

海

地球をめぐる水と
水をめぐる人々

雲

す い も ん が く
水文学

沖 大幹

東京大学 生産技術研究所

http://nssdc.gsfc.nasa.gov/image/planetary/earth/apollo17_earth.jpg

Apollo 17,
Dec. 1973

by courtesy of NASA

「キ:このマークが付してある著作物は、第三者が有する著作物ですので、同著作物の再使用、同著作物の二次的著作物の創作等については、著作権者より直接使用許諾を得る必要があります。」

植物

第111回東京大学公開講座「水—その文化と科学—」
安田講堂、2009年11月7日

雪氷

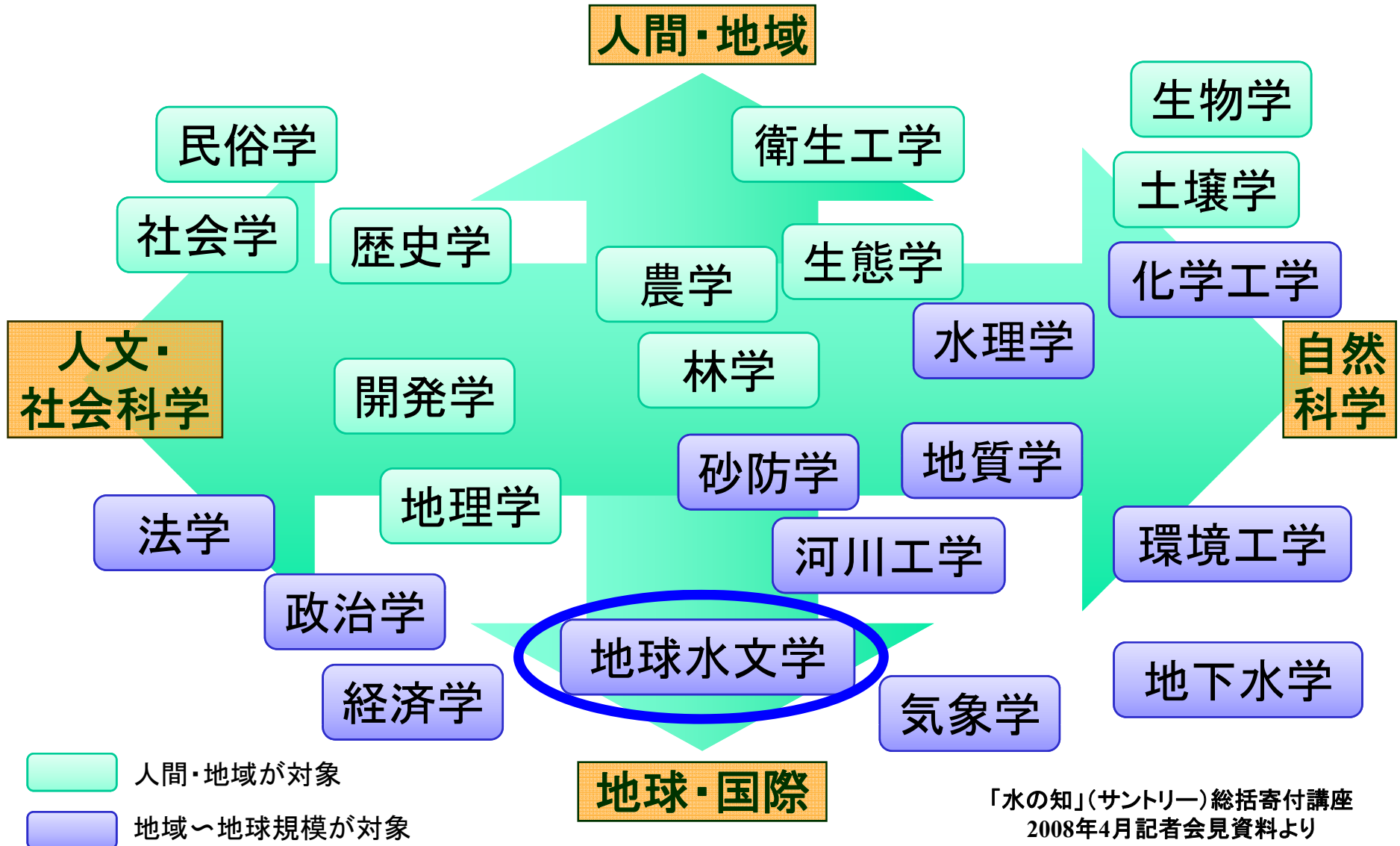


水文学の定義 (UNESCO, 1964)

- ◆ 水文学(すいもんがく)が対象とするのは...
 - ✓ 地球上の水の発生、水の循環、水の分布
 - ✓ 水の物理的、化学的性質
 - ✓ 物理的、生物的環境と水との相互作用
 - ✓ 人間活動に対する水の応答
- ◆ “水文学(hydrology)は地球上の水の循環のすべてを対象とする学問分野である”



「水の知」の構造化(例)





