

見掛け上不圧状態にある地下水の気圧による水位変動実測例

高橋 賢之助
三宅 紀治
天利 実
古茶 直巳

§ 1. はじめに

地下水位（被圧水頭を含む）の変動原因は、(a)自然現象に起因するもの、(b)人為的なものに大別される。

このうち、(a)自然現象に起因するものには、

- 1) 降水や融雪水の浸透による上昇
 - 2) 蒸発散による降下
 - 3) 気圧変化に伴う変動
 - 4) 地震の影響による変動
 - 5) 河川水の増減（たとえば豪雨や異常乾燥）に伴う変動
 - 6) 潮汐の影響による変動
- などがあり、また(b)人為的なものには、
- 7) 井戸などからの揚水による変動
 - 8) 上下水道などからの漏水による変動
 - 9) かんがい用水の影響による変動
 - 10) 河川水の増減（たとえばダムでの放水）に伴う変動
 - 11) 地下構造物設置の影響による変動

などがある。

これら多くの水位変動のうち、気圧変化に伴う変動についてはこれまで、不圧地下水の場合は生じないものと考えられていたようであり、また被圧地下水の場合には気圧効率が20%から75%の範囲にある¹⁾といわれていた。

しかし、筆者らの測定によると、1例ではあるがDビル敷地において被圧地下水の気圧効率が96%もあり、本研究所報のVol.31²⁾（以後、前報という）で報告した。

その後、この被圧地下水を揚水して水頭を降下させ、見掛け上で不圧状態にし地下の工事を進めたが、このように見掛け上不圧状態にしても、気圧変化に伴う水位変動が観測された。

このため、揚水前に既に見掛け上不圧状態にあったKビル（前報参照）敷地においても、気圧変化に伴う水位変動が観測されるものと考え、短かい時間ではあったが観測してみた。

その結果は予想どおりであり、気圧変化に伴う水位変動が観測された。本報は、これら2つ(Dビル・Kビル)の敷地において観測された見掛け上不圧状態での気圧変化に伴う水位変動について述べたものである。

