

水位観測井にみられる昨今の地下水位の動向

～地質調査所水位観測記録による～

尾崎 次男

1. ま え が き

これまで地盤沈下地域として「工業用水法」などの地下水採取の規制が適用されてきた川崎市内の川崎駅付近を中心とした周辺地域に昭和45年から50年までに1cmから4cmにおよぶ地盤の隆起が認められた。このような急速な地盤の隆起現象から地震予知連絡会は昭和49年の暮に近い将来「川崎市内に直下型地震が発生する恐れがある」と発表した。昭和50年2月28日付の朝日新聞によると地盤の異常隆起が生じた昭和45年頃から地下水位も急速に上昇した。そして地下水位上昇値は川崎区にある田島観測井で過去7年間に12mを示したのをはじめ直径10kmにおよぶ周辺で2.5m以上を示したという。さらに水位上昇地域は地盤の異常隆起地域と重なっていることから地震予知連絡会は「地盤隆起と地下水位の急上昇は明瞭な関係がある」との判断を示した。しかしながら地殻深部からの地下水の上昇は地震と密接な関係があることからこの関係を明確にするために川崎付近において各種の調査研究の実施が進められている。川崎付近に生じた異常な水位上昇を契機に地下水位に関心もたれその後発刊された新聞紙上では東京大学構内にある観測井および千葉県においても地下水位が急速に上昇した例が報じられた。

地質調査所は昭和50年4月現在全国各地にある95カ所の井戸について地下水位の経年観測を実施している。これら観測井における最近の地下水位観測記録によると一部地域に地下水位低下の進行速度が従来にくらべて緩慢になったりあるいは地下水位がある時期から急速に上昇する現象が認められている。そこでここに観測結果のうちから二 三の実例を示して紹介したい。

2. 各地の観測井における地下水位

2・1 川崎 市

第1図に2月28日付の新聞紙上にのった川崎市内に生じた地下水位の上昇値とその分布を示した。地質調査所は多摩区生田および宿河原・中原区木月および幸区鹿島田などにある合計5カ所の井戸について昭和33年8月以降地下水位の経年観測を実施してきた。川崎市内の地下水位については別に報告する予定なのでここでは鹿島田観測井における地下水位の経年変化を第2図に示した。

観測当初の地下水位は地表下19.65mであったが次第に低下して昭和37年3月には35.0m以上に及んだ。しかしながら37年以降の地下水位は経年的に上昇および下降と不規則な水位変動を示しながら全体的には



写真1 徳島県阿南市所在の観測井における地下水位観測用横型ドラム式自記水位計(7日巻)

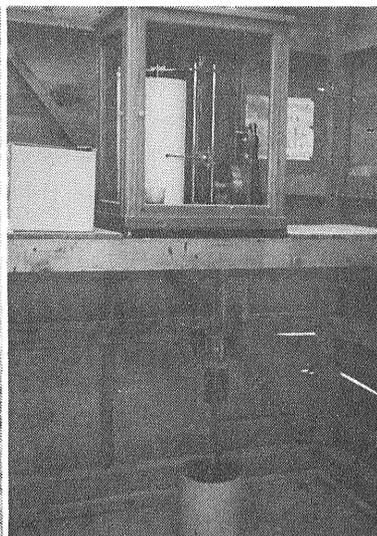
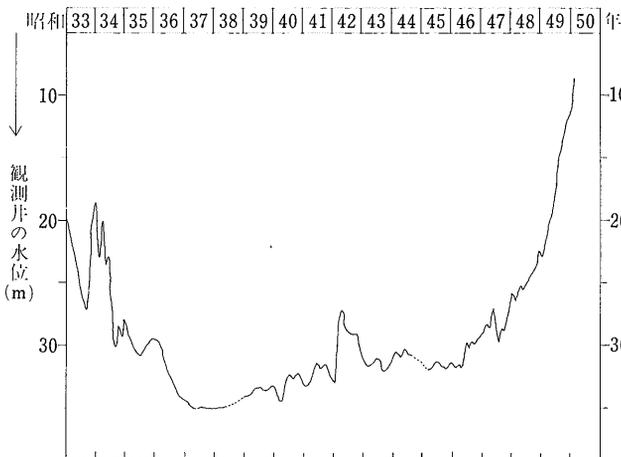


