

長野環境人士

自然に優しく、暮らしを楽しく

小林光さん対談企画

地下水の動きを研究する
中屋眞司さんと語る

雨や雪が大地に降り注ぎ、地中に浸透して流れ下る地下水。目に見えづらい地面の下の水の動きを「見える化」しようと試みているのが、信州大学工学部特任教授・名誉教授の中屋眞司さん(69)だ。地下水は地表を流れる川とは違い、ゆっくりと移動していく。山で涵養し、里で湧き出るまでに数十年かかることも珍しくない。湧水は貴重な水源。だからこそ地下水に意識を向きたい。地下水を汚さないことは負の遺産を将来世代に残さないことでもある。

地下水の動きは、採水した中に含まれているトレーサーと呼ばれる化学物質を使って追跡、可視化する。例えば、クロロフルオロカーボン類(フロンガスの一種)や六フッ化硫黄といった人工的に製造されたガスは大気中にあふれ出し、年々増加している。その濃度を測定することで地下水の年

地下水の動きを「見える化」し、将来にわたる安心安全な水資源の確保に向けた研究を進める中屋眞司さん 3月14日、安曇野市



齢が分かってくる。年齢や動きが分かると地下水の環境が見えてくる。

地下水の研究を国内外で続けている中屋さんは、同時に地下水の汚染と貧困の問題

にするためには、今の世代が山や水を大切にしようという意識を持つことが大切になる。

を直視せざるを得ないことも。貧富の差が格段に大きい途上国で、貧困層は危険だと分かっているにもかかわらず、危険な湧水を飲まざるを得ない現実がある。

それは時間軸でも同じかもしれない。将来の世代が水で困らないよう

(野村知秀)
119面に対談

地下水に意識向け負の遺産を残さない

長野環境人士

自然に優しく、暮らしを楽ししく

中屋 眞司さん

対談

小林 光さん



中屋眞司さん 69

信州大学工学部特任教授・名誉教授。安曇野市水環境審議会委員

特殊な結晶構造の水

小林 私排ガス、オゾン層保護、地球温暖化など主に大気系の問題に対応してきましたので水については詳しくありません。それでも水という物質を不思議に思うことはあります。水が人類にとつてそれほど大切な言うまでもありませんが、いろいろな物質を溶かす性質がある水について中屋さんはどのような点に面白さを感じますか。

中屋 水は4度の時、凍るよりも前に密度が一番大きくなりますね。ほとんどの物質は融点（固体が液体になる温度）の時に密度が一番大きくなり、温度が上がれば密度がだんだん小さくなっていきますが、水はその特殊な結晶構造から液体の時に一番密度が大きくなります。固体となった水が水に浮くのです。

小林 真冬に池が凍り付いても水の下で魚が生き延びられるのはこの性質のおかげですね。氷河期に海の表面が凍結しても水中は凍らず、生物が生き延びることができました。

中屋 この性質を生かし、研究でサンプリングした水は4度の冷蔵庫の中で保管します。水の中の物質が安定するので都合がよいのです。

小林 先生の研究は水に含まれている化学物質を使って地下水の動きを追跡しているそうですね。

中屋 大気中にはクロロフルオロカーボン類（フロンガス）の一種や六フッ化硫黄といった人工的に製造されたガスがあふれ出し、年々増加していますが、雨や雪となつて地表に降り注ぎ、浸透した地下水にもこれらのガスが含まれています。



小林 光さん 75

元環境省環境事務次官。東京大先端科学技術研究センター研究顧問。茅野市行政アドバイザー（環境分野）

溶けている物質で水の動き可視化

小林 オゾン層の保護と地球温暖化を防ぐために規制されている物質ですね。

中屋 これらは雨が降ってきた年代のトレーサーになります。トレーサーというのは例えていうならば、水を追跡するための指紋のようなものです。いすれにせよ、地下水中のいろいろなトレーサーを測定することで地下水がどこで涵養し、どのような経路で地下を動き、どのくらいの時間を経て地表に湧き出すのかが分かります。水の動きを可視化する研究は地域の水源、地下水資源の保全に役立てられます。

小林 それでどこで降った雨の水なのかも分かるのですか。

中屋 同じ元素（原子番号が同じ）でも、質量が異なるものを同位体と言います。水は温度を高めると蒸発しますが、水の同位体の中で質量が軽いものは蒸発しやすく、重いものは残りやすいのです。水蒸気や雲は風に乗って移動し、どこかに雨を降らすのですが、降る雨の方が質量が重く、水蒸気は軽いのです。地球で考えると、赤道で発生した雲が高緯度に向けて雨を降らせながら流れていくのですが、先に降る低緯度の雨の方が同位体的には質量が重く、高緯度になるほど軽くなります。この関係は平地と山でも同じです。平地の方が重く、山の方が軽いのです。採水し、同位体を測り、重い、軽いの違いを調べます。

1年で500〜1000ミリ流れる

小林 この場所（安曇野わさび田湧水群・いこいの池）で湧き出る水はどこからきているのでしょうか。

中屋 ここで採った水と同じ組成の水は北アルプス・上高地辺り、標高でいえば約1500メートルの山中ですね。採水した水の組成と同じ同位体組織の水を採取した場所を調べることでどの程度の標高の場所から降った雨水なのかが分かるというわけです。

