

SLCP (短寿命気候汚染物質) とは？

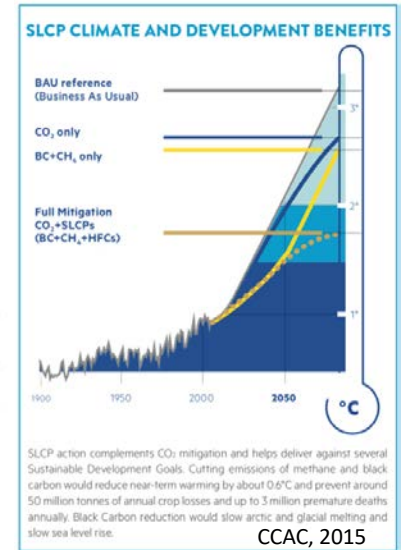
SLCPと地球の陸域水循環

芳村圭* /新田友子/石塚悠太/多田真高/
 鈴木健太郎/竹村俊彦

* : 東大生産技術研究所・大気海洋研究所

芳村圭、新田友子、石塚悠太、多田真高、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, 2018.

- 大気中での化学的な寿命が数日から数十年程度と比較的短く、気候を温暖化する作用を持つ物質。
- 主要物質：メタンと対流圏オゾン、代替フロン (HFC) 及び黒色炭素粒子 (BC) 等
- 即効性の高い政策課題として取り上げられやすい
 - BCとメタンの削減効果でCO₂の削減効果と同様の効果 (右図)



SLCP (BC) の気候影響

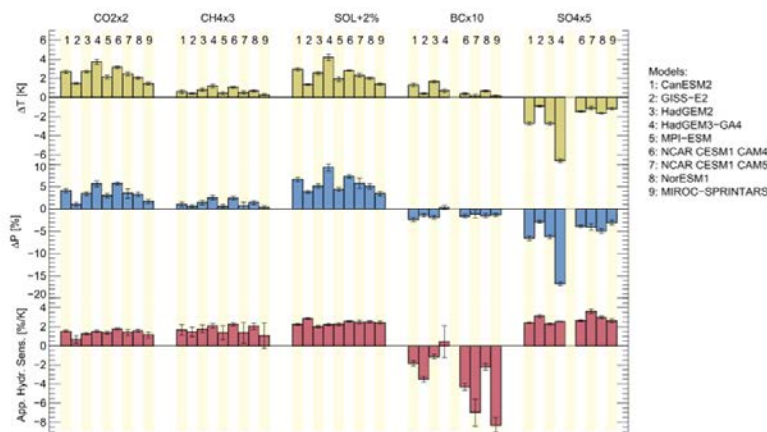
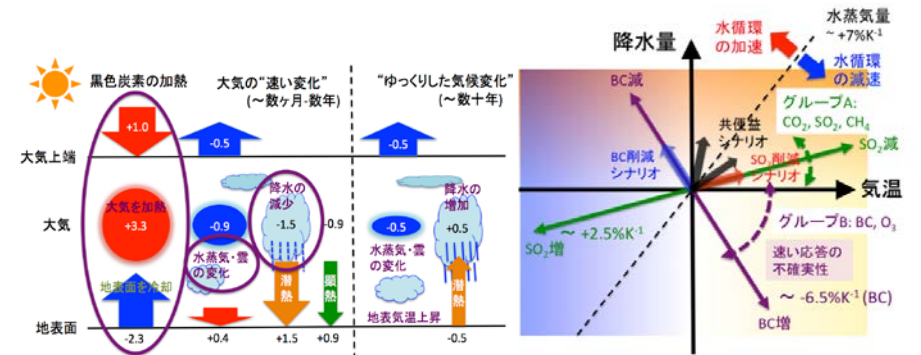


