

農業水利におけるガバナンスの発展 とソーシャルキャピタルの蓄積

～農学・工学・人文社会学の融合知「水と社会」を学ぶ～



大学院農学生命科学研究科
特任教授 山岡和純
ayamaoka@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

※: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。

水資源管理における「融合知」の体現



本日の講義の内容

工学・農学・人文社会学の融合知「水と社会」を学ぼう

奇跡の水の惑星・地球の不思議を知ろう

水利用の現状を認識しよう

循環する資源・水の将来を予測しよう

深刻な水問題・水をめぐる国際紛争

水とコメの相思相愛：モンスーンアジア水社会

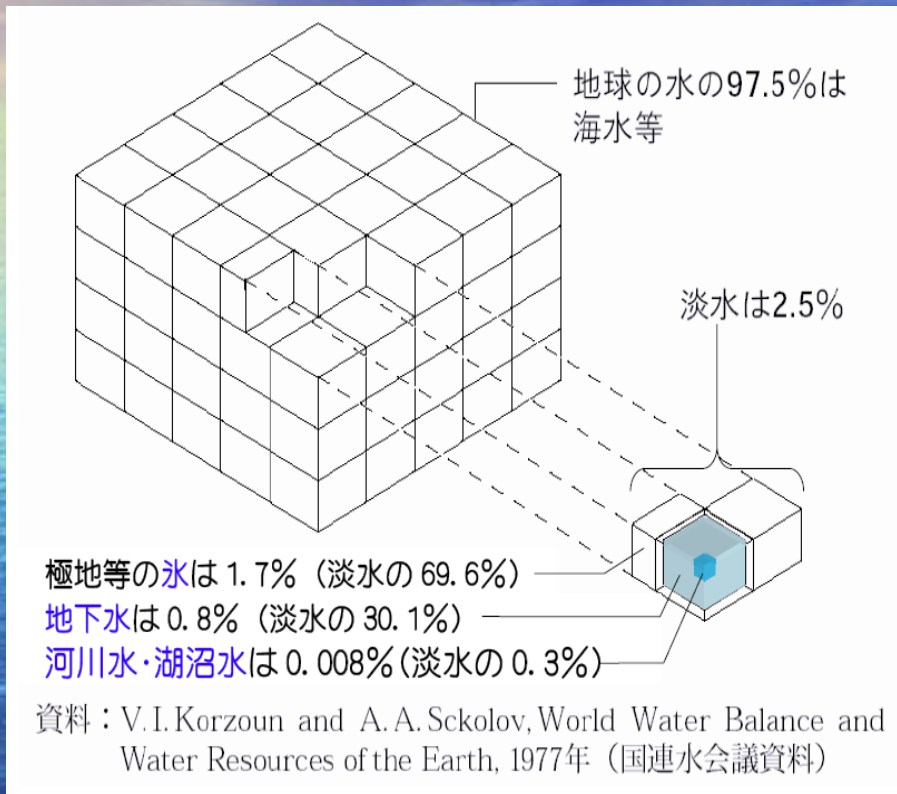
コモンズとしての水資源・私有財としての水

水利ガバナンスとソーシャルキャピタル

ガバナンス指向型公共事業制度とSC

奇跡の水の惑星・地球の不思議を知ろう

地球上の水の割合



- 地球の水
地球表面の2/3は海洋
1,400,000,000 km³
琵琶湖の貯水量の5千万倍
- 湖・沼・河川として存在する水
105,000 km³
0.008% (1万分の1以下)
- 水は循環する資源
陸上の年間降雪量は
119,000 km³

出典：平成14年度第6回農業農村整備部会企画小委員会資料(農林水産省)

- 人間が利用しやすい形で地表面に存在する湛水の割合は、一般家庭の風呂の湯船のお湯の量に対する大きじ2杯の水の割合に等しい。

地球の平均表面温度を決める要素

- 太陽からの距離(短波放射)
- 地表の反射能(アルベド)
- 地球表面から宇宙に逃げる熱(長波放射・赤外線)
- 大気中の水蒸気と二酸化炭素による温室効果
- 海中での炭酸塩固定とマントル対流による二酸化炭素の吸収

惑星と月の表面温度

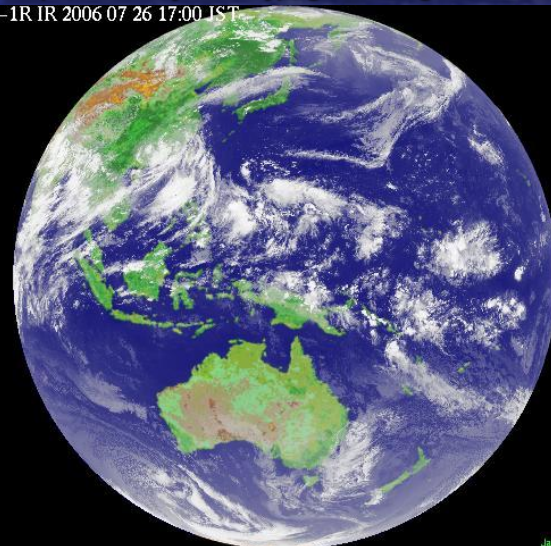
- 水星 330°C
- 金星 200°C
- 地球 15°C (大気がなければ 零下18°C)
- 火星 零下50°C
- 木星以下 零下130~200°C

- 月(地球に最も近いが大気がない)
 昼 110°C、夜 零下180°C

ひまわり画像

<http://www.jwa.or.jp/gms-fullglobe.html>

MTSAT-1R IR 2006 07 26 17:00 JST

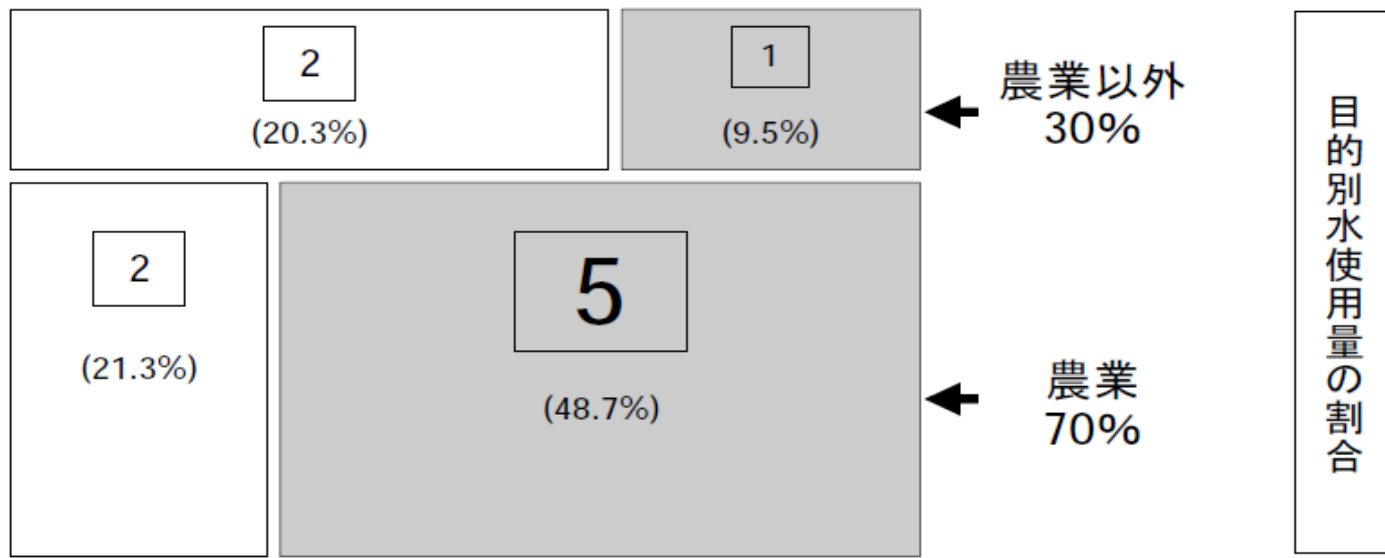


陸地と海洋が共に存在する奇跡

- 二酸化炭素分圧が低く、温室効果が効かなかつたら・・・
 - 氷結によりアルベド値が上がる
 - 表面温度が下がる
 - 海洋が全面的に凍結
- マントル対流が弱く温室効果が効き過ぎたら・・・
 - 氷が溶けアルベド値が下がる
 - 表面温度が上がる
 - 海洋が全面的に蒸発
- 海洋の水が多すぎたら・・・
 - 陸地のないウォーターワールド
- 地表面のアルベド値と大気中の二酸化炭素分圧が何十億年もの間、適正範囲に保たれた奇跡

水利用の現状を認識しよう

世界の水資源の目的別及び地域別水使用量



目的別水使用量の割合

地域別使用水量の割合

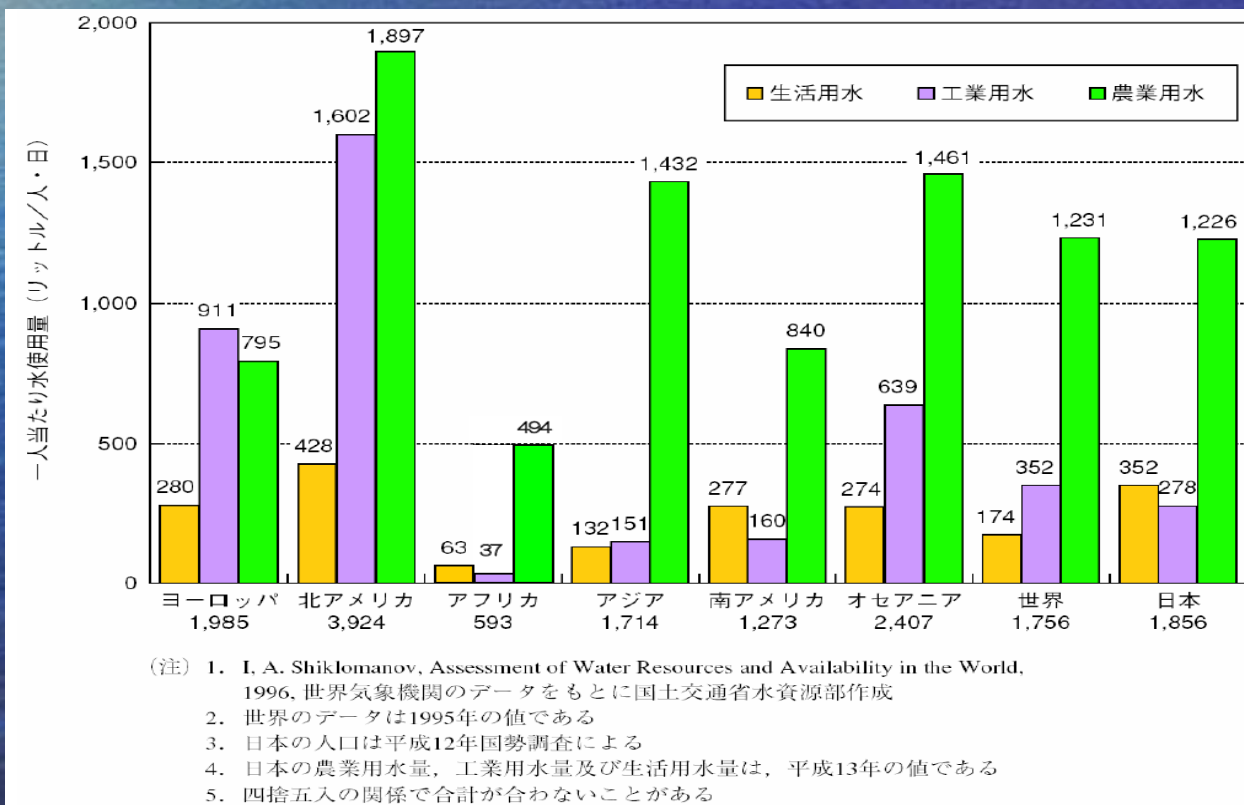
- 世界の淡水使用量の約7割を農業用水が占める
- 農業用水使用量の約7割はアジアが占めている
- アジアの農業用水(主に水田)は、世界の淡水使用量の約半分を占める

資料 : Assessment of Water Resources and Water Availability in the World, Prof. I. A. Shiklomanov, 1996 (WMO発行) を基に日本農業土木総合研究所が集計

世界各地により異なる水の使用目的

- 成人が1日当たり摂取する水は、約1~2.5ℓ
- 日本人1人1日当たりの生活用水は、約350ℓ(年間13万ℓ)
- 同工業用水は、約280 ℓ(年間11万ℓ)、農業用水は、約1,230ℓで、合計約1,860ℓ (年間69万ℓ)、

地域別及び目的別の1人当たり水使用量



乾燥地域の農業用水

- 伝統的農業用水

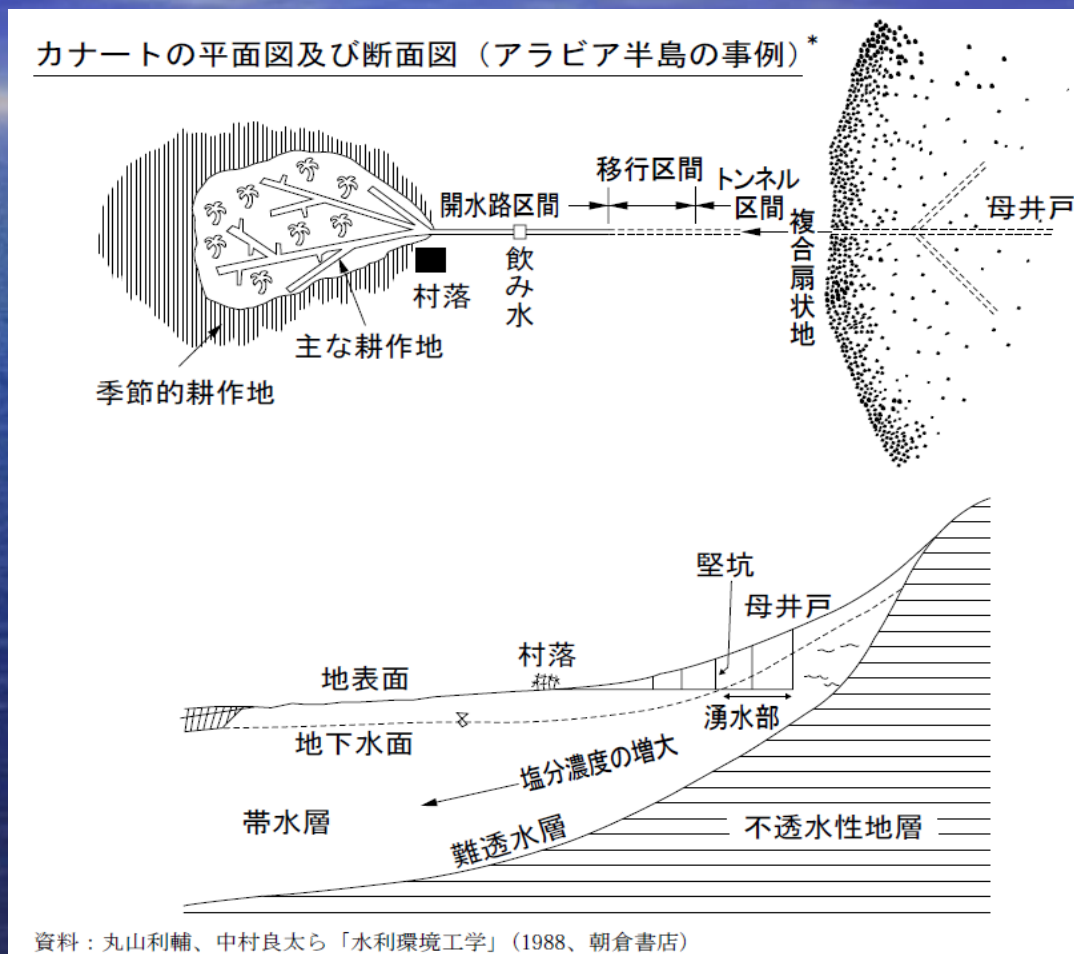
- カナート、ワジ取水、ウォーター・ハーベスティング等
- 歴史が証明する持続可能な水資源利用
- 企業的大規模農業による安価な農産物に押され経済面での持続可能性が脅かされている

