

埼玉県平野部における地下水・地盤沈下の観測現状

The actual situation of observation system of ground water and
land subsidence in Saitama Basin

佐藤 邦明*

1. はじめに

埼玉県は地形上関東平野のほぼ中心に位置し、県土面積は3800 km²であり、おおむね2/3は平地・台地・丘陵からなり、残りは秩父山地となっている。本県は古くから地下水資源には恵まれ、地下水の利用は活発であるが、昭和30年代に入って、水資源需要の伸びと県土人口増、都市化とほとんど期を一にして、県南を中心に地盤沈下が表面化し、地下水の揚水規制と代替水源の確保がなされつつ今日に至っている。

埼玉平野の地下水は、おおむね浦和から川口市を結ぶ方向に西部丘陵・台地から地下水を集めつつ、一方で古河・下館水脈とつながりをもって江戸川沿いに南下する流動形態をとっている。今日でもおおむねその地下水水系は認められる。戸田・川口市を中心とする県南部では地下水揚水の規制が効果を表し、水位は上昇・回復の傾向にあり、地盤沈下も沈静化しつつある。しかし、所沢市を中心とする西部地域、および鷲宮・幸手町を含む埼玉北部、更に、埼玉・茨城・栃木・群馬の4県にまたがる利根川中流部地域では地下水位は急激に低下しつつあり、地盤沈下も年間数十cmという本邦屈指の地盤沈下地帯となっているのが現状である。

このような背景にあつて、埼玉平野では地下水位・地盤沈下観測が昭和30年代中ごろから始められ、現在でも続けられている。つい先ごろ、地盤沈下の著しい所沢市と鷲宮町に深層ボーリングがなされ、地質構造や地下水調査がなされ、観測体制も整備されつつある。本論はこのような新しい調査・研究の成果をふまえつつ、埼玉平野の地下水・地盤沈下の観測がどのようになされているか述べ、今後の観測のあり方についても若干検討する。

2. 観測の現状

広域地下水の観測は、通常、観測井によるある各地点での水位と地盤変動量の測定が中心となる。したがって、面的な広がりに関する水位・水頭の分布、更に地盤変動は別の手段で測られている。観測井による一地点の水位や地盤変動は量の時系列的な連続量として捉え得るが、一方面的な量の分布ではあくまである時点での同時水位観測のよう

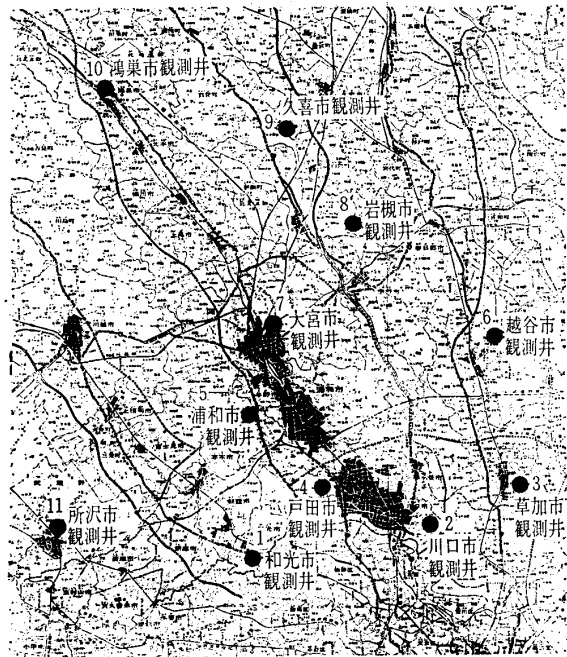


図-1 埼玉県平野部における観測井の分布

な時間的に断片的な量しか知り得ない。いずれも大切なものであるが、とり分けて観測井による連続量の観測結果は変動推移を解明する際には有意義である。普通、観測井と呼ばれているものは、大別して二つに分けられる。一つは観測専用掘られ、ボーリング柱状図や他の地質情報(例えば、層序や電気的・力学的断面諸量)が確かなもの、ほかは別途の目的で掘られたものを観測用に若干改良し転用したものである。後者はおおむねストレーナーの位置と簡単な柱状図が知れる程度のものであり、観測井としては不完全なものが多い。図-1は埼玉平野における観測井の位置を示したものである。図中、●印の井戸は埼玉県(埼玉大学工学部で計測)が管理しているものであるが、これらの中でもいわゆる専用観測井と呼び難いものもある。埼玉県平野部では図中にある井戸とは別に数本の専用観測井に近いものがある。なお、図中の観測井の位置は表-1に示すとおりである。

