

# 地盤沈下にともなう都市排水施設の再検討

近 藤 市 三 郎\*  
那 智 俊 雄\*\*

## 1. 臨海都市の地盤沈下

近時、東京、大阪などの臨海都市の地盤沈下現象が論議されるようになってきたが、この現象は東京、大阪などの特定の都市に限定されたものではなく、地下水の汲み上げが都市の発展と直接結びついているような臨海都市では多分にその危険性をはらんでいるといえよう。この地盤沈下が現実の恐怖となって現われているのが、現在の東京、大阪などであり、今ここで解説しようとする大阪をモデルとした沈下にともなう都市排水施設の再検討がなんらかの形で、今後の都市排水のあり方の指針ともなれば幸いである。

まず、順序として地盤沈下の状況を概略説明する。大阪で地盤沈下に最もあえいでいるのは、新しい大阪、すなわち西大阪である。この西大阪は淀川、大和川の送流土砂と江戸時代より活発となった干拓事業とによって生まれてきた地域であるが、現在では大阪港を玄関とし、市内諸河川を動脈とした港湾地域、ならびに大小多数の工場と近代建築物を集めた近代商工業の一大中心地域となっている。したがって、西大阪の存在は、わが国産業経済上からみてきわめて重要であるが、しかしながら、この西大阪の発展がそのまま地盤沈下に結びついているのである。すなわち、近代産業に不可欠である工業用水は地下水に依存しているのであり、近代建築物の整備拡充にともなって急増してきた冷房ならびに雑用水もまた地下水にたよっているのであって、この地下水の過剰な揚水が主原因となって、現在までの異常な地盤沈下現象を引き起こしているのである。すでに、地盤沈下を起こしている地層は地下 200 m 以深の相当に古く、また硬いといわれていた地層にまでおよび、しかもこの地盤沈下区域の拡ろがりや地下水系から予想できる地域全般にわたっていることが、筆者らの調査<sup>1)</sup>でわかっているのであって、このことから大阪と類似の臨海都市が今後の発展とともに地盤沈下するという危険性を内蔵しているといえよう。

図-1 は西大阪の地盤沈下の経年変化を示すものであり、この沈下量を平面図に示すと 図-2 のようになる。図-1 でわかるように、昭和 20 年前後の地下水利用がとだえていた頃は沈下も少なかったのであるが、戦後、

図-1 地盤沈下経年変化図

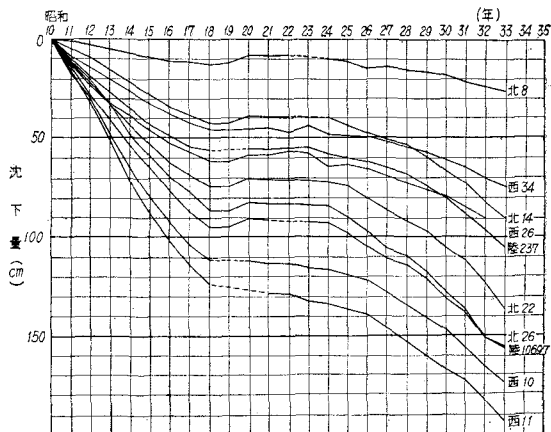
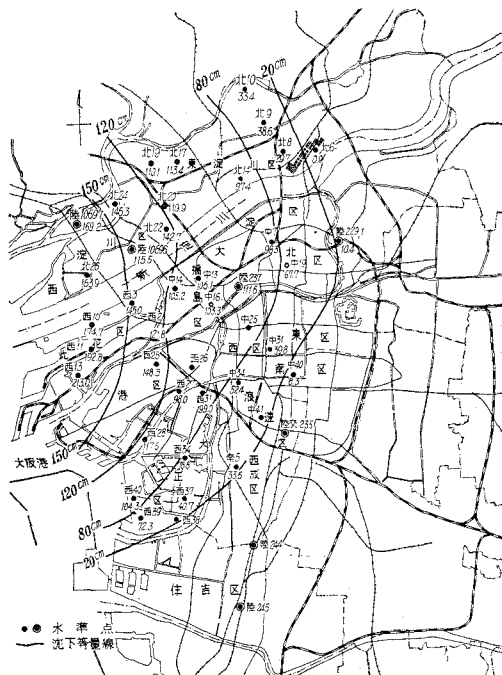


