

福井県敦賀平野における工業用地下水源

高橋 稔* 後藤 隼次**

Study on Industrial Ground-Water Resources in the
Tsuruga Plain, Fukui Prefecture

By

Shigeru TAKAHASHI & Hayaji Gotō

Abstract

The investigation of the ground-water resources was carried out in Tsuruga city along the coastal plain. The artesian water in the plain is utilized for industry, and it amounts to 107,600 cubic meters a day. Much amount of this artesian water, 60,000~70,000 cubic meters a day, is utilized by the factory of Tōyōbōseki Co., Ltd. with 20 wells. In the middle part of the plain, there is a dominant artesian-water area. The artesian water is recharged from the Shōno-kawa and the Kuro-kawa river flow. The artesian ground water is very good in quality. There was a wide artesian-flow area until around 1940. But nowadays, this artesian zone declines its upper line, and pumping level of wells is about 6~7 meters below the ground surface. On the middle reaches of the Shōno-kawa river running through the Tsuruga plain, the depths of wells range from 120 to 150 meters, and the pumping rate of a well with 10~12 inches in hole size is about 3,500~5,000 cubic meters a day. Now, wells used for industry are as much as 37 in the plain. The demand amount of ground water will increase more and more in the future. But it is afraid that the artesian heads decrease gradually.

要 旨

- 1) 福井県敦賀市を中心とする、筥ノ川および木ノ芽川流域平野における地下水源調査を実施した。
- 2) 敦賀平野における地下水は、主として工業用に利用されており、その用水総取得量は、およそ 107,600 m³/day に達している。このうち東洋紡績 K. K. 敦賀工場では、約 20 本の深井戸により、およそ 60,000~70,000 m³/day の地下水が使用されている。
- 3) 敦賀平野中央部には、筥ノ川および黒河川などから供給を受ける被圧地下水が賦存している。これらはもともと水量的に豊かな自噴帯をつくつていたのであるが、最近では地下水の圧力面低下によつて、次第に自噴帯の規模が縮少し、自噴帯はほとんど消滅している。
- 4) 筥ノ川中流域平野においては、深度70m程度で、1井あたり 1,600~3,500 m³/day の揚水量が可能である。また深度 90~120 m程度では、1井あたり 3,500~

5,000 m³/day 程度の揚水量が期待できる。

- 5) 敦賀平野中央部における揚水水位は、深度 6~7 m 程度であるが、年々地下水の揚水水位低下のため、しだいにタービンポンプによる揚水が困難になつてきている。
- 6) 深井戸の掘さく深度は、今まで主として 70 m 前後のものが利用されていたが、最近では水位低下の結果、新しく深度 150 m前後の揚水井が開発されはじめている。

1. 緒 言

敦賀市は日本海沿岸における良港の一つにかぞえられ、大正から昭和の初期にかけて、ウラヂオストックや北朝鮮との間に航路がひらけ、国際港として脚光を浴びた時代があつた。大戦後はややさびれたが、産業の発展に伴つて最近では企業の進出があり、日本原子力会社の発電所が建設されるなど、工業都市として今後の発展が期待されている。現在敦賀平野においては、東洋紡績 K. K. ならびに旧呉羽紡績 K. K. などの大規模な用水型

* 応用地質部

** 技 術 部

工場が操業しており、かなりの地下水が工業用に使用されている。

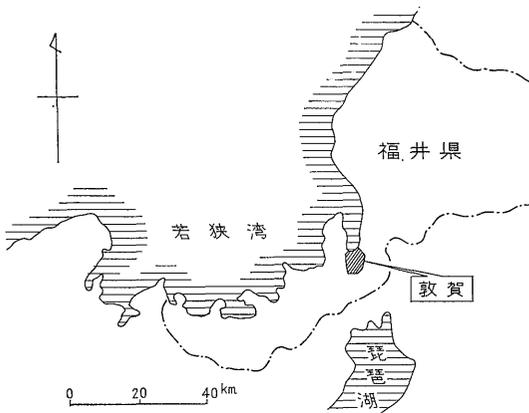
地質調査所では水資源調査の一環として敦賀平野をとりあげ、工業用水源の開発規模など地下水の実態調査を行なった。この報告はその調査結果の概要をとりまとめたものであるが、今後の基礎資料として活用され、参考になればさいわいである。

なお、この調査にあたり、いろいろと御協力いただいた敦賀市役所商工観光課ならびに調査の対象となつた工場各位に対し、厚く感謝の意を表わしておきたい。

2. 調査規模

調査期間 昭和40年11月4日～15日

調査範囲 福井県敦賀平野部一円 (第1図参照、関係地形図5万分の1敦賀)



第1図 位置図

調査対象巡検工場および水道水源	8カ所
水試料の採取および水質化学分析	14点
調査担当者	
地下水に関する総括的調査	高橋 稗
水質の化学分析	後藤 隼次

3. 地形および地質

敦賀平野は筥ノ川および黒河川などの河川堆積物によって形成された沖積平野である。このうち南部の黒河川は、土砂の流出がとくにはげしく、その出合付近では河川の運搬堆積により、扇状地を形成している。なお河川勾配がとくに急なため、台風などの降水時には、たびたび氾濫をくりかえしている。一方東方に水源を発する木ノ芽川は、山間部出合付近で小規模な扇状地を作つてお

り、その末端は筥ノ川に合流している。

敦賀平野中央部における地下地質は、深度170mに達する砂礫および粘土層からなる堆積層によつて構成されている。なお筥ノ川流域平野では花崗岩が基盤となっているが、木の芽川流域における基底岩は、古生層によつて構成されている。

敦賀平野の臨海部には、比較的軟弱な堆積層が分布している。由比の松原海岸にかけては、標高4～6m程度の砂丘が発達している。しかし海岸の東半分は港湾として整備された結果、現在海岸砂丘のなごりをとどめていない。また南部山地に水源を発する黒河川の山間部出合付近の両岸には、標高50～90m程度の、かなり開析度の進んだ段丘砂礫層が分布している。

