

高知平野の地下水

高橋 稠* 永井 茂**

Ground Water Resources in the Kōchi Plain,
Southwest Japan

By

Shigeru TAKAHASHI & Shigeru NAGAI

Abstract

This investigation was made in the Kagami, Kokubu and Monobe river basins, Kochi prefecture. In these basins, total withdrawal of ground water is about 51,100 cubic meters per day, of which water of 21,900 cubic meters per day is artesian water, and 29,200 is water-table water. Recharge to the artesian aquifers in the area of the mouth of Kokubu river is from the river-flow of Kokubu and Kagami rivers. However, the part of this region is characterized by land subsidence which was caused by the strong earthquake occurred in 1946.

Since that time, the contamination of salt water in the ground water has been progressed and now ground water has high content of Cl^- 5,000~15,000 ppm. Then, in this region, the constructions of water works for industry the source of which is the river-bed water at the upper stream of the Kagami river, are going forward. on the other hand, the ground water on the right side area of the Monobe river is recharged from the river-flow. Therefore, it may be able to say that the Monobe river-basin is one of hopeful areas for development of ground-water resources in the Kōchi plain.

要 旨

1) 鏡川、国分川および物部川流域など高知平野における、地下水源の実態を調査した。

2) 調査地域内における地下水総取得量は、およそ 148,400 m^3/day に達するが、このうち被圧地下水は 13,180 m^3/day 、自由面地下水は 29,200 m^3/day 、さらに鏡川の伏流水を取水する高知市上水道宮町水源では90,000 m^3/day 、県営工業用水道の水源地では 16,000 m^3/day 、それぞれ揚水されている。

3) 国分川河口付近一帯に賦存する被圧地下水は、主として国分川ならびに鏡川などの表流水によって涵養されているが、この付近では南海道沖地震にともなう地盤沈下が原因して、かなり低湿地帯と化している。

4) 浦戸湾沿岸における工場用深井戸では、かなり地下水の塩水化が進んでおり、被圧地下水の Cl^- は最高 5,000~15,000ppm に達している。

5) 浦戸湾沿岸においては、地下水の塩水化が問題になっており、この対策として工業用水道の建設や、用地の改修などを進めている。

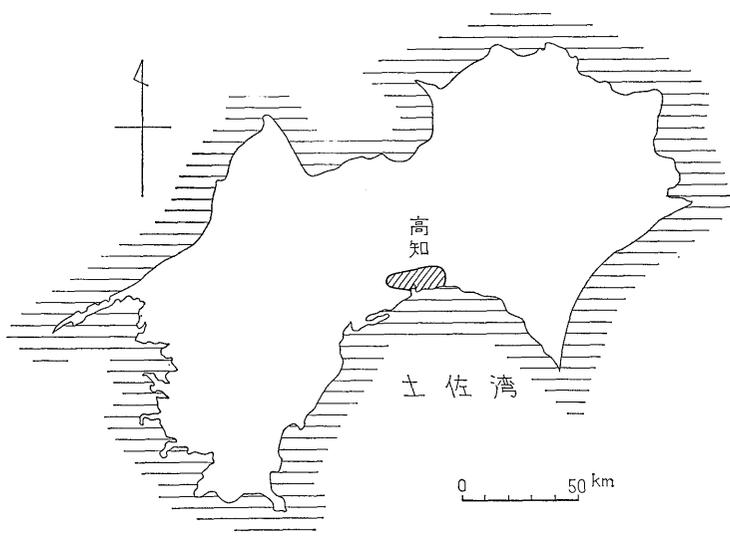
6) 物部川右岸扇状地平野における被圧地下水は、主として物部川表流水によって涵養されており、まだほとんど開発されていない。この下流側平野部においては、今後深井戸による地下水利用が、かなり期待できるものと考えられる。

1. 緒 言

高知平野においては、昭和21年の南海道沖地震によって生じた地盤沈下が原因して、浦戸湾沿岸はかなり低湿地帯と化している。この結果国分川河口付近では塩水の湖上が問題になっており、浦戸湾西岸では、かなり濃度の高い地下水の塩水化が進んでいる。このため国分川の河口付近にかけては、干拓による用地の改修や埋立工事を進めている。高知市は付近に石灰岩などの地下資源にめぐまれているため、これを原料とするセメント関連化学工場が操業しており、工場用地の整備などかなり開発

* 応用地質部

** 技術部



第1図 調査位置図

が進められている。また最近では鏡川工業用水道が完成するなど、南四国における開発拠点として、産業の振興をはかっている。

地質調査所では水資源調査の一環として、高知平野をとり上げ、鏡川・国分川および物部川流域平野などにおける地下水源の実態調査を行なった。この報告はその調査結果をとりまとめたものである。これらが今後における立地計画など基礎資料として活用され、参考となればさいわいである。

なお、この調査にあたり、いろいろと御協力いただいた高知県開発課ならびに関係工場各位に対し、厚く感謝を表したい。

2. 調査規模

調査範囲 鏡川・国分川および物部川流域にかけての高知平野一円 (関係地形図2万5千分の1, 伊野・高知・後免・土佐山田参照)
 調査期間 第1次 昭和41年11月14~24日
 第2次 昭和42年10月22~31日
 調査対象巡検工場および水道水源 16カ所
 水試料の採取および水質化学分析 20カ所
 調査担当者

地下水に関する総括的調査	高橋	綱
地下水の水質化学分析	永井	茂

3. 地形および地質

高知平野に注ぐ河川は、物部川・国分川および鏡川な

どがあり、これらはいずれも北部の四国山地にその水源を發し、浦戸湾および土佐湾に注いでいる。高知平野はもともとこれら河川の土砂が運搬され、現地形が構成されたものである。国分川河口付近は、紀貫之の約1,000年前の時代に、大部分が海面下となっていた。また現在の高知市街地は、その東半分が海面下にあり、当時の浦戸湾は今よりかなり広いものであった。昭和21年12月における南海道沖地震のさいには地盤沈下が起こり、国分川河口付近で0.40~1.20m程度の沈下が生じた。この時には津波が押しよせ、沈下地帯に海水が侵入した。このため堤防の嵩上げなど改修工事が続けられてきたが、現在なお台風などの洪水時には、冠水しやすく、つねに湿地地帯と化している。

高知平野の周囲山地は、いずれも古生層および中生層などを主体として構成されている。これらは主として東西性の走向をもっており、いずれも強い地殻変動を受け、褶曲構造が複雑である。土佐山田町から南国市の御免にかけては、明瞭な段丘地形が構成されており、物部川と国分川との地下水分水界をなしている。これらはいずれも物部川の旧扇状地沖積平野などと急崖をもって境しており、その末端は次第に緩やかに比高を減じながら、沖積層下に没している。

浦戸湾入口から物部川河口に至る海岸線には、標高7m程度の砂丘が、ほそ長く分布している。これらは風の営力によって形成された海岸砂丘ではなく、波の運搬によって作られた浜堤と考えられる。幅は350~400m程度で、東西方向に長くのびている。また海岸に沿って浜改

田・前浜などの部落が、その上に形作されている。なお砂丘の内陸側は低湿地帯となっている所が多く、主として水田として利用されているが一部は荒地と化している。

4. 帯水層の規模および性質

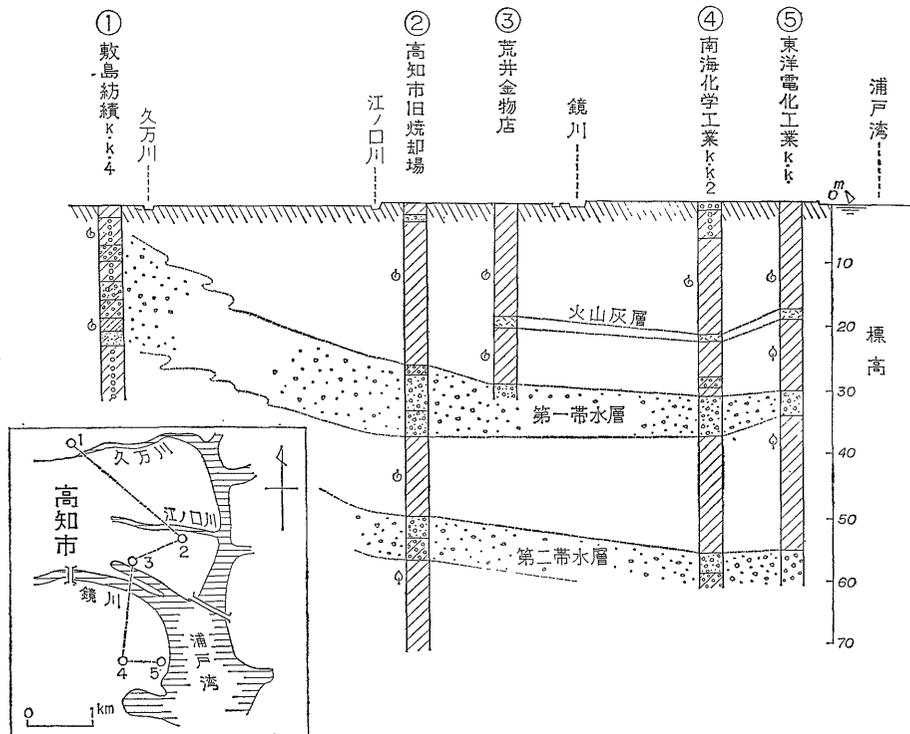
工場用深井戸のさく井記録によると、高知市浦戸湾岸平野における地下地質は、深度90mにおよぶ砂礫層と泥層などから構成されている。とくに高知市萩町・新田町および若松町などにかけての浅層部は、深度30mまで泥質の軟弱な地層が広く分布しており、有機物や火山灰層および浅海棲の貝殻などを多く含んでいる。また浦戸湾沿岸から国分川河口付近にかけては、地表面下深度30~40mと、50~70mの間に厚さ数mにわたる2枚の砂礫層が分布している(第2図参照)。これらは中央平野部でかなり連続性に富んでいるが、山地周縁部では、粘土を含む砂礫層に変化している。浦戸湾沿岸における、これら2枚の砂礫層はかなり透水性が高く、当地区における有力な帯水層になっている。なお地表面下25~30mまでの軟弱層は沖積層に属しているが、これより以深の地層は、洪積層に相当するものと考えられる。

