

海

雲

世界の水問題 解決へ向けた水の知

す い も ん が く
水文学

Apollo 17,
Dec. 1973

植物

沖 大幹

雪氷

東京大学 生産技術研究所

世界の水安全保障と日本の科学技術の貢献、総合科目一般、2011年7月15日

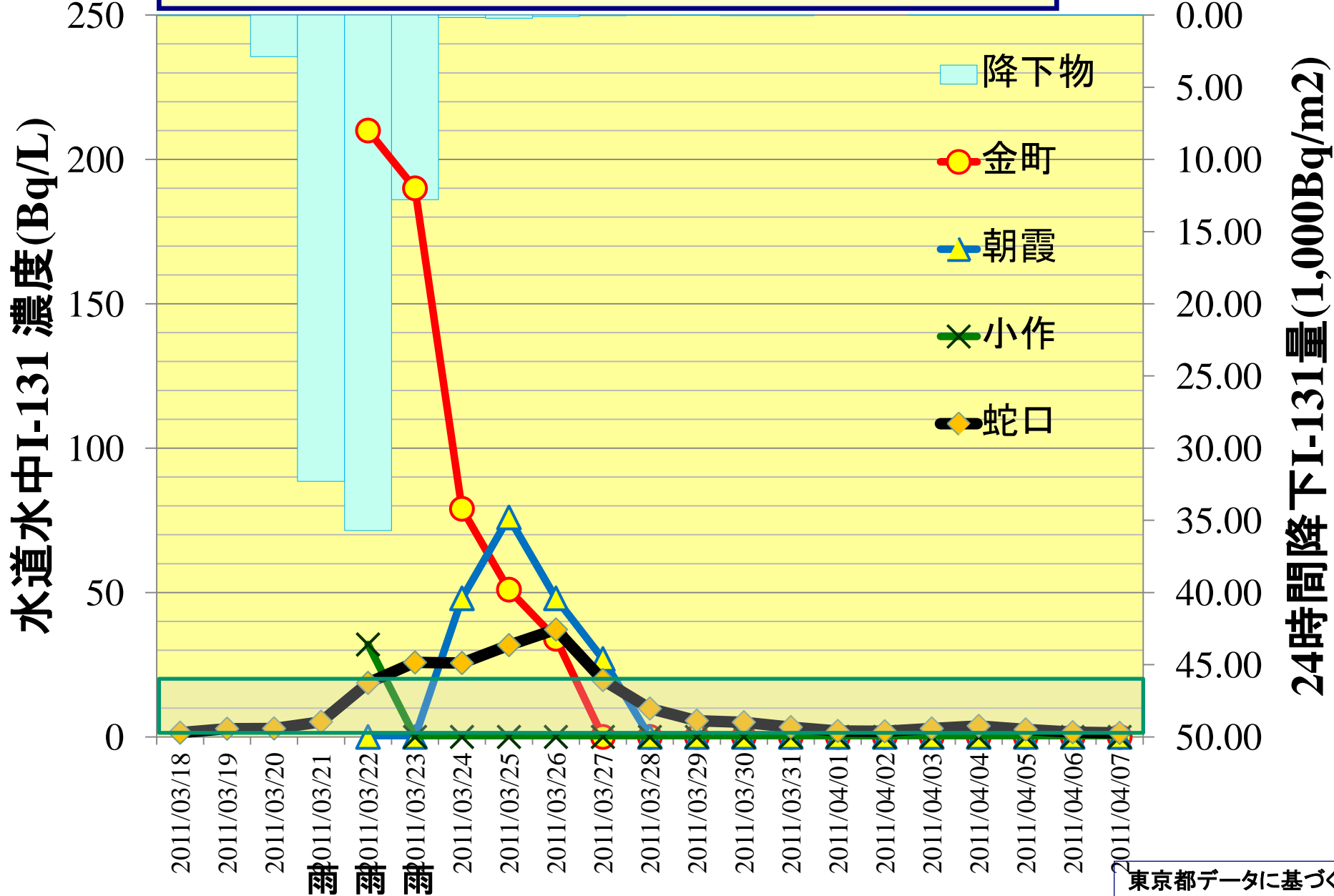
「注:このマークが付してある著作物は、第三者が有する著作物ですので、同著作物の再使用、同著作物の二次的著作物の創作等については、著作権者より直接使用許諾を得る必要があります。」

結局は水？

- 地下の変圧器・ポンプ等が浸水して機能しない問題は2000年東海豪雨で顕在化。
- 被災地の下水処理機能停止中。公衆衛生的に問題だが看過中。
- 福島県須賀川市の藤沼ダムが決壊。下流住民6名死亡、2名行方不明。



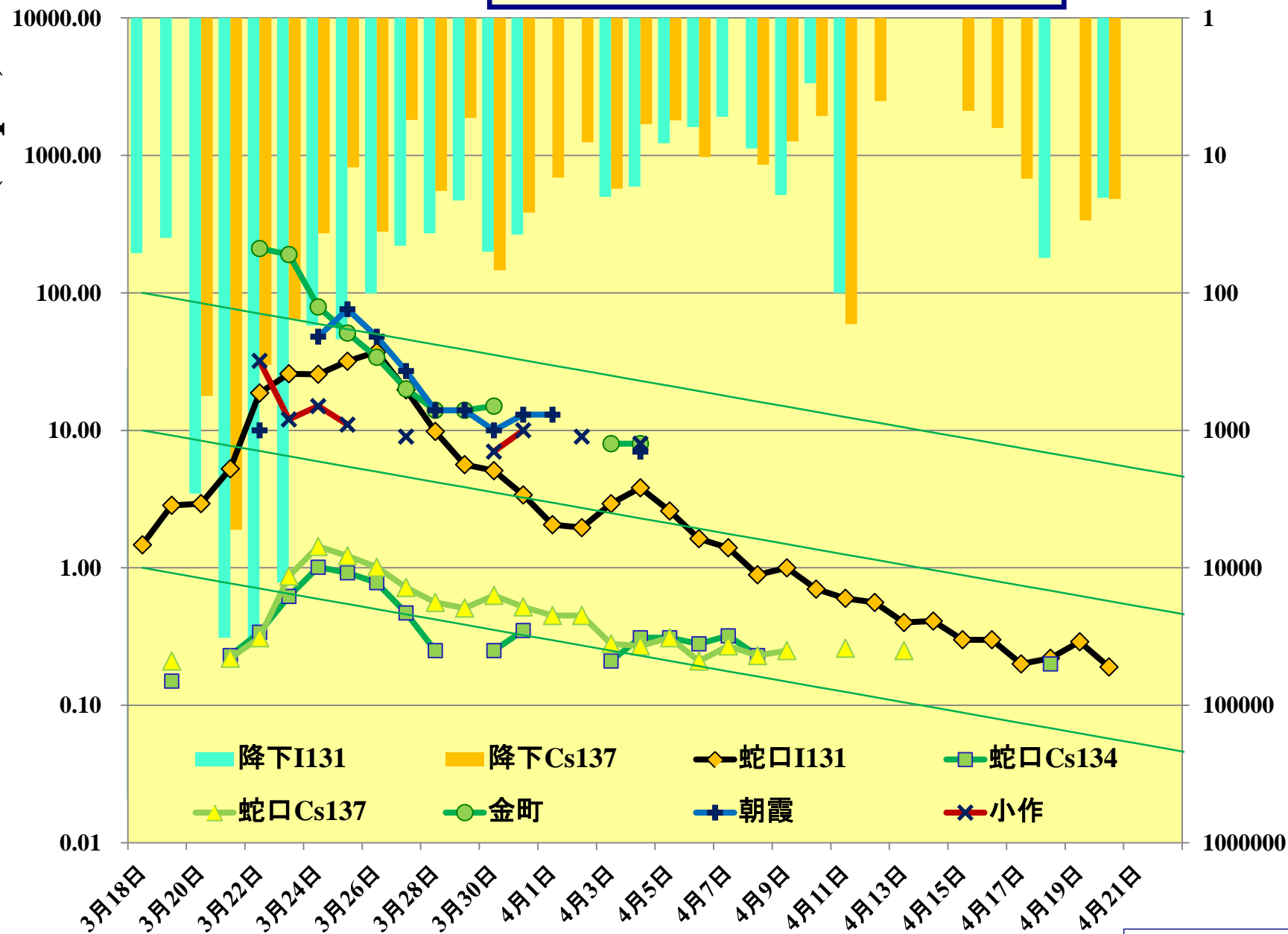
水道水と放射性物質降下量



水と放射性物質

折れ線グラフ：水道水中濃度(Bq/L)