- 近代的農業用水

- 日照と気温に恵まれており、水が確保されれば有望な農業生産地帯となる可能性
- 多雨地域に築造した巨大ダムから何百キロメートルもの距離を導水、または深層地下帯水層から大量の用水
- 灌漑が大規模に展開するほど経済的効率性は高くなるが、土壌の塩類集積が深刻化する問題とのいたちごっこ

乾燥地域での水の確保(カナート)

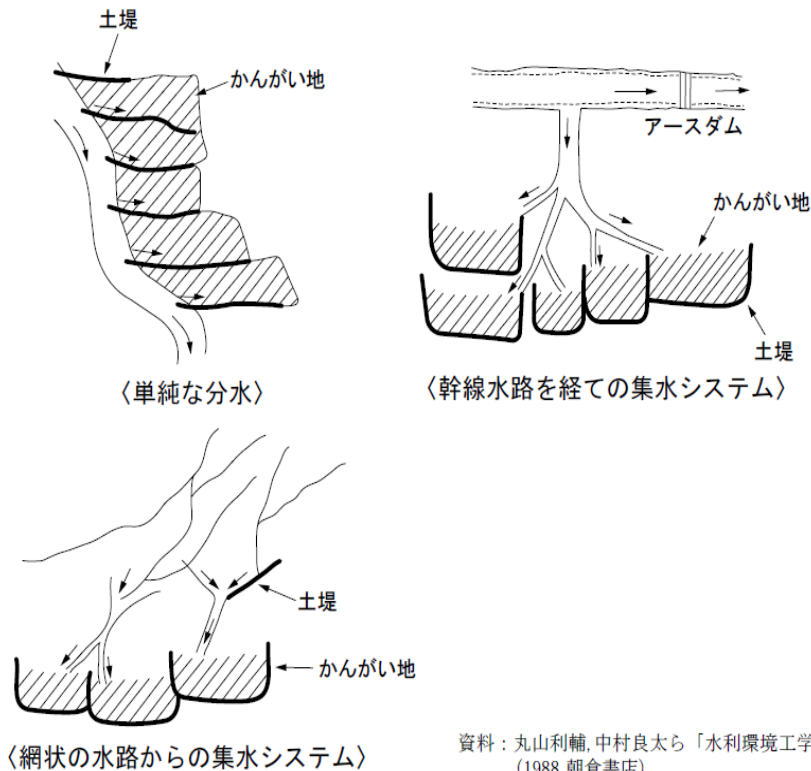
- 紀元前から砂漠地帯に伝わる採水方法
- 縦坑を設け、地中に、横に数100mから数10kmのトンネルを掘って地下水を集める方法
- モロッコ、アルジェリア、リビア、シリア、ヨルダン、イラン、イラク、パキスタン、中国・新疆省、トルファンなどで見られる



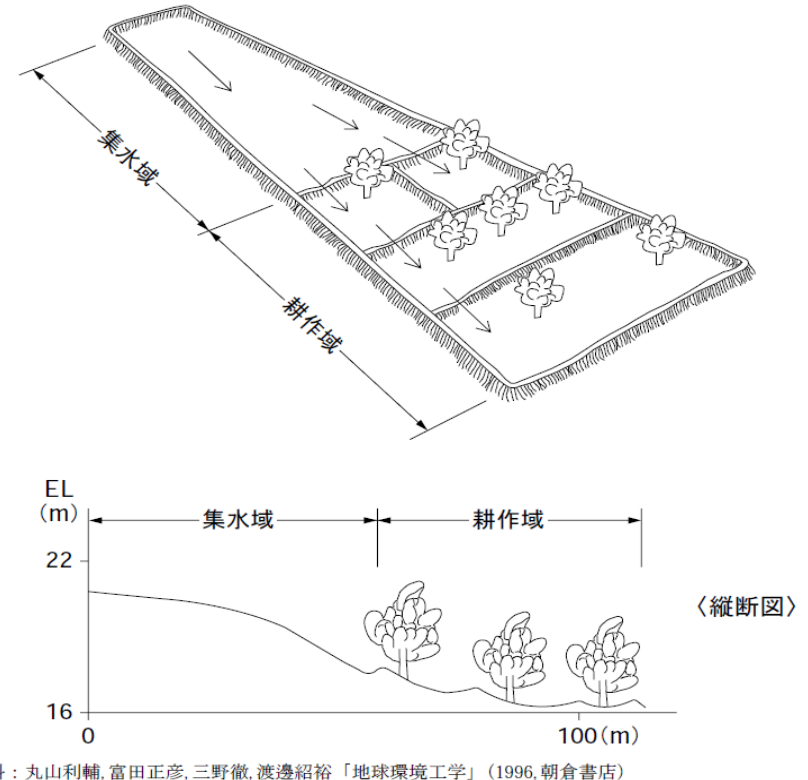
出典：平成14年度第6回農業農村整備部会企画小委員会資料（農林水産省）

乾燥地域でのかんがい(伝統的かんがい)

洪水を利用したかんがいの概念図 (パキスタンの事例)*



ウォーター・ハーベスティングの概念図 (チュニジアの事例)*



出典：平成14年度第6回農業農村整備部会企画小委員会資料(農林水産省)

■ 川から一時的に溢れる洪水を利用する採水方法

■ 農地の一部を雨水の集水域として、その下流部に作物を等高線沿いに作付けする採水方法

乾燥地域でのかんがい(近代のかんがい) —地下水の利用—

アメリカ, カンザス州の円形農場(センターピボットかんがい)航空写真
(NASA/GSFC/METI/ERSDAC/JAROS, and U.S./Japan ASTER Science Team)



アメリカ, カリフォルニア州のセンターピボット散水施設



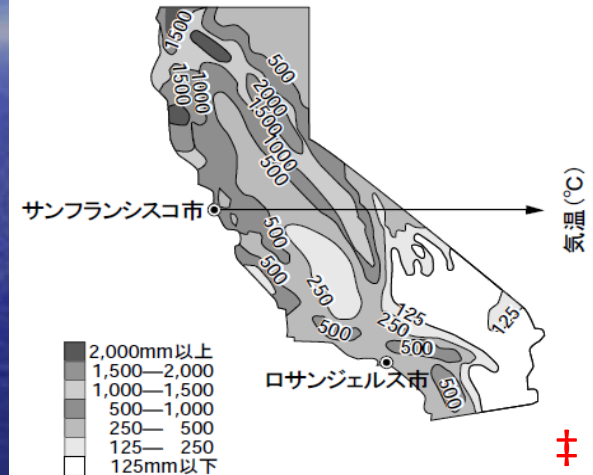
乾燥地域での近代的かんがいの功罪 — 巨大なダムと長大水路 —

カリフォルニアの主要水利施設*



資料：勝山達郎「転機に立つカリフォルニア農業と米作」、1993年（地球社）

カリフォルニア州の平均降水量*

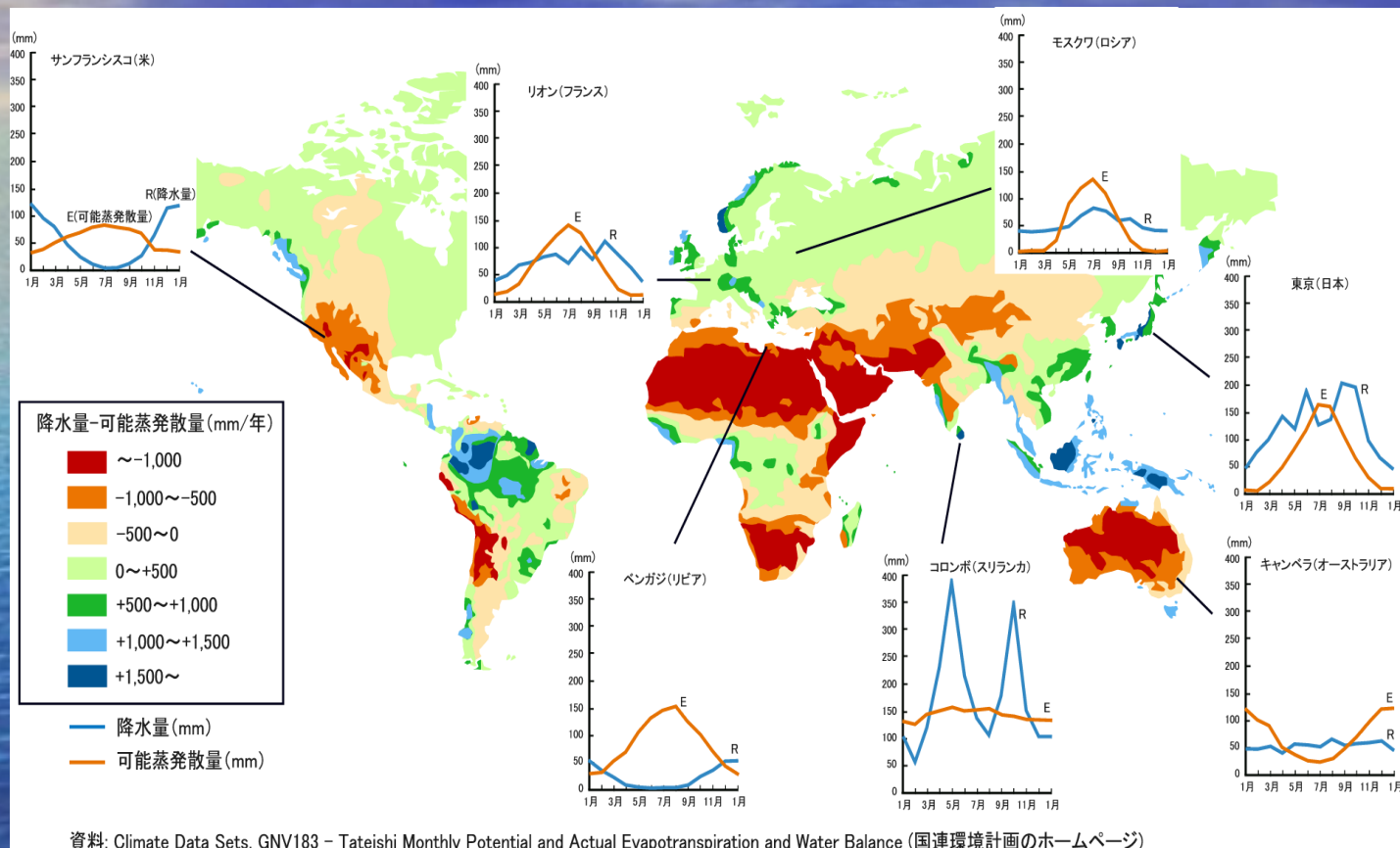


塩類集積により生産が低下した農地*



循環する資源・水の将来を予測しよう

各地の降水量と可能蒸発散量並びに年間降水量と年間可能蒸発散量の差の分布



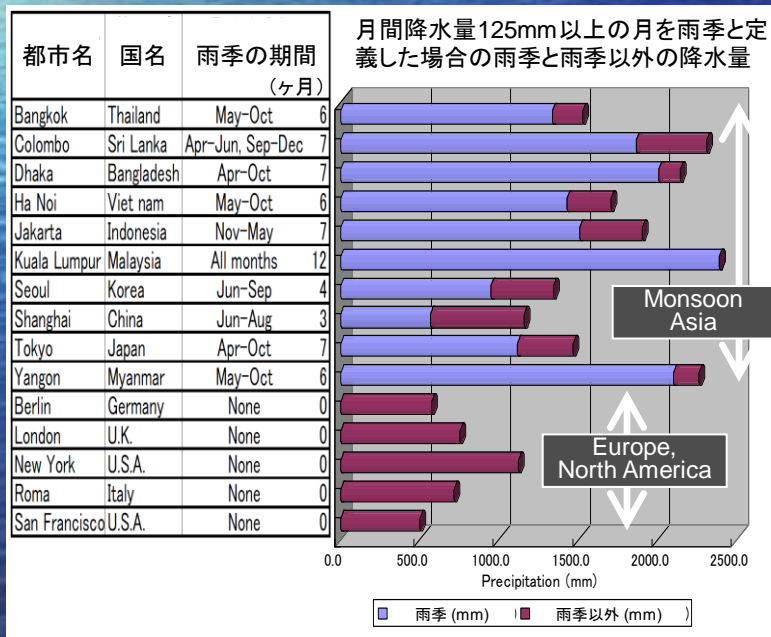
出典: 平成14年度第6回農業農村整備部会企画小委員会資料(農林水産省) ㊦

- 地域差が大きい降水量: ゼロに近い砂漠~4,000mmを超える熱帯雨林
- 地域差が大きい年間水収支: 年間の降水量と可能蒸発散量の差

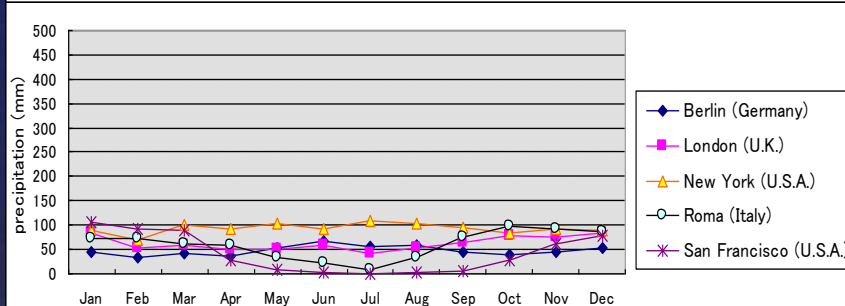
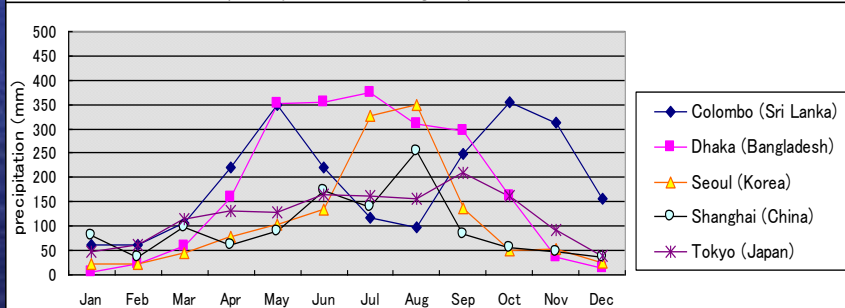
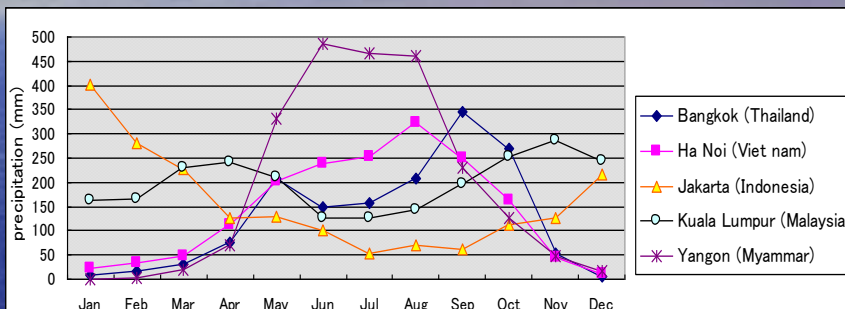
モンスーンアジアの湿潤気候の特徴