一般に、専用観測井は少なくとも次の条件を満足しているものをいう。

- 1) 観測井の位置、深度・構造が明確である。
- 2) 観測井のボーリング柱状図が明確であり、地層の物

*埼玉大学助教授 工学部

資料—380

表—1 観測井の位置・深度

番号	称 呼	深度(m)	観測計種別	型 式	設 置 年 月 日	位 置
1	和 光 井	400	水位計	二重管7日自動巻	昭和48年	和光市広沢2-1
2	川口1号井	100	沈下計	単管3か月自動巻	" 36年	川口市領家2533-1
	"	"	水位計	"	" 36年	"
2-2	川口2号井	43	沈下計	単管3か月自動巻	" 36年	"
2-3	川口3号井	200	"	二重管3か月自動巻	" 45年	"
	"	"	水位計	"	" 45年	"
3	草 加 井	561	沈下計	"	" 35年	草加市手代522-3
4-1	戸田1号井	250	"	"	" 46年	戸田市大字新曾字稲荷1093-1 (戸田高校内)
	"	"	水位計	"	" 46年	"
4-2	戸田2号井	150	沈下計	"	" 46年	"
	"	"	水位計	"	" 46年	"
5-1	浦和1号井	150	沈下計	"	" 47年	浦和市上大久保字東639-1 (公害センター内)
	"	"	水位計	"	" 47年	"
5-2	浦和2号井	250	沈下計	"	" 47年	"
	"	"	水位計	"	" 47年	"
6	越 谷 井	600	沈下計	二重管7日自動巻	" 48年3月28日	越谷市弥生町1-261
	"	"	水位計	二重管3か月自動巻	" 48年3月28日	"
7	大 宮 井	700	沈下計	"	" 48年	大宮市高鼻町4丁目
	"	"	水位計	"	" 48年	"
8	岩 槻 井	250	沈下計	"	" 46年	岩槻市古ヶ場字八幡台190 (ココロー内)
	"	"	水位計	"	" 46年	"
9	久 喜 井	350	沈下計	"	" 48年	久喜市除堀
	"	"	水位計	"	" 48年	"
10	鴻 巣 井	400	沈下計	"	" 48年	鴻巣市神明町3-921
	"	"	水位計	"	" 48年	"
11-1	所沢1号井	415	沈下計	"	" 55年	所沢市大字所沢字並木500
	"	"	水位計	"	"	"
11-2	所沢2号井	240	沈下計	"	"	"
	"	"	水位計	"	"	"
11-3	所沢3号井	165	水位計	"	"	"

理的性質が分かっている。

3) 観測結果が連続量として記録され得る。

上述1)において、深度・構造は、井最下部の構造・基礎、ストレナーの位置、セントライザー位置等が図—2 (後述) のようにはっきりしていなければならない。また2)は観測井のある地質・地層や土質が明らかでなければならない。通常、揚水のためのさく井ボーリング柱状図によって鍵層・層序を知ることは難しく、泥水掘りによって得られた柱状図では大雑把な地質情報しか得られず、ここで言うボーリング柱状図とは不かく乱試料の採取による本格的なものである。更に、3)では地下水位や地盤変動量が一連の時系列として記録され得るものである。このような専用観測井の施工には時間と労力を要し、普通のボーリングに比べて格段の経費を要し、後述するいろいろな諸試験が並行して行われる。

次に、通常観測井と呼ばれるものの計測原理は図—2に示すようなものである。図—2は大宮観測井の構造と計測計器の配置を示したものであるが、2重管式で深度は700mとかなり深い。原理的に地下水位はフロート式で計り、地盤変動量は内管の抜上がり変動を自記記録で読み取れるものである。

以下、埼玉県平野部における地下水の実態を明らかにしておく。

図—3は観測井による管頭下地下水位と地盤変動量の経

年変化を示したものである。少なくとも、観測井の置かれている地域では水位も沈下も少しずつではあるが、好転しつつあることは確かである。図中、昭和46~47年が埼玉県平野部では地下水位が最も下がり、地下水の揚水規制(図—4参照)と共に徐々に上昇し続けていることがよく分かる。

次に、図—4は昭和55年10月と昭和56年2月に60本の本県における井戸による同時測水結果である。揚水規制は現在、図—4中県南部の8市(工業用水法による)、および7市(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)、更に48市町村(埼玉県公害防止条例)で実施されている。揚水規制は代替表流水源の供給と一体となって効果をもつから、本県では工業用水法による指定は昭和38年から、ビル用水によるそれは上述地域で昭和47年から実施された。また、条例は昭和46年から適用され、揚水井の届出制、行政指導から徐々に全面揚水規制へと強化されつつある。

図—4は深井戸を対象に静水位を同時測水した結果を等静水位・水頭コンターで描いたものである¹⁾。地下水利用の季節変化によって、地下水の挙動は変化するのは当然であるが、本平野では利用が安定しているためか、春日部市付近を除いてあまり大きな季節変化は認めにくい。