小林 どのくらい前に降った雨なのでしょうか。

中屋 この湧水は10年ぐらい前です。

小林 涵養してから湧き出るまで結構時間がかかるのですか。

中屋 いやいや、これでも早い方ですよ。山で涵養すると、一般的には20〜30年、50年ということもあります。富士山や八ヶ岳でもそのくらいかかります。

小林 涵養した水が湧き出すまでの時間の差はやはり地質が影響しているのですか。

中屋 その通りです。北アルプスの北半分は地中で冷え固まって隆起した花崗岩類が多く、南半分は堆積岩が多いです。花崗岩は緻密で空隙率（岩石や土壌などの体積に対する隙間の割合）が低いので、水の流れは1年間に数十センチです。



北アルプスに降り、地下に浸透した雨や雪の水が湧き出す安曇野わさび田湧水群・いこいの池で地下水の流動を説明する中屋眞司さん（左）と小林光さん＝3月14日、安曇野市

汚染が心配な地域も

小林 これまでの研究を通して思うことはありますか。

中屋 地下水はきれいでおいしいですが、汚染が心配な地域もあります。汚染源は人間由来もあり、自然由来もあります。海外では、人工的に浄化しなければ飲めないような汚染水しかない地域もあります。そんな水を飲むのは決して貧困層、途上国は貧富の差が格段に大きいので富裕層はきれいな水を選んでも貧困層にその選択肢はありません。危険だと分かっているのに飲まざるを得ない現実があります。

小林 地球温暖化も同じ構図ですね。金持ちはエアコンが使えるので熱中症になりませんが、エアコンが使えないと大変厳しい環境の中で暮らさなければなりません。中屋 確かにそうですね。小林 私たちは地下水とどう付き合うのが良いのでしょうか。中屋 水道水源として地下水を使っている自治体は長野県では多いと思います。水は生きていく上で欠かせないものですが、当たり前にあるものではありません。地下水を飲んでいいことをもっと意識してもいいのではないかと

水をほとんど通しません。堆積岩から成る地層は、比較的雨水を通します。花崗岩類の山では地表近くを流れてすぐに沢に出た後川となつて地表を下り、盆地低地に来て涵養するのです。そのため比較的早く湧き出ます。一方、梓川の南側では山の中で涵養するので湧き出すのに30〜40年かかります。雨がどこで降り、どのような経路を流れて地表に出てきたのかを推測することを私たちは「地下水の可視化」と呼んでいます。地下の見えない水をトレーサーや数値解析によつて見える化しているのです。

小林 地下水はおおむねどのくらいのスピードで流れているのですか。

中屋 ちなみにどのくらいのスピードだと思いますか。

小林 1時間で10センチかです。

中屋 1年間で500〜1000ミリです。ただ、地形により異なります。過去にバン格拉ディッシュを調査したことありますが、広範囲にわたって平坦な地形ですから、地下水の流れは1年間に数十センチです。

安曇野や八ヶ岳山麓はおいしい軟水



大王わさび農場内を流れる湧水100%の蓼川（たでがわ）と並行して流れる一般河川の万水川（よろずいがわ、右奥）。水温の違いから合流後もしばらくは混ざることなく流れ続ける＝3月14日、安曇野市

硬水、軟水、地質が影響

小林 そうすると、日本の地下水の動きは世界的には早いと言えますそうですね。地下水の汚染についてはどう考えますか。

中屋 安曇野の汚染レベルは低いですが、地下水が早く流れているため希釈効果があるのでしょうか。汚染の原因は何でしょうか。下水道の整備も進んでいると思うのですが。

中屋 肥料や家畜関係ですね。家庭排水や工業廃水由来は最近はまだありません。しかし、下水道が整備される前の汚染水が地下に残っているのも事実です。今、制限しても成果が表れるのはだいぶ先になります。

小林 水のおいしさって何なんでしょうね。

中屋 硬水が軟水ということでは地質に影響されますね。一般的には軟水の方が飲みやすいと思います。

小林 硬水になる地質は。中屋 例えば石灰岩です。沖縄では琉球石灰岩の地質を通った水が硬水になります。県内であれば佐久地域。北側は浅間山、南側は八ヶ岳ですが、浅間山を通ってくる水は硬度が高く、八ヶ岳側は低いです。浅間山は活火山ですが、八ヶ岳系はもとと火山だったとはいえず30万年前ころには噴火が止まっていますからね。その地質の差が出ます。八ヶ岳側の水の方が好まれているようです。

小林 硬水になる地質は。中屋 はい。汚染された水は10、20、30年後にその影響が出るのです。負の遺産を将来に残さないように地下水にも意識を向けてほしいです。

小林 将来のことを考えて今の水や水を育む環境を大切にすることですね。中屋 はい。汚染された水は10、20、30年後にその影響が出るのです。負の遺産を将来に残さないように地下水にも意識を向けてほしいです。