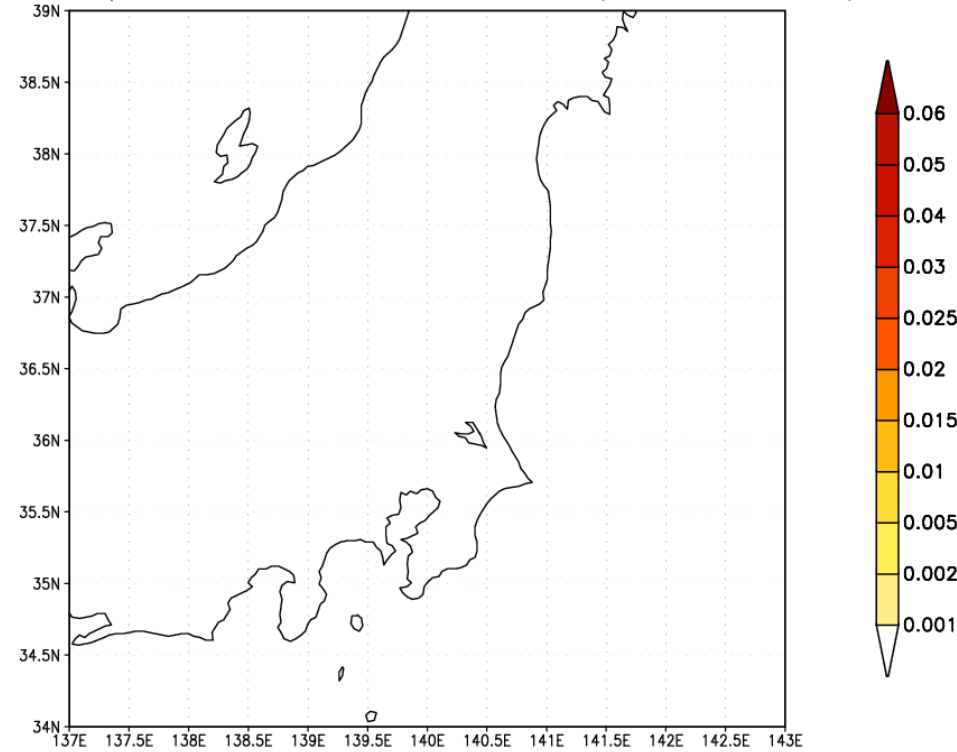
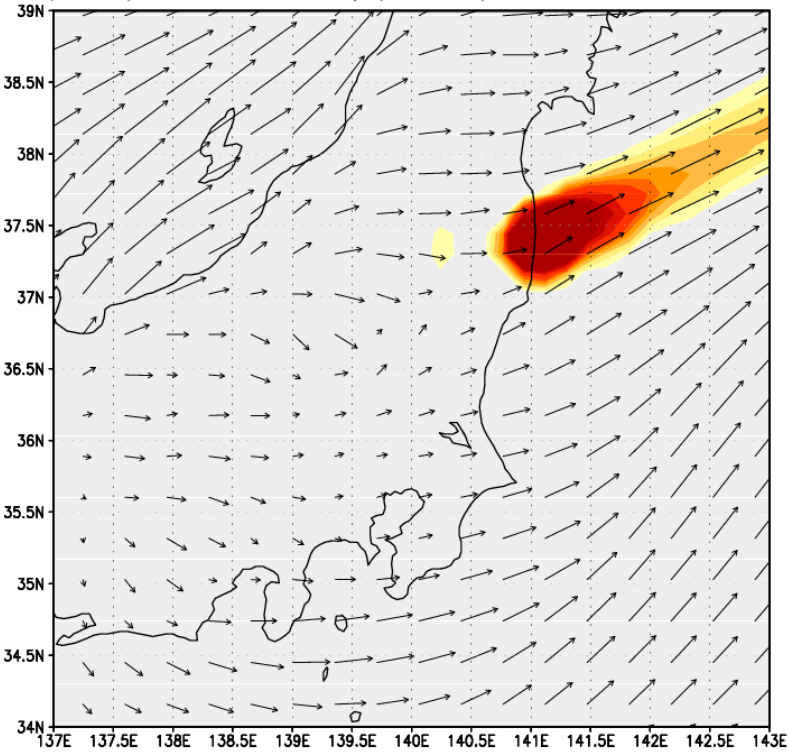
棒グラフ：24時間降水量(Bq/m²)



メソスケール移流拡散モデル予備実験結果

P(cont), Wind, & Vap(shade) 00z13Mar2011Ave

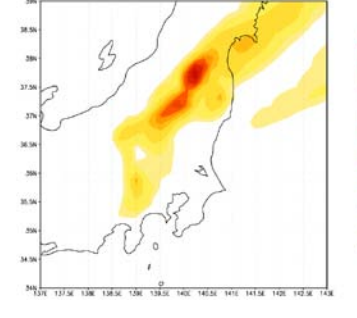
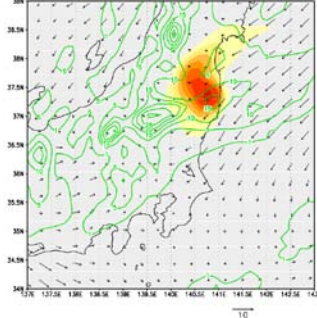
Net Deposition until 00z13Mar2011 (since 0Z12Mar)



(芳村ら、2011)

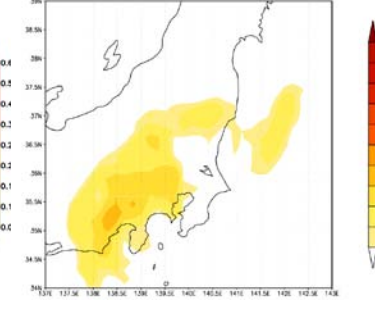
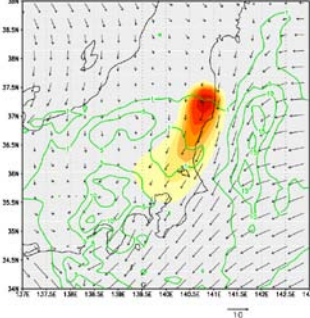
P(cont), Wind, & Vap(shade) 15Mar2011Ave

Wet Deposition until 15z15Mar2011 (since 0Z12Mar)



P(cont), Wind, & Vap(shade) 22Mar2011Ave

Wet Deposition until 15z22Mar2011 (since 0Z20Mar)

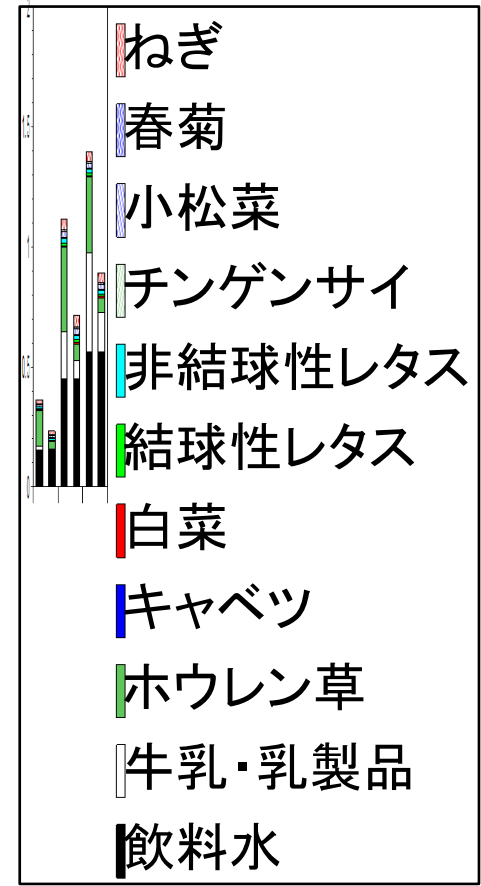
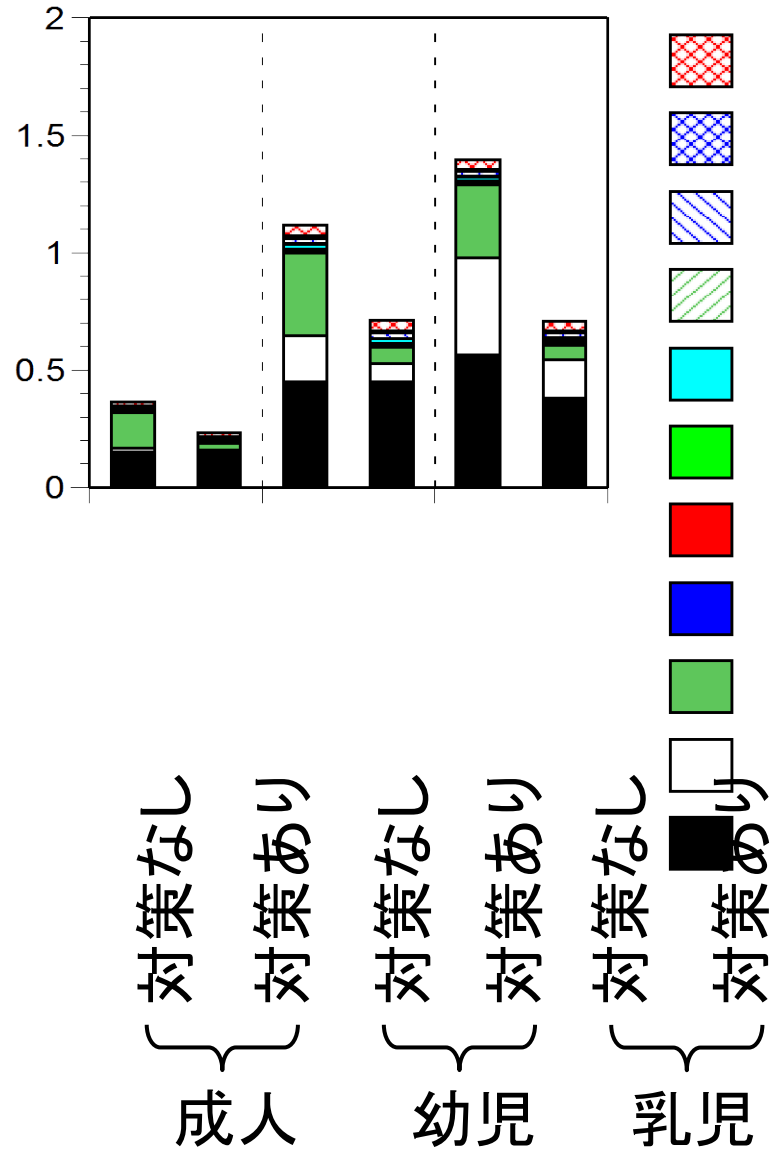


3/15: 中通へのdepositionの主因?!

3/22: 首都圏へのdepositionの主因?!

今年の飲食物由来のヨウ素131の被曝量(東京)

甲状腺等価線量 (mSv/年)



※対策: 出荷制限および乳児用ボトル水配布

(村上ら、2011)

放射性ヨウ素の指標値 (Bq/kg)

	指標値	備考
WHOの飲料 水水質ガイド ライン	ヨウ素125: 10	◆ 平時の指標(一生涯の摂取に対する指標)
	ヨウ素126: 10	◆ 年間の <u>実効線量</u> が0.1 mSv
	ヨウ素129: 1	
	ヨウ素131: 10	
コーデックス 委員会 (FAO/WHO)	ヨウ素129: 100	◆ <u>食品の国際取引上の指標</u>
	ヨウ素131: 100	◆ 事故後1年間における <u>実効線量</u> が1 mSv以下 ◆ 摂取量の10%が汚染された食品と仮定 ◆ 成人と乳児を考慮
原子力安全 委員会	ヨウ素131: 300	◆ 事故後1年間における <u>甲状腺等価線量</u> が50 mSv の2/9(=11.1 mSv) ◆ 他の放射性ヨウ素による影響も考慮 ◆ 飲食物の濃度が半減期に従って減少すると仮定 ◆ 成人、幼児、乳児の中で最も厳しい値
IAEA	ヨウ素131: 3000	◆ 緊急時の災害応急対策として