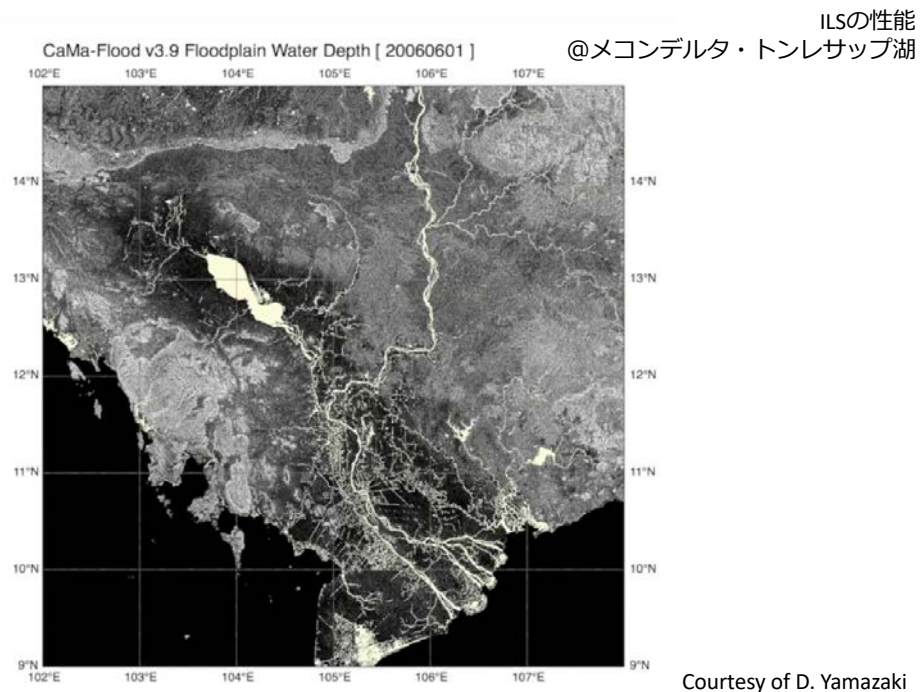
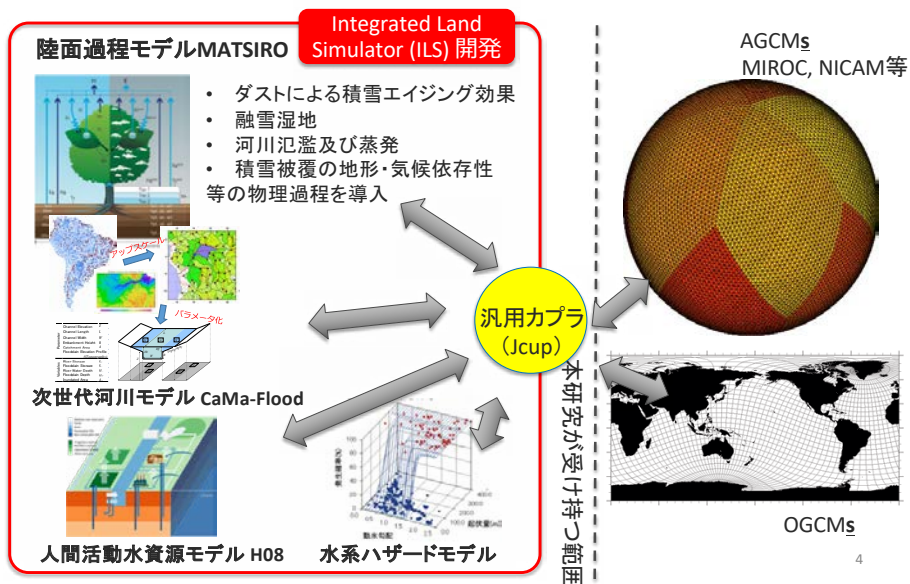
Figure 1. Global annual mean (top row) temperature and (middle row) precipitation change for years 51–100 following a climate perturbation and (bottom row) the resulting apparent hydrological sensitivity. The numbers indicate the participating models. Error bars indicate ± 1 standard deviation of interannual variability.

BCによる気候応答



- BC増：全球規模での温暖化が進む一方、少雨化が進行する。
 - SO₂増：寒冷化に伴い少雨化が進行する。
 - 違いの原因：BCと硫酸塩エアロゾルの光学特性の違い。結果としてBCは短い時間スケールで降水量を顕著に変化させる一方、SO₂は長い時間スケールでの降水量の気候変化をもたらしている。
- 本研究では、陸域水循環、特に洪水や渇水の頻度に関して、差の詳細(地域分布等)を見る。

高度化された陸域モデルシステム (Integrated Land Simulator; ILS) の開発



日本域高解像度予測システムの構築

Cooperated with JAXA/DIAS

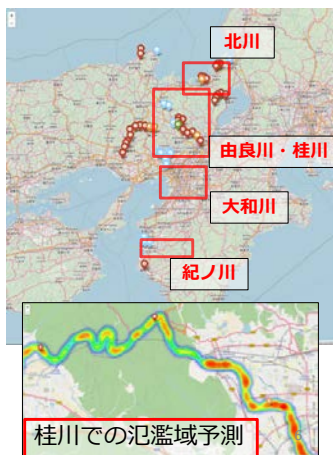
✓ 最新のモデルとデータを用いて洪水を39時間前から予測するシステムを構築。

2017年台風21号による近畿地方の洪水被害を本システムが実際にリアルタイム予測した際の事例

- 和歌山県紀の川、福井県北川、大阪府/奈良県大和川、京都府由良川および桂川等多くの河川で氾濫危険水位を超過、氾濫被害があった。
- 桂川や由良川、北川をはじめとした流域で24時間以上前から洪水発生を予測した。