帯屋町から播磨屋町にかけての高知市中心街では、主として深度30m前後における鏡川系被圧地下水を揚水し

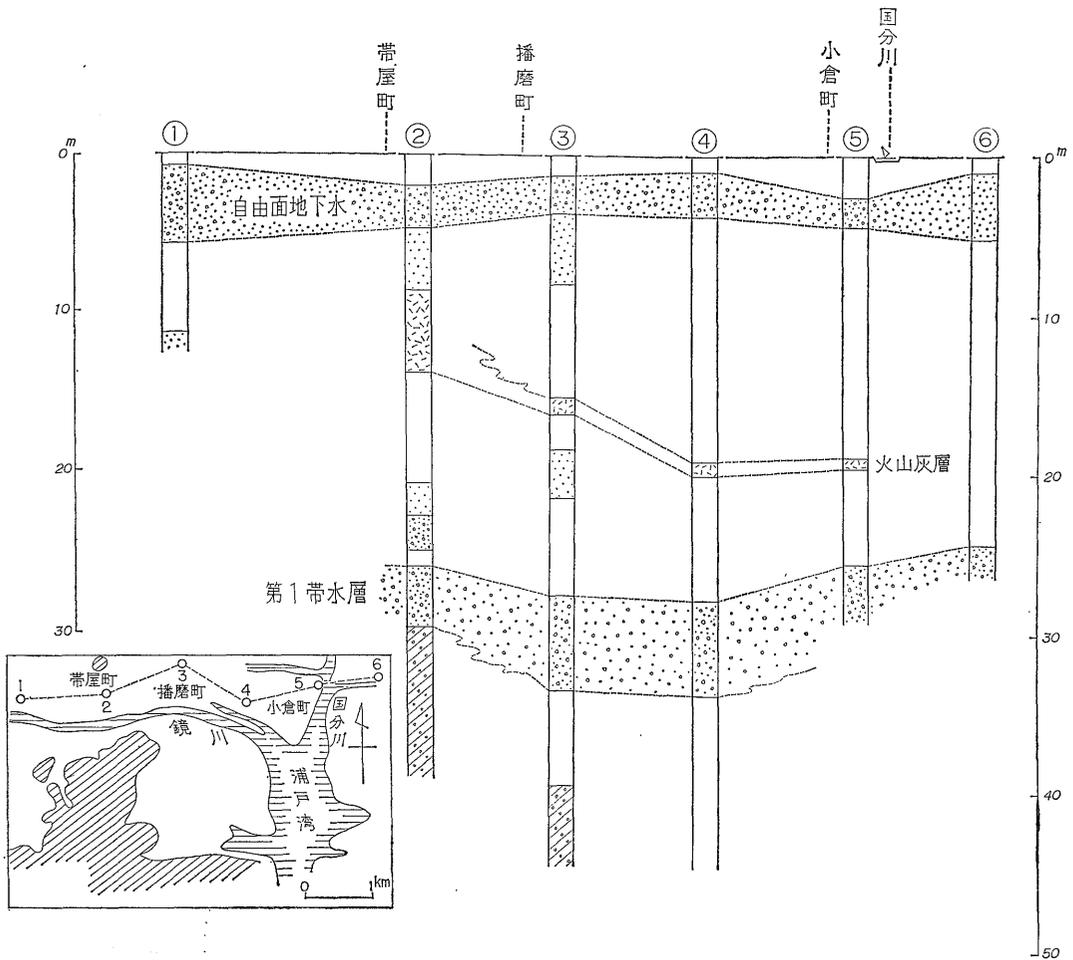
ており、深度50~70mにおける下部層の地下水は、まだほとんど利用されていない。浦戸湾沿岸の南海化学工業K. K.の工場付近では、深度60m程度で基盤岩が確認されている。また浦戸湾中央部の埋立造成地付近においては、深度90mまで砂礫層が続いており、基盤らしきものにはまだ到達していない。

鏡川は米田部落で山間部を脱し、朝倉付近で平野部に抜けているが、高知市浄水場の資料によると、大橋通りの鏡川左岸側では深度24m程度で不透水性基盤岩に達している。この付近には地表面下深度5~7.5mまで透水性のよい砂礫層が分布し、さらに深度15~18mまでは砂質粘土層が続き、浅海棲の貝殻を含んでいる。高知パルプ工業K. K.の工場用井戸では、深度15m前後で不透水性基盤岩が確認されている。一方鏡川右岸側流域では、地表面下10数mから20m付近まで軟弱な地層となっており、これより以深には主として砂および礫が分布し、かなり粘土を混えている傾向にある。なお鏡川右岸における基底深度は一般に30~40m程度であるが、ところどころに小さな丘があり、基盤岩の一部が地上に露出しているため、基底深度はかなり不規則となっている。

物部川右岸平野における地下地質は、大部分が物部川の旧扇状地堆積物によって構成されていて、かなり玉石



第2図 模式地質地下断面図(1)



第3図 模式地質地下断面図(2)

を含む厚い砂礫層が分布している。当地区では被圧地下水が、ほとんど開発されておらず、まだ手がかりになるような深い資料がないため、地層状況はあまり明らかでない。しかし南国市田井付近で掘さくした資料によると、深度47mまで砂礫層が厚く続いている。鏗野川下流域などこの付近一帯では、かなり地下水面が高いため、わりに浅い深井戸でも、相当量の被圧地下水が期待できるものと思われる。

5. 水利用現況

調査地域内全般にわたる地下水取得状況は第1表に示すとおりであるが、工場などにおける被圧地下水取得量は 13,180 m³/day、また自由面地下水取得量は 29,200 m³/day 程度である。このほか国分川河口の低湿地平野部においては深度20~30m程度の農業用井戸が、かなり

利用されている。

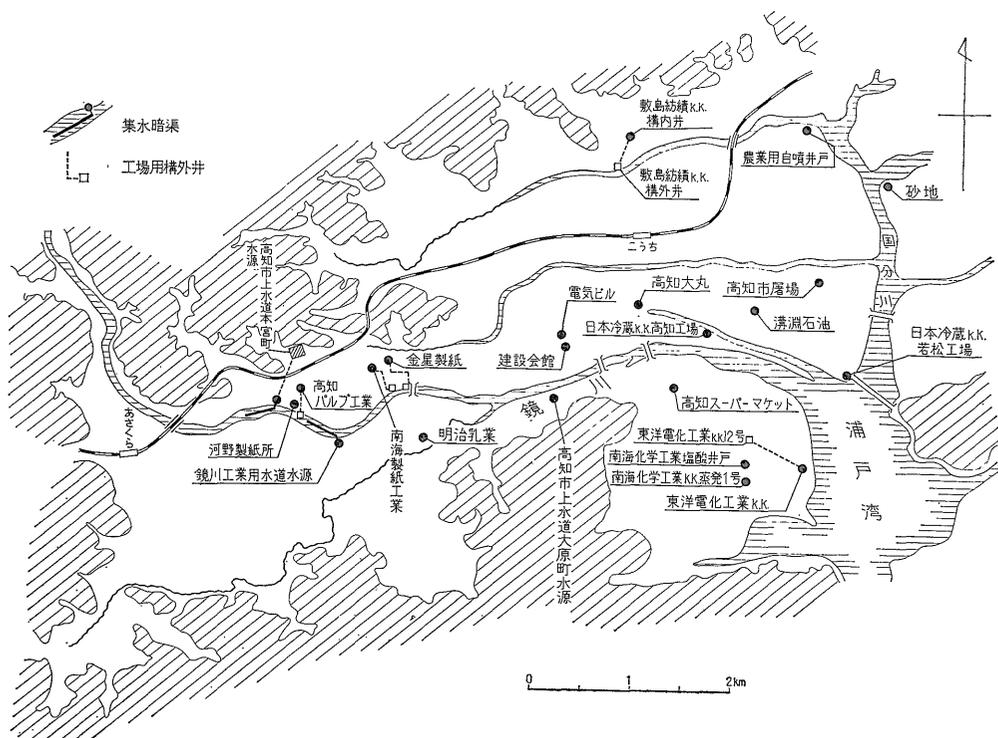
高知市の上水道は鏡川の伏流水（本宮町水源地）を約 90,000 m³/day 取水している。さらに鏡川下流の競輪場際の大原町水源井は、3,600 m³/day の被圧地下水を揚水している。鏡川県営工業用水道は、集水暗渠により 16,000 m³/day 内外の伏流水を取水して、浦戸湾西岸の工業地帯に供給を行なっている。

