

## 事例3. 持続可能な地下水利用・地盤沈下対策：

### 大阪市、埼玉県

#### 目次

|  |       |
|--|-------|
| 1. はじめに .....                            | C3-1  |
| 2. 地盤沈下が引き起こされた背景と国としての対策 .....          | C3-3  |
| (1) 地盤沈下が引き起こされる背景 .....                 | C3-3  |
| (2) 地下水揚水規制（工業用水法、ビル用水法の制定） .....        | C3-5  |
| (3) 代替水源の供給 .....                        | C3-8  |
| (4) 地域全体での総合的な取り組みの推進（地盤沈下防止等対策要綱） ..... | C3-9  |
| (5) 地下水位および地盤沈下のモニタリング .....             | C3-10 |
| 3. (事例1) 大阪市の地盤沈下対策 .....                | C3-11 |
| (1) 地下水利用と地盤沈下の経緯 .....                  | C3-11 |
| (2) 地盤沈下対策としての工業用水道 .....                | C3-12 |
| 4. (事例2) 埼玉県の地盤沈下対策の事例 .....             | C3-14 |
| (1) 地下水利用と地盤沈下の経緯 .....                  | C3-14 |
| (2) 地盤沈下対策としての工業用水道 .....                | C3-15 |
| 5. 教訓 .....                              | C3-17 |



## 1. はじめに

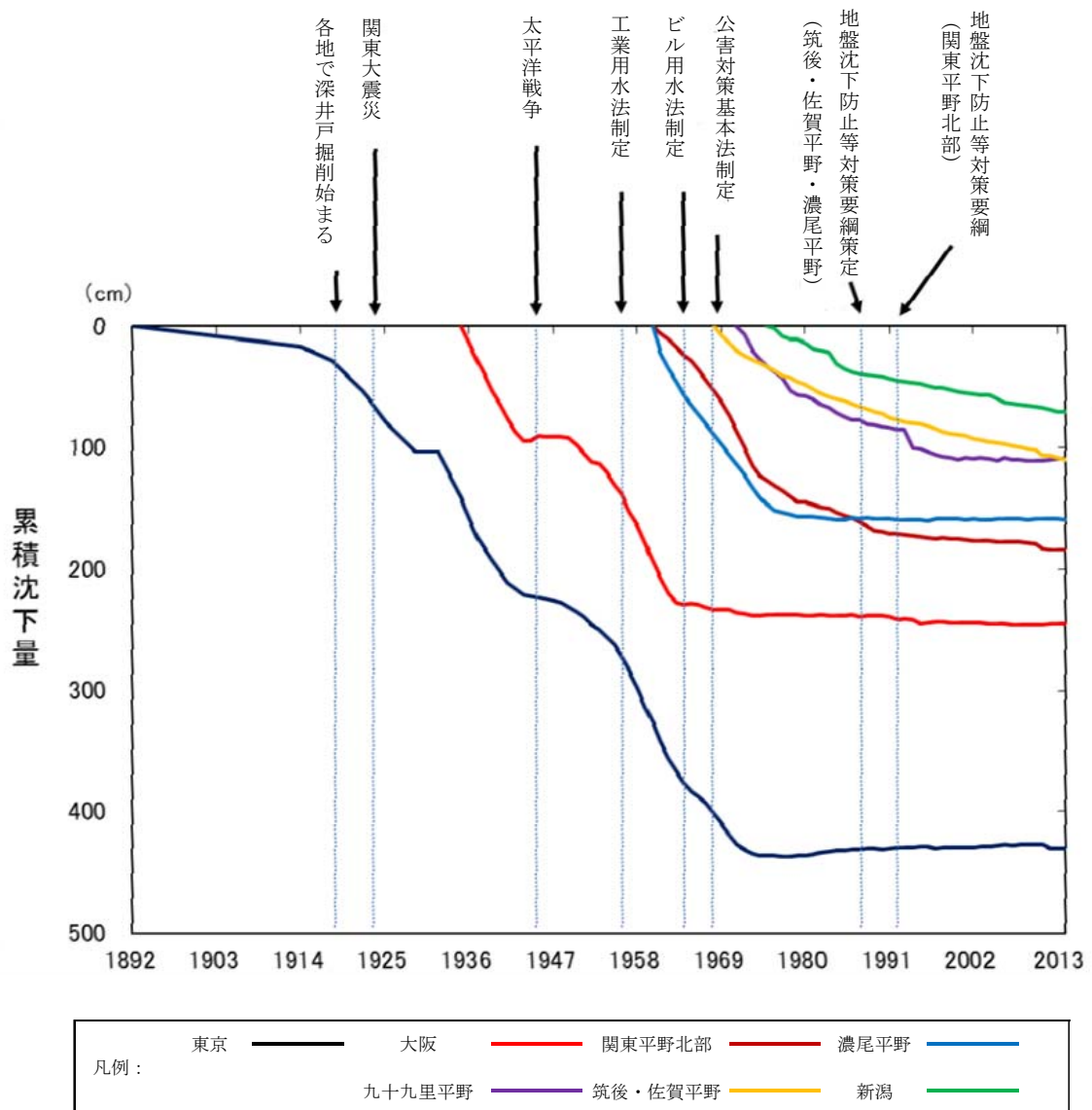
地下水は、多くの場合、清澄で良好な水道水源となる。しかし、涵養量を超過して地下水を過剰に取水し、地下水位が低下すると、粘土層の収縮により地盤沈下の問題が顕在化することがある。特に沖積平野において例が多い。

