

第 2 回 2 限目

「富山の水循環 ～過去・現在・未来～」

講師 富山県立大学工学部 環境工学科

講師 ^{てばかり}手計 太一 氏

1. 富山県の水循環

日本の文明のみならず、世界の文明のほとんどが河口域にある湿地帯から生まれている。歌川広重の絵を見ると江戸時代には東京の日暮里が湿地帯だったことが分かるし、縄文時代までさかのぼると、東京の都心部も利根川の河口域も海だった。富山県も同じで、今は広い平野があるが、縄文時代はここから数十キロメートル先まで海だった。また、自然保護団体の方が日本の原風景を取り戻したいとよく言われるが、それは恐らくその方の記憶のある限り昔ということだろう。それより昔には、日本には胸まで浸かるぐらいの水田があったことを裏付ける写真が多数残っている。

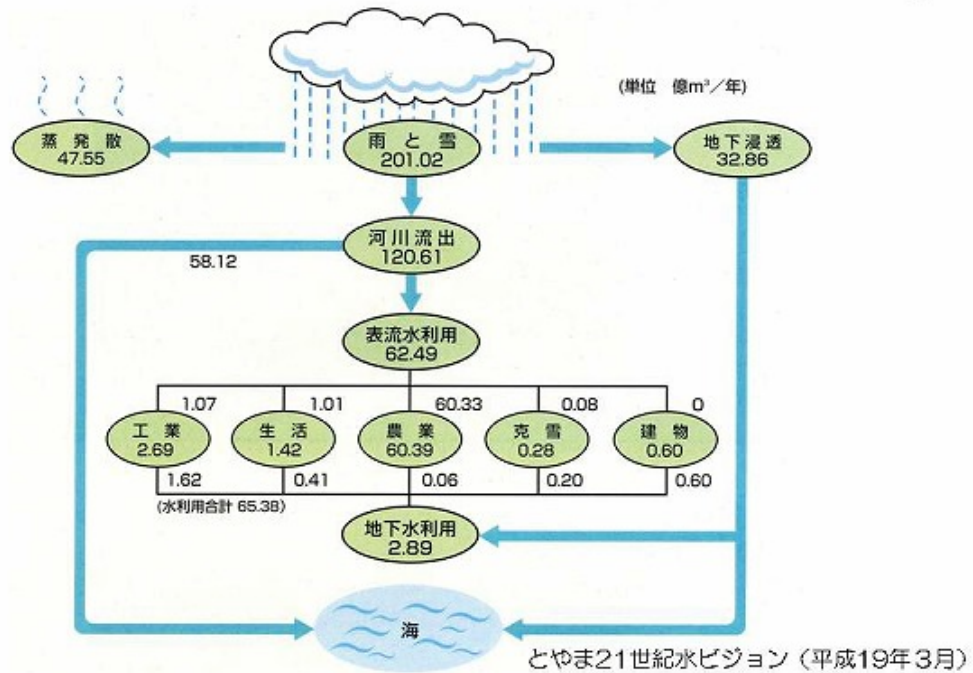


とりわけ 3000m 級の山々に囲まれた富山県には急峻な暴れ川が多く、県費の 7～8 割を治水費が占めた時代があった。治水費の増額をめぐる越中と加賀の対立によって明治 16 年に石川県から分県したことは、富山県民ならご存じかと思う。

地上に降ってきた雨や雪は、地中に浸透していくもの、河川へ流れていくもの、地上や植物から蒸発散するものに分かれる。河川へ流れた表流水は、工業、生活、農業、克雪（消雪）、建物などの用水として利用されるが、地下水もまた資源として利用される。そして海へ流れたものに塩などが付着し、また水蒸気となって空へ戻っていくが、そこに太陽の光

