

水の話

平成29年3月14日

国土交通大学校 副校長 須見徹太郎

本日のトピックス

1. (承前) 武蔵野台地の水

2. 水の話

2. 1 水資源から水循環へ

2. 2 世界の水

2. 3 日本の水

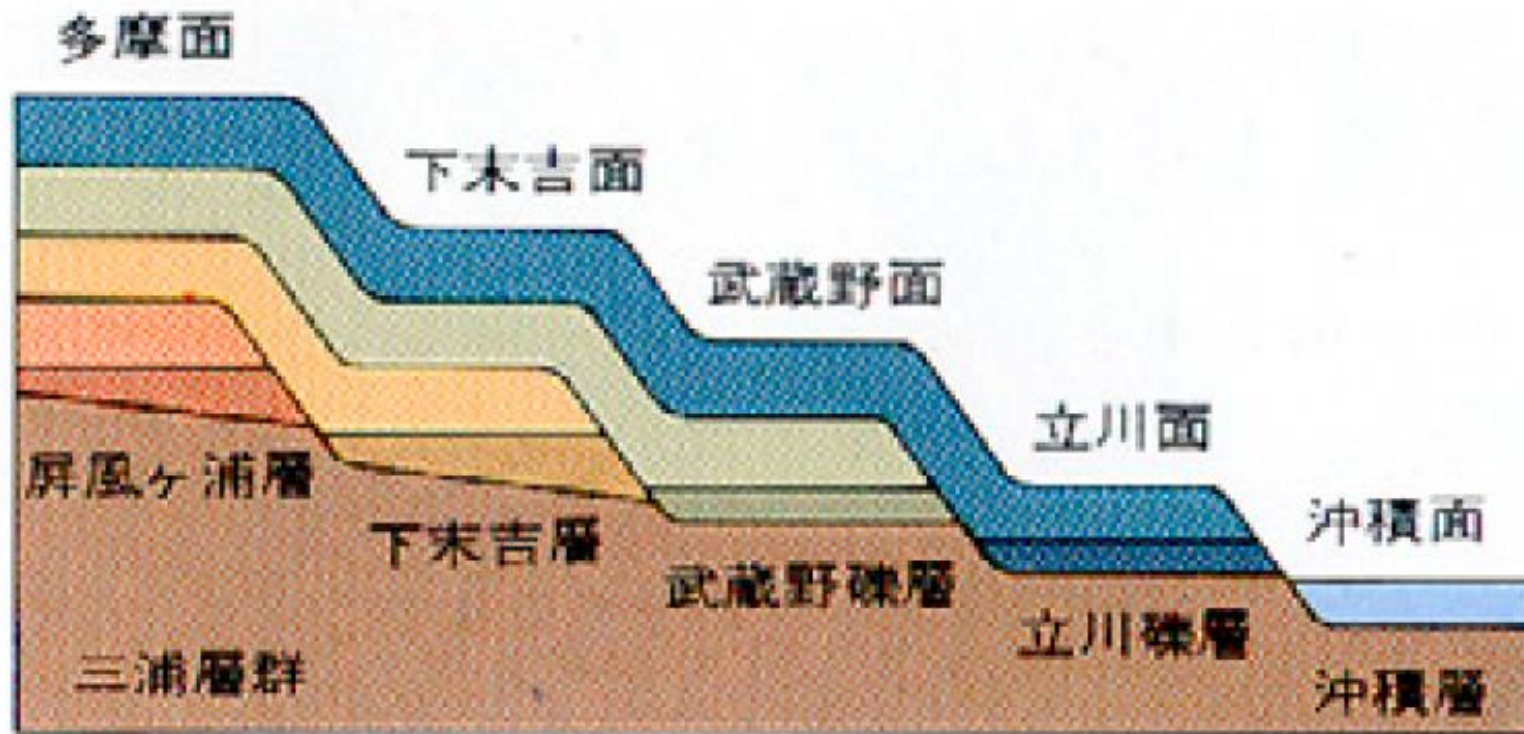
2. 4 東京の水

武蔵野台地の地質

- 多摩川の扇状地が台地化したもの
- 扇状地由来の礫層（玉石や砂利）の上にローム層が乗っている。
- 礫層は水が浸透しやすい
- ローム層はもともと火山灰だが、団粒化することで水が浸透しやすくなる（一度乱すと浸透性は低下する）
- 降った雨がすぐにしみ込むので、表面流が生じにくい → 河川や谷が出来にくい

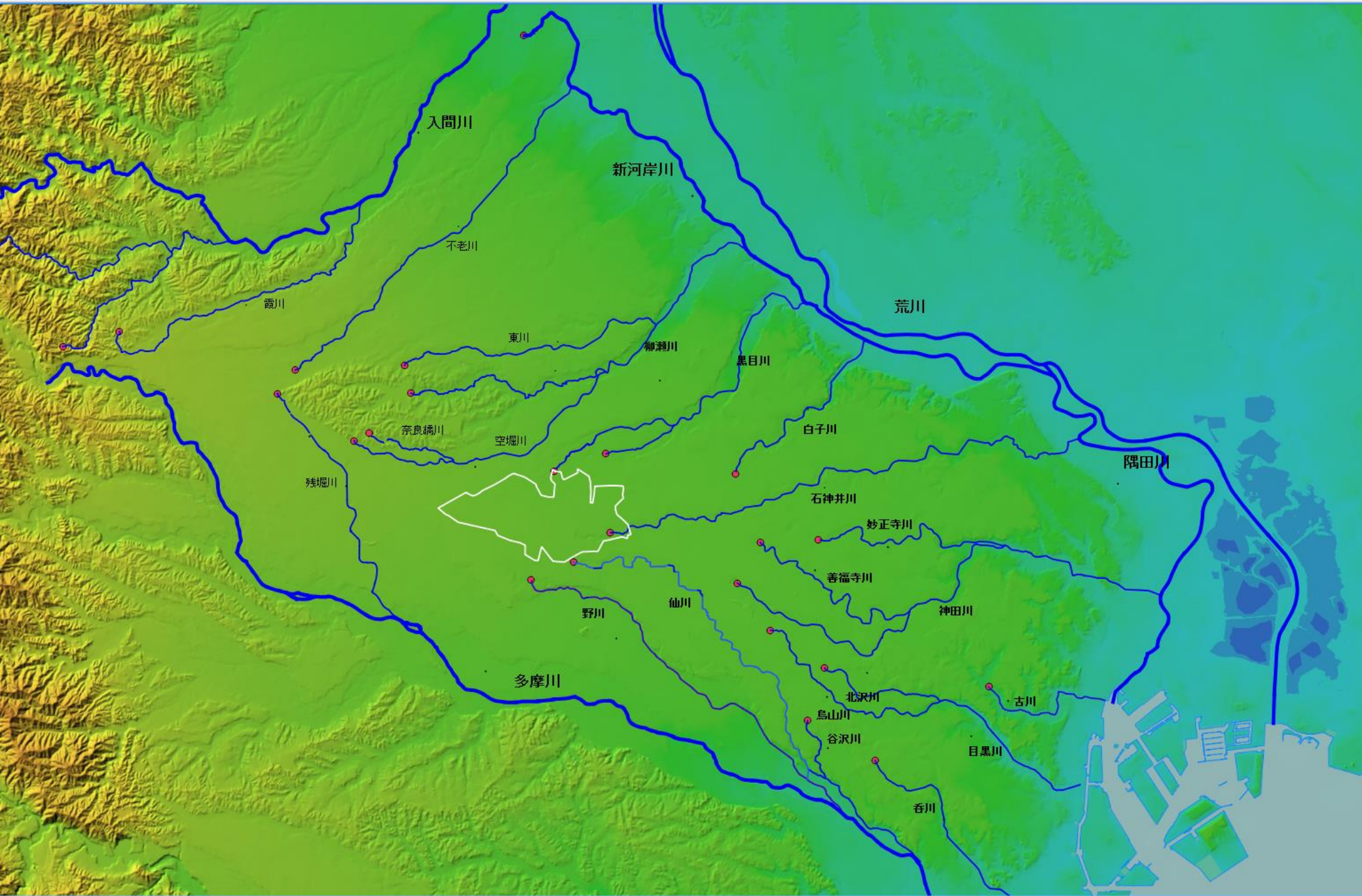
関東ローム層と段丘の関係

〈関東ローム研究グループ1956による〉



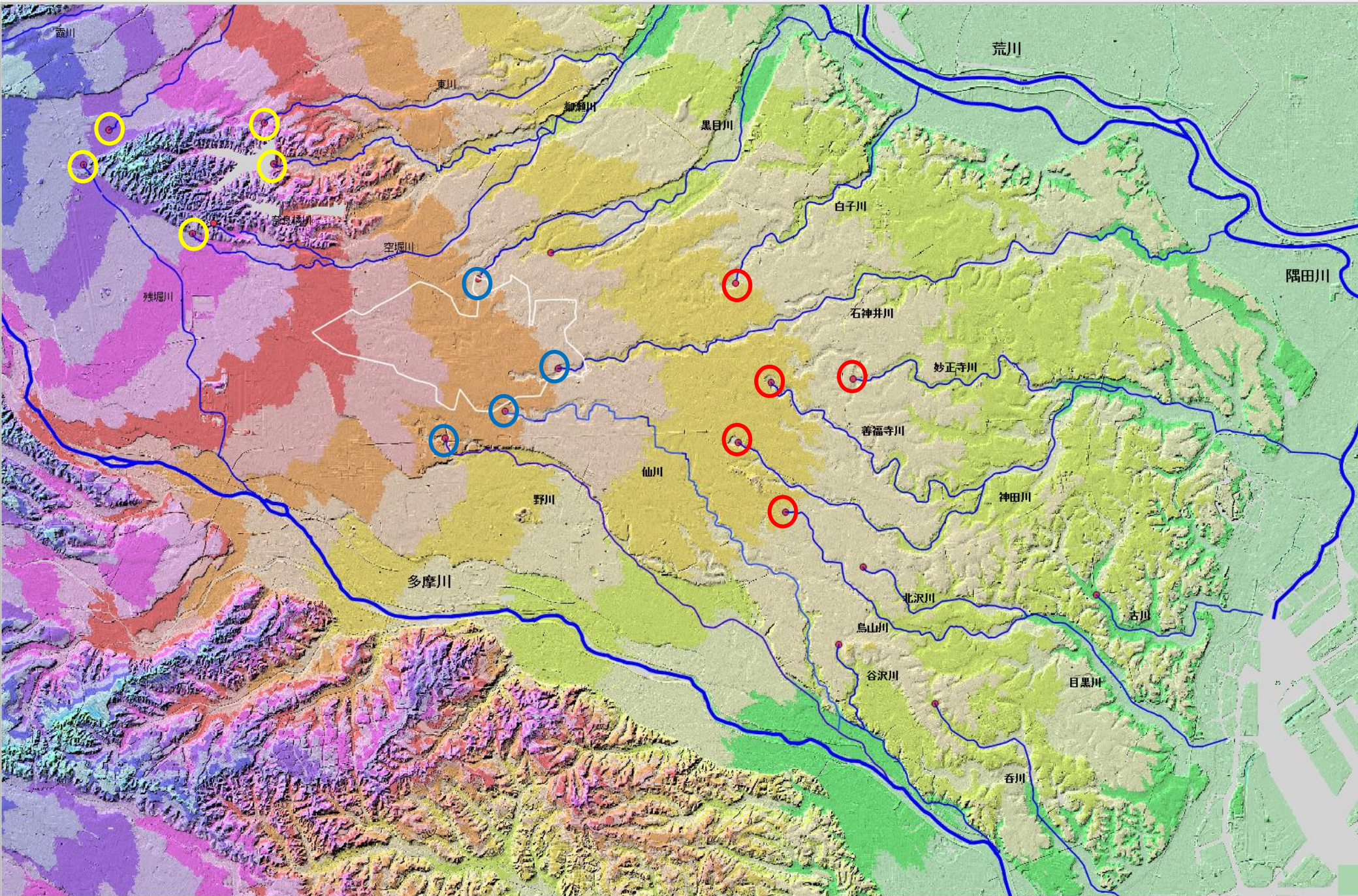
武蔵野台地の地形

- 武蔵野台地は、大ぐくりにすると、古い方から
下末吉面、武蔵野面、立川面 に分けられる。
- 古い台地面ほどローム層が厚い
- 下末吉面では、台地化してから時間が経っているので、
谷地形が発達している。
- 武蔵野面では、平坦面が広く、幾つかの河川が谷地形
を形成している。
- 立川面では、谷地形が発達せず、ローム層が薄いこと
から、河川が伏流することも多い



武蔵野台地の川

- 武蔵野台地の河川は、大ぐくりにすると、
標高50m付近に源流、標高70m付近に源流、狭山丘陵が源流
の河川に分類できる
- 標高50m付近を源流とする河川では、源流が湧水の池であることが多い
- 標高70m付近を源流とする河川では、源流に明瞭な湧水がない
(野川を除く: 国分寺崖線の湧水)
- 狭山丘陵を源流とする河川では、丘陵の谷から流れ出す河川と、
狭山池付近から流れ出す立川面の河川に分けられる。
- 立川面を流れる河川は、伏流し瀬切れするものが多い



