

## 三重県四日市市工業用深井戸水源調査報告\*

工業用水調査グループ

### Groundwater Researches for Fabric Industry at Yokkaichi City, Mie Prefecture

By

Cooperative Group of Hydrogeology for Industrial Water Supply

#### Abstract

A precise investigation on the confined water at Yokkaichi districts was performed in 1956 for industrial water supply. In comparison with the last investigation in 1952, the pumping quantity of groundwater is increased by 60%, and the groundwater situation in those districts has become to be distinctly worse. But promising aquifers in deep horizon have been found out by a boring of 364 m in depth.

#### 要 約

1) 工業用水法による指定地域の範囲および井戸規制基準策定の目的をもって、昭和27年調査を行ったことのある四日市市の工業用深井戸群の精査を行った。

2) 四日市市の工業用水取得量は、三滝川以南の部分で海水300,000 m<sup>3</sup>/日のほかに淡水135,000 m<sup>3</sup>/日がある。淡水取得量は昭和27年調査当時より60%増加している。

3) 揚水水位もまた、前回調査に比較して一般に深くなっており、とくに水中モーターポンプの使用が拡大したことなども手伝って、揚水水位25 m以深の範囲が著しく拡大されている。

4) 被圧面地下水中への塩水混入が始まっている。

5) 揚水量に対する水位降下の関係は、水位降下3 mに対し1,000 m<sup>3</sup>/日、5 mに対し1,500 m<sup>3</sup>/日、10 mに対し3,000 m<sup>3</sup>/日程度を示しているが、仔細に検討すると、水位降下6~7 m (揚水量2,000 m<sup>3</sup>/日) が適正揚水量の限界に概略相当しているものと推定される。

6) 前回調査当時依頼してあつた水位観測が深度の異なつた3本の井戸について綿密に行われた結果、水位の帯水層ごとの相違、それぞれの季節変化、経年変化などがわかつてきた。

7) 200 m以深の掘鑿が行われ、少なくとも深度360 m前後まで、200 m以浅の部分と同様な堆積層が連続して

いることが判明した。揚水試験の結果では、200 m以深の帯水層はそれ以浅の帯水層よりも揚水量に対する水位降下が小さく、優れた湧出量を示している。

#### 1. 緒 言

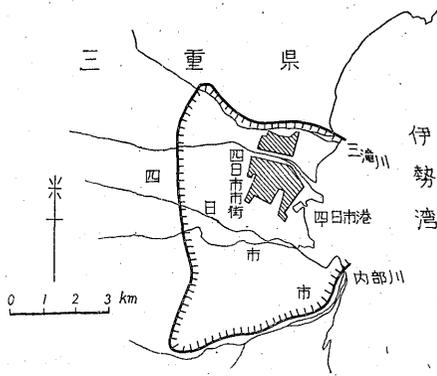
工業用水法に伴う指定地域の範囲および井戸規制基準の策定のため、四日市市三滝川以南の所在工場23、水道水源3などの深井戸について精査を行った。昭和27年10月に三重県全体の地域調査を行った際その概要は調査を行つていたり関係上、2,3の興味ある事実が指摘できたうえ、工業用水法適用により井戸の利用規模に今後変化が予想できるので、こゝに今回の調査結果を記述し、指定直前の現況を記録にとどめておきたいと思う。

なおこの調査は通商産業省企業局の依頼により、昭和31年10月下旬に行つたものであつて、現地調査は蔵田延男・森和雄・比留川貴・室住正世の4名が主として担当し、四日市市水道課の協力により実施したものである。そして調査結果は昭和32年2月1日工業用水審議会において報告、討議されている。

#### 2. 水 理 的 環 境

四日市市は四日市港を中心として、その背後地に毛紡と化学工業が栄えている工業都市であるが、これとは別に市北部には東阿倉川附近の万古焼の工場群、富田附近の紡績工場群などがあり、伊勢湾岸における重要な工業地帯を形成している。その市街地は伊勢湾岸沿いに南北に長く、北縁は集水面積414.8 km<sup>2</sup>の町屋川により桑名

\* 通商産業省企業局依頼調査  
発表許可昭和31年10月



第1図 四日市市工業用水源調査範囲図  
(太い実線で囲まれた部分)

市に対し、南縁は同じく 552.6 km<sup>2</sup> の鈴鹿川により鈴鹿市および三重郡桶町と隣り合っている。この間約 15 km に達するが、これに対し、東西方向はその幅概して狭く、東側には伊勢湾、市街地西側には第三紀層の丘陵が迫まっているので、直接生産に利用されている沖積低地は、市の南部、北部を通じて、その幅 2~3 km を超えない。

河川およびその地下水供給能力 四日市市に関連のある河川としては、前述町屋川・鈴鹿川のほかに、北から朝明川(集水面積 103 km<sup>2</sup>)・海蔵川(同 34.8 km<sup>2</sup>)・三滝川(同 76.8 km<sup>2</sup>) および鹿化川(同 42.8 km<sup>2</sup>) が順に南に向かって並んでいる。しかしいずれも流域面積が狭く、したがって集水量も小さく、表流そのものはかなり上流で河床下に伏没してしまい、四日市市全体としてみた場合には地下水を涵養している割合がそれほど大きなものは期待できない。たゞ鈴鹿川のみは、その河床堆積物が細粒のものに富んでいるにもかかわらず、その表流および伏流は四日市市最南部一帯の地下水源としてかなりの程度重要なものに考えられる。しかしこれも夏季渇水期とそれ以外の時期とではその地下水供給量に相当の差があり、とくに鈴鹿川は上流における水利用度が高い河川である点を考慮すれば、その地下水供給源としての働きは、過大に評価することはできない。

地下水の分布 四日市市街地西側には第三紀層、一部第四紀層が露出している。比高差 70~80 m 程度の丘陵があり、砂および粘土に富んだ地層と粘土および砂礫の不規則な互層とが分布しているが、これらの地層は遙か西方、鈴鹿山脈山麓から緩く東に傾いて連なっており、直上の降雨あるいは河川など、表流の浸透・伏没に好適な地盤となっている。したがって砂あるいは砂礫など透水性の堆積物は、これらの透透水を地質的集水区域の形で、地形に関係なくかき集め、地下水として四日市市の地下に送り込んでいるものと推定される。