図—5は既存の井戸台帳、統計資料に基づき、集計したものであり、特に農業揚水については北埼玉10市町村で調査されたものを用い、推計している。昭和45年から減り続

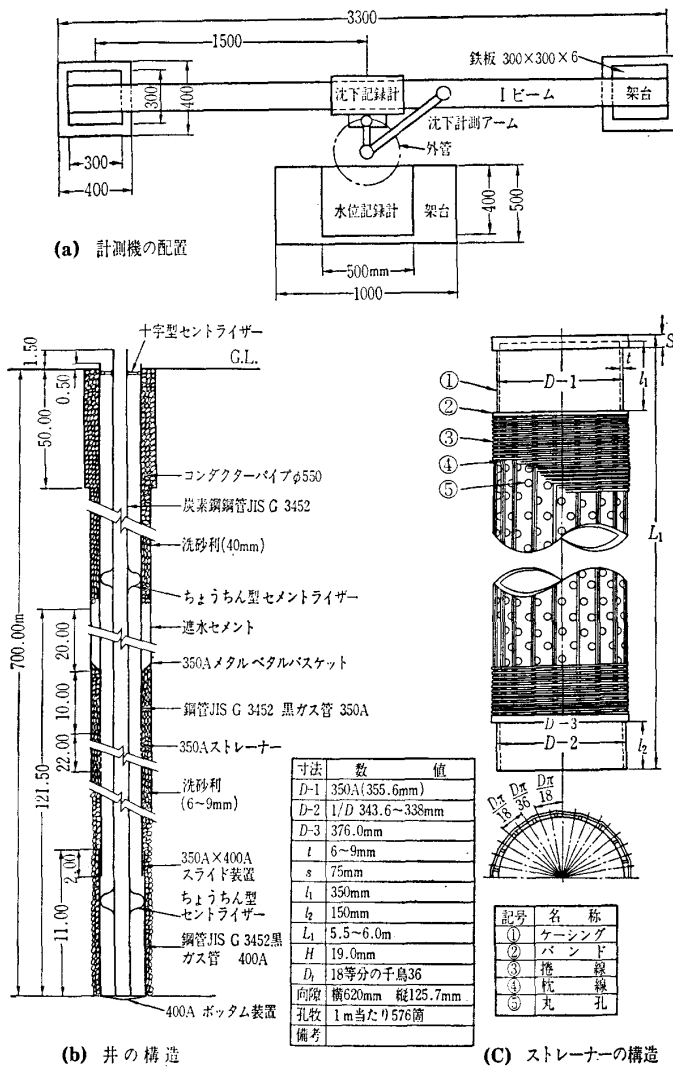


図-2 観測井の計測原理と構造 (大宮井の場合首都圏地盤沈下対策調査報告書, 昭和47年3月, ドリリング工業(株)より)

けた揚水量は昭和52年から若干増減傾向にある。

上述のような、一地点での地下断面内における地下水や地盤変動の観測では広域的な地盤変動に関する量的評価には不十分である。そのため、毎年地盤変動の少ない時期(冬期)に精密水準測量が実施されている。埼玉県平野部では、測量基準日(各年1月1日)における地盤標高から、地盤変動等量線図(1/10万縮尺)が作成されている。例えば、昭和54年度は平野部71市町村に776点、路線総延長1429km(県1353km, 国土地理院76km実施)であった。その場合、最も大切なことは各行政体ごとに測量を実施しても、地盤変動自体が広域地下水の揚水・挙動と深い関係をもつため、行政上の境界をこえて結果を判断しなければならない。そこで、関東平野

全域で地盤変動を捉えるため、関東地区地盤沈下調査測量協議会(建設省国土地理院関東地方測量部内)によって各自治体の測量結果を総合して整理されている。最近、地盤沈下測量結果の広域的な精度が一つの問題となり、各自治体のもつ固定基準点相互の誤差をどう調整するかが注目されている。つまり、各自治体が個々に水準測量を行い、独自の固定基準点を用いて、地盤変動等量線図を描いたとしても、それらを関東平野全域で合わせたとき、うまく整合しないという結果が生じる。それには広域の地盤変動の統一評価にふさわしい固定基準点により表されたものでなければならない。したがって、昨今、各自治体のもつ固定点を相互に結びつける努力がなされ、図-6に示したように、東京都千代田区にある日本水準原点の他に、10基点(青梅、八王子(東京都)、横浜、海老名(神奈川県)、君津、勝浦、大原(千葉県)、日高、寄居(埼玉県)、佐野(栃木県))を用いて、昭和55年度から各自治体の実施する地盤沈下測量結果・精度の整合性を図るよう努められている。茨城県や群馬県についても更に、固定基点の設置を急いでいる。

なお、このようにして得られた昭和55年度地盤変動等量線図が図-7に示されている²⁾。

3. 所沢市と鷲宮町における深層ボーリング

図-7に示した地盤沈下等量線図からも分かるように、本県平野部で地盤沈下の著しい地域は所沢市を中心とした西部地域と鷲宮町を含む県北地域である。所沢市は洪積地盤であり、揚水量も必ずしも多くないにもかかわらず、昭和49年度最大沈下量27.2cmが水準測量より測定され、注目されてきた。また、鷲宮町は沖積地盤であり、ここ数年間で地盤沈下による建築物被害が表面化している。このような背景にあって、昭和54、55年に所沢市に専用観測井が掘られ、昭和55年度には鷲宮町に掘られたが、どのような順序で何が調査されたかなど若干詳細に述べてみることにする。

