

環境研究総合推進費2RF-1802

企業の温暖化適応策検討支援を目的とした 公開型世界水リスク評価ツールの開発

(JPMEERF20182R02)

重点課題 ⑦気候変動への適応策に係る研究・技術開発
行政ニーズ 2-3国外の気候変動影響が我が国の社会経済活動にもたらすリスクに関する研究

研究代表 国立環境研究所 花崎直太
研究期間 平成30年-令和2年
研究分担 農研機構

研究の背景

- 気候変動影響評価（グローバル×水資源）
適応法：事業者の努力 → 一般・企業の関心は限定的
- 最近の企業の関心は水リスク

水リスク

操業リスク（製造・販売拠点の洪水・渇水）

サプライチェーン(SC)リスク（原材料調達先）



- CDPによる「CDPウォーター日本版」調査
→ 企業にとって対応が喫緊の課題に

- 気候変動影響・適応策について、企業の関心に沿った形で情報提供



CDP ウォーター レポート 2016:日本版

運用国産産品7カ国に占める6643の機関投資家を代わって



CDP Water 2016 | 2016年12月

Report writer

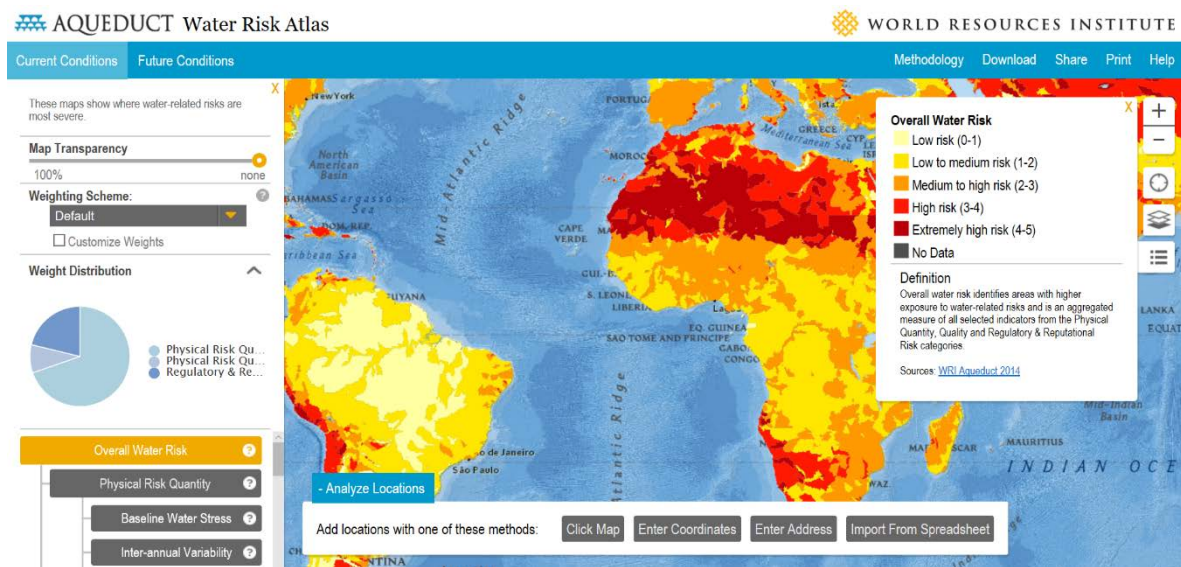


企業名	2016 スコア	2015 回答	水リスクの認識	水に関連する 機会の認識	水に関する 方針の策
良品計画	F				
リンナイ	F				
生活必需品					
アサヒグループホールディングス	A-	AQ	直接操業・サプライチェーン	あり	あり
味の素	A-	AQ	直接操業・サプライチェーン	あり	あり
イオン	F				
花王	A	AQ	直接操業・サプライチェーン	あり	あり
カルビー	F	NR			
キッコーマン	F	NR			
麒麟ホールディングス	A	AQ	直接操業・サプライチェーン	あり	あり

