

ヴァーチャルウォーターを考慮した 世界水資源アセスメント

東京大学 生産技術研究所 沖・鼎研究室 代表 沖 大幹

はじめに

この度は、大学の研究室という、日本水大賞にはそぐわないやもしれぬグループの活動をきちんと評価していただけて、大変光栄に思っています。学会という専門家集団での評価ではなく、社会に向けて成果を発信できるように、と、ここ数年集中して進めてきた研究活動の趣旨をお認めいただき、学生、院生共々大変喜んでいきます。以下では経緯を少し紹介させていただきます。

研究の背景

東京大学 生産技術研究所の沖・鼎研究室では、グローバルな水循環やアジアモンスーンの変動と東南アジアの水資源等に関して、現地観測や衛星からのリモートセンシング、数値モデルによるシミュレーション、水循環予測精度の向上などを行ってきました。どちらかといえば純粋に理工系の研究を行っていたのですが、2000年頃に大きな転機がありました。

ひとつは、2000年3月にハーグで開催された第2回世界水フォーラムでした。たまたま、Next Generation Water Leadersという世界の若手水関連研究者14人のうちの1人に選ばれて参加する機会を得、まだ肌寒いハーグへでかけたところ、そこでの議論が、普段の学会とはあまりにかけ離れていることに大きな衝撃を受けたのです。魅力に溢れ、アピーリングなパワーポイントによる発表の数々、世界の水問題の現状の危機を訴え、その解決へ向けた行動を呼びかける力強さに圧倒されました。しかしながら、議論を良く聞いていると、皆、実際の個々の水問題に関しての検証はすでにどこかで終わっているかのようにほとんど触れられず、解決策としては、統合的水資源管理やダイアログ、あるいは、stake holder participation が声高に叫ばれるばかりで、それがどういう風に、

どういうケースで効を奏したか、といった点はほとんど学ぶことができなかったことに大きな違和感を覚えました。

もうひとつは、2000年10月に東京で開催された国際シンポジウム「水文学は世界水危機を救えるか？」でした。これは、国際水文科学会が主催し、発表者も聴衆も科学者や技術者が主であったにも関わらず、やはりそこでの議論は、これからは技術が水問題を解決するのではなく、水マネジメントこそが大事だ、技術者はもういない、社会学者こそが水問題研究に必要なだ、といった意見に終始していました。

もちろん、大学での研究が、現実社会の水問題の解決に直接役立つことはないだろう、とは思っていましたが、そこまで乖離しているとは思っていませんでした。

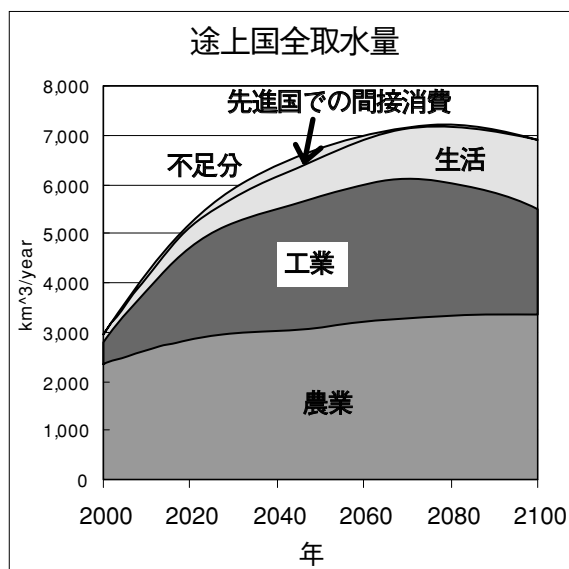
そこで、当時助手であった鼎信次郎博士や大学院生各位と少しずつ意見交換をしつつ、どうすれば社会に水問題解決へ向けた提言ができる研究ができるだろうか、と、あれこれ模索をし始めました。我々は、その頃の世界の水問題に関する情報が、すべて欧米発信であったことにも少しいらだちを感じていました。ぜひ、日本が研究した成果を、世界に発表して、逆にいろいろなところで社会提言に使ってもらえるようにしよう、というのも、大きな研究の動機でした。

システムダイナミクスによる今世紀の水資源アセスメント

まず、着手した研究は、平岩洋三君の卒業論文でした。ここでは、著名な「成長の限界」にならって、今世紀（21世紀）の水資源需給がどうなるか、についてシステムダイナミクスというシミュレーション手法で試算しました。

その結果、途上国が2100年には先進国並みの経

済発展を遂げようとする、どうしても21世紀の早いうちに水が不足し、現実的な水資源開発を行っても間に合わない、という結果になりました。この際、平岩君が考えた解決策が、途上国で必要な食料生産の一部を、水需給が逼迫しない先進国で受け持って、製品の食料を途上国へ輸出する、というものでした。まさに、virtual waterの考え方そのものですが、当時、不勉強であった我々はvirtual waterとは呼ばず、水の間接消費と呼んでいました。