通常、地下水観測用の専用井を掘削するに当たっては、いわゆる観測井とは別に、深層ボーリングを行い、その地点の地質をまず調べ、その後、至近に観測井の井戸を設ける。したがって、一応二者の作業は別ということになるわ

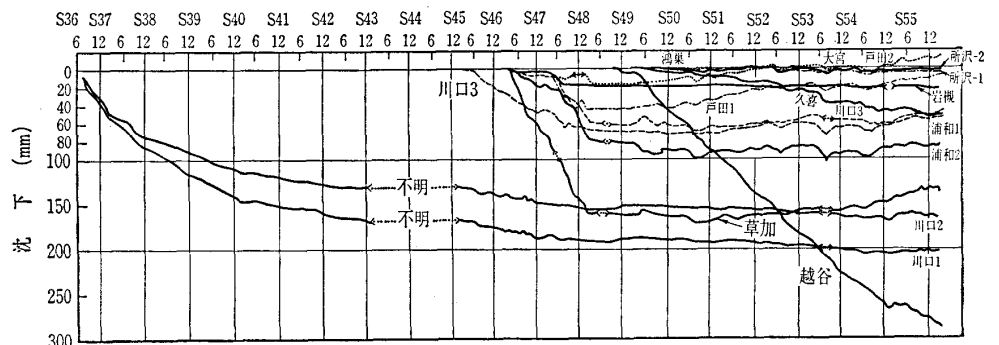


図-3.a 地盤沈下経年変化

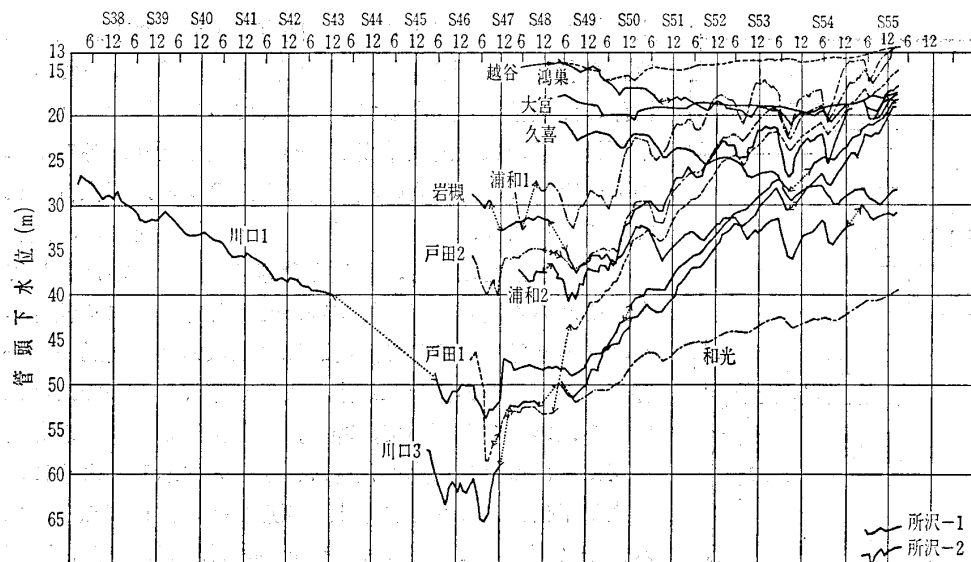


図-3. b 管頭下経年水位

が推測され、地下水年代や流動機構が判断しやすくなる。また、これによって通常の既存のボーリング柱状図の判読精度を向上させることが可能となる。このような観点から、でき得る限り、遺漏なく計画し、慎重に作業される。当然のことではあるが、通常、揚水井のための井戸掘削はその目的からして、地質を調査するためではないから、例えばコアサンプリングや電気検層を実施したとしても、それはあくまで良帯水層をいかにうまくつかむかに重点が置かれるから、専用観測井のボーリングのデータに比べて信頼性には劣ることになる。しばしば観測井に係る深層ボーリング柱状図と通常のボーリング柱状図を並べて地層分析を行うことがあるが、データの信頼性という観点からすると両者に格段の開きがあることを十分認識したうえで議論しなければならない。

以下、所沢市と鷲宮町で実施された深層ボーリングについて具体的に述べることにしよう。

所沢地盤沈下観測所（埼玉県所沢市所沢航空記念公園内）は昭和53年12月1日～54年2月10日まで作業が行われた。ボーリング深度は457m（孔径98.4mm）であり、ボーリング中に間隙水圧測定、孔曲がり測定、コアサンプリング（不かく乱試料含）、標準貫入試験が行われ、物理検層（電気、速度、密度、自然放射能、温度、孔径検層）、微化石分析（有孔虫、珪藻、花粉化石分析）、土質試験（比重、含水比、粒度、単位重量、間隙率、コンシステンシー）、力学試験（粘性土の強度、圧密、透水試験）が行われた³⁾。