研究の背景

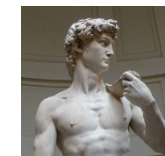
現在の企業の水リスク評価方法

1. 主要な世界の事業所（工場）のリストを作成
2. WRI Aqueductを参照し、どこ
のリスクが高いか調査



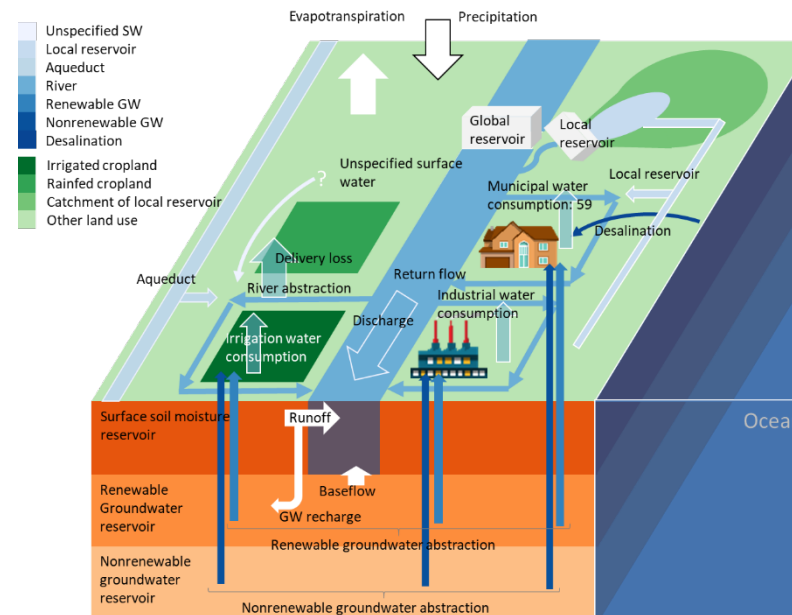
課題： 既存データのビューワーでリスクは分かりやすいが、根拠や要因が分からず、対策が困難。

どうすればよいか？



• 全球水資源モデルH08

- 自然水循環 × 人間水利用
- 50kmx 50km、日単位
- オープンソース（透明性）



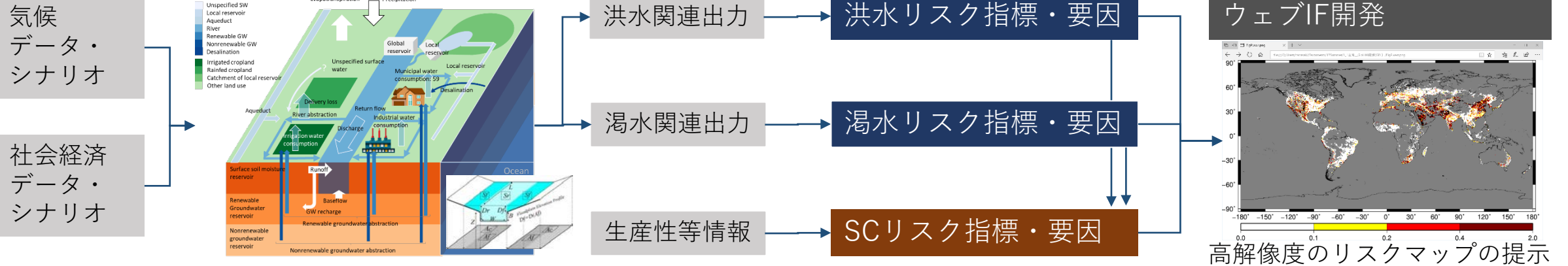
強み： 気象条件から水資源量・水利用量まで一貫通貫に計算可能。結果の根拠や要因を説明可能。

