

2002年7月18日  
 東京大学生産技術研究所記者会見

# 世界の水危機、日本の水問題』

東京大学生産技術研究所 人間・社会大部門  
 助教授 (兼任) 沖 大幹  
 (本務) 文部科学省大学共同利用機関  
 総合地球環境学研究所 助教授



## 構成

1. [日本を中心とした仮想水の輸出入](#)
  1. 1 [仮想水とは?](#)
  2. 2 [Virtual waterと穀物の水消費原単位](#)
  3. 3 [畜産や工業生産とvirtual water](#)
  4. 4 [日本の年virtual water総輸用量](#)
2. [仮想水推定の新規性と意義、今後の展開](#)
3. [世界の水需給の現状と将来推計](#)
4. [参考文献](#)
5. [連絡先](#)
6. [図表、文章ファイル](#)
7. [補足: 背景と経緯](#)

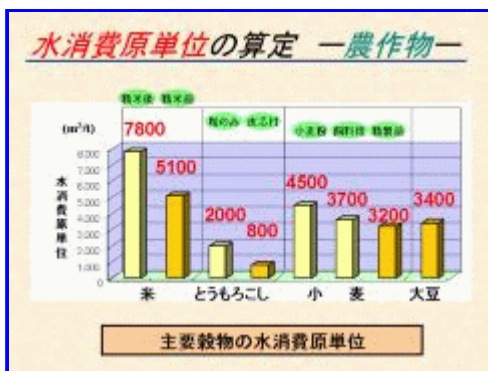
## 1. 日本を中心とした仮想水の輸出入

### 1.1 仮想水とは?

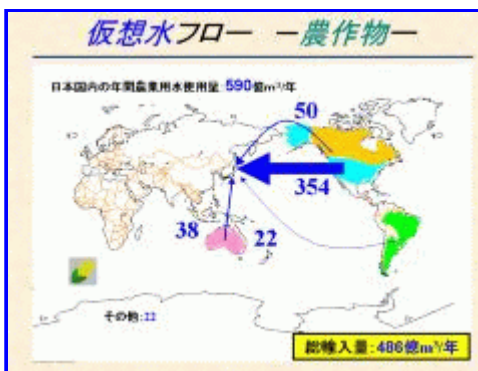
仮想水とは、virtual waterの直訳で、1990年代以降に提案された考え方です。それは、モノを生産するためには水資源が使われており、国際的な穀物の輸出入等は、あたかもvirtual waterを輸出入しているのと同じだ、という考え方です。例えば、[London大学のJ. Anthony Allan教授](#)は、中東の水不足地域において、穀物を輸入していなかったら水不足はより逼迫して、水をめぐる争いがより緊迫していただろう、という観点から、virtual waterの輸入により、水需給が緩和されている、という主張をしています。

### 1.2 Virtual waterと穀物の水消費原単位

virtual waterを考える際には、穀物や畜産物、工業製品の生産に、単位重さ当たりなどでどのくらいの水が利用されているか、という「水消費原単位」を知ることが必要です。これに関しては、「小麦は重量比で1000倍の水、肉に関しては、可食部重量で、さらに鶏だとその4倍、豚だと倍、牛肉だと3倍の水が投入されたと考えべき」という数字がさしたる根拠もなく一人歩きしていましたが、今回、沖グループでは、農業生産のプロセスに立ち返り、「日本で灌漑により生育したとしたら、米、小麦、とうもろこし、大豆1kgあたりどのくらいの水資源が必要とされるか」を体系的に推計しました(図-1)。これによると、C4植物で光合成効率の良いとうもろこしでも人間が食べる粒のみを考えると重さあたり2,000倍、小麦粉では4,500倍、精米後の米では約8,000倍の水を利用していることがわかりました。日本が年間に輸入している小麦やとうもろこし、大豆の量にこれらの水資源原単位をかけて推計すると、アメリカやカナダ、オーストラリアや南米から年間500億トン(m<sup>3</sup>)程度の仮想水が輸入されていることがわかりました(図-2)。輸入量は1996-1998年の平均値です。



