#### 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



### SLCPの気候・水循環影響推計及び NICAM-Chem開発





#### SLCP気候影響の多元性と不確実性



Aerosols scatter solar radiation. Less solar radiation reaches the surface, which leads to a localised cooling.

Absorbing aerosols



Aerosols absorb solar radiation. This heats the aerosol layer but the surface, which receives less solar radiation, can cool locally.





> 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
 > 大気の速い広答の不確定性 → 雨・路水過程の不確定性

▶ 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

#### SLCPがもたらすITCZのシフト



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



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。

#### 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
  - •大気の加熱が「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



### 次世代統合陸域シミュレータ(ILS)の開発



#### 洪水シミュレーションの検証

#### Ishitsuka et al., in prep.



# 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)



area of the river station. The black-contoured rectangle indicates the area shown in Fig. 10.

Results of GloFAS, [Alfieri et al., 2013]

# 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



### 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



**16** Hirabayashi et al. (2013)

## 領域ごとの水ストレス人口変化率



- ・ 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。



洪水影響人口(CTL比)[%]



- ・ 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 intercomparison, *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