

流域における健全な水循環系の構築に向けて

富山県庄川扇状地

総括報告書概要版



平成 16 年 4 月

庄川扇状地水環境検討委員会

科学も技術も、究極の目的は、人間の「しあわせな暮らし」の実現にあります。「しあわせ」とは何かは、個人の価値観にかかわる問題ですが、「しあわせ」の一部に、豊かな自然と接することのできる生活が含まれていることは、否定できません。GNP が年一人当たり 2 万ドルを超えると、人は物質面の豊かさよりも精神面の充実に重きをおくようになる、と分析している経済学者もいます。私たちの社会は、すでに物質面では十分に豊かになりました。21 世紀は「心の世紀」である、と言われる理由はそこにあると思われます。

このたび庄川扇状地の地下水調査報告書が公表されることになりました。この報告書は、関係した多くの方々の努力によって、科学的には世界で並ぶもののないほど優れた内容を含んでいます。その成果は、いずれ学会や国際会議などで発表され、人類共通の知的財産として後世に受け継がれていくものと思われます。しかしこの調査は、学術研究を主目的に行われたものではありません。その概要版のタイトルに「流域における健全な水循環系の構築に向けて」とあるように、最終的な目的は、科学の成果を地域の人々の「しあわせ」につなげることにあります。

いま学術の世界は、国立大学法人化に見られるように、大きく揺れています。その理由の一つに、学術と社会の分離が挙げられます。基礎科学には真理の探究という重要な役割がありますが、それは研究者が好き勝手なことをしてもいいということでは必ずしもありません。幸いなことに地下水は、科学研究の成果を地域の人々の「しあわせ」と直接つなげることのできる研究対象です。

地下水を含めて水循環は、豊かな自然を生み、また豊かな心を育んでくれます。一方、水を利用することで、私たちは豊かな生活をおくることができます。「健全な水循環」とは、物質面でも精神面でも水循環のもつ機能が失われることのないような「人と水とのかかわり方」を意味していると、私は考えています。「健全な水循環系の構築」には、科学的情報の共有が欠かせませんが、その先には、地域の条件に合致した「水と人との（健全な / 好ましい）かかわり方」を模索するための民・官・学の実践活動が必要です。これは 21 世紀の新しい地域創造活動です。この報告書の公表をきっかけに、庄川扇状地でそれが実現されることを心から願っています。

層別地下水観測の不思議

富山大学理学部教授 佐竹 洋

私は水の化学成分や各種同位体から、地下水の水系区分や流動状況を調べています。こういう研究では、実際に地下水を手に入れないことには仕事が始まりません。でもこの場合、自分で井戸を掘る訳にはいきませんので（当たり前ですね）、ご家庭や会社などを回って井戸から水をもらう訳です。そうすると、大きな工場などを除き、普通の井戸はそれほど深くは掘りませんので、浅い地下水についての情報が多く得られ、地下深いところの地下水がどのようにになっているのかを知る機会（みんなこれを知りたいと思っているんですが...）はなかなかありません。

今回の調査では、扇状地の大谷・庄南・庄東・南条の4地点で、それぞれ50・100・150・200mと深度別に井戸を掘り、その水を採集し分析する層別観測を行っています。1つの場所でその地下水の深度別変化を追えることは画期的なことで、私は大いにこれに注目していました。それで検討委員会にその結果が報告されたあと、さっそくその結果を、特にトリチウム濃度と重酸素濃度（酸素同位体比）を私なりに検討してみた訳です。

そうしたところ、浅い地下水や河川水では、そのトリチウム濃度の多くは3.7~4.6TUと非常に均一でしたが、層別観測井戸では、ほぼ0TUから9TUまで大きな変化がありました。また、層別井戸の重酸素濃度は-10.8~-8.6‰と、その地域を流れる庄川（-10.9）と富山降水（-8.7）の値の間に分布していました。

ではこれからいったい、何がわかるんでしょうか？この4地点の中で一番分かりやすいのは大谷の地点です。ここでは深度50~200mまでの重酸素濃度はほぼ一定で、富山の降水の値とほぼ一致します。これはこの地域の地下水は、上から下までほぼ降水がその起源であることを示しています。また、トリチウム濃度は50mで4TUですが、それより深い100mで8TUと急増します。そして、さらに深い150・200mでは急激に減少して、ほぼ0TUとなっています。

トリチウムは半減期が12.3年の水素の放射性同位体です。自然界では大気の成層圏で定常的に生産されていて、それが水となって地上に降りてきます。その自然起源のトリチウム濃度は日本では2~4TU程度です。雨のトリチウム濃度は1950~60年代には、原水爆実験によって人工トリチウムが大気中に放出されたため、急増しました。1963年の大気中の核実験停止によりそれ以降は減少し、現在は再び天然レベルにまで下がっています。