研究の目的と体制

目的

企業の温暖化適応策検討支援を目的とした
公開型の世界水リスク評価ツールの開発

サブテーマ1：国立環境研究所



モデルの検証・改良

- 流量観測値の解析。地質・地理特性との関連づけ
- H08のモデルパラメータの最適化

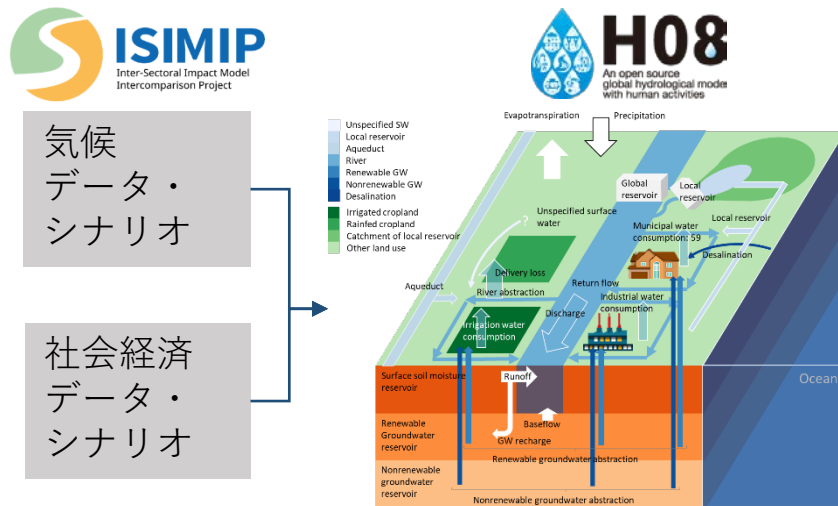
サブテーマ2：農研機構 農村工学研究部門

ニーズ・動向調査

- CDPと企業の動向調査
- コンサルティング業界の動向調査

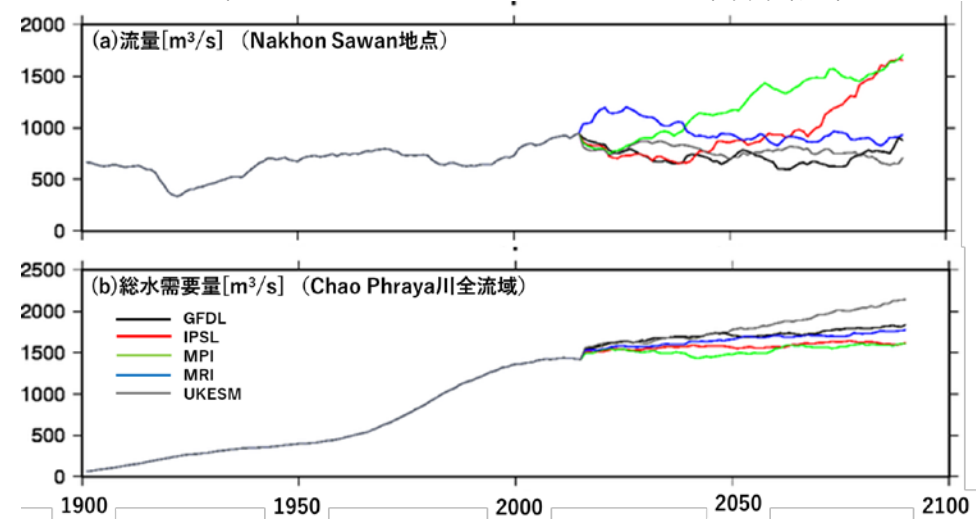
サブテーマ1：方法

過去から将来にわたる全球水循環シミュレーションの実施



- モデルには最先端の全球水資源モデルH08を利用 (Hanasaki et al. 2018)
- シナリオには国際プロジェクト **ISIMIP3** に準拠したものを利用
 - 全球温暖化影響評価の国際的なデファクトスタンダード。
 - 気候シナリオは **CMIP6** ベース。
 - 空間解像度は50km x 50km。