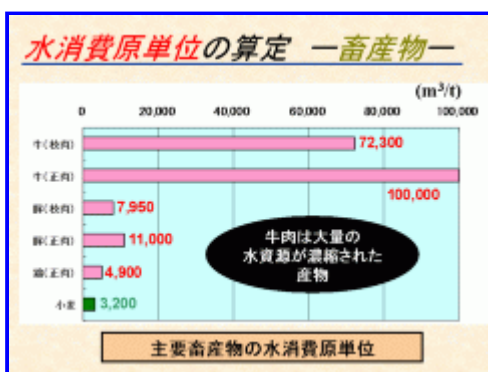
(図-1)



(図-2)

### 1.3 畜産や工業生産とvirtual water

さらに、日本で飼育される鶏、豚、牛に関して、飼料に含まれる飼料の割合、1日あたり投与飼料量、生育期間、そして1頭あたり得られる肉の量から、畜産に関しても、「日本で飼育したとしたら、鶏肉、豚肉、牛肉1kgあたりどの程度の水資源が必要であるか」を推計しました(図-3)。その結果、鶏肉で約5,000m³/t(あるいは5m³/kg)、豚の正肉だと1,000m³/t、牛の正肉に至っては、100,000m³/t もの水消費原単位だということが算出されました。牛肉100gあたり、10m³の水資源が利用されている勘定になります。これは、小麦に比べると、鶏正肉で約1.5倍、豚正肉で約3.5倍、牛肉で30倍の水資源利用量に相当します。この水消費原単位と1996-1998年平均の肉製品の輸入量に基づいて算定した畜産物に伴う仮想水の輸入を示したのが図-4です。穀物に比べてより多様な国からvirtual waterを輸入していることが分かります。総量は500億m³を越え、穀物に伴うvirtual waterの総輸入量よりもさらに多くなっています。



(図-3)

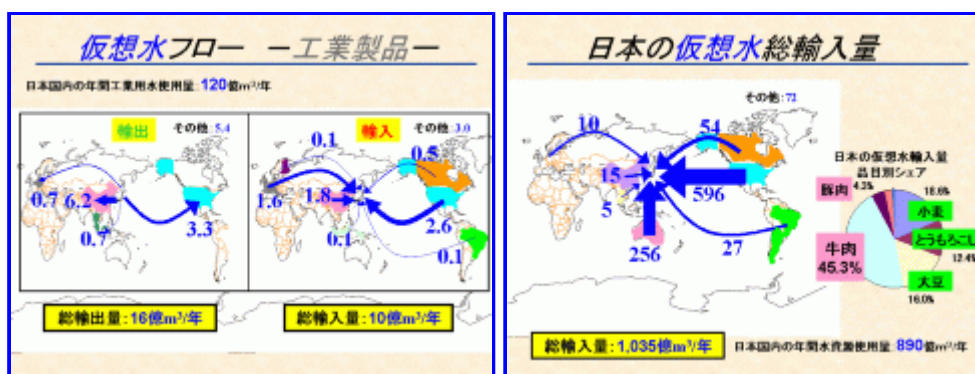


(図-4)

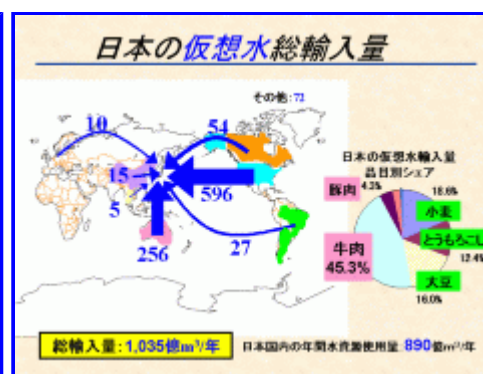
工業製品の場合には、出荷額あたりの水資源消費量を求めて、工業用水にまつわる仮想水の輸出入も算出しました(図-5)。1998年に対する推計値です。これによると、工業用仮想水の総輸出力は16億m³/年で、総輸入量10億m³/年を上回っています。しかしながらそれらの値は穀物用、畜産用の値に比べると比較的小さな値となっています。

### 1.4 日本の年virtual water総輸入量

これらをまとめて日本が輸入している総仮想水を示したのが図-6です。牛肉の輸出元であるアメリカやオーストラリア等からの仮想水輸入が主力ですが、畜産物等に伴い中国や東南アジア、ヨーロッパからも仮想水を輸入していることが分かります。仮想水の総輸入量は約1,000億m³/年にも達し、日本国内での総水資源使用量約900億m³/年とほぼ同じ程度の水を、日本は海外に頼っていることがわかりました。ちなみに、ミネラルウォーター等の輸入量は1996-1998年の平均で、年間15万m³、ビール等を含めても年間97万m³足らずで、virtual waterに比べるとごくわずかです。