地盤沈下は、建築物の不等沈下や抜け上がり、浸水、洪水、高潮等による被害の拡大など、社会的に大きな影響をもたらし、それらに対処するためのコストは莫大なものとなる。しかも、一度沈下した地盤は、地下水位が回復しても、元には戻らない。



出典：埼玉県環境部水環境課「地盤沈下が起こると、どのような被害が生じるのですか。」  
<https://www.pref.saitama.lg.jp/a0505/901-20091202-17.html>

**写真1 道路と建築物に生じた段差**



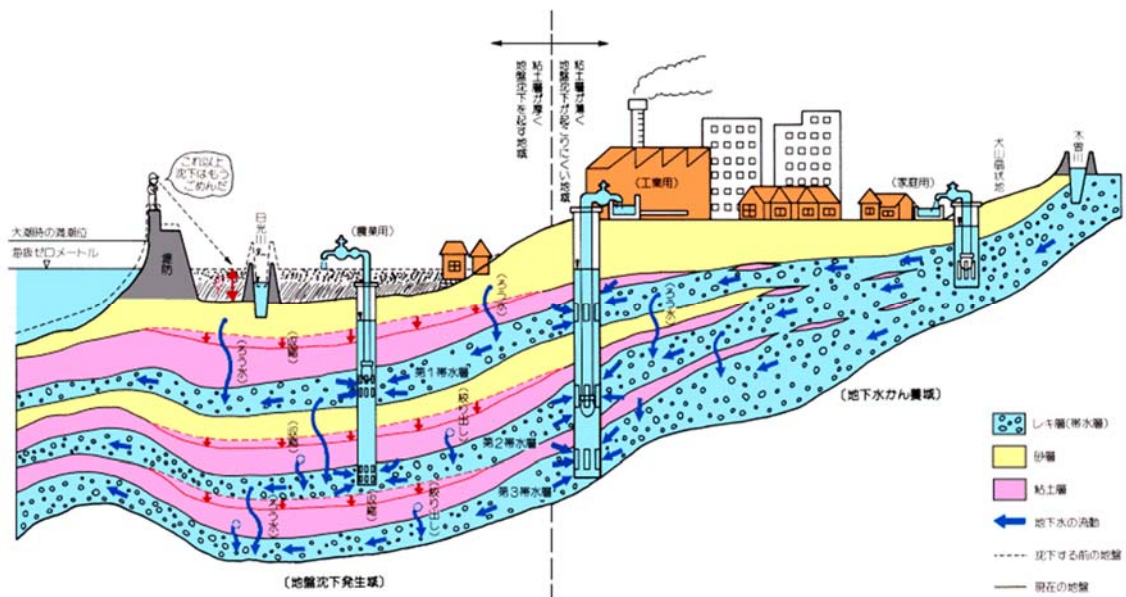
出典：環境省水・大気環境局「平成26年度全国の地盤沈下地域の概況」  
<http://www.env.go.jp/water/jiban/gaikyo/gaikyo26.pdf>

図1 日本における地盤沈下の推移

本教材は、我が国が高度経済成長期に地下水を過剰に汲み上げたことに起因する地盤沈下の発生の経緯と、その後、どのような対策を通じて地盤沈下を止めたのかという経験について、いくつかの都市の事例を用いて説明する。

## 2. 地盤沈下とその防止策

日本では地盤沈下に対して、主に地下水揚水規制の導入による取水規制と、代替水供給手段としての用水供給や工業用水道事業の整備により対策を行った。地盤沈下は、このような総合的な対策の成果として、完全には収束していないものの、顕著な被害はほぼ見られなくなっている。



出典：愛知県「地盤沈下のあらし」<http://www.pref.aichi.jp/soshiki/mizu/0000035197.html>

図2 地盤沈下の状況

### (1) 地盤沈下が引き起こされる背景

地盤沈下は、過剰な地下水揚水により人為的に発生する場合があります、我が国では多くの地域で社会問題となった。

地盤沈下は、自然に、かつ、不可避免的に発生するものもあるが、過剰な地下水揚水により人為的に発生するものもある。

最初に地盤沈下現象が認識されたのは1923年（大正12年）の関東大震災後の測量であるが、大阪市域でも1930年（昭和5年）前後に、ついで名古屋地域等でも、同様の現象が発見された。そのため、これらの地域では地盤沈下量や地下水位の観測が開始された。1945年（昭和20年）までの戦争でこの問題は一時沈静化するものの、1950年代に顕著な地盤沈下が発生して、高潮被害の発生、建物の抜け上がりなど、大きな社会問題となった。