高知パルプ工業K. K. および南海製紙K. K. など鏡川左岸流域における製紙工場は、主として構外の鏡川河床~河畔で伏流水を取水して、工場までそれぞれ送水を行なっている。このほか工場内では深度4~15m程度の浅井戸を使用して、それぞれ地下水を揚水している。これら鏡川沿岸における製紙工場の地下水揚水量は、およそ 30,000 m³/day 前後に達している。なお鏡川の表流水が減少する12月から3月の渇水期には、地下水位が低下

高知平野の地下水（高橋 稠・永井 茂）

第1表 調査地域内における用水取得量の現況

No.	工場および施設名	自由面地下水 (m ³ /day)	伏流水 (m ³ /day)	被圧地下水 (m ³ /day)	工業用水道 (m ³ /day)	浅井戸本数	深井戸本数	
1	高知パルプ工業K.K.	12,200	—	—	—	4	—	
2	河野製紙K.K.	6,000	—	—	—	9	—	
3	南海製紙K.K.	4,000	—	—	—	3	—	
4	金星製紙K.K.	7,000	—	—	—	3	—	
5	明治乳業K.K.	—	—	1,700	—	—	2	
6	敷島紡績K.K.	—	—	5,000	—	—	7~8	
7	日本冷蔵K.K.高知工場	—	—	2,880	—	—	2	
8	東洋電化工業K.K.	—	—	—	6,650	—	—	
9	南海化学工業K.K.	—	—	—	3,484	—	—	
10	K.K.神戸製鋼所	—	—	—	3,120	—	—	
11	日本セメントK.K.	—	—	—	1,841	—	—	
12	土佐電気製鋼所	—	—	—	300	—	—	
13	宇治電化工業K.K.	—	—	—	354	—	—	
14	四国ナマコンK.K.	—	—	—	336	—	—	
15	高知市上水道本宮町水源	—	90,000	—	—	—	—	
16	〃 〃 大原町水源	—	—	3,600	—	—	1	
合 計		29,200	90,000	13,180	16,085	19	13	
総 計						148,465	32	



第4図 高知市における調査対象位置図

し、かなり用水の不足をきたしている。

東洋電化工業K. K. および南海化学工業K. K. など浦戸湾臨海部における工場は、いままで深井戸による被圧地下水を使用していたが、昭和41年10月に鏡川工業用水道が完成したので、地下水を全部これに転換している。なお工場用深井戸はかなり塩水化しているため、今後すべて廃井にされる予定である。

敷島紡績K. K. は工場敷地内で、地下水があまり得られないため、主として構外の久万川河畔に掘さくした、数本の深井戸により地下水を使用している。夏期における地下水揚水量は合計5,000m³/day程度であるが、湯水期の12~3月ころには、地下水中に塩水の混入がみとめられる。

高知市の帯屋町から播磨屋町にかけては、深度30m前後の深井戸により地下水が揚水されている。これらは主として夏期におけるビルの冷房用として利用されているもので、高知大丸および建設会館など、これら深井戸総数はおよそ20本あまりに達している。

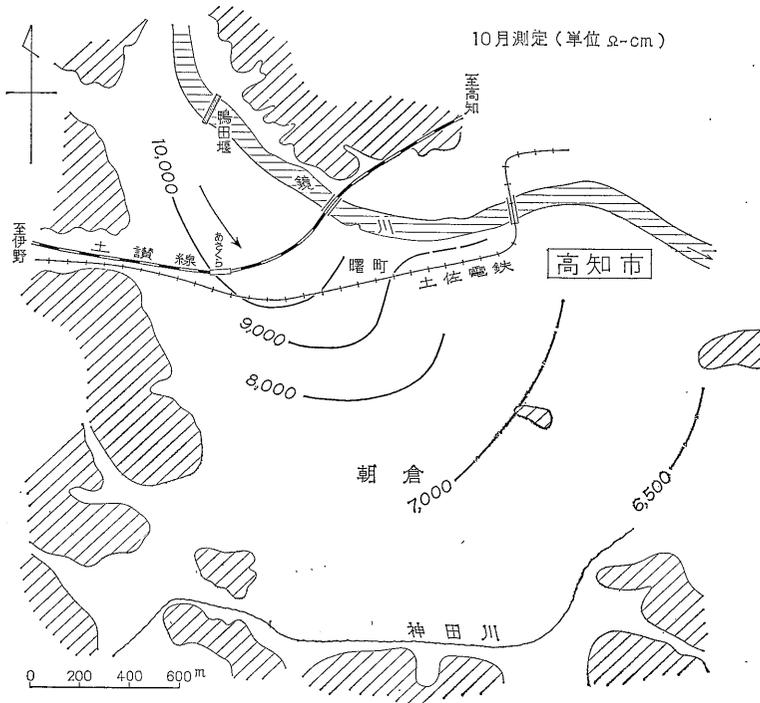
6. 地下水

6.1 鏡川流域

鏡川橋から紅葉橋の鏡川左岸流域における地下水は一

般に10,000Ω-cm前後の鏡川表流水に近い水比抵抗を示しており、鏡川からの地下水浸透がみとめられる。この下流側にあたる南海製紙K. K. および金星製紙K. K. 付近の地下水は、一般に4,500~5,000Ω-cmを示しており、地下水水比抵抗は次第に低い値に漸移している。この付近では地上からの汚染を受けやすいので、工場などからの廃水も直接原因して、水質の条件が著しく悪くなっている傾向にある。

一方鏡川右岸流域における地下水は、朝倉付近で活発に伏設・浸透している。この一帯にかけては、かなり豊かな自由面地下水が分布している。流量調査の資料によると、表流水からの地下水供給量は、およそ110,000m³/dayに達している。また地下水水比抵抗測定結果によると、鴨田用水路などを通じて、相当量の地下水供給の行なわれていることがみとめられる。鏡川表流水は鴨田堰で農業用に分水されているが、この沿線における自由面地下水の水比抵抗は10,000Ω-cm前後となっており、とくに土讃線より北側付近では高い値を示している。これらは曙町など土佐電鉄沿線付近で平均10,000→9,000Ω-cm、下流の鴨部町・東横町・若草町付近にかけては、8,000→7,000Ω-cmになっており、次第に低い値に移行し、神田川方向の低地帯にむかって流動する傾向



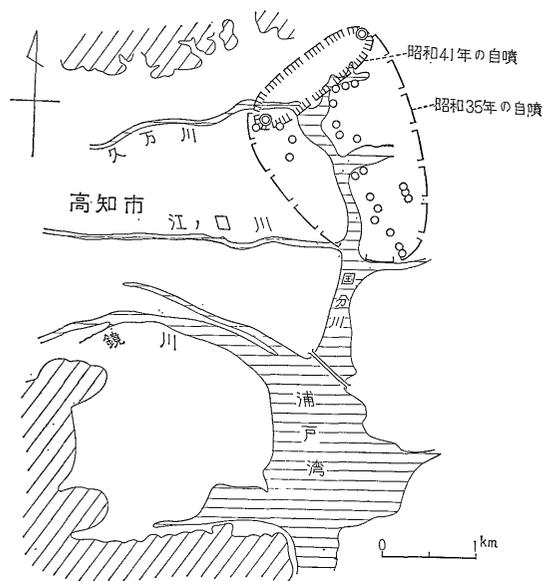
第5図 鏡川右岸朝倉地区における自由面地下水の水比抵抗等値線
10月測定 (単位 Ω-cm)

にある。なお地下水の一部は用水路を通じて、かなり神田川に流出している。また浸透した地下水は次第に深度を増しながら方向を東に変え、被圧地下水に転化しているものと考えられる。高知市の帯屋町および播磨屋町などにおける鏡川系被圧地下水は、深度 25~33 m で、4,500~5,500Ω-cm の水比抵抗を示している。その末端はさらに深度を増しながら、国分川河口の停滞部に達している。

6.2 国分川流域

古市および西島など国分川沿岸における自由面地下水は、7,000~9,000Ω-cm のかなり高い水比抵抗を示している。しかし鏡川右岸のような、とくに著しい地下水の透水帯は、ほとんどみとめられない。中島付近における自由面地下水は一般に 6,000Ω-cm 前後を示しており、水比抵抗は下流側に向かって次第に減少をみせている。当地区における自由面地下水は国分川表流水から供給を受ける、多数の用水路によって涵養されているが、これらはまた国分川下流域平野に分布する、被圧地下水の有力な供給源の一部となっている。

国分川・大谷川・久万川などが合流する低湿平野には、かつて多数の自噴井が分布していたが、最近では自噴帯の規模が第6図に示されるように縮小し、ほとんど自噴が停止している。これら地下水水比抵抗は深度15~24m程度で2,000~4,000Ω-cmを示している。次第に湧出量が減少した結果、最近ではさらに深部における地下水が開発されるようになったが、いずれも自噴が停止したため揚水ポンプが必要になっている。しかし国分川河

