



جامعة الملك عبد الله
للعلوم والتقنية
King Abdullah University of
Science and Technology

全球地下水利用モデルの誕生と展開

内容

グローバルな地下水研究はまだ比較的新しく、今でも**Nature**や**SCIENCE**に掲載されるグローバルな地下水研究が続いております。地下水は食糧生産と貿易、海面上昇、河川と地下水のフィードバック、水文・気候サイクルへのフィードバック、経済的な価値など様々なトピックで議論されておりますが、まだ未開拓の地下水トピックも多く残っています。本講演では、グローバルな地下水研究の最前線並びに、講演者の海外でのキャリア形成（>20年）などについて皆さんとざっくばらんに意見交換できれと思います。

和田義英

**Professor of Plant Science and
Environmental Science
KAUST
Saudi Arabia
[yoshihide.wada@kaust.edu.sa]**

「20年の海外生活を通してのキャリア形成」

日本とオーストラリアで学士 (人文・社会科学)

日本で修士 (社会科学)

オランダで修士 (水文学)

オランダで博士 (水文学)

NASAでポスドク

IIASAで水プログラム所長

IIASAで生物多様性プログラム所長

オランダで教授

サウジアラビアで教授

h-index 110

Total citations 50,000

(Google Scholar)

AGU Macelwane Medal (2020)

AGU Fellow (2020)

World Bank, Development

Banks, WWF, IUCN, UN

Water, WMO, FAO, UN

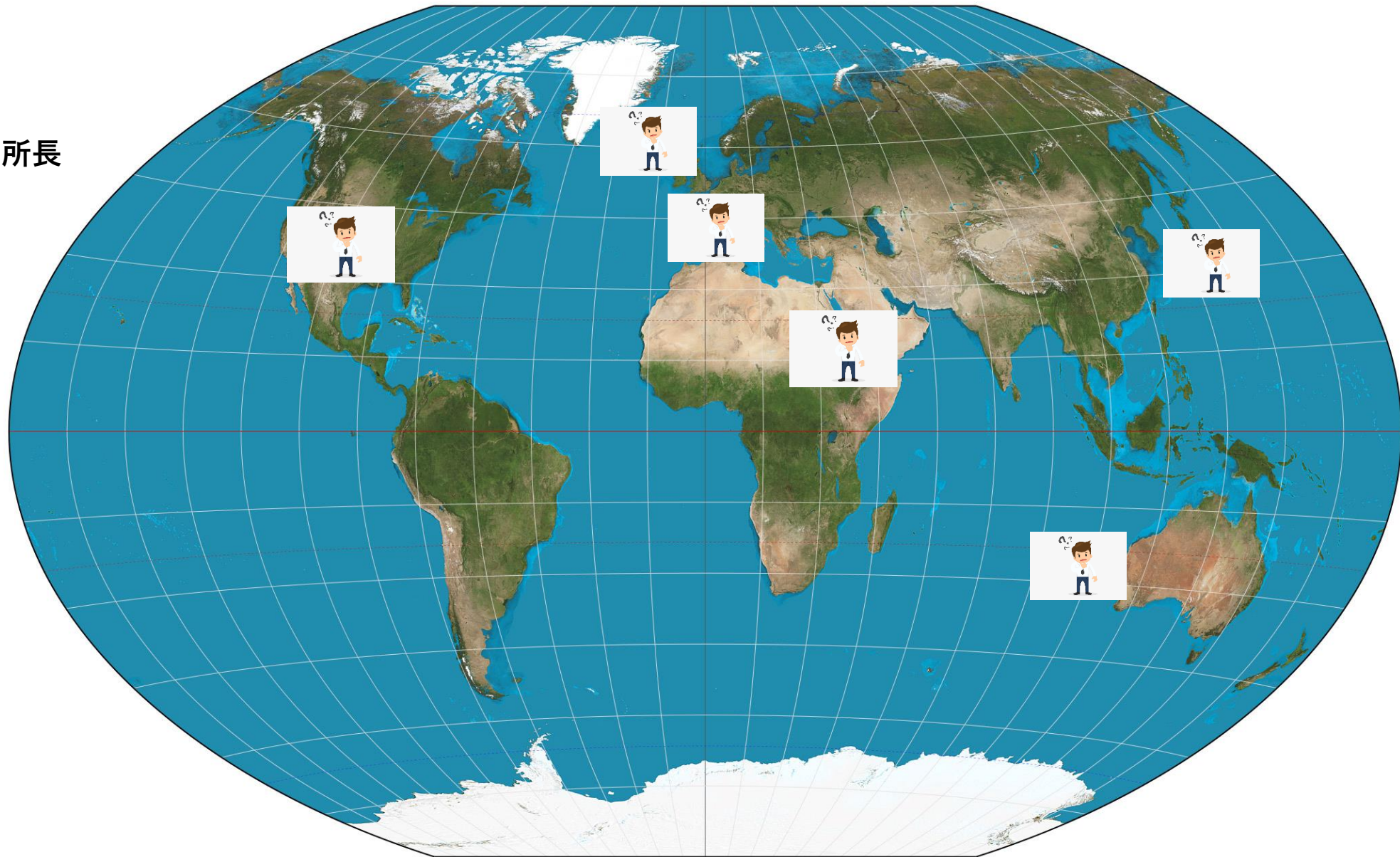
agencies

World Water Council

Global Environmental

Facility

など共同プロジェクト多数



「水リスク」どう備える

複眼

欧米大手研究機関で地球規模での水資源の研究に20年以上携わってきた人口増加に対応し、食料生産を進め、世界各地で「水不足」に陥っている。水が減少している。地球規模で水不足は、一段と深刻化している。

日本は食料を海外からの輸入に頼っている。農産物の種類によって産地の水資源の状況が異なる。今後、水資源の確保が、食料の確保に不可欠な要素となる。食料輸入に水資源確保の観点から、輸入先を多様化する必要がある。トウモロコシや大豆を例に挙げると、輸入先は米国やブラジルで、トウモロコシの栽培に地下水を掘り出している。牛はトウモロコシを大量に食べ、牛肉を生産している。大量の水を消費している。大豆は、主に米国で生産されている。米国は、大豆を生産するために大量の水を消費している。米国は、大豆を生産するために大量の水を消費している。

食料輸入への影響を点検

主要作物を対象に農業貿易の点検を実施した。調査の結果、水資源の確保に加え、水質や生物多様性などへの影響も考慮し、世界的な統合指針で評価した。高い自給率を維持していることが明らかになった。トウモロコシや大豆は、輸入先が米国やブラジルで、トウモロコシの栽培に地下水を掘り出している。牛はトウモロコシを大量に食べ、牛肉を生産している。大豆は、主に米国で生産されている。米国は、大豆を生産するために大量の水を消費している。

和田 義英氏
サウジアラビア・キングアブドゥラ大学教授

和田氏は、サウジアラビアのキングアブドゥラ大学で教授を務める。水資源の確保と農業貿易の点検に関する研究に精通している。彼は、水資源の確保が食料の確保に不可欠な要素となることを指摘している。また、世界的な統合指針で評価したことが明らかになった。トウモロコシや大豆は、輸入先が米国やブラジルで、トウモロコシの栽培に地下水を掘り出している。牛はトウモロコシを大量に食べ、牛肉を生産している。大豆は、主に米国で生産されている。米国は、大豆を生産するために大量の水を消費している。

大規模な干ばつや洪水の影響で農産物価格が高騰するなど「水リスク」を身近に感じるようになった。気候変動が一因だといわれる。生産活動に欠かせない水の不足や災害にどう備えればいいのか。水資源の研究者や環境分野の非政府組織(NGO)、水と関連の深い事業に携わる企業経営者に対策と課題を聞いた。

企業は持続可能な戦略を

水資源の確保が、食料の確保に不可欠な要素となる。食料輸入に水資源確保の観点から、輸入先を多様化する必要がある。トウモロコシや大豆を例に挙げると、輸入先は米国やブラジルで、トウモロコシの栽培に地下水を掘り出している。牛はトウモロコシを大量に食べ、牛肉を生産している。大豆は、主に米国で生産されている。米国は、大豆を生産するために大量の水を消費している。

小林 俊介氏
WWF ジャパン 淡水グループ長

小林氏は、WWF ジャパンの淡水グループ長を務める。水資源の確保と農業貿易の点検に関する研究に精通している。彼は、水資源の確保が食料の確保に不可欠な要素となることを指摘している。また、世界的な統合指針で評価したことが明らかになった。トウモロコシや大豆は、輸入先が米国やブラジルで、トウモロコシの栽培に地下水を掘り出している。牛はトウモロコシを大量に食べ、牛肉を生産している。大豆は、主に米国で生産されている。米国は、大豆を生産するために大量の水を消費している。

食料生産などに欠かせない地下水は世界にどれだけの存在しているのか。オーストラリアの国際応用システム分析研究所で水資源プログラム長代理を務める和田義英氏(38)は、シミュレーション(模擬実験)を通じてその実態を明らかにした。成果は国際連合気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の報告書に反映されるなど、国際的に高い評価を受ける。

普段の生活ではその存在を意識する機会が少ない地下水。だが、世界のさまざまな地域で灌漑(かんがい)農業などに使われていない。和田は目に見えない「貴重な資源」を世界規模で可視化する研究を進めてきた。

次世代の先導者

和田は、河川に流れ込んだり、人間の活動によるみ上げの影響などを通じて、計算モデルで地下水の量を推定する。和田は、河川に流れ込んだり、人間の活動によるみ上げの影響などを通じて、計算モデルで地下水の量を推定する。和田は、河川に流れ込んだり、人間の活動によるみ上げの影響などを通じて、計算モデルで地下水の量を推定する。

和田 義英氏(38)
国際応用システム分析研究所 水資源プログラム長代理



和田氏は、国際応用システム分析研究所の水資源プログラム長代理を務める。水資源の確保と農業貿易の点検に関する研究に精通している。彼は、水資源の確保が食料の確保に不可欠な要素となることを指摘している。また、世界的な統合指針で評価したことが明らかになった。トウモロコシや大豆は、輸入先が米国やブラジルで、トウモロコシの栽培に地下水を掘り出している。牛はトウモロコシを大量に食べ、牛肉を生産している。大豆は、主に米国で生産されている。米国は、大豆を生産するために大量の水を消費している。



適切な管理、模擬重ね追究

適切な管理、模擬重ね追究。水資源の確保と農業貿易の点検に関する研究に精通している。彼は、水資源の確保が食料の確保に不可欠な要素となることを指摘している。また、世界的な統合指針で評価したことが明らかになった。トウモロコシや大豆は、輸入先が米国やブラジルで、トウモロコシの栽培に地下水を掘り出している。牛はトウモロコシを大量に食べ、牛肉を生産している。大豆は、主に米国で生産されている。米国は、大豆を生産するために大量の水を消費している。

アンカー

アンカー。水資源の確保と農業貿易の点検に関する研究に精通している。彼は、水資源の確保が食料の確保に不可欠な要素となることを指摘している。また、世界的な統合指針で評価したことが明らかになった。トウモロコシや大豆は、輸入先が米国やブラジルで、トウモロコシの栽培に地下水を掘り出している。牛はトウモロコシを大量に食べ、牛肉を生産している。大豆は、主に米国で生産されている。米国は、大豆を生産するために大量の水を消費している。

技術で水源・農地を守る

技術で水源・農地を守る。水資源の確保と農業貿易の点検に関する研究に精通している。彼は、水資源の確保が食料の確保に不可欠な要素となることを指摘している。また、世界的な統合指針で評価したことが明らかになった。トウモロコシや大豆は、輸入先が米国やブラジルで、トウモロコシの栽培に地下水を掘り出している。牛はトウモロコシを大量に食べ、牛肉を生産している。大豆は、主に米国で生産されている。米国は、大豆を生産するために大量の水を消費している。

温暖化対策と節水を両立

温暖化対策と節水を両立。水資源の確保と農業貿易の点検に関する研究に精通している。彼は、水資源の確保が食料の確保に不可欠な要素となることを指摘している。また、世界的な統合指針で評価したことが明らかになった。トウモロコシや大豆は、輸入先が米国やブラジルで、トウモロコシの栽培に地下水を掘り出している。牛はトウモロコシを大量に食べ、牛肉を生産している。大豆は、主に米国で生産されている。米国は、大豆を生産するために大量の水を消費している。

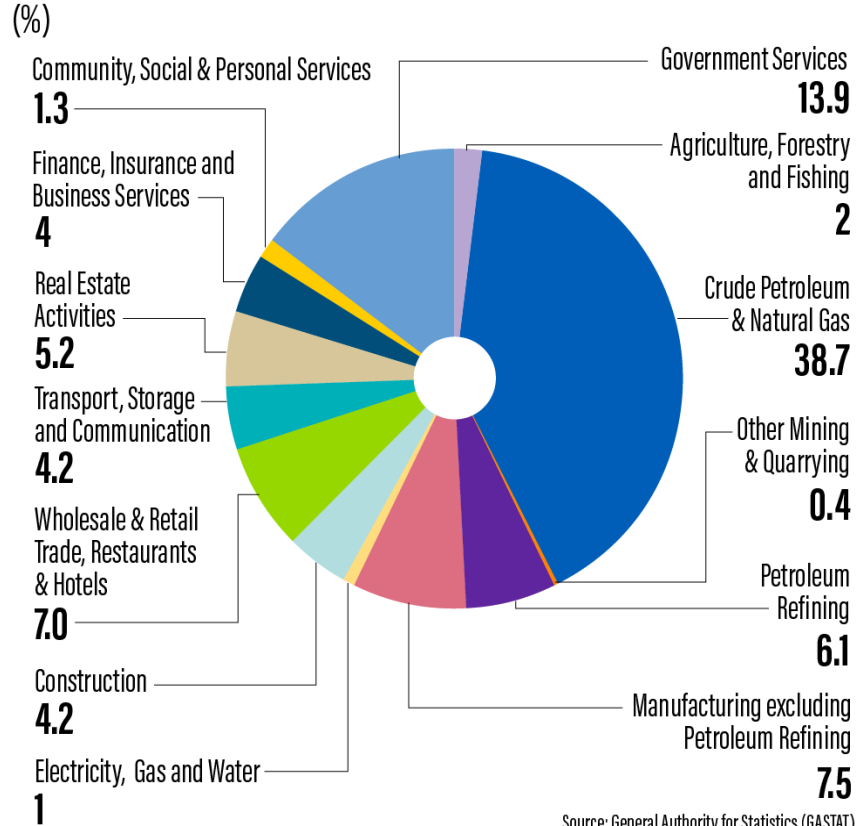
敬称略 (生川曉)

敬称略 (生川曉)

敬称略 (生川曉)



CONTRIBUTION OF ECONOMIC ACTIVITIES TO SAUDI ARABIA'S GDP (%)



Source: General Authority for Statistics (GASTAT)

