

# 地盤沈下の現状と対策

亀山建一

## 一 はじめに

地下水は恒温・良質な水で、簡単な施設で採取できたため生活用水源として古くから利用されてきた。そして、いわゆる近代産業の発展に不可欠であった水が地下深層部からの揚水技術の進歩と経済的かつ安定した供給源であるという観点から地下水に着目され、単に利用資源としての認識の上で大量に揚水・利用されるようになった。表一は昭和五十年代におけるわが国の地下水利用状況を示したものである。

一方、地下水は生活の基盤である大地の重要な構成要素であり、また自然界における水循環系の一部をなすもので、い

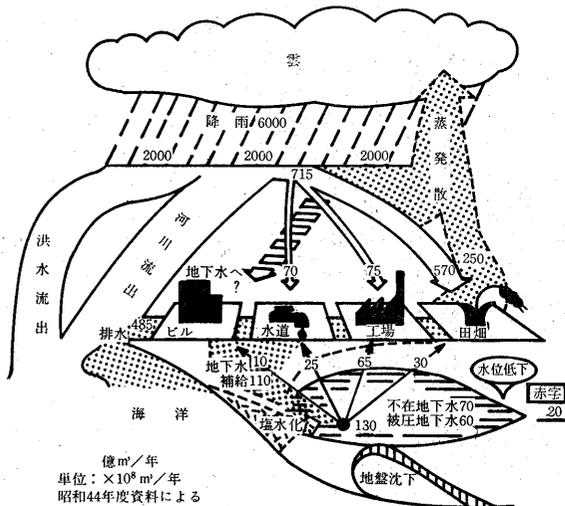
わゆる涵養量を超える過剰の揚水等の人為的変革は地盤沈下等の地下水障害をひき起すに至った。大正と昭和の初期にかけて、東京・江東地区、大阪西部に端を発した地盤沈下は、その進行に伴って、建造物の損壊や高潮被害を生じ、大きな社会問題となった。このような状況から、地盤沈下防止のためには地下水採取規制措置を講ずる必要が広く認識され、昭和三十年代になって工業用地下水を対象とした「工業用水法」、冷

表一 1 わが国の地下水利用状況 (単位: 億 $m^3$ /年)

用途	全水利用量	表流水その他	地下水	地下水依存率(%)
工業用	120.6	71.0	49.6	41
上水道用	125.4	86.9	35.7	28
農業用	570	530	37.5	6.6
その他(建築物用等)	—	—	7.9	—
合計	816	688	130.7	

昭和53年, 環境庁「全国の地盤沈下地域の概況」より

図一 1 日本列島における水の収支決算 (柴崎・中原1972)



- 一 はじめに
- 二 地下水と地盤沈下
- 三 本市の地盤沈下の影響
- 四 地盤沈下の対策
- 五 おわりに

暖房用等の建築物用地下水を対象とした「建築物用地下水の採取の規制に関する法律」が制定され、指定地域については効果を上げてきた。しかしこれらはいずれも地下水採取規制を目的とする単独法であり、地下水の保全を目的とする総合立法はまだ制定までに至っていない。元来わが国は水資源に恵まれているため水管理に対する制度は諸外国に比べて遅れていると言われる。民法では現在、地下水に関する所有権は土地の所有権に属すると解釈されているが、地下水の運動は必ずしも土地の所有区画内で起っているわけではない。地下水採取者は多量の揚水の結果、広範囲にわたって地下水位を低下させ、種々の地下水障害をひき起し、その対策として、高潮対策事業や低地排水事業等の公共事業で多額の代価が支払われている。東京都の調査によると、江東デルタ地帯における地盤沈下の経済的損失は、昭和三十六年～四十五年の十年間で予防的費用と修繕的費用を合せて七四〇億円（昭和四十五年価格）の公共支出があった。図一は日本列島における水収支を示したものであるが、地下水については年間二〇億 $m^3$ の赤字となっている。

## 二——地下水と地盤沈下

地下水とは、地下にあって地層を飽和している水を呼んでいるが、土粒子と共に地盤を構成している重要な要素である。地下水の賦存量は地球上の淡水のうち極水を除けば最大といわれ、日本各地においてもその推定が行われているが、関東地方では、四〇〇〇～五〇〇〇億トンと言われている。しかし賦存量の全量が利用できるわけではなく、砂礫層のような透水性の高い地層に含まれている水でなければ利用の対象とはならない。この透水性が高く水で飽和されている推積層を帯水層と呼んでいる。