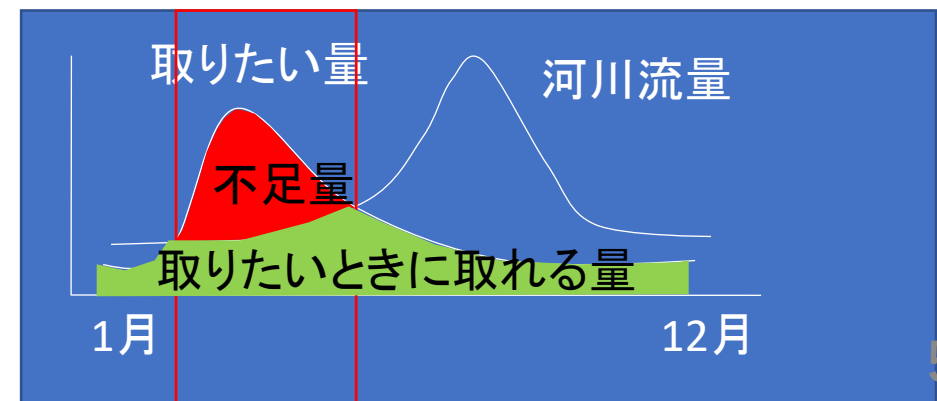
例：タイのチャオプラヤ川の計算結果



河川
流量

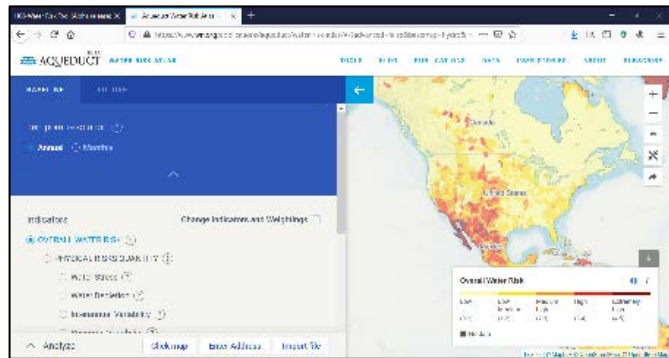
総水
需要

- 河川流量や農業用水などを **日単位** で計算。
- 季節性を加味して、「**取りたいときに取りたい量の水が取れるか**」も計算できる。



サブテーマ1：結果

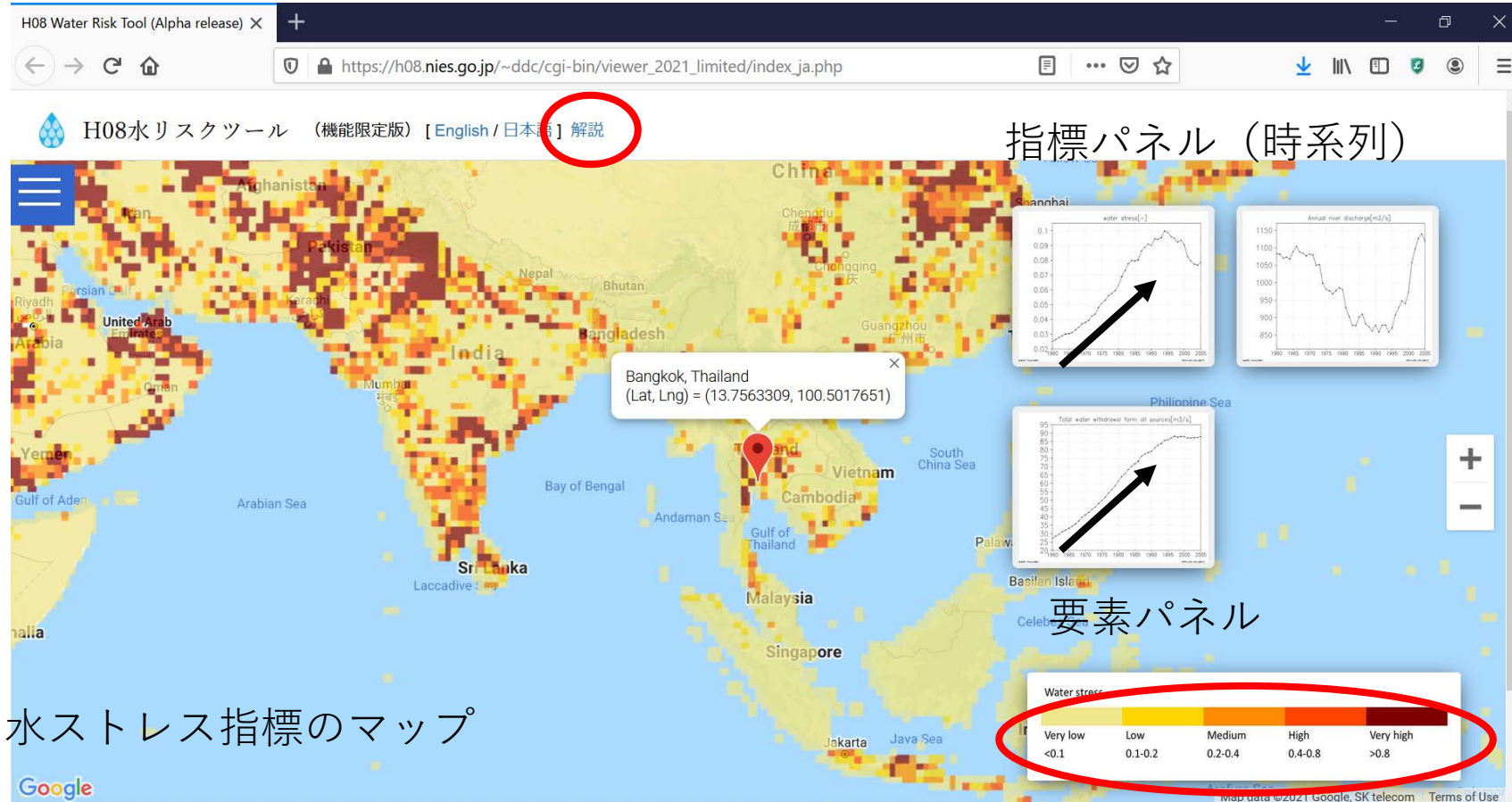
結果を表示するH08水リスクツールを開発・公開



WRI Aqueduct最も普及している水リスクツール



充実した解説も作成



サブテーマ 1 : 個別の研究

