

[A0902]
植生改変・エアロゾル複合効果が
アジアの気候に及ぼす影響
2009~2011年度

研究課題代表 安成 哲三
(名古屋大学地球水循環研究センター)

研究の目的

- 18世紀から現在に至るアジアモンスーン気候の変化が、人間活動による植生改変とエアロゾル変化およびその複合効果により、どの程度影響を受けたかを、定量的に評価することを目標とする。
- アジア地域では硫酸塩に加え、NO_xが増加傾向にあり、これらの過程も含めた新しいエアロゾルモデルを用いてエアロゾルの気候影響を、特にこれらのエアロゾル増加が著しい20世紀後半について評価する。
- さらに、18世紀以降の植生改変・エアロゾル複合効果（植生改変→VOCs→SOA生成過程）がアジア地域の気候変化に与える影響を、大気化学モデル、エアロゾルモデルと大気大循環モデルの組み合わせにより定量的に評価する。

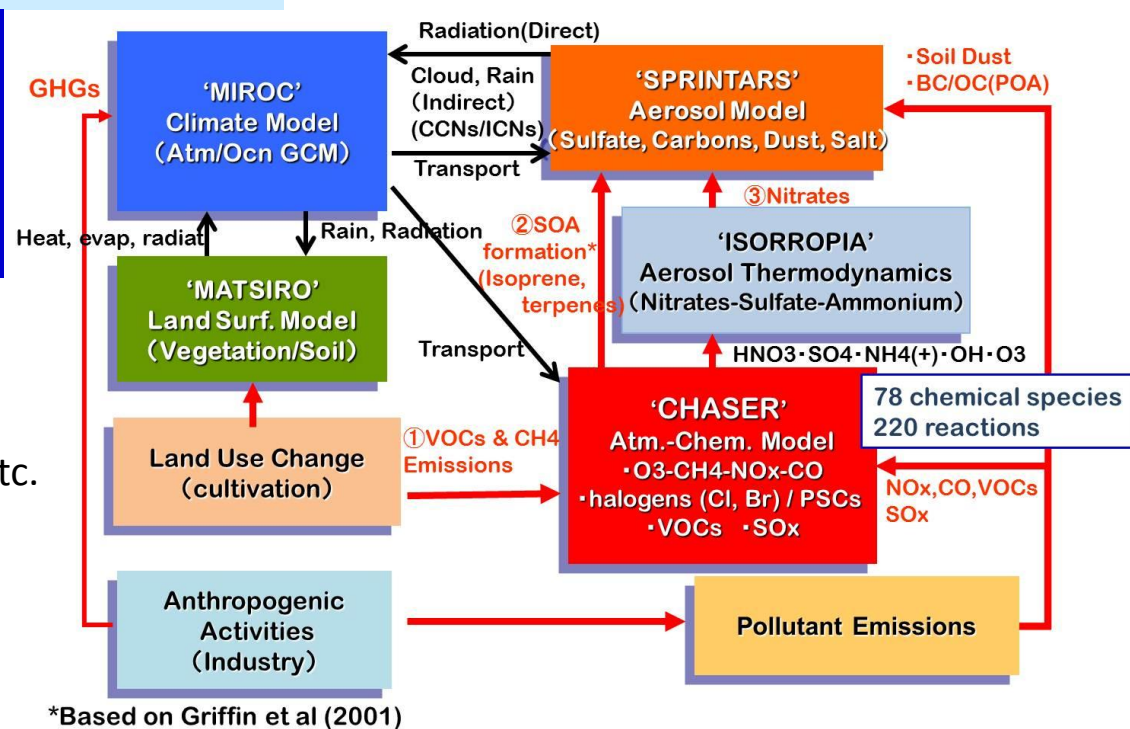
研究項目及び実施体制

研究代表者： 安成哲三（名古屋大学地球水循環研究センター）

- ・ サブ課題 1：エアロゾル変動のモデリングと気候影響評価
（神沢 博／名古屋大学環境学研究科）
- ・ サブ課題 2：植生改変によるエアロゾル変動の気候影響評価
（高田久美子／独立行政法人海洋研究開発機構）
- ・ サブ課題 3：アジアモンスーン地域における20世紀の気候変動・
変化に関するデータ解析
（松本 淳／首都大学東京）
- ・ サブ課題 4：植生改変・エアロゾル変動によるアジア地域の
気候変動・変化のフィンガープリント解析
（安成哲三／名古屋大学地球水循環研究センター）

過去150年(1850→2000) の全球における 放射強制力・気候計算

- ✓ 対象 : 1850 → 2000年変動(瞬時)
- ✓ Emission : IPCC-AR5 データ
Lamarque et al. (2011) etc.
- ✓ 過去再現計算:
*Coupled with Atm-Ocn climate
model (MIROC-5 version is used)
*150 yrs run for 1850-2000



モデル概略と設定: MIROC-ESM-CHEM (MIROC 地球システムモデル)

- ✓ **Climate Model Core** : MIROC-4.5 (t42,L80) developed mainly in AORI/JAMSTEC/NIES/NU/KYU
- ✓ **Chemistry** : CHASER-V4 (Sudo et al., 2011) ~250 reactions with >70 species
 - Ox-NOx-HOx-CH4-CO chemistry with VOCs (explicit C2s, C3s, and isoprene & terpene)
 - Halogen (ClOx/BrOx) chemistry with PSCs chemistry (Akiyoshi et al. 2004) nudged to HALOE
 - NO₃⁻ and SOA chemistry (not used in CMIP5/ACCMIP runs)
- ✓ **Aerosol**: SPRINTARS (Takemura et al., 2010)
 - SO₄, BC/OC, sea-salt, and dust
 - Direct & indirect effects (incl. ice nuclei effects)
- ✓ **SLCFs Forcing** : O₃(Trp/Str), BC, OC, SO₄, (and NO₃, SOA-landuse for radiative forcing calc.)
- ✓ **Natural emissions**: basically constant except for lightning NO_x, & dust

Watanabe et al. (2011)

過去150年気候再現実験

今年度実験の重点ターゲット

- ・土地利用変化によるSOA変化の気候影響(1850-2000年)
- ・硫酸塩・硝酸塩など各種エアロゾル増加の気候影響(1960-2000年)

■ Exp1: コントロールラン

すべてのエミッションについて経年変動を考慮

計算期間: 1850 – 2000 年(アンサンブルラン実行中)

■ Exp2: テルペン・イソプレン放出を1850年値に固定した感度実験 (森林→農耕地改変のSOA変動を介した影響を切り分けるため)

計算期間: 1850 – 1970 (2000) 年(アンサンブルラン実行中)

■ Exp3: 硫酸塩の前駆気体放出を1960年値に固定した感度実験

計算期間: 1960 – 2000 年

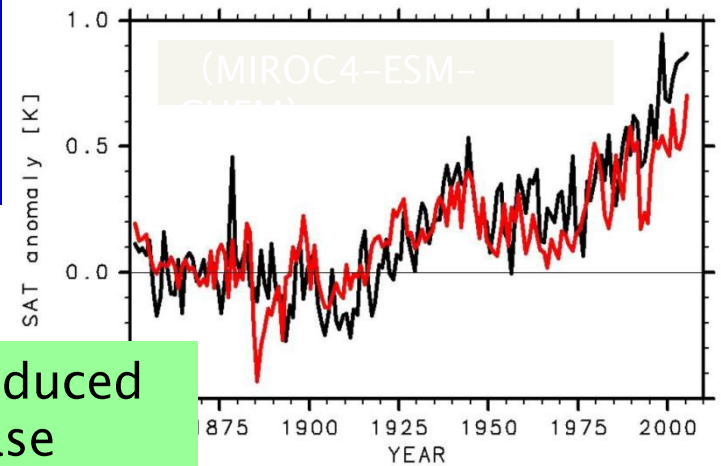
■ Exp4: 硝酸塩の前駆気体放出を1960年値に固定した感度実験

計算期間: 1960 – 2000 年

使用モデル: MIROC5(CGCM)+SPRINTERS+CHASER(外部入力)
解像度: T42(約2.5度格子), 鉛直40層

過去 (1850-) の化学気候再現実験: MIROC5+"NO₃&SOA(ESM-CHEM)"

