

平成30年度環境研究総合推進費 終了課題成果報告会

環境省環境研究総合推進費戦略研究プロジェクトS-12
「SLCPの環境影響評価と削減パスによる気候変動対策の推進」

テーマ4：統合運用システムの構築

平成31年3月7日（木）

独立行政法人環境再生保全機構 東京事務所

芳村圭○・鈴木健太郎・新田友子・五藤大輔○・
Shuyun Zhao・中島映至○

東京大学大気海洋研究所／生産技術研究所

H26~H30累計予算額：107,434,000円

※H26は現テーマ5と合同

研究開発体制と目的

(体制)

- 明示的なサブテーマは存在しないが、便宜上下記のように分けている。
 - SLCPの気候・水循環影響推計及びNICAM-Chem開発（鈴木健太郎）
 - 陸面過程モデル開発及び陸域水災害への影響（芳村圭）

(目的)

- テーマ4では、テーマ1～3が開発するSLCP排出インベントリ高度化システム・AIMのSLCP過程の高度化システム・気候変動の影響評価システムを連結した統合運用システムの開発を実施する。そのために、3つのシステムの連結に役立つツールキットとデータ授受のためのデータアーカイブシステムを作成する。政策立案者が参加して、対策コストと影響を評価しながら能動的に最適パスの探査を試みることにより、システム利用法を確立する。そのために、様々な削減パスの影響を評価できるユーザインターフェースを作成する。NICAM-Chemモデルの整備を行う。特に、領域シミュレーションの精度向上のために地表面過程の高度化を行う。

構築された統合運用システム

S-12統合運用システム (S-12 Integrated Operation System) English

数値モデル
 SPRINTARS CHASER NICAM-Chem

期間:
 基準年 (SPRINTARS, CHASER)
 アジアの排出量シナリオ (アジア、東アジア、中国) の1980年と2010年の差 (SPRINTARS, CHASER)
 年: 2010年
 基準年 (NICAM-Chem)
 アジアの排出量シナリオ (アジア、東アジア、中国) の2030年/2050年と2010年の差 (NICAM-Chem)
 年: 2010年
 年: アジア(2050年): 2010年

補足説明: 「XXX(1980年)」は、「基準年に対してXXXの領域のみ1980年の人為起源大気汚染物質排出量に設定した」

変数: 1つ以上の変数を選んでください

[エアロゾル鉛直構築量]
 ブラックカーボン・黒色炭素 [microgram/m²]
 min: max: interval: 2
 硫酸塩 [microgram/m²]
 min: max: interval: 10
 有機物 [microgram/m²]
 min: max: interval: 10
 土壌粒子 [microgram/m²]
 min: max: interval: 200
 海塩粒子 [microgram/m²]
 min: max: interval: 10

[エアロゾル光学量]
 エアロゾル光学的厚み (500nm) min: max: interval: 0.2
 大気上層におけるエアロゾル放射強制力 [W/m²] min: max: interval: 2

[排出インベントリ]
 ブラックカーボン・黒色炭素 [g/m²/yr] min: max: interval: 0.2
 有機物 [g/m²/yr] min: max: interval: 0.5
 二酸化硫黄 [g/m²/yr] min: max: interval: 0.2
 一酸化炭素 [g/m²/yr] min: max: interval: 0.2
 窒素酸化物 [g/m²/yr] min: max: interval: 0.2
 非メタン炭化水素 [g/m²/yr] min: max: interval: 0.2

領域:
 全球 [from -180°to +180°; from -90°to +90°]
 アジア [from +50°to +160°; from -20°to +60°]
 その他 [from -180°to +180°; from -90°to +90°]

その他の範囲を選んだ場合は精度程度を指定してください: [from -180°to +180°; from -90°to +90°]

北	90.00
西	-180.00
東	180.00
南	-90.00

図: 平均

統合運用システムの
プロトタイプ



Contact

AIM/SLCP

AIM/SLCP tool (Scenario Lookup by Coalition for Protecting environment tool)は、世界およびアジアを対象とし、長寿命温室効果ガス (Long-Lived Greenhouse Gases)、短寿命気候汚染物質 (Short-Lived Climate Pollutants)、大気汚染物質への対策導入による削減効果、およびそのときの環境影響変化を評価し、気候変動問題と大気汚染問題の同時解決を検討するためのシナリオ探索ツールです

UI・コンテンツを強化した
新たな統合運用システム

簡易評価ツール

基本設定

エネルギー政策のシナリオ

発電部門のエネルギー政策シナリオ

なりゆき 石炭火力推進 **バイオマス推進** 太陽光・風力推進

民生業務部門の電化 [普及率]

なりゆき 25% 50% 75% 100%

運輸部門の電化 [普及率]

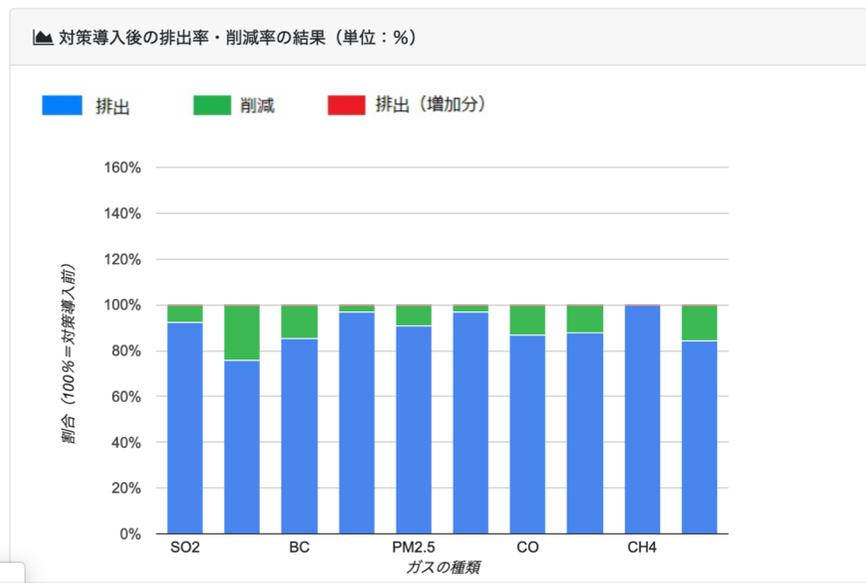
なりゆき 25% 50% 75% 100%

省エネ対策のシナリオ

発電部門の省エネ化 [省エネ普及率]

