

## II-83 被圧帯水層の不圧化について

東京都土木技術研究所 正員 守田 優

## 1. はじめに

被圧帯水層において地下水の開発が進むと、被圧地下水位の低下、地下水の誘発的な流動、そして周囲の帯水層、表流水、不圧地下水からのかん養が生じる。しかし、地下水が過剰に汲み上げられると、水位が低下するだけでなく、被圧帯水層がその上部で不圧化するという状態になる。本論文では、この被圧帯水層の不圧化という事実を、東京の被圧地下水を例に報告し、さらに水収支的な考察を加えた。

## 2. 被圧帯水層の不圧化

東京武蔵野台地は、上水道水源をはじめとして、戦後、地下水の開発が進み、被圧地下水位の低下が著しかった地域である。ここでは、揚水量が増大した昭和40年代に、被圧帯水層の不圧化が進行した。この事実を検討するため、小金井市および府中市の上水道水源井の水位変化を示したのが図-1である。図には、各水源井のストレーナーの位置を示してある。この図から明らかなことは、小金井市において、地下水揚水による水位低下が昭和40年以降10年間で30m近くに達し、深井戸の静水位はすでに上部に位置するストレーナーの下方にあるということである。同様の現象は、府中市の水源井についても認められる。深井戸のストレーナーの位置は、被圧地下水の帯水層に相当し、このようにつねに水位が帯水層の下方にあることは、これらの被圧帯水層が不圧化して、その内部に不飽和な部分がひろがっていることを意味している。

以上は、東京武蔵野台地の例であるが、東京下町低地についても同様の現象が観測井の水位記録に見い出された。東京下町低地では、昭和30年代、工業用水の水源として地下水の揚水量が増大し、それにともない地下水位が急速に低下していった。東京都土木技術研究所では、この地域において、当時7本の観測井によって水位観測を続けていた。そのなかで墨田区にある吾嬬A観測井は、ストレーナーの位置が表層の沖積粘土層に近く、その水位変化は被圧帯水層の不圧化という事実を確認するのに適している。図-2に示した吾嬬A観測井の水位記録は、昭和29年に始まっているが、昭和34年には地下水位がストレーナーを切り、昭和36年でついに観測が中断されている。これは、観測井の水位が低下してストレーナーの部分より下になったためである。ここでも被圧帯水層が不圧化していることを観測記録から読みとることができる。

ところで、宮部<sup>1)</sup>は、東京下町低地における地盤沈下の研究のなかで、地盤沈下観測井の水位がある限界値に達するまでは、表層粘土層の地盤沈下速度が被圧帯水層の水位低下に比例して増大するが、ある水位を越えて低下すると逆に沈下速度は減少すると指摘した。この関係を、吾嬬A観測井について調べてみると、図-3に示したように、観測井の水位が地表下約36mまで下ると沈下速度が急に鈍化している。この地表下36mという深さは、図-3の地質柱状図にみられるように、表層の沖積粘土層の基底の深度にあたり、これより下が砂層の被圧帯水層になる。このような地盤沈下速度の鈍化は、被圧帯水層の不圧化によって、粘土層の圧密収縮の下方の境界が大気圧に等しくなったためと考えられる。この被圧帯水層不圧化と表層粘土層の収縮速度との特異な関係は、東京下町低地の他の観測井についても見い出されている。

## 3. 被圧地下水位の低下と相の変化

被圧帯水層が不圧化する現象は、地下水位の変化のような連続的な量的変化と違い、被圧帯水層内部における被圧状態の質的变化である。これによって、不圧帯水層—被圧帯水層という構造が、不圧帯水層—不飽和帯—被圧帯水層という構造へ移行する。この中間領域としての不飽和帯の存在は、被圧地下水盆の内部流動機構、特に垂直かん養や地盤沈下の現象に大きな影響を及ぼすものと思われる。

被圧地下水盆が開発にともない、その内部流動機構を変えていく過程を、歴史的な観点から把握し、特にその質的な変化を相(phase)の変化としてとらえる。この変化は、水収支的な立場から、以下のように大きく3段階(0期→Ⅰ期→Ⅱ期)に分けて考えることができる。

