172、坪井川水系が 0.0168、菊池川水系が 0.0106（比流量の単位はいずれも m³/sec/km²）となっている。

緑川水系のうち、とくに比流量が大きいのは加勢川および藻川であるが、この理由は、加勢川では水前寺および江津湖の湧泉が水源となっており、また藻川では赤井付近の湧泉が水源となっている結果である。地形流域に対する比流量は加勢川で 0.2756、藻川では 0.1507 となり、1日の雨量に換算すれば 23.7mm および 13.0mm となる。

一方、白川および坪井川の平均した比流量の値は 0.01

第13表 地域別流入量と流出量との関係

地域名	流域面積 (km ²)	流入水路名	合計流量 (m ³ /sec)	流出水路名	合計流量 (m ³ /sec)	増 (m ³ /sec)	減 (m ³ /sec)	備考
A	3.27	2.3.4.5.6.7.8.	.928	10.11	1.662	.734		地域名は第11図に示す
B	4.32	10.11.9.15.16.17.	2.792	12.13.14	1.977		.815	
C	4.25	12.22.23.24.26.	1.923	20.21	2.474	.551		
D	9.35	27.28.29.30.	.640	19.32	.737	.097		

第14表 熊本平野および周辺地域における河川の比流量

測定番号	水系名	水路名	測定場所	測定年月日	流量 (m ³ /sec)	流域面積 (km ²)	比流量 (m ³ /sec/km ²)	水温 (°C)	備考
41	緑川	緑川	上益城郡甲佐町糸田	37.2.28	16.934	518	.0327	7.0	水源、水前寺および江津湖湧泉
31	"	御船川	" 御船町西小坂	24	2.880	130	.0222	11.0	
35	"	加勢川	能本市下江津湖	26	5.787	21.0	.2756	16	
"	"	"	"			70	.0827		
40	"	"	上益城郡嘉島村下仲間	27	14.920	204	.0731	13.0	
6.7.8	"	赤井川支流	" 益城町平田	23	.012	15	.0080	13.2	
9.15	"	藻川	" " 赤井	23	1.130	7.5	.1507	11.8—9	
16.17	"	"	"					18.0—15	
26	"	岩戸川	" " 砥川	24	.057	13.3	.0429	17.5—16	
30.29	"	矢形川	" 御船町御船木倉	24	.634	19.6	.0323	17.3—17	
28	"	"	"					8.3	
3.4	"	木山川	" 益城町上陳	23	.764	50.7	.0151	14.1	
5	"	木山川支流	" " 下陳	23	.128	10.8	.0119	12.8	
49	白川	白川	飽託郡託麻村弓削	3.2				8.8—49	
54	坪井川	堀川	熊本市清水町八景宮	3	8.490	495	.0172	9.5—54	
59	"	井芹川	" 花園町井芹	3	.445	26.5	.0168	16.2	
56	菊池川	菊池川	菊池市村田	3	1.740	145	.0120	12.6	
55	"	合志川	菊池郡泗水町福本	3	.892	117	.0076	10.5	
58	"	合志川支流	鹿本郡植木町今藤	3	.151	16.6	.0091	11	
57	"	迫間川	菊池市隈府	3	.815	59.2	.0138	8.7	

70, 1日の雨量で示せば1.5mm弱であり、この値は渇水期においては、おおむね妥当なものであろう。

水前寺および江津湖の湧泉は主として託麻原台地砂礫層中の地下水と考えられるので、託麻原砂礫層の分布する地下流域を過大にみて70km²としたときの比流量は0.0827 ÷ 7.1mm/dayとなつて、それでも他流域の4倍以上の値を示している。

この値は、地下流域の推定に不明の点を残すが、健軍町付近の地下水流動量は9.0mm/dayと概算できることから判断すると、水前寺および江津湖の湧泉量は、託麻原砂礫層中の地下水の全量に相当するのかもしれないし、あるいはまた、他流域からの補給が行なわれているのかもしれない。