なりゆき 25% 50% 75% 100%

www-iam.nies.go.jp/aim/data_tools/S12/S12_jp.html



テーマ2及びs12全体の成果であるため、ここでの詳細紹介は省略。

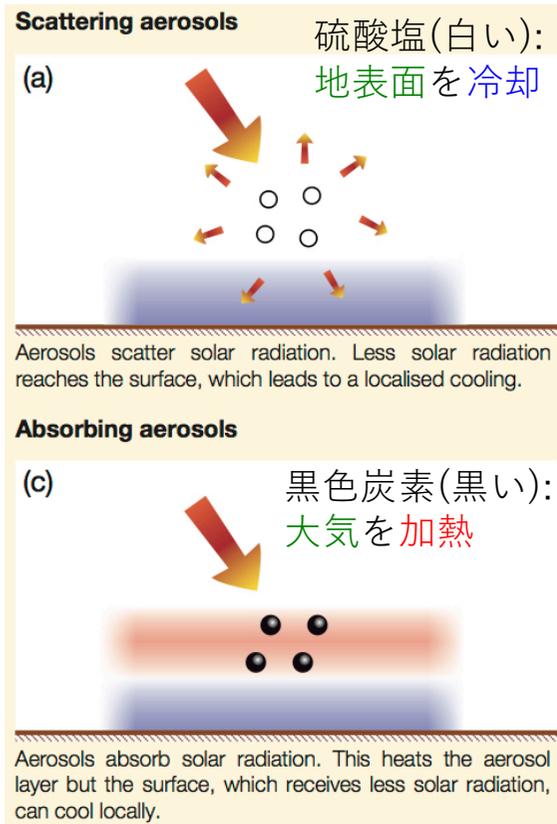
SLCPの気候・水循環影響推計及び NICAM-Chem開発

鈴木健太郎, Shuyun Zhao
(東京大学大気海洋研究所)

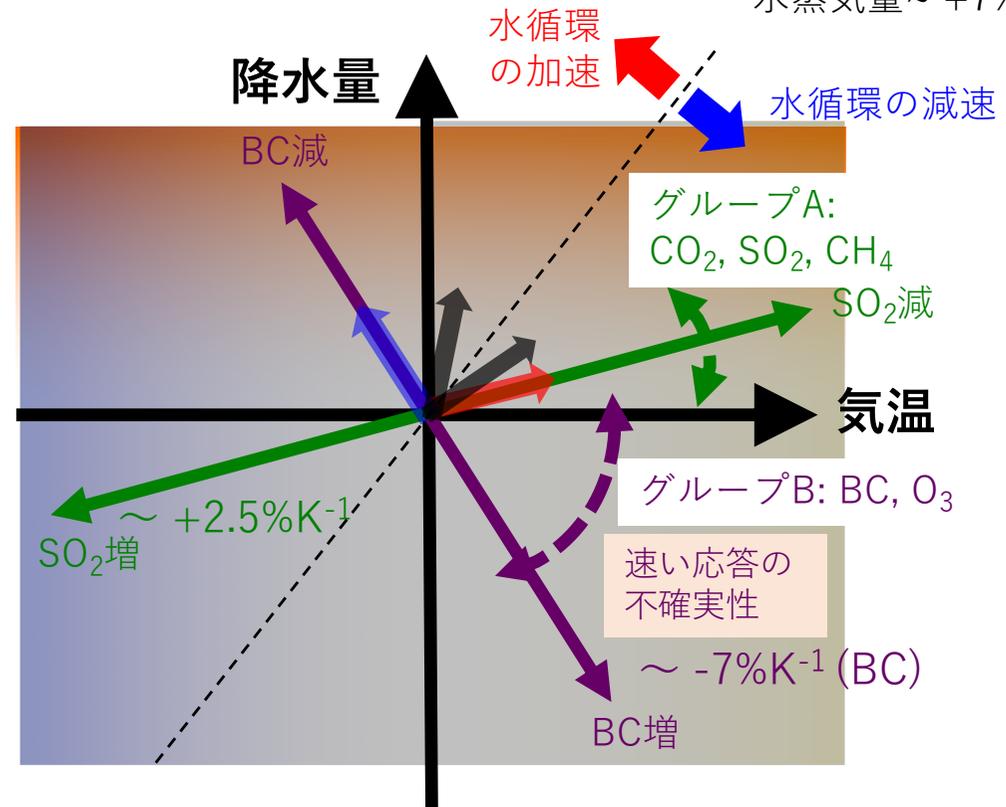
五藤大輔
(国立環境研究所)

SLCP気候影響の多元性と不確実性

水蒸気量 $\sim +7\%K^{-1}$

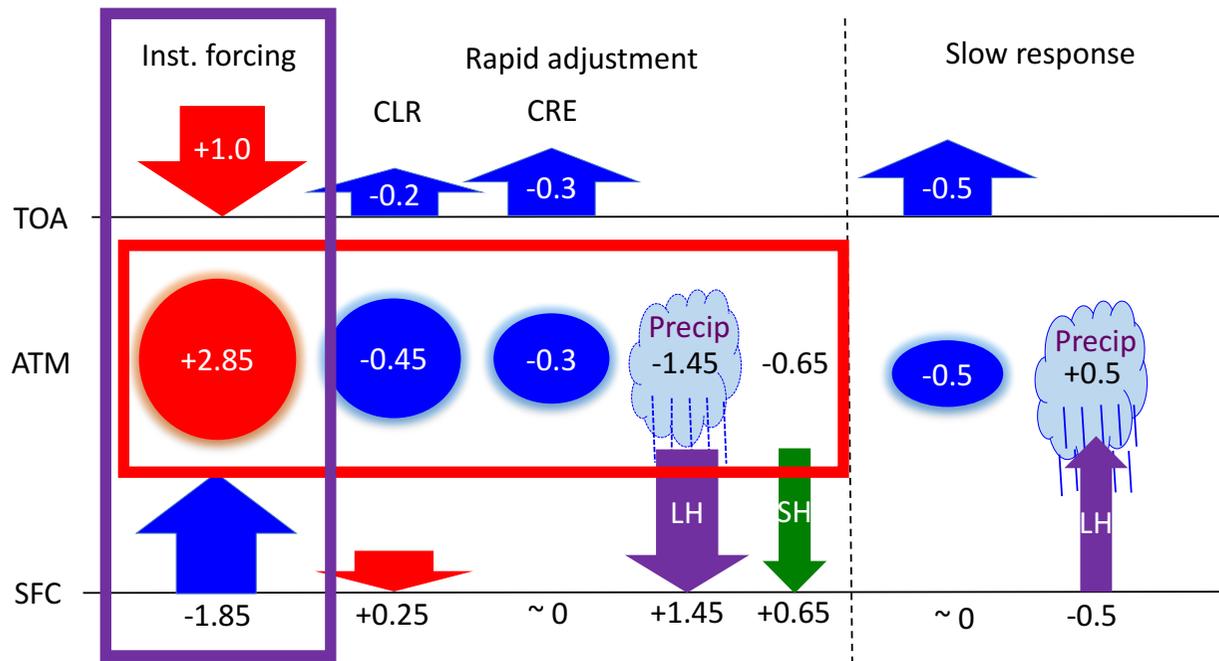


IPCC AR5

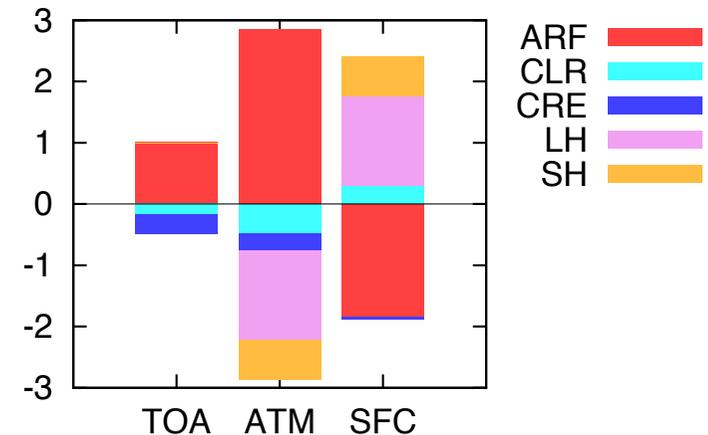


- SO₂とBCの削減施策によって大気水循環は加速 or 減速
- 地球水循環への影響は?: 陸面過程の重要性
- 大気の速い応答の不確実性 ≡ 雲・降水過程の不確実性