白子川：
大泉井頭公園

三宝寺池

富士見池

善福寺川：善福寺池

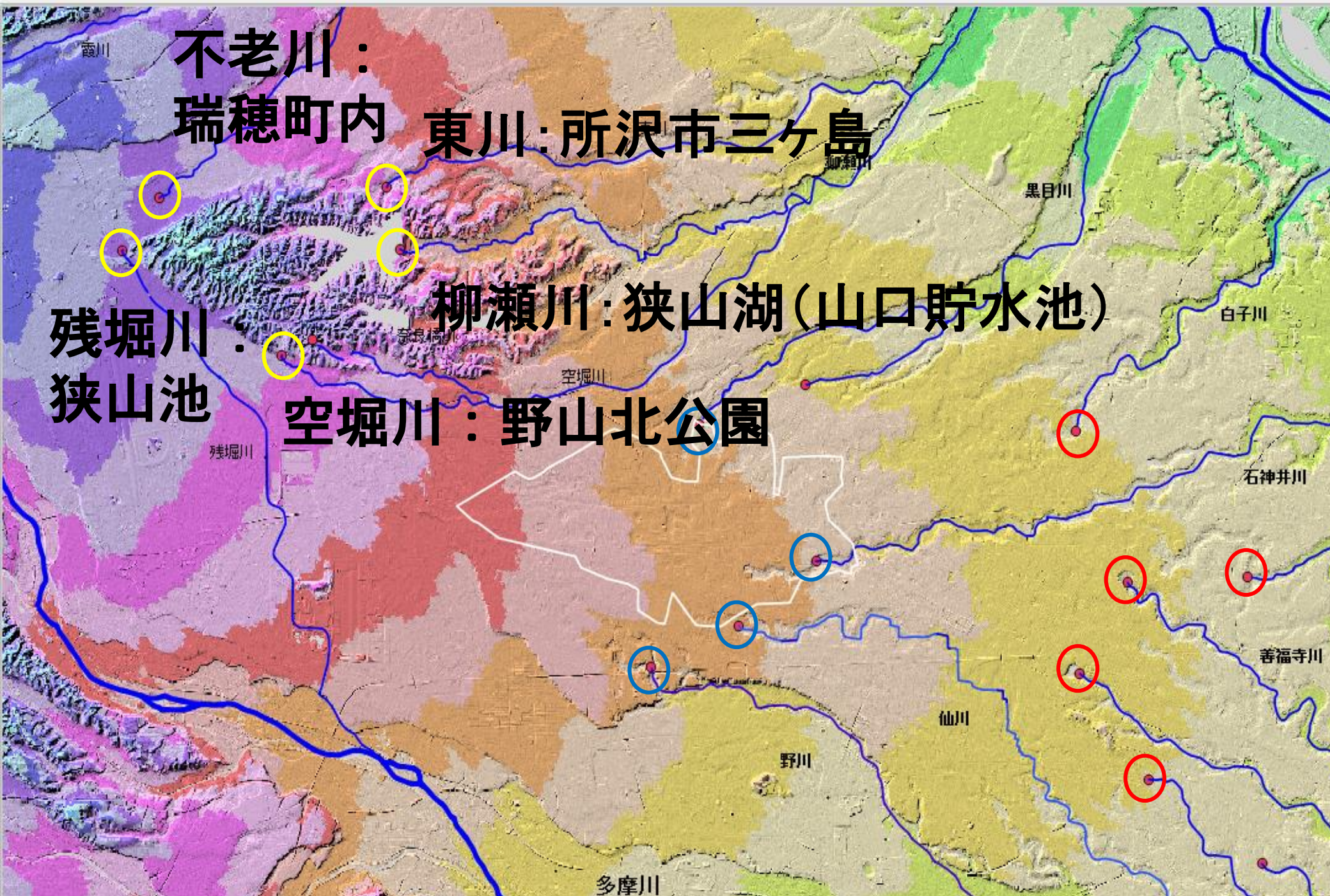
妙正寺川：妙正寺池

神田川：
井の頭公園

丸池公園

烏山川：高源院の池





武蔵野台地の地下水

- 武蔵野台地の地下水は、地形なりに、西から東へ流れる
- 浅いところには、不圧地下水（浅層地下水）
深いところには、何層かの被圧地下水層（深層地下水）
- 昔は、標高50m付近で不圧地下水の地下水面が地表に現れ、湧水池を形成
- 昭和40年前後から、井の頭池、三宝寺池、善福寺池等が枯渇（ポンプで地下水を補給）
- その原因は、
市街化に伴う雨水浸透の減少と地下水の過剰な汲み上げ

地下水位

地域の貴重な 水源として利用

法律・条例等 による地下水 の揚水規制

地下水の保全 と利用

●水資源開発の促進 **現在**

●近代的な産業振興

●高度成長期

※地下水の大量採取

☆1956工業用水法

☆1962ビル用水法

☆自治体による条例等の整備

★地盤沈下防止等対策 要綱による取組

地盤沈下、塩水
化等の地下水障
害が社会問題化

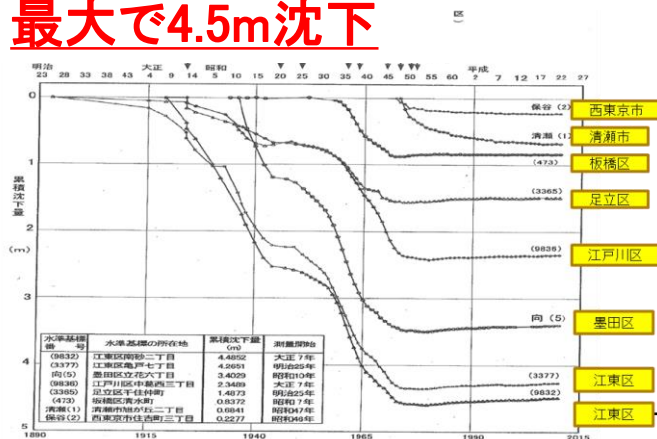
1900年代から地下
水需要が増大。

**地下水位が低下し
最大で4.5m沈下**

約100年前

地下水位の低下

地下水位



地下水位の復活



地盤沈下によるゼロメートル地帯



出典: 東京都建設局河川部「東京の低地河川事業」



写真: 江東区南砂地先

地盤沈下の防止に向けた取り組み

高度成長期に地下水の過剰な取水により、全国各地で地盤沈下が進行

地盤沈下の防止に向けた取り組み

- 工業用水法(昭和31年)
 - 建築物用地下水の採取の規制に関する法律
(通称:ビル用水法)(昭和37年)
-
- 地盤沈下防止等対策要綱
 - ・濃尾平野、筑後・佐賀平野地盤沈下防止等対策要綱(昭和60年)
 - ・関東平野北部地盤沈下防止等対策要綱(平成3年)
 - 都道府県等において、地下水採取規制・保全等に関する条例等を制定

地下水取水の規制等により、地下水位が回復し、地盤沈下が沈静化

東京都における地下水汲み上げ規制

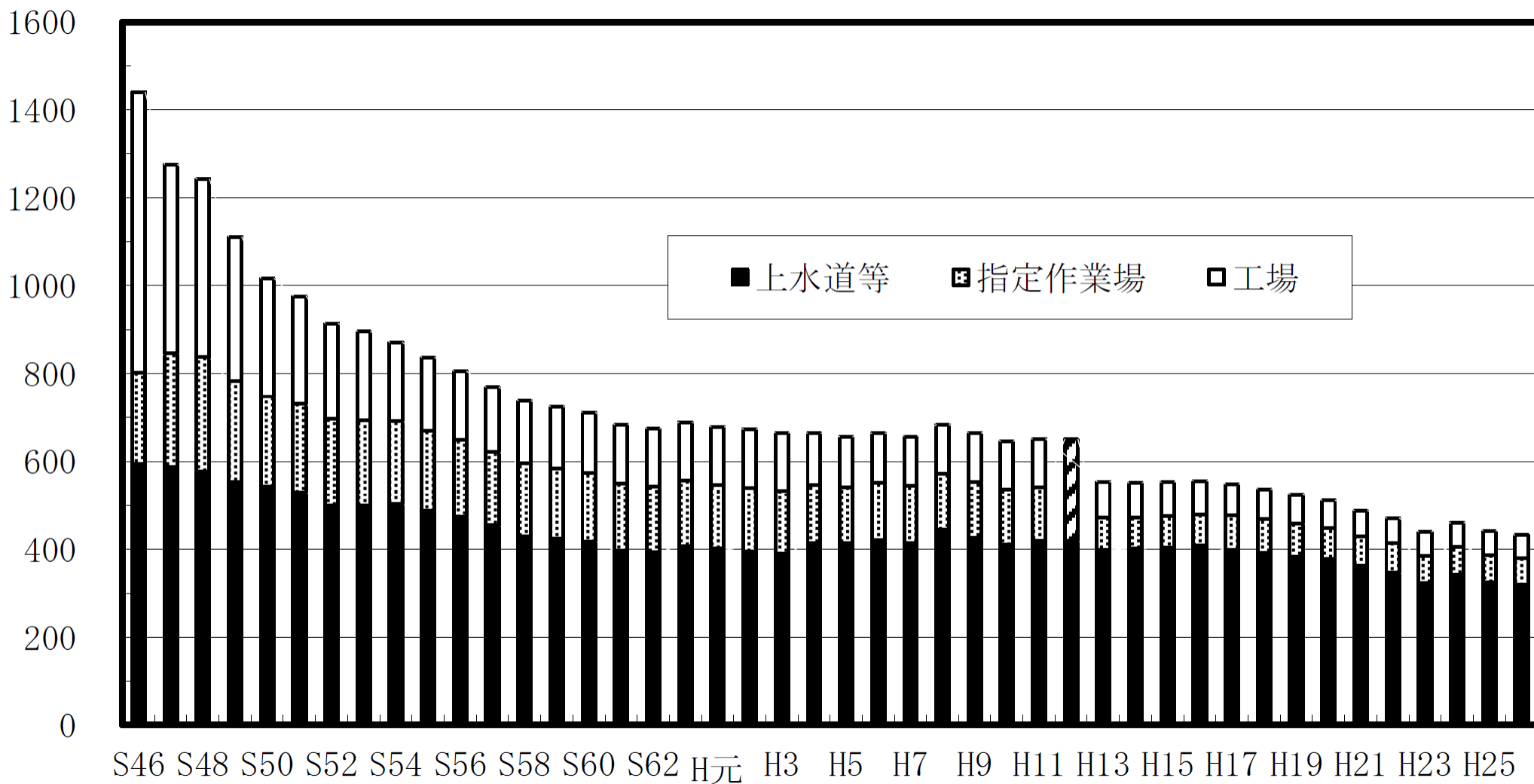
- 工業用水法(S31.6)
板橋区,足立区,北区,江戸川区,葛飾区,江東区,墨田区,荒川区
製造業,熱供給業,電気・ガス供給業
- 建築物用の地下水の採取の規制に関する法律
-ビル用水法- (S38.7)
23区
冷暖房,水洗便所,車庫での洗車,公衆浴場
- 環境確保条例(H13.4)
構造基準等:島しょ、奥多摩、檜原を除く。
報告:島しょを除く全地域
全用途

※注1 工業用水法は、既得権を認めず、基準不適合井戸の工業用水道への強制転換が完了。
現在、許可井戸とみなされた6井戸以外、都内には存在しない。

※注2 ビル用水法についても、工業用水法と同様、上水道への強制転換が完了。
現在、都内には許可井戸は存在しない。

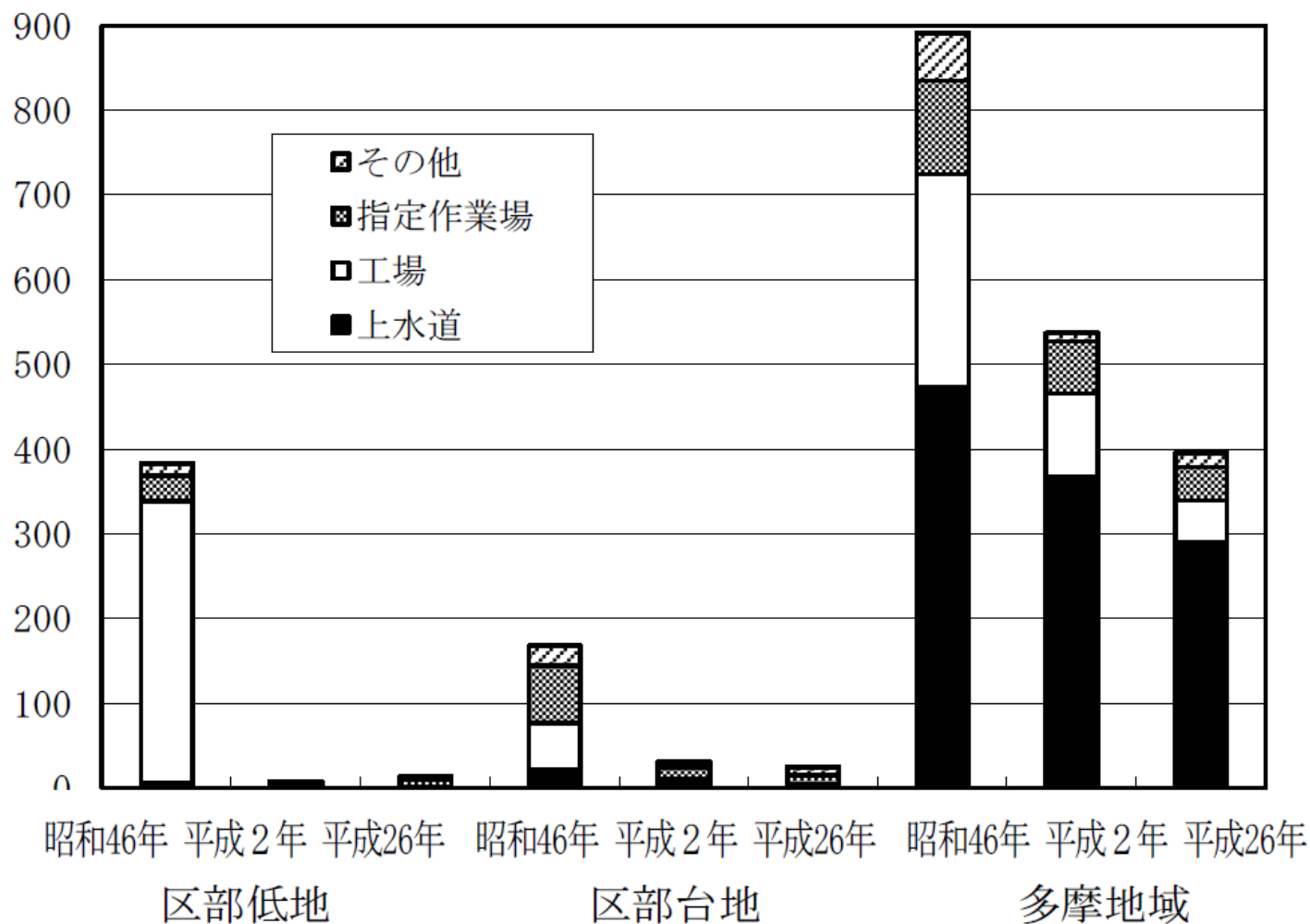
* 東京都公害防止条例(s46)に基づき、地下水使用の合理化指導(削減指導)を実施

東京都における地下水揚水量の推移 (揚水量: 千m³/日)



昭和46年、平成2年、平成26年における地下水揚水量

(千 m^3 /日)