が当たると、地上や海水との温度の違いによって風が生じて、雲を形成する。このような循環を水循環と言うが、富山県の特徴は地下水への浸透が多いことである。

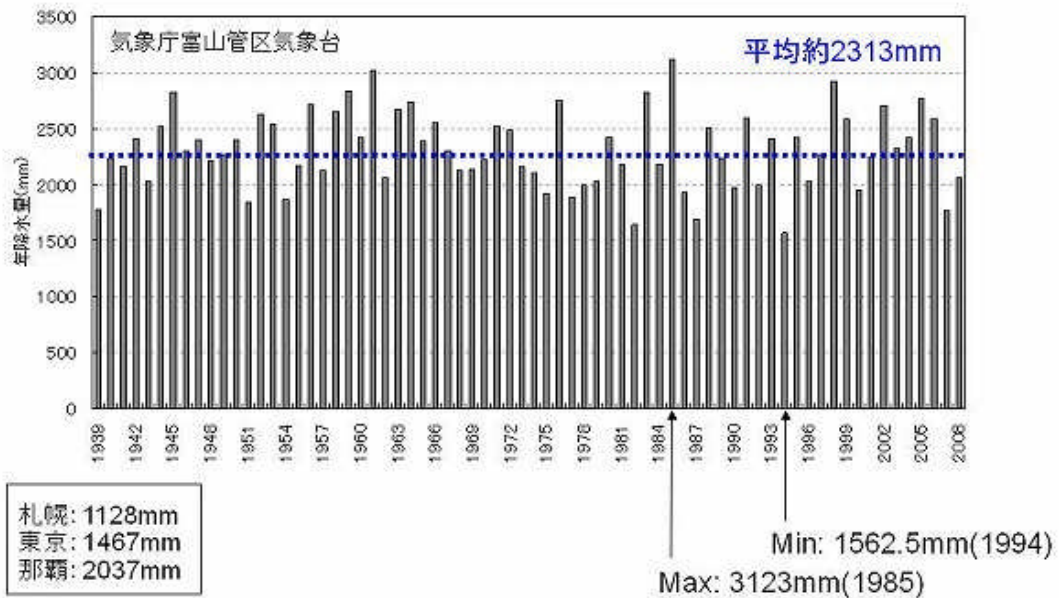
富山県の水循環と水利用状況（推計）



富山県の河川で、国土交通大臣が管轄する一級河川は、黒部川、常願寺川、神通川、庄川、小矢部川の五つである。そのほかに富山県知事が管轄する二級河川があるが、片貝川や早月川はほかの県に行けば一級河川と言ってもいいぐらいの大きな河川である。こういった多くの河川が山からの土砂や栄養塩などを日本海に供給することで、富山湾の豊かな水産資源を生み出している。

1971～2000年の年降水量の全国の平年値を見ると、四国のように渇水が多い地域と比べて、富山の降水量は非常に多いことが分かる。富山の降水日数は平年値でも180日近くあり、単純に考えると一日置きに雨が降っていることになる。また、富山市の年降水量は1939年からの平均で2300mmだが、札幌は1100mmぐらいで、東京でも1400mmである。雨が少なかった1994年でも富山市の年降水量は1562mmで、札幌や東京の平均より多く、1985年には3000mmも降っている。世界的に見た平均降水量は600mmなので、いかに富山市の降水量が多いかが分かる。