水前寺および江津湖湧泉の供給源および供給径路を明らかにすることは、将来の地下水開発上きわめて重大な

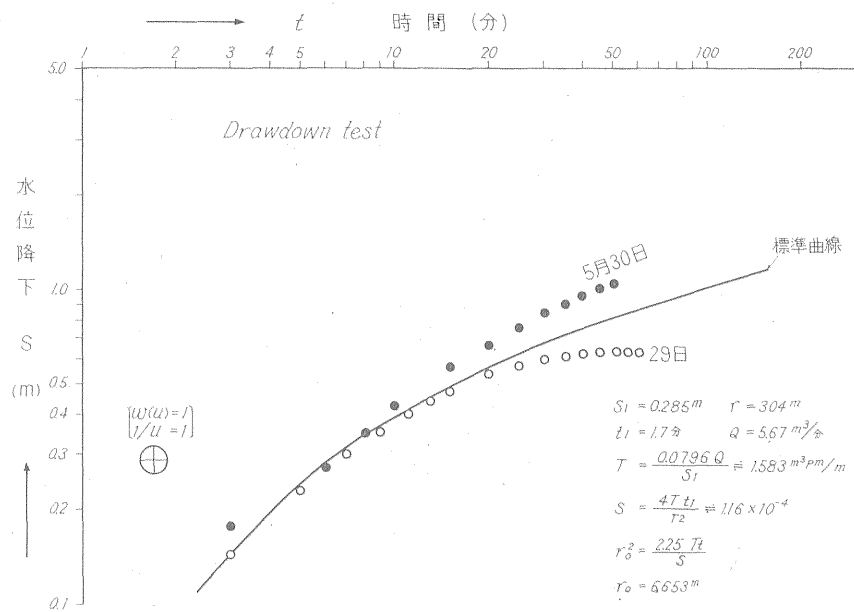
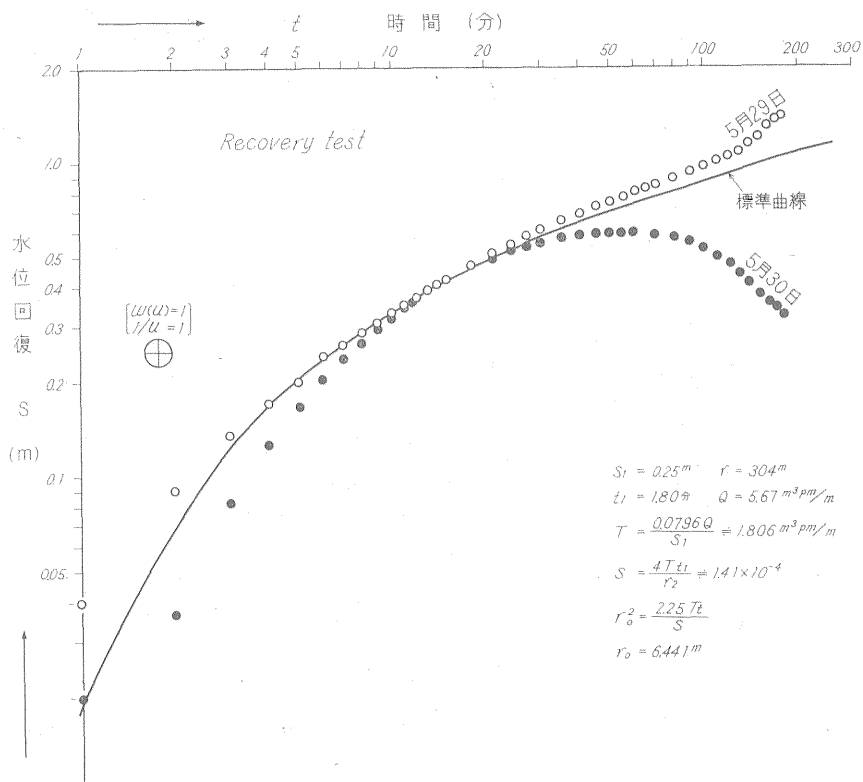
意義を有する。すなわち供給源が降水のみであれば有限であり、河流あるいは他流域からの地下渠に関連しているなら、より以上の開発量が期待できるからである。