我が国では、急激な水需要の増大に加え、ポンプ技術の発展、深井戸のさく井技術の進歩により、被圧地下水の大量取水が容易になると、地下水利用量が増大し、地下水位が低下して粘土層が収縮することにより、地盤沈下が顕著に進行した。日本の民法では、地下水の採取権はその土地の所有者に所属するため、特別に地下水揚水規制を定めない限り、土地の所有者が自由に利用できる。地下水揚水規制や代替水源の供給によって、地盤沈下を概ね抑制することができるようになったのは、大阪で 1960 年代、東京では 1970 年代である。

当初、地盤沈下の原因については、地殻運動、建築物等の荷重による圧密、雨水の浸透量の減少など様々な議論がなされたが、日本においては深井戸の地下水位と地盤沈下量が極めて類似した挙動を示すことが観測データから判明し、さらに 1929 年（昭和 4 年）～1933 年（昭和 8 年）の大恐慌や 1943 年（昭和 18 年）～1945 年（昭和 20 年）の第二次世界大戦末期には工場の操業が減少し地下水揚水量が大幅に減ったことから、地盤沈下も一時的に止まったことがデータから明らかであったことから、地下水の過剰揚水が地盤沈下の主原因であるとみなされるようになった。

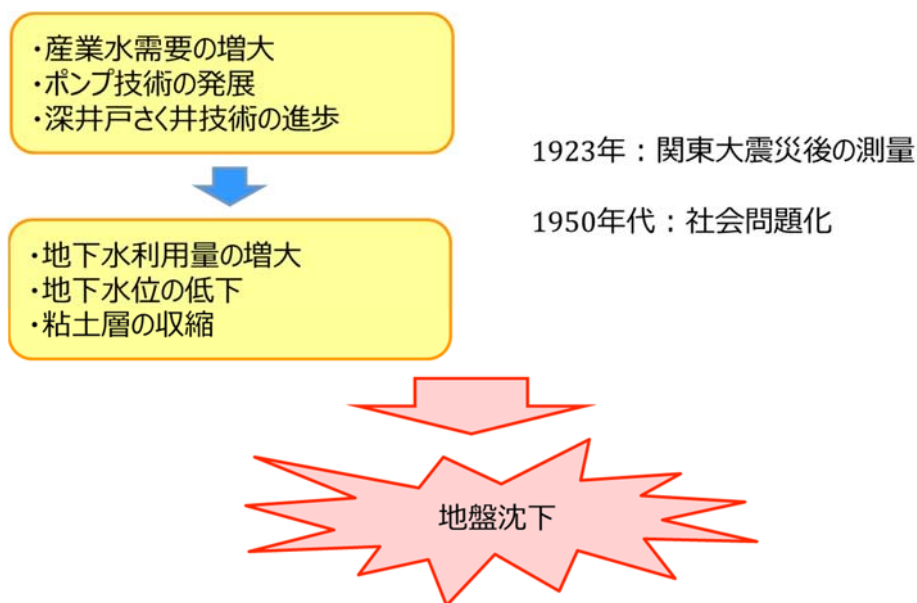


図3 地盤沈下が発生する背景

## (2) 地下水揚水規制（工業用水法、ビル用水法の制定）

我が国では、地盤沈下が激しい地域における地下水揚水を規制するために、「工業用水法」と「建築物用地下水の採取の規制に関する法律（ビル用水法）」が制定され、地下水揚水を激減させ、地盤沈下の抑制に成功した。

地盤沈下の主原因は地下水の過剰揚水であるため、地盤沈下の最も基本的な対策は、地下水の揚水規制であった。当初、それまでの法律では土地所有者が地下水を揚水する権利を制限することはできなかった。しかし、我が国では、地盤沈下対策として、1956年（昭和31年）に「工業用水法」、1962年（昭和37年）に「建築物用地下水の採取の規制に関する法律（ビル用水法）」が施行された。前者は指定地域内の地下水の工業用取水の規制、後者は地下水のビル用水としての取水の規制である。