富山市における年降水量の経年変化



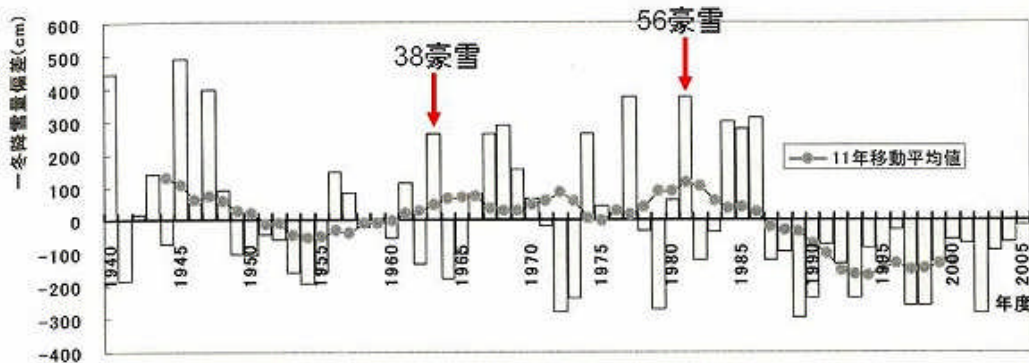
雪は降ってから圧密がかかるので、提示したデータはあまり正しいとは言えないが、1980年代後半からはかなり急激に富山市の年積雪深が減少している。年降水量は大きく変化していないので、雪が減って雨が降っていると言えるだろう。気温との関連で、多少温まっている傾向が見える。また、降雪量が降水量に占める割合を見ると、近年は雪の占める割合が非常に少なくなり、4割を切っていること分かる。湿った雪と新雪では密度が異なるため、降雪量は水の量に換算して計算しているが、これは今後長期的に見ると、地下水の涵養などに影響を及ぼすと考えられる。

さらに一冬降雪量の経年変化を見ると、富山県黒部湖と小屋平、有峰、岐阜県高山市など、山雪型の地域の雪は近年もそんなに減る傾向にはないが、里雪型である平野部の上越市高田と富山の最深積雪深の経日変化を見ると、最近では雪が降っても根雪にならずに消えてしまう傾向が見て取れる。1981年ごろは根雪がある日が100日を超えた年もあったが、最近は一けたの日数しかなくなっている。積雪地域では農業との関係で融雪が非常に重要だが、将来は地球温暖化によって雪が減る可能性や、融雪が早くなる可能性がある。融雪が早くなると、代掻き期以前に雪が解けて、農業に支障を来す恐れがある。

また、一冬降雪量の平均値（富山 397cm）からどれだけ増減があったかという一冬降雪量偏差で見ると、富山の一冬の降雪量は、ここ20年間で平均すればマイナスになっている。

降雪量と 1 月、2 月の平均気温には負の相関が見られ、気温が高くなると雪が少なくなる。
1939 年～2005 年の 1 月と 2 月の気温は平均 2.2℃だが、温暖化によって 2～3℃上昇すると、
雪がほとんど降らない可能性も出てくるだろう。

富山の一冬降雪量偏差の経年変化



- 一冬降雪量偏差とは、一冬降雪量の平均値（富山397cm）からどれだけ増減があったかを示す。
- 「38豪雪」は1963年、「56豪雪」は1981年に相当し、それぞれ大きな「+」の降雪量を記録している。
- 最近10数年間は以前に比べ降雪量が減少している。

（「新富山の水環境」より）

2. 富山県の地下水と地下水賦存量

富山県の黒部川から常願寺川にかけての扇状地、あるいは庄川の扇状地も、かなり豊富な地下水に恵まれている。地下水は県内平野の至るところで生活用水や工業用水に利用されており、黒部川の下流などでは左岸・右岸ともに生活用水に使われている。さらに扇状地では地下水の水量、水質、水温ともに安定しているので、建物用水や道路の消雪用水などの新しい水需要にも、かなり大量の地下水が取水されている。

富山県では地下水の過剰取水対策として、1976年に地下水条例、平成4年に地下水指針を制定しているが、それで規制しているのは地下水障害が見られた富山地域と高岡地域だけで、ほかの地域は報告があったものだけをコントロールしている状態である。個人的な見解としては、もう少し規制した方がよいのではないかと考えている。

しかし、こういった条例のおかげで、かつての塩水化や地盤沈下といった地下水障害は沈静化している。ただ、塩水化がなくなったとは思えない地域も若干あるので気を付けなければならない。地下水はなくなったら取り戻しようがない。また、河川水と違って、ど