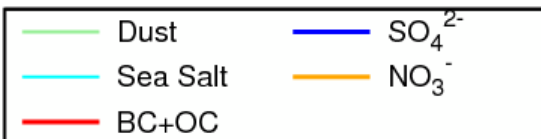
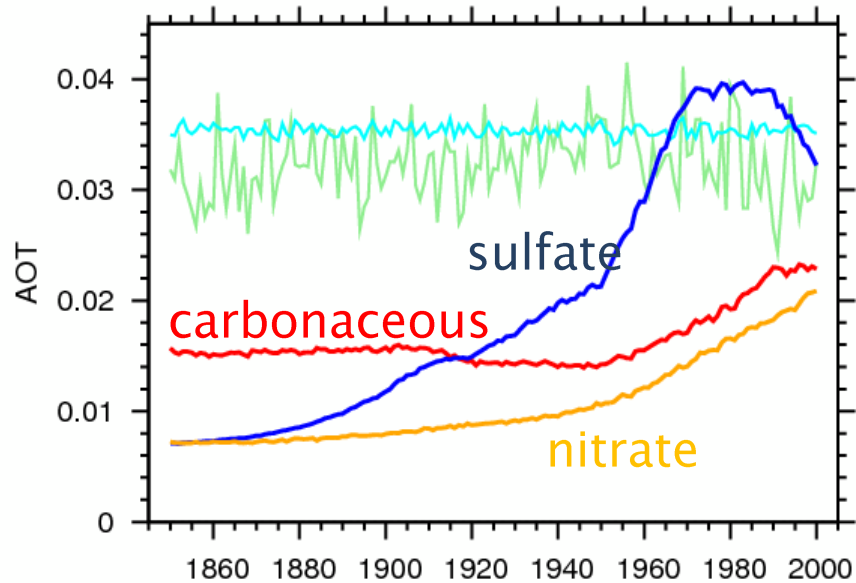
- Rapid rises in SO₄²⁻ and OC with moderate gradual increase in NO₃⁻
- Land-use change induced SOA changes during 1850-1950



Land-use induced
SOA decrease

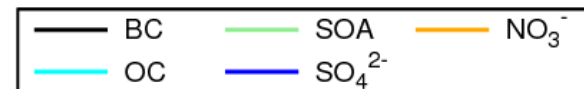
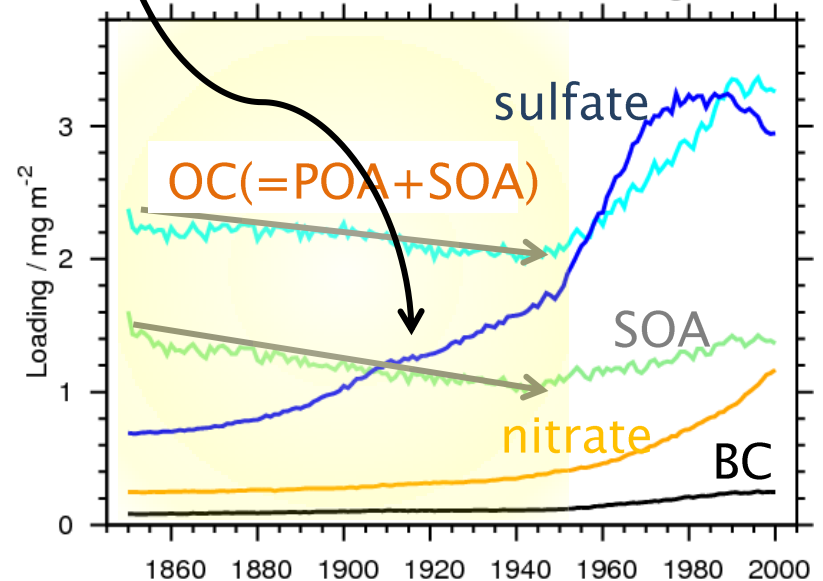
Aerosol Optical Thickness

Global Mean AOT



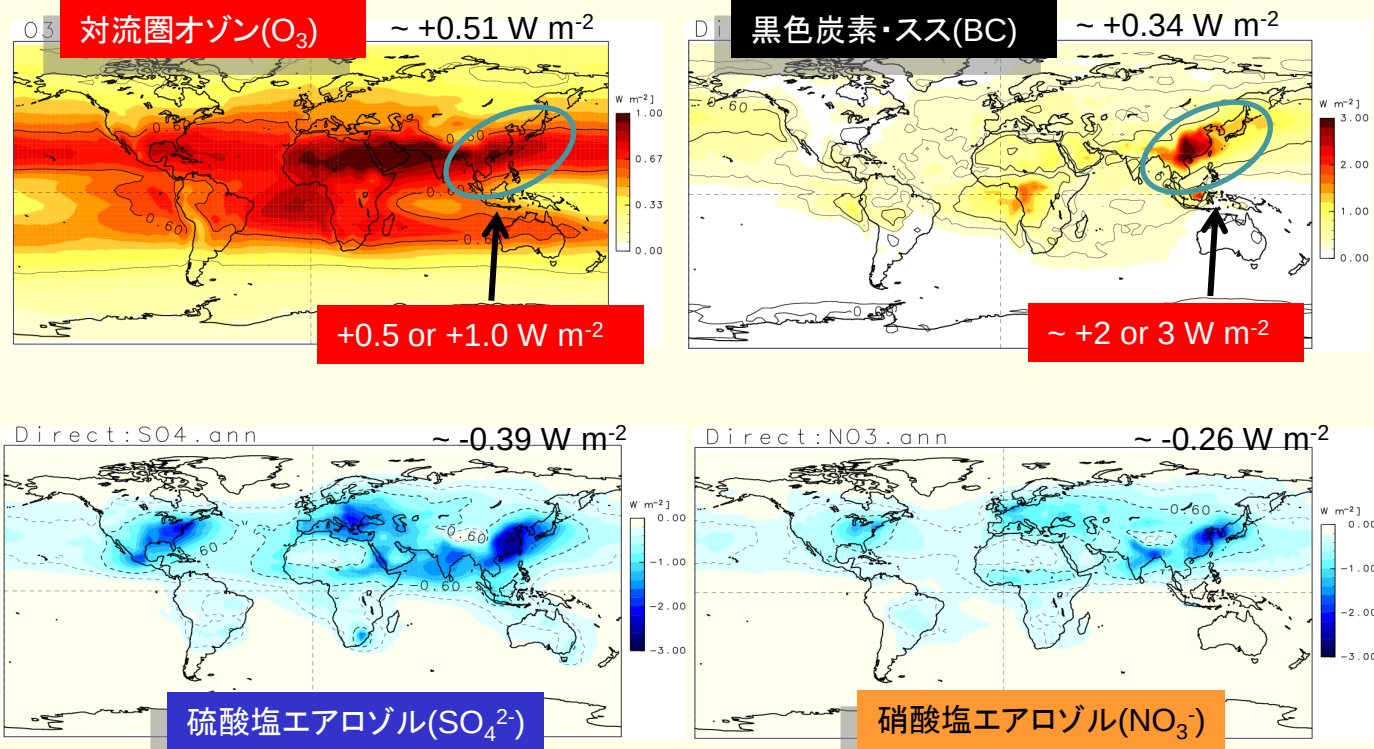
Aerosol Column Loadings

Global Mean Column Loading



放射強制力分布 (2000 – 1850)