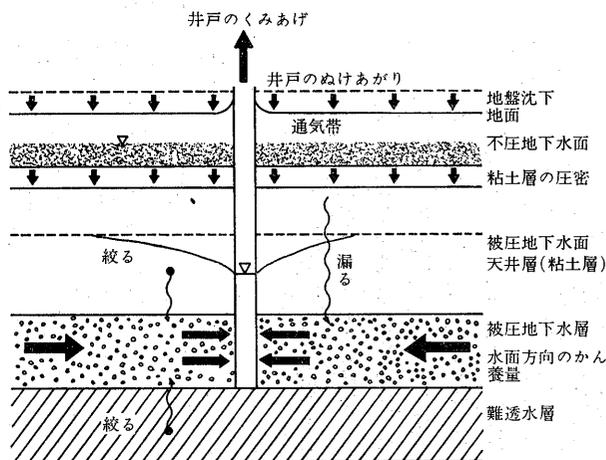
また地下水の賦存条件を定性的にみると、不圧地下水と被圧地下水の二つに分けることができる。不圧地下水とは大気と直接つながる自由水面をもつもので、地表面の気象等の諸条件と密接な関係があり、地下水位は降水に敏感に反応する。被圧地下水は上下の不透水層あるいは難透水層によって被圧され圧力水頭面をもつものである。各々の賦存量は帯水層の体積から、被圧地下水の方が圧倒的に多い。

地下水を利用する上でこれらの自然涵養量を知ることが重要であり、これは地域、土質、地質によって大きな差があるが、河川の湧水流量から算出するとおよそ一 $mm$ /日程度といわれる。即ち安全利用量でいけると、一 $m^3$ /一〇〇〇 $m^2$

程度の低い値になる。深層の被圧地下水の場合には、これより相当小さいと考えられる。最近、トリウム( $^{234}Th$ )や( $^{137}Cs$ )などのアイソトープを用いて地下水の年代測定が行われているが、それによると南関東の深層地下水は二十年以上とされており、本市でも昭和四十八年に市域の深井戸水について調査したところ、平均的にみて四〇年以上の水という結果を得ている。このように地下水(特に被圧地下水)の涵養は極めて小さく、過剰な揚水によって地下水位が低下すると、それに伴い自漬井の停止、井戸の涸渇、地盤沈下、地下水の塩水化、地下水汚染、あるいは圧工工事による酸欠空気の発生などの環境破壊を誘起する。

地盤沈下とはある掘りをもつて地盤が一樣にあるいは不整いに低下する現象をさすが、その原因を大別すると地殻変動によるもの、荷重による圧密沈下及び地下水位の低下による圧密沈下に分けられる。地殻変動によるものは自然現象と考えられる場合が多く、変動量も一 $mm$ /

図一 地盤沈下のメカニズム



年程度といわれる。荷重による圧密沈下は軟弱地盤の盛土造成地等に発生するもので、地耐力不足によって生ずるものである。

そして最後にあげた地下水の人為的な過剰揚水による地下水位の低下によって発生する地盤沈下はその速度も大きく、公害としての性格を有している。このメカニズムは次のとおりである。地層の深いところに存在する被圧地下水は地表面に近い不圧地下水より補給(涵養)が困難であるため、これを大量に揚水すると帯水層の水平・上下方向から水を吸い寄

せ、空隙を補充しようとする。特に上部の軟弱層は水が取り去られることになり間隙水が脱されることにより地層が圧密(収縮)し、地表面の沈下として現われる。図-2は以上のことを単純化して描いたものである。

