

循環ワーカー養成基礎講座 第5回

「四次元の水循環—良好な水環境の保全に向けて—」

講師： 嶋津 暉之氏（水源開発問題全国連絡会）

日時：2004年10月5日（火） 18:30~20:30

会場：ノルドスペース セミナールーム （東京都中央区京橋1-9-10 フォレストタワー）



1. 地下水入門編

始めに、地下水を維持する器としての地質の話をする。現在の日本橋は低地と台地の境にあり、西に行くと山地になる。その断面図を見てみると、砂の層が地下水を支えていることが分かる。そして砂層の上にシルト層や砂礫層がある。浅海の堆積物である東京層群は約10~100万年前に、深海の堆積物である上総層群は約100万年以上前にできた。

関東造盆地運動によって、関東地方は徐々に山がせり上がって真ん中が沈み、青梅のあたりを底辺とした盆地上になっていった。そのため、関東の端の方に急な傾斜がある。

地下水には種類がいくつかあり、一番浅い地下約30メートル以浅にある地下水は浅層地下水、それより深い所にある地下水は深層地下水と呼ばれる。深層地下水には二種類あり、水道水源となり工場で利用されるものと温泉水に分けられる。

地下水は土の粒子の間を満たしているので、地面のどこを掘っても地下水には到達し、また地下深くまで存在する。地層の透水性によってどれだけの量の地下水が得られるかが変わってくる。浅層地下水は、雨水の浸透によって直接涵養を受ける。一方、深層地下水は浅層地下水を通して涵養されることが多い。より深い場所にあるものは上からの涵養がないので、化石水というべきものに近い。

深層地下水は水道水源に利用されているので最も重要な地下水と言える。その涵養はどうなっているか見てみたい。雨水はまず浅層地下水に入り、浅層地下水を通して、深層地下水への涵養が行われるというのが経路の一つである。もう一つは、上の浅層地下水を通してではなく、山側を通して直接雨が地下に浸透して深層地下水を涵養するものである。

千葉の市原あたりには、地下水の圧力が地上より高いので井戸を掘るだけで地下水がポンプのように噴出してくる自噴井戸というものがある。

地下水の年齢をトリチウムで推定する方法が2, 30年以上前から行われてきている。陸水のトリチウムは天然濃度と核実験の影響を受けた濃度が違うので、それを利用して年齢を推定するものである。深層地下水の平均年齢は数十年から数百年だが、これは深層地下水の涵養量が少ないことを意味するのではなく、地下水の量が膨大なので、数ヶ月前に浸透したものと数百年、数万年前に浸透したものが混在し、平均年齢が高くなっている。現在涵養が行われていないわけではない。

河川水は人間が歩く早さと同じくらいの速さで流れている。一日あたり、50から100キロ移動する。それに対して、地下水はとても遅い。1日あたり0.5~1メートルと、10万分の1程度である。地下水は粒子の間を流れるため、抵抗があつてゆっくりしか流れないためである。しかし土粒子の間の水の通りみちには様々な大きさのものがあつて、大

小さい通りみちを通る場合には抵抗が少ないので早く通る。小さい通りみちと大きい通りみちがあるので平均速度を出すと遅くなるが、汚染物質の場合は最初に大きい通りみちを通過して到達した時が到達時点となるので、汚染物質の到達速度は速くなる。

土粒子の骨組みの間にある地下水が大地を支えている。地下水位が下がると、地盤沈下が起きることがある。地層は砂層と粘土層でできており、地下水位が下がると地層が収縮することがある。砂層は1年くらいの短期間で収縮するが、粘土層は何年もかかって収縮する。そのため、地下水の過剰汲み上げによる地盤沈下は長い期間をかけて起きる。

2. 地下水涵養の機構と涵養量

地下水の涵養の源は雨水である。年降水量の分布で見ると、列島内でも場所によって差がある。三重県の尾鷲が、一番多く降り、最小量と最大量を比べると、5, 6倍くらい違う。関東地方では年間人間の背丈くらいの量が降っている。

行政は、降水量が減っている、少雨傾向にあると知っている。また、国土交通省は少雨傾向にあるのでダムを作ると知っているが、この点については疑問を感じる。

実際、降雨量は減ったのか。東京大手町の年降水量は125年間で60ミリと、多少下がっている。しかしこれは4%程度であり、それほどの量ではない。また、昔と今とで観測方法が違い、新しい雨量計で計測した場合には古いものと比較して5%程度雨量が少なくなるという研究もあるので、雨量が減った理由は雨量計かもしれない。