- 「湿潤気候下」とは、**年間降水量が概ね1,500mm以上**ある地域の雨季の気候の下での状況を指す。

モンスーン・アジア及び欧州・北米の主要都市の雨季と雨季以外の降水量



モンスーン・アジア及び欧州・北米の主要都市の月間降水量



モンスーン・アジア水田稲作の人口扶養力

モンスーンアジアのコメ生産地域の分布



Source: FAOSTAT, Oxford Economic Atlas

モンスーンアジアの人口密度の分布

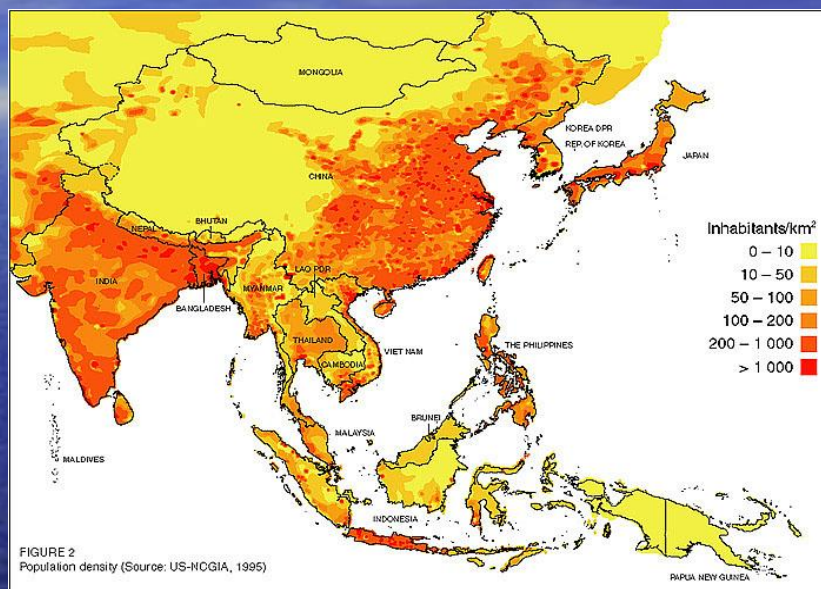


FIGURE 2
Population density (Source: US-NSGIA, 1995)

世界の陸地の約14%を占めるモンスーン・アジア諸国の人口は、世界人口の約54%を占める

各国／地域食物カロリー摂取量に占めるコメの割合

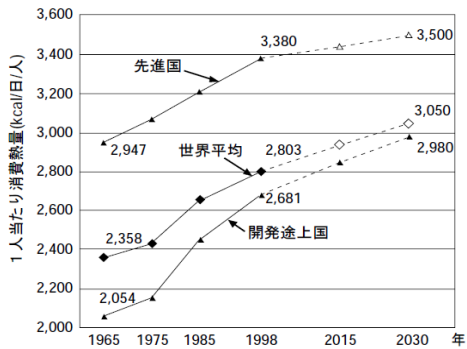
国／地域	バングラ デシュ	カンボジ ア	インドネ シア	日本	韓国	ラオス	ミヤン マー	ベトナム	アジア	アジア以 外	世界
コメによるカロリー供給の割合 (%)	72	75	50	23	31	66	71	66	31	3	20
人口 (百万人)	138	13	212	127	47	5	48	78	3680	2391	6071

出典: IRR: Atlas of Rice & World Rice Statistics, <http://www.irri.org/science/ricestat/index.asp>
FAO: FAOSTAT, <http://faostat.fao.org/faostat/collections?version=ext&hasbulk=0>

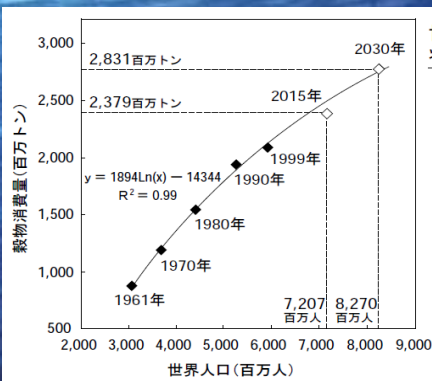
水資源使用量の将来予測(農業用水)

- 世界の淡水使用量の約7割を農業用水が占める
- 2025年の予測需要量: 3,162km³~ 3,505km³
- 現在よりも、658km³ ~ 1,001km³の増加

1人当たり消費熱量の推移及び将来見込み



資料: World Agriculture: towards 2015/2030, 2002年 (国連食糧農業機関)



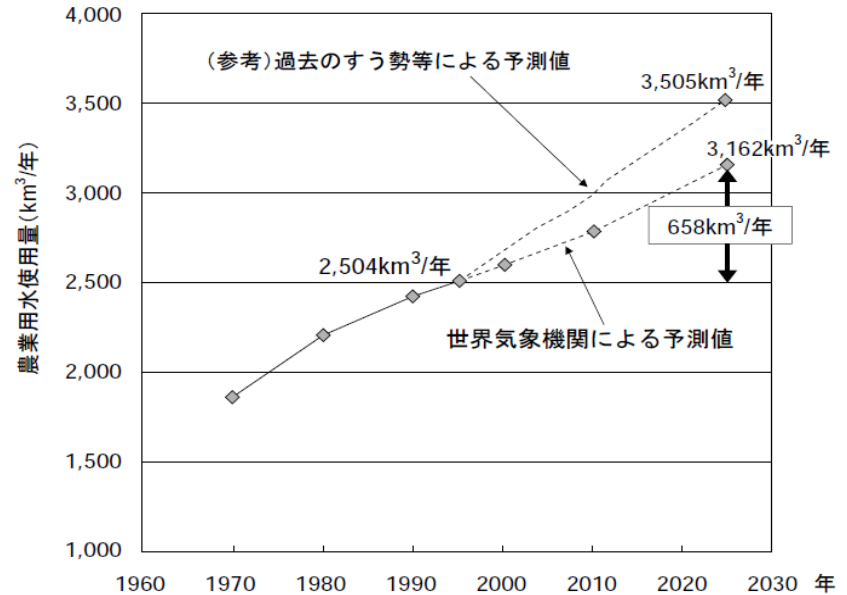
世界の人口と穀物消費量の将来見込み

注: ・2015年及び2030年の穀物消費量は資料1)による
 ・1961年から1999年の値は、資料2)の穀物生産量のデータ。近似曲線はこれを基に引いたもの
 ・左図において、米は粳米ベースである。

資料: 1) World Agriculture: towards 2015/2030, 2002年 (国連食糧農業機関)
 2) Statistical Databases (国連食糧農業機関)
 3) World Population Prospects: The 2000 Revision, 2001年 (国連経済社会局人口部)



農業用水使用量の将来見込み*



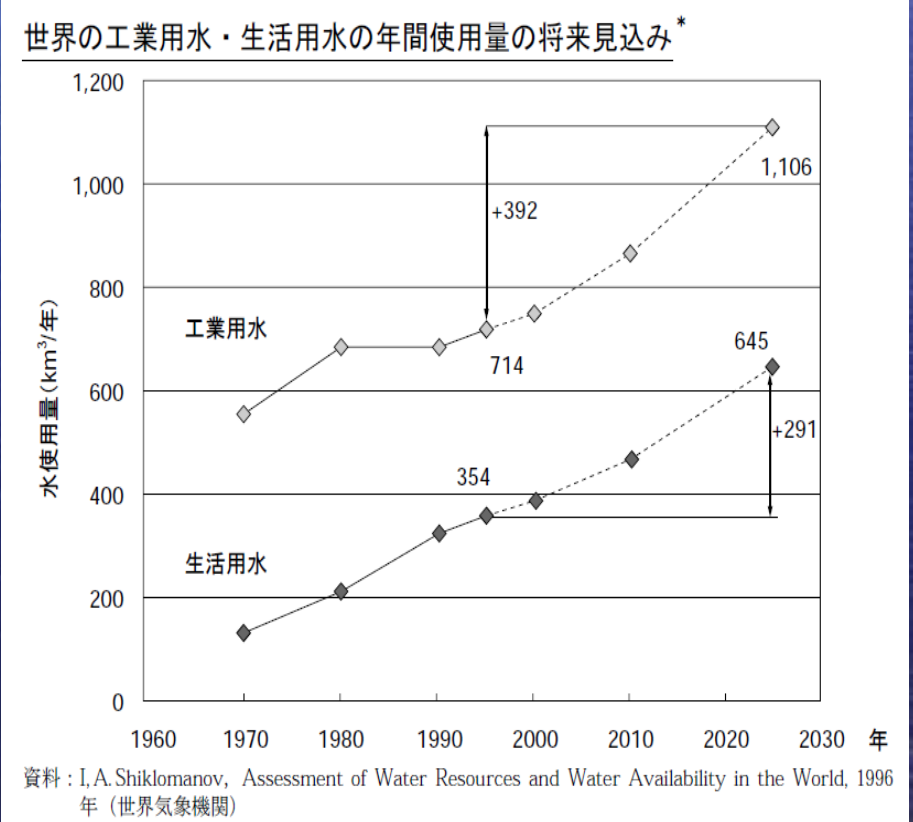
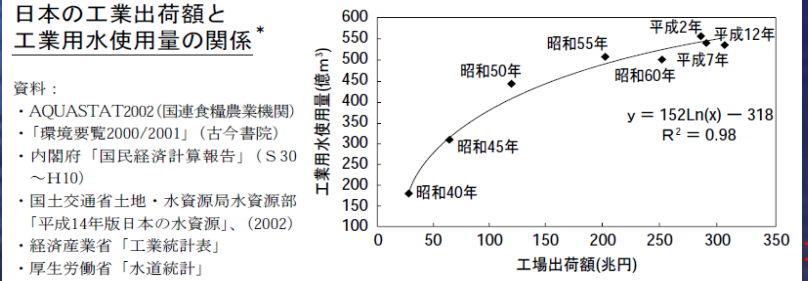
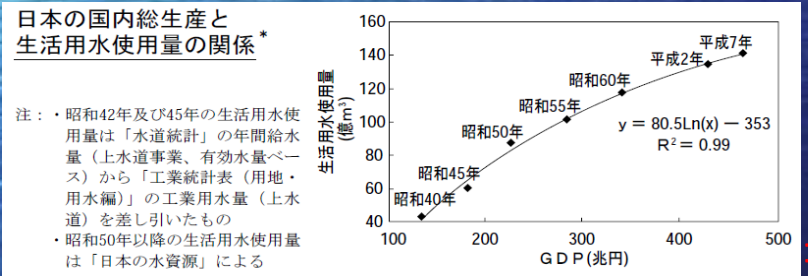
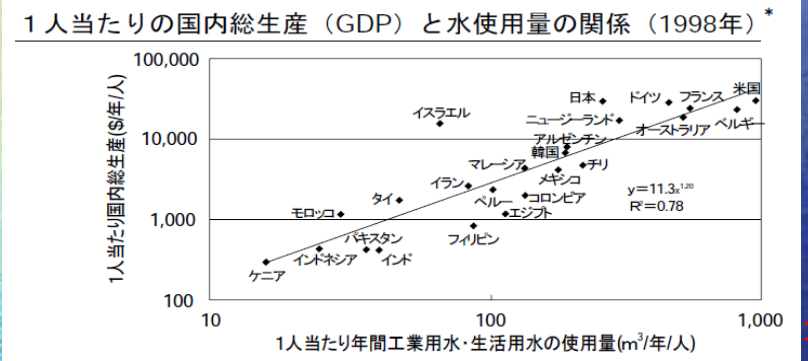
資料: ・I. A. Shiklomanov, Assessment of Water Resources and Water Availability in the World, 1996年 (世界気象機関)
 ・Statistical Databases (国連食糧農業機関)
 ・World Agriculture: towards 2015/2030, 2002年 (国連食糧農業機関)



出典: 平成14年度第6回農業農村整備部会企画小委員会資料(農林水産省)

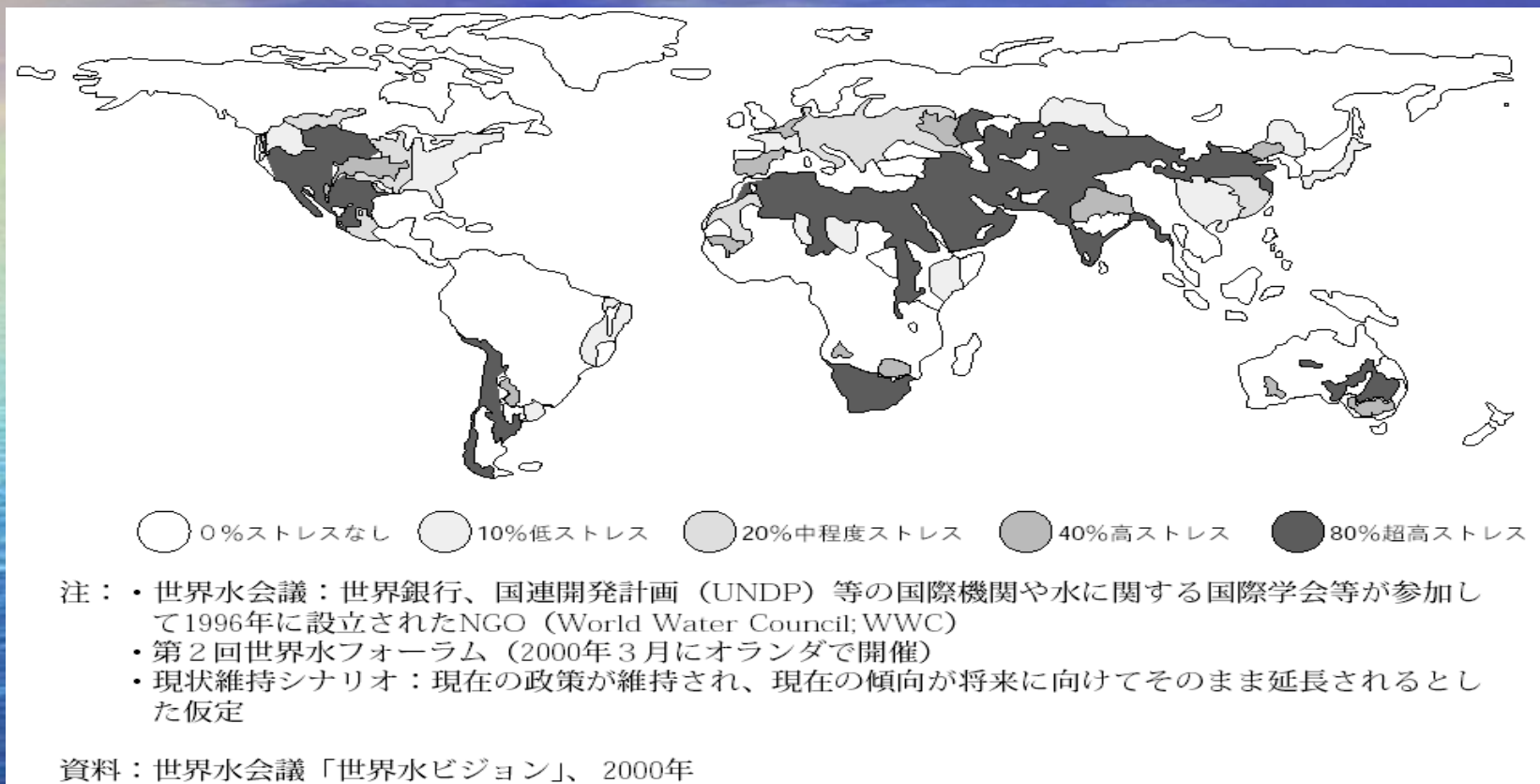
水資源使用量の将来予測(生活・工業用水)