### 三——本市の地盤沈下の現況

#### ①——本市の地形

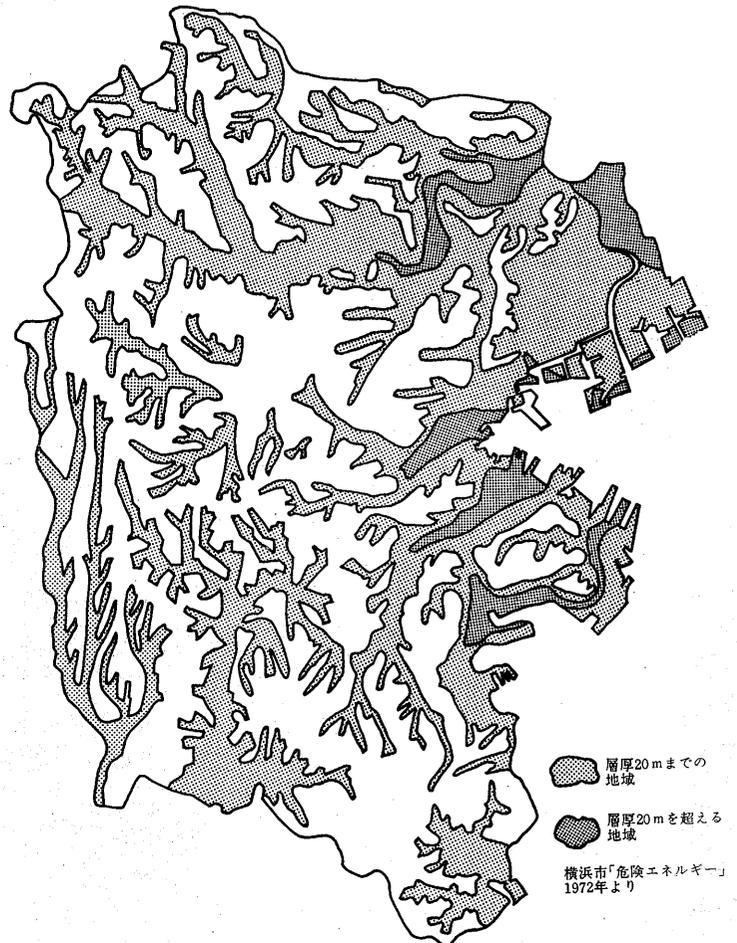
前述したように地下水位の低下によって脱水収縮する地層の主なものは沖積層と呼ばれる軟弱地層であり、この分布状態を知ることが地盤沈下対策上重要である。本市は地形的には手指のように分岐した丘陵地帯とその間を満たす沖積低地からできている。丘陵地域は、登戸と原町田を結ぶ線を境いとして南東に広がった多摩丘陵の低位丘陵地帯で、西北面から南東にゆるく傾斜し、地層的には基礎岩盤の上に関東ローム層を主体とする洪積堆積物で構成されている。一方本市の主な市街地は鶴見川、帷子川、大岡川、境川、柏尾川に沿った沖積低地と人工的に造成された埋立地に発達している。沖積層とは地質学上最近の地層で、基盤の起伏の状態によってその厚さは異なるが一般に丘陵地や台地の基部はうすく、これを離れるにつれて増大し、厚いところでは四〇m以上となっている。構成的に

は細粒の堆積物と上部では砂がちの粘土、シルトを主体とする軟弱地層である。図-3は本市域における沖積層の平面分布状態を示したものである。これらの軟弱地層帯は地盤沈下の現状とはほぼ一致するし、今後の予測や防止策を構ずる上で大いに役立つ。

#### ②——地盤沈下の調査方法

地盤沈下の調査は一般に面的調査と点的調査の方法で行っている。面的調査は市域に設けた水準基標について測量法に基づいて地盤の変動状況を把握するもので、現在市域の沖積平地を主に、一六、〇九七ha(市域面積の約三十八%)を対象にし、基標数約六〇〇点、測量延長五五〇kmについて毎年一回定期的に測量を行っている。また点的調査とは地盤沈下地点を中心に観測井を設置し、地下水位と地盤収縮量

図-3 本市域における沖積層の分布状況



を測定するもので、現在市内八カ所(表1-2)で、最新のデータ処理システムを導入し、観測を実施している。

#### ③——本市の地盤沈下の状況

横浜市の地盤沈下は、昭和の初期、鶴見・神奈川臨海部の京浜工業地帯で発生し、第二次大戦後一時停止したが、産業活動の発展に伴い、昭和二十六年頃から

再び発生し、昭和三十年頃になると都心部や内陸部にも見られるようになった。最近の最も激しい沈下は帷子川河口の横浜駅周辺である。図-4はこの地域の代表的な水準点の沈下状況を示したものであるが、昭和四十六〜四十八年には年間一〇cmを超えた地点もあり、西口南幸の児童公園では測量開始以来累計八三cmに達している。このため建造物の抜け上

