



# ウォーター・フットプリント (Water Footprint) 水の足跡とは？

平成22年12月4日 市民環境講座

公益財団法人 地球環境センター  
事業部企画調整課長 藤田 眞

## 本日のお話し

食べ物をはじめとして、身の回りにあるものが皆さんのところに届くまでには、様々なところで様々なかたちで水が使われています。そして、そのことは世界の水問題にも関連することになります。

「ウォーター・フットプリント」とは食料や製品の生産・加工・流通などのライフサイクルを通じて、直接的・間接的に消費・汚染された水の量を表わすために、新たに提唱されている指標です。

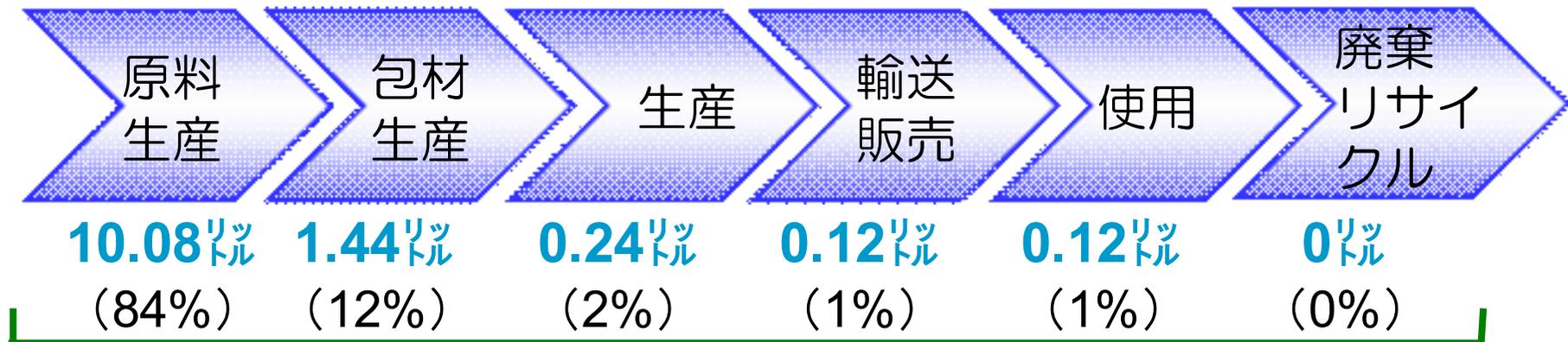
# ウォーターフットプリントに関する国際会議 2010年6月1-3日

- ◆ 本日のお話では6月にUNEP/IETCとGECが大阪で開催した「ウォーター・フットプリントに関する国際会議」において世界の専門家から報告された内容に基づき、スリランカ・インド・チュニジア・イスラエル・ヨーロッパ・日本の事例を織り交ぜながら、ウォーター・フットプリントの概念や世界の水問題と日本の関わりについて紹介させていただきます。



# ウォーター・フットプリントとは

例えば、カップコーヒー1杯に使用される水の量



**トータル水使用量**  
**12 リットル**

# ウォーター・フットプリントとは

- 💧 製品やサービスの背景に隠された水の消費や汚染を数量的に表すために提案された指標
- 💧 製品の場合なら、原材料の栽培・生産、製造・加工、輸送・流通、消費までのライフサイクルで直接的・間接的に消費・汚染された水の量を表すもの

# 製造にどれぐらいの水が必要か？

パン		ℓ/1斤	
ビール		ℓ/大瓶1本(633cc)	
ウイスキー		ℓ/1本(700ml)	
清涼飲料水		ℓ/1缶(350ml)	
織物外衣		ℓ/1着	
携帯電話		ℓ/1台	
パソコン		m <sup>3</sup> /1台	
自転車		m <sup>3</sup> /1台	※農作物の生産に必要な水は含まない
オートバイ		m <sup>3</sup> /1台	
乗用車		m <sup>3</sup> /1台	

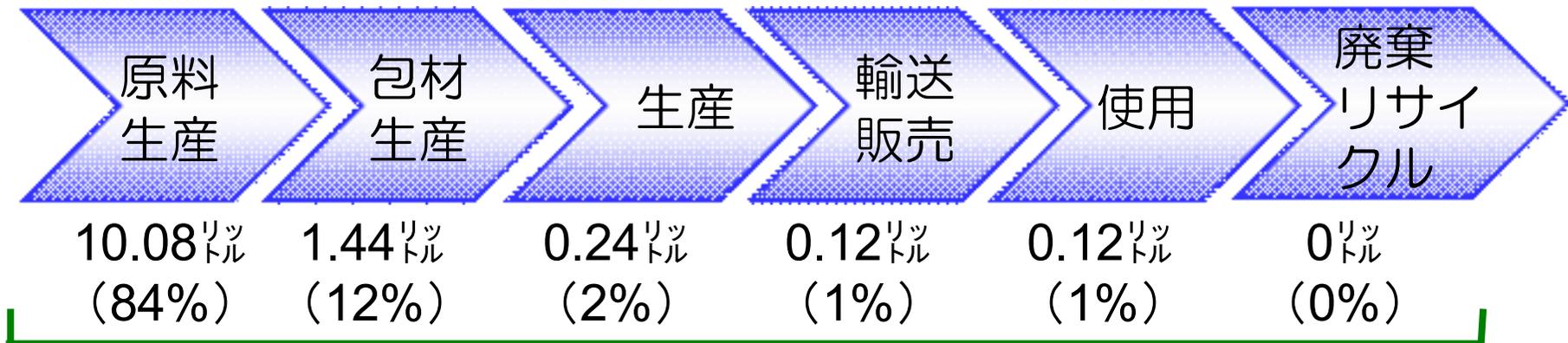
# ウォーター・フットプリント (Water Footprint)

- 💧 Water (ウォーター) ⇒ 水
- 💧 Footprint (フットプリント) ⇒ 足跡
- 💧 ウォーター・フットプリント (Water Footprint) とは、「人間が(水資源の使用によって)地球環境を踏みつけた足跡」という比喻からきており、製品等のライフサイクル全体で「使用」される水の総量に数値換算した指標のこと。

## ※ カーボン・フットプリント

商品・サービスのライフサイクル全体(原材料調達から廃棄・リサイクルまで)で排出された「温室効果ガス」の排出量をCO<sub>2</sub>に換算して表示したもの

# ウォーター・フットプリントは何の役に立つの？



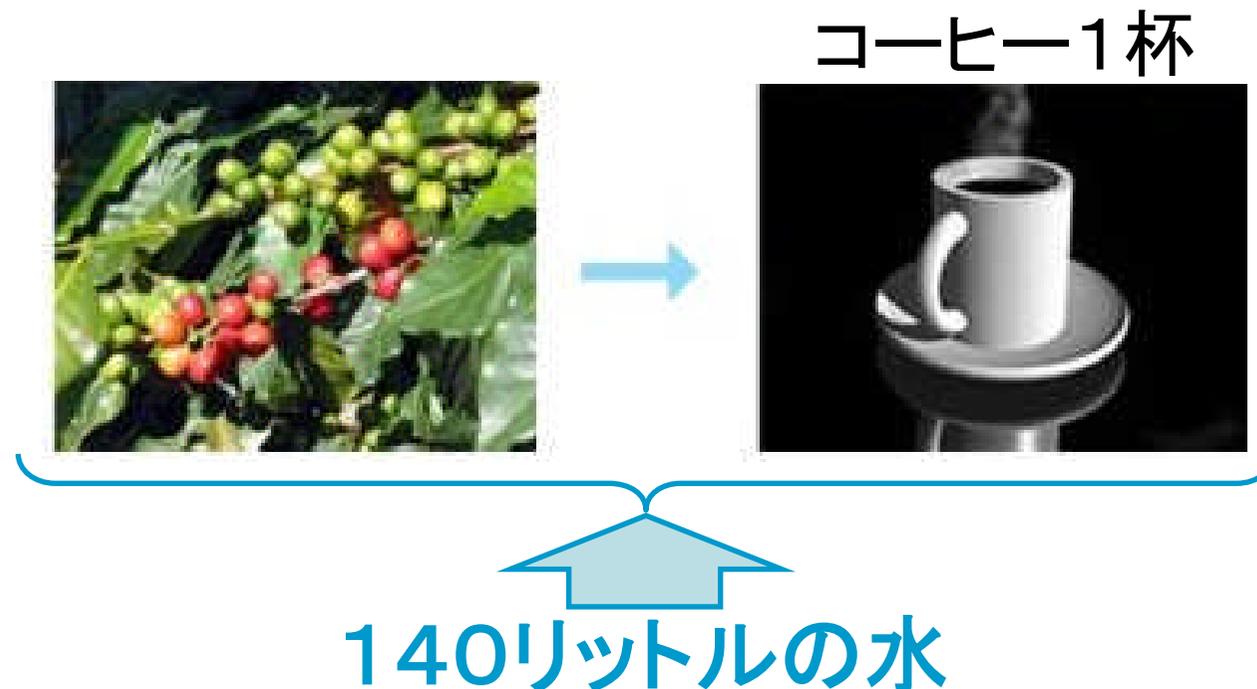
↓  
**トータル  
 水使用量  
 12リットル**

- 事業者が、環境負荷の低減や削減効率の高い段階を把握
- 原料を生産する企業等の水負荷への意識を高め、水利用の削減を呼びかけ
- 消費者が、事業者・製品の水使用量を把握

水資源の持続的な活用、不必要な水利用の削減、水利用の状況把握などの指標として活用することが期待

# ウォーター・フットプリントの考え方

- 「ウォーター・フットプリント・ネットワーク」  
(Water Footprint Network) という  
ヨーロッパの団体による計算では.....