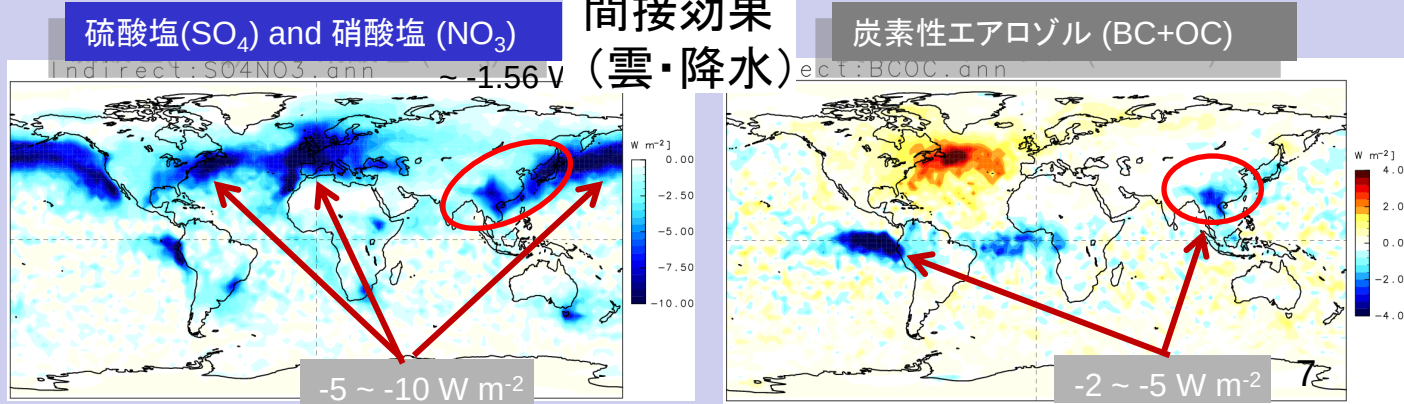
直接効果



・アジア域起源物質
(要因)の全球気候
変動に与える効果
は？

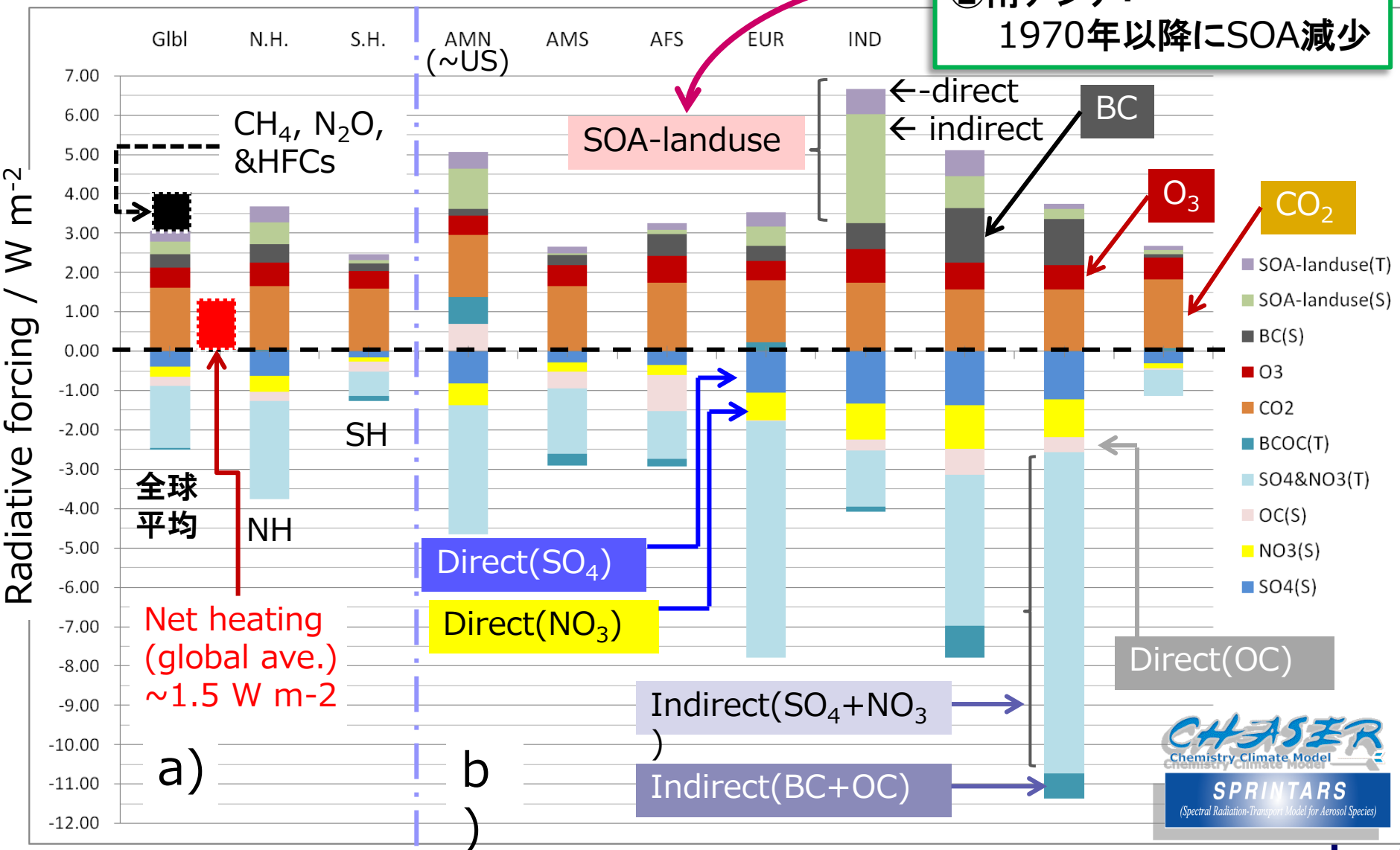
・アジア域での気候
変動要因は？

間接効果 (雲・降水)



Radiative forcing from CO₂ and SLCFs using RCP historical emission data (Lamarque et al. 2013)

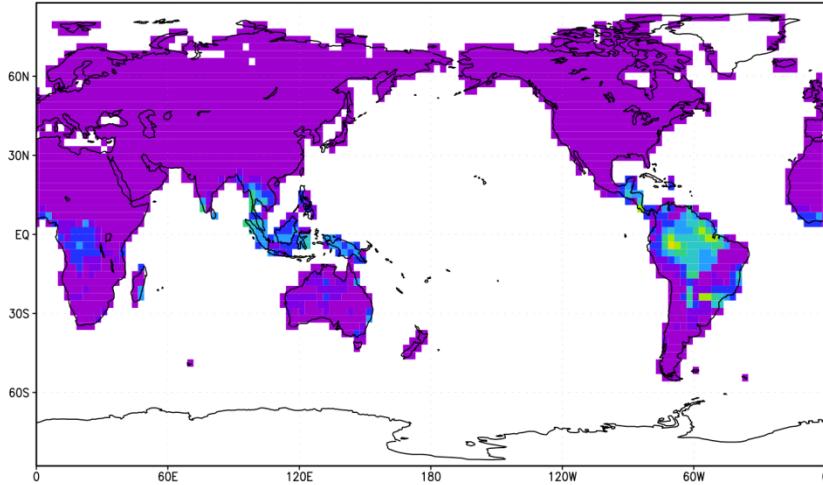
- ①北米、ユーラシア:
1960年頃までにSOA減少
- ②南アジア:
1970年以降にSOA減少