降った雨は表面流出、地下浸透、蒸発、蒸散（蒸発と蒸散で蒸発散）する。ライシメーター（Lysimeter）で蒸発散量が測定できる。あまり正確に測定できないが、降雨量と、ライシメーター内の水の重さの変化を測って蒸発散量を求める。実際の蒸発散量は実蒸発散量と呼ばれる。

可能蒸発散量はエネルギー収支から求められ、関東では700ミリ程度となる。日本では土壤水分が不足することは少ないので、実蒸発散量は可能蒸発散量に近い数字になる。

自然状態（アスファルトの市街地化前）では、降雨が1,450ミリくらいで、このうち半分は蒸発散で大気に戻る。表面流出は150ミリで、残りが600ミリ、つまり4割が地下浸透する。地下浸透した水は、深層地下水が使われていない時代は浅層地下水層から湧き水として湧き出していた。結果として、降った雨のほとんどが川に流れ出していた。ところが、地面のアスファルト・コンクリート化が進んだところでは、蒸発散が150ミリ程度となり、1350ミリが表面流出するようになった。東京の台地部・低地部1144平方キロメートルについて考えると、雨が450万立方メートル降るとしたら、蒸発散はかつておよそ220万だったのが140万になった。表面流出は50万が210万に、地下浸透は180万から100万になった。蒸発散が減ったことにより、ヒートアイランド現象が起きるようになった。蒸発散に使われるべき太陽熱が、空気を加温するようになったからである。その他にもヒートアイランド現象が起こる理由は人工熱の放出量が増えたこと、高層ビルが海風をさえぎるなどといったこともあるが、一番大きいのは蒸発散が減ったことである。

一方で、深層地下水の利用が進行した。昭和40年代ころから多摩地域における利用が増えてきた。23区は昔は盛んであったが現在は大幅に減少した。かつては深層地下水の水位が急速に低下していった。昭和46, 7年ころに最も低下し、それ以降は上昇してきた。

深層地下水の水位の低下により、様々な問題が起こった。まず、これまでは浅層地下水が湧き水になっていたが、深層地下水を使うようになると深層地下水が浅層地下水を引き寄せてしまい、湧き水として地上に出る量が減ってしまった。また、昭和40年代には最上層の深層地下水の水位低下により、地下工事における酸欠による死亡事故が続出した。圧気工法の空気が、砂礫層、砂層を通過する間に地層中の還元物質によって酸素が消費されてしまうためである。さらに、地下水が使われることによって地盤沈下が起こった。江東区では、明治23年から昭和40年まで見ると5メートルくらい沈下している。その結果として、ゼロメートル地帯というものができた。ただし、これは昭和40年代半ばまでの話である。その後は地盤沈下の状況は好転した。行政が地下水のくみ上げを減少させ、大きな工場では工業用水道に転換、ビルは地下水から水道に転換、水使用合理化の指導などが行われた結果、昭和45年が最も地下水揚水量の多かった年だがそれ以降は地下水揚水量は減少していった。昭和40年代後半からの規制と行政指導の結果、深層地下水の水位が上昇し続けている。これが今後どうなるかはわからない。上限に近づいている可能性もある。

ところが、地下水位の回復によって思わぬ問題がおきた。地下水位が上がってくると浮力が働き、東京や上野の地下駅が上がってしまう。重しをのせたりして対応している。地下鉄への漏水も増えてきた。

現在は、地盤沈下は収まってきた。東京の場合は、地盤沈下が止まったといっても過言ではない。最大沈下量で年間1センチを切っており、むしろ1センチ以上隆起している場所もある。埼玉県では、北東部は過去には2センチ以上沈下していたが、平成9年からほぼ0センチになっている。東部、西部は早くから沈静化している。関東地方ではほぼ全域で、地盤沈下は沈静化していると言える。

東京の地下水収支を試算してみたい。下水管や地下鉄などに地下水が浸入してしまうこともあり、その分は地下水が消えてしまう。そういったことも加味してみると、10年前の垂直涵養量が一日62万トン、多摩川からの涵養が17万トン、深井戸揚水量は59万トンとなる。現在は、台地部では深層地下水がかなり蓄えられるようになっている。低地部では、粘土層が分厚いので垂直涵養量がゼロで、台地部からの水平涵養が主となり、これも収支プラスとなって地下水が蓄えられるようになっている。