図-2 地盤沈下平面図 (昭和 9~33 年)



都市復興とともに沈下量が増大してきたのであり、とくに現今ではビル街など市街中心部で年間 15 cm 以上も沈下しているありきまでである。このような地盤沈下の結果、現今の大阪の地盤高は 図-3 に示すような状況となってきたのであって、すでに沈下量の大きい臨海部では、土地の維持が不可能となり、放棄せざるをえなくな

\* 正員 工博 元大阪府企業局臨海開発部長  
\*\* 正員 大阪府土木部港湾課

図-3 大阪市内地盤高図(昭和 35 年1月)



排水施設に影響してくる。さらに、地盤沈下が進行してくると単に自然放流だけの問題ではなくなってくる。図-3 で示した O.P.+1.80 m 以下の地域は朔望平均満潮位よりも低い地域であり、O.P.+1.00 m 以下とは平均水位より低い地域を示している(表-1 参照)。したがってこれらの地域は、平時の潮位にさえたえられないのであるから、防潮施設が必要であり、都市排水の問題もこの防潮施設との関連において考えねばならない。

以上にのべた防潮施設は平時の潮干を対象として論議したのであるが、都市そのものの地理的条件によっては災害対策のことを考えねばならない。たとえば高潮の問題であり、洪水の問題である。とくに都市が臨海地域に集中している日本では高潮への考慮を払わねばならない。西大阪も大阪湾の最奥部という地理的条件が関係して、従来から高潮に見舞われてきた地域であり、地盤沈下現象はこの高潮被害を助長するという意味できわめて影響が大きい。したがって、西大阪のような地域では当然、高潮対策の一環としての都市排水施設が必要であり、さらに、この施設が地盤沈下によってその機能を低下させてくれば、これに対して考慮を払って行かねばならない。

った地区さえ生まれている。

## 2. 都市排水施設の再検討の必要性

一般に、都市排水については、その都市を貫流する河川を利用していることが多い。この場合、自然放流ができれば、きわめて有利であるが、大阪のように地盤が沈下してくると、それが不可能となってくる。図-3 によって西大阪の地盤高の概略を示したが、この図で O.P.+3.00 m より低い地域は、大阪湾の平時の最高汐位が O.P.+2.40 m であること、および河川計画洪水位から考えて、自然放流ができにくい地域である。すなわち、地盤沈下はこのような地域をさらに増大するというこ

表-1 大阪市の地盤高から区分した面積(昭和 35 年調査)

	面積	百分率
O.P.+1.00 m 以下	2570 ha	14.5%
O.P.+1.00~1.80	1750 ha	9.8%
O.P.+1.80~3.00	4350 ha	24.4%
O.P.+3.00 m 以上	9130 ha	51.3%
計	17800 ha	100%

注: O.P.+1.00 m 平均水位  
O.P.+1.80 m 朔望平均満潮位  
O.P.+2.40 m 最大満潮位

地盤沈下は、河川汚濁にも関係してくる。すなわち、臨海都市における市内諸河川は、現状では主要下水幹線としての役目を果たしているものであり、したがって、市内諸河川は都市の発展とともに汚濁する傾向にある。地盤沈下は、これら市内諸河川の感潮区域を増大させるのであって、この緩流部の増加は河川汚濁にさらに拍車をかけることとなる。もちろん、河川汚濁防止そのものは下水処理本来の仕事であるが、東京、大阪などの大都市の河川汚濁に地盤沈下が少なからず影響していることも見逃してはならない。

## 3. 地盤沈下地帯の都市排水のありかた

一般に都市排水施設とは、大別して、排水管きょ、処理場、ポンプ所であるといえることができる。これら3つの施設を完備すべく、下水道事業が着々と進められているのであるが、すでにのべてきたような理由から地盤沈下地帯の都市排水施設は、その計画を再検討しなければならないような事態となってきている。すなわち、地盤沈下都市は、平時の排水のほか、沈下によって助長された非常災害時の排水をとくに考慮して計画しなければ

ならない。

しかも、地盤沈下しているという事実を計画に十分とり入れることが必要である。さらに、積極的に都市排水施設を整備して沈下防止の一助とするような考えも必要といえよう。以下、西大阪で実施し、また計画している都市排水施設について地盤沈下と関連しながら説明してみる。