写真2 静岡県藤枝市所在の観測井における地下水位観測用縦型ドラム式自記水位計(7日巻)

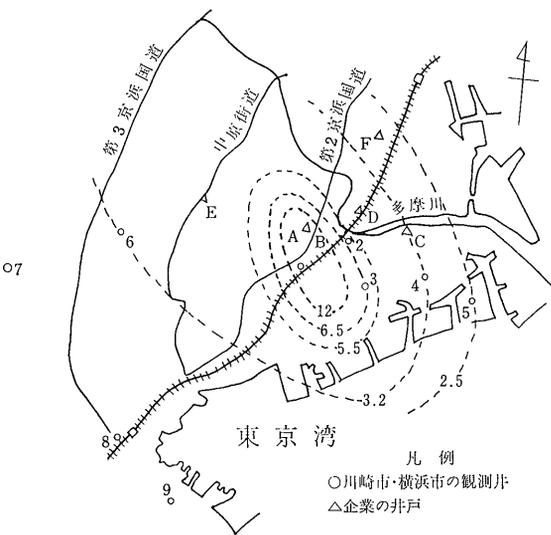
次第に上昇する傾向がみとめられた。さらに 48年以降には急速な水位上昇を示し 50年2月28日の地下水位は地表下8.77mとなった。最低時の地下水位にくらべると 水位上昇量は26.4mとなり 49年2月から50年2月までには13.3mとなった。また 川崎市水道局の資料によれば 中原区の木月・井田および刈宿にある深井戸群の地下水位は 48年4月頃には 地表下 20m から 32.0mを示していたのが 49年4月以降には 大部分の深井戸の水位がいちぢるしく上昇した。49年2月から50年2月までの地下水位の上昇量は 7.83m から 18.64mまでにおよんでいる。第3図は 第1図の結果と地質調査所および他機関の観測記録を参考にして 49年2月から50年2月までに生じた大略の地下水位上昇量を示した。地下水位が急速に上昇した地域は 東横線の元住吉駅から南武線の鹿島田駅・矢向駅および尻手駅を通り 扇町に向かって帯状に存在するようである。そしてこの分布は これまで本地域でもっとも地下水の大量取得が期待できるとされていた「多摩川の旧河道」と一致している。

2.2 富士市

第4図に静岡県富士市田子の浦港の付近にある鈴川観測井(深度100m)と N食品加工工場内にある観測井(深度150m)における水位の経年変化を示した。鈴川観測井の水位は42年から45年までは 上昇および下降と不規則な変動を示しながら次第に低下した。しかしながら 45年5月以降は限られた時期に水位が低下したが全体的には次第に上昇した。50年3月の水位は 地表下0.5m程度となり 45年5月からの水位上昇量は4.5m

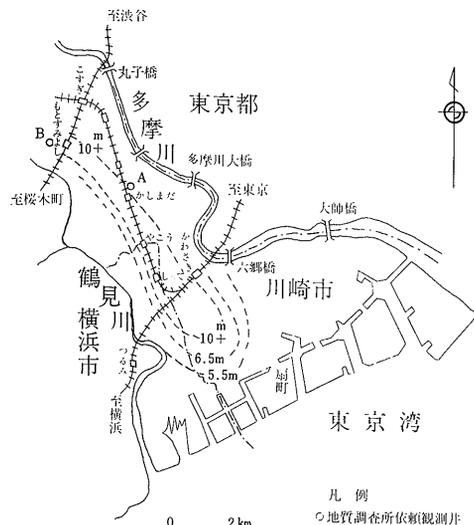


第2図 川崎市・鹿島田観測井(深さ46m)における水位の経年変化
観測井の水位は地表下を示す。



第1図 川崎市・横浜市にみられる地下水位の上昇(単位:m)
(昭和50年2月28日付朝日新聞による)