気候変動下で増加する洪水に、ダムでの洪水調節が及ぼす影響を世界で初めて推定

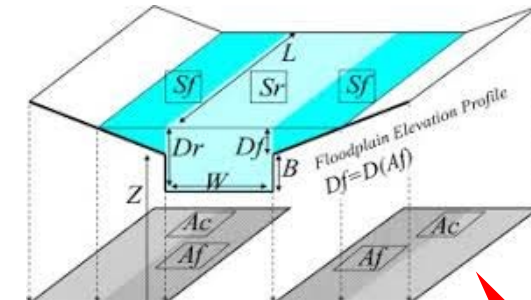
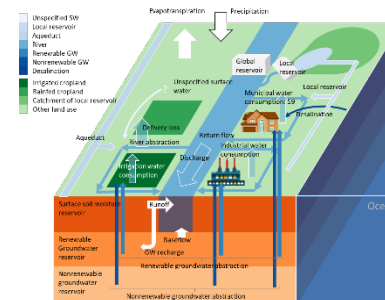
挑戦: ダムは温暖化の適応策としてどれくらい効果を発揮するか？

RCP6.0シナリオ2050年におけるダムあり・なしの再起確率年数の変化

ダムを考慮した洪水暴露人口の推定

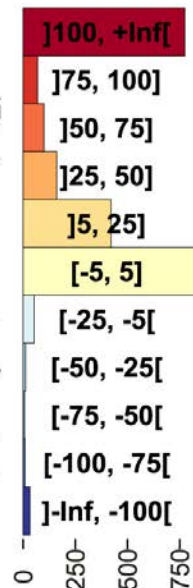
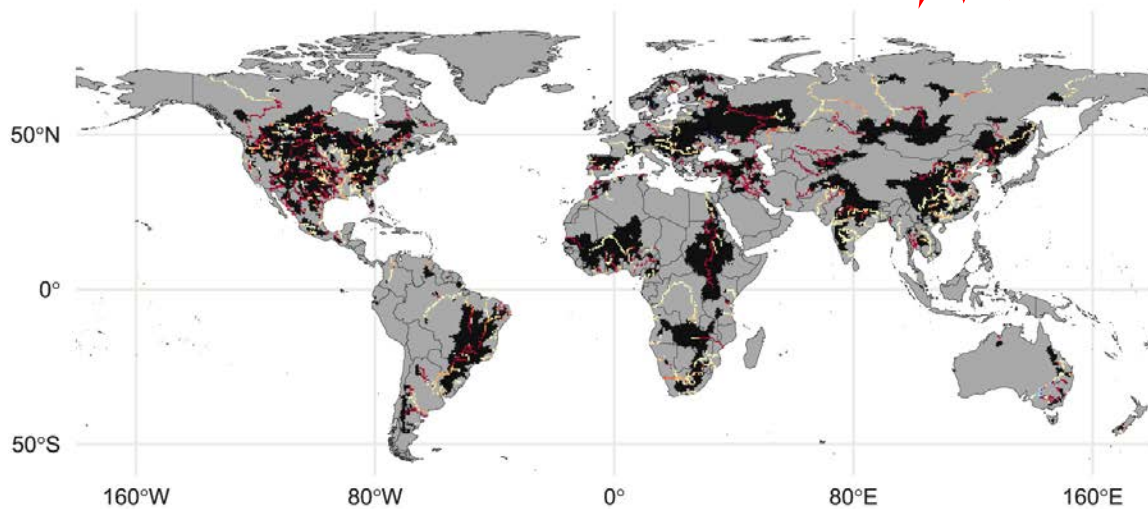
全球水資源モデルH08
(水循環・ダム・取水など)