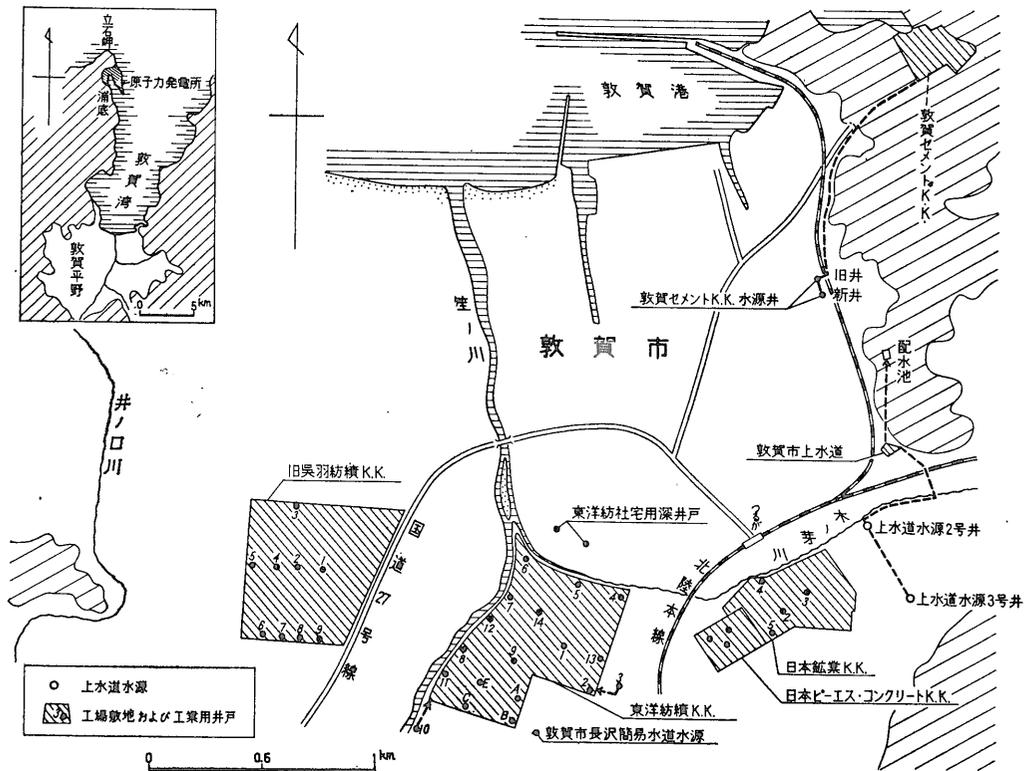
4. 地下水利用の現況

敦賀平野における地下水取得状況は第1表および第2表に示すとおりである。これら実地調査結果による地下水総取得量は、およそ98,000 m³/dayに達しており、全部で37本あまりの深井戸が利用されている。また東洋紡績K. K.においては、冬期に黒河川の表流水9,600 m³/dayを取水している。このほか国鉄機関区や一般民家の自家用井戸など、調査未了の水源を考慮に入れると、これら用水総取得量は、およそ110,000 m³/dayを上回るものと推定される。またこのほか旧呉羽紡績K. K.における深井戸4本(12,000 m³/day)と、敦賀市上水道水源の深井戸2本(計画水量5,800 m³/day)などがある。これら地下水の計画量をあわせると、敦賀平野全体における利用量は、今後およそ130,000 m³/dayあまりに達するものと予想される。

なお、今回の調査結果によると敦賀平野全般にわたる用水総取得量(単位 m³/day)はつぎのとおりである。

用水総取得量	地下水取得量	河川水	深井戸数
107,600	98,000	9,600 (冬期)	37本

東洋紡績K. K. 敦賀工場においては、合計20本あまりの深井戸が利用されている。これら地下水の揚水量は、1日あたり合計60,000～70,000 m³/dayに達している。1井あたりの深井戸における地下水の揚水量は、1,400～1,700 m³/dayのものが4～5本、3,400～3,600 m³/day程度のものが9本ある。またパイレン工場の増設にともない新設された深井戸では、水中モーターポンプにより、1井あたり4,800～5,200 m³/day程度の揚水実績を示している。昭和9年ころに掘さくした



第2図 敦賀市における地下水調査対象工場などの位置図

深井戸は、いずれも深度70m前後であつたが、最近では深度90~120m程度のもが掘さくされている。このうち戦前のはすべて自噴して、豊富な水量がえられていたが、最近では水位が低下し量的にいずれも減少傾向をたどっている。戦前にくらべてみると井戸本数は約2倍になっているが、全体の揚水量はそれほど増加していない。これは地下水の圧力面減退の結果、1井あたりの深井戸の揚水量が減少していることを示している。なお工場では水位低下を防止するため、運転水位の限界を、平均6~7m程度におさえて揚水を行なっている。旧呉羽紡績K.K.の敦賀工場の進出は、昭和37年ころであるが、調査当時深度130~170mの深井戸9本を掘さくしていた。このうち5本が稼動しており、およそ15,000m³/day程度の地下水を揚水している。今後工場設備の拡張ともなつて、地下水の使用量はさらに増加する見込である。

敦賀セメントK.K.の工場は、敷地内でまったく地下水がえられないため、遠く敦賀市街地の港湾引込線路ぎわに水源井をもうけている。深度20~30mの掘抜井戸数本と、深度100mの深井戸1本により、合計3,600~

4,000m³/dayの地下水を工場まで送水している。なお敦賀セメントK.K.における深井戸の周辺には、一般民家の掘抜井や農業用井戸が多数使用されている。これら井戸群の干渉を考へて、深井戸の収水深度を31m以深におさえて、影響を生じないよう平均100~130m³/h程度を揚水している。

日本鉱業K.K.の工場は、深度75~102m程度の深井戸3本(夏期4本)で、合計7,000~8,500m³/dayの地下水を揚水している。

敦賀半島突端の敦賀市大字浦底には、日本原子力発電会社が建設を進めている。これは東海村について第2の原子力発電所である。電気出力30万kW程度の予定で昭和43年ころまでに完成をめざしている。当地区の地盤は花崗岩からなつているため、十分な耐震力をもつており、発電所の用地として、すぐれた条件を備えている。なお発電用冷却水は海水を利用し、淡水は付近における溜池の水を使用する予定である。

敦賀市上水道水源は、深度80~100mの深井戸2本を掘さくしている。調査当時はまだ拡張工事中であり、完成時における給水量は6,300m³/day程度を予定して

地質調査所月報 (第19巻 第6号)

第1表 敦賀平野における地下水取得量の現況

(昭和40年11月現在)

工場名	被圧地下水 (m ³ /d)	河川水 (m ³ /d)	深井戸本数	備考
旧呉羽紡績K.K. 敦賀ナイロン工場	15,000	—	5	ほかに未使用井戸 4本 (合計9本)
東洋紡績K.K. 敦賀工場	60,000 ~70,000	9,600 (冬期)	20	黒河川の水利権400 m ³ /h (冬期)
日本鋳業K.K. 敦賀工場	8,500	—	3	300~350 m ³ /h (夏期は稼働井4本)
日本ビーエスコンクリートK.K.	—	—	3	
敦賀市上水道	500	—	2	計画水量 6,300 m ³ /day
敦賀セメントK.K. 敦賀工場	3,600 ~4,000	—	4	新井 1本, 旧井 3本
敦賀市金山簡易水道	250	—	2	
〃 長沢簡易水道	60~70	—	1	