(図-5)



(図-6)

## 2. 仮想水推定の新規性と意義、今後の展開

本研究では、従来根拠不明なまま1kgの小麦を作るには1tの水資源が必要、等と言われてきたvirtual waterに対し、農業畜産プロセスを体系的に調査推計することにより、信頼のおける値を定量的に算出した点に大きな意義があります。

また、日本が世界のどの国や地域の仮想水に頼っている国家であるかを、輸出入統計に基づいて示した点に大きな意義があります。

オランダ皇太子オレンジ侯がヨハネスブルグ環境サミット向けに提案している文書`No Water No Future: A Water Focus for Johannesburg'にも、世界各国は農産物の輸出入に伴うvirtual waterのアセスメントを行うべきである、と提案されており、本研究は日本におけるvirtual water輸出入の体系的な初めての調査結果として、こうした国際的な場で情報発信できる貴重な成果です。

また、生活をvirtual waterの輸入に頼っている日本は、その恩恵を世界へ還元することを考えることも必要でしょう。それには、例えば水資源開発など、利用可能な水を増やすODAを行うことが考えられ、ある意味ではそれは輸入超過しているvirtual waterを、まさに世界に還元していることになる、とも言えます。そうした援助や投資を考える際には、今回の研究成果が貴重な基礎資料となると考えられます。

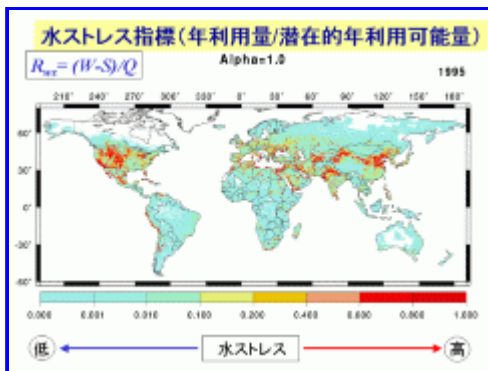
さらに、今回の研究成果の副産物として、日本が現在Virtual waterとして輸入している農産物・畜産物を、仮にすべて日本で作るとすると、その面積は日本国内農地面積の4倍、日本国土の半分にもあたる約17万km<sup>2</sup>にも相当するという試算が得られました。広大な海外の農地が日本社会を支えていることが分かります。そうした地域の農業生産の持続性や年々の生産高の変動に関心を払い、注意深くモニタリングしていくことが、日本の将来を考える上では極めて重要だと考えられます。

今後は、今回得られた「日本でそれをまかなうとしたら水資源がどれだけ必要か」だけでなく、現地でのどのくらい実際に利用されているのか、の調査を国際的な枠組みの元で推進していくことが必要だと思われます。

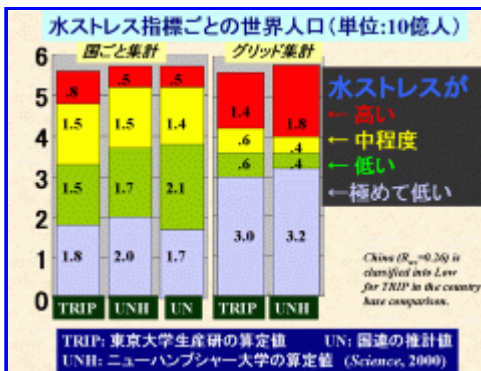
この成果に基づき現在展開中の研究として、現在水に関するLCA(life cycle assessment)に着手しています。それは、温暖化に関連して、エネルギー消費やCO<sub>2</sub>排出に関するLCAが行われて、「あなたの今日一日の暮らしはCO<sub>2</sub>排出量 kg相当」といった数字が具体的に得られる様になっているのと同様、「このパソコン1台製造、使用、解体まで tの水資源消費」といった、水のLCAが可能となるように、今度はマクロな視点から、水の間接消費がまざまざとわかるようにするための研究です。牛丼1杯あたり約9m<sup>3</sup>の水資源が利用されている、といった数字が、日常生活の様々な製品やサービスに対して得られる様にするのが目標です。