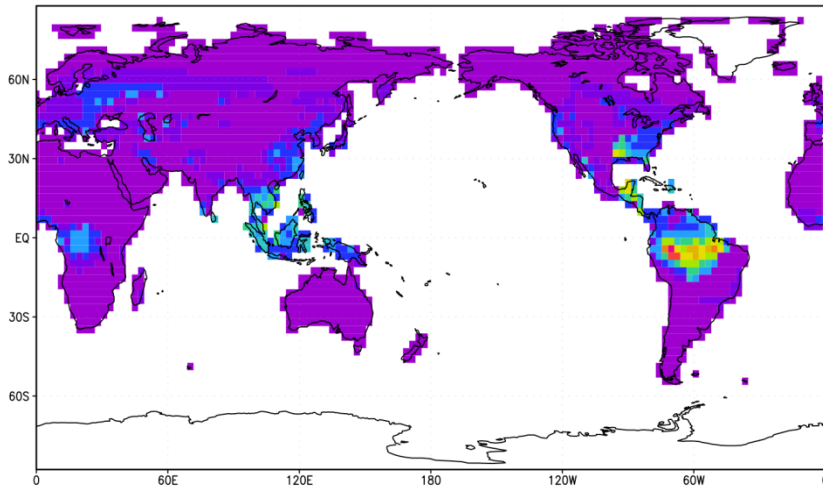
(新しいVOC推定方法に基づく)

植生改変(1700→1850)に伴うVOC⇒SOA変化

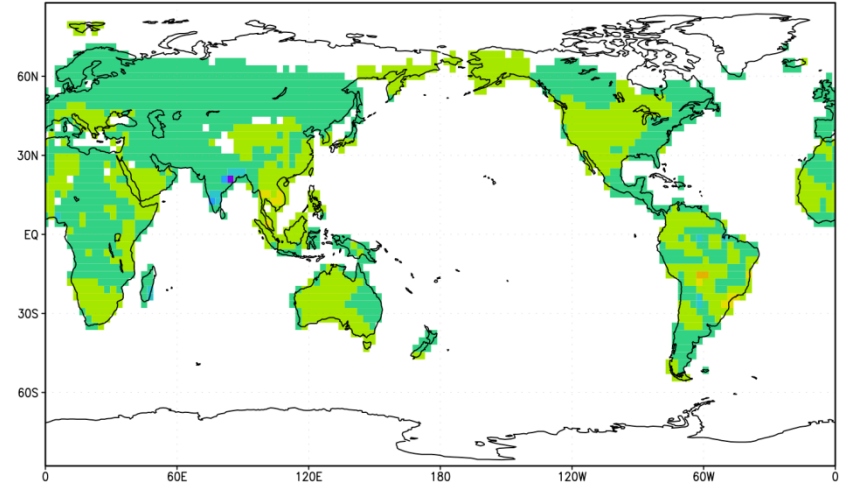
SOA in B2(1850) Jan. [$\times 10^{-11}$ kgC/m²/sec]



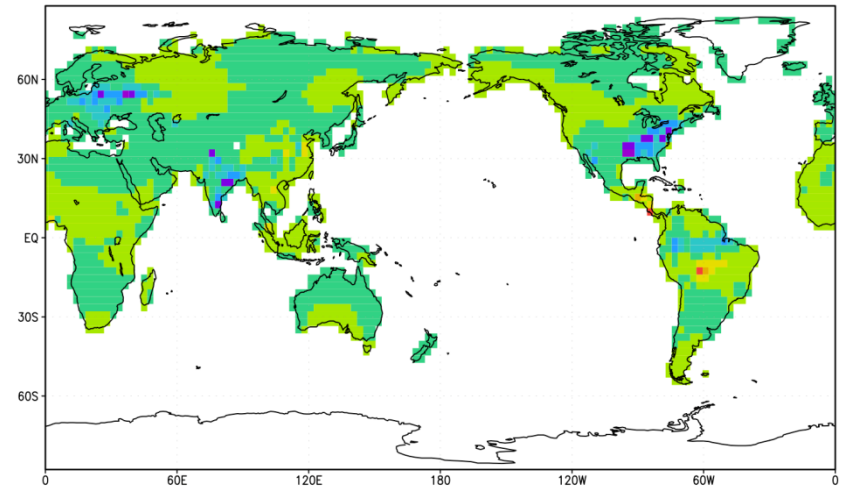
SOA in B2(1850) Jul. [$\times 10^{-11}$ kgC/m²/sec]



SOA of B2(1850)-B2(1700) Jan. [$\times 10^{-11}$ kgC/m²/sec]



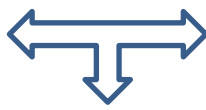
SOA of B2(1850)-B2(1700) Jul. [$\times 10^{-11}$ kgC/m²/sec]



植生起源のVOCは全VOCの90% + 植生改変によるVOC変化は植生VOCの10%
= 植生改変によるVOC変化は全VOCの9%

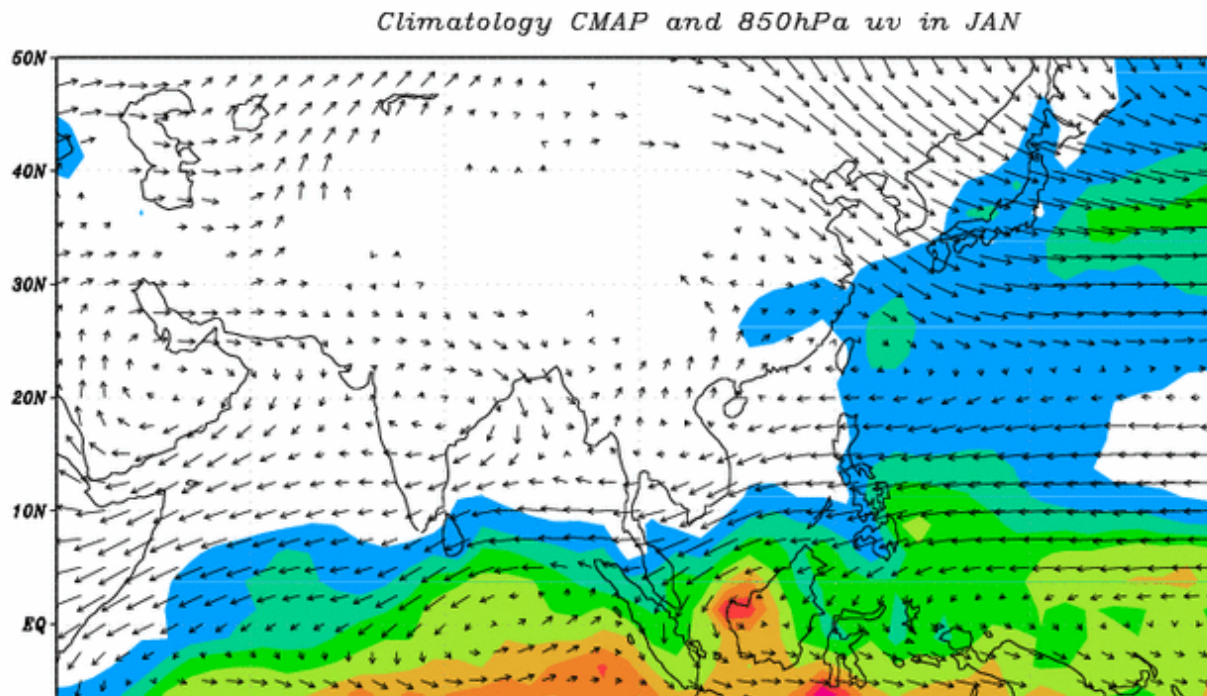
人間活動（GHG増加、エアロゾル変化）が夏季アジアモンスーンに与える影響評価には、季節ごとの循環場の違いを考慮することが重要

