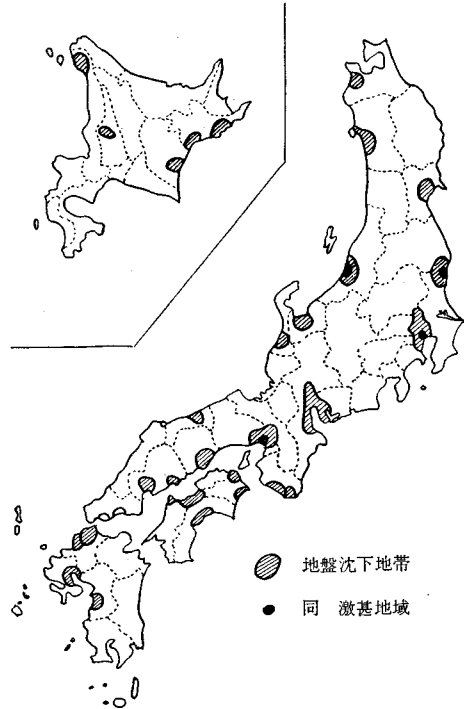


## 2.3 地盤沈下

図-1 地盤沈下地帯

高村 博\*



### 1. まえがき

わが国は環太平洋火山帯に属しており、このため地震や火山活動の地殻運動によって、地盤の隆起、沈下は絶えず行なわれているが、これらの自然的現象に対して人為的な原因による地盤の沈下がある。すなわち、地下の鉱物資源の採取によるものや、沖積平野における地下水の汲み上げによるものなどが上げられる。このうち、公害対策基本法という公害として指摘する地盤沈下は、鉱物の採掘のための土地掘削によるものを除き、主として地下水汲み上げによって生ずる地盤沈下であって、大部分沖積平野で発生している。このようなところでは、軟弱地盤特有の自然圧密がわずかではあるが加わっているものと考えられる。

わが国の平地部は、河川により形成された沖積平野が多く、地盤は比較的軟弱であり、このような沖積地層に含まれている地下水を急激にあるいは大量に汲み上げることによって、地盤沈下（圧密沈下）を起し易い。東京、大阪等の都市周辺地帯は、利根川、淀川等によって形成された沖積層の河川デルタ地帯であって、この都市周辺の工業地帯では、工業用水の水源は大部分地下水に求めてきており、これによる地盤沈下は昭和の初期から観測されていたが、地盤沈下防止としての地下水汲み上げ対策について具体化するに至らなかった。

戦後、わが国産業界は、東京、大阪を中心として急速に発展し、このため、都市用水は著しく増大した。特に工業用水においては工業用水道の立遅れのため、地下水に依存せざるを得ず、これらの地帯では地盤沈下は次第に増大し、東京、大阪における 0 m 地帯は次第に拡大した。

かくて、工業用水、ビル用水としての地下水汲み上げを規制して地盤沈下の防止を図ってきたが、最近におい

ては、大都市周辺の住宅地の拡大に伴って、上水道水源として地下水汲み上げが増大しており、この水源の転換を急ぐ必要があり、さらに地盤沈下地帯は次第に広域化しており、都府県の行政区画を越えた施策が必要となってきている。さらに、江東地区等の低地帯においては、防災的観点から土地利用の規制等についての措置を講ずる必要があろう。

### 2. 地盤沈下調査

地盤沈下の観測については、地表面における水準測量がある。これは、国土地理院の全国的な水準点を基準として、水準測量によって地盤の変動を測定するもので、沈下地帯の範囲、地下量の変動状況等を知るための基本的な測量といえよう。

これに対し、地盤沈下の地層の深さ、あるいは原因調査、沈下の性状等の調査のためには観測井が必要となる。このため、2重管式の観測井が考案され、各地の地盤沈下地帯に設置されている。これは、地中に鉄管を下して、その底を所定の帯水層に固定し地層の収縮と同時に収縮する構造となっている外管と、その中に地層の収縮と無関係となるよう内管を立てた2重管構造のものである。地層の収縮すなわち地盤が沈下することによって内管が抜け上がってくることになるが、その抜け上り量を測定することにより、その地層厚に対応する地盤の沈下

