

# 副次的効果の評価のための 大気質モデルの精度向上に関する研究

**Study on Accuracy Improvement of Air Quality Model for  
the Evaluation of Ancillary Benefits**

妹尾 賢

京都大学大学院 工学研究科 都市環境工学専攻  
大気・熱環境工学分野 修士 2 回生

2014-02-13  
修士論文公聴会

# 発表内容

- 背景と目的
- 研究の全体像
- 使用モデルと入力データ
- 東アジアの大気質シミュレーション
- モデル群の応用に関するケーススタディ
  - ▶ 排出源変動に対する感度解析
  - ▶ 健康影響評価

# 背景—東アジア地域の課題—

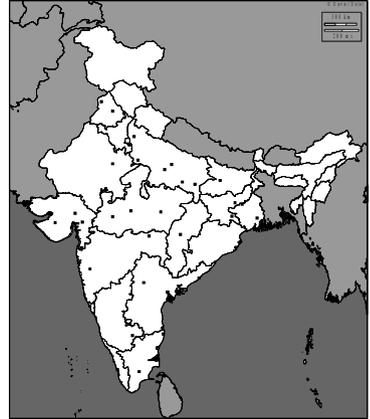
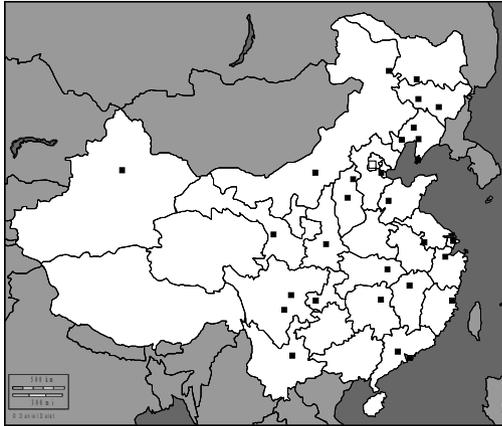
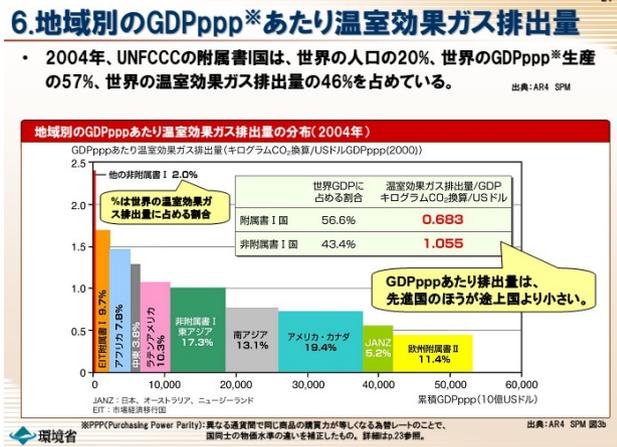
温室効果ガス排出量の増大

大気汚染被害の発生

GDP あたり温室効果ガスの排出量  
先進国の約 **1.5** 倍  
( 環境省 , 2007)

中国  
GDP の **3.8** % の被害  
(2007 年 )  
(World Bank, 2012)

インド  
GDP の **3.0** % の被害  
(2009 年 )  
(World Bank, 2007)