Virtual Waterの推定

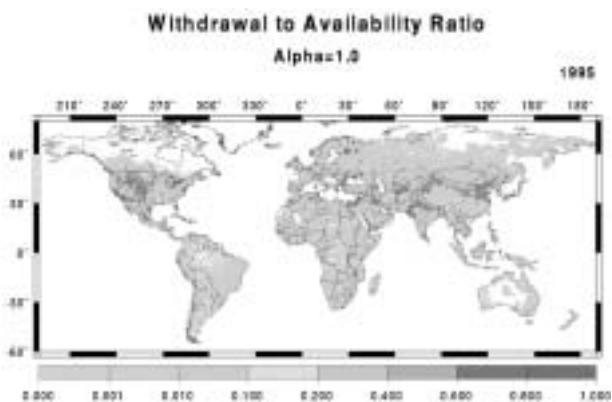
一方、第3回世界水フォーラムが京都を中心とする淀川流域で開催されることが決まり、その宣伝パンフレットには、世界の水問題を日本と結びつけて考える題材として「仮想水」の概念が紹介されていました。大変面白い概念なので、いろいろ調べてみたところ、ロンドン大学のトニーアラン教授が考え付いた概念である、ということにはわかりましたが、なぜコムギ1kgの生産に重量比でその千倍の1tの水が必要になるのか、根拠がわかりませんでした。

た。また、日本が大量の仮想水を輸入しているとして、どこからどのくらい何を通じて、というのが不明で、ぜひ知りたいと思いました。

そこで、卒論生として配属された三宅基文君と一緒に、仮想水、ヴァーチャルウォーター（以下VWと略します）の研究を始めました。同じコムギでも、国や地域、年によって必要量は違う様だし、水田の様に一旦取水しても還流分が多いのはどう考えるべきだろうか、とか、そもそも水を使うとはどういうことだろうか、とか、この時の議論が後で非常に役に立ち、国際的な場でもVWの考え方に関して、新たな見方を提案することができたと思います。

この時の結果では、精米後の白米の重量比で7,800倍、成形後の牛肉では10万倍のVWが必要で、日本は農畜産物に工業製品分を併せて年間1,000億m³以上のVWを輸入している、という値になりました。

この成果は、ちょうどタイミングよく開催された2002年夏の水資源シンポジウムで発表すると同時に、記者発表をし、広く世に広めるべく努力をしました。また、VWの父、アラン教授に日本へ集まるVWのフロー図を見せたところ、非常に興味を示してくれて、工業製品へと概念を拡大した点、また、そもそも、日本がこれほどVWを輸入している、という指摘を高く評価してもらえた様でした。



ヴァーチャルウォーターを考慮した世界水資源アセスメント

東京大学 生産技術研究所 沖・鼎 研究室 代表 沖 大幹

しかしながら、ややこれらの推定値が過大であることが後になってわかり、一旦広まった数値を修正することの難しさも学ぶこととなりました。

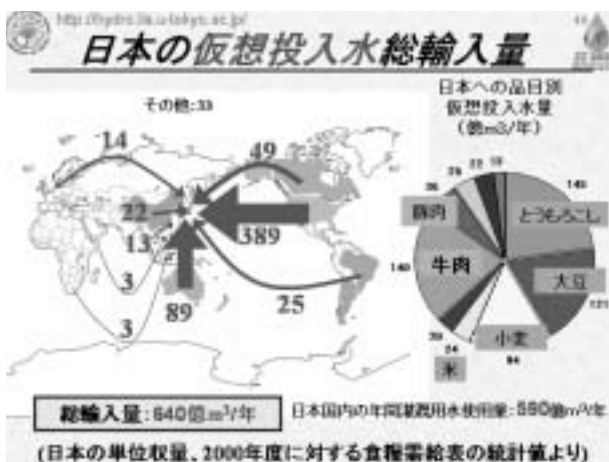
グローバルな水資源アセスメント

これと同時期に、世界規模の水資源アセスメントに取り組んだのは、猿橋崇央君でした。彼は、我々の研究グループで行ってきた自然系の水循環推定と、社会統計データとをグローバルな地理情報システムによって結びつけ、世界に出しても恥ずかしくない、グローバルな水需給マップを作成しました。しかし、この時点では、VWとは直接結びついていませんでした。

VWの吟味と加工食品への拡大

2003年3月の第3回水フォーラムへ向けて、三宅君のVW推定値を一から見直し、考え方を整理し、さらに果樹や野菜、乳製品や飲料にまでその範囲を広げたのは佐藤未希さんでした。

農学分野の出版物を丁寧に収集、読破して、特に畜産物に関し、モデル的なライフサイクルを設定して、母畜から受け継がれるVWや、副産物へのVWの配分などをきちんと整理した結果、三宅君の推定値がやや過大であったことがわかりました。