第2表 敦賀市における地下水利用工場などの現況

番号	工場および施設名	井戸 番号	さく井 年度 (S-昭和)	井戸 側管 (m/m)	さく井 深度 (m)	収水深度 (上限~下限) (m)	静水 水位 (m)	揚水 水位 (m)	揚水量 (m ³)	地下水水 比抵抗 (Ω-cm)	地下水 温度 (°C)					
1	旧呉羽紡績K.K.	1	S-37	380	170	60~165	0.5	6~7	100~ 130m ³ /h							
		2	〃	160	68~154											
		3	〃	140	70~135											
		4	〃	152	67~140											
		5	〃	130	60~123											
		6~9 (未使用)		150~170										7,700	16.8	
									6,800	16.4						
										8,000	15.4					
2	東洋紡績K.K.	1	S-9	300	68	19 ~65.5	平均6		平均水量 60-70 m ³ /h (4~5本) 140-150 m ³ /h (9本) 200-220 m ³ /h (6本)							
		2	〃	350	63.5	30 ~60										
		3	〃	〃	68	24 ~67										
		4	〃	300	68	26 ~65										
		5	〃	350	68	24.5~64.8										
		6	〃	〃	68	27.5~67.5										
		7	〃	〃	70	24 ~68.5										
		8	〃	〃	68	24.5~66.5										
		9	〃	〃	70	21 ~69										
		10	〃	〃	67	39 ~65										
		11	S-37	350	91	18 ~85									11,300	14.2
		12	〃	〃	45	8.7~42.5										
		13	S-39	〃	74	18.0~71									7,350	15.6
		14	〃	〃	90										9,600	14.3
		A	S-38	〃	120										11,300	14.8
B	S-38	〃	120													
C	S-38	〃	120	54 ~105												
E	S-39	〃	120	24 ~105				15,200	13.6							
社宅	〃	〃	—	60												
〃	〃	〃	400	70												

福井県敦賀平野における工業用地下水源 (高橋 稠・後藤隼次)

番号	工場および施設名	井戸番号	さく井年 (S-昭和)	井戸側 (m/m)	さく井度 (m)	取水深度 (上限~下限) (m)	静水水位 (m)	揚水水位 (m)	揚水量 (m ³)	地下水水比抵抗 (Ω-cm)	地下水温度 (°C)	
3	日本鋳業 K. K.	1	廃井	—	—	—	—	—	—	2m ³ /min 3.5 m ³ /min	8,200	15.1
		2	S-28	425	75	—	—	10~12				
		3	S-34	〃	75	—	—	〃				
		4	S-36	〃	85	19~82	〃	〃				
		5	S-39	350	102	32~89	4.2	〃				
4	日本 P S コンクリート	1		50	20~30					7,300	14.8	
		2		50	〃							
		3		50	〃							
5	敦賀セメント K. K.	旧井 (3本)			21				50m ³ /h	5,600	14.9	
		新井	S-39	375	100	31~85	3	6	100m ³ /h			
6	敦賀市上水道水源	1	S-36	廃井	100					m ³ /d 3,500	7,250	14.0
		2	S-38	350	100	61~94	6.6					
		3	S-38	350	80	32~74	3.1	14.2				
7	敦賀市金山簡易水道	1	旧井	100	45	~45			250 m ³ /d	14,000	13.0	
		2	S-34	200	80	65~75						
8	敦賀市長沢簡易水道				56				m ³ /d 60~70	9,400		

いる。

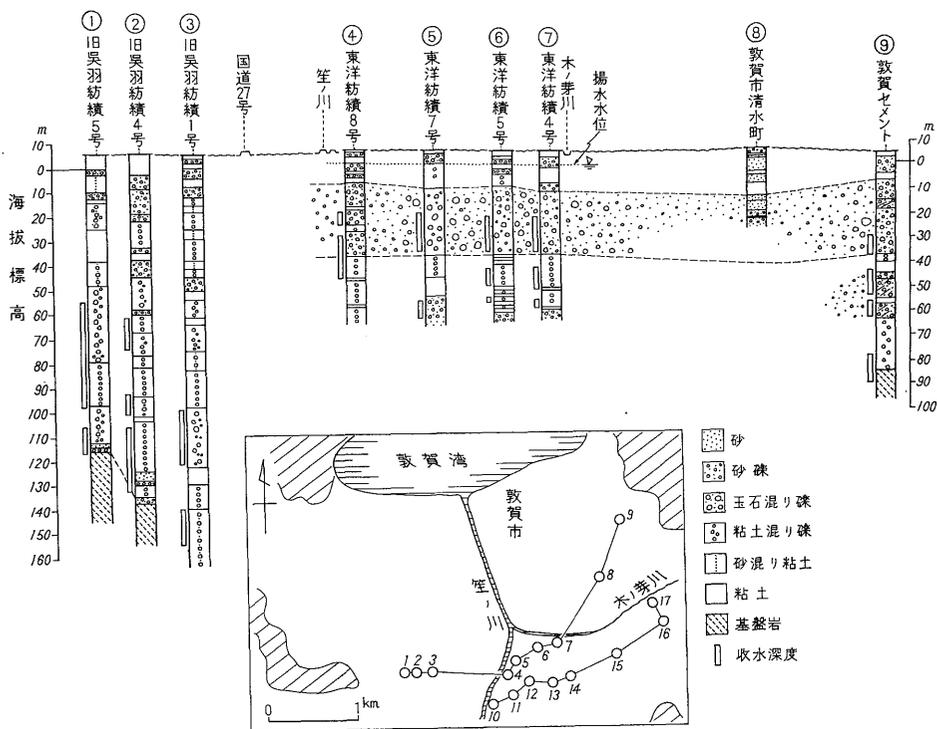
金山簡易水道水源は深度 45・80 m の 2 本の深井戸で約 250 m³/day, また長沢簡易水道水源では深度 56 m の深井戸 1 本により, 60~70 m³/day 程度の小規模な地下水をそれぞれ揚水している。

5. 帯水層の規模および性質

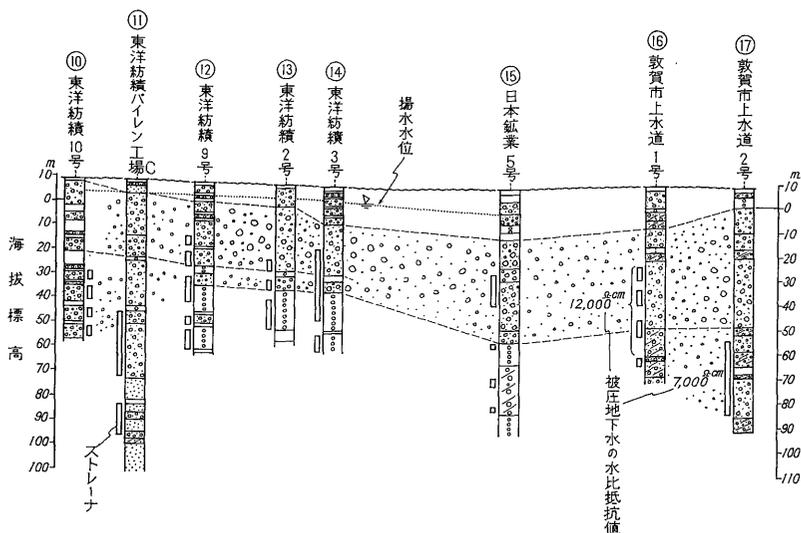
筈ノ川右岸の中流域にかけては, かなり地下水にめぐまれた帯水層が分布している。東洋紡績 K. K. におけるさく井地層図によると, 深度 20~40 m 付近には比較的玉石を多く混じた砂礫層が広く分布している。とくに木ノ芽川から筈ノ川の合流域付近にかけては, かなり連続性のよい砂礫層が賦存している。東洋紡績 K. K. パイレン工場における深度 120 m のさく井地層図によると, 70 m 以深においては一般に礫が減少し, 細粒の堆積層に漸移しており, 全体的に深部になるにつれて砂勝ちの地層となつている。一方, 筈ノ川左岸側平野においては, 旧呉羽紡績 K. K. のさく井地層図によると, 一般に深部ほど礫層の発達が不十分になつており, 深度 150 m 前後まで粘土混りの砂礫層が大部分を占めている。またこれらはほとんど花崗岩質の礫からなつているが, 深度 60~70 m 付近にわずかの古生層礫がみとめられる。また地表面下の数 m と, さらに深度 70 m 前後にそれぞれ埋木混りの粘土層が分布している。また当地区において