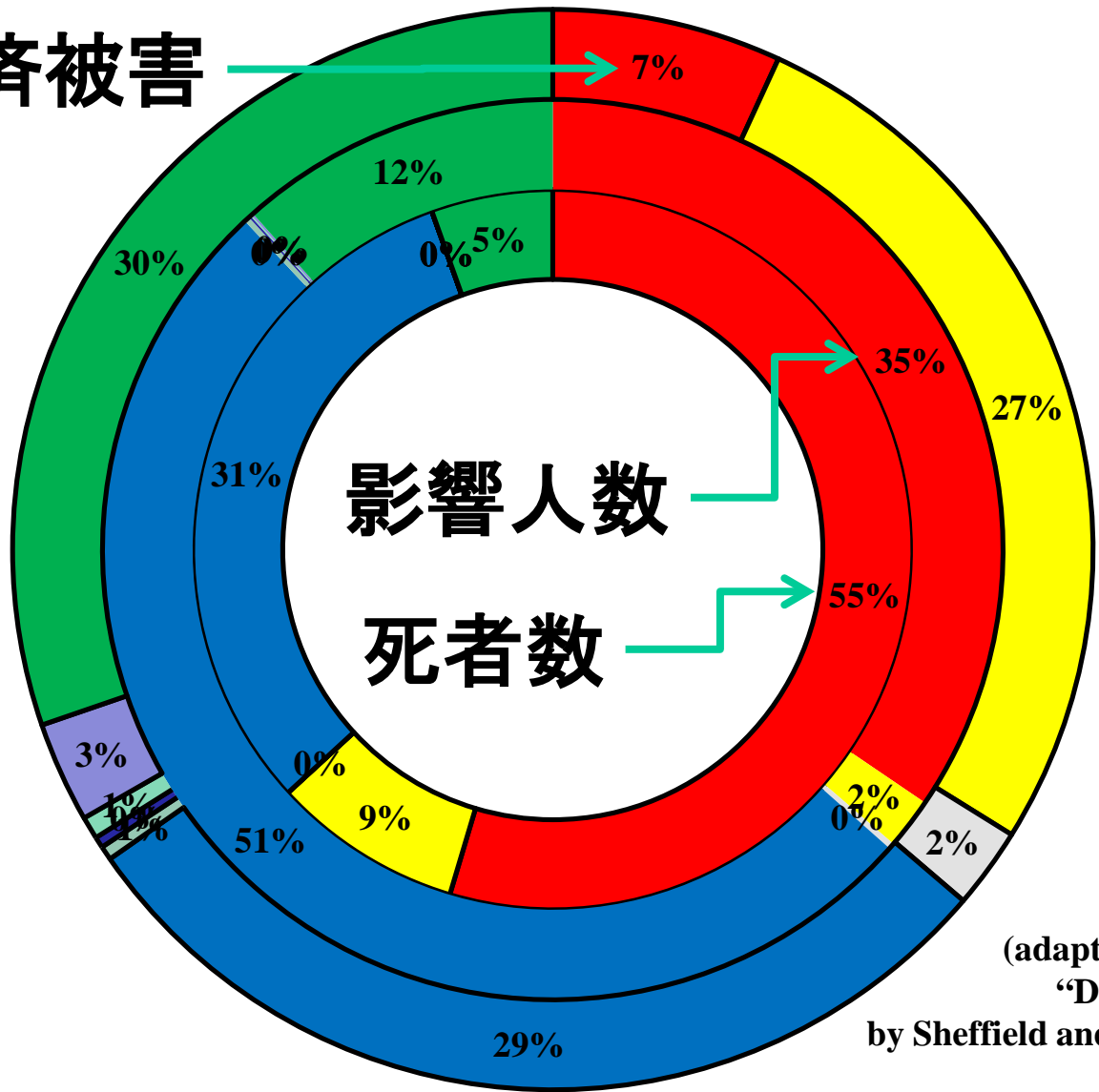
世界の水問題

- 💧 **命の水 (indispensable water): 安全な飲み水**
 - ❄️ 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200万人/年。
- 💧 **農業生産、工業生産の水 (profitable water)**
 - ❄️ 総取水量 $3,800\text{km}^3$ (1995) → $4,300\text{--}5,200\text{km}^3$ (2025)
- 💧 **人と生態系のための水 (comfortable water)**
 - ❄️ 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？**

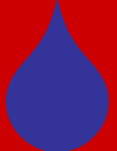
世界の自然災害被害1900-2004

- Drought 旱魃
- Earthquake 地震
- Heat waves
- Flood 洪水
- Landslides
- Volcanoes
- Storm surges
- Wildfires
- Winds 暴風害

経済被害

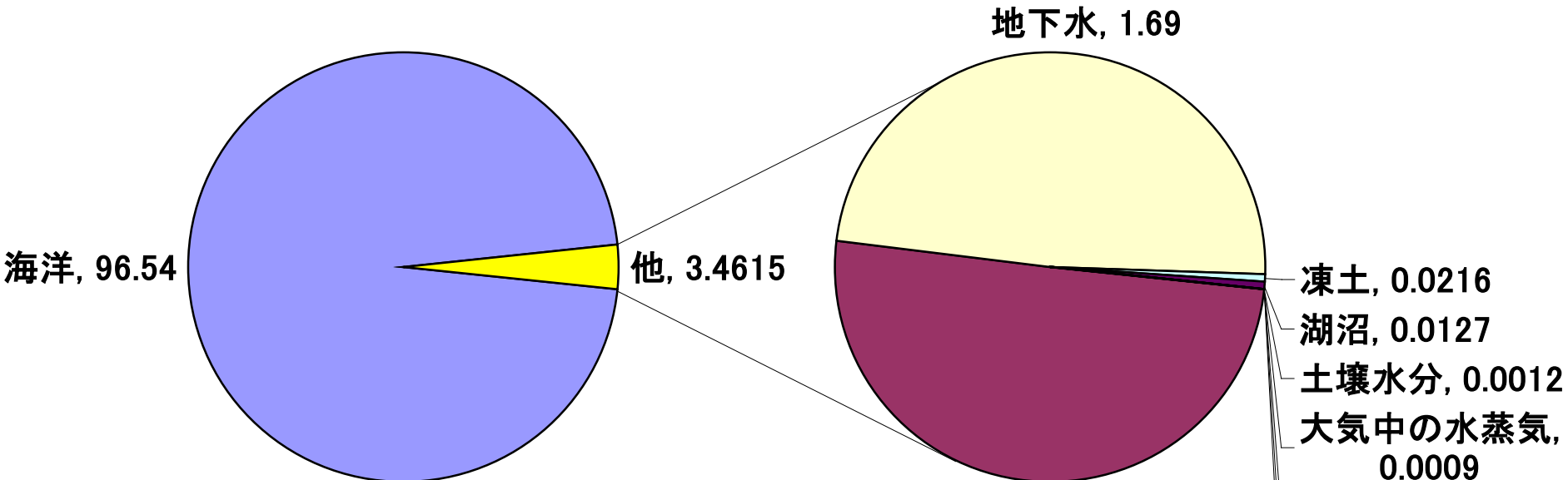


(adapted from "Drought" by Sheffield and Wood, 2011)

 “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

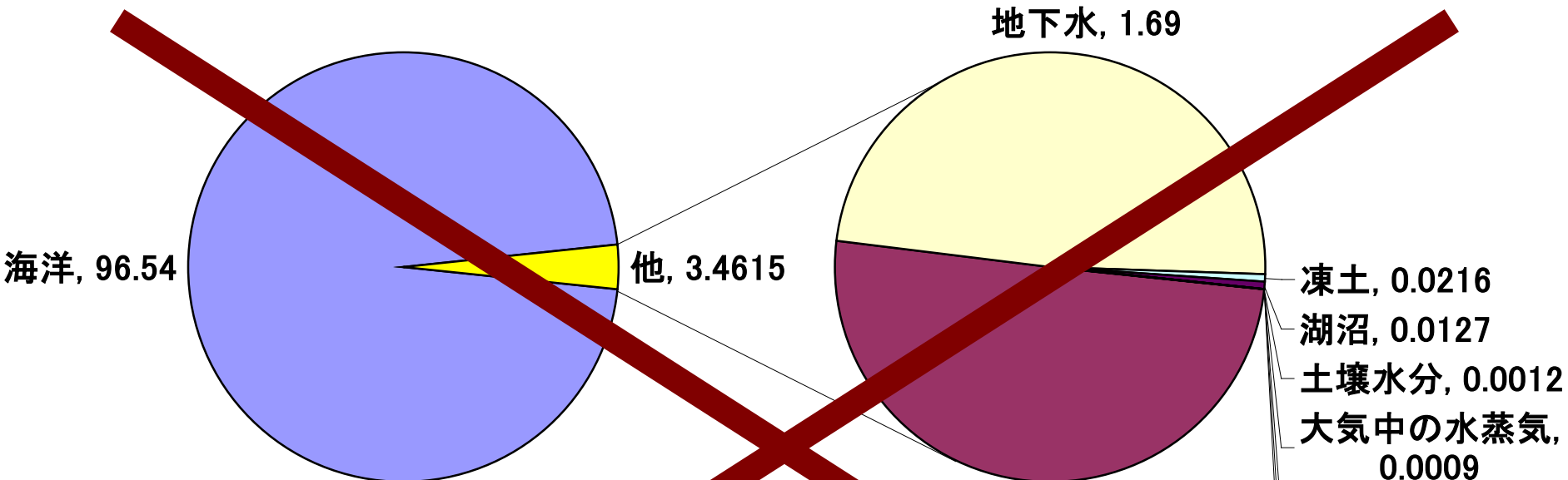
地球上の水の割り合い(%)



- 地球表面の水は $1.385 \times 10^9 \text{ km}^3$
- 地球全体の重さの0.02%
- 淡水は水全体の約2.5%
- 使いやすい淡水は0.01%?!

だから水資源は貴重???