地下水は語る ——見えない資源の危機

岩波新書、2012年

守田 優 著

1953年生まれ。芝浦工大教授

東京都土木技術研究所にて地盤沈下、地下水、都市
河川の研究に従事



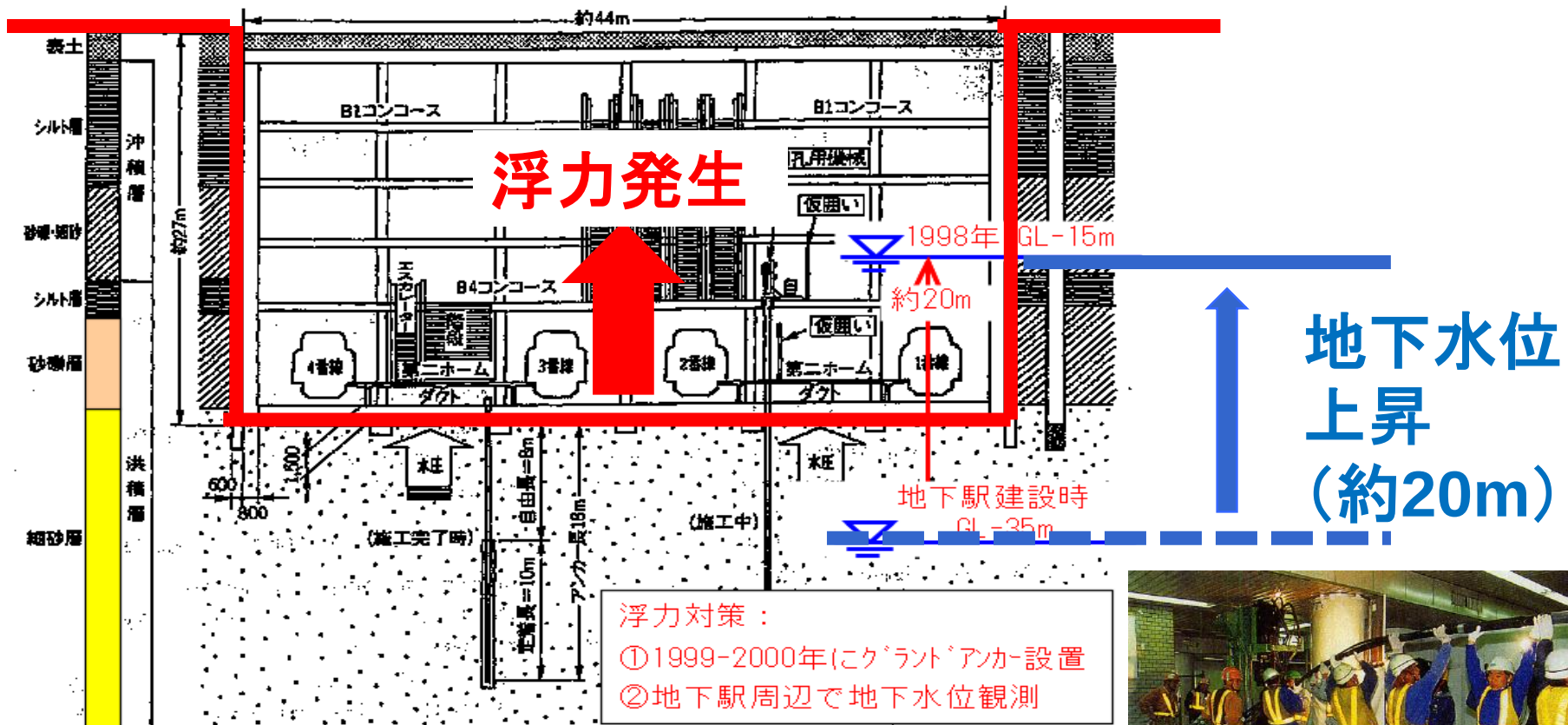
地下水位の回復

- 東京低地の場合、地下水の揚水規制で汲み上げ量を減らし、地下水位は順調に回復している。
- 多摩地域では、1970年代から地下水位は上昇傾向をたどっているが、東京低地のケースと異なって、回復途中で地下水位は横ばいとなり、そのままとなっている。
- 東京駅、上野駅の地下ホームでは、地下水位の上昇により建物に浮力が生じ、対策工事を行った。
- 1991年10月、記録的な大雨により、JR武蔵野線の新小平駅で地下部のプラットフォームが浮き上がる事故が発生した。
- 2004年10月下旬からの大雨で、井の頭公園の湧水が一時的に復活した。

地下水回復の現状と新たな課題

地下水位が回復途上の地域では、地下構造物の浮き上がりなどに影響を与える事象も発生

東京駅における地下水位上昇対策



出典：日本水文科学会 研究発表資料「流域水循環を考慮に入れた首都圏の地下水管理」
(平成19年10月10日 日本工営(株) 中央研究所 斎藤 庸)

アンカー材の挿入状況



地下水位の回復 ぬいのいけ（縫ノ池（佐賀県杵島郡白石町）の事例）

- 昭和30年代の前半、農業用水や飲料水確保のため、地下水を過剰に汲み上げた結果、湧水が止まり、長年水が溜まらない池となった。
- 県の条例や要綱が制定され、平成13年には約40年ぶりに湧水が復活した。



復活する前の縫ノ池

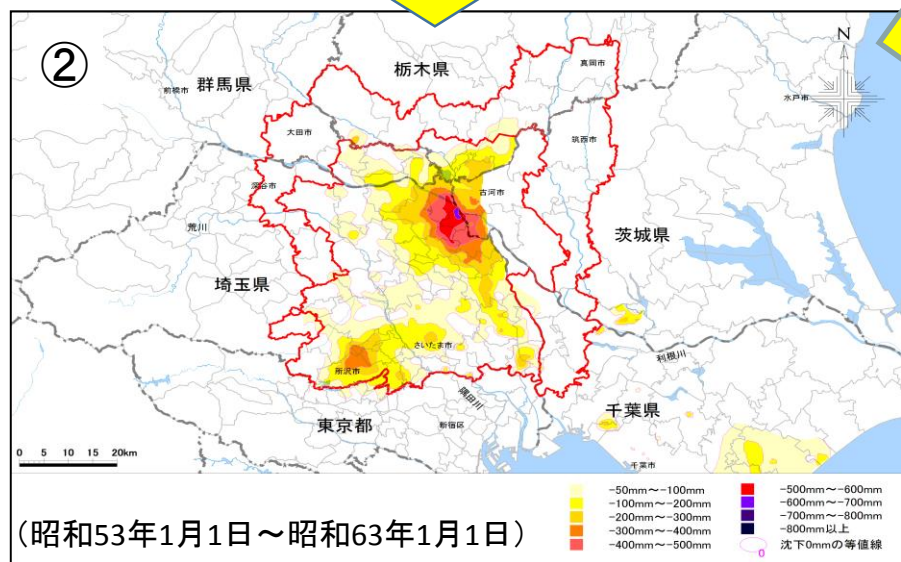
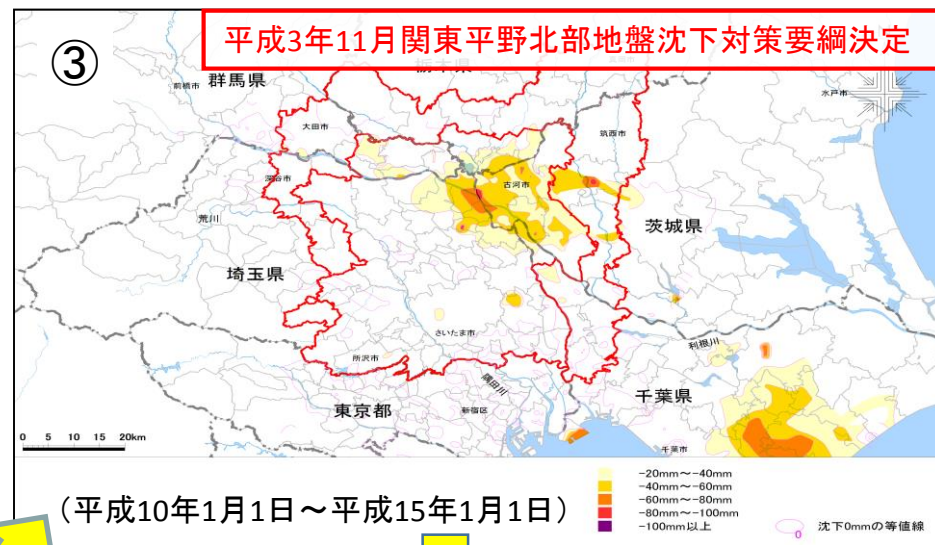
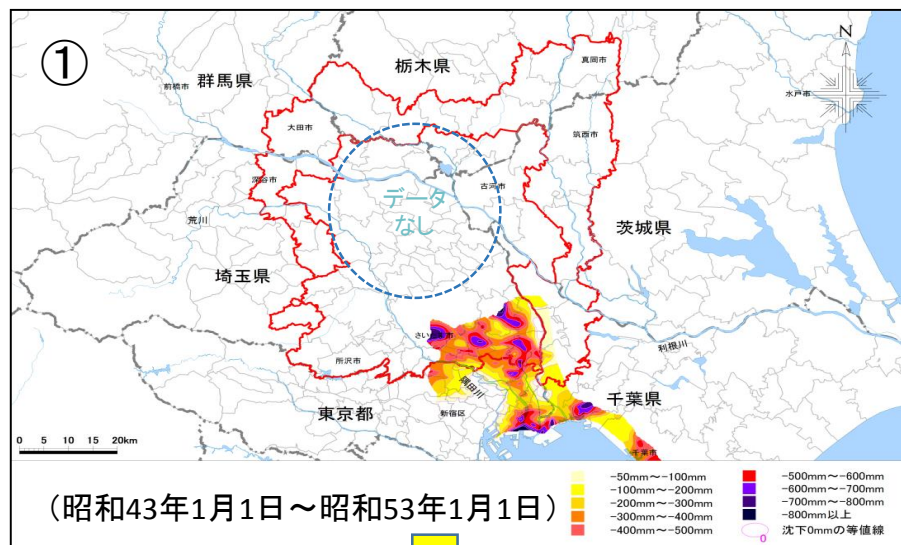


交流活動（生き物調査）

復活した縫ノ池（平成26年1月撮影）

要綱地区における地盤沈下の状況

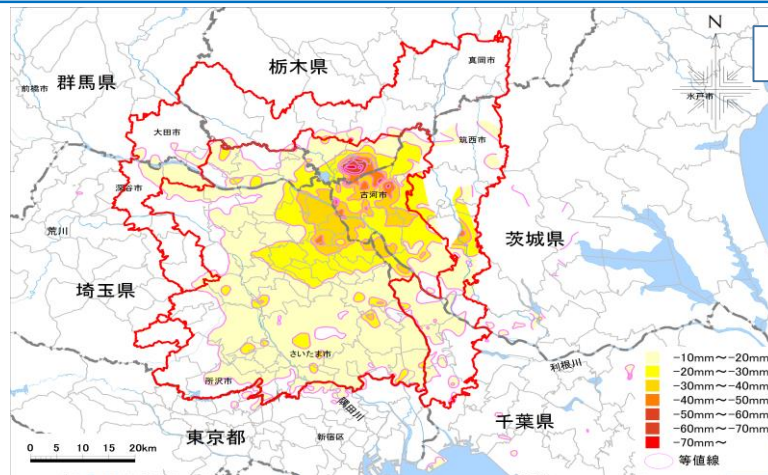
○関東平野北部の広域的な地盤沈下は、平成3年11月の要綱地区の指定により少雨年等を除いて沈静化傾向



(関東地区地盤沈下調査測量協議会による。沈下地域のみ抜粋)

少雨における地盤沈下の状況

○要綱地区内において平成6年度の少雨年には、地盤沈下が進行している地域が確認されている



地盤沈下等量線図(小雨時(H6))

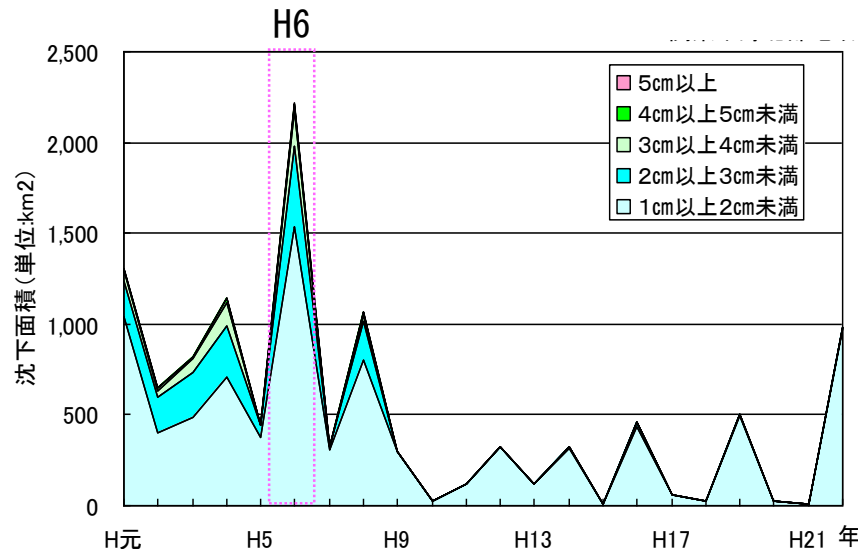
小山：963mm/年



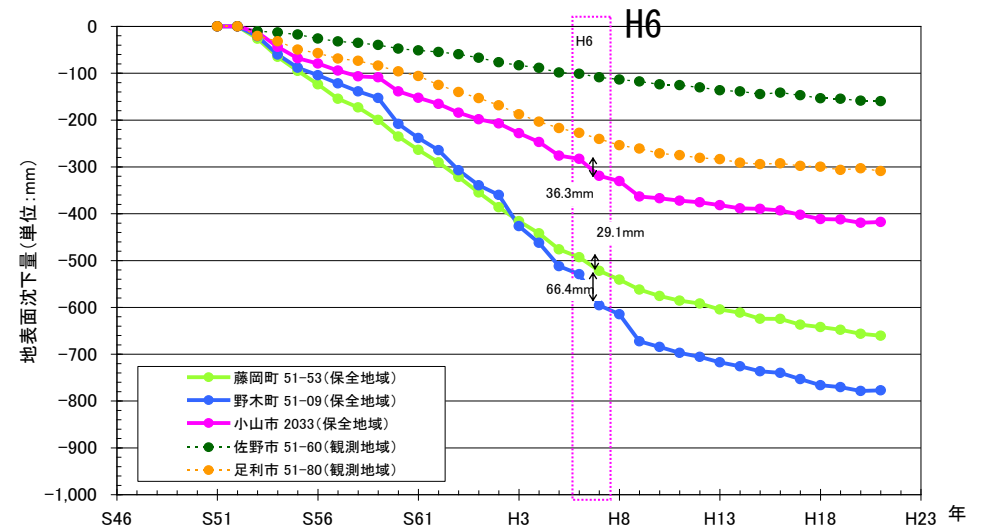
地盤沈下等量線図(平年(H14))