全球河川氾濫モデル
CaMa-Flood



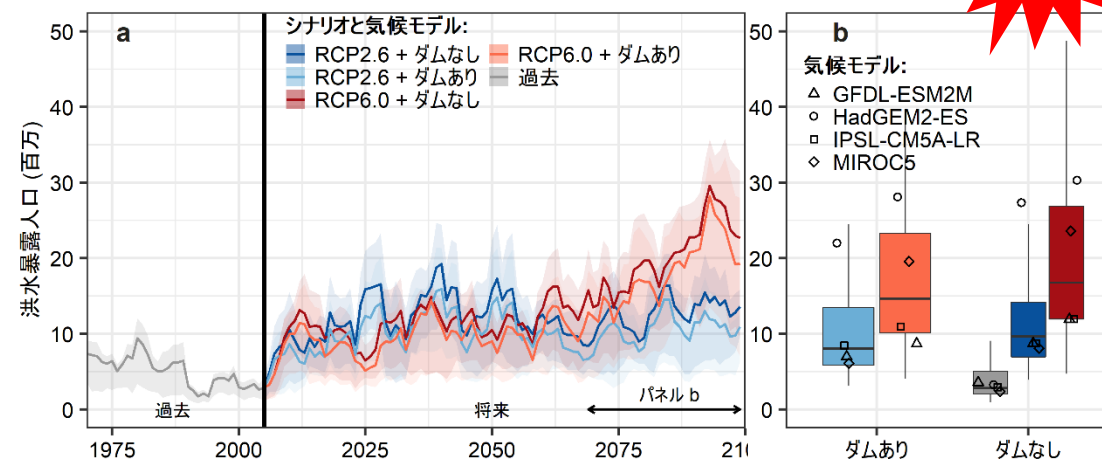
再起確率年数の変化

世界初



ダムを考慮した洪水暴露人口

世界初



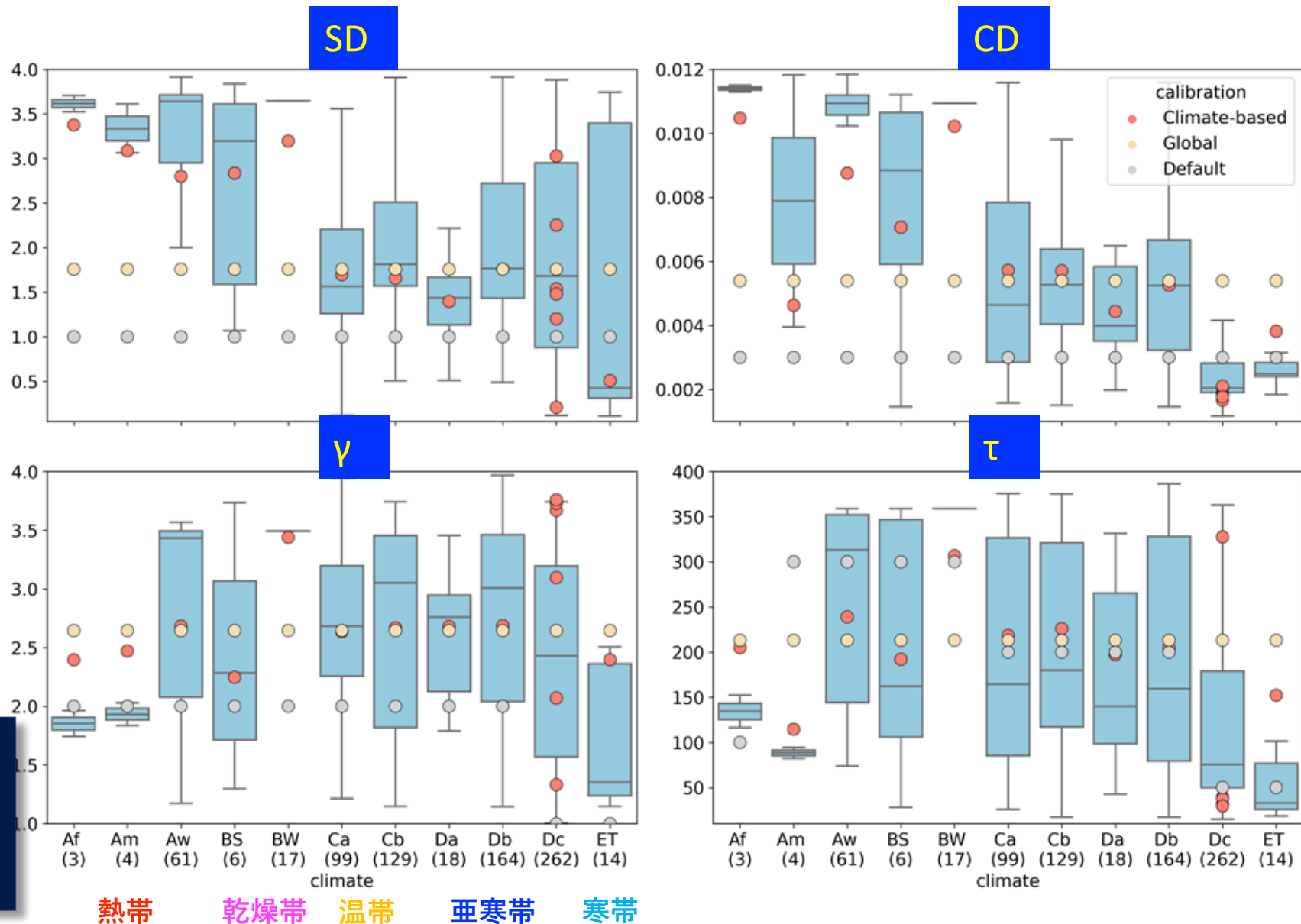
Boulangue et al. (2021, Nature Communications)