## 【地盤沈下対策】

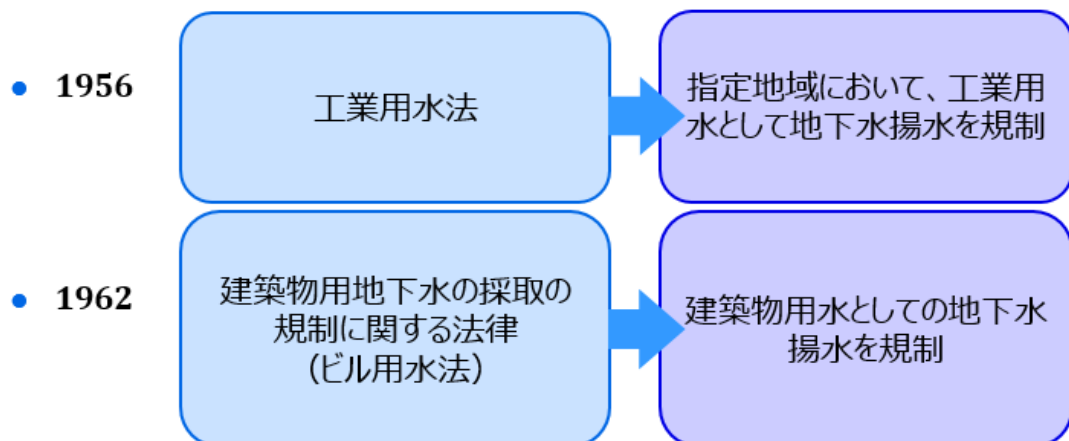
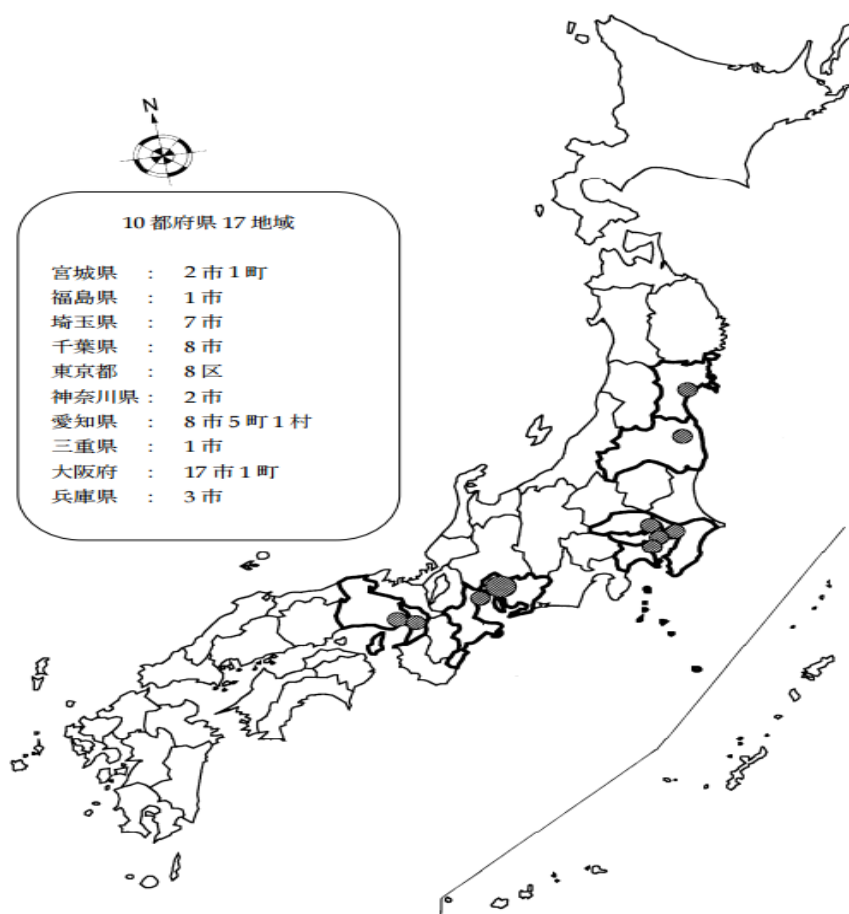


図4 地下水利用に関する法律



出典：経済産業省経済産業政策局産業施設課「地下水対策の概況 平成 21 年度」を加工  
[http://www.meti.go.jp/policy/local\\_economy/kougyouyousui/chikasuitaisakunogaikyo21fy.pdf](http://www.meti.go.jp/policy/local_economy/kougyouyousui/chikasuitaisakunogaikyo21fy.pdf)

図 5 工業用水法による指定地域

工業用水法は、工業用水の合理的な供給を確保するとともに、地下水の保全を図り、地盤の沈下の防止に資することを目的としている。指定地域内（2015 年（平成 27 年）現在、指定地域は宮城県、福島県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、愛知県、三重県、大阪府、兵庫県の 10 都府県の一部地域）では、一定規模以上の工業用井戸から地下水を採取する場合、都道府県知事の許可が必要となるほか、必要に応じて事業所等を対象にした立ち入り検査も行われる。実態としては、地下水採取の難しい深い地層からの取水しか許可しない基準に設定してあるので、事実上禁止に近い形となっている。

