

兵庫県西宮市工業用地下水調査報告

蔵田 延男* 高橋 稠*

Report on Industrial Water Investigation in Nishinomiya
City, Hyōgo Prefecture

by

Nobuo Kurata & Shigeru Takahashi

Abstract

Nishinomiya city is situated in the neighbouring area of Amagasaki city, the first designated district of Industrial Water Law.

The total quantity of ground water utilized for industrial purposes in this area is about 85,000 cubic meters a day, one half of which is confined ground water pumped through the deep wells.

Some of the wells in the factories along the Tokaido Railway Line are in overpumping condition and the running water level reaches to 40 meters below the ground surface. Moreover in the seaside of this city the salt water encroaches into the aquifers and the ground subsides at the rate of 5~6 cm per year.

要 旨

1) 兵庫県西宮市域一円における用水型工場32を対象として、工業用水源の実態調査を行なった。

2) 調査地域内における工業用水総取得量は85,000 m³/dayに達しているが、このうち被圧地下水の利用量は45,000 m³/dayである。また臨海部の工場では約21,000 m³/dayの海水が取水されている。このほか西宮市の上水道水源として約32,000 m³/dayの武庫川河床下地下水が利用されている。

3) 西宮市南部地域において利用されている地下水の取水層は全部で6層が数えられるが、おもに深度220 mまでの被圧地下水が揚水されている。

4) 内陸部における工場用深井戸では、揚水水位が深

度30~35 mにもなっており、地下水の圧力面低下が目立っている。ただし臨海部では地下水へへの塩水化が原因し、圧力面は内陸部よりも高く保たれている。

5) 西宮市の深井戸における揚水量は、1井あたり平均1,000~2,000 m³/day程度であるが、一部東海道沿線においては局部的な過剰揚水の傾向がみとめられている。

6) 臨海部の浅層部における地下水は次第にCl⁻が増加しており、海岸側の工場ではすでに塩水混入による水質悪化のため、主として収水深度100~200 m間の地下水が利用されている。

7) 年々用水需要が増大するにつれて、地下水の圧力面は減退の傾向にあり、また臨海部の一部ではすでに地盤沈下の影響が現われ、満潮時には排水困難や、下水管からの海水逆流現象などがみとめられている。

* 地質部

1. まえがき

西宮市は大阪湾岸工業地帯の一角として、工都尼崎市の西に隣接している。それ自体必ずしも大規模工場集団をなしているわけではないが、用水量にして日量85,000 m³ほどの水を使っている工場群があり、しかもその65%が地下水によつてまかなわれているうえ、隣接尼崎市から波及する地盤沈下の影響が現われており、市街地の一部を海面下にひきずり込んでいる。いわば沈下周辺地区として注目すべき位置にあるにもかかわらず、いまだなんら系統立つた調査あるいは沈下抑止措置が行なわれていなかった。

そこで尼崎市における工業用水法施行の効果をあげるうえにも、この地域の地下事情を明らかにし、その地下水理の関係を尼崎市のそれと関連づけることが必要と考えられたので、昭和36年6月下旬から7月中旬にわたる期間、工業用地下水源の実態を調査したのである。

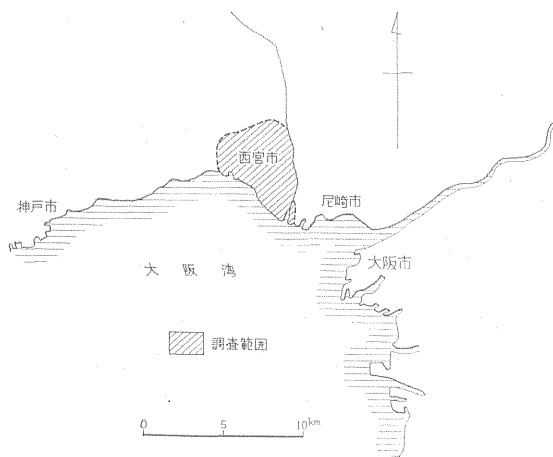
この報告はその調査結果をとりまとめたものであるが、この地域には灘の生一本につながる宮水の水源地もあり、この調査結果をいとぐちにして、市行政面に工業用水保全の処置が急速に講じられるよう期待するものである。

なお、この調査にあつて兵庫県庁企画部、西宮市水道部工事課ならびに関係工場各位の示された積極的な好意と協力に対しては、こゝに厚く感謝の意を表しておきたい。

2. 調査の規模

調査期間 昭和36年6月20日～7月2日

調査範囲 武庫川下流右岸の西宮市域一円



第1図 西宮市工業用水源調査位置図

第1表 西宮市における調査対象工場の用水取得量

自由面地下水 (浅井戸)	8,645 m ³ /day
被圧面地下水 (深井戸)	45,170
河川水	2,000
海水	21,000
工業用水道水使用量	1,000
上水道水使用量	7,002
用水総取得量	84,817

昭和36年6月現在

(第1図参照, 1/25,000地形図, 西宮・宝塚・伊丹・大阪西北部)

対象工場 32カ所

ほかに西宮市上水源 6カ所

収集したさく井記録 16カ所分

水試料の化学分析 38カ所

以上主として工場用水源井について水位・揚水量・水温・水比抵抗などの計測を行ない、武庫川表流水の一部調査もあわせて実施した。

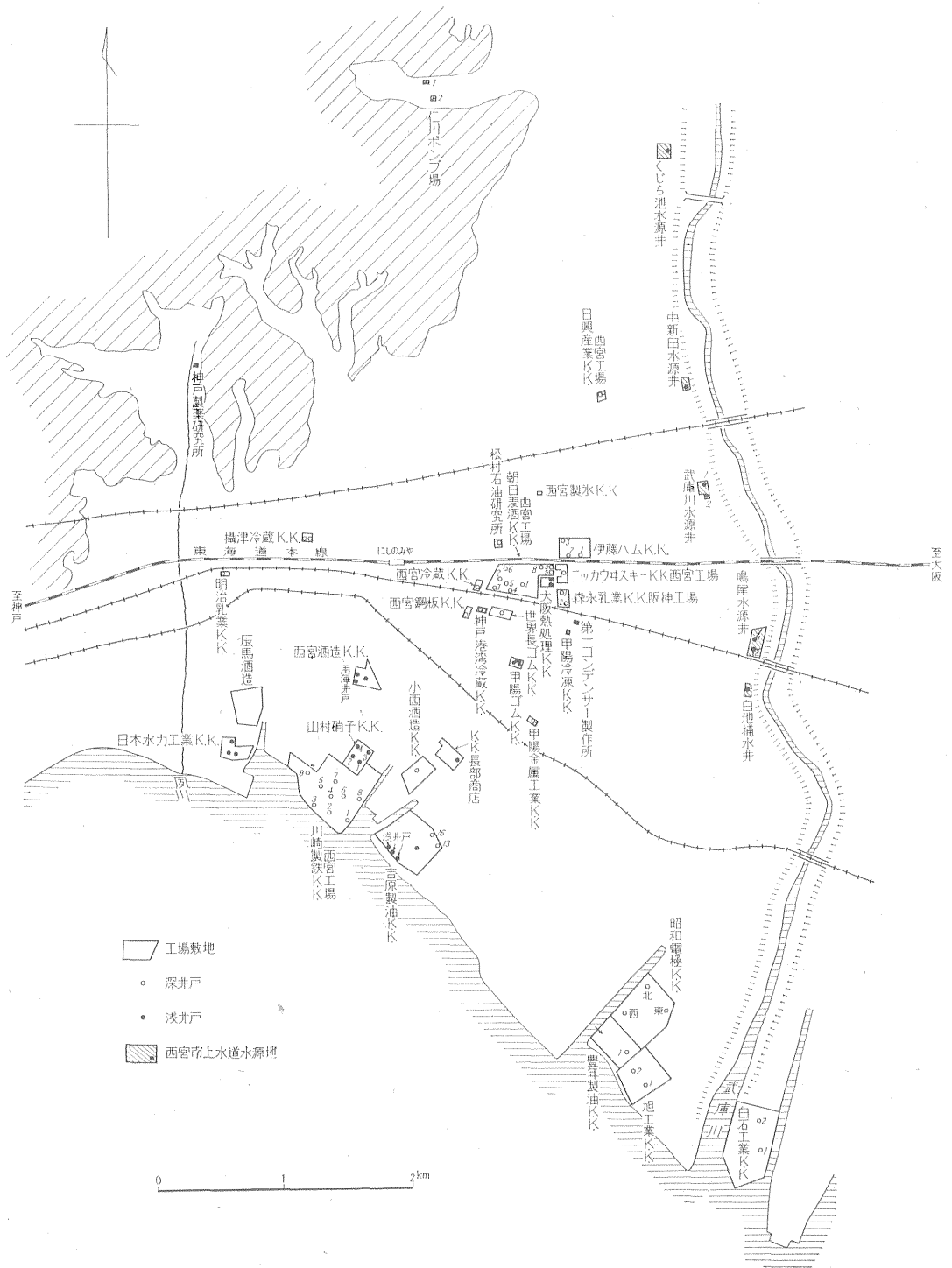
なお、水試料の現場採取は高橋欄が行ない、室内における水質化学分析は安藤武が担当した。