アジアモンスーン
の季節変化



人間活動と自然変動による
強制

Climatological mean rainfall and 850hPa winds



Key Points:

Seasonality
Regionality
consistency

自然変動と人間活動によるアジアモンスーンへの影響は
季節によって異なる可能性が大きい

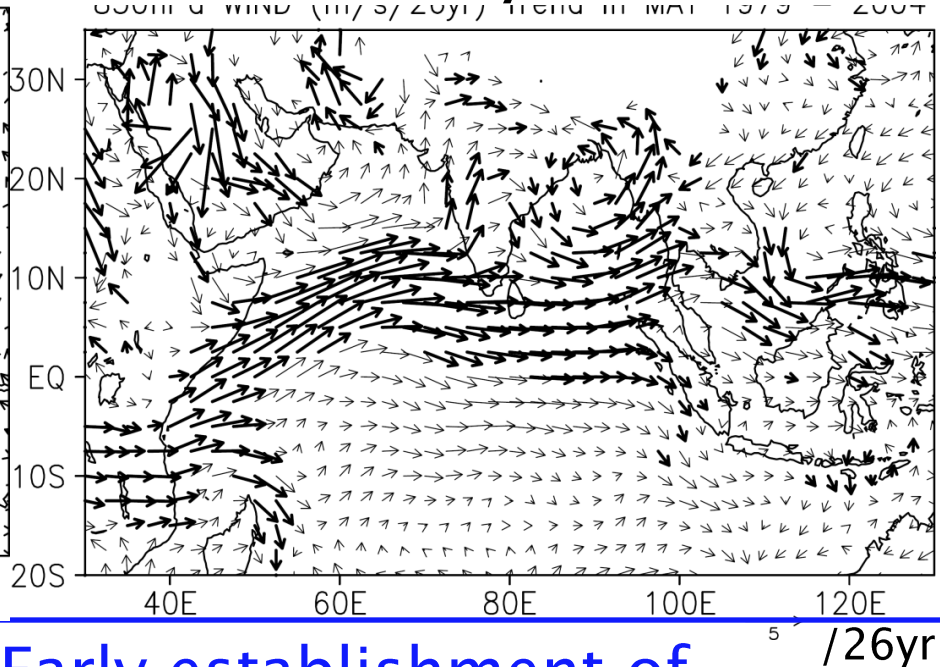
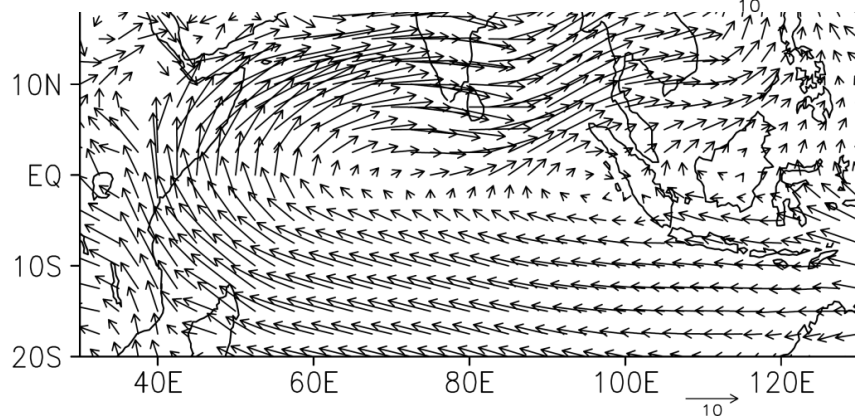
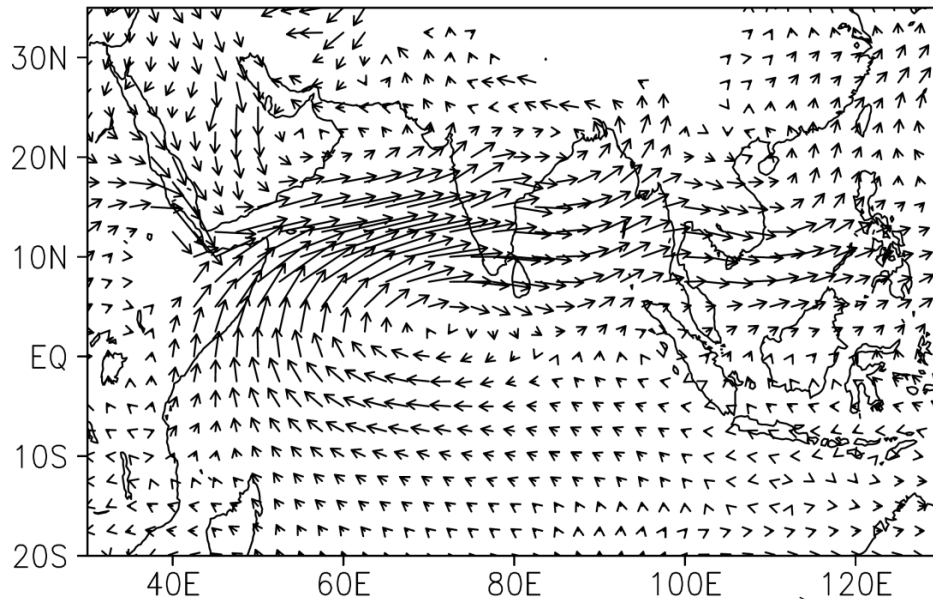
最近30年 (1979→2008) のトレンドは 5月 (プレモンスーン) と6月 (モンスーン開始期) で反転している

Climatology in May

Difference of climatology
from May to June

(Kajikawa et al., GRL, 2012)