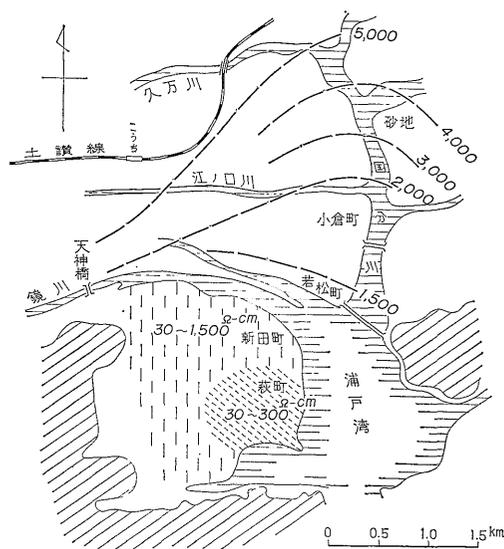


第6図 高知平野における自噴井の分布

口付近における地下水は、自噴しなくなったとはいえ、まだかなり高い圧力面をもっている。

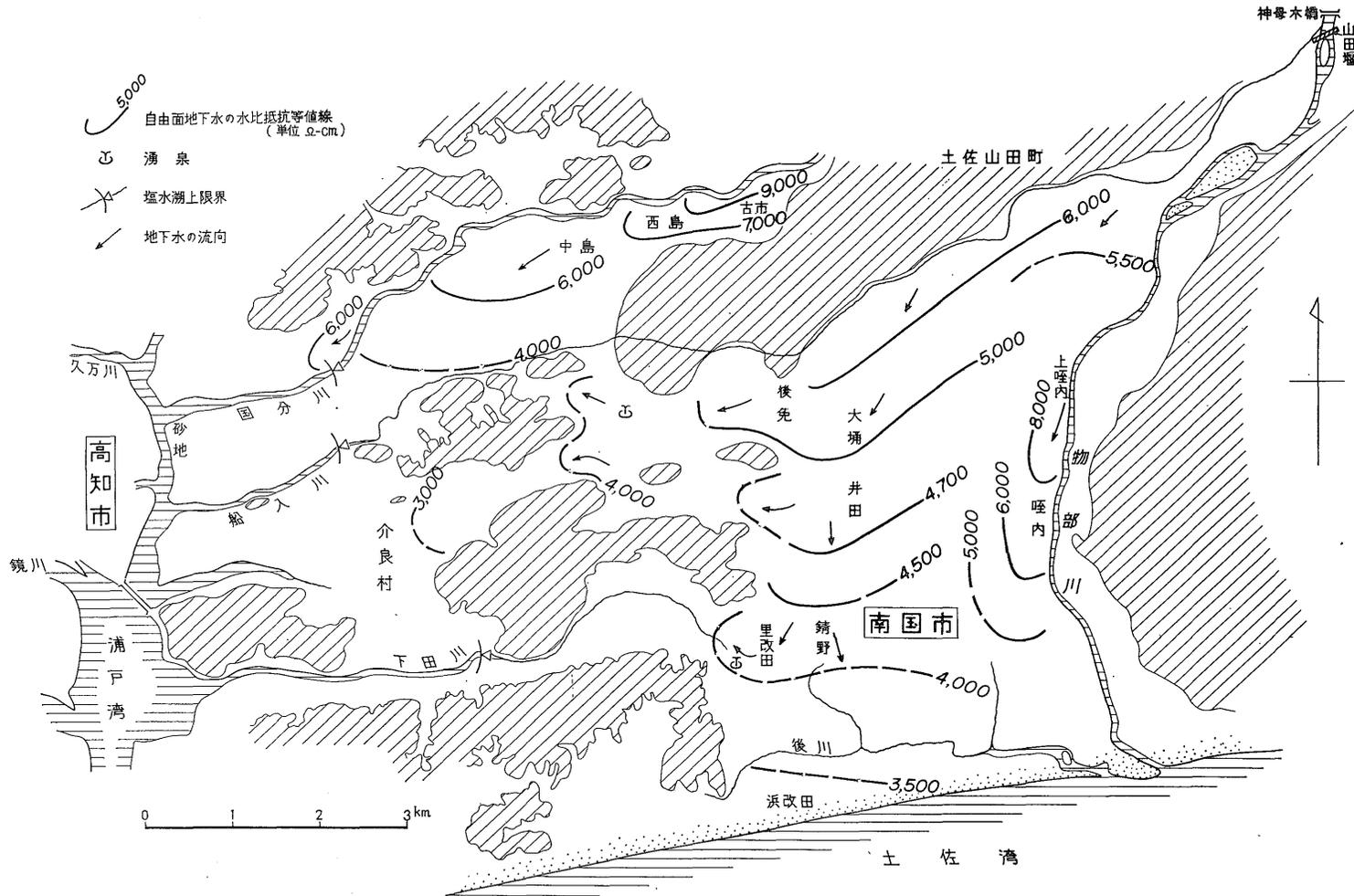
6.3 物部川流域

物部川右岸流域の上座内から日章飛行場付近にかけては、物部川表流水からの浸透供給がみとめられる。この沿岸付近における地下水は、一般に 8,000~7,000Ω-cm の水比抵抗を示しており、物部川表流水に近い値となっている。この一帯はもともと物部川の旧河床であったところで、台風などの豪雨時には、たびたび堤防の決壊がくりかえされてきた。しかし最近物部川上流において洪水調整用のダムが建設されてからは、ほとんど今までのような大きな洪水がみられなくなった。



第7図 浦戸湾沿岸平野における被圧地下水水比抵抗等値線 (単位 Ω-cm)

物部川の表流水は神母木橋下流の山田堰で分水されている。この導水路沿いにおける中野および松本付近の地下水は 6,000Ω-cm 前後の、やや高い水比抵抗を示しており、用水路からの浸透がみとめられる。またさらに多数の小河川や用水路にわかれて流下し、平野部の広範囲にわたって地下水を涵養しているものとみられる。これらの地下水の水比抵抗は金地・包末および下野田付近にかけて、5,200~5,400Ω-cm を示し、さらに下流の大桶付近の地下水は 5,000Ω-cm 前後となっている。また鑛野付近では 4,500Ω-cm 前後を示し、下流に向かって次第に値が小さくなり、地下水は低地帯に向かって流下している傾向にある。里改田付近ではその一部が鑛川に流出しており、後川に合流して土佐湾に排水されている。また西側に湧出した地下水は下田川に流入して浦戸湾に



第 8 図 国分川および物部川流域における自由面地下水の水比抵抗等値線

注いでいる。なおこれら自由面地下水は、下流側平野域において次第に被圧地下水に転化するものと考えられる。

7. 地下水の揚水規模

高知パルプ工業K. K. 付近の鏡川左岸流域における地下水は、深度4~8m程度で1井あたり700~1,000 m³/dayの揚水量が得られている。さらに左岸側下流域では、1井あたりの揚水量が400~500m³/day程度に減少している。

帯屋町および播磨屋町など高知市の中心街にかけては、主として深度30m前後の被圧地下水を揚水している。小口径深井戸の地下水は、水位降下2m前後で1井あたり400~500m³/dayの揚水量が可能である。また口

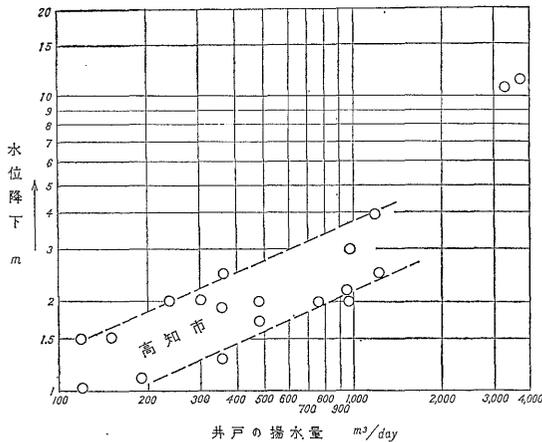
径350m/m程度の深井戸では水位降下11.3mで、1井あたり3,500m³/day内外の実績が得られている。

久万川河畔における敷島紡績K. K.の工場用井戸では、深度30m程度で1井あたり700~800m³/dayの揚水量が得られている。しかし久万川左岸側では、流路から遠くなるにしたがって、水位降下の割合が次第に大きくなり、地下水の量的期待が困難になっている。

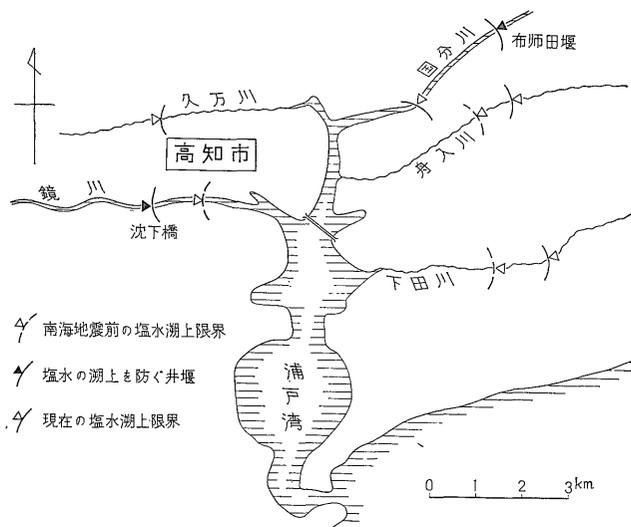
東洋電化工業K. K. および南海化学工業K. K. など浦戸湾岸付近では、揚水水位7m内外で1井あたり700~1,000m³/day程度の揚水量が可能である。しかし地下水は、かなり塩水化している。