3. 水利用の現況

西宮市における工業用水取得量および井戸などの現況については、第1表および第2表に示すとおりである。

調査対象工場中30カ所における工業用水取得量は合計85,000 m³/dayに達している。このうち工場で使用されている被圧地下水の利用量はおよそ45,000 m³/dayである。そしてその水源である深井戸42本にみられる被圧地下水の平均揚水量は1井あたり約1,000 m³/dayであり、また浅井戸25本における自由面地下水の平均揚水量は1井あたり340 m³/day程度となつている。このほか未調査の地下水利用工場が、いくつかあるわけであるが、その揚水の割合はさして多量にはならぬものと考えられる。このほか武庫川の伏流水を取水する西宮市の上水道水源井があり、鯨池水源井ほか5カ所で約32,000 m³/dayの地下水が取水されている。

これら調査地域内全体における地下水利用量は未調査工場分もあわせるならば、おそらく90,000 m³/dayに近いものと推定される。西宮市のうちで地下水を揚水する用水型工場としては朝日麦酒K. K.・川崎製鉄K. K.などがある。このうち朝日麦酒K. K.では9本の深井戸に



第 2 図 西宮市における工業用井戸と上水道水源井の分布

第2表 西宮市における工業用水など

No.	工場および施設名	所在地	敷地数 (m ²)	伏流水 (m ³ /day)	浅井戸 (m ³ /day)
1	白石工業 K.K. 尼崎工場	尼崎市丸島町7	132,000	—	—
2	旭工業 K.K.	西宮市高須町1丁目61	66,000	—	—
3	豊年製油 K.K. 西宮工場	// // 2丁目33	75,900	—	—
4	昭和電極 K.K.	// // 2丁目1	165,000	—	—
5	吉原製油 K.K. 西宮工場	// 今津真砂町14	132,000	—	7,000
6	小西酒造 K.K.	// 今津西谷町46	33,000	—	—
7	K. K. 長部文治郎商店	// 今津在家町31	35,000	—	40
8	川崎製鉄 K.K. 西宮工場	// 朝風町1	198,000	—	—
9	山村硝子 K.K.	// 東浜町13	29,700	—	600
10	日本水力工業 K.K.	// 泉町12	42,900	—	200
11	甲陽金属 K.K.	// 今津浦風町95	396	—	—
12	甲陽護謨工業 K.K.	// 今津山中町11	8,250	—	100
13	西宮鋼板 K.K.	// 津門稲荷町11	1,980	—	—
14	西宮酒造 K.K.	// 用海町170	—	—	100
15	神戸港湾冷蔵 K.K. 西宮工場	// 津門大筒町	1,750	—	—
16	世界長ゴム K.K. 西宮工場	// // 108	16,500	—	—
17	甲陽冷凍 K.K.	// 上甲子園1丁目202	—	—	—
18	K.K. 第一コンデンサー製作所	// 甲子園4丁目94	—	—	5
19	森永乳業 K.K. 阪神工場	// 津門飯田町70	23,100	—	—
20	ニツカウイスキー K.K. 西宮工場	// // 1~2	14,500	—	—
21	大阪熱処理 K.K.	// // 59	6,600	—	200
22	朝日麦酒 K.K. 西宮工場	// 津門大塚町26	102,300	—	—
23	西宮冷蔵 K.K.	—	—	—	—
24	伊藤ハム栄養食品 K.K.	// 高畑町104	49,500	—	—
25	西宮製氷 K.K.	// 西宮球場内	—	—	400
26	日興産業 K.K. 西宮工場	// 高槻町60	6,600	—	—
27	明治乳業 K.K. 西宮工場	// 神楽町25	3,700	—	—
28	摂津冷蔵製氷 K.K.	// 江上町15	2,780	—	—
29	松村石油 K.K.	—	—	—	—
30	神戸製薬研究所	—	—	—	—
31	西宮市上水道鯨池水源井	—	—	6,000	—
32	// 仁川水源第1ポンプ場	—	—	500	—
33	// // 第2ポンプ場	—	—	2,000	—
34	// 白池補水井	—	—	3,000	—
35	// 武庫川水源第1取水井	—	—	5,500	—
36	// // 第2取水井	—	—	6,000	—
37	// 中新田水源井	—	—	9,000	—
38	// 鳴尾水源井	—	—	建設中	—
	工業用水総取得量	—	—	—	8,645
	西宮市上水道水源取得量	—	—	32,000	—
	井戸総本数	—	—	—	—

注1：浅井戸の揚水量のなかにはいわゆる宮水の分は含まれていない。

注2：宮水としては別に12月から翌年2月にかけて全体として 56,000m³ 程度揚水されている。このほか醸造工

注3：巡検対象としてこのほか辰馬酒造、多聞酒造両会社が入っている。

第3表 西宮市における地下水利

No.	工場および施設名	井戸番号	井戸名	さく井 年 度 S-昭和	さく井 側 深 度 (%)	さく井 深 度 (m)	ポンプおよび 揚 水 動 力	ストレートナ深度 (m)
1	白石工業K. K. 尼崎工場	1 2	深井戸 "	S-31 —	250 —	136 —	100m/mBH 15IP —	
2	旭工業 K. K.	1 2 3	" " "	S-33 S-36 S-36	— 350 350	166 217 255	— 125m/mSP 25HP 125m/mSP 60HP	{102.5~108, 110~118, 120~121, 122~125, 128~131.5, 149~154.5, 156~159, 196~197, 209~215, 233.5~235, 240~244.5
3	豊年製油K. K. 西宮工場	1	"	S-13	150	120	AL	
4	昭和電極 K. K.	1(北) 2(南) 3(東)	" " "	S-31 S-16 —	300 350 —	166 181 —	125m/mSP 50HP 125m/mBH 50HP 150m/mSP	
5	吉原製油 K. K.	1 2 3 4 5 6	浅井戸 " " (クリー) 深井戸 "	(No.) (No.) (No.) — No.13 (S-31) No.16 (S-34)	15 17 18 — 325 380	6 6 6 — 212 37	150m/mTP 80HP 150m/mTP 80HP 150m/mTP 80HP 200m/mTP 75HP 175m/mBH 40HP 150m/mSP 28HP	{124~129.3, 136~146, 165~168.5, 170~176, 179~193 21~29.5, 30~33.5
6	小西酒造 K. K.	1	"	S-25	250	90.5	100m/mBH 20HP	48~53, 72~77.5
7	K. K. 長部文治郎商店	1	浅井戸	—	1.80m	4	37m/mTP 3IP	
8	川崎製鉄K. K. 西宮工場	1 2 3 4 5 6 7 8 9	深井戸 "(廃井) "(廃井) " " " " " "	S-17 — — S-33 S-28 S-31 S-32 S-35 S-36-6	350 — — 350 350 350 350 350 350	90 — — 90 90 90 90 100 100	125m/mBH 30KW — — 125m/mBH 30KW 125m/mBH 40KW 125m/mBH 30KW 125m/mBH 30KW 125m/mBH 30KW 125m/mBH 30KW	{23~27.5, 41.5~45.5, 46.5~49.62~65.75.5~ 76.8, 78.5~81.5, 83~ 85, 87~88 41~44, 47~52, 62~ 67.2, 75~81, 86~89 21~28, 42~45.8, 47.5~ 49, 62.8~66.4, 74~ 76.5, 86~90.5 16.5~19, 23~25.8, 49 ~52, 58.2~65, 72.6~ 75.6, 77~80, 81.8~ 84.5, 86~89.2 21.2~30, 45~53, 60~ 63.5, 69.7~73, 76~ 82.2, 84.8~86.2, 92.5 ~95.5
9	山村硝子 K. K.	1 2 3 4	浅井戸 " " "	S-30 S-25 S-23 S-28	1.80m 1.10m 1.80m 2.00m	5.5 4.8 3.7 4.5	75m/mTP7.5IP×3台 75m/mTP7.5IP×2台 75m/mTP7.5IP×2台 75m/mTP 5IP×2台	

用工場などの現況 (第 2 図参照)