この関係を明らかにするためには、さらに精細な調査・研究にまたねばならないが、白川では大江町渡鹿地先から新屋敷地先に至るまでに表流が伏没する傾向が認められ、また湧泉の水質が白川表流の水質に類似する点などから判断すると、湧泉の供給源の一部は白川表流からの透過補給の可能性が考えられる。

10. 長洲地区の帯水層試験

有明海にのぞむ玉名郡長洲町付近では、100m以浅の被圧地下水が一般飲料およびかんがい用の水源にそれぞれ利用されている。

深度100mまでに主要帯水層である砂礫層は、30m以



第12図 長州地区における帯水層の水理試験

浅, 50~65m, 70~95mと3層認められる。このうち30m以浅の地下水は塩分が多く, 利用価値が少ない。

50m以深の被圧地下水の圧力面は地表下3.00~6.00mの範囲にあり, 水温は18°C前後, 水比抵抗は1,300Ω-cm前後を示している。

本層中の地下水は, 一般飲料のほか将来産業用水源として, 大規模な開発利用が予想されるので, 透水量係数(T), 貯留係数(S)および揚水による水位降下の影響範囲(r_0)などの帯水層の水利常数を明らかにするために, 昭和36年5月29日および5月30日の両日にわたり, 一の割かんがい井について, 帯水層の水利試験(水位降下法および水位回復法による)を行なった。

井戸の状況および揚水条件は下表に示す。

井戸	深度(m)	口径(mm)	備考
揚水井	95	300	揚水井から北方にある観測井までの距離304m
観測井	76	100	モーター40HP 揚水量5.67m ³ /min

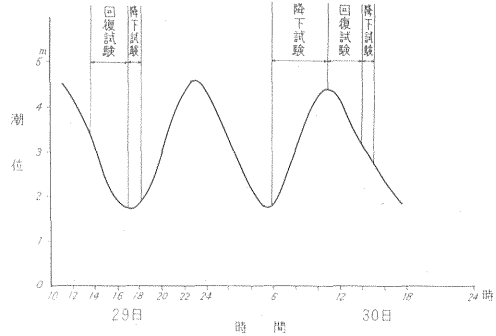
得られた資料から Stallman の標準曲線法に基づく結果を第12図に示している。

水位降下法および水位回復法により求められた水利常数には, それぞれ差が認められるが, 平均すると, 透水量係数 $T=1.694\text{m}^3\text{pm/m}$, 貯留係数 $S=1.28 \times 10^{-4}$, 1日の揚水による影響範囲 r_0 は6,500m程度となる。

水利常数に差が生ずる理由を説明すると, 一の割かんがい井は海浜から約900m離れているが, 有明海の潮の干満が地下水位に影響している。長洲町航送船事務所における潮位記録と実施した揚水試験の時間的關係を第13図に示している。

第12図および第13図の結果によると, 観測井水位に与える干満の影響は3時間以上遅れて認められるようである。また, 第10図に示す標準曲線の上位および下位にそれぞれ曲線が認められるが, 下位にある曲線は満潮による地下水補給および上位にある曲線は干潮による地下水排出を示すものと考えられる。地下水の供給が一様に連続して行なわれるならば, 得られた曲線は標準曲線に一致するからである。

透水量係数 T は, 揚水井のみの水位降下あるいは水位回復試験の結果, 水位降下(S)—揚水時(t)の關係式で容易に求められる。ここでは, 水位降下法による $T=1.09\text{m}^3\text{pm/m}$, 水位回復法では $T=1.04\text{m}^3\text{pm/m}$, および $1.06\text{m}^3\text{pm/m}$ となり, 平均 $T=1.06\text{m}^3\text{pm/m}$ が得られている。これは観測井によつて求めた T よりも小さい値を示している。さらに揚水井から求めた比湧出量 Q/S_w は $0.65\text{m}^3\text{pm/m}$ と著しく小さい値を示す。こ



第13図 長洲地区揚水試験時における潮位の関係

れは T は帯水層の水利常数であるのに対し, Q/S_w 井戸の水利常数であつて, 井戸構造物を通じて揚水に至るまでの過程に種々の損失水量が含まれる結果と考えられる。