温室効果ガス排出対策が重要

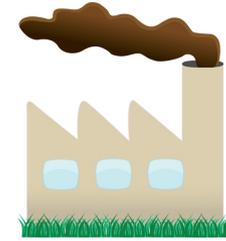
大気汚染軽減が必要

**温室効果ガス排出と大気汚染の両方に有効な政策が必要**

# 目的

大気汚染や温室効果ガス排出の決定要素は何？  
どの部門・物質・排出地域を対策すればよい？

排出部門



物質

CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、VOC、PM

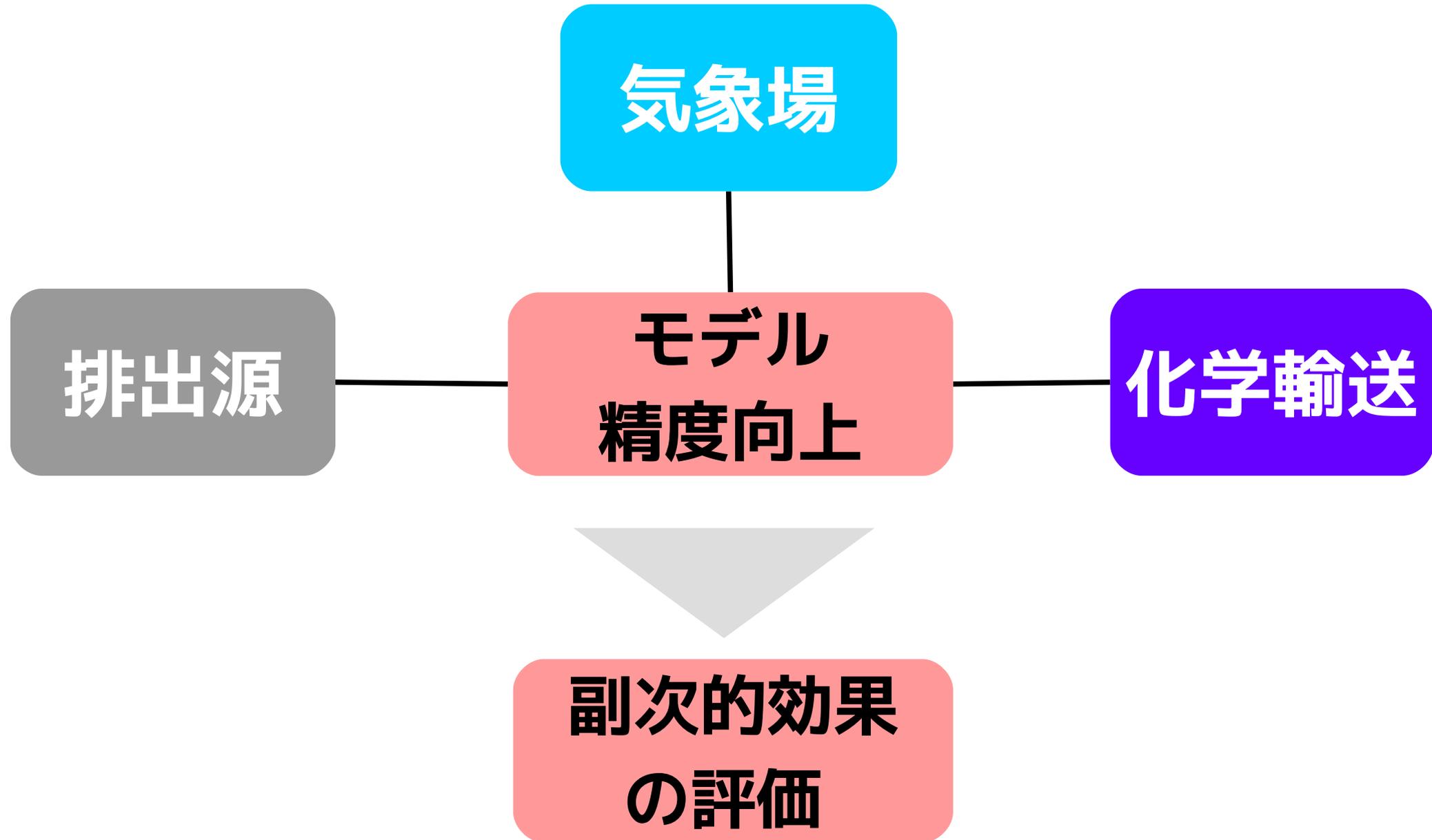
地域

先進国 vs. 途上国、高緯度 vs. 低緯度

東アジア地域の大気汚染物質排出量変化の大気質への影響を明確化

効果的な大気汚染対策・低炭素社会政策を支援

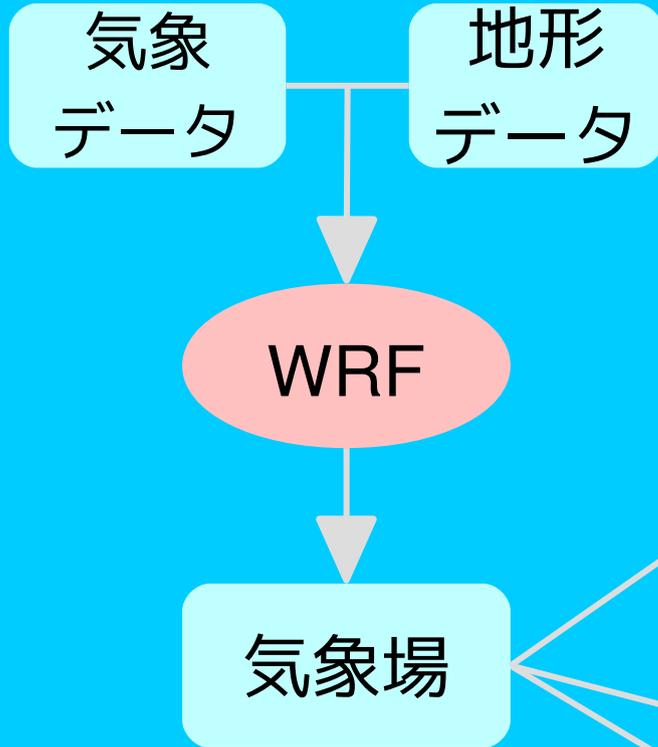
# 研究の全体像



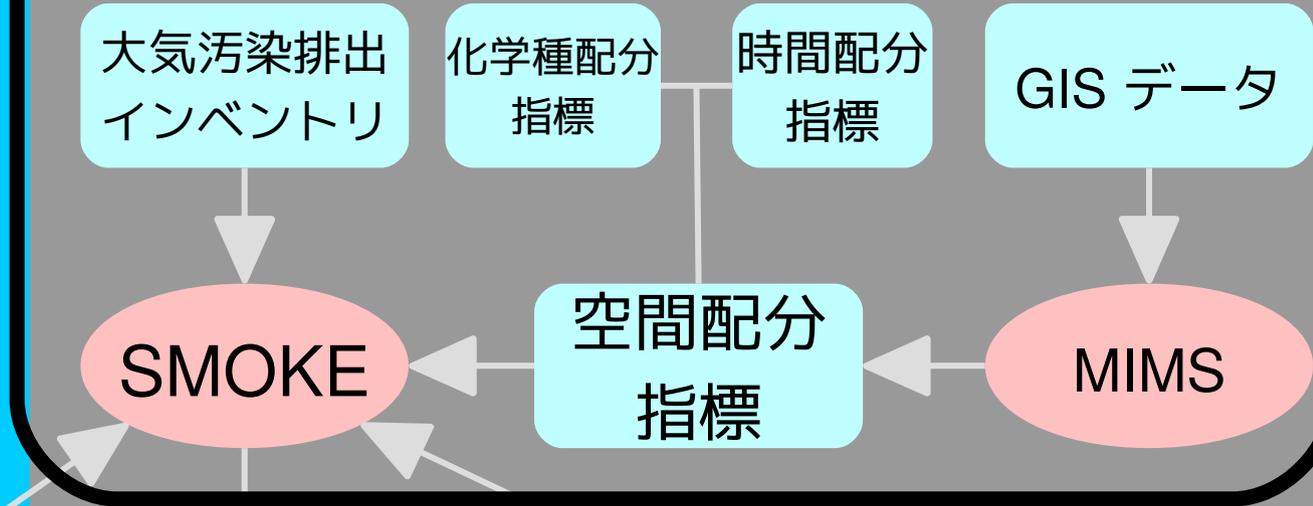
# 使用するモデルの全体像

SMOKE-Asia (Woo et al., 2012)

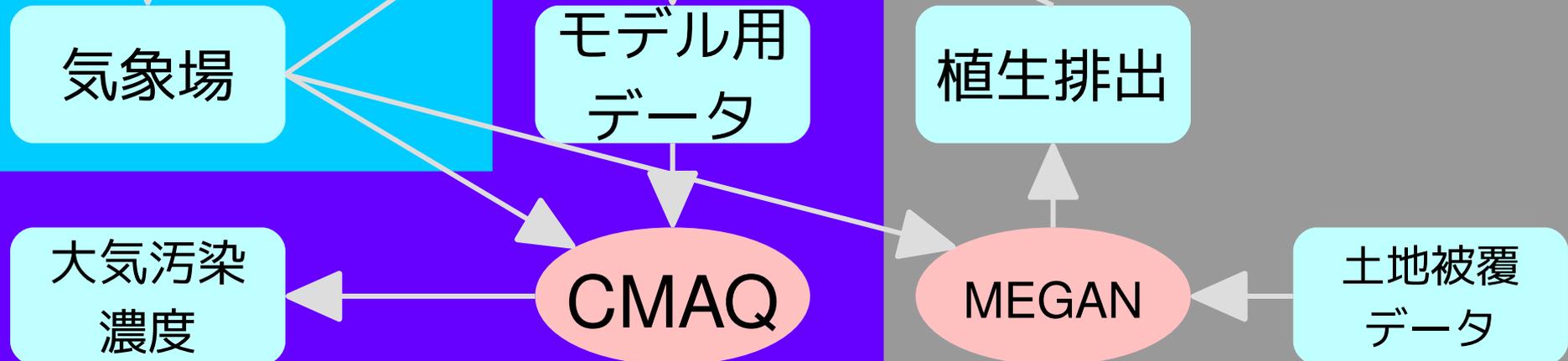
## 気象場の推計



## 排出量の推計



## 大気質の推計



モデルや  
プログラム

データ

→  
流れ

CMAQ: Community Multiscale Air Quality modeling system

GIS: Geographic Information System

MEGAN: Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature

MIMS: Multimedia Integrated Modeling System

SMOKE: Sparse Matrix Operator Kernel Emissions modeling system

WRF: Weather Research and Forecasting modeling system

# 使用モデルと入力データ一覧

排出量

MEGAN  
ver. 2.0.4

土地被覆データ： LAI ・ PFT(Guenther et al., 2006)  
気象場： WRF の計算結果

MIMS  
ver. 3.6

陸地 GIS データ：人口・面積・家畜頭数・森林面積・道路長  
海岸 GIS データ： GSHHG ver. 2.2.2 (Wessel and Smith, 1996)

SMOKE  
ver. 2.1

人為起源排出： INTEX-B (Zhang et al., 2009) 、 TRACE-P (Streets et al., 2003)  
自然起源排出： MEGAN の計算結果

WRF  
ver. 3.4.1

気象場： NCEP FNL (Final) Operational Global Analysis data (NOAA, 2000)  
地形データ： USGS (U.S. Geological Survey)