\* 正会員 経済企画庁 総合開発課

量とするものである。この場合、管の埋込み深さをいろいろ変えることにより、地盤沈下量の鉛直分布を明らかにすることができ、また、地表面の水準測量と対比することにより、地盤沈下防止対策を立てる上に有力な観測データとなる。最近においては、観測井にアイソトープを埋め込み、地盤沈下量を測定する方法が研究されている。

### 3. 各地の地盤沈下の現況

#### (1) 東京およびその周辺について

東京江東地区を中心として、埼玉県南部、千葉県西部一帯は武蔵野、大宮、下総の各洪積台地に囲まれ、荒川、江戸川等によって形成された沖積層の河川デルタ地帯である。

江東地区は、工業地帯として発展し、工業用水として地下水を汲み上げており、昭和12~13年ごろ、江東区平井町、亀戸町において年間15cmの地盤沈下が観測されていたが、戦争による被害によって地盤沈下も停滞した。戦後、産業の復興とともに再び地盤の沈下が始まり、昭和24年8月、キティ台風におそわれた江東地区は2週間にわたり浸水し、またその後、昭和33年には台風11号、狩野川台風によって各所で浸水したにもかかわらず、江東地区を中心とする工業地帯は急速に復興し、これに伴い地下水汲み上げが増大し、30年以降地

盤沈下地帯は江東地区からその周辺におよぶようになり、城北地区（北区、板橋区、足立区、葛飾区）、江戸川区あるいは浦安地区、埼玉県南部地区にまで拡大した。

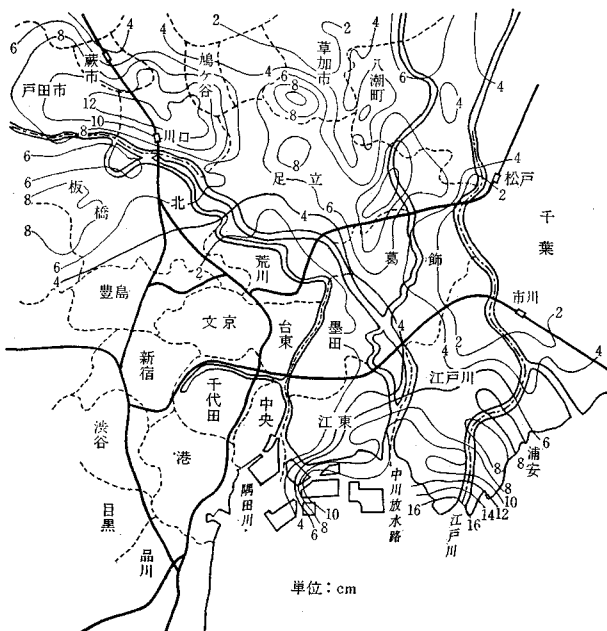
このような現状にかんがみ、昭和35年に至り、江東区、墨田区、および江戸川区の一部を含む江東、城北地区と工業用水法の指定地域とし、地下水の新規汲み上げを規制する一方工業用水道の建設に着手した。その後、指定地域を拡大し、埼玉県南部一帯を含めるとともに、昭和38年、大阪市についてビルの雑用水としての地下水汲み上げ規制を、東京北東部の14区について実施した。この結果、地盤沈下は、江東地区の一部において36~37年をピークとして減少のきざしがあらわれたが、城北地区、埼玉県南部はいまだに好転せず、地下水位は依然沈下を続けている。

江戸川、荒川流域一帯の地下水脈は、浦和水脈と呼ばれ、東京北東部および三多摩地区、埼玉県南部一帯に広

表一 年間沈下量の推移

地名	年間沈下量	35年 (cm)	39年 (cm)	42年 (cm)
江東区平井町		18.0	11.8	6.7
江東区亀戸		13.5	8.9	5.5
江戸川区(3375)		12.2	10.2	6.4
板橋区(板7)		6.4	9.2	8.8
川口市並木町(22)	(36年)	14.6	15.8	16.5
戸田市下戸田(5)	(36年)	14.4	13.9	15.9
鳩ヶ谷市南(52)	(36年)	9.5	12.1	14.6
草加市谷塚上町(72)	(37年)	7.1	11.7	14.2

