

第23回 環境サイエンスカフェ

テーマ 水をめぐる地球環境問題（1）－世界の水問題を衛星で見る・現場で見る－
 講師 谷口 真人さん（総合地球環境学研究所 教授）
 日時 2014年10月22日（水）18：30～20：00
 会場 サロン・ド・富山房 Folio
 参加者 39名



1. はじめに

日立環境財団
サイエンス・カフェ

水をめぐる地球環境問題
その1: 2014年10月22日

1

水をめぐる地球環境問題 その1

世界の水問題を衛星で見る・現場で見る

谷口真人
総合地球環境学研究所

皆さまこんばんは。今紹介いただきました、京都にあります総合地球環境学研究所から来ました谷口真人といいます（図1）。前回参加されている方は、同じ研究所の田中樹さんのお話があったと思います。同じ研究所で、あまりジョークがかぶらないようにしないといけなのですけども、田中さんが言ったかどうかは知らないのですが、この研究所の名前をどうやって省略するかという話はしましたか？……していないですね、よかつ

た。長ったらしいので、どうやって省略形を作るか、ちょっと皆さん考えていただきたいのですが、総合地球環境学研究所、三文字で略すると、何がいいでしょうか。

会場：地環研。

そうそう（笑）。一番最初に出たのが、地環研という名前です。地球の地と環境の環と研究の研。しかし地環研は、さすがにやめようということになりまして、省略形として、地球と研究所の研で「地球研」と呼んでいます。京都の北側、上賀茂のさらに北側、京都盆地の北の端にあります研究所から来ました。

先ほどありましたように、話をしていく中で分からないところがあったら、是非ストップしてください。質問があると、私非常にうれしくて、発表のときに質問がない発表は失敗だといつも子どもに言っていて、質問していただくと、非常にうれしいタイプですので、是非よろしくお願ひします。

では、早速ですけども、今日のタイトルは、「水を巡る地球環境問題その1」、その1があると

ということは、その2があるのですけれども、今日はその1ということで、「一世界の水問題を衛星で見る・現場で見る」というタイトルにしてみました。私は水のことを研究して、これでもう30年ぐらいになりますけれども、水の問題をいろいろな視点から見てみようということで、今日お話しするのは、衛星で見たらどう見えるか。もう一つは、現場で見たらどう見えるかという話をしていきたいと思います。



プリントを見ずに質問にお答えいただきたいのですが、ガソリンの値段を、昨日私が家を出るときに見ましたら、大阪では158円でした。この辺はガソリン1リットルいくらですか。同じぐらい？160円ぐらいですか。左側はペットボトルです(図2)。これはたぶん300ミリぐらいですが、1リットルの水はだいたいいくらぐらいですか。1リッターのボトル水はいくらぐらいか想像してください。それから、左の下のところは、これは私の家の水道の蛇口です。今流しっぱなしにしていますけれども、水道水の1リッターの値段をご存じの方はいますか。今の同じボトル水と比べたいので。

会場：25 銭、

0.25 円。いい線だと思います。

大阪は0.21円です。一番下は、これは地下水です。皆さん、家に井戸のある方はいらっしゃいますか。……結構いるのですね。昔からというか、古い家は井戸が多いですけれども、井戸の水は、汲み上げるのにももちろんお金は払っていないですね。プリントにも答えは書いてあります。今いろいろな

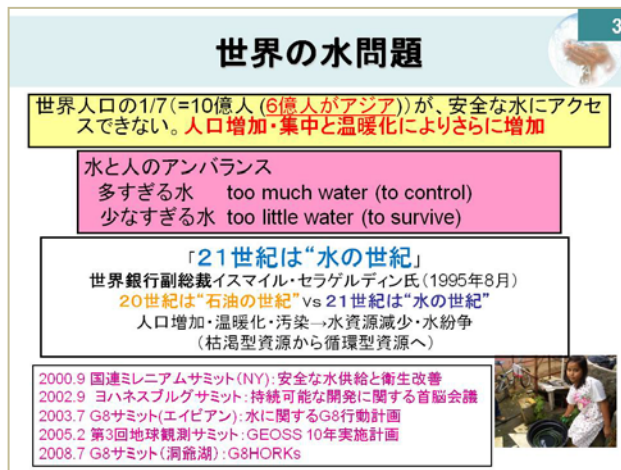
ペットボトルがありますけれども、大阪で昨日見たのは180円ぐらいでしたが、1リッターの水、それから1リッターの水道水、それから1リッターの地下水、そして1リッターのガソリン、これを見て皆さんどうお考えになるか。

まず、ガソリンと水で、なぜ水の方が高いのか不思議ですよ。このペットボトル、水の値段というよりは、輸送したり入れ物の値段であったり、そこにコストがかかっていると思うのですけれども、なぜかガソリンよりも高い。それに比べて水道水は圧倒的に安いです。地下水はただです。なぜこんなに値段の差ができてしまうのでしょうか。同じ水なのに0円、180円。ガソリンよりも高い。

これを考えながら、今日はお話を聞いていただきたいのですが、水の値段、私も30年水の研究をしているときに、いろいろ言われるのですが、水の研究をやっている人は水商売と言われるので、水商売は、いろいろな意味があると思うのですが、胡散くさいという意味も幾分あるのです。水の研究自体が、そんなに昔からある研究ではありません。100年以上は続いていますけれども、最近の研究でも、まだ分からないことはたくさんあります。今日はその水の話をしていきたいと思います。

2. 世界の水問題

今日もたくさん雨が降っていますので、我々は水に困らない国に住んでいます。ただし、世界を見ると、水に困っている人はたくさんいて、今は世界の人口70億ぐらいのうちの7分の1、10億人は安全な水を使うことができない(図3)。



安全な水という意味は、水はあっても飲めない水であったり、衛生的に問題のある水の場合は、安全な水とは言えませんので、そういうのを含めると、10億人ぐらいが安全な水にアクセスできない人で、そのうち6割、つまり6億人がアジアに住んでいるのです。同じアジアにしながら、我々には水の問題はあまり深刻ではありませんが、アジアの中で6億人は困っている状況にあります。

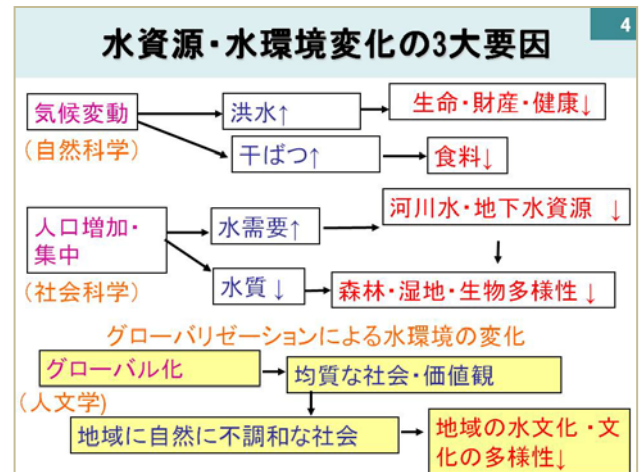
では、どういう問題に困っているか。ここで高校のときに習った英語の構文を思い出してほしいのです。too 何とか to 何とかってありましたね。何々しすぎて何々でないという英語の構文、たぶん思い出していただけるかと思うのですが、ここで書いたのは、多すぎてコントロールできない。水が多すぎて管理できないという問題が一つ目の問題です。これは端的に言うと洪水です。日本もたくさん洪水がありますけれども、水が多すぎてコントロールできない、管理することができない。これが一つ目の問題で、バンコクなどでも最近大きな洪水がありましたし、フィリピンでも台風の後は洪水がたくさんありました。これが一つ目の問題です。

二つ目の問題は、少なすぎて生き残れない。Too little to survive、水が足りないことによる問題です。日本の場合でいうと、渇水の状況です。水が足らなくて問題になったり、世界で言うと、砂漠の地域。前回の田中さんの話は、たぶん乾燥地域、砂漠地域の話だったと思うのですけれども、そういうところは水が少なすぎて人も住みにくい。生き物も生きにくいという状態です。

そういう世界の水の状況を踏まえて、「21世紀は水の世紀」というようなことを言った人がいます。これは世界銀行の副総裁の方で、だいぶ前の方ですけれども、「20世紀は石油の世紀」だと。冒頭の写真で、1リッター160円の石油を見ましたけれども、20世紀は、我々は枯渇型の資源の石油を使って生活を維持してきた。それが20世紀だとすると、21世紀は水の世紀だ。その意味は、人口は70億を突破して、まだ人口は増えていきますし、人が今度都市に集中してきています。それで起こる水の紛争、水の戦争、これが21世紀は頻繁になっていくだろう、そういうことを世界銀行の副総裁はおっしゃったわけです。

それをもう少し深読みすると、20世紀は枯渇型

の石油に依存する世紀だったけれども、21世紀はもうちょっと循環型の資源に依存するような社会を作っていくべきだと言っているのかと私は思いました。「20世紀は石油の世紀」、「21世紀は水の世紀」というとらえ方をして、いろいろな方が水の問題に取り組んでいます。世界的にも、国連レベルとかG8サミットで水の問題を克服していこうという取り組みがたくさん行われています。



次ですが、水が多すぎて問題であるとか水が少なすぎて問題であるという話をしましたけれども、では、そういう問題が起こる原因にはどんなものがあるか。一つは、気候変動です (図4)。気候変動で皆さん最近感じていらっしゃるの、雨の降り方が変わってきていると何となく感じていますよね。スコール型というか、集中的に雨がバーッと降ってきて、降らないときはピタッと止まってしまう。昔はシトシト降るような梅雨があったけれども、今は変わっているように感じている人が多いと思うのです。雨の降り方が変わってくるのは、一つは気候変動です。これで雨が増えると洪水が起こる。逆に雨が減っていくと、今度は干ばつが増えてきます。洪水が起こると、命がなくなったり、財産がなくなったり健康に問題が出てきます。一方で水が足らなくなり、食料が作れなくなってしまう、そういう問題が一つあるのです。