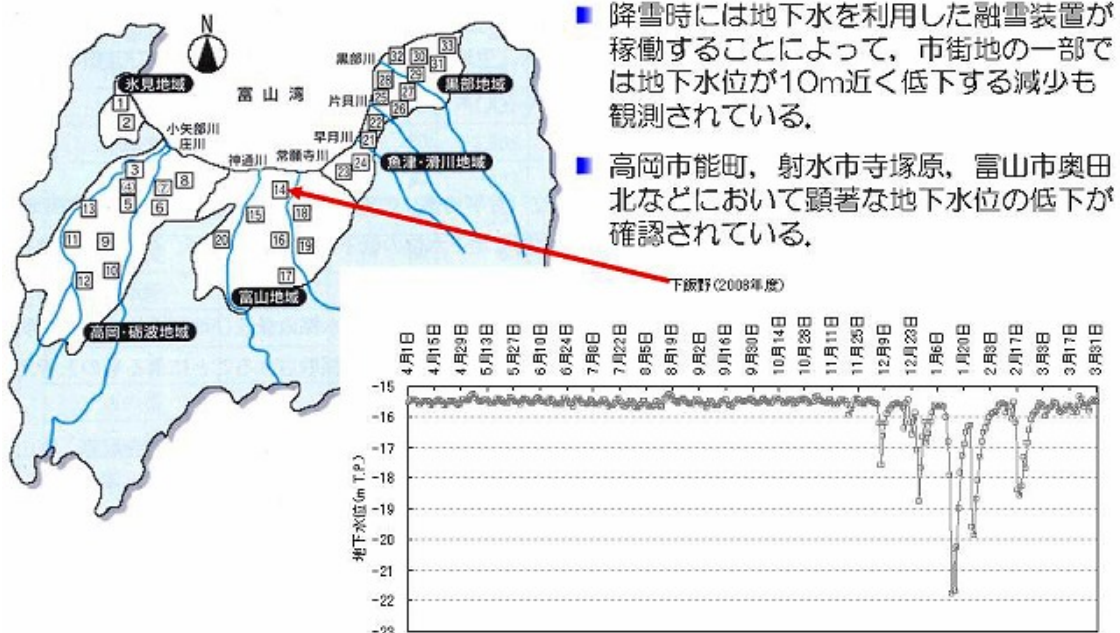
平成 22 年度富山県大学連携協議会公開講座
第 2 回 2 限 「富山の水循環 ～過去・現在・未来～」

これから流れてくるかも想像の域を出ないので、皆さんもぜひ節水に努めていただきたい。

水資源賦存量とは降水量から蒸発量を引いて面積を掛けたもので、人が使える水の限度量を表している。例えば渇水年である 1994 年の富山県の降水量は 1500mm だったが、年間 130 億立米の流出量があり、県民一人当たりが 1 日に使える水の限度量は約 3 万 3000 リットルもあった。当時の全国の人が 1 日に使える水の限度量は約 6500 リットルだったので、富山県は全国平均の 5 倍以上の水資源に恵まれていることが分かる。

地下水賦存量を見ると、富山県全域の適正揚水量は約 500 万トンとあるが、実揚水量は約 250 万トンぐらいである。いずれの地域も実揚水量は適正揚水量に対して余裕があり、富山地域や高岡地域も、これ以上くみ上げると地下水の低下につながるという値を大きく下回っている。ただ、消雪用水として地下水を使うと、1～2 日で地下水位が 6m ぐらい下がってしまう。今年は大雪だったが、富山市のある場所では観測史上最大の 12m も下がってしまった。かなり海側の地域だったので大変危ないと思われたが、今年は 3 回ぐらい大雪があったので、3 回もそれを繰り返している。

消雪用水による地下水位の低下



日本全体で見ると、佐賀や米沢など地盤沈下が起きているところはたくさんあるし、関東などは地下水のくみ上げによる地盤沈下が深刻になっている。いったん地盤沈下を起こすと、どんな技術を使っても地盤を上げることはできない。土壌と土壌の間に詰まってい