CMAQ  
ver. 5.0.1

気相の化学反応： CB05 or SAPRC-99  
気象場： WRF の計算結果  
排出データ： SMOKE の計算結果

気象場

大気質

# MEGAN (Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature)

目的： 植生起源排出を推計

排出 = 排出係数 × 排出活動係数  
× 生産や吸収の係数

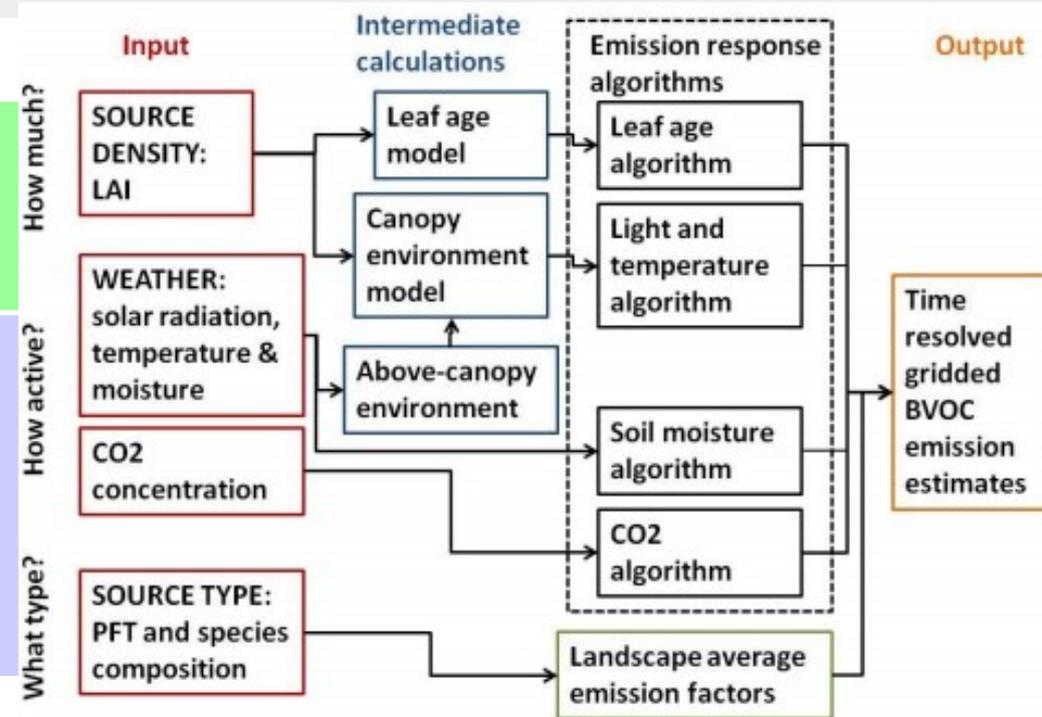
具体的な入力パラメータ

排出係数

LAI (Leaf Area Index)

PFT (Plant Functional Type)

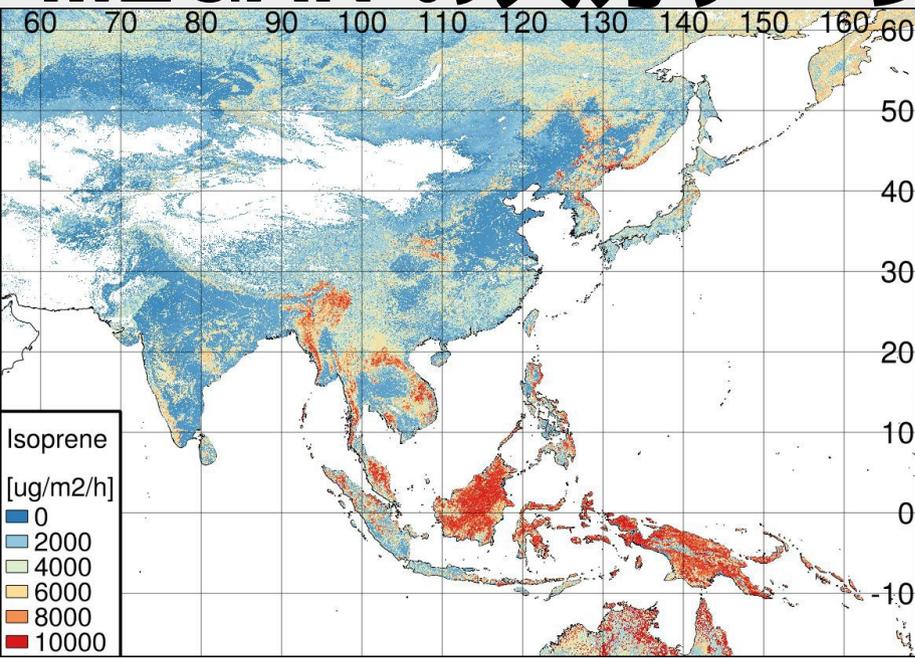
気象場 (太陽放射・土壌水分・湿度・気温・気温・風速)



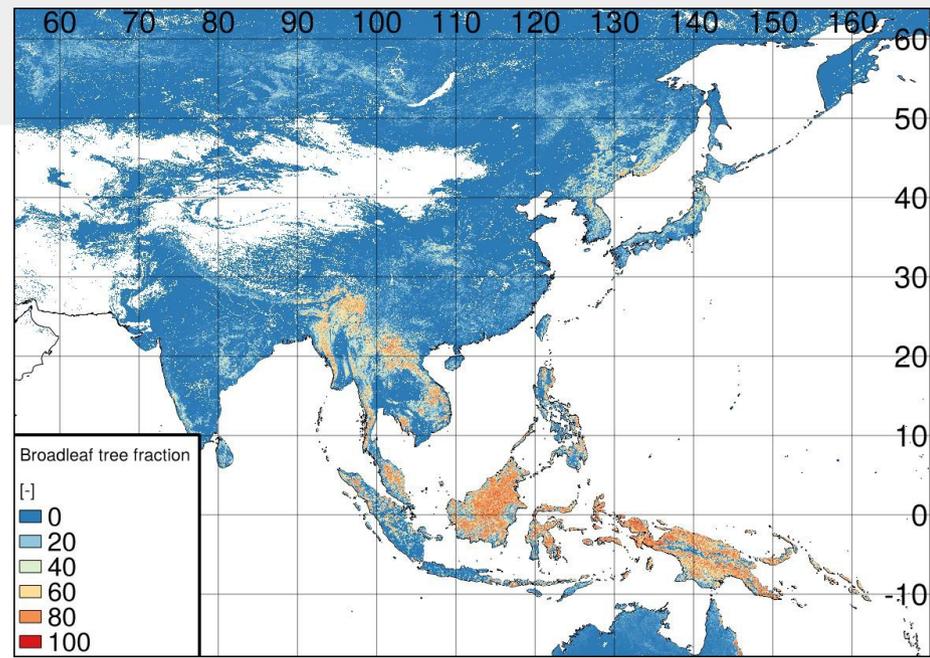
LAI、PFT、排出係数は Guenther et al. (2006) が提供しておりそれを利用

項目	説明	単位	出典
気象データ	WRF の出力結果を MCIP で処理したもの	-	-
PFT	2001 年の 6 種類 (BTR: broadleaf trees、FTD: fineleaf deciduous trees、FTE: fineleaf evergreen trees、CRP: crops、GRS: grass、SHR: shrub)	-	地表観測による木のインベントリ (Kinnee et al., 1997) と MODIS3 データベース (Hansen et al., 2003)
LAI	2003 年の各月ごとのデータ	m <sup>2</sup> /(1000 m <sup>2</sup> )	Zhang et al. (2004) の LAI 推計と Hansen et al. (2003) からの 植生被覆率
排出係数	2000 年の化学種 (isoprene, methylbutenol, methanol, NO, 3-carene, limone, myrcene, ocimene, alpha-pinene, beta-pinene, sabinene)	μg/m <sup>2</sup> /h	Olson et al. (2001)