鑿井地層断面図によると、四日市市街地の直下では、最上位に厚さ 20~40 m 程度の沖積層、その下側には市街地背後の丘陵を構成している堆積物の連続と考えられる厚さ 300~350 m 以上の透水性に富んだ堆積物が分布している。しかも四日市市の南側にあつては、鈴鹿川を隔てた鈴鹿市地内に東西方向の断層が推定され、これによつてその南側では不透水性の高い砂岩・泥岩からなる第三紀層が地表、あるいは地表近くにまで広がっているので、地下水はいきおい四日市市街地の地下に、集中的に流入して来る関係を生じているものと考えられる。

したがって四日市市街地附近の被圧面地下水の示す動水勾配は西から東に向かつて漸次低下して行くというのが自然の姿であり、その圧力面も本来自噴するほど高かつたのである。また井戸の湧出能力も狭い海岸平野の割合には概して大きな値を示しており、帯水層の透水性とともに供給源もまた相当大きなものであることが分る。

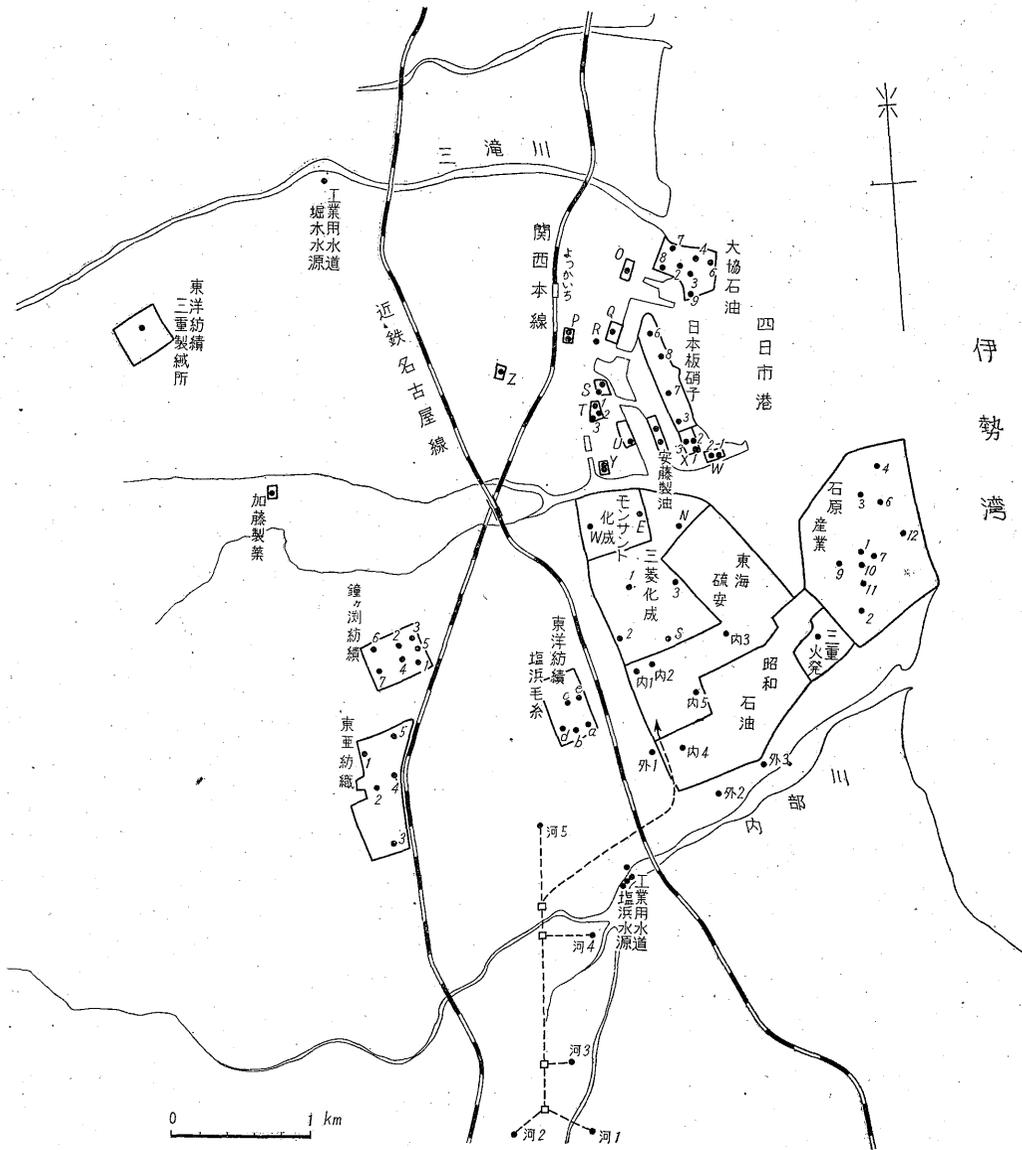
### 3. 水利用の現況

河川規模が一般に小さいので、表流は灌漑用に供せられるのが精一杯である。したがって工場、上水道および民生一般の用水源は河川敷の伏流あるいは地下水によつてまかなわれている。四日市市北部の富田・東阿倉川などの工場用水を除いて、三滝川以南のみをとりあげると、昭和 31 年夏季における地下水取得量は 120,000 m<sup>3</sup>/日を上廻るほどに至っているが、実際には四日市市港背面から鈴鹿川寄りにかけての約 5 km<sup>2</sup> の範囲に集まっている工場群の深井戸がほとんどその 75% を占めており、さらに時季的にも丁度渇水期にあたる夏季には、井戸群は過剰揚水状態となり勝ちとなる。したがって常時はそれほど著しい支障を感じないが、夏季となると、井戸相互の干渉が激化し、水位の低下を生じる。

昭和 31 年 10 月当時、三滝川以南における四日市市の工業用水取得量は、海水 300,000 m<sup>3</sup>/日と淡水 135,000 m<sup>3</sup>/日との実績をもっていた。この淡水取得量の内訳は、工場専用の深井戸によるもの 83,500 m<sup>3</sup>/日、工業用水道によるもの 50,000 m<sup>3</sup>/日、上水道によるもの 1,500 m<sup>3</sup>/日となっているが、県営工業用水道は第 1 期工事を完了しているにもかかわらず、水源事情から夏季渇水期には所定の供給水量が十分に確保できない関係上、夏季の取得水量は 50,000 m<sup>3</sup>/日をかなり下廻っている。なお四日市市水道課の揚水実績によると、冬季の揚水可能量に対し、夏季のそれは 1/2 程度になるといふ。