# ウォーター・フットプリントの考え方

「ウォーター・フットプリント・ネットワーク」(Water Footprint Network)という団体が提唱している考え方

## 💧 ブルー・ウォーター・フットプリント

表流水(河川・湖沼の水)や地下水が消費された量。  
ここで、消費には、作物・製品に取り込まれるだけでなく、  
取水地点に水が戻ってこなかった場合を含む。

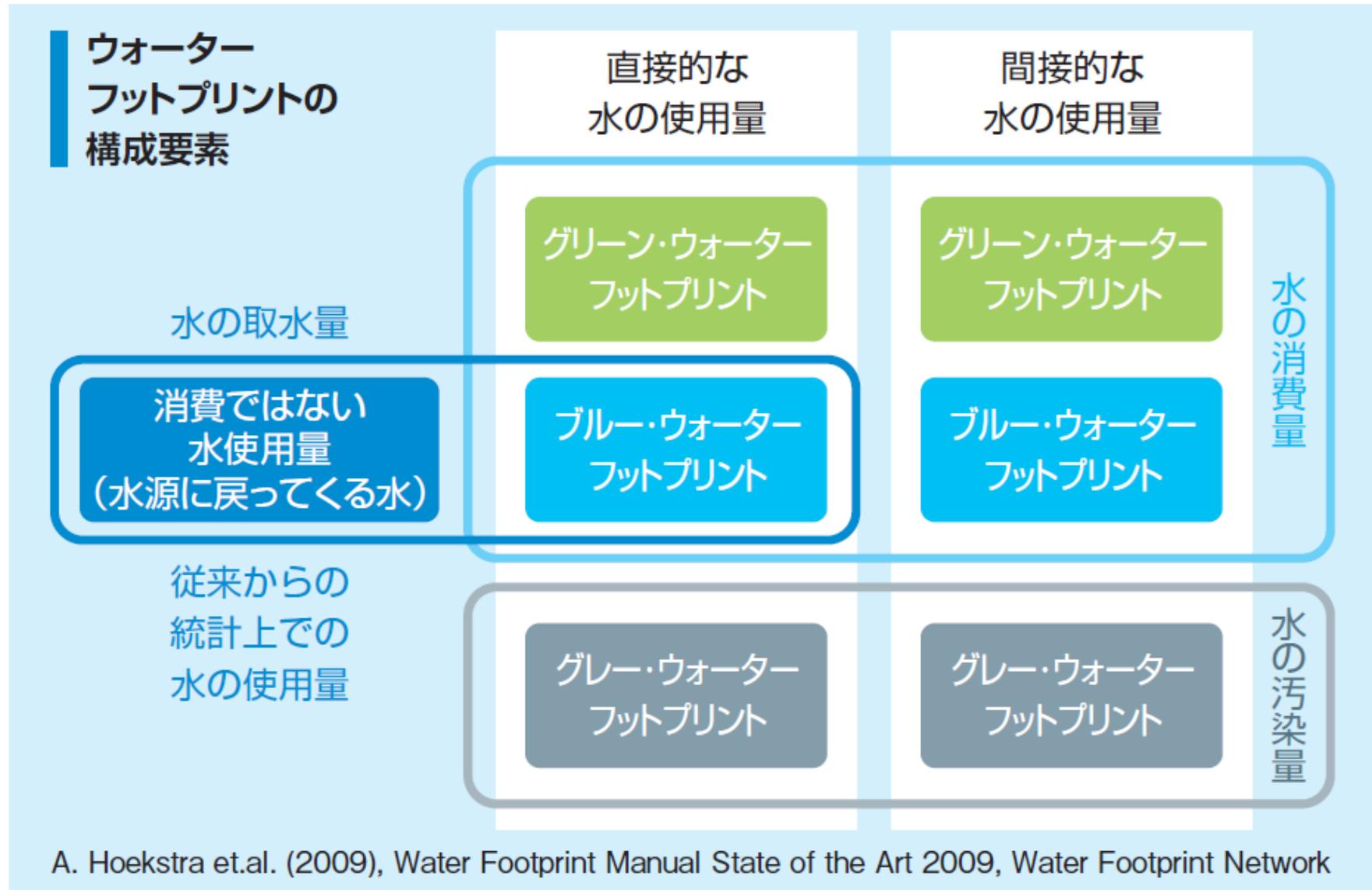
## 💧 グリーン・ウォーター・フットプリント

雨水のうち、作物に取り込まれた量、及び、土壌中に水分として蓄えられた量

## 💧 グレー・ウォーター・フットプリント

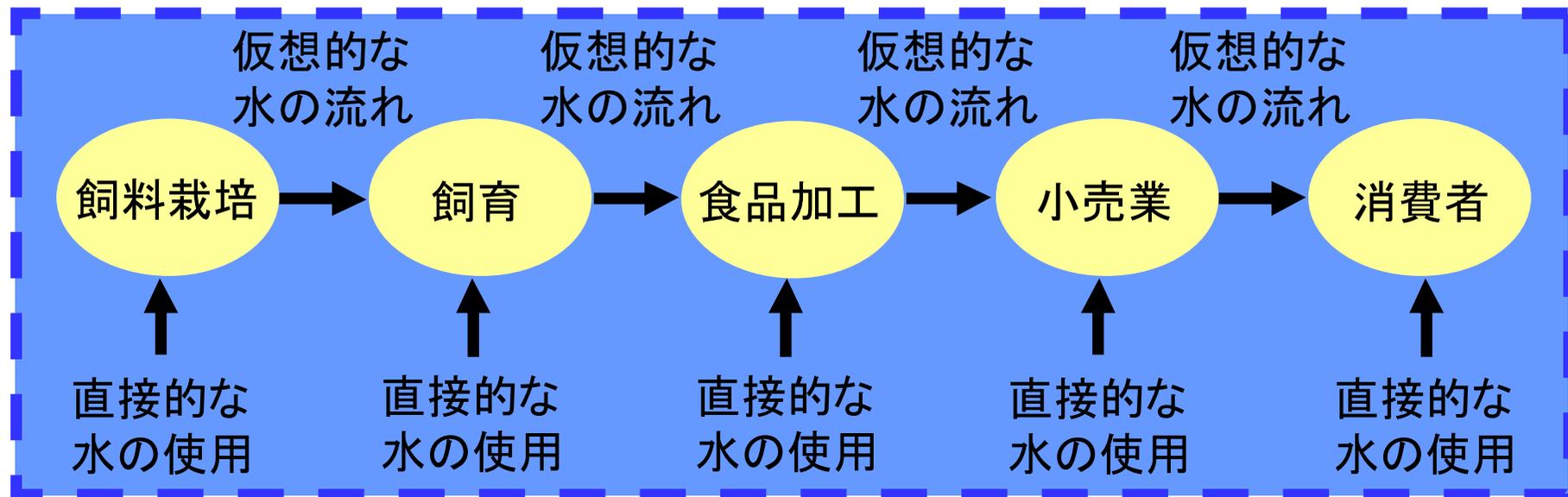
水の汚染量を示す指標で、環境水質基準に基づいて汚染物質を希釈するのに必要な水の量

# ウォーター・フットプリントの考え方



# 肉の加工品のウォーター・フットプリント

## サプライチェーン



# ウォーター・フットプリント・ネットワークという 団体による計算例

140 litres water



1 cup of coffee



900 litres water



1 kg maize



1000 litres water



1 litre milk



1350 litres water



1 kg wheat



16000 litres water



1 kg beef



3000 litres water



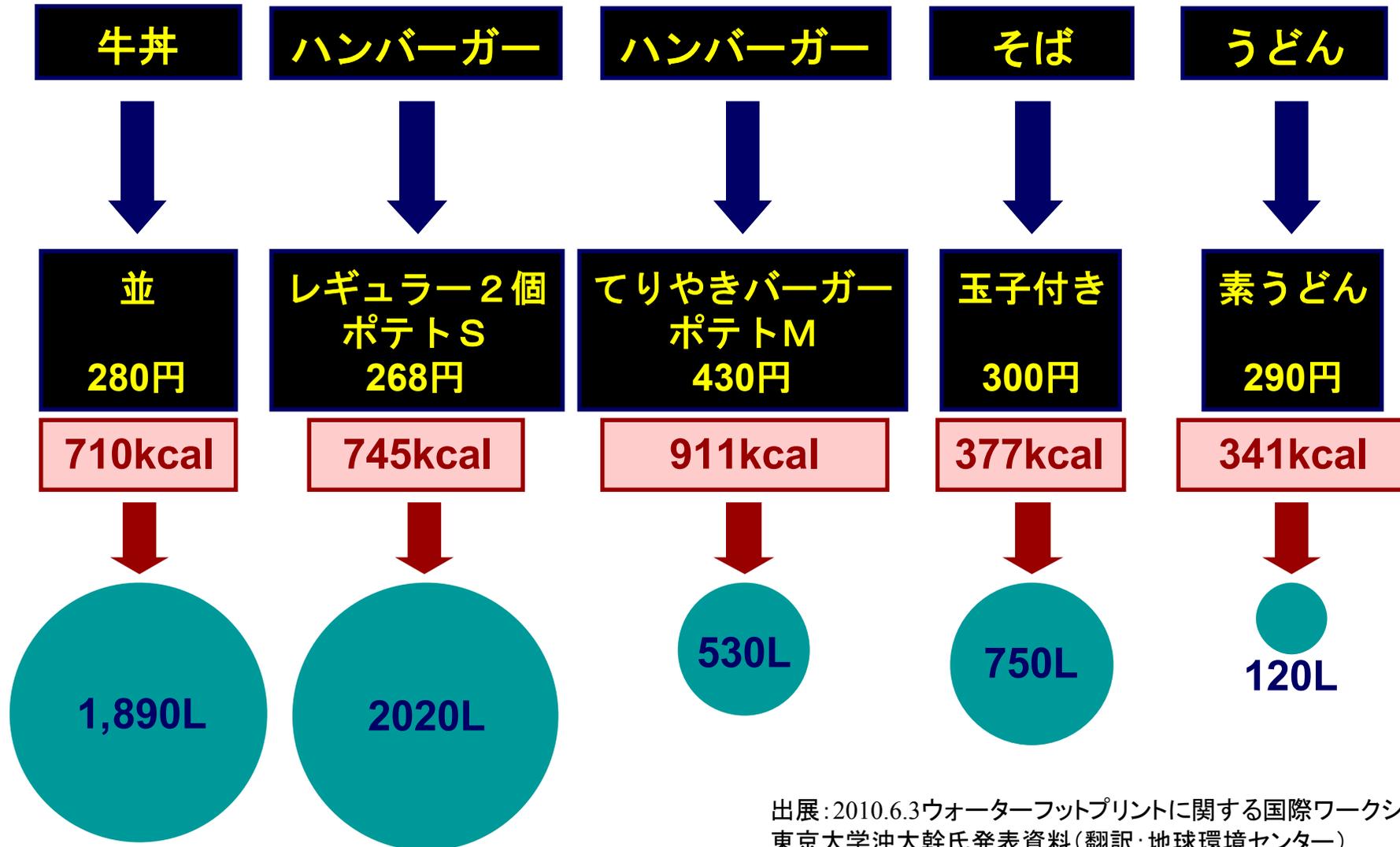
1 kg rice





[Hoekstra & Chapagain, 2008]

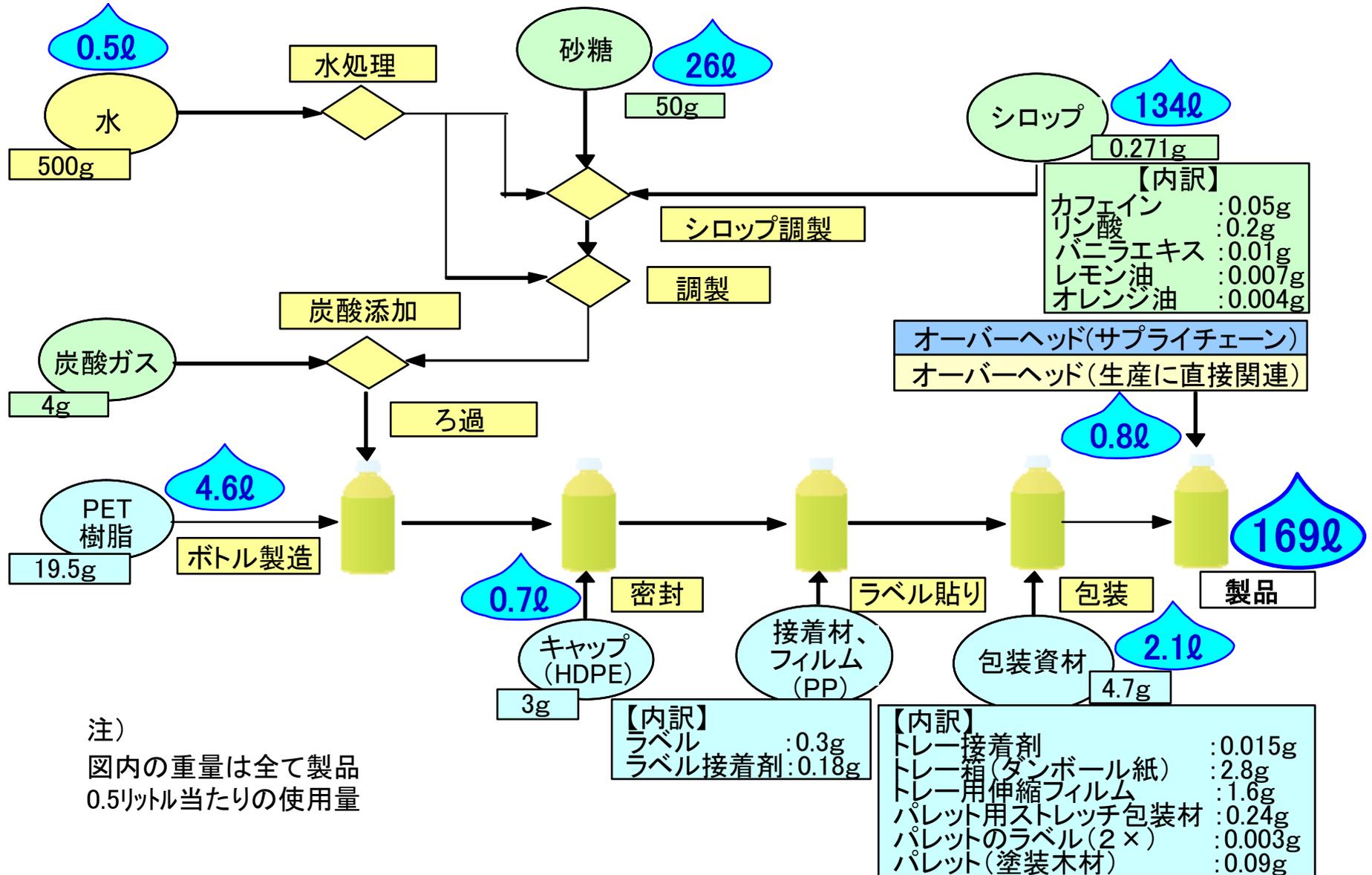
# ファーストフードに必要な水





[Hoekstra & Chapagain, 2008]

# 500ml容器入りの砂糖添加炭酸飲料の製造



注)  
図内の重量は全て製品  
0.5リットル当たりの使用量



[Hoekstra & Chapagain, 2008]