SAUDI ARABIA

GIGA-PROJECTS

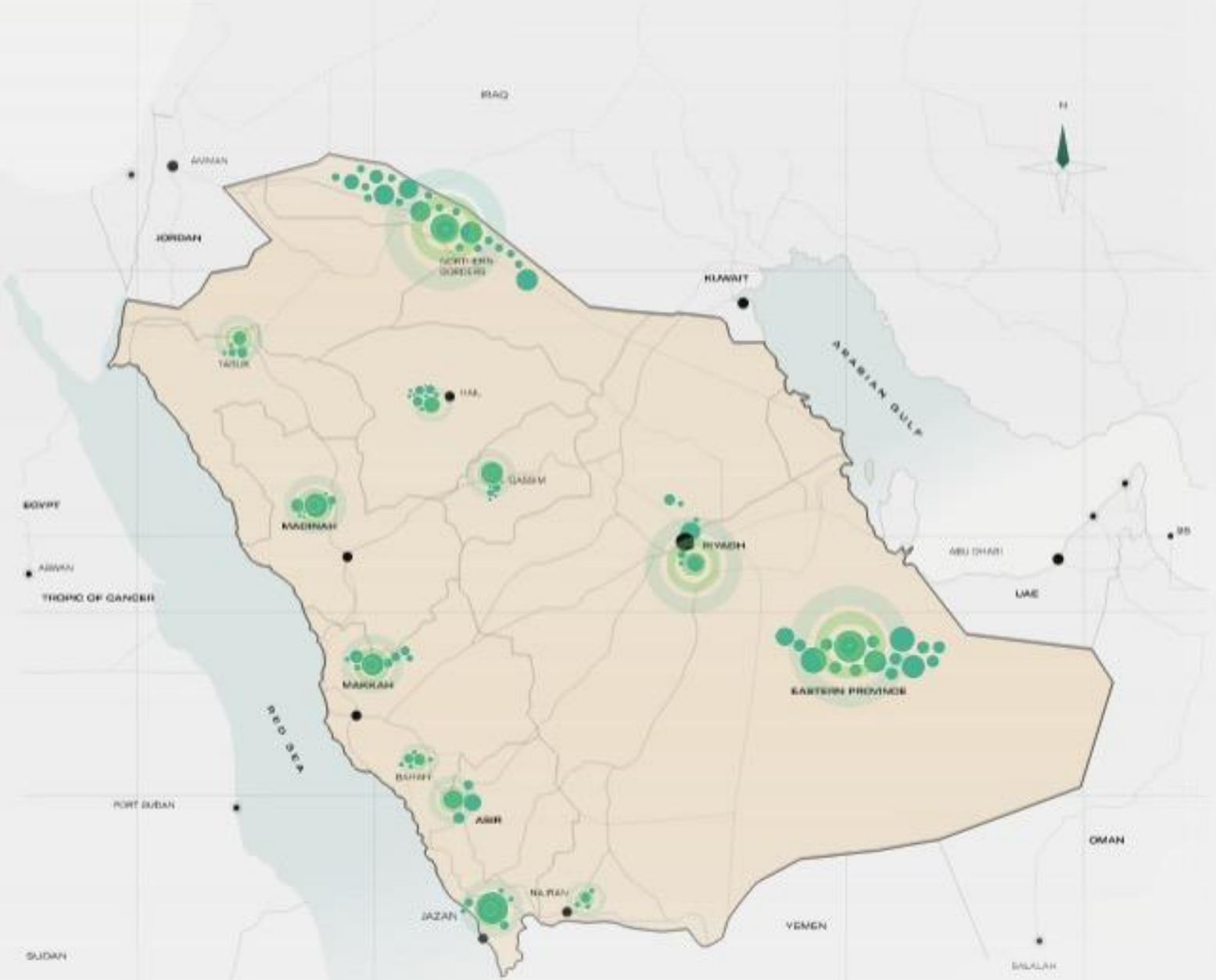


Saudi Arabia's journey to 10 billion trees

2021
10
MILLION TREES

2024
100 MILLION TREES
(NCVC)

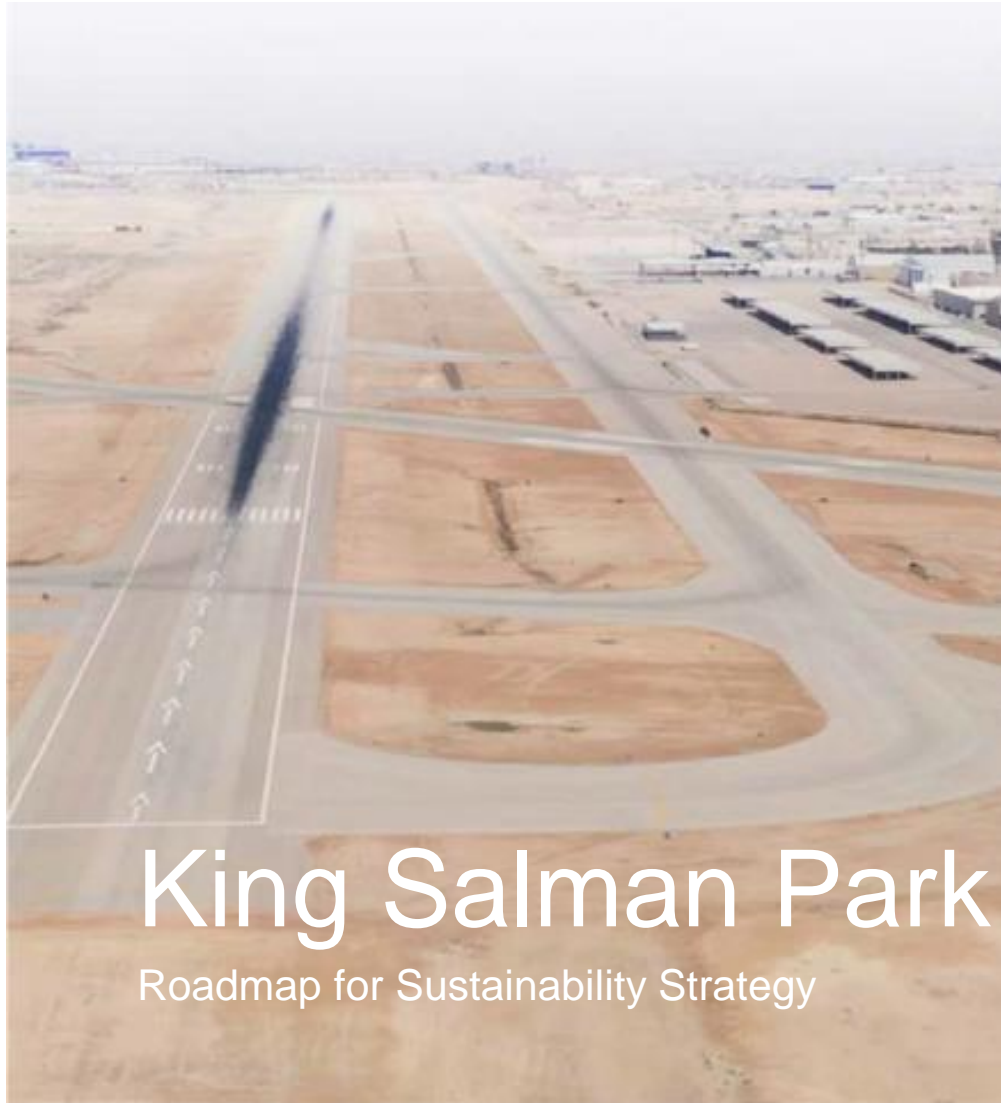
2030
600+
MILLION TREES





世界最大の都市緑化プロジェクト
(5兆円の予算)

日本からのスタートアップ企業も多数興味を示している **(KSPF)**



2024年のNATURE誌掲載の水関連の論文

Matters arising

Concerns regarding proposed groundwater Earth system boundary

https://doi.org/10.1038/s41586-024-08082-9 M. O. Cuthbert^{1,2}, T. Gleeson³, M. F. P. Bierkens^{2,4}, G. Ferguson^{2,5,7} & R. G. Taylor⁸
Received: 13 September 2023
ARTICLE IN PRESS FROM: J. Rockström et al. *Nature* https://doi.org/10.1038/s41586-023-06083-8 (2023).

Article

Soil microbiomes show consistent and predictable responses to extreme events

https://doi.org/10.1038/s41586-024-08185-3 Christopher G. Knight^{1,2,3,4,5}, Océane Nicolitch^{1,2,3}, Rob I. Griffiths^{1,2,3,4}, Tim Goodall¹, Briony Jones⁶, Carolin Weser¹, Holly Langridge¹, John Davison⁷, Ariane Dellavalle^{6,7}, Nico Eisenhauer^{8,9}, Konstantin B. Gongalsky¹⁰, Andrew Hector¹¹, Emma Jardine^{11,12}, Paul Kardol^{13,14}, Fernando T. Maestre¹⁵, Martin Schädler^{16,18}, Marina Semchenko¹⁵, Carly Stevens¹⁷, Marla A. Tsafoulis¹⁸, Oddur Vilhelmsson^{19,20}, Wolfgang Wanek²¹ & Francisca T. de Vries^{1,22,23,24}
Received: 23 February 2024
Accepted: 9 October 2024
Published online: 27 November 2024
Open access

Article

Groundwater-dependent ecosystem map exposes global dryland protection needs

https://doi.org/10.1038/s41586-024-07702-8 Melissa M. Rohde^{1,2,3,4,5}, Christine M. Albano⁶, Xander Huggins^{2,6,7}, Kirk R. Klausmeyer¹, Charles Morton⁸, Ali Sharman⁹, Esha Zaveri¹⁰, Laurel Saito¹⁰, Zach Freed¹⁰, Jeanette K. Howard¹, Nancy Job¹¹, Holly Richter^{12,13}, Kristina Toderich^{14,15}, Aude-Sophie Rodella¹⁶, Tom Gleeson^{17,18}, Justin Huntington⁶, Hrishikesh A. Chandanpurkar¹⁷, Adam J. Purdy¹⁹, James S. Famiglietti^{20,21}, Michael Bliss Singer^{21,22,23,24}, Dar A. Roberts²⁴, Kelly Caylor^{23,24,25} & John C. Stella¹
Received: 12 November 2022
Accepted: 11 June 2024
Published online: 17 July 2024
Open access

Groundwater is the most ubiquitous source of liquid freshwater globally, yet its role in supporting diverse ecosystems is rarely acknowledged^{1,2}. However, the location and extent of groundwater-dependent ecosystems (GDEs) are unknown in many geographies, and protection measures are lacking^{3,4}. Here, we map GDEs at high resolution (roughly 30 m) and find them present on more than one-third of



An emergency responder in Acapulco amid the rubble left by Hurricane Otis in October 2023.

A hurricane caught Mexico off guard: we must work together to prepare better

Research briefing

Artificial intelligence can provide accurate forecasts of extreme floods at global scale

The problem

As anthropogenic climate accelerates, the frequency of extreme floods is growing. Many of the world's largest rivers (watersheds) do not have accurate hydrology models to provide accurate predictions.

The solution

Unlike conventional hydrology models, artificial intelligence (AI) models can be trained on global data to provide accurate predictions.

Article

Global prediction of extreme floods in ungauged watersheds

https://doi.org/10.1038/s41586-024-07145-1
Received: 29 July 2023
Accepted: 31 January 2024
Published online: 20 March 2024
Open access
Check for updates

Floods are one of the most significant threats in developing countries and timely warnings are needed. Models typically use historical data to predict floods, but artificial intelligence (AI) models can be trained on global data to provide accurate predictions.

Article

Global atmospheric methane uptake by upland tree woody surfaces

https://doi.org/10.1038/s41586-024-07592-w
Received: 17 February 2022
Accepted: 23 May 2024
Published online: 24 July 2024
Open access
Check for updates

Methane is an important greenhouse gas¹, but the role of trees in the methane budget remains uncertain². Although it has been shown that wetland and some upland trees can emit soil-derived methane at the stem base^{3,4}, it has also been suggested that upland trees can serve as a net sink for atmospheric methane^{5,6}. Here we examine in situ woody surface methane exchange of upland tropical, temperate and boreal forest trees. We find that methane uptake on woody surfaces, in particular at and

Climate change

Permafrost strengthens Arctic riverbanks

Evan Nylen Dethler

The jury has been out on whether global warming will increase the erosion of riverbanks in the Arctic – with consequences for human infrastructure and the environment. A detailed analysis of an Alaskan river suggests that it will. See p.359

Because the Arctic is among the fastest warming regions on Earth, permafrost is melting rapidly. This is causing the erosion of riverbanks in the Arctic – with consequences for human infrastructure and the environment. A detailed analysis of an Alaskan river suggests that it will. See p.359



THE NILE WENT STRAIGHT AS ANCIENT EGYPT DRIED OUT

Around 4,000 years ago, the Nile River in what is now Egypt changed its ways. It stopped flowing in many wandering channels and began travelling in fewer, straighter channels – a change that probably affected ancient Egyptian civilization. The Nile's flow has shaped

Article

Large global-scale vegetation sensitivity to daily rainfall variability

https://doi.org/10.1038/s41586-024-08232-z
Received: 18 September 2023
Accepted: 16 October 2024
Published online: 11 December 2024
Open access
Check for updates

Rainfall events are globally becoming less frequent but more intense under a changing climate, thereby shifting climatic conditions for terrestrial vegetation independent of annual rainfall totals^{1–3}. However, it remains uncertain how changes in daily rainfall variability are affecting global vegetation photosynthesis and growth^{1–7}. Here we use several satellite photosynthesis products to

Article

Evidence of human influence on Northern Hemisphere snow loss

https://doi.org/10.1038/s41586-023-06794-y
Received: 2 March 2023
Accepted: 24 October 2023
Published online: 10 January 2024
Open access
Check for updates

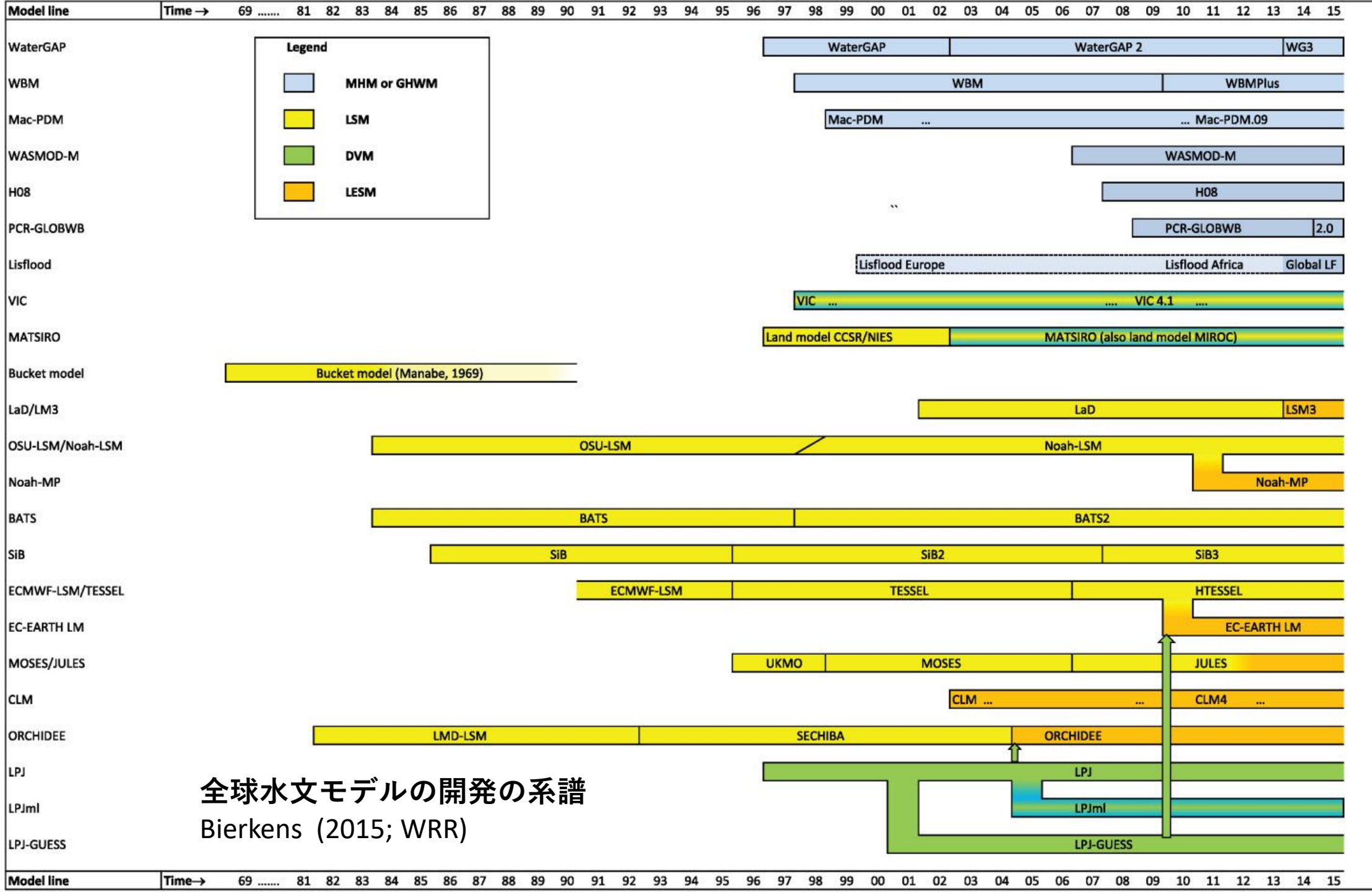
Documenting the rate, magnitude and causes of snow loss is essential to benchmark the pace of climate change and to manage the differential water security risks of snowpack declines^{1–4}. So far, however, observational uncertainties in snow mass^{5,6} have made the detection and attribution of human-forced snow losses elusive, undermining societal preparedness. Here we show that human-caused warming has caused declines in Northern Hemisphere-scale March snowpack over the 1981–2021 period. Using an ensemble of snowpack reconstructions, we identify robust snow trends in 82 out of 169 major Northern Hemisphere river basins, 31 of which we can confidently attribute to human influence. Most crucially, we show a generalizable and highly nonlinear temperature–snowpack relationship, in which snow becomes