## 3. 世界の水需給の現状と将来推計

現在、世界の水需給の現状と将来推計を精力的に行っている機関は、世界に5~6グループ程度あります。各グループにはそれぞれ特徴があり、日本では国立環境研グループが、温暖化予測に関する社会的側面の将来展望を構築した実績を生かした将来推計を行っています。

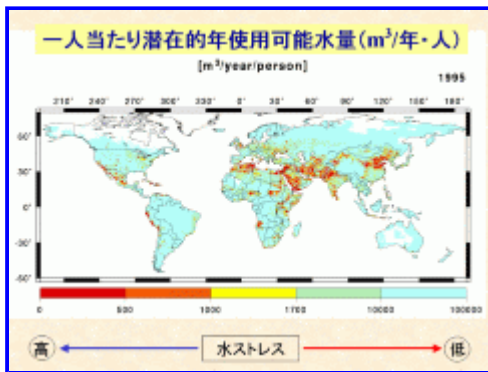


(図-7)

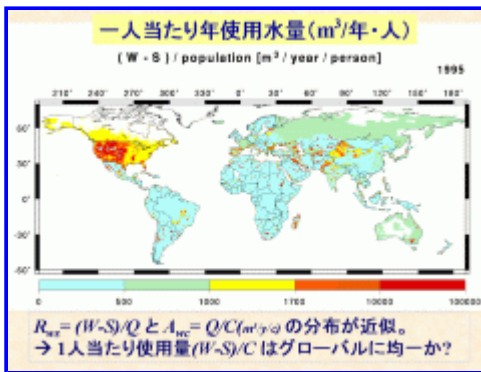


(図-8)

地球研/東大生研 沖グループでも、陸面植生モデルの流出量算定値を、従来より開発提供しているグローバルな河道網(Total Runoff Integrating Pathways; TRIP) (Oki and Sud, 1998)を用いて水資源に換算し、世界陸面0.5度での水資源アセスメントを行うことができるようになりました(Oki et al., 2001)。水利用比(年取水量/潜在的利用可能年間水資源量)の現状推計(図-7)に関しては、従来の研究とほぼ同様の結論が得られ(図-8)、さらに、「利用可能な」水資源量の算定に関して、上下流問題や水利用に関する社会資本整備等、従来通りの手法ではまだまだ十分に考慮されていない点も多く、改良の余地が残されていることも明らかとなりました。年間一人当たりの潜在的利用可能水資源量(図-9)は、水利用比とほぼ同様の分布を示しましたが、年間一人当たりの取水量分布(図-10)は北アメリカ、特にアメリカ合衆国西部等で非常に大きな値をとり、こうした領域では、その地域内で消費する水資源だけではなく、他地域での消費に供する農業製品等の生産のために、大量の水資源を利用していることが推察されます。すなわち、virtual waterのソースとなっている地域が、(図-10)にはまざまざと示されていると考えられます。

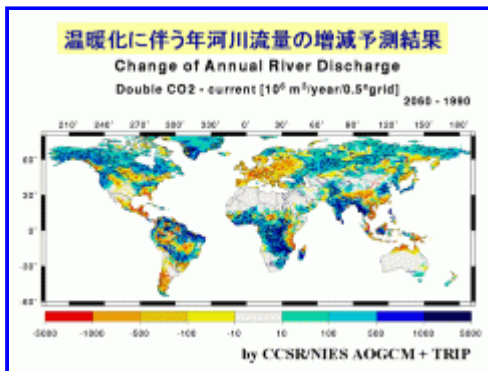


(図-9)

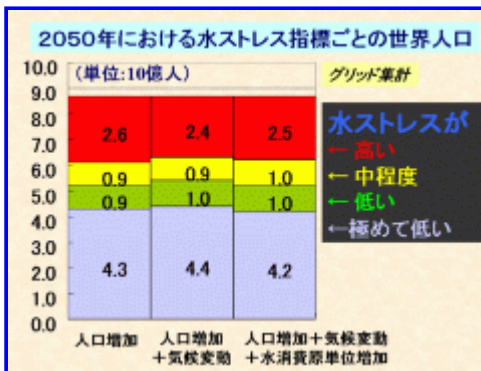


(図-10)