ウォーターフットプリントの品目比較

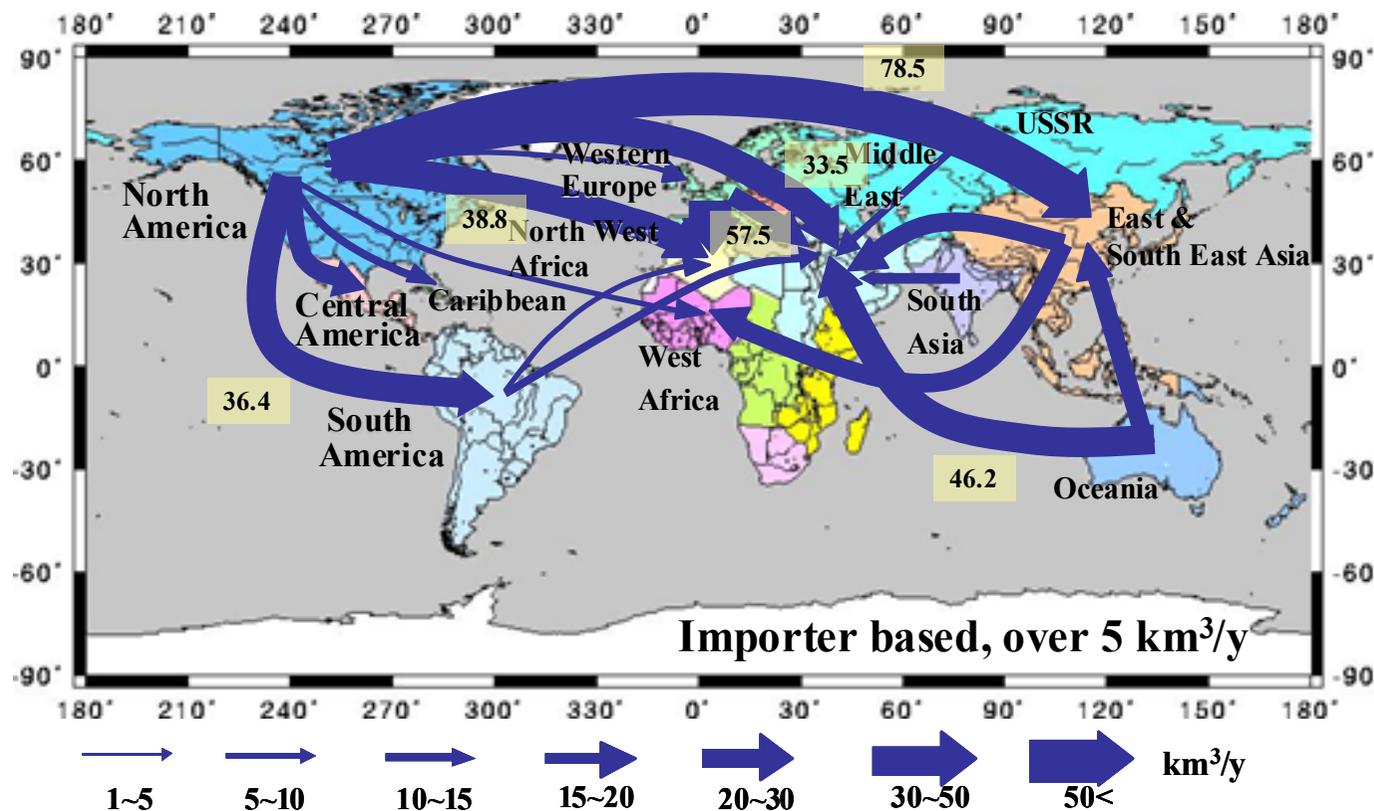


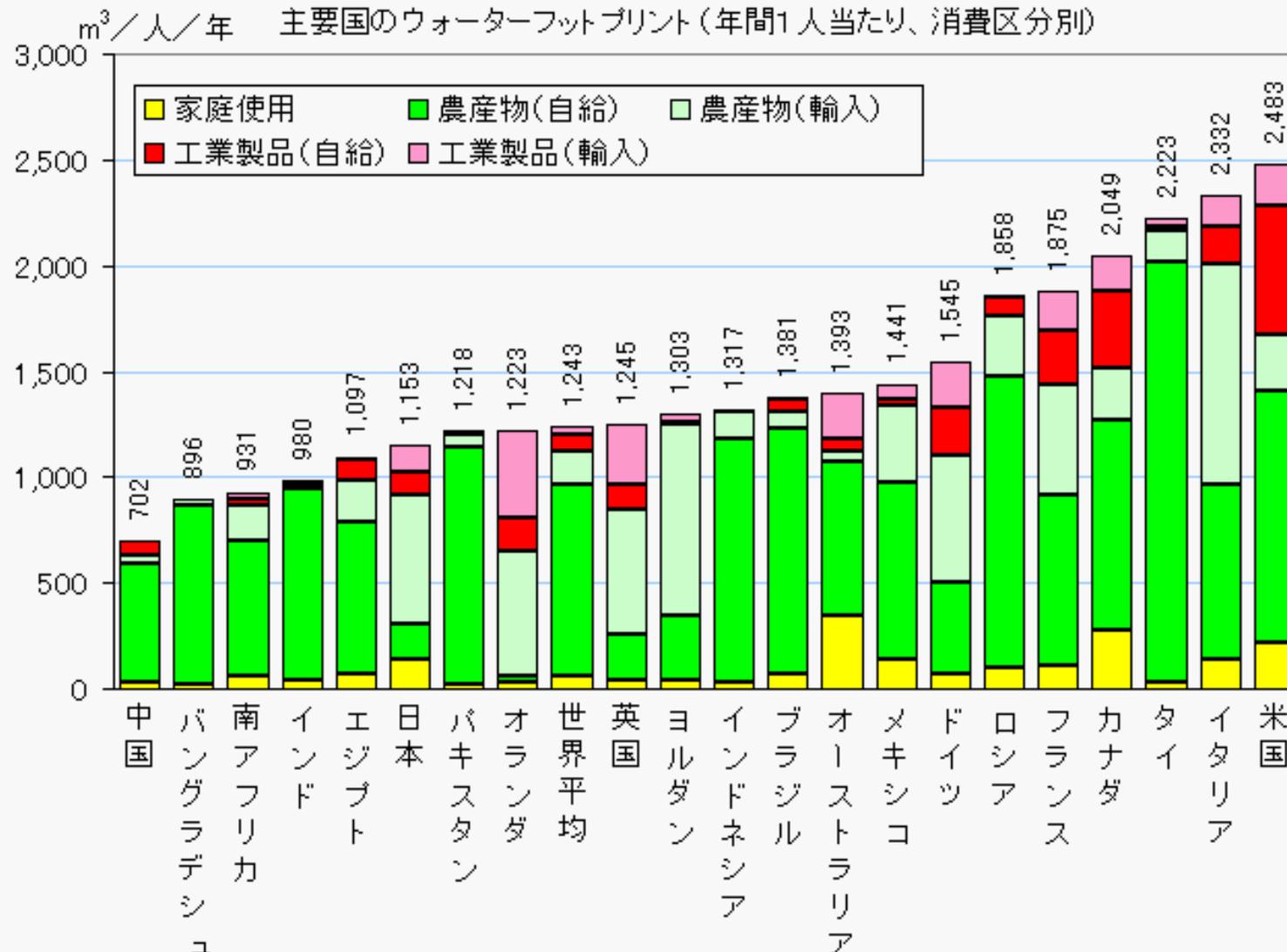
(注) 紅茶(250ml、茶葉3g)パン(30g)ビール(250ml)コーヒー(125ml、煎豆7g)ミルク(200ml)砂糖(サトウキビ製)世界全体の平均値。農畜産物の単位は原資料ではkgであるが日本の小売価格単位の100gに換算した。  
 (資料) Water footprint website (2008.12.18) (原データは1997~2001年)

# ウォーター・フットプリントで何がわかるか？

- ◆ リスク管理に重要な情報
  - どれくらいの量を、どのエリアからの水に頼っているのか？
  - 水の使用状況は持続可能なのか？

主要穀物の貿易を通じたバーチャル・ウォーターの貿易



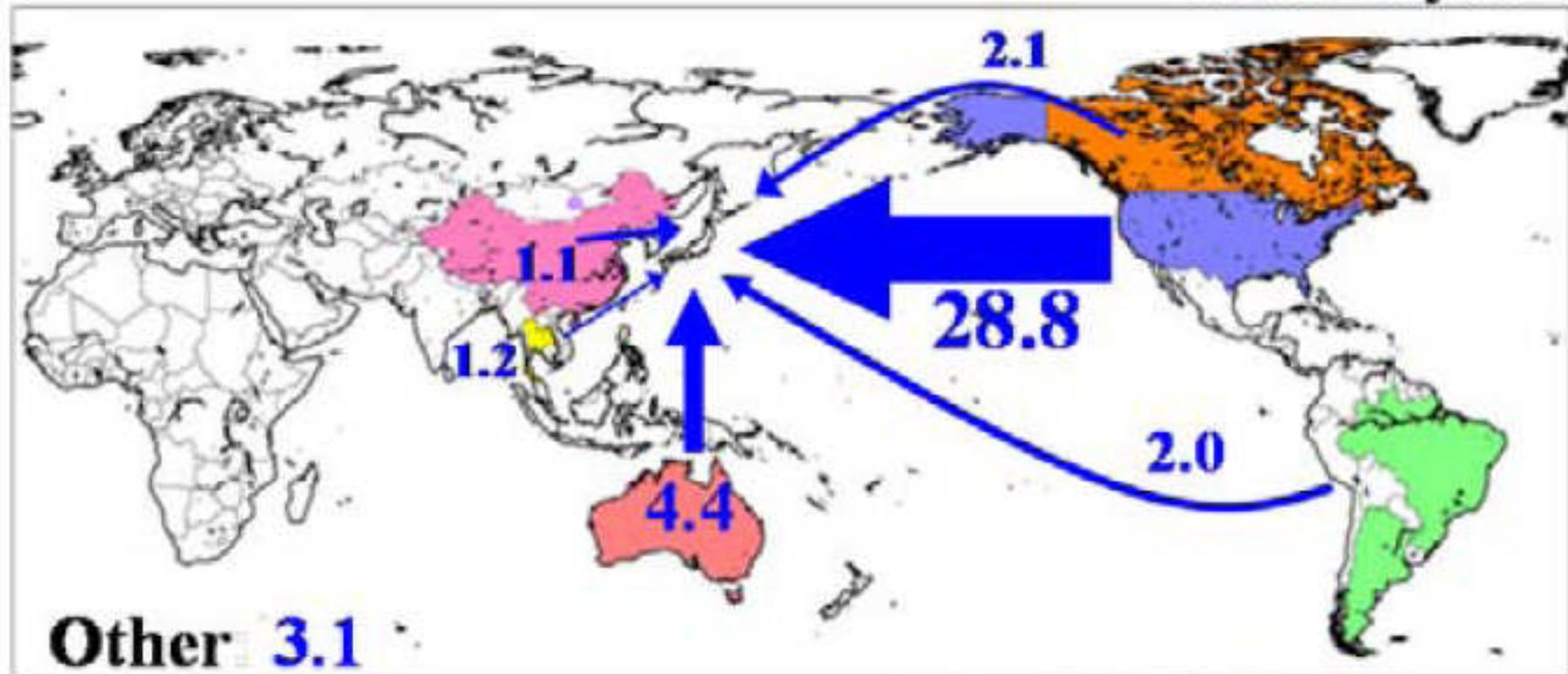


(注) 諸国民の家庭使用水量、及び輸入を含む消費財の生産に使われている水の総量を示している。輸  
 出向けの農産物や工業製品の生産に要する水は含まれていない。輸入品については輸出国にお  
 ける農産物生産の水所要量の違いなどが考慮されている。1997~2001年実績。

(資料) Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. (2007) Water footprints of nations: water use by people as  
 a function of their consumption pattern, *Water Resources Management*. 21(1): 35-48.