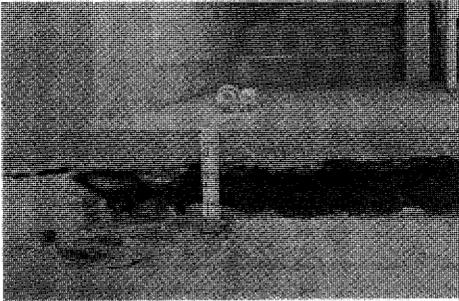
表-2 観測井戸一覧表

番号	名称	所在地	構造			ストレーナの位置 (m)	標高 (m)	観測開始年月	測定の種類	備考
			深度 (m)	種別	口径 (mm)					
1	市場観測所	鶴見区元宮1丁目 市場小学校	66	単管	200	34.9~39.6	T. P. 1.4691	昭和35.6	収縮・地下水位	データ自動さん孔
2	横浜公園観測所	中区横浜公園	57	"	200	44.0~47.0	2.8340	36.9	"	"
3	岡野公園観測所	西区岡野2丁目岡野公園	32	"	200	27.1~29.9	2.1112	45.3	"	"
4	佐江戸観測所	緑区佐江戸町 松下通信工業	15	"	200	8.5~9.5	8.7997	44.12	"	データ自動さん孔
5	新羽公園観測所	港北区新羽町新羽公園	40	"	200	30.0~36.0	4.2540	46.9	"	"
6	戸塚観測所	戸塚区秋葉町	80	"	100	62.8~72.0	4.2625	"	"	"
7	緑観測所	緑区佐江戸町 緑下水処理場	150	二重管	175	75.0~76.5	17.6826	50.8	"	"
8	新横浜駅前公園観測所	港北区新横浜3丁目 新横浜駅前公園	25	"	200	43.0~48.5	18.3336	53.4	"	"
			60	"	200	63.0~87.0	11.6025	53.6	収縮	"
			117	二重管	300	98.0~103.5	"	"	"	"

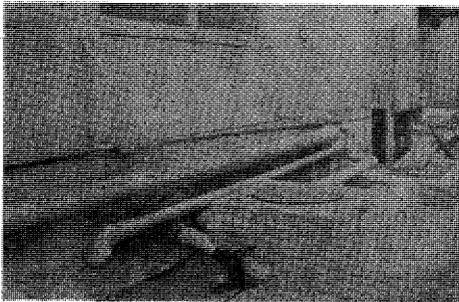
り、上・下水道、ガス管等の地下埋設物の損壊といった直接的被害から、低地下による内水排除、高潮災害の危険性の高まった所も発生している。

表-3、図-5は最近五年間の沈下状況を示したものであるが、過去発生していた鶴見・神奈川臨海部が工業用水の供給により停止し、かわって横浜駅周辺や内陸部に移っている。特に横浜駅周辺は一〇cm以上の沈下面積が八二・五haに及んでいる。また市域全体で沈下により失われた土量は約一五〇万 $m^3$ で、霞が関ピルの三倍の量に相当する。表-4は沈下

地盤沈下被害写真

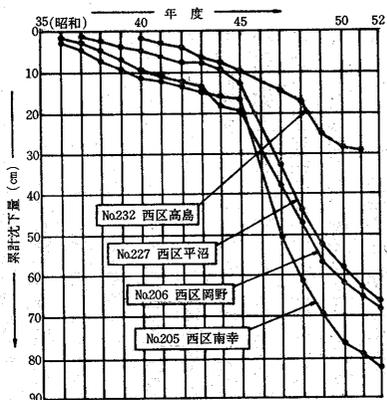


建築物基礎の上げり (横浜駅周辺)



地下埋設物管の露出 (横浜駅周辺)

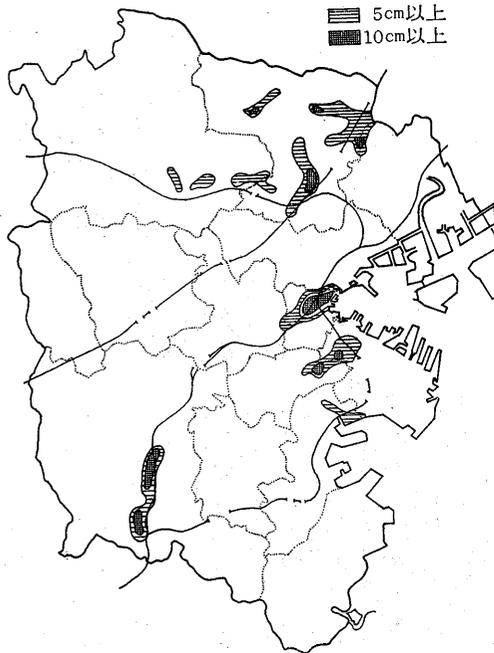
図-4 横浜駅周辺の地盤沈下経年変化図



表一 3 最近5年間の地区別累計沈下面積表(昭和48~52年度)(単位:ha)