二つ目は、今度は人口増加と都市への集中です。人が増えると、もちろん水がたくさん要りますし、水をたくさん使うと、水資源が減っていきます。それから人が出す廃棄物などで水質が悪くなります。そうすると、生物に影響を与えてしまうという問題が二つ目の大きな要因です。

この二つは、よくテレビやニュースで聞くと
思いうのです。ただもう一つ、三つ目の問題があり
ます。それはグローバル化による水環境の
変化ということだと思っています。どういう意味
かということ、世界は均質化していています。ア
メリカナイズと言っているのかもしれないし、グ
ローバリゼーションというのが起こっています。
そうすると、均質な地域社会、あるいは均質な価
値観で社会が動いてくる、そういう社会に今なっ
ているのです。

例えば最初に見たペットボトルは、我々のおじ
いさん、おばあさんのときは、そんなものはなく、
なしで暮らしていたのですけれども、ペットボト
ルの便利さ、ファッション性も少しあるのでしょ
うか。そういうものが均質な価値として我々の社
会の中に入ってきた。

そうすることによっていろいろな問題が起きて
いると思うのですけれども、ひとくくりで言うと、
それぞれの地域の自然に調和的ではない社会にな
ってきている不安、可能性がある。それぞれの地
域には水に関係するいろいろな文化があります。
例えば豆腐、日本酒もそうですが、いい水がない
とできない食文化があります。そういう水の文化
に何らかの影響を与えている。この三つは、学問
分野でいうと、一番上は自然科学、2番目は社会
科学、一番下は人文学、こういう学問分野全部を
カバーする内容を水の問題は含んでいるととらえ
ています。

どれくらいの頻度で質問を聞いていけばいいの
か分からないのですが、途中でも、あったら是非
言ってください。話の腰を折ってください。

会場：10億という中で、少なからず中華人民共和
国の方々が含まれていると思うのですが、中国で
は、水質の問題が一番、ダムによる渇水もありま
すけれども、水質汚染がものすごいです。一度見
ましたけれども、水とは言えないような状態です。
あれは国家が国民とは無関係に推進していますが、
それもGDPを第一にという一つのアメリカーナ
イズと考えてよろしいのでしょうか。

中国だけではないと思うのですけれども、経済至
上主義といいますか、レッテルを貼るのは私は好
きではないのですが、分かりやすくするため、あ

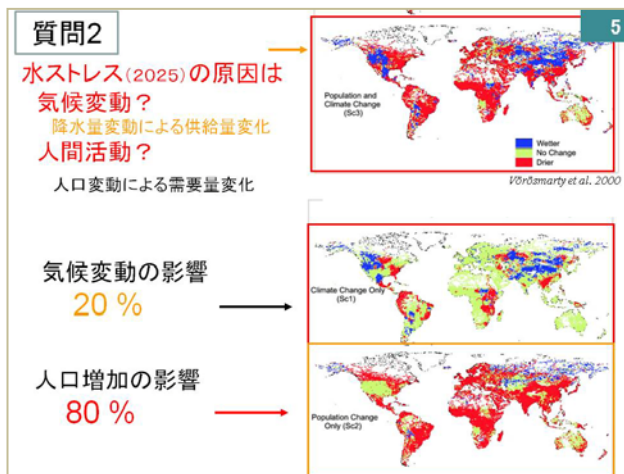
えて言うと、経済のみに依存する社会を経済至上
主義社会のような言葉を付けるとします。我々も
もちろん経済的に収入がないと生きていけないわ
けですから、部分的には否定はできないのですけ
れども、一方の極端なものとして経済至上主義が
あり、もう一方では逆に環境原理主義的な発想も
あるのです。環境を守ればいいのかということ、環
境を守って人が死んでしまったら、またそれは問
題なので、どこの間を取るかというのは、いろい
ろなスタンスがあつていいと思っています。

一方で環境を守りながら経済をどう支えていく
かという、その間でどこを選んでいくかというこ
となので、今の中国は、たぶん経済の方に寄って
いるのだらうと思います。日本も少し前はそうい
う状況だったと思うのですけれども、中国の場合、
水質の悪化は非常に深刻で、中国のオリンピック
のときは、チンタオでボートレースができないく
らい、アオコが広がっていました。重金属の汚染
も広がっていますし、食べ物への影響が大変大き
いのです。水質の問題というのは、量の問題が片
付いた次に来る問題で、日本の場合も、水の量の
問題が片付いた後に水質の問題をケアして解決に
向かったのです。中国は今水の問題で手一杯で、
まだ水質のところにはほとんど手を付けられ
ていない状況だと思うのです。

では、質問の二つ目、プリントをまた見ずに考
えていただきたいのですけれども、水の問題を考
えたときに、気候変動の問題を、先ほどちょっと
言いました。雨がたくさん降ったり雨が減ったり
する問題です。それから人間の問題として人が増
えたり、都市に集中していったりする問題があり
ます。原因が大きく二つあるとすると、二つのう
ち、どちらがどれくらいの割合で水のストレスを
決めているか、それを研究した人がいます(図5)。
気候変動のストレスと人口増加による水の需要の
変化、これを合わせたものを100%とすると、ど
ちらがどれだけ大きいか。プリントを見なかった
人で、答えたいという人がいたらどうぞ(笑)。

会場：人間活動が75%。

いい線いっています。気候変動の影響が20%、人
口増加、人間活動の影響の方が8割です。この図
で書いてある赤く見えているところが、2025年に



水のストレスが非常に高くなると言われている場所です。青いところはそうでもないところです。そのうちの気候変動の影響である雨が減ることによって水のストレスが高くなるのは、この赤いところです。それから一番下は、人口が増えて、水を使う量が増えるからストレスが高くなる、そういう地域が真っ赤かになっているところで、人口増加の影響です。

会場：具体的には、どちらがどういうふうに影響しているかというのは、どういう出し方をしているのですか。

まず上の方は、皆さんもニュース等で聞かれているような IPCC レポートという第 5 次レポートが出ましたけれども、そこでは温暖化の予測をしています。気温がどれくらい変わるかというだけではなく、雨の降り方がどう変わるかという予測をしています。そうすると、雨がどの場所で将来どれくらい増えるのか、減るのかという予測ができるようになっています。この上の部分は、その雨の量の予測から出しています。IPCC レポートの中にも出ています。下の方は、これは基本的には人口増減の予測です。人口増加がどの地域でどれくらい起こるかということ予測して、1 人当たりどれくらい水を使うかというのは、それぞれの国のレベルによって違いますが、それを掛け算して予測しているのが下の図です。

例えば日本が今 1 人どれくらいの水の量を使っているかご存じですか。1 人当たり、皆さん、1 日何リッター水を使っていますか。1 日 1 人当たり、飲むだけで 3 リッターぐらい、そんなもので

すね。300 リッターぐらい、それくらい、いい線いっています。300 リッターぐらいはいると思います。人間が生きていく上で最低必要な水の量というのが WHO で決められていて、それは 50 リッターです。1 日 50 リッターあると、人は生き延びられる。もちろん飲む水だけではなく、いろいろなものに水を使いますので、最低そのくらいは必要だと言われているのですが、日本では現在その 6 倍ぐらいの水を使っています。

会場：質問なのですけれども、気候変動と人口増加でダブルで影響を受けている場所があるようなのですけれども、どうなのですか。

あります。雨が減って人が増えるような場所は、もうダブルの影響を受けますので、そこはストレスが大変高くなります。

会場：日本も赤なのですか。

日本は赤です。

会場：人口増加というより、水の使用量が増えているのではないかな。

日本は雨が少し減る予測なのですかね。

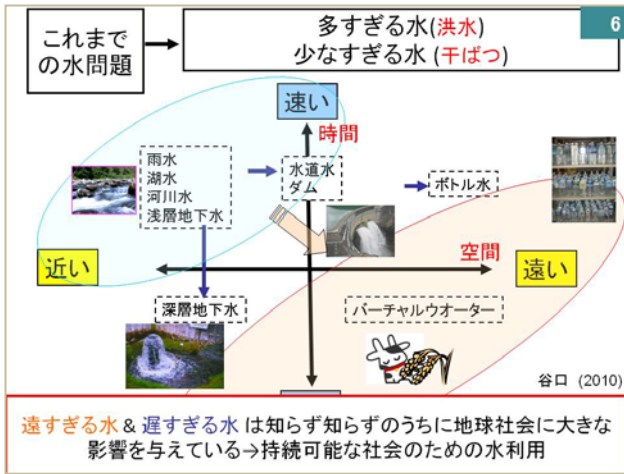
会場：だって人口は減るはずですよ。

たぶん 1 人当たりの水の使用量が増えるのだと思います。人口掛ける 1 人当たりの使う水の量で計算しているので。後ろの方、質問ですか。

会場：よくは見えないのですが、中国の内陸の砂漠がありそうなあたりが青く塗ってあるように思えるのですけれども、砂漠に雨が降ってくるような変動が予測されているのですか。

ここで青くなっているところは、基本的には雨の量が増える予測の場所です。これまでの雨の降り方の変化を見ていると、100 年ぐらいで雨の量が 2 倍になったり半分になったりしている地域がたくさんあるのです。過去 100 年でそう変わっているということは、将来そう変わることは確実に、雨

の増える場所が青くなっている。よろしいですか。また細かく地図を見ると、面白いところが分かるかもしれないと思います。



では次に行きます(図6)。少し頭の体操をしていただくために作ったのですが、先ほど言った水が多すぎて問題になる洪水とか、水が少なすぎて問題になる干ばつ以外に、どういう問題があるでしょうか。たぶん昔は、人がたくさんいないような時には、近くの水で速く動いている水、つまり速く循環しているような雨水であったり、すぐ近くにある川の水だったり、池の水であったり、そういうものを使っていたのだろうと想像するのですが、人が増えていって、ちょっとだけ遠いところにダムを造って、そのダムから水道水を引っ張ってきて、タップウォーターとして今使っています。それに加えて、最近ではペットボトルのボトル水を、フランスのエビアンから動かして皆さん飲んでいるわけです。これはどういふふうに変ってきているかということ、近い水の利用から、どんどん遠いところの水を皆さんは今使うようになってきています。