以上となった。鈴川観測井がある工場敷地内には 深度76mから100mまでの井戸が5井あり 工場生産の最盛時には5本の井戸で連続揚水し大量の地下水を汲みあげていた。この結果 観測井の水位はいちぢるしく低下した。しかしながら 工場生産量の低下にともない地下水使用量に応じて 5本のうち2井あるいは1井を運転したため 地下水汲みあげ量は従来にくらべて減少し 観測井の水位は次第に上昇した。さらに 45年8月9日には生産の操業を停止し つづいて工場を閉鎖したため 地下水の汲みあげは全面的に停止となった。第2図に示した45年以降の水位変動は 工場の地下水汲



第3図 「多摩川の旧河道」にみられる地下水位の上昇量
(単位:m) (昭和49年2月~50年2月)

みあげ停止による効果と 近接した工場にある揚水井群の地下水汲みあげによる水位干渉を反映した結果と考えられる。この観測井がある敷地内の他の深井戸では48年3月18日に自噴し 50年2月5日現在も自噴状態が続いている。

N食品加工工場敷地内には 深度150m前後の深井戸が3井あり 1井あたり おおよそ 毎分4m³の割合で地下水を汲みあげていた。このため観測井の水位は48年頃に5.25~6.80mの範囲を示したが 49年8月以降急速に上昇した。このいちぢるしい水位上昇は 工場製品の生産工程の一部操業を停止したため 地下水汲みあげ量が従来に比べて いちぢるしく減少した結果である。

2・3 四 日 市 市

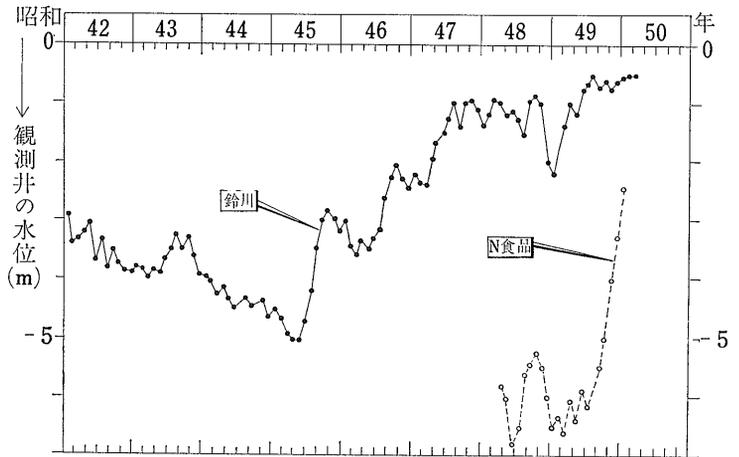
第5図に四日市観測井(深度132m)における水位の経年変化を示した。この観測井における水位変動の特徴は 例年7月から9月までに水位がいちぢるしく低下することと 8月15日前後および年末から正月の休みにかけて水位が上昇することである。観測初期の33年4月頃の水位は 地表下10m程度を示していたが その後は年間に1mとか ある場合は2mの割合で次第に低下して 36年8月頃の水位は地表下23m以上におよんだ。この地域には すでに「工業用水法」が適用されておいて 地下水の代替水源となる工業用水道の拡張工事が終了した38年には 一段ときびしい地下水採取の規制強化が行なわれた。