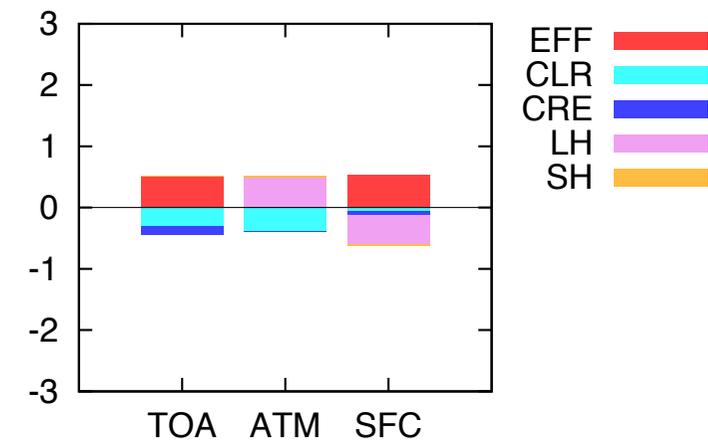
BCがもたらす気候影響



(a) BC Rapid Adjustment



(b) BC Slow Response

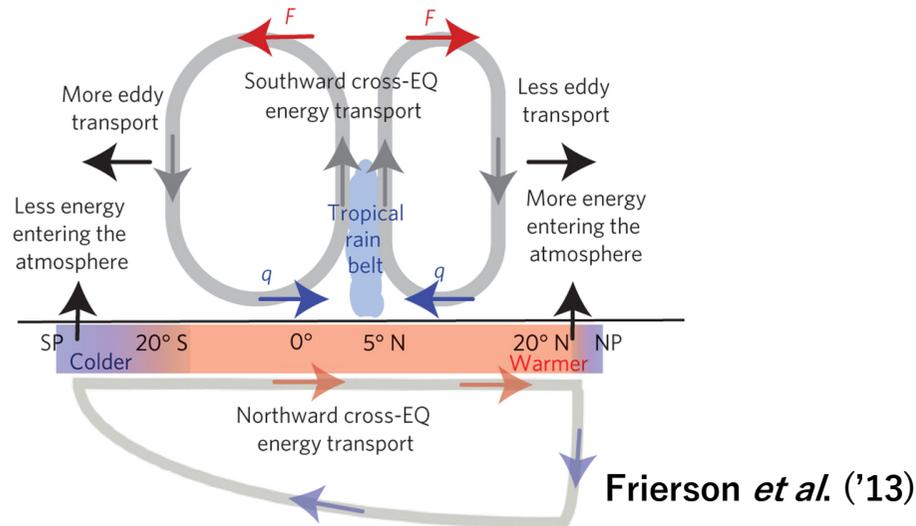


Suzuki & Takemura
(JGR '19)

- 瞬時放射強制力は大気を加熱、地表を冷却
- 大気放射収支が変化: “速い応答”が卓越
- 降水量は減少; 顕熱も減少
- エネルギーの一部しか気温上昇に使われない

SLCPがもたらすITCZのシフト

- ITCZの位置はエネルギー収支の南北対称性に影響される
- SLCPの南北半球非対称性がITCZを移動させる
- BCとSFがITCZを移動させる仕組みは異なる

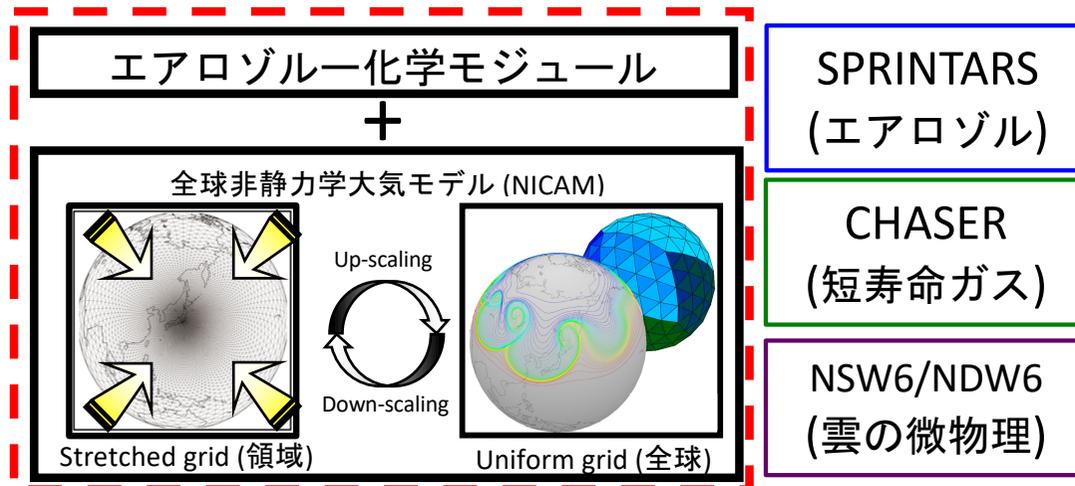


Confidential

Zhao & Suzuki (J.Clim revised)

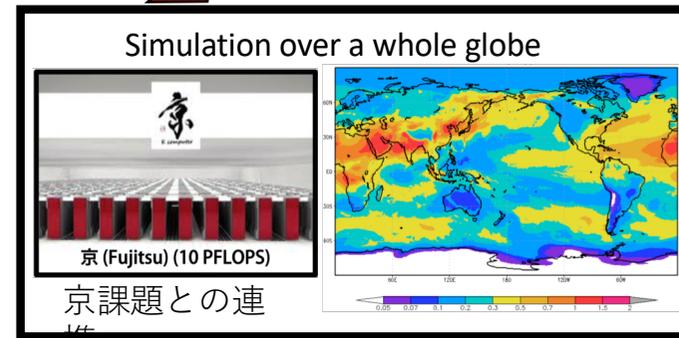
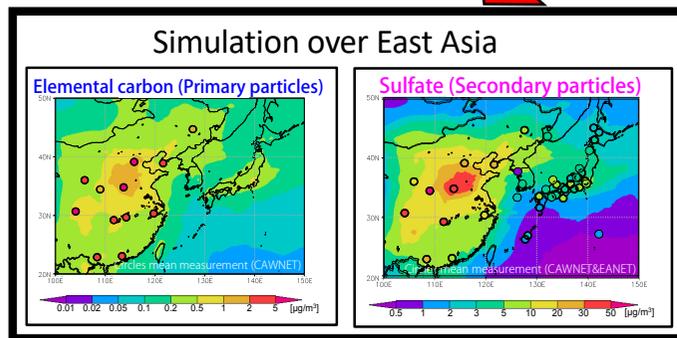
全球雲解像・大気化学モデル： NICAM-Chemの開発