は筈ノ川右岸側流域の東洋紡績 K. K. 工場用深井戸のような, 玉石混りの主要帯水層はほとんどみとめられない。砂礫層は厚さおよび性質ともに相違しており, いずれも地質条件がかなり異なつている。旧呉羽紡績 K. K. の 4 号井は深度 143 m で, また 5 号井は深度 121 m で, それぞれ花崗岩に到達している。しかし旧呉羽紡績 K. K. のうちで, もつとも深い 1 号井は深度 170 m で, まだ基盤岩に達していない。当地区の基底面深度は, やや不規則ではあるが, 一般に西に浅く東または北方に深くなつている傾向にある。これら旧呉羽紡績 K. K. など筈ノ川左岸流域平野の地下水は, 主として黒河川の表流水から供給を受けるものである。また工場敷地西側の 5 号井および 6 号井における地下水は, おそらく井ノ口川系の浸透水によつて涵養されているものと考えられる。旧呉羽紡績 K. K. 付近における浅層部は, 比較的透水性が高く, 揚水条件が良好であるが, 東洋紡績 K. K. の既設井にあたる影響を防ぐため, 浅層部をさけて, もつばら 55 m 以深の帯水層から地下水を揚水している。このため旧呉羽紡績 K. K. における地下水の取水深度は, 東洋紡績 K. K. にくらべて全体的に深くなつている。

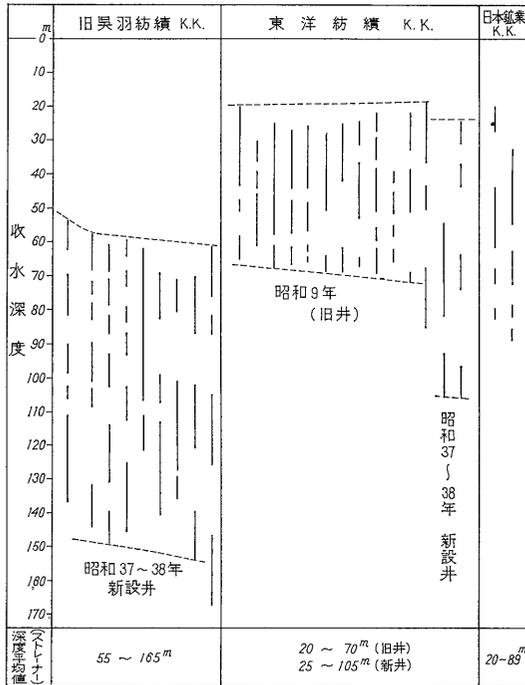
木ノ芽川左岸流域における地下地質は, 深度 20~50 m 付近に玉石混り砂礫層が広く分布している。これらはほとんど河川流向に連続する傾向をもつており, 当地区の主要帯水層となつている。また 60 m 以深においては,



第 3 図 敦賀平野における地下水収水層の状況 (1)



第 4 図 敦賀平野における地下水収水層の状況 (2)



第5図 敦賀市における工場用深井戸取水管挿入深度

しだいに粘土混り砂礫層に漸移しており、帯水層としての発達が不十分となっている。敦賀セメントK. K. におけるさく井地層図によると、深度42 mまでは玉石混りの砂礫層が分布しており、さらに50 m以深では粘土混りの砂礫層となり、深度85 m付近で古生層基盤岩に到達している。

6. 地下水

6.1 自由面地下水

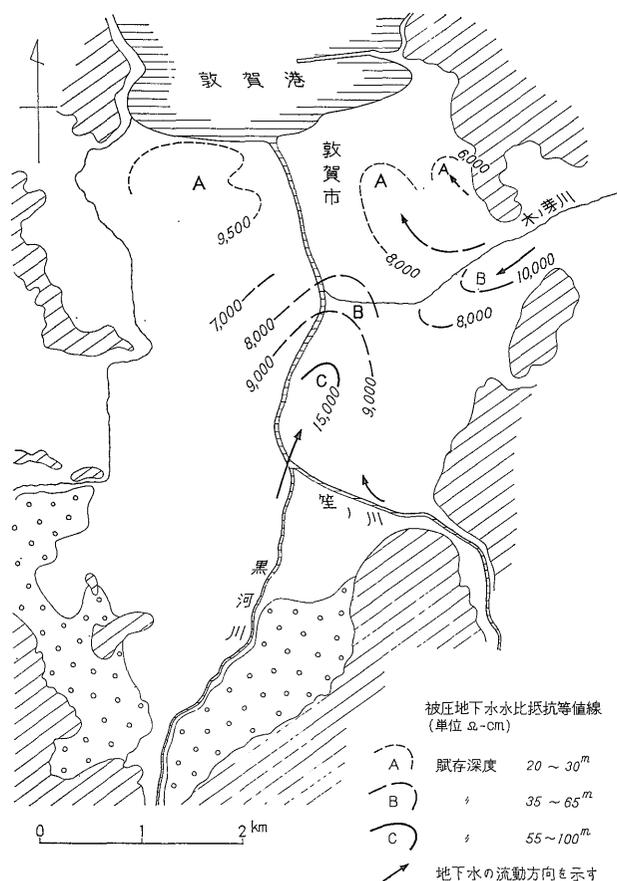
黒河川左岸上流域に分布する地下水は、公文名付近で15,000→12,000 Ω-cmの水比抵抗値を示しており、調査地域内ではとくに高い値を示している。また筈ノ川左岸中流域の国道27号沿線付近では、一般に9,000 Ω-cm前後を示している。この地下水は、いずれも黒河川の表流によつて広く涵養されているものであるが、このほか黒河川の表流は、山間部出合付近から多数の用水路を通じて、平野部の地下水を広く涵養している。一方筈ノ川右岸流域における自由面地下水は、古刈田付近で9,000 Ω-cm、また長沢付近で7,000 Ω-cm前後の値を示しており、低地部に流下する傾向を示している。木ノ芽川流域における自由面地下水の水比抵抗値は、右岸流域の国鉄機関区沿線付近で8,000～8,600 Ω-cm、敦賀市舞崎町付近で5,700～6,000 Ω-cm、清水町一円では7,000 Ω-