サブテーマ 2：方法

H08の河川流量の過去再現性向上

- **挑戦**：観測が限られる中、パラメタをどう最適化するか？
- **近似ベイズ計算という新手法**によるH08のパラメタ推定
 - 感度の高いパラメータ4つを特定 (SD, CD, γ , τ)
 - パラメータをランダムに変えて5000回全球計算
 - 再現性が高いものだけを選び出し、パラメータの頻度分布を作成

✓ ケッペンの気候区分ごとに最適なパラメタを決定した

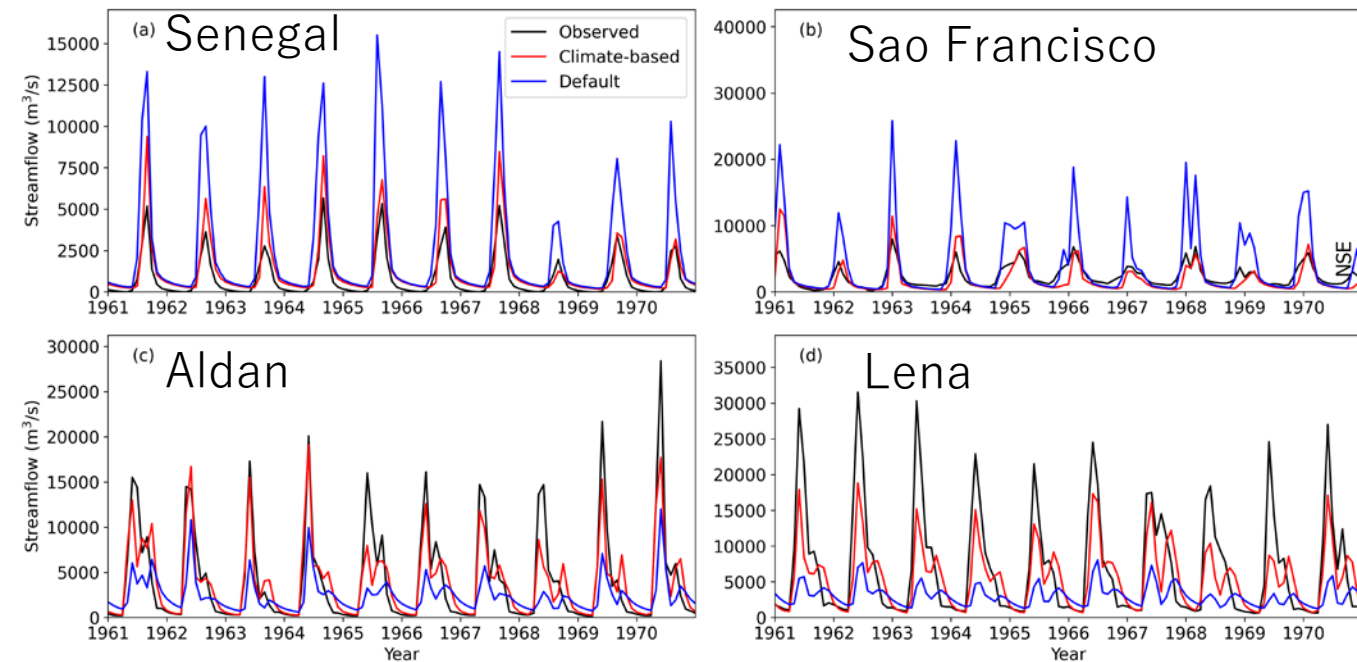


サブテーマ 2 : 結果

近似ベイズ計算で過去を非常によく再現するパラメータが世界中で見つかることが分かった！



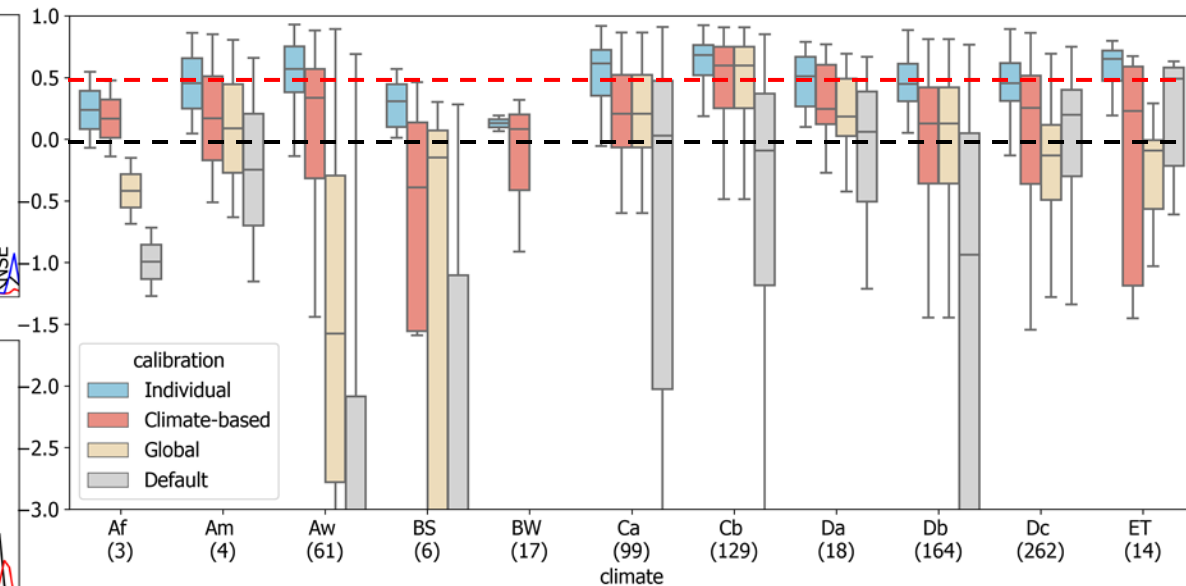
河川流量の再現結果



— 観測値
— 気候区分の最適値
— デフォルト

✓ 従来のH08と比べて年流量やピーク値の再現性が大幅に**改善**。

全流域での再現指標 (NSE) の分布



calibration
流域最適値
気候区分の最適値
全球一律
デフォルト

✓ 全球の30.1%で**良好** (NSE>0.5)
✓ 全球の61.7%で**満足** (NSE>0.0)

成果の発表状況

Nature Communicationsなどの主要誌に論文を発表

- 誌上発表：6件

- Boulangue, J., Hanasaki, N., Yamazaki, D., and Pokhrel, Y.: Role of dams in reducing global flood exposure under climate change, *Nature Communications*, 12, 417, 10.1038/s41467-020-20704-0, 2021. (IF 12.12)
- Hanasaki, N., S. Yoshikawa, Y. Pokhrel, and S. Kanae (2018), A Quantitative Investigation of the Thresholds for Two Conventional Water Scarcity Indicators Using a State-of-the-Art Global Hydrological Model With Human Activities, *Water Resources Research*, 54(10), 8279-8294. (IF 4.36)