地区	累計沈下量	20cmをこえるもの	10cmをこえ20cmまで	5cmをこえ10cmまで	5cmまで	計
北東内陸部	川和	—	—	—	32.5	32.5
	佐江戸・池辺	—	—	—	45.0	45.0
	川向	—	—	—	90.0	90.0
	新横浜・新羽	—	—	35.0	165.0	200.0
	綱島	—	—	25.0	285.0	310.0
			(西10.0) 柳町15.0)			
	勝田	—	—	12.5	37.5	50.0
	小計	—	—	72.5	655.0	727.5
都心部	横浜駅周辺	20.0	62.5	67.5	115.0	265.0
	関内	—	—	35.0	182.5	217.5
			(二葉町22.5) 山吹町12.5)			
	小計	20.0	62.5	102.5	297.5	482.5
磯金	磯子	—	—	—	112.5	112.5
	小計	—	—	—	112.5	112.5
南西内陸部	戸塚	—	—	95.0	150.0	245.0
				(金井・田谷40.0) 戸塚55.0)		
	小計	—	—	95.0	150.0	245.0
合計		20.0	62.5	270.0	1,215.0	1,567.5

図一 5 最近5年間の地域地盤沈下量(昭和48~52年度)



この工業用水は現在地盤沈下防止を目的とした相模湖系統と産業基盤整備を目的とする馬入川系統で工業用水法の指定地域を含む鶴見・神奈川両区(昭和五十二年一二月五日)を始め、西地区(同六・六千㎡)、戸塚地区(同九・三千㎡)

量別面積の推移を示したもので、全体的にみると、やや鎮静化の傾向にあるといえるが、五十二年調査によると年間三mmを超える沈下面積が二一八haあり、最大沈下量も戸塚区上倉田で五二・九mmを記録している。地域別にみると、横浜駅周辺、早濑川流域の港北区勝田・南山田町、鶴見川中流部の港北区新横浜駅周辺、柏尾川流域の戸塚駅周辺や緑区佐江戸地区である。

特に戸塚駅周辺や新横浜駅前周辺は都市環境の再整備や開発が計画されており今後大型建設工事等による地盤沈下の進行が危惧される。

四 地盤沈下対策

地盤沈下の原因は一般には事業場等による地下水の過剰揚水であるが、本市の場合これに加えて、横浜駅周辺のように

建設工事に伴う比較的浅い層からの水の排除や、土の大規模な形質変更による地盤の変化をあげることができる。戸塚駅周辺は工業用水も供給されており、小規模な地下水揚水はあるが、軟弱地盤との複合的なものと考えられる。一方、佐江戸地区は代替用水の未整備なこともあり工業用水としての揚水量も多く、また軟弱地盤の盛土造成による圧密沈下と考えられる現象も一部の地区でみられる。

