

II-154

沿岸地域における地下水の塩水化事例について

八千代エンジニアリング（株） 正会員 ○古賀 淳一 正会員 松原 武司

1. はじめに

我が国の水需要は、給水人口の増加、生活水準の向上及び生産活動の活動等により、平成4年の914億 m^3 から平成12年には1060億 m^3 まで増加すると予想される。このような中で、水供給量の約30%をしめる地下水は水質的にも優れ、水資源の安定的確保の面からその保全と適正な利用が望まれている。本報告は沿岸域に位置し、都市用水や生活用水の水源をすべて地下水に依存しているA市における地下水の塩水化の現状について報告するものである。

2. 地下水の帯水層構造と地下水の利用

A市はB川の下流域に広がる沖積低地に位置する小都市である。この沖積低地は、沈降した谷地形をB川が浸食・運搬した土砂で埋めた埋積谷であることから、四万十層群を基盤とし未固結の洪積砂礫層が厚く分布しており、河川水の伏没や還元箇所が随所で見られる。

主要帯水層はこの洪積砂礫層であり、透水係数は揚水試験結果などによると、 $10^{-2} \sim 10^0$ cm/sのオーダーであり非常に高い。

A市はこの帯水層から深度31m～45m（平均39m）の井戸群を用い、日量数万 m^3 の地下水を揚水し利用してきた。

3. 地下水塩水化の現状

A市はこれまで年1回程度地下水の水質検査を実施してきたが、これは複数の水源井戸から揚水した地下水が流入する着水井で採水・試験してきたことから、塩水化している水源井戸の地下水が希釈され、これまで塩水化の問題は表面化していなかった。しかしながら、B川の沿川に設置されている地下水観測井から採水器で採水し水質検査を行ったところ、下図に示すように、200mg/lを越える塩素イオン濃度が1号水源井戸からわずかに60m下流のI観測井で確認された。さらにI観測井付近の電気探査を行い帯水層（洪積砂礫層）の比抵抗値を測定したところ20 $\Omega \cdot \text{m}$ と、これより上流の200 $\Omega \cdot \text{m}$ より1オーダー低い抵抗値を示し、地下水の塩水化が進行していることが明らかとなった。

表-1 地下水の帯水層構造

模式断面図	時代	地層名	地下水賦存状況	厚 (m)	透水係数 (cm/s)	摘 要
	沖積層	上部砂礫層	浅層地下水 (不圧地下水)	5~10		
	洪積層	シルス層	難透水の	最大		シルス層は60mより下流
		粘土・シルト層	賦圧層	20		
	洪積層	下部砂礫層	深層地下水 (被圧地下水)	10~40	$4.0 \times 10^{-2} \sim 1.45 \times 10^0$	
	中生代	四万十層群	非帯水層	—		基盤

注) 沖積層と洪積層の区分は、1万年を境として表現されている。

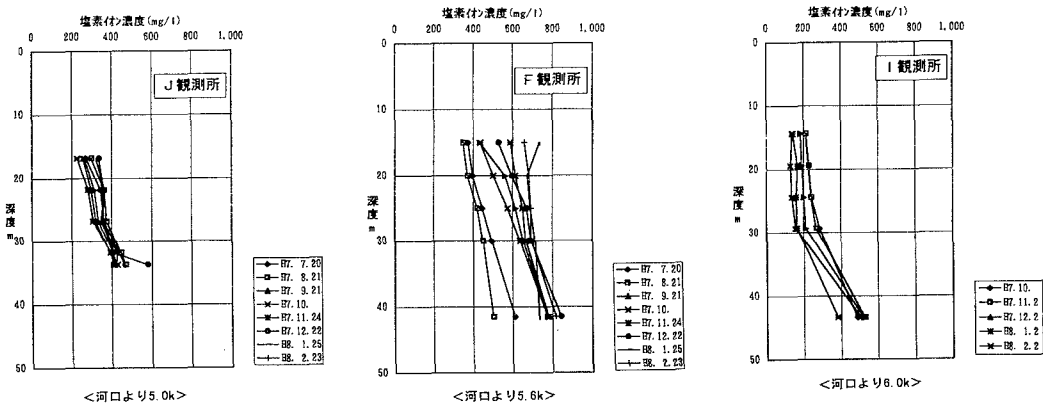


図-1 地下水の塩水化の現状

4. 塩水化の原因

地下水の塩水化は、一般に海水と淡水の圧力バランスが崩れると進行することが知られており、その目安としては、次式のガイベンーヘルツベルグの式がある。この式より第1水源井戸で海水と淡水の圧力がバランスする地下水位を試算すると1.0m程度となる。