### (1) 防潮施設の一環としての都市排水施設

前述してきたように、大阪が大阪湾の最奥部に位置すること、および地盤沈下が激化してきたことが相互に関連して、西大阪では高潮防衛対策が必要である。もちろん、この対策計画を樹立する時には、都市排水の問題も同時に考えることが必要で、単に、高潮のみから論じるだけでは完全とはいえない。たとえば、高潮を第一線の防波堤あるいはこれと類似の施設によって防ぐというような海岸堤防方式は、地盤沈下地帯では不適当である。その理由は、港湾をようした都市の前面に設けられた高潮防波堤は、船舶の出入のために必ず水門あるいはこう門を設ける必要があり、高潮時のみに水門を閉じるにしても、主要排水路である市内河川、運河などの内水位が上昇して市街地に浸水することになる。さらに、地盤沈下が進行すれば、平時の満潮位にすら浸水することとなるから、水門は高潮時のみならず潮の干満に応じて開閉することが必要となり、都市排水の機能はいちじるしく阻害される。このため、市内河川、運河沿いに新たに堤防を築造する必要が生じてくるのである。尼崎市の場合がこの事例であって、同地は今この対策に苦慮しているのである。

さて、大阪で計画し実施した防潮方式は、港湾地帯の機能を生かし、同時に工場ならびに市街地の防潮目的を達しようという計画した<sup>2)</sup>もので、防波堤は高潮時の波高ならびに波力減殺のみを受け持たせることとし、市内諸河川、運河に浸入した高潮は河岸沿いに築造した防潮堤、あるいは全面盛土工によって防御することとしたのである。この全面盛土工は、地盤沈下の復元策としては良策と思われるが、都市におけるこの種工事は、一般には実施困難であり、西大阪でも港湾地帯のみに施しただけである。これは、戦災によって割合に実施が容易であったこと、港湾機能を重要視したことなどから採択した工法であって、盛土高さは港湾荷役と計画高潮位の両者を考慮して定めた。全面盛土地域では、完成後に自然排水が可能となるから、都市排水上論議される点は少ないが、ただ施工期間が長年月におよぶため、局地的に盛土未完了地域の排水対策を考慮して実施しなければならない。

河岸沿いに防潮堤を建設した地域は、比較的港湾機能に支障をおよぼさないと認められた地域で、防潮堤内には高潮を浸入させないことを原則として防潮堤計画高を

定めている。地区ごとに防潮堤でかこめばその地区内の排水問題を解決しなければならないのは当然で、この排水施設は防潮堤建設と併行して行なった。すなわち、地区ごとにポンプ所を設置して、ポンプ排水することを原則としている。このポンプ所設置の考え方は、前述してきたように防潮堤との関連で実施したのであるが、防潮上の観点を離れても、西大阪のような地盤沈下都市では当然施さねばならない施策である。ポンプ所の計画基準<sup>3)</sup>は雨水量を1時間60mm、流出量は「ブリックス」氏公式により、流出係数は高地区0.6、低地区0.5としたものであるが、この平時の雨量に対する排水量の基準のほか、ポンプ所に高潮防衛施設としての性格を備えさせている。すなわち、理論的には計画高潮位を上まわる高潮の浸入が絶無とは考えられない。この場合、浸水被害を最小限にするためにはポンプ所に浸入させないこと、動力源を確保することであって、この目的のためにポンプ所には防潮堤同様に防潮壁を備えるとともに、排水ポンプの動力をモーター、ディーゼルの二本立にしているのである。これらポンプ所の施設は、地盤沈下によって機能を低下させれば、その沈下量に応じた修正が可能のように当初から配慮しておくことは当然である。現在、大阪では地盤沈下にもなるこれら施設の機能復元をはかっている<sup>4)</sup>が、この計画の基準となる地盤沈下量については、現在までの沈下量のほか、沈下主要原因である地下水の汲み上げを減少させる地盤沈下防止策の実施計画にもとづいて将来の沈下量を推定し、これら全沈下量を対象としている。