cm前後の値をそれぞれ示している。これら地下水は木ノ芽川流路から遠くなるにしたがつて、漸次値が低くなっている。一方木ノ芽川左岸流域における地下水は、敦賀市泉町付近で8,000 Ω-cm、この下流域では7,000 Ω-cm前の水比抵抗値を示している。これら地下水はしだいに深度を増しながら下流の低地帯に向かつており、被圧地下水に転化して行くものと思われる。なおこの末端部は筈ノ川右岸系の自由面地下水と合流して停滞部をつくっているが、この付近における地下水水比抵抗の数値はいずれもばらついており、地下水の流向はまったくつかめない。なお敦賀市三島町および東洋町などにおける地下水は、平均2,000～6,000 Ω-cmの水比抵抗値を示しており、その測定値はいずれもばらつきがひどく不安定となっている。これらは筈ノ川や木ノ芽川など表流からの供給がにぶくなり、いずれも地下水が減退の傾向を示している。

6.2 被圧地下水

敦賀平野中央部に賦存する被圧地下水は、おもに筈ノ川および黒河川などの河川によつて広く涵養されている。このうち筈ノ川系地下水分布は、わりあい浅く、黒河川から供給を受ける被圧地下水は、いくぶん深く分布している傾向にある。筈ノ川右岸流域に分布する被圧地下水は、深度40 m以浅で9,000→7,000 Ω-cmの水比抵抗値を示している。これら地下水は主として筈ノ川表流水から供給を受けるものである。また深度50 m以深の地下水は15,000→11,000 Ω-cmのとくに高い水比抵抗値を示している。これら深層部における地下水は主として黒河川によつて養われているもので、黒河川の表流水と密接な関係をもっている。一方筈ノ川左岸平野に分布する被圧地下水は、深度60～165 mで6,800～7,700 Ω-cmの水比抵抗値を示している。これら深層部の地下水は東洋紡績K. K. の筈ノ川右岸平野にくらべて、かなり低い値を示している。筈ノ川左岸平野の地質は、旧呉羽紡績K. K. におけるさく井柱状図によると、主として粘土混りの砂礫層から構成されており、とくに深部ではかなり透水性が低く河川からの地下水供給は、ややにぶいものと考えられる。

敦賀市本町から津内町にかけての木ノ芽川右岸流域平野の地下水は、深度15～27 m程度で8,000～8,600 Ω-cmの水比抵抗を示している。また曙町の南部にかけては、深度20～30 mで5,600～6,000 Ω-cmの地下水が分布している。これらはいずれも木ノ芽川表流から直接に浸透を受けるものであるが、ここ数年前まではすべて自噴し



第6図 被圧地下水水比抵抗等値線

ていた。しかし最近では自噴が停止したため、いずれも揚水ポンプが使用されている。敦賀市泉町など木ノ芽川左岸流域における被圧地下水は、深度20~50mで10,000→8,000 Ω -cm、また深度60~94mまでは7,000 Ω -cm前後を示している。とくに深部の水比抵抗は低い値になっており、60 m 以深では木ノ芽川からの表流水浸透が、かなり弱いことを示している。なお木ノ芽川下流域における地下水は、漸次低い水比抵抗に移行しているが、敦賀市臨海部ではまだ50 m 以深の地下水が開発されておらず、深層地下水の流向が、まったく不明である。由比の松原海岸を中心とする砂丘地帯には、深度15~27 m 程度の自噴性被圧地下水がみとめられるが、これら地下水水比抵抗は平均9,000~9,500 Ω -cm 程度である。しかし松原町から鑄物師町にかけては、最近水位低下のため、いずれも自噴が停止している。

井ノ口川上流域 にかけての金山町付近の地下水は、深度15~45 m で14,000 Ω -cmを示している。また井ノ

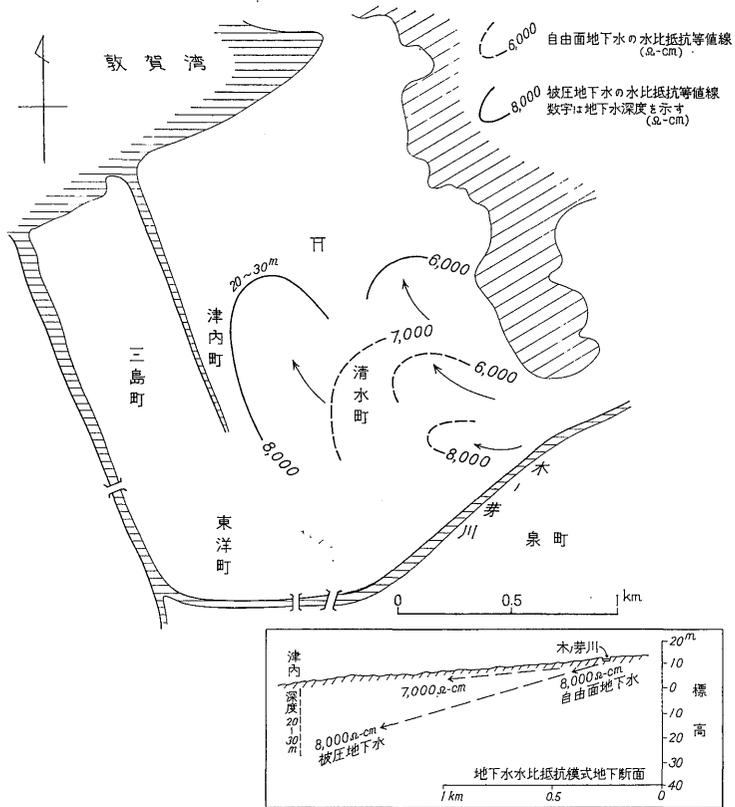
口川下流域 右岸 平野部における地下水は8,000~8,500 Ω -cm を示している。