2000年のScience誌に掲載されたアメリカニューハンプシャー大学の将来推計では、人口増加のみを考慮すると、世界平均の水の需給状況は現在に比べてより50%逼迫し、温暖化の影響を加えると、さらに増大して現状比60%の逼迫になる、という結果を示しています。これに対し、東京大学気候システム研究センターと国立環境研究所が開発している気候モデルによるCO<sub>2</sub>漸増実験の結果(図-11)を用いて、我々が推計した結果(図-12)では、人口増加のみを考慮した場合、水ストレスが高い人口は、2050年に於いて90%程度増加するもの、気候変動を考慮するとそれが72%増程度に緩和される、という結果となっています。これは、温暖化に伴い、夏のアジアモンスーンが活発になってインド付近の降水量が増加すること、中国に於いて現状でも水ストレスの高い北部地域で温暖化により降水量、流出量が増加する傾向となっていること、等によるものです。いくつかの気候モデルの結果を利用して比較検討した国立環境研究所の研究でも指摘されている通り、気候モデルにより、特に地域スケールでの温暖化に伴う水循環の変化予測には不確実性が高くより高解像度高精度の将来推計が望まれています。現在実施されているプロジェクトにより、研究が進み、特にアジア域に関する確かな水需給の将来展望が描かれることが期待できます。



(図-11)



(図-12)

#### 4. 参考文献

- T. Oki and Y. C. Sud, Design of Total Runoff Integrating Pathways (TRIP) A global river channel network, [Earth Interactions](#), 2, 1998. [[Full Text \(2.4MB\)](#)]
- Taikan Oki, Yasushi Agata, Shinjiro Kanae, Takao Saruhashi, Dawen Yang, and Katumi Musiake, Global Assessment of Current Water Resources using Total Runoff Integrating Pathways, *Hydrol. Sci. J.*, 46, 983-996, 2001. [[Full Text \(600KB\)](#)]

#### 5. 連絡先

[沖 大幹\(おきたいかん\)](#)

[総合地球環境学研究所](#) 助教授 (本務)  
〒602-0878 京都市上京区丸太町通河原町西入高島町335  
Phone: (075) 229-6180, Fax.: (075) 229-6150  
E-mail: [oki@chikyu.ac.jp](mailto:oki@chikyu.ac.jp)  
[東京大学生産技術研究所](#) 助教授 (兼任)  
〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1  
Phone: (03) 5452-6382, Fax.: (03) 5452-6383  
[地球フロンティア研究システム](#) (兼業)  
[文部科学省文部科学事務官](#) (研究振興局学術調査官、兼任)

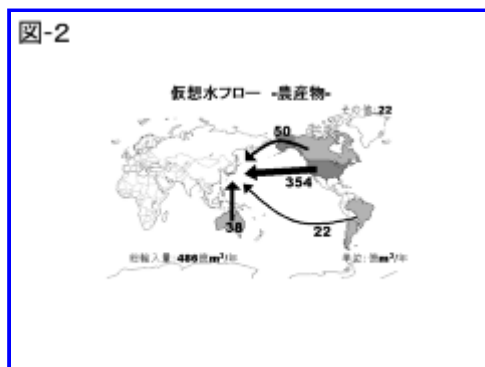
#### 6. 図表、文章ファイル

本記者会見で使用した図表は、以下のリンクからアクセスしていただくことができます。

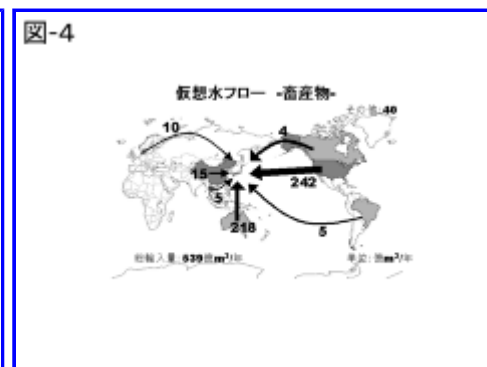
- [説明に使用したパワーポイントファイル](#) (5.6MB)
- [主要カラー図表パワーポイントファイル](#) (500KB)
- [主要図表白黒パワーポイントファイル](#) (700KB)
- [説明文章PDFファイル](#) (80KB)
- 第6回水資源に関するシンポジウム投稿論文 [『日本を中心とした仮想水の輸出入』](#) (760KB) 三宅基文・沖大幹・虫明功臣
- 第6回水資源に関するシンポジウム投稿論文 [『気候変動を考慮したグローバルな水資源需要の将来』](#)(480KB) 沖大幹・安形康・鼎信次郎・虫明功臣・猿橋崇央