このような予備知識を持って大谷のトリチウム濃度の深度分布を眺めた時、この変化はまさしく、雨のトリチウム濃度の年代による変化そのものであることがわかります。このことから、大谷では同一起源の水が、上から下に向かって時間的に古くなっている、最も分かりやすい絵を描くことが出来ます。

しかし他の3地点では、そのような分かりやすいというか、常識的なことばかりではありませんでした。庄南の地点は庄川扇状地の扇頂部に近い庄川左岸にあります。この重酸素濃度は50~200mの全深度でほぼ庄川の値と等しく、深度200mまで庄川の水がその起源のようです。しかしそのトリチウム濃度は、100~200mでは4~5TUとほぼ現在の値に近いのですが、一番浅い50mが約7TUと現在より高くなっています。これから、この地点では50mの浅い層に数十年前の古い水があり、それより深いところに現在の地下水が浸透しているという、従来の常識を覆すような水の挙動がわかりました。

さらに、庄南から 5km と近い、庄川左岸近傍に位置する庄東では、庄南とはまったく違った水の動きが見られます。ここの重酸素濃度は、50m と 90m では、その値はほぼ庄川に近く、深度 100m までには庄川の水が浸透していると判断できます。しかし、それより深い 130m 以深では、大きく濃度が増加して、庄川と降水のほぼ中間値になっています。このことはこの地点では深さ 100m を境にして、上では庄川の水だが、それ以深では庄川の水 50% に降水 50% が混合したものが存在していることを示しています。

庄川扇状地と並んで富山県を代表する黒部扇状地では、富山大学で行った過去の調査によると、浅井戸の地下水のほうが、深井戸に比べて降水の寄与が高くなっています。雨は地面からしみ込みますので、これが普通と思っていたのですが、庄東ではまったく逆で、自然の複雑さを教えられた気分でした。

さて最後は扇状地の末端部に位置する南条です。ここでは 50～170m の 3 つの深度での測定ですが、重酸素濃度は庄川に近い値となっています。いっぽう、トリチウム濃度ですが、深度 50m の 9TU から 80m の 0.5 へ急激に減少しています。これだけ見ると 50m がトリチウム濃度の高かった 60 年代～80 年代の水で、80m がそれより古い 1950 年代以前の水と解釈できるのですが、一番深い 170m ではなんと約 4TU と現在の値になってしまうのです。扇端部の南条では、深度 100m～150m までは、地下水は下層ほど古いですが、それ以深には現在の水がもぐり込むという、複雑な水の動きがあるようです。

...という訳で、層別観測からは、深いところでの水の動きには、従来の常識では推し測れない所があることがわかり、これは今回行われた調査の大事な成果の 1 つではないかと感じています。ひとつの地域の地下水や水収支について、あらゆる角度から徹底的に調査した今回の調査事例は、今後の同種の調査を行うにあたってのモデルケースとなるのではないのでしょうか。このような新しい知見をいろいろと含んでいるこの報告書が、大いに活用されることを願ってやみません。

二十一世紀は、水の世紀といわれています。いま、地球規模で水資源についての関心が急速に高まっています。日本は幸いにも比較的水資源に恵まれた国の一つですが、水資源については量と質の両面から考える必要があり、その有効利用をめぐるさらには様々な面から検討していかなければなりません。そのような状況の中、庄川扇状地という日本でも有数の水に恵まれた地域で、画期的な水環境調査報告書が発刊されますことは、誠に意義深いものがあります。

本報告書の特長は、次の三点にあります。まず、関係行政機関、研究機関等が協力して調査に取り組んだこと、第二に、水文観測、水質分析、水利用調査、土地利用調査、地下水流動シミュレーション等、最新の調査方法、分析方法を用いたこと、第三に、徹底した情報公開を行い、地域住民、事業者等からの意見、指摘を可能な限り取り入れたことです。結果として、扇状地の水収支、地下水流動、水利用の実態が明らかとなり、流域全体を見通した水管理、水利用において極めて貴重な資料を得ることができました。

今後は、より現実に即した流域水管理モデルを構築するために、主要水文要素の継続観測、水文条件の変化に伴うモデルの改良、経済的及び文化的要素の取り入れ等が必要です。また、関係諸機関の連携や情報公開も不可欠です。得られた成果について、小学生、中学生、あるいは一般向けというようにきめの細かい情報公開を行うことや、積極的な啓発活動の実施が望まれます。貴重な水資源を有効かつ持続的に利用するために、地域住民、行政機関、研究機関、事業者等が一体となって水資源への関心を高め、問題解決にあたることが重要であり、その点におきまして、本報告書の価値は高いといえます。