3. 東京都等が進める水道用地下水の削減計画

東京都には、水道用地下水の削減計画がある。現在、多摩地域では地下水が38万立方メートル、河川水が93万立方メートル、昭島市は地下水100%、国立市は地下水60%、府中市は地下水45%、清瀬市は全て河川水である。全体としては3割くらいが地下水となっている。都の計画では、今後ダムができると、今使っている地下水をすべて河川水に変える。これは、地盤沈下を抑止するために立てられた、昭和40年代半ばの水源転換計画がいまだに使われているからである。当時は将来は都内の地下水くみあげをゼロに近づける計画がつけられた。多摩地域の水道用地下水もそれに伴ってゼロにし、その代わりとして、ダムを建設する。

現在は地盤沈下が沈静化し、水道用地下水を引き続き使えるようになったにもかかわらず、代替水源確保のためのダム建設の計画は変更されない。本当はダムを作る必要はないのに、

逆に八ツ場ダム建設の理由付けのために地下水の水源転換計画が生き続けることになった。

この計画のために、地下水の位置づけに問題が出てきた。将来的にも使っていく水源なのに、いずれは河川水に切り替えるから長期の展望は不要、という考え方になってしまった。例えば府中で地下水汚染が起き、82年に水道水源井戸3本からトリクロロエチレンが検出された。こういう場合、くみあげ続けることで汚染物質を地上に引き出すことができていた。しかし、くみあげをとめてしまったため、地下で汚染物質が広がってしまった。89年に3本のうち2本に浄化装置をつけて、揚水を再開したが、時すでに遅く、府中のいくつかの井戸でトリクロロエチレンが検出された。10年前の水道水源井戸の汚染は西部系だけだったが、汚染を放置し揚水を停止したため、中部系まで広がった。汚れば河川水に切り替えればよいという安易な考えがあるのが問題である。立川でも現在、3本の水道水源井戸の揚水を停止している。

地下水で問題になることが多い汚染物質には、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、硝酸性窒素（乳児が飲むと窒息症状を起こす）、大腸菌群（大腸菌）がある。井戸で出てくる大腸菌のほとんどが自然由来なので、最近は大腸菌だけを調べることになった。90年のO157、病原性大腸菌による井戸水汚染事件は、幼稚園の過失によるものである。トリクロロエチレン、テトラクロロエチレンは、汚染地下水でも除去装置をつければ除去でき、飲料水、水道水としても利用できる。

日本においては水道水源そのものを守っていくという姿勢が希薄である。一方ドイツでは水道水源を守る姿勢がある。日本もそういう姿勢は見習うべきだ。

4. 安全でおいしい地下水を享受するために

今年の4月から水道水の新しい基準ができた。92年以前は26項目、93年12月からは水質基準46項目、快適水質項目13項目、監視項目33項目、04年4月からは水質基準50項目、等増えてきている。

水の安全性で一番問題なのはトリハロメタンである。これは自然状態には存在せず、水道原水の有機物質と、浄水場で加える塩素が反応して生成される。

トリハロメタンを含む有機ハロゲン物質全体 TOX（トックス）は何十種類もあって、水質基準の項目に入っているのは一部にすぎない。最も安全性が高いのは、地下水を水源とする水道水である。トリハロメタンの検出量は、昭島ではゼロに近い。原水が汚れていればいるほど水道水のトリハロメタン濃度は高くなる。

利き水という水源の異なる水道水のおいしさの順位をつける催しがある。利き水で望ましい方法は、新鮮な水道水を人肌程度にお燻してから飲むことである。お燻するのは、冷たいとそれなりに全部おいしく感じてしまうからだ。利き水の結果、第一位は昭島市の水道水（地下水100%）、二位は小作浄水場の水道水（多摩川上流から取水）、第三位は朝霞浄水場の水道水となっている。原水がきれいな水道水はおいしくて安全性が高い。最もきれいな水道水は地下水である。

地下水の涵養のためには、雨水を人為的に地下浸透させればよい。浸透トレンチという、穴あき管を地中に埋める方法、浸透U字溝などは現在かなり普及しており、よほどの大雨でないと、流れ出すことはない。国立、小金井、国分寺などでは、コンクリート製の雨水浸透ますを家庭に設置している。底はあけておいて砂利を詰めて地下に埋める。雨水地下