8. 河川の塩水湖上

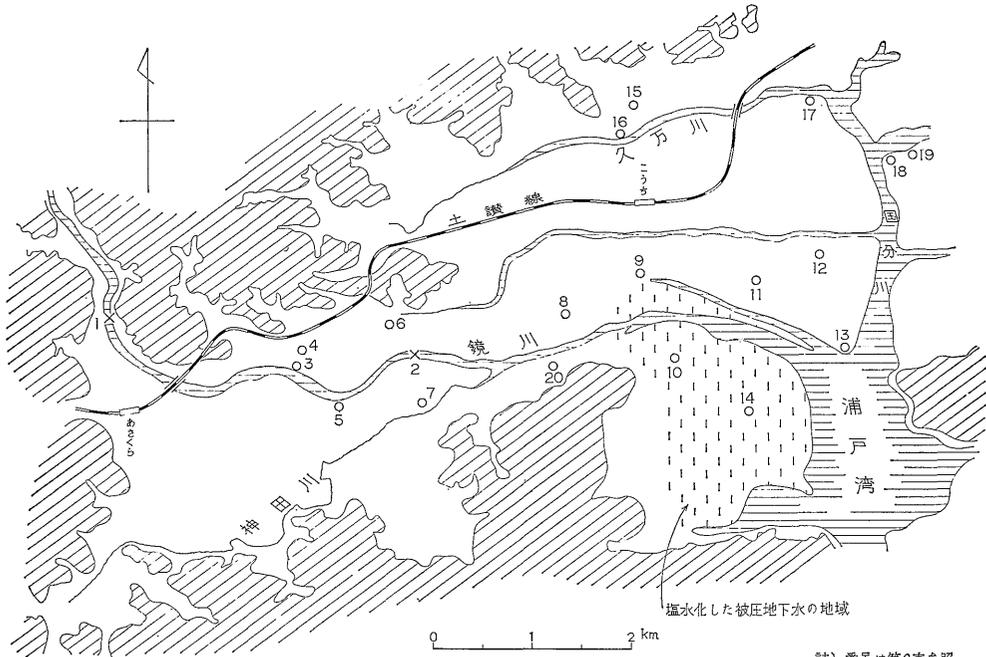
高知市萩町・新田町および若松町など浦戸湾沿岸地域においては、地下水の塩水化が進んでいる。とくに鏡川河口付近にかけての被圧地下水は、かなり塩辛くなっている。第10図は高知平野における各河川の塩水湖上を示したものである。南海道沖地震以前と比較してみると、最近ではかなり上流側まで入り込んでいる。このうち鏡川や国分川では、灌漑井堰で塩水の湖上を防いでいるが、満潮時には水田が海水面よりも低くなり、辛うじて防潮堤で守られている状態にあり、しかも水はげがかなり悪くなっている。鏡川における満潮時の感潮限界は沈下橋の井堰までであるが、国分川では土讃線鉄橋付近となっている。これらは灌漑期の取水量によっても大きく変化するが、井堰のない久万川や舟入川では、冬の渇水期(12~3月)に、かなり上流まで濃度の高い塩水がさかのぼっている。このうち久万川は比較的緩勾配の河



第9図 高知市における井戸の揚水量と水位降下との関係



第10図 高知市付近における河川の塩水湖上限界



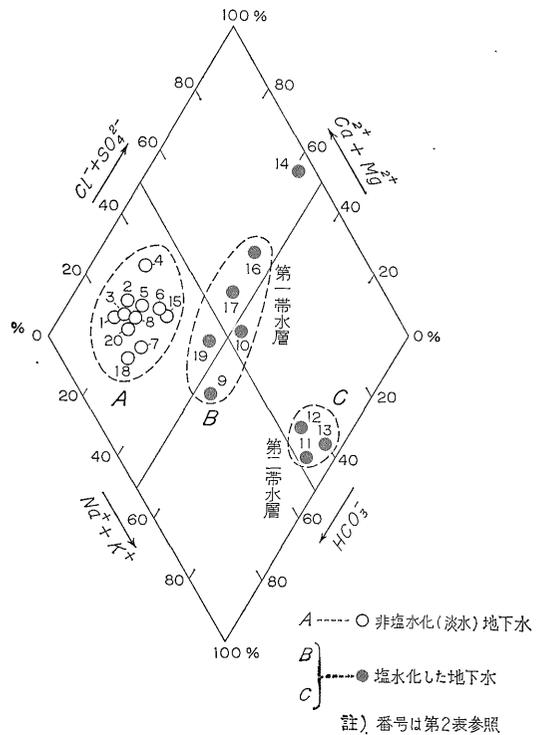
註) 番号は第2表参照

第11図 高知平野における水質分析試料採取地点位置図

川であるため、塩水の湖上境界は浦戸湾国分川河口から、およそ 2km におよぶ上流まで深く入り込んでいる。このため久万川河畔における敷島紡績 K. K. の水源井には塩水の混入がみとめられ、深井戸の水質を悪化させている。これは湧水時における深井戸の水位低下が大きく原因するもので、とくに冬期の12月から3月にかけて Cl^- が増加する。またこれら塩水の湖上は河川の流量量によっても大きく違いますが、さらに高知平野北部の山岳地帯における降水量にも関係してくる。とくに神田川は朝倉用水および鳴田用水などの水を集め、鏡川に合流する排水河川であるが、湧水時には鏡川本流よりも水量が多くなるので、鏡川における塩水湖上防止に重要な役割をはたしている。

9. 高知平野の水質

当地域は高知市内を除くと、被圧地下水を利用している深井戸が少ないため、おもに高知市を中心とした水質について述べる。試料は表流水2点、伏流水1点および地下水17点の計20点で、水質分析は地質調査所化学課分析法「工業用水分析法」にもとづいて行なった。試料採取地点を第11図に、分析結果を第2表に示す。また水質の解析にあたり、分析結果より Key diagram と Hexadigram (六成分水質図) を作成し、それぞれ第12図と第13図に示した。



註) 番号は第2表参照

第12図 高知平野における水質を示す Key diagram

第2表 高知平野における地下水の水質分析

No.	採水地点	井戸深度 (m)	pH	HCO ₃ ⁻ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Na ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	total Fe ion (ppm)	イオン状 SiO ₂ (ppm)	全固形分 計算値 (ppm)
1	鏡川(上流)	表流	7.4	38.2	3.5	3.2	12.1	2.2	3.2	0.5	0.02	9.4	72.5
2	鏡川新月橋	//	7.2	47.1	5.0	6.6	15.3	2.4	4.4	0.5	0.02	10.2	91.5
3	河野製紙 K. K.	30	—	42.7	3.5	5.8	10.9	2.1	3.2	0.6	0.01	9.2	78.0
4	高知パルプ K. K. 2号井	15	7.0	38.7	3.5	13.4	14.1	1.7	3.7	0.5	0.01	10.4	86.0
5	鏡川工業用水道水源	伏流	6.8	48.3	7.1	6.7	15.5	3.1	6.2	0.7	0.01	10.5	98.1
6	金星製紙 K. K.	18	6.6	69.8	11.3	14.3	18.9	3.8	9.0	3.1	0.05	13.5	143.8
7	明治乳業 K. K.	25	6.8	80.0	7.8	8.7	16.1	4.8	10.0	1.6	0.27	15.5	144.8
8	建設会館	30	7.3	70.8	9.9	7.5	18.3	3.5	6.7	0.9	0.03	13.5	131.1
9	高知大丸デパート	30	7.3	76.8	17.7	8.3	12.6	3.9	25.6	1.2	0.02	14.8	160.9
10	高知スーパー潮江店	30	7.0	178.6	94.0	34.2	44.8	12.0	73.0	8.5	4.00	19.0	418.1
11	溝淵石油知寄町給油所	60	7.8	158.6	85.1	20.8	4.9	1.7	105.6	3.2	0.08	19.2	399.2
12	高知市屠場(昭41.11)	60	8.0	148.7	88.6	20.5	10.3	2.4	98.2	2.9	0.06	22.3	394.0
13	日本冷蔵 K. K. 若松工場	36	7.8	191.8	113.5	31.8	3.0	1.6	141.0	3.4	0.04	17.1	503.2
14	東洋電化 K. K. 12号井	60	7.6	71.2	709.2	36.9	136.0	70.1	202.4	9.6	0.15	20.6	1892.8
15	敷島紡績 K. K. 1号井	30	6.7	57.0	9.2	12.5	12.4	6.8	9.9	1.7	0.02	16.4	125.9
16	// 集合井	30	6.6	80.5	86.5	28.6	20.9	15.7	40.0	2.2	—	16.2	290.6
17	農業用井戸(自噴)	—	6.7	43.9	18.4	21.9	10.0	4.9	13.8	4.3	多い	10.9	128.1
18	砂地(沢本徳幾宅)	24	7.2	131.3	11.3	9.0	18.9	12.2	13.9	4.1	1.74	28.3	230.7
19	砂地(沢本正夫宅)	24	7.0	139.7	51.1	17.0	19.4	14.8	37.0	7.1	1.09	23.5	310.7
20	高知市上水道大原町水源	36	7.2	96.4	11.3	7.7	20.5	7.1	8.5	1.5	0.04	14.0	167.0
21	高知市屠場(昭42.10)	60	7.9	158.0	76.6	20.2	5.7	2.1	99.2	3.6	0.12	20.2	395.7

