

## 京の暮らしと文化を支える水環境

京都の歴史文化を支えてきた水環境を知り、市民としてその保全を考えるため、専門家のお話から学び合う「森の教室」を開催しました。以下、内容をまとめて報告いたします。

### 講演

#### 「京都盆地の地下水—人と社会をつなぐ水の恵み」 総合地球環境学研究所 研究基盤国際センター教授 谷口 真人氏

大学から「水文学」の分野に進み、大学を出た後、乾燥地域のオーストラリアやアメリカ中部に研究に行きました。その後、地下水に関する国際プロジェクトに触れる機会を得、18年前、総合地球学環境研究所に異動し、乾燥地域だけでなく日本も含む湿潤なモンスーンアジア地域の水研究をすることになりました。その中で社会の課題を知り、学術分野に止まらず社会の中の科学としての地下水を勉強しています。今日は3点、お話しします。1番目は「地下水の役割」、次に、今日の本題の「京都盆地の地下水」、そして、3番目に「人と社会と自然をつなぐ地下水」について、です。



「地下水の役割」は大きく5つあります。まず水循環としての地下水。雨が浸み込んだ地下水は、山では下向きに、谷の方では上向きに流れる。京都でも周辺の山では下向きに、盆地では上向きに流れていて、それが湧水です。基本的に地形で地下水の流れは決まり、地質が変化をつけます。

次に、地盤としての地下水です。地下水を汲み上げ過ぎると、地層が収縮し地盤が沈下します。高度成長期にたくさんの地下水を工業に使い、地盤沈下が起きました。東京、大阪、名古屋、福岡、特に地盤の緩いところで地盤沈下が進みました。地下水はもともと地盤の一部であったのです。

3つ目に、水資源としての役割です。日本では12.4%を地下水に頼っていて、残りは河川水です。世界平均の河川水利用は40%弱で、地下水が多い。日本では地下水の工業利用が地盤沈下で規制され、依存度が下がりました。人口が増えて、遠くにダムを造って溜めて引っ張ってくることもやってきました。ところが、殆どの都市で1950年代に地下水の依存度が上がっています。これは、第二次世界大戦で給水施設が破壊されたためです。紛争、戦争だけでなく、災害が起きると、地下水に頼らざるをえない。災害時の地下水には大きな役割があります。

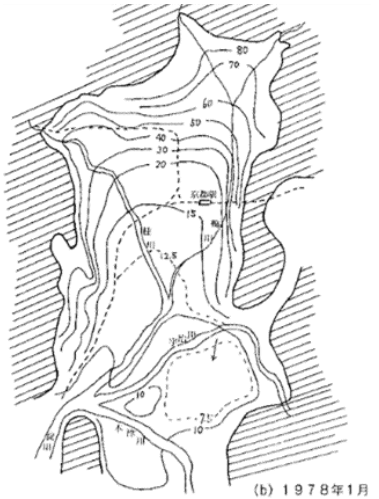
4つ目に、地下水はいろいろなものを溶かし込んで運びます。「森里海連環」、森の土壌の栄養分が地下水で運ばれ、河川近傍、沿岸域の生態系が維持されるということです。環境としての地下水です。しかし、水は汚染物質も運びます。1970年以降、アンモニアの人工合成ができて化学肥料が圧倒的に増え、食糧生産が莫大に増えました。「緑の革命」です。飢餓を減らしましたが、一方で、世界中にチッソ汚染が広がりました。温暖化、生物多様性の損失に加えてチッソ汚染も、地球の限界「プラネタリー・バウンダリー」を超えている可能性があります。その他、パソコン部品のIC・集積回路工場の排水に含まれるトリクロロエチレンという発癌性物質、これは情報化社会の地下水汚染、ガソリンスタンドからの排水、これは車社会の汚染、そして病院だけでなく家庭でも

捨てられる薬品、これは高齢化社会を反映している地下水汚染です。

最後は、グローバルに繋がる地下水です。人間が使う水の70%は農業用でその半分以上が地下水ですが、大規模農業が進むアメリカ、インドなどで地下水の低下が起きています。食糧の輸入はバーチャルに地下水を輸入していることなのです。最近では南米の大豆などの輸入が増えています。地下水は、世界的にどんどん低下しています。

では、「京都の地下水」の話に入ります。地質を見ると、京都盆地は礫が含まれる水を通しやすい層で、その北側、南側の市町は古い層です。「用水量÷水位変動量」の計算式で、地下水をたくさん汲んでも水位が下がらないところと少し汲んだだけで水位が下がる場所があることがわかります。地下水の利用量としては、京都市は1日あたり水深0.5mmから0.75mm、向日市、大山崎、城陽市では、1日あたり水深2mm以上を使っています。場所によって差があるのです。