# 日本のウォーターフットプリント

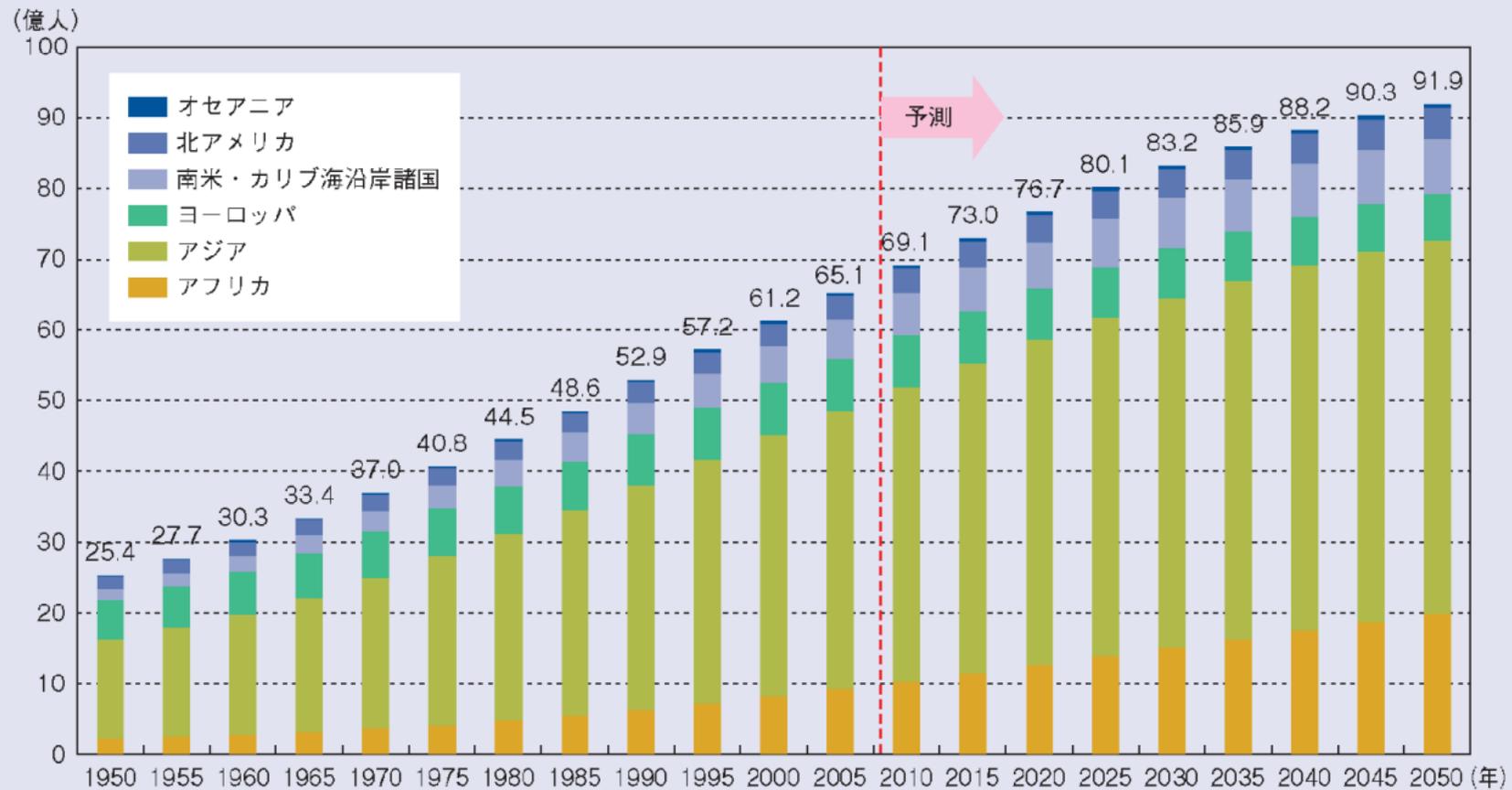
Unit: km<sup>3</sup>/year



Total: 42.7 km<sup>3</sup>/year

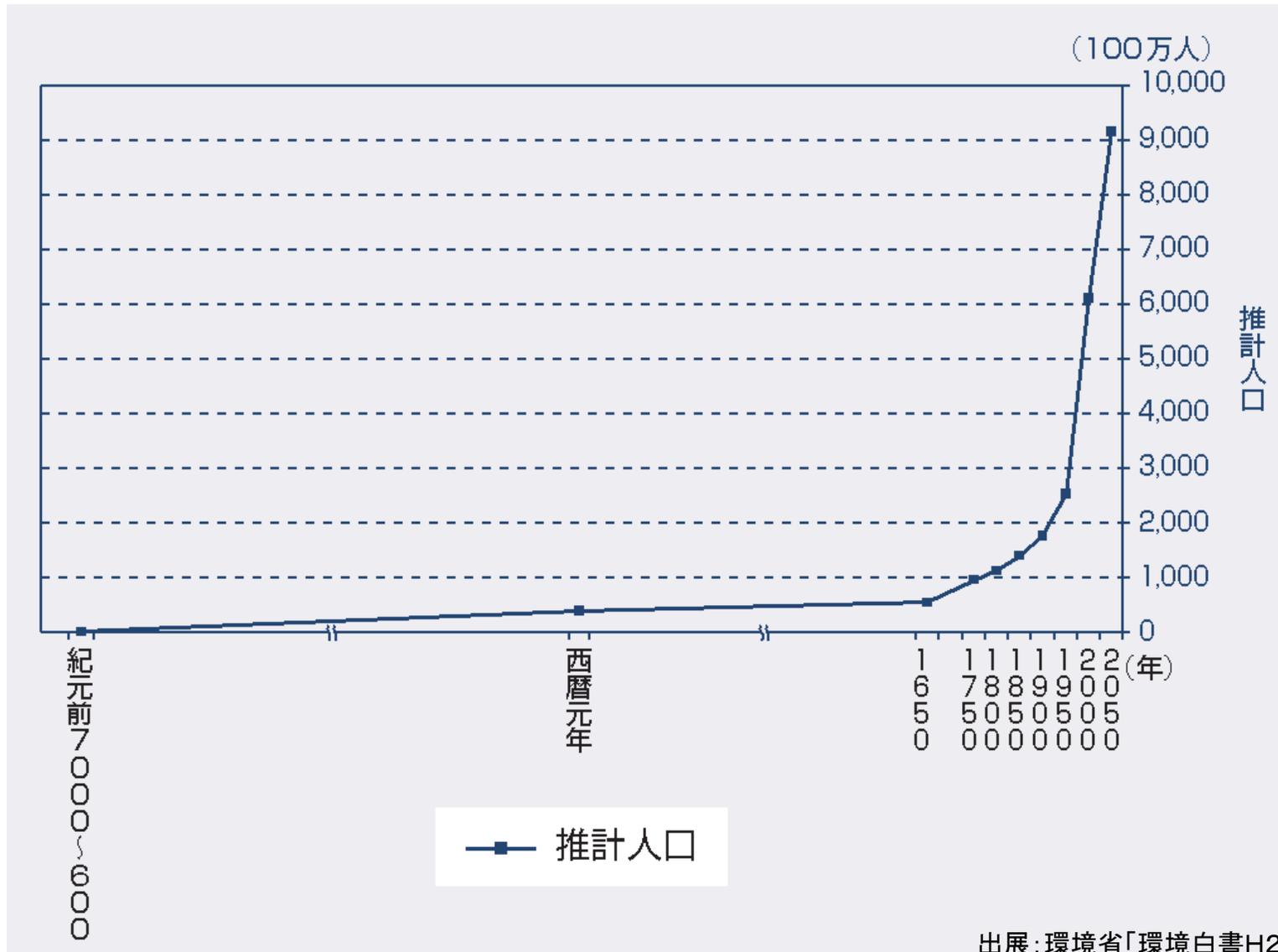
# 世界の人口の推移

世界人口の推移

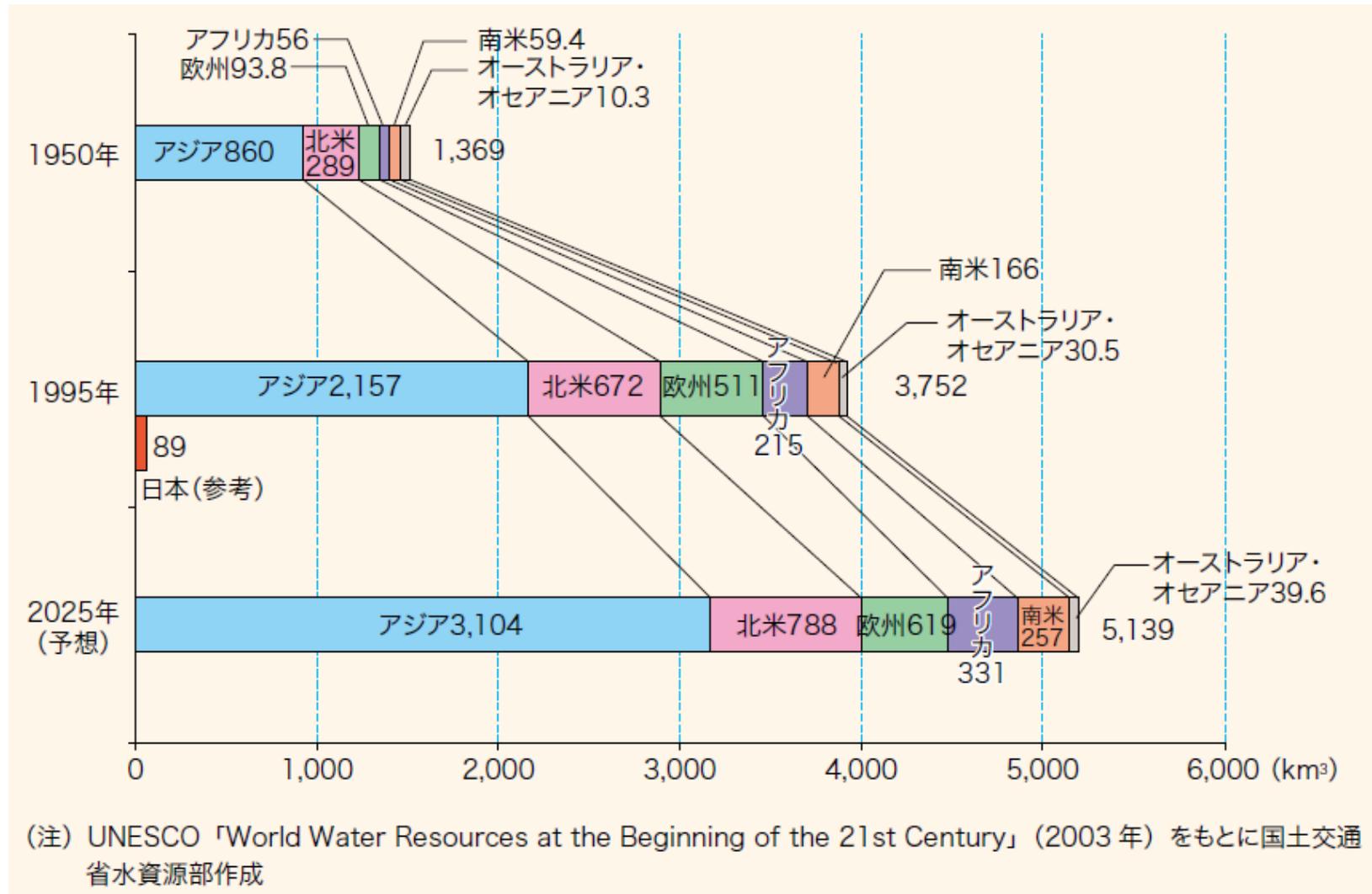


資料：国連人口部「2006年世界人口予測」より環境省作成

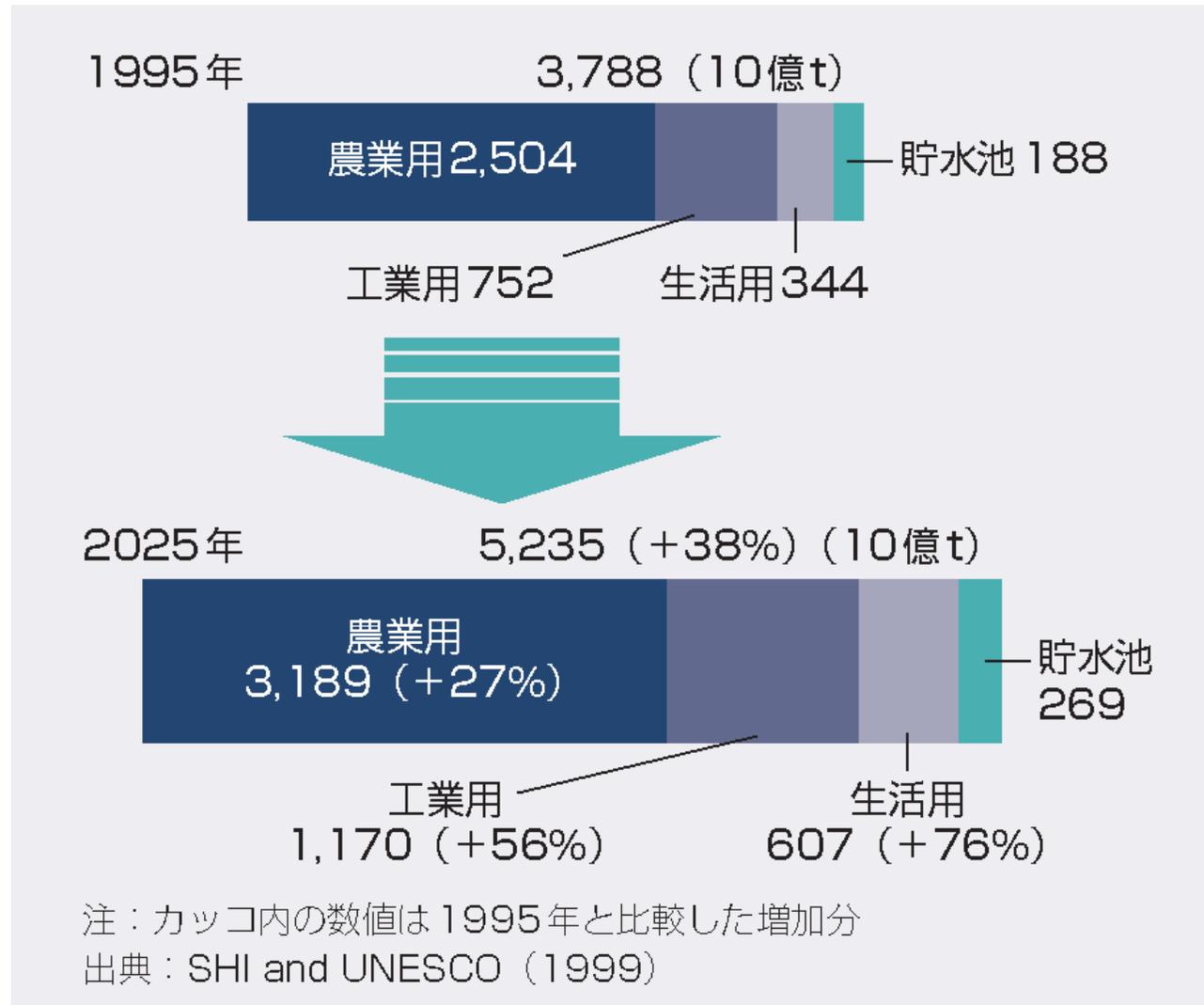
# 世界の人口の推移



# 急増する世界の各地域における水使用量



# 世界の水使用の用途別内訳



# 世界の降水量分布

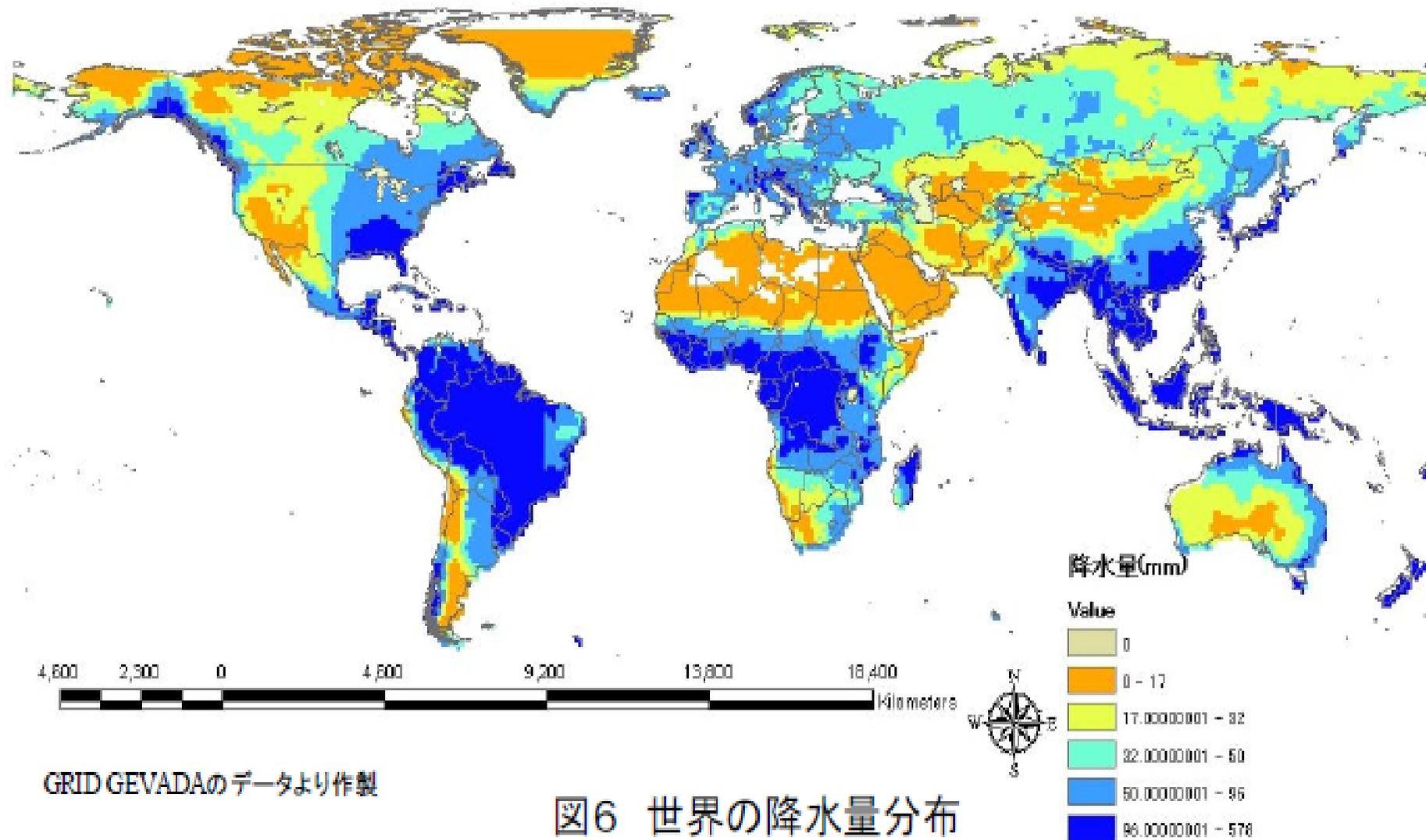
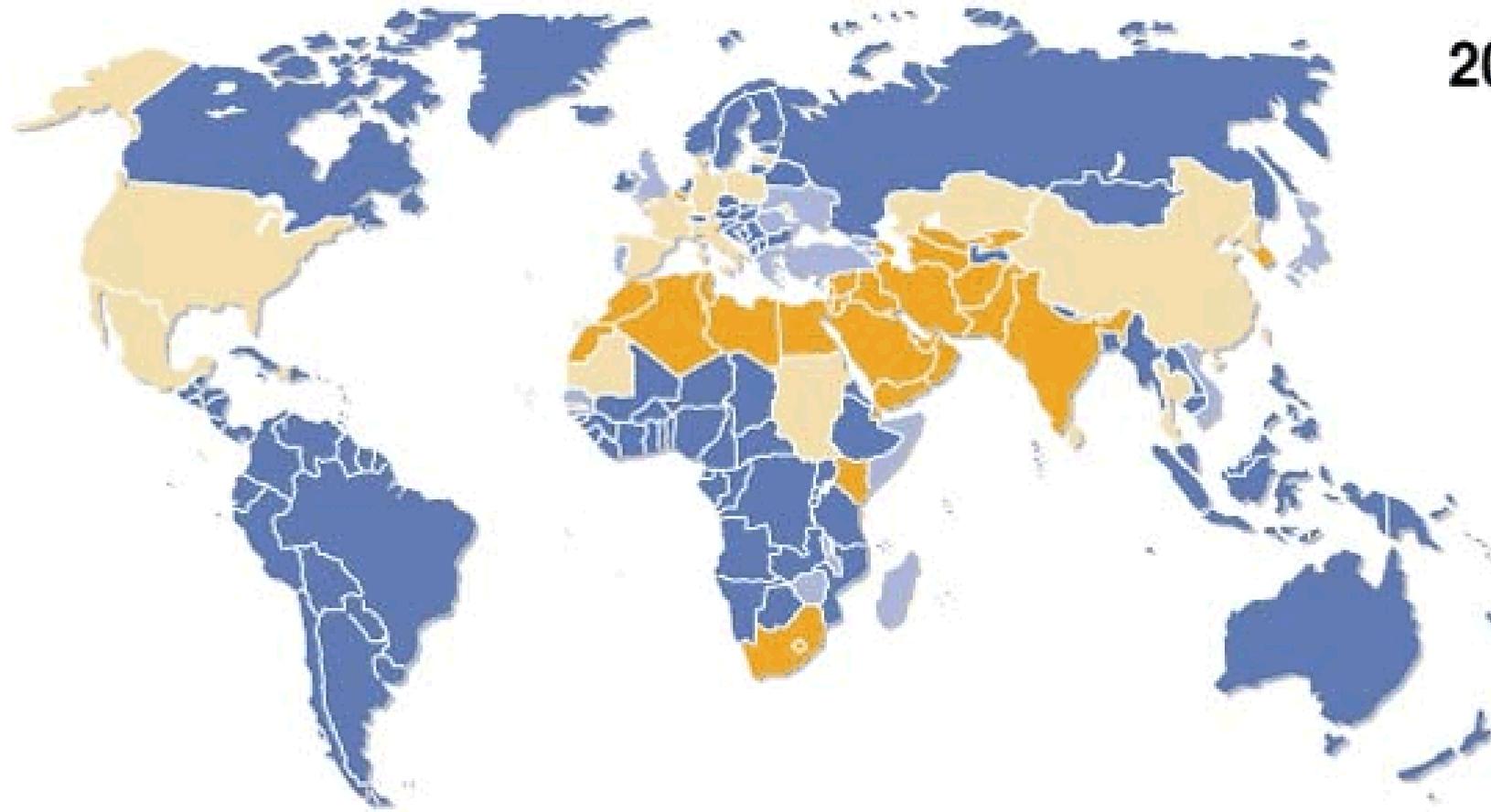