Suzuki *et al.* (GRL '08)
 Suzuki *et al.* (JAS '11)
 Suzuki *et al.* (JGR '13)
 Goto *et al.* (GMD '14)
 Goto *et al.* (JGR '15)
 Seiki & Nakajima (JAS '14)
 Seiki *et al.* (JC '15)
 Uchida *et al.* (MWR '16)
 Goto *et al.* (AE '16)



領域シミュレーション

全球シミュレーション



領域スケールから広域・全球スケールまでを同一モデルでシームレスにカバー

S-12シナリオ実験: 大気放射収支への影響

Confidential

開発は順調に完遂でき、もっともらしいシナリオ実験が可能となった。本格的な解析・研究は後継課題に期待。

D. Goto *et al.*
in prep.

まとめ（気候・水循環影響）

- BCの気候影響をエネルギー収支の観点から理解した
 - 大気加熱が「速い応答」をもたらし、降水を変化させる
 - 一部のエネルギーしか気温変化に使われない
- SLCPの熱帯降水帯(ITCZ)への影響を調べた
 - SLCPはエネルギーの南北非対称性を変え、ITCZを南北にシフトさせる
 - BCとSFは異なる仕組みでITCZを動かす
- NICAM-Chemの開発と活用
 - 領域から全球までをシームレスにカバー可能
 - 大気汚染と雲・降水の相互作用を詳しく表現
- NICAM-ChemでのS-12将来シナリオ実験を実施
 - 本格的な研究は今後進められる

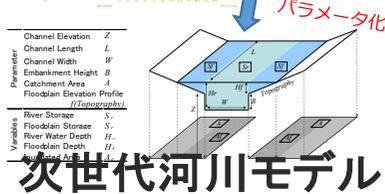
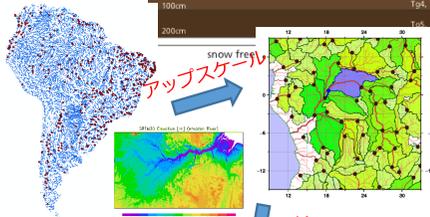
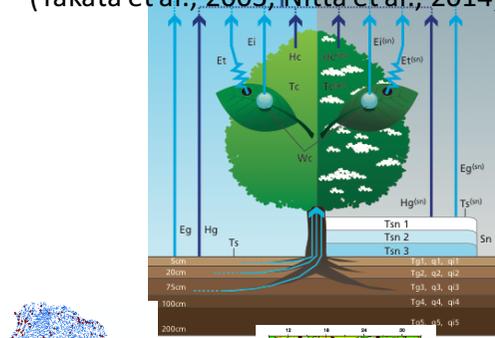
陸面過程モデル開発及び 陸域水災害への影響

芳村圭・新田友子

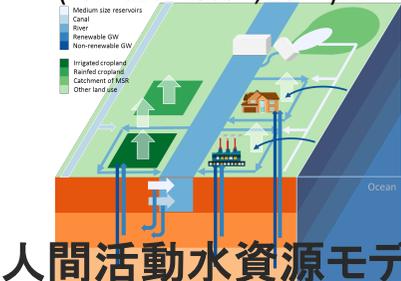
(東京大学生産技術研究所)

次世代統合陸域シミュレータ (ILS) の開発

陸面過程モデルMATSIRO (Takata et al., 2003; Nitta et al., 2014)



CaMa-Flood (Yamazaki et al., 2011)



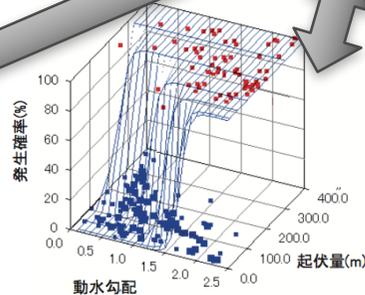
人間活動水資源モデル

H08 (Hanasaki et al., 2008)

Integrated Land Simulator (ILS) 開発

- ダストによる積雪エイジング効果
- 融雪湿地
- 河川氾濫及び蒸発
- 積雪被覆の地形・気候依存性等の物理過程を導入

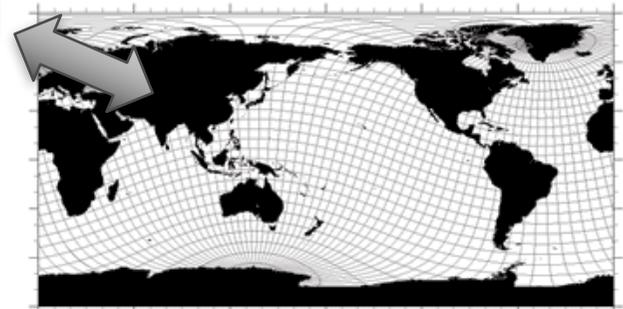
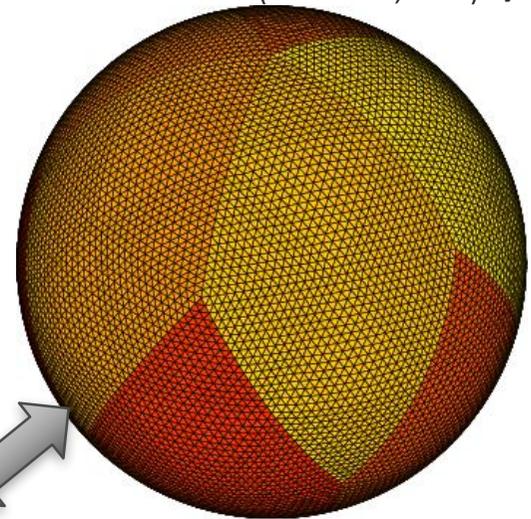
汎用カプラ (Jcup, Arakawa et al., 2011)