### 4. 被圧面地下水の圧力面

こうして四日市市のうち三滝川以南にあつては、揚水



第2図 四日市市における工業用深井戸分布図

第1表 四日市における工業用井戸

工場名	製品名	取得量(m <sup>3</sup> /日) (海水を除く)	水源別取得水量(m <sup>3</sup> /日)			用途
			深井戸	上水道	工業用 水道水	
大協石油K.K. 四日市製油所	石油製品全般	25,200	9,600	1,100	14,500	冷却 汽洗 汽缶 洗滌
日本板硝子K.K. 四日市	板硝子	13,230	9,150	80	4,000	冷却 汽洗 汽缶 洗滌
モンサント化成工業 K.K. 四日市	塩化ビニール原料	9,200	3,700		5,500	
三菱化成工業K.K. 四日市	カーバイト	10,500	5,000		5,500	冷却 汽缶
東海硫安工業K.K. 四日市	硫安 液体アンモニア 圧縮酸素	23,050	13,000	50	10,000	冷却 汽洗 汽缶 原料
中部電力K.K. 三重火力発電所	21,600 KW	1,000			1,000	汽缶・冷却
極東冷蔵 K.K.	氷・貯氷・冷蔵	1,800	1,800			原料 冷却
伊勢冷蔵 K.K.	〃	1,240	1,240			〃
伊藤製油 K.K.	植物油脂	800	760	40		汽缶・冷却
熊沢製油 K.K.	〃	3,100	3,100	12		〃
安藤製油 K.K.	〃	110	65	45		〃
K.K. 四日市製油	〃	700	700			〃
朝日油脂 K.K.	〃					〃

三重県四日市市工業用深井戸水源調査報告 (工業用水調査グループ)

水源の現況 (1956. 10月末)

No.	井 戸 規 模			揚 水 規 模				海水取得量 (m <sup>3</sup> /日)	備 考		
	井戸径 (吋)	井戸深度 (m)	収 水 位 置	揚水機	吐出管径 (吋)	馬 力	揚水量 (m <sup>3</sup> /日)				
3	12	103	94~103	B. H.	5	40	1,440	24,840			
4	6	100	84~96, 99~107, 110~106	A. L.	6	40	950				
5	12	200	106~112, 115~124, 136~156, 169~179	B. H.	6	40	2,760				
6	12	190	111~116, 126~132, 145~160, 167~172	B. H.	6	50	1,640				
7	12	200	106~118, 122~131, 145~160, 167~172	B. H.	6	50	2,400				
8	12	200		W. P.	6	50	未完				
9	12	200		W. P.	6	50	未完				
3	14	180	105~113, 136~138, 146~155, 163~176	B. H.	5	30	1,450			4,000	
6	14	196	92~101, 111~132, 177~190	B. H.	6	50	2,500				
7	14	197	100~106, 108~112, 122~130, 135~142	B. H.	6	50	2,700				
8	14	156	73~77, 80~86, 88~93, 97~106, 110~116, 132~138, 141~145, 147~151								
東	12	187	108~126, 156~170, 170~182	A. L.	8	100	3,600				
西	12	182	88~103, 152~166	B. H.	6	30	1,200				
1	12	182	不明	B. H.	6	45	2,150		深井戸2本 掘鑿中		
2	12	200	"	B. H.	6	45	1,600				
3	12	182	"	B. H.	6	45	2,150				
場内2	14	180	96~106, 108~114, 127~140, 155~182	W. P.	6	40	3,600	ほかに河原 田水源井が 5本ある			
" 3	12	160		B. H.	5	20	960				
" 4	14	40		B. H.	7	40	4,560				
" 5	14	70		A. L.							
場外1	12	173	85~88, 91~93, 95~97,	B. H.	5	40	1,440				
" 2	14	180	105~108, 111~114, 127~136, 143~164	W. P.	6	42	3,600				
" 3	12	162		B. H.	5	25	1,200				
	14	180	125~139, 143~156, 165~148	B. H.	5	30	1,920	264,000			
1	10	150	95~118, 125~138, 143~148	B. H.	5	25	1,090				
2	8	75	42~49, 62~65	B. H.	4	15	720				
	8	130	85~100, 116~124	B. H.	3	25	1,240				
	10			W. P.	3	16	1,100				
1	12	138	80~90, 94~104, 121~136	B. M.	5	30	1,300				
2	15	105	43~49, 56~60, 63~66, 68~71, 86~89, 95~106	W. P.	4	26	1,800				
1	3	90		A. L.	2	7.5	} 65	240			
2	4	90		A. L.	3	1.5					
	6	104		B. H.	3		700				
1							} 休井		休業中		
2											

地質調査所月報 (第8巻 第8号)

工場名	製品名	取得量(m <sup>3</sup> /日) (海水を除く)	水源別取得水量(m <sup>3</sup> /日)			用途
			深井戸	上水道	工業用 水道水	
東海ゴム工業K.K. 四日市	ゴ ム	700				冷却 缶
東海電線 K. K.	電 線	50		50		冷却
東洋紡績K. K. 塩浜	梳毛・紡毛	6,500	6,500			温洗 染汽 調 滌 缶
鐘ヶ淵紡績K. K. 四日市	梳 毛 糸	9,500	8,000		1,500	温洗 汽 調 滌 缶
東亜紡織 K. K. 泊	紡毛糸・織布	5,400	5,400			温洗 染汽 調 滌 缶
三重繊維工業 K. K.		170	170			糸 晒
宝 産 業 K. K.	水 飴	125	20	105		洗 滌
加藤翠松堂製薬K.K.	医 薬 品	70	70			汽缶・冷 却・洗滌
第一製薬K. K. 四日市	石 鹼・油 脂	1,200	1,200			同 上
石原産業 K. K. 四日市	チタン・硫酸・カリ ン酸石灰	18,000	12,000		6,000	冷洗 原汽 却 滌 料 缶

三重県四日市市工業用深井戸水源調査報告 (工業用水調査グループ)