地形の等高線と同じで、地下水の水面の同じ標高を線でつないだものが、地下水位等高線です。京都駅の辺りで、地下水の水面の高さは標高15~20m、地面の標高は27mで、地下水の深さがわかります。水面の高さで地下水の流れもわかります。高い方から低い方へ等高線を直交するように地下水は流れます。カーブがあるところは左上から右下に、並行になったところは



北から南へと流れています。京都盆地の地下水位等高線 1978年

雨がどれくらい地下水になるのか、これを地下水涵養量といいます。京都盆地では雨は1年間に1800mm降り、そのうち、800mmは蒸発し、600mmは表面を流れて、残り400mmが地下水に浸み込んでいく。涵養量はこれくらいだといわれています。地下水の貯留量を涵養量で割ると、1年間で入れ替わる量がわかります。「ストック(貯留量)÷フロー(地下水涵養量)」で計算すると、約250年かけて地下水は入れ替わっているようです。実際は、浅い地下水はこれより早く、深い地下水は遅く入れ替わっていると思います。

熊本や鳥取はほぼ地下水に頼っていて、東京、北海道は殆ど地下水を使っていません。京都も若干、地下水を使っていますが、川の水に依存しているグループに入ります。しかし、京都には長い間、地下水、湧水を使ってきた文化があります。京都盆地の中にもたくさん有名な湧水、井戸があり、地域の人々が保ってこられました。水がどこからきたのかを調べる方法があります。水の起源を特定する方法です。水 H<sub>2</sub>O の酸素の同位体16、17、18の割合を調べると、日本海側で蒸発して雲になった雨なのか、太平洋側なのか、また、どの標高に降った雨なのかも

わかります。伏見の水で測ってみました。すると、酒屋さんで使っている地下水とその他の湧水では同位体が違ったのです。伏見の酒水は標高の高いところに降った雨であることがわかりました。京都市内でも測ると、日本海側の雨が多いもの、少ないもの、2つのグループに分けられました。

京都では、お豆腐、生麩、お酒と、湧水を使っています。生麩製造の麩嘉さんの地下水の水温は、15.8度でした。水を流し続けて作る生麩は1年を通して一定の温度を保つ地下水がないとできないものです。ご主人は、「浅井戸の井戸涸れが起こっている。代々、少しずつ井戸を掘り増してきた。1世代で数メートル程度の地下水低下があるのではないかと思っている」とおっしゃっていました。

最後のテーマは、「社会と自然をつなぐ地下水」です。地下水は誰に使う権利があり、誰が管理すべきなのか、難しい問題です。資源としての地下水・飲み水には、均質のものが必要になります。環境としての地下水の場合には、生き物にとって最適な温度、水量など、多様性も必要になります。その管理で課題となってくることは、セクター間の分断です。東日本大震災の後にも温泉を使って発電できないか、用水路で小さな発電ができないか、という考えが出ました。ところが、温泉の水を管理する部署とエネルギーを管理する部署は分かれている、農業用水の管轄は農水省、発電は経済産業省と、これも分かれています。国と地方だったり、グローバルとローカルだったりでも分断があります。これらをどうしていくかが課題です。トレードオフではなくお互いがうまくいくシナジーも大切でしょう。

「水資源」「エネルギー資源」「労働資源」のうち、どの資源を使ってGDPを稼いでいるかを見てみると、京都府ではたくさん資源を使わずにうまく経済が回っています。日本にはそうではない都道府県がたくさんあり、そこをどうしていくかも考える必要があります。

水の循環を総合的に考える必要から、2014年に「水循環基本法」ができました。水の公共性が謳われた画期的な基本法です。その基本計画が2015年に、改訂版が2年前にできました。これからいろんな地域に応じた形をつくっていかねばなりません。例えば、福井県小浜は地下水に大きく依存している町です。利用しながら保全するにはどうすればいいか、10年間一緒にやってきました。「地下水を大切にすること」「地下水を上手に使うこと」「地下水について学び、伝えること」を3本柱に市の条例、計画がつけられました。町を走る丹後街道沿いの民家の軒先には井戸マークの中に漢数字の二とか三とか書いてあります。「敷地の中に井戸が2本あります、3本あります」ということです。井戸は私有のものですが、災害の時、特に火災があった時には「井戸があるから、自由に使ってください」と示しているのです。

川の水と地下水は大きく違います。物理的にも化学的にも、生物に与える影響にも違いがあります。水には多様性が必要です。共有地の悲劇は里山の話で知られていますが、水もコモンズ、共有資源として考えたい。京都が持つ文化の多様性は、水と繋がっています。

「SDGs」(サステナブル・ディベロプメント・ゴールズ)についても、「地球の歴史、生命の歴史、人類の歴史」の3層で考えることが大切だと思います。一番下の層が地球であり、そこに循環してきた水と大気です。その結果生まれた生命、そして、人類はその上で経済活動をしているわけです。この構造を忘れずに、基になっているものとして水を考える必要