なお、これらの敷地における地質状況、観測井の位置・番号・構造などについては前報を参照されたい。

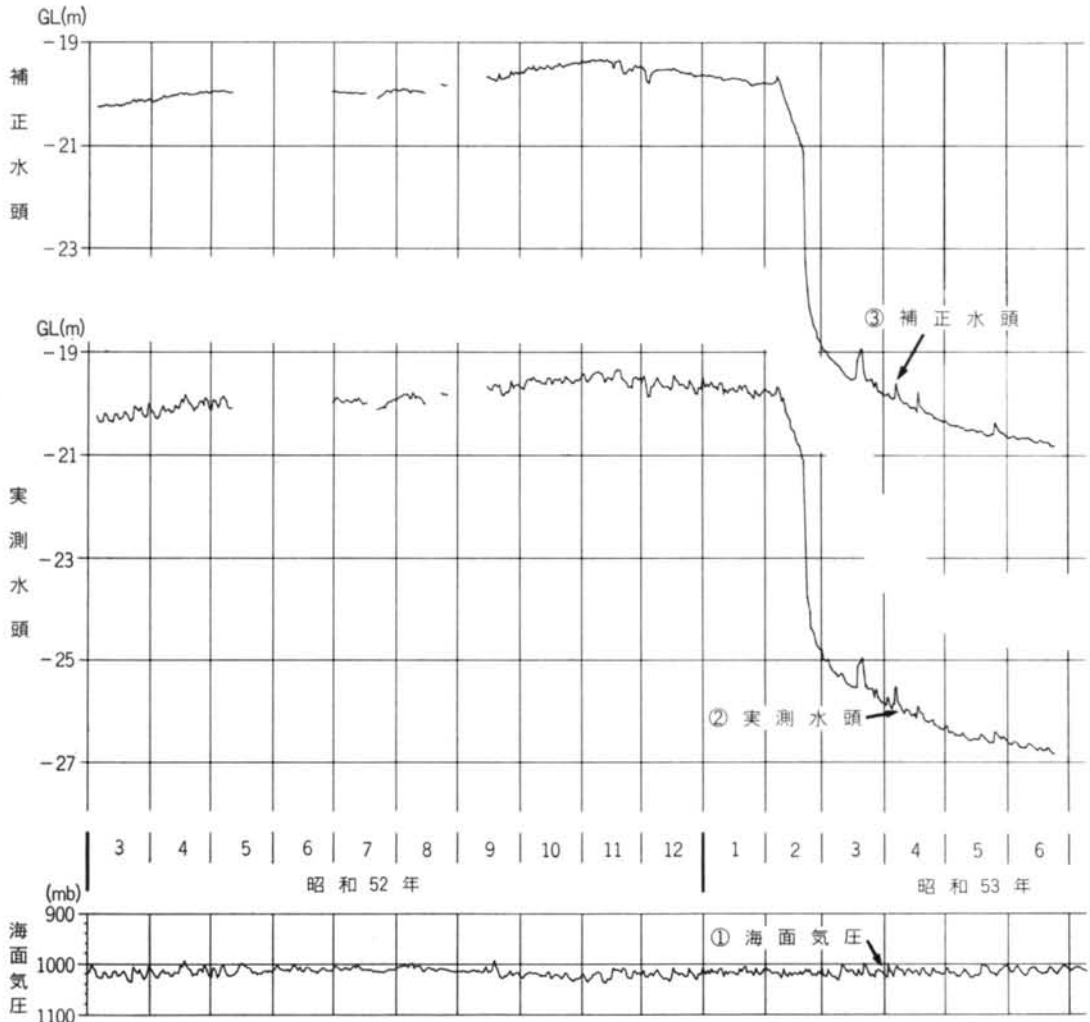
§ 2. Dビル敷地における観測結果

図一1には下から、①気象庁における換算海面気圧、②前報図一9に示した水頭変化の測定結果（53年9月まで）にその後の測定結果（54年10月まで）を加えたもの、③概略の気圧補正を行なった後のK-2観測井での水頭変化（気圧補正後の水頭変化については§5.で述べる）の3つの曲線（ともに毎日9時）を示した。

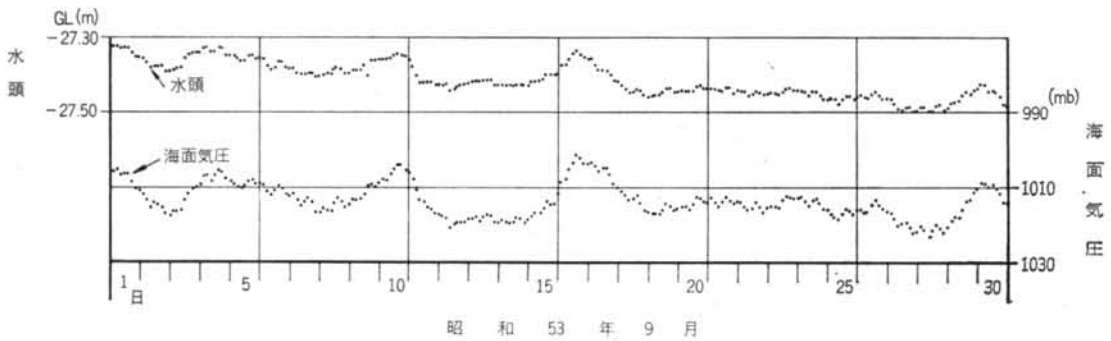
気圧補正前の水頭変化によると、地下工事のための揚水（Fビル敷地で53年2月7日10時50分から、Dビル敷地で同月20日8時0分から）によって被圧水頭が降下し見掛け上不圧状態（設計GLからの深さで約23mまでが加圧層であり、それ以深に降下すると見掛け上不圧地下水になる）となって、53年10月12日には約27.5mに達しており、その後、揚水の停止によって上昇し、54年6月15日には約24.9m、同年10月末には約23.2mまで回復しているが、未だに見掛け上不圧状態にある。

なお、Fビル敷地では54年1月19日までにDW-6・DW-7の2本を除く5本の揚水を停止し、またDビル敷地では53年10月12日にDW-1・DW-8の2本、同月16日にDW-2・DW-7の2本、計4本を停止したが、うちDW-8については、同年11月30日に再度揚水を開始して54年3月31日に停止し、残りの4本については、54年9月17日にDW-3、同月20日にDW-5、同月22日にDW-4・DW-6を停止している。