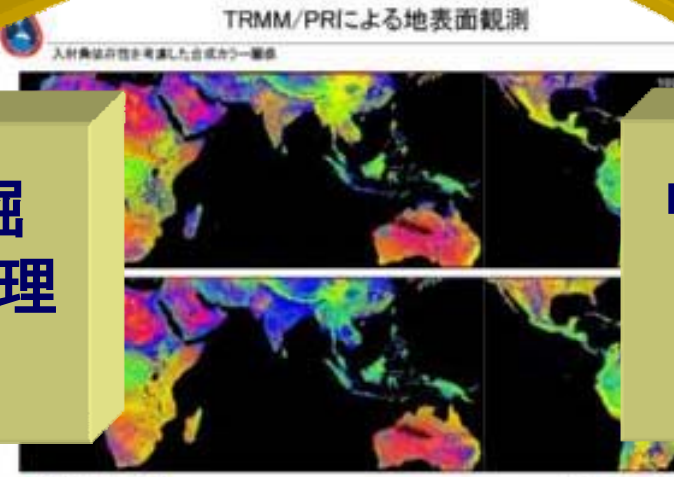
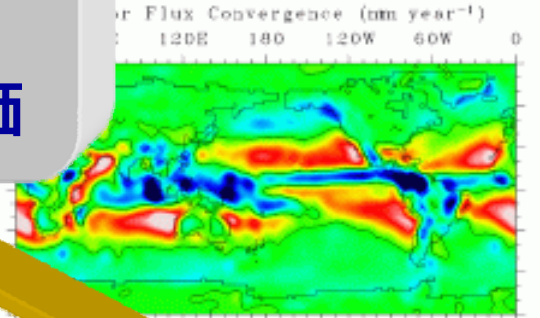
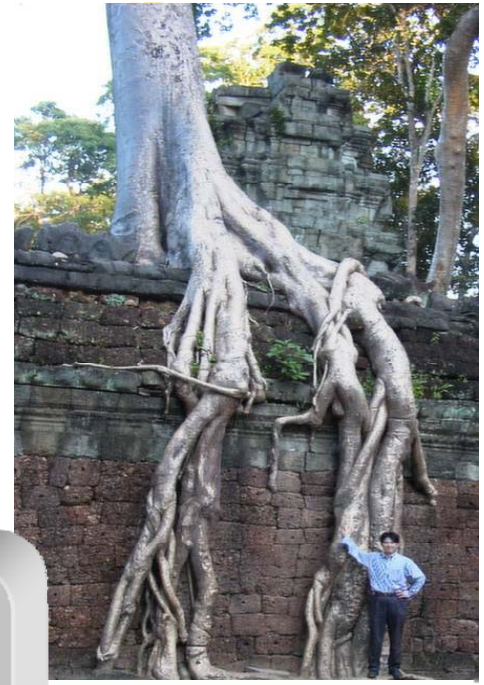
虫明 功臣
(むしあけ かつみ)
東京大学 名誉教授
(2006年10月、第3回ア
ジア太平洋水文・水資
源協会全体会合にて)



室内実験
 野外継続観測
 海外現地調査



グローバル水循環モニタリング
 グローバル水循環予測
 水循環への人間活動影響評価



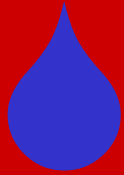
データ収集・発掘
 統計処理・数式処理
 数値モデリング

リモートセンシング
 地理情報システム
 巨大データベース



世界の水問題

- ◆ 命の水：安全な飲み水へのアクセス
 - ✓ 世界人口の1/7が1km以内から20L/人/日確保不能
 - ※ → 乳幼児の死亡180万人/年。
- ◆ 豊かな水：農業生産、工業生産
 - ✓ 総取水量 $3,800\text{km}^3$ (1995) → $4,300\text{--}5,200\text{km}^3$ (2025)
- ◆ 快適な水：人と生態系のための水
 - ✓ 過大な取水による生態系へのダメージ
- ◆ 地球温暖化 都市化進展 → 洪水・渇水被害深刻化
- ◆ これらの問題が国際的な紛争の引き金に？