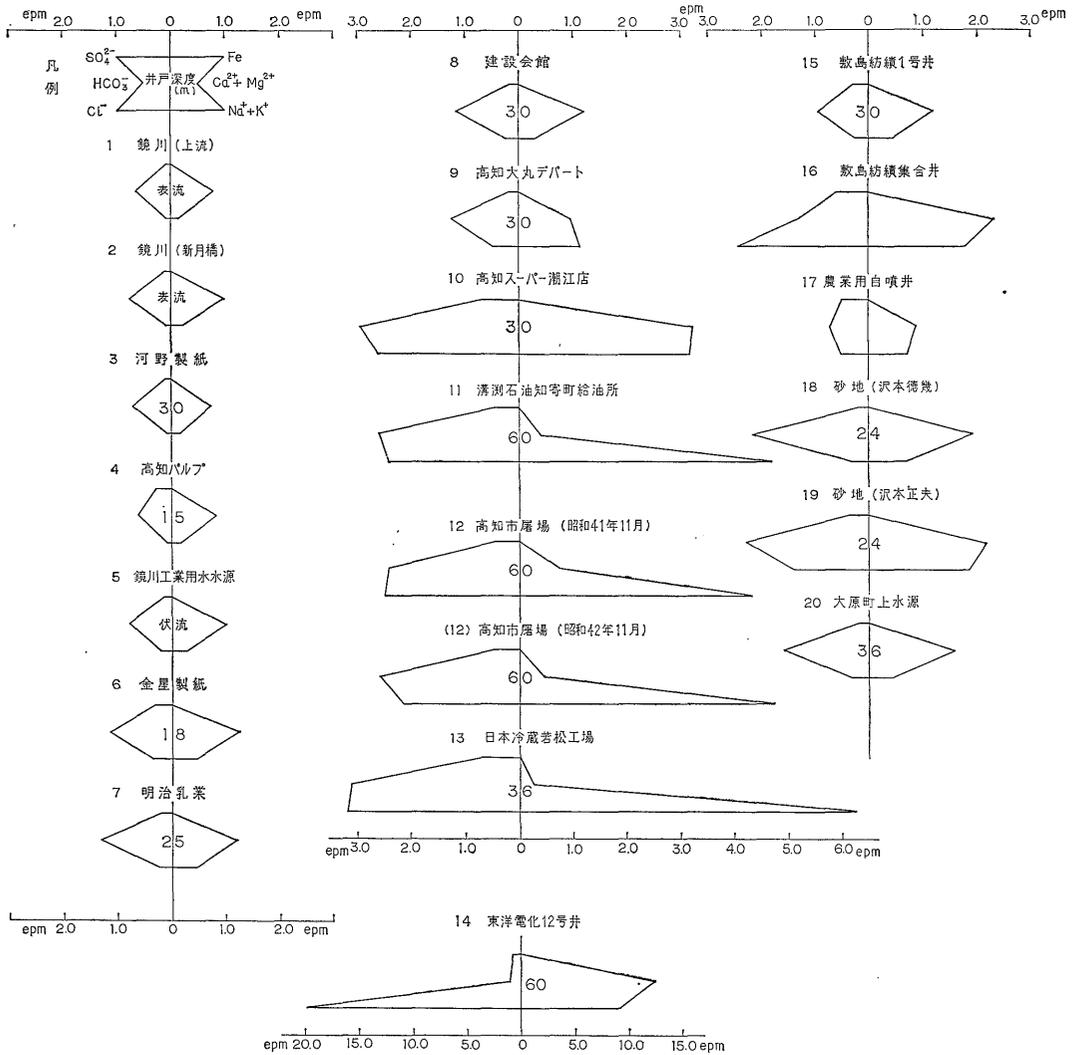
9.1 一般的水質

当地域は鏡川、国分川、久万川などの河川によって形成された沖積平野であり、これらの河川が地下水の水質に大きな影響を与えている。これら各河川の流域の地質をみると、大部分が砂岩および泥岩質堆積岩を主とした古生層に属する堆積岩から成っており、上流域には石灰岩、輝緑凝灰岩、蛇紋岩が挟在している。このような地質条件下における代表的な水質として No. 1 の鏡川表流水があげられる。これは典型的な Ca(HCO₃)₂ 型の水質組成であり、Cl⁻ 約 3 ppm、SiO₂ 約 9 ppm と低く、SiO₂ を含めた全固形分（計算値）は約 70 ppm と非常に少ない良質な水質である。当地域の地下水は、この鏡川の水質を基準として、地中を流動する過程で各種成分の溶解および塩水などによる汚染によって変化したものと考えられる。浦戸湾周辺地域では塩水化による水質汚染ははっきり認められるが、一般に供給源からの距離および時間に比例して溶存成分は増加している。一例として鏡川流域の地下水をあげると、この一帯の地下水は鏡川より供給されると考えられるが、上流側の No. 3~No. 5 は Cl⁻ 3.5~7.0 ppm、SiO₂ 10 ppm 以下、全固形分 100 ppm

以下であるのに対し、下流側の No. 6~No. 8 および No. 20 は、Cl⁻ 8~10 ppm、SiO₂ 13~15 ppm、全固形分 130~145 ppm と溶存成分は全体的に増加している。これは国分川下流の No. 18 にもみられ、全固形分は 230 ppm となっている。利用面における水質の良否を決める最大の要素である鉄イオン量は、鏡川右岸地域および国分川左岸の砂地地区で高い値を示している。たとえば前者は 1.5~4.0 ppm、後者は 1.0~1.7 ppm であり、またその他の地域ではほとんど 0.1 ppm 以下で非常に少ない。

9.2 地下水の塩水化

地下水は塩水化をうけると Cl⁻ が増加し、水質組成は NaCl 型に移行する。当地域の地下水は一般に Cl⁻ は 15 ppm 以下、水質組成は Ca(HCO₃)₂ 型であるが、浦戸湾周辺地区では Cl⁻ が最高 15,000 ppm を示し、水質組成も NaCl 型に近付き地下水の塩水化が認められる。塩水化のもっとも進んでいる地域は、浦戸湾に面した鏡川右岸地区（第14図参照）で、分析結果以外の Cl⁻ 値をあげると、南海化学 A 井 5,000 ppm、B 井 15,000 ppm、東洋電化 13号井 1,000 ppm、日本冷蔵 3,700 ppm であり、また高知市上水道の天神橋水源は Cl⁻ 260 ppm に達して廃井