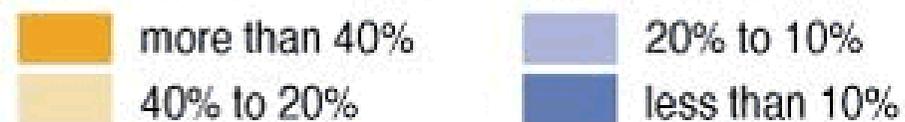
図6 世界の降水量分布

$$\text{世界の水ストレス} = \frac{\text{水の取水量}}{\text{自然からの水の供給量}}$$

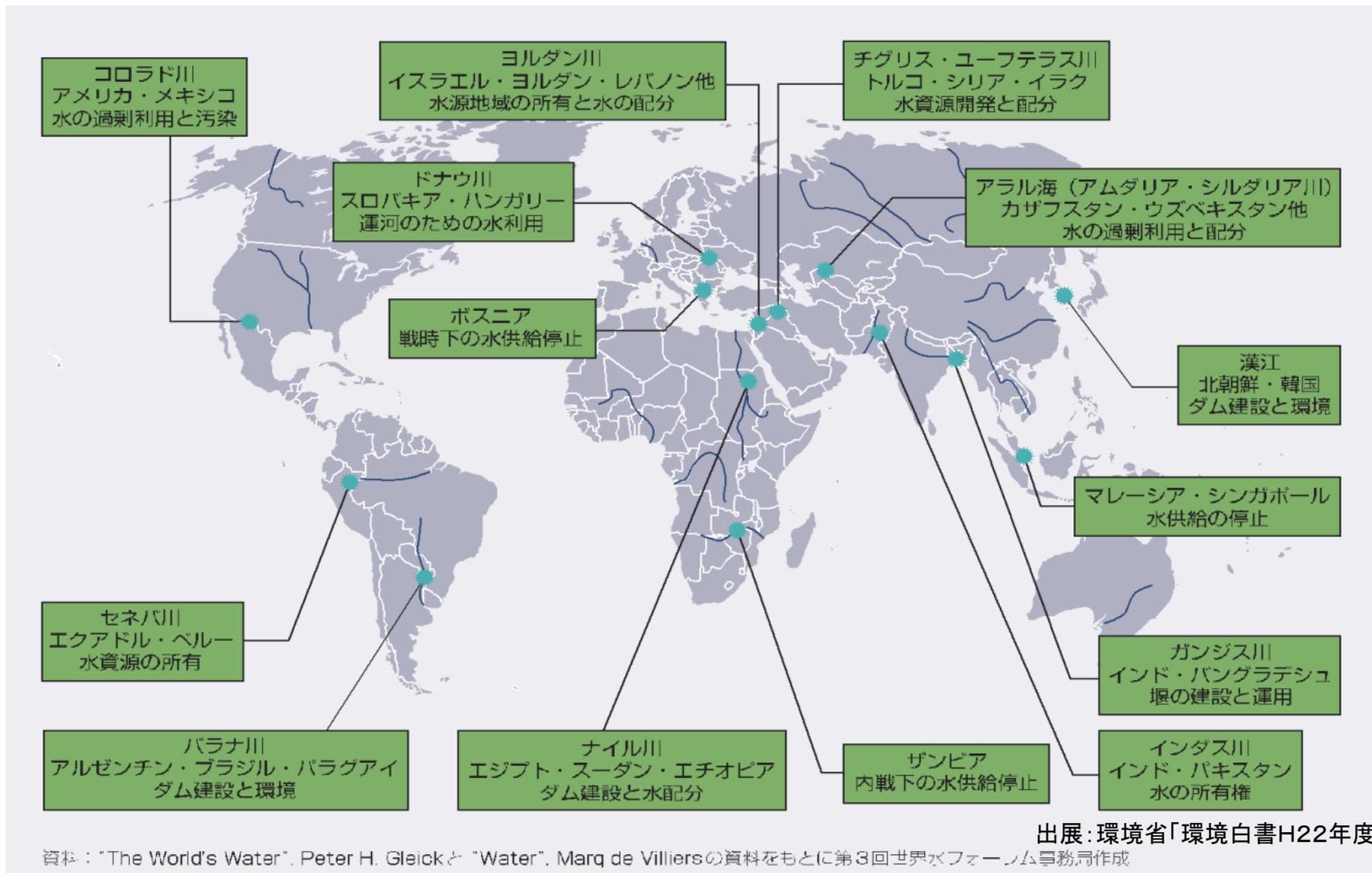
2025



water withdrawal as percentage of total available



# 世界各地の水紛争の例

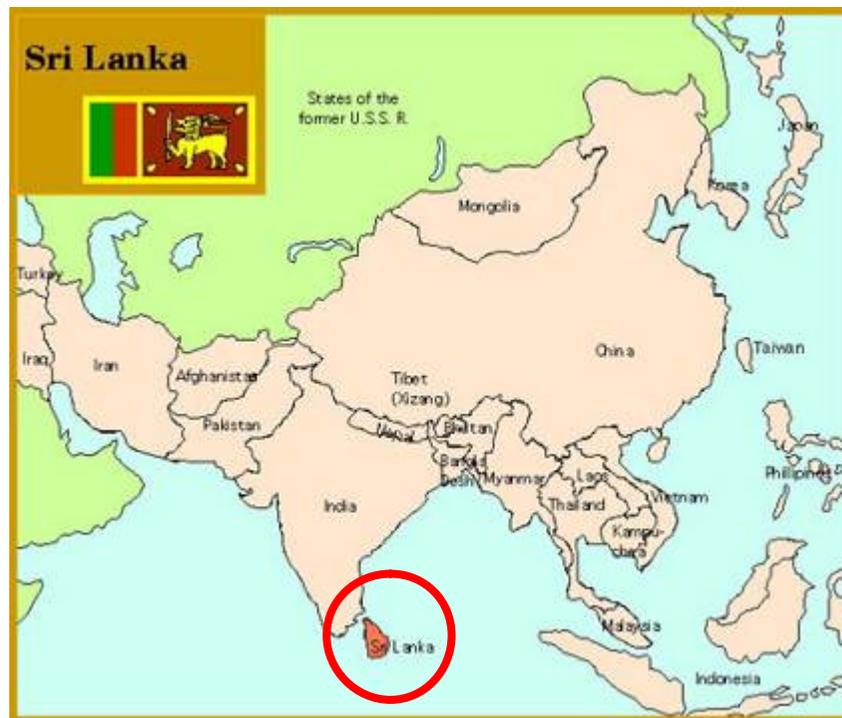




## スリランカの水事情

2010年6月1-3日「ウォーターフットプリントに関する国際ワークショップ」  
Dr. Herath Manthrithilake (International Water Management Institute)  
の発表資料より