静水位 (m)	揚水位 (m)	揚水量 (m ³ /day)	使用 時間	水温 (°C)	水比 抵抗 (Ω-cm)	主要製品	用途	備考	
—		23m ³ /h 4m ³ /h	8 4		2,000	炭酸カルシウム	冷却	尼崎市より 30,000m ³ /min の工業用 水道水の供給を受けている。 1号井は廃井	
29	37(S- 36-6)	100m ³ /h	24		3,200	軽 3 輪 車	冷却・塗装用	水中モーターポンプ挿入深度 50m	
		6m ³ /h			2,400	大 豆 油	冷却	海水 530m ³ /day 使用 (冷却用)	
		3,000	24		2,600	人造黒鉛電極	電気炉冷却	ポンプ挿入深度 60m	
		1,500~2,000	24		2,200			// 54m 東井戸は孔内崩壊のため休止。	
	4	7,000 4.8m ³ /min		21.8	100	食 用 油	洗浄・冷却	浅井戸 (4本) を冷却用に使用して いるが、いずれも地下水は塩水化し ている。現在深井戸 212m 井の深部 から取水しているが、まだ塩水化は 見られない。	
				21.5	50				
				24	21	80			
				24	20.8	120			
30	41	1,400	24		2,000				
		2,000	24		160				
	24 (S- 35)			18	2,800	清 酒	冷却	アルコール精製用の冷却, 4~10月 の夏季のみ稼動, 水位低下 3m/year	
	2.25		7	17.8	1,000	//	//	冬季のみ洗瓶用に地下水を揚水。	
	14			18	90	ステンレス帯鋼 厚板鋼管	//	全揚水井に地下水の塩水化が認めら れる。	
	17.8			18	900			井戸ケーシングパイプの抜上りはま だ認められないが、ポンプ室の床に、 亀裂が発生している。	
	31.5			17.2	200				
	14		24	17.5	200			冷却用に海水 9,000m ³ /day を取水。	
	23.5		24					海水ポンプ (200m/mVP 40HP×2台 200m/mVP 25HP×1台)	
	7.4		24						
8.30	(12)	0.054m ³ /min 0.087m ³ /min 0.28m ³ /min	24 24 24	18 17 17.5	1,000 300 1,050	硝 子 瓶	冷却		

No.	工場および施設名	井戸番号	井戸名	さく井 年 度 S-昭和	さく井 側 管 傾 (%)	さく井 深 度 (m)	ポンプおよび 揚 水 動 力	ストレナー深度 (m)
10	日本水力工業 K. K.	1	浅井戸	—	1.2m	4.20	100m/mTP 5HP	—
		2	〃	—	2m	4	65m/mTP 5HP	—
		3	〃	—	—	4	TP 5HP	—
11	甲陽金属 K. K.	1	深井戸	S-31	250	25	75m/mBH 5HP	—
12	甲陽護謨工業 K. K.	1	浅井戸	—	1m	5	TP	—
		2	〃	—	1m	5	TP	—
		3	〃	—	1m	5	TP	—
		4	〃	—	1m	5	TP	—
13	西宮酒造 K. K.	1(東)	〃	宮水第1 井戸場	1.8~2.4	5.82	TP 2HP	—
		2(西)	〃	—	—	5.67	TP	—
		3(南)	〃	—	—	5.67	—	—
		4(北)	〃	—	—	5.47	—	—
		5(1-4号)	〃	宮水第2 井戸場	—	4.6~4.7	—	—
		1(用海井戸)	〃	—	—	4.10	TP	—
		2(〃)	〃	—	—	4.20	55m/mTP 5HP×1台	—
3(工場内)	〃	—	—	4.14	TP	—		
14	西宮鋼板 K. K.	1	深井戸	S-33-12	200	45	75m/mBH 7.5HP	14.2~20.5, 30.3~34.5, 38~44
15	神戸港湾冷蔵 K. K. 西宮工場	1	〃	S-26	300	—	125m/mBH 15HP	12.8~20, 30~34, 37.8 ~44.2, 57.5~60.5, 63~66.5, 77.4~80
		2	〃	S-26	300	80	75m/mBH 5HP	—
16	世界長ゴム K. K. 西宮工場	1	〃	S-33	250	36.2	100m/mBH 15HP	—
17	甲陽冷凍 K. K.	1	〃	—	200	35	75m/mBH 5HP	—
18	K. K. 第1コンデンサー 製作所	1	浅井戸	S-34	1m	6	TP 1HP	—
19	森永乳業 K. K. 阪神工場	1	深井戸	S-33	400	135	150m/mSP 35HP	38.8~41.5, 49.5~65.8, 78~97, 110~127
		2	〃	S-35	375	142	150m/mSP 50HP	33~37.3, 38.8~43.1, 48~50.2, 59.2~69.4, 82.4~103, 119~135.3
20	ニツカウイスキー K. K. 西宮工場	1	〃	S-34	200	139	75m/mSP 10HP	77~93, 112~130
21	大阪熱処理 K. K.	1	浅井戸	—	2.5m	3.5	50m/mTP 3HP	—
22	朝日麦酒 K. K. 西宮工場	1	深井戸	S-28	300	136	150m/mBH 30HP	—
		2	〃	S-30	300	136	150m/mBH 30HP	30~35, 39~41, 55~64 75.5~83, 93~95, 114 ~119, 123~126
		3	〃	S-23	400	136	150m/mBH 40HP	49~53, 55~63.5, 76.5 ~81.5, 117.5~128
		4	〃	S-28	350	136	150m/mBH 30HP	27~33, 48~60.5, 75.5 ~82, 86.5~92.5, 110.5 ~126.5
		5	〃	—	350	136	150m/mBH 25HP	29~35, 45.9~59.5, 76 ~81.5, 88~93.5, 117~ 128
		6	〃	S-34	350	136	125m/mSP 35HP	48~62.5, 80~84, 89~ 93, 113~125
		7	〃	S-34	350	136	125m/mSP 35HP	48~52, 54~58.5, 76~ 84, 88~93.5, 113~120 122~129
		8	〃	S-35	350	136	125m/mSP 40HP	44~59, 70~78.5, 81~ 89, 109~121, 123~125
		9	〃	S-35	350	136	125m/mSP 40HP	54~63, 77~85, 89~96 113~126

静水位 (m)	揚水位 (m)	揚水量 (m ³ /day)	使用 時間	水温 (°C)	水比 抵抗 (Ω-cm)	主 要 製 品	用 途	備 考						
2.5		30m ³ /h	20	17	1,000	各種ポンプ	冷 却							
					1,000									
					2,700	アルマイト加工	渡金槽の冷却, 酸洗							
					1,800	糸ゴム	冷 却							
6.5 (推定)	15		2~3	17	2,300	清 酒	原料・洗浄	宮水第1井戸場：しこみ用, 割水用 用海井戸：洗瓶用						
					18.9	2,300								
					18	1,500	薄 鋼 板		冷 却	地下水の水質悪いため一部上水を使用。 1号井は深度 16m まで埋没。 2 " " 45m "				
					24	17.5	2,800		製 水					
					24	16.7	2,000							
					10	17.8	2,800		ゴ ム 靴	冷 却	製水能力 17t/mon			
					24 (夏)	16.4	3,500							
					1	32			18	18.6	2,000	コンデンサー	冷 却	常時1本のみを交互運転で揚水。 冷凍機(500HP)の冷却。 洗瓶は地下水のみを使用。
					29					17.5	3,500	牛 乳	洗浄・冷却	
					19.7	20.5	727		5	18.6	4,500	洋 酒 (詰)	洗 浄	洗瓶用として地下水使用。 他に休止中の浅井戸3本がある。
2~3	130 l/min	8	18.6	2,200				帯鋼の焼入加工			冷 却			
29.6	1,300	24						ビ ー ル, サ イ ダ ー			冷 却			
31.6	1,200	24	18	4,500							揚水水位 31~33m (S-36-6) 1井あたりの揚水量は年々減少し, 計画水量にも支障をきたしている。			
32.4	1,200	24	17.7	5,500										
	1,350	24	17.5	3,000										
32.8	1,300	24	18.2	4,200										
31.9	1,800	24	18	3,900										
33.2	2,100	24	18	4,000										
28 (S-35)	33.2	2,100	24	18				5,000						
	33.8	2,500	24											