この結果 38年頃から40年頃までは 従来のように年々1~2mの割合で水位が低下するような現象は生じなかった。

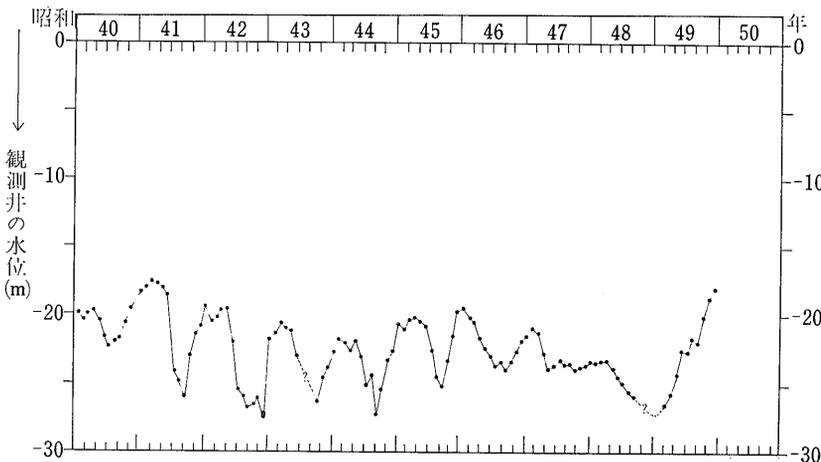
したがって この事実から「工業用水法」による地下水採取の規制効果が確認されたものと見做された。しかしながら 41年以降44年頃までには 水低が再び低下する傾向がみとめられ 44年8月の水位は地表下27m以上となり これまでの最低水位を示した。45年以降には 水位が次第に上昇する傾向がみとめられた。とくに これまで例年夏季にいちぢるしい水位低下の特徴を示していたのが 49年1月以降には この特徴は全くみとめられず 1月から12月までの水位上昇量は8m以上となった。

2・4 川 越 市

第6図に 埼玉県川越市にある観測井(深度250m)における水位の経年変化を示した。観測井の水位は例年6月頃から9月頃までの夏季にいちぢるしく低下す



第4図 静岡県富士市にある観測井における水位の経年変化



第5図 四日市観測井(深度132m)における水位の経年変化

る傾向があり 46年の年間における水位の上昇および下降の変動量は 3.5m に及んでいた。しかしながら 48年から50年3月までは これまで夏季に生じたいちぢるしい水位低下はみとめられず しかも年間の水位変動量は 2m ならずと少なくなった。第 6 図からも明らかのように 48年8月以降の水位は 全体的にみて次第に上昇する傾向を示し 50年3月までの水位上昇量は 3m に達した。

3. 地下水の汲みあげ量が観測井の水位におよぼす影響

第 7 図に 新潟県長岡市内で実施された深度18m前後の井戸における揚水試験の結果を示した。図中には揚水井と観測井の配置および揚水井である 4 井がそれぞれ毎分 200ℓ の割合で同時に揚水した場合 4 井がそれぞれ毎分 400ℓ の割合で同時に揚水した場合 さらに 4 井がそれぞれ毎分 600ℓ の割合で同時に継続揚水した場合における 観測井 O₁ および O₂ の水位変化を示した。図からも明らかのように 観測井の水位は揚水井の揚水量増加に対応して低下する。また 観測井の水位降下量は揚水井に近い距離にある観測井ほど大きく 揚水井からの距離が遠く離れているほど小さくなる関係がある。さらに 4 井が同時に揚水を停止した場合には揚水井の近くにある観測井の水位は急速に上昇するが 遠く離れた観測井では水位上昇量が小さく しかも水位は前者にくらべて緩慢に上昇する。

一般に 井戸で地下水を大量に汲みあげた場合 揚水井周辺の水位状態を明らかにするには 次式が知られている。

$$s = \frac{Q}{4\pi T} W(u) \dots (1) \quad \text{ここに } u = \frac{r^2 S}{4Tt}$$

s : 水位降下 (m) Q : 揚水量 (m³/day) T : 透水量係数 (m³/day/m) $W(u)$: 井戸函数 S : 貯留係数(単位なし) r : 揚水井から観測井までの距離(m) t : 揚水継続時間 (day)。

例えば 第 7 図に示したように揚水井 4 井がそれぞれ毎分 600ℓ の割合で地下水を汲みあげた場合に O₁ 観測井における水位降下量 (s) は 各揚水井の揚水による水位降下量の総和として示される。すなわち

$$s = s_1 + s_2 + s_3 + s_4 \text{ となる。}$$

s_1 : 揚水井 W₁ の揚水による水位降下量。 s_2 : 揚水井 W₂ の揚水による水位降下量。 s_3 : 揚水井 W₃ の揚水による水位降下量。 s_4 : 揚水井 W₄ の揚水による水位降下量。