Spanish floods show need for more flood-risk professionals

Last month's devastating flash flooding around Valencia, Spain, followed rainfall that, in some places, matched the region's annual average in just eight hours. It adds to a growing list of extreme flood events worldwide, driven by climate and land-use changes. But just as the need for robust flood management at local, national and global levels becomes greater and more urgent, some countries are reporting a worrying decline in student enrolments in relevant fields. Italy demonstrates the trend alarmingly well. Like Spain, Italy is a complex hydrogeology and increasing climate vulnerability, it is evident from several recent severe floods. From 2010 to 2023, enrolments at the undergraduate level in civil and environmental engineering dropped by 45%, in geology

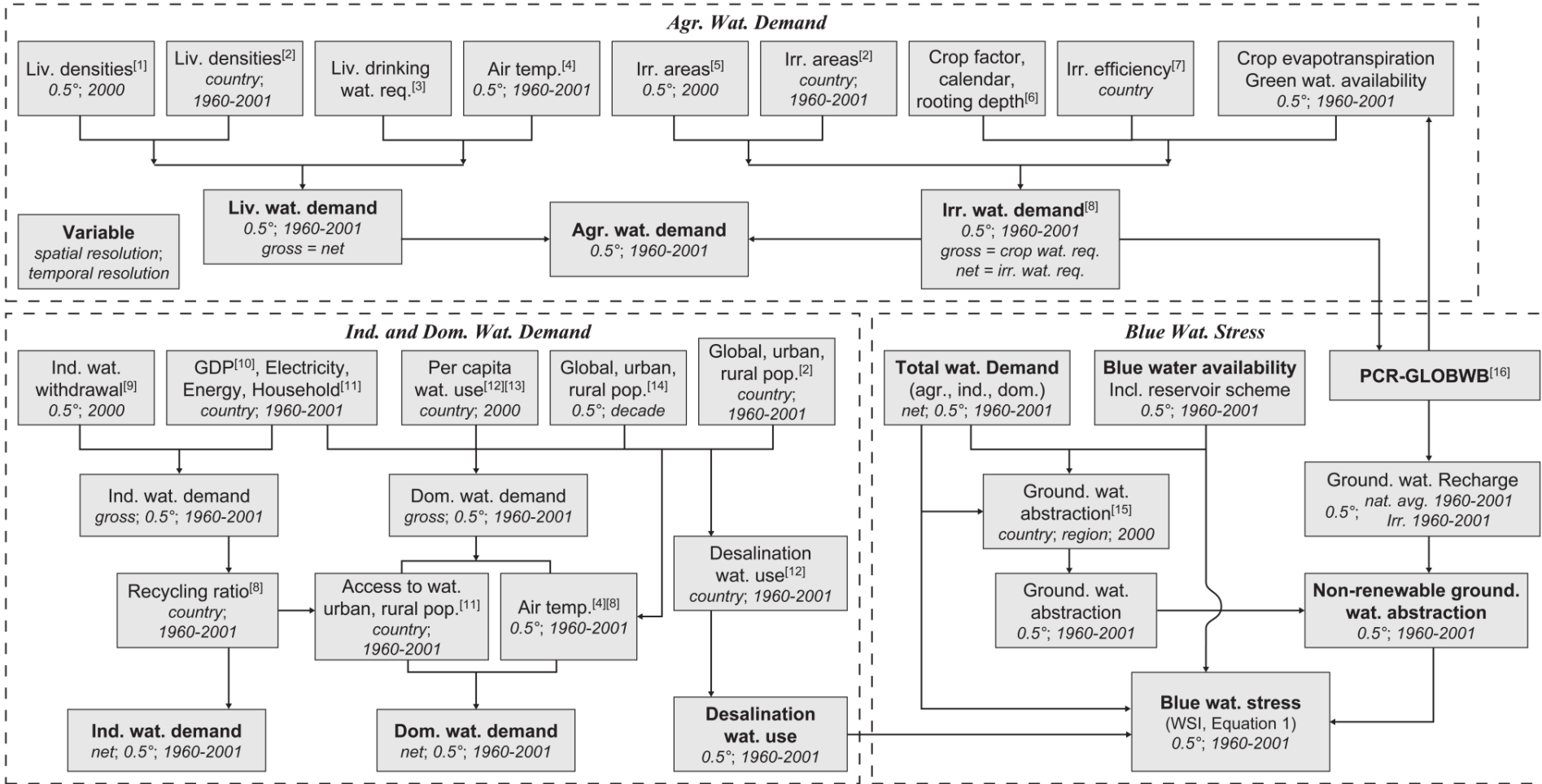
2023年は水文学にとって歴史的な年―世界水循環モデリング





全球水文モデルの開発の系譜
Bierkens (2015; WRR)

2000年初頭から始まった人間活動による水利用の全球評価



¹ Wint and Robinson (2007)

² FAOSTAT; <http://faostat.fao.org/>

³ Steinfeld et al. (2006)

⁴ Mitchell and Jones (2005)

⁵ Portmann et al. (2010)

⁶ Siebert and Döll (2010)

⁷ Rohwer et al. (2007)

⁸ Wada et al. (2011b)

⁹ WWDR-II data set; <http://wwdrii.sr.unh.edu/> (Shiklomanov, 1997; WRI, 1998; Vörösmarty et al., 2005)

¹⁰ World Bank; <http://www.worldbank.org/>

¹¹ UNEP; <http://www.unep.org/>

¹² FAO AQUASTAT data base; <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/>

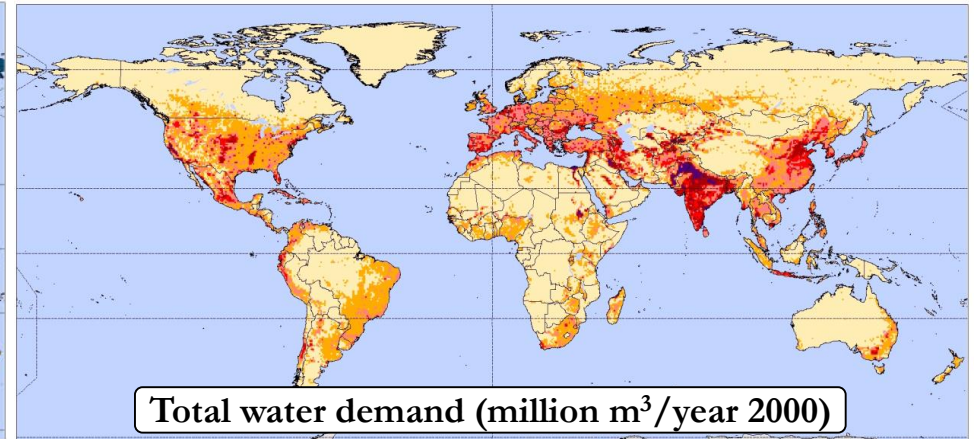
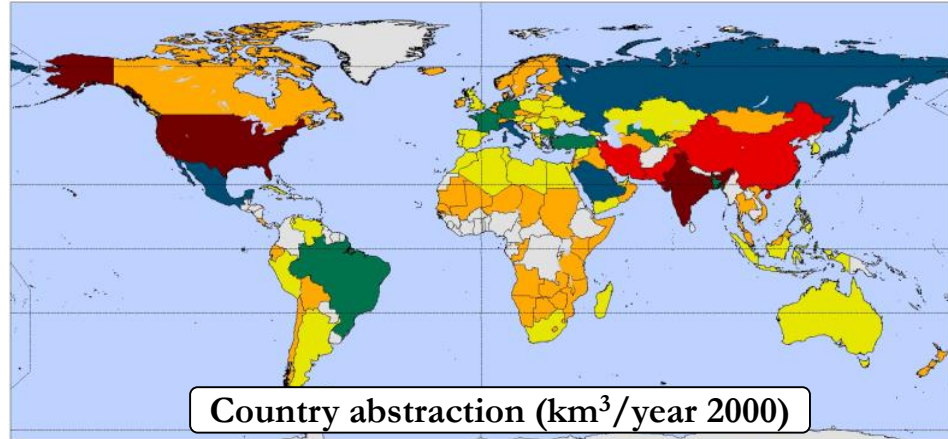
¹³ World's Water; <http://www.worldwater.org/> (Gleick et al., 2009)

¹⁴ HYDE; <http://themasites.pbl.nl/en/themasites/hyde/> (Klein Goldewijk and van Drecht, 2006)

¹⁶ Van Beek et al. (2011)

¹⁵ IGRAC GGIS data base; <http://www.igrac.net/>

Gross demand	Wat. withdrawal
Potential wat. requirements	Actually withdrawn from available wat. resources to satisfy gross demand
Net demand	Consumptive wat. use
Potential consumptive wat. use	Actually consumed from wat. withdrawal to satisfy net demand



No Data 0-1 1-5 5-10 10-50 50-100 100-200 0-2 2-20 20-100 100-300 300-1000 1000-1500

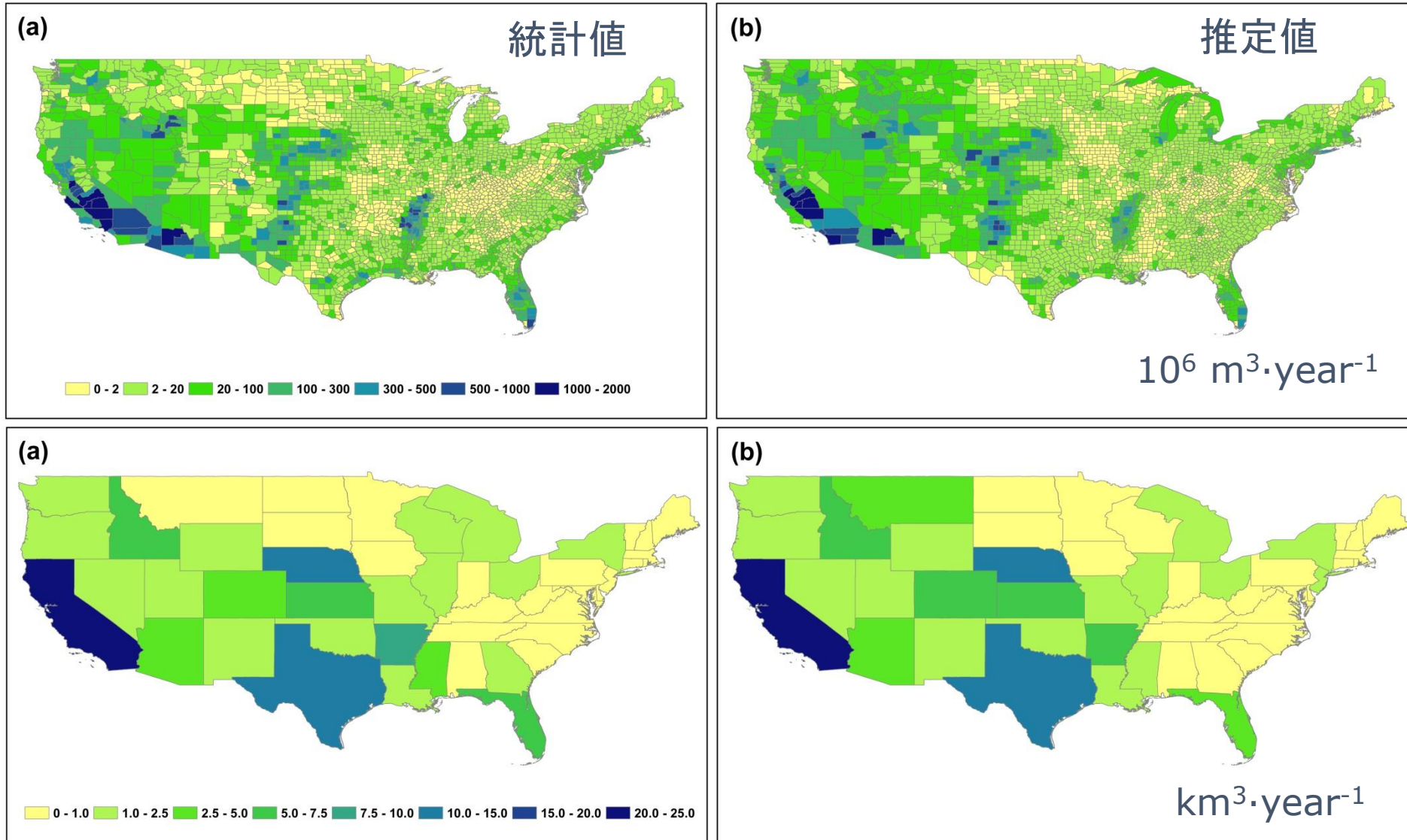
地下水取水のデータは??
120カ国から個別で収集



No Data 0-2 2-20 20-100 100-300 300-1000 1000-1500

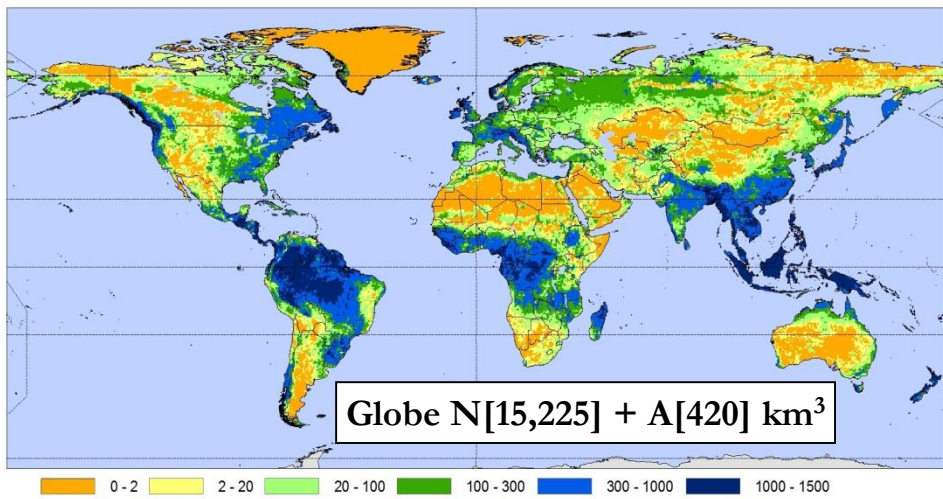
Wada et al. (2010)

地下水汲み上げモデルの評価

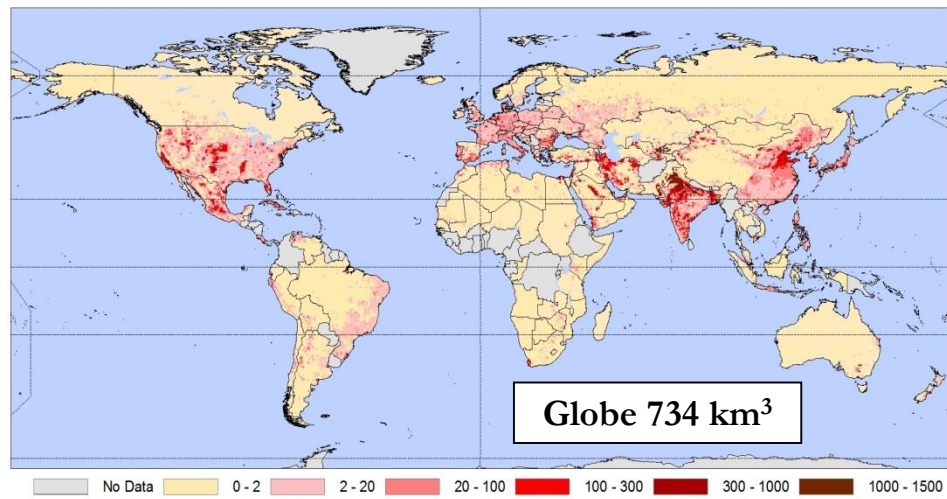


Comparison of reported and estimated groundwater abstraction for 2000: USA county and state level (USGS).