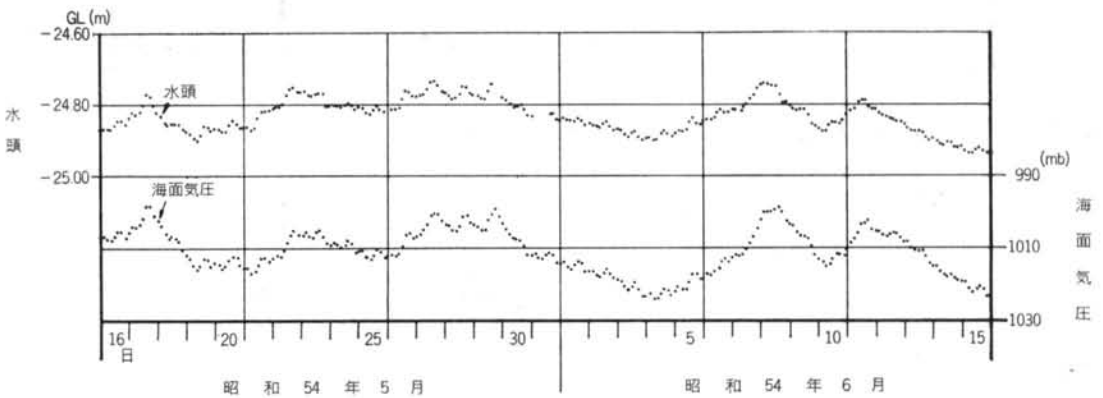
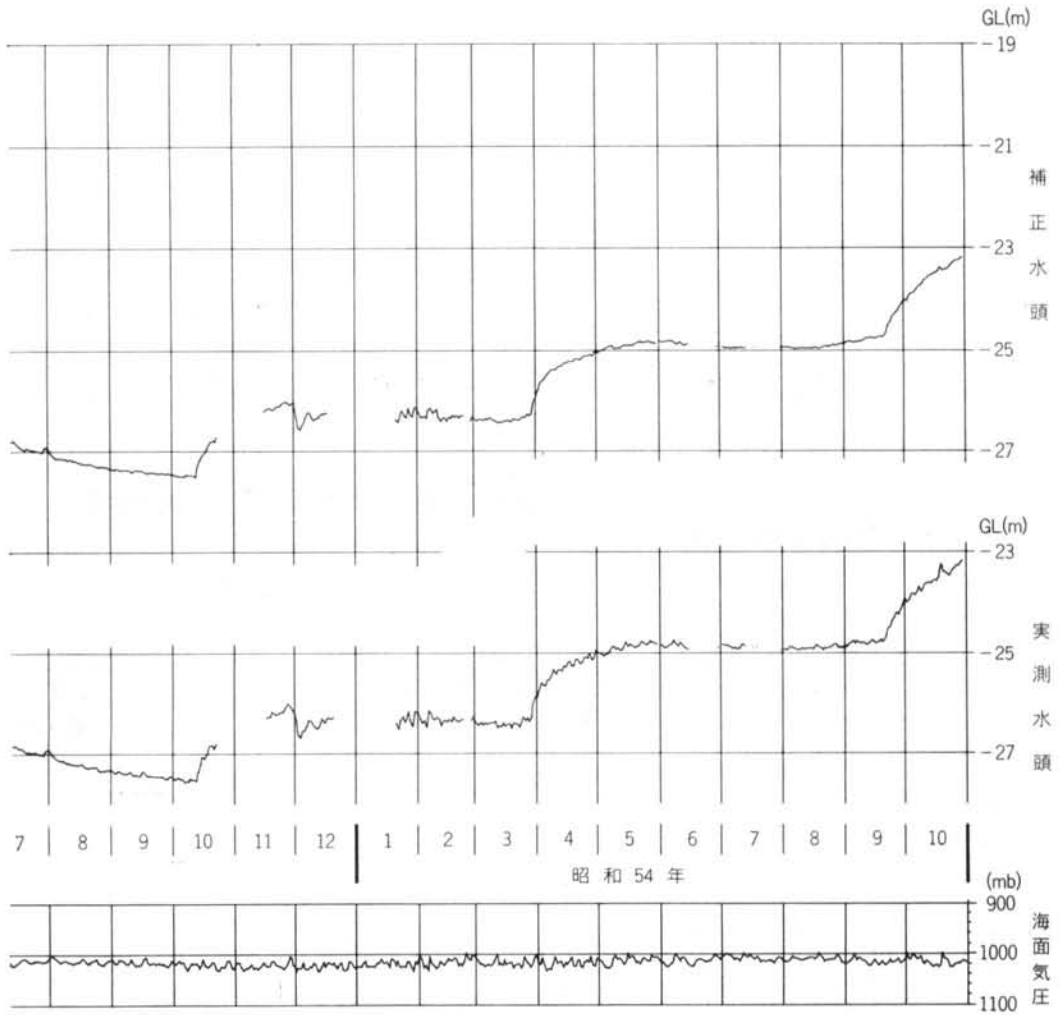
したがって、Dビル敷地における揚水停止は、概略53年10月中旬に3本、54年3月末に1本、54年9月中旬に