もう一つは、後で少し話しますが、深い地下水をどんどん使うようになってきています。この深い地下水というのは、水の循環が非常に遅いのです。ゆっくりゆっくり循環するような水なので、なかなか回復しない水なのですけれども、今どんどん深い水、つまりゆっくり流れる遅い水を使うようになってきたのです。バーチャルウォーターという言葉が皆さん聞いたことはありますか。

会場：直接飲んだり使ったりしないのですけれど

も、牛を育てるのにかかった水ということです。

そうです。今おっしゃっていただいたのは、次に写真が出てきますので、説明したいと思います。これはバーチャルウォーターといって、実際には水は動いているわけではないのですが、アメリカやオーストラリアで牛を育てるのには草が要る。その草を育てるのに水が要る。ということは、我々が食べているビーフは、アメリカあるいはオーストラリアの水を使って育った牛を我々が食べているということで、水がバーチャルに動いているという考え方です。バーチャルウォーターというのは、深い地下水を使っている場合が多いので、そういう深い水というのは、遅い水であって、さらに遠い水ということで、ここに書きましたが、これまでの水の使い方が速くて近い水であったのが、どんどん遠くて遅い水を使うようになってきた。皆さん水を飲んでいるときにそんなことを意識しないと思うのですが、次、水を飲むときに、例えばペットボトルはど産かと書いていますね。動いてくるときにエネルギーをかけて動かしているわけですから、どういう水を皆さん飲んでいるかというのを是非考えてほしいのです。

遠い水というのは、なかなか我々の頭の中の構造からいうと、なかなかイメージは湧きにくいのです。例えば家の前の川が汚れていたら、先ほど水質の話がありましたけれども、すぐ気が付くし、何とかしなければと思いますが、例えばエビアンの水が汲まれているところに工場が建てられて、何か問題があったとしても、なかなかそういう情報は伝わってこないのです。遠い水という、なかなか意識が及びにくい水を皆さんは使い始めているのだと思うのです。

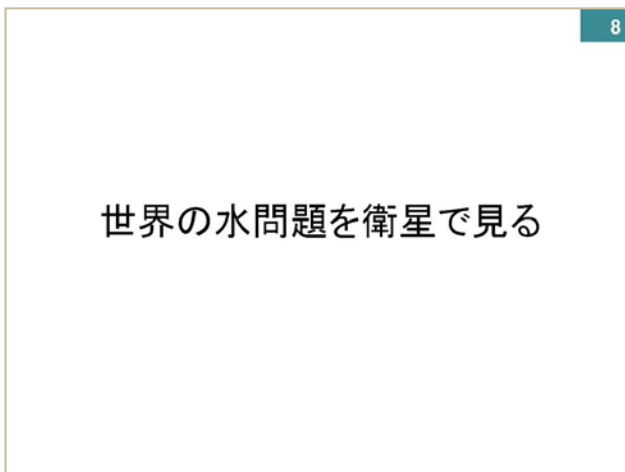
もう一つは、遅い水というのは、回復するのに時間がかかるということは、将来必要になる水を食いつぶしている可能性がある。言葉でいうと、持続可能ではない水の使い方になりつつあるという懸念があります。

では、ここから少し話題を変えて、先ほどのバーチャルウォーターとまたつなげて話をしたいのですが、私は今地球環境学者を名乗っています(図7)。水のことをやっていますけれども、水というのは、いろいろな問題と絡んでいるので、地球環境学をやっていると名乗っています。これ



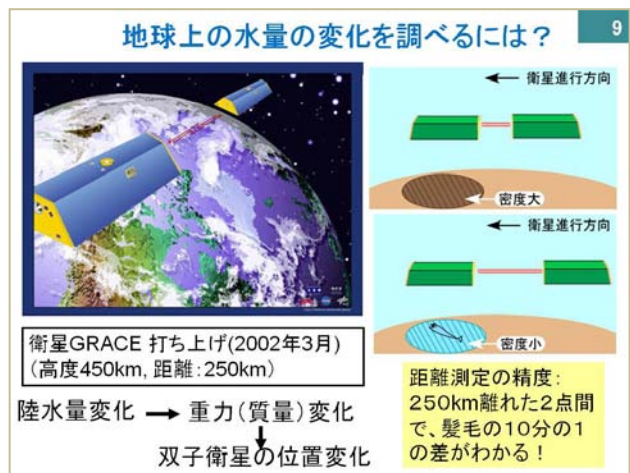
は今日のタイトルにも関係するのですが、地球環境学という学問分野があるとすると、皆さんイメージとして、どんな人を想像しますか。左側は海岸ですけれども、韓国のインチョンの海岸の調査の様子ですけれども、右側は衛星画像を整理・分析している写真です。地球環境学者といったときにどういうイメージを持つか聞いてみたいのですが、左側のイメージを持っている人、手を挙げていただけますか。……3分の1ぐらいかな。右側のイメージを持っている方、……こちらの方が多いですね。ちょっと右側の方が地球環境学者のイメージとして多いというのが分かりました。

3. 世界の水問題を衛星で見る



先ほどのスライドの右側の話です。世界の水問題を衛星で見る(図8)。今日のタイトルにある衛星で見る方の話に入りますけれども、地球上にある水の量をどうやったら調べられるか(図9)。これまでなかなか分からなかったわけです。それを

調べる方法ができて、2002年に衛星 GRACE が打ち上げられました。GRACE は重力・リカバリー・アンド・クライメット・エクスペリメント (Gravity Recovery and Climate Experiment) の略で、重力ですから、重力です。それから重力・リカバリー、リカバリーはなかなか日本語にしにくいのですが、元に戻すという、重力の値を計算して数値にかえるという意味なのですが、重力・リカバリー・アンド・クライメット・エクスペリメントのクライメットは気候・気象、それからエクスペリメントは実験。そういう名前の衛星が 2002 年に打ち上げられました。地球上から、高さでいうと 450 キロ。これはツインの双子衛星で、距離が 250 キロ離れています。これが地球上を自由落下してきます。最終的に大気圏に突入して燃え尽きてしまう衛星です。あと 4 年ぐらいすると寿命が尽きて、今は第 2 号機を打ち上げる準備をしています。



なぜこれを使うと水の量が分かるのか。私、初めに聞いたときは、眉唾ものかと思ったぐらいの話なのですが、原理はこれです。まず衛星が地球上をぐるぐる回っていくのですが、地球の中で密度の高いものがあると、この双子衛星の前の衛星がちょっとだけ遅くなる。そうすると、この距離が短くなる。逆に下に密度の小さいもの、例えば水です。水があると、ちょっと前の衛星が速くなる。そうすると、この距離がちょっとだけ長くなる。これは今オーバーに書いていますが、ほんのちょっとだけ距離が変わる。この距離をきちんと測ると下に何があるかというのが分かるのです。何があるかだけではなく、水の量が増えたり減ったりすることが、この距離を測ることで分かるの

です。

水の量が変わると重力が変わることなのですが、最終的に双子衛星の位置、距離が変わる。逆に距離を測ることで、水の量の変化を知ることができる。どのくらいの精度で距離を測ることができるかという、250キロ離れた2点間で、髪の毛の10分の1ぐらいの差が分かるほどの精度で距離が測れるのです。

250キロですから、たぶんここから名古屋の少し手前ぐらいです。ここから名古屋の手前にいる人の髪の毛の10分の1の差が分かる。それくらい分かったら、その下の水の量が消えたり減ったりというのが分かるのです。

会場：何ミクロンですか。

0.01 mm とかそれくらいです。もう少し下がるかもしれません。

会場：10 ミクロン？

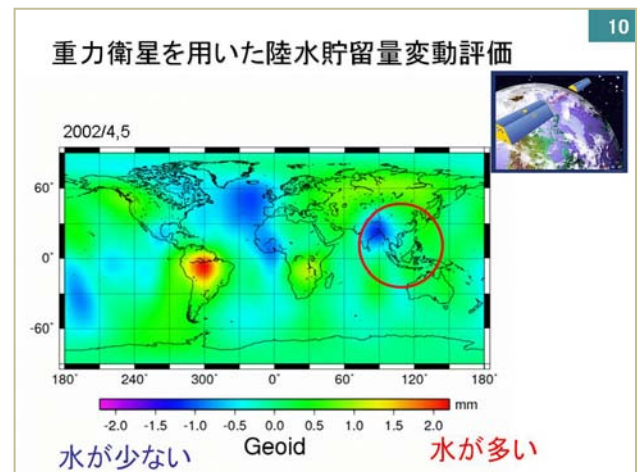
人によって髪の毛の太さは違いますので。

会場：何かすごく乱暴なお話に聞こえるのですが、密度が、岩盤があったり金属があったり水があったりということで、重なっているわけですよね。深さというか、地球のどこまでを測っているのか教えてください。あと気象の方もありませんか。空気層、その辺を教えてください。

一番ポイントを突いた質問です。ここで分かるのは、「量」と最初言いましたけれども、実際分かるのは「量の変化」なのです。この双子衛星で分かるのは、大気が一番上から地球の中心部までの量の変化が分かるのです。全部の量の変化が分かるだけなのです。実際の水の量は分からないが、変化量は分かる。その変化の中には、水蒸気も入っていますし、地表面にある川の水の量も入っていますし、土壌の水も地下水も入っています。マンツルのほうは変わらないんですけども、地球の中心から水蒸気のある一番大気のとっぺんまで、その水の全体の量の変化が分かるのです。これは何回もぐるぐる回りますから、前のときとこの距離がどれくらい変わったかということで、前に回