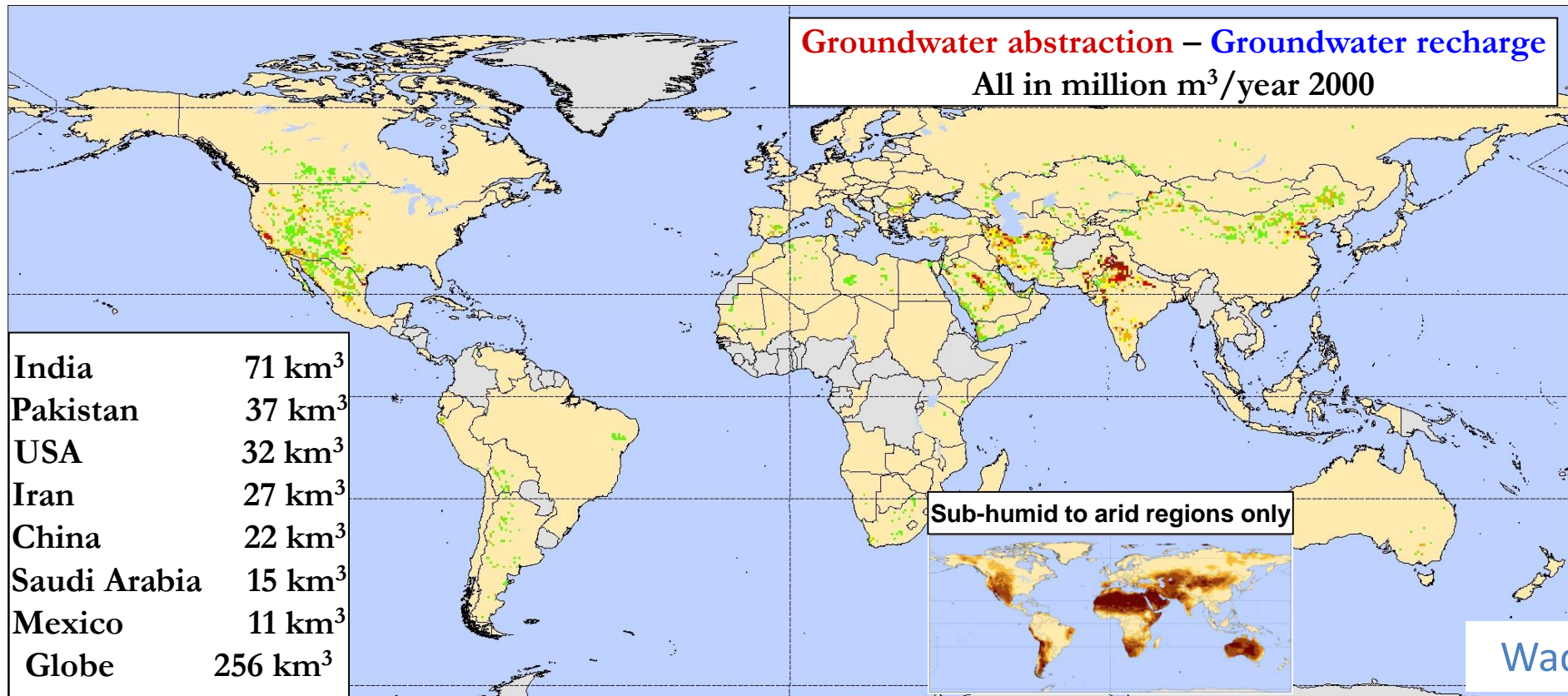
Wada et al. (2012)



0 - 2 2 - 20 20 - 100 100 - 300 300 - 1000 1000 - 1500

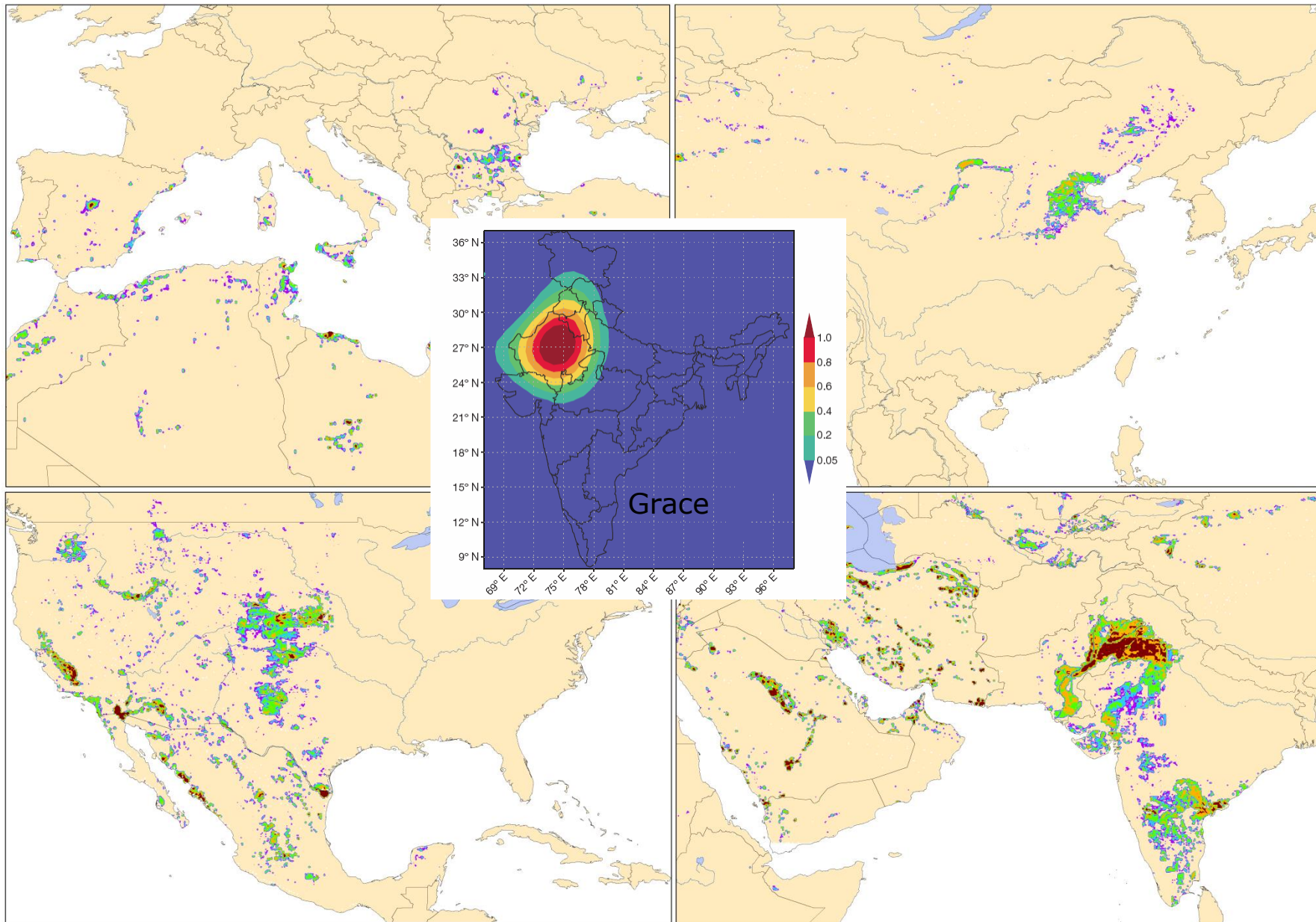


No Data 0 - 2 2 - 20 20 - 100 100 - 300 300 - 1000 1000 - 1500

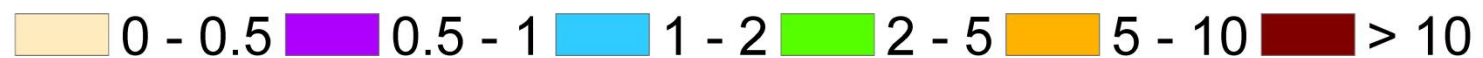


No Data 0 - 2 2 - 20 20 - 100 100 - 300 300 - 1000 1000 - 1500

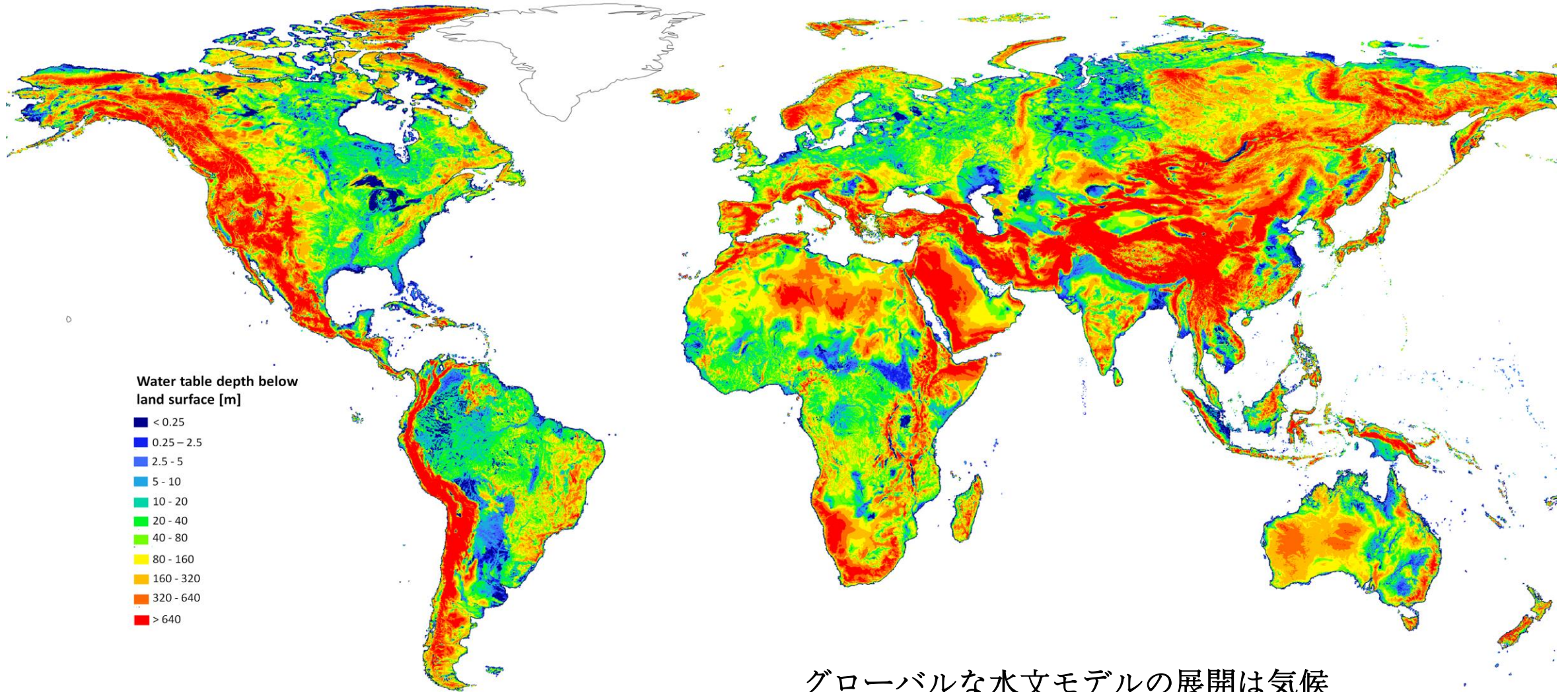
Wada et al. (2012)



Groundwater depletion [million cubic meter per year] [Wada et al. \(2016\)](#)



2010年半ばから始まった全球水文一地下水モデルの開発



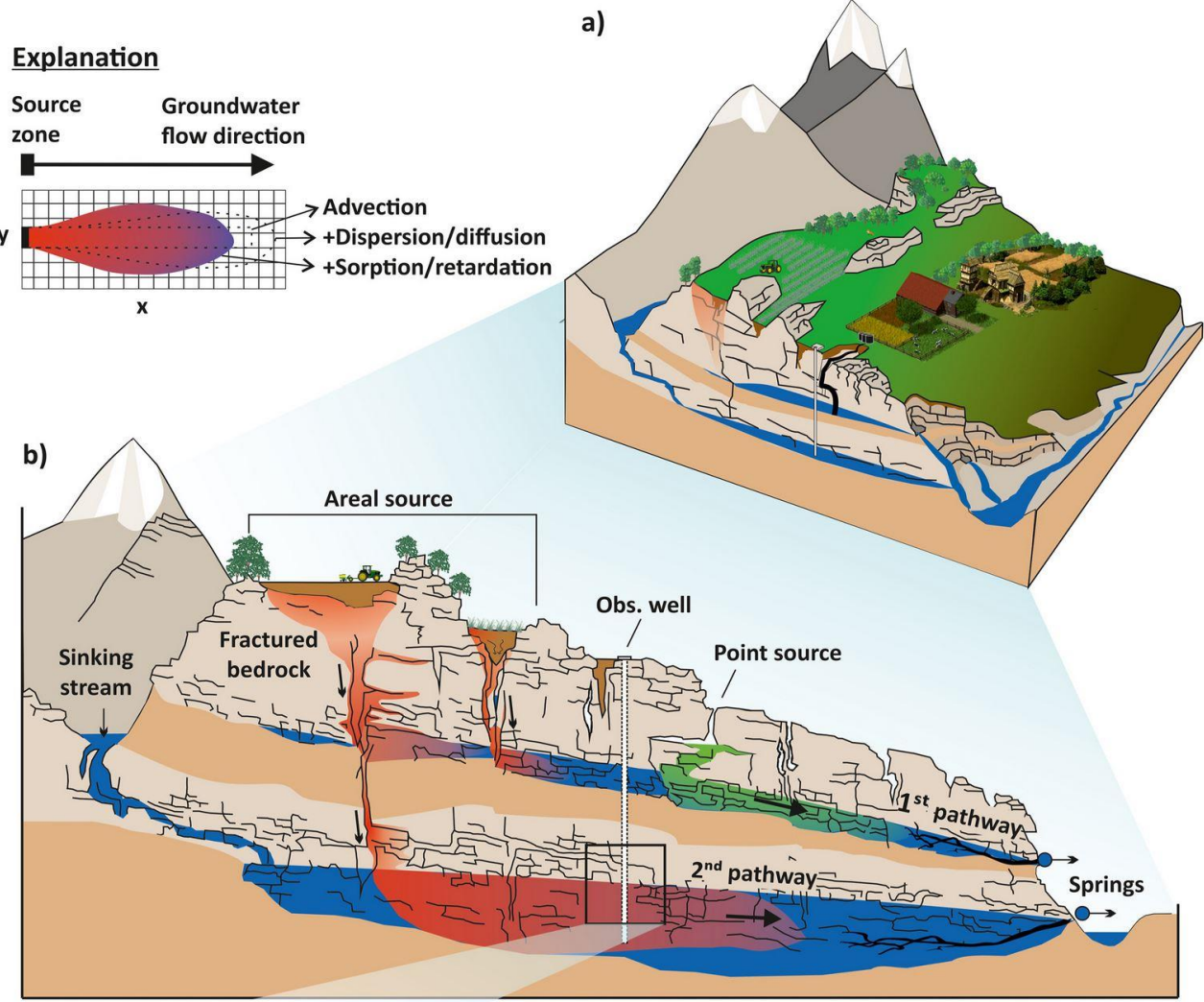
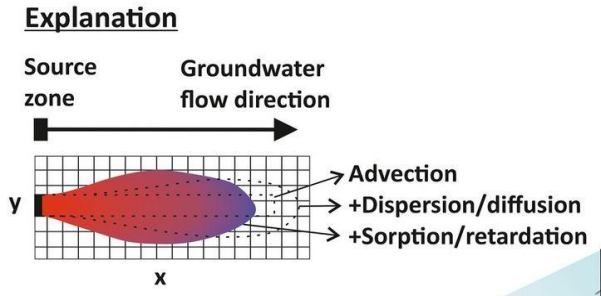
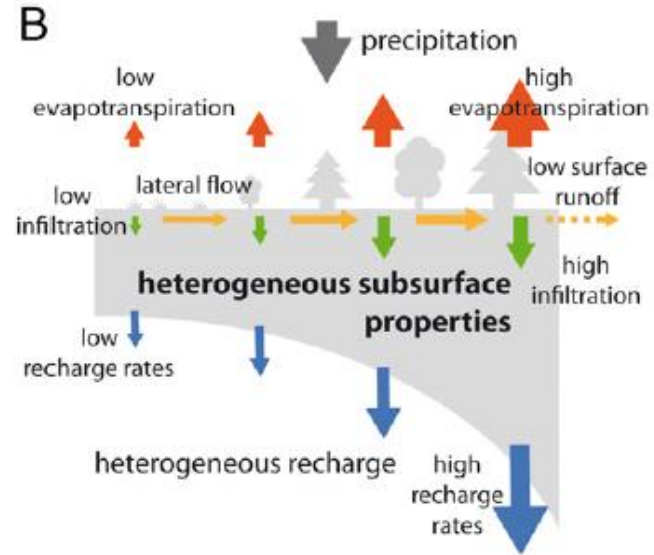
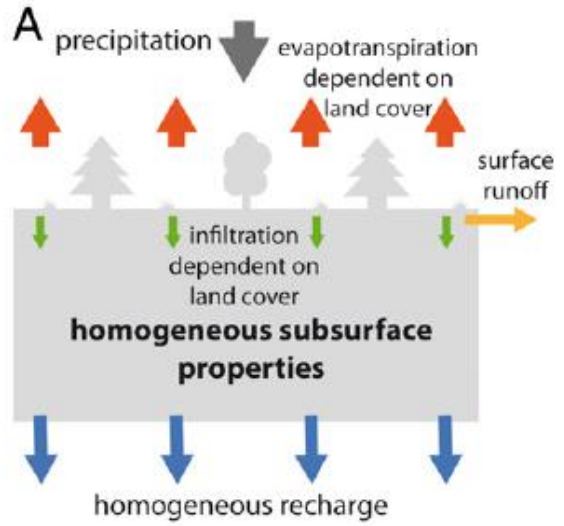
全球地下水位 (PCR-GLOBWB-MODFLOW)