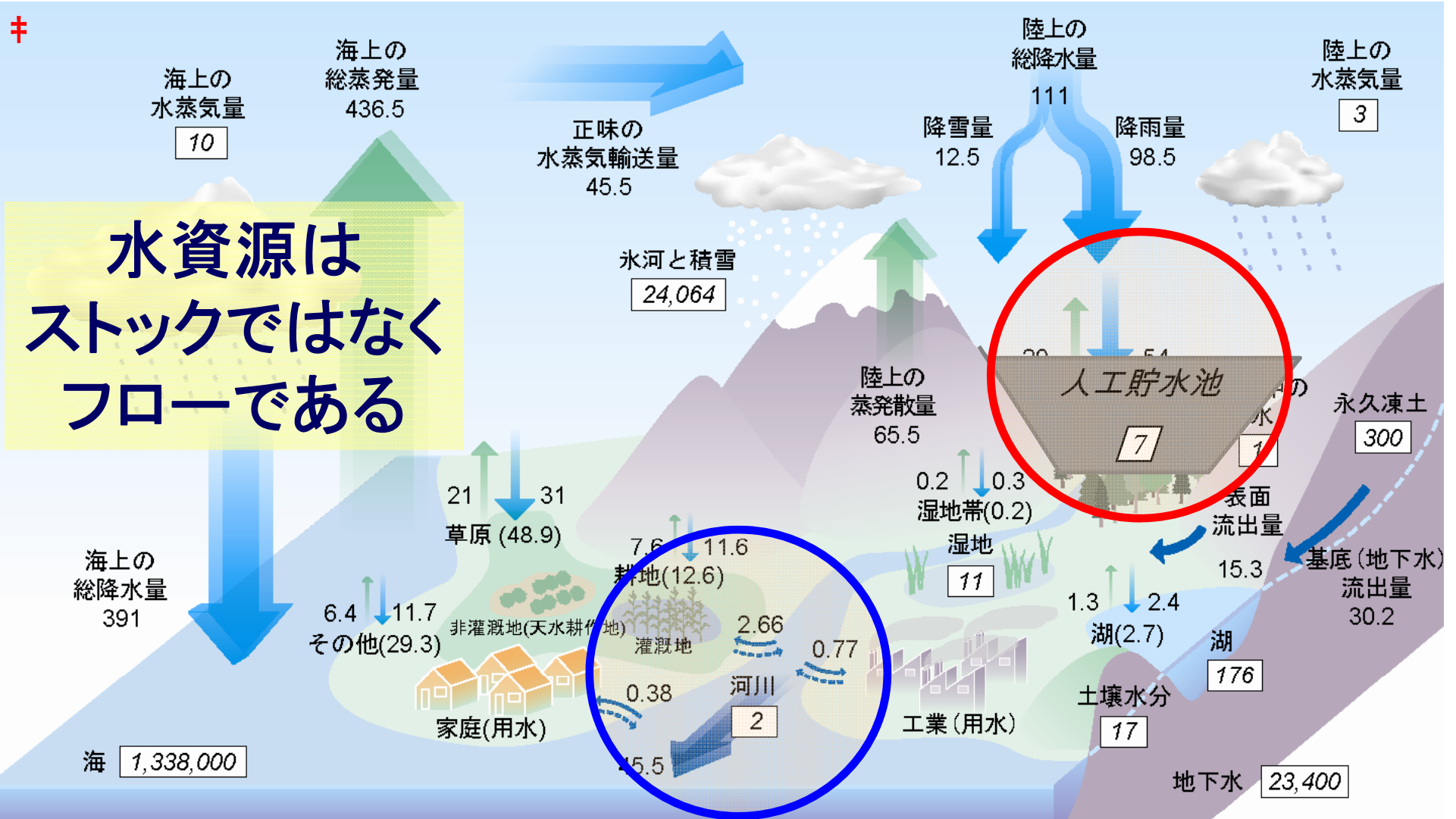
 “水の惑星”地球
でどうして水不足
が生じるのか？

✓ しかも水は循環資源



地球上の水文循環量と貯留量

※



From [Oki and Kanae, "Global Hydrological Cycles and World Water Resources" Fig.1. *Science*, 313 1068-1072 2006]. Reprinted with permissions from AAAS.

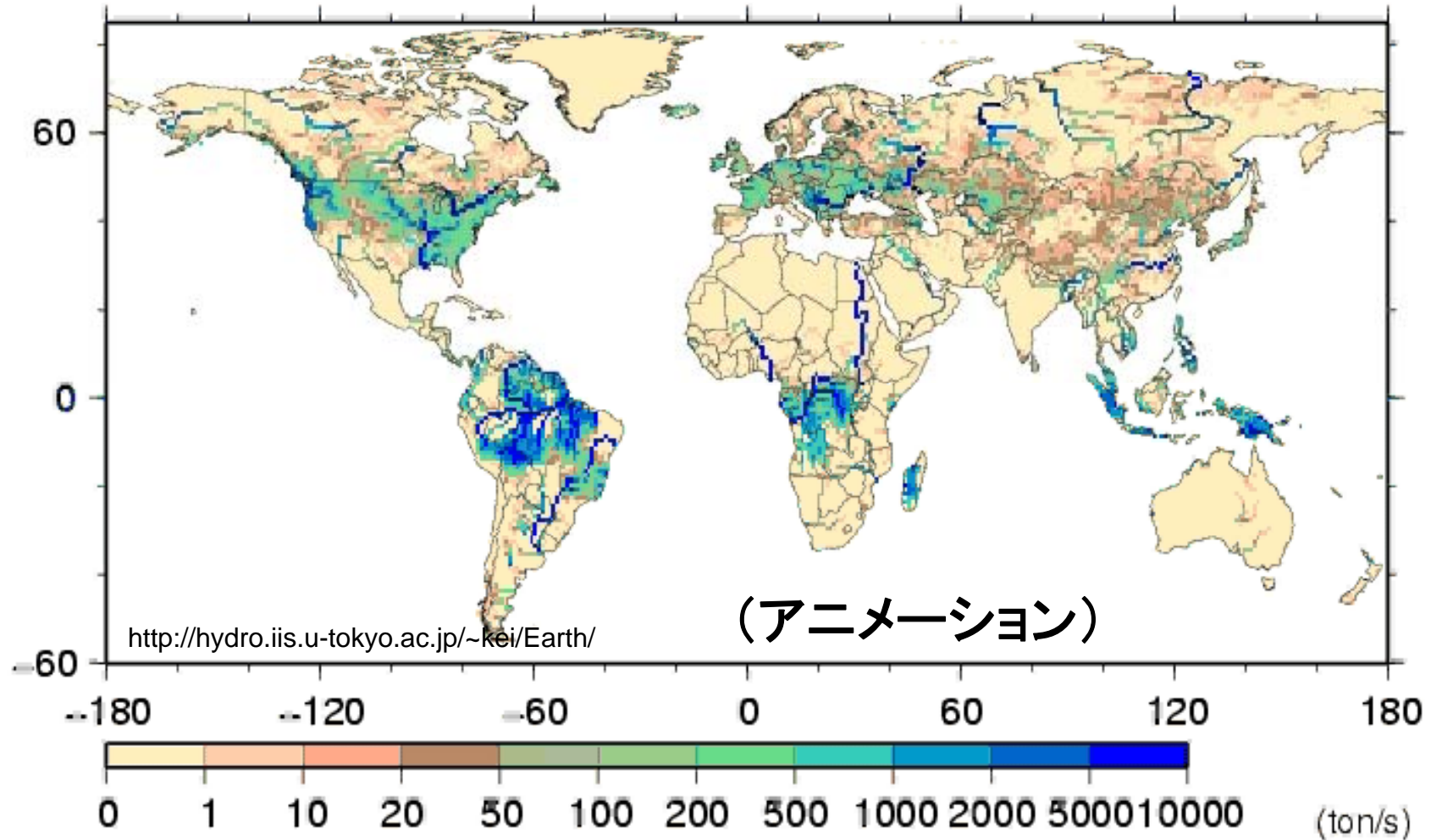
(南極大陸に関しては氷河のみ考慮)

↑↓ 循環量, 10³ km³/y
□ 貯留量, 10³ km³
() 面積, 10⁶ km²



なぜ水不足が生じるのか?!

GPV-IsoMAT-1°TRIP River Discharge, 2006/01/01 00:00



水資源は地理的、時間的に偏在している

←川の流量が少ない

数値モデルによる流量シミュレーション結果

川の流量が多い→

💧 水を運べばいい
いいじゃないか?!

✓ 貯めておけば
大儲け?!