各種水系ハザードモデル

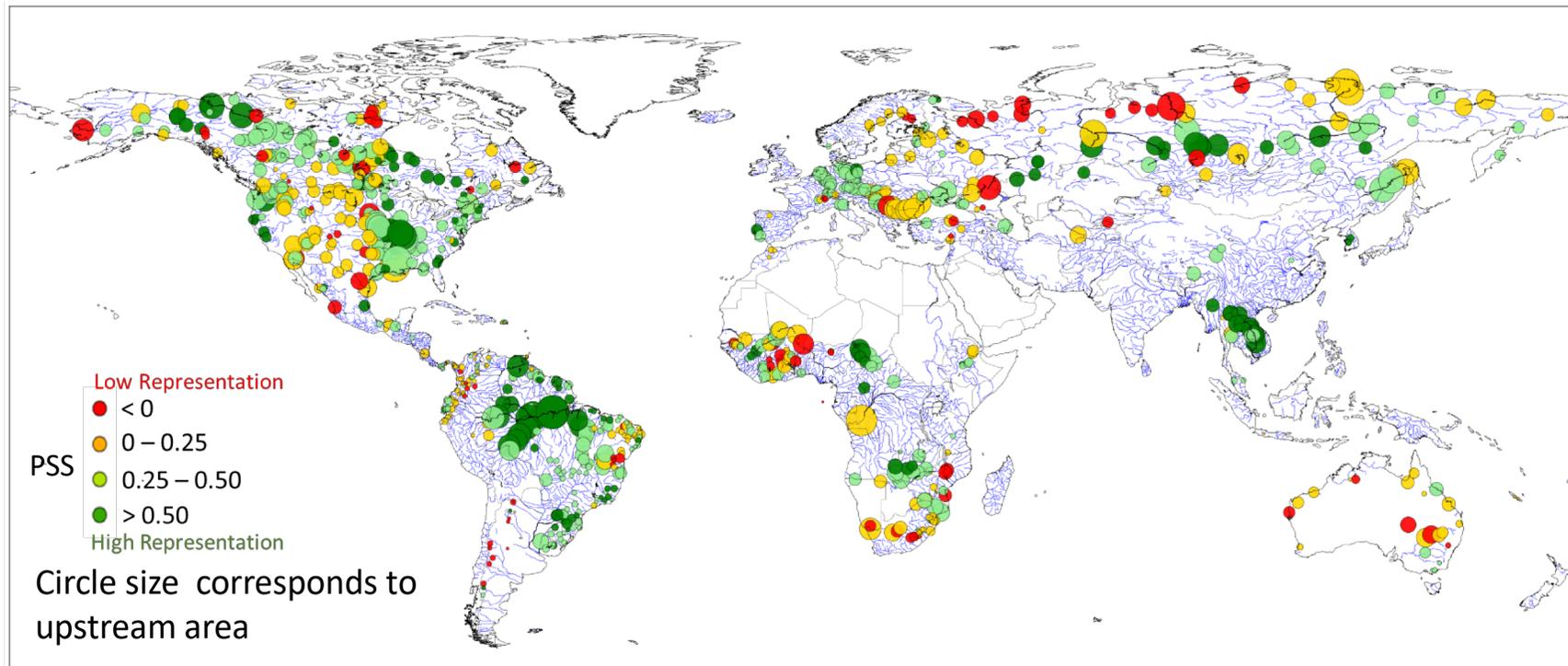
AGCMs

MIROC (Watanabe et al., 2010),
NICAM (Sato et al., 2014) 等



OGCMs COCO (Hasumi, 2006) 等

気候モデルの精度向上
(高度化)に直接貢献



Validation of flood representation skill

- ❑ Index : Pearson's Skill Score (PSS)
[Hansen and Kuipers, 1965]
- ❑ Datasets : JRA55
[Kobayashi et al., 2015]
- ❑ Resolution : 10km / 1day (LSM:50km)
- ❑ Sim. span : 1981 – 2000 (20 years)