- 2025年の予測需要量
- 生活用水: 645km³ (1995年より291km³ の増加(82%増))
- 工業用水: 1,106km³ (1995年より392km³ の増加(55%増))



出典:平成14年度第6回農業農村整備部会企画小委員会資料(農林水産省)

現状維持シナリオにおける2025年の世界各地の水ストレス

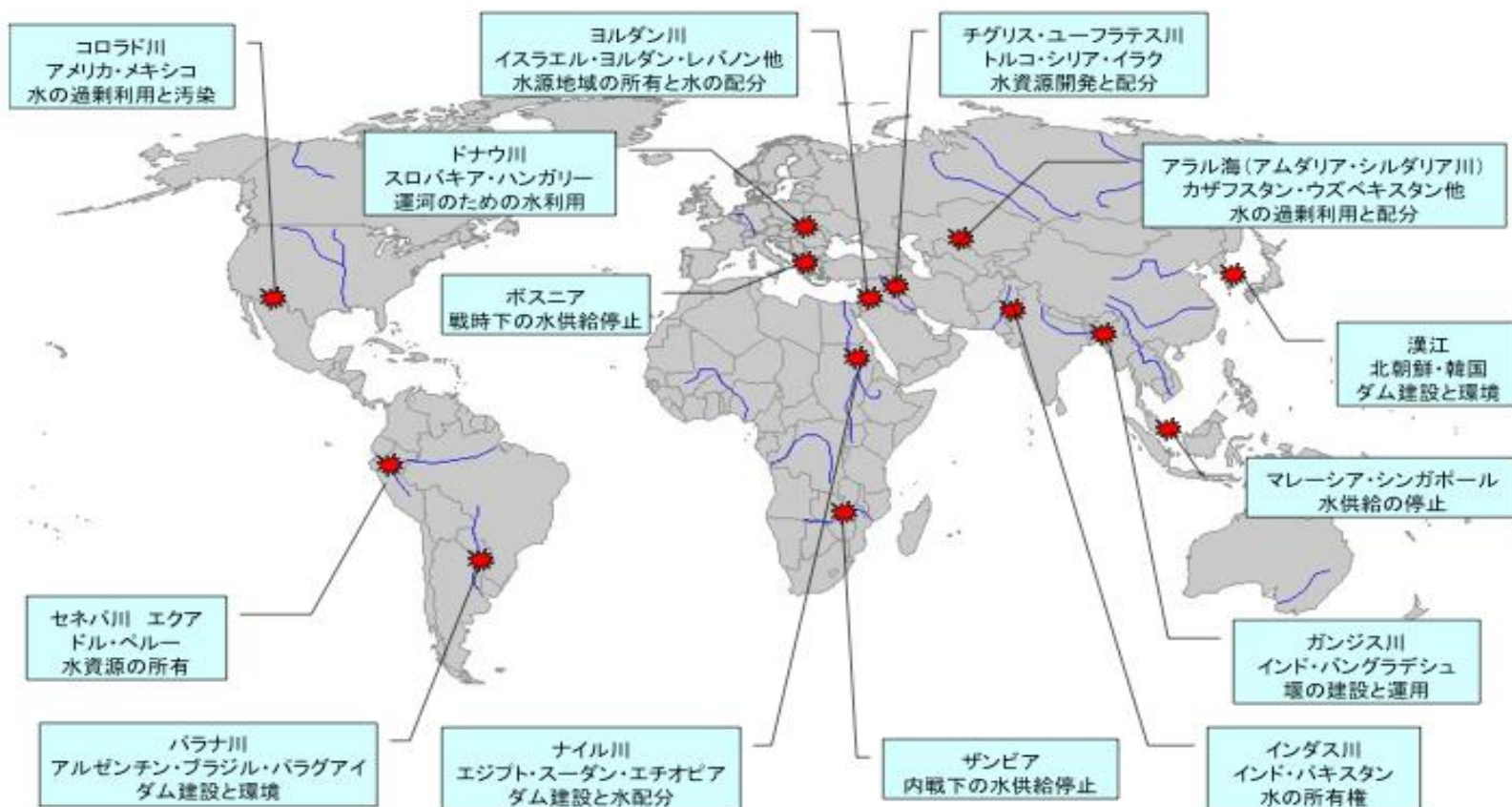


出典：平成14年度第6回農業農村整備部会企画小委員会資料（農林水産省）

「世界水ビジョン」は、**水ストレス比**（水資源賦存量のうち人間が取水する水量の割合）**が40%を超える**高い水ストレス（不足）の状態の国に居住する人口が、**2025年までに40億人**を超えると予測。

深刻な水問題・水をめぐる国際紛争

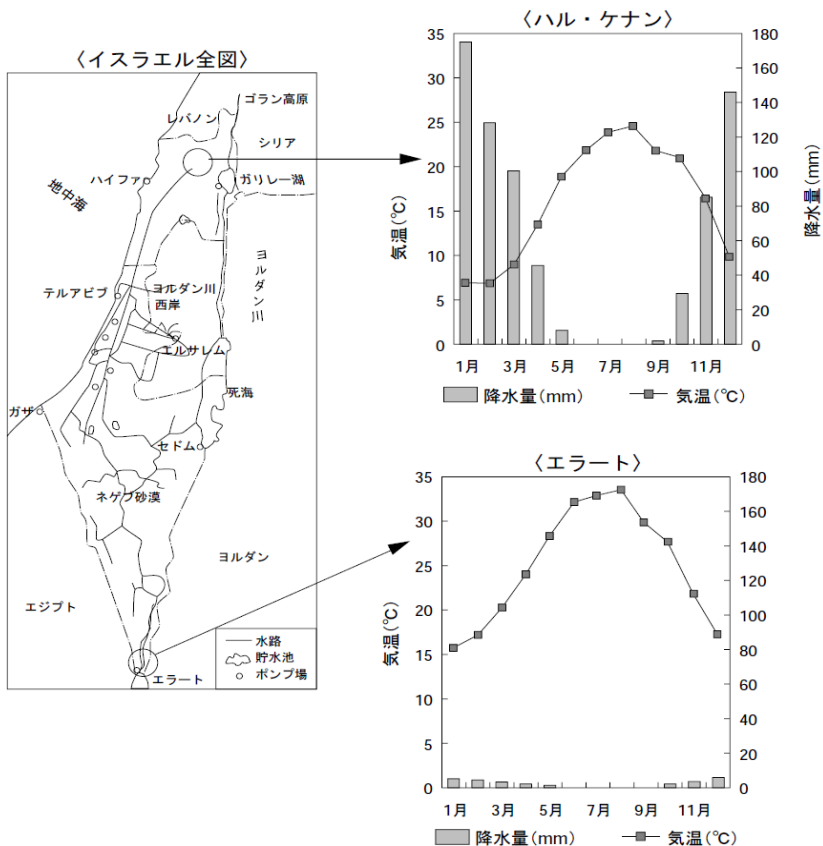
世界の水紛争マップ



"The World's Water", Peter H. Gleickと"Water", Marq de Villiersの資料をもとに第3回世界水フォーラム事務局作成

水をめぐる地域紛争の例

キネレット・ネゲブ国営水路（イスラエル）*



資料：・世界の灌漑と排水企画委員会「世界の灌漑と排水」、1995年（家の光協会）
・イスラエル中央統計局ホームページ

水をめぐる地域紛争等（例）

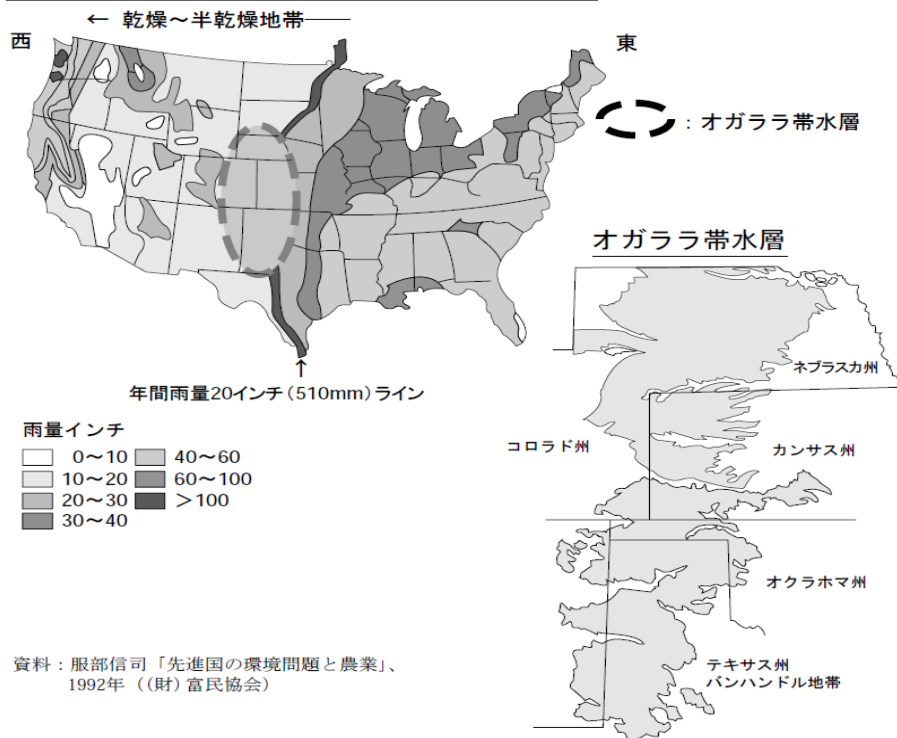
河川等名称	関係国	紛争等の概要
ヨルダン川	イスラエル シリア	シリアがヨルダン川上流の水源の1つであるバニヤース川からの分水を試みたことが、緊張激化や武力衝突につながった。
ナイル川	エジプト エチオピア スーダン	エジプトはナイル川の水に地表水の供給の97%を頼っている。上流のエチオピアが水を貯えて使用するための人的・物的資源の動員能力を持ったため、エジプトがナイル川の水量の減少に直面する可能性は高くなっている。
アムダリア川 シルダリア川 (アラル海)	アフガニスタン イラン カザフスタン キルギスタン タジキスタン トルクメニスタン ウズベキスタン	この地域には全ての水需要を満たすだけの水がないため、国家間の論争が起こっている。人口増加と民族的相違の圧力が加わるなかで、水不足問題はこの地域の暴力的紛争と政治的不安の種であり続けている。
ガンジス川	インド バングラデシュ	両国では下流のバングラデシュに対する最低限の水量を保証する協定等を結んでいたが、1988年までに失効しており、水をめぐり膠着状態にある。
チグリス・ユーフラテス川	トルコ シリア イラク	上流のトルコに水力発電とかんがい計画があり、これが実現すると下流のシリア及びイラクは、流量の減少に直面する。シリアはトルコに対し、保証流量の増加を求めているが、トルコは拒否している。

資料：レスター・ブラウン編著「地球白書1996-97」（ダイヤモンド社）

出典：平成14年度第6回農業農村整備部会企画小委員会資料（農林水産省）

人為的災害：塩類集積と地下水の涸渇

アメリカの降水量分布とオガララ帯水層の位置*



塩類集積が深刻化している地域

国	塩害を受けているかんがい農地(百万ha) 1980年代後半	塩害を受けているかんがい農地の割合(%)
インド	7.0	17
中国	6.7	15
パキスタン	42	26
アメリカ	42	23
ウズベキスタン	24	60
イラン	1.7	30
トルクメニスタン	1.0	80
エジプト	0.9	33
小計	28.1	21
世界の推定値	47.7	21

注：・かんがい農地の割合は、1987年のかんがい面積に基づいて算出されている。ただし、ウズベキスタンとトルクメニスタンのかんがい面積はFAO, 1996, Yearbookに基づいている
・塩害を受けているかんがい農地の世界の推定値は、小計の21%を仮定として算出されている

資料：F. Ghassemi, et. al, Salinisation of Land and Water Resources, 1995年 (University of New South Wales Press)

出典：平成14年度第6回農業農村整備部会企画小委員会資料(農林水産省)

世界の地下水の涸渇

年間の涵養量に対し揚水量の方が多事例

帯水層名	国名	涵養量① (km ³ /年)	揚水量② (km ³ /年)	②/① (%)	年
サハラ北部盆地	アルジェリア、チュニジア	0.58	0.74	127	1992
Saq Aquifer	サウジアラビア	~0.3	1.43	477	1984
ボルカニック	スペイン	0.22	0.22	100	1980
海岸平野	イスラエル	0.31	0.50	160	1990
Alluvial Aquifers	ガザ地区	0.37	3.78	1,022	1990
セントラルバレー	アメリカ	~7	~20	~280	1990
オガララ	アメリカ	6~8	22.2	~300	1980

資料：I. A. Shiklomanov, Assessment of Water Resources and Water Availability in the World, 1996年
(世界気象機関)

出典：
平成14年度第6回
農業農村整備部会
企画小委員会資料
(農林水産省)

世界の地下水涸渇状況

国名	現状
インド	9つの州で地下水の膨大な汲み上げ過剰が起きているが、主要穀物地帯であるパンジャブ州とハリヤナ州は特に深刻な状態
パキスタン	主要な農業地帯パンジャブ州で地下水が涵養量を27%上回るペースで汲み上げられている
中国	中国北部は慢性的な水不足状態にあり、地下水の過剰揚水量は年間300億m ³ にのぼる。中国の穀物の40%を生産する華北平原の大半で地下水位が1年に1.0~1.5mずつ低下
米国	カリフォルニア州では汲み上げ超過量が年間16億m ³ にのぼり、これは同州の年間地下水使用量の15%に相当。地球最大の地下水系であるオガララ帯水層は雨水による涵養が極めて小さく、汲み上げればそれだけ地下水量が減少する。現在、年間で約120億m ³ ずつ減少しており、今日までに合計約3,250億m ³ が失われている
エジプト・モロッコ・リビア	地下水量の減少は年間約100億m ³ で進行。この40%近くはリビア国内で起きている
サウジアラビア	政府は20年にわたって大規模な砂漠農地化計画を推進し、地下水使用量は年間約170億m ³ におよぶ。今後もこのペースで取水すれば、地下水資源は2040年までに完全に涸渇する

資料：地球白書2000~2001

出典：
「地球白書2000-2001」
レスター・ブラウン編著
ダイヤモンド社

India –Andra Pradesh

“Communal farm orchestra with village people, cattle and tractor”



India -Sikkim

“Time of harvesting golden rice terraces”



Indonesia -Bali

“Worshipped water from the kingdom of God”



Viet Num

“Ethnic minority’s preparation - seedlings for transplanting”



China - Yunnan

“Dizzy sculpture on the Earth”