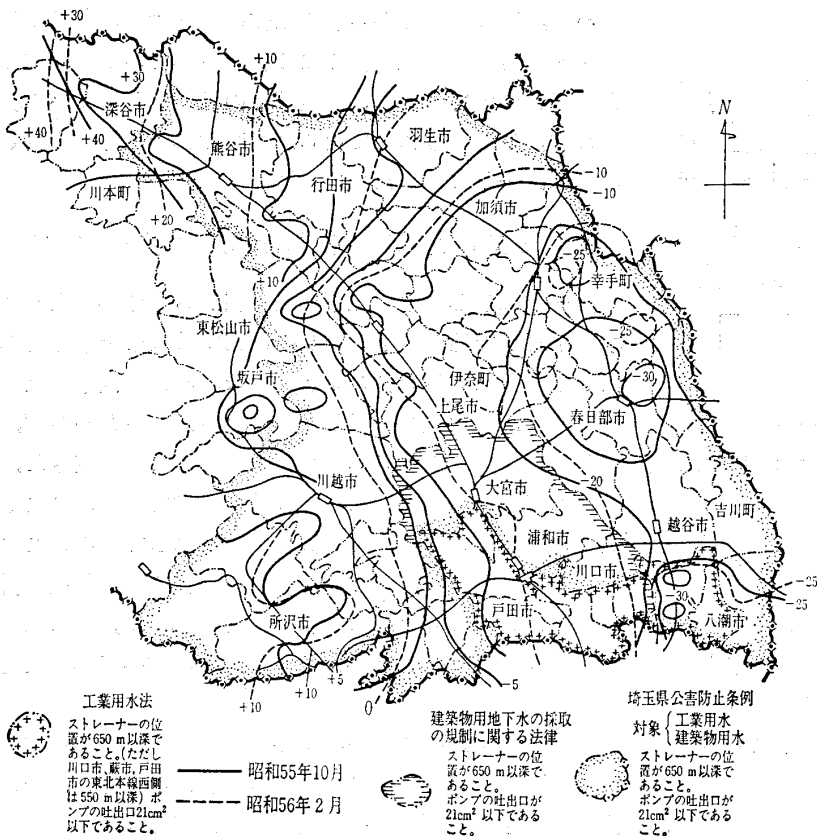


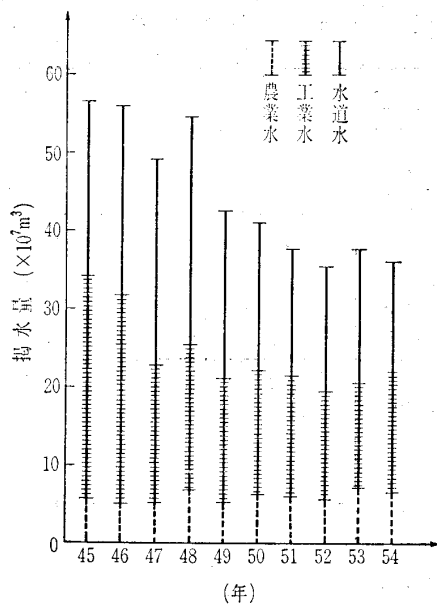
図-4 地下水位・水頭コンターの季節変化

けである。

深層ボーリングの意義は、一つに地質・地層の地質学的な解明、ほかには観測井を設ける地層自体の解明にある。周知のように、精度、信頼性の高いボーリングは経費の面からしても、そう多く掘られるものではないから、それによって得られる地質情報は大変貴重で、例え一本のボーリングでも相当広域の地質年代や地層層序を解明する鍵となることがしばしばある。例えば、不かく乱サンプリングによる花粉や微化石分析から、地下地層の鍵層の位置が判明すれば、その近傍の地層の歴史的背景がつかめるから、堆積環境

図-8(a)はボーリングによる地質柱状図を示したものである。所沢市は標高が比較的高く、洪積地盤であるにもかかわらず、地盤沈下が大きく、不可解に思われていた地域であるが、柱状図から分かるように帯水層として劣るし、多くの微粒堆積物を含み、非常に不安定な成層をし、深度200～400mに貝殻混じりの細砂、礫が卓越していることがよく分かる。

鷲宮地盤沈下観測所（埼玉県北葛飾郡鷲宮町大字大輪字下出696地内）は昭和55年9月2日～56年3月20日まで作業がなされた。ボーリング深度は514.8m（最終孔径76