小山：1,225mm/年

※小山の平均降水量(S54~H23)：1,273mm/年



関東平野北部における地盤沈下面積



関東平野北部(栃木県)の地盤沈下量

出典：関東平野北部地域地盤沈下対策要綱推進協議会資料に追記

武蔵野台地と玉川上水

- 江戸初期には、小石川上水(後に神田上水)や赤坂溜池により、江戸の水を賄った。
- 江戸の町の発展とともに水源が不足。
- 承応元(1652)年、幕府は玉川上水を計画。工事請負人: 庄右衛門、清右衛門兄弟、総奉行: 老中松平伊豆守信綱、水道奉行: 伊奈半十郎忠治
- 承応2(1653)年4月4日に着工、同年11月15日に水路が完成。
- 全長約43キロメートル、標高差は約92メートル(1／470)
- 羽村からいくつかの段丘を這い上がるようにして、武蔵野台地の尾根筋を巧みに引き回して四谷大木戸まで到達する、自然流下方式による導水路
- 途中、残堀川を合流(明治以降に立体交差)

玉川上水と主要な分水



江戸の上水

小石川上水 1590年(天正18年)

赤坂溜池

○江戸の六上水

神田上水 1629年(寛永6年)頃

(井の頭池、善福寺池、妙正寺池等が水源)

玉川上水 1653年(承応2年)

本所上水* 1675年(延宝3年) 年号諸説あり

青山上水* 1688年(万治3年)

三田上水* 1664年(寛文4年)

千川上水* 1696年(元禄9年)

*; 1722年(享保7年)に上水としては廃止

武蔵野台地と玉川上水

- 玉川上水完成後、野火止用水を嚆矢として、次々と分水
- 分水は、飲料水、かんがい用水及び水車の動力として利用され、水の乏しい武蔵野台地の開発に貢献
- 青山、三田、千川、本所の4上水が、享保7(1722)年に突然廃止
- その理由としては、室鳩巢の献言、財政難で水道の維持が困難、堀井戸の普及など
- 享保7年以降、武蔵野台地の新田開発が進んだことから、そのための用水を確保するのが本来の目的ではないか(宮村)

* 室鳩巢の献言

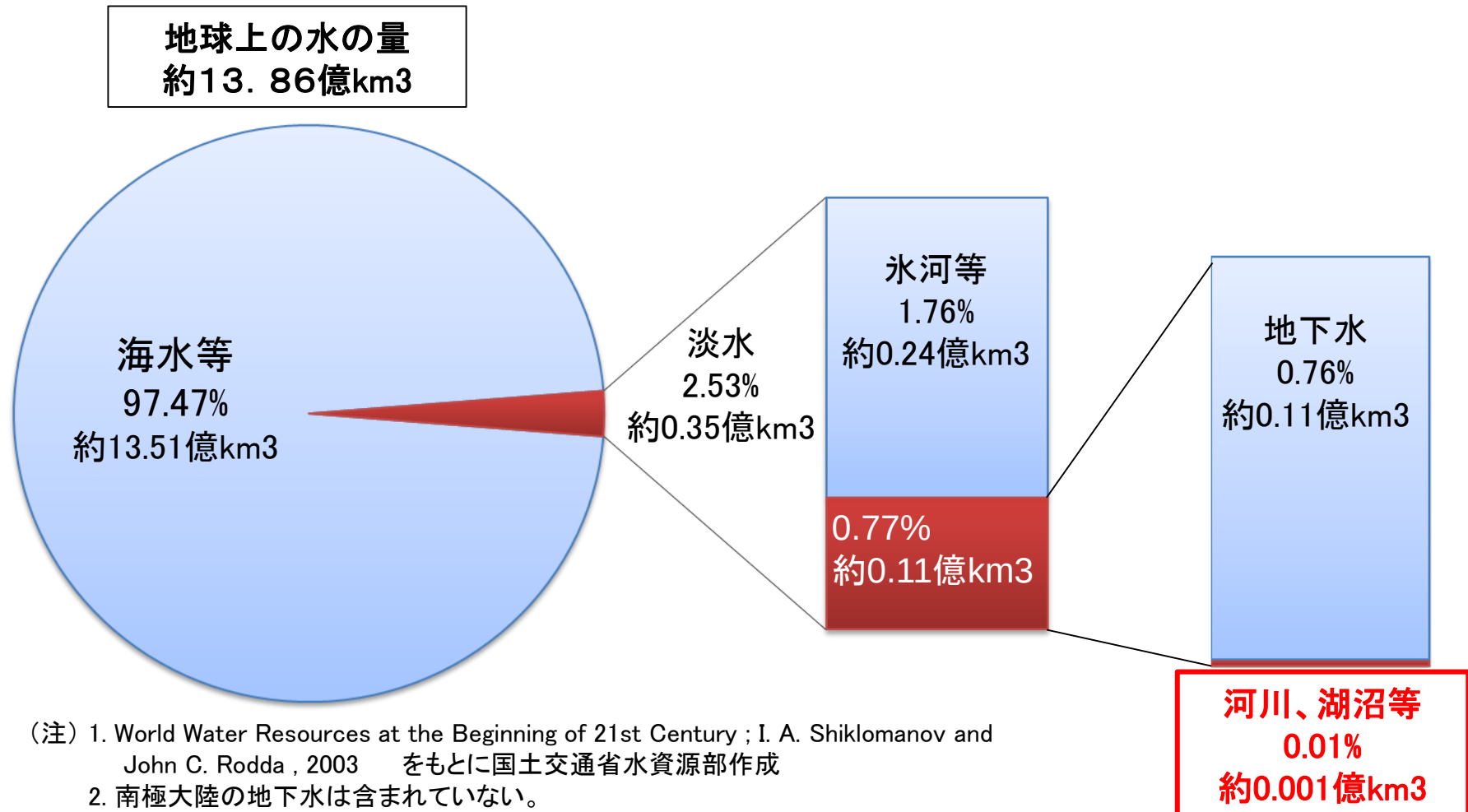
江戸の風は明暦の頃までは重々しかった。地中に水道管が張りめぐらされた地脈が分断された昨今、風が軽くなって火災を誘発している。火災予防のためには水道を廃止すべしとの説である。(献可録)

玉川上水その後

- 明治26(1893)年、三多摩郡東京府へ移管
- 明治31(1893)年、淀橋浄水場完成、近代水道始まる
玉川上水は代田橋付近までを導水路として使用、浄水場までは新水路を建設
- 昭和40(1965)年、武蔵水路が完成、淀橋浄水場は廃止
玉川上水の導水路としての役割も野火止用水との分岐点でもある小平監視所まで
- 昭和61(1986)年、清流復活事業
多摩川上流水再生センター(昭島市)の再生水が高井戸の浅間橋付近まで流れる
- 平成11(1999)年3、歴史環境保全地域として指定
保全地域・・・羽村取水口から四谷大木戸までの区間のうち開渠部分
- 平成15(2003)年、文化財保護法に基づき、国の史跡に指定

水資源から水循環へ

地球上の水の量



地球全体の水(およそ14億km³)のうち、
比較的使いやすい河川・湖沼などの淡水は、わずか0.01%(約0.001億km³)

地球の水がバスタブ一杯の水だったら・・・

全水量
1,386,000km³
(100%)

地下水
10,530km³
(0.8%)

地表水
117km³
(0.01%)



バスタブ
(200リットル)



ボトル
(1.5リットル)



御猪口
(20cc)

さらにいえば、河川水は地表水の1%程度

流域における水循環

水利用
自然環境
水質
地下水

蒸発

水蒸気

降水

降水

貯水

浸透

水利用

水処理

地下水

河川流出

排水

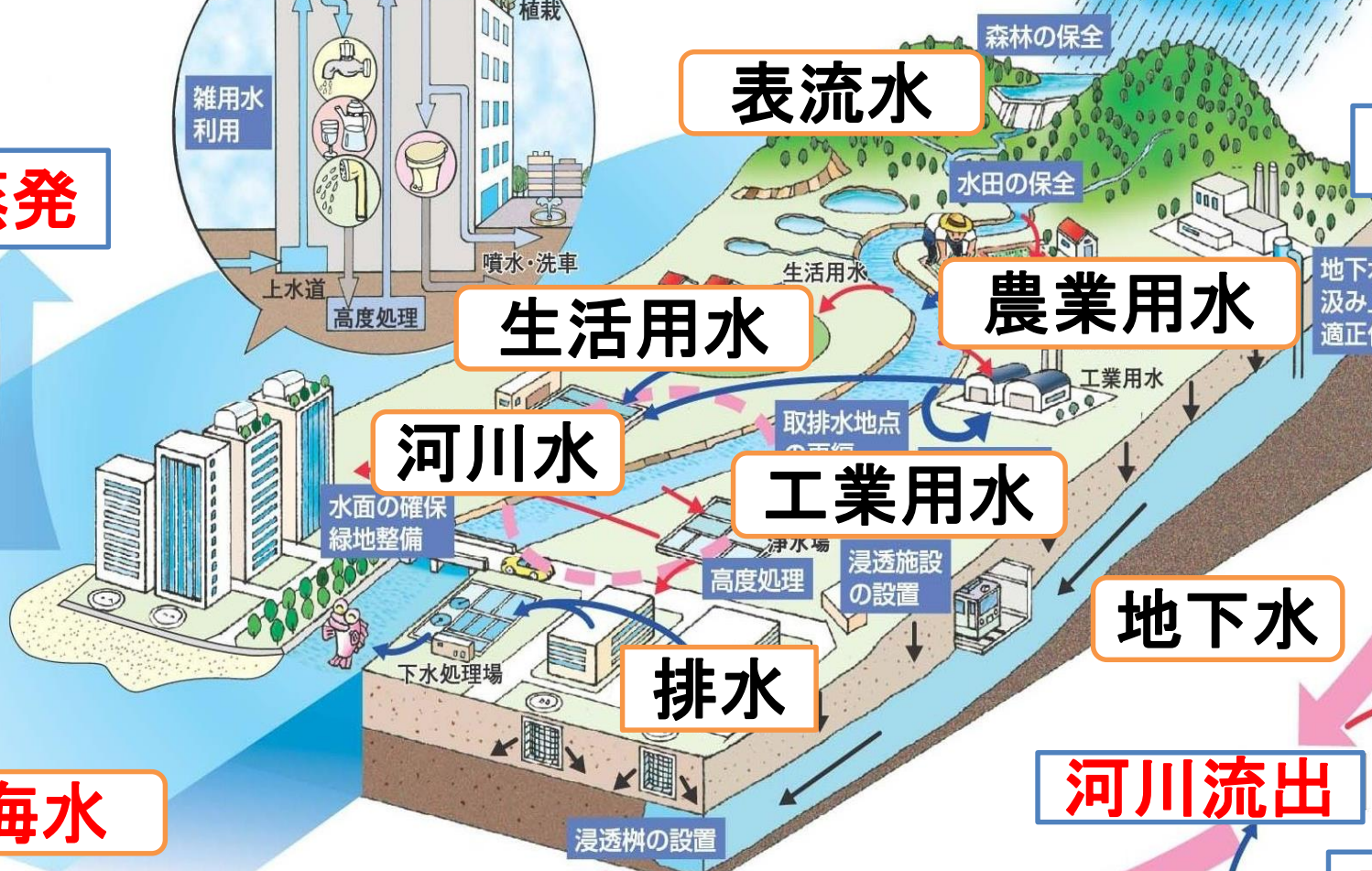
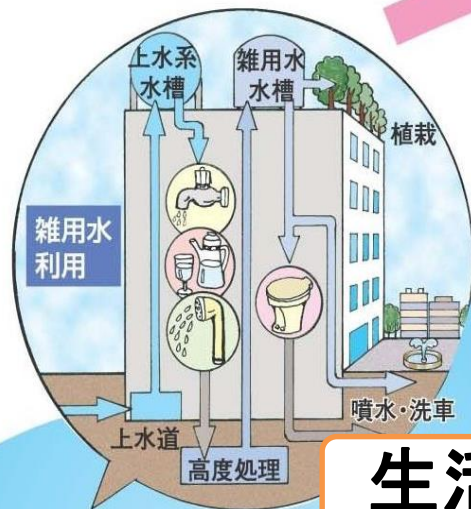
工業用水

河川水

生活用水

農業用水

表流水



水循環基本法について

水循環基本法（平成26年4月2日公布、7月1日施行）のポイント

1. 水循環に関する施策を推進するため、水循環政策本部を設置
2. 水循環施策の実施にあたり基本理念を明確化
3. 国、地方公共団体、事業者、国民といった水循環関係者の責務を明確化
4. 水循環基本計画の策定
5. 水循環施策推進のための基本的施策を明確化

水循環施策の総合的かつ一体的推進

健全な水循環の維持又は回復

経済社会の健全な発展
国民生活の安全向上

水循環政策本部－内閣に設置－

目的 水循環に関する施策を“集中的”かつ“総合的”に推進するため。

組織
水循環政策本部長：内閣総理大臣
水循環政策副本部長：内閣官房長官及び
水循環政策担当大臣
水循環政策本部員：すべての国務大臣

事務

- ✓ 水循環基本計画の案の作成及び実施の推進
- ✓ 関係行政機関が水循環基本計画に 基づいて実施する施策の総合調整
- ✓ 水循環に関する施策で重要なものの 企画及び立案並びに総合調整