Courtesy of Y. Ishitsuka



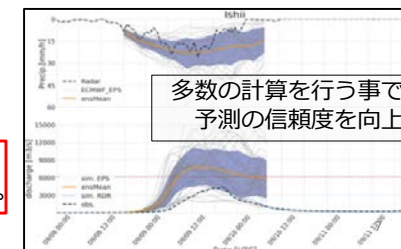
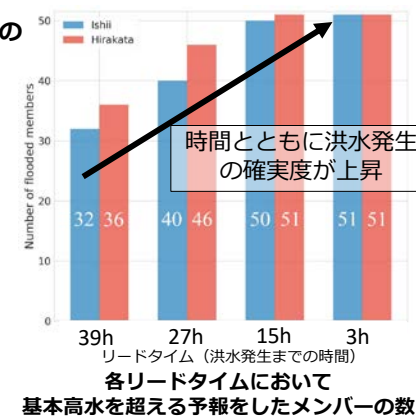
2015年関東・東北豪雨による鬼怒川大洪水時の本システムによる予測事例



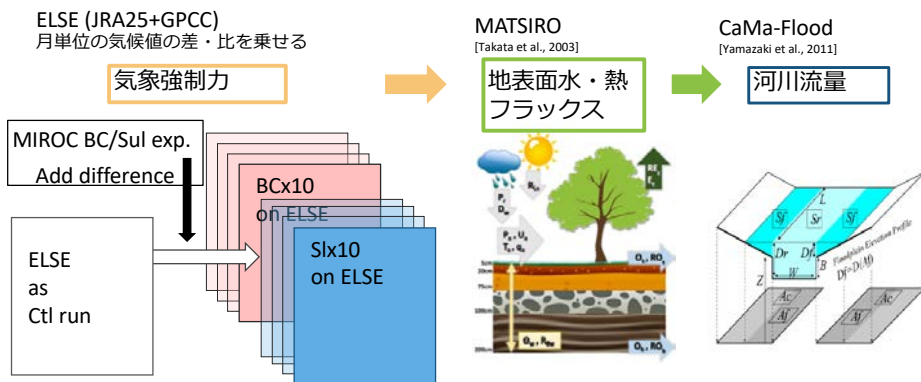
- 2015年9月に発生した鬼怒川洪水
- 10日午前6時ごろに越水による浸水
- 同日午後1時ごろには破堤が発生

システムは39時間前に洪水発生を示唆、15時間前には高い確度で洪水を予測した。

Ishitsuka et al., submitted



手法：陸面オフライン実験



- 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

8

評価：水ストレス指標

- ファルケンマーク指標 Q/C
 - Shen et al. (2014), Kiguchi et al. (2012)
- Q: 水資源賦存量 [m3/year]
 - Shen et al. (2014)に従い流域平均流出量を用いた
- C: 人口 [人]
 - 1990年の値を用いる
- 流域ごとにQ/Cの値を算出

水ストレス	基準 [m ³ /year/c]
No stress	1700 < Q/C
Moderate stress	1000 < Q/C < 1700
High stress	500 < Q/C < 1000
Extreme stress	Q/C < 500

Shen et al. (2014)