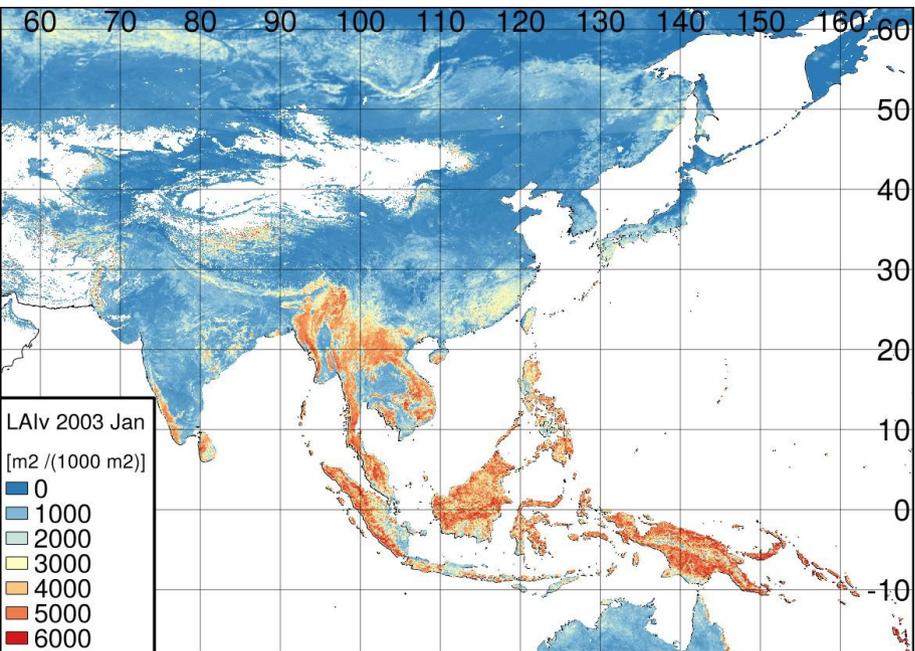
# MEGAN の入力データ



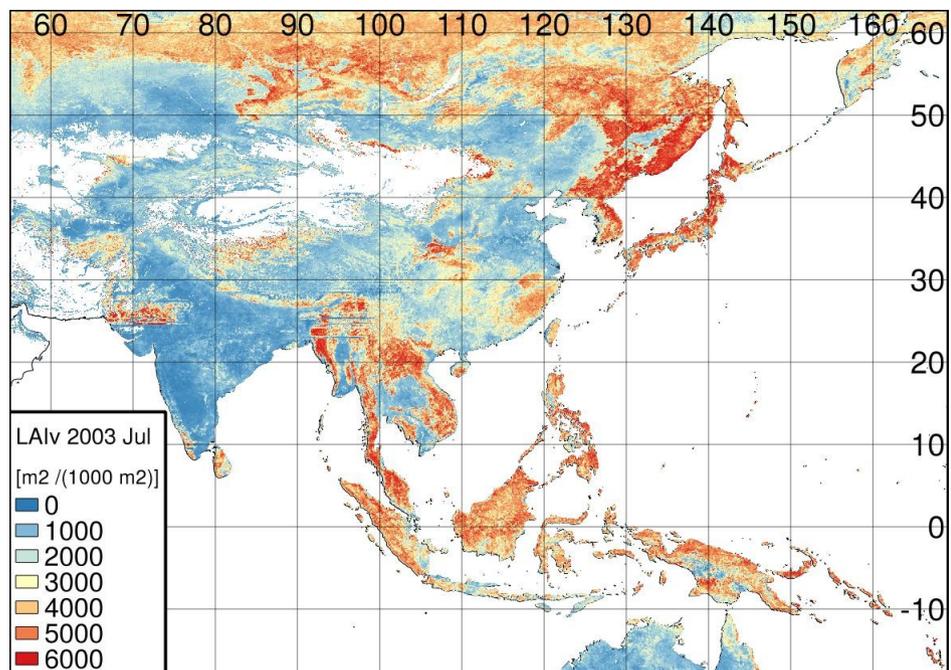
2000 年の ISOPRENE の排出係数 [ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$ ]



2001 年の broadleaf tree の PFT [-]



2003 年の 1 月の LAI [ $\text{m}^2/(\text{1000 m}^2)$ ]



2003 年の 7 月の LAI [ $\text{m}^2/(\text{1000 m}^2)$ ]

東南アジアで値が高い

# MIMS (Multimedia Integrated Modeling System) Spatial Allocator

目的： GIS データを入力として SMOKE の空間配分指標を作成

ある郡 C と格子セル GC のサロゲート (srg) の値を以下の式で算出

$$srg(C, GC) = \frac{\text{Value of weight attribute in the intersection of county } C \text{ and grid cell } GC}{\text{Total value of weight attribute in county } C}$$

## 空間配分指標算出の概念

郡 C AND 格子 ▷ srg の値

重み属性： 人口  
郡 C の合計： 100



15	25
30	30

15/100	25/100
30/100	30/100

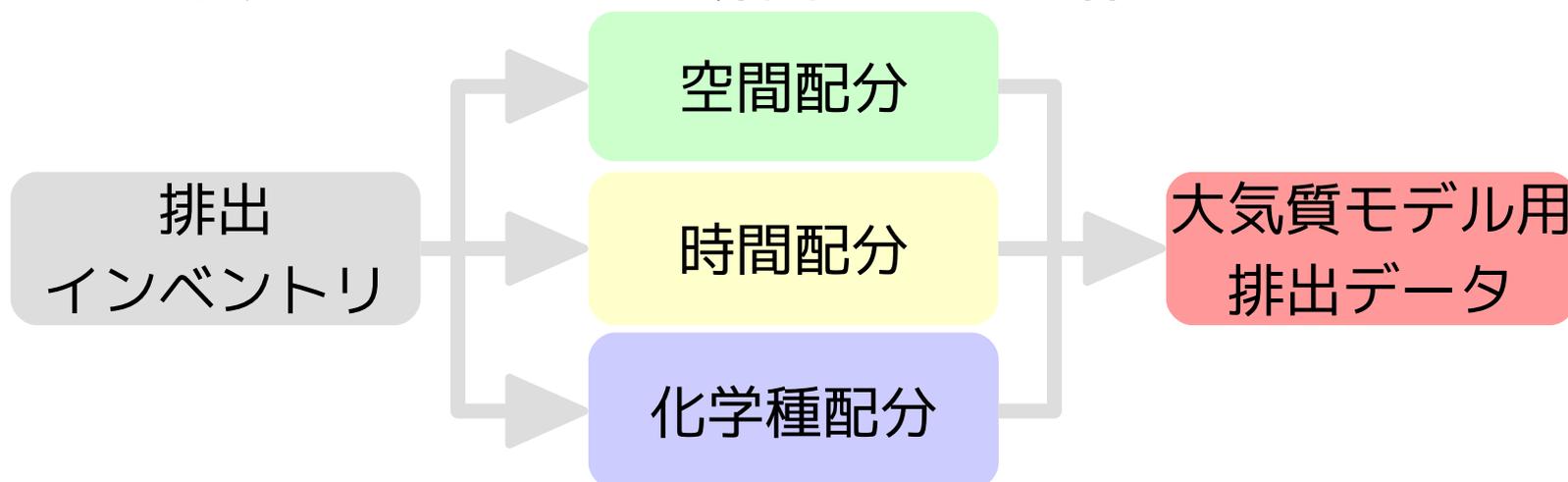
## 入力データ

陸地 GIS データ： SMOKE-Asia (Woo et al., 2012) で使用された GIS

海岸 GIS データ： GSHHG ver. 2.2.2 (Wessel and Smith, 1996)