第1回水循環政策本部会合（2014年7月18日）
で挨拶する安倍内閣総理大臣

毎年 8月1日は水の日です

「健全な水循環」に関するロゴマーク



作者と作者による解説

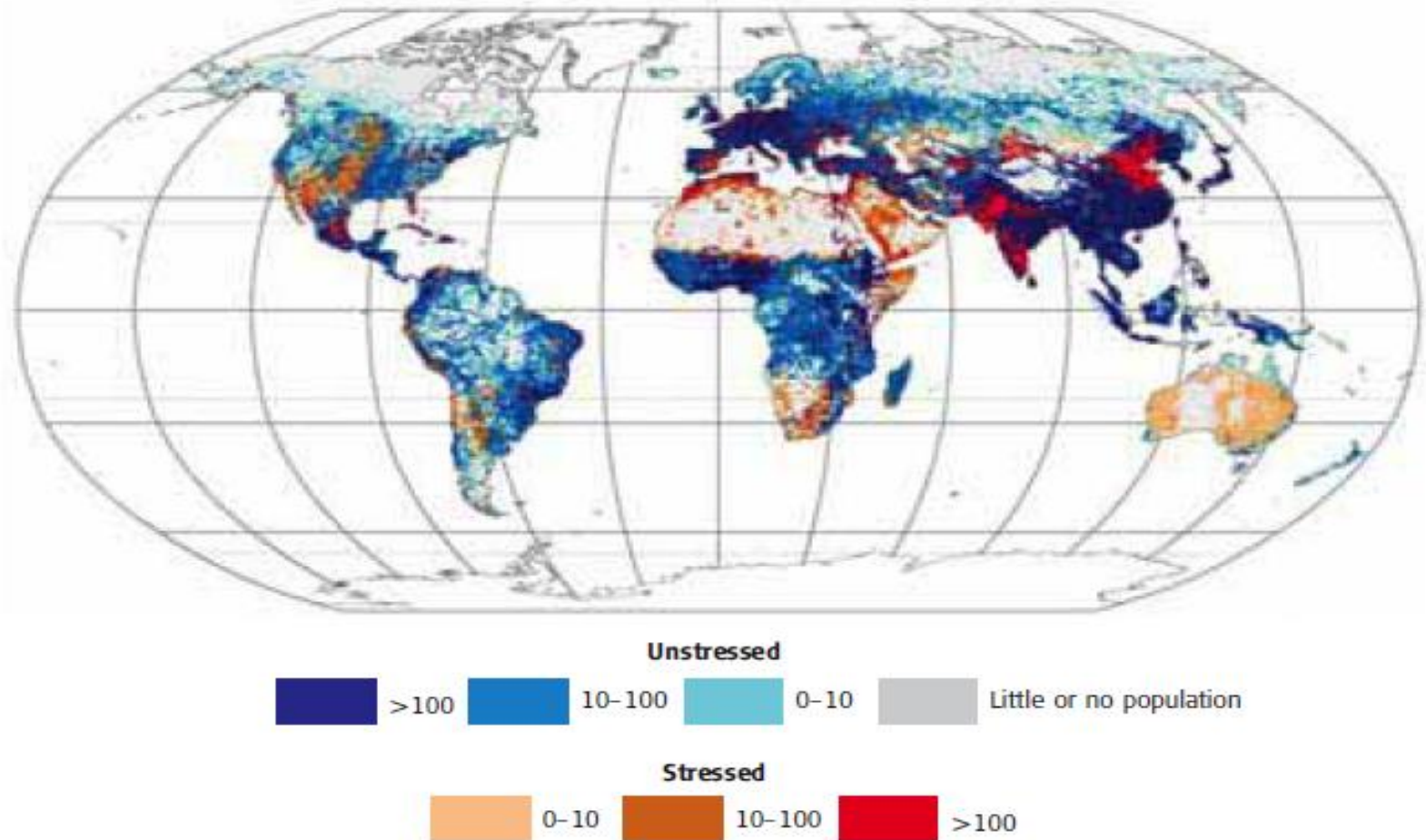
奥野美穂

永遠の循環を表す無限(∞)のマークと、雫のフォルム、そして水に対する親しみと身近さを表す笑顔を組み合わせました。

世界の水

地球上の水ストレス

赤く表示した地域が人口の集中等により水需給が逼迫した(高い水ストレスの)地域



世界の水紛争の例



MDGsの目標とターゲット

目標と主なターゲット



目標1: 極度の貧困と飢餓の撲滅

- 1日1.25ドル未満で生活する人口の割合を半減させる
- 飢餓に苦しむ人口の割合を半減させる



目標2: 初等教育の完全普及の達成

- すべての子どもが男女の区別なく初等教育の全課程を修了できるようにする



目標3: ジェンダー平等推進と女性の地位向上

- すべての教育レベルにおける男女格差を解消する



目標4: 乳幼児死亡率の削減

- 5歳未満児の死亡率を3分の1に削減する



目標5: 妊産婦の健康の改善

- 妊産婦の死亡率を4分の1に削減する



目標6: HIV/エイズ、マラリア、その他の疾病の蔓延の防止

- HIV/エイズの蔓延を阻止し、その後減少させる



目標7: 環境の持続可能性確保

- 安全な飲料水と衛生施設を利用できない人口の割合を半減させる



目標8: 開発のためのグローバルなパートナーシップの推進

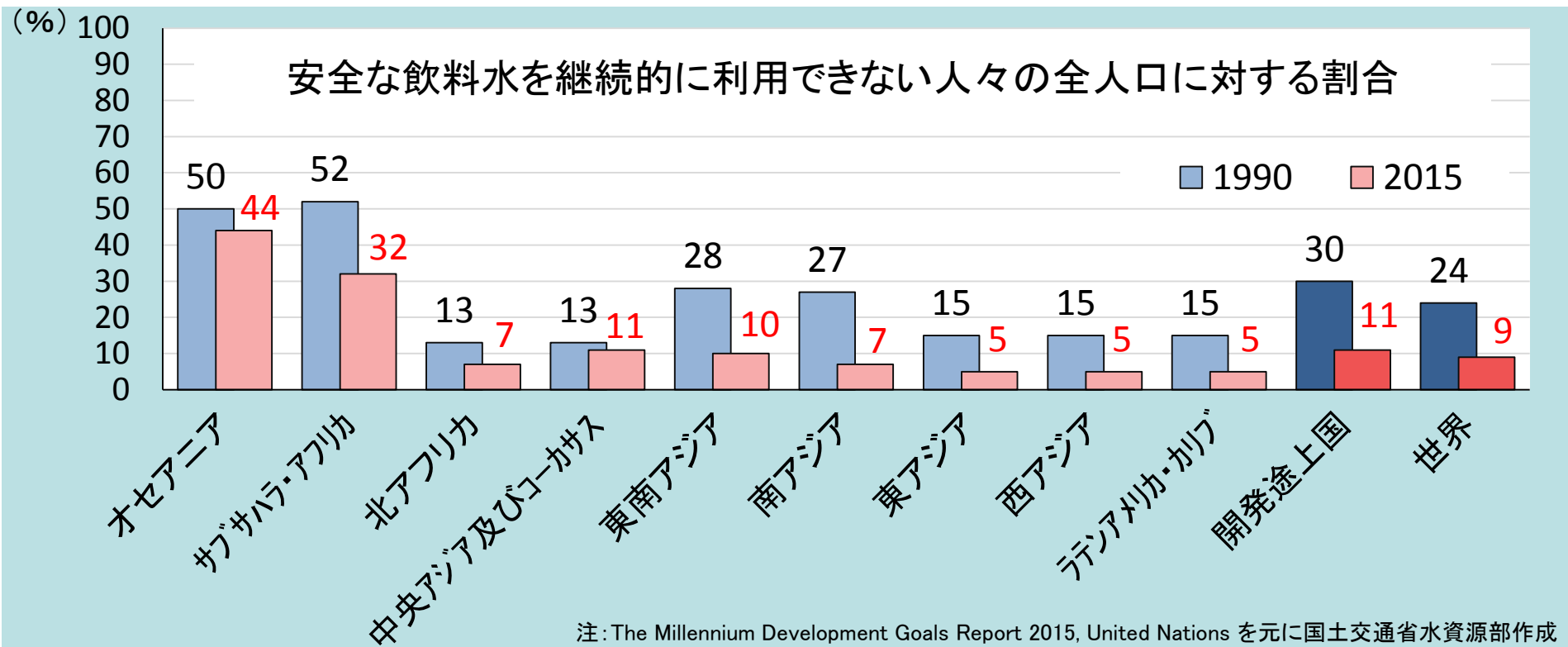
- 民間部門と協力し、情報・通信分野の新技术による利益が得られるようにする

※ロゴは「特定非営利活動法人 ほっとけない 世界のまずしさ」が作成したもの。

安全な水へのアクセス: WHOの定義、1km以内に一人1日20リットルの水を確保できる場所があること

世界の水問題

- 世界では渇水、洪水、水環境の悪化に加え、これらに伴う食料不足、貧困の悪循環及び病気の発生等が問題となっている地域が存在
- 人口増加や経済成長などの要因がこれらの問題が深刻化

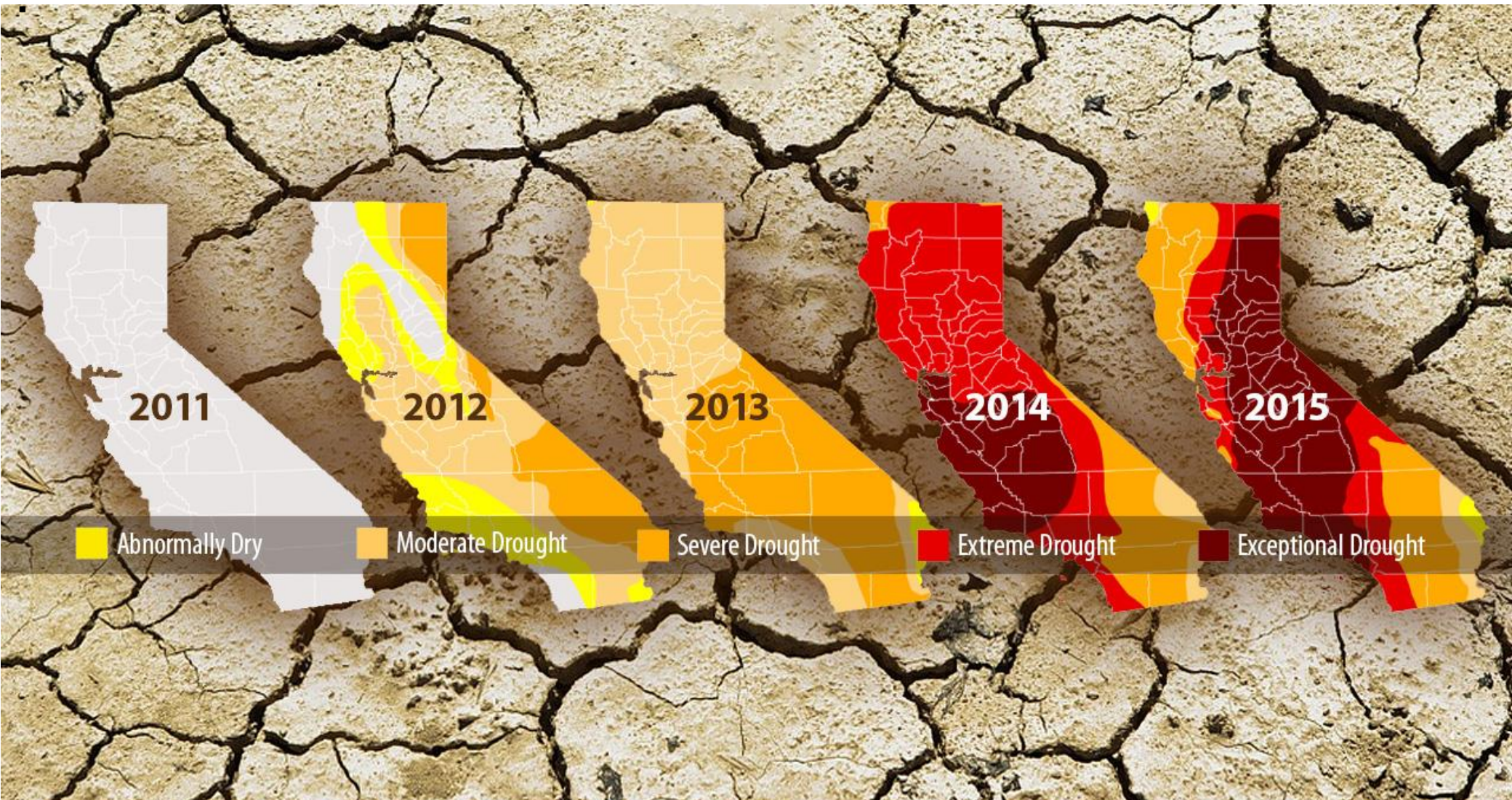


○依然として世界全体で約6.6億人の人々が安全な飲料水を継続的に利用できない状態

ミレニアム開発目標(MDGs)では、水に関する具体的なターゲットとして「2015年(平成27年)までに、安全な飲料水及び基礎的な衛生施設を継続的に利用できない人々の割合を半減する」とされており、この目標は達成。

カリフォルニア州の大渇水

- ・北シエラの降水量は、2014-2015年の累積で37.2インチ(945mm)であり平年の74%と少なかった。
- ・カリフォルニア州の主要ダム貯水率は2016年3月現在、半数ほどのダムで、平年比20%~50%程度と低くなっていた。(2016年3月の大雨で北部は回復)



- 2015年4月1日州知事による行政命令

(水道使用量の25%削減義務を発表)

- 2015年4月1日、ブラウン州知事は、カリフォルニア州の渇水耐性をより強固にするため、**節水、水の浪費防止に向けた取り組み強化、州の干ばつ対応の統一化、新技術への投資に関する行政命令を発出。**
- 2015年5月5日、**25%の節水義務を達成するための緊急節水規制が**州水委員会(SWB)により承認。

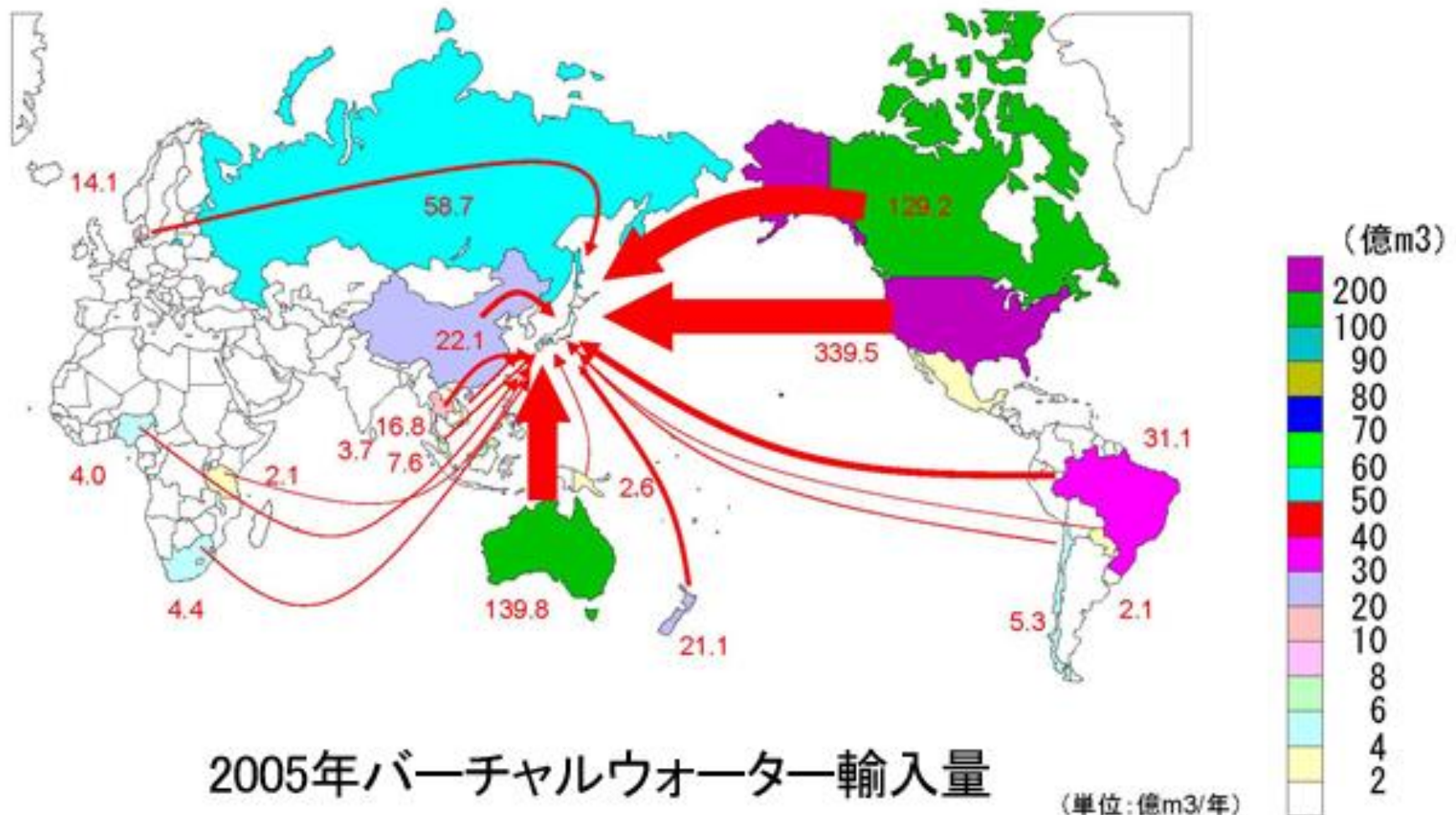
行政命令の概要

- 1. 節水
 - 州水委員会(SWB)は、州全体の水道使用量を25%節水するために必要な規制を講じること
 - 州水資源局(DWR)は、地方機関と協働して、5000平方フィートの芝生を、渇水耐性の高い種に植え替えること等
- 2. 水の浪費の抑制
 - 州水委員会(SWB)は、水利権者に対し、取水量の報告を頻繁に求め、適正な取水が行われているか監視すること等
- 3. 新たな技術への投資
- 4. 政府対応の統合化