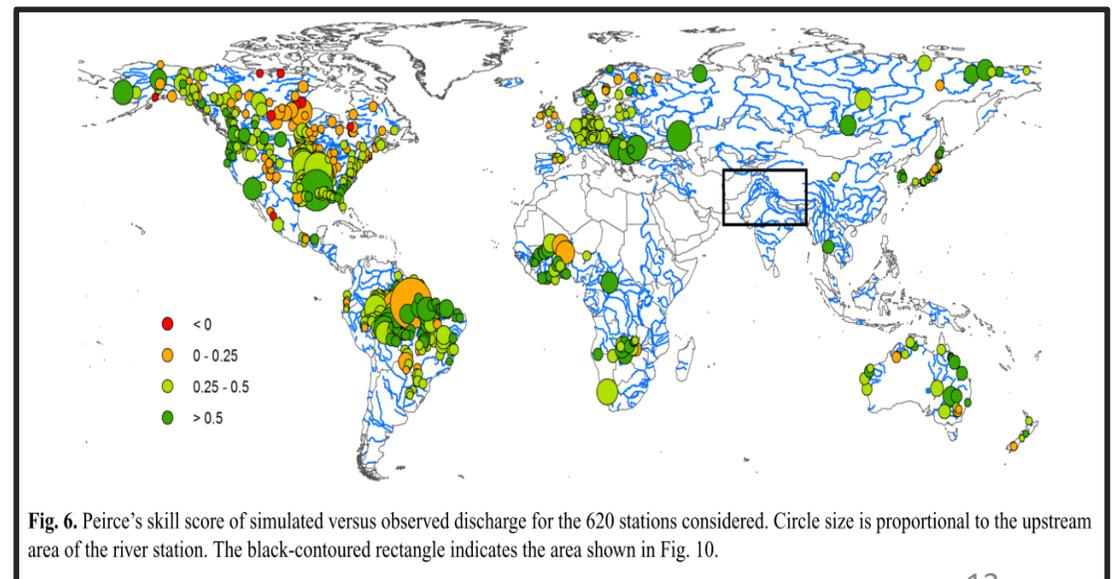
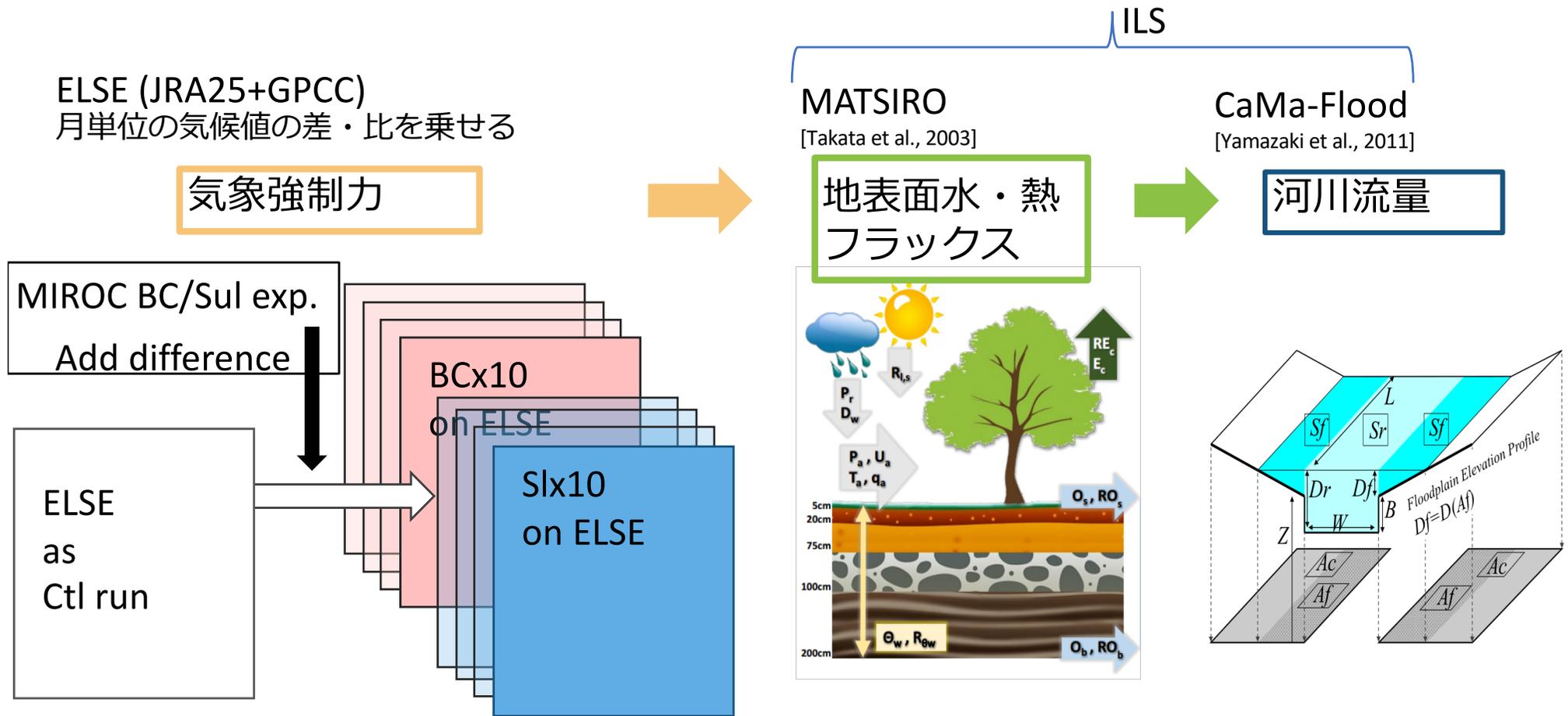
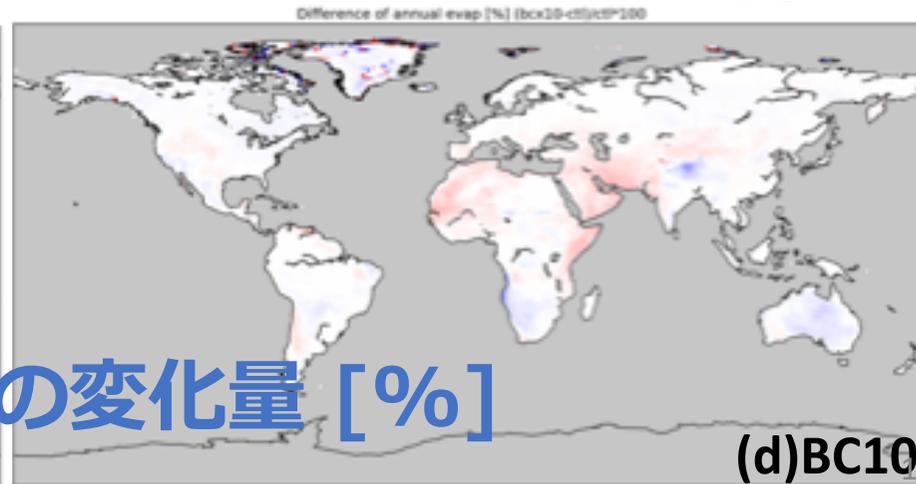
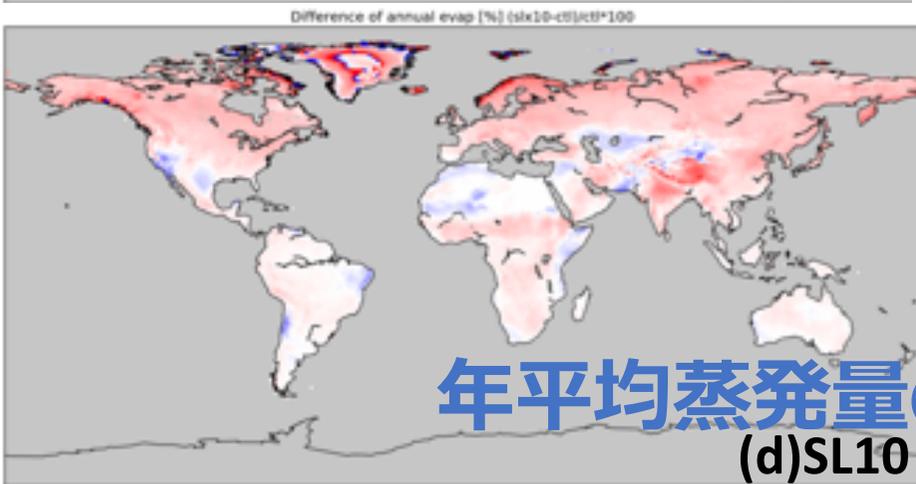
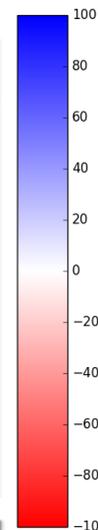
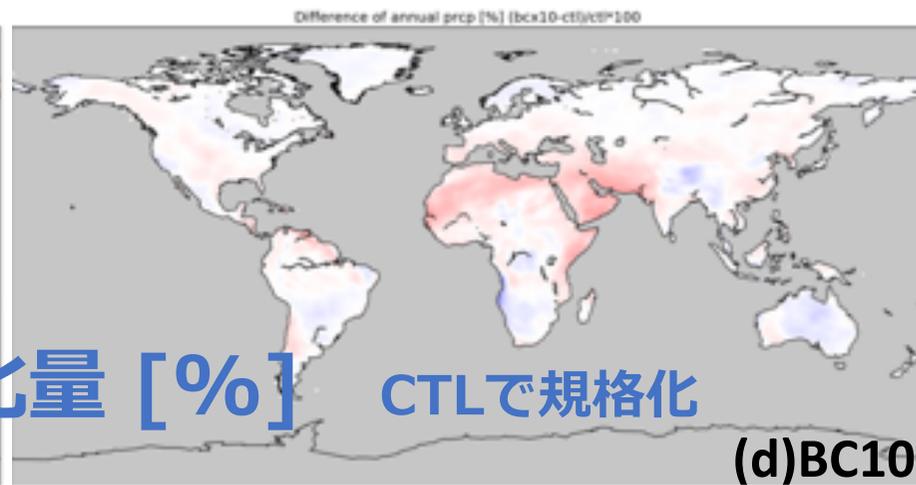
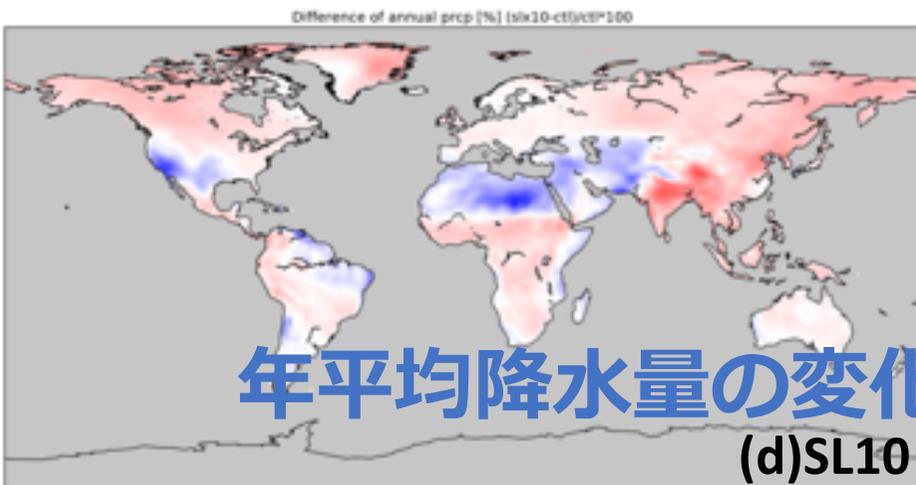
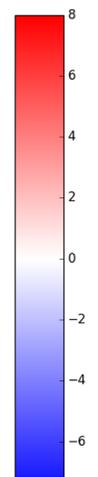
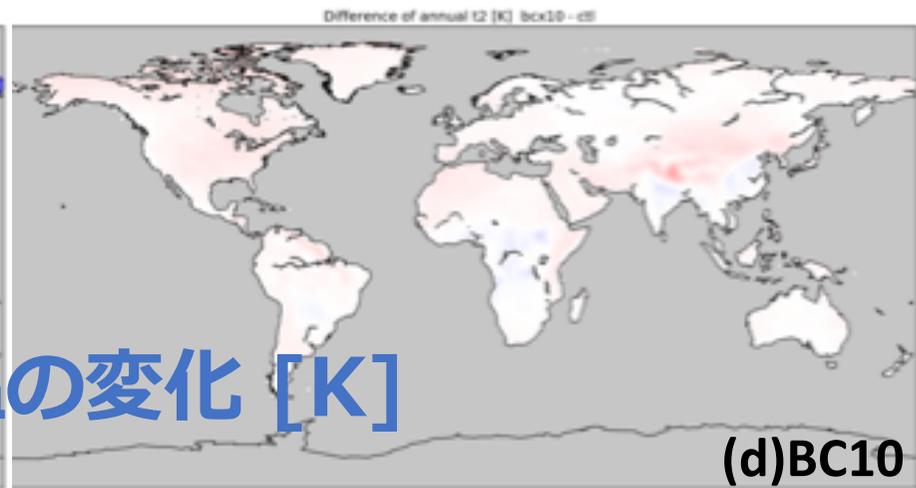
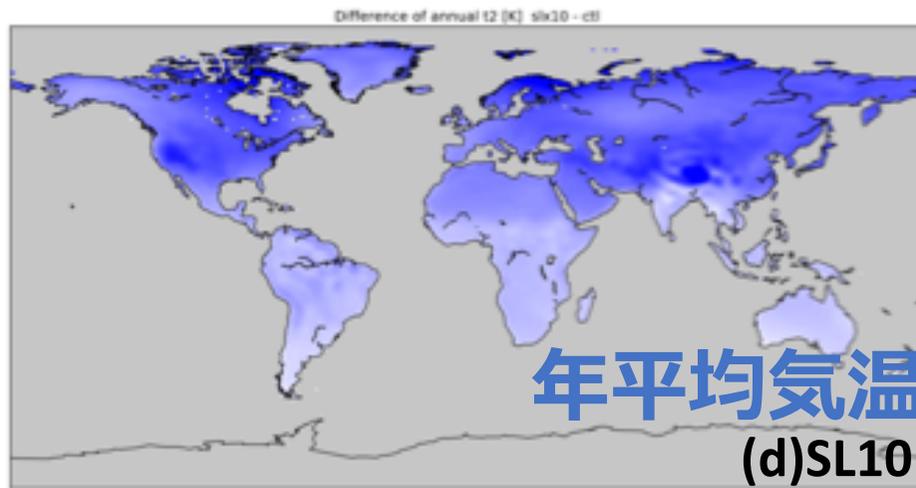


