

第5章 気候変動下における表流水と 地下水の一体的利用と管理

九州大学大学院教授 神野健二氏

1. はじめに

1978年に福岡で渇水が発生し大パニックが起きた。それ以来、福岡市はそれまでの域内水源確保方針を見直して筑後川からの取水や、水管理センターの創設、節水キャンペーン等、外国からも見学者が訪れるような積極的な水道事業を展開してきた。1994年の大渇水時の福岡市では、人口や下水の普及率が増えていたにもかかわらず、1978年の渇水のような深刻な影響は出なかった。このような官民挙げた努力により、福岡市の水道事業は高い評価を得ている。

さて近年、気候変動や地球温暖化という課題が新たに出ており、水資源の確保に対してかなり影響があるのではないかと予測されている。私自身はそういう予測がどの程度の確度を持っているのか、気象学や気候学に関する知識を十分に持っていないが、気候変動の影響がだんだん現実化していることが社会的にも認識されるようになり、我々の日常の経験の中でもそう思える状況が増えている。そこで福岡都市圏の水資源開発や確保の状況を紹介しながら、標記課題についてお話をさせていただきたい。

2008年に国土交通省が出した白書『日本の水資源』の最初の方を読むと、「表流水と地下水の総合的な流域の水管理」という事が書かれている。また、同時に一方では都市化が進み、水循環のメカニズムが変化していると指摘されているので、地球温暖化による気候変動と都市化の進展との関係についてもお話ししたい。

以前のことが、降雨強度が増し一気に雨が河川に流出し無効流量になってしまう場合に、その水をもっと有効に使えないかという事を研究したことがある。また、地下水の有効活用の研究も行ってきた。都市化が進むことにより、表流水と地下水との一体的な管理、流域の水管理という事が大事になっている。

私が勤務している九州大学は、現在福岡市西区に新キャンパスを建設しており、既に工学部が移転を完了している。新キャンパスの地域には大原川という小さな川がある。周辺の集落が使っている農業用水や飲料水には、この地区の地下水が利用されている(資料1, 2, P.130)。この大原川上流の湧水「幸の神」の湧水量は、一日に150m³ ~ 200m³程度だが、地域の農業用水源として重要な役割を果たしている。また、700 ~ 800戸の家の飲み水も地下水に依存している。そのため、九州大学の造成に伴って地下水がどのような影響を受けるかという事を調査

する必要があり、10年位前から地下水位、湧水量および河川の流量を継続観測している。この流域に降った水は量としては多くはないが、地域にとって表流水と地下水を一体的に見ていくことは大切な事である。地元の方からさまざまな問い合わせがあった時にも科学的な根拠に基づいて説明できるよう、調査をしていかなければならないと考えている。このように小さな流域にも表流水と地下水との相互作用があり、これらの関係を把握して初めて水管理ができると思う。

2. 白書『日本の水資源』

資料3はIPCC（気候変動に関する政府間パネル）の昨年（2007年）のワーキンググループの発表である。これによると例えば、ほとんどの地域で大雨の頻度（もしくは総降水量に占める大雨による降水量の割合）は1960年以降に増加した可能性が高く、また早魃の影響を受けた地域は1970年以降に増加している可能性が高いとしている。事実、全地球的にみると大雨や早魃が多くなっている。それに対して人間活動がどう影響しているかという事もこの表は示している。21世紀の将来予測でも、大雨や渇水の可能性がかなり高くなるという事である。

もちろんこれは地域によって違いがあるが、日本でもここに書いてあるような事が既に起きているのではないかと思う。国土交通省の白書もこの記述を中心においている。資料4は白書からの引用だが、やはり早魃のリスクの増加や、雪解けが早くなって水不足が生じるといった事が書いてある。大雨が降れば水が増えるので、水不足にはならないのではないかと思われるが、降る時は必要以上に降り、降らない時はしばらく降らないとなると、降る時に捉えきれなかった雨水は、結局は無効水となって流下してしまう。従って次に降るまでの期間が長くなると、水量が確保できない可能性が高くなる。むしろ、集中して大雨が降るより、均等に降る方が水資源として利用しやすい。