① 地下水の採取規制

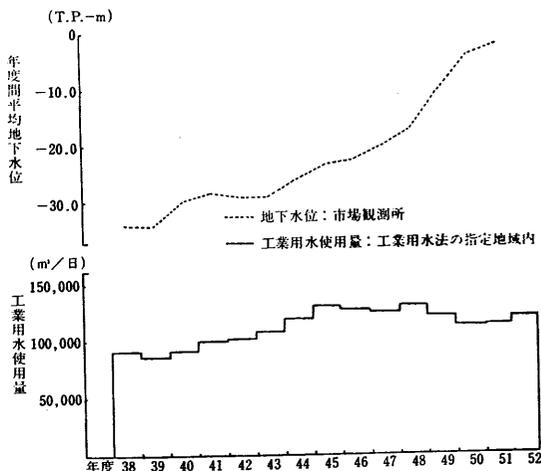
地下水の採取を規制する法制としては現在、工業用地下水を対象とした「工業

用水法」と、冷暖房等の建築物用地下水を対象とした「建築物用地下水の採取の規制に関する法律」(通称ビル用水法)があるが、本市域では工業用水法により鶴見・神奈川両区の京浜急行電鉄本線以南の地域が昭和三十四年に指定地域となり、同四十三年、工業用水への強制転換の措置がとられた。図一6は鶴見区元宮にある市場観測井の地下水位の変動状況を示したものが、昭和三十八年にはT・Pマイナス三三mまで低下した地下水位は、工業用水転換後は年々水位が上昇し、四十九年にはT・Pマイナス一七mまで回復し、地盤沈下は停止した。その後も水位は上昇の傾向にあり、これに伴って地盤も隆起(リバウンド)している。

表-4 沈下量別面積推移表 (昭和48~52年度) (単位: ha)

年度	52年	51年	50年	49年	48年
沈下量					
0mm~10mm	9,781	9,357	9,089	7,802	6,265
11mm~20mm	2,485	751	2,572	1,518	5,528
21mm~30mm	304	251	366	209	796
31mm~40mm	161	124	178	35	113
41mm~50mm	54	60	136	45	75
51mm~60mm	3	40	75	17	40
61mm~70mm	—	26	26	29	37
71mm~80mm	—	27	16	36	22
81mm~90mm	—	12	9	15	27
91mm~100mm	—	3	5	—	25
100mm超過	—	2	2	—	22
合計	12,788	10,653	12,474	9,706	12,750
成果算出面積	16,041	16,041	16,041	14,784	14,784
割合(%)	79.7	66.4	77.8	65.7	86.2
40mm以上割合(%)	0.4	1.1	1.7	0.9	1.7

図-6 工業用水使用量と地下水位の経年変化



及び根岸地区(同五三三<sup>3</sup>m)に、合計一九四四<sup>3</sup>m/日供給されている。このように地下水揚水に代る代替水として工業用水を供給することは、地盤沈下防止の上で効果があるが、市人口増による水需要も増え、水資源開発は限界にきているといわれる現在、開発が進行した内陸部に工業用水道を増強整備することは、はなはだ困難な状況にある。

工業用水法の指定地域以外は、神奈川県公害防止条例によって昭和四十六年に旭区及び瀬谷区を除く全ての区が、また昭和四十八年には旭区及び瀬谷区も地域指定され、日量一〇〇<sup>3</sup>m以上の地下水利用

用者に対してその内容の届出、揚水量の報告等が義務付けられ、本市はこれにもとづいて地下水採取の規制指導を行っている。表-5は地域別揚水量の内訳を示したものである。これらは主に工業用に利用されているもので、表-6にその用途別利用状況を示した。

なお現在二〇都府県、六〇市町村が独自の条例によって規制をしているが、その形式としては公害防止条例として制定しているものが多いが、水源保全、水利合理化の見地から定められている例もある。規制方法も単なる届出制のもの、許可制のものから、愛知県や三重県のよ

うに、既存の井戸に対して一定期間内に削減を義務づけるような厳しいものまである。

### ② 横浜駅周辺地盤沈下対策

この地区は、戦後本市の区画整理事業により新市街地として次第に発展し、今日県下最大の繁華街として隆盛をみている。一方地質地層的にみると、帷子川の河口に位置し、古くは新田開発の干拓地で軟弱地盤が厚くしかも複雑に入りくんだ悪条件下にある。従って当然開発に伴う地盤沈下が予想されたため、市では昭和三十五年に水準点を設置し、沈下状況の監視を行ってきた。その結果、昭和三

十三~三十九年にかけての第一期ビルラッシュの時代に著しい沈下現象を生じ、その後一時小康状態にあったが、昭和四十五年以降同駅周辺で高層ビル、地下鉄高速道路などの大規模な工事が盛んに行われたに伴い、昭和四十六~四十九年には年間沈下量が一〇cmを超える地点が多く観測され、建造物の基礎部分の抜上りや地下埋設物の破損等の被害が発生した。また昭和四十八年の同駅周辺一帯の地盤高調査の結果、昭和四十年には二・五haであった海拔ゼロメートル(満潮時)地帯が二〇haに拡大していた。図-7は岡野公園内の観測井の地下水位と地盤沈下の観測結果を示したものであるが、四十七年当初から十月にかけて、八ヶ近い水位低下をみている。このような状況から、今後とも沈下が進む可能性がたよく一般建築物はもとより、ガス、上下水道通信施設、道路鉄道等の公共施設の被害が拡大し得ること、高潮や地震に起因する二次災害の危険性が極めて高いこと等都市環境の保全上重大な問題を含んでいることに鑑み、早急に対策を構する必要にせまられている。局では、地区内で実施されたボーリングデータにより地層地質を詳細に把握するとともに、観測井や地区内の水準基標の経年変動量などをもとに地盤沈下現象の解析を行い、その結果について関係各局区からなるプロジェ