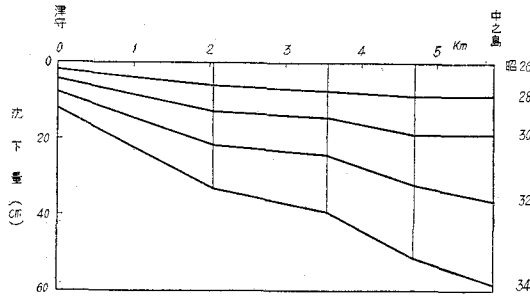
### (2) 地盤沈下の地域的な分布を考慮した排水対策

地盤沈下は西大阪全般の現象であるが、しかし沈下量は各地域によっていちじるしい差異がある。都市排水施設では、その都市の平面的な配置構造にもとづいて各地域ごとの排水量を計画決定にとり入れているが、この都市の各地域ごとの性格を地盤沈下量に関連させて排水施設計画をたてる必要がある。すなわち、地盤沈下は地下水の汲み上げが主原因であり、それが作用して、その地層に応じた収縮をもたらすのであるから、地層そのものの性質を知ることが重要であるが、地下水の汲み上げ状況を知ることが同時に必要である。

地下水の揚水作用が沈下に影響する状況は、大阪のように西大阪全域に1000本以上のさく泉が多量に揚水している場合には、これらさく泉が互いに干渉してさく泉群として作用していると見なしても大局的な沈下傾向は知ることができる<sup>1),5)</sup>。しかしながら、排水施設を検討する場合には、この全般的な沈下傾向のほかに、局地的な沈下をも同時に考慮することが必要である。このことは、地下水を多量に使用する工業地域、あるいはビル街などに対する考慮であって、たとえば大阪駅周辺あるいは中之島地区などのビル街に対する排水施設である。中

之島地区などは、最近5カ年間ほどに急速にビル建築がすすんだ地区であって、この結果、以前は年間5cm程度の沈下であったのが、現今では年間15cm以上も沈下している。このような沈下量の増大は、排水系統、ポンプ所配置に影響してくるのである。すなわち、中之島地区の排水は平時は約6kmほど離れた津守処理場に送られているのであるが、津守地区は年間沈下量5cm以下の地区であって、この結果、排水管きよの勾配は年々排水系統とは逆みきとなり、排水上支障をきたすこととなっている(図-4参照)。このため、現計画では、途中で新たにポンプ所を設置<sup>4)</sup>して排水事情をよくするよう考えている。このような排水系統上の支障はもっと局地的な所でも出てくる問題であって、これら都市の地区の性格と今後の発展状況に関連する地盤沈下量をよく把握して、都市排水施設を検討しなければならない。

図-4 中之島〜津守間の地盤沈下傾向  
(昭和26年よりの累計沈下量)



### (3) 地下水の代替水としての下水処理水

大阪が水の都として市内を貫流する諸河川と、これを横に連ねる多数の運河とによって産業が発展してきたことはよく知られているところであるが、商工業の発展とともに排除される汚水の質の悪化と量の増大のために水質が急激に悪化してきた<sup>6)</sup>。さらに、前述してきたように、地盤沈下が河川および運河の緩流部を増大させ、河川の疏通を悪くしていることが、河川汚濁により拍車をかけることとなってきている。したがって、下水処理は都市排水施設として当然実施しなければならないが、地盤沈下地帯ではとくに整備を急がねばならない施設である。図-5は市内河川、運河の汚濁状況を示したものであるが、市内中心部の河川、運河がとくに汚濁がひどく、悪臭鼻をつき、全くのどぶ川と化しているものが少なくない。

既述してきた防潮堤建設計画にあたって、筆者らは現況の河川、運河の利用状況、排水施設の地区割などを考慮して10数河川を廃川としたが、このような利水ならびに治水上の見地から不必要となった河川を締切することは、防潮対策、排水計画、河川汚濁などの見地からだけでなく、廃川敷を道路敷に利用するなどきわめて有利なことが多いが、とくに地盤沈下都市では、つぎに述べる