る水が抜けるので、地盤が下がった後で注水するわけにはいかないのである。富山地域と高岡・射水地域で昭和 63 年に行われた、それ以前の 16 年間の地盤変動量の調査では、あまり変化はなかった。今年度も測ることになっているが、どうなっているだろうか。また、高岡・砺波地域では平成 11 年から 2 カ所に地盤沈下計を置いて観測を続けている。平成 15 年度までの結果では、多少は下がっているが、年間の変動量では、問題になるような量ではなかった。今は予算の関係で地盤沈下計の設置を中止しているが、こういったことは十年、二十年の計で考えていってほしい。

3. 富山県の農業用水

上流で取水した農業用水は排水路系をずっと流れていって末端で排水するので、河川が中抜きになってしまう。また、土地改良区にする前は全部の水田に水を張っていたが、今は効率的に門を開けたり閉めたりして水の出し入れをしているために、地下水の涵養に対してかなり影響があるのではないかという研究結果が出ている。地下水の涵養工法はたくさんあるが、富山県の農業事業者には、農業用水を垂れ流すのではなく、休耕田に水を張ることで地下水を涵養していただきたい。

さらに農業用水の使用パターンは、4 月～5 月の代掻き期、5 月～9 月の普通期、10 月～3 月の非灌漑期の 3 期に分かれるが、私は富山県ほど普通期の用水に水が流れているところはないと思っている。2 年前に富山県に来たが、きれいな水が用水路を年中流れている様子には非常に驚いた。水利権の問題などもあるだろうが、非灌漑期にはほかの用途でうまく使えるといいのではないだろうか。

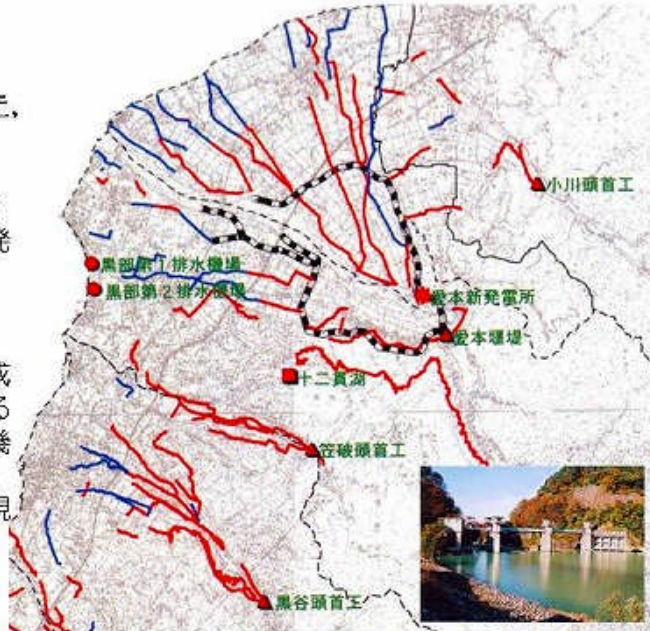
また、富山県の合口頭首工は上流で取水した後、下流で再び取水したりしておらず、非常に効率的な水利用を支えている。こういう頭首工があってこそ、流域の全体的なバランスが取れる。上流で取水した後、次の取水箇所は右岸か左岸かと抗争を繰り返しているところも日本中にたくさんある。富山県には庄川用水合口堰堤、横江の堰堤など、有名な堰堤がたくさんあるが、とりわけ黒部川の愛本堰堤は土木遺産にしてもいいぐらいの施設だと思う。

それから、意外と思われるかもしれないが、富山県にはため池が非常に多い。取水している扇頂部からさらに上流の、平家の落ち武者が住み着いたような山間部の村々で、ため池が非常に多く見られる。四国や福岡などの渇水地域ではため池が非常に多いが、水が多い県にもかかわらずため池が多いというのも、富山県の水循環の特徴の一つといえよう。