写真提供: 棚田学会

Philippines

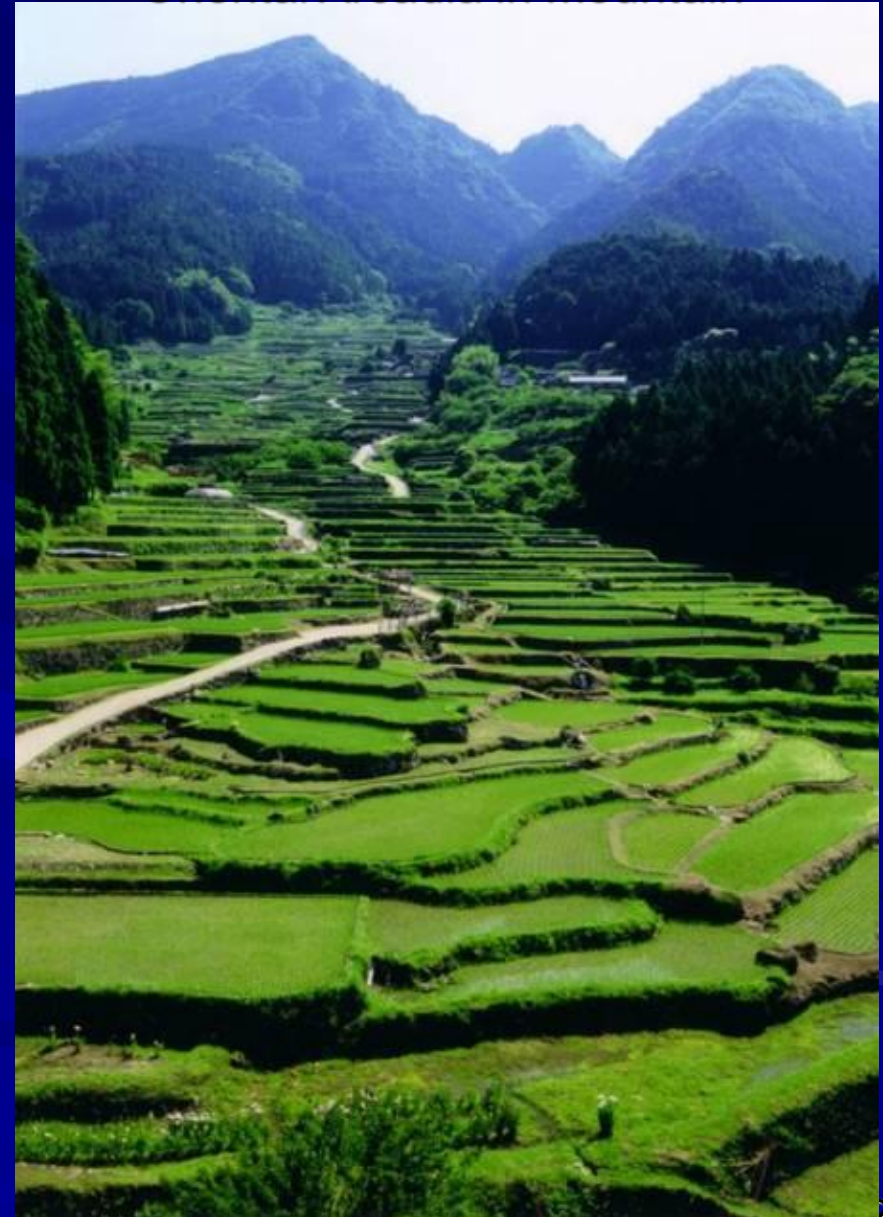
“Reaching up to the very sky”



写真提供：棚田学会

Japan

“Oriental Arcadia in mountain”



写真提供：棚田学会

Japan

“Thousand plots of terraced paddies on a mountainside”



Japan

“Foggy morning”



Japan

“Live pyramid succeeded by local farmers”



Japan

“Fantastic twilight over the water world”



Japan

“Transplanting in water”



写真提供：棚田学会

“Drying rice in the sun”



写真提供：棚田学会

農業用水の特性

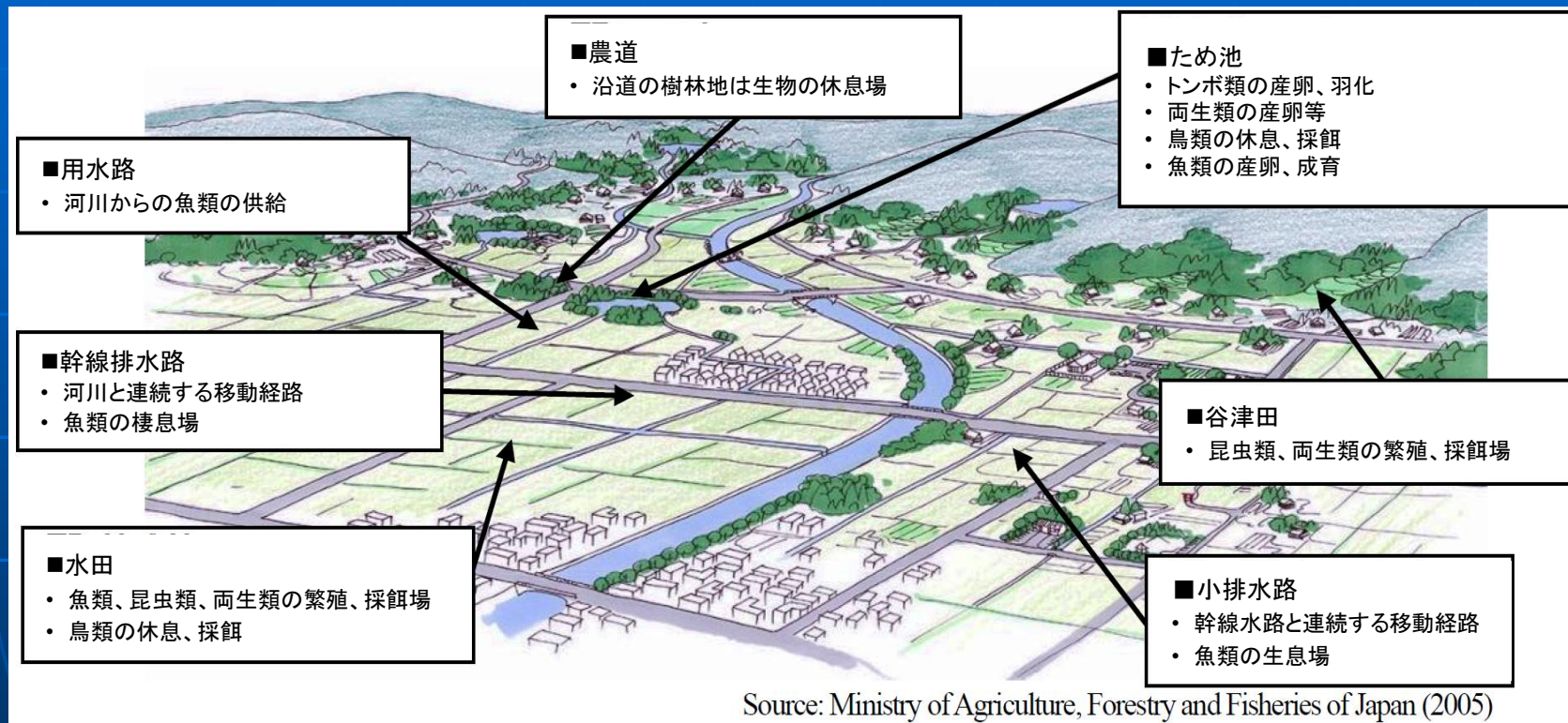
- **農業用水の使用量が大きい理由**
 - 水は土地と共に農業にとって不可欠な資源
 - 水使用の都市的利用と農業的利用の差異は土地利用の場合と類似（農業はマッシブな土地利用）
 - 都市的な水使用では農業用水よりも高い水質、強い需要主導型資源配分が求められるため、上水・排水設備コストがかかり、水は比較的高価となり抑制的に使用されやすい（日本の工業用水の回収率は78%）
- **乾燥地域の農業用水**：希少性（潜在価格）が高く、都市的な水使用と考え方の差は少ない（湿潤地域の乾季も同様）
- **湿潤地域（雨季）の農業用水**：希少性（潜在価格）が低く、大量使用の動機が存在。また、降雨による水分補給の変動性に対するリスクマネージメントの意義
 - **水資源と労働力との間の財としての要素代替性**：水資源を他の財で補い難い乾燥地域と比べて著しく高い弾力性

農業用水の特性

- 取水(使用)した水を全て消費しているのかどうか
- **乾燥地域の農業用水**: 一般的に蒸発散という形で全て消費(湿潤地域の畑地灌漑等でも同様)
 - 農業用水は環境保全用水と競合するという一般認識
- **湿潤地域の農業用水**: 蒸発散という形で消費されるのは取水した水の一部
 - 大部分は消費されずに下流の河川や地下水に環流
 - 河川など公共水域以外に広大な水域ネットワークを形成
 - エコシステムサービス(多面的機能)を提供

米との相思相愛：モンスーンアジア水社会

➤ 下図は、日本でよく見られる田園地域の様子を描いた代表的な鳥瞰図に、様々な生物とその棲息場所を示したものである。



出典：背景図のみ農林水産省

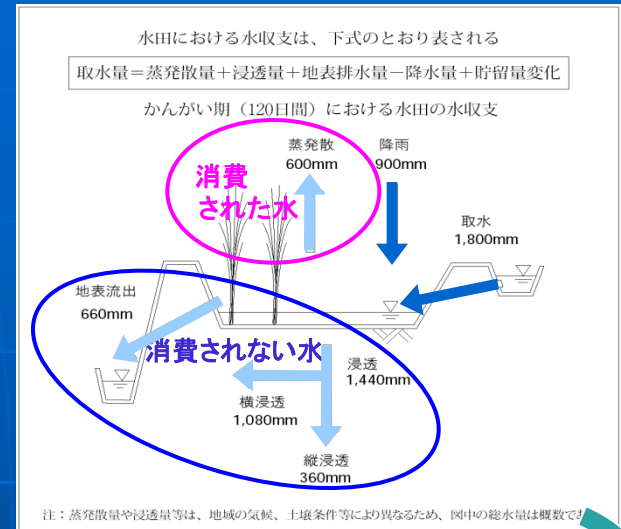
➤ 水路によって水田と結ばれているため池は、非灌漑期における水生生物の棲息地と避難場所を提供する。

➤ 農村地域に広く散在する雑木林など里地里山も、非灌漑期における陸生生物の棲息地と避難場所を提供する。

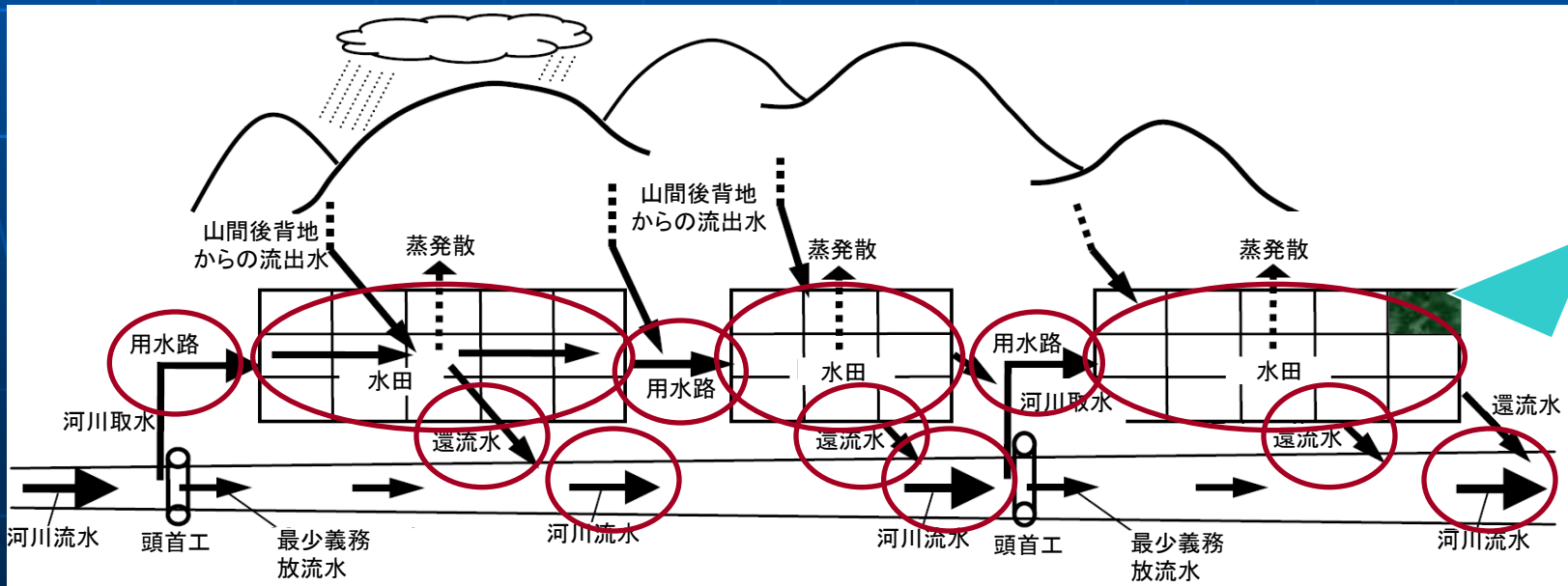
湿潤気候下の水田灌漑の水利用が環境に与える影響の特徴

- 水田では河川から取水して消費(蒸発散)しない水の割合が高い。
- 水田で消費(蒸発散)しない水が、二つの経路で生態系サービスの強化に寄与している。
 - a) 河川の内部: 水田から排水され河川に還流する水が下流の河川や沼沢地の内部の生態系を強化する。
 - b) 河川の外部: 水田灌漑システム全体に存在する水が湿地及び水のネットワークとして機能し、豊かな動植物相を伴う別途の優れた二次的自然環境を作り出す。

水田の水収支:日本の事例



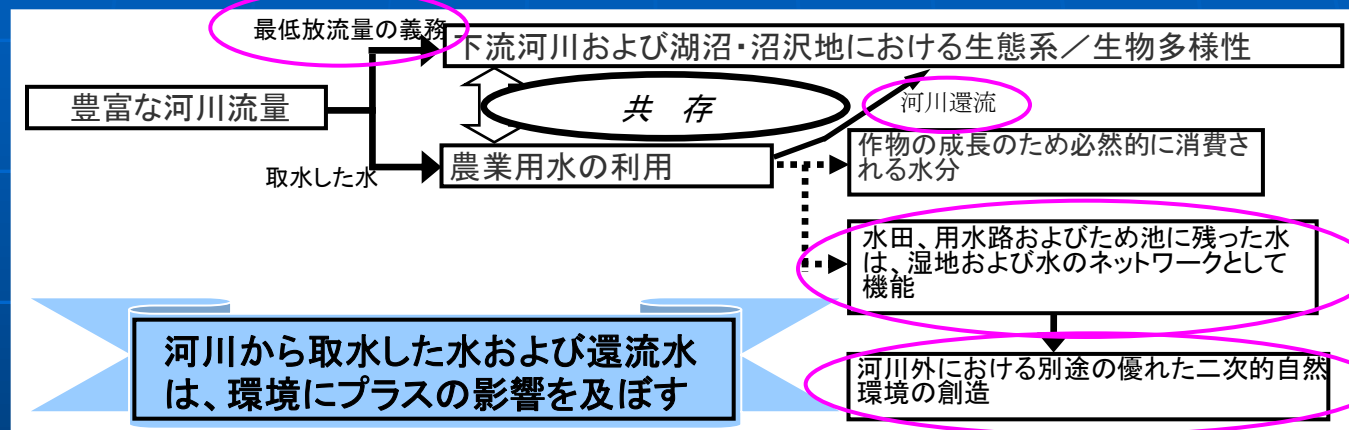
Source: Maruyama, T and R. Nakamura (1998)