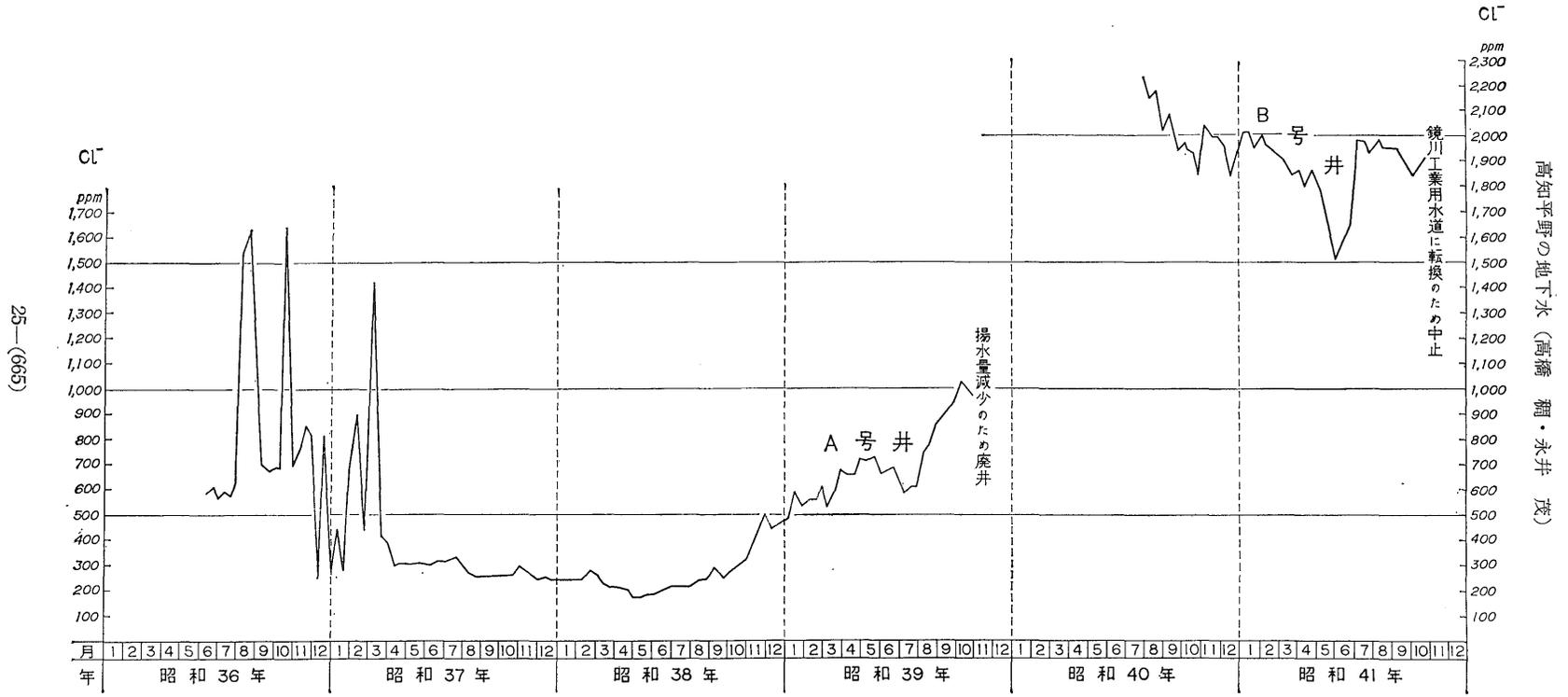
第13図 組成と量的組成を示す Hexadiagram

となっている。この他では久万川沿岸の No. 16 は Cl^- 86 ppm で比較的少ない。しかし第15図はこの井戸の Cl^- 長期観測データである。図から分るように Cl^- は降雨量に逆比例し、豊水期には低下するが、渇水期には増加して最高 1,200ppm を記録している。これは渇水期には久万川より海水が侵入するために Cl^- が増加するものと考えられる。このデータから、当地域の地下水の塩水化の度合いは降雨量に逆比例することが分る。このデータによると本研究の調査期10~11月は丁度豊水期直後の Cl^- の低い時期にあたるため、分析結果では Cl^- は低いが、 Cl^- 50ppm 以上の地域も渇水期には Cl^- がかなり多くなるものと考えられる。第12図の Key diagram をみると、

図上で3つのグループに分類される。Aグループの非塩水化(淡水)地下水を除くと、塩水化の度合いには相当な差があるが、Bグループ、Cグループは塩水化地下水と考えることが出来る。

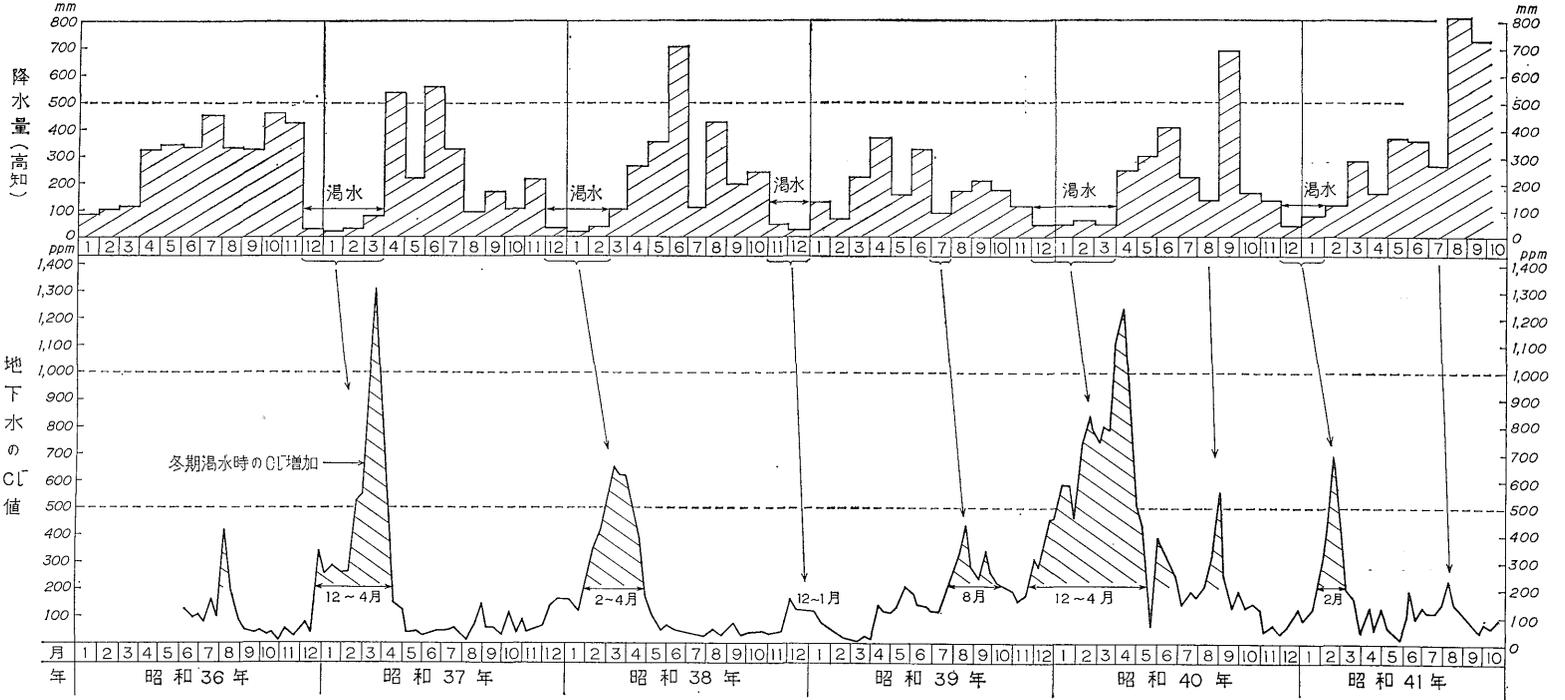
9.3 塩水化地下水の水質

当地域の塩水化地下水は水質組成によって前述のように2グループに分けられる(第12図)。すなわち No. 10, 16, 19 にみられる $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 型 + NaCl 型の地下水と、No. 11, 12, 13 にみられる NaHCO_3 型 + NaCl 型の地下水である。ふつう地下水が塩水化を受けると帯水層中の粘土類と置換反応を起こし、 Na^+ が減少し Ca^{2+} が増加する傾向があり、前者はこの傾向がみられ、塩水



第14図 浦戸湾沿岸における地下水 Cl⁻ の経年変化

26—(666)

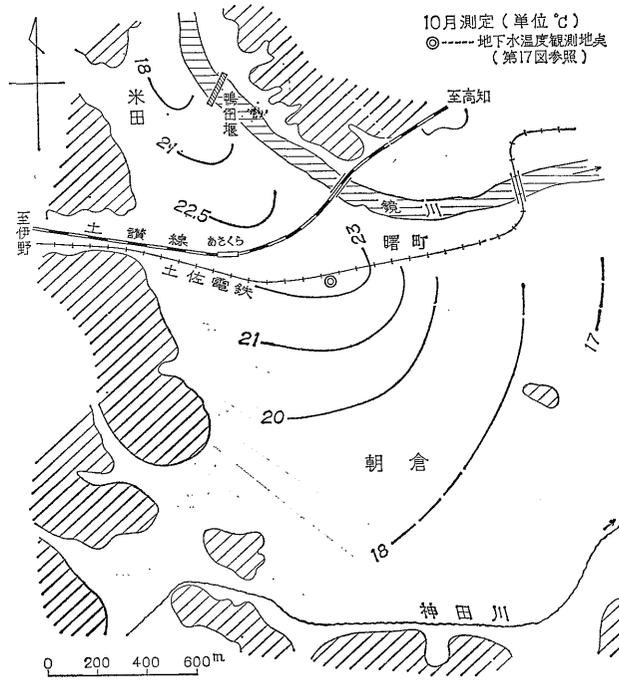


第15図 久万川河畔における地下水の Cl⁻ 増加と降水量の関係

化のもっとも進んでいる No. 14 は最も顕著である。一方後者はこの傾向が全く認められず、逆に Ca^{2+} 、 Mg^{2+} は当地域のふつうの地下水と比較しても減少している。このように同じ塩水化地下水でありながら、水質組成の面でまったく違っている点について検討を加えてみた。まず両者の帯水層をみると、当地域の地下水は深度30m前後の第1帯水層と、60m前後の第2帯水層を採取しており、前者は第1帯水層、後者は第2帯水層の地下水で

活発に養われていることを示している。しかし鏡川流路から遠くなる地域では、漸次水温が低下している。横町および若草町など神田川寄りの地下水は、一般に18~19°Cである。また新月橋際など鏡川沿岸における地下水温度は、11月の測定で一般に19.3~20.3°C程度である。

