

第227回地質調査所研究発表会講演要旨*

特集 深層地下水汚染機構の解明

深層地下水の汚染について

田口雄作

近年、わが国においても化学物質による地下水汚染が、浅い不圧地下水だけにとどまらず、深層の被圧地下水にまで鉛直方向にも広がっていることが明らかになり、地下深部の地下水の化学物質による汚染が、新たな公害を引き起こす材料として注目を集めるようになってきている。

現在、生活用水や工業用水として深層の被圧地下水が広く利用されており、これが汚染によって使用が制限された場合の、生活および産業への影響はきわめて深刻である。深層の被圧地下水の流動は、浅い不圧地下水とは異なり、地質構造に大きく支配されており、深層への汚染機構を明らかにするためには、十分な水文地質学的検討が不可欠である。

被圧地下水が化学物質によって汚染されつつあることは、すでに明らかにされているが、地表起源の汚染物質がなぜ深層の被圧地下水に検出されるのか、その汚染経路や汚染物質の地下深部における挙動については、不明な点が多い。

それらを水文地質学的見地から解明し、具体的な汚染防止策および未然防止策の検討をすることの必要性を強調した。

(環境地質部)

Keywords: groundwater, pollution, deep aquifer, hydrogeology, chemicals

水文地質環境と地下水汚染

永井 茂

1) 2層ストレーナ井戸での窒素汚染

第1図は赤城山麓にある上部と下部の2層ストレーナを有する深井戸での事例である。井戸所有者によると、

この井戸は揚水を一時停止し、再び揚水を開始すると揚水直後に水質が悪くなるというので、40分間揚水中断したあと、再び揚水を開始して水質の経時変化を調べた。NO₃⁻-Nは揚水直後22mg/ℓ(水質基準は10mg/ℓ)となり、その後急激に減少し、約30分後に5mg/ℓとなつてほぼ安定する。右側のヘキサダイアグラムで分かるように、アニオンではNO₃⁻、カチオンではCa+Mgが揚水直後に大きく増加している。また、ヘキサダイアグラム中に水温を示したが、当初の水温は16.6-8°Cと低く、30分後には約18.0°Cと高くなり、安定する。

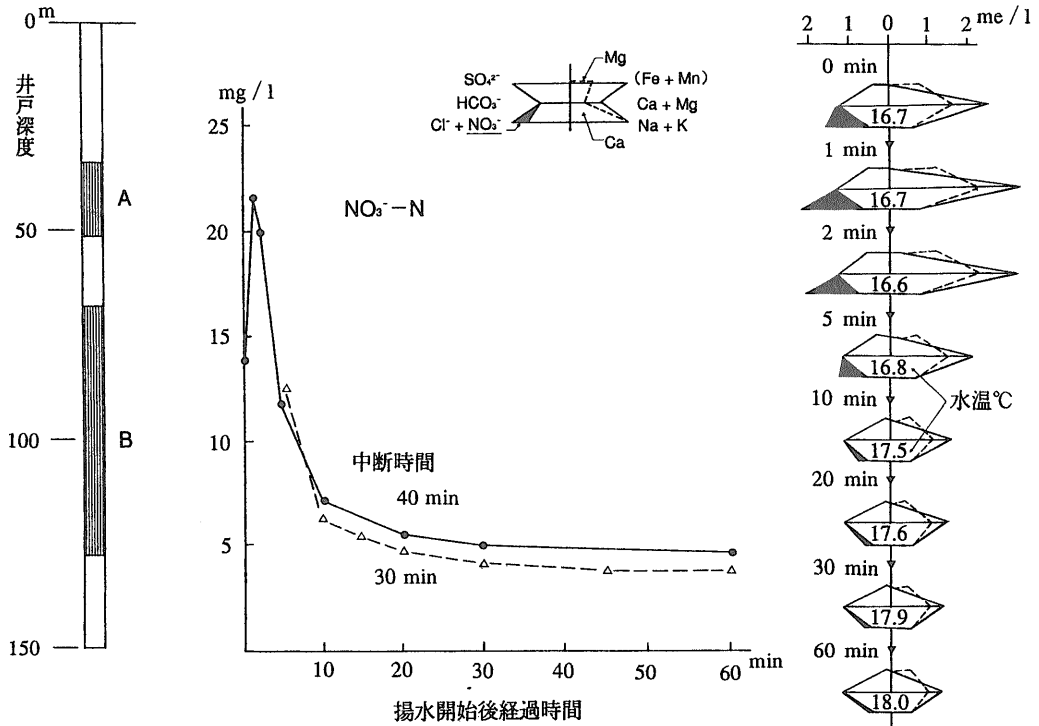
この水質変化を解析すると次のように説明できる。すなわち、この井戸は上部帯水層(A層)と下部帯水層(B層)の2層の地下水を揚水している。A層とB層の地下水を比較すると、水質はA層が悪くB層が良い、水温は浅部のA層が低く、深部のB層が高い、水位はA層が高く、B層が低いが、水量はA層が少なくB層が多い。連続揚水中は両層の混合率が一定で、水温、水質とも安定しているが、揚水を停止するとA層の水位が高いため井戸管内の地下水はA層主体の地下水に置き換わってゆく。そこで揚水を再開すると当初はA層主体の地下水が汲み上げられ、時間とともにB層の地下水が増加し、30分後には両層の割合が平衡状態に戻り、水温、水質とも安定すると考えられる。