があると思います。持続可能な社会における地下水の利用と保全には、トレードオフからシナジーへの転換、共感型の行動変容によるボトムアップが重要になってくると思います。以上で、私の話を終わります。ありがとうございました。

<質疑応答>

**質問** トレードオフからシナジーへの転換は個人というより、行政、町全体で考えることなのでしょうか。共感型の行動変容は一人ひとりがどのように水を使うかということでしょうか。

**答** 両方だと思っています。スイスのホテルでは、蛇口にシャワーで使った水の量とカーボン排出量が出てきました。節水は節電にもなるのです。「フューチャー・デザイン」といいますが、将来世代になって考えてみることで、自分も変わり、人との関係性も変わってきます。行政でも始まっていて、京都市でも「フューチャー・デザイン」をやっています。

**質問** 若狭の「お水送り」の行事、東大寺の「お水取り」の行事は、千何百年も続いています。学術的な研究はないかと思いますが、地下鉄工事などで地下を掘った時には、井戸が涸れたりしています。それらはどう思われますか？

**答** 若狭と熊野への物語には、「お水送り」から「お水取り」が2週間の意味、京都との繋がりなど、いろいろあると思います。国内には千カ所以上「弘法水」があります。その物語にも、「この水を飲むと目がよくなる、病気がよくなる」ということだけでなく、倫理的なものも残されています。身体と心が繋がっていることを、地下水を通して語った弘法大師の教えなのでしょう。私も、いろいろな繋がりを考えるための手段として、地下水や湧水を理解していきたいと思っています。

## トークセッション「今、地下水を守るために」 谷口 真人氏×長野 宇規氏（神戸大学准教授）

**長野氏**：専門は、「農業の水利用及び地域計画」です。今日は「市民として地下水をどう守るか」の口火を切らせていただきたいと思っています。



京都の地下水についてお話いただきましたが、京都の地下水や川の水も脅かす計画があります。北陸新幹線の敦賀～新大阪の建設計画です。「大深度地下利用法」を使ってトンネルを掘るので、すごく深いところだと思っていたら、あまり深いと水圧がきつくて工事ができないため、地表から40mは深くはなくてはならないのですが、地形に沿って建設されると聞いています。東小浜から丹波の山地を通る時、由良川の標高が290mくらいあり、そこまで一旦上がって、京北地区辺りで下り始めて京都の街中を大深度で縦断するという計画のようです。

京都の等高線図と地下水位等高線を見てみます。最近の地下水が計測されていないので1978年の図ですが、街中は地下水が高いことがわかります。地下水が地表から5～15mにあると仮定すると、「大深度地下法」で40mより深いところにトンネルを掘る際は、地下水を排水することになります。トンネルの直径は13mとされ、大きな影響が出ると考えられます。京都駅から南は三川合流地域で標高の低い氾濫地帯です。様々な問題が考えられますが、どこを通していいのか、まだ公開されていません。

京都市の行政は地下水の流れを把握しているのでしょうか。地下水は届出制で利用は記録されますが、京都ではあまり地下水を使っていないことから、全体像を把握している

わけではないと思われま。新幹線の建設計画に京都市は推進の立場をとっていますが、地下水に関する利害まで判断できているわけではないのではないかと思います。

オーストラリアに行った時、良い格言を聞きました。「We cannot manage what we don't monitor」(監視していないものは管理できない)。体重計に乗らないと体重が増えたか減ったのかわからないのと同じで、水利用についても測っていないものは価値観の衝突だけになってしまいます。特に、地下水は目に見えないため、多くの方は「専門家でないので意見は差し控えたい」となります。「専門家」といわれる建設側の人たちが工事を進めて、失敗した時は「想定外でした」という話になる。そういうことを防ぐため、積極的に知ることに努めなければなりません。地下水は社会的共通資本、コモンズであり、社会の豊かさにとって必要なものです。

まず知っていることを共有して、意見を出していくことが重要ではないかと思います。震災後の状況がわからない時、インターネット上で個人が情報を書き込めるサイトが開設された例があります。「Mass collaboration」(マス・コラボレーション)というものです。個々が持つ情報は小さくとも、共働により、地域的に大きな情報を構築できます。地下水に関しても、「ここで水が湧いている」などの情報が寄せられると見えてくるのではないかと、提案したいと思います。

無関心から関心(awareness)へも難しいですし、懸念を持っても、どうしたらいいのかという手続きも難しいです。行政は市民の意見を採り上げないといけませんが、散発的な意見では、なかなか積極的な動きを生みません。議員は議会で市民を代表して質問や意見を発することができますから、「awareness」をつくった上で議員に相談することが手段として有効です。議会で質問されると議事録に残りますし、行政が公に事案を知ることになります。正式に行政が問題として採り上げて専門家の調査が行われるという動きになるので、「行政がよろしくやってくれるだろう」と放っておくのではなく、常に「awareness」をもってインターアクションを続けていくことが大事だと思います。以上が問題提起になります。