クオチームを編成して検討を重ねた。その結果、地盤沈下の原因は諸建設工事に伴う地下水排除と軟弱地盤の自然圧密との複合的なものであるという結論を下した。これにもとづき、昭和五十年九月に同駅周辺地区のうち軟弱地盤が厚く沈下

表一五 神奈川県公害防止条例対象井戸の地域別揚水量 (m<sup>3</sup>/日)

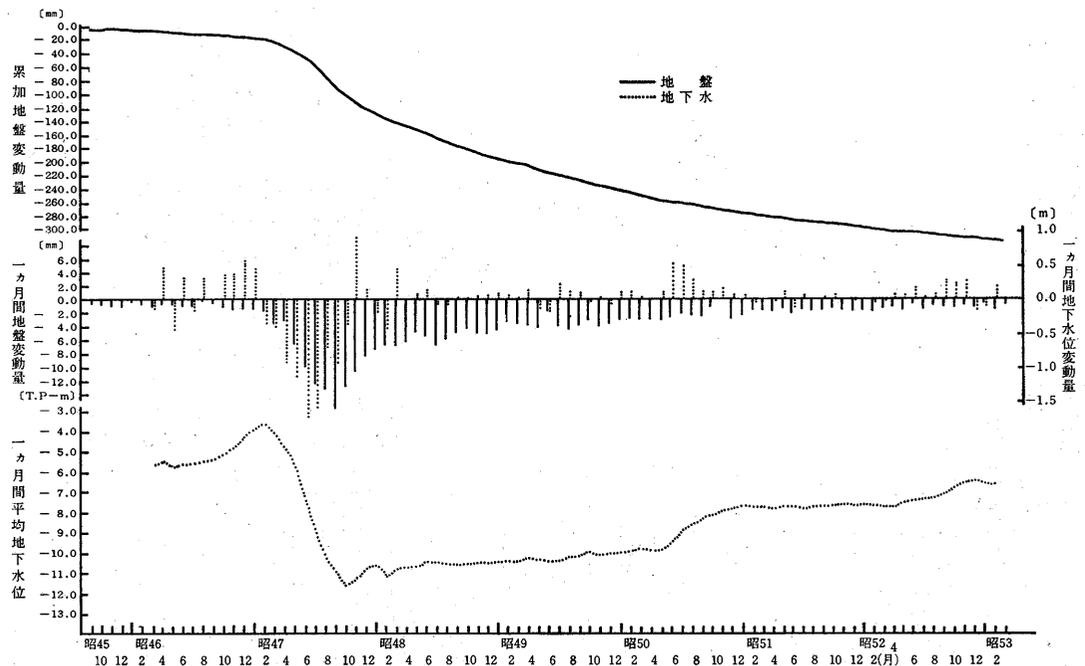
地域別	昭和49年度		昭和50年度		昭和51年度		昭和52年度	
	井戸数	揚水量	井戸数	揚水量	井戸数	揚水量	井戸数	揚水量
鶴見・神奈川臨海部	9	1,100	10	951	11	1,031	10	738
都心部	15	1,446	17	1,059	18	1,056	18	986
本牧・磯子・金沢臨海部	16	1,815	16	2,264	15	2,735	16	2,156
北東内陸部	68	12,320	74	12,202	87	12,929	88	11,462
中央内陸部	37	8,641	39	8,051	40	8,455	39	8,626
南西内陸部	24	4,023	26	5,253	30	5,214	30	5,430
合計	169	29,345	182	29,780	201	31,420	201	29,398

表一六 地区別用途別地下水利用状況 (県条例届出対象事業場) (昭和52年度) (m<sup>3</sup>/日)