地球上の水の割り合い(%)

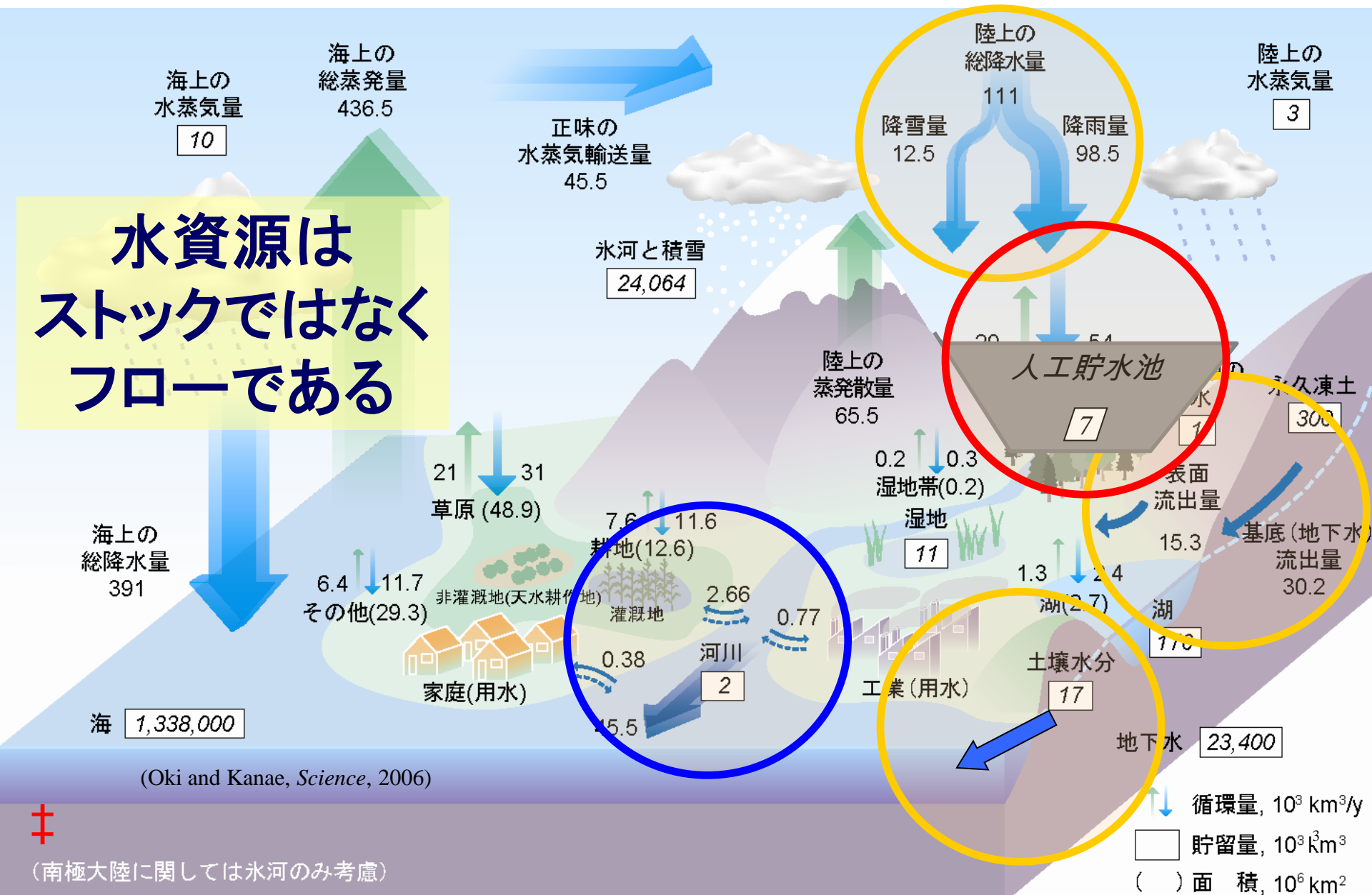


- 地球表面の水は $1.385 \times 10^9 \text{ km}^3$
- 地球全体の重さの0.02%
- 淡水は水全体の約2.5%
- 使いやすい淡水は0.01%?!

だから水資源は貴重???

地球上の水文循環量と貯留量

水資源は
ストックではなく
フローである



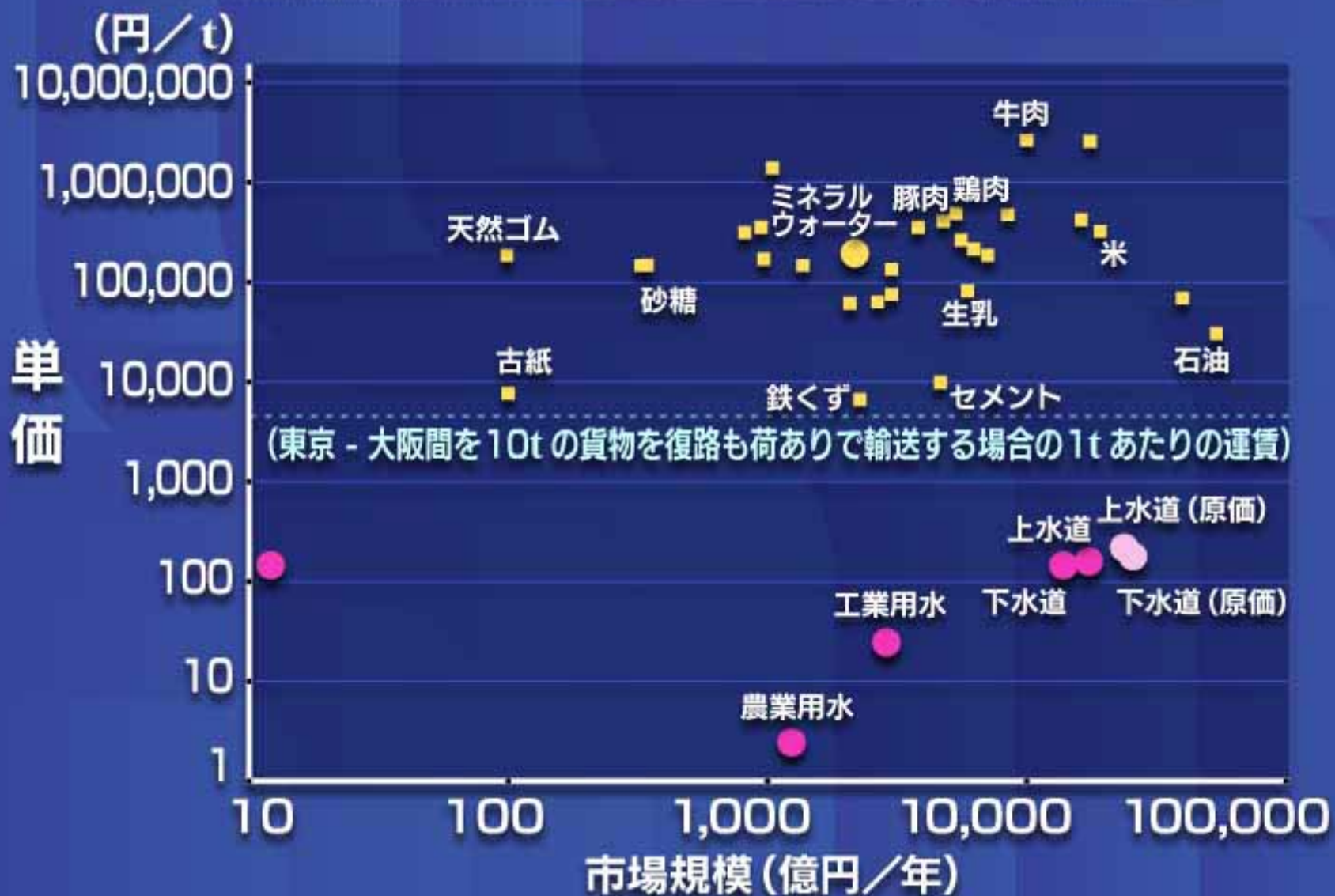
(Oki and Kanae, *Science*, 2006)

†

(南極大陸に関しては氷河のみ考慮)

↓ ↑ 循環量, $10^3 \text{ km}^3/\text{y}$
 □ 貯留量, 10^3 km^3
 () 面積, 10^6 km^2

モノの単価と市場規模



水の値段

💧 人が飲む水

❄ ペットボトルの水: 500mlで150円→30万円/m³

💧 水道水(家庭用水)

❄ 140円/m³ (小口ユーザ) ~ 400円/m³ (大口ユーザ)

❄ 小河内ダムの貯水容量約1.85億m³→約300億円相当
1m³の金(比重19.3) ÷ 約600億円相当

💧 工業用水: 日本平均で25 円/m³

💧 農業用水: 農家負担は日本平均で4 円/m³

水資源は安い→必要な時に必要な場所に必要な質の水
資源がないと貯蔵、輸送コストが相対的に高すぎて経
済的に引き合わない。

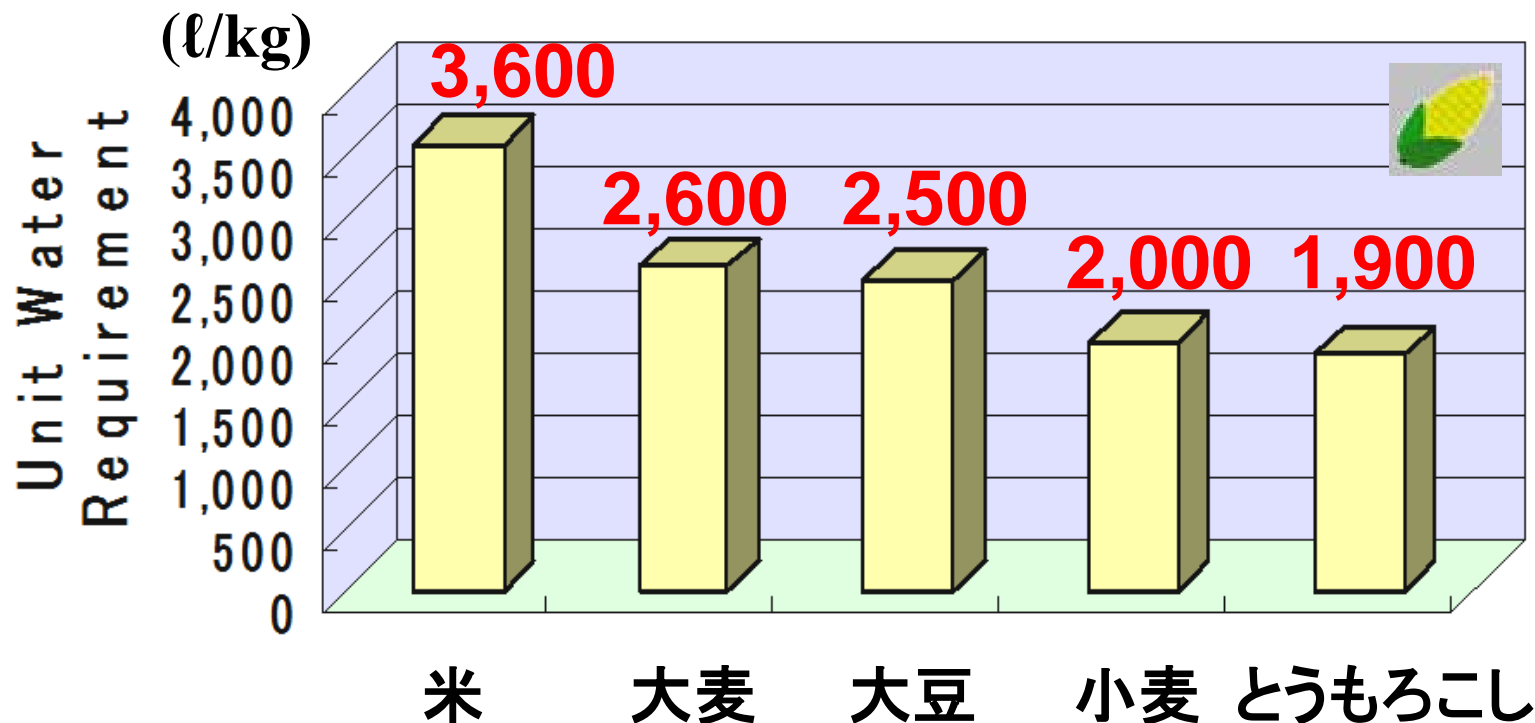
水の値段

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

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

(ℓ/kg)