図-5 市内河川汚染状況図

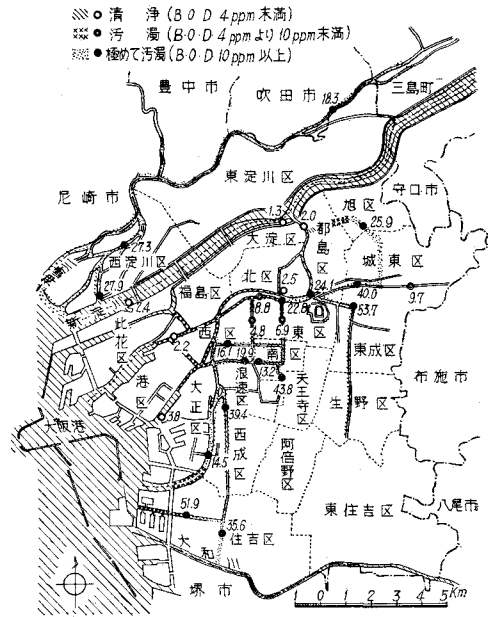


表-2 大阪市内における地下水揚水量  
(昭和34年1月〜12月)

	工業用	冷房雑用	計
年間	63 540 000 t/年	21 880 000 t/年	85 420 000 t/年
8月・月間	6 550 000 t/月	4 626 000 t/月	11 176 000 t/月
平均1日量	262 000 t/日	185 000 t/日	447 000 t/日
8月揚水量×1/25			

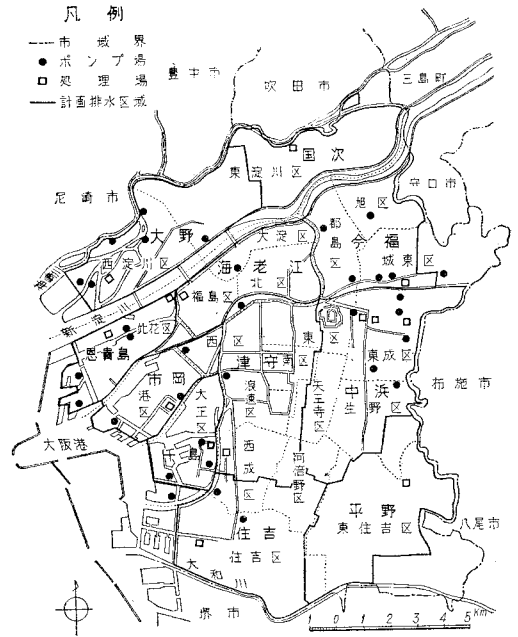
表-3 臨海工業地造成にともなう工業用水

	造成面積	工業用水
大阪南港	704 ha	200 000 t/日
堺港	1 544 ha	530 000 t/日
計	2 248 ha	730 000 t/日

ように水資源との関連において得策であるといえよう。大阪での水の需要は急速に増加している。これを大別すれば、現在地下水に依存しているものを転換させるための水であり、もう一つは産業伸長に応じて計画実施されている臨海開発にともなう造成地に必要な工業用水である(表-2, 3参照)。これらの水はばう大な量に達するが、前者は現実に地盤沈下をもたらししている主要原因であり、後者もまたこの水資源を確保できなければ、やはり地下水揚水から地盤沈下と一定コースをたどるであろう。したがって、この水資源の確保はきわめて重要であるが、大阪における水源は現況では、淀川水系のみであり、しかもこの淀川の水は、すでによく知られているように、琵琶湖総合開発にまたなければ新たな水利権を取ることができない状況である。このように、新しい水資源を早急に見出すことが困難であるから、現在の大阪の水の合理的な運用をはかって、少なくとも地盤沈下防止のための水資源を確保することが必要である。

さて、現在大阪がもっている水資源のうち、合理化に

図-6 全体計画区域図



よって生み出しうる水は、つぎの二者であろう。それは昔から淀川より取り入れている市内河川浄化用水といわれている毎秒88.5万tの水と、下水処理水とであろう。淀川から取り入れている河水は、安治川、正蓮寺川、木津川など市内諸河川、運河に流入し、それらの浄化に役立っているのであるが、この水から合理化によって余剰水を生み出すことができる。すなわち、その第一は、下水処理の完備であって、河川に対して放流されている汚水を減少させることにより余剰水が生み出される。第二は前述のように利用度の少ない河川の廃川化であって、汚濁河川、運河の面積を少なくすることである。さらに、第三には河川浄化事業の実施で、たとえば干満差を利用したフラッシュゲイトの設置、汚泥土砂の取り除きなどの方法である。このように浄化用水の余剰水を利用する方法は考えられるが、しかし、その根本策は市内河川に汚水を放流させないよう下水処理を完備することであるといえよう。