# スリランカの概要



- ◆ 陸地面積: 65,525 km<sup>2</sup>  
(日本の約1/6)
- ◆ 人口: 1900万人  
(日本の約1/7)
- ◆ 河川流域: 103
- ◆ 1000km<sup>2</sup>以上の河川流域: 17
- ◆ 主要な灌漑面積: 240,000 ha
- ◆ 米の耕作面積: 625,000 ha

# スリランカの気候

- ◆ 熱帯性気候：気温は季節による変動はあまりない
- ◆ 湿度：60% - 90%.
- ◆ 5月に南西モンスーン、11月に北東モンスーン
- ◆ 年間平均降水量
  - 南東平野：1,270 - 1,900 mm
  - 南西平野：2,540 - 5,080 mm
- ◆ 平均気温
  - コロンボ：
    - 平均最低気温 23°C
    - 平均最高気温 31°C
  - 高地：
    - 平均最低気温 14°C
    - 平均最高気温 24°C

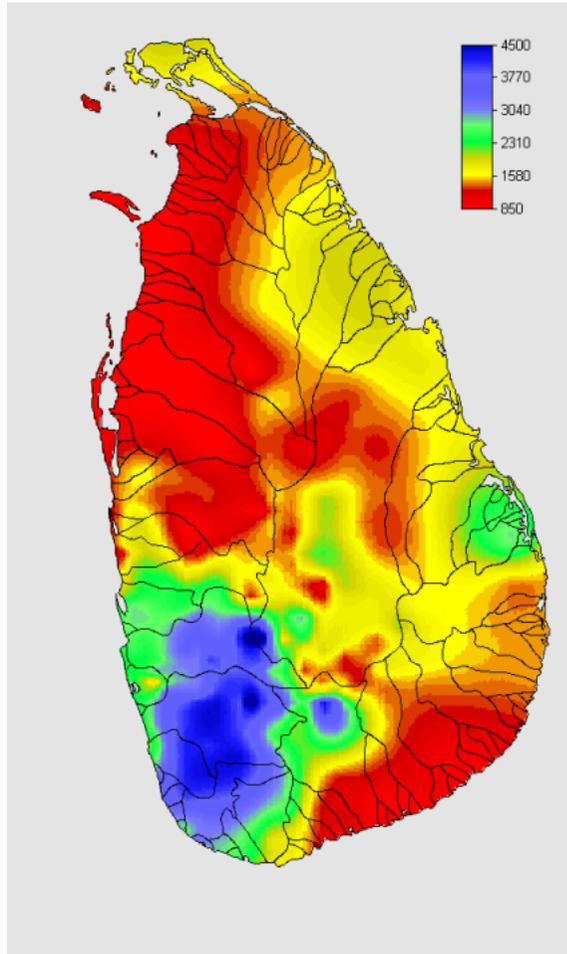


## 現在の状況

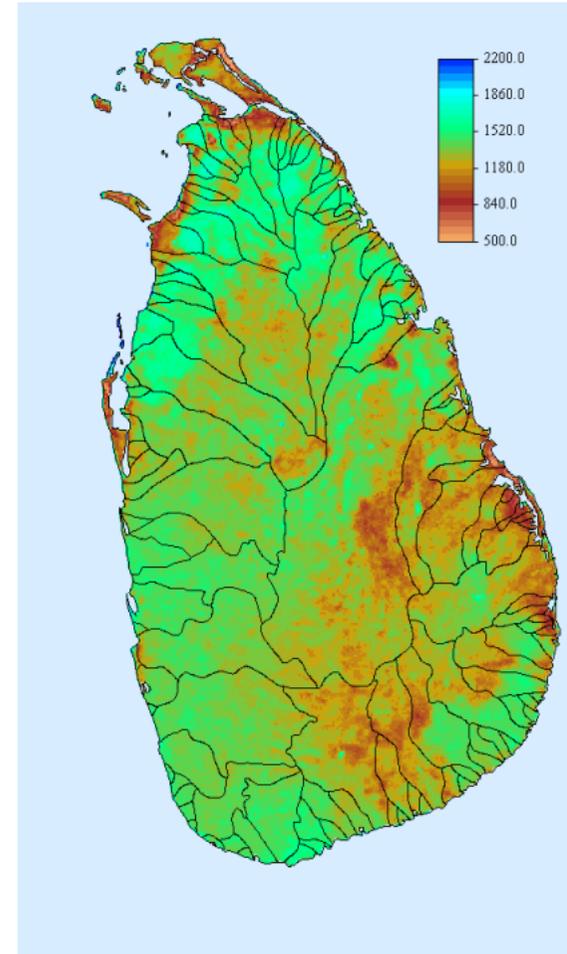
- ◆ スリランカは全土に渡って水不足はないと見なされている
- ◆ しかし、地域的や季節的な水不足はよく発生する
- ◆ また、雨が少し遅れたり、あるいは多かったりすることにより、渇水または洪水が頻繁に発生する
- ◆ 様々な機関が水の管理を行っているが、互いの連携がされてない。また水に関するデータも各機関によって収集されているが、互いのデータ共有もないし、互いのデータの照合もされていない

# 1999年6月～2000年5月

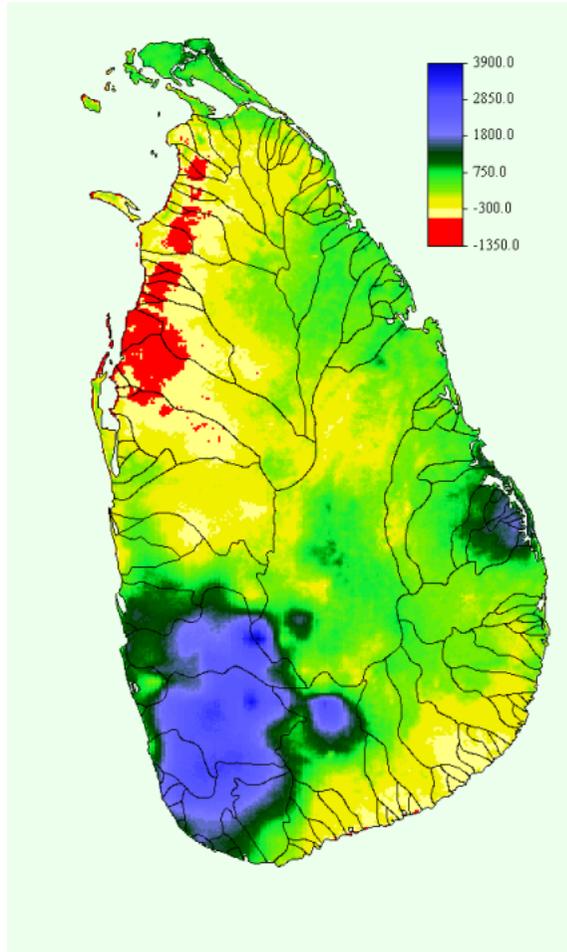
## 年間降水量



## 年間蒸発散量



# 1999年6月～2000年5月 (年間降水量)－(年間蒸発散量)



◆地域的に水不足の地域がある。

⇒水資源をより効率的・効果的に利用することが必要。

⇒水が直接的・間接的に何に使用されているか、最終的にどこに行くのかを把握できれば、よりよい水利用が可能となる。

## 必要なこと

- ◆ 水の管理や投資の決定を行う人には、次の情報を与えること
  - 水の使用の有効性・効果に関する情報
  - 水質に関する情報
  - 水の塩分濃度に関する情報
  - 水に関係した疾病に関する情報
  - 汚水やその排出先に関する情報



ウォーター・フットプリントの概念の利用



# インド・パンジャブ州の水事情

2010年6月1-3日「ウォーターフットプリントに関する国際ワークショップ」  
Dr. Herath Manthrithilake (International Water Management Institute)  
の発表資料より

# インド・パンジャブ州の概要



- ◆ 陸地面積：50,362 km<sup>2</sup>
- ◆ 人口：2430万人（2001年）
- ◆ 人口密度：482 人/km<sup>2</sup>  
（参考）