温室効果ガスによっていろいろな現象が起きるという事が資料5に書いてある。地表面や水域からの蒸発散量が増え、冬季の気温の上昇により積雪量も減少する。さらに、渇水の発生による水質の悪化や河川流出量の減少、雪解けの早期化による流出時期の早まり、水需要時期の変化など、さまざまな影響もあるという。また水温上昇により海水が熱膨張し海面の上昇によって、地下水の塩水化も考えられている。その他、白書には河川の取水障害や水質悪化等が挙げられている。

次に総合的な水資源マネジメントへの転換が必要となると述べている。将来の降水量の変動幅の増大に対しては、長期的な視点に立ち必要な適応策をとる事、弾力的な対応が必要である事、それから利水安全度の低下や水の利用・管理のあり方等が指摘されている（資料6）。また、人口の減少、水利用の変化、需要側の変化、節水及び水の再利用などの水資源の有効利用に係わる技術の発展、それから気象予測を踏まえた水資源の管理技術とか、節水型の水稲栽培、高温耐性新種の開発等という視点も持ち合わせておく必要があるとしている。様々な形で現れ

る気候変動の影響に関して弾力的に適応するためには、個々の受益者のバランスや確率論的な予測から外れるリスクを考慮した総合的な水資源マネジメントが期待されると述べている。

IPCCのインターネットで公開されている資料には、資料7のような「適応にかかるコスト、被害発生に応じた修復の費用、被害発生のインパクト」を項目とする三角形目盛りグラフを示したものがあつた。私が作者の意図を正しく解釈しているかどうかだが、「水」に関わる視点でこの図を眺めると、温暖化対策にかかる費用を横軸に、被害軽減のための対策費用を右斜めの軸に、その結果どの位の被害が発生するかということを示す軸に表していると解釈される。すなわち、地球温暖化に対する投資額に応じて、今後発生する被害額も変わり、早い時期に修復に投資しておけば、その被害も小さくて済むという風に理解できる。逆に言えば、何も対策を取らなければ、災害が起こった時に、大きな費用がかかる事になるということである。基本的には今から然るべき準備をしておく、そうすれば災害が起きても被害を軽減できると言える。

3. 都市化と水循環の変化

地球温暖化によって気候変動が起きる場合、その一つに雨の強度が強くなると言われているが、水環境については、都市化の影響もかなり大きい。福岡市の南側に大野城市という町がある(資料8)。以前、大野城市と今後の水の施策の在り方について議論をする機会があつた。この町は都市化が随分進んでおり、今後開発できる水源があるかどうかを見極めるために、先ずこの町の水収支を推計しようという事になった。水収支の推計では、降雨量と河川への流出量、さらに地下への浸透量の把握、また水需要量に対してどの程度の水資源が確保できるのかとか、将来的には市としてどのような水施策を展開すべきかの検討も行った。御笠川は大野城市を流下する河川で、1999年の集中豪雨で氾濫し、下流の福岡市の博多駅の近くではビルの地下室や地下鉄に洪水が流入して大きな水害が起きた。御笠川左岸上流には、つつじヶ丘という住宅地がある。また御笠川の右岸上流には、まだ山林地区が残っている。資料9の右上図はこの山林地区に雨が降った場合、地表面からどの程度の水が出てくるかを測定したものである。一方、左上図は、都市化が進んだつつじヶ丘住宅地での測定値である。右側の縦軸は1時間当たりの雨量強度を、横軸は雨が降り始めてからの時間(日)を表している。また縦軸の左側は、河川流量を示している。