- Gudmundsson, L., Boulangue, J., Do, H. X., Gosling, S. N., Grillakis, M. G., Koutroulis, A. G., Leonard, M., Liu, J., Müller Schmied, H., Papadimitriou, L., Pokhrel, Y., Seneviratne, S. I., Satoh, Y., Thiery, W., Westra, S., Zhang, X., and Zhao, F.: Globally observed trends in mean and extreme river flow attributed to climate change, *Science*, 371, 1159-1162, 10.1126/science.aba3996, 2021. (IF 41.85)
- Pokhrel, Y., ..., Boulangue, J., ... Hanasaki, N., ...: Global terrestrial water storage and drought severity under climate change, *Nature Climate Change*, 11, 226-233, 10.1038/s41558-020-00972-w, 2021. (IF 20.89)
- + 投稿中 5 件 (全てメンバーが筆頭著者)

- 口頭発表：17件

- 国民との科学・技術対話

- 講演 6 件、オープンハウス 1 件、報道発表 2 件

- 国際共同研究

- 全球影響評価の国際プロジェクト ISIMIP Phase 3 に参加中

成果まとめ

- 環境政策等への貢献
 - 気候変動適応法 5 条（事業者の努力）
 - 第 5 次環境基本計画2.1(3)（ESG投資の促進）
 - 国立環境研究所気候変動適応センター：今後の情報発信のひな形
 - 環境省水・大気環境局「CDP水セキュリティレポート報告会」
 - IPCC第 6 次評価報告書等からの引用が期待される
 - H08ソースコードをApacheライセンスに変更：水リスクビジネスへ
- 科学的意義
 - 貯水池操作を考慮した洪水氾濫の温暖化影響評価 **【世界初】**
 - 近似ベイズ計算による全球水資源モデルのパラメータ最適化 **【世界初】**
 - 世界で最も多機能な全球水資源モデルH08による長期全球計算の公開