水はローカルでグローバル

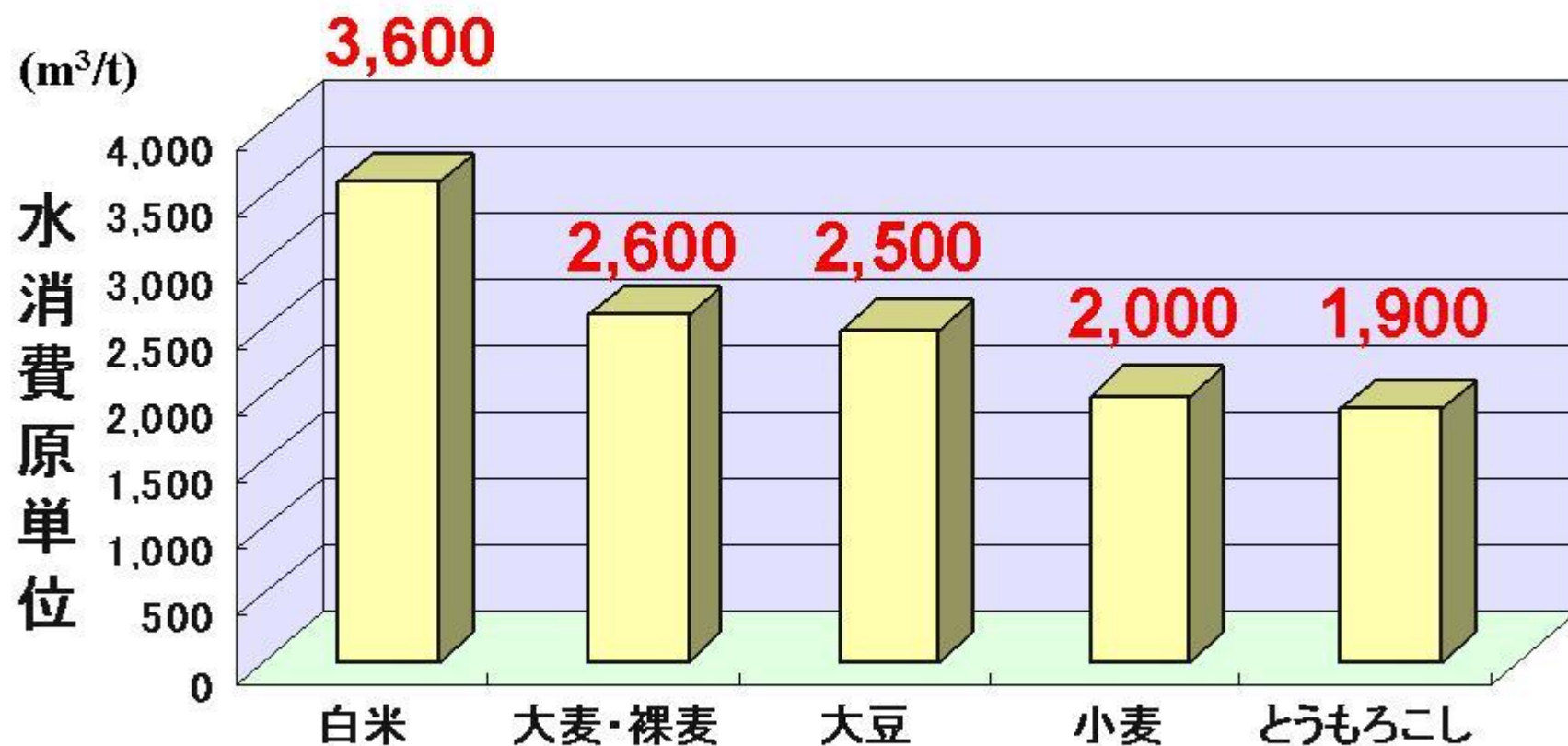
- ・ ガソリンはリッター130円として、
トンあたり、約13万円 →タンカーやトラックで
長距離輸送できる
- ・ 水は、安いもの（農業用水）でトンあたり10円
水道用水でもトンあたり100円のオーダー
→用水路で運ばないとペイしない
- ・ ただしミネラル水なら、500mlで100円としてもトンあたり、20万円

水はローカルでグローバル



出所：輸入量 工業製品 通商白書（2005年）
 農畜産物 JETRO貿易統計（2005年）、財務省貿易統計（2005年）
 水消費原単位 工業製品 三宅らによる2000年工業統計の値を使用
 農産物 佐藤による2000年の日本の単位収量からの値を使用
 丸太 木材需給表等より算定した値を使用

水消費原単位の算定 —農作物—



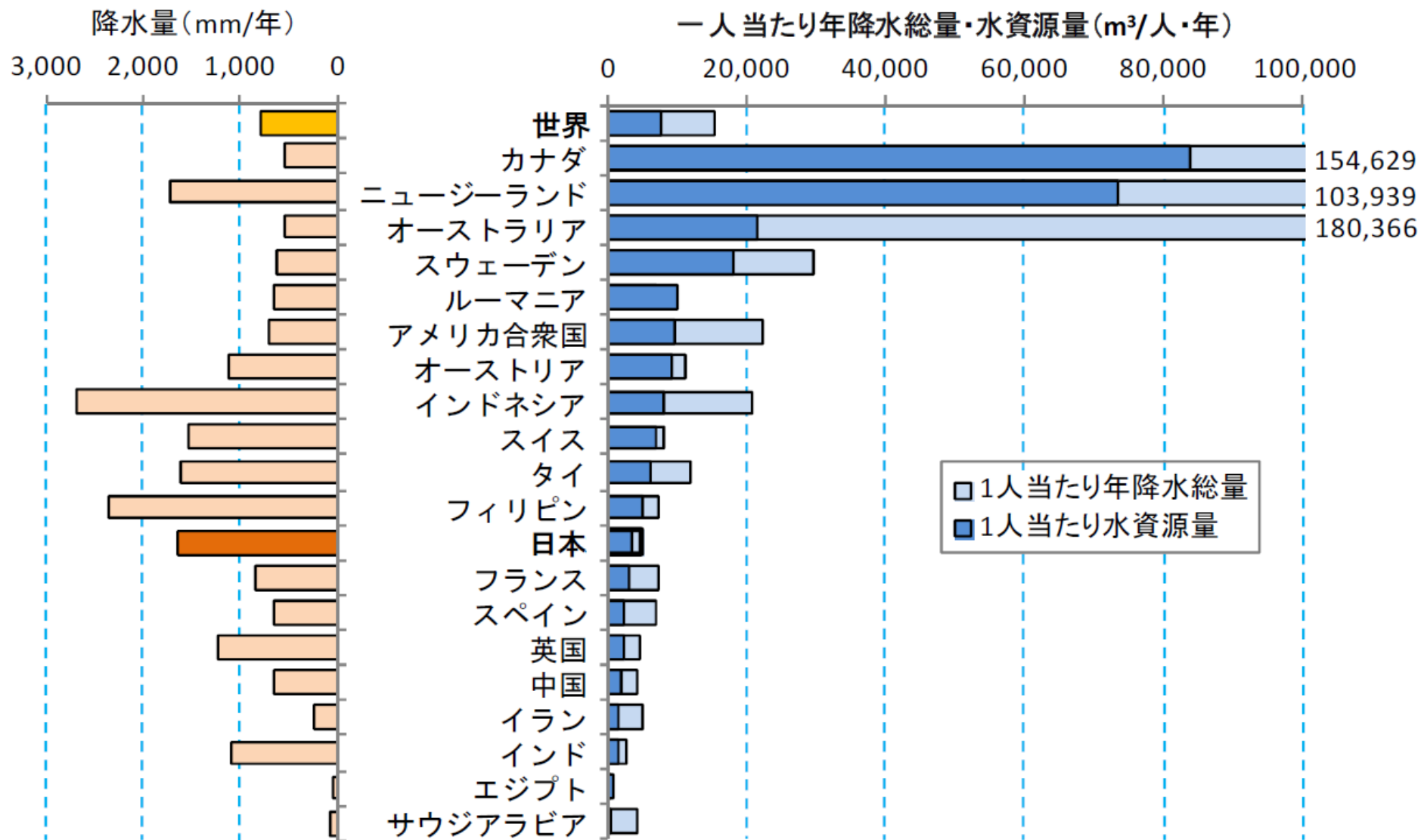
主要穀物・豆類(可食部)の水消費原単位

(日本の単位収量、1996年～2000年平均のFAO統計)

世界の水

- 人口の多い地域、降雨量の少ない地域で水ストレスが高い。国際紛争になっているところもある
- 安全な飲料水へのアクセスは人道上の問題
- 2015年までカリフォルニアでは大渇水
- 水は重くて安価。長距離輸送は難しい
- 食料等の輸入に伴い、世界中から仮想水（バーチャルウォーター）を輸入。その量は日本国内の水使用量にも匹敵

日本の水

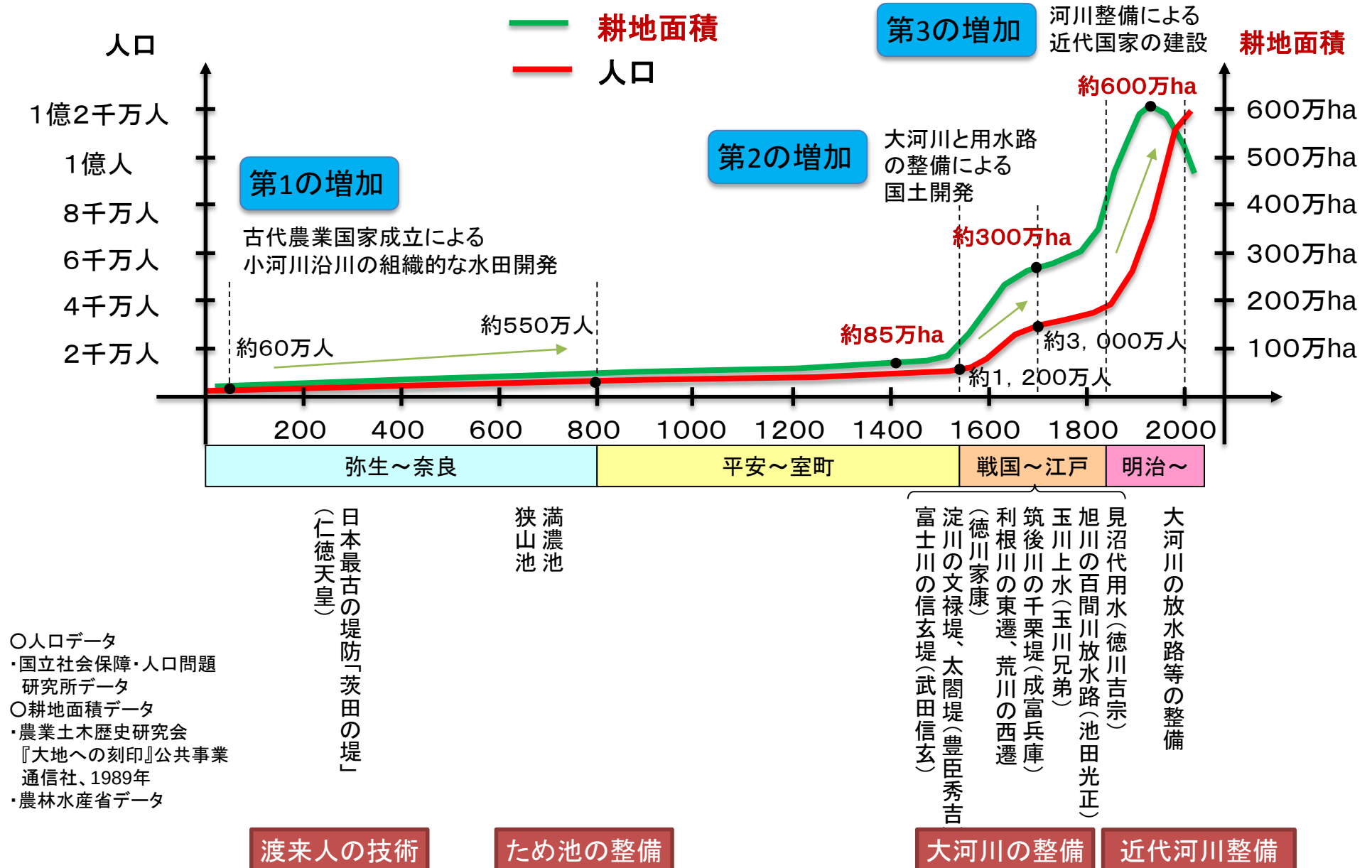


(注) 1.FAO（国連食糧農業機関）「AQUASTAT」の2014年4月時点の公表データをもとに国土交通省水資源部作成
2.「世界」の値は「AQUASTAT」に「水資源量[Total renewable water resources(actual)]」が掲載されている177カ国による。