工業用水法は地下水揚水を制限することから、制定の際には、既設井戸の取り扱いや新規掘削井戸にどのような規制をかけるかが議論された。その結果として、既設井戸は既得権として規制の対象としないこと、家庭用井戸に配慮して揚水機の吐出口の断面積  $21\text{cm}^2$  以下の井戸は対象としないこと、井戸相互間の距離についても規制しないことなどの方針が定められた。そして、新設井戸の規制で不足することになる水量に相応する水量を工業



用水道で供給することとされた。

工業用水法は地下水の保全を図ることを目的としており、そのため第14条で、緊急時の措置として、都道府県知事が、使用者に対し、相当の期間を定めて、許可井戸による地下水の採取を制限すべきとされている。また、第22条に、経済産業大臣及び環境大臣又は都道府県知事の権限のもとで立ち入り検査ができる規定がある。現実には、指定地域内ではどこでも都道府県知事権限のもとでの立ち入り検査が行われている。

工業用水法の設立時には、地域の政令指定は経済産業大臣（当時の通商産業大臣）と国土交通大臣（当時の建設大臣）が共同で行い、許可基準の制定や改正にあたっては各産業を所管する大臣に協議しなければならないとされていた。しかし、1971年（昭和46年）に環境庁<sup>1</sup>が発足して、同法が経済産業省と環境省の共管になるとともに、以上の規定は削除された。

ビル用水法は、ビル用地下水の採取による地盤沈下を防止し、国民の生命および財産の保護を図ることを目的としている。工業用水法と同様に、指定地域内（大阪府、東京都、埼玉県、千葉県の一部地域）の一定規模以上の井戸からビル用水（冷房、暖房、水洗便所、自動車の洗車、公衆浴場用）を汲み上げる場合は、都道府県知事の許可が必要となる。実質的には、大量の地下水の汲み上げは禁止に近い形となっている。

これらの法規制は、地下水の取水が私権であることを前提に、市町村をまたぐような広域的で公益性を顕著に損なう地盤沈下を対象としていたため、上記の指定地域以外にも、多くの地方公共団体（2015年（平成27年）3月現在、47都道府県中27都道府県、311市区町村）が、地域の特性と必要に見合った地下水採取の規制に係る条例を定め、地盤沈下の防止および地下水の保全を図っている。

#### 【コラム】 産業排水規制によって終焉した地盤沈下

地盤沈下は地下水の取水量が産業需要によって大幅に増加したことにより発生したが、上述の代替水源の供給や揚水規制に加えて、地下水の取水量抑制につながったのは、1970年（昭和45年）に制定された水質汚濁防止法であった。この法律は、排出水の汚濁負荷量の総量を規制する点に大きな特徴があり、濃度規制の場合に法律の抜け穴となる水で薄めて濃度を下げて基準をクリアするという方法が意味をなさなくなった点が重要である。

総量規制に対応するため、大口需要者がとった対策は、排水量の削減と排水処理の導入であった。排水量の削減のために、事業所内での無駄の削減、再利用の推進が図られた結

<sup>1</sup> 現在の環境省

果、取水量の伸びが止まるという、法律が想定していなかった効果をもたらした。

工業統計の用地・用水編に示されている水源別工業用水量の表には、工業用水道、上水道、井戸水等の外部から補給される水源と並ぶ形で、回収水という区分があり、多くを占めている。現在、日本の工業用水使用量における回収水量の割合（回収率）は、約 80%に達している。

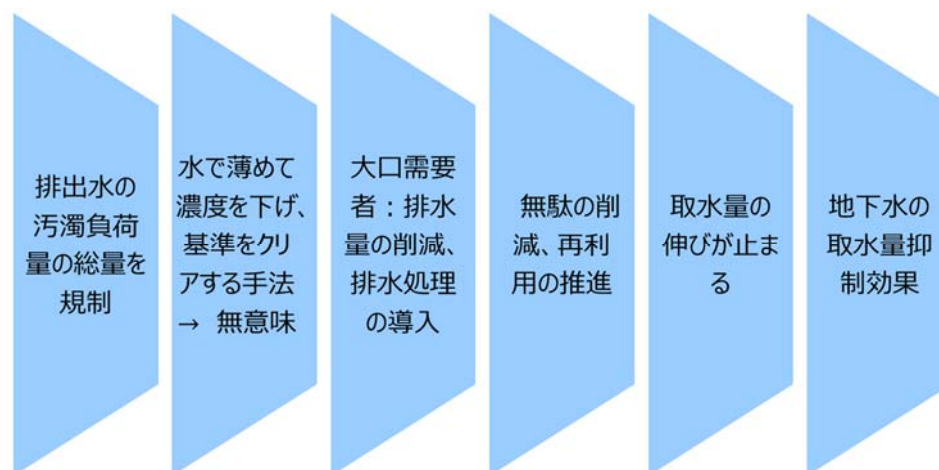


図 6 水質汚濁防止法制定の効果

### (3) 代替水源の供給

実効性のある地下水揚水規制を行うために、工業用水道などの代替水源の供給が行われた。

地下水の揚水規制を行うためには、地下水に代わる水源の供給が必要である。我が国においては、飲料水ほどの水質を必要としない工場に対して、下水処理水を原水として処理した工業用水を供給する工業用水道を整備したり、ダム建設等の表流水の開発が進められたりした。このような代替水源の確保状況を見極めながら、地下水の揚水規制が行われた。