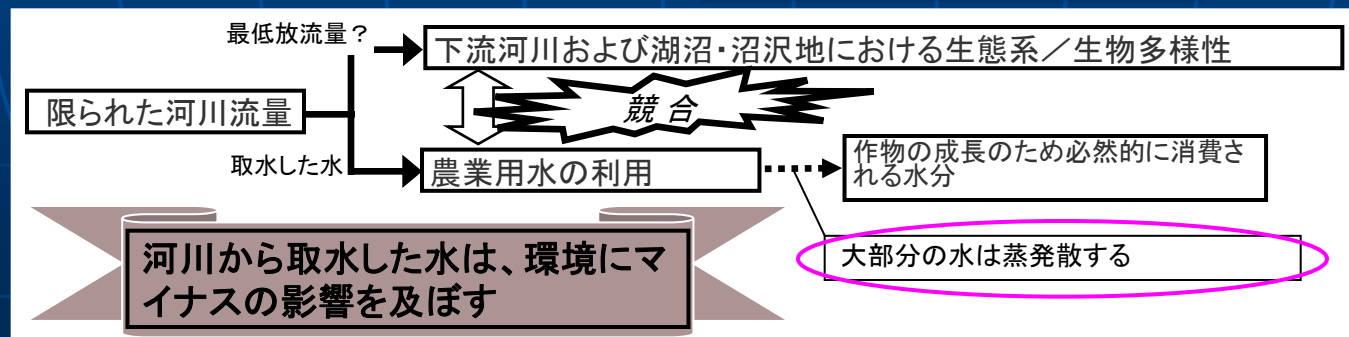
湿潤気候下の水田灌漑と常に水が稀少な乾燥気候下の灌漑での水利用の対比

➤生態系に貢献する湿潤気候下の水利用システムと乾燥・半乾燥気候下の水利用の対比

湿潤地域の水田灌漑による生態系サービスに対する農業の貢献



常に水が稀少な乾燥地域の水利用における農業と環境の競合的な性格



潤沢な水利用により各国で観察される多面的機能

- ① **日本、韓国**: 水生生態系の保全、水環境の向上、景観の形成、地下水の涵養、洪水被害の軽減、下流河川流量の安定化、防火・消火・流雪用水、庭園用水等
- ② **タイ、中国、インドネシア(バリ島)**: 都市洪水被害の軽減、景観の形成、商業的養魚・家禽の飼養、洗浄、洗濯、水浴、宗教習俗慣習等
- ③ **カンボジア、ラオス、ベトナム、インド、スリランカ**: 自家消費的養魚・家禽の飼養、魚・蟹類の捕獲、運搬・交通、洗浄、洗濯、水浴、冷却等

調査国	調査対象地域(地区名)	調査時期	調査概要
インドネシア	バリ島(ウブドゥほか)	2002年4月	農民灌漑管理組織の実態調査
スリランカ	アヌラダプラ	2002年12月	連珠ため池灌漑の実態調査
タイ	コンケン(バンラオ)、ウボンラチャタニ、チェンマイ(メクワン地区、メタン地区)、カンチャナブリ(タパヨム堰地区)、ラチャブリ(ファイマハッド上流地区)、コンケン(ノンワイ地区)、ウドンタニ(ファイルアン地区)、ロップリ(メクワン地区)	2001年10月 2003年8月 2004年7月 2005年3、6、8月	ため池灌漑の実態調査、王室灌漑局事業ダム灌漑地区・ポンプ揚水灌漑地区の実態調査、農民アンケート調査
カンボジア	カンダルストウン、バットンバン(コンピンポイダム地区)、シエムリアップ(西バライ下流地区)	2004年2月	田越し灌漑、洪水灌漑の実態調査
中国	四川省(都江堰東風渠灌区ほか)	2004年8月	用水戸協会による水管理の実態調査
ラオス	ビエンチャン(国道13号南部地区)	2005年3月	ポンプ揚水灌漑地区の実態調査
ベトナム	ハイズン省(クアンニン、ハイドウオン)	2005年7月	重力灌漑地区、ポンプ揚水灌漑地区の実態調査
インド	アンドラプラディッシュ州(ナガージュナサガール地区)、タミルナドゥ州(パランビクラムアリヤー地区、アグラガラサマクラム村、コダンギパラヤム村)、シッキム州(ガントク)	2005年9月 2007年11月	ダム灌漑地区、浅井戸灌漑地区、ため池灌漑地区、農民参加型水管理組織の実態調査、棚田地域の実態調査

現地調査結果等から導いた多面的機能の分類

集团的に管理される水田稲作用水が有する多面的機能

A. 営農活動を通じて発揮される公益的機能

A-1. 通常の営農活動に伴い国民に対して発生する利益

水生生態系の保全、水環境の向上、景観の形成、地下水の涵養、洪水被害の軽減、下流河川流量の安定化等

A-2. 意図した活動により国民に対して発生する利益

- ・異常渇水時における農業用水から水道用水への水の提供
- ・大洪水時における流出遅延用のダムとしての水田の能力の向上
- ・冬季における渡り鳥の保護区域の創出
- ・下流域の都市及び産業用水の水源となる地下水位の回復等

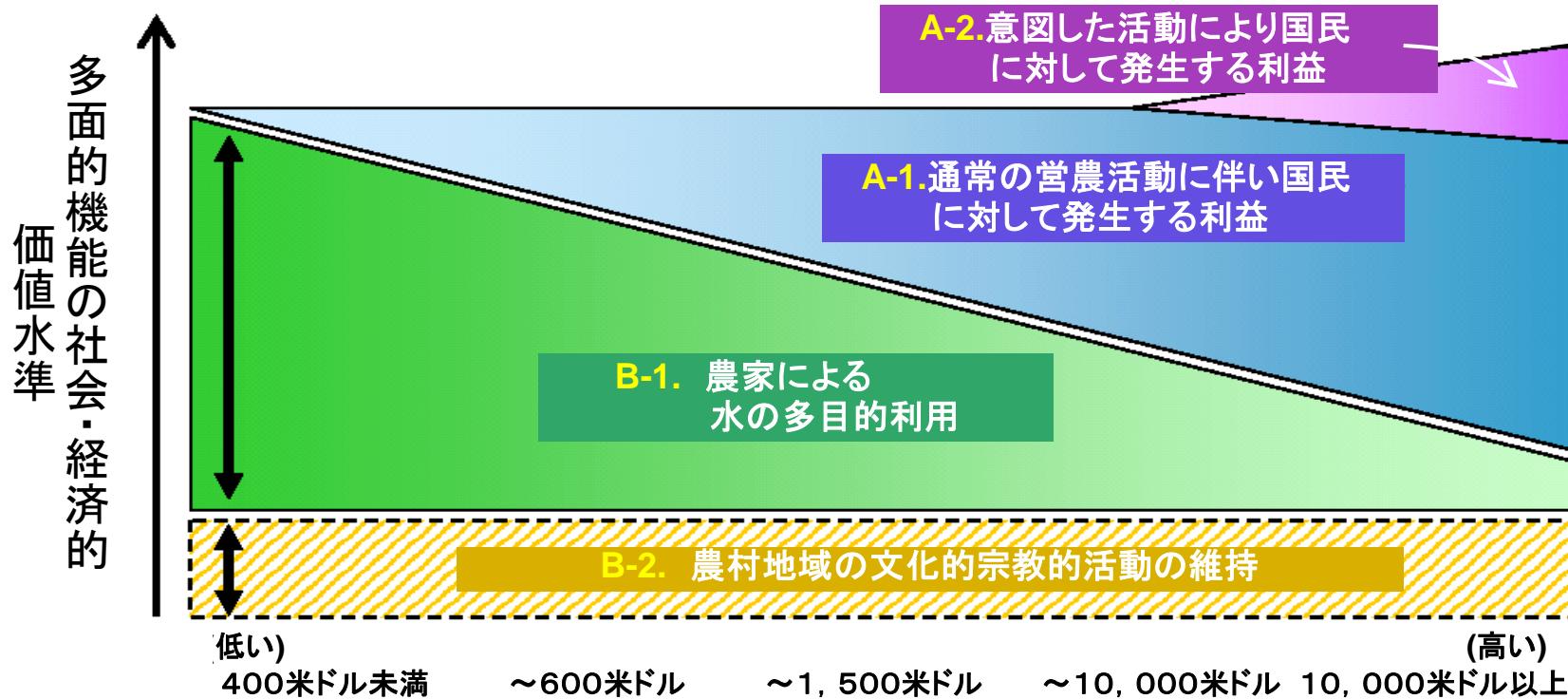
B. 農家及び農村地域社会が得る利益

B-1. 農家による水の多目的利用

養魚、家禽の飼養、洗浄、洗濯、水浴、冷却、庭園用水、防火・消火用水等

B-2. 農村地域の文化的宗教的活動の維持

モンsoonアジア地域諸国の社会経済発展段階と4分類された水田灌漑の多面的機能の社会経済的価値水準の推移モデル



対応する主な国名	ラオス、カンボジア	ベトナム、ミャンマー	中国、インドネシア	タイ、マレーシア	韓国、日本
社会経済の概況	農業が主産業、人口急増、全般的貧困、脆弱な国家財政	農業が主産業、人口急増、農村部の貧困、国家財政の逼迫	都市と農村の社会経済格差、都市の過密問題、工業化の推進	GDPに占める農業の後退、農村開発(生活環境改善)の推進	GDPに占める農業の縮小、生活環境改善、自然環境の保全



Fish farming in rice paddy

Bali, Indonesia



Nong Khai, Thailand



Central plain of Thailand

Both the canal and rice paddy is used for duck raising.





If water is not polluted,
it is utilized for drinking,
washing, bathing, etc.

Salin, Magway Division, Myanmar

Myittha, Mandalay Division,
Myanmar





Mekong delta,
Vietnam

Harvested rice is carried by a
boat using canal.





Paddy field as a feeding and dwelling place for migratory birds in winter.

Kaga-city, Ishikawa Pref. Japan
(<http://www.jawgp.org/anet/>)





Rice paddy preserves
endangered fish.

Oryzias latipes, Japanese
killfish, is listed in red-data
in 1999.





Biotop and paddy field

Open school using rice paddy to
learn the natural environment

Utsunomiya-shi, Tochigi Pref., Japan





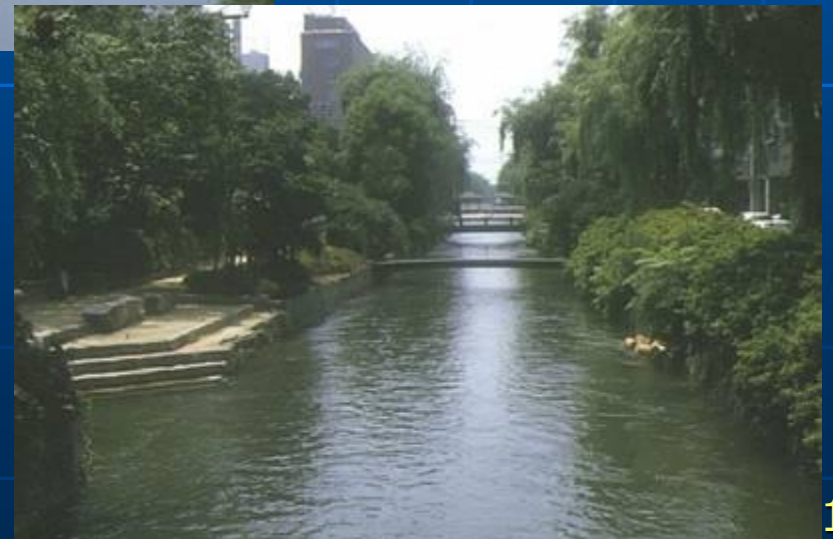
The irrigation system itself is worshipped in Bali, Indonesia.





Nishigawa irrigation canal, Okayama Pref., Japan

An irrigation canal is rehabilitated to create a new landscape.





Koura-cho, Shiga Pref.,
Japan

Minumadai-yosui, Tokyo, Japan

Irrigation canal is modified to a
recreational site for children.





Vientiane, Lao

Irrigation canal and weir
are places to play





Vientiane, Lao

Kanchanaburi, Thailand



Modernized irrigation canal and weir are also places to play

Fire fighting and snow melting



Gifu prefecture, Japan



Niigata Pref., Japan

Melting and flushing snow is a function of irrigation canal in northern Japan.

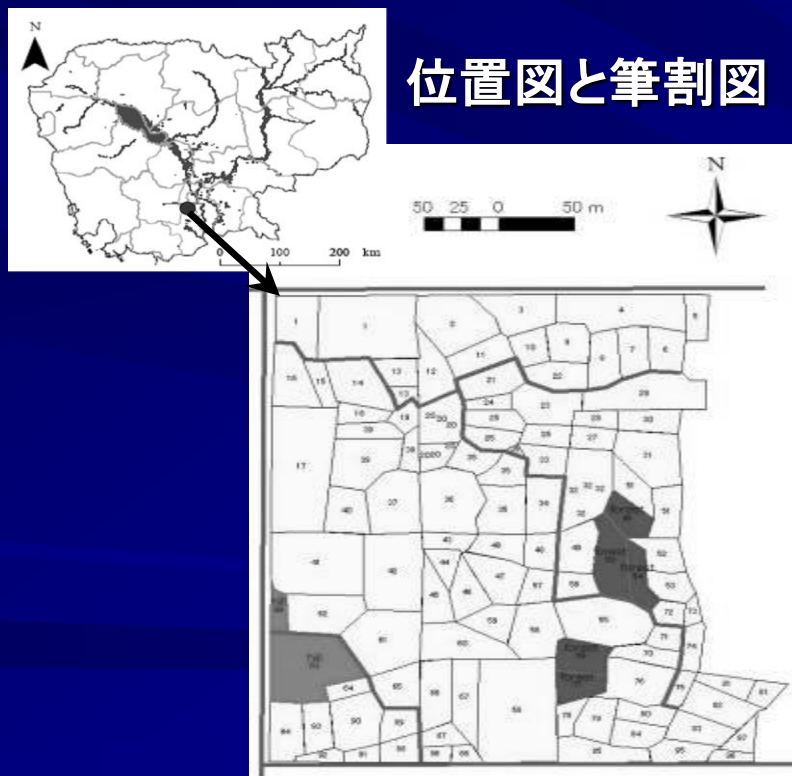


“Network of wetland, water way, scattered coppices and groves in the countryside”

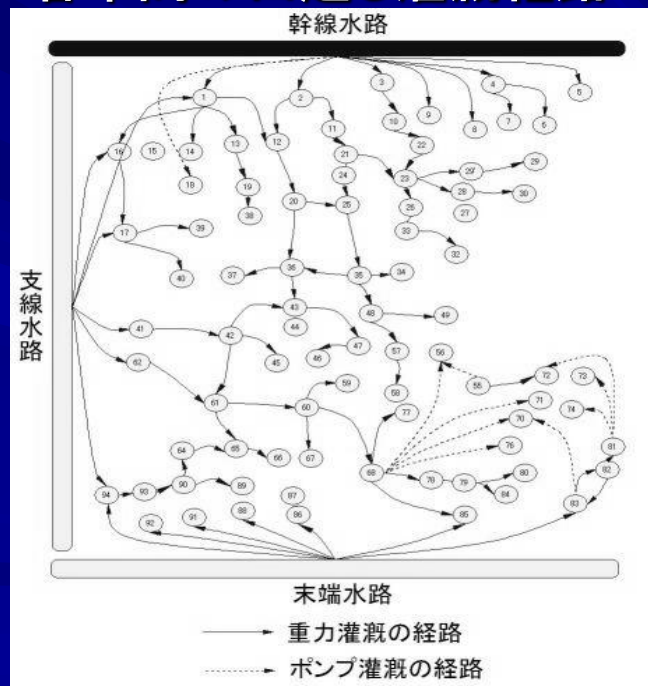


コモンズとしての水資源・私有財としての水

- カンボジア南部、カンダル・ストウン州では、天水田稲作の状況に近い極めて限定的な田越し灌漑が行われている。
- 明文化された規則や合意事項ではないが、この地域全体の一筆相隣関係の農民間で水利慣行が定着している。