グローバルな水文モデルの展開は気候学、海洋学など他の分野に比べて非常に遅れている

de Graaf et al.
(2015)

全球地下水モデルの複雑さの着地点は？？カルスト地帯の考慮など

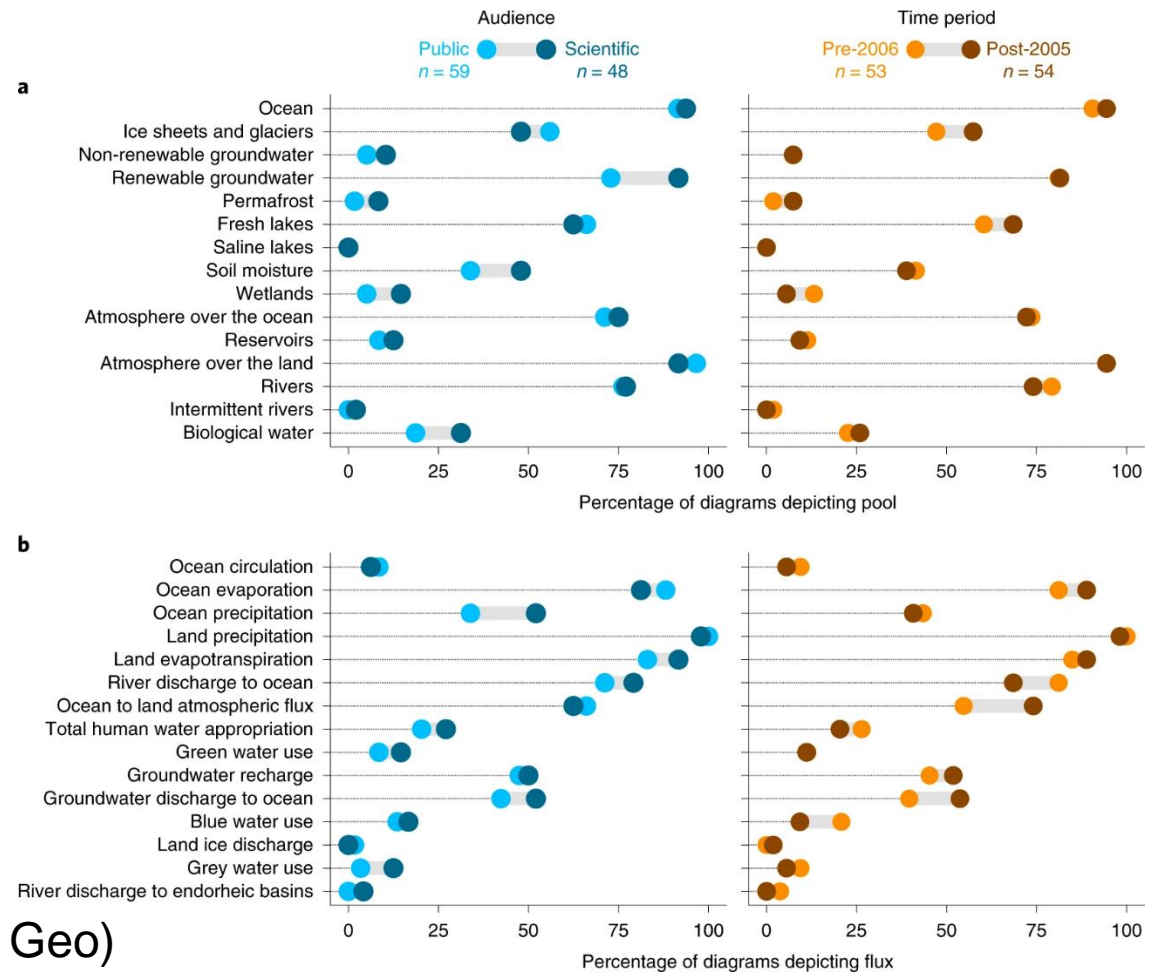
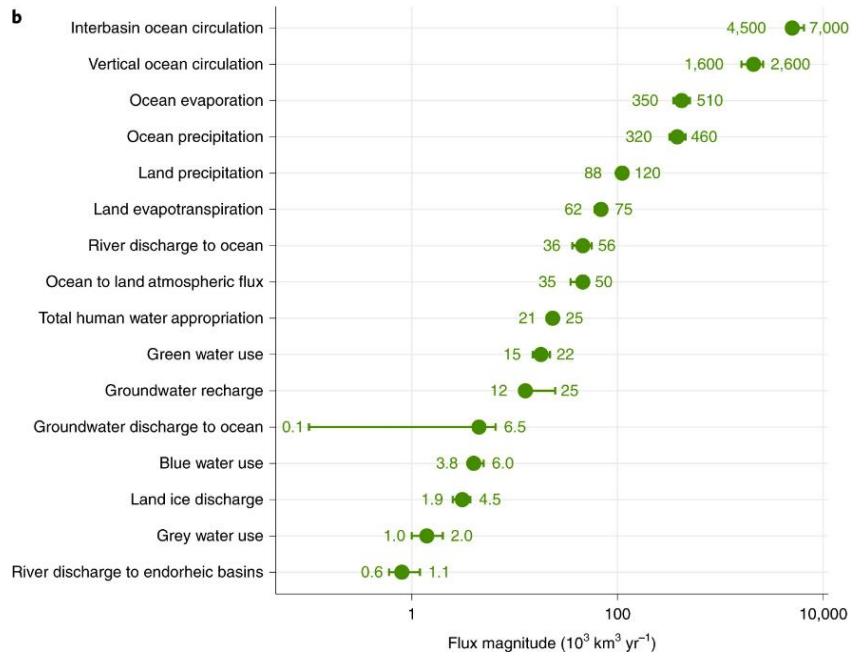
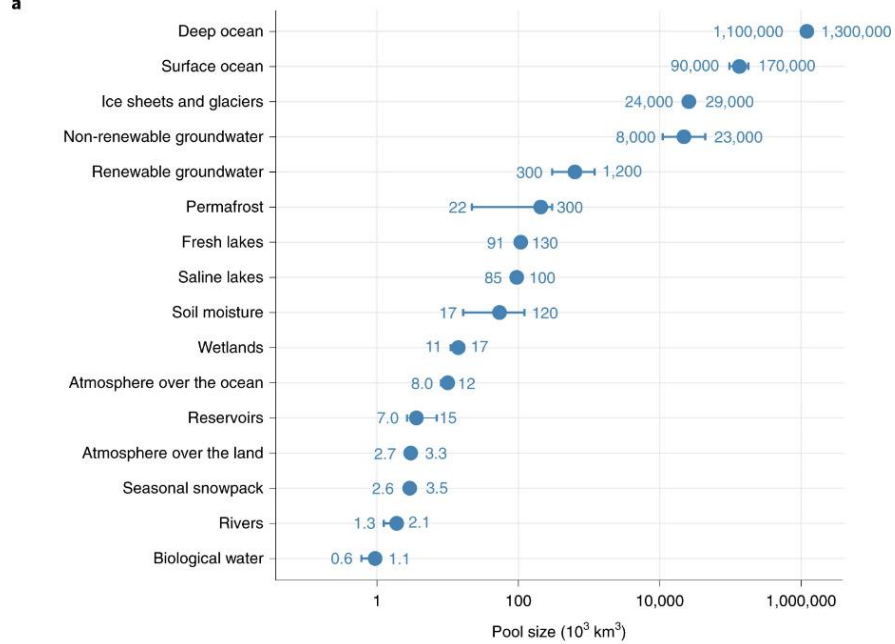
Hartmann et al.
(2017)



1934年から作られた464の水サイクルの概念図 (textbooks, articles, reports, advertisements since the year 1934)

2% includes 気候変動/水質汚染

95% uses 一つの流域ベース

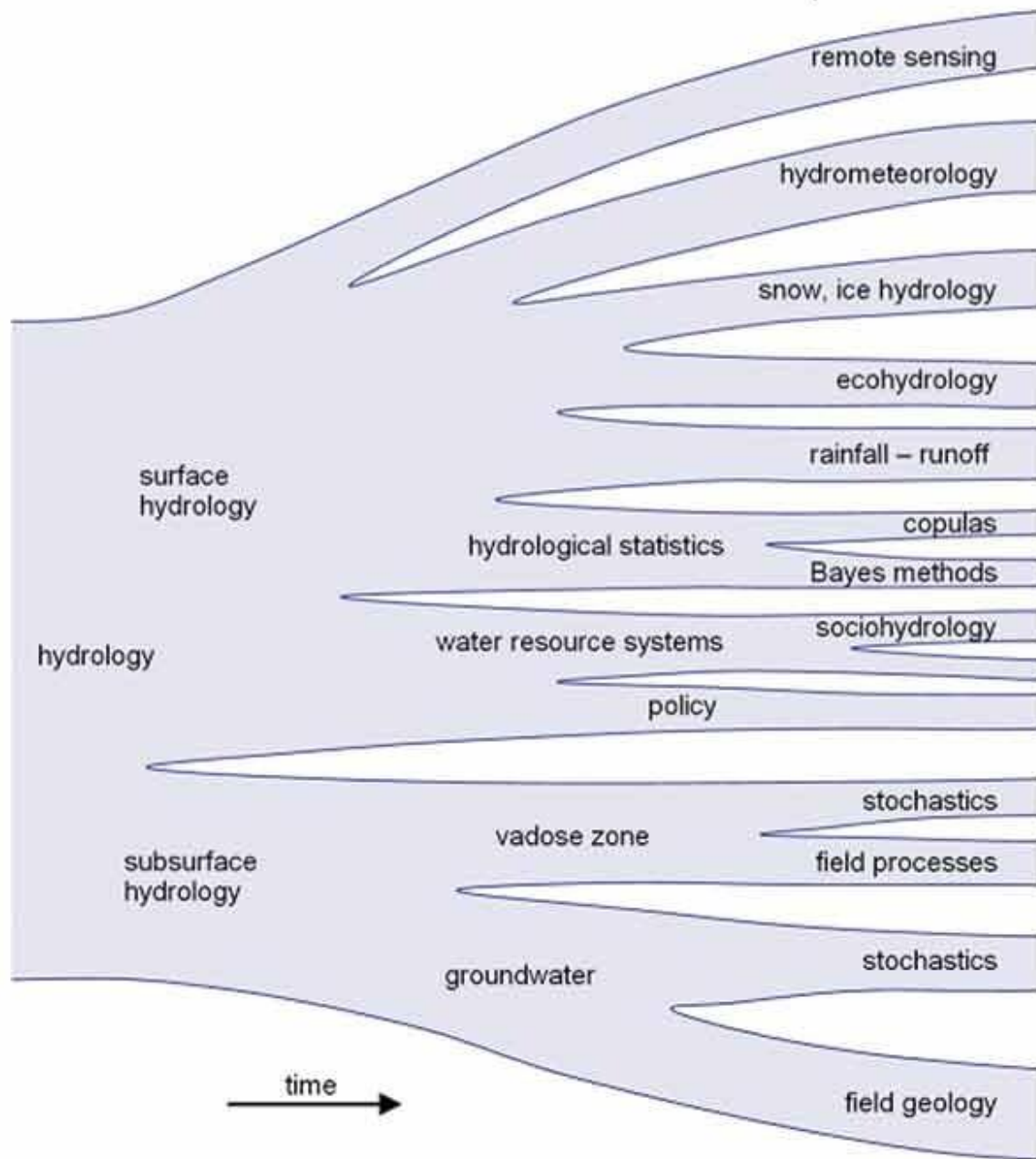


Evolution in depictions and human perceptions in water

Abbott et al. (2019; Nat Geo)

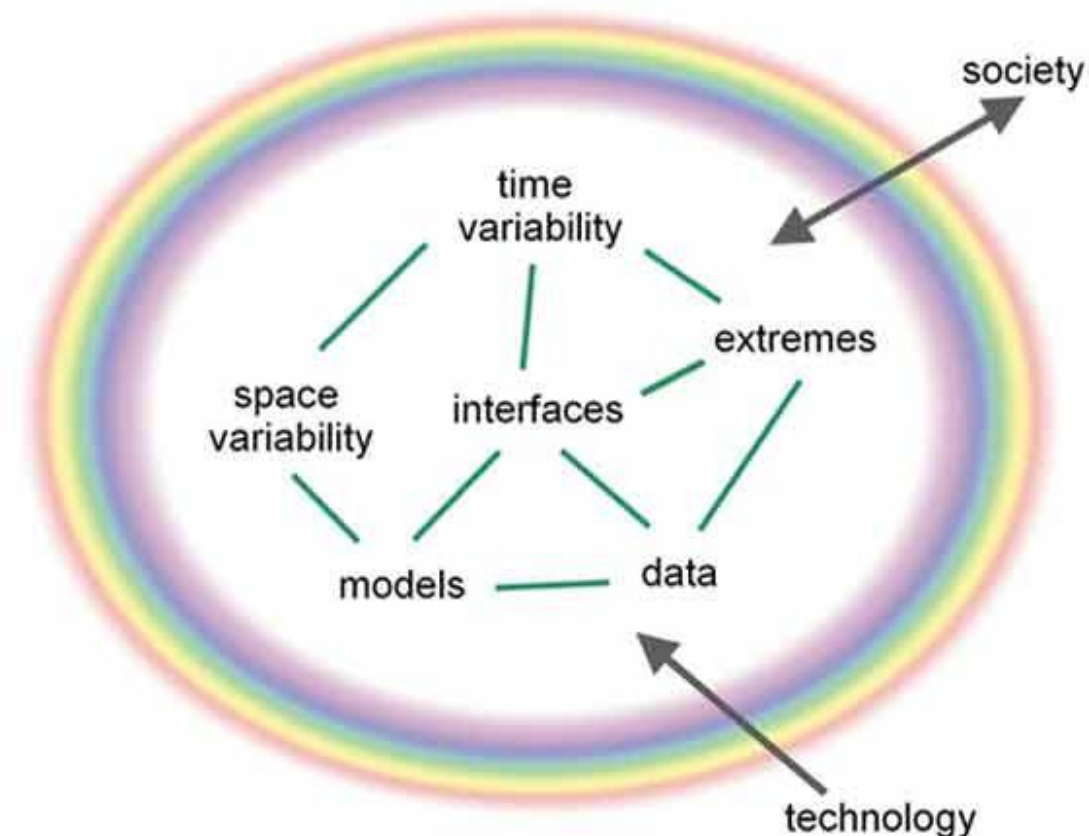
(a)

Future 1: Canalisation of subdisciplines



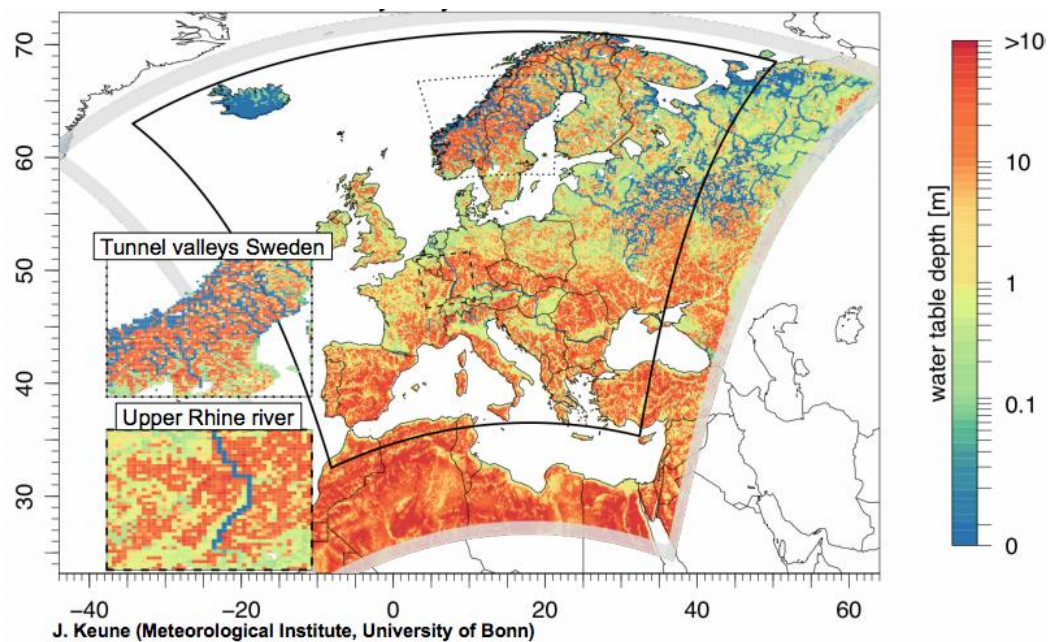
(b)

Future 2: Synthesis of subdisciplines



全球地下水モデルの最先端はどこに??