日本の人口密度：

343人/km<sup>2</sup>

# インド・パンジャブ州の気候

## ◆ 温暖冬季小雨気候

年間降水量 約 500 mm

## ■ チャンディガール(州都)

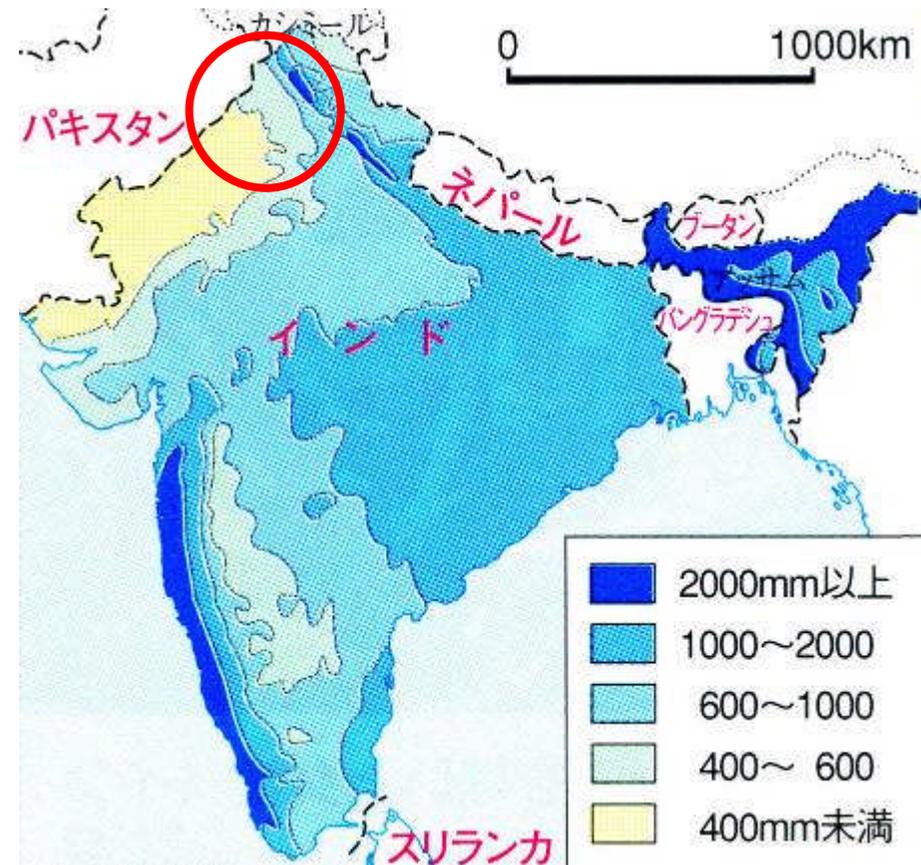
各月最高気温 20~39°C

各月最低気温 6~25°C

## ※ インドの小麦の穀倉地帯

小麦と米も作る二毛作

多くの場合、水源は地下水

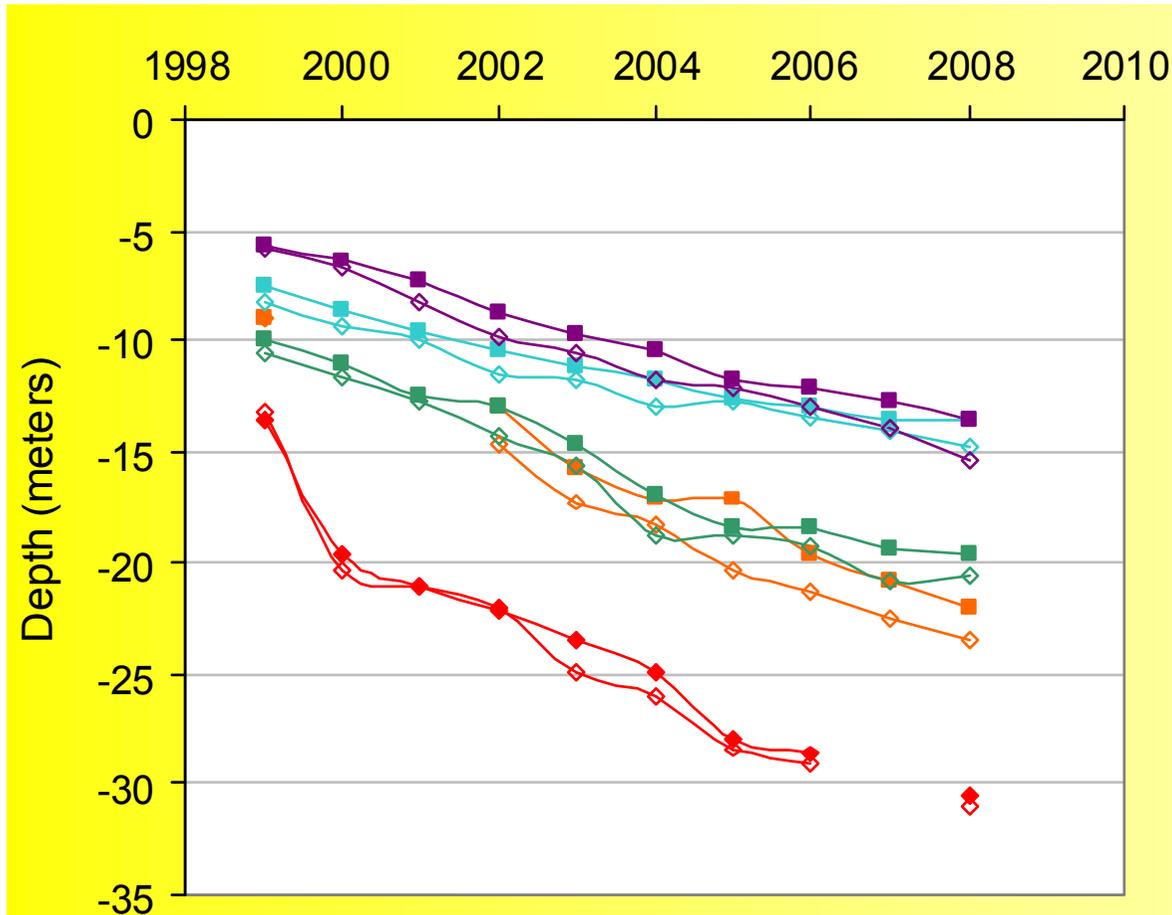


# インド・パンジャブ州の特徴

- ◆ インドの小麦の穀倉地帯
- ◆ 小麦と米も作る二毛作
- ◆ Moga(モガ)地方はネスレのミルク加工生産の拠点で、酪農もさかん。
- ◆ 多くの場合、水源は地下水。



# パンジャブ州での地下水の問題



地下水を大量にくみあげたため、地下水位が急激に低下している



小麦・米・ミルクのウォーター・フットプリントを調査

# ウォーター・フットプリントと収益の試算

## ウォーター・フットプリント

- ◆ 米: 1,870 m<sup>3</sup>/トン
- ◆ ミルク: 940 m<sup>3</sup>/トン
- ◆ 小麦: 554 m<sup>3</sup>/トン

## 単位面積あたりの収益

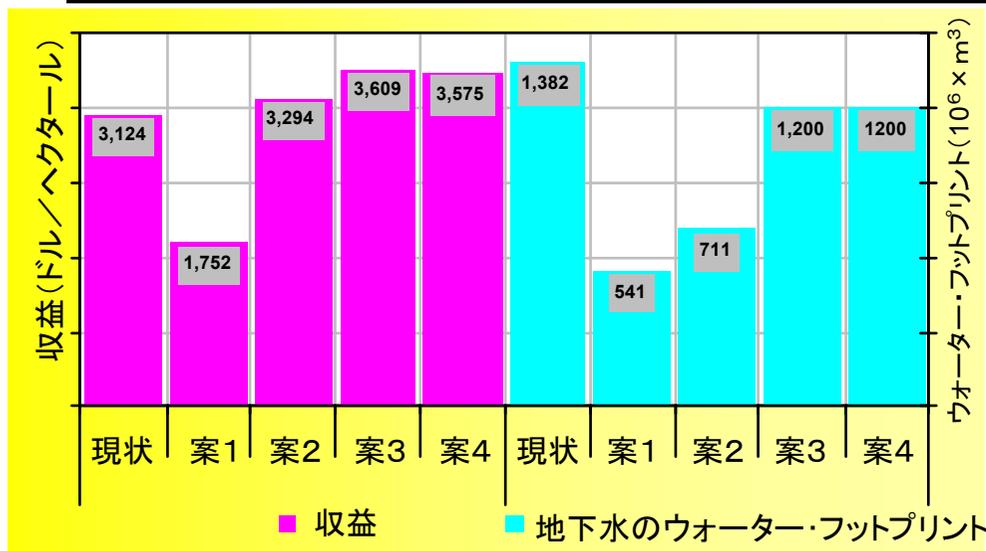
- ◆ ミルク生産だけ:  
4,221 ドル
- ◆ ミルクと小麦の生産:  
3,443 ドル
- ◆ ミルク・小麦・米の生産  
3,081 ドル

# ウォーター・フットプリント削減のための提言の例

耕作面積の割合(%)

6ヘクタールあたりの  
搾乳家畜の数

	雨季		乾季		乳牛	水牛
	米	飼料作物	小麦	飼料作物		
現状	90	10	90	10	1	3
案1	0	10	90	10	1	3
案2	0	31	90	10	8	3
案3	62	20	90	10	5	3
案4	62.5	19.9	90	10	1	7



現在の生産性を保つうえでは、案3が最適。



## チュニジアのオアシスの水事情

2010年6月1-3日「ウォーターフットプリントに関する国際ワークショップ」  
Mr. Mohamed Fadhel Meddeb (Water/Sanitation and Disaster  
Management Consultant ) の発表資料より

# チュニジアの概要

- ◆ 陸地面積: 163,610 km<sup>2</sup> (日本の約2/5)
- ◆ 人口: 1027万人 (日本の約1/12)



# チュニジアの気候

## ◆ 北部：地中海性気候

チュニス

各月最高気温 24～39°C

各月最低気温 2～23°C

年間降水量 250～500mm

## ◆ 南部：砂漠気候

トズール

各月最高気温 21～46°C

各月最低気温 0～27°C

年間降水量 100mm以下



# Nefzaouaオアシス



# オアシスでの問題

- ◆ 人口の増加
- ◆ 食用作物(穀物・野菜)の増産と同時に、輸出用換金作物(デーツ(なつめやし)・柑橘類)の増産  
※チュニジアは世界有数のデーツの輸出国
- ◆ 観光業の増加  
※ヨーロッパから近く、砂漠・オアシスの観光は貴重な収入



# オアシスでの灌漑



# オアシスでの問題

- ◆ 過剰な揚水
  - ⇒ 塩害
    - ↳ 生産低下
    - 耕作放棄



## オアシスでの問題

- ◆貴重な地下水が輸出のために使用されている。  
⇒ユーロ(€)のために、循環利用できない地下水が使用されるべきではない。
- ◆オアシスはもはや持続可能ではない。  
⇒灌漑で、より有効に水を利用できる手法が導入されるべき。
- ◆現在の水利用は適正ではない。  
⇒オアシスの住民の生活を養うために、他の発展の手段を見つけること。



ウォーター・フットプリントの概念の利用



## イスラエルの水事情

2010年6月1-3日「ウォーターフットプリントに関する国際ワークショップ」  
福原 隆一氏 (UNEP/DTIE/IETC) の発表資料より

# イスラエルの気候

## ◆ 北部：地中海性気候

### テルアビブ

各月最高気温 18～30°C

各月最低気温 10～24°C

年間降水量 400～700mm

## ◆ 南部：砂漠気候

### エイラト

各月最高気温 20～40°C

各月最低気温 10～26°C

年間降水量 30mm程度



# イスラエル国内からの輸出

◆ イスラエル国内からの輸出は約2億ドル

- 切り花
- 工業製品
- 野菜や果物
- 化粧品



## スウィーティーの日本への輸出

- ◆ 2008年には  
268,550箱(12 kg入)  
がイスラエルから  
日本に輸出
- ◆ 水不足の国から、  
日本へ約160万トン  
の仮想の水が輸送  
されたことになる



# イスラエルからの柑橘類の輸出

- ◆ イスラエルからの年間の柑橘類の輸出は、約175,000トンで、1.2-1.3億ドルを獲得
- ◆ 8,670万トンの仮想の水が輸出されたことになる
- ◆ イスラエルの水のコストは、0.22ドル/m<sup>3</sup>
- ◆ 柑橘類の輸出は、1.36ドル/m<sup>3</sup>の獲得
- ◆ 農業での高度な節水技術によりウォーター・フットプリントは比較的小さい。





# ヨーロッパの水事情と ウォーター・フットプリントの取り組み

# ヨーロッパの年間降水量

チューリヒ	(スイス)	1,120 mm
オスロ	(ノルウェー)	830 mm
ロンドン	(イギリス)	751 mm
ローマ	(イタリア)	717 mm
リスボン	(ポルトガル)	706 mm
パリ	(フランス)	648 mm
コペンハーゲン	(デンマーク)	615 mm
ベルリン	(ドイツ)	571 mm
マドリード	(スペイン)	440 mm
※日本全国平均		1,718 mm
※大阪		1,306 mm

# ヨーロッパの国際河川ーライン川

- スイスのアルプス山脈から、ドイツ、フランス、オランダを  
通って北海に流れる国際河川
- 全長は、1,320キロメートル



# ヨーロッパの国際河川ードナウ川

- ドイツから東ヨーロッパを通過して黒海に流れる国際河川
- 全長は、2850キロメートル
- ◆ ドイツ
- ◆ オーストリア
- ◆ スロバキア
- ◆ ハンガリー
- ◆ クロアチア
- ◆ セルビア・モンテネグロ
- ◆ ルーマニア
- ◆ ブルガリア
- ◆ モルドバ
- ◆ ウクライナ







# ウォーター・フットプリントの研究・算出事例

---

## 世界レベルの算出

Chapagain & Hoekstra (2004), Hoekstra & Chapagain (2008)

---

## 国レベルでの算出事例

インドネシア

Bulsink et al. (2009)

オランダ

Van Oel et al. (2009)

スペイン

Aldaya et al. (2008), Garrido et al. (2010)

ドイツ

Sonnenberg et al. (2009)

中国

Liu & Savenije (2008), Ma et al. (2006)

インド

Verma et al. (2008), Kampman et al. (in press)

キプロス

Zoumides (2008)

チュニジア

Chaded et al. (2008)

イギリス

Chapagain & Orr (2008)

モロッコ

Hoekstra & Chapagain (2007)

---

## 地域・河川流域レベルでの算出

マンチャ・オクシデンタル地方(スペイン)

Aldaya et al. (2009)

ドニャーナ地方(スペイン)

Aldaya et al. (2009)

グアダルキビル川流域(スペイン)

Rodríguez-Casado et al. (2009)

グアディアナ川流域(スペイン)

Aldaya & Llamas (2008)

ロワー・フレイザー・バレー及びオカナガン流域(カナダ)

Brown et al. (2009), Schreier et al. (2007), Schendel et al. (2007)

ヘイホー川流域(中国)

Chen et al. (2005)