井 戸 規 模			揚 水 規 模				海水取得量 (m <sup>3</sup> /日)	備 考
No.	井戸径 (吋)	井戸深度 (m)	収 水 位 置	揚水機	吐出管径 (吋)	馬 力		
1 2 3	3 3 11.5			A. L. A. L. W. P.	3 3 3	35 30	700 1,200	No. 3は新設
1 2	4.5 5.5		16~25 〃	T. T.	1.5 2	1.5 3	休井	深井戸を使用しない
a b c d	15 14 14 14	156 151 157 120	120~130, 134~151 45~63, 68~71, 73~80, 90 ~105 66~68, 89~90, 92~93, 98 ~104 56~59, 62~65, 98~104, 105~101	B. H. B. H. B. H. 使用せず			6,500	深井戸1本掘鑿中
1 2 3 4 5 6 7	12 12 12 12 6 15 15	150 200 110 183 60 110 110	128~144 96~107, 125~135, 145~ 153 65~67, 70~78, 82~85, 89 ~100 99~108, 132~155, 162~ 174 18~24, 27~30, 38~44, 47 ~48, 50~58 39~43, 46~65, 66~68, 74 ~78, 82~83, 86~87, 90~ 101 39~43, 46~55, 63~77, 83 ~85, 93~99	B. H. B. H. B. H. B. H. B. H. B. H. B. H.	6 5 6 6 2.5 7 7	40 30 40 40 5 50 50	1,440 休 1,280 1,120 208 2,100 2,100	
1 2 3 4 5	12 12 12 12 12	220 220	74~91, 94~100, 134~143 154~159, 196~201 109~113, 123~127, 135~ 141, 146~155, 176~182, 185~187, 193~201	B. H. B. H. B. H. B. H. B. H.	7 6 6 6 7	50 40 40 30 50	2,000 1,800 1,800 1,500 2,200	
	6			A. L.	3	7.5	170	
	6	116	78~86, 93~98, 103~114	B. H.	2.5	7.5	300	1,000
	6	150		A. L.	6	5	70	
1 2 3	8 8 12	152 98 150	88~105, 126~143 42~55, 78~91 88~102, 122~138	A. L. A. L. B. H.	4 4 5	15 15 25	600 400 850	
1 2 3 4 6 9 10 11 12	14 12 14 10 18 15 15 15 15 15	180 140 195 180 125 195 195 195 155 364	118~140, 142~150 96~111, 120~134 150~162, 164~167, 168~ 170, 180~195 120~146, 151~161, 163~ 166, 171~174 84~95, 101~121 155~160, 168~192 135~144, 150~160, 170~ 189 134~142, 150~153, 159~ 185 109~118, 120~125, 128~ 138 174~195, 209~218, 234.5 ~240.5, 244~252, 297~ 308, 319~330	A. L. B. H. A. L. A. L. B. H. B. H. B. H. B. H. B. H. W. P.	6 4 8 6 6 6 6 6 5 6	100 60 100 100 60 50 60 60 30 60	800 540 1,100 1,200 2,550 2,200 4,150 3,500 2,000 3,600	10,000 深井戸1本掘鑿中

地質調査所月報 (第8巻 第8号)

工場名	製品名	取得量(m <sup>3</sup> /日) (海水を除く)	水源別取得水量(m <sup>3</sup> /日)			用途
			深井戸	上水道	工業用水道水	
四日市松竹映劇		2,000	2,000			冷房
上水道尾上町ポンプ所		1,500	1,500			
四日市工業用水道塩浜水源		4,000	4,000			
〃 堀木水源		3,000	3,000			

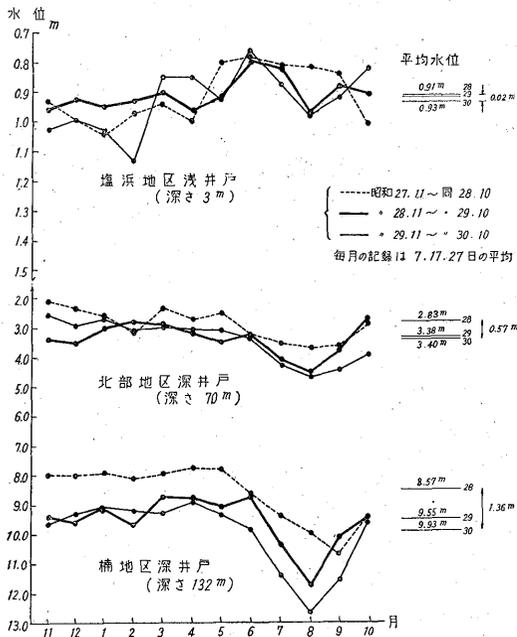
註) 揚水機 B.H.:ボアホールポンプ A.L.:エアーリフトポンプ W.P.:水中モーターポンプ

第2表 四日市市工業用深井戸にみられる水位低下の記録  
(測定されている最大値を示したが一部は井戸群の一般値をそのまま示してある)

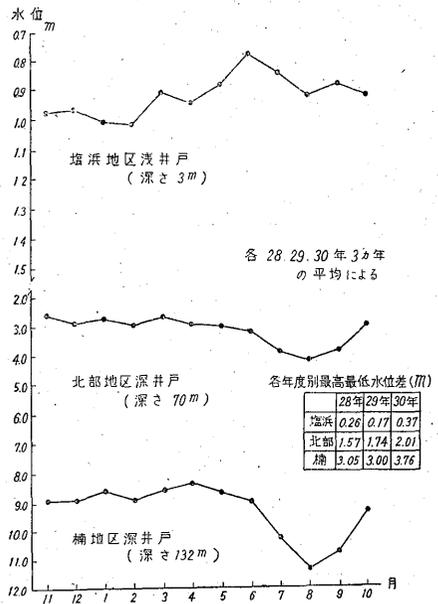
	年度(昭和)~月	自然水位 (m)	揚水水位 (m)
大協石油 K. K.	25	10~15	15.5 30
	27 31	22~26 8月~26 9月~22 10月~16	
日本板硝子 K. K.	井戸干渉により 25.1~27.10 の間に	6号井 11m の水位低下	
	〃 〃 約1年間に	4号井 7m 3号井 3m 7号井 2m	〃 〃 〃
〃	26	14	—
	31	20	31.5
石原産業 K. K.	31	18	18.6~29.5 (南部) (北部)
	26	8	16
東海硫酸工業 K. K.	31	18~19	28.5
	28~7	5.2	—
同河原田水源5号井	31~10	7.8	23.5
	26~6	—	22.7
モンサント化成工業 K. K.	30~8	—	29.2
	31~8	19	26.0
熊沢製油 K. K.	25	8.5	—
	31	17.0	—
東洋紡績 K. K. 塩浜工場	25	9~10	—
	27	15	—
	31	—	30.2
鐘ヶ淵紡績 K. K.	10	自噴	—
	21	—	16
	31	7	26
加藤翠松堂 K. K.	10	自噴	—
	31	—	20