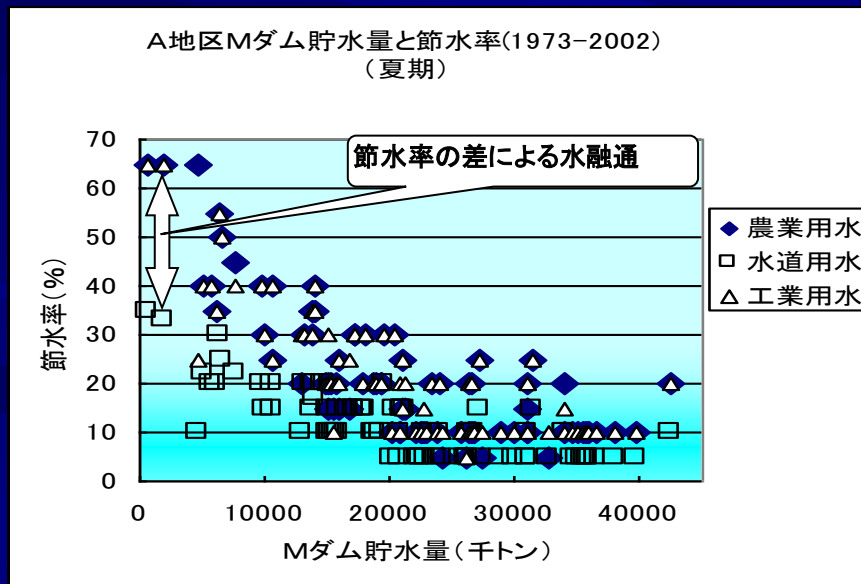
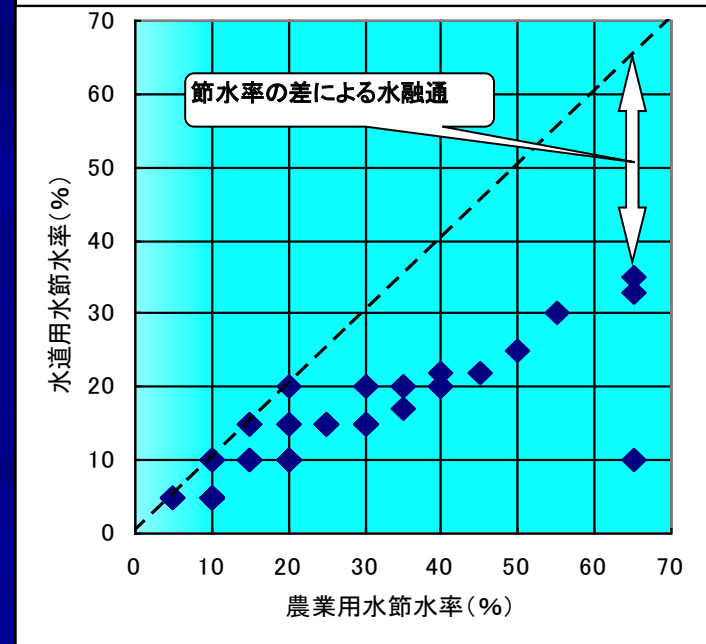
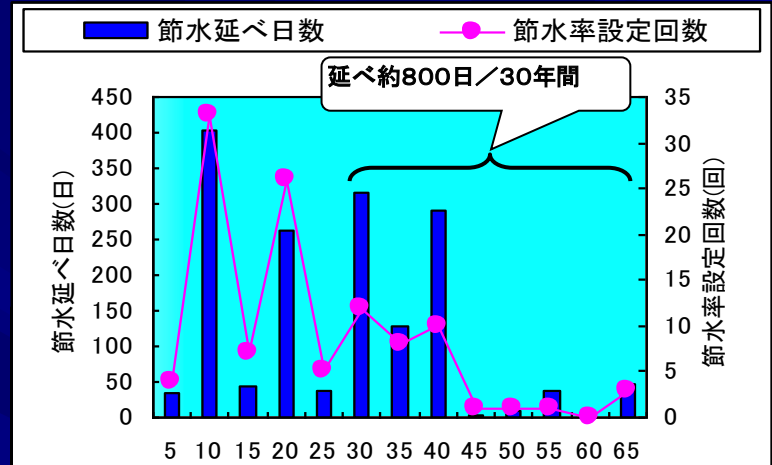


各筆間の田越し灌漑経路



30年間にわたり繰り返し実施されている 農業用水から水道用水への異常渇水時の水融通

- 下図は愛知用水地区の過去30年間の農業・水道・工業用水の節水率と共通の水源である牧尾ダムの貯水量の関係を表したもの
- 節水率の差により事実上の水融通が繰り返されていることを示す
- 右及び右下図は、愛知用水地区の農業用水と水道用水の節水率の差並びに農業用水の節水率と節水の延べ日数との関係を表したもの
- 水道用水の節水被害が急増する20%ラインを大きく超えないよう、農業用水から水道用水へ30年間で800日前後の水融通が行われていることを示す。



ゲーム理論による農業用水と水道用水の 利得分析(非協力ゲーム)

農業利水部門 水道利水部門		渇水時に水道利水部門に 水融通する		水融通しない	
		①		②	
平水時に農業利水部門の優位性を 容認する		$P(-rw) + (1-P)sw$		$P(-rw)$	
		$P \cdot ra + (1-P)(-sa)$		$P \cdot ra$	
容認しない		$(1-P)sw$		0	
		$(1-P)(-sa)$		0	

①～④の上段は水道利水部門、下段は農業利水部門の利得を表す。

1-P: 異常渇水状態が生起する確率

rw: 水道利水部門が「容認する」場合の水道側の損失

ra: 水道利水部門が「容認する」場合の農業側の利得

sw: 農業利水部門が「水融通する」場合の水道側の利得

sa: 農業利水部門が「水融通する」場合の農業側の損失

水道側の利得は①<③、②<④。農業側の利得は①<②、③<④。

一回限りの非協力ゲームでは、両者が④を選択する「囚人のジレンマゲーム」状態で、水融通は起こらない。

ゲーム理論による農業用水と水道用水の利得分析(繰り返しゲーム)

無限繰り返し非協力ゲームでは、

将来利得に対する割引因子 δ が次式を満たす時、両者が互いに相手を信頼して利得表の①を選択する戦略がナッシュ均衡となる。

$$\delta \geq \max\{(-P(-rw))/((1-P)sw), -(1-P)(-sa)/(P \cdot ra)\}$$

- この農業利水部門を「農民A」、水道利水部門を「農民B」に置き換えると、一筆相隣関係にある農民Aと農民Bが渇水時に繰り返し相対交渉による水融通を行っているカンボジアの事例を説明できる。
- 両事例の行動原理(利得の構造)は、プレイヤーが長期的な視点から相手の期待を裏切ることが高くつくと理解した結果であると分析できる。

水利ガバナンスとソーシャルキャピタル

水利ガバナンスとは、集团的・組織的な水利用・水管理において、管理者と利用者との間で事実上の協働協治が成立している状況・形態をさす。

例えば、一般的な水道事業では、水の配分管理は専門の管理者に任せられ、利用者は管理者との契約に基づいて水を利用し、管理には関与しない。

他方、WUG (Water Users' Group: 水利組合) 等が配分管理を行う農業用水では、管理者と利用者の人格が重複しており、両者の協働協治が成立。(=水利ガバナンス)

ソーシャル・キャピタル (社会関係資本) とは、「人々の協調行動を活発にすることによって社会の効率性を改善できる、規範、信頼、ネットワークといった社会組織の特徴」(R.パットナム(1993, 1995, 2000))。他の資本と同様に蓄積、劣化損耗の概念を適用する。

水道事業では、公共サービスに対する専門管理機関の使命感の高さ、専門機関と各ユーザーとの緊張関係の構築が重要だが、農民による集团的な灌漑管理システムでは、サービスの管理運営の主体とユーザーの人格が重なるので、ユーザー個人間の「信頼感」や「互惠性」に裏打ちされた「ネットワーク」の構築が極めて重要。

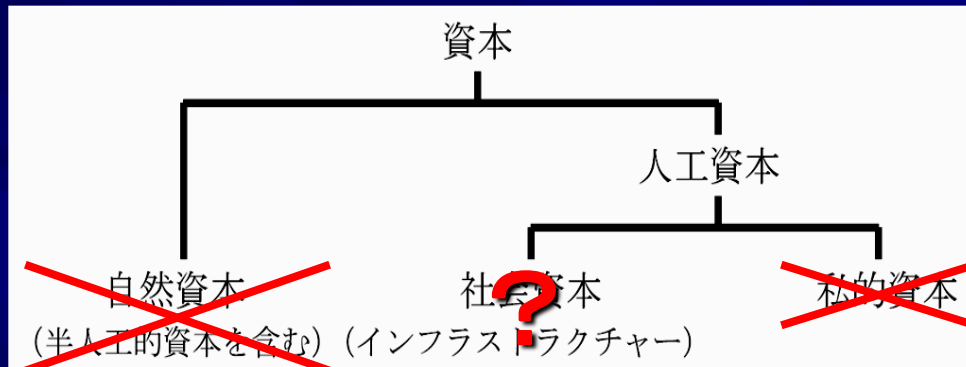
「ソーシャル・キャピタル」とは

人々の協調的行動を容易にさせることにより社会の効率を改善させる信頼、規範、ネットワークなどの社会的仕組み

- Social capital 直訳すると“社会資本”
- では、資本の一種か？
 - － 資本は、投資により蓄積・増大し、生産活動により劣化損耗する
 - － 資本は、その所有関係を移転（譲渡）できる

「ソーシャル・キャピタル」とは

■ 資本の分類



複数の個人が集まった
「社会関係」の中に存在

“ソーシャル・キャピタル”

又は

“社会関係資本”

■ ヒューマン・キャピタルとソーシャル・キャピタル

	ヒューマン・キャピタル	ソーシャル・キャピタル
所属／所有	個人に属する	ある一人の個人の独占的所有物ではなく相互関係的なものである
私的財／公的財	私的財	グループ内又はグループ間で共有されるという点で公共財
蓄積の方法	より直接的な方法で蓄積される	より間接的な方法で時間及び努力の社会的投資により蓄積される

擬似的資本としてのSCへの投資

- 人々の社会的投資(時間や努力)により蓄積
- フリーライダー(ただ乗り者)が発生する可能性
- 投資した人へのリターンが不十分で投資不足に陥る可能性→“市場の失敗”
- 人々の投資環境を改善し、インセンティブを与える効果を目的とした政府の公共政策の必要性
- 効果の持続可能性を高めるため、公共空間を協働管理するガバナンスの構築に配慮
- 内部指向的結合型(bonding)SCと外部指向的橋渡し型(bridging)SCのバランスある蓄積・増大

結合型SCと橋渡し型SC

■ 結合型SC

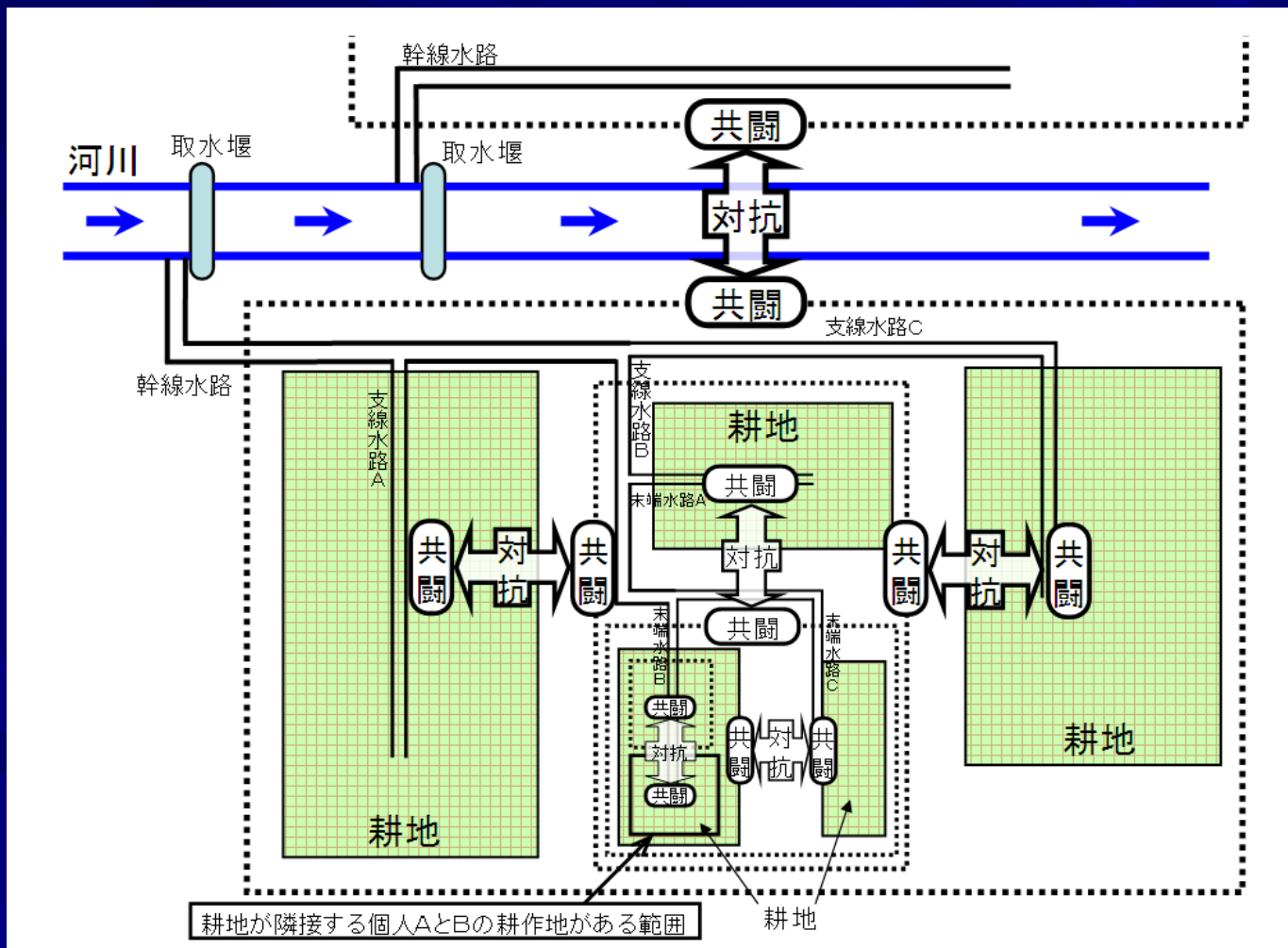
- 内部指向的・排他的(exclusive)
- SCを形成するグループの境界が固定的
- 利害を共にする内部の結束・協調行動を促す
- 部外者への排他性、内部の馴れ合い

■ 橋渡し型SC

- 外部指向的・包容的(inclusive)
- 多様なグループ間で水平・垂直のネットワークを形成
- 必ずしも利害が一致しないグループを包含し調整を促す
- SCの蓄積・増大に積極的な環境整備と直接投資が必要

農業水利システムでのSCの構造

- 農業水利(特に重力式水田灌漑)システムでは、対抗と共闘の連鎖により、結合型SCと橋渡し型SCの重疊的構造が特徴



水利ガバナンスとソーシャル・キャピタル

- 灌漑システムの利用(水供給サービスの配分)をめぐるガバナンスの経験(共助、自制、調整等)がSC蓄積のための投資となる
- 蓄積度が向上したSCの存在が次のステージでのより高次のレベルのガバナンスを達成する可能性を向上
- かかるガバナンスの経験がSCへの再投資となる