発刊にあたり

信州大学工学部教授 藤縄 克之

平成13年度から計6回開催された庄川扇状地水環境検討委員会も、本総括報告書の発刊を持ち、そのすべての活動が終了する。水循環において地表水と地下水が不可分であることは論を待たないが、ややもすると水資源調査が地表水に偏向しがちな中で、このように地表水と地下水を一体とした包括的水環境調査が実施され、検討されてきたことに心から敬意を表したい。そして、本報告書上梓に至る過程で検討委員会を陽に陰に支えてこられた関係各位のご尽力を心より労いたい。

しかし、迫りくる地球温暖化の脅威や今後解決すべき課題を考えると、実は小さな第一歩が終わったに過ぎないのである。第6回検討委員会ではシミュレーションモデルを用いた将来の水環境予測の検討が行われている。WTOを中心とする農産物自由化の圧力により我が国の水田農業に暗雲がたれ込めているが、地下水の主要な涵養源である水田の面積が減少すれば、大幅な地下水位の低下は必至である。一方、地球温暖化によりこのところ暖冬が続いており、豪雪で有名な新潟県高田では40年前と比べて降雪量が約40%近く減少している。この降雪量減少傾向を、消雪用の地下水揚水が少なくて済むと単純に喜ぶわけにはいかない。降雪量の減少は水需要の増える夏期の河川流量減少を意味するのである。

いまこそ、次の一步を歩み始めるときであろう。その方向は、まさに第6回検討委員会の結語にあるように、関係行政機関の連携による水環境保全対策の策定にある。おりしも、本年3月23日に日本学術会議や国土交通省主催の「水資源管理変革前夜」と題するシンポジウムが開催され、世界の水資源事情を視野に入れた我が国の水資源政策のあり方が模索されている。水資源の効率的利用とその保全管理を妨げているあらゆる障壁が取り払われ、安定した水資源供給が実現すること切に望む次第である。

「庄川扇状地水環境検討委員会報告書」の発刊にあたり

同志社大学文学部講師（日本地下水学会顧問） 吉岡 龍馬

国土交通省富山工事事務所の調査第一課長だった石川俊之氏（現・北陸地方整備局河川部河川計画課建設専門官）が、庄川扇状地水環境検討委員会の委員になるよう相談に富山県立大学の研究室を訪ねてこられたのは、平成13年7月2日でした。

私は、翌年3月退職すること、他に適任者がおられること、水問題は小さな地域で治水・利水と環境が対立することが多くある、という理由でお断りするつもりでした。しかし、お話を伺うと、委員会は会議を含めてすべて公開で行うと言うことでした。公開となると、意志決定過程が透明化になり、市民の皆さんが委員会活動に大いに関心を持たれて、従来のように安易な事業計画の立案・実施ができなくなり、市民の皆さんの日常の活動や情報が委員会活動に大いに反映されることが期待できることなどを考えて、委員になることをお引き受けしました。

富山工事事務所をはじめとする国土交通省の担当者の方には、すでに平成14年8月の「世界水プラットフォーム in Toyama」におけるシンポジウム「庄川扇状地の地下水」の開催や、平成15年3月の「第3回世界水フォーラム」での「庄川扇状地の水環境再生」の講演などを通して、ご支援をいただき、行政として情報公開を積極的に行っていることは高く評価していました。

庄川扇状地の地下水をはじめ水資源の重要性については、これまで先輩諸氏が長年にわたり様々な調査・研究で指摘してこられました。ただ、少し大げさな言い方かもしれませんが、この地域に住む人々の生活と密接に結びついた水資源の利用がこのまま永遠に続く保証はありません。地球環境問題が久しく話題になり、その中で地球規模の気候変動が起こることも指摘されています。環境省の研究では、国内でも降水パターンに大きな変化がみられ、農作物への影響や日常生活に影響が出る可能性もあると言われています。将来、庄川扇状地もこの影響を受けるかもしれません。委員会で議論されたことが将来役に立つことを願っています。

ここで、最近私が目にした新聞記事を少し紹介したいと思います。平成16年3月29日京都新聞朝刊に世界水フォーラム1周年座談会「水を見つめて」という記事が掲載されていました。国土交通省近畿地方整備局長の谷口博昭氏、京都市立芸大学長の西島安則氏（元・京都大学学長）および京都精華大学教授の嘉田由紀子氏が紙面二枚にわたり鼎談しています。大変興味深い内容であり、しかも「庄川流域における健全な水循環系の構築に向けて」にも参考になると思われます。少し長くなりますが、以下箇条書きにまとめてみましょう。