図一 Dビル, K-2水頭変化測定結果(毎日9時)



図二 Dビル, K-2水頭と海面気圧(気象庁)の変化(昭和53年9月)



図一三 Dビル, K-2水頭と海面気圧(気象庁)の変化(昭和54年5月16日~同年6月15日)

残り4本であり、このために大きく3段階に回復しているのである。

図-2は、53年9月1日から30日までの1ヵ月間、図-3は、54年5月16日から6月15日までの1ヵ月間について、前報図-10と同様にK-2観測井における水頭変化と気象庁における換算海面気圧とを3時間ごとに示したものである。

これによると、前報図-10に比較して気圧効率は若干小さいようであるが、いずれにしても見掛け上不圧地下水でありながら、気圧変化に伴う水位変動であることがわかる。

§ 3. Kビル敷地における観測結果

先に述べたように、Dビル敷地において見掛け上不圧地下水でありながら、気圧変化に伴う水位変動が観測されたことから、地下工事のための揚水開始前に既に見掛け上不圧状態にあったKビル敷地においても同様な現象が観測されるものと考え、既に揚水を停止していた6本

のディーブウエルのうちのDW-3にTS-71型(現在W-711型)自記水位計を設置し、54年2月4日から5ヵ月間観測を行なった。

そのうち、54年5月における水位変化(22日午後から欠測)と気象庁における換算海面気圧とを、3時間ごとに示したのが図-4である。

これによると、Kビル敷地においても海面気圧とよく対応しており、しかもDビル敷地で観測された図-3(54年5月16日~6月15日)に比較して気圧効率が大きいようであり、前報図-10での値にほぼ等しいようである。