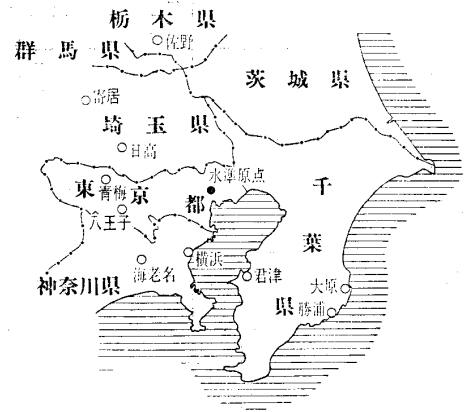


図—5 揚水量経年変化

mm) であり、0~50m区間は標準貫入試験、横方向K値測定、間隙水圧測定がなされ、土質試験(含水量、比重、粒度、液性限界、塑性限界、単位重量、透水試験)、力学試験(一軸圧縮、三軸圧縮、圧密試験)、コアサンプリング(不かく乱試料、シンウォール、デニソン、かく乱試料)、物理検層(電気、密度、温度、キャリパー検層、PS検層)、微化石分析(花粉、有孔虫、珪藻化石、重鉱物分析)、超音波速度試験、ゆう水圧測定(50~400m区間)、粘土鉱物分析も行われた⁴⁾。

図—8(b)はボーリング柱状図であるが、比較的安定した帯水層と難透水層が互層となっている。当地域は地盤沈下が進行しつつあるところで、関東造盆地運動の中心にあり、堆積層の非常に厚い所である。

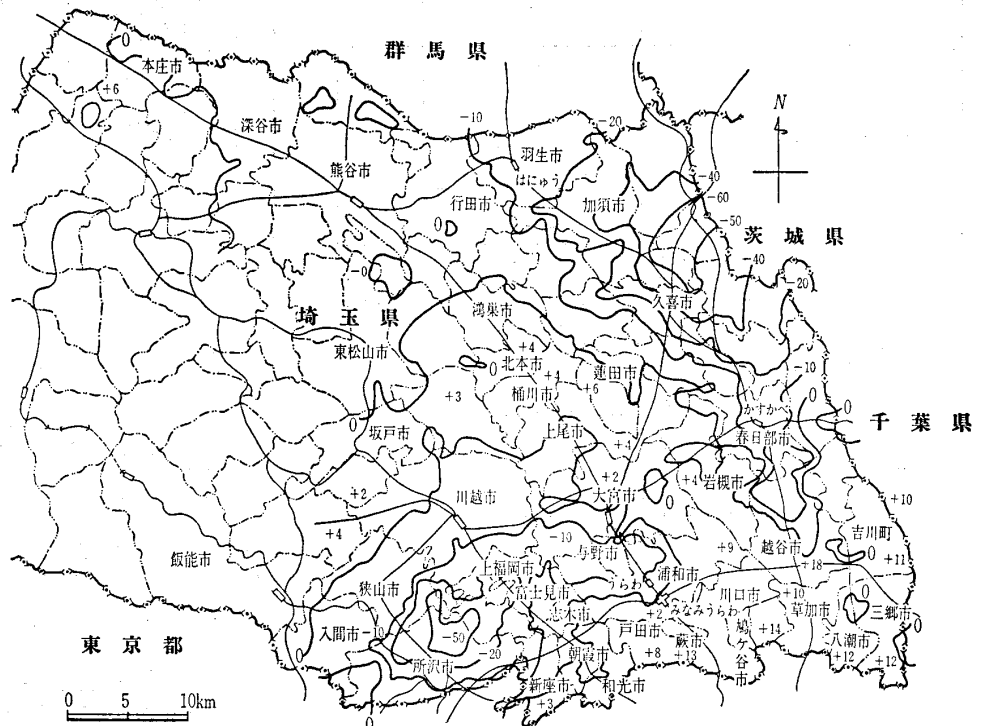
図—9は所沢、鷲宮におけるボーリングで明らかにされたゆう水圧・孔内水圧の鉛直分布を示したものであるが、深層地下水の流れは非常に緩慢であるから、本来水圧分布は静水圧のそれに近いはずである。しかし、図のように、いずれも部分的にかなり、水圧は下がっている。これは地下水揚水層に相当するからであるが、もう一つ興味深いことは予想される以上に深層での水圧分布が変化に富んだものでないことである。つまり、地形が大きく変化しない場合深層では大規模な被圧は少なく、水圧そのものは静水圧的であり、