つぎに下水処理水であるが、大阪市内の処理を要する汚水量はぼう大な量<sup>7)</sup>になる(表-4 参照)。したがって、この汚水を処理し、工業用水に再利用することは、水資源不足の現在きわめて有効なことである。このように、地盤沈下都市においては、下水処理場の完備は単に都市排水事業としての観点からのみでなく、沈下を防止する根本的な対策に連なる重要な施設であるから、早急にこの施設の整備をはからねばならない。

表-4 昭和50年における汚水量

排水区名	排水面積 (処理面積) ha	計画人口 (処理人口) 人	処理量 (汚水量) t/日
大野	1664	416 000	187 200
国次	1122	336 600	117 900
今福	1695	508 500	178 000
中浜	1778	711 200	249 000
放出	542	216 800	75 900
平野	1803	360 600	108 200
住吉	2006	601 800	210 600
千鳥	566	169 800	76 400
市岡	786	266 000	119 900
此花	678	203 400	101 700
海老江	1215	545 000	272 500
津守	1952	981 000	392 400
計	15 807	5 316 700	2 069 700

注：汚水量は1日最大を示す。工業用水の水源として利用しうる量は最大量×1/1.5≒1 400 000 t/日

#### 4. む す び

東京、大阪をはじめ臨海都市に起こっている地盤沈下は、都市そのものに重大な影響をあたえている。本文では、大阪を一例として、主として都市排水施設ににあたえている影響ならびに再検討の方針について述べてきたのであるが、このような技術面からの再整備方針は立案できても、実際にこれを施すには困難な問題が横たわっている。もちろん、すべての事業を実施するには、それに

付随して起こる数多くの難問を解決することが必要であるが、この場合には、とくに地盤沈下との関連を考慮しなければならないだけに、より困難であるといえよう。前述してきたように、都市排水は地盤沈下によって、いちじるしく阻害されている。しかも、その影響度は沈下の増大とともに、ますますはげしさを加えるのであるから、あくまでも、地盤沈下防止策の確立を第一義的に考える必要がある。しかるのちに、沈下防止を前提とした都市排水施設の再整備をはかることが適当であると思われる。

しかしながら、この沈下を防止する対策、すなわち、地下水揚水を現実には禁止あるいは規制することは非常に困難である。それは、地下水そのものの所有権に関係するからであって、現に大阪で実施している規制の方法も、工業用水については工業用水法、冷房雑用水については大阪市条例にもついで新設さく泉に対して許可制をとっているだけで、従来からの既設さく泉に対しては、わずかに大阪市条例で転換に要する費用の助成あるいは貸付を考えている程度である<sup>8)</sup>。しかも、工業用水法は、その立法目的が工業用水を合理的に確保して工業の発展に資することであるから、地下水を規制あるいは禁止するという沈下防止目的に対しては大分様相が異なる。たとえば、新設さく泉に対する規制の技術的規準にしても、地下水揚水が沈下の原因であるという技術的説明がつくにかかわらず、現有のさく泉実態から必要最少限度の基準にとどめるという消極的規制である。また、工業用水道が建設されなければ、この法律の適用をうけることができないし、水道が建設されても地下水揚水を

表一5 大阪市排水施設事業全体計画（昭和 33～45 年）

排水区名	下水管きょ(幹)		下水管きょ(枝)		ポンプ所		処理場	計	用地費	合計
	延長	金額	延長	金額	箇所数	金額				
	km	100万円	km	100万円		100万円				
○大野	21	1 027	144	1 317	6	353	789	3 486	10	3 496
○国次	20	1 254	162	1 676	1	25	1 056	4 011	300	4 311
○今福	26	1 723	110	997	6	794	2 215	5 729	40	5 769
○中浜	13	953	87	476	4	322	3 138	4 889	30	4 919
○放出	12	396	61	493	3	328	394	1 611	465	2 076
○平野	32	2 404	321	2 904	1	270	1 643	7 221	442	7 663
○住吉	19	1 142	205	2 452	3	76	2 331	6 001	0	6 001
○千島	7	284	16	142	4	145	505	1 076	0	1 076
○市岡	3	94	8	82	4	48	686	910	29	939
○此花	5	218	62	872	3	231	442	1 763	0	1 763
○海老江	3	75	33	308	3	203	1 480	2 066	16	2 082
○津守	1	18	39	359	2	148	1 760	2 285	420	2 705
計	162	9 588	1 248	12 078	40	2 943	16 439	41 048	1 752	42 800