一方、下の左右の図は、これらの地区で地下水位が降雨によってどの程度上昇したかを観測したものである。左側の図は、都市化域では雨が降って河川流量が急増し、降雨後は速やかに減少していることを示す。地下水位も上昇するがその量は小さい。河川流量が降雨直後から急増するという事は、地下水位の上昇量は小さいことを意味する。つまり雨が降っても地下水の貯留量は増えない。一方、山林域(右上図)では、ほぼ同じ量の雨が降っても、ピーク時の流量は都市化域の3分の1程度である。そして、雨が上がった後も流量は長い時間をかけて徐々

に減少する様子が判る。右下図は、地下水位の上昇量を測ったものだが、このように徐々にあるが上昇量は大きい。大野城市の調査結果では、都市化の影響が大きく市域に降った雨の半分近くが利用されることなく河川に流出していることがわかったので、雨水の浸透などを積極的に行うことなどが提言された。

降雨に対する山林域や都市化域からの水の流出特性の違いについてももう少し述べる。樹木によって降雨が遮断される割合は、降雨量の20%程度と言われている。したがって樹木が伐採されると、直接地表面に達する雨の量は、20%程度増えることになる。さらに山林の場合は、樹木によって遮断された残りの降雨が地表面に到達しても、地表面が空隙に富んだ構造であるため、空隙に貯留される。そして降雨後に徐々に川に出てくる。一方、都市化した所では、樹木が少ないこと、地表面が流出率の高いアスファルトあるいは建物の屋根になっているので雨水が浸透できず、河川への洪水流出量が増える。このため、土地利用変化の影響は地域の水循環機構を考える上で重要であるので、水文学^{すいもんがく}での一つの研究テーマになっている。

温暖化により降雨強度が大きくなっているという指摘がある。しかし、都市化が進行している地域では、すでに都市化以前の2~3倍くらいの洪水流量が短時間に流出している状況にある。したがって気候変動の影響で雨の強度が2倍や3倍になって流量が増えたのか、それとも都市化が進んだことの効果が大きいのか、きちんと評価することが必要と思われる。

結論として、都市化の進行は地球温暖化と同じような効果を引き起こす。今年の夏には東京都で大雨が降り、雨水排水管に一気に雨水が流れてきて作業中の人死亡した。このように一気に雨水が流出する状況は、地球温暖化だけではなくて都市化による流出特性の変化も関わっている。

次に日本の水資源についてだが、およそ日本の水の85%程度は河川水によって賄われている。しかし、大規模な人口を持つ都市周辺、例えば福岡市周辺の自治体で見ると、水源の半分位は地下水である。人口比で言えば圧倒的に表流水の使用量が多いが、自治体の数で見ると地下水へ依存している町の数が多い。資料10は1994年渇水時の太宰府市の水需給グラフである。太いバーで表示しているものが、筑後川を水源とする福岡導水事業（水資源機構、福岡地区水道企業団）より太宰府市が受けている水の量である。このグラフには筑後川からの取水制限により、給水量が削減されたり、またある時は平常時通りの給水があったことが示されている。太宰府市への供給量が減らされた時は、企業団の構成自治体の別の町が平常時の100%を受水していることになる。この時系列は落合揚水井という太宰府市が持っている地下水源井戸からの取水量である。水道企業団からの受水が100%可能な場合には地下水取水を停止して水源を温存しているが、筑後川からの取水量が減ると、水需要量を賄うために地下水の取水量を増やしている。都市化が進み地下水の涵養量が減る反面、渇水を乗り切るために地下水を利用しなければならない。水問題への対応が一貫していないように見受けられる。自治体には、水へのより適切な認識を持った管理が望まれる。