- Dramatic rise in the development and application of new concepts, models, remote sensing and in-situ observations, and technology in hydrologic science
- The concept of socio-hydrology has brought a new interface of people and water in hydrology
- Rapid advances of process based large-scale models
- Land-groundwater-climate interactions are getting more attentions and more research needed (global/regional/local)
- Dynamic simulation of coupled land-groundwater-atmospheric-ocean system is still challenging and sensitive to the choice of modeling algorithm, assumptions and internal variability – hydrodynamic impacts missing?, hydrology well represented (still residual)?
- Satellite observations have been producing unprecedented amounts of information across the globe, but not fully assimilated/utilized yet?
- Isotopic information has been revealing hidden patterns in important hydrologic and climatic processes such as atmospheric and land water balance, water quality, transpiration and groundwater age worldwide, providing an avenue for closer interactions between isotopic and general hydrology community.
- In the last 5 years, there are more than 500 papers published in Water Resources Research with the keyword of ‘machine learning’ and/or ‘AI’, but development of new algorithms are limited.
- ML/AL models, e.g. LSTM, are now as good as calibrated hydrological models at regional scales, and future of hybrid AI/ML and process based models may be a mainstream?



1) Scaling still big issue and how we approach as community??

Spatial resolution:

Global 10km => 1km

Continental 5km => 1km

Large catchment 1km => 100m

In 1990s, continental/global hydrological models were first applied at 50-100km grid.

=> 250 million active cells at 30 arcsec resolution (~1 km resolution) globally

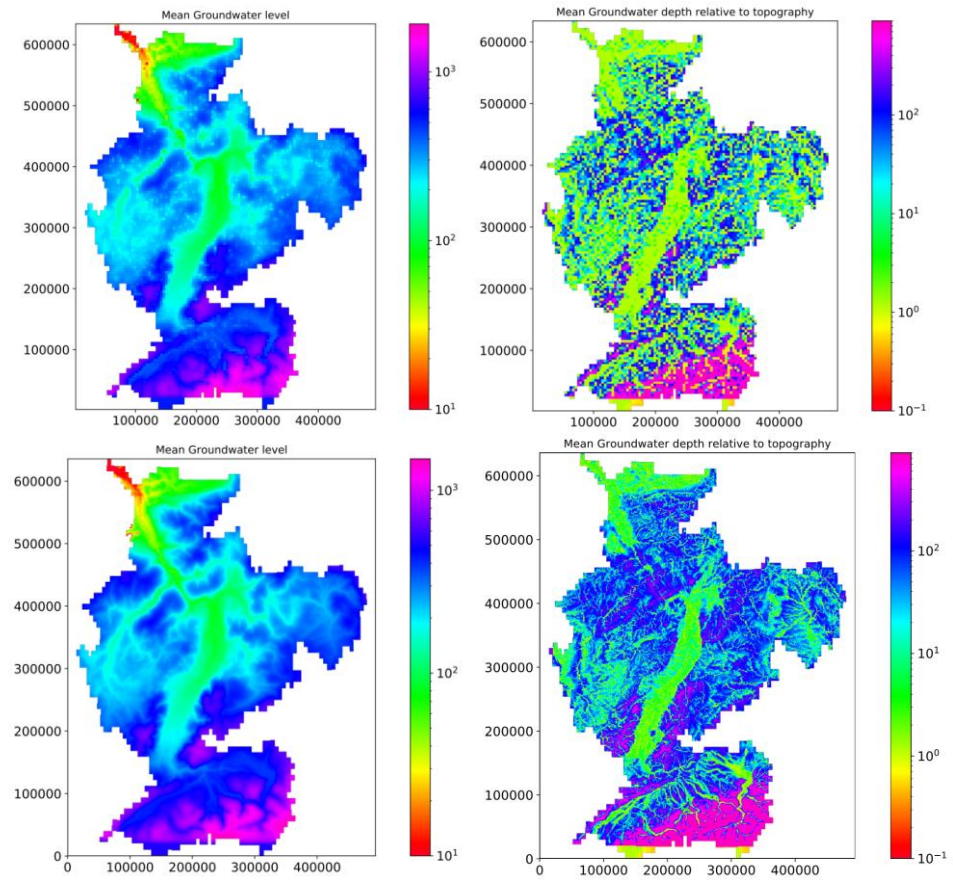
Next-generation exascale supercomputers with thousands to millions of cores solving millions to billions of cells

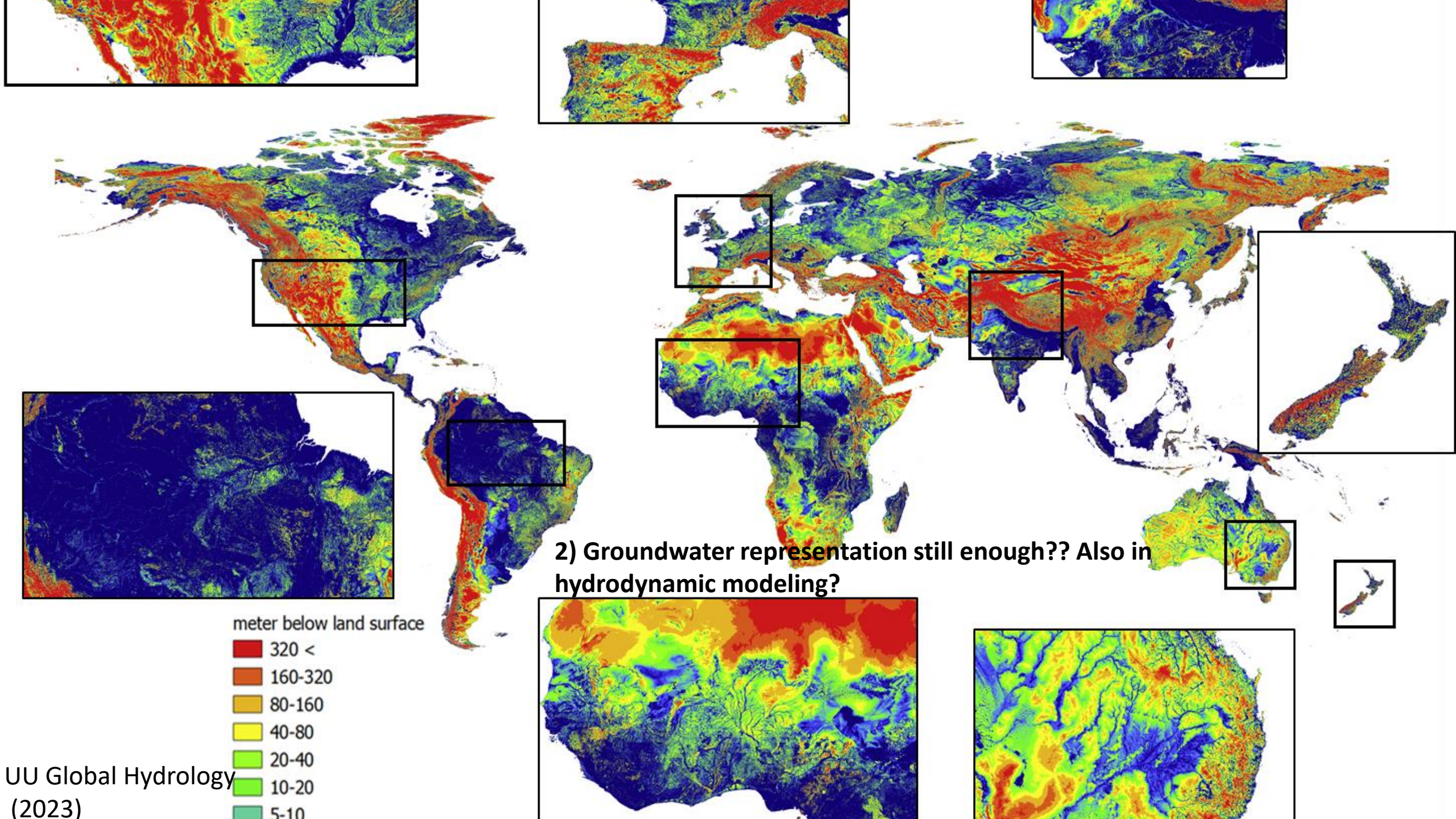
~ Computer scientists needed?

Keune et al. (2018; GRL)

Burek et al. (2019; GMD)

Verkaik et al. (2019; EGU)





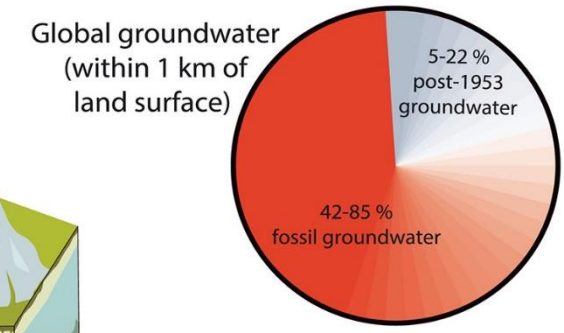
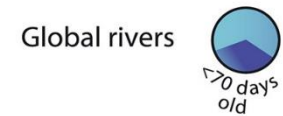
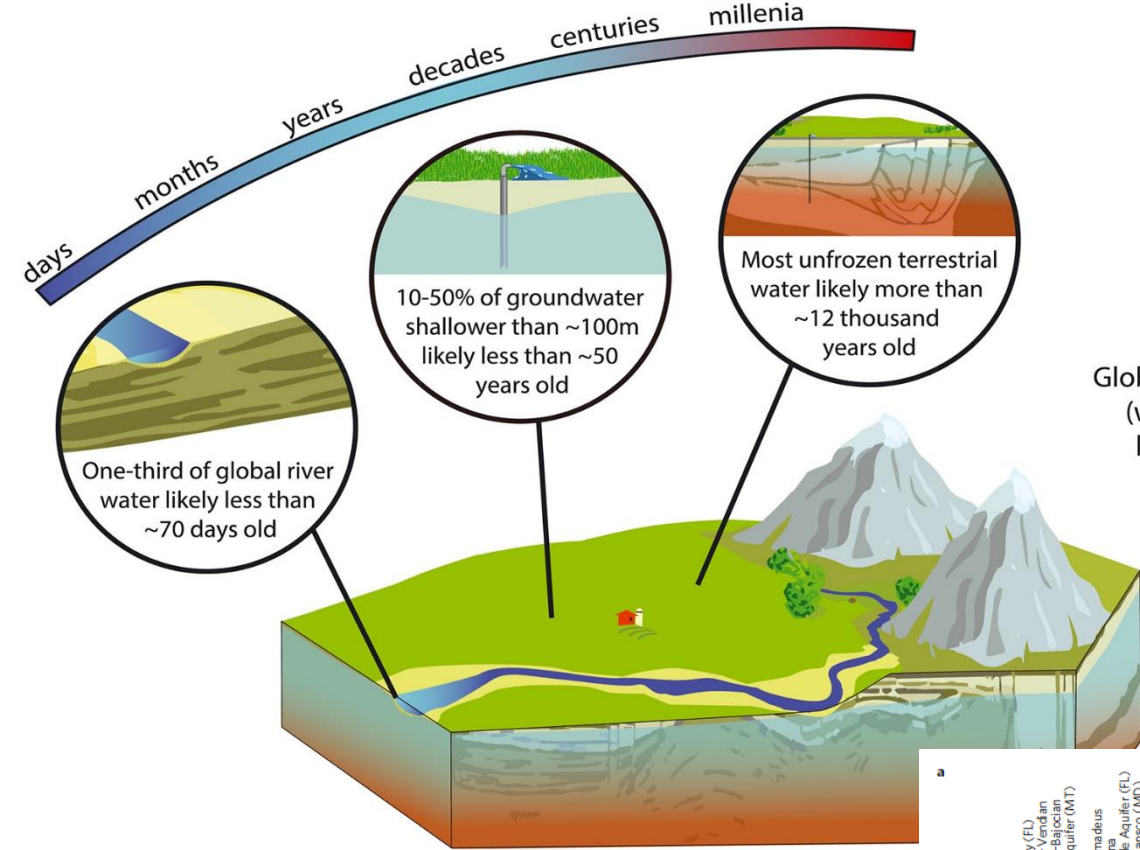
2) Groundwater representation still enough?? Also in hydrodynamic modeling?

Depth to the fossil groundwater transition in 62 aquifers measured by groundwater carbon isotope data (6455 wells).

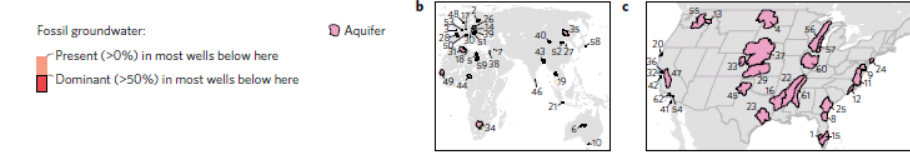
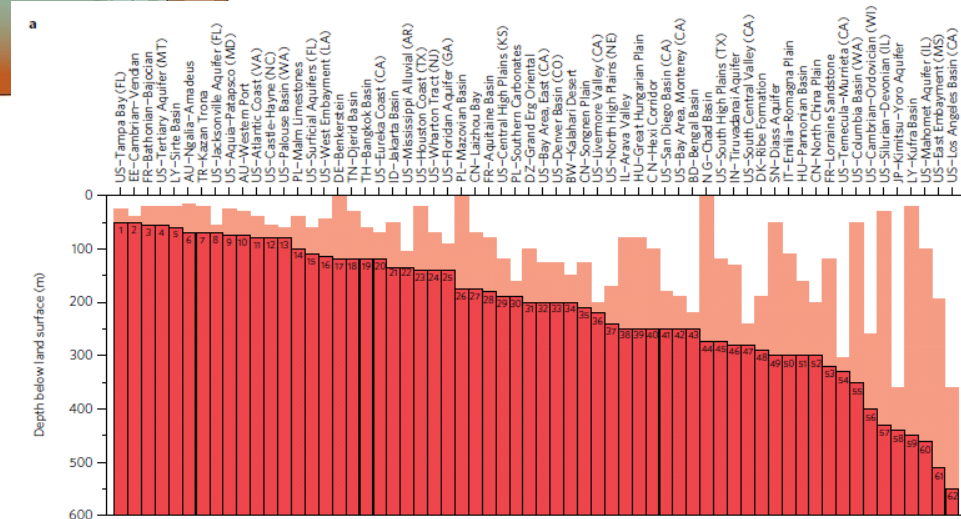
The shallow depth (top of peach bar) represents a depth below which most wells (>50%) contain detectable fossil groundwater (minimum fossil groundwater fraction >0%).

The deeper depth (top of red bar) represents a depth below which most wells (>50%) are dominated by fossil groundwater (minimum fossil groundwater fraction is >50%).