No.	工場および施設名	井戸番号	井戸名	さく井 年 度 S-昭和	さく井 側 管 (%)	さく井 深 度 (m)	ポンプおよび 揚 水 動 力	ストレーナ深度 (m)
23	西宮冷蔵 K. K.	1	深井戸	S-35	200	30	65m/mBH 7.5HP	—
24	伊藤ハム栄養食品 K. K.	1	〃	S-35-8	350	181	200m/mSP 40HP	—
		2	〃	S-35-8	350	181	200m/mSP 40HP	22~31, 38~42, 49~55 76~84, 87~94.5, 112~ 126.5, 144.5~156
		3	〃	S-36-6	350	81.8	S P	—
25	西宮製氷 K. K.	1	浅井戸	—	2.5m	5.8	75m/mTP 3HP	—
26	日興産業 K. K. 西宮工場	1	深井戸	S-27	350	91	175m/mBH 40HP	10.5~16.5, 28.8~37, 47~50, 63.5~78.5
		2	〃	S-35	350	154	150m/mSP 37KW	—
27	明治乳業 K. K.	1	〃	S-32	350	128	150m/mBH 30HP	48.5~53, 55~60.1, 79.5~81.8, 89.1~92
28	摂津冷蔵製氷 K. K.	1	〃	S-30	250	45	75m/mBH 10HP	14~21
		2	〃	S-35	300	63.5	100m/mBH 15HP	44~54.5
29	松村石油 K. K.	1	〃	S-34	150	50	50m/mSP 3HP	—
30	神戸製薬研究所	1	浅井戸	—	30	8	手押	—
31	西宮市上水道白池補水井	1	〃	—	6m	6.3	200m/mVP 50HP	—
	鳴尾水源井	2	〃	S-36	6m	9.10	250m/mVP 100HP予 200m/mSP 100HP定	暗渠 φ350m/m×50m 埋管 φ350m/m×20m
	武庫川第1水源井	3	〃	S-11	4m	10	200m/mVP 100HP×2 80HPヂェゼル	—
	〃 第2水源井	4	〃	S-11	4m	11	200m/mVP 125HP×1 60HP×2	—
	中新田水源井	5	〃	—	6m	10	150m/mVP 60HP×2 200m/mVP 30HP×1	—
	鯨池水源井	6	〃	S-27	6m	10	200m/mVP 100HP×1	—
	仁川第1ポンプ井	7	〃	—	3m	7.8	75m/mVP 5HP×2	—
	仁川第2ポンプ井	8	〃	—	3m	10	75m/mVP 3HP×1台 5HP×2台	—

注1) BH ; ボアーホールポンプ
 SP ; 水中モーター 〃
 TP ; タービン 〃
 VP ; 渦 巻 〃
 AL ; エヤーリフト
 PWL ; 揚水水位

注2) このほかに宮水を取水する浅井戸, そのほか醸造工場の雑用水を取水する井戸若干がある。

よつて 15,000 m³/day の地下水が使用されており, また川崎製鉄 K. K. では井戸 6 本によつて約 7,000 m³/day の地下水が揚水されている。

地下水は冷却用として適しており, さかんに揚水井の掘さくが行なわれている。西宮市において工場用井戸の掘さくが盛んになりだしたのは, 昭和 25 年頃からであるが, 今回の調査対象工場 30 カ所における井戸総数は 67 本を数えており, このうち約半分にあたる工業用の井戸はすべて最近 4~5 年の間に新設されたものである。

なお, 海水を工業に使用しているものでは, 川崎製鉄 K. K. の 9,000 m³/day, 豊年製油 K. K. の 12,000 m³/day

が挙げられる。

4. 帯水層の分布と地下水の水比抵抗値

収集した工場用深井戸のさく井地層図は, およそ 16 本で第 3 図に示すとおりである。利用されている帯水部は砂礫層が多く, 深層部になるにしたがつて礫も一般に細かいものとなっているようであるが, 90m 以深ではおおむね砂層が多くなっている。

現在, 利用されている帯水層は深度 220m までに 6 層を数えているが, 間に粘土層を挟み比較的連続性に富んだ砂礫層となっている (第 4 図参照)。

静水位 (m)	揚水位 (m)	揚水量 (m ³ /day)	使用 時間	水温 (°C)	水比 抵抗 (Ω-cm)	主要製品	用途	備考
			24	18	2,300	冷 蔵	冷 却	貯蔵能力 3,500t
35	40		16	18	4,800	ハ ム	〃	地下水は冷凍機の冷却に使用。 井戸の運転水位は 40m を示し、西 宮市のうちでも、もつとも低下を見 せている。3号井掘さく完了 (S- 36-6)
35	40		16	17.5	5,000			
16.5			—	15.5	2,500			
		23m ³ /h	24	18.0	2,000	製 氷	冷 却	製氷能力 8t/day
	30 (推定)	540	24	18.6	4,000	殿 粉・水 ア メ	洗 浄・冷 却	冷凍機の冷却用に使用
		2,100	24	18.8	4,600			
	30	90m ³ /h	12	17.3	5,500	牛 乳	冷 却	井水は冷却用に、上水は洗瓶用に使 用。S-35年のPWL 28m
		300	24			製 氷	〃	製氷能力 40t/day
		450	24		3,600			井水は水質が悪いため上水のみ循環 使用。
				19	3,300	にんにく軟膏	雑 用	
	4.80	130m ³ /h	24	15.4	4,000		西宮市水道 水	武庫川右岸の伏流を取水
		計画水量 (8,000)	—	18.0	4,000		〃	〃
	6.50	5,500	24	16.4	3,600		〃	〃
	8.70	6,000	24	16.2	4,000		〃	〃
		9,000	24	15.7	3,600		〃	〃
	6.60	6,000	24	17.4	4,400		〃	〃
	2.8~3	500	24	18	5,500		〃	仁川第1ポンプ井は降雨時に濁るた め汙過装置を使用。
	6.90	2,000	24	17.7	5,000		〃	

第1帯水層は沖積層に相当し、第2～第4帯水層までは洪積層に、さらに第5・第6帯水層は第三紀層に相当するものと考えられる。伊藤ハム K. K.・朝日麦酒 K. K. など東海国鉄沿線付近における第4帯水層 (洪積層) の基底深度は80~90m、また臨海部における吉原製油 K. K. 付近では深度 120m 前後となっている。第4帯水層以浅の地下水を揚水する深井戸では、ケーシングの抜上り現象がまったく見られず、第5・第6帯水層を利用する深井戸ではそれが生じている。

このような結果からみると、第5・第6帯水層付近に
とくに地盤の圧密・変形が起こっているものと思われ

る。

川崎製鉄 K. K. における大部分の揚水井では深度35~40m (第1帯水層) にストレーナが設けられているため、現在揚水井には塩水の混入が生じており、今後は揚水量が増大するにつれて水質悪化が進行するものと考えられる。現在のところ西宮市のうちで、とくに地下水が塩水化している深井戸は、川崎製鉄 K. K. の全井 (6本) および吉原製油の 16号井戸などであり、また自由面地下水では山村硝子 K. K. の 3号井、吉原製油 K. K. の浅井戸 (4本) などである。