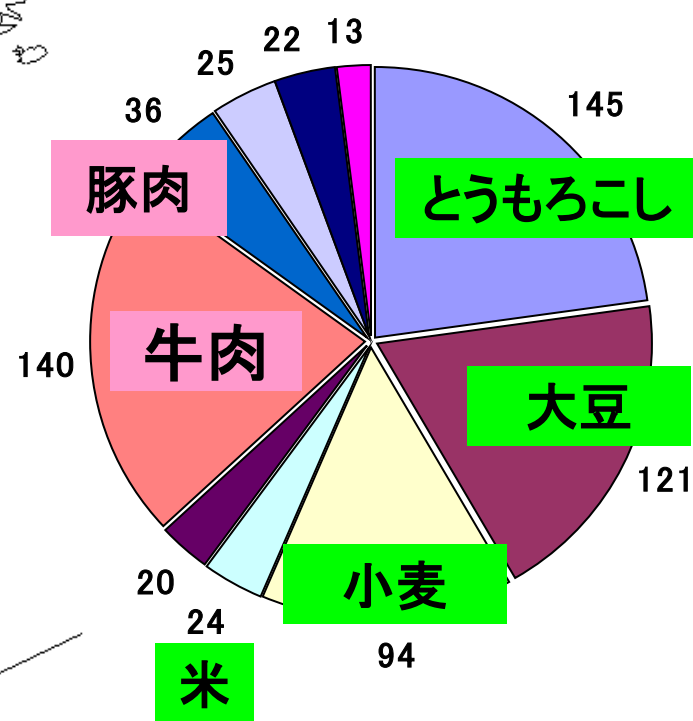
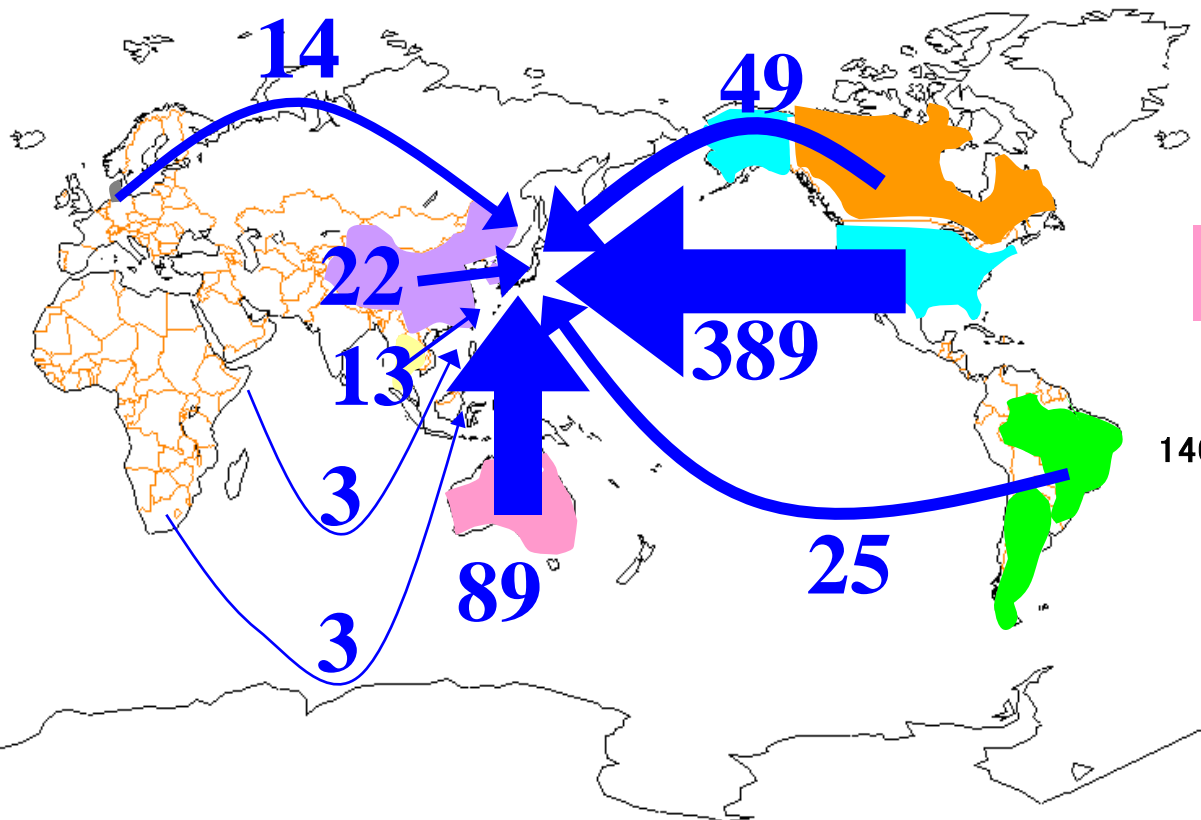
(日本の単位収量と育て方に基づいて算定)



日本の仮想投入水総輸入量

その他:33

日本への品目別
仮想投入水量
(億m³/年)



総輸入量: 640億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)