# SMOKE (Sparse Matrix Operator Kernel Emissions modeling system)

目的： 大気質モデルに必要な排出データを作成

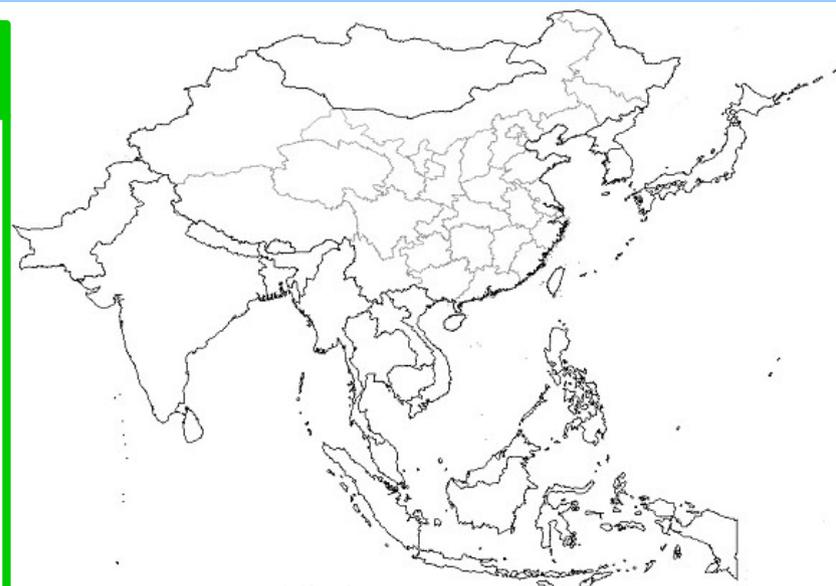


アジアの配分指標と  
地域・排出部門コードの整備

SMOKE-Asia (Woo et al., 2012) の  
プログラム・データでカバー

## 入力データ

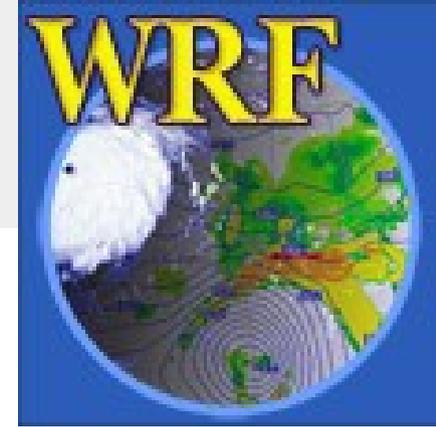
人為起源排出： INTEX-B (Zhang et al., 2009)  
TRACE-P (Streets et al., 2003)  
植生起源排出： MEGAN の出力  
空間配分指標： MIMS の出力  
時間配分指標： Woo et al. (2012)  
化学種配分： Woo et al. (2012)



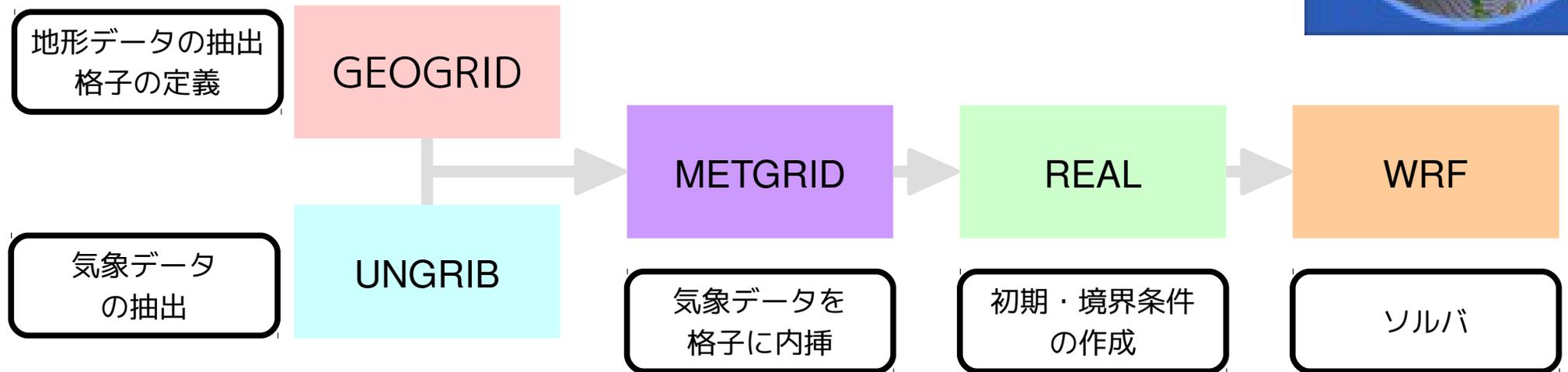
INTEX-B 排出インベントリの範囲

# WRF-ARW

(Weather Research and Forecasting modeling system-Advanced Research WRF dynamic solver)



目的： 気象場を計算



## 入力データ

地形データ： USGS (U.S. Geological Survey)

気象データ： NCEP FNL (Final)

Operational Global Analysis  
data (NOAA, 2000)