## (4) 地域全体での総合的な取り組み（地盤沈下防止等対策要綱）

特に地盤沈下の激しい地域については、「地盤沈下防止等対策要綱」が策定され、関係省庁連絡会議が設けられるなど、地域全体での総合的な取り組みを推進する体制が整えられた。

地盤沈下を防止するためには、地下水盆の観点を踏まえて、地域全体で水使用を合理化し、代替水源の確保を含む総合的な対策を講じる必要がある。このため、1985年（昭和60年）には、濃尾平野、筑後・佐賀平野について、さらに、1991年（平成3年）に関東平野北部について、関係閣僚会議の決定という形で「地盤沈下防止等対策要綱」が策定されている。

表1 地盤沈下防止等対策要綱の概要

|               | 濃尾平野                         | 筑後・佐賀平野                      | 関東平野北部                    |
|---------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| 名称            | 濃尾平野地盤沈下等対策要綱                | 筑後・佐賀平野地盤沈下等対策要綱             | 関東平野北部地域地盤沈下等対策要綱         |
| 決定年/<br>改正年   | 1985年（昭和60年）/<br>1995年（平成7年） | 1985年（昭和60年）/<br>1995年（平成7年） | 1991年（平成3年）               |
| 地下水採取量<br>目標値 | 2.7億m <sup>3</sup> /年        | 9百万m <sup>3</sup> /年         | 4.8億m <sup>3</sup> /年     |
| 対象地域          | 岐阜県、愛知県及び三重県の一部地域            | 福岡県及び佐賀県の一部地域                | 茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県及び千葉県の一部地域 |

出典：国土交通省水管理・国土保全局水資源部水資源政策課「地盤沈下防止等対策要綱地域について」  
[http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/mizsei/mizukokudo\\_mizsei\\_tk1\\_000065.html](http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/mizsei/mizukokudo_mizsei_tk1_000065.html)

要綱は、地下水の過剰採取の規制、代替水源の確保及び代替水の供給等を行い、地下水の保全を図るとともに、地盤沈下による災害の防止及び被害の復旧等、地域の実情に応じた総合的な対策をとることを目的としている。

2005年（平成17年）には、「地盤沈下防止等対策要綱に関する関係省庁連絡会議」及び濃尾平野、筑後・佐賀平野、関東平野北部の3地域部会が設置され、地域の実情に応じて緊急に地盤沈下を防止するための方策が検討された。

## (5) 地下水位および地盤沈下のモニタリング

地下水利用にあたっては、水理地質を把握した上で、地下水揚水量、地盤沈下量、地下水位のモニタリング等を定期的を実施し、地盤沈下が進行しないような地下水揚水量に抑えることが重要であった。

地盤沈下は、人為的なものだけでなく、地域によっては、自然かつ不可避免的に発生するものも多い。地盤沈下のメカニズムは相当に解明されており、地下構造の調査を適切に実施することで、どのような理由で発生しているのか、人為的な要因によるものなのかをまず見極めることが必要である。

我が国では、広域的な観測網を整備し、規制による取水規制や代替供給手段の効果をモニタリングしている。地下水位の観測については、頻度が月1回、精度が±1.0cmで、テレメータによって行われている。

環境省では、地盤沈下対策に資するため、毎年、各都道府県及び政令指定都市から情報提供を受け、地盤沈下の状況や地下水の利用状況等を取りまとめ、「全国地盤環境情報ディレクトリ」というデータベースを作成して、環境省のホームページで情報提供している。

日本は地盤沈下の進行はほぼ止めることができた状態にあるが、一度沈下した地盤は元には戻らない。そのため、治水対策や内水排除対策などは、沈下した地盤高を前提として実施する必要があるなど、大きな社会的コストがかかる。このように地盤沈下は、著しく進行する前に対策を講じることが重要である。

また、我が国には近年まで、地下水を含む水循環全体の政策に関する基本理念や方向性を明確する基本法が存在しておらず、地下水は土地所有者に帰属する「私水」という解釈が一般的であったが、2014年（平成26年）に水循環基本法が成立し、地下水を含む水が「国民共有の貴重な財産であり、公共性の高いもの」と初めて法的に位置付けられることになった。本法を基盤とした個別法制定等については、水循環基本法フォローアップ委員会が組織されて、議論がなされているところである。