$$h = \frac{\gamma_f}{\gamma_s - \gamma_f} h_f \equiv h_f / \varepsilon ; \varepsilon = \frac{\gamma_s - \gamma_f}{\gamma_f} \quad (1)$$

ここに、 h_f ：海面から地下水面までの高さ、 h ：海面から淡水層の底面までの深さ

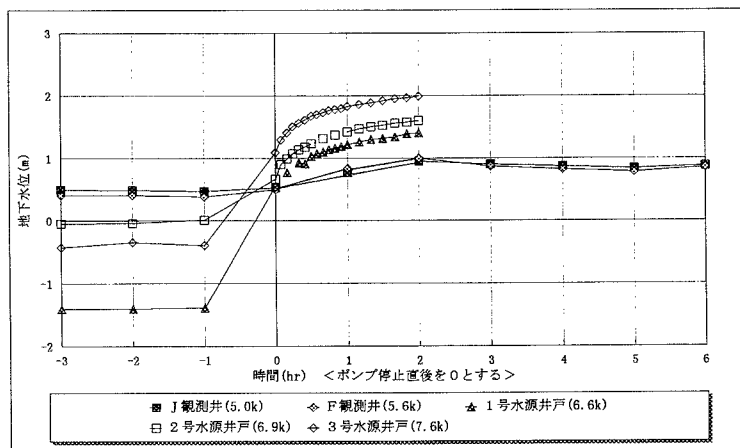
γ_f ：淡水の単位重量、 γ_s ：塩水の単位重量、 $\varepsilon \approx 0.025$

そのため、この水位を地下水塩水化の目安とし、現在の帯水層の地下水位を観測するとともに、各水源井戸の揚水を夜間一時的に停止し、地下水位の回復状況を調査することにより、塩水化の原因について調査を行った。その結果、以下の事項が明らかとなった。

(1) 揚水ポンプの運転水位は最も下流に位置する1号水源井戸が最も低くその値は-1.5mであり、これより1km下流のF観測井の水位は約0.4m、さらに500m下流のJ観測井で0.5mと、地下水位は上流へ向かい減少していること、その値はガイベンーヘルツベルグの式による平衡水位1.0mを下回っていることから、海水を引き込んでいる。

(2) 揚水ポンプ停止後に各水源井戸の水位は急速に回復しておりその回復水位は概ね1.5m～2.0mと十分に高く、また地下水位は上流に向かって増加している。

(3) これらの結果から、地下水の塩水化は過剰な揚水が原因であること、特に最下流の1号水源井戸の運転水位が低く、海水を引き込んでいることが明らかとなった。



図－2 ポンプ停止後の水源井戸及び観測井の水位変化図

5. おわりに

A市の人口は横這いもしくは減少傾向にあるが、水利用機器の増加や下水道の整備等により、原単位の増加は避けられず、揚水量は増加していくものと予想される。A市は地下水以外に代替水源を持たないことから、現在水道施設の改善による有効率の増加や新たな水源井戸の確保などの対応策の検討に入っている。

地下水は現在の法体制では、河川などのように公共性の見地から管理していくことは困難な状況に置かれているため、塩水化だけでなく、過剰揚水による地盤沈下が多発したことは記憶に新しい。近年は有機溶媒などによる地下水の水質汚染が問題となっている。これらの地下水障害を未然に防ぐには、A市だけでなく流域住民も一体となって地下水という水資源を保全及び管理していくシステムの構築が強く望まれる。