三重県四日市市工業用深井戸水源調査報告 (工業用水調査グループ)

No.	井戸規模			揚水規模			海水取得量 (m <sup>3</sup> /日)	備考
	井戸径 (吋)	井戸深度 (m)	収水位置	揚水機	吐出管径 (吋)	馬力		
	10	130	109~118, 120~125, 128~138 55~58, 62~65, 72~75, 77~82, 84~85, 104~108, 109~116, 121~126, 129~134, 155~156, 173~176 41~46, 49~53, 71~76, 84~89, 93~96, 101~108, 133~141, 165~170	B. H.	5	15	2,000	
	12	155		B. H.	5	30	2,000	
	14	180		W. P.	6	50	4,000	
	14	180		W. P.	6	26	3,000	



第3図 東海硫安工業K. K. 観測井によって得られた四日市市深度別地下水水位低下の記録 (四日市工場原動課測定)



第4図 東海硫安工業K. K. 観測井によって得られた四日市市深度別地下水水位の季節変化 (四日市工場原動課測定)

量の増加とともに渇水期にあつて過大な揚水量が要求される結果、被圧面地下水の圧力面の低下が著しく生じている。低下した圧力面は豊水期には若干回復するが、元通りにはもどきならず、これを繰り返すに伴い、逐年低下の一途をたどっている。

圧力面低下の状況については第2表に各工場における記録を示したが、第3図には、昭和28年以降、とくに依頼して観測していた東海硫安工業K. K. 四日市工場観測井の記録が掲げられている。これらを通じてみると、平均1年に1mの割合で圧力面の低下が生じているといえる。とくに興味ある事実は第3図に示されているように夏季渇水期にあつて水位の低下が顕著になる割合が、深度3mの地下水(自由面地下水)より深度70m前後の地下水の方に大きく、また深度70m

前後の地下水より深度100m以深の地下水の方にさらに大きくなつていくという点であつて、この関係が観測結果に明瞭に表われている。

第5図および第6図はそれぞれ昭和27年調査当時と今次の調査時における揚水中の圧力面、すなわち揚水水位の地理的關係を示しているが、両図の比較により湾状に入り込んだ圧力面の低い部分すなわち揚水水位の深い部分が著しく拡大してきていることが理解できる。

もともと四日市市には南海道地震などによる地盤沈下は認められているが、尼崎・大阪あるいは東京のように、井戸揚水に起因すると考えられるような地盤沈下の明白な証拠はまだ認められていない。しかし臨海部にあつてはすでに塩水の地下水への混入は始まつている。第3表に深井戸群の水質分析結果を示したが、これによると

第3表 四日市工業用

試料採取地	収水深度あるいは井戸深度 (m)	水温 (°C)	pH	R. pH	Dis. O <sub>2</sub> (CC/l)	Free CO <sub>2</sub> (mg/l)	アルカリ度 (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)
四日市工業水道堀木伏流水源	—		6.7	7.0	—	4.4	35.1	5.9	0.03	7
〃 深井戸水源	41~46, 49~53, 71~76, 84~89, 93~96, 101~108, 133~141, 165~170	16.7	6.8	7.1	1.10	8.8	64.5	6.8	0.01	2
大協石油K. K. 四日市製油所 No. 3井	94~104	19.5	7.0	7.2	2.41	7.0	77.5	9.4	0.00	2
〃 No. 4井	83~96, 99~106, 110~116	18.8	6.9	7.4	—	2.2	79.3	23.0	0.05	2
〃 No. 7井	105~118, 122~131, 145~160, 166~172	19.3	6.9	7.4	1.79	5.5	75.7	10.0	0.01	1
伊勢冷蔵K. K. 深井戸	85~101, 116~123	18.3	6.7	7.1	1.44	9.9	73.6	5.7	0.00	2
四日市市水道尾上町水源深井戸	109~118, 120~125, 128~138	19.0	6.7	7.2	1.06	7.7	86.1	5.3	0.00	tr.
熊沢製油K. K. 水中ポンプ井	43~50, 56~60, 63~66, 68~71, 86~90, 95~105	18.3	6.8	7.2	tr.	14.3	109.4	17.9	0.00	tr.
日本板硝子K. K. 四日市工場 No. 6井	91~101, 111~132, 178~190	20.0	7.1	7.4	5.84	5.1	82.3	8.3	tr.	2
〃 No. 8井	73~77, 80~85, 88~93, 96~106, 110~116, 133~138, 141~144, 147~152	18.7	6.8	7.2	0.75	16.5	126.2	72.8	0.00	7
安藤製油K. K. 第2工場	91	18.7	7.3	7.6	—	1.8	85.3	8.9	0.15	tr.
第一工業製薬K. K. エヤーリフト井	42~55, 87~93	21.5	7.2	7.4	—	4.8	87.2	18.6	tr.	tr.
〃 ボアホールポンプ井	88~101, 124~138	19.6	6.9	7.4	0.42	8.8	79.7	9.4	tr.	2
石原産業K. K. 四日市工場 No. 1井	115~142, 145~152	19.8	7.3	7.5	—	1.1	83.6	6.3	0.00	0
〃 No. 6井	105~123, 138~146, 153~161, 173~190	19.2	6.9	7.3	0.89	6.2	91.9	23.3	0.03	2
〃 No. 10井	124~140, 144~156	20.5	6.9	7.5	0.44	4.0	83.4	13.2	0.00	4
中部電力K. K. 三重火力発電所	165~171	19.0	7.1	7.4	5.23	2.2	37.6	7.8	0.02	9
モンサント化成工業K. K. 四日市工場西井戸	138~149	19.2	7.0	7.5	1.68	4.4	90.3	6.6	tr.	2
三菱化成工業K. K. 四日市工場 No. 1井	181	18.3	6.8	7.3	1.84	11.0	84.5	13.1	0.00	3
〃 No. 3井	181	—	6.5	7.0	—	16.5	134.6	75.7	0.00	4
東海硫安工業K. K. 場内4号井	40	17.0	7.1	7.3	tr.	16.5	139.6	98.5	0.00	5
〃 場外2号井	84~88, 91~93, 95~97, 104~108, 111~114, 127~136, 143~165	18.9	6.8	7.1	0.42	13.2	88.7	5.9	0.00	0
〃 河原田5号井	123	16.8	7.0	7.3	0.42	5.5	74.6	6.5	0.01	2
四日市工業水道大里ポンプ場深井戸	55~58, 62~65, 72~75, 77~82, 84~85, 104~108, 109~116, 121~126, 129~134, 155~156	17.0	7.0	7.2	1.67	5.1	83.5	9.8	0.00	2