水の値段

供給すべきは
“清浄にして豊
富低廉な”水
(水道法第一条)

水

の水
に経

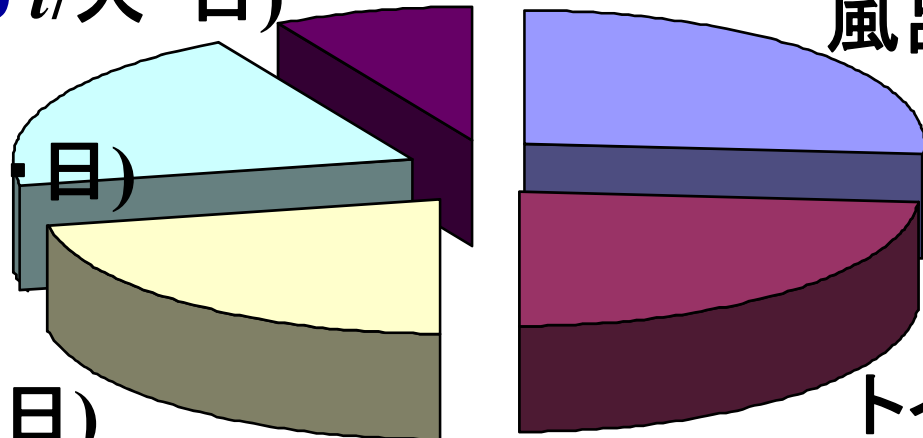


日本ではどの位水を使ってる?

その他、歯磨きなど
(10 l/人・日)

風呂(65 l/人・日)

洗濯(50 l/人・日)



炊事(55 l/人・日)

トイレ(60 l/人・日)

家庭での水利用 250 l/人・日(東京都平成10年度)
都会全体では約 310 l/人・日(散水、噴水、病院、...)

⇔ 飲み水は2~3 l/人・日

風呂、トイレ、炊事、洗濯 ← 全部洗浄用!!

「水を使うことは水に汚れを運んでもらうこと」



**Prof. J.
Tony Allan**

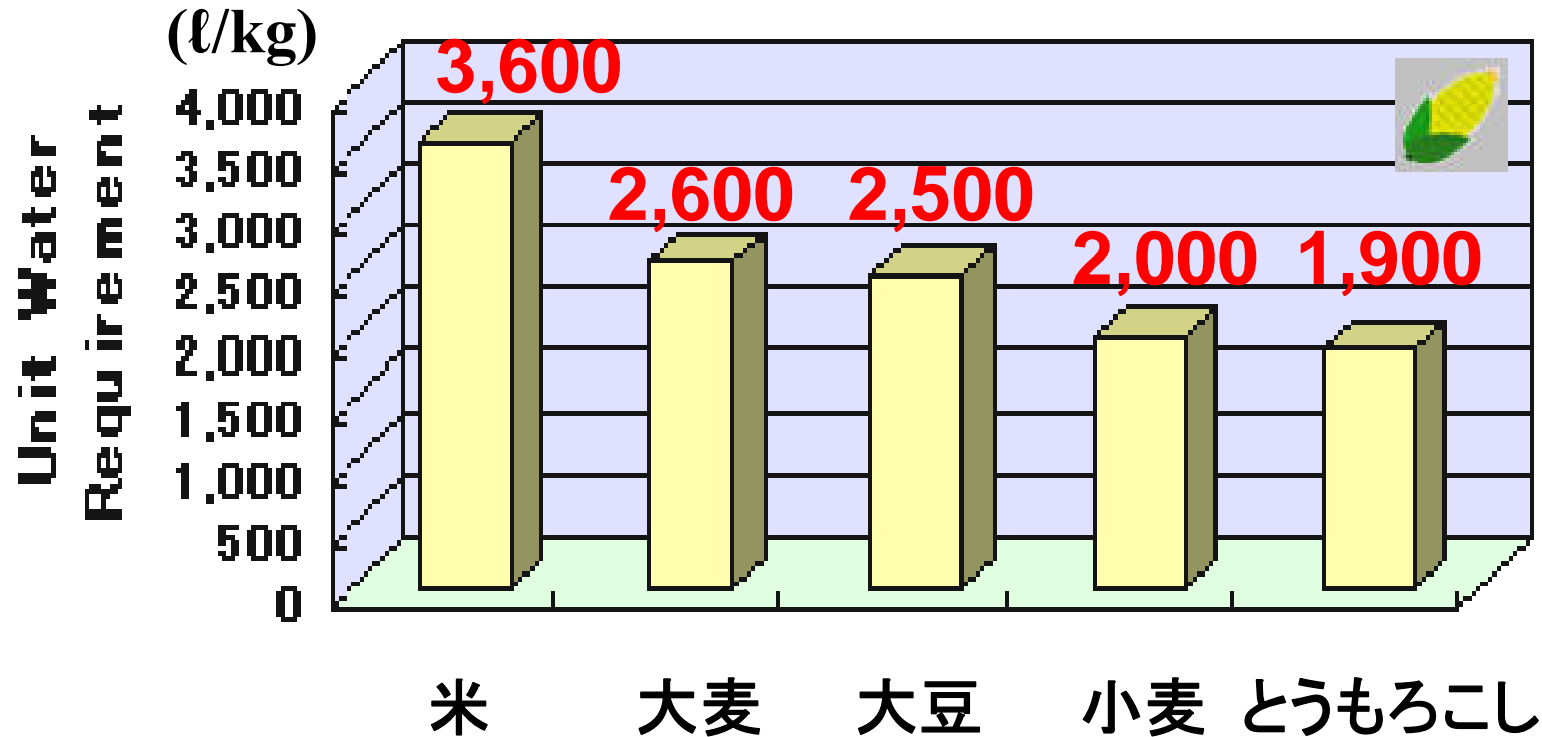
**Dr. Malin
Falkenmark**

高橋裕先生

Virtual Water (仮想水) Trade (貿易)



水消費原単位の算定—農作物—



主要穀物の水消費原単位

(日本の単位収量、国際連合食糧農業機関の統計より1996-2000年の平均値)