工場用揚水井で測定した地下水の水比抵抗は、およそ

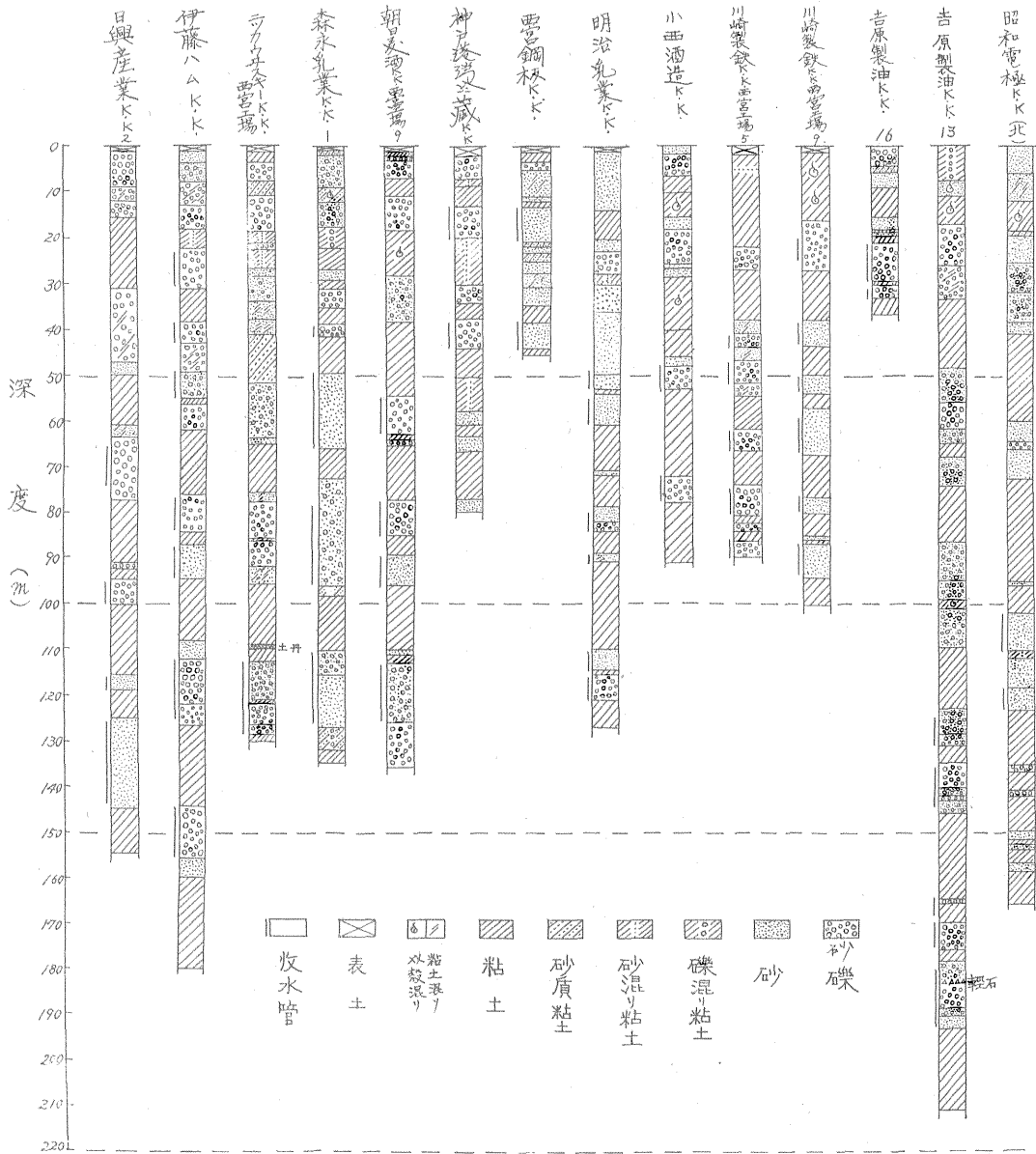
つぎのとおり区分することができる (第5図参照)。

(1) 深度10m以浅の地下水を揚水している 浅井戸では、2,300Ω-cm, 日本水力工業K. K.・山村硝子K. K. (1号・4号) などでは1,000Ω-cm 台, また武庫川右岸側で河床地下水を取水する西宮市の上水道水源井の水比抵抗は3,600~4,000Ω-cm となつている。このほか臨海部の工場のなかには塩水の混入した地下水を

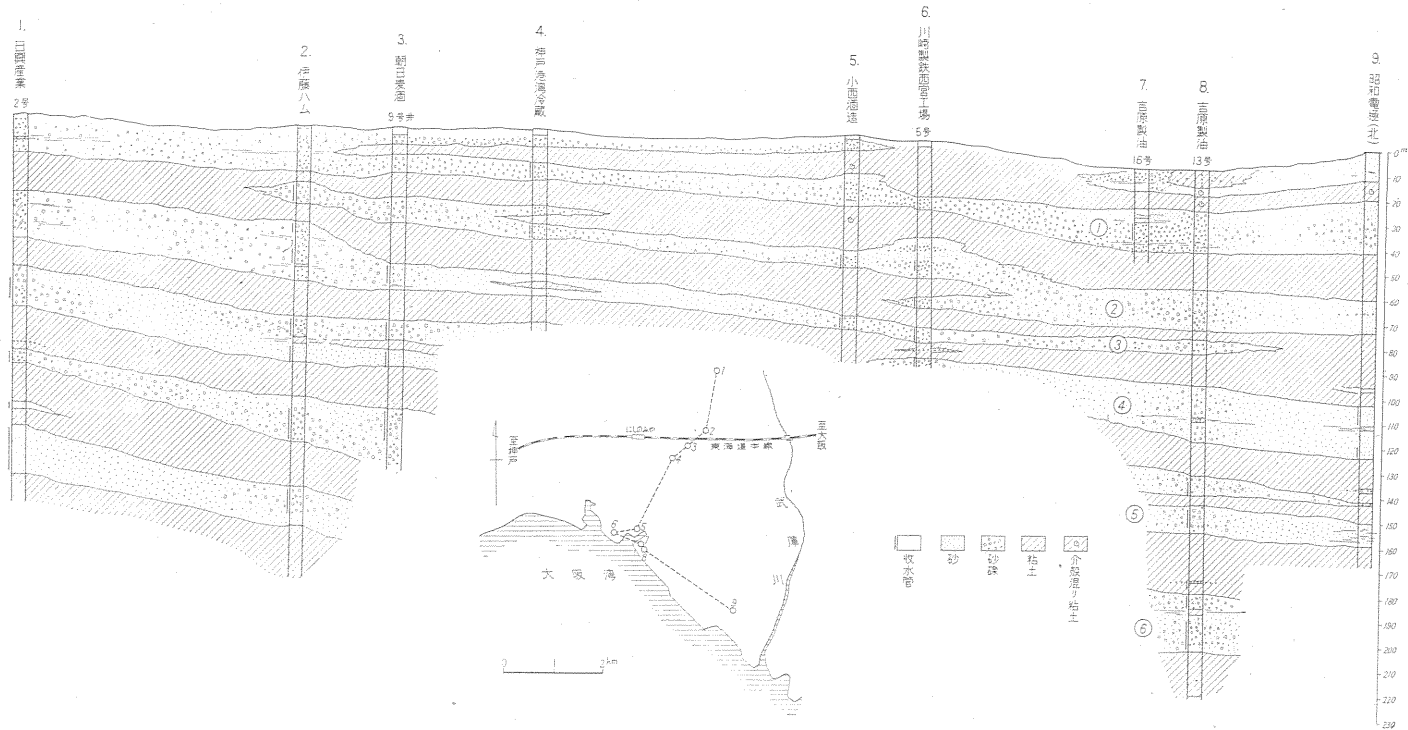
揚水しているものがあり, 吉原製油K. K. の工場用浅井戸における水比抵抗は50~120Ω-cm を示している。

(2) 深度10~70m の第2~第4帯水層までの地下水を揚水する世界長ゴムK. K.・摂津冷蔵K. K.・神戸港湾K. K. など小規模用水型工場における揚水井の水比抵抗値は2,000~3,500Ω-cm となつている。

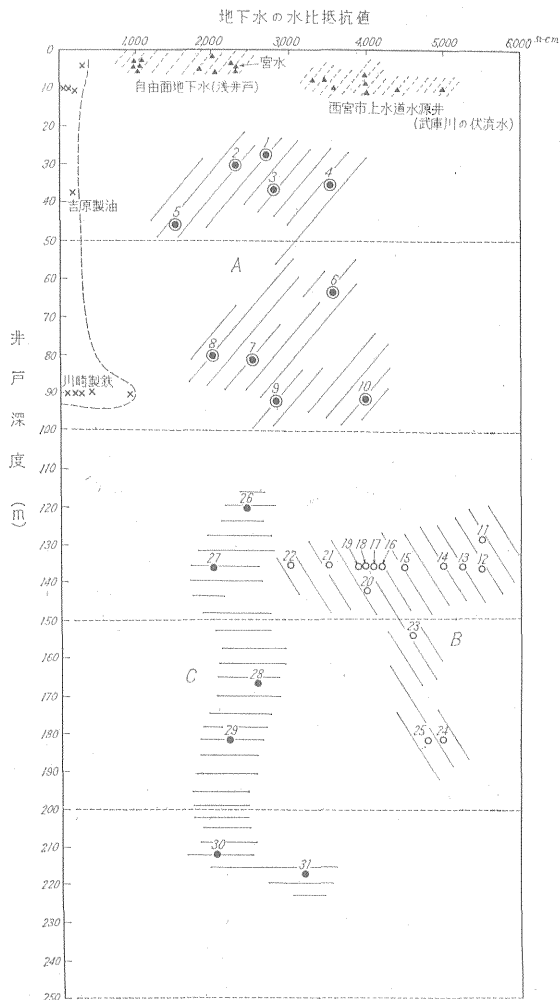
(3) 東海道国鉄沿線の朝日麦酒K. K.・森永乳業



第3図 西宮市における深井戸さく井地層断面図



第 4 図 西宮市における地質断面模式図 (工場きく井資料による)



第5図 西宮市における深度別にみた揚水井の地下水水比抵抗値

- A) 1. 甲陽金属
- 2. 西宮冷蔵
- 3. 世界長冷蔵
- 4. 甲陽冷蔵板
- 5. 西宮鋼冷蔵
- 6. 摂津冷蔵
- 7. 伊藤冷蔵
- 8. 神戸冷蔵
- 9. 小西酒造
- 10. 日興産業1

深度95mまでの地下水揚水井
(水比抵抗値 2,000~4,000 Ω-cm)

- B) 11. 明治乳業
- 12. 朝日麦酒
- 13. //
- 14. //
- 15. //
- 16. //
- 17. //
- 18. //
- 19. //
- 20. 森永乳業
- 21. //
- 22. 朝日麦酒
- 23. 日興産業2
- 24. 伊藤ハム
- 25. //

深度180mまでの地下水揚水井
(水比抵抗値 3,000~5,500 Ω-cm)