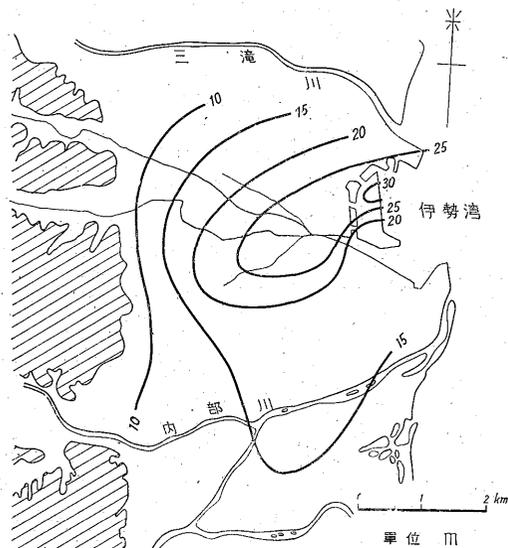
三重県四日市市工業用深井戸水源調査報告 (工業用水調査グループ)

深井戸の水質

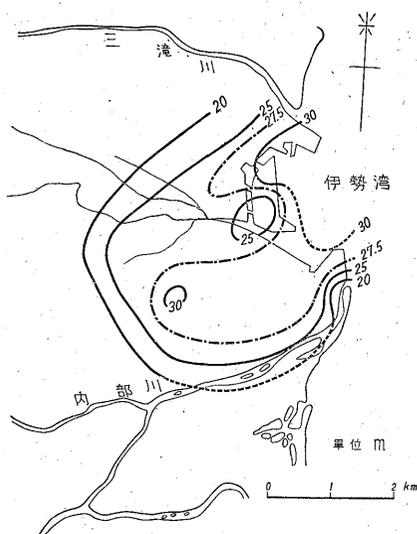
K <sup>+</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	Fe <sup>2+</sup> (mg/l)	Fe <sup>3+</sup> (mg/l)	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	Total Hardness	P (mg/l)	Total SiO <sub>2</sub> (mg/l)	KMnO <sub>4</sub> cons (mg/l)	(Ω-cm)	備 考
1.8	4.9	0.1	0.00	0.04	9.3	2.0	1.77	0.01	12.0	1.9	—	
0.4	5.4	0.3	2.39	6.89	5.9	5.0	1.98	0.06	137.2	2.1	13,000	休井, 試料水白濁
0.8	14.1	0.6	0.10	0.12	6.4	6.6	2.42	0.08	42.4	4.7	9,500	
1.1	14.4	0.6	0.05	0.02	8.9	9.6	3.46	0.09	41.2	0.9	7,800	A. L.
1.0	14.6	0.6	0.03	0.01	6.4	6.1	2.30	0.16	30.4	5.4	9,400	
0.9	19.0	0.2	tr.	0.02	4.6	3.8	1.52	0.08	38.4	1.9	11,500	
0.6	16.2	0.1	0.02	0.04	5.8	5.0	1.96	0.16	26.8	0.9	11,000	
—	—	0.6	3.55	1.13	6.9	5.6	2.25	—	33.8	4.4	6,000	休井
1.2	15.3	0.3	0.21	0.42	5.7	6.4	2.27	0.07	38.4	8.3	10,000	
3.2	58.6	0.5	1.04	0.23	11.7	10.9	4.15	0.06	34.8	5.2	3,200	休井
1.0	20.8	0.3	0.19	0.68	4.8	4.5	1.71	0.04	34.0	8.5	8,400	A. L.
1.3	25.4	0.1	0.96	0.18	5.2	5.7	2.04	0.27	40.4	5.7	6,200	A. L.
0.9	18.1	0.4	0.25	0.06	5.3	5.7	2.06	0.06	35.2	5.4	9,000	休井
0.7	16.8	tr.	tr.	0.02	6.5	5.2	2.11	0.17	31.6	1.3	9,400	A. L.
1.5	26.4	0.9	1.03	0.60	7.2	6.1	2.41	0.06	25.2	1.3	6,500	
0.8	20.3	0.4	0.37	0.05	6.7	6.2	2.37	0.15	28.0	4.4	8,200	
1.2	3.7	0.4	0.14	8.15	7.4	2.5	1.61	0.02	8.0	7.9	15,000	休井, Fe 沈澱物を含む
0.8	20.1	0.2	0.32	0.05	5.3	6.1	2.15	0.11	19.6	0.3	10,000	
3.4	17.9	0.4	3.77	1.32	8.7	3.3	1.96	0.39	24.4	4.4	7,400	
11.7	73.2	0.8	—	Total Fe 5.58	10.3	8.5	3.40	0.84	33.2	5.6	—	深部は埋没して現在の深度は100m前後
9.2	68.0	0.3	12.05	1.42	11.5	11.5	4.26	0.50	25.2	5.0	2,700	
1.9	22.1	0.5	2.18	0.64	3.8	3.4	1.32	0.34	32.8	3.7	8,800	
1.8	18.3	0.6	1.73	0.25	4.9	3.1	1.40	0.58	17.6	5.5	6,200	休井
2.5	24.0	0.5	2.20	2.35	3.7	3.2	1.25	1.07	67.2	3.2	10,500	休井, 試料水白濁