資料11を見ると、福岡都市圏では年間で1億3,438万4,000m³の取水量がある。全体の水源に対する地下水の取水割合をみると18.8%である。つまりこの数字が地下水への依存度になる。福岡都市圏の自治体から福岡市を除くと、残りの自治体は人口10万人とか、5,6万人の自治体が多い。年間取水量に対する地下水の取水量の割合は半分近くになる。従って、中小規模の自治体では適切に地下水を保全していないと、少雨になった場合には自前の水源の確保が難しくなる。都市化による水環境への影響としては、資料12に示すように、しばらく雨が降らないと川に流れている水の量が減り、雨が降ると一転してピーク流量が大きくなり、洪水が短時間に到達する。先程の大野城市と同じような調査を他都市でも行くと、そこでもやはりこのようにピーク流量が増えている。

国土交通省では、都市化による水循環系の変化の影響を資料13のようにまとめている。その中で、水循環系悪化の要因としては、少雨化傾向、多雨・少雨の格差拡大、流域の涵養・雨水の浸透機能、保水機能の低下、あるいは自然の水質浄化機能の低下等を掲げている。そしてこのようなことが原因となって、水循環系が悪化したと説明している。見方を変えると、地球温暖化によって生じる水循環系への影響は、都市化による負の影響と同じように現れる(資料14)。

地球温暖化によって降雨強度が強くなっても、逆に次の降雨までの期間が長くなると、河川の基底流量(雨が降らなくても川に流れている水の量のこと。地下水が補給している量)が少なくなり、水源が不足する期間が長くなる事にもなる。降雨強度が強くなっても、貯めることができない水が海に流出する。さらに雨水の地下浸透速度には限度があって、結果的には総雨量に対する地下浸透の割合も減る。都市域の水循環系を改善できれば、水環境の回復だけではなく、温暖化効果も吸収できよう。都市域の水循環系の改善が温暖化によるインパクトをどの程度小さくできるか、温暖化の流域への影響を検討する事例が増えつつある。しかしまだ十分には評価されていないと思われる。

オーストラリアやアメリカのように大規模・長期間の渇水が世界の各地で発生している。海に囲まれた日本でもこれらの地域と同じような規模の渇水が起きるかどうかの見極めも欲しいところである。

以上、現在は都市化の負の効果が表れている、将来的に温暖化が顕著になってくる、何もしなければ温暖化の影響が大きくなると予想されている、一方で温暖化対策の影響をどこまで軽減できるのかは不確定である、しかし、対応策を取るか取らないかにより温暖化の影響の規模も違ってくる、今は不確定な状況ではあるが、どういう対策を取るか、等々の議論を本格化すべき段階に来ている(資料15)。

福岡市に隣接する町で10数年前に、新規の大規模集合住宅に水道水を供給すべきかどうかという訴訟があった。町側は一度に大きな水の需要が発生する住宅開発に対しては、給水しないという方針で臨んだ。これに対してマンション開発会社は給水をするよう町に要求した。裁

判になり、地方裁判所では町側が敗訴しマンション開発側が勝訴した。町側はこれを不服として高等裁判所に控訴し、その年が1994年の大渇水の年だったことが影響したかどうかはわからないが、高等裁判所段階では町側が勝訴した。マンション業者はこれを不服として最高裁判所に上告したが、最高裁判所の判決は、「町の水需給の逼迫を考えるとマンション集合住宅に対して給水できない」という町側の主張を認めて、町側の勝訴となった。水道法では、水道事業者は安全で安価な水を供給しなければならない義務があるが、住民の生活を守るためには大規模な住宅開発へ給水できないと主張した。