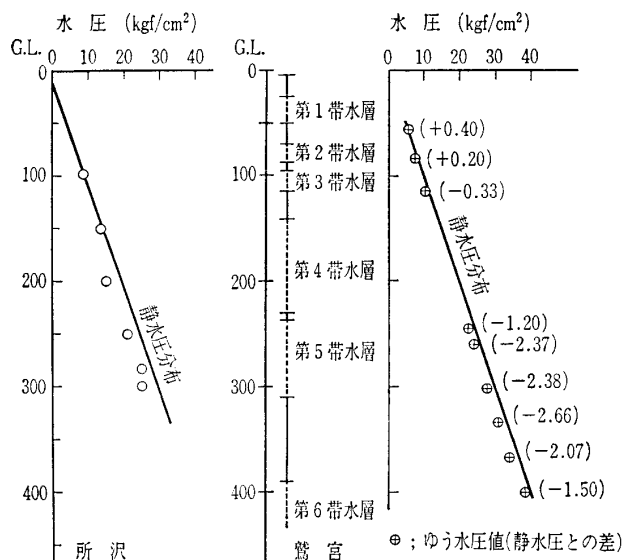
図—6 地盤沈下測定の固定基準

むしろ揚水のような部分的な水圧低下に支配されやすいものと判断される。いずれにしても大変興味深い実測結果であると言える。

所沢、鷲宮地盤沈下観測所のボーリングによる検層や試験項目について述べたが、一般的にどの項目を調べなければならぬというものではなく、むしろ何を調べたいかによって項目は選定されるものである。したがって、当然ではあるがボーリングの目的に応じ、何を知らたいかを事前に検討しておくことが大切である。所沢、鷲宮の観測井は、地盤沈下と地下水位観測のためのものであり、その科学的背景・根拠となる帯水層の鉛直分布・透水性、難透水層の力学的強度、地層・層序の解明に力点が置かれ、地盤変動・地下水数値シミュレーションのための基礎資料を集積することにも有義である。



図—7 昭和55年度地盤変動等量線図、単位mm(埼玉県環境部 昭和56年6月)



図—9 所沢市と鷺宮町における実測鉛直水圧分布

4. 観測成果の活用と将来の観測のあり方

上述したように、広域地下水は観測されているが、それらの観測成果が地下水の保全・地盤沈下対策にどのように活用されているか考えてみよう。

そのためにはまず観測された結果がどのように整理、表現され、成果となって集積されているかについて若干説明しておく必要がある。既に述べたように地下水位、地盤沈下共に自記記録(記録速度 15 cm/日程度)されるから、通常はそれを読み取って数値に直し、表にまとめて記入している。これが一応生のデータとなって、変化グラフや数値処理される。自記記録の期間は3か月から一週間とまちまちであるが、ある期間ごとにまとめて作表される。したがって、生データは一定期間(埼玉県の場合3か月)遅れて入手できる形となる。もちろん、自記記録中にはその点検が行われる。例えば、水位であれば、1か月に数回実際に手動水位計を使って水位を測り、用紙上に点検水位として記入しておき、後の読取り時に、それを参考に修正することもある。地盤沈下についても同様に備え付けのダイヤルゲージ(1/100 mm精度)で点検する。したがって、観測所の位置が相互に離れていると、保守・点検の見回りに労が要ることになり、長期に観測を継続するためにはかなり固定的に人手が必要となる。単純な作業であるため、なかなか大変である。本来、地下水位にしても地盤沈下にしても信頼できる時系列的な観測データが長期に得られていること自体が大切であって、短期間のデータはないよりはいいが、あまり役に立たない性格のものである。つまり、地道に黙々とデータを保存・集積し、まとめておくことが最も大切なことである。これは地下水変動・地盤変動のように変化が緩慢、かつ長期に及ぶ観測の特徴であり、それらの成果もそういった意味で活用され得る。したがって、地下水位・地盤変動共に気象データそれらと類似した性格をもつものと言えよう。

通常、観測井を掘り、観測所を設けることはそれらを保守・管理することより簡単であるといわれ、将来、地下水・地盤沈下観測はこういったことから設置数が制限されるものと思われる。一方、地下水にしても地盤沈下にしても大変地域性が強いから、観測点の数が必要であり、井戸は掘りたし、管理が大変ということになる。

このような観測の行詰まりを解消する方法は観測のシステム化・自動化を進めるよりほか考えられない⁵⁾。周知のように、観測された水位・地盤変動量を電気信号に変えて有線(電話線)によって送り、1か所で出力することは可能である。その場合、最も大切なことは一体どの程度の数の観測井をどこに設ければ、観測井周辺の地下水位や地盤変動量を代表しているかを見なし得るかを知ることである。もともと、観測井をむやみやたらに掘るわけには行かないし、さりとて少なすぎても意味が乏しいわけであるから、有効に必要な地域に設けることが大切である。要はその地域配分本数と深度を適切に決めることが非常に大切なわけである。従来、観測井を計画する際、とにかく地下水位の下がっている所、あるいは地盤沈下の著しい所を選んで重点的に掘ろうということであった。もちろん、それはそれなりに妥当であるが、ある程度上述のようにその地域を代表する所に計画的に掘る必要がある。そこで、こう言った地域を代表する観測井を設けようという観点に立ったとき、水理的にどう考えて計画すればよいか述べてみる。最も大切なことは、帯水層の鉛直断面内の地質的な連続性と水理的つながり・脈絡性を知ることであり、次に、平面的な水準測量による地盤沈下等量線図から、揚水井の平面分布と沈下域の広がり・範囲の関係を明らかにすることである。まず、前者の帯水層の地質的・水理的つながりについては、鉛直地質図上で吟味した上で、その付近にある井戸間相互の平均化した水位変動時系列の類似性から判断することができる。言うまでもないが、ある程度長期にわたる低周期の時系列(季節変動程度のもの)を比較しなければ、高周期の変動成分(日変動程度のもの)を含んでいると比較にならない。統計的に見ると時系列の相互相関を調べることにほかならない⁶⁾。また、揚水井が多く集中している所では、井戸群のストレーナーのある帯水層では共通して水位・水頭は下がっているから、当該地域を代表する観測井を設けることは意味がある。