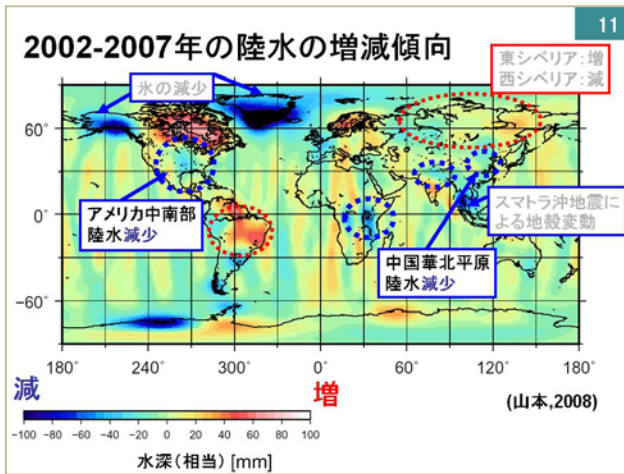
ったときとどれくらい差があったかということで水の量の変化が分かるのです。今のが一番ポイントを突いた質問です。ありがとうございます。

この髪の毛の10分の1の精度が分かると、どれくらい分かるかということ、水深でいうと、水深1ミリの変化が分かるのですが、一番の問題は、空間解像度、広さに対する解像度はあまりよくないのです。100キロ程度です。100キロ平米ぐらいのエリアの平均値で水深1ミリぐらいの変化は分かるのですが、もっと狭い、例えば10メートルや100メートル平米の範囲で変化が分かるかということ、全く分からないのです。そういう意味で、空間解像度は非常に荒いです。それでも、こういう事は今までは分からなかったのですが、どれくらい水の量が全体で増えたか減ったかというのが衛星から分かるようになってきました。



打ち上げられたのは2002年からで、毎月のデータが書いてあるのですが、増えた、減ったということで表現しています(図10)。水が増えた場合には赤くなっていて、水が減った場合には青くなるようになっています。もちろん海の上も変化しているのですが、陸の上を見てみると、このアマゾン流域の変化が一番きれいに見えるのですが、ここに測定の月が書いてあります。それぞれの月で水が増えると青く映って、水が増えると赤く映る、月ごとのデータとして表されています。

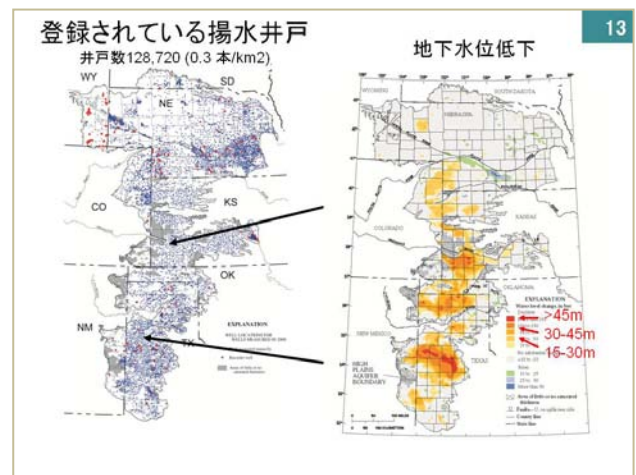
それから我々のいるモンスーンアジア、日本はちょっとしか書いてないのですが、季節変化が激しいところですから、雨が增える、水が増えると青くなるし、減ると黄色くなるという変化が見えます。



これを 2002 年から 2007 年の 5 年間で見たとき、どれくらい増えたか減ったかというのをここに書いています (図 1 1)。GRACE の名前の由来を言いましたけれども、重力値、重力値の変化をもともと測る衛星です。スマトラ沖の地震がありましたけれども、その影響などが出ています。これは水の量が増えたり減ったりしたのが原因ではないです。それからもう一つ、氷の減少というのもとらえられていますし、シベリアは東側が増えるのに対し、西側が減ったりしています。こういう氷であったり、地殻の変動で起こるような重力値、重力異常などもとらえているのですけれども、一方でここアメリカの中南部、ちょっと青くなっていますね。ここは陸水が減っています。それから中国の北側、インドの北側、それからアフリカの中央部です。ここも陸水が減っている、5 年間でかなり減っている場所です。こういうのが変化として分かるようになってきています。

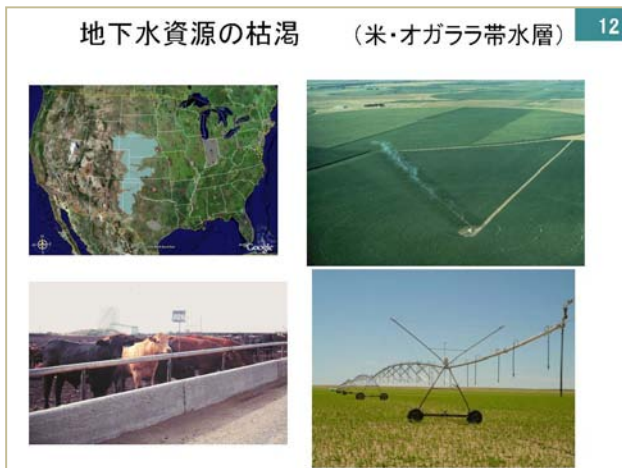
では、このアメリカの中南部で何が起きているかということ、先ほど言ったバーチャルウォーターなのです。アメリカの中南部、別にこういう湖が

あるわけではなく、地面の下に地下水があるので。色を塗っていますが、この範囲に地下水があることを示しています。カリフォルニアが日本と同じぐらいの大きさですから、日本よりも大きな範囲に地下水がたまっている。そこから水を汲み上げ、スプリンクラーで水を撒いて牧草を作る (図 1 2)。円周状に水を撒くものだから、飛行機の上から見ると、きれいな円がいっぱい見えるような写真を、ひょっとしたら皆さん見たことがあるかもしれません。そういう草を育て、その草を牛が食べて、その牛を輸入して、我々は牛肉を食べています。ということは、ここで汲み上げた水を間接的に我々は使っている、それがバーチャルウォーターです。



ここで水をガンガン汲み上げて、どういう問題が起きているかということ、ここに井戸がたくさんあります (図 1 3)。水を汲み上げている井戸がこの範囲で 12 万本ぐらい。ここでどういうことが起きているかということ、これはカンザスの一部ですが、ここに書いてあるグラフを見ると、一番左が 1950 年から 2000 年にかけて、だいたい 30 メーターから 40 メーターぐらい水位が下がっています。30 メーター水位が下がるというのは、すごい量です。こちらはテキサスです。テキサスもだいたい 40 年で、これも 30 メーターから 40 メーターぐらい、かなりの量が今下がっています。この原因の一部は、ひょっとしたら皆さんが食べている牛肉かもしれません。

地下水がどれくらい下がっているかという図を見ると、これはオガララ帯水層、アメリカ先住民の言葉で、オガララという名前が付いています。オガララ帯水層ですが、ここで一番水位が下がって



いるところで 45 メーターぐらいです。これを見ると、北側はあまり水位が下がっていない。井戸はたくさんあるのですけれども、南側は下がりが多いです。この理由は何か分かりますか？

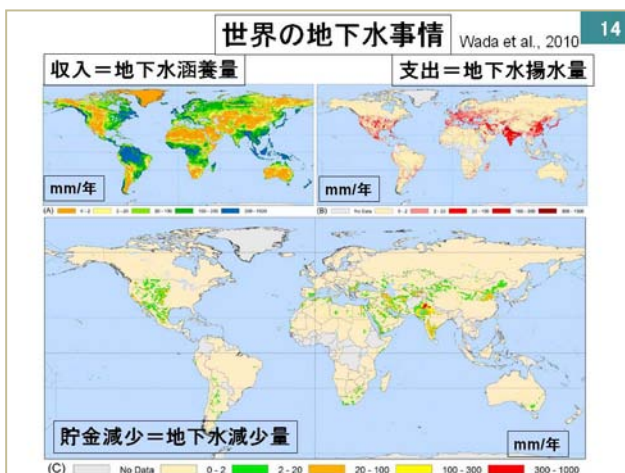
会場：五大湖。
五大湖はもっと北側です。

会場：影響ない？

五大湖はこちら側です。このオガララ帯水層で地下水をいっぱい汲み上げているのですが、これは南の方が地下水位が下がっていて、それに対して北はそんなに下がっていません、これを見ると。

会場：北は地下水が補充されるシステムがあるか、南は逆はない場合はあり得る。

それはあり得ます。雨がたくさん北側で降って、南側はあまり降らないような場合は、地下水を供給する量が違うということになります。若干雨の量は北の方が多のは事実です。そういう自然の影響もあるのですけれども、もう一つ、大きな影響の一つとして、南側の州は、どちらかという、共和党政府の州で、北側は民主党なのです。民主党は規制をかける方なのです。ビッグガバメントというか、井戸の揚水に関しての規制がかなり厳しい。それに対して、共和党の方は、スモールガバメントで、あまり規制をかけない。そういう州政府の考えの違いというのでも表れていると言われています。



これを世界で見るとどうなっているか (図 1 4)。

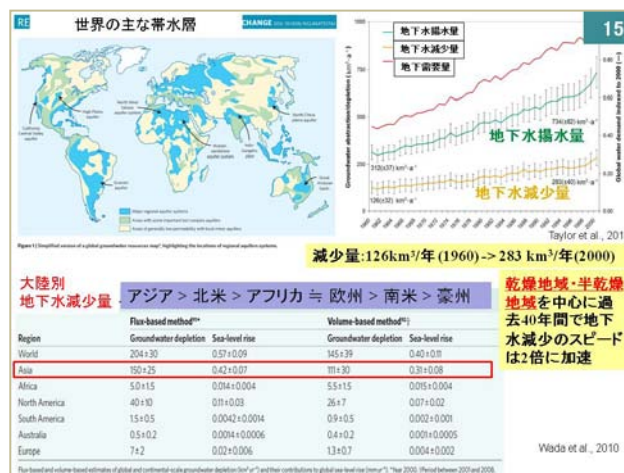
今おっしゃっていただいた地下水の収入です。どれくらい地下水に収入があるか。これを左の上に書いています。青いところはたくさん雨が降りますので、それだけ地下水の収入が多いのです。右側の図は、今度は支出の方です。地下水をどれくらい汲み上げているか、これが支出です。収入引く支出が貯金の減少ですね。下の図が貯金の減少はどれくらい、どこの場所であるかというのを書いています。先ほどのオガララ帯水層とか中国の北部とかインドの北部が、今地下水の貯金が極端に減っている場所なのです。