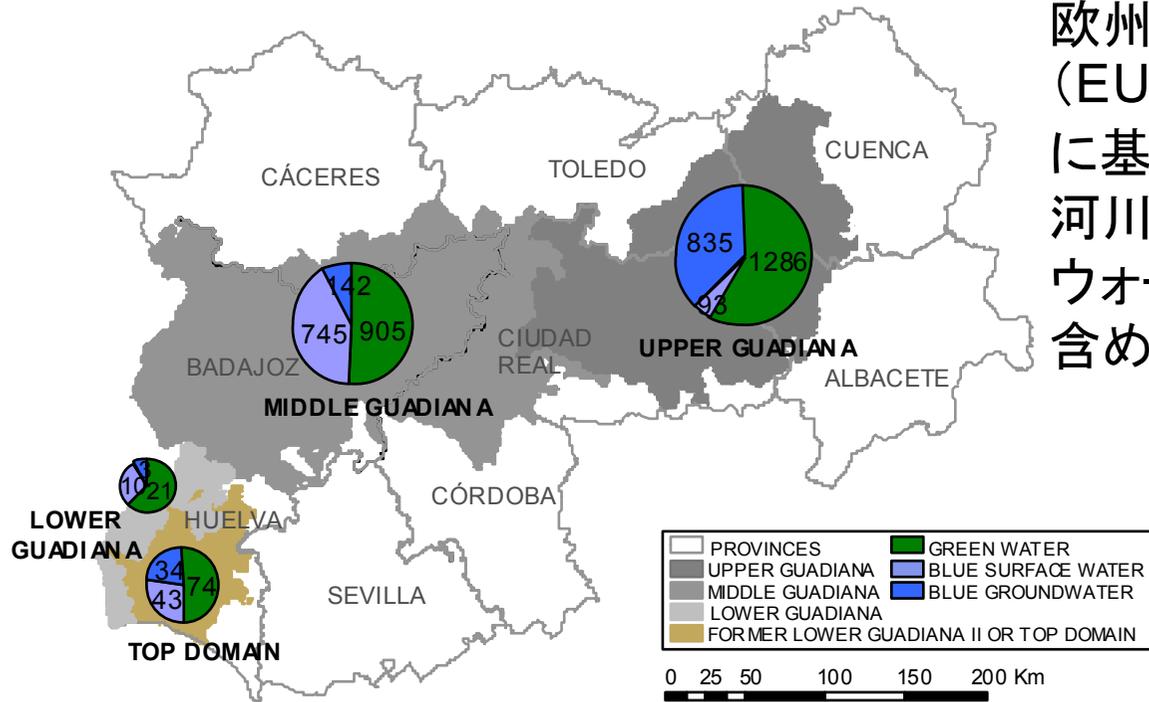
---



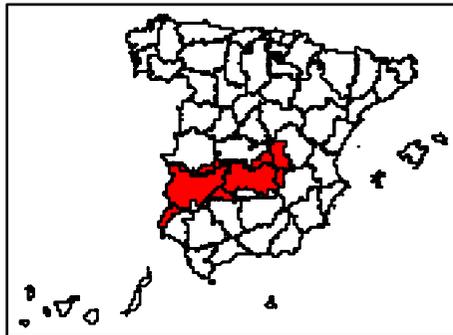
# スペインのウォーター・フットプリントの算出事例

## グアディアナ川流域(スペイン)のウォーター・フットプリント

欧州連合の水政策枠組指令 (EU Water Framework Directive) に基づき、スペインの法令では河川流域管理計画にウォーター・フットプリントの分析を含めることが義務付けられている。



Source: Aldaya and Llamas (2008)

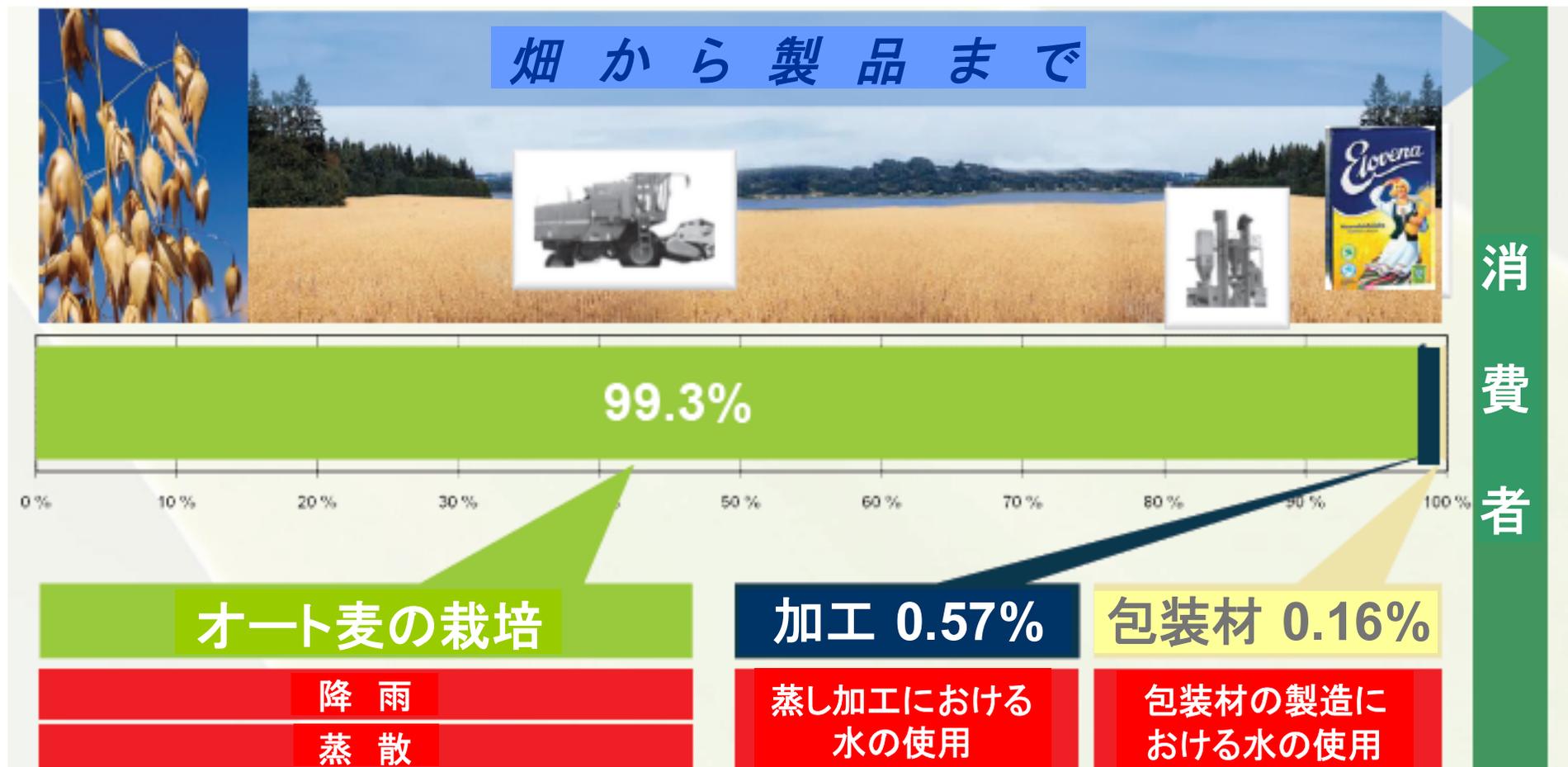


## ウォーター・フットプリントの製品への表示

- ◆ フィンランドの食品会社「Raisio plc」が、2009年4月にウォーター・フットプリントの数値を製品に表示。
- ◆ オート麦(燕麦)フレーク「Elovena」
  - 💧 製品100グラムあたりの水使用量101ℓ  
(参考)
  - ◆ 製品100グラムあたりの二酸化炭素排出量80gも表示



# Eloveraオート麦フレークの水使用量



# ネスレによるウォーター・フットプリント表示の取組み

カーボン・フットプリント  
(1杯あたりの二酸化炭素排出量)

ウォーター・フットプリント  
(1杯あたりの水の使用量)



原料生産・製品製造・輸送流通などの  
各過程における排出量または使用量

# ネスレの水資源に関する農家への取組み

## <具体的な取り組み例>

メキシコで水源の探掘



乾燥に強いコーヒー、ココアの木の研究



パキスタン酪農作業者に水管理の指導



## <改善サイクル>



→  
ネスレによる  
水管理の指導



# ネスレの製品1トンあたりの環境負荷削減

	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2000-2009 の変化
水の使用量 m <sup>3</sup> /t	8.42	4.37	4.05	3.82	3.59	3.47	-59%
排水量 m <sup>3</sup> /t	6.24	3.38	3.09	2.46	2.34	2.22	-65%
エネルギーの消費量 GJ/t	3.60	2.42	2.21	2.08	2.12	2.07	-43%
温室効果ガス排出量 kg CO <sub>2</sub> /t	186	118	106	101	100	97	-48%
生産量 Million tonnes	25.3	36.3	38.2	41.1	41.1	41.2	+63%

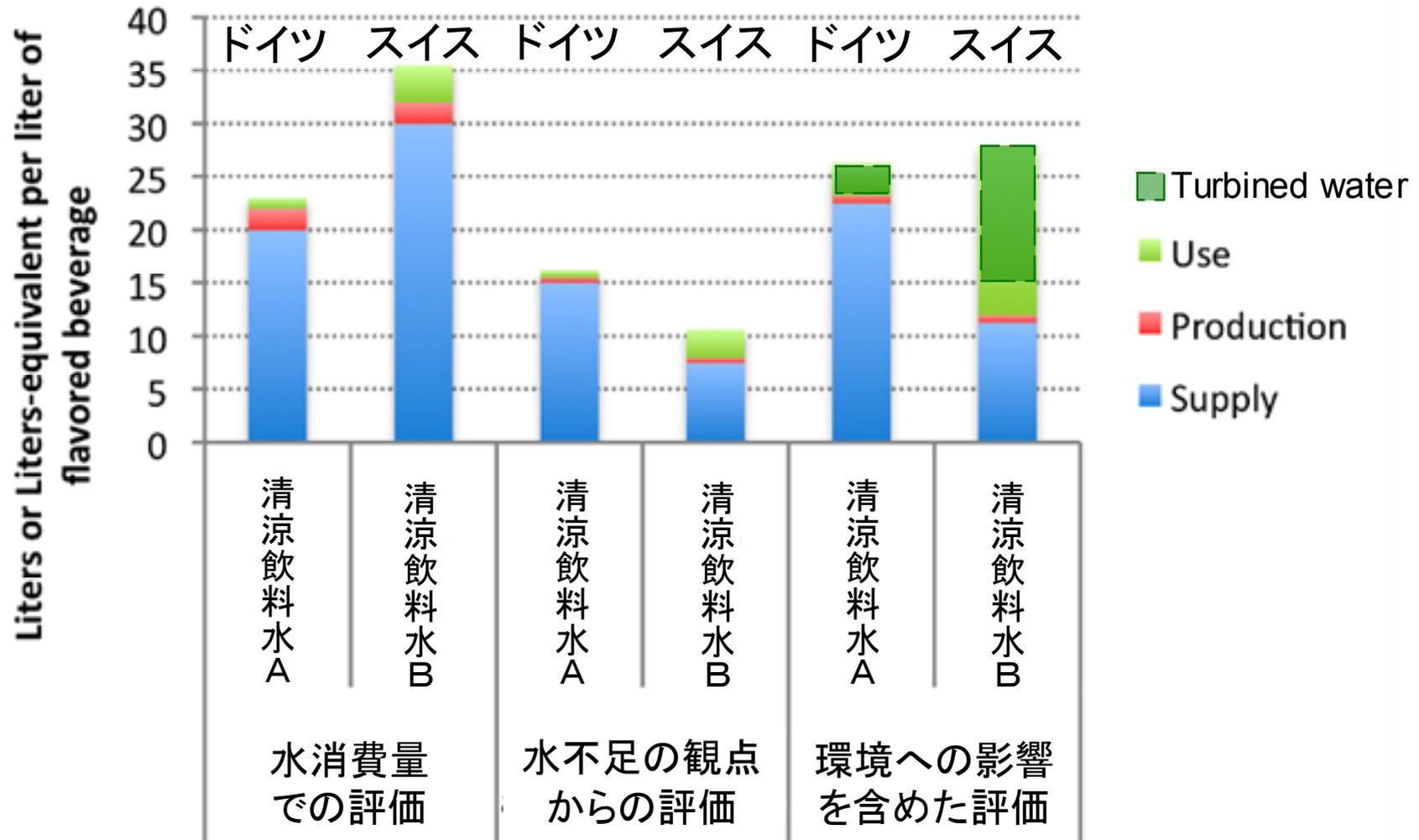


# ウォーター・フットプリントは万能？

## どちらの方が環境に対する影響が少ないか？

	製品A	製品B
製品を作った場所	アラスカの十分に水があるところで	アフリカのサハラ砂漠以南で
水の種類と時期	春の雪解け水を使った	乾季の終わりに地下水を使った
排水は？	十分なレベルの処理を行って排水	基準どおりレベルの処理を行って排水
ウォーター・フットプリント	合計200リットル	合計150リットル

# 水不足の観点からの評価と 環境への影響を含めた評価





[Hoekstra & Chapagain, 2008]

# ウォーター・フットプリントだけで すべてが判断できるか？

- ◆ 木綿のシャツのウォーター・フットプリントは、ナイロンのシャツのウォーター・フットプリントより大きい。



ナイロンのシャツは木綿のシャツより良い??

# ネスレによるウォーター・フットプリント表示の取組み

カーボン・フットプリント  
(1杯あたりの二酸化炭素排出量)

ウォーター・フットプリント  
(1杯あたりの水の使用量)



原料生産・製品製造・輸送流通などの  
各過程における排出量または使用量

## まとめ

- ◆ ウォーター・フットプリントとは、製品・サービスのライフサイクルを通じて直接的・間接的に消費・汚染された水の量を示す指標
- ◆ ウォーター・フットプリントという指標が提唱される背景として、世界的な水不足の問題がある。そのことは日本とも関係する。
- ◆ ウォーター・フットプリントは、水環境に対する影響を判断するための一つの指標であるが、それだけですべてが判断できるものではない。
- ◆ 今後は、生産者・消費者とも、製品やサービスが環境にどのような影響を与えているかを把握し、改善を続けることで、世界の環境や紛争の問題に貢献していくことが求められる。