- C) 26. 豊年製油
- 27. 白石工業
- 28. 昭和電極
- 29. //
- 30. 吉原製油
- 31. 旭工業

深度120~220mまでの地下水揚水井
(水比抵抗値 2,000~3,000 Ω-cm)

× 地下水が塩水化している臨海部の揚水井
(水比抵抗値 50~900 Ω-cm)

▲ 深度10mまでの浅井戸
{ 自由面地下水水比抵抗値1,000~2,600 Ω-cm
武庫川伏流水 " 3,000~5,500 Ω-cm



第 6 図 西宮市における地下水の水比抵抗等値線

K. K. 伊藤ハム K. K. などでは、深度 130~180m (第 3~第 6 帯水層) の地下水を取水しているが、その水比抵抗は 3,000~5,500Ω-cm となっている。

(4) 深度 120~220 m までの深部帯水層 (第 5・第 6) はおもに臨海部の白石工業 K. K.・旭工業 K. K. などの工場で利用されているが、海岸側では浅層部の地下水が塩水化しているため、とくに Cl⁻ の混入していない深部の帯水層中の地下水が揚水されている。水比抵抗は 2,000~3,000Ω-cm であり、これらの地下水は水質・水温の面からいつて第 4 帯水層以浅の地下水とは明らかに区別することができる。

とくに地下水を量的に期待するためには、やはり深度 120 m ぐらいまで掘さくする必要があるが、大口の用水型工場では大部分 120~140 m までの地下水を揚水しており、小企業では深度 60 m (第 1~第 3 帯水層) ほとまりの揚水井が多く利用されている。また臨海部の工場では地下水の塩水化を防ぐため、おもに深度 220 m までの深層地下水を対象にして井戸が掘さくされている。

5. 地下水の塩水化と地盤沈下

年々、揚水量が増加するにつれて地下水の供給にも限界があるため、次第に帯水層の圧力が減退し、遂には塩

水の流入を誘発して全体的に地下水の水質がそこなわれてくる。こうしてすでに地盤沈下の影響として満潮時に工場の排水が困難になるところができています。このような障害は白石工業K. K.・豊年製油K. K.などの工場で見られ、こういった影響範囲が拡大するにつれ、降雨後の排水事情が悪くなったり、地下水の塩水化は金属機械に腐食を生じ、次第に工場にとって致命的な問題となってくるのである。

川崎製鉄K. K. 西宮工場における地盤沈下量は昭和25年以来約60cmといわれ、高潮などの対策としてすでに防潮堤のかさ上げが必要になっている。また工場用水源井には塩水の混入が増加してきたため、水質の関係で冷却水の一部には上水道水が使用されている。なお、ポンプ小屋のコンクリート床には亀裂がみとめられるが、ケーシングの抜上りはほとんどみとめられない。また工場地盤は海面に較べて低くなっている地区があり、満潮時には一部下水管からの逆流が見られる。地下水の水比抵抗は100~200 Ω -cmとなつていますが、第1帯水層にストレーナを設けていない6号井のみは、他の井戸に較べて900 Ω -cmを示している。つまり浅部の帯水層(第1層)ほど塩水の混入が強く、深層部の帯水層(第2層)ほどCl⁻値が少ないことが理解できる。

吉原製油K. K. では、かつて抄紙用に相当数の深井戸によつて地下水を揚水していたのであるが、近年食用油の生産のみに切替えたため、現在では地下水の利用が少なくなつてい。さらに地盤沈下の進行を防止する意味からいつて深井戸1本のみを残し、地盤沈下にあまり関係しないと思われる浅井戸4本を使用して、ほとんど海水に近い浅層の地下水を揚水している。つまり地盤沈下の進行を少しでも和げる意味から、大量に用水を必要とする現場には水質をぎせいにし、Cl⁻の含有量の多い浅井戸の水を充当しているというわけである。こうして工場側で測定している地盤沈下の記録によると、深井戸を多数使用していた昭和34年における地盤沈下量が10cm/yearであつたのに比較して、浅井戸使用に切替えた昭和35年以後における沈下量は3cm/yearの割合に減少したといわれる。

豊年製油K. K. には1本のエヤリフト井があるが、地下水はあまり揚水しておらず、おもにピットによつて約12,000m³/day程度の海水を取水している。最近満潮時には地盤沈下の影響をうけ、排水路から海水が逆流するようになったため、下水の排水路を、高くつくり直している。

東南部の一帯には昭和10年以来少なくとも1m以上の沈下量が推定される。むろんこの一部には南海大地震に

伴なう沈下も含まれているが、現在なお年間平均5~6cm前後の沈下量を示しているものと考えられ、豊年製油K. K.の工場敷地の西側、約半分というものは、満潮時には完全に海面下の土地となつている。

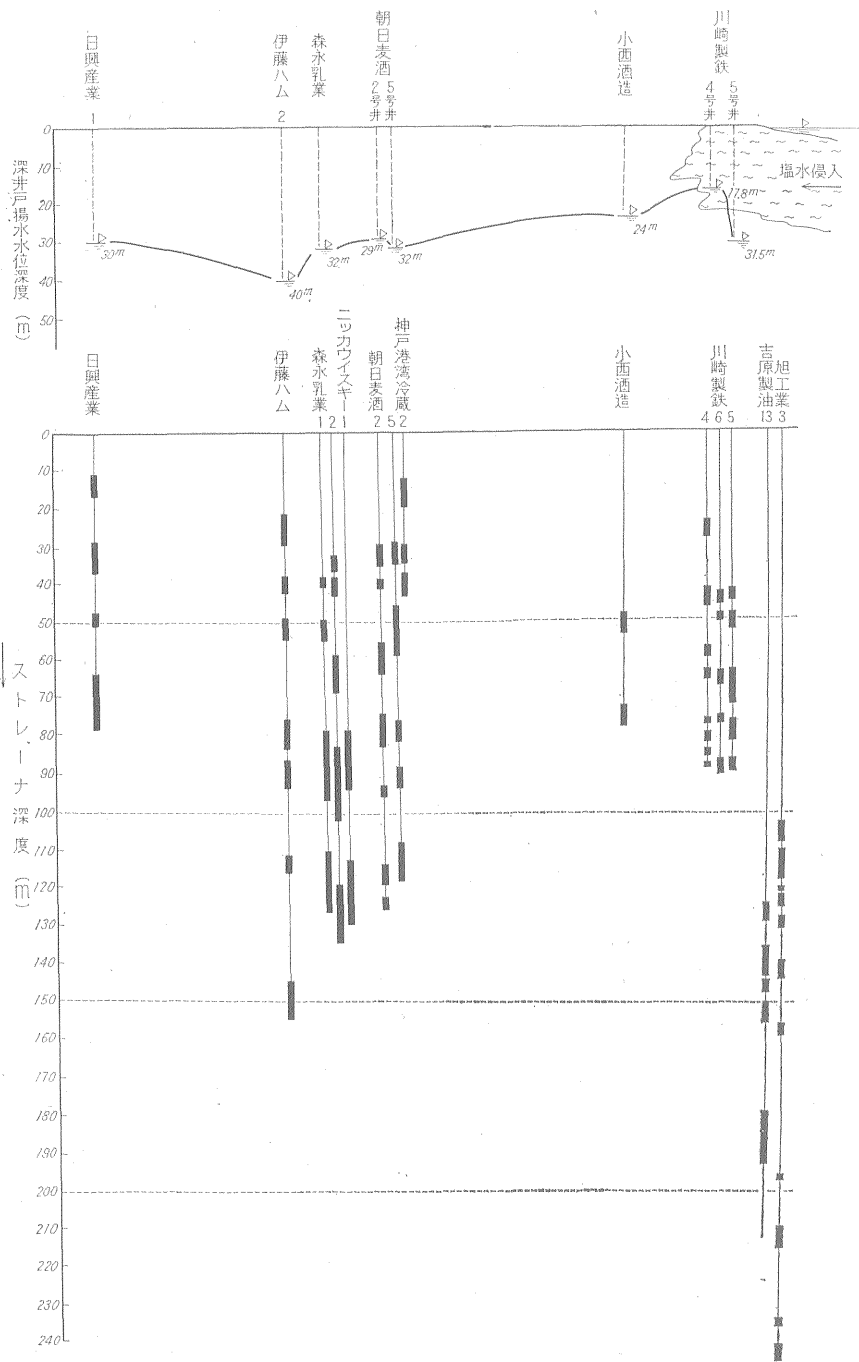
白石工業K. K. では地盤沈下量の測定を行なつてはいないが、いままでに70cm以上は沈下を示しているのではないかといわれる。工場内の道路などにはたえず土盛りを行なつているにもかかわらず、満潮の工場地盤は海面とほとんど同じ位の高さにあるという。