会場：先ほどの中国の位置がずれているかもしれないですけれども、あそこは 10 年後、2025 年のときに降雨量が増えるところではないですか。

増える予測です。これは現在、現実的に今地下水の量が減っている場所です。

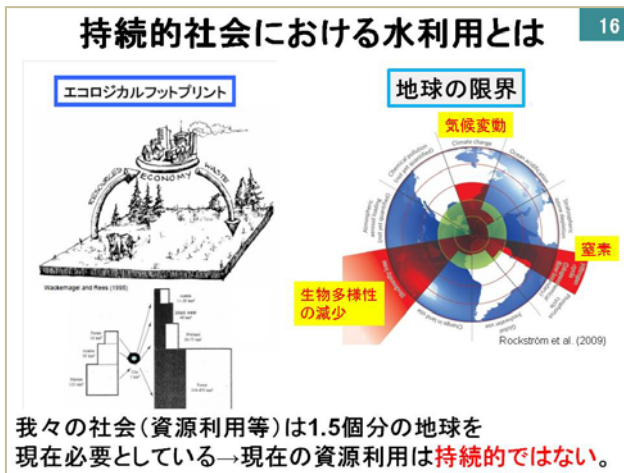
会場：でもこれから大丈夫なら OK みたいな (笑)。

楽観視するとそうなるかもしれないですけれども、実際の減り方を見ると、先ほど見たように、オガララ帯水層が 30 メーター、40 メーターの水位が下がっていて、中国はさらにそれ以上です。インドはもっとひどいのですけれども、それを補うだけの雨の量が増えるかという、それは全く足りない。こちらの収入が予測でも追い付かないというふうになっています。それを長期的に見るとどうなっているかというのは、図が小さくて見えないですね (図 1 5)。プリントを見ていただくと、1960 年から 40 年間にどれくらい地下水が減っている量が変わってきているか。つまり 40 年前もどん



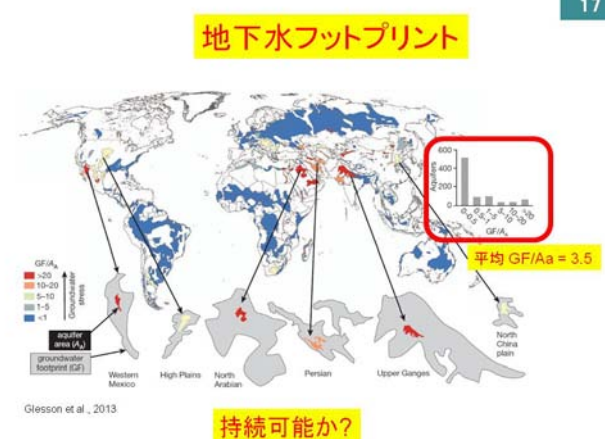
どん減っていたのだけれども、さらに今、加速して地下水の量が減っているのです。それが2倍以上、40年間で減っている量が2倍になっている。加速的に地下水が減っている状況です。

地球上のどの場所が地下水が減ってるかという、アジアが圧倒的に減少量が多いです。北米、アフリカ、アフリカとヨーロッパは同じくらいで、南米、オーストラリア、この順で地下水が減っています。特にアジアの場合は、インドと中国が一番の原因です。



では、これがどんどん減っていったら、こういう状況は永遠に続くわけではなく、もう枯渇してしまいますので、これは持続的ではない状況だと言えると思うのです。持続的な社会とはどんなものか考えたとき、エコロジカルフットプリントという考えがあるのです(図16)。これは都市を想定しているのですが、都市を養うのに、都市の面積の何倍ぐらいの場所を使って、例えば食料を作り、あるいは水を確保してというのは、都市のエリアの何倍必要か。あるいは都市から出ている廃棄物を処理するのに何倍の面積が必要なのかということを計算すると、現在の我々の社会は、都市がたくさん世界中にありますけれども、それを養う社会を維持するには、今の地球の1.5個分の面積がないと、持続的ではないと言われています。もう既に地球1個分を超えて、1.5倍の面積を必要とする状況だと言われているのです。

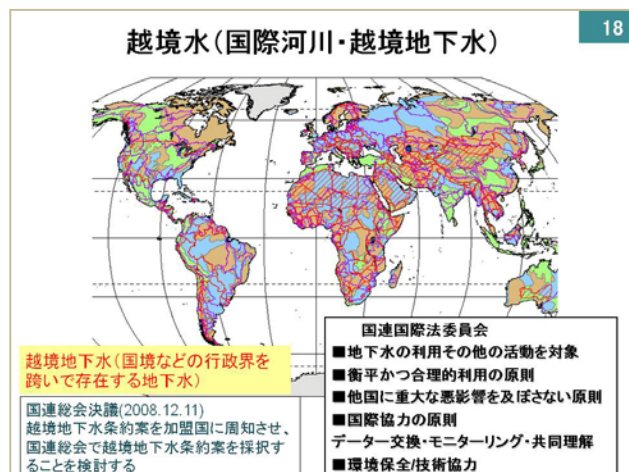
これをもう少し水に関して考えてみたいということで、先ほどの地下水のエリアです(図17)。先ほどオガララ帯水層の話がありましたけれども、このオガララ帯水層の地下水の減り具合を抑えるためには、どれぐらいの面積が必要か



ということを書いたのが、灰色のエリアです。この赤いところは、実際の地下水のエリアです。

灰色のところは、地下水が持続的に養われるためには、これだけの面積が必要だということを示しています。それを全体で平均してみると、3.5倍の面積が要するということになります。地下水に限って言うと、今の3.5倍の面積がないと賄えないという状況にきているということです。

もう一つ、ここで少しお話ししたいのは、地下水のエリアを色で塗っていますが、地下水のエリアというのは、我々は日本に住んでいるので、あまり考えないのですが、国境をまたいで地面の下に水が流れているのです(図18)。これは非常にやっかいな問題で、21世紀は水の世紀で、水紛争が起こると言われている一つの大きな要因なのですけれども、国境をまたいで水が地面の下でつながっている。国境のこちら側の国がたくさん水を使いすぎると、この水が減るとことは、隣に影響を及ぼすのです。そういう国境をまたいだ水の流れというのが問題になってきています。



これは越境地下水というのですけれども、国連でも越境地下水をどうやって管理するかということで、国連の国際法委員会ができて、2008年に国連で議論されました。その後、各国で批准することになっているのですが、日本は越境地下水がないので、そういう話題が全くないです。

この越境地下水の国際法も、日本の国連大使の山田さんという方がこの法案の素案を作りました。日本は越境地下水がないから、フェアな立場から作れるだろうということで、山田さんにお鉢が回ってきて、素案作りに参加されました。今、各国で国際法をそれぞれの国が認めるということを議論している段階です。

会場：ちょっと伺います。気候の変動の中に、最近、だんだん台風が激しくなってくる傾向が見えるのですけれども、台風の運んでくる水というのは、海の方から汲み上げたようなものなので、その影響というのは入っているのでしょうか。

IPCC レポートの中には、台風の頻度とか台風の大きさがどれくらい変わるかと、そういう予測はされているのですけれども、例えば1個の台風がどれくらいの水の量を海から吸い上げて、雨として落とすかという予測は残念ながらされていません。確かにおっしゃるとおり、台風の頻度が増えていくと、1個の台風が今かなり大きくなっていますね。この前のフィリピンの台風もすごかったですけれども、そこの予測は確かにまだされていないと思います。

会場：海の面積は非常に広いですから、ただの蒸発でも、やはり雲経由で水が戻ってくるのですけれども、台風がさらにそれを助けているような気がいたします。

我々の感覚でいうと、台風が増えているように思いますし、1個の台風が大きくなっているイメージが強いのですけれども、地球全体で見ると、そうではないところもたくさんあります。地球全体で雨がどれくらい増えていっているかという、そんなに全体で増えているわけでもない。それぞれの場所によって非常に差があるというのは事実だと思います。よろしいですか？

会場：今まで地下水、埋蔵量の話がありますけれども、通常我々が見る川の水の量とか、そういう目にする水の量と実際に入っている地下水の比率というのは、どのくらいなのか。

数値を今ははっきり覚えていないのですけれども、地下水の量に比べると、川の水の量は圧倒的に少ないです。ただし、流れの循環は速いので、その循環を、例えばダムを使って止めることで、我々はその水を利用する。循環が速いから、何回も何回も使える水、川の水はそういう水です。

地下水の場合は、量が多いのだけれども、先ほど言った収入は世界平均でいうと、だいたい1年間に100ミリぐらい、もうちょっとあるかな。日本は400ミリぐらいですけれども、1年間に地下水の収入は400ぐらいですけれども、やはり少ないです。川の水の量に比べると、やっぱり少ないので、地下水は、下にたまっている貯金は多いのだけれども、水の循環の収入は少ないのです。川の場合は、流れてくる水の循環としてのキャッシュフローが多いのです。それをうまくダムにためて使っているという状況です。

会場：もう一つです。先ほど衛星で、今地球全体のある部分の重力を測定し、水の貯蔵量を推測する、変化量ですね。例えばある部分で、例えば鉄鉱石とか非常に比重の重いものを取る場合とか、あと原油の埋蔵量などの変化、アメリカなども最近いろいろな原油に類するものを取っていますね。そういう影響というのはどうなのか。