図1-2-1 世界各国の降水量等

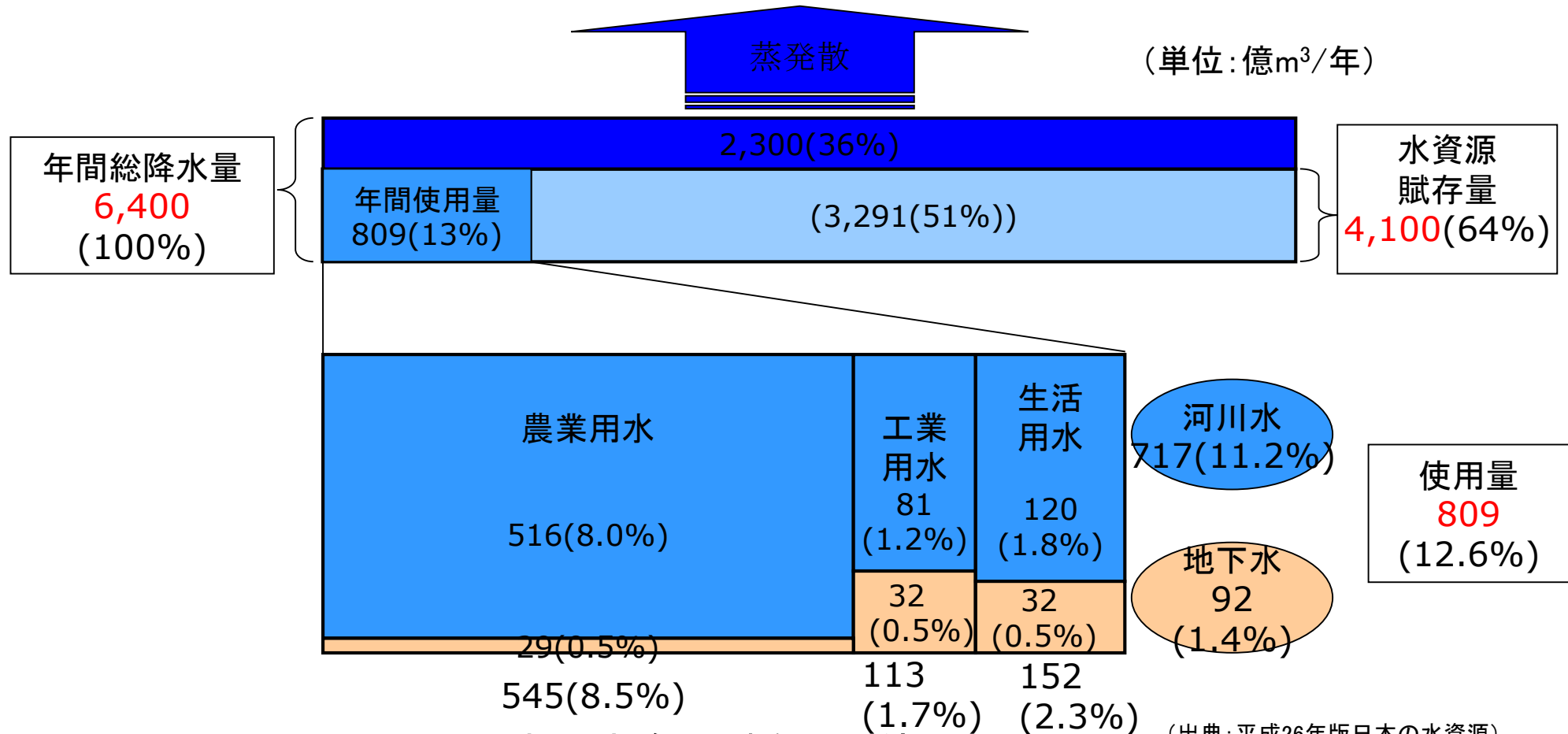
出典：日本の水資源、国土交通省

日本の開発と人口の歴史(戦前)

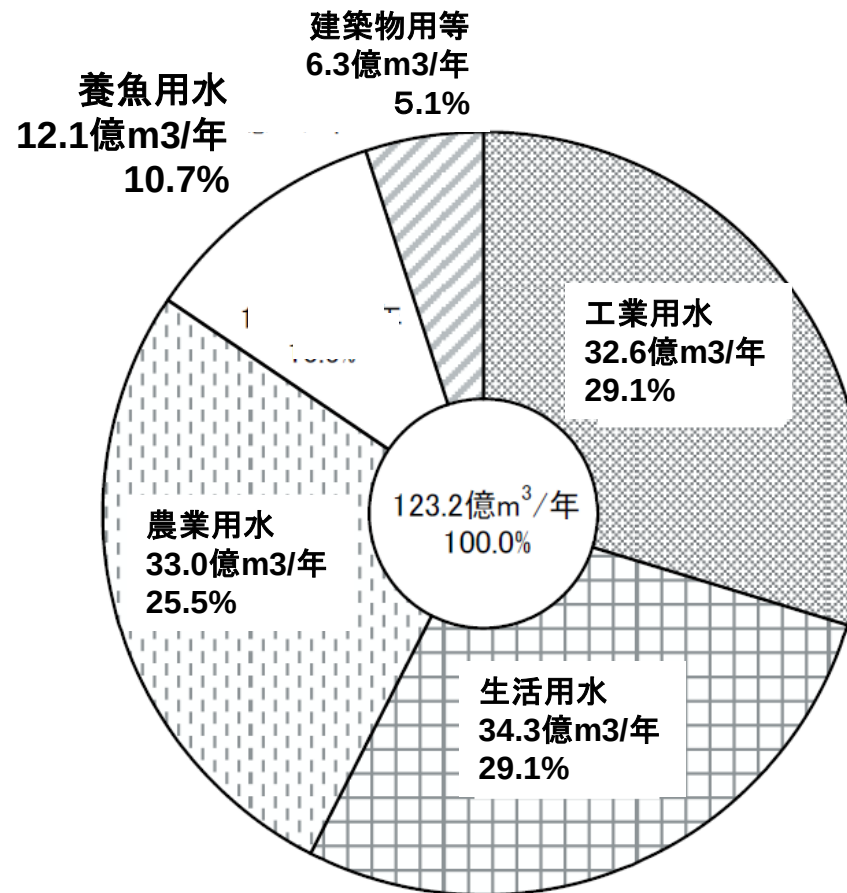


日本の水資源賦存量と使用量

- ・降った雨は地表水又は地下水となって流下し、農業用水、工業用水、生活用水等として活用
- ・水資源賦存量のうち、かなりの部分が水資源として利用されないまま海に流出



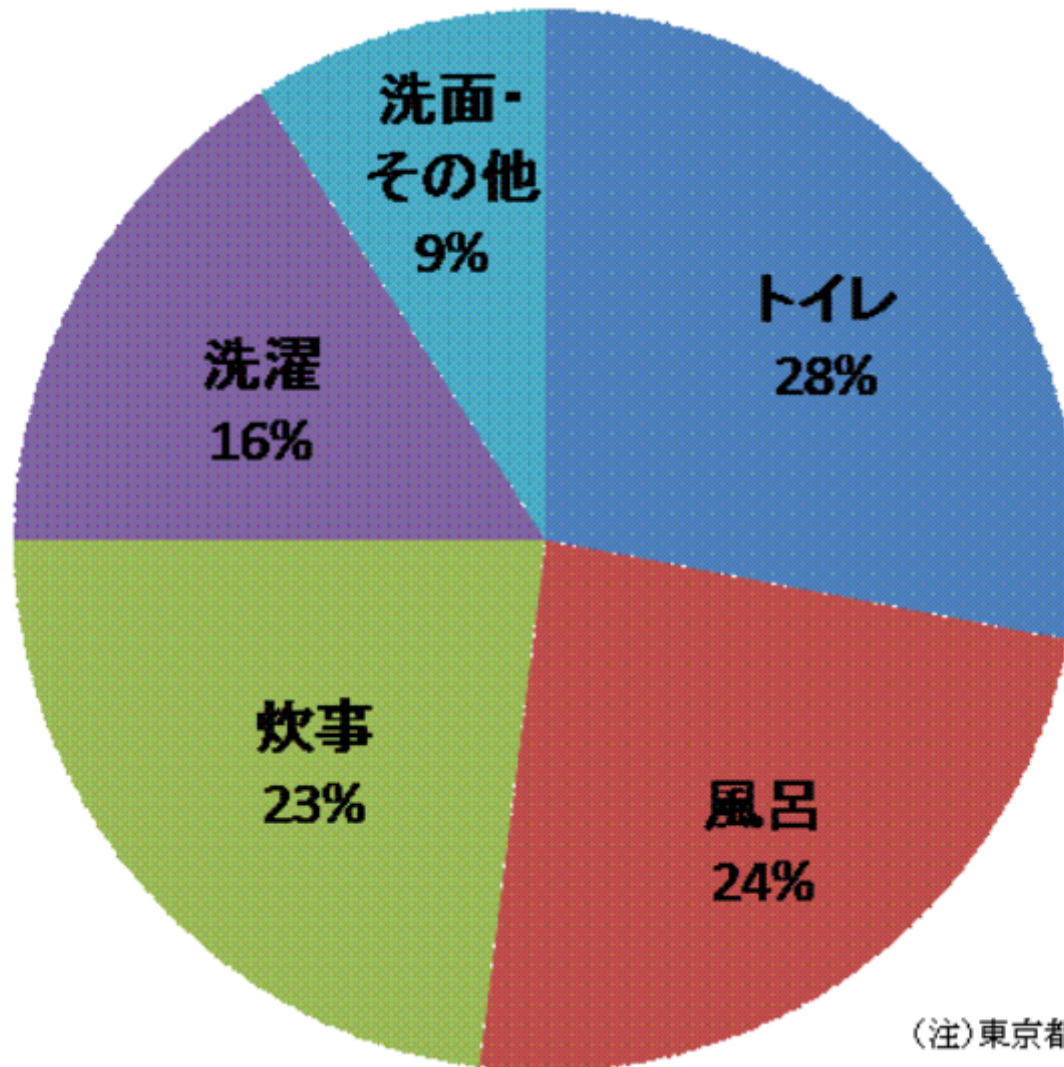
※ 水資源賦存量: 降水量から蒸発散量を引いて面積を乗じた量



日本の用途別地下水利用 総計：112.2億トン/年

(平成25年版日本の水資源による)

水を使うことは水を汚すこと (家庭用水の内訳)



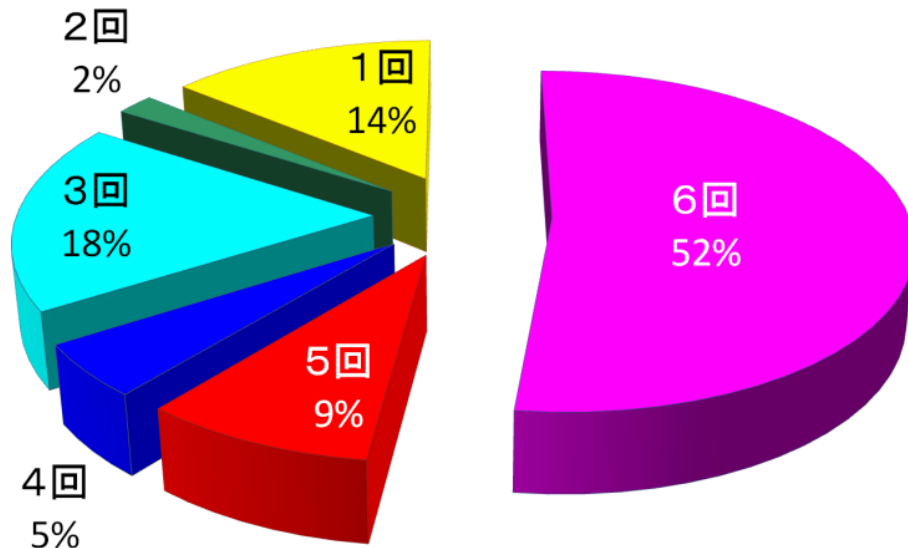
(注)東京都水道局調べ(2006年度)

水系によっては何度も反復利用している

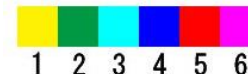
○淀川水系では、支川や水路に加えて下水道等多くの排水があり、その**取排水形態は非常に複雑**。

○このため、約半数の人において河川水の反復利用回数が6回にも及ぶなど水道用水としての反復利用回数は他の水系に比べて多く、一度**本川に有害物質が混入した場合には、多くの取水施設に影響**を及ぼすおそれがある。

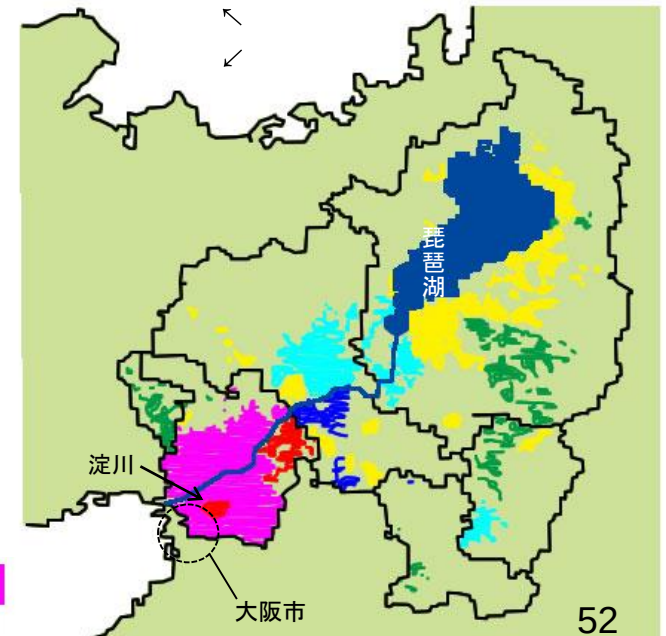
河川水の利用回数の人口割合



河川水の利用回数分布



【出典】環境衛生工学研究
Vol.12, No.3, 1998をもとに
国土交通省水資源部作成



河川の汚染(高度成長期)



昭和36年当時の隅田川は、“川というよりドブのようだ”、“メタンガスの泡がポコポコと音をたてて浮かび上がっていた”という状況となった。

(出典: (財)日本ダム協会HP)



45年頃の多摩川は、水面に洗剤の泡が浮かび、あたりに異臭を放つなど河川環境は最悪の状態となった。

日本の水

- 日本は降雨量が多いが、一人あたりの水資源は必ずしも多くない
- 河川水は、歴史的には農業用水として使われてきており、上水道、工業用水道としての利用は後発
- 地下水は、農業用水、水道用水、工業用水として使われている
- 水を使うことは、水を汚すこと。きれいにして水循環に戻すことが重要
- 日本は河川の水質汚染を乗り越えてきた