旭工業K. K. では深度220mまでの地下水を揚水しているが、浅層部にはストレーナを設けていないため、この深度におけるCl⁻などの水質の変化は不明である。しかし新明和工業K. K.のエヤリフト井が塩水化していることから考えると、おそらく川崎製鉄K. K.と同様に白石工業K. K.から旭工業K. K.にかけての1帯でも深度40m以浅は塩水化が進んでいるものと考えてよいと思う。

旭工業K. K.・昭和電極K. K.・吉原製油K. K.などの深井戸では、いずれも塩水の呼び込みをさけるため、比較的深層部の地下水を対象にして揚水しなければならず、そのストレーナ深度は100~220m程度とならざるをえない。

6. 地下水の揚水量と圧力面低下

西宮市のうちで地下水の圧力面低下が、とくにめだつているのは朝日麦酒K. K.を中心とした深井戸群である。とくに朝日麦酒K. K.における15,000m³/dayの地下水利用量は、明らかに地区的過剰の徴候を示している。この1井あたりの平均揚水量は1,600m³/dayで、その運転水位は30~33mである。また伊藤ハムK. K.における1井あたりの揚水量は1,800m³/dayで約40mの揚水水位となつている。また臨海部の工場における揚水水位は小西酒造K. K.で24m、川崎製鉄K. K.では17.5~23mとなつており、また100m以深の地下水を揚水している吉原製油K. K.では41mとなつている。川崎製鉄における揚水井はCl⁻が増加しており、明らかに被圧地下水の圧力減退を物語つており、次第に地下水の塩水化を促進しているものと考えられる。むろん海水の供給を受けた地下水は内陸側の工場に較べて1井あたりの汲み上げ量もあまり減少しないうえ、地下水の圧力面も高く保たれている。こうして最近では地下水の汲み上げが増大し、地下水の圧力面低下が目立っているが、第8図に示されるように西宮市における深井戸群の揚水量は、1,000~2,000m³/dayの範囲で30~35mの運転水位となつており、そのもつとも深いものでは41mまで低下してい



第 7 図 西宮市における深井戸揚水水位とストレーナ深度の状況

第4表 兵庫県西宮市における

No.		pH	RpH	free CO ₂ (ppm)	HCO ₃ ⁻ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)
1	武庫川, 表流水	6.4	6.7	8	11.0	8.4	1.5	3.5
2	朝日麦酒 K. K. 3号井	6.8	7.1	26	68.4	18.1	1>	8.5
3	〃 6号井	6.6	6.8	45	64.6	33.5	1>	13.5
4	〃 4号井	6.4	6.9	46	61.0	46.0	2.5	18.5
5	明治乳業 K. K.	6.5	7.8	40	69.5	12.5	1>	8.1
6	伊藤ハム栄養食品K.K.2号井	6.9	7.4	34	91.5	11.8	1>	8.5
7	〃 1号井	7.0	7.2	23	103.5	10.4	1>	9.6
8	仁川第2ポンプ場	6.5	6.9	23	53.7	13.2	1>	16.2
9	日興産業 K. K. 2号井	6.7	7.2	37	97.6	14.6	1>	10.0
10	ニツカウイスキー K. K.	6.9	7.1	28	83.0	15.3	1>	8.8
11	森永乳業 K. K. 2号井	6.7	6.9	25	59.8	30.7	1.5	12.3
12	〃 1号井	6.6	6.8	29	51.2	40.5	1.8	11.6
13	西宮市鯨池水源井(第1)	6.2	6.6	28	31.7	32.1	1>	14.6
14	〃 白池補水井	6.3	6.6	20	30.5	43.2	2.0	15.4
15	〃 武庫川水源井(第2)	6.3	6.6	21	25.6	46.0	2.5	15.8
16	〃 鳴尾水源井(第1)	6.5	6.6	20	34.1	41.8	2.2	17.3
17	〃 中新田水源井	6.6	6.8	17	35.4	43.2	2.5	16.6
18	甲陽冷凍 K. K.	6.4	6.7	22	46.3	41.8	1.0	6.2
19	旭工業 K. K. 2号井	7.1	7.6	40	219.0	46.0	1>	17.7
20	〃 河水	7.1	7.7	21	192.5	48.8	1>	17.3
21	世界長ゴム K. K.	6.2	6.6	47	41.5	50.2	3.5	18.1
22	神戸港湾冷蔵 K. K. 1号井	6.2	6.8	46	78.0	47.4	3.5	20.0
23	西宮酒造 K. K. 第1宮水井戸	6.9	7.8	15	136.5	32.0	3.5	38.6
24	〃 用海井戸	6.7	6.9	22	132.0	40.5	4.5	37.8
25	小西酒造 K. K.	6.9	7.4	21	95.1	64.2	1>	10.0
26	甲陽金属 K. K.	6.6	6.8	39	52.5	41.8	3.5	11.6
27	昭和電極 K. K. SP井戸	7.0	7.4	43	200.0	16.7	1>	13.1
28	〃 BH井戸	6.8	7.1	54	205.0	41.8	1>	18.9
29	豊年製油 K. K. AL井戸	7.2	7.6	34	239.0	17.1	1>	16.9
30	吉原製油 K. K. 16号井	6.5	6.9	—	53.7	2082.0	5.5	144.5
31	〃 13号井	6.9	7.3	30	191.5	57.2	1>	20.8
32	白石工業 K. K. (大)	6.9	7.3	48	249.0	28.0	1>	28.5
33	〃 (小)	7.0	7.4	22	139.0	404.0	1>	54.0
34	西宮鋼板 K. K.	6.4	6.9	65	143.0	58.6	4.5	26.2
35	長部商店 浅井戸	6.6	7.0	19	122.0	241.0	5.0	74.0
36	山村硝子 K. K.	6.9	7.1	24	110.0	774.0	6.0	60.4
37	川崎製鉄 K. K. 5号井	6.8	7.0	35	172.0	233.0	1>	35.9
38	〃 1号井	6.8	7.2	—	194.0	3990.0	5.5	217.2

備考

* SiO₂ はイオン状珪酸を表わす

** M-アルカリ度≧全硬度のとき

炭酸塩硬度=M-アルカリ度

重炭酸曹達=(M-アルカリ度-全硬度)×1.19

M-アルカリ度<全硬度のとき

非炭酸塩硬度=全硬度-M-アルカリ度

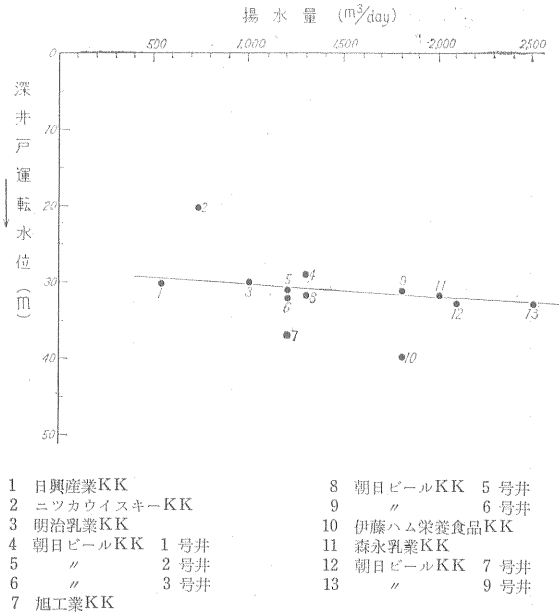
*** 西宮市, 各水道水源井の水質は, 塩素を投入されたものを採水した。

兵庫県西宮市工業用地下水調査報告 (蔵田延男・高橋 稯)

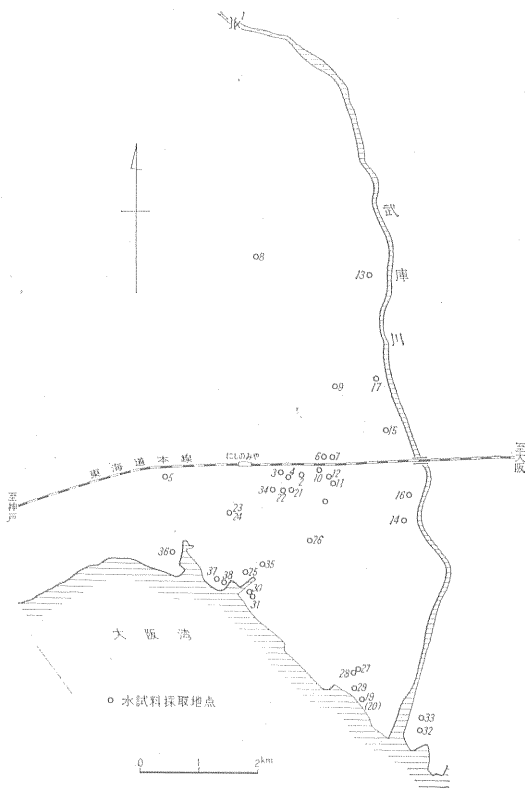
る 水 質 分 析 結 果 (測点位置は第9図参照)