Fig. 6. Peirce's skill score of simulated versus observed discharge for the 620 stations considered. Circle size is proportional to the upstream area of the river station. The black-contoured rectangle indicates the area shown in Fig. 10.

SLCP(BC)影響評価陸域オフライン実験



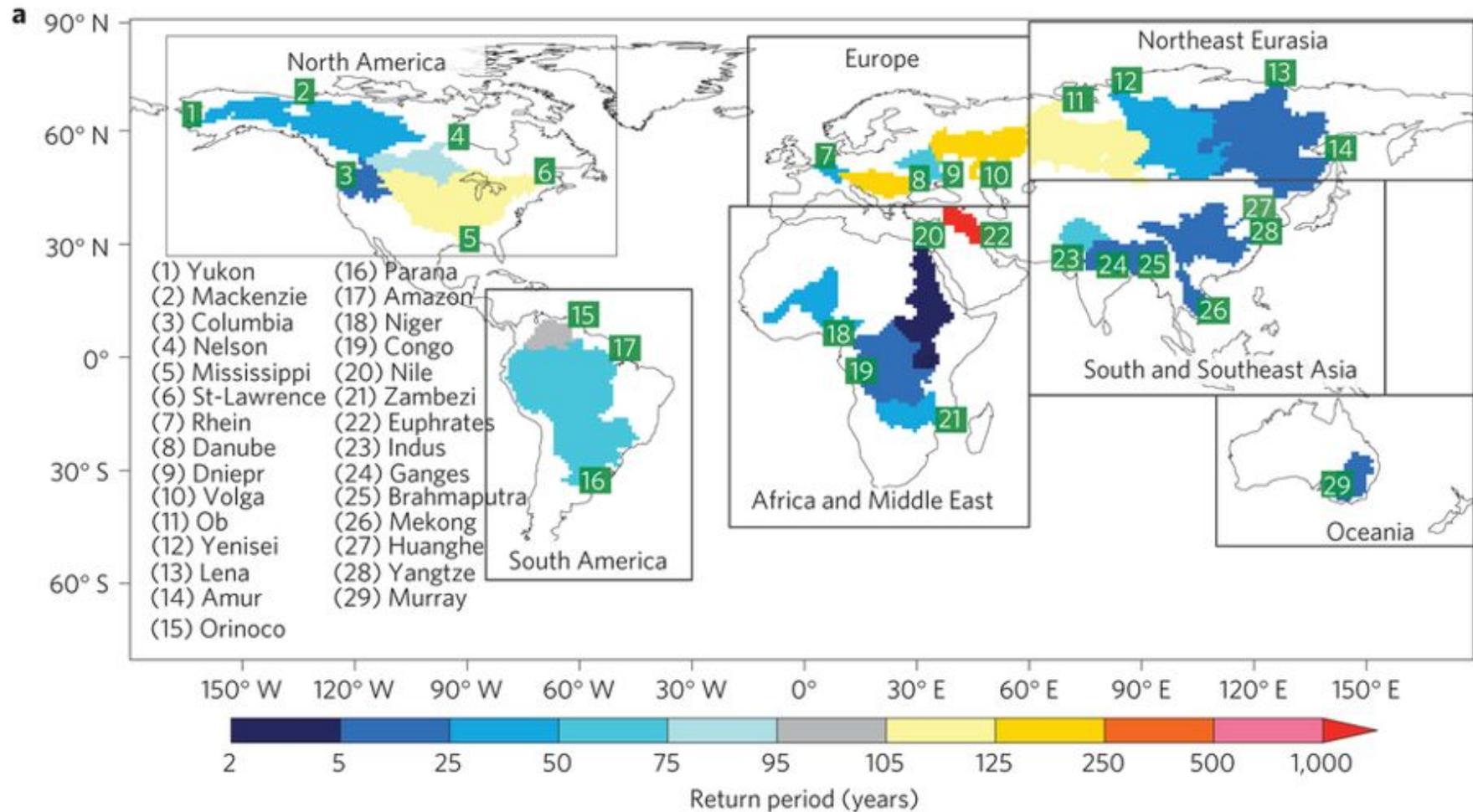
- 気象強制力データ
 - CTL : ELSE [Kim et al., 2009]
 - EXP : 各種気候実験から得られた変化割合と変化量をELSEに加味。
 - BC 0.5倍、2倍、5倍、10倍、SO2 0.5倍、2倍、5倍、10倍の8種。
- 期間: 1981 - 2000
- 空間解像度 : 陸域1度、河川0.25度