鉱物資源を取ることによって、先ほどのGRACEのデータにどれくらい影響が出るかということですが、その評価もオーストラリアなどではされています。その場合は、一方的な変化、取ってしまったら、減ってしまうような変化なので、それは評価できるので、ここで今見えているのは、増えたり減ったりするという1カ月ごとのデータが見えているので、その変動に比べると非常に少ないです。鉱物を取った重力の変化そのものに比べて、圧倒的に季節変化の方が大きいのです。

世界の水問題を現場で見る

このペースでいくと終わらない感じなので（笑）、ちょっと飛ばして、越境水は止めにします（図19）。まだこれで半分なのですけれども、よかったら次回も来てください。二つ目の、水の問題を現場で見るということで一つお話ししたいのは、水は誰のものなのかという事です（図20）。これは皆さん是非考えていただきたいのですけれども、水って、誰が使う権利があって、誰が管理するべきなのか、これは非常に難しい問題なのです。今の日本の状況をいうと、川の水は、国や県が管理しています。地下水は、基本的にはその地面を持っている人が水を取る権利がある。もちろん規制のかかっている場所もあります。地盤沈下が激しいところは規制がかかっていますが、基本的には、法律上はその地面を持っている人が下にある水を取ってもいいのです。そうすると、自分のところで深い井戸を掘って、ガンガン水を汲み上げたら、隣の地下水が減るのはもう当たり前です。でも今は、法律上はそうになっています。

会場：昔から水利権というのがある。

水利権は川です。川の水は水利権があります。

会場：国とかだけではないのですね。

それは権利を配っているのです。権利を農業組合とか、権利を水利権として与えています。今言ったのは、地下水はそういう権利がないのです。自分の地面を持っている人が使っていていいという、いわゆる私水です。プライベートな水になる。そこでおきる問題が、コモンズ論というのを皆さん聞いたことがあるかと思いますが、「共有地の悲劇」です。共有地の悲劇というのは、里山などでよく使われる言葉なのですけれども、みんなが管理すればうまくいこうと思って、みんなが管理するようにするのだけれども、結局誰もやらずに荒れていく。水の場合も、水はみんなのものであって、それはいいのだけれども、誰もちゃんと管理しなかったら問題が起きてしまう。同じ問題なのですけれども、これを少し考えてみたいと思います。

熊本の例をお話します。熊本市は、水源を100%地下水に依存しています。70万人の人口の都市で、100%地下水に依存している場所というのは、日本ではほとんどないのですけれども、阿蘇山の麓のところで地下水が涵養されて、流れて行って、熊本市内で地下水を使っています。近年、熊本市内で水位がどんどん下がってきていて、水前寺公園、皆さん行かれたことある方は多いと思いますけれども、江津湖の湧水量がどんどん減ってきていたのです。ではこの原因は何だろうか。地下水をたくさん使い過ぎていたのではないかということで、地下水揚水量を調べると、揚水量は増えていない、逆に揚水量は減っているのです。使っている量は減っているのに、なぜ水位が下がってくるか。なぜ江津湖の湧水量が減っているか。それは分からなかったのですが、調べていくと、これは1965年から1997年の都市化が原因ではないかという事が解ってきました。水が浸透しない舗装道路であったり、建物があって、地面の下に水が染み込まない場所が拡大している。もともと農地だった場所が農地でない場所に変わっていったものもあります。こういう水が浸透できるエリアが減って

水は誰のものか？

持続可能性の視点

- * 効率性・経済性
- * 公平性
- * 多様性(代替性)
- * 安定・安全性
- * 自律性

水問題の視点

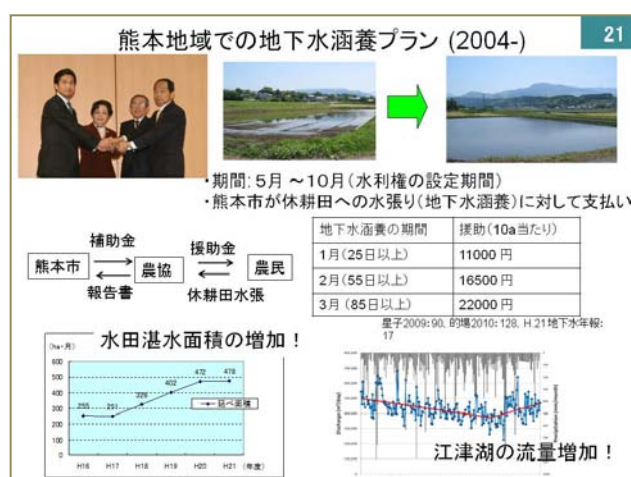
- * 資源としての水
- * 循環する水(物質輸送)
- * 環境基盤としての水
- * 安全保障としての水
- * 文化としての水

コモンズ論

- ハーディン: 共有地の悲劇
- オストロム: 水は動くコモンズ

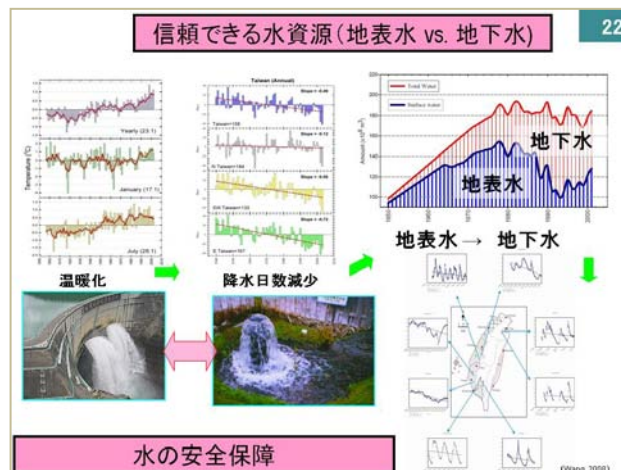
しまった。非農地がこれだけ増えた。その結果、地下水が減っていった。

ではこの地下水は、熊本市民のものかという、もともとこの水は熊本市の外から来た水なのです。熊本市の外の水田から、ここはざる田と言われているのですが、水田からどんどん水が漏れているような場所です。ここから水が染み込んで熊本に流れていった。熊本の人たちが使っている地下水は、熊本の外のところで収入として入った水が流れてきて、その水を熊本の人が使っている。そうしたら、この水は本当は誰のもので、誰が管理すべきか。熊本市が考えたのは、熊本市の地下水を涵養している市外のエリアの11市町村と合同で水の管理をしたらいいのではないかと考えたわけです。熊本市民から集めた税金を熊本市の外の市町村の農家の人にお金をあげて、お米は作らないけれども、水を張ってもらおうというわけです(図21)。減反政策なので、お米は作れないのけれども、水だけを張ってもらうのにお金を渡す。25日水張りすると、1万1,000円あげます。85日以上水を張ってくれたら2万2,000円渡します。これも先ほど質問あったように、水利権が絡んでいて、水利権のある灌漑の期間だけしかできないのですけれども、3カ月をマックスに、これだけ水を張ってくれたら、お米は作らないけれども、熊本市民からいただいた税金を熊本市の外の市にあげる、そういうことをすることで、水が浸透して行って、今江津湖の湧水量は元に戻ってきました。



世界の水大賞という水の活動を表彰するところがあるので、去年の賞にも選ばれた事例ですけれども、熊本では、こうしてうまく水の

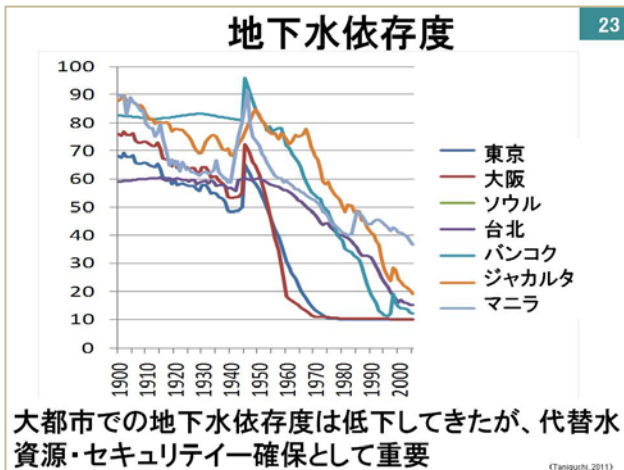
管理を、広域の水の管理体制を作ったということです。



あと20分ぐらいいけますか。ではいけるところまでいきます。先ほど気候変動で台風の増え方が変わっているという話をしましたけれども、これは台湾の例ですが、台湾もちろん温暖化が進行して何が起きているかという、雨のたくさん降る日と全く降らない日ははっきりしている(図22)。日本も同じですが、総雨量はそれほど変わっていないのです、台湾の場合。日本も1年間に降る全体の量はそれほど変わっていない。総雨量は変わらないのに、たくさん降る日とほとんど降らない日があるという意味は、降水日、雨の降る日数が減っているという事なんです。台湾も降水日数がかなり減っています。降水日数が減ってどういうことが起こったかという、降った雨は川に流れます。川の水をダムにためて、ダムから水を引っ張ってきて、タップウォーターで使っていたのですけれども、雨がたくさん降るときはいいのですが、降らないときがかなり増えてしまったので、ダムに水がたまらないことが多くなったのです。それで地表水、つまりダムの水はやめて、地下水の方に1970年から1980年に変えた。その結果、今台湾では、地下水の水位が全国的に下がってきています。これは気候変動というものをきっかけに、水の使い方が、地表水から地下水に変わったということなのです。ひょっとすると日本もこういうことが起こり得るかもしれません。