この町の水資源の賦存量は大変小さい。水源を確保するため、非灌漑期に農業用水路の水を一部分けてもらい、町の貯水池に水を貯めていた。貯水池の容量が十分にあれば、川の水が多い時に水を貯めて水の需要期に活用する事ができるが、当時の貯水池の容量は十分ではなく、目の前を流れていく川の水を利用しきれないでいた。また、水道水源としての水利権も持っていなかった。そこで、新規に水利権を申請して川の近傍に貯水施設を造り洪水時の水を取水できるようにしたら、将来の水需要量増加に対処できるかどうかという研究を行った。通常、ダム建設の場合には水利権を申請し、国が許可するという手続きがとられる。他方「河道外貯留」では、川の水量が豊富な時期に水を貯めて、既存の水源と組み合わせて使うという考えである。水道水源として認められるかどうかは個々の案件として審査される。河川の洪水の20%を貯めて、そして不足する時に使う試算を行った(資料16, 17)。雨が降って河川の水の量が増えた時に貯水施設に汲み上げて、他の水源と組み合わせて活用する。ただ、貯水容量が小さいと貯められる量も少なく、川の水は有効に使えない事になる。従って、水の需要と降雨条件とを勘案しながら適正な貯水容量を試算した。

資料18は、この町で平成25年度に水の需要が増えるという前提で予測したものである。給水人口が増えれば、夏場にこれだけの水不足が起きる。町としても目の前をただ流下する河川水を何とか使えないかという気持ちは、現在でもあるのではないかと思う。先程の太宰府市のように、筑後川からの取水が制限され企業団からの給水量が減るような時には、自己水源で対処しなければならない。隣の町に水を融通してもらおうと言っても、そのような時は他の町も同じ状況であり、隣町に水の融通を申し出ることは容易ではない。自分の所で確保できる水源がありさえすればというのが現在も町の悲願である。しかし洪水の一部を貯めるための技術的な問題よりも、町単独で実施する場合のお金の問題や、それに対する行政的な手続き、審査をパスする書類の作成ができるかどうか等、ハードルは町にとって高い。想定を超える渇水に備える水源確保策に対する県や国レベルでのサポートが望まれる。

現在、筑後川上流では水資源機構によりダム建設が行われている。日本では10年に1回くらいの渇水が起きても給水制限をしなくてよい規模の施設を計画することになっている。しかし筑後川の現状の利水安全度は、2分の1、つまり2年に1回位は渇水になる状況であると言われている。また、冬季には有明海の高苔の養殖がある。筑後川の流量が不足し、養殖に必要な

栄養成分の補給が必要になる場合には、水道事業者は河川の自然流量を取水できないので、ダムに貯水している水を放流して水源に充てる。流況が最も厳しい渇水の場合には、水道用水の取水量は水利権量のほぼ50%までカットされる。このような状況になると、各自治体は自分の所で不足量を補わなければならない。

先ほどの給水拒否を行った町の場合、これはあくまで試算例だが、1日に3,000m³程度の能力を持つ取水ポンプで洪水流量の20%を取水し、河道外の25,000～30,000m³程度の貯水施設に貯めておけば、他水源と組み合わせて給水でき、そうすると10年に1回くらいで発生するような規模の渇水に対応できる、という結果になった(資料19)。要するに川の横に水を貯める施設があれば、不足する水量を取水し貯めておく事で水不足に対応できるというものである。以上をまとめたものが資料20である。

4. 新しい地下水の利用技術開発

表流水はダムなどの大きな規模の集中型施設で水を確保する方法である。一方、地下水は小規模で分散型の水確保の方法であり、資料21に示すように「帯水層」が地下水の貯留場所になる。地球上には多くの水があるように思われているが、河川水などは地球上の水の割合から言うところごく僅かであり、そのほとんど97.5%は海洋水である。使える淡水は極めて少量である。

地下水の循環は地域にもよるが、大陸では1,000年～10,000年と長いという資料もある。地表面に近い浅い地下水の場合は、一般的に数10年あるいは100年単位で循環していると言われている。一方、表流水は2週間位で循環し、河川の流量は雨によって大きく変動する。地下水は降雨に対して即座には影響を受けないので、その違いをうまく利用する考えが有効ではないかと思う。