7. 地下水の揚水規模

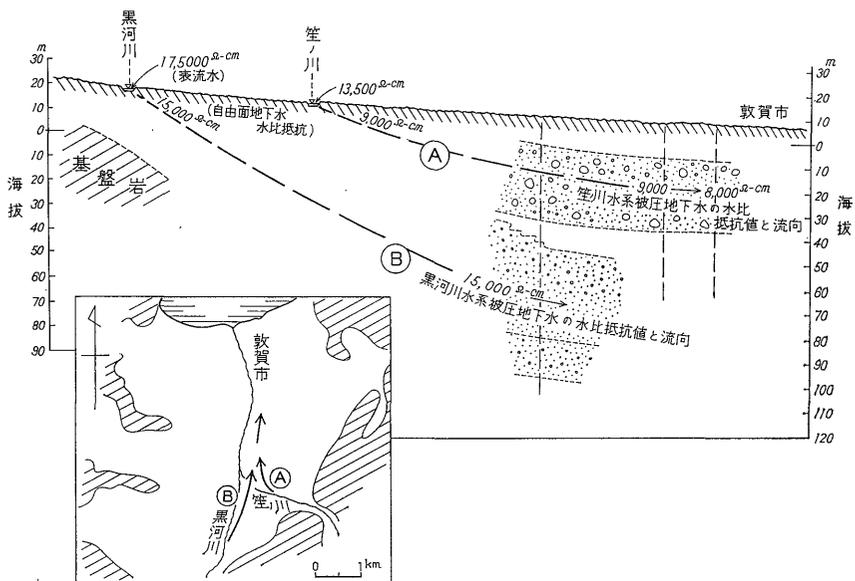
筮ノ川右岸平野においては、かなり豊富な被圧地下水が賦存している。東洋紡績K. K. の深度70 m の深井戸では、水位降下5 m 前後で1井あたり3,000~3,500 m³/day の揚水量が可能である。また深度120 m 前後の深井戸においては、揚水水位6~7 m 程度で、1井あたり4,800 m³/day 内外の揚水実績がえられている。一方旧呉羽紡績K. K. など筮ノ川左岸平野の地下水は、深度130~150 m 程度の井戸により、水位降下6 m 前後で、1井あたり3,000~3,500 m³/day の揚水量がえられている。

木ノ芽川左岸流域の深度30~75 m 付近の地下水は、揚

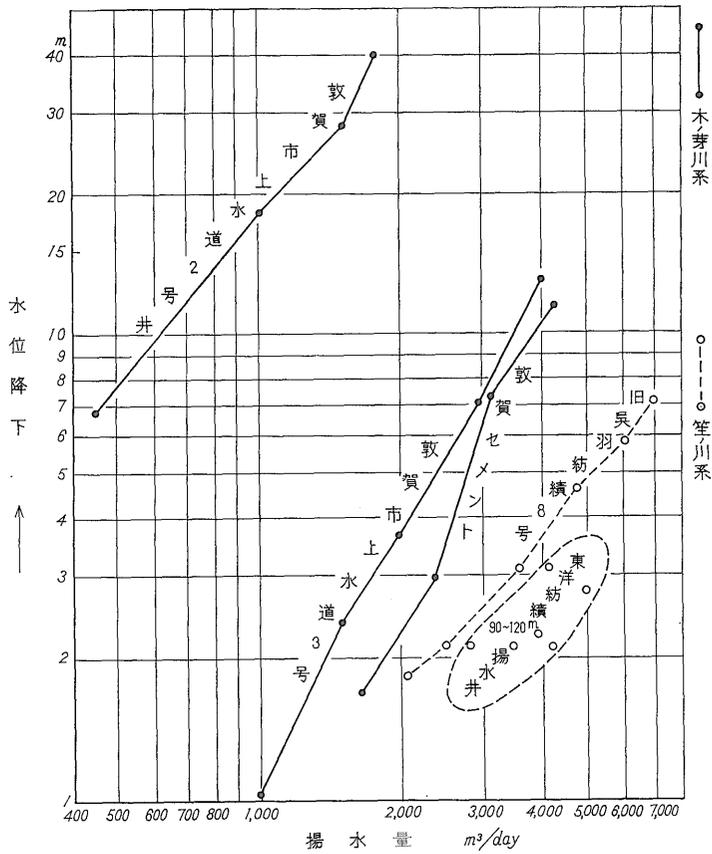
福井県敦賀平野における工業用地下水源（高橋 稠・後藤準次）



第7図 敦賀市木ノ芽川右岸における地下水水比抵抗等値線



第8図 敦賀平野における地下水水比抵抗の模式地下断面図



第9図 敦賀平野深井戸における揚水量と水位降下との関係

水水位 12~14m程度で、1井あたり 3,500 m³/day 内外の揚水量が可能である。さらに 60 m 以深における地下水は、水位降下 20 m 前後で、1井あたり 1,500 m³/day 内外の揚水規模となっており、水位降下の割合が大きいため、あまり量的な期待はえられていない。敦賀市街地に掘さくした敦賀セメント K. K. における深度 100 m の深井戸では、水位降下 7 m 前後で、1井あたり 3,000 m³/day 程度の揚水がえられている。

8. 地下水の水温および水質

8.1 水温

木ノ芽川 右岸の敦賀市街地における地下水は、深度 15~27 m 程度で平均 14.6~16.4°C の水温を示している。また木ノ芽川左岸側の地下水は、深度 30~60m 程度で 13.8~14°C の低温となっており、地下水の浸透がとくに大きいことを示している。なお左岸下流域では 15.1~15.6 になっており、末端になるにつれて高目の水温に

変化している。

東洋紡績 K. K. 工場用深井戸など笠ノ川右岸側における地下水は、深度 25~105 m で、13.6~14.8°C の水温となっており、とくに低温を示している。これらは黒河川の表流が活発に地下水を涵養しているものである。一方笠ノ川左岸平野における地下水は、深度 55~165 m 程度で 15.4~16.8°C の水温となつている。

黒河川 左岸上流の公文名付近における自由面地下水は、11月の測定で平均 16°C 前後を示している。また山泉および和久野など黒河川沿岸における自由面地下水は、17~18°C の水温を示している。