▷ 解像度： $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 、6 時間毎

## 計算オプション

微物理： WSM 3-class simple ice scheme

境界層： YSU scheme

地表面： Noah land-surface model

地表層： MM4 Monin-Obukhov scheme

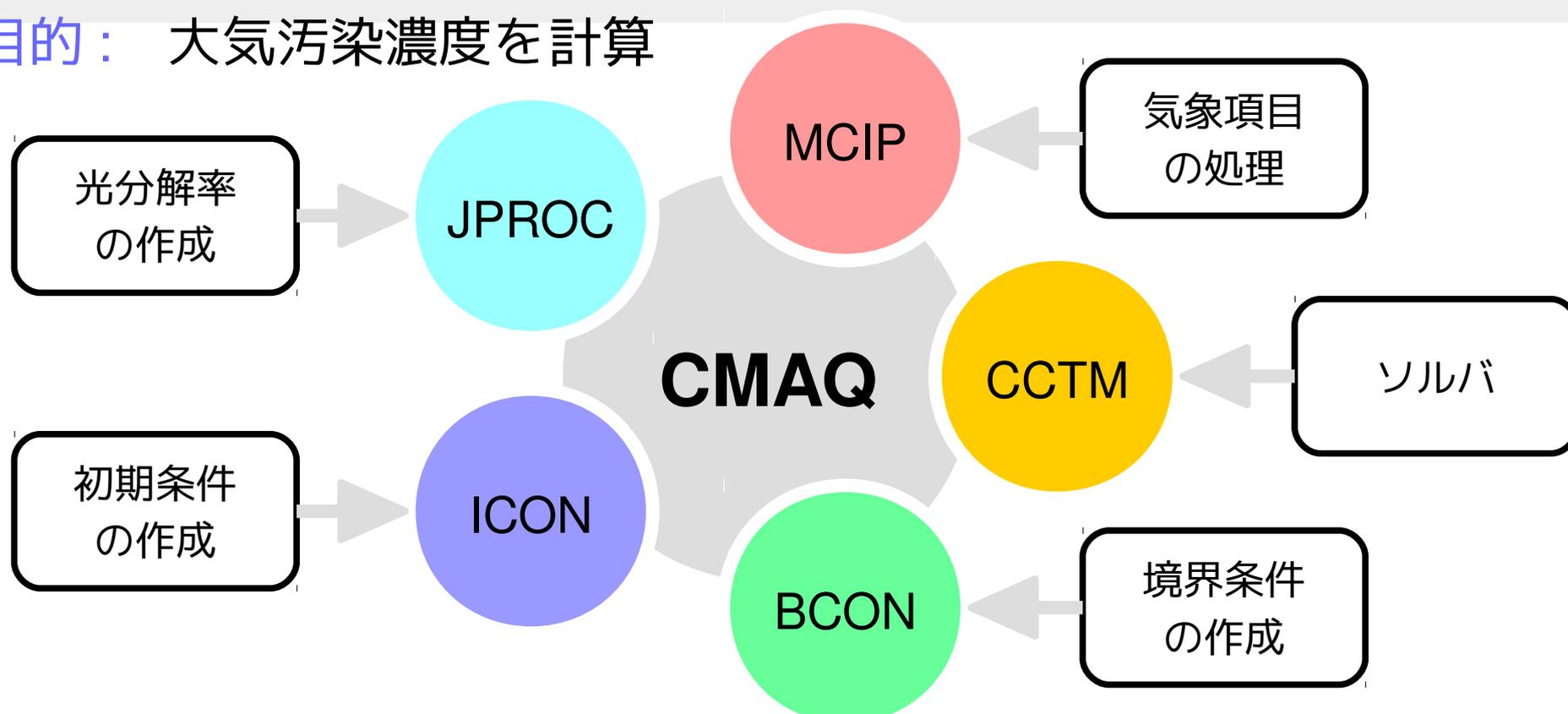
長波放射： rrtm scheme

短波放射： Dudhia scheme

積雲： Kain-Fritsch scheme

# CMAQ (Community Multiscale Air Quality modeling system)

目的： 大気汚染濃度を計算



## 入力データ

気象場： WRF の出力

境界条件：

**標準プロファイル vs. MOZART の結果**

初期条件： 初日のみ 標準プロファイル

▷ 以降は前日の計算結果

排出データ： SMOKE の出力

## 計算オプション

化学反応： **SAPRC-99 vs. CB05**

エアロゾル： AERO5

鉛直移流： WRF

水平移流： Yamartino

鉛直拡散： ACM (Asymmetric Convective Model) ver. 2

雲： ACM

# CMAQ の化学反応 SAPRC-99 と CB05

O<sub>3</sub> の生成に重要な役割を果たす非メタン炭化水素とその反応をモデル化

▷ VOC の化学種の取り扱いが異なる

## SAPRC-99

(Statewide Air Pollution Research Center mechanism version 1999)

- ・ 反応の似ている VOC をまとめ、代表的な組成名で表現
- ・ 化学種数： 72
- ・ 反応式数： 214

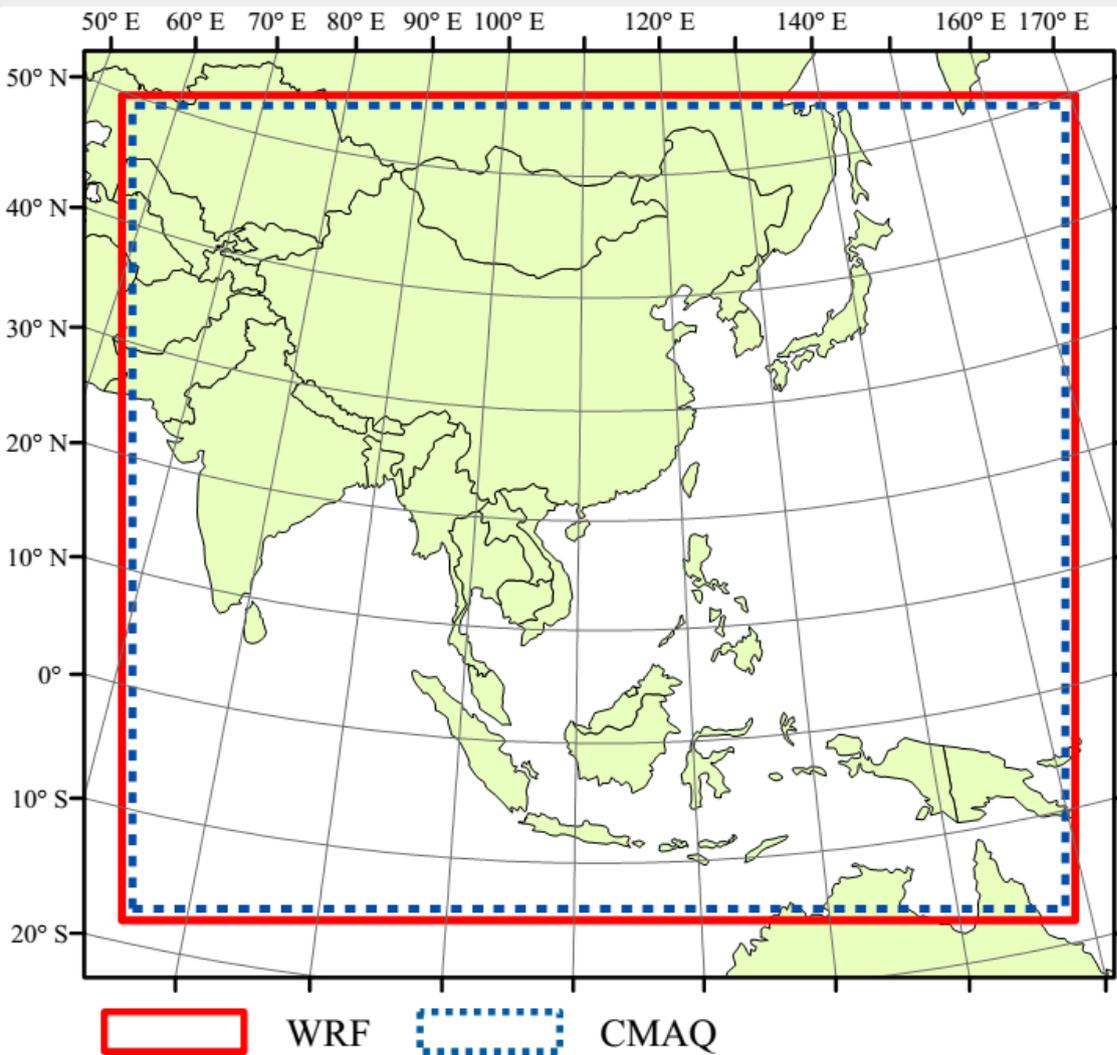
## CB05

(Carbon Bond mechanism version 2005)

- ・ 炭化水素の結びつきの類似性から VOC をまとめて表現
- ・ 化学種数： 51
- ・ 反応式数： 156

# 東アジアの大気質シミュレーション

# 計算領域設定



項目	設定
地図投影	ランベルト正角円錐図法
標準緯度	10°、30°
標準経度	112°
中心緯度・経度	21°、112°
格子サイズ	80 km
WRF の格子列数行数	119×104
CMAQ の格子列数行数	117×102
レイヤ数	27
頂点レイヤ気圧	100 hPa
入力地形データ解像度	10'
計算期間	2012年1月～ 2013年3月