0期………地下水の開発が行われていない段階。被圧帯水層内の地下水はほとんど静止しており、地下水位も地表に近いが、あるいは自噴する状態にある。

I期………地下水の開発によって被圧地下水位が低下し、周囲の帯水層、表流水、不正地下水からのかん養が生じる。また、水位の低下は、一方で地盤沈下を発生させる。

II期………さらに開発が進み、被圧地下水位の低下が著しく、ついに被圧帯水層の上部が不飽和状態になり、不正化する。この段階では、不飽和部の拡大と縮小にともなう貯留量の増減が新たな水収支項目となる。

以上のような、被圧地下水の開発にともなう地下水位の低下状況と相の変化を(状態図)として示したものが図-4である。この(状態図)は、新藤<sup>2)</sup>の作成した図をもとにしている。ここでは、小金井市と府中市の例をあげたが、この図によって被圧地下水位の低下と不正化の状況を表現することができる。

#### 4. おわりに

被圧地下水盆は、固定的なシステムではなく、開発の進行にともなって連続的に、あるいは段階的に内部流動機構を変えていくものである。現在の被圧地下水盆の状態は、過去の開発に対する応答が積み重ねられた結果であり、それは歴史的過程の一環としてとらえられねばならない。今後は、以上の認識を踏まえ、水収支の観点から具体的な検討を進めるつもりである。

〔参考文献〕 1) 宮部直己(1962):東京の地盤沈下の研究, 土木技術研究報告, 第40号, 東京都土木技術研究所。 2) 新藤静夫(1972): 南関東の地下水, 土と基礎, No.171

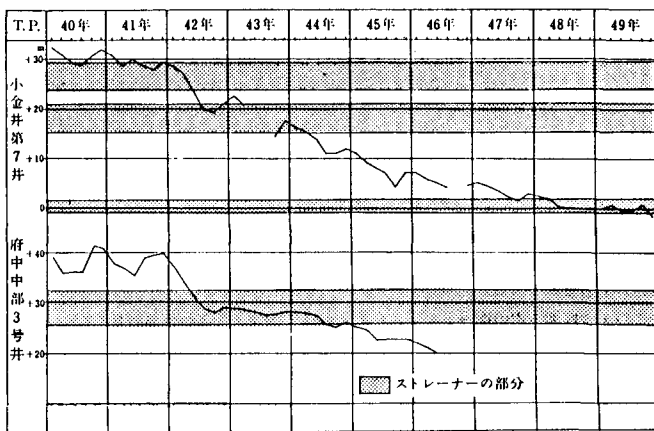


図-1 上水道水源井の水位変化

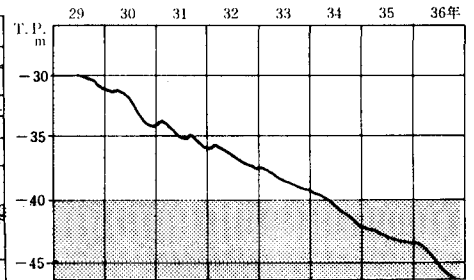


図-2 吾孺A観測井の水位変化

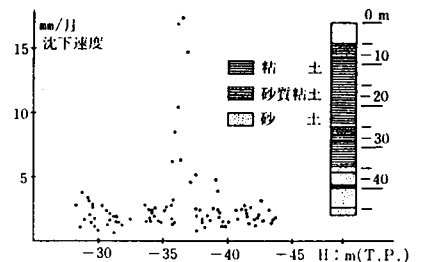


図-3 吾孺A観測井の水位と沈下速度

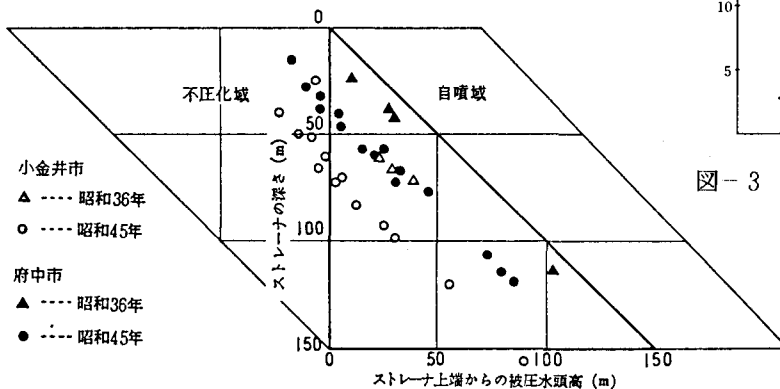


図-4 被圧帯水層の状態図