試料採取地	収水深度あるいは井戸深度 (m)	水温 (°C)	pH	R. pH	Dis. O <sub>2</sub> (C C/l)	Free Co <sub>2</sub> (mg/l)	アルカリ度 (HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup> mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)
東洋紡績K.K. 塩浜毛糸工場A井	118~130, 136~151	18.5	7.1	7.2	4.59	6.2	88.7	6.0	0.00	2
〃 C井	65~68, 89~91, 92~94, 96~104	17.5	6.7	7.1	0.10	11.0	77.5	7.3	0.19	0
鐘ヶ淵紡績K.K. 四日市工場 No. 1井	128~146	17.0	6.9	7.2	2.24	4.4	79.1	5.6	0.04	1
〃 No. 3井	65~67, 70~78, 82~85, 89~100	16.4	6.9	7.2	0.62	7.7	80.3	6.2	0.00	1
東亜紡績K.K. 泊工場 No. 2井	70~88, 92~100, 135~145, 155~160, 195~200	16.8	6.7	7.0	3.48	7.7	70.7	6.3	0.14	2
〃 No. 3井	109~113, 122~127, 132~141, 145~156, 175~183, 186~188, 192~200	16.8	6.8	7.2	0.39	6.6	95.2	7.3	0.03	1

分析: 比留川貴 (昭和31年10月)



第5図 1952年当時の四日市工業用深井戸揚水水位等水位線 (1952年10月の測定記録を中心として作製)



第6図 1956年調査当時の四日市工業用深井戸揚水水位等水位線 (1956年10月の測定記録による)

四日市市の被圧面地下水の一応原水と考えられるものは、Cl<sup>-</sup> 6~7 mg/l, Ca/Mg が1に近い水であつて、このような水は内陸側にあたる近鉄名古屋線西側で得られている試料に求められる。その Na/Cl, K/Cl, Ca/Cl, Mg/Cl, (Ca+Mg)/Cl および (Na+K)/Cl を計算すると第4表 a 欄ようになるが、これらの数値に対し、海岸側にあたる近鉄名古屋線東側では Cl<sup>-</sup> の含有量が 100 mg/l 程度までであるが、比較的多いのがみいだされる。

いま海岸側における試料について、Cl<sup>-</sup> の少ないもの (第4表 b, Cl<sup>-</sup> 平均 8.7 mg/l), Cl<sup>-</sup> 中程度のもの (第4表 c, 21.5 mg/l), Cl<sup>-</sup> 多量のもの (第4表 d, 82 mg/l) を区別すると、海水の場合 (第4表 e) の値

に b, c, d と順次近づいてくることがわかる。また Cl<sup>-</sup> 6~7 mg/l の地下水に対し、海岸部の Cl<sup>-</sup> 含有量の大きなものの Cl<sup>-</sup> 量までの海水 (すなわち源泉 1 l に対し約 4 cc の海水) を添加した場合を仮定して計算すると、海岸部の Cl<sup>-</sup> の多い場合の組成に概略近い値が得られる。

したがつて Cl<sup>-</sup> の含有量は僅々 100 mg/l 程度ではあるが、この Cl<sup>-</sup> は海水の混入によるものとみることができる。なお別にやゝ不正確な記録ではあるが、昭和27年調査の際、日本板硝子 K.K. の深井戸が 25 mg/l, 東海硫安工業 K.K. のそれが 51 mg/l であつたのが、今回の調査ではそれぞれ 72 mg/l および 98.5 mg/l に増

三重県四日市市工業用深井戸水源調査報告 (工業用水調査グループ)

K <sup>+</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	Fe <sup>2+</sup> (mg/l)	Fe <sup>3+</sup> (mg/l)	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	Total Hardness	P (mg/l)	Total Si O <sub>2</sub> (mg/l)	KMnO <sub>4</sub> cons (mg/l)	(Ω-cm)
1.2	24.3	1.1	0.03	0.04	4.2	3.4	1.37	0.16	18.0	1.4	10,300
2.0	18.3	0.4	2.50	0.55	4.5	3.2	1.37	0.90	28.8	6.2	9,600
0.9	19.9	0.4	0.04	0.07	4.6	3.9	1.54	0.23	22.4	1.9	10,500
1.3	15.5	0.3	1.89	0.17	6.6	4.5	1.96	0.39	16.4	4.1	9,200
0.8	16.4	0.4	0.22	0.07	4.3	4.7	1.68	0.04	27.2	5.7	11,500
1.0	19.4	0.3	1.26	0.74	7.4	5.2	1.20	0.60	24.4	2.2	8,400

試料採取地点は第2図参照

加している (前回の最高含有量 165.2 mg/l を示した石原産業 K. K. の深井戸については検測していない)。以上全体としてみると被圧面地下水の圧力面の低下したのに乗じて、海水の侵入が徐々に誘発されてきていることはおよそ明白な事実と考えられる。

5. 帯水層

鑿井地層断面については約 50 の資料が蒐集できたが、その大部分はすでに前回の報告に掲載されているので、ここでは石原産業 K. K. で昭和 31 年掘鑿した 364 m の深度の深井戸の柱状断面を示すに止めておく (第 7 図参照)。

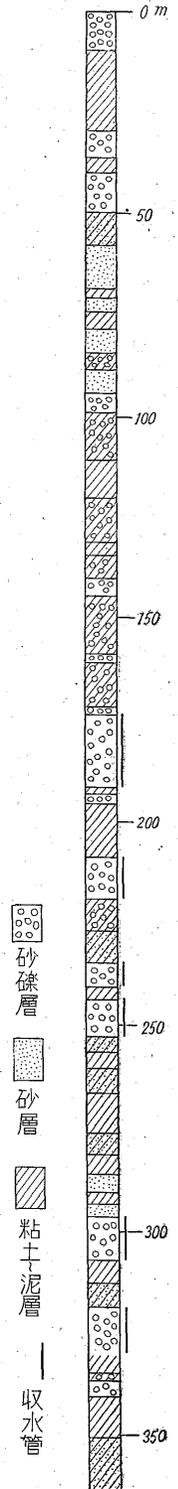
全体として埋木などを含む堆積物が散見されるが、泥あるいは粘土と砂礫の互層がかなり錯雑した関係をもつて分布しており、石原産業 K. K. で深部掘鑿を行うまではほとんどすべて深度 200 m までの深井戸であった。

いまこれら 200 m 以浅で収水している深井戸群についての水試料の化学分析結果によると (第 3 表参照)、西方内陸側から東方海岸側に向かって水質が変化するとともに、深度 100 m 前後を境として、その上下である程度の相違が認められる。すなわち 100 m 以浅では 100 m 以深に比較して、一般に Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Fe<sup>2+</sup>、Fe<sup>3+</sup> などの含有量が多く、硬度も高く、溶存酸素は異常に少なくなっている。またこの両者は圧力面の点でも区別できることが、東海硫安工業 K. K. における観測結果によっても明らかである。したがって明瞭な不透水層と推定できるものは認められないが、概略深度 100 m 前後のところには 1 つの水理的不連続が考えられる。