領域：アジアの大半をカバー

期間：2012年1月～2013年3月

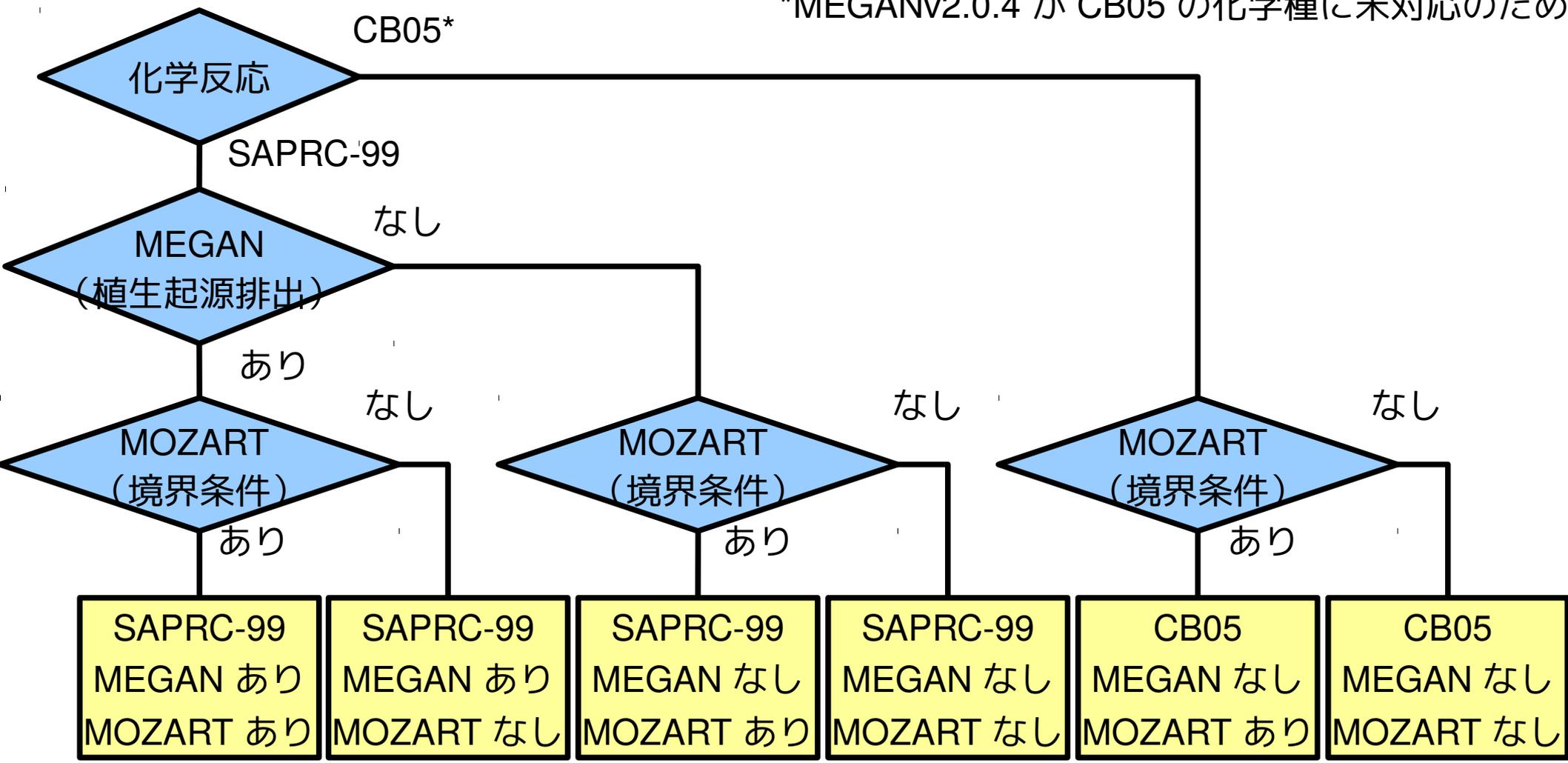
▷ 広範囲の空間濃度分布を把握可能

▷ 2012年の年間傾向を把握可能

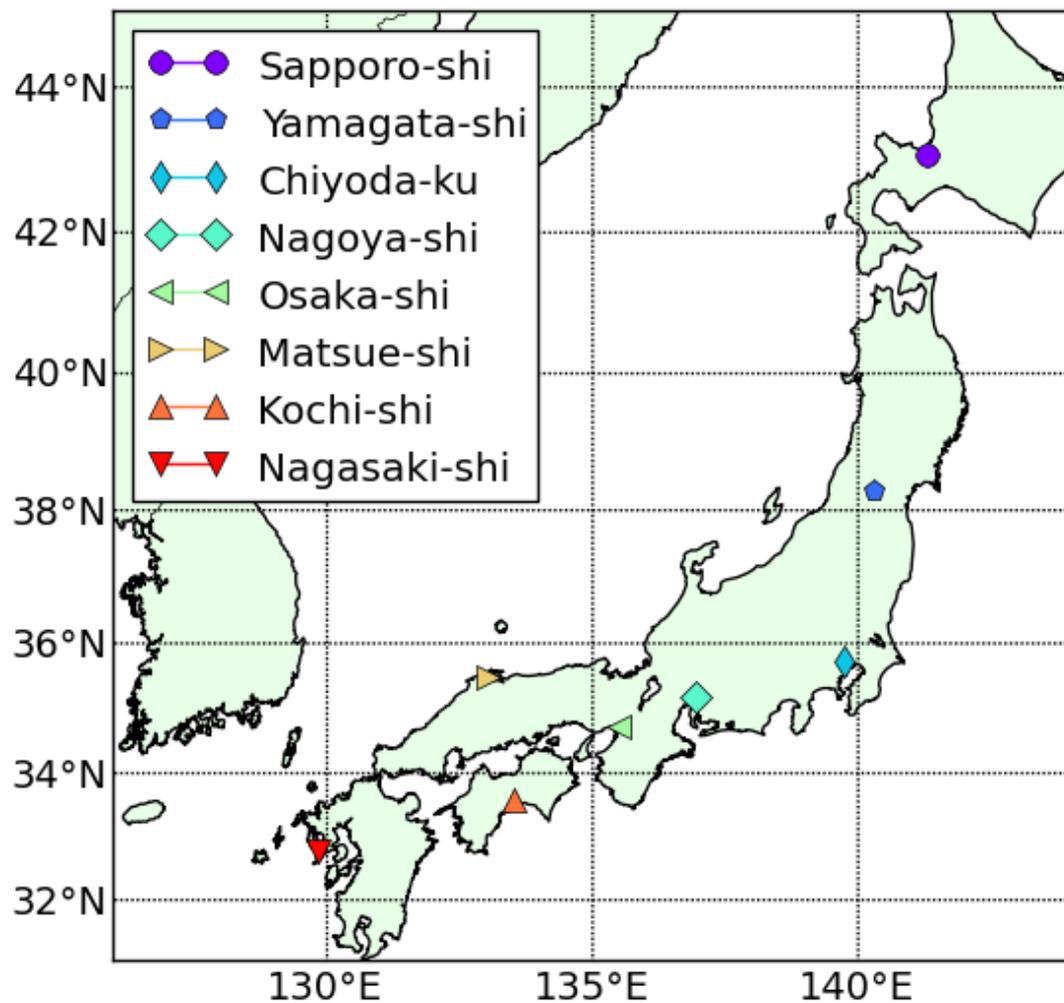
# CMAQ の計算ケース

モデル精度検証のため以下の 3 項目の設定でケーススタディ  
化学反応、植生起源排出、境界条件

\*MEGANv2.0.4 が CB05 の化学種に未対応のため



# 気象場の観測との比較（観測所の位置）



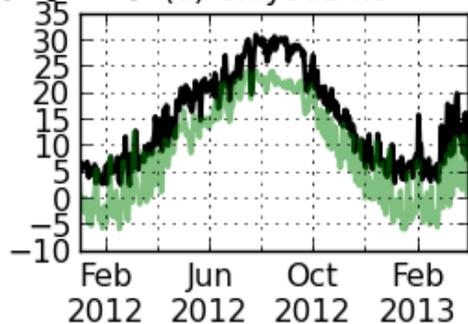
Prefecture	City	Longitude	Latitude
Hokkai-do	Sapporo-shi Chuo-ku	141.34	43.04
Miyagi-ken	Sendai-shi Miyagino-ku	140.90	38.26
Tokyo-to	Chiyoda-ku	139.77	35.69
Aichi-ken	Nagoya-shi Chikusa-ku	136.98	35.18
Osaka-fu	Osaka-shi Nishiyodoga wa-ku	135.44	34.70
Hiroshima-ken	Hiroshima-shi Nishi-ku	132.38	34.37
Ehime-ken	Matsuyama-shi	132.70	33.81
Kagoshima-ken	Kagoshima-shi	130.56	31.60

日本の 8 地方の地上観測と比較

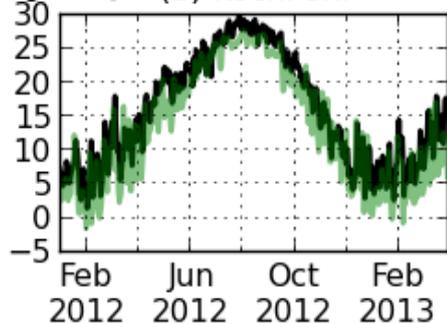