また $s_1 = \frac{Q}{4\pi T} W(u)_1$ $s_2 = \frac{Q}{4\pi T} W(u)_2$
 $s_3 = \frac{Q}{4\pi T} W(u)_3$ $s_4 = \frac{Q}{4\pi T} W(u)_4$ であるから O₁ 観測井における水位降下量の総和 (s) は

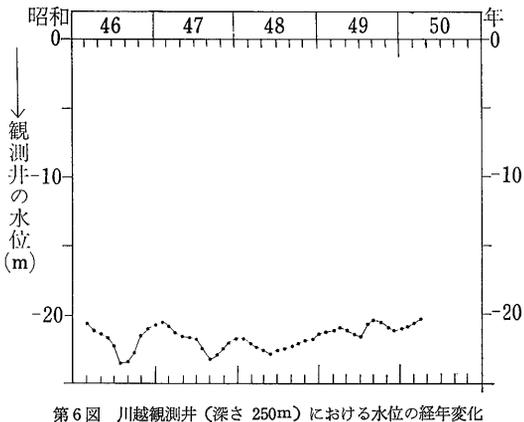
$$s = \frac{Q}{4\pi T} W(u)_1 + \frac{Q}{4\pi T} W(u)_2 + \frac{Q}{4\pi T} W(u)_3 + \frac{Q}{4\pi T} W(u)_4 \dots (2)$$

として求めることができる。

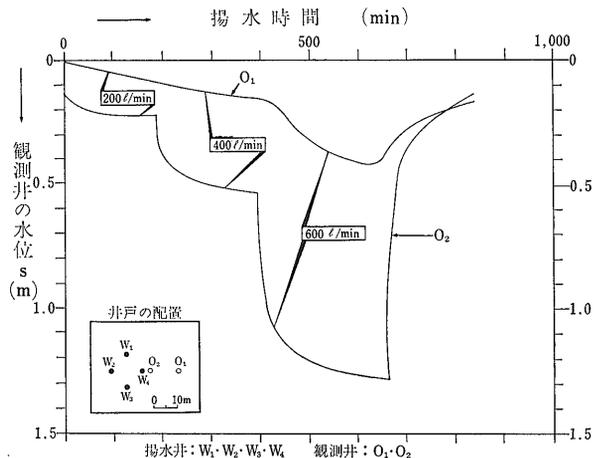
また 4 井の揚水量がそれぞれ相違する場合には (2) 式で示した分子の Q は それぞれ Q₁ Q₂ Q₃ および Q₄ として求めることができる。

4. あとがき

以上 各地の最近における地下水位の観測記録の紹介および井戸の揚水によって生じる水位低下の関係などに



第 6 図 川越観測井 (深さ 250m) における水位の経年変化



第 7 図 地下水の汲みあげが観測井の水位におよぼす影響 (観測井の水位は揚水前の水位からの降下水位を示す)

ついて若干解説した。観測記録の検討から特筆したいのは最近地下水位が異常に上昇した地域は過去に地下水位が異常に低下した地域に共通することである。

これまで述べてきたように地下水位の変動は自然の作用に加えて人間の生活活動による作用が加わっている。したがってその変動は自然の作用に大きく依存する他の地質現象とくらべて地域的あるいは局地的であるがかなり速度が大きい。それにしても3年5年という短期間の観測では自然あるいは人為による異常がはさまれることがあって全体の傾向を把握することは困難である。逆に言えば地下水は主として降水によって補給されるのでその水位は季節によって変化する。したがって年間を通じた観測をも欠かすことはできない。地下水位は場所—地理的位置・深度および地質条件—によってもそれぞれ相違がある。すなわち異った地下水盆 同じ地下水盆でもその中の位置と深度によって違うのである。さらにその変動が人為的作用に大きく依存していることから社会的条件も重要な要因となる。最近各地にみられた地下水位の異常な上昇についての詳細な検討は自然的な立場

かりでなく社会的な立場からも併せてなされる必要がある。
(筆者は 応用地質部水資源課)