黒部川流域の農業用水路網

愛本堰堤

- 宇奈月町愛本を扇頂に形成された、黒部川扇状地の左岸側 6 用水約 2300ha、右岸側 7 用水約 5200ha、合計約 7500ha の農業用水を取水する施設で、途中発電用水にも利用されている。
- 最大取水量 75.4m³/s.
- 最初の愛本堰堤は昭和 7 年に完成しましたが、その後暴れ川である黒部川の洪水との戦いの連続で幾度となく被災を受け、昭和 44 年の洪水では操作不能となった。現在の愛本堰堤は昭和 49 年に約 150m 上流側に移築されたものである。



4. 黒部川流域における地下水位の漸減現象

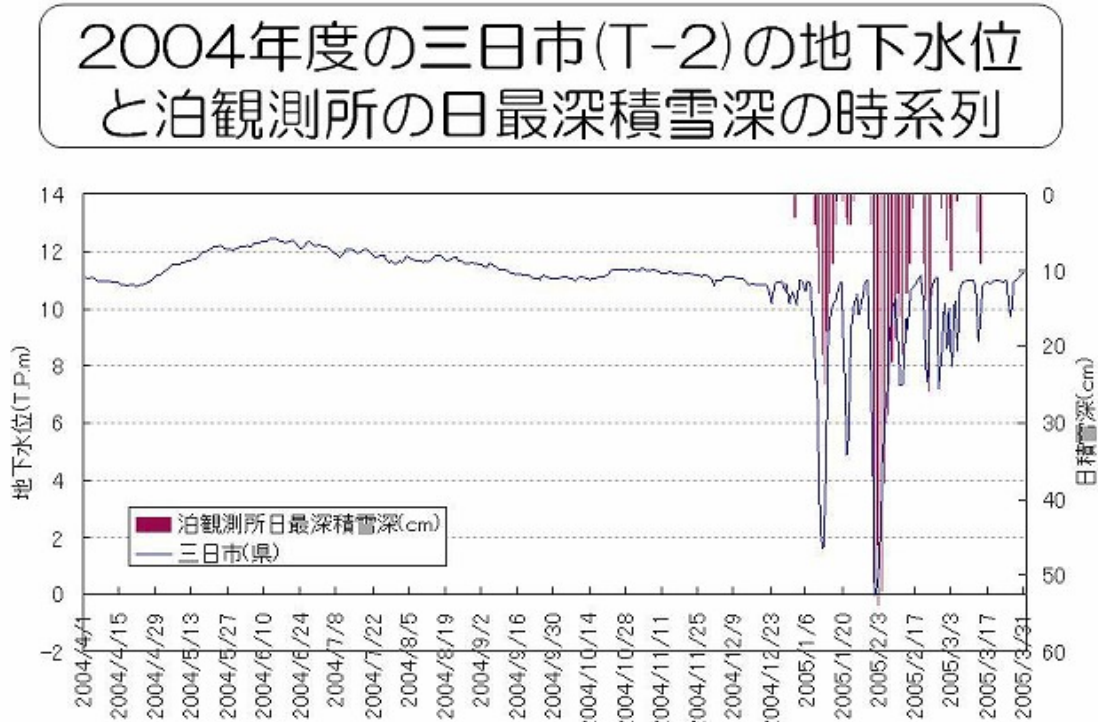
私は富山県の地下水位の状況を調べている中で、特に黒部川で地下水位が下がっていることに注目し、今は黒部川を対象に研究を進めている。

富山県の扇状地には、県と国が地下水位の変化を調べるために 19 個の観測井を設置している。現在、庄川では水が戻ってきているが、黒部川はかなり下がっている。五郎八の辺りは、5～6 月は水が多いが、その後は下がっていく。生地なども同様の傾向があるが、生地は生活用水でかなり使っているので 1 日や 1 週間でぐんと下がる。三日市は大企業が多いので消雪用水としての使用が多く、2～3 日で地下水位が 12m ぐらい下がることもある。また、泊の積雪深と三日市の地下水位を見ると、雪が降ると地下水位がぐっと下がることが分かる。