Mg ²⁺ (ppm)	全硬度 (ドイツ)	total Fe (ppm)	KMnO ₄ cons. (ppm)	SiO ₂ (ppm)	NH ₄ ⁺ (ppm)	P (ppm)	NO ₂ ⁻	電 気 伝導度 μS/20°C	CaCO ₃ ppm	
									M-アル カリ度	全 硬 度
0.7	0.65	0.06	3.24	20.8	0.45	0.00	0.02	71	9	11.6
3.8	2.05	1.95	2.95	54.0	0.85	0.05	1.14	149	56	36.7
5.1	3.08	2.12	2.06	37.0	0.73	0.10	0.06	232	53	55.0
7.5	4.31	0.44	1.77	31.6	0.35	0.02	0.00	302	54	77.1
4.0	2.05	1.90	0.88	57.0	0.64	0.04	0.00	147	57	36.7
5.9	2.54	1.98	1.48	55.5	1.15	0.09	1.32	167	75	45.4
5.9	2.70	1.51	8.25	55.0	1.59	0.10	0.01	161	85	48.2
3.0	2.97	0.01	3.24	22.0	0.05	0.02	0.01	169	44	53.1
6.1	2.80	1.23	5.90	53.5	0.21	0.10	1.06	174	80	50.1
5.9	2.60	1.56	4.42	55.5	1.23	0.09	1.32	164	68	46.4
2.8	2.70	0.86	5.90	42.6	0.38	0.51	0.00	204	49	48.2
5.8	2.96	1.95	0.60	41.0	0.38	0.08	0.00	238	42	53.0
2.6	2.64	0.01	18.85	26.2	0.78	0.60	0.02	192	26	47.2
3.3	2.92	0.01	5.00	22.2	0.26	0.00	0.00	228	25	52.1
3.0	2.92	0.01	4.42	22.2	0.19	0.00	0.00	232	21	52.1
2.8	3.08	0.02	11.20	19.6	0.44	0.00	0.00	228	28	55.0
2.3	2.86	0.01	18.30	21.8	0.87	0.00	0.01	238	29	51.1
10.0	3.13	0.94	2.36	25.0	0.40	0.19	0.50	238	38	56.0
15.4	6.04	1.32	7.66	42.2	5.70	0.20	7.50	384	180	108.0
15.7	6.05	0.09	18.00	40.8	0.80	0.11	0.08	384	158	108.0
6.6	4.04	0.41	0.88	21.2	0.47	0.02	0.00	286	34	72.4
8.0	4.65	0.60	0.60	17.6	0.35	0.00	0.00	312	64	83.0
8.4	7.34	0.00	9.15	26.6	5.20	1.56	0.01	358	112	131.0
8.9	7.34	0.00	4.70	23.8	0.15	1.06	0.00	418	108	131.0
8.9	3.46	0.41	12.40	37.0	1.17	0.22	3.60	312	78	61.8
7.0	3.24	1.67	0.60	16.4	1.17	0.01	0.08	286	43	58.0
13.1	4.85	1.85	14.00	45.8	4.90	0.09	0.02	302	164	86.8
16.4	6.37	2.04	7.66	43.8	4.70	0.05	0.01	370	168	115.0
16.2	6.10	1.95	32.10	45.2	6.25	0.00	9.60	356	196	109.0
210.2	56.40	7.60	20.00	21.8	5.70	0.00	0.08	5,000	44	1010.0
15.5	6.50	1.45	8.55	48.6	6.00	0.08	0.98	434	157	116.0
11.8	6.71	1.78	10.00	40.8	5.50	0.04	0.02	384	204	120.0
39.4	16.60	1.71	20.00	35.2	5.10	0.01	7.70	1,660	114	297.0
21.2	8.55	3.25	5.30	21.8	0.80	0.01	0.78	434	117	153.0
16.0	14.10	0.04	4.42	24.2	0.59	0.79	0.00	834	100	251.0
53.2	20.80	0.14	9.75	25.0	1.40	0.90	0.00	2,700	90	371.0
30.1	12.00	1.62	8.85	51.0	5.70	0.00	0.13	714	140	214.0
266.2	92.00	8.50	17.20	29.2	6.50	0.00	0.02	7,100	159	1640.0

分析: 安 藤 武



第8図 西宮市の深井戸における揚水量と運転水位の関係



第9図 西宮市における工業用水源調査水試料採取地点位置図

るのであるが、昭和34年に西宮市総務部広報統計課がとりまとめた地下水の実態調査によると、当時の揚水水位は20~25mであつた。したがつてこれを今回実施した調査結果と比較してみると、地下水の圧力面は2~3m/yearの割合で低下していることになる。このまゝ数年を経過するならば、ほとんどの揚水水位が40mを突破してしまうであろう。こうした圧力面低下は年々用水需要が増大するにつれ、1井あたりの地下水汲み上げ量にも今後支障をきたすことが予想される。さらに地下水の圧力面低下が進むにもかかわらず、一方的に過剰揚水を続けるならば、地盤沈下のさらに急速な進行を促がすこととなる。

7. 地下水の水質など

武庫川表流1点を含め合計38点の水試料水質分析の結果は第4表および第9図に示したとおりである。尼崎と同様鉄が多く、NH⁺ および NO₂⁻ がやゝ目立つが、そのほかとくに際立つた特色はない。

西宮市には古くから有名な宮水があり、灘生一本の仕込用水として貴重な存在となつている。もともとこの宮水は適度の硬度と塩分とを有しており、とくにCl⁻含有量は30~50ppm前後のものがその対象となつており、しかも地下4~5mまでの深さに分布する特定の砂層中の湧出水に限られていた。ところが地盤沈下の進行に伴

ない、当該帯水層中にはげしい Cl^- の混入が生じ、肝心の宮水賦存地区は塩水化して、30~50 ppm の部分は内陸側に追い込まれ、現在100m×300m前後の狭い土地において辛じて、その歴史を守っている。これらの水理・水質については、現地において済川要氏が詳細な研究を続行しているので、こゝには省略するが、この宮水地区の保護については、地盤沈下の進行を一刻も早く抑止するとともに、さらに別個な観点からも緊急の措置がとられなければならないまい。

8. 総合的所見

この調査の結果判断される所見を総合的に記せばおよそつぎのとおりである。

1) 西宮市内の地盤沈下については系統的な観測記録がない。しかし断片的な記録によると市の南東部では、終戦後すでに年10cm前後の沈下量を示したところがあり、現在でも5~6 cm/yearの割合で沈下している地帯が推定できる。

2) 市域内の被圧地下水水位は内陸側、東海道線沿線でむしろ深く、揚水水位は常時30~40 mにまでなっている。これに対し臨海部は著しい塩水の混入により、水質の悪化の代償として、水位はそれほど深くなっていない。

3) 市域内所在工場の用水総使用量85,000 m^3/day の65%が地下水、そのまた85%が、被圧地下水である。地域の広さからみた揚水量（1 km^2 あたり約2,500 m^3/day ）は決して多過ぎるというものではないが、局部的に過大な揚水井~揚水地区が見受けられるということは明らかである。なお現在30,000 m^3/day を取水し、さらに拡張中の西宮市の西宮市上水道の武庫川水源群は、直接ではないにせよ、間接には西宮市の地下水を入口で取

つてしまうかたちになるわけだから、水資源全体として考えるときには充分問題にしてよろしかろう。慎重な配慮を要しよう。

4) 少なくともこれら過大揚水井~揚水地区を無くするため、工業用水道水の供給をはかることは、きわめて適切な処置であり、緊急に着手すべき必要をみとめざるをえない。

5) 工業用水道計画の立案をまつて、工業用水法の施行を研究することは、少なくとも市東南部~中央部について必要な措置と考えられる。尼崎市の同法施行効果をあげる点からいつても、水理地質的にこれは当然必要な処置と思われる。

6) この調査では宮水の主体については直接ふれなかつたが、現在きわめて狭い土地に追い込まれており、宮水そのものは、明らかに被圧地下水の水圧低下——地盤沈下——浅い自由面地下水である宮水への塩水浸入という過程によつて後退を余儀なくされたものであり、地盤沈下の促進防止とともに、別に特別な保護措置を緊急、要請することが、宮水保存の基本として適切なことと考える。

7) 大阪湾岸埋立計画えの一方面的な進出は慎重を要する。少なくともヒンターランドとなる現存の陸地に対して、沈下防止対策がなんらかのかたちで着手され、効果を示しはじめてから行なわれるべきものであろう。

（昭和36年6月調査）

文 献

- 1) 蔵田延男外3名：尼崎市工業用水源小規模地域調査報告，地質調査所月報，Vol. 8, No. 6, 1957
- 2) 西宮市役所：西宮市史，第1巻，1959