これは水を川の水として使った方がいいのか、地下水として使った方がいいのか、同じ水なのだけれども、今は川の水は国交省管理、地下水は農水、

経産、そういう縦割りなのですが、ようやく7月に水循環基本法ができましたので、内閣府の中に統合する部署ができました。これから議論をして、こういうのをどうするかという議論が始まるのですが、今までは、どちらを使っていいいのかというのは、縦割りの行政で大きな問題になっています。これも一つの例なのですが、私の前の地球研のプロジェクトで、アジアのメガシティの水問題をやりました(図23)。そのときにアジアの七つの都市でどれくらい水の量の変化があったかを調べました。1900年から2000年にかけて起こった、地下水の依存度の変化がこれです。先ほど熊本は100%地下水と言いましたけれども、日本は今全体でいうと、10%、15%くらい。大都市に限ると、10%を切っています。今フラットになっているのは、10%以下は数値として表していませんので、東京、大阪は10%を切っています。



こういうふうにして、都市が大きくなるに従って、地下水依存度は減っています。これは水が足らなくなるので、どんどんダムから水を引っ張ってきて、より遠くの水を使っているのですけれども、これを見て皆さん気が付くかどうか。ここに大きな山がありますが、これは何でしょう。

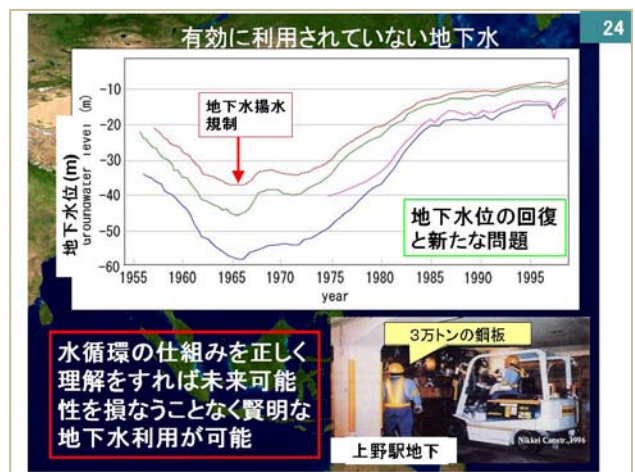
会場：第二次大戦。

そうですね、第二次大戦です。第二次大戦のときは、地下水の依存度は2割、3割ぐらい増えたのです。その影響がたぶん10年か、ひょっとしたら15年ぐらい続いていました。これは大戦のときにインフラが破壊されて、水道ではなく、より近くの地下水を扱った。その地下水というのは、東日

本大震災のときもそうですし、中越、神戸の地震のときもそうなのですけれども、災害があったときの水の代替水源として非常に注目されています。災害というのは、自然災害だけではなく、人間が引き起こす世界大戦のように、そういう場合でも、水をどう使うか。この場合は代替水源として地下水があったから使えたのですけれども、川の水と地下水をどう使い分けていくか、そういう問題を考えるきっかけになるかと思い、今日は持ってきました。

会場：色から見てどれだかさっぱり分からない。

東京はこれです、この青です。東京と大阪は、やっぱり早くから地下水の依存度は下がっていますけれども、まだ地下水依存度が高いのは、マニラです。それからジャカルタがこれです。バンコクはこの下です。紫がタイペイです。すみません、グリーンのソウルは抜けていました。ジャカルタ、マニラは、まだ4割、3割は地下水に依存している状況です。

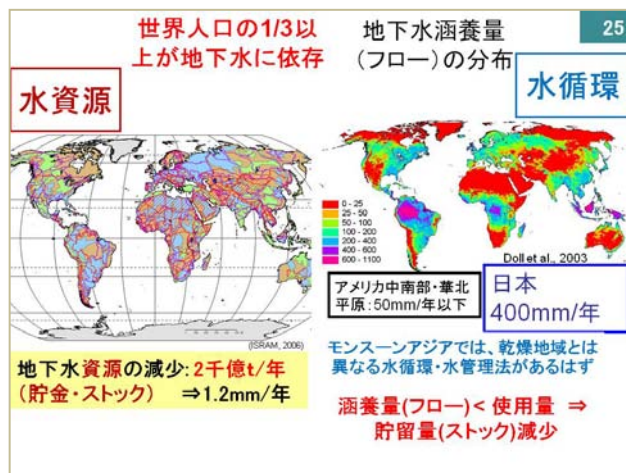


これは推計値も入っていますが、100年間のデータを整理しました。これは東京の例で、皆さんニュースでは聞いていると思いますけれども、東京は戦後地下水を使い過ぎ、地盤沈下が起きました(図24)。東京の場合、地盤一番が下がったところで4メートル下がった。4メートルの地盤沈下が起きるといのは大変なことですが、それで地下水揚水規制が1965年にできました。そうすると、今度は地下水水位が今度どんどん上がっていき、地下水位の低いときに作った地下の構造物が今、問題になっています。地下構造物が浮

き上がってしまうのです。上野の地下では、3万トンの重しを上に乗せて押さえ込んでいる。もう一つは、アンカーで引っ張っている状況です。

JR 東日本の方に聞いたら、水位が1メートル上がると、経費としては2億か3億をかけて対策を取っているということを言っていました。これは水の循環が、収入があるから貯金が戻ってきたわけです。収入があることが分かれば、それに応じた使い方ができるはずなのに、それをきちんと考えずに揚水規制だけして、また新たな問題が起こっています。

対策と問題がたちこごこで起きているいい例だと思うのですけれども、日本の場合は、水を使わなかったら、それだけ十分元に戻るだけの涵養があるということが分かっているにもかかわらず、きちんとした施策の中に入れていなかった例だと思います。現在は公園などに水を一部回して使ったりしていますけれども、もう少し有効な利用ができるのではないかと思います。



これが先ほど言った貯金の目減りと収入がどれくらいあるかという話です (図 25)。貯金の目減りについて、先ほど示したのは左側の話で、キャッシュフローがどれくらいあるかというのは右側に書いています。これは日本の地下水のキャッシュフローですけれども、年間 400 ミリ、水深 40 センチ分だけ地面の下に入り込んでいくのです。アメリカ、先ほどのオガララなどは 50 ミリ以下、日本の 8 分の 1 ぐらいしかキャッシュフローがない、収入がない状況ということになっています。そういう乾燥・半乾燥地域で、中国やインドの北側もそうですが、収入以上に水を使ってしまうと、貯金が減るのは小学生でも分かるのですけれども、

そういうことが現実には起きています。



これは飛ばします。時間の関係もあって、京都の話をして終わりにしたいと思います (図 26)。地球研は京都の北にあるのですけれども、御所がここです。京都にもたくさんの有名な井戸、それから湧水があります。皆さんたぶん京都に行かれていますと思うので、環境省が選んでいる名水百選や有名な湧水、井戸水、行かれたことがあるかもしれませんけれども、こういう水を使ってお酒を作ったり、豆腐から生麩、そういうものを作っている場所もたくさんあります (図 27)。



京都は、そういう湧水や地下水に依存する文化が長く続いている場所です。もちろん鴨川の水も流れていますけれども、川の水だけではなく、そういうゆっくりした水の流れをベースにした食文化であったり、お茶であったり、そういう文化が非常に盛んです。水の流れを考えたときに、川の水の流れに対して、地下水は非常に遅い、ゆっくりですから、非常にゆっくりした水の流れとも関係しているのかもしれないと思っています。

京都の中で、私も好きなもの1つは、生麩なのですけれども、生麩を皆さん食べられたことはありますよね。生麩の水分量を計ると、71%。体積の中の7割が水です。これは赤ちゃんの体の水の割合とだいたい同じくらいです。大人になると、この割合がどんどん少なくなってきました。水が抜けていくのです。味はなく無味無臭です。歯触りや触感を楽しむような食べ物なわけですが、水の割合が大事なのではないかと私は思っています。それから豆腐であったり、ちなみに麩を作るのは地下水じゃないとできないのです。温度が高すぎると溶けてしまうし、低すぎると、固まりすぎてダメなのです。だから水道水でやると生麩が作れない。水道水は夏場は温度が高くなり、冬場は温度が下がるのです。必ず地下水を使うとおっしゃっていました。

京都の場合、水の貯金として、京都盆地の地下に琵琶湖と同じぐらいの量の水があるとされています。雨が京都の場合600ミリぐらい鴨川を中心に川の水として流れるのですけれども、残り1年間に400~500ミリぐらいが収入として地下水に入ってきます。この収入と貯金を使うと、どれぐらいの寿命で地下水が循環するかというのが計算できます。具体的にいうと、貯留量、つまり貯金割るキャッシュフローで寿命が出ます。京都の場合は、約250年かけて1回、京都の地下水は一巡します。これぐらいゆっくりした循環なのです。京都の地下水で、お酒を作る水と、そうではない水の水質を調べたりもしています。たぶん名前を聞いたことある「キンシ正宗」とか「月桂冠」とか「黄桜」とか酒を造る水の水質の、これは同位体です。この同位体を調べると、お酒に使っている地下水と、お酒を作っていない地下水と水質に非常に違いがあるのがわかりました。これは調べて初めて分かったのですけれども、お酒を作る地下水は、どちらかというと、先ほど言った寿命の長い、よりゆっくりと流れてきた地下水を使っているということがわかりました。

会場：二つ、同位体を見ているということですか。

そうです。左側が酸素の同位体比、縦軸が水素の同位体比です。こちらは酸素18と16の比率です。こちらは水素の2と1の比率です。

会場：重水素も見ているのですか。

質量数2の重水素と質量数1の水素の比率です。これを調べると、どれぐらいの標高で地下水に付け加わったかというのがわかります。それを使ってやると、どの起源の地下水なのかが分かって、先ほど言った、お酒を使っている地下水は、より遠くのゆっくりした地下水だというのがこのときわかりました。

今日も、お酒が出てくるかと思いつつお茶で我慢(笑)。ここに書きましたが、伏見のお酒に使っている水は、ちょっと標高の高いところ、高いと言っても、だいたい300メートルぐらい高いところで地下水になった水を起源にしているということがこのときわかりました。酒水ではない方はもうちょっと標高の低いところの水です。

地球研にこういう機械があつて、同位体を計ることができるので分析をしています。今日はお話しできないのですけれども、貝の分析もして、イワガキの分析をしています。身の方を食べて貝殻を分析しているのですけれども、カキがどこの起源の水で育ったかということが分かるようになってきています。