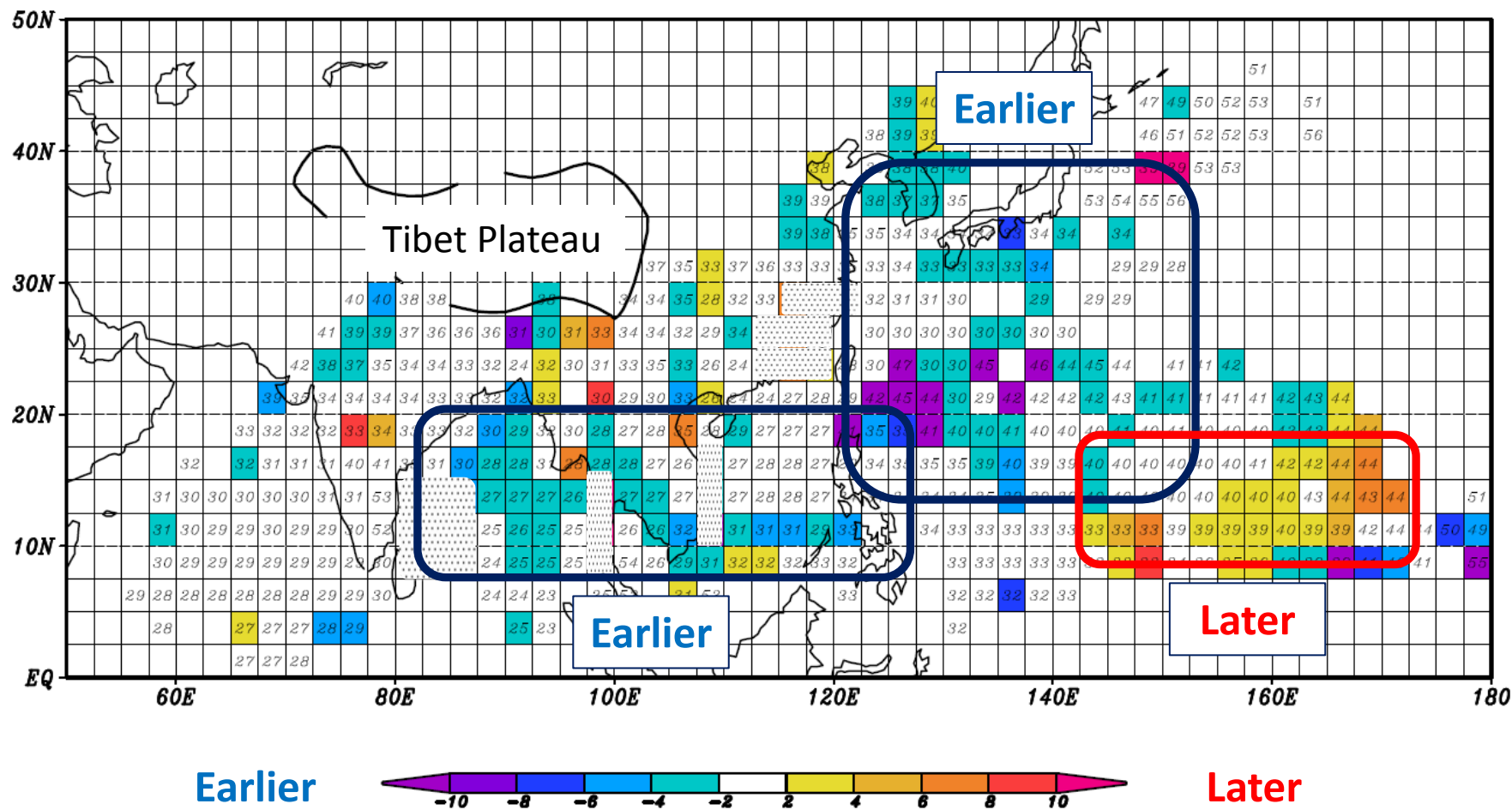
Trend in May



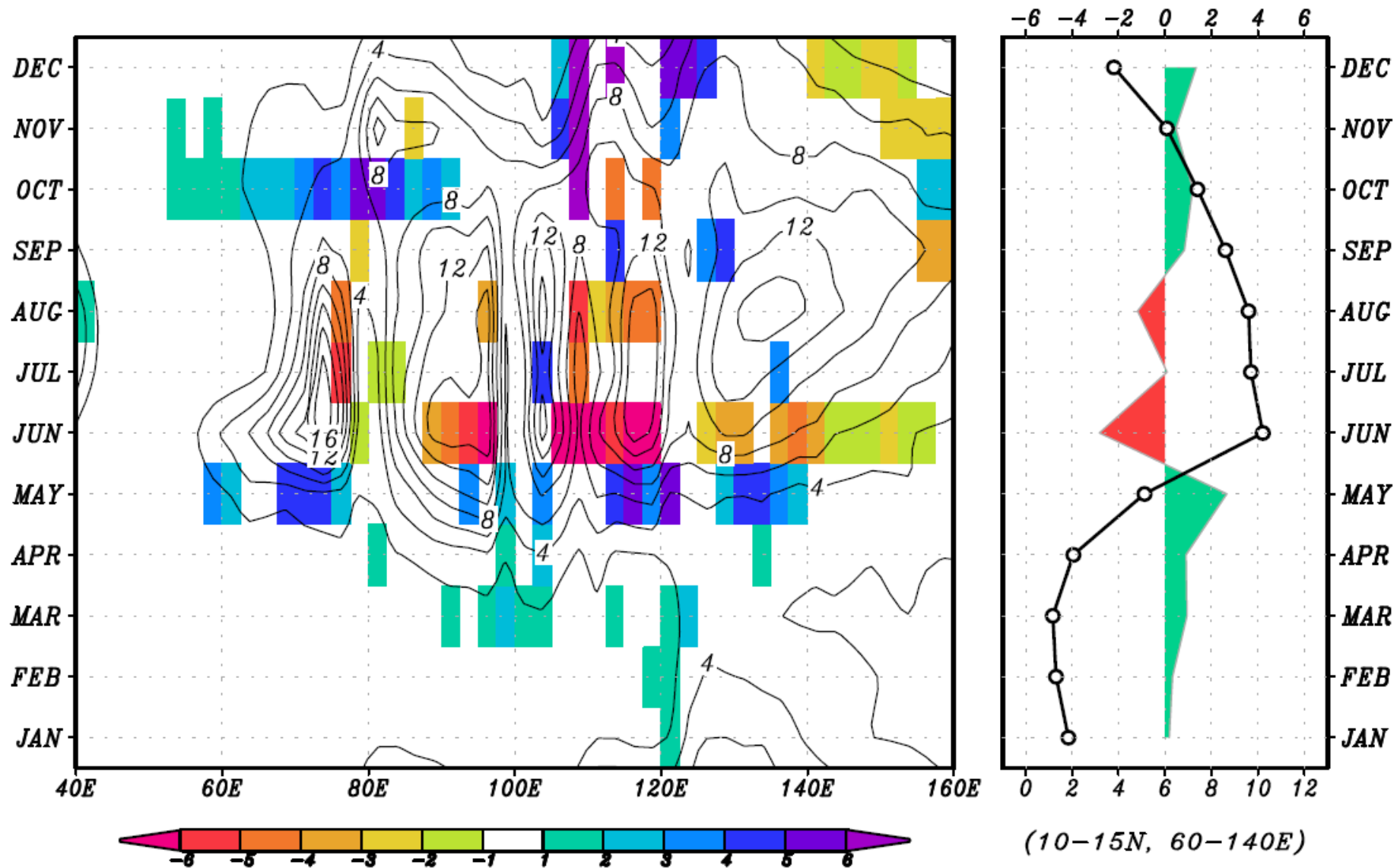
Early establishment of
monsoon circulation in May is
noticeable, with N-ward shift
of monsoon westerly and
cyclonic circulation over BoB

夏季アジアモンスーンの開始期は全体に早くなっている (Kajikawa et al. GRL, 2012)

Onset pentad [1994-2008] – Onset Pentad [1979-1993]