### 3. (事例1) 大阪市の地盤沈下対策

#### (1) 地下水利用と地盤沈下の経緯

大阪市では第二次世界大戦前の1930～1940年代に地盤沈下が注目され、その後1950年代にも経済活動に伴って大きな地盤沈下が発生した。

大阪市の西部では1930～40年代に、不等沈下や抜け上がり等による建造物の損壊や高潮による被害が生じ、大きな社会問題となった。1945年(昭和20年)頃には戦争の被害により経済活動が低下したことから一時沈静化したが、復興と経済成長によって1950年(昭和25年)頃には再び沈下が激しくなった。地盤沈下量については対策がとられるようになった1964年(昭和39年)以前のデータが少ないが、最初に地盤沈下が注目された、大阪市此花区での累積地盤沈下量は1964年(昭和39年)時点で270cmを超えていた<sup>2</sup>。

1930～1940年代 地盤沈下 = 大きな社会問題

- 不等沈下等による建造物の損壊
- 高潮による被害

1945年頃 戦争による経済活動低下 → 一時的に沈静化

1950年頃 再び地盤沈下

最初に地盤沈下が注目された大阪市此花区の例：

累積地盤沈下量=270cm以上(1964年まで)

図7 大阪市の地盤沈下の経緯

<sup>2</sup> 大阪府「大阪府域における地下水利用及び地盤沈下等の状況について」  
<http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/4908/00017697/shiryoku.pdf>

## (2) 地盤沈下対策としての工業用水道

大阪市では、1956年（昭和31年）の工業用水法の制定に先立ち、地盤沈下を抑制するために、1954年（昭和29年）に工業用水道の供給を開始した。工業用水法の成立後、地下水の揚水規制を始め、現在は地盤沈下の進行を抑えている。

大阪市が事業主体となり、地盤沈下の原因となっている地下水の汲み上げを抑えるため、1954年（昭和29年）に地下水の代替水を供給する目的で、工業用水専用の浄水場を整備し、工業用水道の給水を開始した<sup>3</sup>。当時は、地盤沈下対策の補助金が確立されていなかったため、高潮対策事業の一環として工業用水道の整備が行われ、西大阪高潮対策事業の補助金が活用された<sup>4</sup>。

1956年（昭和31年）の工業用水法の制定とともに揚水規制が始まり、同時に給水区域の拡張が図られたが、そのきっかけは大阪市である。1959年度（昭和34年度）からはさらに大阪臨海工業用水道企業団による工業用水の供給も開始し、一方で1968年（昭和43年）には地下水の取水が禁止され、地盤沈下も収束した。

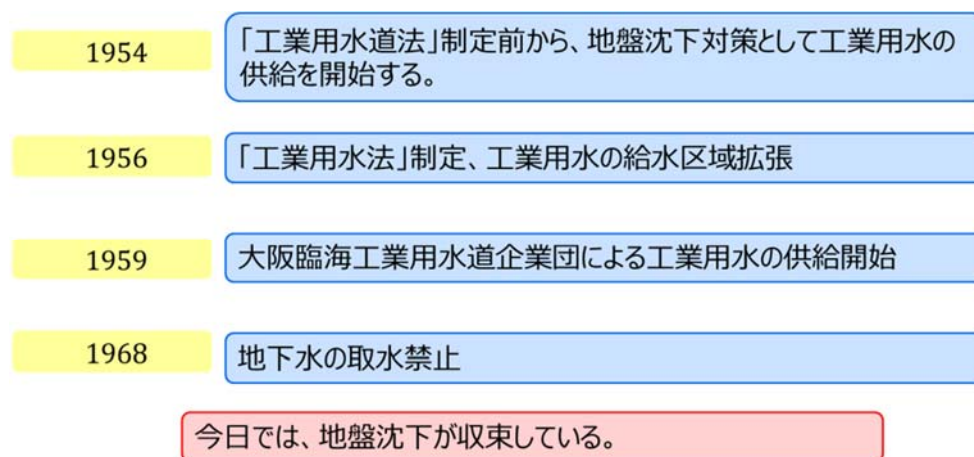


図8 大阪市における地盤沈下対策としての工業用水事業の整備

<sup>3</sup> 大阪市水道局『工業用水道』<http://www.city.osaka.lg.jp/suido/page/0000015747.html#2>

<sup>4</sup> 玉井義弘氏

講師の方へ：

途上国でも、ジャカルタのように井戸から地下水を大量に汲み上げること等によって地盤沈下の問題が発生している都市があります。バンコクも深刻な地盤沈下に悩まされていましたが、代替水源の確保、政府による地下水揚水規制等によって、地盤沈下をほぼ止めることに成功しました。