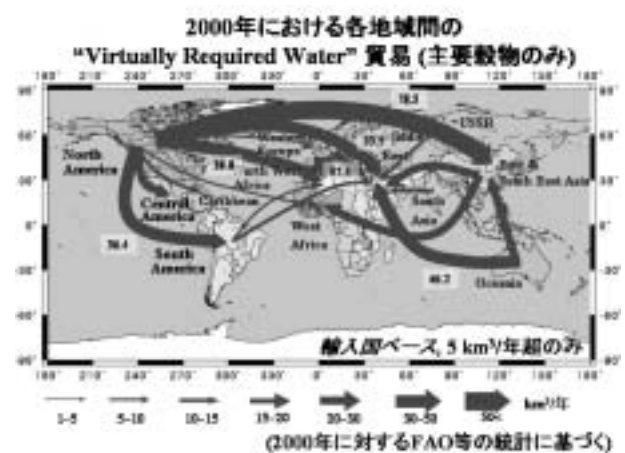


その結果、白米で3,600倍、牛肉で21,000倍と品目によっては単位重量あたりのVWの量が大幅に下がり、日本が輸入しているVWの量も年間640億m³と下方修正されました。

もっとも、第2回世界水フォーラムの最初のパンフレットに掲載されていた日本への仮想水の輸入量、が50億m³/年だったところ、三宅君の発表を受けて、その後水フォーラム事務局発表資料では400億m³/年に修正されたのに比べると、当初の推定値もそんなに外れていたわけではないと思います。

世界地域間のVWの交易

佐藤さんと同じ時期に、世界の各国間のVWの交易を丹念に調べたのが河村愛さんです。河村さんは、各国の単位面積あたりの収穫量の違いや、各国でどのくらいの割合の牛が放牧で育てられているか、等まで考慮しつつ、国と国の間のVWのやりとりを算定しました。



その結果では、日本の様に、どちらかと言えば土地が足りないのがVWを輸入している国だけではなく、そもそも水が物理的に不足している国でVWを買える豊かな国々へとVWが集まっている様子が一目瞭然で、中近東の産油国では、食料の輸入はあたかも石油を売って水を買っている様なものだ、とい

うVWの元々の概念をまざまざと示すものでした。

さらに、ここに来て、VWの研究と、世界の水資源アセスメントとが結びつきました。すなわち、

- VWの交易によって、物理的に水資源が不足していても、豊かな国は実質的には水ストレスで困ってはいない。
- 単位水使用量あたりの生産高が高く、単位重さあたりのVW量の少ない（農業）先進国から輸出されて、逆に単位重さあたりのVW量が多い発展途上国へと輸入されることが多いので、結果として、VWの交易によって世界合計の水資源使用量は削減されたと見ることもできる
等が明らかになり、世界に先駆けてそれらを定量的に示すことができました。

おわりに

わかりやすい形で研究成果を示す様につとめ、結果を積極的に公表し、頼まれれば時間をとって説明に出向き、という活動を行った結果、ここでお示した研究は、自分達で発表した以外に、確認できただけでも新聞に30回程度取り上げられ、本や雑誌、Webページ等に20回、TVやラジオで6回程取り上げられるに至りました。

そうした機会は、一方的にこちらから説明するだけではなく、質問を受けることにより、いろいろとじっくりVWに関して考えることもできました。現時点では、VWという概念は次の様な利用法があると思っています。

- 自然的条件だけではなく、食料等の交易という社会的要因を加えてより現実的な世界規模の水資源アセスメントができる。
- 将来の人口増大に対し、どの程度の水資源が必要になるかを推定する基礎資料となる。
- 水消費プロセスの見直しにより、水利用の効率の向上が図れる。

●水資源の利用に関する一般社会の認識の増大

マスメディアに取り上げられる際には、一番下の点だけがクローズアップされることも多かったのですが、それをきっかけに、水問題への関心が深まればそれで良かったのだろう、とおもっています。また、VWという概念の注意点として、水の量しか考えていないので、他の生産手段の制約により、VWを輸入しても実質使える水が増えないとか、地域の生産コミュニティが破壊される、等に対する配慮を別途しないと、VW交易の是非等は判断できない、ということがあげられます。こうした点に気づいたのも、世界水フォーラムや、ストックホルム水シンポジウム等学会の場だけではなく、多くの方々とVWについて議論した成果で、まさに、社会に向けた研究が初めてできたかな、と思っています。今後とも、このように、学問としても面白く、しかも、広く社会に受け入れてもらえて、従来とは違った柔軟な見方、考え方を提供できる様な調査、研究を続けていきたいと考えています。

参考文献

1. 「第6章 地球をめぐる水と水をめぐる人々」、沖大幹、『水をめぐる人と自然—日本と世界の現場から—』嘉田由紀子 編著、有斐閣選書 (ISBN 4-641-28085-1)
2. T. Oki, M. Sato, A. Kawamura, M. Miyake, S. Kanae, and K. Musiake, Virtual water trade to Japan and in the world, Virtual Water Trade, Edited by A.Y. Hoekstra, Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Delft, The Netherlands, 12-13 December 2002, Value of Water Research Report Series No.12, 221-235, February 2003.

参照URL

<http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/Info/Press200207/>