もつとも鈴鹿川寄りの部分ではこの 100 m 以浅に鈴鹿川から供給されていると推定される地下水がはいつてお

り、そのために圧力面が北部地区に比較して高いのであるが、なお溶存酸素は概して少ない。

これに対し 200 m 以深の堆積物については、四日市市周囲の層序、地質構造などから従来種々の研究を行っていたが、帯水層の有無、その利用、開発の可能性についてはまったく未知であった。たまたま石原産業 K. K. の深部地下水利用計画により 364 m (1,200 尺) まで明らかにされた。それによると 200 m 以深も容水地盤としては 200 m 以浅と著しい相違はなく、厚い帯水層が連続しており、200 m 以浅の水温 14~19°C に対し、21.5~22°C の高温を示しはするが、揚水量に対する水位降下は第 8 図に示した通りで、現状では 200 m 以浅のものよりもむしろ優れており、水質もまた工業用に供して非難すべき点はないという結果を得た。200 m 以深のこれらの帯水層が近鉄名古屋線以西にもそのまゝ連続しているか否か多少の疑問がありはするが、四日市市の深井戸利用の将来に対して明るい見通しを得たという点では異論はない。



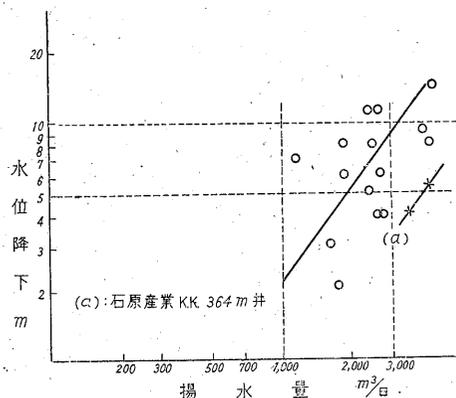
第 7 図 石原産業 K. K. で掘鑿した深度 364 m の深井戸地層断面図

井戸側管径 8~15 吋 自然水位 6.9 m 揚水水位 3.600 m<sup>3</sup>/日~11 m<sup>3</sup>/日 4,320 m<sup>3</sup>/日~12.2 m<sup>3</sup>/日 Cl<sup>-</sup>含有量 21.4 mg/l 現在 60 P 水中モーターポンプ 6 吋を装置して揚水中

第4表 四日市市の被圧面地下水の水質分析結果に基づいて海水の影響を示す\*

試料の種類	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	Na/Cl	K/Cl	Ca/Cl	Mg/Cl	(Ca+Mg)/Cl	(Na+K)/Cl
a 近鉄名古屋線以西(内陸側)の平均値	6.8	2.86	0.22	0.74	0.59	1.33	3.08
b 近鉄名古屋線以东(海岸側)のCl <sup>-</sup> の少ないものの平均値	8.7	1.95	0.11	0.68	0.67	1.35	2.06
c 同上, Cl <sup>-</sup> の中程度のものの平均値	21.5	1.04	—	0.33	0.33	0.66	1.10
d 同上, Cl <sup>-</sup> の比較的多いものの平均値	82.0	0.85	0.10	0.13	0.12	0.26	0.94
e 標準の海水の場合	18,970	0.528	0.020	0.022	0.068	0.089	0.548
(d-a)のCl <sup>-</sup> 含有量に相当する海水をaに添加した場合の組成に対する計算値		0.75	0.04	0.09	0.11	0.19	0.79

\* この表により a から d に至るに従って海水の性質に漸次近似してきていることがわかる。



第8図 四日市市工場用深井戸の揚水量に対する水位降下の関係

### 6. 揚水量に対する水位降下の関係

揚水量に対する水位降下の関係は収水深度により多少相違はするが、概略第8図に示したような関係にあり、東京江東に比較すれば劣っているが、尼崎・大阪などに比較すれば概して優れているといえることができる。

適正揚水量を正確に求めた記録が得られなかつた点が遺憾であるが、多数の揚水井の揚水状況から判断すると、

- 水位降下 3 m に対し 1,000 m<sup>3</sup>/日
- 〃 5 m に対し 1,500 m<sup>3</sup>/日
- 〃 10 m に対し 3,000 m<sup>3</sup>/日

程度となり、これをさらに仔細に検討すると、水位降下 6~7 m (これに対する揚水量 2,000 m<sup>3</sup>/日) が適正揚水量の概略の限界にあたつているように推定できる。

地域全体の揚水水位を通覧すると、南部の鈴鹿川寄りでは概して浅いが、東洋紡績 K. K. 塩浜毛糸工場一モン

サント化成工業 K. K. 一石原産業 K. K. 構内北部を連ねた線以北の部分では4年前すでに地下 25~30 m になっている(第5図参照)。それが今回の調査では著しく南に向かって拡がっており、しかも夏季には一時的であるにせよ、さらに深くなるものと考えられる。一方これに対する静止水位は概略 20 m 前後となつているから、揚水水位を最少限現状以上に深くさせないように保つために、水位降下を 6~7 m 以内に止めておけるよう井戸の規制処置を講じなければならない。

一方揚水能力については、調査当時 3,500 m<sup>3</sup>/日以上の深井戸 8 本、2,500 m<sup>3</sup>/日以上 13 本、1,500 m<sup>3</sup>/日以上 29 本となつており、既設 66 本(計画揚水能力は合計 113,000 m<sup>3</sup>/日)の平均 1 本当り揚水量は 1,700 m<sup>3</sup>/日となつている。しかし四日市市においては水中モーターポンプの使用が急速に進んでおり、すでに更新、新設を合わせて 10 数本の井戸がこの種ポンプにより揚水を行なつている関係上、大量揚水井(したがって不当に大きな水位降下を生じる井戸)の出現が期待される。さいわい工業用水法の施行に伴ない新設井の揚水量は制約されるが、既設の深井戸においても、努めて適正揚水量の限界内に揚水量をしぼるよう配慮することが必要である。

(昭和 31 年 10 月調査)

### 参考文献

- 1) 蔵田延男・村下敏夫・森和雄・米谷宏：三重県工業用水源地域調査報告—東海地域調査の第1報—地質調査所月報, Vol. 4, No. 8, 1953