§ 4. 見掛け上不圧状態での気圧効率

上述のように、Dビル敷地・Kビル敷地において見掛け上不圧状態にあった地下水が、気圧変化に伴う水位変化を生じており、気圧効率を求めてみた。

図-5は、前報図-11と同様に、水頭と海面気圧との関係(3時間ごとにプロット、各時期について1例)を示したものであり、同図(a)はDビル敷地のK-2観測井で

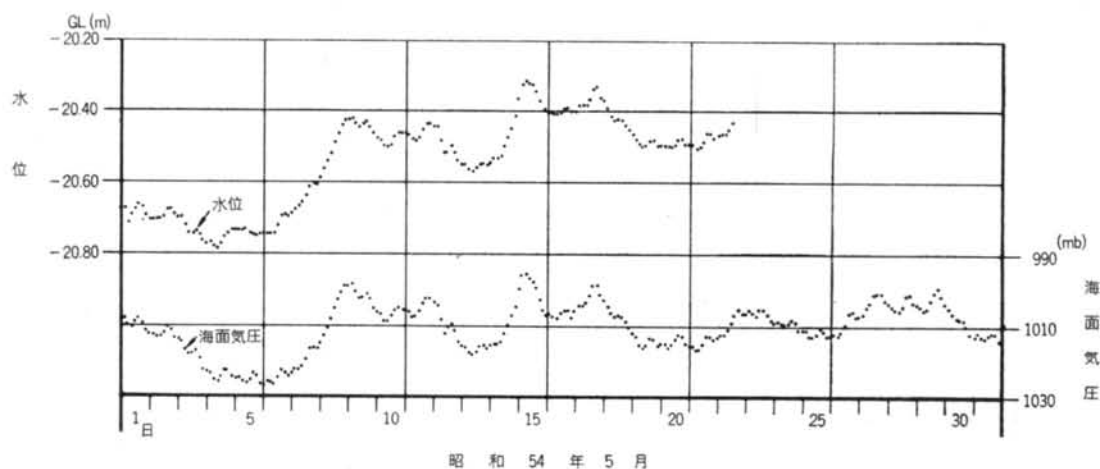


図-4 Kビル, DW-3 水位と海面気圧(気象庁)の変化(昭和54年5月)

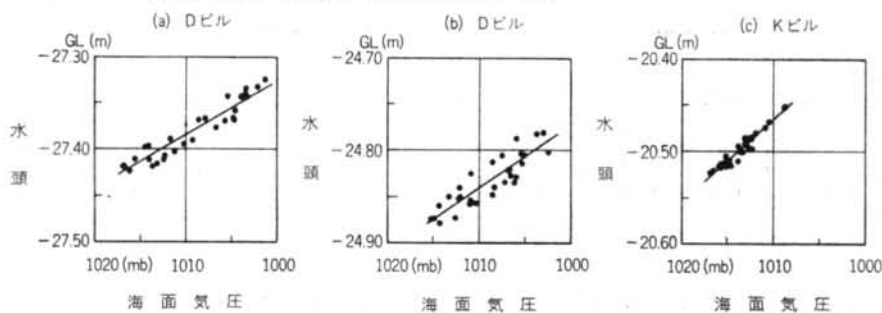


図-5 水頭と海面気圧(気象庁)の関係

の53年9月15日6時から19日6時(図-2参照)まで、同図(b)はDビルK-2での54年6月10日6時から14日0時(図-3)まで、同図(c)はKビル敷地のDW-3ディープウエルでの54年5月18日18時から22日12時(図-4)までについてのものである。

この図からは、それぞれ58.2%・67.6%・90.3%と気圧効率が求められるが、図-2から5つの期間、図-3・図-4から各3つの期間を選び出し、それぞれ気圧効率を求めてその平均を取ると54.3%・68.5%・92.4%になる。

§ 5. Dビル敷地における観測結果の気圧による概略補正

前報で述べたように、完全に被圧状態にあった場合に96%、また図-2から54.3%、図-3から68.5%の気圧効率(平均値)が求められたことから、水頭が23m以浅の場合には96%、23mから25mの間は70%、25m以深では55%とし、気圧が1気圧(1,013 mb)と一定な場合におけるDビルK-2観測井での水頭変化を計算することにしたが、このように深さで分けることは非常にやっかいであり、地下工事のための揚水開始までを96%、それ

以後は、おおよそ25mになる53年2月28日までと54年5月1日以降を70%、53年3月1日から54年4月30日までを55%として計算を行ない、図-1中の③に示した。

これによると、ディープウエルの設置や揚水試験、地下工事の揚水停止(ディープウエル掃除などのために揚水を数回停止している)などによって乱れている部分もあるが、比較的スムーズな水頭変化曲線になっている。

§ 6. おわりに

以上、概略述べたように、Dビル敷地・Kビル敷地ともに見掛け上不圧状態にありながら、気圧変化に伴う水頭変動を生じた。

その原因についての十分な考察はできないが、前報で述べたように、帯水層中にボーリングでは容易に発見できない不透水性薄層を挟在し、見掛け上は不圧地下水でありながら実際には被圧地下水になっていたものと想像される。したがって、今後の地下水調査に当たっては、不圧帯水層を対象にした場合においても、このような観点から観察する必要があるのかも知れない。

<参考文献>

- 1) D. K. Todd: "Ground Water Hydrology" John Wiley (1959) p. 159
- 2) 高橋・三宅・藤沢・天利: "東京千代田区内幸町および霞が関付近建設3現場の被圧地下水処理と若干の考察" 清水建設研究所報 第31号 (1979. 10)