このケースでは長期間の揚水中断あるいは停止によって、A層の汚染された地下水が下部ストレーナを通してきれいなB層中に侵入し、汚染が深層部に広がる危険性を示している。

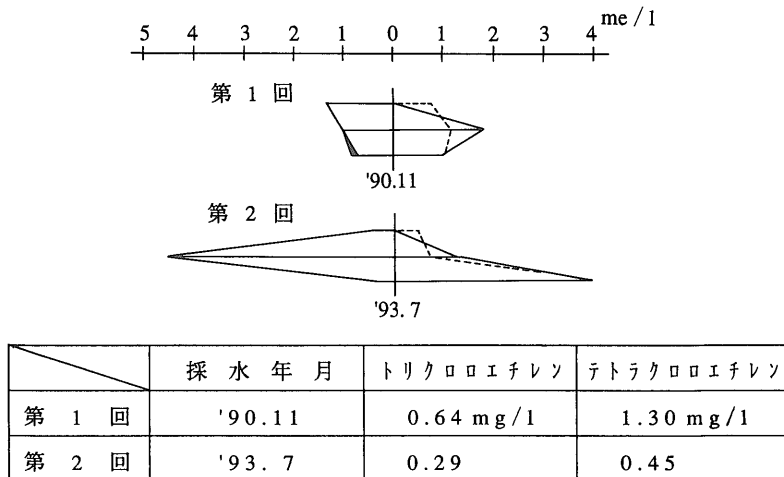
2) 充填砂利と有機汚染

第2図は川崎市の高摩川低地部にある深井戸(120m)の水質である。この地域の深井戸は第三紀層中の地下水を汲み上げており、本来の水質は下段(第2回)のような水質である。第1回の調査時は事前の揚水時間が不足したためと考えられるが、水質は浅井戸的であり、有機汚染も基準値を大きく越えていた。第2回の調査時は事前の揚水時間を十分とった関係もあり、水質はほぼ本来の水質となっているが、やはり基準値を越える有機汚染を生じている。しかし、詳細に検討すると浅井戸成分で

*平成5年12月2日日本所において開催



第1図 井戸構造と揚水直後の水質変化



第2図 同井戸における水質

ある SO₄²⁻ がかなり含まれており、本来の地下水と浅層部の地下水の混合が明かである。この井戸のストレーナは 100 m 前後にあり、浅層部の汚染された地下水の混入は井戸管周囲に詰められた充填砂利を通して供給されたと考えられる。