図一 年間地盤沈下等量線図 (昭和41年2月~同42年2月)



表二 地下水位の年間変動量の推移

地名	年間変動量	35年 (m)	39年 (m)	42年 (m)
江東区南砂町		-2.21	-0.98	+1.82
江東区亀戸		-2.27	-0.78	+2.40
足立区(足立)		-2.18	-1.28	-1.59
板橋区戸田橋	(36年)	-2.02	-1.10	-2.74
川口市領家町(1)			-1.51	-2.23

注：-は低下

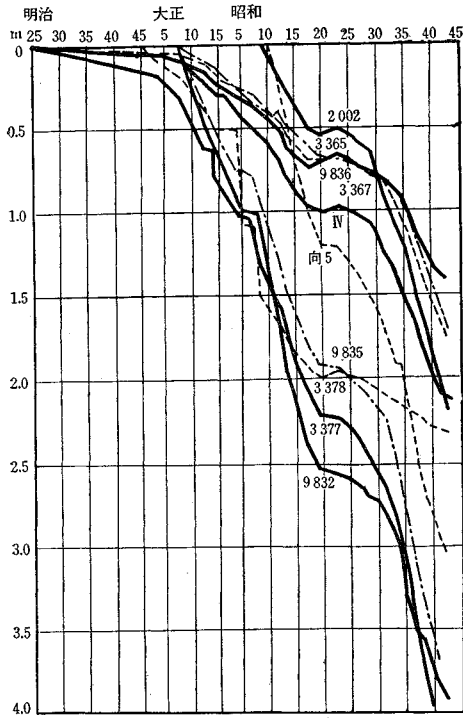
く分布しており、城北地区、埼玉県南部工業地帯では地下水汲み上げ量は、若干減少しているものの、最近の東京北西部、埼玉県南部地区の住宅地化の進行によって、上水道水源としての地下水の汲み上げが増大しており、工業用水、上水道用水を含めて地下水対策を急ぎ、水源転換を図る必要があらう。

#### (2) 大阪市およびその周辺について

大阪市を中心とする一帯の地域は、洪積層よりなる上町台地、および東南部丘陵地帯を除きそのほとんどの地域は、淀川、大和川等により形成さ

図-3 主なる水準点の累計沈下量

水準番号	水準点の場所	累計沈下量 (mm)	水準番号	水準点の場所	累計沈下量 (mm)
9832	江東区平井町	4 231.4	IV	墨田区梅田1丁目	2 140.6
3377	江東区亀戸町	3 934.7	2002	足立区梅島1丁目	2 198.5
9834	江東区東砂3丁目	3 693.0	3367	葛飾区砂原町	1 787.1
3378	墨田区江東橋	2 319.6	9836	江戸川区長島町	1 724.7
向5	墨田区立花3丁目	3 042.2	3365	足立区千住仲町	6 390.1



れた沖積層であって、その厚さは 100~150 m に達している。

地盤沈下については、明治、大正年間において年間数ミリの沈下が観測されたが、昭和の年代に入り、工業生産の増大にしたがって地下水汲み上げが増加し、地盤沈下も増大した。昭和 16 年には、年間沈下量が西部の臨港地帯において 16 cm を越えることが発生し、沈下区域は大阪中心部まで拡大した。その後、戦火によってほとんどの工場が休止状態となり、地盤沈下は著しく鈍化した。戦後の工業の復興とともに地下水汲み上げが増大し、大阪市において、28 年に年間 3 000 万 t であったものが、35 年には 14 400 万 t と増大した。

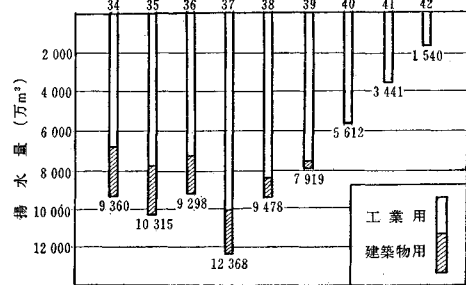
一方、昭和 25 年 9 月、ジェーン台風による高潮によって大阪市内は大災害を受けたこともあって、26 年から工業用水道の建設に着手し、29 年には一部給水を開始した。その後、31 年工業用水法の制定にともない、尼崎、西宮、大阪の各市の工業地帯を工業用水法の指定地域とする一方、工業用水道の建設を急いだ。