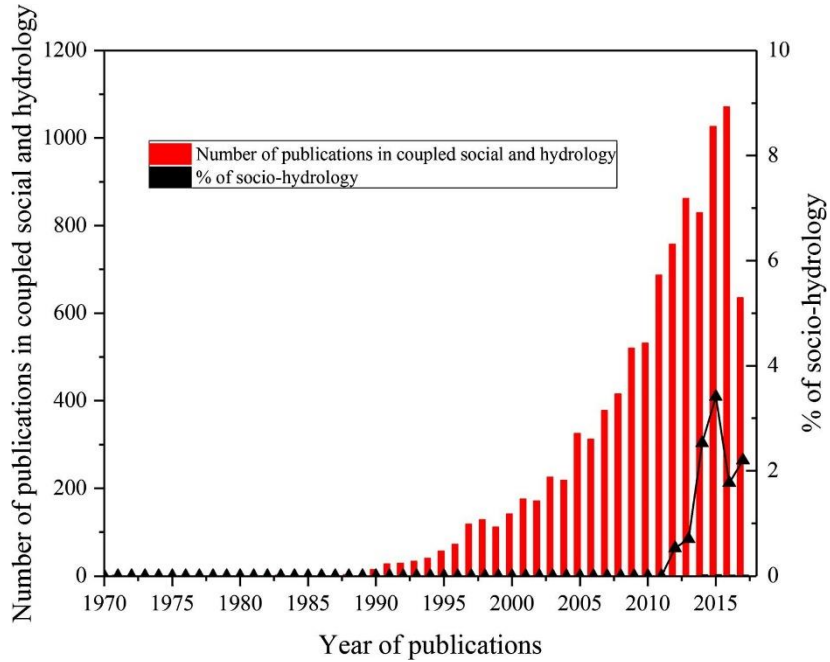
Fossil groundwater becomes dominant at a median depth of 200 m (lower–upper quartiles are 115–290 m).



3) Do we know enough about water age dimension? How can we utilize this type of information?



Jasechko, Wada et al. (2017; Nature Geoscience)



Multi-disciplinary

⇒ Interdisciplinary

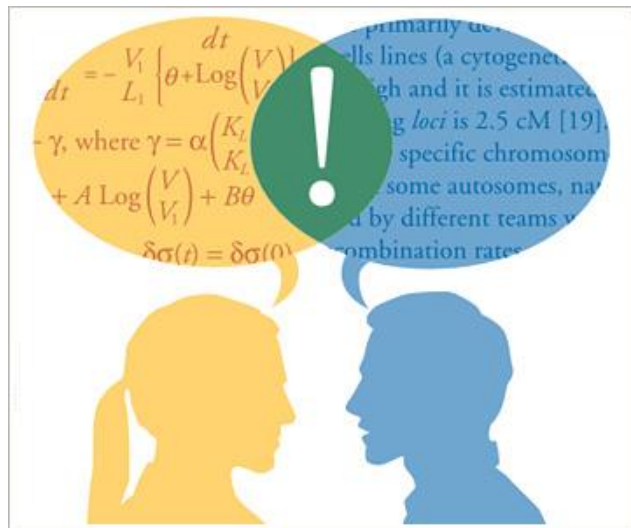
⇒ Transdisciplinary

4) How multidisciplinary are we and how far do we go?

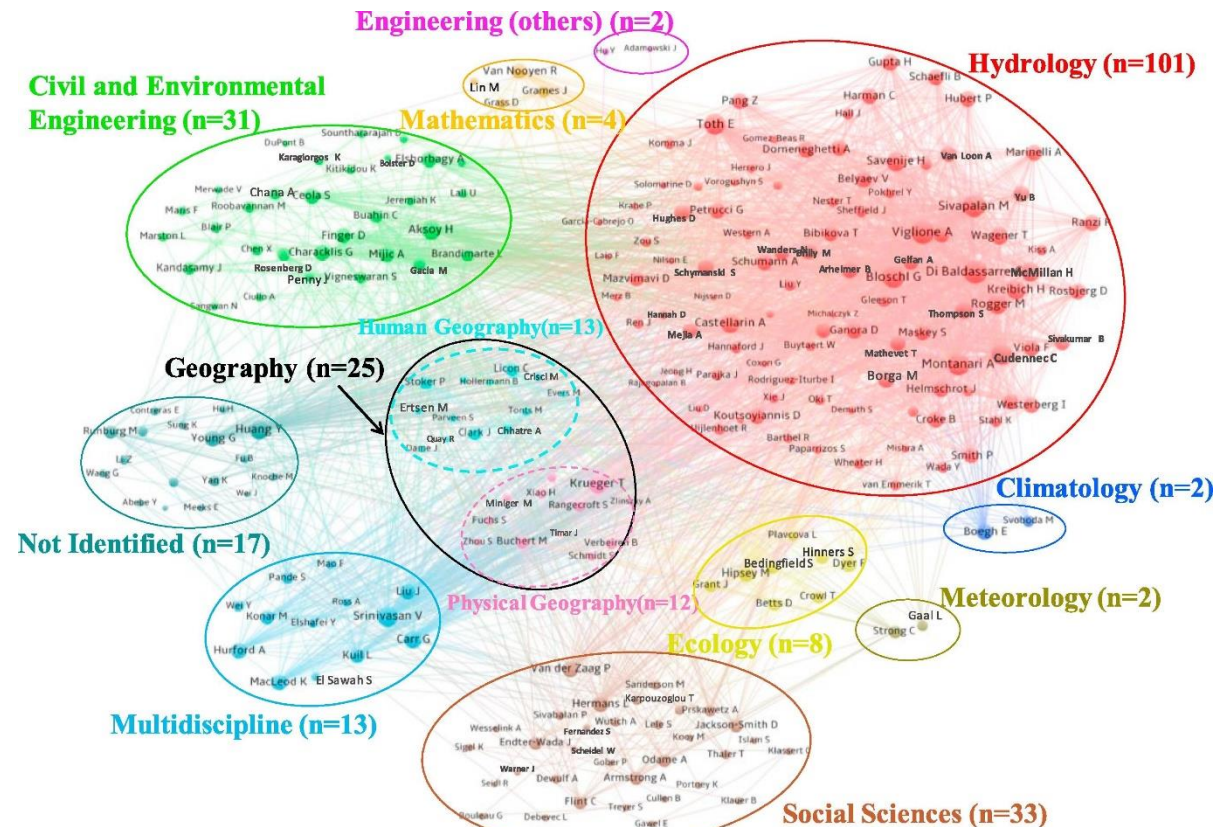
New conceptual development

⇒ Socio-hydrology

(led by hydrologists so far...)



Xu et al. (2018; JOH)



Digital innovation and big data are not coming but already here...

NASA satellite observations: 85 terabytes of data per day for a single mission/project

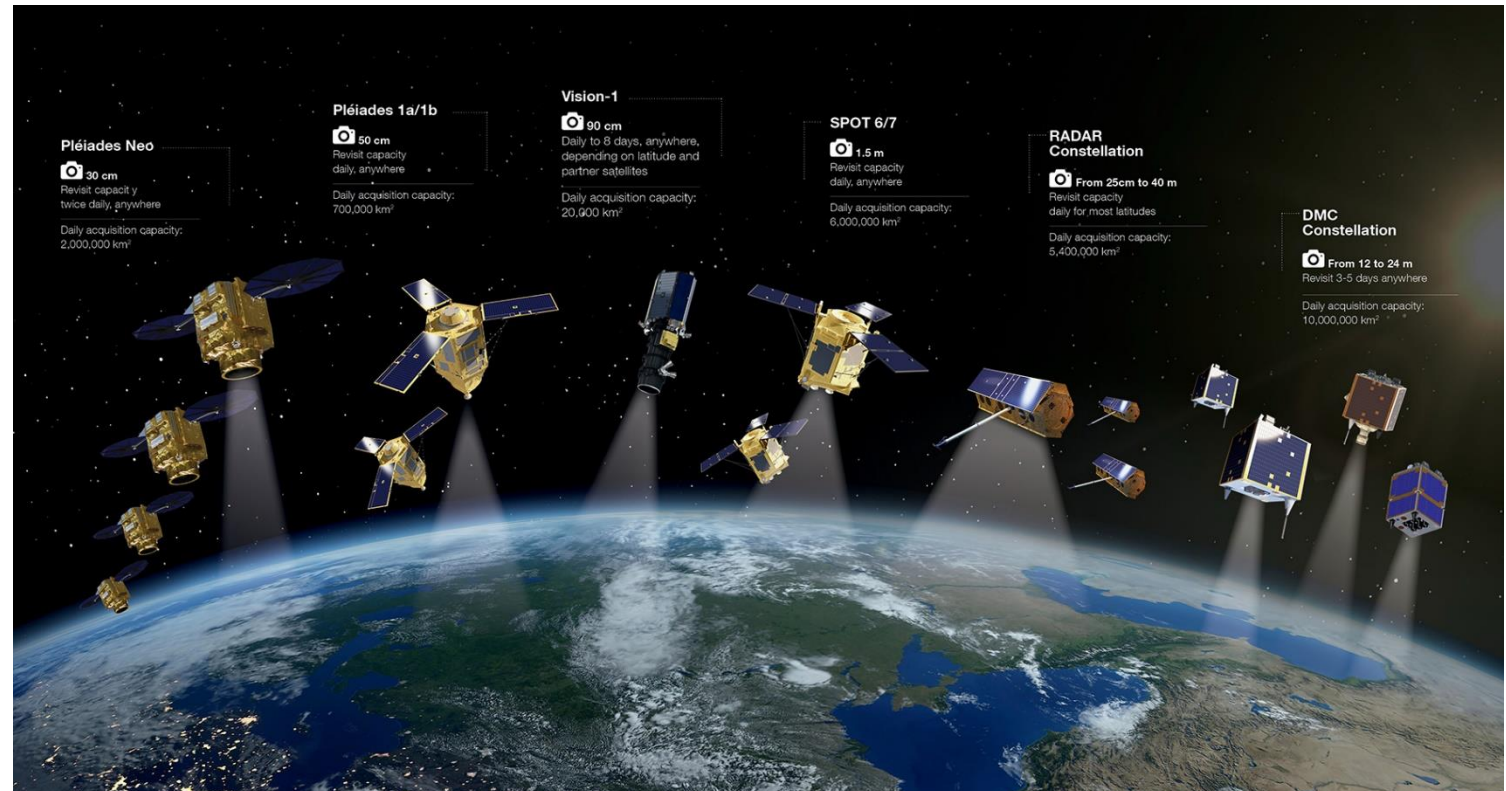
NASA using commercial cloud servers to store and manage earth observation data to be over 45 petabytes per year by 2022 and over 245 petabytes total volume by 2025 (<https://earthdata.nasa.gov/eosdis/cloud-evolution>)

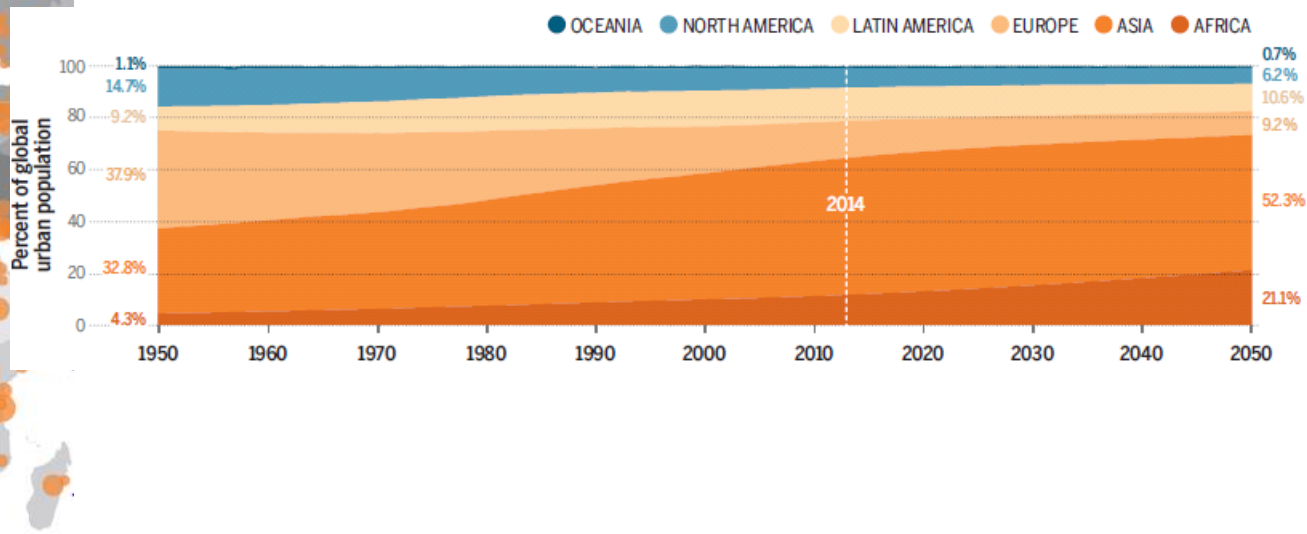
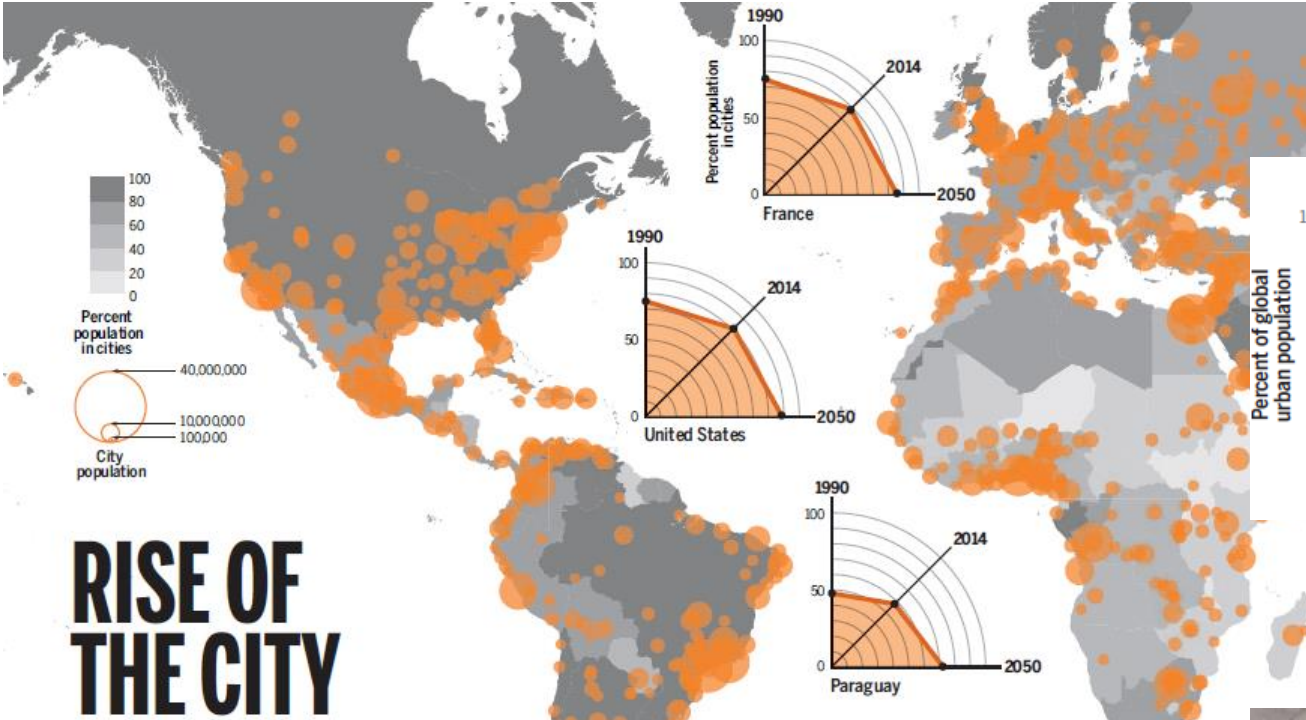
Multidimensional “Geodata Fabric” ~ analogy is Google Earth Engine, which integrates various data layers from multiple sources