次に、ある地域の地盤沈下を一地点の観測で代表させることは水準測量による沈下等量線図と地質を勘案して考える方がよいと思われる。つまり、事前にその沈下観測値がその地域を代表しているか否かを確かめておくことが大切である。もともと、地盤変動や地下水位の平面分布は非常に地域性に富んだものであるから、観測井の適切な配置はいろいろな角度から総合的に選定することが大切である。

以上を要約すれば、有効な観測体制を確立し、結果の集積・活用を促進するためには、①観測井の配置、深度、密

資料-380

度の適正化, ②観測の自動化と観測網のシステム化の整備, ③観測結果の統一的表现と集積体制, を今後広域地下水の管理体制と共に検討しなければなるまい。特に, ①については地域的な地下水シミュレーションや地下水位観測時系列解析による検討が有効である。

5. むすび

広域地下水の観測について, 埼玉県平野の場合を対象に述べたわけであるが, 埼玉県平野部において特に変わった観測をしているわけではなく, おおむね本邦の地下水・地盤沈下観測と共通している。そういった意味で, 観測上の問題や精度の判断は似通ったものであろうと思われる。

埼玉県平野部の場合には元来, 荒川低地や中川低地という地質学上も一万年以降の新しい軟弱地盤で広くおおわれており, 地盤沈下は生じやすいところであり, 一方, もともと地下水資源に恵まれてきただけに, 新規の表流水源の確保が遅れがちであったという背景がある。今後, 地下水保全と地盤沈下対策を進めることは決して容易ではないが, 揚水量の実態, 地下水位変化, 地盤変動量を正確に知る努力がまずその前提となることは言うまでもなく, 実態を正しく知ることが問題解決の糸口となるものと考えている。そのためには, 観測体制の強化とその成果を長期にわたって整備・集積して行く地道な努力が不可欠である。しかる後に, 長期的な観測に裏づけられた, 適正揚水量を設定し,

代替水源の確保と揚水規制を表裏一体として実施して行くことが肝要であろうと思われる。

なお, 埼玉県における地下水・地盤沈下観測井による計測, 結果の整理は昭和50年度から, 埼玉県環境部の依頼により埼玉大学工学部地盤水理実験施設で行っている。本県自体が水資源の大半を地下水に依存している実状にあって, 本邦屈指の地盤沈下で苦しんでいるため, まず観測体制を早急に整備し, 地盤沈下の実態を解明しなければならない現状にある。最後に, 観測に当たっては埼玉大学工学部関陽太郎教授ならびに渡辺助手のご協力を得ていることを記してお礼申し上げる。

参考文献・資料

- 1) 埼玉県水資源課・国際航業：昭和55年度埼玉県地下水利用適正化調査報告書, 1981.3.
- 2) 埼玉県：埼玉県地盤沈下調査報告書(昭和54年度観測成果), 1980.9.
- 3) 埼玉県環境部・応用地質調査事務所：所沢地盤沈下観測所地質調査報告書, 1979.3.
- 4) 埼玉県環境部・応用地質調査事務所：鷲宮地盤沈下観測所地質調査報告書, 1981.3.
- 5) 佐藤邦明：広域地下水の観測・管理システムに関する技術的検討, 土木学会誌, 1980.11.
- 6) K. Sato & K. Watanabe: Prediction of land subsidence by means of time series analysis of water level fluctuation in observation well, Proc. Anaheim Symp. IAHS, 1976.

(原稿受理 1981.9.21)

土質工学会新刊案内

土質工学会編

シールド工法と土質

B5判 本文123ページ

定価 2,000円 会員特価 1,600円 送料1冊 300円

シールド工法は施工環境に与える影響が少ない技術として, 現在, 都市土木の主要な施工法として定着してきました。初期のシールド工法は圧気併用の手掘り系統のシールド工法が一般的でありました。しかし都市施設に対する社会的要請が高度化するにつれて, 地盤条件のいかんにかかわらず必要な場所にトンネルを築造することが必要になってきました。これらの要請に応えるため, 最近では泥水加圧シールド工法をはじめとする各種の新しい型式の機械掘り系統のシールド工法が開発され, 相当の施工実績を持つに至りました。

当学会では, これらの状況をもとに, “土と基礎”に連載した講座「シールド工法と土質」に, 更に最近のシールドの「切羽などの安定と土質」および「シールド型式およびその施工例」を追捕し, 最新のシールド技術について講習会を去る昭和56年11月東京で開催いたしました。本書は, その際のテキストとして発行したものです。

申込み・問合せ先：社団法人 土質工学会 図書販売係 電話 03-251-7661