南アジアモンスーン地域(10–15N, 60–140E)での降水量トレンドの季節性

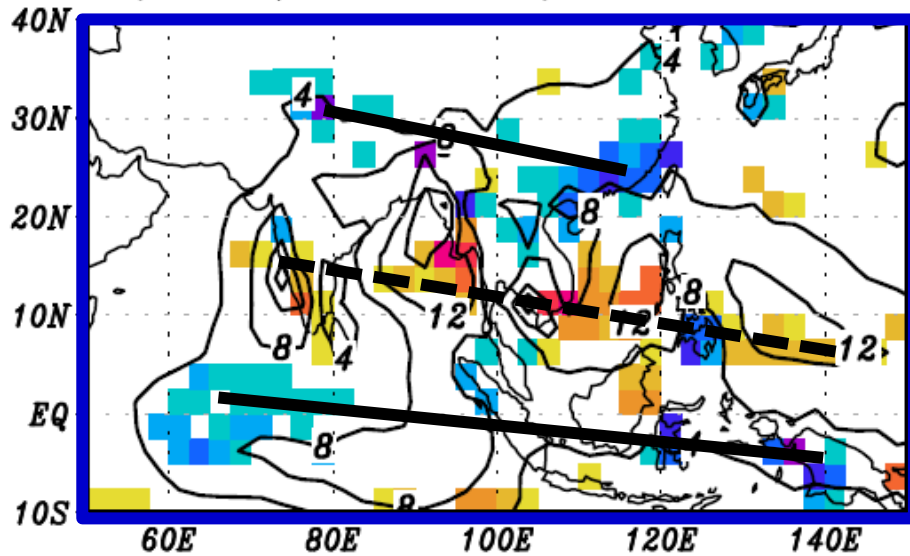


過去30年(1979→2008)の夏季アジアモンスーン変化 は人間活動の影響か？

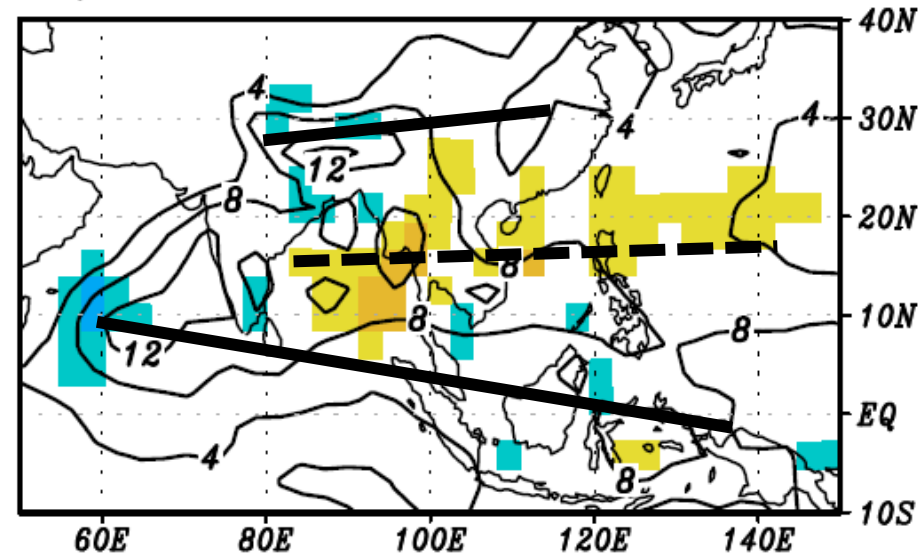
- MIROC-3 (IPCC-AR4対応) 大気海洋結合気候モデル数値実験結果による予備的
フットプリント解析
- GHG増加、エアロゾル変化、自然要因に
分離してモンスーン変化への影響を評価
- モンスーンの季節性を考慮して影響評価
(観測に見られた5月、6-8月、9月以降
のトレンド分布の違い等)

Trends of rainfall (JJA) OBS vs Simulated (Full, GHGS, ARSLs)

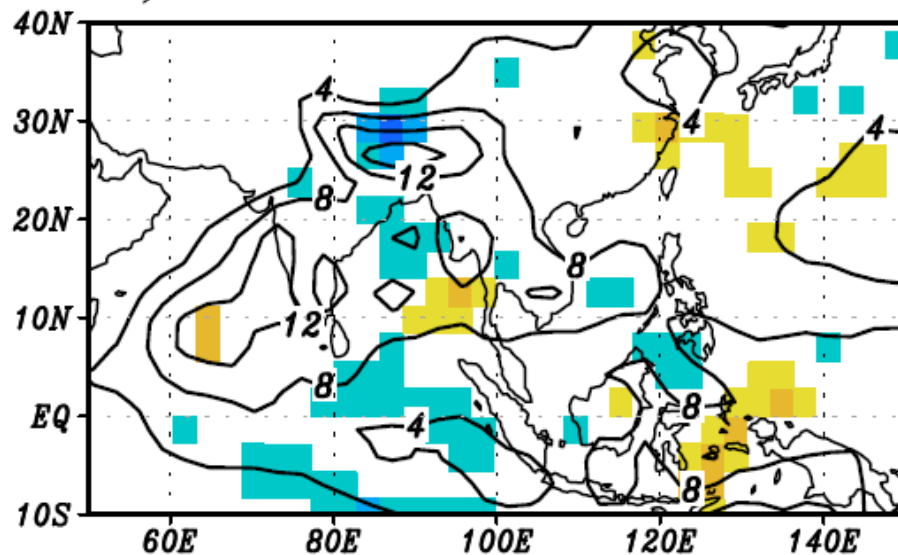
a) Obs (CMAP, NCEP)



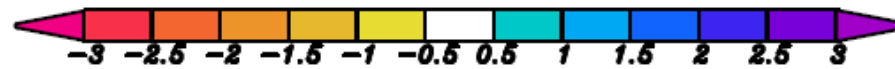
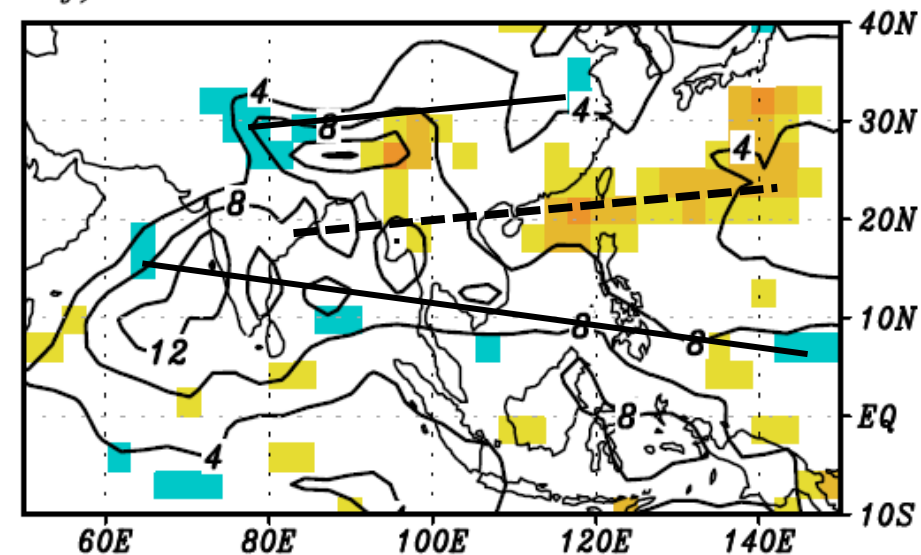
b) FULL