もう一つ、京都の話題として、これはたぶん日本全国で今起きている現象なのですが、京都の給水人口というのは、60年代以降、だいたいフラットで、京都の人口はそんなに変わっていません(図28)。ちょっと減っていますが、給水人口はそれほど変わっていないのですが、水道の供給量は、ここ20年ぐらいずっと減ってきています。

水循環基本法の5つの理念

- 1) 水循環の重要性
- 2) 水の公共性
- 3) 健全な水循環への配慮
- 4) 流域の統合的管理
- 5) 水循環に関する国際的協調

流れる水は元の
水にあらず

水は誰のもの？

いつまでもあると思
うな親とカネと水？

隣の人は何する
人ぞはダメ？

日本が学ぶ事
日本が伝える事

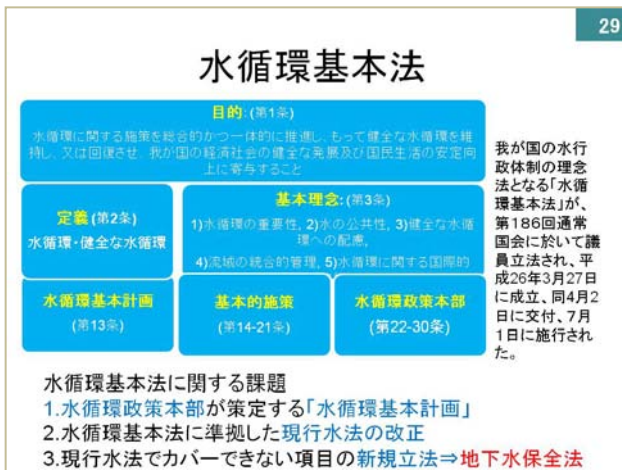
供給量は、給水量が減ると、お金の収入が減ってしまうので、水道料金がもらえません。そうするとインフラも、今インフラを替えなければいけない時期にきていますので、そういう水道の施設を替えるお金がなくなってしまいます。

この原因が何かというと、デパートや旅館、ホテル、大学などもそうですが、そういう大きな企業を含め、そういうところで地下水をただでどんどん使っている。地下水はただなのです。ただの方がいいに決まっているとみんな思うのですけれども、ただの地下水をくみ上げると、今まで徴収できていた水道の水が、給水量が減ってしまって、京都市に入る税金が減ってしまう。水道管の付け替えなどのお金が足らなくなるという状況なのです。これは先ほど言った地下水は誰のものか、水は誰のものか。これは京都だけではなく、今日本各地で起きている現象で、先ほどちょっと言いました水循環基本法というのが7月にできましたので、今、それをもとに地下水保全法という素案を作っています。

水循環基本法の五つの理念というのがあるのですが、「水循環の重要性」、これはたぶん言いたいことは、「流れる水はもとの水にあらず」、鴨長明もこういうことを言いたいのだろうな(図30)。それからもう一つは「水の公共性」、水は誰のものか、誰が使う権利があって、誰が管理をするのか。三つ目は、「健全な水循環への配慮」、これは「いつまでもあると思うな、親と金と水」、こういうふうにかけてみました。それから4番目は「流域の統合的管理」、これは「隣の人は何する人ぞ」はダメでしょうという事です。熊本の例を話しましたが、こういう概念も上がってきています。それから「水循環に関する国際的協調」、こういう五つの基本理念を立て、これから基本計画とそれぞれの個別立法を進めていく段階に今きています。

会場：水循環基本法で、例えば国際的な協調性のない近隣のある国が、日本の水源地、遊水池を買っていますね。ニセコなどはもう全部買われてしまいました。そうすると、誰のものということになるのでしょうか。

今おっしゃったのが、この基本計画ができたきっかけの1つになっているかもしれません。地下水保全法の中に、森林、水源保護というのが入ってきます。規制がどれくらいかけられるかということも、今議論になっている真っ最中です。この基本法、例えば海洋基本法というのでも、2008年にできたのですが、あのときも排他的水域を決めるといって、外交的な目的が最初にあって、それが個別に先に出てきたのと同じように、水循環基本法も、いわゆる外交的な政治的な目的の部分が先に上が



私も委員の1人なので、来月、第1案ができますけれども、こういう問題をどうするかということ議論し、来年早々には、法案の審議に入るような段階にきています(図29)。これが水循環基本法ですが、こういう形で水循環の基本計画を作ります。それから今カバーできていないのは、地下水であり、湧水であったり、その部分がカバーできていません。それから同じ水でも、温泉水は温泉法というのがありますし、川の水は河川法がありますが、既存の法律との整合性であったり、そういうものもこれから議論になります。

ってきているので、地下水保全法が一番先にきたのも、そういう理由があるのかもしれませんが。その規制も今議論しています。

時間的にこれぐらいが限界かと思しますので、ここで終わりにしたいと思えます。どうもありがとうございました。(拍手)

<質疑応答>

司会：すみません。時間がだいぶ押し過ぎてしまいましたので、こちらで一度終わりにしたいと思います。この後懇親会がございますので、そちらで質問をしていただけるのですが、1~2問、もしよろしければ、ご質問を受けたいと思えますが、いかがでしょうか。

Q1：CO₂などは地球全体で見ると増えていくということになりますが、水は、使いやすい水は減るのだけでも、海水で増えたりということで、H₂Oの総量としては、100年、200年単位で変わっていない、今後も変わらないと思ってよろしいのですか。

谷口さん：大きな意味でいうと、量は変わらないのです。地球が生まれたときから数億年以降、水の総量は変わっていないと言われてます。使える量が変わるのは事実です、今おっしゃったように。例えば今シェールガスを採取するとき、フラッキングを行うのですが、これは水を注入することでシェールガスを取り出すわけですから、深さ3キロ、4キロのところに水を入れてしまうと、その水は使えなくなります。使えなくなる水や使える水という量では変わってくるのですが、地球上の水の総量は変わりません。

Q2：日本のような湿潤の地域に限ってということですが、昔は木材は使うと言われていたのが、今は国内産の木材を使いましょうという流れになっていますね。同じように水は、例えば東京圏の人は、利根川、荒川、多摩川の浄水を使うよりも、浄水はもっと水で河川に流しましょうと。むしろアルプスの方だとか、海まで短くて水が多量にあるところの水をボトルドウォーターで、今でさえボトルドウォーターをオイルよりも

高い金で買える東京圏の人なのだから、日本に限り、日本国内のそういった水で需要と供給のバランスが取れている水については、例えば認証制度ができて、その水をむしろ都市圏の人は買わないという時代が来るということはあると思いますか。

谷口さん：日本の場合、水はたくさんあるから、水の問題はそれほど大きくないのです。そういう意味でいうと、実は次回、「水・エネルギー・食料連環」という話をするのですが、日本の場合水はたくさんあるのだけでも、エネルギーや食料の方はボトルネックになるような社会なのですが、そういう意味からいうと、水はたくさんある。その中でどれだけうまく回していくかという話なので、今おっしゃった話でいうと、エネルギーの方にあまり負荷のかからない水の使い方をするという話は出てくると思います。日本の場合、水よりもほかの要素がたぶん出てくると私は思います。

水の管理に関しても、どれくらいのエリアでやるのがいいかというのは、その場所、場所が違うと思います。熊本の場合、熊本市でやるよりは、もうちょっと広域でやった方がいいというのは出てきましたけれども、もっと狭い範囲でやった方がいい場合もあるのです。それぞれの水の環境は違いますから、場所ごとに最適な解があるか、なかなか難しいですけども、違いはあるはずですが。東京の場合、水以外の要素を考えることができるかということが一つと、水の量は外からどれくらい持ってこられるか。外から持ってくるというのは、東京の外に人たちにどれくらい返せるかということもあります。水を享受するというのに対して、我々はお返しをしなければいけないのです。だから、エコシステムサービスという話を、たぶん皆さん聞かれると思うのですが、我々は自然の恵みを享受するだけではなく、それに対してお返しをしてあげないと、持続的な社会というのは続かないと思うのです。外に対してお返しをするということを東京の中で合意できれば、いろいろなアイデアが出てくると思います。

司会：では、1問、そちらの方、手短かにお願いします。

Q3：お金、水に対するお金は誰が払うのかとい

うので、今の地下水の話もそうですけれども、地下水だと、取るときお金はかからないですけれども、それが下水になったときに、そのお金は誰が払うのかとか、あと海外の新興国であれば、お水を今まで買わない人たちがお水を使うということになると、コストがかかりますけれども、そのコストをどういうふうこれから払っていくのかということを知りたいと思います。

谷口さん：一つ、参考例になると思うのは、バンコクの例なのですけれども、バンコクも東京と同じように、地盤沈下がずっと続いていて、何とか地盤沈下を止めたいということで、東京と同じように地下水の規制をしたのですが、東京のようにダムを造ってから規制をしたのではなく、何も無い状況で規制をしてしまったので、地盤沈下の影響が外に広がっただけだったので、それではいけないと地下水に課金を始めたのです。今までただだったものに対して、人はお金を払いたくないですから、ちょっとずつ上げていったのです。その課金をした収入で施設をつくっていき、10年以上かけてちょっとずつ値上げして行って、最終的に水道料金と同じくらいになったときになって初めて地盤沈下が止まりました。そんなに即効薬はなく、人間のマインドとして、タダがいいに決まっていますので、それをお金を払ってもらうというインセンティブを与えるためには、いろいろな工夫が要るのだと思うので、一つの例としては、そういうバンコクの例があります。

日本の中でも例えば熊本の場合は、地下水に対して税金ではないけれども、熊本市民の基金を作って、その基金から地下水保全に必要な経費を払ってもらう、そういう試みもされています。お金を誰が払うかというのは、まだ世界共通の答えはないと思います。場所ごとでいろいろな試みが行われているというのが現状だと思います。

以上