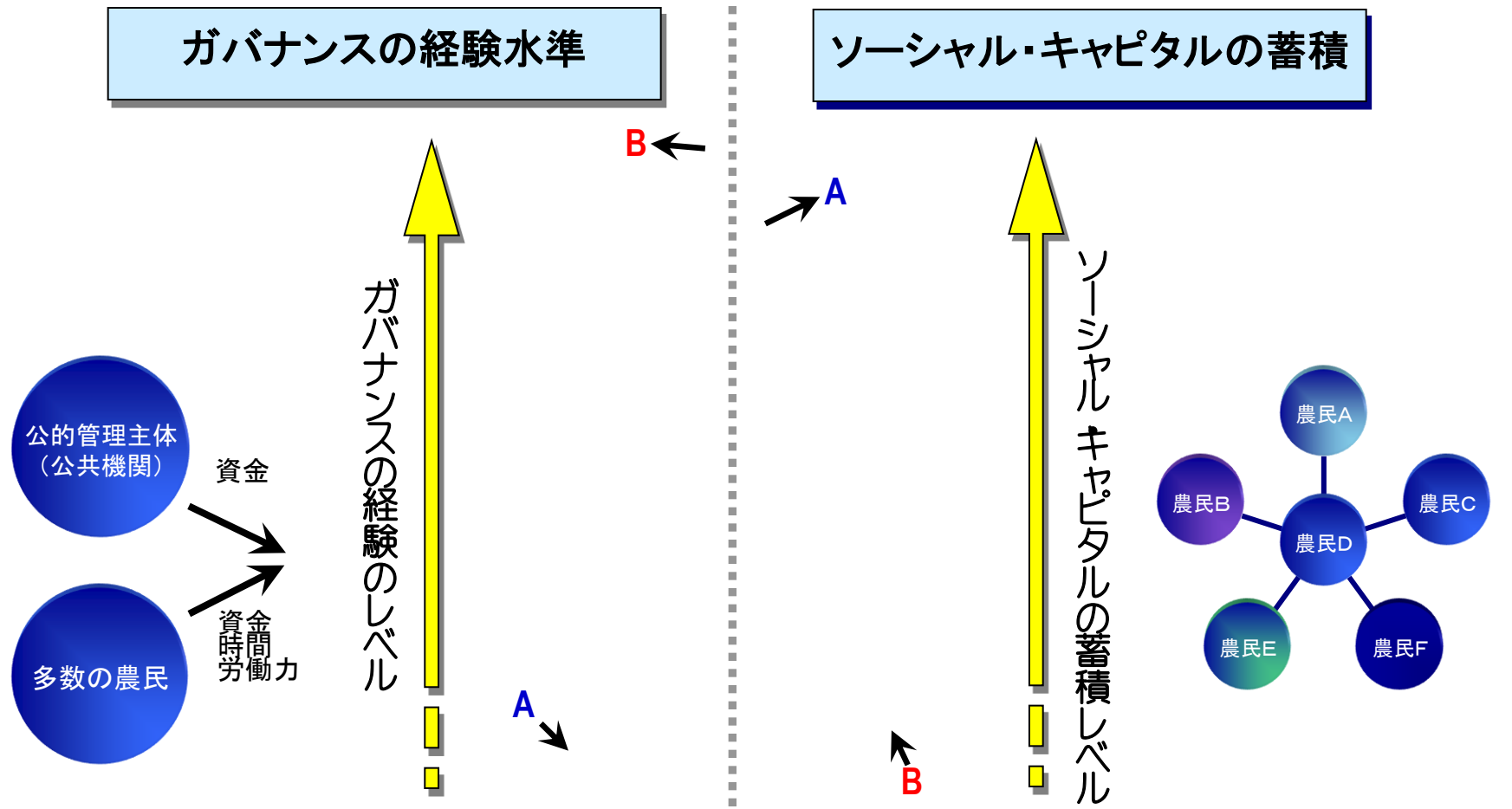


- ガバナンスとSCとの間に正のスパイラルが発生

湿潤気候下の水田灌漑における水利ガバナンスの向上と利水者間のソーシャルキャピタルの蓄積との間には、

- ・水配分をめぐるスパイラルとともに、
 - ・水利施設の劣化損耗を回復するための投資をめぐるスパイラルが
- 二重のスパイラルを形成しており、これが超長期にわたる湿潤気候下の水田灌漑システムの持続的維持・発展を支えているのではないかと？

水利ガバナンスとSCとの間の 2重の正のスパイラル



A: サービスの配分 (異常渇水時の水供給) をめぐるガバナンスとソーシャル・キャピタルとの間のスパイラル
B: 水利施設の劣化損傷に対する資本の蓄積をめぐるガバナンスとソーシャル・キャピタルとの間のスパイラル

発展した集団的な水管理の水利慣行が 近代化とともに崩壊した事例

～行きすぎた個人主義による農民間のソーシャル・キャピタルの劣化損耗～

- 南インド・タミルナドゥ州のため池(タンク)灌漑地区(2005年9月調査)
 - 3年連続の小雨を契機に、ため池(タンク)の集団的な水管理システムから離脱する農民が相次ぎ、個々に井戸を掘り地下水の揚水 시작했다。
 - ココヤシ、サトウキビ、バナナ等の換金作物の導入と、農業用ポンプ電力の一部無料化が大きく影響し、地下水の過剰汲み上げが発生。現在、浅層地下及び深さ50m以上の深層地下水が枯渇し、地域環境を悪化させている。
- 中国河北省天津市近郊の開水路灌漑地区(任らの調査研究報告)
 - 小麦を栽培していた石津灌区では、リンゴ栽培の拡大とともに、より需要主導型の水利用が可能な地下水ポンプかんがい個々の農家が次々と選択し、集団的な水管理システムが崩壊する現象が進行した。



個々の農民が自己を守ることに走る結果、「集団的管理意欲の低下→公平な配水の困難化→水利用の効率性の低下→作物の減収→管理負担能力の低下→集団的管理意欲の低下」という悪循環に陥っている。



Tamil Nadu, India, Sep. 2005



Tamil Nadu, India, Sep. 2005



Tamil Nadu, India, Sep. 2005

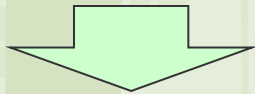


Tamil Nadu, India, Sep. 2005

ガバナンス指向型公共事業制度とSC

❖ 土地改良事業制度の概略史

- ❖ 1949年に土地改良法施行
- ❖ 1947～1950年の農地改革→自作農主義
- ❖ 1961年に農業基本法制定(農工間格差是正)
- ❖ 1963年にほ場整備事業の制度化
 - ❖ 区画整理と一体化した用排水路整備が可能となる



農業水利事業とほ場整備事業との連携による基幹施設から末端まで一貫した農業水利システムの整備と水管理

土地改良事業制度とSC

❖ 土地改良法による事業開始前の3段階のチェック

❖ ステップ1

耕作者15人以上による事業の申請

❖ ステップ2

受益区域を確定し受益者の2/3以上の同意取得

❖ ステップ3

配水管理・水利施設の維持管理に責任を持つ土地改良区の設立(全員参加)

- ❖ 施設整備における事業主体(政府等)との協働(ガバナンス)能力
- ❖ 将来にわたる水・施設管理における自治能力(エンパワメント)向上の可能性

協調的行動を実現・持続する条件としてSCの蓄積度を事前チェックする仕組み

土地改良事業制度とSC

❖ 土地改良法の目的は？

- ❖ 水利施設などの整備は目的達成のための手段
- ❖ 政策目的は環境と調和した農業の生産性向上や持続的な農村の振興

❖ 土地改良法は単なる事業手続き法にあらず

- ❖ 政策目的達成の条件を事前に3段階にわたってチェックする機能をビルトインした革新的な事業制度

	政策目的達成の必要条件	政策目的達成の十分条件
内容	適正な施設(水利システム)の整備	長期に渡る事業効果の十全な発揮
土地改良法が求める3要件によるチェックの視点	受益農民集団が発揮することができる水利施設整備事業実施主体(政府等)との協働(ガバナンス)能力	受益農民集団が発揮することができる配水・施設維持管理主体(土地改良区)との協働(ガバナンス)能力
	受益農民間におけるソーシャル・キャピタルの蓄積度(自治能力向上(エンパワメント)の可能性)	

土地改良事業制度とSC

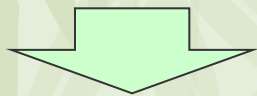
ガバナンス能力とSC蓄積度の3段階にわたるチェック機能

- ❖ 国庫補助事業を実施する個々の地区における政策効果を向上
 - ❖ 結果的にこれらに投入される国家予算の効率性を向上
- ❖ 全国に広く継続的にミニマム・ソーシャル・キャピタルの蓄積を促進
 - ❖ 国土の保全、社会の安定に大きく貢献

湿潤気候下の灌漑における水利ガバナンス

日本の土地改良事業は、

- ❖ 協働協治による豊水期・渇水期を通じた持続的な水の配分管理（水利ガバナンス）を促すメカニズムを内蔵
- ❖ ガバナンス指向型の公共事業



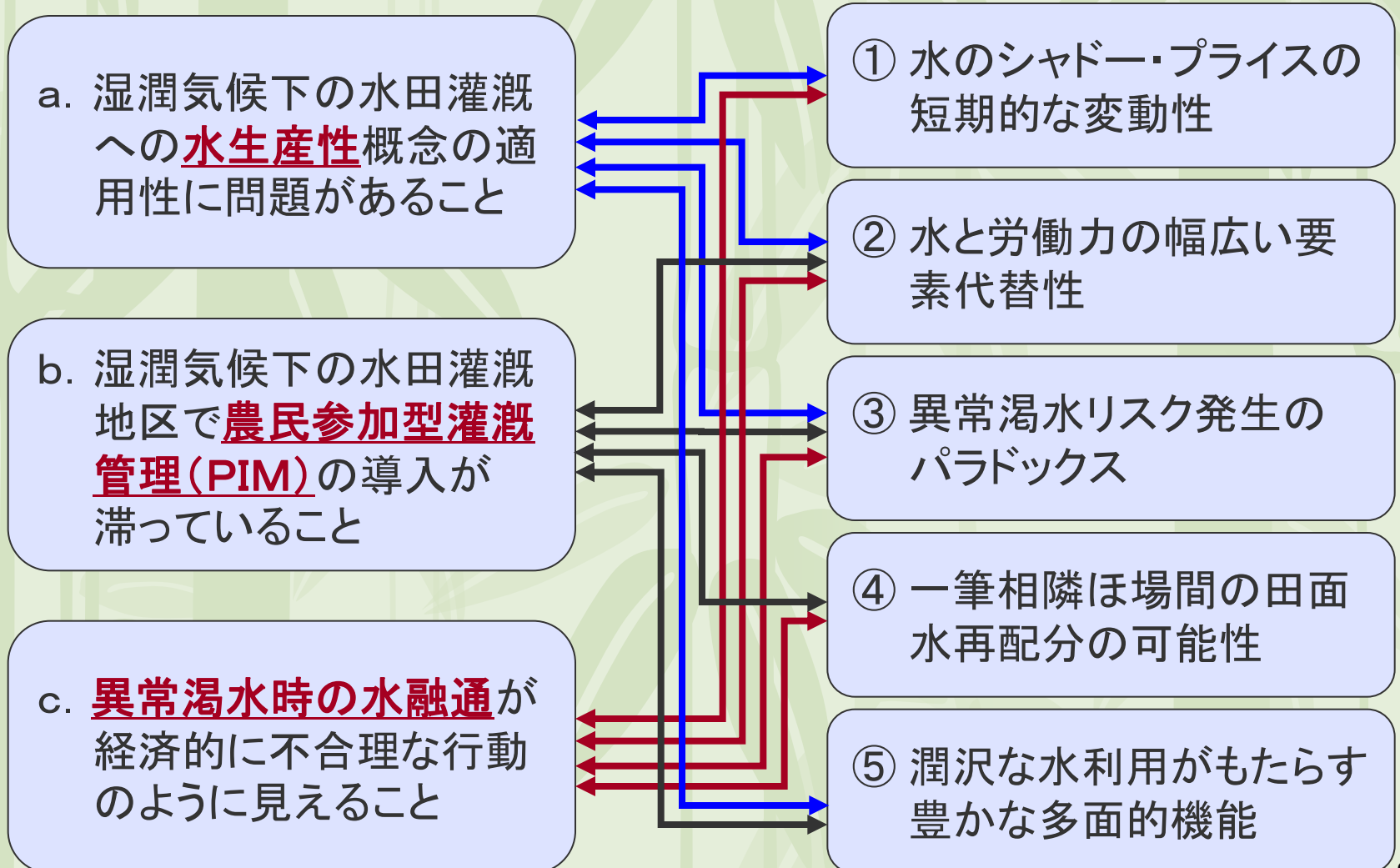
- ❖ その背景に、湿潤気候下の水田稲作地域に共通する特徴から発展したモンスーン・アジア各地の灌漑システム
- ❖ その特徴を構成する5つの要素が存在

湿潤気候下の灌漑における水利ガバナンス

❖ 湿潤気候下の水田灌漑の特徴を構成する5つの要素

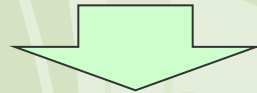
1. 水のシャドー・プライスの短期的な変動性
2. 水と労働力の幅広い要素代替性
3. 異常渇水リスクの頻発性（パラドックス）
4. 異常渇水時の一筆相隣ほ場間田面水の再配分可能性
5. 潤沢な水利用がもたらす豊かな多面的機能

湿潤気候下の水田灌漑における3つの課題 に有効な説明を与える5つの要素



水道事業との相違点

- ❖ 投資が抑えられた低価格の土地・水資源を大量に使用
- ❖ サービスの受益者は固定的で、水の使用目的、使用量や時期も受益者間でほぼ共通



- ❖ サービスの受益者と分離した専門管理機関を設立するメリットは少ない
- ❖ サービスの受益者が自主的に設立・運営する集団による管理が有効
- ❖ 水利ガバナンスが発展する余地が広い

水利ガバナンス内蔵型灌漑管理システム

❖ モンスーン・アジア各地で見られる

- ❖ 日本の土地改良区、惣や井組(土地改良区の前身)、韓国の興農契(農地改良区の原単位)、台湾の埤圳(農田水利会の原単位)、中国の圩田、フィリピンのツアンフェラ、インドネシアのスバック、タイのムアンファイ、カンボディアのサマクームやコルマタージュ、ラオスのナワン、バングラデシュのコミラ、ネパールのトーリス、インド・パキスタンのワラバンディー、スリランカのカンナ等

❖ 生産面だけでなく生活面でも不可欠な必需財

❖ 集団で形成・維持・利用する公共財

❖ 水や農事に関する伝統行事・儀礼・神事などとも密接に関係

まとめ

- 農業用水は世界の水利用の7割を占める最大の水ユーザー
- 乾燥地域では水資源の需給が逼迫し灌漑は環境保全と競合しやすい
- 世界各地で水をめぐる国際紛争や環境問題が顕在化
- 一方、水資源を潤沢に利用する湿潤地域の水田灌漑は多面的な機能を発揮し生態系サービスに貢献
- しかし、湿潤地域では豊水・渇水により水の潜在価値が変動するリスクが高い
- 係る条件下では、潜在価値の変動時にも水配分の公平性を保つように、水資源をコモンズ(共有財)として共同管理すべき
- そのためには、長期的な観点から相手の期待を裏切らない、信頼関係に裏打ちされた水利ガバナンスの構築が重要
- 土地改良事業は、日本各地の農村で水利ガバナンスの経験とSC蓄積との間に2重の正のスパイラルの形成を促して、全国的にミニマムSCを蓄積し、国土の保全、社会の安定に貢献
- アジア各国の湿潤気候下の水田灌漑、さらには将来の日本の各分野において、SCを蓄積し社会の効率性と安定を確保するため、ガバナンス指向型の公共政策を導入する手法の開発が望まれる

International Network for Water and Ecosystem in Paddy Fields



INWEPF



ご静聴、ありがとうございました。

†<http://www.maff.go.jp/inwepf/index.htm>