使う水の量と価格

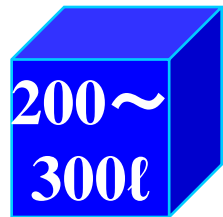
💧 1日2~3リットルの飲み水

 2~3ℓ

❄️ 生きるために不可欠

❄️ 全部瓶詰め水でも約200~400円/日

💧 1日200~300リットルの水道水


200~
300ℓ

❄️ 健康で文化的な暮らしに不可欠

❄️ 全部水道水なら約20~40円/日

💧 1日2000~3000リットルの雨水+灌がい用水

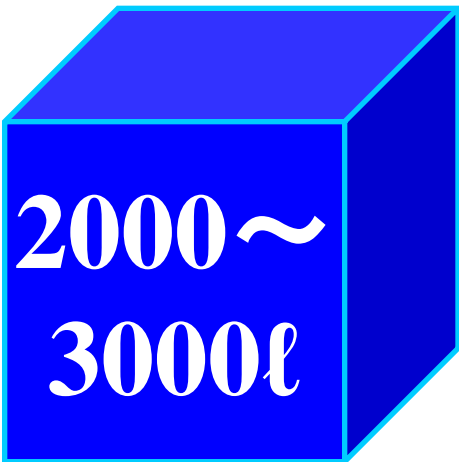
❄️ 穀物や牧草、家畜の餌が育ったりするのに不可欠

❄️ 全部灌がい用水なら約5~10円/日

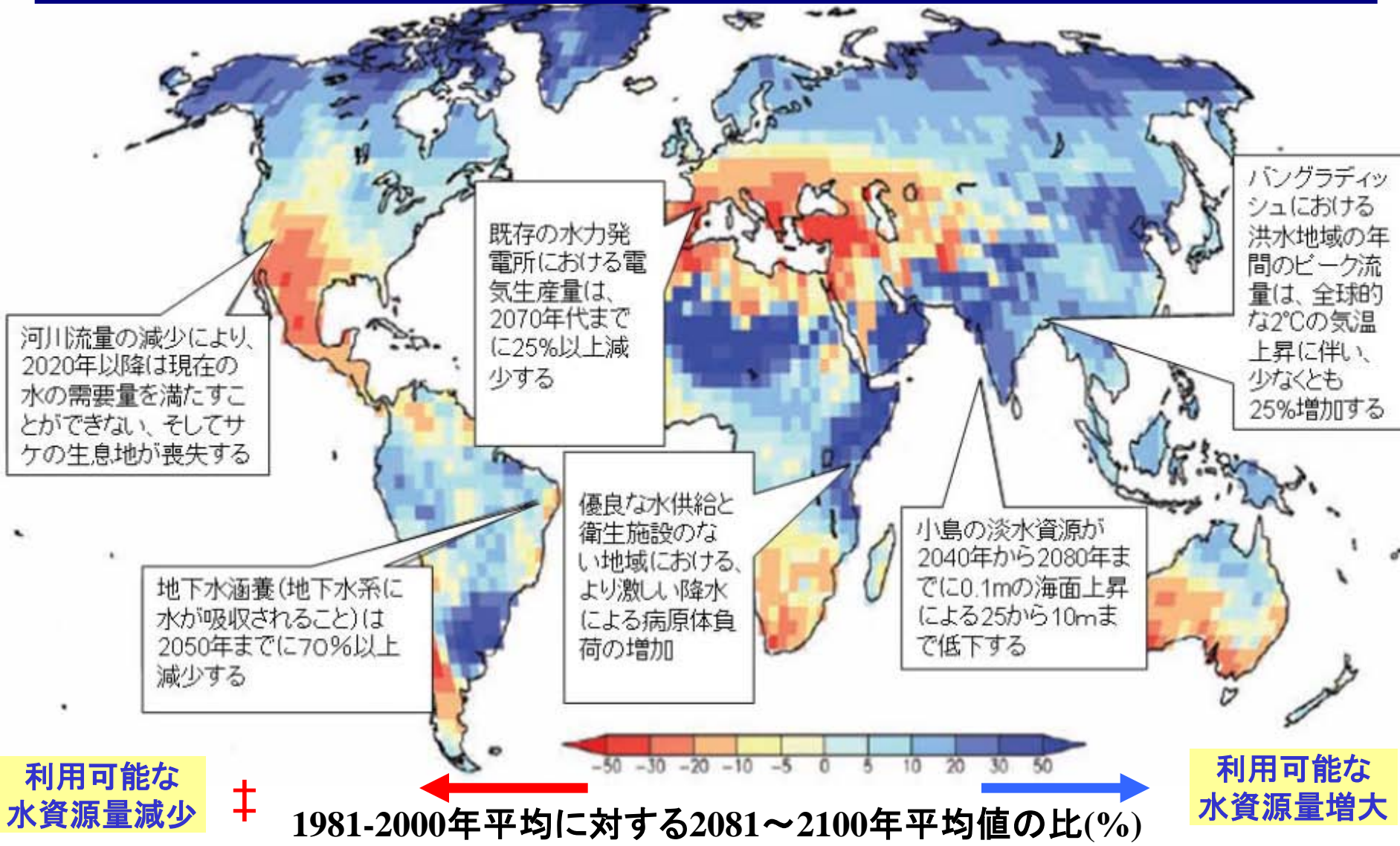
❄️ そのうち半分くらいは海外からの水

💧 日本だと約 $1\text{m}^3/\text{m}^2/\text{年}$ の水資源量利用可能

❄️ $1000\text{m}^2/\text{人}$ 必要 → $1000\text{人}/\text{km}^2$ の人口密度で水ぎりぎり


2000~
3000ℓ

温暖化に伴う水資源賦存量の変化



気候変動と社会変動

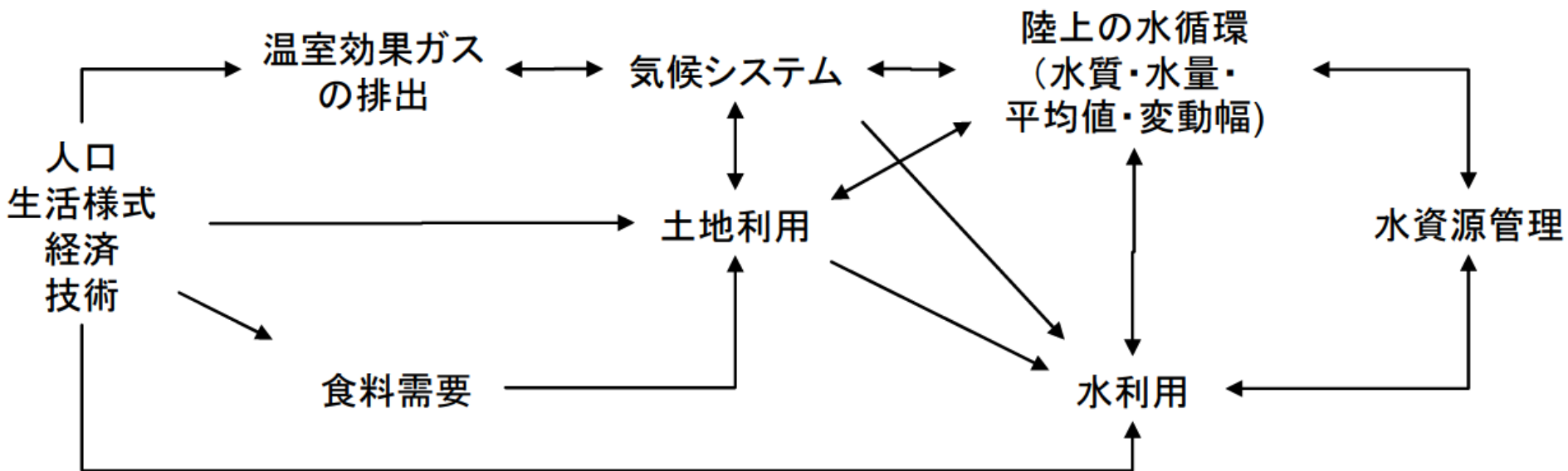
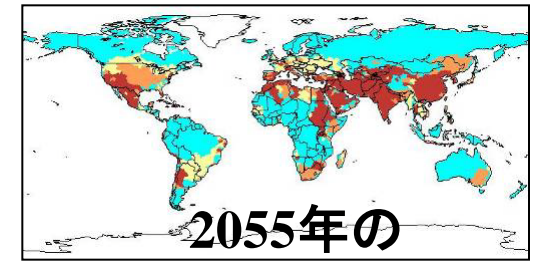


図 3.1 人間活動が淡水資源とその管理に与える影響

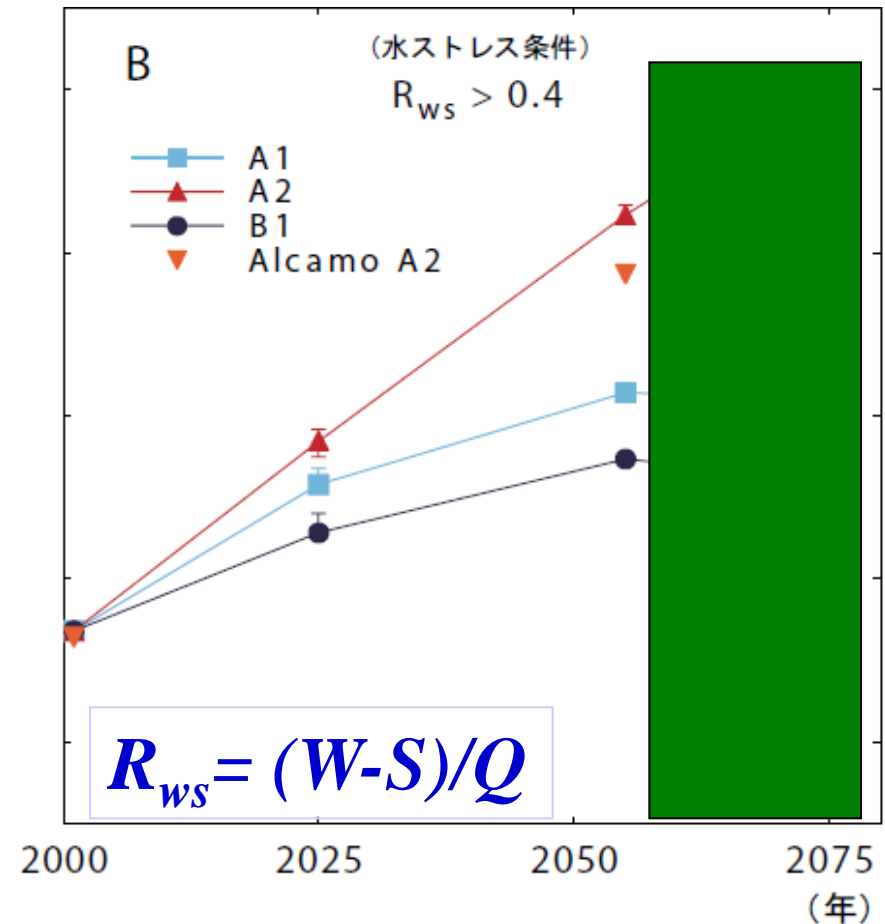
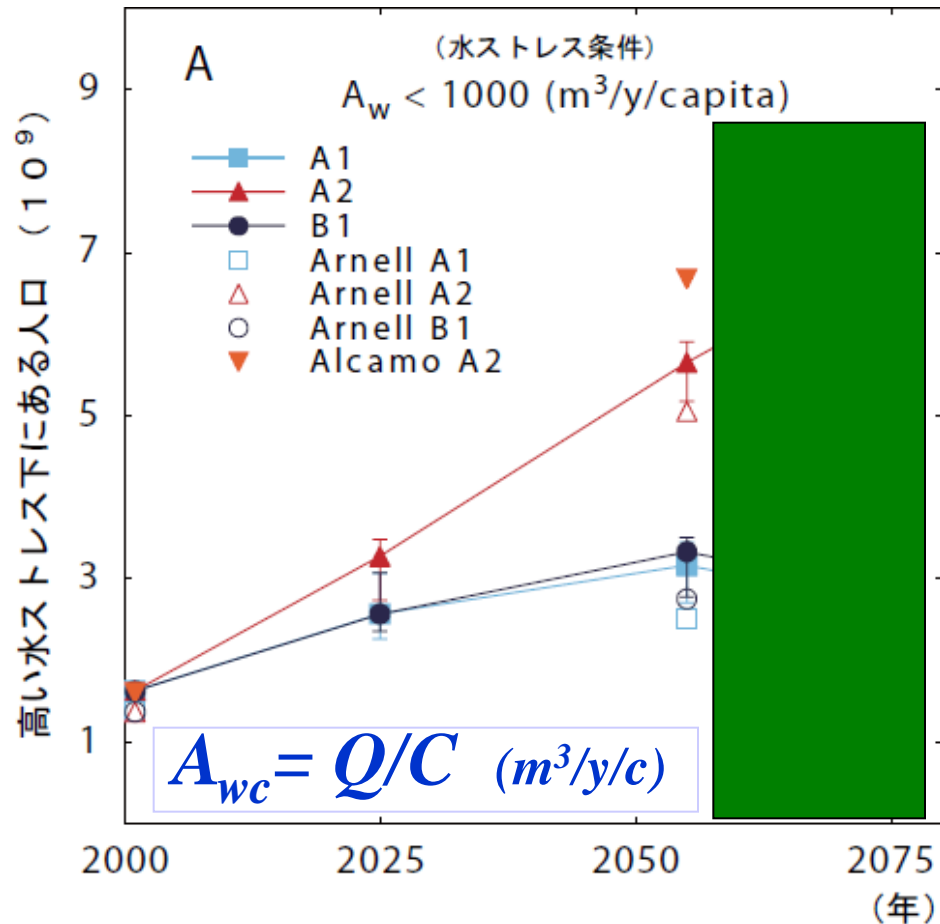
気候変動は多数のストレスのうちの1つに過ぎない

(Oku, 2005 に基づく)