また、淀川流域は、地盤沈下以外にも、水道水源の確保、水質の保全、水環境の保全等に関して、様々な試行錯誤が行われています。「事例2. 水源確保：淀川水系、沖縄県、福岡市」、「テーマ2. 上水道システム（水源から送配水システムまで）」も、あわせて参照ください。

#### 4. (事例2) 埼玉県の水源地対策の事例

##### (1) 地下水利用と地盤沈下の経緯

埼玉県東部では、軟弱地盤地帯のために、地下水利用に伴う地盤沈下が発生した。地下水揚水量に上限を設けて抑制し、モニタリングシステムを備えている。

埼玉県東部にある軟弱地盤地帯は、多少の地下水位低下でも地盤沈下の影響が現れやすい。当該地域は「地盤沈下防止等対策要綱」の対象地域であり、これに加えて地下水取水を規制するため、「埼玉県生活環境保全条例」を定めてより厳しい規制を行っている。

また県内を6地域に分け、36箇所のモニタリングステーション（地下水位をリアルタイムで観測しテレメータにより集中管理するシステム）にて地下水位の観測を行ない、専門的知見に基づいて各地域の地下水揚水量の上限を定めているほか、渇水時等で地下水位が低下した際には地下水取水の抑制をよびかける等の取組を行っている。

なお、環境省による観測が始まった1935年（昭和10年）以降の累積沈下量は埼玉県越谷市で約150cmとなっている。現在は地下水の取水は沈静化しているが、それでも年1~2cm程度の地盤沈下が観測されている。特に、1994年（平成6年）の渇水時には一時的に地下水利用が増大したことにより、顕著な地盤沈下がみられている。



出典：埼玉県「緊急時の対策について」<https://www.pref.saitama.lg.jp/a0505/901-20091217-287.html>

図9 埼玉県のモニタリング（基準観測所）

事例3. 持続可能な地下水利用・地盤沈下対策：大阪市、埼玉県



## (2) 地盤沈下対策としての工業用水道

埼玉県南部の工場の地下水揚水を抑制するため、工業用水道事業を始め、代替水源を供給した。

埼玉県では、1955年（昭和30年）頃から、県南部を中心に多くの工場が立地したが、これにより地下水の使用が増加し、地盤沈下の発生が問題になった。そこで、埼玉県企業局は埼玉県南部工業用水道事業を開始、1964年（昭和39年）に柿木浄水場が、1968年（昭和43年）に大久保浄水場が供給を開始、現在では、埼玉県南部の6市の約150の事業所に工業用水を供給している。



写真2 柿木浄水場 2010年（平成22年）12月22日撮影

講師の方へ：

途上国でも地下水のくみ上げによる地下水位の変動や地盤沈下についてモニタリングしている都市は複数あります。バンコク（タイ）は、1977年（昭和52年）に地下水法を制定し、1983年（昭和58年）に閣議決定による地盤沈下対策を決定するなど本格的な地盤沈下対策に取り組み、地下水への課金、代替水源の確保、地下水揚水規制などを行いました。また、748カ所のベンチマークを設置して毎年測量を行うとともに、39地点でアジア工科大学院（AIT）による地盤沈下量のモニタリングも行われています。このような進んだ対策を行っている都市がある一方、ジャカルタではモニタリングが行われているものの、精度が十分でないと言われています。水道普及率が60%に過ぎず地下水に頼らざるを得ない状況があることから、地下水に料金を課金しているものの、揚水量の抑制にはつながっていません。

## 5. 教訓

以上に述べた我が国の経験から、他国の参考となる以下の教訓が得られた。

- **（地下水位と地盤沈下量の監視）** 地盤沈下には、自然に発生するものと、過剰な地下水揚水により人為的に発生するものがあるが、まず水理地質の調査や地下水位及び地盤沈下量の継続監視体制の整備を行い、その特性を把握することが重要である。
- **（代替水源）** 我が国では地盤沈下に対して、代替水源供給手段としての工業用水道事業等の整備により対策を行った。
- **（法律による規制）** 地盤沈下の対策として、地下水揚水規制の導入が重要であった。国レベルの法律として工業用水法やビル用水法が制定され、地域によっては県や市の条例も整備されて、地盤沈下を進行させないための地下水利用のルールが整った。
- **（利害関係者の参加）** 地下水の枯渇と地盤沈下に対する解決策を見いだすため、地下水利用の規制に関わる全ての利害関係者や国や地方自治体の関係者が集まって協議する場の設定が有効であった。
- **（地域全体での地盤沈下対策）** 地盤沈下を抑制するためには、地下水盆を構成する地域全体で総合的な対策を講じることが重要である。地盤沈下を進行させない範囲での地下水利用となるよう、地域全体で適切な地下水のモニタリングや揚水規制などの地盤沈下対策が行われた。