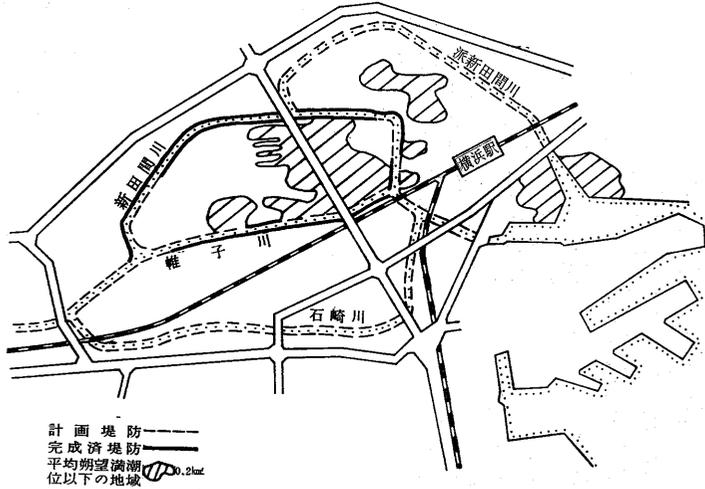
区域	用途	井戸数	ボイラー	原料用	製品処理	洗浄	冷却	温度調節	その他	計
鶴見・神奈川臨海部		(8)10	—	18	162	183	267	2	106	738
都心部		(13)18	—	—	115	283	332	—	256	986
本牧・磯子・金沢臨海部		(10)16	16	28	17	395	975	33	692	2,156
北東内陸部		(57)88	121	177	33	2,394	3,239	61	5,437	11,462
中央内陸部		(21)39	432	595	1,257	2,134	1,953	1,343	912	8,626
南西内陸部		(21)30	65	23	98	1,555	568	38	3,083	5,430
計		(130)201	634	841	1,682	6,944	7,334	1,477	10,486	29,398

( ) 内の数字は事業所数

図一七 岡野公園観測所の地盤と地下水位の変動状況



図一 8 高潮対策事業の概要 (神奈川県52年度)



量が年平均2cmを超える三七五haを地域指定し、地下水の採取規制及び掘さく作業を伴う建設工事などの工法の指導を主

な内容とする、横浜駅周辺地盤沈下対策指導要綱を施行した。以後地下水位は年々回復の傾向にあり、沈下量も現在三〇mm程度に収まりつつある。なおこの要綱にもとづく審査件数は施行以来二〇〇件となっている。図一八は現在本地区で行われている高潮対策事業の概要を示したものである。

五 おわりに

地盤沈下などの地下水障害は地下水利用に関して、この過剰揚水という行為によって大地の地盤構成要素でもある地下水環境が破壊される結果生ずる現象で、

直接的には沈下などの被害現象を喰い止めることが目的であるが、地下水の保全利用あるいは地下水汚染までの問題を含めて根本的な対策を構構する必要がある。また地下水は目でみることができず、地盤沈下等の現象は自然を介してジワジワと生じてくるもので、健康被害、感覚公害といった他の公害現象の基準で把握する性質のものではない。地盤沈下等による経済的損失は相当な量に達すると推定されるが、それは被害者(対沈下対策用の構造や工法の採用という形を含めて)や公共投資で償われ、いわゆる公害対策の基本原則であるP・P・P(汚染者負担の原則)は大気汚染や水質汚濁の場合のように明確にはなっていない。

地下水の保全や地盤沈下の防止に関する総合立法の制定の必要性も古くからいわれており、環境庁は昭和五十二年二月に「地盤沈下防止法案要綱」を作成し、地下水に関係する他省庁と調整を重ねたが地下水問題は利害の対立が多いためだけに調整は難航し、現在に至っている。いまま

でもなく水はわれわれ人間にとって基本的な資源であり、生活から生産のあらゆる分野にわたって、それぞれ深い関連がある。水行政は一元化し得るものではないだろう。一元化しなければならぬのは水資源に対するわれわれのものの考え方であり、地下水はもはや経済財ではなく有限な公共財だという認識が必要なのはなかるうか。

〈公害対策局水質課主査〉

参考文献

- 一、横浜市(一九七二)：危険エネルギー
- 二、横浜市公害対策局

合調査

- (一九七五)：横浜市地下水総
- 三、〃 (各年度版)：横浜市地盤沈下調査報告書
- 四、〃 (一九七四)：横浜駅周辺地盤沈下調査解析報告