畜産物の水消費原単位

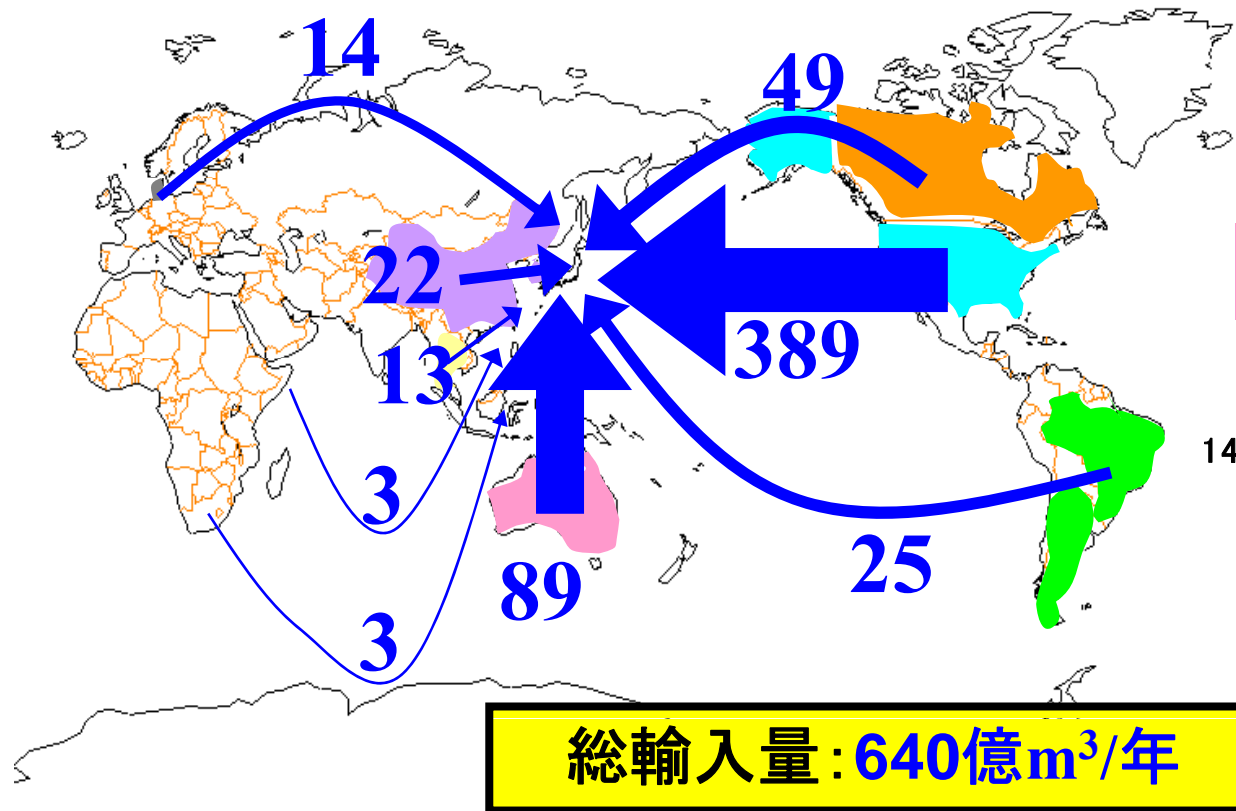
※





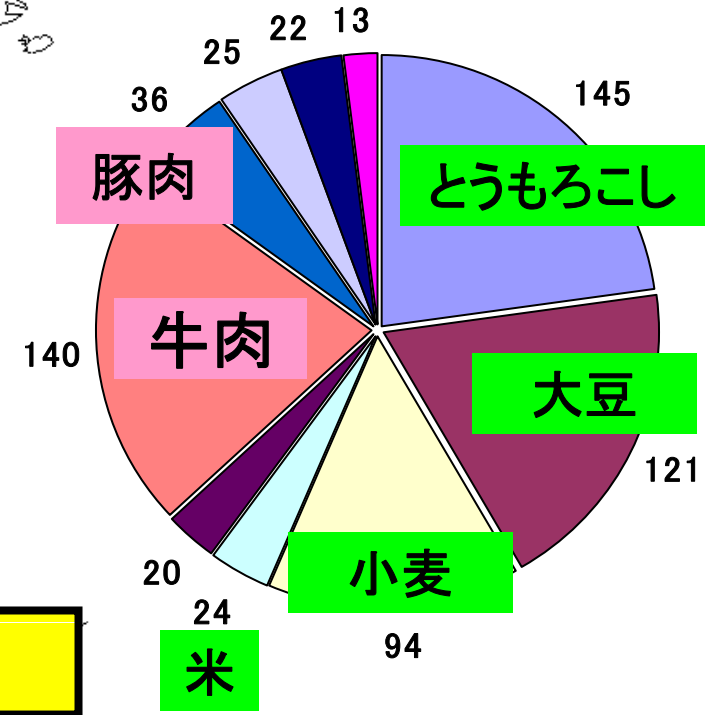
日本の仮想投入水総輸入量

その他: 33



総輸入量: 640億m³/年

日本への品目別
仮想投入水量
(億m³/年)

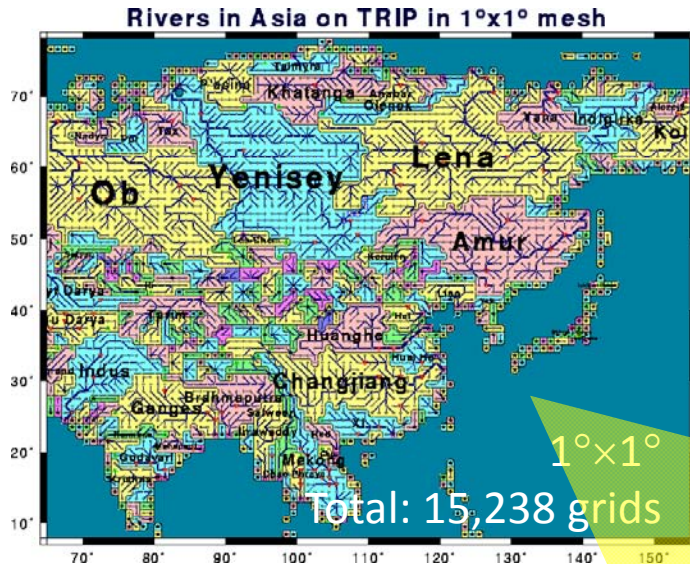


日本国内の年間灌漑用水使用量: **570**億m³/年

(日本の単位収量、2000年度に対する食糧需給表の統計値より)