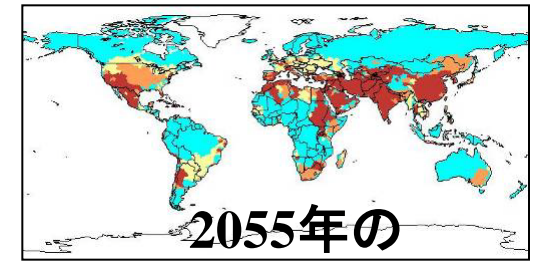
21世紀における深刻な水ストレス下の人口予測



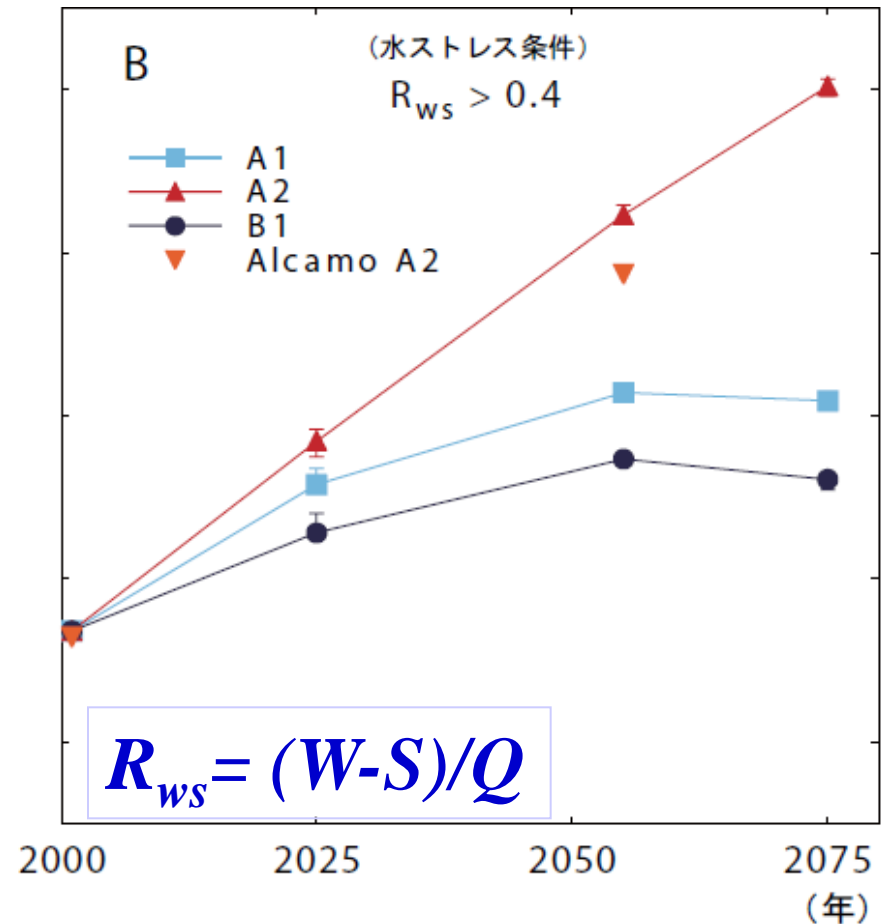
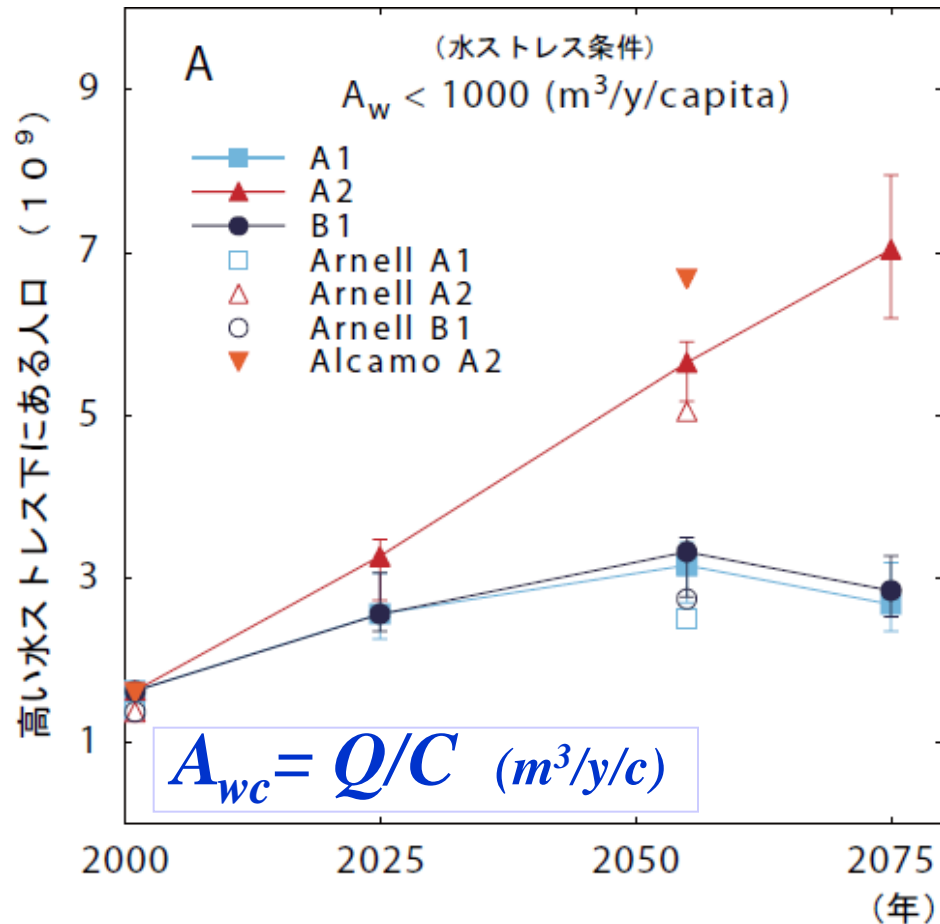
2055年の水ストレス (A2)



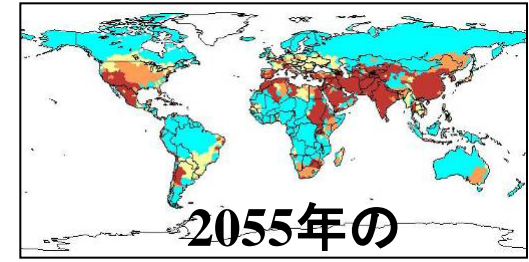
21世紀における深刻な水ストレス下の人口予測



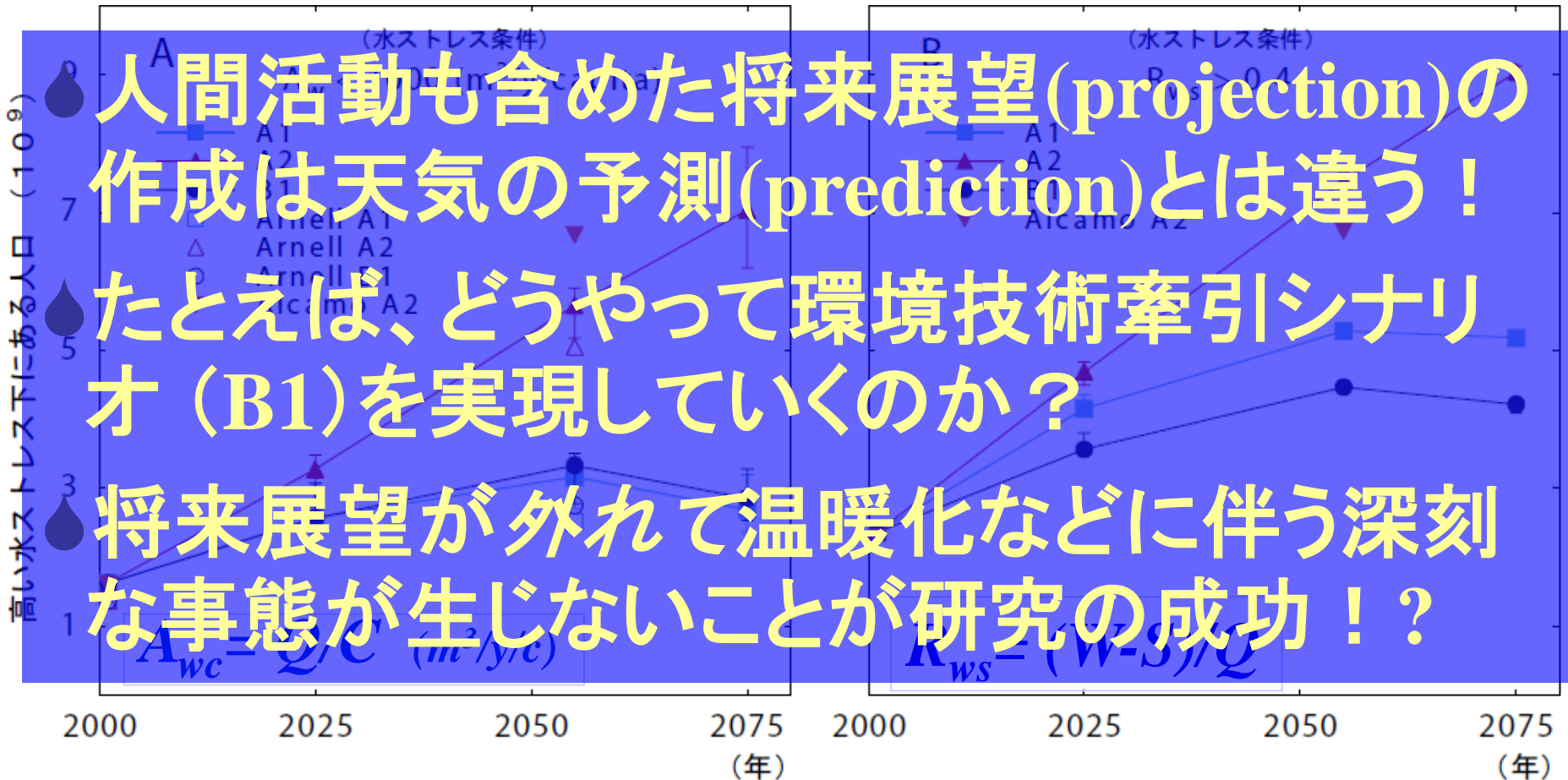
2055年の水ストレス (A2)



21世紀における深刻な水ストレス下の人口予測



2055年の水ストレス (A2)



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(No regret Policy)

💧 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(Resilience Approach)
- ✓ 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(1)

- ◆ 将来推計を加味した治水計画の推進
- ◆ 水供給側の適応策
 - ✓ 地下水の探査と汲み上げ
 - ✓ ため池、貯水池、ダム建設による貯留容量の増加⇔緑のダム??
 - ✓ 海水淡水化
 - ✓ 雨水貯留の普及
 - ✓ 水輸送

24 11:41AM

水分野の適応策(2)

◆水需要側の適応策

- ✓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
- ✓農作物輸入による灌漑需要の削減(仮想水輸入)
- ✓持続的な水利用のための従来の習慣の振興
- ✓水市場拡大による高付加価値水利用への再配分
- ✓従量料金の導入など経済的インセンティブの拡大利用による水保全の奨励

◆洪水保険の導入、...

なぜ日本が海外の水問題を解決？

💧 経済発展支援 → 外交政策

❄️ 水の支援は健康、教育、経済などに波及

💧 食料安全保障、資源安全保障

❄️ 世界の水と資源に支えられている日本の暮らし

💧 安全保障、環境難民対策

❄️ グローバル化した世界で日本だけ豊かな暮らし ×

💧 どんな貢献を日本から世界に？

❄️ × 節水、× 植林

❄️ 水マネジメントの**智恵**や**経験**、**処理技術**伝授

❄️ **資金**、**専門家** → **人材**開発、**組織**発展

💧 水を使うのは悪いことか？

❄️ 30秒手を洗うと大腸菌が1/100...