1997 年から 2008 年までの調査によって、水循環に一番インパクトを与えたのは水田の宅地化や耕作放棄地化などの土地利用の変化であることが分かった。また、黒部川の扇状地の地下水位はほとんど減っていないが、宇奈月ダムが造られてから洪水流量が少し減少しているように思う。

また、黒部川の扇状地の地下水は、黒部の本川から供給されている分が大変多く、距離当たり 1 トンという水が供給されているが、それは地質構造がふかふかな地層だからであ

る。土地改良区にしてからは農業がしやすくなったと思うが、土地改良をする前は水田に水を張ることで地下水位が上がっていたはずである。土地改良をして重機で土地を締め固めた結果、水のたまり具合は良くなった代わりに、地下水の涵養機能がなくなった可能性が高く、ほ場整備の影響も考えられる。今はそれを検証しているところだ。



5. 温暖化と水循環

最近、水の循環において、地表水と地下水の統合マネジメントという考え方が生まれている。従来、役所では河川局と下水局が別の部局になっていたので、都市域で内水氾濫などが起きますと、その原因が河川にあるのか、下水道にあるのかが問題になっていた。地下水に関しては、地下水局という部局はなく、今も水資源局が管轄している上に、河川局と水資源局ではやっていることがばらばらである。さらに学問上も、表流水は水文・水資源学会の分野、地下水は地下水学会の分野になっているが、表流水と地下水は一体のものである。最近の水の循環についての考え方がかなり変わってきているので、行政においても表流水と地下水を一体にした水資源マネジメントについて考えていかなければいけない。

また、富山県は地下水がかなり豊富なので、今後は地下水を緊急時に利用することも考えなければならないだろう。例えば地震で浄水施設が壊れたときには、地下水をくみ上げて非常時の水資源として使うという考え方を、私も含め、数人の方が提唱している。

**平成 22 年度富山県大学連携協議会公開講座
第 2 回 2 限 「富山の水循環 ～過去・現在・未来～」**

ただ、実は地下水のデータは全く整備されていないのが現状だ。富山県のように 1987 年からデータがあるところは、全国的にもかなりまれな方である。地下水の水資源マネジメントを行うためには、もっと多くのデータがないと本当に地下水がどうなっているのかは分からない。地下水をくみ上げている地域の方々には、ぜひ地下水の水資源マネジメントについて考えていただきたい。

1900 年から 100 年間の年平均気温平年差のデータを見ると、現在の地球は過去 1300 年間で一番暖かいことが分かる。将来予測として最近よく使われる A2 シナリオ（多元化社会シナリオ）を使って北陸地域の将来を予測すると、冬の最高気温が高くなり、4 月は今より 3 度ぐらい高くなる。夏はあまり影響が出ないが、熱帯夜は増えるし、7 月・8 月の降水量も増えてくる。これには台風が多くなる傾向があることや、梅雨前線の張り具合などが関係している。また、降雪量は相当減るのではないかとされている。降雨量は 1.10～1.15 倍と少し増える程度だが、温暖化の結果かどうかは分からない。間違いなく言えることは、変動幅が大きくなるということだ。要するに降る日と降らない日がかかなり極端になるのである。さらに気候変動に伴う降水量の時空間偏在化が起こり、時間も地域も極端にばらばらになってくる可能性がある。

その中で、富山県には質・量ともにかなり安定した地下水があり、資源として戦略的に使うことができるだろう。ただし、水資源は有限であることを忘れてはならない。「人間ならば誰にでも現実のすべてが見えるわけではない。多くの人たちは見たいと欲する現実しか見ていない」というユリウス・カエサルという言葉があるが、水問題も同じである。世界には平均降水量が 600mm しかなく、全く雨が降らない地域や、1 日 1 リットルの水で過ごしている地域が山ほどある。地球人口 60 億人のうち、半分ぐらいの人が、1km 以内に衛生的な飲み水が取れるところに住んでいないのだ。地下水も、問題が顕在化したときは手遅れになっているし、水問題全体で同じことが言えることを肝に銘じておくべきである。