このケースも浅部地下水の水位が下部より高く、揚水

を中断あるいは停止すれば深部地下水に汚染が広がることは確実である。

以上、2つの事例を示したが、井戸自体が深層部地下水の汚染媒体となる好例であり、このようなケースでは揚水を継続することが汚染の拡散防止の上で重要である。なお、地下水汚染調査においてはサンプリングが重

要であり、また特定有害成分だけでなく、水温の測定と一般水質の分析を合わせて行う必要がある。

(環境地質部)

Keywords: groundwater, pollution, hydrogeology, multiscreened well

深層地下水汚染と地質構造

遠藤秀典*・渡辺史郎**・牧野雅彦**
長谷川功*・稲崎富士*

現在、深井戸に認められている深層の地下水汚染は、局所的な汚染が進み、その一部がより広域的な地下水の流動システムの中に入り込んで広範囲な汚染に拡大していく過程である可能性がある。従って、局所的な汚染に関する水文地質条件、及びその地域を含むより広域的な地下水の流動システムとそれを成立させている条件を明らかにしておくことが、今後の地下水汚染の予測を行ううえで重要になる。このような観点から深層地下水汚染に関する地質構造について、その調査手法を含めて、関東平野の本庄市及び加須市周辺地域を中心に検討した。主な内容は以下の通り。

難透水性層と透水性層が繰り返し重なっている場合、難透水性層の側方の連続性を明らかにする必要がある。この場合、堆積時における連続性、上位層による削剝の可能性、断層による不連続等について検討する必要がある。

このため、地表地質調査、既存資料の岩相記載や検層結果に基づく対比を行うと共に、珪藻、花粉の微化石分析を行い各堆積物の堆積環境を明らかにした。また反射法弾性波探査を実施し、その有効性を明らかにした。

本庄地区では揚水井が掘削されている深度150m以浅では大部分が礫からなり、一部に泥質の部分が分布する。その花粉及び珪藻分析結果では、低地の深度120m付近以浅では、いずれも河川によって急速に短期間で堆積した扇状地性のものであり、連続性が悪いと推定できる。一方、低地の深度125m付近の泥は、湖沼ないし沼沢地に堆積したと推定できる。

4側面の反射法弾性波探査のうち、C側線の結果は、上記の結果と調和的である。深度120m付近以浅では、反射面には凹状の形状を伴い、斜交関係が認められる。それ以深では、水平に近く連続性が良い。また250-300m程度と推定できる深度以深では反射面は傾斜し、基盤とすることができる。

一方、既存のボーリング資料及び4地点で掘削したボーリングの結果を検討すると、本庄市の台地と低地の境界付近に断層が分布し、深谷断層の延長と考えられる。

加須地区では、ボーリング(深度250m)の結果、下位から礫、泥、砂の順番に重なる単元が繰り返している。この単元のうち、泥の部分が難透水性の部分になる。その堆積環境は、内湾から泥沢地の環境のものが多く、側方に連続的が良いと判断できる。

反射法弾性波探査結果では往復走時1秒程度までの反射面を認めることができ、いずれもほぼ水平で、側方の連続性が良いことが確認できる。

また、VSP探査を実施し、各反射面と岩相変化及び電気検層結果との関係を検討したところ、対応が極めてよく、主要な岩相境界がいずれも反射面として捕えられていることが判明した。VSP探査と組み合わせ、適切な方法で実施した反射法弾性波探査が水文地質学的な地下水質の調査にも、極めて有効である。

ところで、関東平野の地下水の溶存成分では、塩素イオン濃度の高い地域が分布し、その境界が明瞭なことが指摘されている。このような水質の分布の境界と断層の分布とがほぼ一致し、密接に関係している。関東平野の中心部では、断層は地下水の側方への流動を妨げている可能性がある。一方、周辺部では、透水性が良い部分となっている可能性がある。

中規模な地下水の流動システムでは本庄地区は深層の地下水の流入域、妻沼-熊谷地域は流動域及び加須地区は停滞域であるといえる。このような区分に基づいて、各地区の地下水汚染とその回復の可能性について指摘した。

(*環境地質部 **地殻物理部)