文献および資料

川崎市水道局 (1975) : 揚水量と地下水位の関係
 工業用水調査グループ (1957) : 三重県四日市市工業用深井戸
 水源調査報告 地質調査所月報 Vol 8 no 8 p. 1~14.
 工業用水調査グループ (1957) : 川崎・横浜両市工業用水源地
 域調査報告 地質調査所月報 Vol 8 no 11 p. 1~30.
 蔵田延男外 5 名 (1955) : 川崎市工業用水道水源地点調査報告
 地質調査所昭和30年受託調査報告
 村下敏夫 (1961) : 多摩川の旧河道と地下水 高津図書館友の
 会誌 no 24.
 村下敏夫 (1975) : 改著地下水学要論 昭晃堂 p. 84~85.
 尾崎次男 (1963) : 水位観測成果からみた昨今の工業用地下水
 事情 地質ニュース 108号 p.1~12.
 尾崎次男・村下敏夫・高橋 稠・永井 茂 (1967) : 川崎市に
 おける地下水塩化についての調査報告 地質調査所昭和
 41年受託報告
 尾崎次男 (1973) : 臨海付近における被圧地下水の塩化につ
 いて ~静岡県富山市・浜松市における観測結果の二・三
 の実例~ 日本地下水学会秋季講演会講演要旨
 尾崎次男 (1973) : 地下水位の観測記録 地質調査所報告 第
 249号

新刊紹介

富山湾 この知られざる世界

藤井昭二編著 変形A5版 274ページ 富山文庫3
株式会社巧玄出版 (富山市) 刊 1974年 3,800円

編著者を含めて11名の著者による執筆で富山湾に関するすべて—地学・生物・工業・漁業・海運史などを多角的にあつかい今後における富山湾の利用という観点も含めて1974年現在の富山湾の自然・生活 自然史・生活史をありのままにみつめてまとめあげたものである。

富山湾は本州中部で日本海に面する唯一の大きな湾として古くから漁業・海運がさかんでありまた富山港・伏木港をバックとして工業地帯が発達してきた。それとともに富山湾は日本海沿岸で最も水質汚染が悪化した湾となり1973年には水銀汚染が社会的問題となった。いっぽう富山湾の自然に関してはとくに蜃気楼・ホタルイカは有名である。沿岸の一部では海波の威力による海岸侵食によってなやまされている。将来さらに富山湾を有効に利用しかつともすればそれにつきものの環境破壊から富山湾をまもるためにはまず現実を分析し諸要因を明らかにした多くの人にとってもらわなければならない。本書は多分主としてそのような観点から編集・執筆されたものと思われるその意味では成功している。全章を通じて写真・図は豊富で文章も平易専門用語には注釈がつけられている。また参考文献も多数つけられ全体として理解しやすい。

主要目次は次のとおりである。

蜃気楼とホタルイカ ありし日の富山湾 富山湾の自然 港湾と工業 漁業 漁民と信仰 海運史 未来への夢 富山湾の歴史と文学を語る

日本海の謎

紺野義夫著 A5版 189ページ 株式会社築地書館刊
1975年 1,800円

本書は地質学的立場から日本海に関する地学的問題をわかりやすく解説したものである。おもな目次は下記のとおり。

序章・その名は「日本海」 1 海底の世界 2 対談「大和堆を語る」 3 海底への挑戦 4 海の現代史—過去1万年— 5 閉じた海—氷河時代の日本海 6 海の伝記—成長の記録をたずねて 7 海のはじまり 8 日本海—おいたちの謎

第4章までは日本海そのものの地形・地質・地球物理を主としてあつかい 第5章~第7章は沿岸陸地の地質からみた主として新第三紀・第四紀の日本海の発達史とそれに関する問題をのべている。最後の第8章では日本海の成因・成立過程をめぐる種々の「陥没説」・「裂開説」を解説している。日本海の地学的諸問題に関する最近の諸資料にもとづくまとまった解説書としてまた日本海を中心としてかかれた地学の入門書として 広く読んでいただきたい手ごろな書である。
(水野篤行)