浸透の全面的な推進とともに節水をすることで、地下水への依存率を高めることができる。

節水で見本とするのは福岡市である。ここでは節水型機器の普及、節水意識の向上、新設される大型建築物に対する雑用水道の設置指導（トイレに再利用水を使用）、配水管の余剰水圧をなくすための電導バルブの設置（高台と低地の給水圧の均一化）という4つの政策を1, 2年前に条例にした。今から7年前には横浜の一人当たり家庭用水使用量は福岡より約23%多かったが、02年度には節水型機器の普及などにより、17、18%程度減った。現在の横浜の一人当たり一日家庭用水使用量は約240リットルだが、節水を徹底すれば、衛生的な生活をしていても150リットルまで減らすこともできる。

これからやるべきことは、雨水地下浸透の全面的な推進と、節水徹底の施策の推進である。現在は人間の側だけを考えているが、環境との共存を考える必要もある。深層地下水の利用と河川に湧出する水は、片方を増やすともう片方は減るというように、ある意味で競合する関係にある。雨水が地下浸透していけば地下水の総量が増え、湧水が復活していく。

この方向に進むためには、行政のあり方を変えなければならない。各都県がダム計画への参加を中止して、地下水を重要な水道水源として位置づけ、地下水重視の水道行政に転換することが重要である。

【質疑応答】

Q.地下水はだれの財産か。住宅団地で地下水を新たにくみ上げて配ることは法的に可能か。

A.本来、地下水は私水である。しかし、地盤沈下を防ぐという公共の観点からの規制がある。一日最大20トン以下ならば、たとえば家庭で行政の許可を得て井戸を掘ることができる。ただし、一日最大20トンを超える井戸、たとえば住宅団地で自営井戸をつくることはできない。行政が新しく水道水源井戸を掘る場合も、今の条例ではひっかかる。現在、水道水源井戸があるのは昭島など地下水規制が始まる前に掘った井戸である。

Q.行政が条例を変えれば、民間が井戸を掘って地下水を使うこともできるのか。

A.条例が変われば可能である。ただし、井戸の設置を民間に任せるのがいいかどうかという問題がある。

Q. 現状として、地下水の適切な利用のために最初に取り組むべき事柄は何か。

A. まず、地下水は重要な正規の水道水源であるという位置づけをしなければならない。

Q.ダムがなくてもよいという理論的な理由は何か。

A.東京の場合、水の需要は減る一方で、現在の保有水源とは一日100万トン以上の余裕がある。ダムを建設する必要がないが、水道水源としての地下水を切り捨てて、ダム建設が進められている。

Q.では、何故地下水を利用した方が良いのか。

A.利き水の結果や、トリハロメタンで考えると、地下水は最も良質な水源である。

Q.井戸水を使っている千葉の農家で、硝酸性窒素がたくさん出て困っている人がいる。

A.硝酸性窒素は水道の水質基準が厳しいので、それを多少上回っていたとしても特段、問題になることはないと思う。

Q.深い井戸は良い水が出ないと聞いたことはある。30メートルくらいだと良い水が出るのだろうか。

A.場所による。普通は、数十メートル超えると良い水が出る。江戸川区では、昔の海水が

地層に閉じ込められているので、その辺りは使えない。

Q.地下水の安全情報は公開されているか。

A.今までは地盤沈下のための規制という方向であったため、部分的にしか公開されていない。

Q.ダムが進められるのは、建設業の既得権か。八ッ場ダムの事業はどうなっているのか。

A.八ッ場ダムの国民の総負担額は、9千億円になる。治水面から見ても、来るはずのない架空の洪水を想定している。また、ダム建設によって深刻な地すべりが起きる可能性もある。住民監査請求を各都県に行った。これが棄却なり却下されれば、住民訴訟で争っていく予定である。そのほかにも政党に働きかけるなどで運動している。川辺川ダムは、着工寸前で住民運動によって止められた。八ッ場ダムも、きっかけがあれば止まるかもしれない。市民運動でしか、行政は変わらない。理屈の面では勝算がある。市民が立ち上がらないといけない。

Q.都議会に対して働きかけているか。

A.野党への働きかけはできた。八ッ場ダムに関しては半分に別れ、最大政党はこっち側についてくれた。徐々に、八ッ場ダムは不要ではないかという雰囲気は広がりつつある。

Q.与党が八ッ場ダムが必要という理由は？

A.必要だという真の理由はなく、先に計画ありきということで、東京都と同じである。都議会では、与党が多数だから八ッ場ダムの計画が通ってしまったが、自治体レベルでは小金井などで、八ッ場ダムは必要ないという意見書が出てきている。

尚、この記録は徳田めぐみ氏が記録し、嶋津暉之氏に加筆修正いただいたものです。