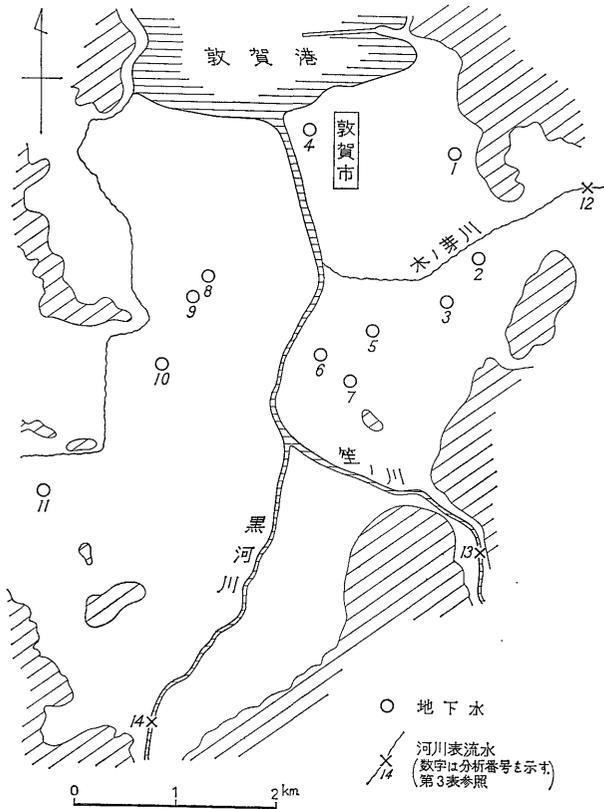
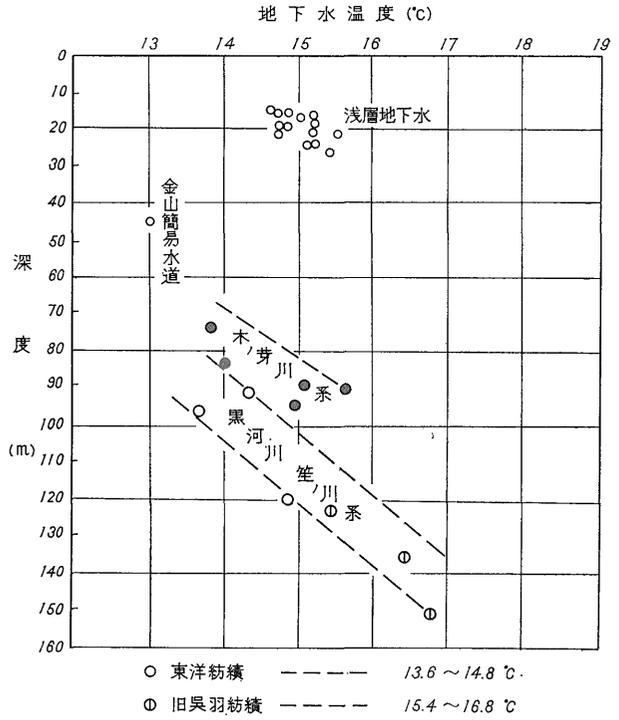
井ノ口川 中流域平野における浅層部の水温は、平均 14.6~15.5°C 程度であるが、金山町など上流部における地下水は、深度 45 m 以浅で、平均 13°C 前後の水温を示している。

8.2 水質

敦賀市の地下水および河川水の代表する水質分析結果

福井県敦賀平野における工業用地下水源（高橋 稠・後藤隼次）

第10図 敦賀平野の地下水温度



第11図 水質分析試料採取地点位置図

第 3 表 福 井 県 敦 賀 平

番号	試料採取地点	水源の種類	ストレーナーの位置 () は井戸深度 (m)	水温 (°C)	pH	RpH	アルカリ度 M- (epm)	塩素 Cl ⁻ (ppm)	亜硝酸 NO ₂ ⁻ (ppm)
1	敦賀セメントK.K. 敦賀工場	C	34~40, 47~58 61~67	14.9	6.5	6.9	1.02	17.0	0.00
2	敦賀市上水道水源 3号井	C	32~38, 41~50 53~62, 70~74	13.8	6.2	6.5	0.34	11.3	0.00
3	日本鉱業K.K. 敦賀工場5号井	C	32~54, 62.5~66.5 77.5~81, 85~89	15.1	6.4	6.7	0.78	12.7	0.00
4	松栄町協同掘抜井戸	f	(29)	14.8	6.2	6.5	0.50	10.3	0.00
5	東洋紡績K.K. 敦賀工場13号井	C	21~32, 38~50 68~71	15.6	6.2	6.8	0.53	10.6	0.00
6	" " C号井	C	55~81, 92~105	13.6	6.3	6.6	0.40	8.9	0.00
7	長沢簡易水道水源	C	40~50	15.3	5.8	6.5	0.54	11.3	0.00
8	旧呉羽紡績K.K. ナイロン工場3号	C	70~80, 100~127 129~135	16.4	6.9	7.2	1.20	11.3	0.00
9	" " 5号	C	60~105, 110~122	15.4	6.4	6.7	0.84	13.0	0.00
10	木崎農業用井戸	f	(15)	15.0	5.8	6.1	0.50	14.7	0.00
11	金山簡易水道	C	(45)	13.0	6.3	6.6	0.30	11.0	0.00
12	木ノ芽川	R	河川表流水	13.0	6.8	7.4	0.52	11.7	0.00
13	笹ノ川	R	"	16.5	7.0	7.4	0.46	8.9	0.00
14	黒河川	R	"	13.5	6.8	7.3	0.32	8.7	0.00

(注1) 水源の種類 R:河川水
C:被圧地下水
f:自噴性地下水

(注2) 表示法 SiO₂:比色によるイオン状ケイ酸

試料は第3表に、採取地点は第11図に示される。

地下水の水質分析結果から見ると水質的には非常に良い水といえる。すなわち、主要の化学成分溶存量 (HC O₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺) は全般に少ない値を示し、含有量の値は多いものでも、3.4 epm しか含まれていない。

試料は少ないがこれらと比較検討すると、井戸の深度が深いほど溶存量が多い傾向がみられる。その中でも多く含まれている成分はM-アルカリ度 (0.7~1.2 epm), Mg²⁺ (2.5~3.2 epm), SiO₂ (約 20 ppm 台) などである。他の成分は深度に関係なく、全体として変化は認められない。

木ノ芽川、笹ノ川、黒河川などの河川の水質は全国河川の水質平均値とほぼ同じ値を示すが、SO₄²⁻, SiO₂, Fe については幾分低く、Cl⁻ は少し高い値を示している。

これら3河川を比較した場合は、木ノ芽川の溶存成分量はCl⁻, SO₄²⁻, K⁺, Mg²⁺ などが他の河川より、少

し多い傾向にある。

9. 調査結果による総合的所見

敦賀平野には、かなり豊かな被圧地下水が賦存している。これら地下水は主として木ノ芽川および黒河川の表流水によつて養われているものである。また敦賀市内一般民家においても、多くの人が地下水を生活用水に利用している。これらは数年前までいずれも自噴していたのであるが、最近ではほとんど自噴が停止している。降雨期になると地域的に地下水が自噴する所もあるが、冬期には一部では井戸水が出なくなり、飲料水にもこと欠く漏水騒ぎが生じている。敦賀市はもともと豊かな地下水にめぐまれていたため、いつまでも自噴性掘抜井戸に依存していたので、上水道の建設はかなり立ちおくれていたが、市当局では昭和37年度から、ようやく上水道の建設に着手している。

敦賀平野における自噴帯は、もとは中央平野の大半を占める広大なものであつたが、最近工場用深井戸など地

福井県敦賀平野における工業用地下水源（高橋 稔・後藤準次）

野水質分析結果表

(昭和40年11月調査)