e) GHGS

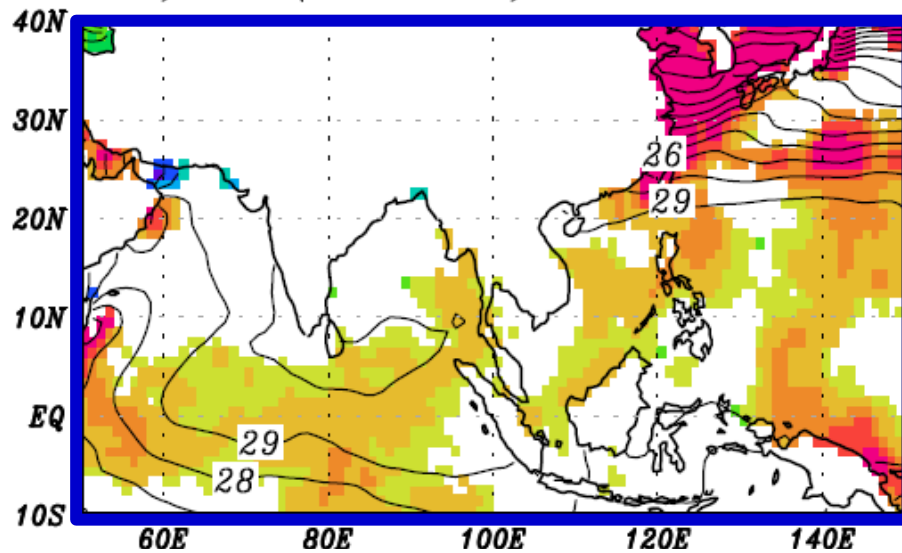


f) ARSL

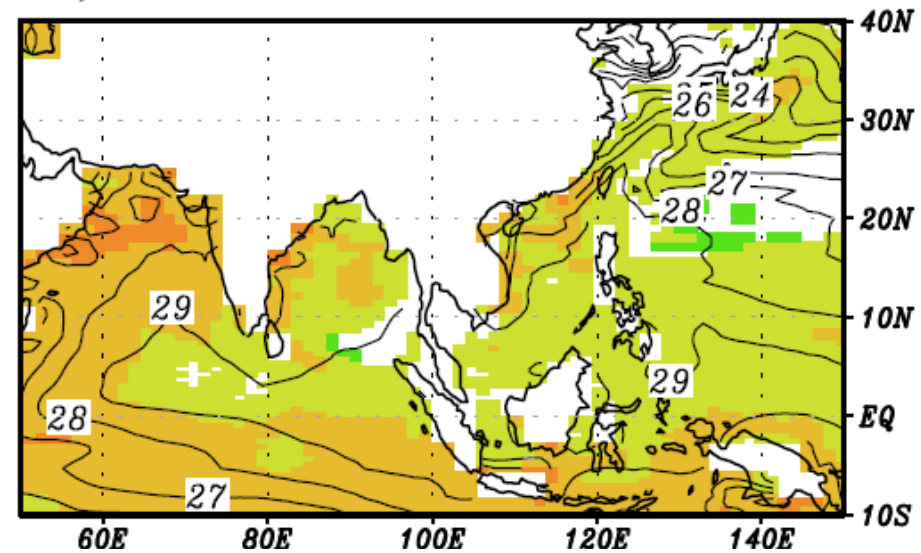


Trends of SST (JJA) OBS. Vs Simulated (GHGs, ARSL)

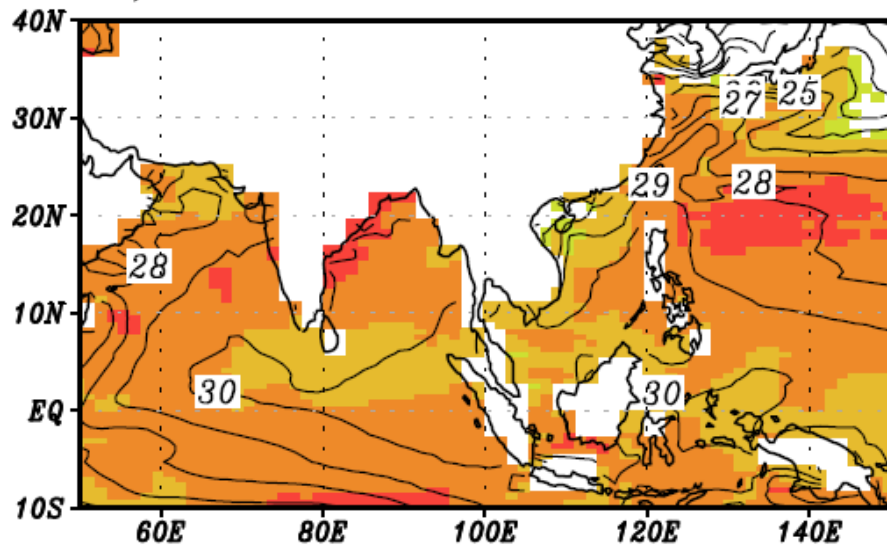
a) Obs (Hadisst)



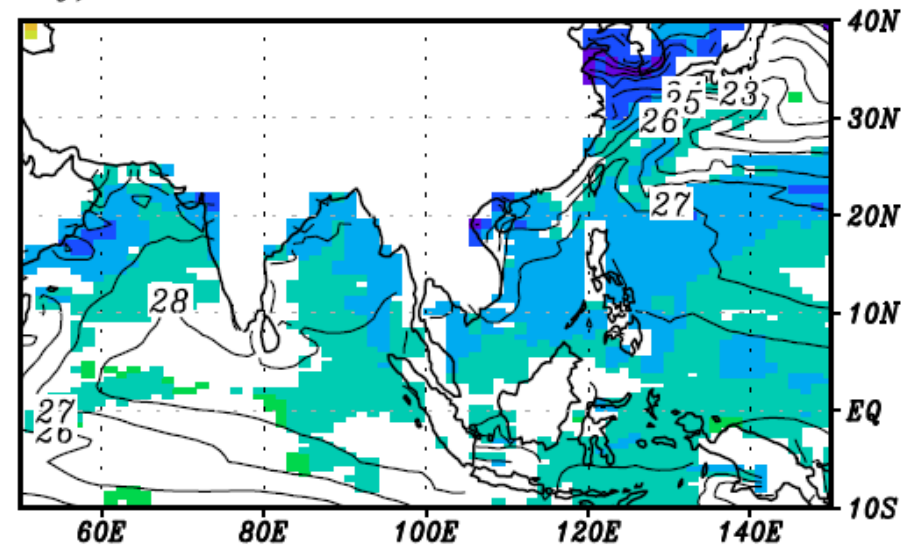
b) FULL



e) GHGS



f) ARSL



成果のまとめ (1)

- MIROC-ESM-CHEM (MIROC 地球システムモデル)により、1850年から2000年までのGHG(温室効果)ガス、エアロゾル変化に伴う放射強制力変化をエアロゾルの種別に、また植生変化に伴うVOC($\Rightarrow$ SOA)変化も分離して推定した。その結果、
- モンスーンアジア地域では、 NO_3 , SO_4 増加に伴う負の放射強制が非常に大きくなっている
- 18-19世紀の南アジアの森林破壊に伴うVOC変化は正の放射強制力変化をもたらした
等が明らかになった。
- 過去30年(1979年-2008年)の実際の夏季南アジアモンスーン変化には、プレモンスーン(5月)とモンスーン開始期(6月)で傾向が逆転し、全体としてモンスーン開始時期が早まっていることが明らかになった。

成果のまとめ (2)

- MIROC-3大気海洋結合気候モデルによる数値実験の結果から、観測にみられる過去30年の夏季アジアモンスーン変化の季節的な特徴について、フットプリント解析を行った結果、
- 南アジアにおけるプレモンスーン降水量増加、6－8月における全般的な降水量減少(その南北における降水量増加)などの空間的特徴が、弱いながら再現された
- これらの変化は、基本的にエアロゾル増加による直接・間接効果が大きく作用している
- インド洋・西太平洋の海面水温上昇にはGHG増加による加熱効果がエアロゾル増加による冷却効果を上回って効いている
- これらの海面水温上昇と季節毎に異なる地表面・大気でのエアロゾル加熱(冷却)効果の変化が、季節ごとに異なるモンスーンの変化をもたらしている

という示唆が得られた。