資料22は地下水の循環の様子を説明する図面としてよく引用されている。浅い所の地下水は滞留時間が短く降雨変動の影響も受けやすいが、深い所は滞留時間が長く降雨変動の影響も受けにくい。この図の場合には、深部に透水性の高い地層がある様子が描かれているが、雨水が深部まで浸透していく場合には、より長い年月がかかる。最近ではかなりの精度で、広域の地下水の流動や循環速度の計算ができるようになっている。また、地球化学的な方法で水の年代測定もできる。長い滞留時間という特性を生かした地下水の合理的利用と保全是、温暖化の水資源への影響を緩和する現実的な方法と考えられる。

資料23は、地下水の一般的な特性を書いたものである。地下水の水温はその地域の平均気温に等しいと言われており、水温が年間を通して変わらないため、夏は冷たく冬は暖かく感じる。浅い所の地下水は、近年汚染されている状況が多いが、深部の地下水の水質は良くてミネラル分が溶けていておいしい。

日本では誰が地下水の所有者かと言う定義、いわゆる「私水」か「公水」かが明確になって

おらず、土地の所有者が自由に取水できる状態にある。ただし、ポンプの能力や井戸の管径には制限があり、法律や条例で届け出が義務付けられている。このような状況の下で、オンサイト水供給ビジネスが展開され、水道事業者と競合するような例が見られる。そこではビジネス側が水の需要者に対してオンサイトで施設を作り浄水を売る仕組みである。つまり設備投資のための費用はビジネス側の負担とし、水の需要者は従来の水道料金よりも安い値段で水を購入し、ビジネス側は水道料金の徴収で施設投資費を回収するという方式である。このようなビジネスが無制限に増えると、その地区においてさまざまな環境問題や水の獲得競合が発生する可能性がある。そのような課題に対してまだ本格的な議論はないが、こうしたビジネスが全国の大きな都市で展開されているので、全国自治体の水道事業者が水ビジネスに対して危機感を持っている。そのため、使用量に応じて値段が上がっていく逦増方式の水道料金制度を廃止したり、水道料金を値下げするといった方法で対抗するような所もあるようだ。ただ、表流水と私有財産的に使われている地下水を一体的に見るときに、どこまで制約できるかという議論が必要になる。

次に、地下水に関する技術について説明する。いろいろな地下構造物の建設技術、例えば石油や液化ガスの地下備蓄施設の建設、大深度地下構造物、トンネル建設技術などについての日本の技術は高いレベルにあり、建設による影響を評価する手法も蓄積されている。

地下水の資源としての保全のために、これらの技術をどう応用するかという事を示したものが資料²⁴である。身近な雨水の利用技術としては、透水性舗装や雨水の貯留浸透施設、あるいは河川流量が多い時に河川水を地下浸透させるための施設などが考えられる。

最近米国カリフォルニア州では、下水処理水の高度処理水を地下に浸透させるという実験が行われていると聞いた。この場合にも地下水がどのように貯留されるか、水質の変化はどうかなどのシミュレーションもできる。この他、山地の亀裂性岩盤に地下取水施設を建設して必要量を取水する技術、塩水化や地盤沈下が起こっている所では、取水による負荷が集中しないよう浅く広く地下水を取水する技術もある。また、沖縄県では地下ダムを造って、農業用水に地下水を使っている。この表に淡水レンズとあるのは、雨水が島の中で虫眼鏡のレンズ状に溜まり、塩水の上に浮かんでいる状態を示している。この淡水レンズの水の利用も検討されている。それから島嶼部などにおいて水資源が不足する所では、塩水や少し淡水が混ざった鹹水^{かんすい}を脱塩プラントにより淡水化し、水道用水として供給している。

水道用の本格的な海水淡水化プラントは、わが国では沖縄県で最初に1日4万 m^3 の施設が建設された。同じように水資源が厳しい福岡都市圏でも、1日5万 m^3 の海水淡水化施設が稼働している。エネルギー消費が多いという問題についてはいろいろ意見があるが、天候に影響されない海水淡水化の効果は大きい。例えば、福岡では、昨年(2007年) 筑後川から水を送る直径1.5mほどの導水パイプが破損し、1週間送水ができなかった。導水路の修復や点検の間、海水淡水化施設をフル稼働し、それで筑後川からの導水量カットによる影響を軽減した。常時