#### 主要な図の白黒版

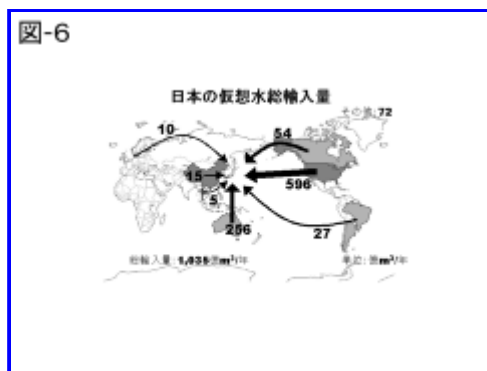
(Thanks to Agata-san and Yanagisawa-kun)



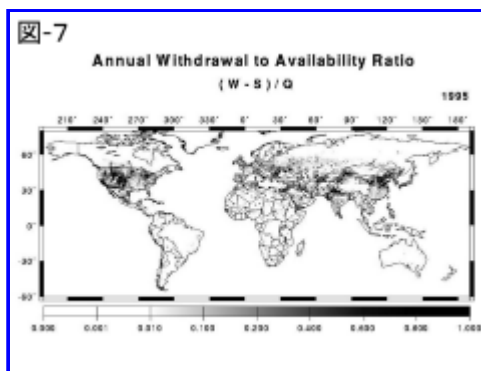
(図-2白黒版)



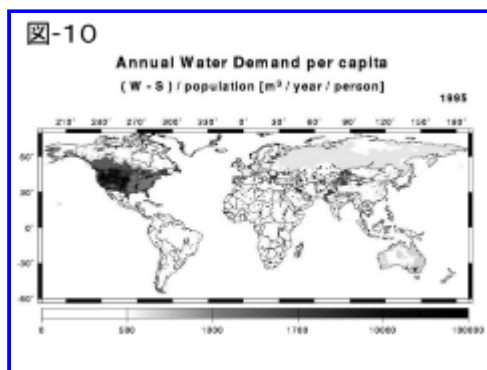
(図-4白黒版)



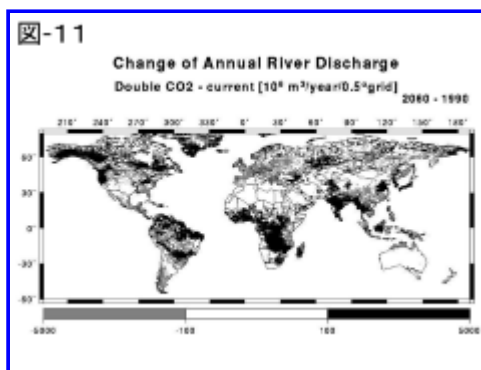
(図-6白黒版)



(図-7白黒版)



(図-10白黒版)



(図-11白黒版)

## 7. 補足: 背景と経緯

21世紀は水をめぐる争いの世紀となるだろう」という前世銀副総裁イスマル・セラゲルデン氏の言葉に象徴されるように、世界各地の水をめぐる問題が取りあげられ、今後2050年には90億人にまで増加すると予想される世界人口を養うための食糧、その食糧を生産するための水をいかに確保できるかが世界的に大きな懸念となっています。

こうした懸念に対して、正確な将来展望を持ち、将来の水問題に備えた適切な行動を早目に選択実行することを促すために、例えば世界水フォーラムが開催されており、その第3回が2003年3月に京都で開催されます。また、8月末から9月にかけてのRio+10、ヨハネスブルグでの環境サミットでも世界的な水問題に対する関心が宣言文に前回よりもより鮮明に盛り込まれそうな状況です。

しかし、こうした世界的な水問題に対する情報発信は欧米中心に偏っており、アジア的な視点に欠けるきらいがありました。それらは、例えば、

- 水田を中心とした水利用システムが社会に構築されてきていること
- 水不足(渇水)のみならず水過剰(洪水)の問題が深刻なこと

等であり、言い換えればアジアモンスーン地域特有の水文化への理解が世界的にみればまだまだ不足しているということです。こうした状況を変えていくために、アジア太平洋水文水資源協会(Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources)が東南アジア各国を中心に、日本(東大生研虫明功臣教授等)が牽引役となって9月の設立を目指して準備中であり、2003年3月には第3回世界水フォーラムに併せて、アジア太平洋水文水資源管理第1回国際会議が開催される予定となっています。