昭和 36 年 9 月、第 2 室戸台風が来襲し、大阪市の

1/3 が浸水し、被害者 47 万人に達し、大阪、尼崎の臨海工業地帯は大被害を受けた。特に 33 年完成した高潮防波堤をのり越えて市内各所で浸水したことは、当時の工業用水法では地盤沈下の防止の実が上らないことを改めて認識させた。これを契機として、地下水の汲み上げ規制強化の声が高まり、その結果、工業用水法を改正強化し、さらにビルの雑用水についての地下水汲み上げ規制の法律制定となったのである。昭和 37 年、ビル用水の地下水汲み上げ規制を大阪全市にわたり実施し、また工業用水法の指定地域を逐次拡大した結果、地下水の汲み上げ量は減少し、地盤沈下も 35~36 年をピークとして次第に減少した。

しかしながら、大阪府東北部の地盤沈下が目立って増大しており、その対策が急がれるところである。

図-4 大阪市の地下水くみ上げ量の変遷 (昭和 34 年~同 42 年)



注：① 昭和 34~36 年は揚水量の吐出口径 2 インチ以上についての調査  
② 昭和 37 年以降は 1 インチ以上について調査

### (3) 新潟地方について

昭和 30 年の水準測量によって、新潟市およびその周辺部では年間沈下量が目立って大きくなっていることが判明し、昭和 33 年には、かなり広い範囲にわたって 20 cm/年 以上も沈下した。沈下の被害は次第に深刻となり、新潟港の防波堤は海面スレスレまで沈下するという事態が発生した。

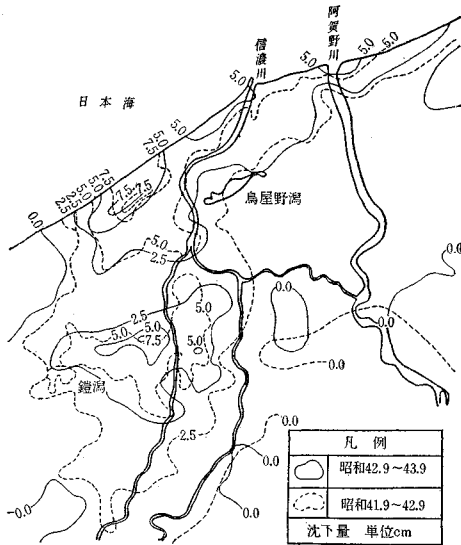
沈下の原因については、科学技術庁資源調査会が中心となって調査を進め、その結果、沈下の主なる原因は地下水を急激かつ大量に汲み上げたことによるものと見ざるをえないという結論となった。新潟地方には豊富な地下天然ガスがあり、自家用燃料として使用されていたが、昭和 27 年ごろから工業用ガス原料として使用されるようになった。この天然ガスは水溶性であるため、採取する際は地下水とともに汲み上げており、地上で分離した地下水はそのまま排水されることになるが、34 年には約 60 万 t/日 と増大した。

昭和 33 年から 34 年にわたる資源調査会の調査報告を尊重して、天然ガス鉱業権者は自主的に採取を規制

し、またその後通産大臣の2回にわたる勧告、あるいは自主規制をした結果、37年には18万t/日と減少した。また自家用ガスについても38年より市町村条例に規制を実施し、公共機関によるガス採取を構造化ガスに切替える等の措置を講じた。

その結果、新潟市およびその周辺部における地盤沈下は急激に減少し、34年40~50cm/年の沈下量は43年において10cm/年以内と減少している。

図-5 新潟地区地盤沈下等量線図



#### (4) その他の地帯について

名古屋市、四日市市等の伊勢湾周辺は、木曾川等の河川デルタ地帯であり、昭和37年ごろは木曾川河口部で年間最大10cmの沈下が観測されており、また、四日市市においては鈴鹿川の河口部において年間数cmの沈下が観測されている。その後工業用水法による規制を行なうなどの措置が講ぜられているが、今後も地下水位の観測、地震変動について監視する必要がある。