国分川流域平野における自由面地下水は、一般に18~19°C程度であるが、国分川河畔では部分的に20°C台を示す地下水がみとめられる。

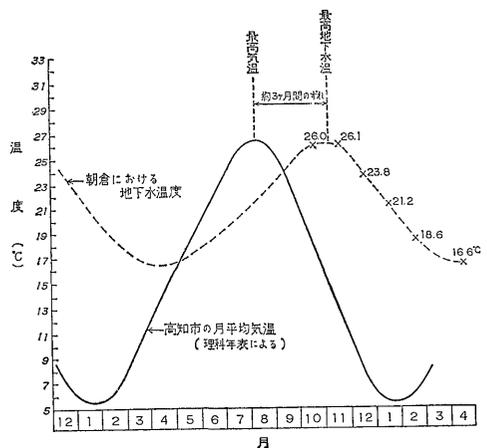


第16図 鏡川右岸朝倉地区における自由面地下水温度等値線

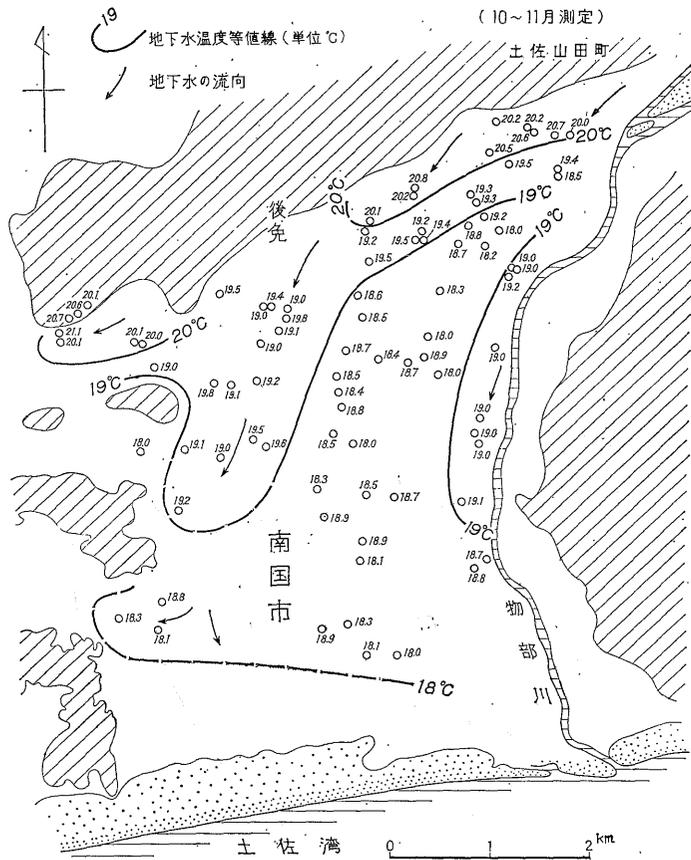
ある。ふつう帯水層の深度が深く、停帯的環境の地下水、あるいは第三紀層地下水には pH が 8 前後と高く、 $NaHCO_3$ 型の水質組成の地下水が多いことから、後者の地下水はこの種のタイプの地下水であり、これが塩水化をうけて Cl^- が増加したものか、あるいは、もともと Cl^- の高い $NaHCO_3$ 型の地下水であるのかのどちらかによるものと考えられる。この点については No. 12 の井戸において Cl^- の長期観測がなされる予定であり、近い将来解決されるはずである。

10. 地下水の水温

鏡川右岸の朝倉付近における自由面地下水は、かなり高い水温を示している。とくに曙町など土佐電鉄沿線における地下水は、11月の測定で最高 22.5~23°C になっている。これら地下水は鏡川の表流水によって、かなり



第17図 高知市朝倉における自由面地下水温度と平均気温との月変化 (観測地点は第16図参照)



第18図 物部川右岸平野における自由面地下水温度等値線 (10~11月測定)

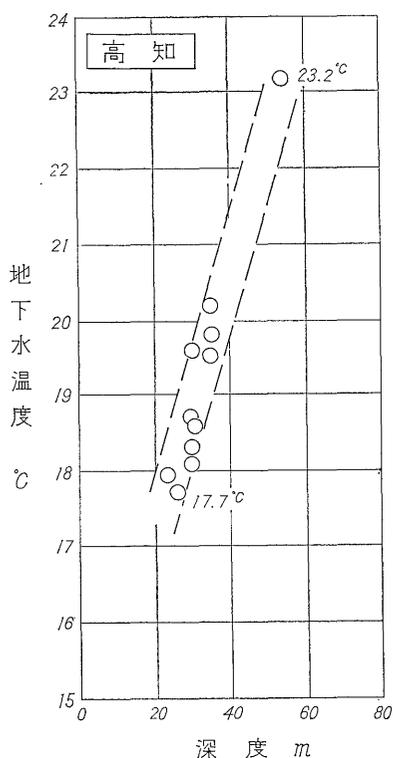
南国市など物部川右岸扇状地平野における自由面地下水は、10~11月の測定で一般に 18.0~20.5°C の水温を示している。このうち舟入川左岸流域の岩次から金地付近にかけては、20°C 前後のやや高い水温を、また物部川河畔の地下水は平均 19°C 台の水温、さらに平野部下流の低地帯では 18°C 台である。帯屋町および播磨屋町など高知市中央部で、主としてビルなどの冷房用として利用されている、深度30m前後の鏡川系水温は、一般に 18~20.2°C となっている。

浦戸湾臨海部における被圧地下水は、深度30~60m程度で 19.5~20.7°C を示している。とくに浦戸湾沿岸部の工場用深井戸では、深度の割合に、あまり水温の上昇がみとめられない。これはおそらく地下水中の塩水混入が大きく原因しているものと考えられる。また国分川河口沿岸低地帯における被圧地下水は、深度15~30mで一般に 18°C 台となっており、さらに深度60m前後では 23.2°C の高温を示しているものがある。

11. 調査結果による総括的所見

物部川右岸の上陸内から下流域一帯にかけては、物部川から供給を受ける地下水が分布している。これらはかなり高い水比抵抗を示しており、水質が良好である。また物部川の表流水は山田堰において農業用に分水され、多数の用水路によって導水され、物部川右岸平野の広範囲にわたって地下水を涵養している。これらの自由面地下水は下流側の低地帯に向かって流下しており末端平野部においては、かなり被圧地下水に転化しているものと考えられる。しかし物部川右岸平野においては、被圧地下水がほとんど未開発であるため、まだ手がかりになるような深井戸資料がなく、被圧地下水の賦存深度や揚水規模などまったく不明である。このため大桶から鏽野付近にかけて、深度50~80m程度の試験井を掘さくし、被圧地下水の賦存機構を確認する必要がある。

国分川の下流域には、深度20~30m付近にかなり圧力面の高い被圧地下水が賦存している。これらはおもに農



第19図 被田地下水の深度と温度の関係

業用に利用されているが、この付近では、低湿地帯の関係もあって、ほとんど工業用に利用されていない。また浦戸湾国分川河口付近においては、深度30~40mおよび50~70m付近に、開発可能な帯水層がある。これら地下水は、いずれも鏡川および国分川の表流水によって涵養されているものである。この付近一帯は昭和21年の南海道沖地震で生じた地盤沈下が原因して、河川水および地下水ともに、著しい塩水化が進んでいる。とくに浦戸湾西岸の化学工場における深井戸では、塩水混入による地下水の汚染になやまされている。鏡川河口および浦戸湾西岸付近における地下水の Cl^- は、3,000~15,000ppmにも達している。このため高知県では鏡川の伏流を水源とする県営工業用水道を建設し、地下水の保全の策を講じている。

地質調査所では高知平野浦戸湾沿岸における、地下水の Cl^- 観測を経年的に行なってきた。これは浦戸湾沿岸における、地下水の塩水汚染を監視するため、昭和36年以来つづけてきたもので、浦戸湾の地下水塩水化現象を

正確に把握することにより、今後における汚染防止を目的とするものである。地下水の Cl^- 変化と降水量との関係図によると、降水量の少ない12月から3月には、 Cl^- が増大し、降水量の多い夏期には Cl^- の減少することが明瞭に示されている。渇水期の地下水 Cl^- 値は、かなり急激に増加し、降水の多い豊水期の Cl^- は、平常値にもどっている。久万川表流における塩水は冬の渇水時に上流までかなりさかのぼっている。このため冬期渇水時に深井戸の揚水水位を、あまり低下させると、久万川から塩水の混入が生じやすくなり、次第に Cl^- 増加の危険が進行する。これら国分川および久万川河畔における深井戸では、渇水期における運転水位に充分なる注意を払わなければならない。

高知パルプ工業K. K. および南海製紙K. K. など鏡川左岸流域における製紙工場では、工場敷地内で十分な地下水量が得られないため、いずれも構外における、鏡川の伏流水源に依存して、遠く工場まで送水を行なっている。これら鏡川沿岸における製紙工場群の地下水総取得量は、およそ30,000 m^3/day 内外に達している。しかし鏡川ダムの完成により、流量の調整が行なわれているとはいえ、冬期の渇水時には、かなり地下水揚水量の減少が目立っている。これら用水源確保のため、将来の水需要を考慮すると、今後は鏡川の工業用水道に依存しなければならぬものと考えられる。しかしながら工業用水道は現在使用している地下水にくらべて、水料金が割高となる問題点がある。なお工業用水の転換にあたっては、水道水源の建設当初に生じた、水利権にからむ一切のわだかまりをすてて、今後の用水源確保のために、新しい水利用の調整が必要と思われる。

(昭和41年11月、42年10月調査)

文 献

- 蔵田延男他3名 (1959) : 高知市および須崎市工業用水源調査報告, 高知県
- 蔵田延男・小西泰次郎 (1960) : 地盤沈下と国土の塩水化, 用水と廃水, vol. 2, no. 2
- 甲藤次郎他6名 (1966) : 土地分類基本調査, 地形・表層地質・土じょう「高知」, 経済企画庁
- 高知県 (1961) : 高知県地質鉱産図説明書
- 経済企画庁総合開発局国土調査課 : 全国地下水(深井戸)資料台帳, 中国・四国編, 1964