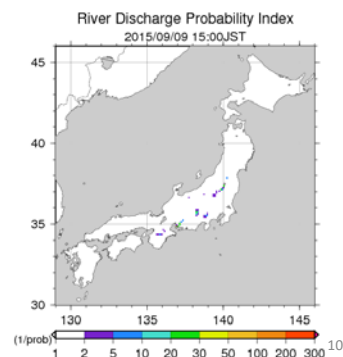
9

評価：洪水指標

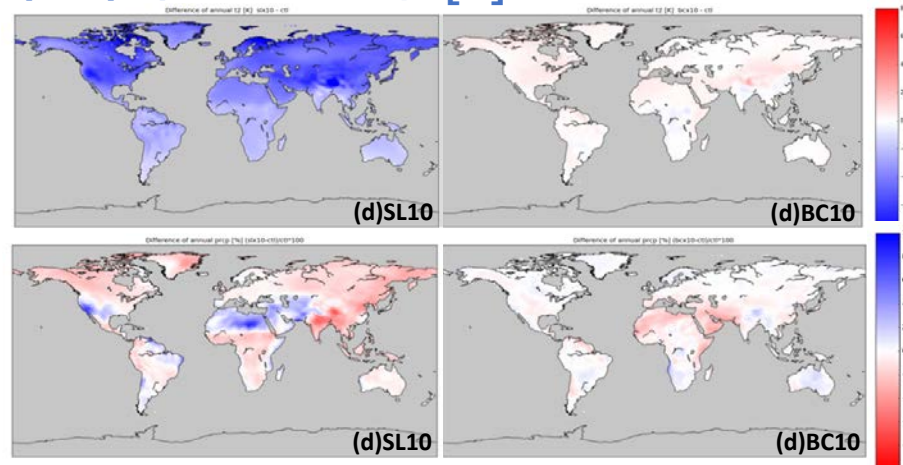
- 確率流量指数 (Discharge Probability Index: DPI)
 - Yoshimura et al. 2008
 - 年最大値の確率分布にグンベル分布を仮定し (発生間隔にポアソン分布、発生回数の確率分布に指数分布を仮定する)、ある値の再起確率を推定する手法。

$$\Pi = \left(1 - \exp \left(- \exp \left(- \frac{D - \mu}{\beta} \right) \right) \right)^{-1}$$

Π [yr]: DPI、D: 流量
μ、β: 形状パラメタ

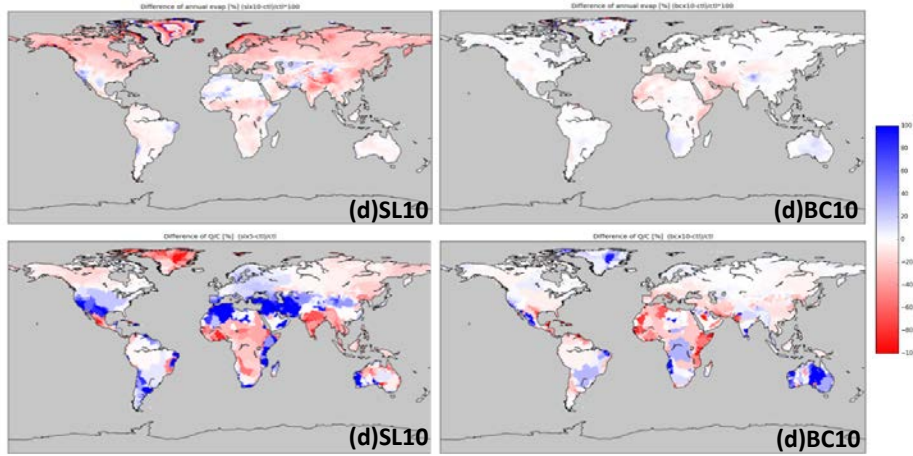


(上段) 年平均気温の変化 [K]



(下段) 年平均降水量の変化量 [%] CTLで規格化

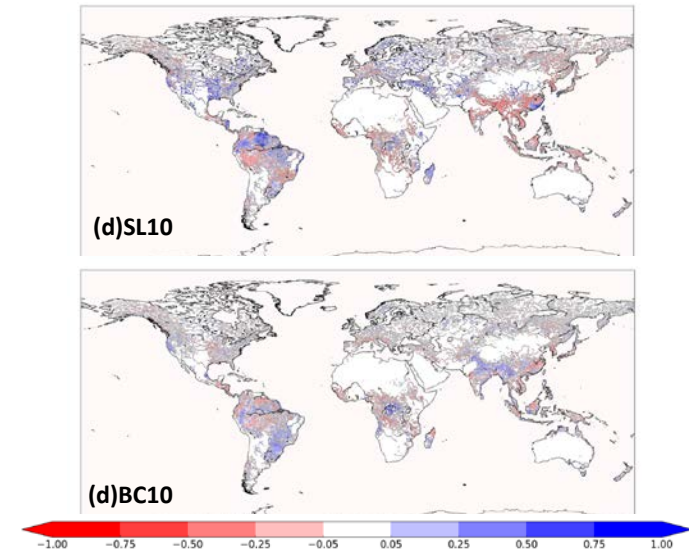
(上段) 年平均蒸発量の変化量 [%]



(下段) 年平均Q/Cの変化量 [%]