東京の水

東京の水道

1893年(明治26年) 三多摩郡東京府へ移管

1898年(明治31年) 淀橋浄水場

～村山貯水池、境浄水場等～第一次拡張事業

1926年(大正15年) 金町浄水場(昭和7年東京市へ)

1934年(昭和9年) 山口貯水池

1943年(昭和18年) 相模川分水協定

1957年(昭和32年) 小河内ダム

1960年(昭和35年) 東村山浄水場

1964年(昭和39年) オリンピック喝水(最大50%)

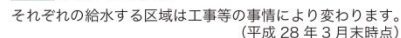
1965年(昭和40年) 淀橋浄水場廃止・武蔵水路

1966年(昭和41年) 朝霞浄水場

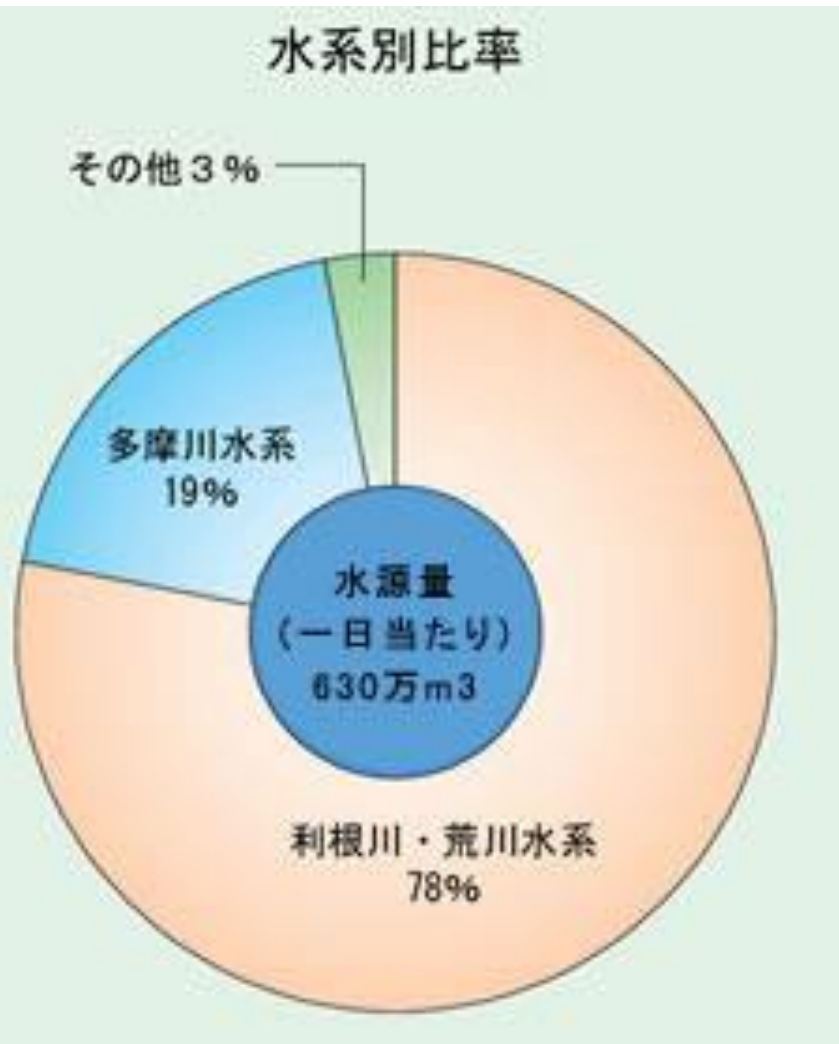
東京の水道 2

- 1967年(昭和42年) 調布浄水場廃止
矢木沢ダム・下久保ダム
- 1969年(昭和44年) 狛江浄水場廃止
- 1970年(昭和45年) 玉川浄水場取水停止
小作浄水場
- 1973年(昭和48年) 都営水道一元化、小平市他
～1977年(昭和52年) 青梅市、1982年立川市
- 1976年(昭和51年) 草木ダム
- 1985年(昭和60年) 三郷浄水場
- 1990年(平成2年) 渡良瀬貯水池
～奈良俣ダム、浦山ダム、北千葉導水路等～

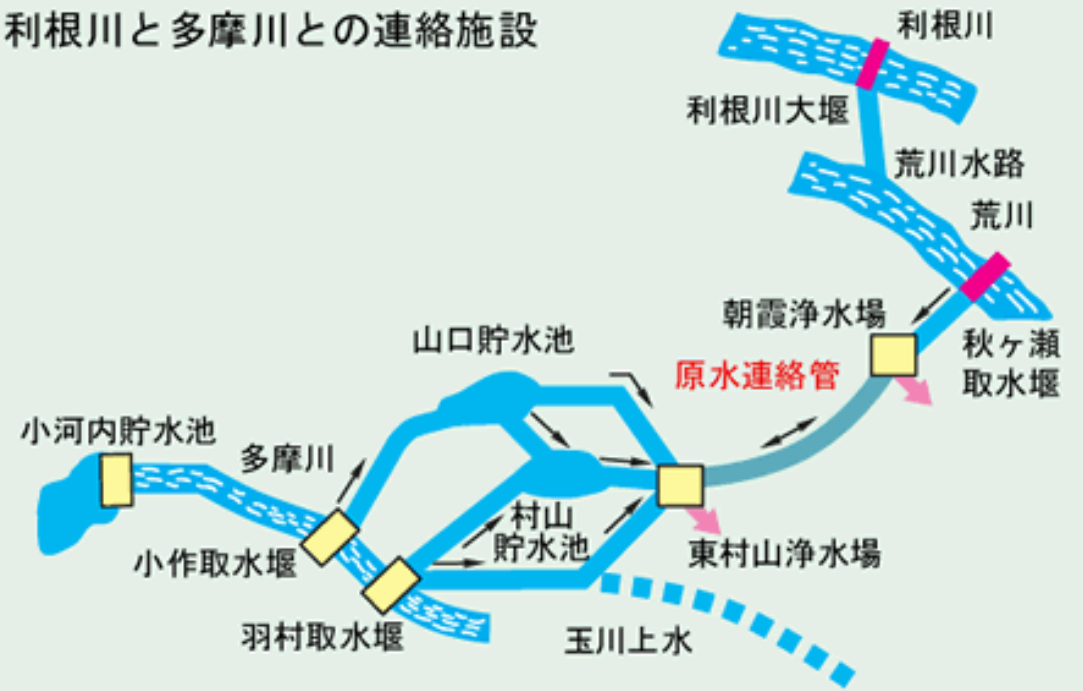
～暮らしと都市を結ぶ水道～



東京の水道水源(水系別比率)

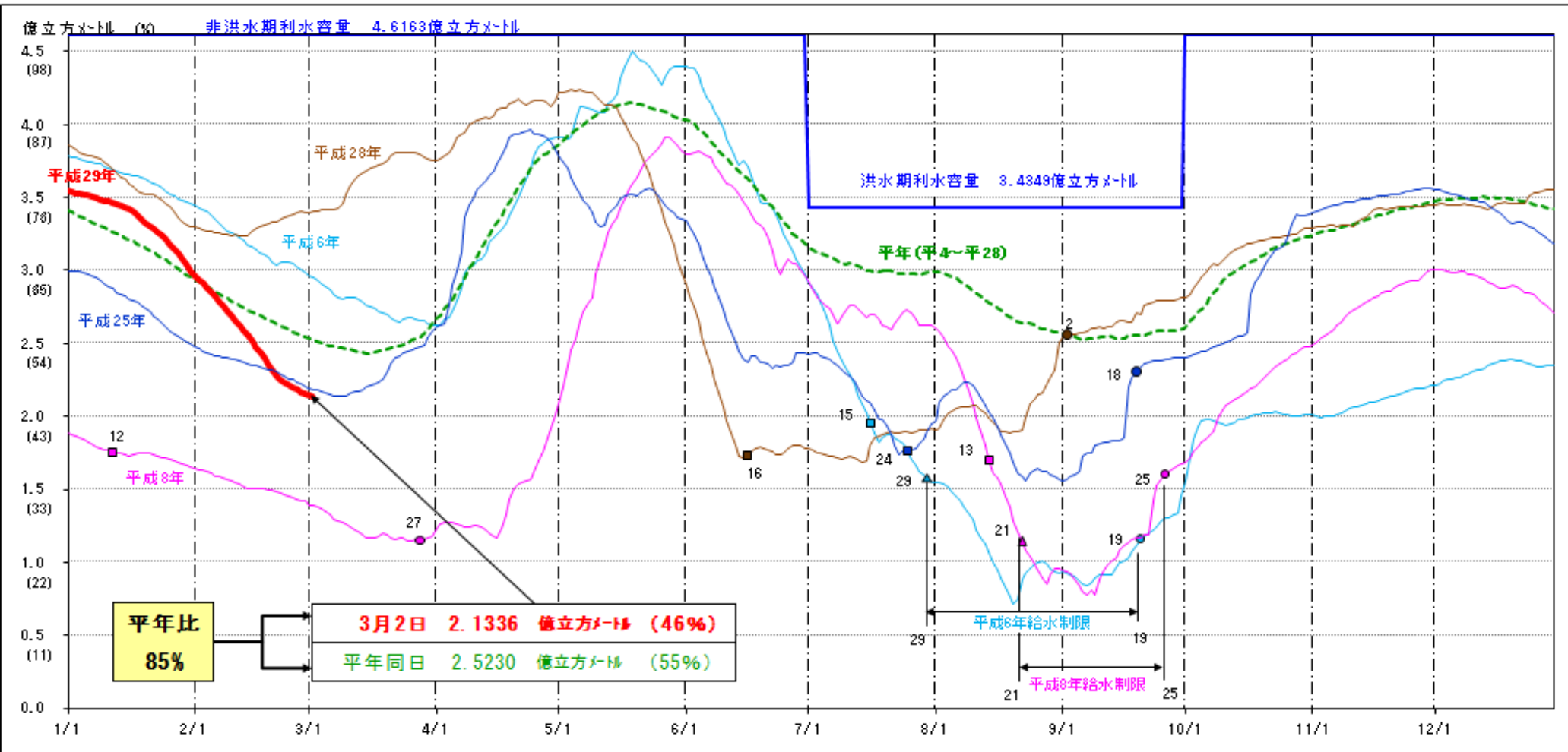


利根川と多摩川との連絡施設



利根川上流8ダムの貯水量

利根川水系取水制限 実施: □
給水制限 実施: △
解除: ○

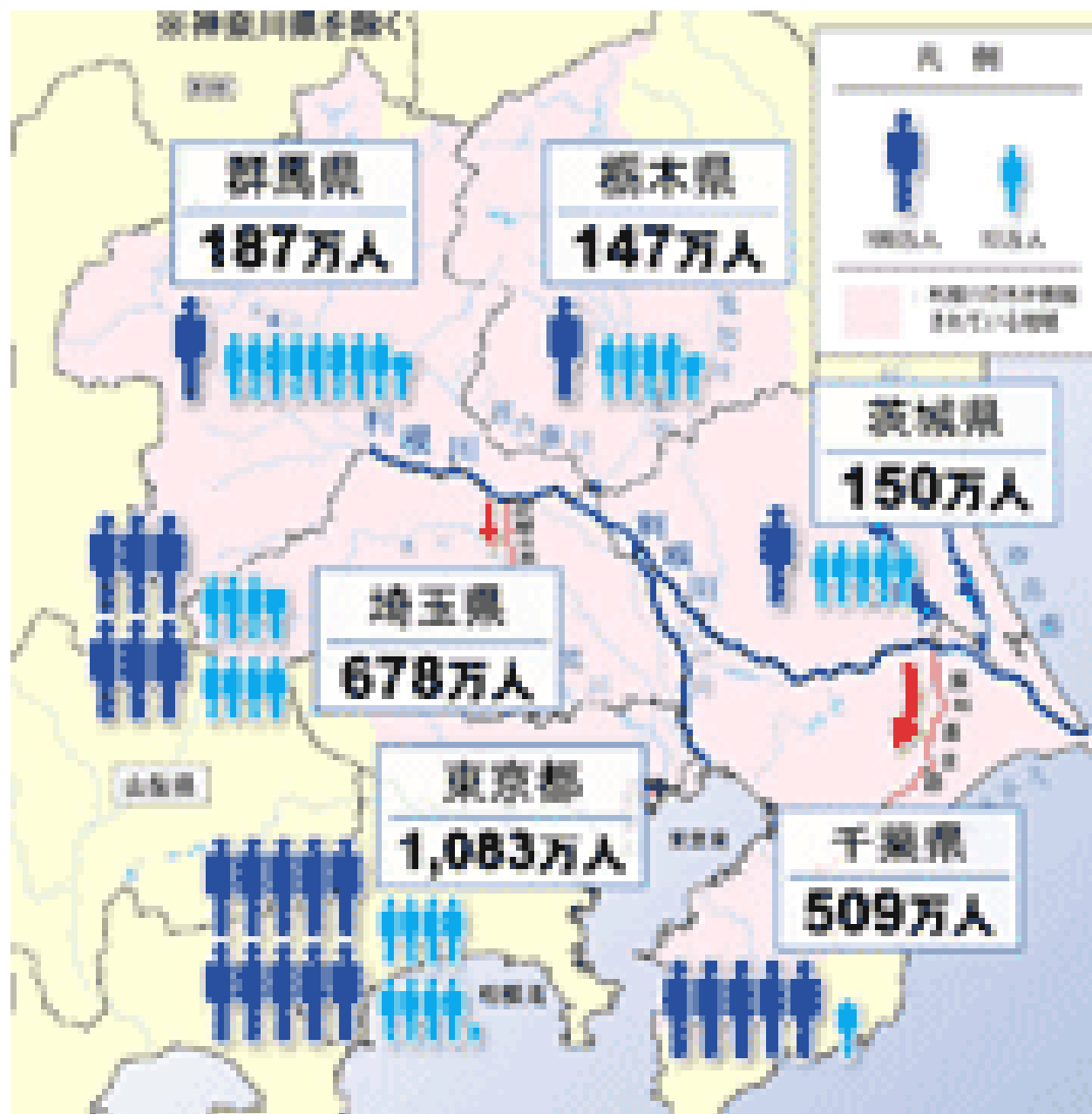




利根川・荒川 水系の水資源 開発施設

利根川・荒川水系 の給水人口

1都5県で
約2,750万人



東京の水

- 東京水道の原点は玉川上水
- 人口の増加、給水区域の広域化に伴い、利根川・荒川水系に依存する割合が増大。昭和40年に蒸さし水路が完成し、現在依存率は約80%
- 利根川・荒川水系の水は、上流ダム群や農業用水の合理化で生み出されている
- 三多摩では市町の水道が昭和48年から52年にかけて都水道に編入され、水源も地下水から河川水に転換