- 1) 下流の住民にとって上流の水資源の実情を知ることが必要であり、林業、農業、歴史、文化、環境など様々な感心を持つ地域住民が集まり、公開の場で公平に議論することにより情報交換を行う。
- 2) 水を考えることが国民事業として定着するには、水は行政単位のみでなく「流域」の住民全体に深く関わっているという認識を深めて、水を中心に「流域」住民相互のネットワークの構築が必要である。
- 3) 過去には学校だけでなく地域との関係で、自然と水の大切さについての教育を受けたものであるが、現在では水の大切さ、水の怖さを体験して、それを語り継げる人が地域に少なくなってきた。そこで

子供から大人まで、水を基本とした学校教育、社会教育体系の構築が必要である。

- 4) 水にまつわる文化は、その水の恵みを受ける住民が時代を超えて継承し創造してきた文化であるので、大事に継承発展しなければならない。文化の貧困は今の、そして未来の日本の危機となる。
- 5) 現在、公共事業に対する批判が厳しい時代であるが、それは今の目的だけではなく、子供や孫たちにも残す必要不可欠なインフラであり、文化であることを認識する必要がある。そして住民参加のマンパワーを十分に生かせるネットワークを構築する。例えば、災害に即応して被害を最小限に抑えることのできる指示を出せるネットワークを構築できるプロを各地域で育成する教育が必要である。
- 6) 今、職住分離が進み若い人たちが地域の環境に関心を持ちにくくなってきているので、川と人、水と人、地域住民と行政をつなぐ河川レンジャーを育成する。そして彼らが、地域自治会、水利組合、魚業組合、ボランティアなどを取りまとめるようにし、それが専門職として成り立つようなシステムを作る。

以上のことは、委員会で具体的な議論がなされたわけではありませんが、今回の委員の基本的な理念、バックボーンになっていたことは、はじめに述べたように自明です。報告書の内容が、単に委員会の議論のとりまとめ、資料集だけで終わるだけでなく、将来にわたる庄川扇状地の水問題を議論していく上で大いに参考になる資料として未永く活用されることを期待します。

流域における健全な水循環系の構築に向けて 富山県庄川扇状地

目次

発刊にあたり

筑波大学名誉教授	榎根 勇
富山大学理学部教授	佐竹 洋
上越教育大学学校教育学部教授	佐藤 芳徳
信州大学工学部教授	藤縄 克之
同志社大学文学部講師（日本地下水学会顧問）	吉岡 龍馬

* 掲載順は50音順、所属は平成16年3月現在

1. 庄川扇状地の水文環境概要	1
1.1 地形・地質と土地利用	1
(1) 地形・地質概要	1
(2) 土地利用	4
1.2 気象	6
(1) 降雨量と降雪量	6
(2) 気温と蒸発散量	7
1.3 河川流量と灌漑水量	8
(1) 河川流量	8
(2) 灌漑水量	10
1.4 地下水利用	11
(1) 井戸の分布と諸元	11
(2) 地下水利用総量	11
2. 地下水流動機構の調査・検討	12
2.1 扇状地全体の地下水モニタリングと地下水の流動機構	12
(1) 現地観測・調査	12
(2) 扇状地の地下水変動状況	17
(3) 地下水水質の特徴	25
(4) 層別観測井と3次元地下水ポテンシャル	26
(5) 扇端部の自噴高分布	30
(6) 沿岸部塩水浸入の実態	31
2.2 河川からの伏没・還元機構	32

(1) 伏没・還元の実態（同時流量観測）	32
(2) 庄川河道部周辺の地下水状況	36
(3) 伏没機構のモデル化（地質のモデル化と飽和不飽和浸透モデル）	38
2.3 扇状地の水循環モデルの構築と定量化	40
(1) 水循環モデルの構築	40
(2) 年間水収支	46
(3) 庄川扇状地地下水の総括	48
3．保全・適正利用に係る基本事項の提案	49
3.1 地下水位の将来予測	49
(1) 土地利用と地下水利用の将来想定	49
(2) 現状維持とした場合の地下水位の変化	50
(3) 将来想定における地下水位の変化	52
3.2 保全対策の提案	56
(1) 対策案の想定	56
(2) 対策案の評価	58
3.3 今後の基本方針と課題	62
(1) 地下水の保全・再生の方策（シミュレーション結果のまとめ）	62
(2) 庄川扇状地地下水の保全・適正利用に係る今後の基本方針	63
(3) 今後の課題と継続すべき調査	63
4．委員会について	64
4.1 設立の目的	64
4.2 委員会規約	65
4.3 委員会名簿	66