また、川崎市、横浜市等において、鶴見川の臨海部等の小範囲の地盤沈下地帯があり、工業用水法に基づく規制を実施しているが、その後も数cmの沈下があり、今後も沈下を観測を続けることが肝要である。

### 4. 地盤沈下対策

#### (1) 地盤沈下防止対策——地下水汲み上げ規制

東京、大阪等の大都市における地盤沈下については、昭和の初期から観測されており、また、昭和9年9月来襲した室戸台風によって大阪市は高潮による大浸水被害

をうけたにもかかわらず、地下水汲み上げ規制について具体策を立てるまでには至らず、高潮対策のみにとどまった。

しかしながら、戦後キティ台風(昭和24年8月)、ジェーン台風(昭和25年9月)が相次いで来襲し、東京、大阪地方に広範囲にわたり、甚大な被害をもたらしたこともあって、当時の総理府資源調査会、地盤沈下小委員会において、わが国の沖積平野における地盤沈下対策について検討を進め、昭和29年12月資源調査会は総理大臣宛に報告書を提出し、地盤沈下防止の観点から地下水利用の規制と工業用水、水道用水の供給策を進める必要があることを強調した。

また、一方、わが国の大工業地帯においては、地下水の過剰汲み上げによって、地下水位の低下、塩水、汚水の混入という事態が発生し、さらには井戸が涸渇するなどのことがあって、工業生産に対し重大な影響が予想され、また今後において水需要の増大に対しても適切な措置をとる必要があった。さらに、わが国の防災上からも重大な問題があることが認識され、産業合理化審議会の議を経て通産省を中心として地下水採取の規制等について立法化を進め、その結果、昭和31年6月工業用水法が制定された。また、昭和34年7月、経済企画庁に地盤沈下対策審議会を設けて、各地の地盤沈下地帯について地盤沈下防止の基本的な方策について調査審議することとなった。

このように地盤沈下防止対策が進められているうちに昭和36年9月、来襲した第2室戸台風によって大阪地方は高潮に襲われ、延長120kmにおよぶ防潮堤をのり越えて大災害をもたらした。この災害を契機として、改めて地盤沈下防止対策の重要性を認識させ、政府においては昭和37年地下水汲み上げ規制の強化のため、工業用水法の改正、ならびにビルの雑用水としての地下水汲み上げ規制のため、新たに、「建築物用地下水採取の規制に関する法律」を制定した。

工業用水法改正の主なる点は

- ① 「工業の健全な発達と地盤沈下防止に資することを目的とする」と明記し、地盤沈下防止も主目的とした。
- ② 許可をうけなければならないポンプの吐出断面積を21cm<sup>2</sup>以上から、6cm<sup>2</sup>以上として法適用井戸の範囲を拡大した。
- ③ 既設の井戸に対する規制を強化し、一定期間は技術上の基準に適合しない井戸については原則として禁止する。

として、工業用水道からの給水が可能となったときは、既設の井戸であっても水源転換を義務づけ、地下水汲み上げを規制することとした。

表一 工業用水法による指定地域の概況

(昭和 43 年)

指定地域	指定年月日	地下水汲み上げ量		工業用水道 給水能力 (m <sup>3</sup> /日)
		指定時 (m <sup>3</sup> /日)	現在 (m <sup>3</sup> /日)	
川崎 市	①32. 6.10 ②37.10.20	(36年 21000) 20000	29000	(市 営) 260000
四日 市	①32. 6.10 ②38. 6.24	(38年 170000)	152000	(北伊勢) 475000
尼崎 市	①32. 6.10 ②35.10. 7	57000 155000	14000	(市 営) 474000
西宮 市	①32. 6.10 ②37.10.20	72000	37000	(市 営) 80000
大 阪 市	①33.12. 4	130000	0	(市 営) 520000
	②37.10.20	180000	50000	
	③38. 6. 1	53000	10000	
	④41. 5.17	15000	14000	
横 浜 市	34. 3. 6	(35年 3000)	2000	(市 営) 117000
名 古 屋 市	35. 5.17	(37年 76000)	57000	(県 営) 86000 (市 営) 133000*
東京都(北東部)	①35.12.19	220000	22000	(都 営) 326000
	②38. 6. 1	390000	317000	
埼玉県(南部)	38. 6. 1	142000	104000	150000 250000*
伊 丹 市	38. 6. 1	95000	76000	100000
大阪府(北 摂)	40. 9.25	164000	206000	(府 営) 400000*
大阪府(東 部)	41. 5.17	118000	138000	(府 営) 200000*