洪水（年超過確率1/100の河川流量）の変化

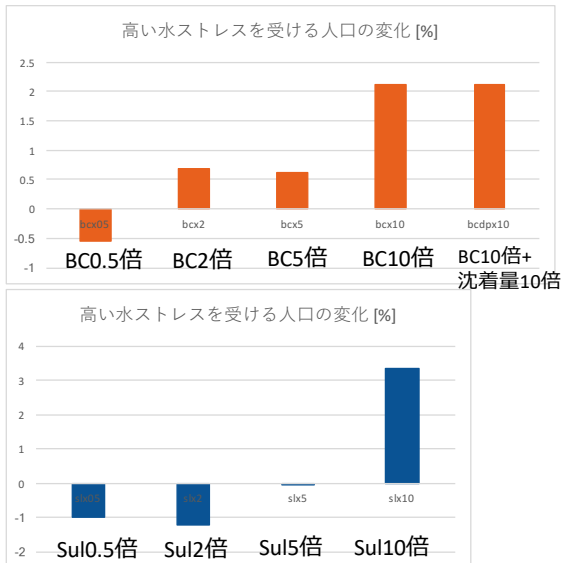
$$\frac{Q_{BC/Sul:rccr\ year=100} - Q_{ctl:rccr\ year=100}}{Q_{ctl:rccr\ year=100}}$$



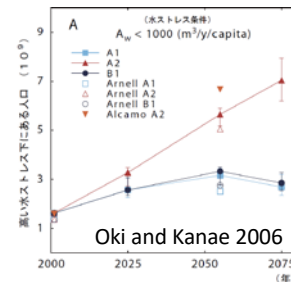
12

13

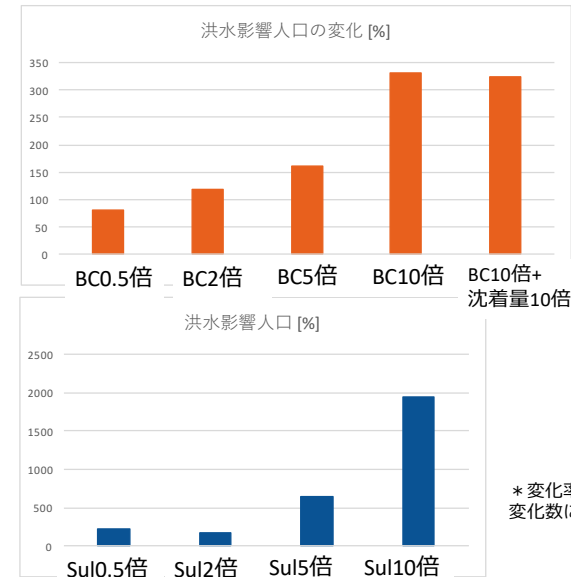
高い水ストレスを受ける人口の変化



- Shen et al. (2014)と同様に、 $Q/C < 1000$ [$m^3/year/c$] の流域に住む人口を計算
 - CTLで約25.1億人。Shen et al. (2014)の17.5億人より多い。総流出量がGSWP2より少なめなのが原因だと考えられる
 - BC10倍実験で約2.1%, Sulfate10倍実験で約3.4%増加
- * 変化人数は、温暖化よりも一桁小さい



洪水影響人口の変化

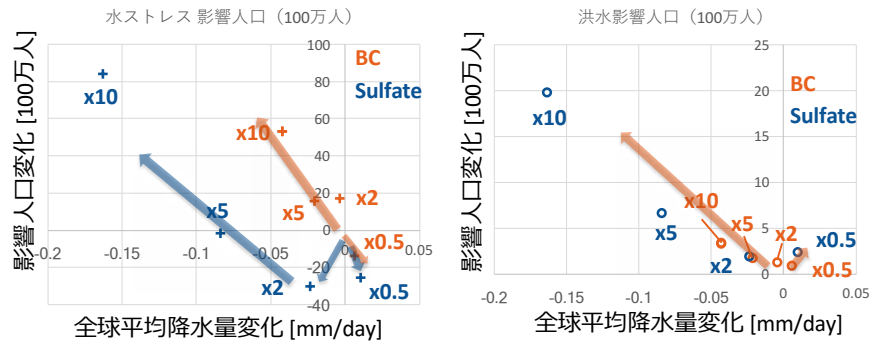


- 日流量が年超過確率1/100を超える場合を洪水と定義
- 氾濫面積と人口をかけあわせて全球の影響人口を算出
- 全球平均降水量が減少しても、洪水影響人口は増加する場合が多い
- BC10倍実験で約3倍、Sulfate10倍実験で約20倍増加

* 変化率は非常に大きいですが、母数が小さいため、変化数に直すと、ストレス人口と同レベル

15

まとめ



1. BCとSO₂共に全球降水量を減少させ、BCでは特に流出量減少に効果が出やすい
2. 降水量及び流出量の地域分布では減少と増大が入り混じり、その分布はBCとSO₂で大きく異なる
3. 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
4. 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 ¹⁶