分析者 後藤準次

硫酸 SO ₄ ²⁻ (ppm)	アンモニア NH ₄ ⁺ (ppm)	ナトリウム Na ⁺ (ppm)	カリウム K ⁺ (ppm)	鉄		マンガン Mn ²⁺ (ppm)	カルシウム Ca ²⁺ (ppm)	マグネシウム Mg ²⁺ (ppm)	全硬度 (CaCO ₃) (ppm)	ケイ酸 SiO ₂ (ppm)	酸素消費量 (COD) (Oppm)
				total Fe (ppm)	Fe ²⁺ (ppm)						
12.6	0.5	11.8	1.1	0.89	0.89	0.0	18.1	2.5	55.70	17.7	0.65
7.8	0.0	9.5	1.0	0.03	0.00	0.0	5.4	1.2	19.48	15.3	0.42
6.9	0.1	11.8	1.0	0.81	0.81	0.0	9.4	2.7	32.65	22.7	0.54
16.9	0.0	11.0	1.6	0.00	0.00	0.0	9.9	1.7	31.88	19.7	0.39
23.7	0.0	11.5	0.9	0.03	0.00	0.0	12.0	1.7	37.26	14.5	0.37
2.1	0.0	7.7	0.7	0.03	0.00	0.0	4.3	1.2	15.56	21.8	0.37
8.5	0.0	8.3	1.5	0.02	0.00	0.0	11.2	1.2	33.04	15.0	0.42
2.0	0.0	13.0	0.7	0.09	0.01	0.0	13.0	3.2	45.71	26.3	0.37
3.3	0.0	10.0	0.8	0.04	0.01	0.0	10.3	2.9	37.65	25.5	0.37
7.1	0.0	6.6	1.0	0.01	0.01	0.0	12.4	1.2	35.92	14.5	0.37
5.0	0.0	6.4	1.0	0.01	0.00	0.0	5.3	1.2	18.24	11.0	0.37
7.8	0.0	7.9	1.5	0.07	0.00	0.0	9.0	1.4	28.39	13.6	0.76
4.5	0.0	6.1	0.8	0.17	tr	0.0	8.2	0.5	22.66	14.3	0.65
4.0	0.0	5.2	0.6	0.10	0.00	0.0	5.7	0.5	16.13	13.0	0.81

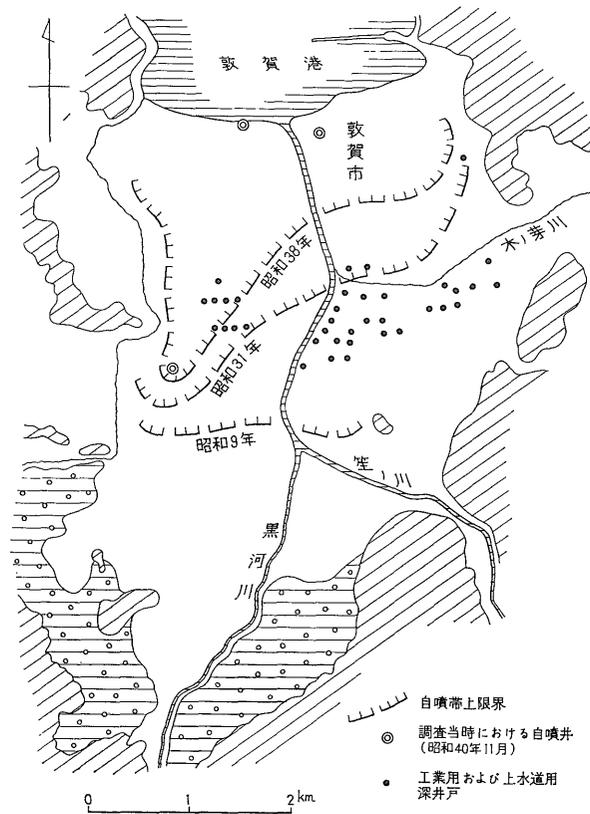
参考 酸 度 (CaCO₃ ppm) : (epm) × 50.045
 アルカリ度 (CaCO₃ ppm) : (epm) × 50.045
 ドイツ硬度 (°dH) : 全硬度 (CaCO₃ ppm) × 0.056

地下水利用の増加につれて、めつきり自噴帯の規模が縮小しており、その中心部は中央平野から北西の平野部に向かって次第に後退している。調査当時においては笹ノ川および木ノ芽川沿岸における自噴帯は、いずれも消滅しており、わずかに井ノ口川右岸流域および敦賀湾臨海部の一部にかけて、数本の自噴帯がみとめられたにすぎなかった。このうち臨海部の被圧地下水は、とくに不安定であり、地表面すれすれにやつと自噴している状況にある。このため臨海部において今後新しい深井戸が開発されるならば、自噴帯はたちまち消滅してしまうものと思われる。

被圧地下水の揚水量は水位降下によつて確保されるが、工場などにおける地下水の利用増加は、しだいに水位低下を増大させている。とくに自噴性の被圧地下水は、深井戸の掘さく開発と密接な関係をもっており、既設揚水井に影響をあたえ、地下水の圧力減退を引き起し、しだいに自噴帯が縮小し、つぎつぎに自噴帯が消滅する。敦賀市においても最近しだいに地下水の圧力面が

低下し、自噴が全面的に停止している。このため一般民家の掘抜井戸には、小型モーターポンプが普及し、ますます地下水源の減少傾向をたどっている。こうした敦賀平野全般にわたる自噴帯の規模縮小は、おそらく用水型企業の深井戸増加が原因していることと思われるが、このほか木ノ芽川・笹ノ川などにおける流水量の減少により、これら河川から地下水への浸透補給が、十分に行なわれにくくなった影響なども、その原因と考えられる。またこのほか降水量の減少傾向、あるいは上流山間部における水源地帯の森林伐採などが原因としてあげられる。

東洋紡績K. K.の工場用深井戸では、水位低下を防止するため、運転水位を6 m前後におさえて地下水を揚水している。しかしながら水位低下は年々進行し、揚水量も減少の傾向をたどっている。このため次第にタービンポンプや渦巻ポンプでは地下水が得にくくなり、いずれも水中モーターポンプによる揚水が必要となつている。なおパイレン工場などの設備拡張にともない、さらに深



第 12 図 敦賀平野における自噴帯減衰の経年変化

井戸を増設している。今後深井戸の相互干渉をさけるため、しだいに深度 150m 級の深層地下水の開発が増加するものと思われる。しかし今後さらに水位低下の現象が進行するならば、近い将来海岸沿いでは当然地下水塩水化の危険が予想される。今後これらの対策として深井戸の揚水水位に十分監視をせらうとともに、水位観測井を設置し、地下水の合理的な開発利用を促進する必要がある。また地下水位の低下の現象は既設工場の水源ばかりでなく、敦賀市内一般民家の掘抜井戸にも干渉を引き起している。このため今後敦賀平野の工業用地下水源の開発にあたっては、その対策として市街地周辺地域にも、十分な水道設備の普及が前提条件とならう。さらに

敦賀平野を中心とする広域水道の建設は、ぜひ必要な計画と考えられる。またこれら上水道の水源確保のためには、地下水源の利用ばかりでなく、将来木ノ芽川などの河川表流水に依存する水源計画なども、ぜひ考慮しておく必要がある。 (昭和42年12月稿)

文 献

- 1) 福 井 県 (1965) : 福井県水理地質図, および同説明書
- 2) 笹嶋 貞雄 (1959) : 敦賀平野とその地下水について, 福井大学学芸学部紀要第二部自然科学, 第 9 号, 第 5 集