こうした国際的な場において、世界の水資源問題に対して日本からの情報発信を行う重要性が緊急に認識され、国内でも [科学技術振興事業団](#) (Japan Science and Technology Corporation; JST) [戦略的創造研究推進事業](#) (CREST) に、[水の循環系モデリングと利用システム](#) (研究総括: 虫明 功臣) が平成13年度に発足し、また、科学振興調整費でも『21世紀のアジアの水資源』(代表: 鬼頭 昭雄、気象庁気象研究所) が同じ平成13年度に採択され、研究が開始されています。さらに、文部科学省研究開発局海洋地球課では『人・自然・地球共生プロジェクト』を平成14年度から実施し、7つのサブ課題のうちのひとつとして『氷資源予測モデルの開発』(代表: 竹内 邦良、山梨大学教授) が実施されています。また、平成13年4月に新たに創設された文部科学省大学共同利用機関(直轄研) [総合地球環境学研究所](#) (略称: 地球研、所在地: 京都市上京区) のプロジェクトとして、[地球環境情報ライブラリと世界モデルとを統合した水危機管理システムの構築](#) (代表: 沖 大幹) が平成13年度のfeasibility studyを経て、平成14年度から本研究が実施されています。

沖研究グループでは、上記JST/CRESTに対しては、[人間活動を考慮した世界水循環水資源モデル](#) (代表: 沖 大幹) として、上記科学振興調整費に対してはサブグループ代表として、共生プロジェクトには黄河流域地表水班(グループリーダー: 福島 義宏、地球研) のメンバーとして参画し、多方面から地球規模の水循環と水資源の現状把握と、将来展望、そして解決策の提案に至る研究

開発を行っています。

こうした状況の中、この8月2日、3日に日本学会会議等で開催される5年に1度の「水資源に関するシンポジウム」では沖研究室グループから次の発表がなされます。

- 日本を中心とした仮想水の輸出入 (三宅基文・沖大幹・虫明功臣)
- 気候変動を考慮したグローバルな水資源需要の将来 (沖大幹・安形康・鼎信次郎・虫明功臣・猿橋崇央)
- Predictability of Monthly Rainfall in Chao Phraya River Basin of Thailand by Using Climate Indexes in Artificial Neural Network Modeling (Chayanis Musthparom, T. Oki and K.Musiake)
- [熱帯アジア気象水文データベース](#)の構築とその応用例：タイ・チャオプラヤ川を対象とした土地利用変化が河川流量に与える影響のシミュレーション (安形康・金元植・鼎信次郎・沖大幹・虫明功臣)
- 渇水時における灌漑・都市用水間の平等な水配分 - フィリピン、アンガット川を事例として - (熊坂和宏・沖大幹・虫明功臣)
- 東南アジア熱帯山岳における地形性降雨 (大楽浩司・江守正多・沖大幹・虫明功臣)
- 人間活動を考慮した世界水循環水資源モデルの構築に向けて：農業生産モデルEPICを用いた世界の灌漑水量必要量の推定 (安形康・談国新・鼎信次郎・沖大幹・虫明功臣)

ここでは、このうち、はじめの2つに関してひと足先に紹介しました。前者は三宅基文君の平成13年度[東京大学工学部土木工学科](#)の卒業論文、後者は猿橋崇央君の平成12年度[東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻](#)の修士論文に基づいています。データの取りまとめや調査、図の作成等に関しては、[虫明-Herath-沖研究室\(東大生研水文学・水資源工学研究グループ\)](#)のみならず、ならびに各種プロジェクトの共同研究者の皆様のご協力を得ています。ここに記して感謝の意を表します。

---

Jump to:  [沖大幹のHome Page](#)

Jump to:  [虫明-Herath-沖研究室ホームページ](#)

Feedback to Taikan Oki ( [taikan@iis.u-tokyo.ac.jp](mailto:taikan@iis.u-tokyo.ac.jp) ) will be highly appreciated.  
(There were 176 accesses to this page in July 2002 .)  
(Last updated at Wednesday, 17-Jul-2002 13:57:54 JST)