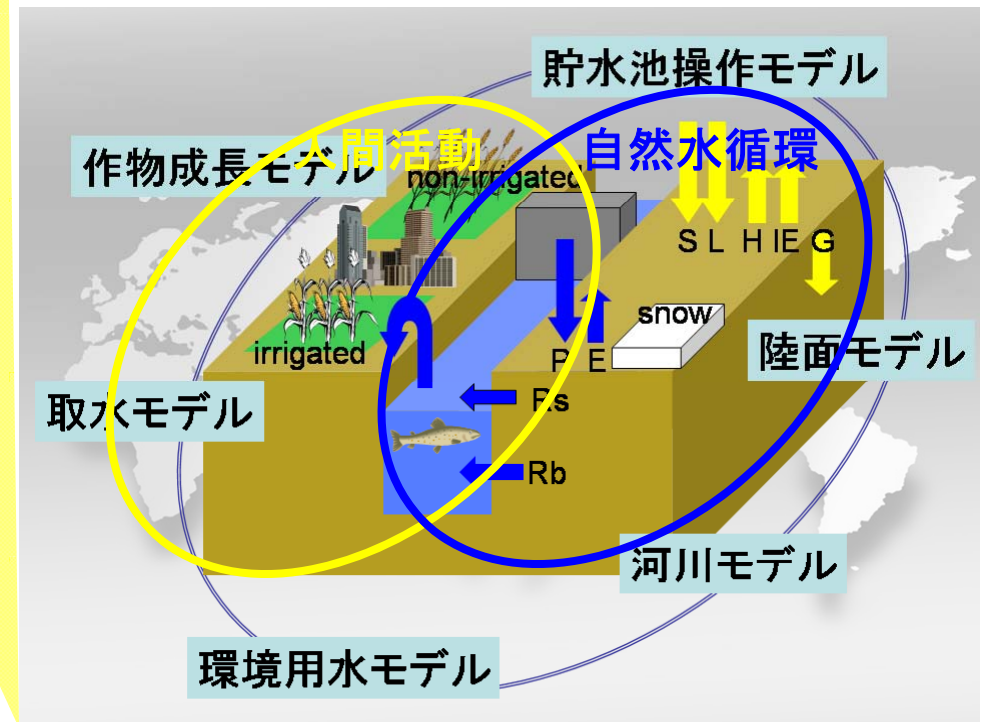


全球統合水資源モデルの開発



- ◆ 東京大学と国立環境研究所との共同開発
 - ✓ 河川モデル部分は欧米研究機関へ「輸出」
 - ✓ IPCC第四次報告書6/23のモデル出力が利用
- ◆ 出力項目: 水資源量 + 水利用量
- ◆ 現状の解像度: 1° × 1° (緯度・経度)、日単位
- ◆ 窒素循環、動的地下水への拡張中。
- ◆ 実時間洪水リスク予測への応用実装中。

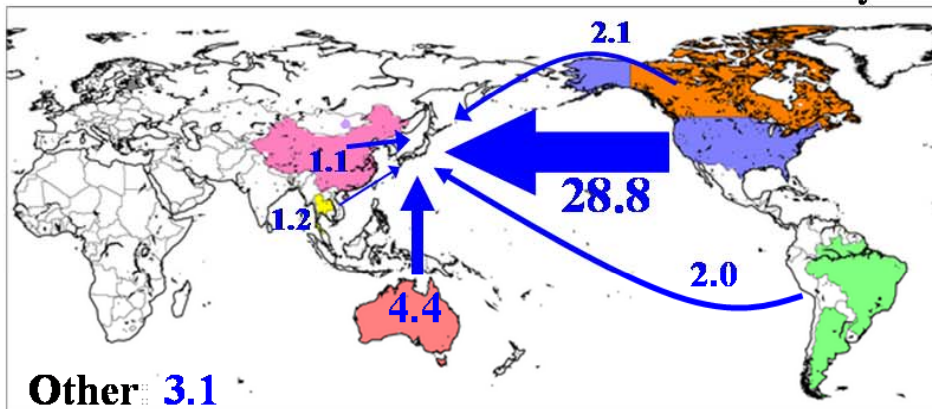
- ◆ 特徴1: 充実した人間活動サブモデル
 - ✓ 取水、灌漑、ダム操作、環境用水など
 - ✓ 人口推計では都市と農村を分離
- ◆ 特徴2: 高い時間解像度
 - ✓ 水資源量と水利用量を日単位で計算
- ◆ 特徴3: 高い要素間の整合性
 - ✓ 気象条件が全てのサブモデルを駆動
- ◆ 特徴4: 気候変動予測との親和性
 - ✓ IPCC SRESに沿う水需要の将来予測
 - ✓ 気候モデルの陸面過程部分の利用



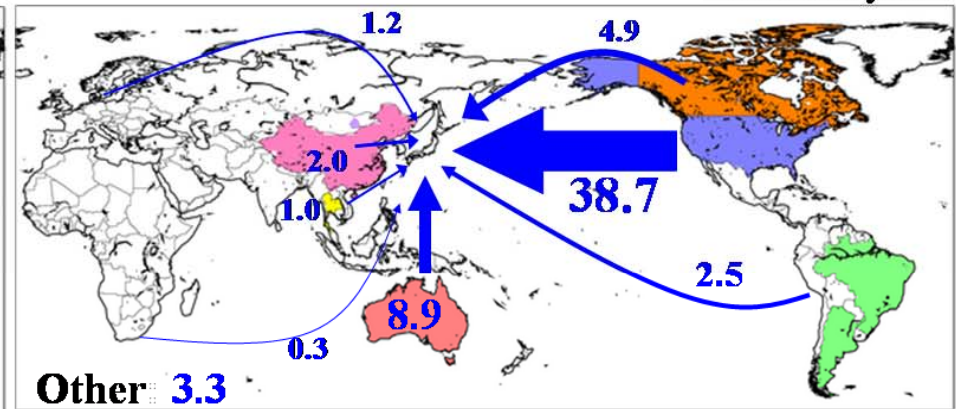


取水源別日本のウォーターフットプリント (生産にどの水がどのくらい使われたのか?)