Community driven commonly accessible framework and format needed

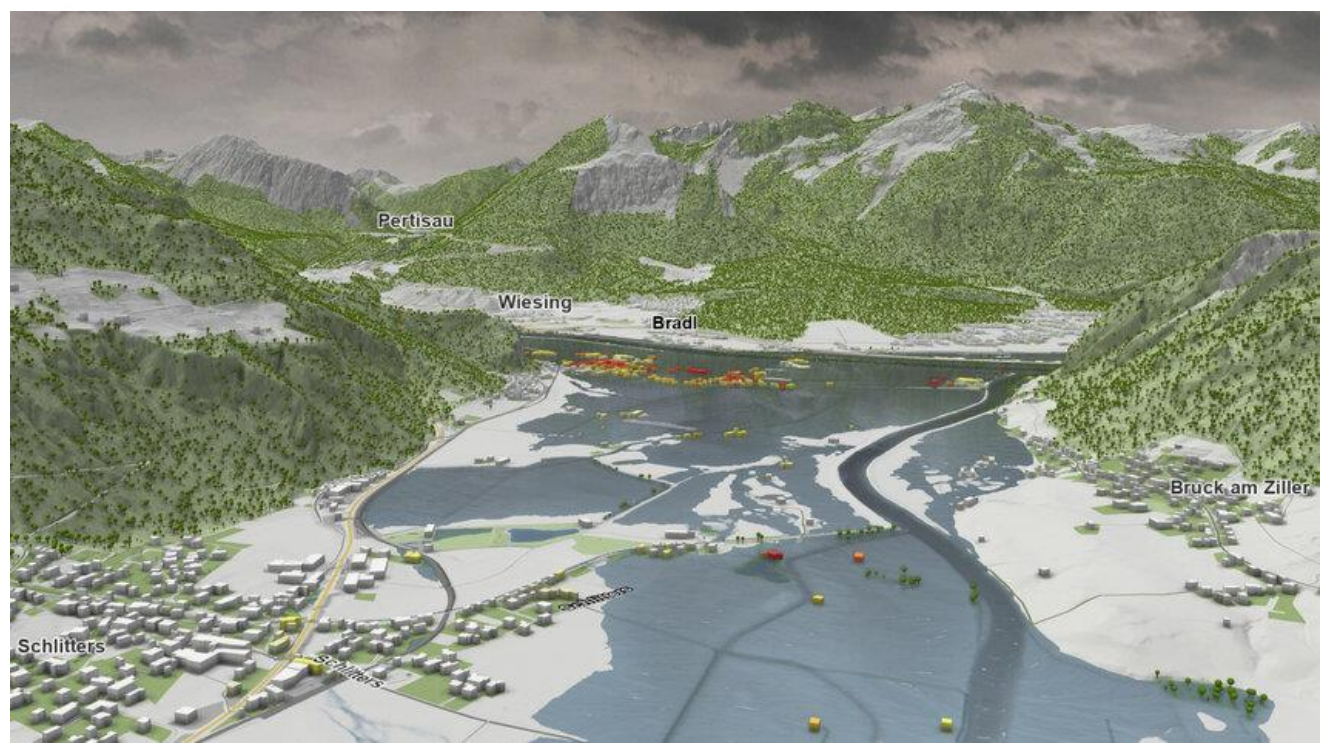
5) Are we ready to use satellite, remote sensing, aerial/drone images, citizen science approach?

<https://www.nasa.gov/>





6) Can we handle (hydrology, hydrodynamics, socio-hydrology) urban areas where more than 70% of global population lives?



<https://www.science.org/doi/10.1126/science.352.6288.906>

Ongoing shifts from physical hydrology to more socio-economic-hydrology and ML/AI

WRR (1965-2019)

Physical (>20,000) – Social/Economic (<3000)

WRR (2010-2019)

Physical (5000) – Social/Economic (2000)

Digital Innovations are growing...

WRR (1965-2019)

Machine learning/AI (300)

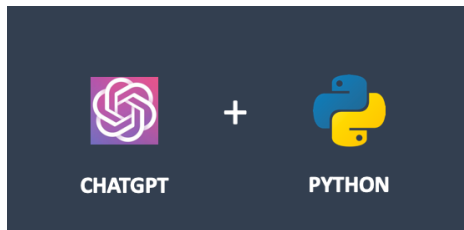
WRR (2010-2019)

Machine learning/AI (>200)

Bigger challenges in disciplinary boundaries in WRR (hydrology, social science, economics, computer science, data scientist, geodesy, psychology)

7) Conceptual development => Technology development Conceptual development <= Technology development?

Agent based modeling (run by AI/Machine learning) will be integrated with physical hydrological models at various nested scales (communities, cities)



Crooks et al. (Elsevier; 2018)

Galan et al. (Geology; 2019)

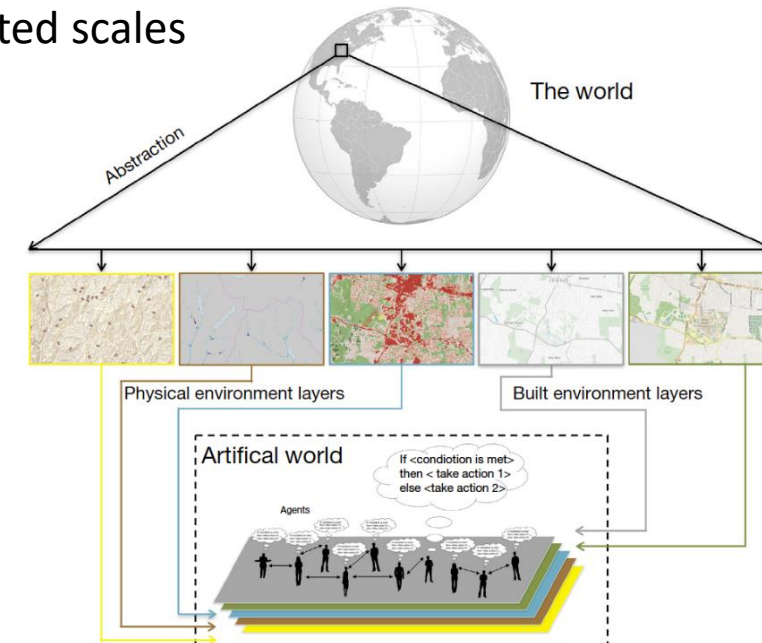
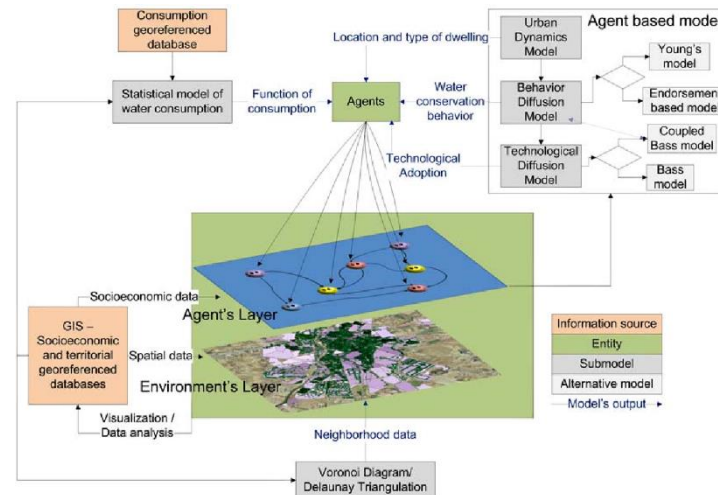
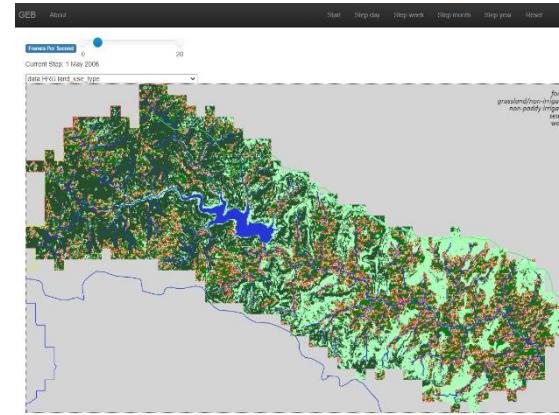
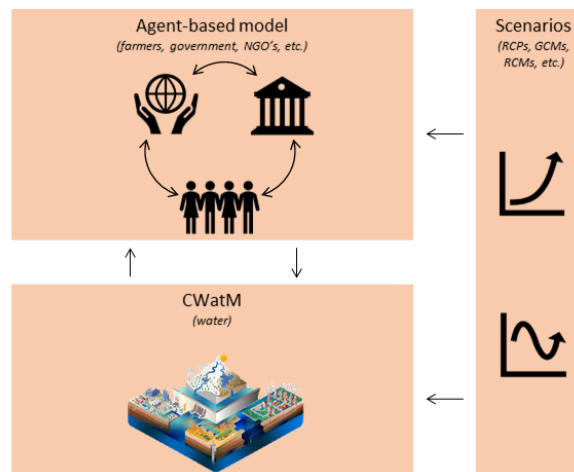
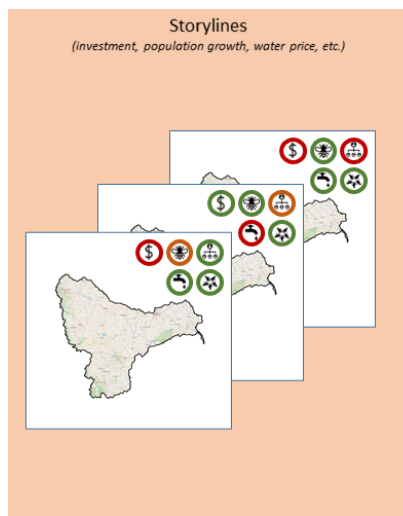
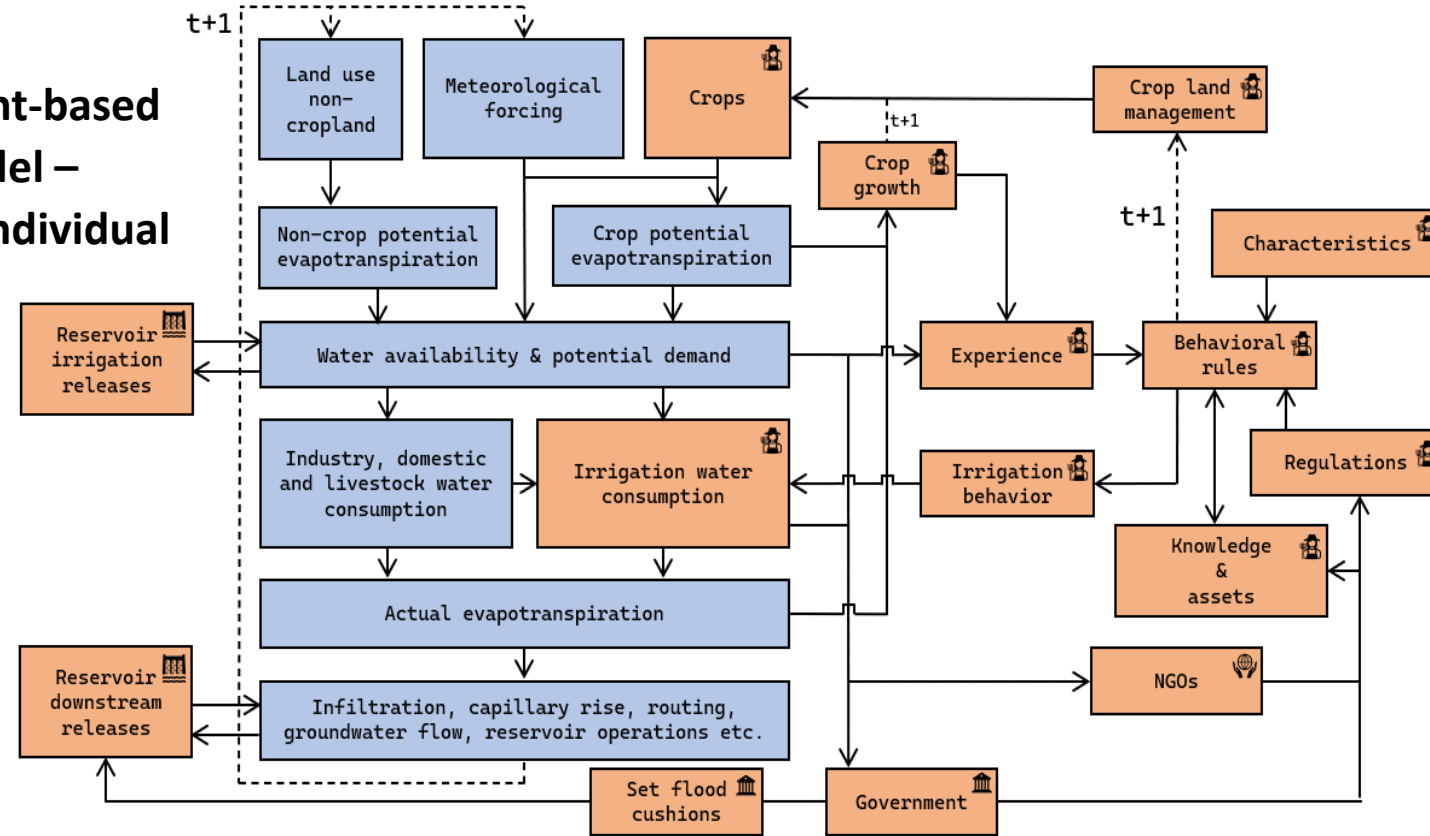


Fig. 7 Abstracting from the "real" world into a series of layers to be used in the artificial world for which to base the agent-based model upon.

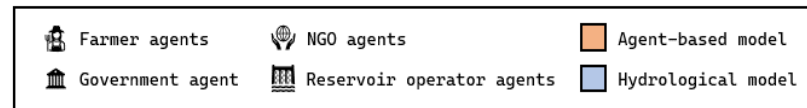


GEB: A large-scale agent-based socio-hydrological model – simulating 10 million individual farming households

7) Do we have enough conceptual advancements?



De Bruijn, Wada et al. (2023; GMD)



今後のさらなる発展に必要な視点

- Hydrological science may be in a crossroad about future directions with rapid technological development, unprecedented data and emerging paradigms with human dimensions
- Rapid progress toward HPCs, Exascale computing, Big data, Citizen science, Satellite data, AI/ML – do we have enough expertise?
- Opportunity for Isotope data/isotope hydrology to provide hidden hydrological processes at high spatial resolutions and more cross-disciplinary isotope expertise needed!
- More community efforts are encouraged toward model-conceptual advancement in water resources management, water quality assessment and evaluating SDGs
- The role of hydrology in evaluating/promoting SDGs (SDG6)?
- We may need a more holistic and dedicated training/education program for AI/ML-hydrology-water management as disciplinary gap still big issue (also within hydrology)?
- Are (hydrological) science communities responding enough to societal and policy needs?
- Future of Hydrology Workshop (TBD) – What is the role of Asia/Middle East, Promoting regional capacity building, BAU of peer reviewed science publication continues, Future of models?

これからの研究者のキャリア形成は??

博士課程は必要か?

末は博士か大臣か、はもう神話?

社会的な要求に応えられるツールがあるか?

日本と世界の両方の視点で研究をしている人はどのぐらいいるか?

政策決定のいろいろなプロセスにたずさわるスキルは?

研究者の評価の仕方は今だに化石時代?

AI関連のスタートアップは飛躍的に伸びている

1. 教授・指導する立場
2. 研究プロジェクトマネジャー
3. 国際機関での開発プロジェクト
4. 外資コンサル（給料は良いが）
5. 民間企業での水資源評価



世界に出て新しい視点を身につけよう！！

Governmental bodies



Austrian Development Agency



DG Environment
DG Climate
DG Energy
DG Agriculture



US Environmental Protection Agency (EPA)

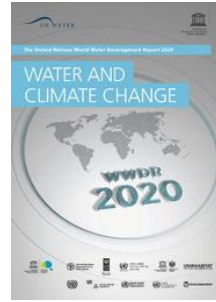


European Environment Agency



Convention on Biological Diversity

International assessments



United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization



INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change



Science and Policy for People and Nature

International agencies



Inter-American Development Bank



WORLD WATER COUNCIL



OECD



UN environment



WCMC



Investing in rural people



Research institutes



Universität für Bodenkultur Wien



IFPRI



CGIAR



INPE



World Agroforestry Centre



WAGENINGEN UR



TUNGSHAN UNIVERSITY



POTSDAM INSTITUTE FOR CLIMATE IMPACT RESEARCH



NATURAL CAPITAL COALITION



futureearth research for global sustainability



Global network of universities



IAMC



GLOBAL RESEARCH ALLIANCE ON AGRICULTURAL GREENHOUSE GASES

Science platforms