❄️ 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市民はどう貢献できるのか？

💧 見逃しているリスクはないか？

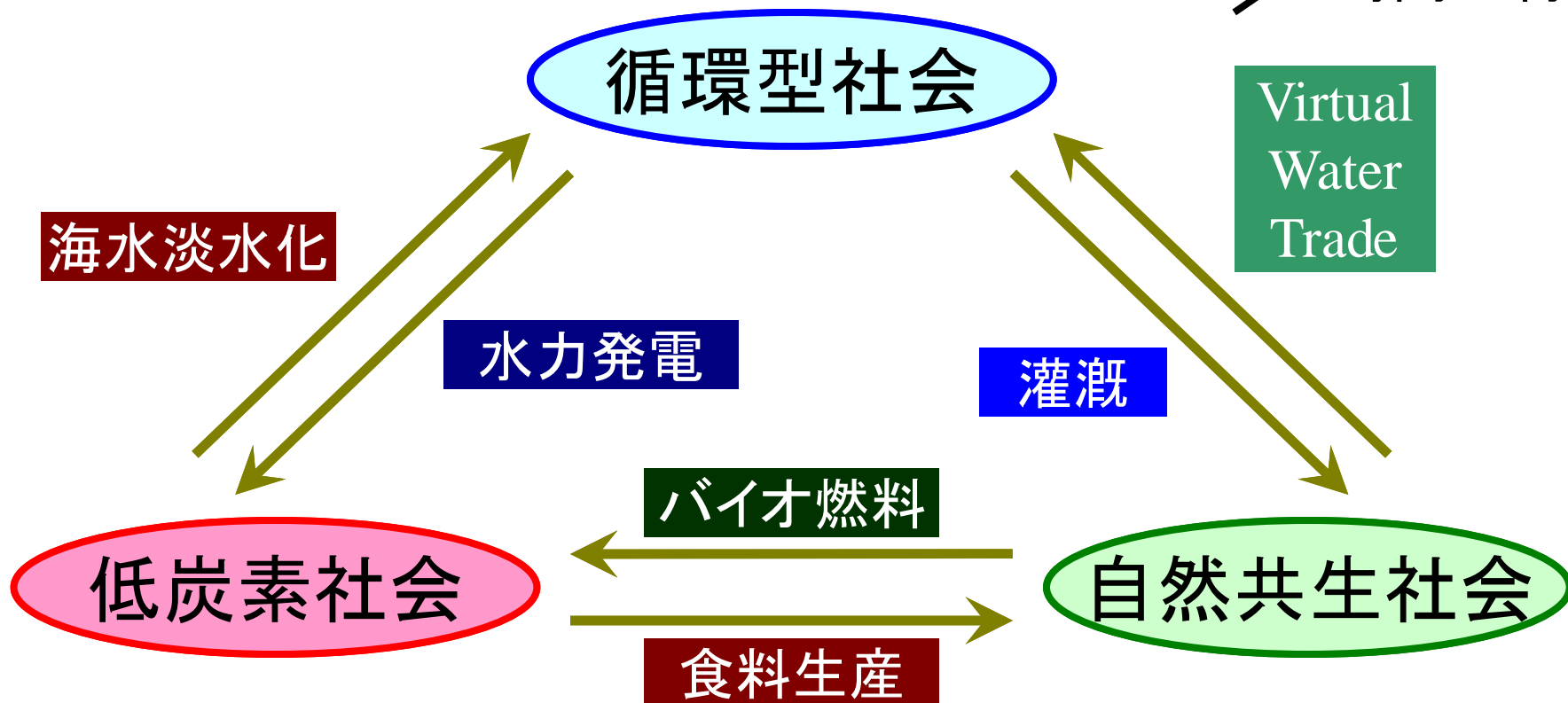
❄️ 世界の水は足りなくなるのか？

❄️ 日本の水は安泰か？

持続可能な社会のために

💧 水だけを考えるのではなく、食料とエネルギーと三位一体で考えるべき

土地と時間の制約



「水」に対する感情⇔合理性

💧 日本におけるゼロリスク信仰

❄️ ⇔ 知らぬが仏?

💧 中国における健康志向

💧 「天然水」⇔ 添加物、水道水、...

💧 水源林の外国資本による買い占め?!

💧 水道事業は官がやるべき?!

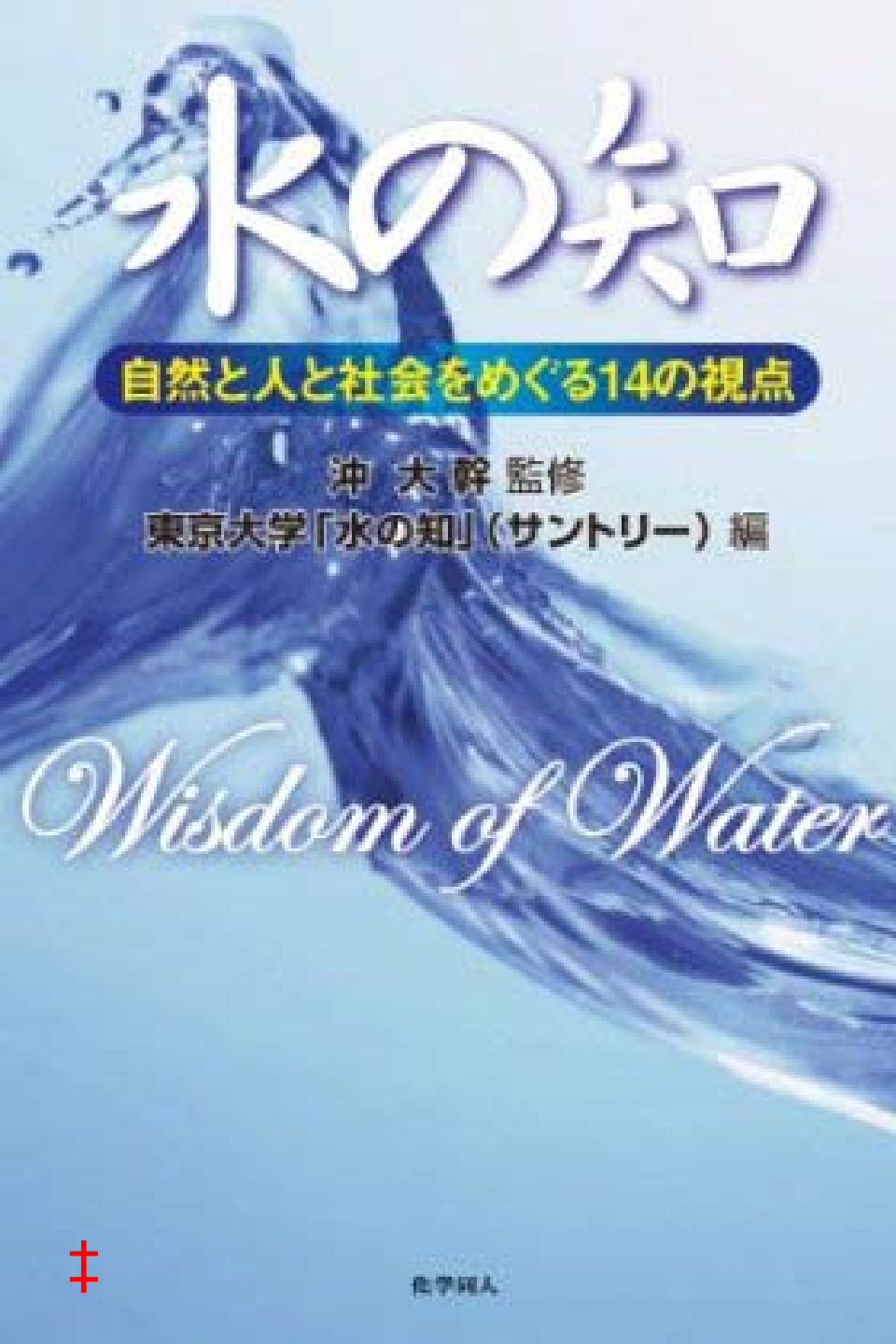
💧 フランス産のワインと水⇔PETボトル

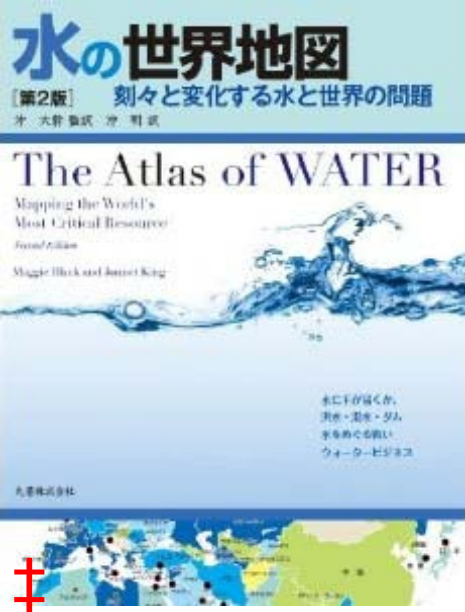
- 本日触れられなかったトピックも含めて、国内外の水循環の科学と世界の水問題についてはこちらの新刊書もご参照ください。

水の知

自然と人と社会をめぐる14の視点
沖 大幹監修
東京大学「水の知」(サントリー)編
化学同人

2010年4月10日第1刷発行
ISBN978-4-7598-1429-3





-tokyo.ac.jp/

水の世界地図第2版

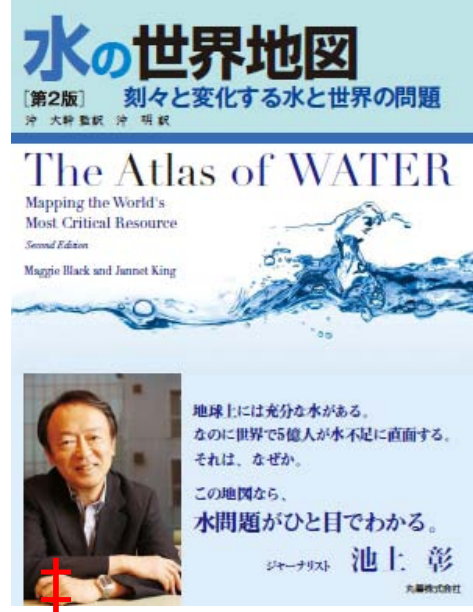
一刻々と変化する水と世界の問題

Maggie Black, Jannet King (著)

沖大幹 (監訳), 沖明 (訳)

丸善株式会社

2010年12月20日第2版第1刷発行



1. **有限な資源** (地球は水瓶/水不足/増大する需要/先細る供給/競合と紛争)
2. **環境プレッシャー** (気候の変化/都市化/変更される水路/干上がる湿地/乾燥地と旱魃/洪水)
3. **生きるための水** (飲用水/公衆衛生のための水/家庭用水/水と疾病/疾病媒介動物/食料のための水/水が奪うもの)
4. **生産のための水** (灌漑/工業のための水/エネルギーのための水/漁業のための水/輸送とレジャー/売するための水)
5. **傷ついた水** (水汚染物質/水汚染/傷んだ水路/脅威にさらされる生態系)
6. **未来の水** (ミレニアム開発目標/条約と約束履行/深まる協調/水管理/ウォーターフットプリント/値段の付いた水/技術による解決策)
7. **表** (需要と資源/水の利用)
用語集、便利な単位換算、出典

💧 **第1版から大幅更新。**

(Golombo, Maliにて
2010年5月13日)

36



ご清聴ありがとうございました。