**谷口氏**：今のお話の「Mass collaboration」、市民と一緒に進めた経験をお話します。大分県別府市で震災の後、温泉水発電、水蒸気発電を入れたのですが、上流に入れたので下流の温泉の温度が下がった。それで市民が始めたのが「温泉水温一斉調査」でした。最初、水源の温度を公開すると、災害マップで土地の値段が上下するように損得が生じることかと思ったのですが、実際はそうはならなかった。今も継続してやられています。市民の方にとって自分事となったのです。京都盆地の地下水でも、使っている人も使っていない人も取り込める一つの例になるかと思ひます。

**長野氏**：京都市では地下水をそれほど使っていないのですが、向日市など南の方は水道水源として使われています。飲み水に係るところの方が「awareness」としての問題意識は大きいはず。専門家と市民がコラボレーションして問題に取り組むことで、知識を得て、深い議論ができるようになることが重要だと思います。

**谷口氏**：熊本など地下水をたくさん使う場所で、10年に1回、地下水を調べてきました。全部を調べることはできないのでポイントになる要点だけを続ける。そういう中で市民の関わり方も変わってきて、「観光と繋げてみよう」などアイデアも出てきました。次のフェーズの行政との関わり方になってきて

います。そういうことを日本の各地で経験しました。

**長野氏**：では、ご質問、ご意見を受けたと思います。

**質問** 今の北陸新幹線の延伸計画では、京都の水脈にどう影響が出るのか、知りたいと思ひます。

**谷口氏**：まだ評価のしようがないのですが、今、わかっている情報で判断できるものもあります。地下水面が高いところに工事をする事になり、掘削口、つまりトンネルの出入口が地表面と交差する場所で、特に大きな影響が出ます。また、湿地帯や川の近くは地下水が表面に出ているので、地下工事をする事は普通はまずないのですが、すれば必ず影響が出ます。掘削工事の影響と、トンネルができたことによる長期影響と、両方あると思ひます。そして、もう一つは環境への影響です。地下水は川に流出しているので川の生き物に影響が出ます。アセスメントの中に環境評価は入っていますが、地下水の影響までは見ていないと思ひます。

**質問** トンネルを掘る時、まず水を抜いて乾燥させて固まってから掘るのが普通だといわれています。水を抜くと京都の地盤が下がるのではないかと心配がありますが。

**谷口氏**：軟弱地盤のところでは必ず地盤沈下が起きます。山陽新幹線をつくる時、灘の酒水が影響を受けないかということで、鉄板を入れる深さについてcm単位での議論がされました。かなり時間をかけて調査したようです。京都の地盤も、cm単位で議論をしないと影響を評価できないと思ひます。

**長野氏**：じっくり時間をかけないといけな。あとから「これはまずかった」というのはよろしくない。しっかり時間をかけて検討していくべきだと思ひます。

**質問** 環境アセスで、残土に有害物質が出ることに繋がる調査が殆どされていなかった北海道新幹線やリニアで起きたことが、京都でも起こる可能性があるかと危惧しています。水脈も、川がどうなっていくか、京北や美山の田園地帯の田んぼが潤れたら景観も暮らしも変わってしまうと、心配です。

**谷口氏**：発注する側に立ったアセスメントになっていることが問題です。そこを打破するためにも、ネットワークを使い、学術的な調査をやっている人と市民とが繋がる必要があります。アセスメントは予防するためにやるべきで、何かが起こらないためのアセスにしなければ、と思ひます。

**質問** 東海道新幹線、地下鉄東西線でも地下水に影響が出ました。トンネルを掘ると、必ず地下水は下がります。ある程度、シミュレーションができないものかと思ひますが。

**谷口氏**：まず、データが必要です。データがないとシミュレーションはできない。地下水は30年前の平面図しかありません。データが出た段階で、地質の構造をシミュレーションに入れなくてはならない。京都の雨量はそんなに多くないと思ひますが、シミュレーションで、流れの方向とか時間などはわかります。そこにトンネルのような構造物をつくった時、どう影響が出るか、自然の状況でも雨の降り方によって変わりますので、30年くらいかけた前段階を経て、構造物の影響がどれくらい出るかをシミュレーションすべきです。地質のパラメーターでも結果はかなり変わりますが、それがパラメーターに依存するシミュレーションの限界でもあります。

**司会** ありがとうございます。水環境をどのように次世代にバトンタッチしていくべきかについて考えることができました。「awareness」をもって、行動に移していきたいと思ひます。