稼働するとコストが高つくが、緊急事態に備えるという意味では安全性は上がる。このように利水安全度を上げるために、地域の実態にあった方法で水資源の確保策を考えていく視点が必要だ。

資料25は地下水開発技術検討例である。地下水を利用することを目的に適地を探すのは、難しいように思われるかも知れない。他方、山の中にトンネルを掘る時には、トンネル内に地下水が浸出して処理に困ることも多い。地下水を工事の目的のために低下させてしまうと、周辺地区の水涸れなどの環境問題を起こすこともある。

日本のように、地形、地質が複雑な所では、岩盤に亀裂が発達しているので、トンネルへ湧き出てきた水が有効に使われている例もある。例えば福岡都市圏には、新幹線のトンネル湧水が水源として使われている町もある。ほかの自治体では湧水が深刻になっているときでもその町は湧水知らずであった。

ある調査によれば、火山性の山で深成岩や片麻岩、変成岩等の岩盤のように亀裂が発達した地域では、十分に採算に合う水源開発が可能ということが示されている。資料26は、立坑を掘り水平方向にトンネルを作って、トンネル内に水が集まりやすいように集水パイプを作るというイメージ図である。水が必要な時は立坑のポンプを稼働させる。立坑の水位を調整すれば地下水の取水量をコントロールできる。対象地区として望ましいのは、岩盤全体の平均の透水性が 10^{-5}cm/sec の帯水層で、所々に 10^{-4}cm/sec の亀裂が発達したような所である(資料27)。

資料28は、このような水源開発技術に対する技術の課題と研究開発状況だが、今は電子計算機を使って表流水と地下水の流れの計算ができる。資料29は広域地下水解析について書いたものである。解析技術は十分開発されているし、取水による影響の評価もできる。また、どのくらい地下水が流れているかとか、そこに先程のような施設を作った時に、どのくらい地下水が低下する、という予測計算もできる。資料30、31はその例を示している。また資料32は、大規模岩盤空洞を用いた他の水資源開発方式の概念図である。

5. 表流水と地下水の一体的把握と管理

先程申し上げた豊水期の河川の水を河道近くの陸上に貯めたり、あるいは地下に空洞を掘って貯めたりし、それを必要な時に取り出すやり方については、技術的には難しくない。しかし一方で水を利用することによって様々な環境問題とか、地域の住民からは自分たちの水がなくなるという不安や不満が出る。地下水を利用するにあたっては、地域の表流水と地下水の動態の把握や地元の理解が必要である。

最後に、日本では水源として河川水等の表流水が主流だが、雨が降らない時にも河川に水が流れているのは、地面にしみ込んだ地下水が再び河川に流出するからである。このことはあまり意識されていないかも知れない。地下水と河川水が繋がっているという水循環のメカニズムを思い浮かべて、河川と地下水を一体的に考え流域の水管理をしていく事が必要であり、そう

した問題意識を持つ事がより一層求められる。今後、地球温暖化の水への影響の緩和を考えていくためには、流域単位での水の動きをよく知ることと、理にかなった有効な方針を議論していくことが必要であると思う。

結び

- 我が国の近年の降雨変動の振れ幅が大きくなっている。
- 地球温暖化の影響のシナリオの流域規模での検証が必要・・・ただそうとばかり言っ
ていても前には進まない。そのことを前提とした議論が既に始められている。
- 都市化による地域の水循環への負の影響は明らか。この影響を取り除く努力は結果的
には地球温暖化の水環境への影響を軽減する方向に働く。
- したがって、「水循環の健全化をベースにおいた地域創り」は実行すべきである。
- その中で、多くの特長を持つ「地下水」を積極的に保全・活用し、気候変動による水
資源確保へのインパクトを軽減する。