CTLで規格化

地域にわけて渇水・洪水の影響をみる

- Hirabayashi et al. (2013)の図 2 に従って大陸規模に分類



領域ごとの水ストレス人口変化率

Confidential

Yoshimura and Nitta, in prep

- 領域ごとの水ストレス人口について20年中上位5ヶ年の平均・標準偏差を算出した。
- アフリカ域及びアジア域ではBC増に合わせて有意な単調増加がみられる。
- BC削減により、アフリカ・アジア・東北ユーラシア・オセアニアでは水ストレス人口が減少。アフリカ・アジア域ではもともと水ストレス人口が高く（それぞれ6.4億人、16億人）**17** 全球での結果に貢献。

領域ごとの洪水影響人口変化率

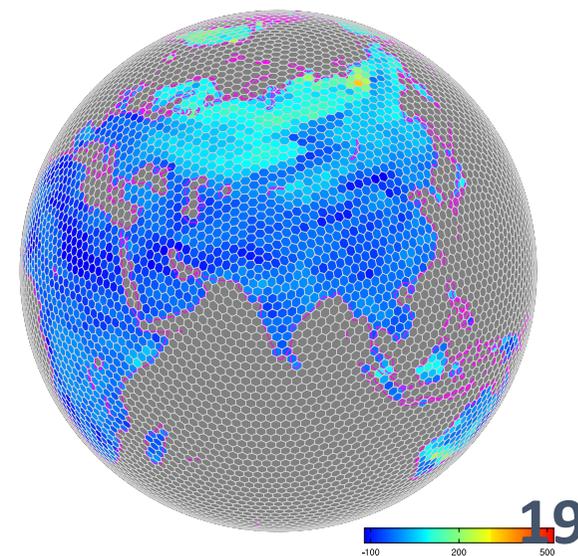
Confidential

Yoshimura and Nitta, in prep

- 領域ごとの洪水暴露人口について20年中上位5ヶ年の平均・標準偏差を算出した。
- 多くの地域で（南アメリカ・ヨーロッパ・アフリカ・アジア等）、BC半減実験で洪水影響人口が有意に増加する傾向が見られる。
- アフリカ・東北ユーラシア・ヨーロッパでは、BC増加に応じて洪水影響人口が減少する。**18**

NICAM-chemとの結合

- NICAM側から見た変更点
 - 陸面のオプションとして、ILSを追加
 - 河川モデルをTRIPからCaMa-Floodに変更
 - MPMDでNICAMとILSを並列に実行
(各モデルが1ステップ前の変数を使って動く)
- 結合に向けた第一段階として、NICAMのMATSIROが動いている状態でILSを同時に実行しテスト変数をやり取りし、動作確認
- 実験設定
 - NICAM
 - チュートリアル版のソースコード
 - 空間解像度：glevel=5, rlevel=0
 - データのやり取りは、Haloを除いた10242個(=10*32*32+2)の格子を対象とする
 - ILS
 - 空間解像度：0.5度
 - 流域形状格子



まとめ（陸面モデル開発）

- SLCP、特にBCの陸面過程における影響のより正確な評価と、NICAM-Chemの水・熱循環の再現性向上のため、河川流下過程を含む陸面過程全体のモデルシステムを改良した。
 - 汎用結合モジュールJcupを用いた次世代統合陸域シミュレータ（ILS）を構築し、洪水予測に関する精度検証を行った。
 - 2017年ハリケーンハービーや、平成30年7月豪雨による高梁川・肱川洪水などで予測可能性を示唆した。（予期していなかった副産物！）
- ILSを用いて、SLCPの一つのBCの増減による洪水・水資源についての評価を行った。比較用にSO₂増減実験も同様に行った。
 - BC排出を制限することで全球での水資源のストレスが緩和する可能性がある
 - BCとSO₂共に排出を抑制しても推進しても洪水暴露人口は増大する
 - 大陸規模にみると、増減のシグナルが異なる場合も多いため、地域ごとの解析は極めて重要。BC削減による水ストレス人口の減少は、アフリカ・アジア域で期待できる
- NICAM-Chemとの結合にも着手。後継課題での進展が期待できる。

5年間の研究成果（サイエンス）

- 学術論文28件（国内誌 7件、国際誌 23件）
 - 主要な論文
 - Suzuki, K., and T. Takemura, 2019: Perturbations to global energy budget due to absorbing and scattering aerosols. *J. Geophys. Res. Atmos.*, **124**, doi:10.1029/2018JD029808.
 - 芳村圭、新田友子、石塚悠太、多田真嵩、鈴木健太郎、竹村俊彦、短寿命気候汚染物質による陸域水循環への影響. 土木学会論文集B1(水工学), 74, No.4, I_217-I_222, 2018.
 - Uchida, J., M. Mori, M. Hara, M. Satoh, D. Goto, T. Kataoka, K. Suzuki, and T. Nakajima, 2017: Impact of lateral boundary errors on simulations of convective systems with a non-hydrostatic regional climate model. *Mon. Wea. Rev.*, **145**, 5059-5082, DOI:10.1175/MWR-D-17-0158.1.
 - Nitta, T., K. Yoshimura, A. Abe-Ouchi, 2017: Impact of arctic wetlands on the climate system: Model sensitivity simulations with the MIROC5 AGCM and a wetland scheme, *J. Hydrometeor.*, doi:10.1175/JHM-D-16-0105.1.
 - Goto D., T. Nakajima, T. Dai, T. Takemura, M. Kajino, H. Matsui, A. Takami, S. Hatakeyama, N. Sugimoto, A. Shimizu and T. Ohara 2015: An evaluation of simulated sulfate over East Asia through global model inter-comparison, *J. Geophys. Res. Atmos.*, **120**, 12, 6247-6270
- 学会発表112 (+a) 件
 - H26 : 36件、H27 : 18件、H28 : 17件、H29 : 20件、H30 : 21+a件

5年間の研究成果（環境政策・国民との対話・その他）

S12全体と共通

- 毎年の一般公開シンポジウムの開催
- 国際シンポジウムの開催（2014、2017）
- 環境省・ERCAとの月例連絡会の開催

S12-4のみ

- メディア発表
 - 2017.05.10 プレスリリース「全世界からの植物由来の蒸発量の把握～水の同位体比から解き明かされる地球水循環の詳細～」
 - 2018.07.03 プレスリリース「天気のパターンから放射性物質の拡散方向を予測 ～ 機械学習で信頼性を高め、被曝リスク低減をめざす～」
- 表彰・受賞
 - 2018年気象学会堀内賞（芳村圭）
 - 2014年気象学会気象学会賞（鈴木健太郎）
 - 2014年気象学会藤原賞（中島映至）等