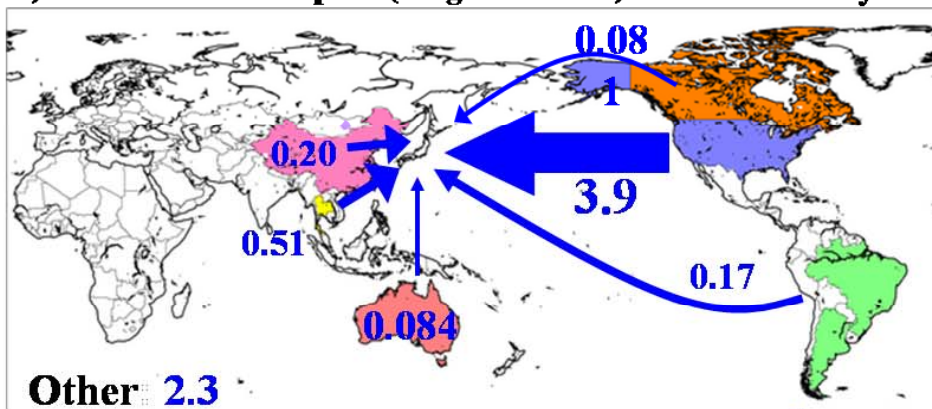
日本の総ウォーターフットプリント **Unit: km³/year**



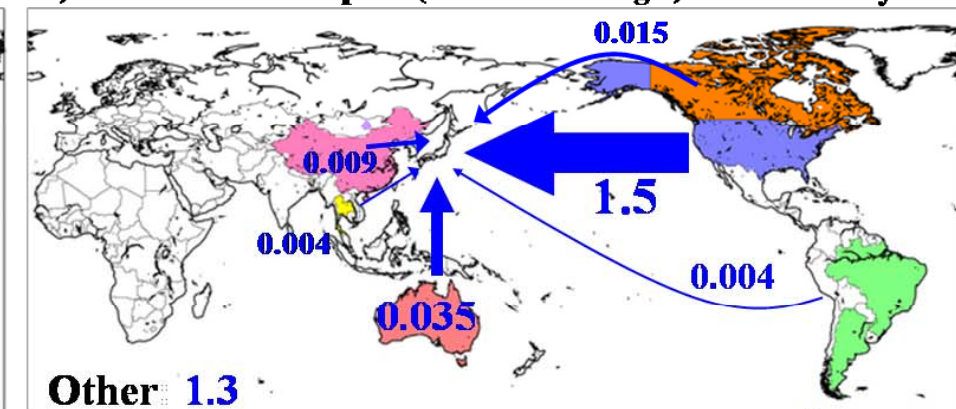
ヴァーチャルウォーター輸入量 **Unit: km³/year**



日本のウォーターフットプリント(灌漑水) **Unit: km³/year**



日本のウォーターフットプリント(地下水) **Unit: km³/year**



Total: 7.3km³/year

Total: 2.9km³/year

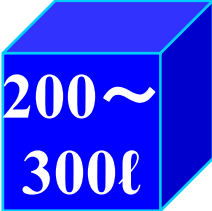


実はどの位水を使ってる？

 2~3ℓ

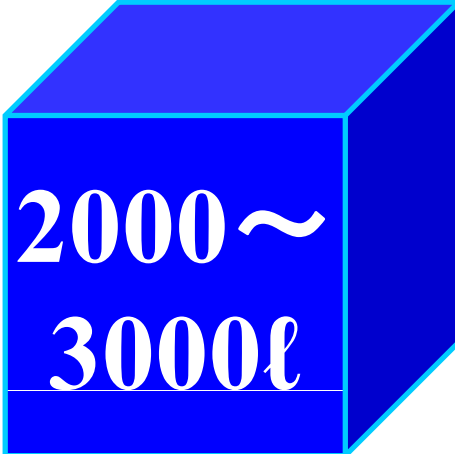
💧 1日2~3リットルの飲み水

- ✓ 生きるために不可欠
- ✓ 全部瓶詰め水でも約200~400円/日

 200~
300ℓ

💧 1日200~300リットルの水道水

- ✓ 健康で文化的、快適な暮らしに不可欠
- ✓ 全部水道水なら約20~40円/日

 2000~
3000ℓ

💧 1日2000~3000リットルの雨水+灌がい用水

- ✓ 穀物や牧草、家畜の餌が育ったりするのに不可欠
- ✓ 全部灌がい用水なら約5~10円/日
- ✓ 目安として1kcalの食料 \div 1リットルの水
- ✓ そのうち半分くらいは海外からの水