注：\* 一部給水

また、ビルの雑用水としての地下水汲み上げについても、ビル用水法による指定地域内においては、冷暖房、水洗便所、自動車の洗車、あるいは一定規模以上の公衆浴場等に用いる地下水の汲み上げについて、6cm<sup>2</sup>以上の断面積を有するポンプは規制の対象とした。

表一 建築物用地下水の採取状況

(単位 1000m<sup>3</sup>/日)

区分	指定地域	37年	38年	40年	41年	42年
大阪市	全 市 域	170		0	0	0
東京都	台東及び都心3区		175	175	39	16
	江 東 他 9 区		21	14	4	0
	都 計		196	176	43	16

### (2) 地盤沈下対策事業

地盤は沈下すれば、再び元にもどらない、東京の江東区平井町、亀戸町において、今までに約 4m 沈下し、大阪の西淀川区西島町では約 2.8m 沈下している。また昭和 42 年の調査によると、東京湾平均潮位 (A.P. + 1.0m) 以下の面積は、江東地区を中心として約 58km<sup>2</sup>に達している。このような、東京湾、大阪湾の地盤沈下地帯に対しては、高潮対策事業、内水排除のためポンプ場の建設、下水道事業を実施している。特に地下水の汲み上げ規制に伴う水源転換を図るための工業用水道事業を進めており、最近における大都市周辺部における住宅

地化に伴う上水道の建設を促進し、これらの水源転換を図ることが急務である。

### (3) 地盤沈下対策と土地利用計画

地下水は水温が一定しており、水質が良好であり、また手軽に得られることなどから、工業用水、上水道用水の水源としきわめて有用な水資源である。昭和 40 年の地下水の利用量は、工用業水、上水道用水(深井戸のみ)として、約 1800 万 m<sup>3</sup>/日に達しており、これは都市用水需要量の 1/3~1/4 にあたる量となっている。

このほか農業用水としての利用もあり、今後の水需要の増大を考えると、地下水の需要も相当な量になることが予想される。

新全国総合開発計画によれば、今後、都市化、工業化が著しく進み、昭和 60 年までには、市街地面積は約 2 倍、工業用地は約 3 倍に拡大すると見込まれており、国土の利用形態は大きく変わるであろう。工業地帯は巨大化し、東京

圏、大阪圏などの大都市周辺の住宅地化は著しく進み、さらに生活水準の向上などもあって、これらの地域での水需要はいっそう増大するものと思われる。今までに発生した大都市周辺の地盤沈下地帯では、土地所有者が地下水を汲み上げることは自由にまかせられていたこともあったし、また地盤沈下のおそろしさの認識不足があったかも知れない。あるいは、地盤沈下の恐ろしさのわかったころは都市用水の需要増大があまりにも急激なため供給が応じ切れず、やむなく、地下水の汲み上げは従来のまま認めざるをえなかったかもしれない。しかしながら、わが国の地盤沈下の原因は、ほとんど過大な地下水汲み上げであることによるものであり、今後に予想される国土の開発利用の変化に対処し、地域開発計画においては、地下水は水資源の一部として計画的に開発、利用し、公共的な立場で管理し、地盤沈下を防止するとともに地域開発を円滑に進めることが肝要である。

このためには、その地域の地質特性や、地下水理などの地下水の物理的・化学的特性について調査研究を進め、また、地表面の水準測量、地下水の水位、水質などの観測のための観測井を設置し定期的に観測を実施する必要がある。特に地盤沈下と地下水汲み上げの関係について十分な理論がなく、観測網の整備拡充によって帰納的に解明するというに期待すれば、観測井の設置はきわめて大切なことといえよう。