Q/S_w は井戸の損失水量(井戸効率)を含むが, 正確な帯水層の水利常数が得られない地域の地下水開発可能量を推定する一つのファクターとして使用してもさしつかえないように思われる。

長洲地区における50m以深の帯水層の透水係数(k)は $1.2 \times 10^{-1}\text{cm/sec}$ 前後を示し, 帯水層は細粒の礫~粗粒砂と推定される。

本地区の場合には, 満潮時には有利な条件で揚水できるのが特徴であるが, 地下水の保全を考えると, 水位降下を4m以内にとどめ, 揚水量は $2,000\text{m}^3/\text{day}$ 前後が望ましい。

11. 調査結果に基づく地下水開発についての意見

熊本平野および周辺地域について行なつた, 総合的な地下水調査研究結果に基づいて, 将来の地下水開発に対する意見を述べて結言としたい。

(1) 地下水の帯水層は, 託麻原台地では託麻原礫層と熔岩の下位にある砂礫層であつて, 後者の砂礫層は, 平野中央部および加勢川支流木山川沿いの地域まで連続するものと推定される。平野部では最上部層, 上部層および下部層に分けられるが, 下部層は熔岩の下位にある砂礫層に相当する地層である。

このうち, 下部層中の地下水は水量および水質ともによくれているので, 将来の開発利用に推奨できる。

(2) 平野の最上部層および上部層の地下水は, その供給源の一部を白川および緑川水系などの表流に得ており, その量は1日に $200,000 \sim 400,000\text{m}^3$ 程度である。

しかし, 上部層中の地下水は一般飲料のほか, かんがい用に多く利用されているので, 地下水の大量利用は掘抜井の自噴停止などの現象を招来するし, また白川水系の地下水は水質的に不安定な点が指標できるから, この

地下水の利用および利用規模にはきわめて慎重な考慮が必要である。

(3) 臨海部では深度 200 m までに下部層の存在が推定できるが、この地下水は塩分増加による水質の悪化および水温増加の欠点が予想される。したがって、利用面について考慮が必要である。臨海部において深井戸による地下水取得可能量は、およそ $1,000\text{m}^3/\text{day}$ 前後であろう。

(4) 熊本平野の産業用水源として江津湖の湧泉はきわめて重要である。とくに夏季の水温が 16°C 土を示す点は冷却用として有利である。湧出量は渇水期に $5.5\text{m}^3/\text{sec}$ 豊水期に $8.0\text{m}^3/\text{sec}$ 程度とみられる。また三郎無田付近における加勢川の10年間の最小流量は $8.0\text{m}^3/\text{sec}$ であり、かんがい期における合流後の加勢川流量は、少なく見積つても $16.0\text{m}^3/\text{sec}$ 程度は維持されている。一方、加勢川下流のかんがい用水の利用量は $12.0\text{m}^3/\text{sec}$ であり、水量的には、なお、 $4.0\text{m}^3/\text{sec}$ 程度の利用の余地が残されている。将来、高度の水利用をはかる場合、きわめて重要な水源となろう。

（昭和36年5月～6月，37年2月～3月調査）

文 献

- 1) 山本荘毅他4名：熊本県木山，託麻台地畑地帯地下水調査報告書，農林省農地局資源課，1957
- 2) 今西茂・村田実：5万分の1表層地質（熊本），経済企画庁・熊本県，1958
- 3) 熊本市工業立地調査会：熊本市工業の現状と発展の可能性，1959
- 4) 熊本市水道局：上水道事業計画，1959
- 5) 熊本県：熊本平野総合開発報告書，1960
- 6) 熊本県：熊本県計画，1960
- 7) Poland 他：Yield factor, U.S.G.S. Water Supply Paper 1464, 1960
- 8) 中条純輔：熊本地区における重力分布とその考察，地質調査所月報，Vol. 12, No. 5, 1961
- 9) 村下敏夫：帯水層の常数とその測定についての考察，地質調査所月報，Vol. 13, No. 8, 1962
- 10) 天然ガス鉱業会：九州地方天然ガス開発利用調査報告，1961