Keywords: groundwater, pollution, seismic survey, Kanto

降雨浸透・地下水涵養機構に関する実験的研究

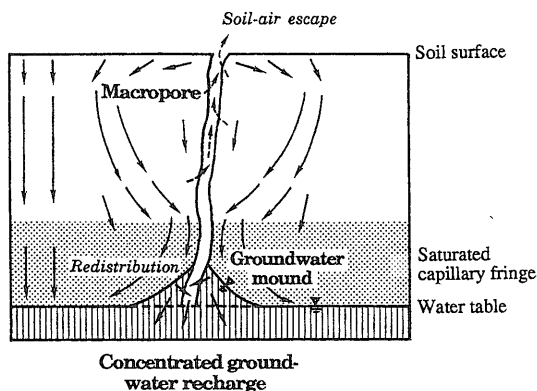
安原正也・丸井敦尚

地表流が存在しない状態下における、大間隙を有する土壌中での降雨浸透水と汚染物質の挙動を明らかにするために室内実験を行った。高さ89cm、幅43cm、奥行き10cmの砂箱を作製し、飽和透水係数が $1.43 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$ の細砂(豊浦標準砂)で充填した。砂箱の中央には、砂箱の地表面から地下水面まで達する直径3.15cm、長さ76cmのネット状の中空の筒からなる大間隙を埋設した。砂箱の上方に設置した人工降雨発生装置から、降雨強度が50mm/h, 100mm/h, 200mm/h, 300mm/h

／hの降雨を発生させて実験を行った。

大間隙の存在に起因する降雨浸透プロセスの変化の結果、大間隙の底面の近傍において集中的な地下水涵養が発生した(図)。地表流が存在しない場合に観測されたこの降雨浸透プロセスは、地表流が発生する場合のそれとまったく異なるものであった。本実験の結果は、大間隙を有する土壤中における降雨浸透水やそれに伴う汚染物質の挙動に関して現在広く認められている概念やモデル化の手法は、地表流が存在しない場合にはまったく有効できないことを強く示唆している。(環境地質部)

Keywords: Macroporesoils, Infiltration, Groundwater recharge, Surfaceapplied pollutants



層別採水試験による深層地下水汚染の検証

田口雄作

有機塩素系溶剤による汚染が確認されている深度150mで、7つのスクリーンを有する井戸において、帯水層ごとに採水を行い水質分析を実施した。その結果、上から下まですべて水質、水温等物理化学的な性状はほとんど変化しなかった。このことから、汚染物質は地表から何枚も存在する難透水層を透過してきたのではなく、井戸の充填砂利を經由して浸透したものと考えられる。このことはダルシー則からも理論的に裏付けられる。

同様に7つのスクリーンを持ち深度170mの井戸と、この井戸から50m離れており、途中十分なセメンチング遮水が施されている井戸において、連続揚水を実施した結果、前者では時間の経過とともに、水温が低下、導電率が上昇、水質が悪化した。これに対し、後者では時間の経過とともに、水温が上昇、導電率が低下、水質がよい方向へ変化した。このことから、十分な遮水を行えば、充填砂利を通ず汚染物質の直接浸透は完全に遮断できることが証明された。

このように、現状では深層帯水層それ自体が汚染されているケースは稀で、ほとんどの場合は浅層の帯水層に混入した汚染物質が、人為的な短絡通路(バイパス)を經由して、深い井戸から揚水される地下水中に検出される、いわゆる“見かけ上の”深層地下水汚染が多く見られることが明らかになった。

したがって、現状の深層地下水汚染の防止のためには、深井戸の施工(グラウチング、スクリーンの数や位置等)に細心の注意を払う必要があり、また、複数のスクリーンを有する深井戸の揚水休止や廃井に伴う、ケーシング内での深層帯水層への地下水流動には、もっとも警戒を要する。すなわち、井戸それ自身を經由する“真の”深層地下水汚染が進展し、帯水層そのものを広域に汚染する危険をはらんでいるからである。(環境地質部)

Keywords: groundwater, pollution, by-pass, direct percolation, multi-screened well