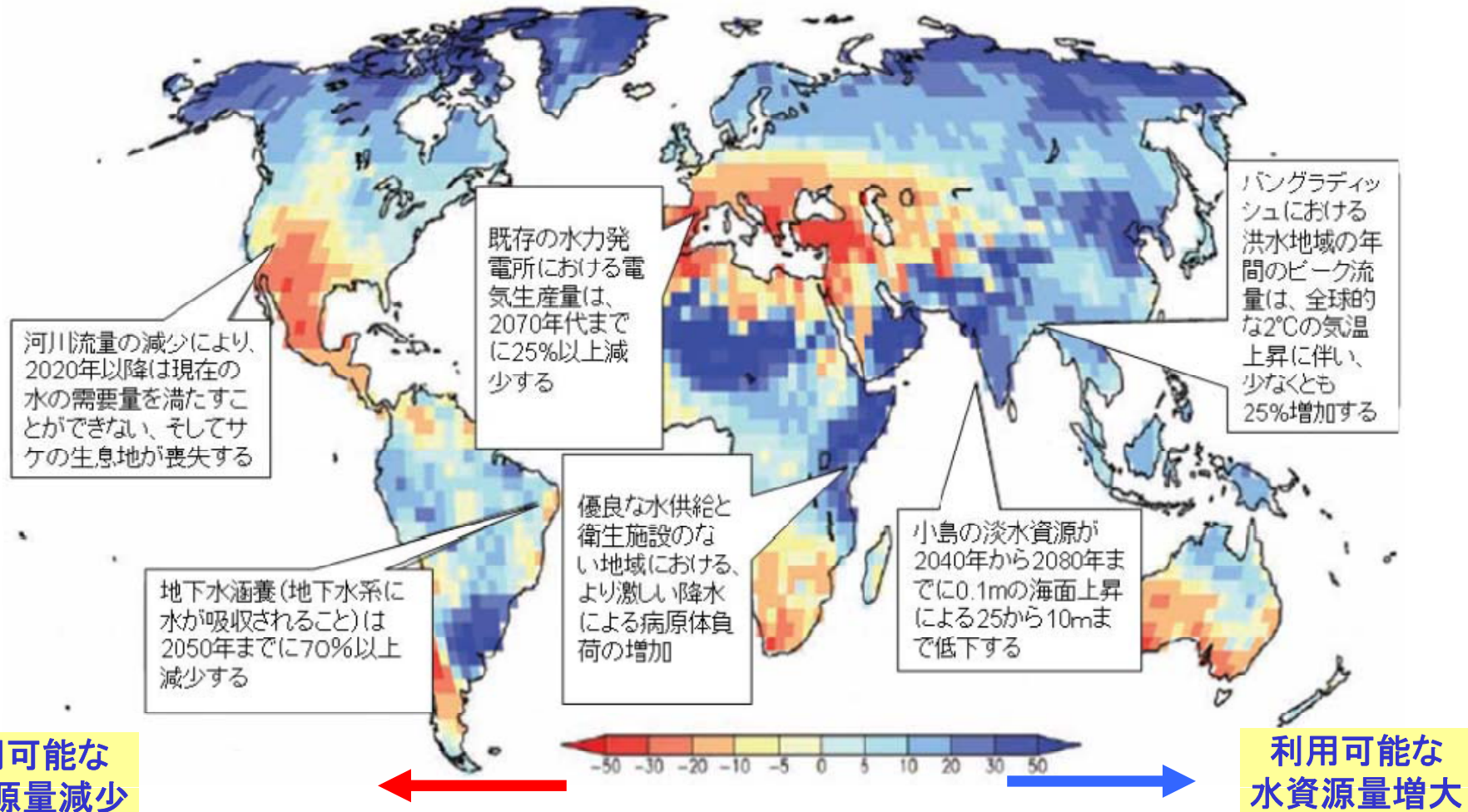
(気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第二作業部会第3章(淡水資源への影響)主要執筆者会合集合写真)



💧 気候変化と都市化が洪水、旱魃、高潮、土砂崩れなどの水災害危険度を悪化させる可能性が高い...

温暖化に伴う水資源賦存量の変化

※



1981-2000年平均に対する2081~2100年平均値の比(%)

Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Figure 3.8. Cambridge University Press.



温暖化対策

- 緩和策 ← 温暖化対策というと、これが主？
 - ✓ 地球温暖化の進行を遅らせ、悪影響をできるだけ少なくするように温室効果ガスの排出量を減らす。
 - ✓ 省エネ、大気汚染緩和、エネルギー安全保障(→ 原発推進)等現状の問題解決に有効、新産業創出。
→ 後悔のない政策
- 適応策 ← 従来の防災、社会開発と変わらない？
 - ✓ 地球温暖化が進行しても、不利益が生じないように、社会の脆弱性を減らす(社会を強靱にする)
 - ✓ 貧困削減、農業開発、災害被害軽減など、現在の様々な問題の解決にもつながる。→ 順応的管理

水分野の適応策

- ◆貯水池とダム建設による貯留容量の増加⇔緑のダム？
- ◆地下水の探査と汲み上げ
- ◆海水淡水化
- ◆雨水貯留の普及
- ◆水輸送
- ◆再生水利用による水利用効率の改善
- ◆穀物作付け時期、品種、灌漑手法、植え付け面積の変更による灌漑用水需要の削減
- ◆従量料金導入や水市場拡大など経済的手法の導入
- ◆農作物輸入による灌漑需要の削減(仮想水輸入)



💧 水を使うのは悪いことか？

✓ 手を洗うと大腸菌が1/10(15秒)、1/100(30秒)...

✓ 日本で節約しても他国でその分使えるわけではない?!

💧 世界の水問題解決へ向けて日本はどう貢献できるのか？

💧 日本の水は安泰か？



市民としてできること

- 食料を無駄にすることは水を無駄にすること
 - ✓ 残飯を減らす。不要な食品は買わない。
- 水の循環を健全に保つこと: 量、質、持続性
 - ✓ 自分達の体もまた、地球規模の水循環の一部
 - ✓ 水をきれいにしてから自然の循環に戻す心がけを
 - ✓ エネルギーを使わない水利用の仕組みの導入を
- 見えない水の恩恵に思いを馳せること ← 教育
- 身近な水を大事にすること ← あきらめないこと
- 水を無駄に使ったり、汚したり、水源を使い尽くして生産された製品を購入しないこと ⇔ 逆は?!

※



吉村和就 . . . 沖 大幹

Yoshimura Kazunari

Oki Taikan



💧 本日触れられなかったトピックも含めて、世界の水問題とその解決へ向けた取り組みについてはこちらの新刊書もご参照ください。(ロビーにちらしがあります)

日本人が知らない巨大市場
水ビジネスに挑む

沖 大幹、吉村和就、技術評論社

2009年12月5日初版第1刷発行

ISBN978-4-7741-4044-5



**Anyone who can solve the
problems of water will be
worthy of two Nobel prizes - one
for peace and one for science.**

(John F. Kennedy, 1917 – 1963)

**水の問題を解決できる人は、平和賞と
科学賞、ノーベル賞2つ分の価値が
ある。(ジョン F ケネディ)**

IPCC議長の
パチャウリ氏

IPCCがノーベル平和
賞を受賞した賞状
のカラーコピー

個別に作られた
IPCCからの感謝状

ご清聴ありがとうございました。