注：○印は簡易処理をした場合の事業費を示す。これを恒久的な処理場施設とするには約 200 億円かかる。

これに転換させるための適切な手段が配慮されていない。大阪市条例は、地盤沈下防止を目的としているものの、地下水規制については工業用水法以上の基準を設けることができないし、転換させるための強制力もなく、しかも、これに要するばく大な費用については今のところ国の援助を期待することができない。このように、法律的にも沈下防止策を実施するにはまだ不十分であるうえに、工業用水の水源など総合的な見地から推進して行かねばならない難点が残されているのである。

このように、沈下防止策確立には前途多難であるが、これらが解決されたとして、都市排水施設事業だけを取り出してみても、実施にともなう狭路が多いといえよう。細かいものは論外として、事業費だけを見つめてみても表一5<sup>7)</sup>に示すようにばく大なものとなるのであって、事業の完全実施は容易なことでは達成できない。大阪市の排水事業は明治 27 年にはじまり、以来市財政の窮乏の中から排水事業を重点施策として極力推進してきているのであって、昭和 33 年まですでに 300 億円の巨費を投入してきている。その間には、地盤沈下と高潮に関連する防潮事業の一環として西大阪一帯のポンプ所の

整備増強を公共事業として実施することができたことはすでに述べたとおりであって、今後もばく大な費用を要するこの種の都市排水施設を強力に推進していくためには、地盤沈下総合対策に関する特別立法を行ない、この基本法のもとで地盤沈下関連事業として実施することが必要であろう。

最後に、本文を書くにあたって、貴重な資料をお貸し下さった大阪市土木局の北村下水建設課長ならびに谷企画係長に厚くお礼を申し上げる。

参 考 文 献

- 1) 大阪府港湾課：大阪市内における防潮対策に関する研究、1960-5
- 2) 大阪府・大阪市：西大阪高潮対策事業誌、1960-5
- 3) 大阪市土木局：大阪市下水道改良事業の概要、1958-8
- 4) 大阪府港湾課：大阪地区地盤沈下対策事業計画書、1958-8
- 5) 大阪府港湾課：大阪市内における防潮対策に関する研究資料、1960-5
- 6) 大阪市土木局：大阪市下水道の現況と計画、1960
- 7) 大阪市：大阪市下水道事業十ヶ年計画、1960-8
- 8) 大阪府土木部：大阪市内地盤沈下対策資料、1960-10

(原稿受付：1961.2.9)

土 木 工 学 論 文 抄 録 第 6 集 発 刊 に つ い て

本学会は昭和 9 年にわが国の土木技術に関係のある文献を収録した土木工学論文抄録集を創刊し、昭和 14 年に第 2 集、昭和 25 年に第 3 集、昭和 26 年に第 4 集、昭和 30 年に第 5 集を刊行しましたが、今回引続き第 6 集として刊行したものは昭和 29 年 1 月から昭和 33 年 12 月までの 5 年間にわたる文献およそ 10 000 件を収録してあります。文献調査ならびに各部門の研究動向を察知するために、きわめて有力な資料と信じますから大いに御活用下さい。なお限定出版につきお早目にお申込み願います。

- |              |                      |          |          |
|--------------|----------------------|----------|----------|
| 内 容：1. 土木一般  | 7. コンクリートおよび鉄筋コンクリート | 12. 都市計画 | 18. ダム   |
| 2. 応用力学      | 8. 溶接                | 13. 港湾   | 19. トンネル |
| 3. 土性および土質力学 | 9. 橋梁および構造物          | 14. 海岸工学 | 20. 施工   |
| 4. 水理学       | 10. 鉄道               | 15. 河川   | 21. 水文学  |
| 5. 測量        | 11. 道路               | 16. 発電水力 | 22. 土地改良 |
| 6. 材料        |                      | 17. 上下水道 | 23. 雑    |

体 裁：A 4 判 498 ページ 定 価：2 500 円 (〒 100 円)、会員特価 2 000 円 (〒 100 円)