# 気象場の観測との比較（地表気温の比較結果）

## Observation and Meteorology Output for Daily Temperature

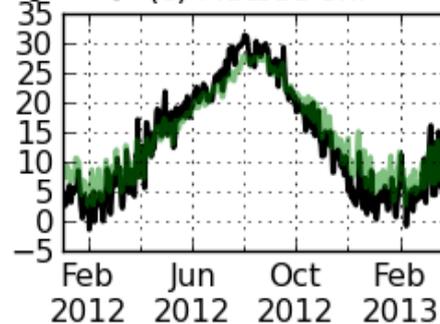
[degree C] (a) Chiyoda-ku



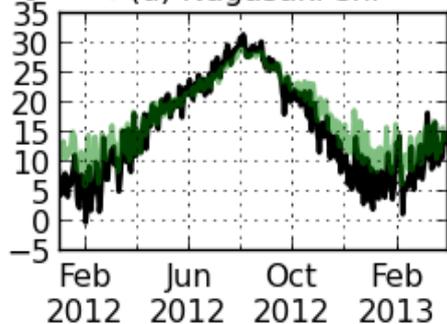
[degree C] (b) Kochi-shi



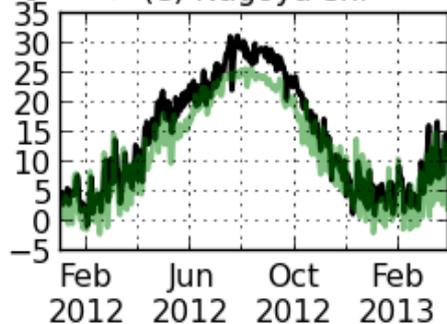
[degree C] (c) Matsue-shi



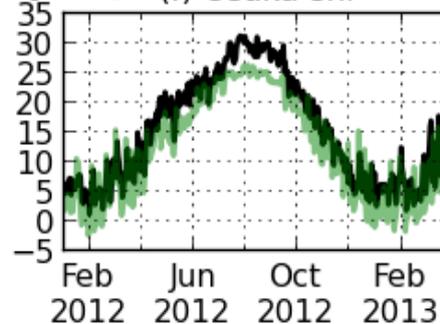
[degree C] (d) Nagasaki-shi



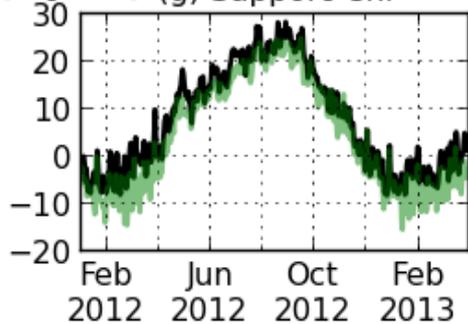
[degree C] (e) Nagoya-shi



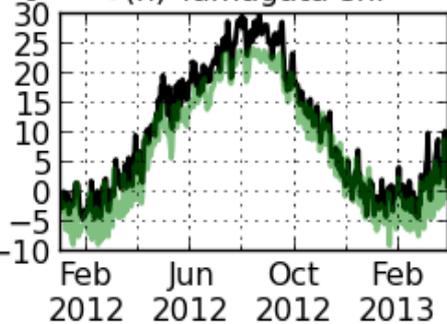
[degree C] (f) Osaka-shi



[degree C] (g) Sapporo-shi



[degree C] (h) Yamagata-shi



— Observation    — Model

### 時間変動パターンを再現

Chiyoda-ku と Osaka-shi で約 5°C 過小評価

▷ 人工排熱が原因の一つでは？

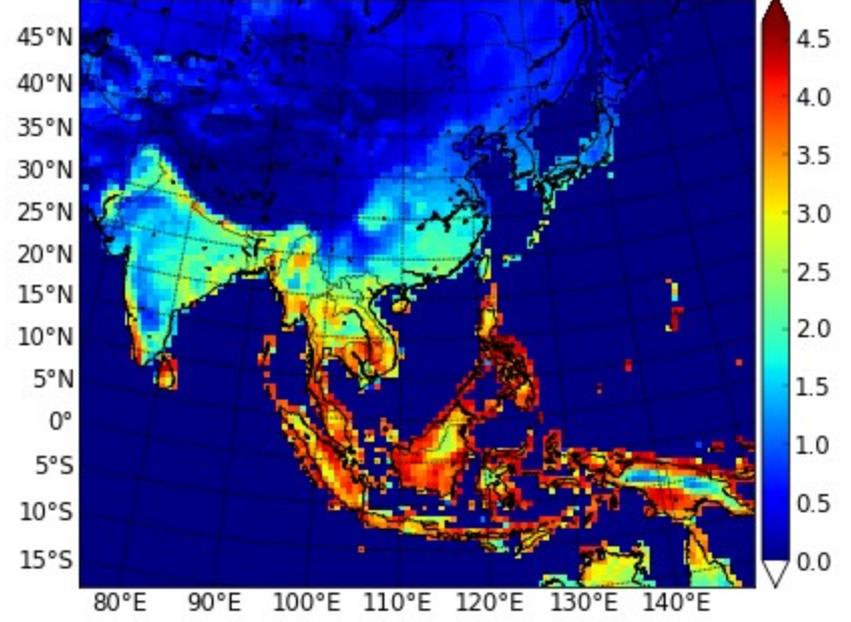
▷ 格子サイズ 80 km のため議論の限界あり

# MEGAN の計算結果の空間・時間分布

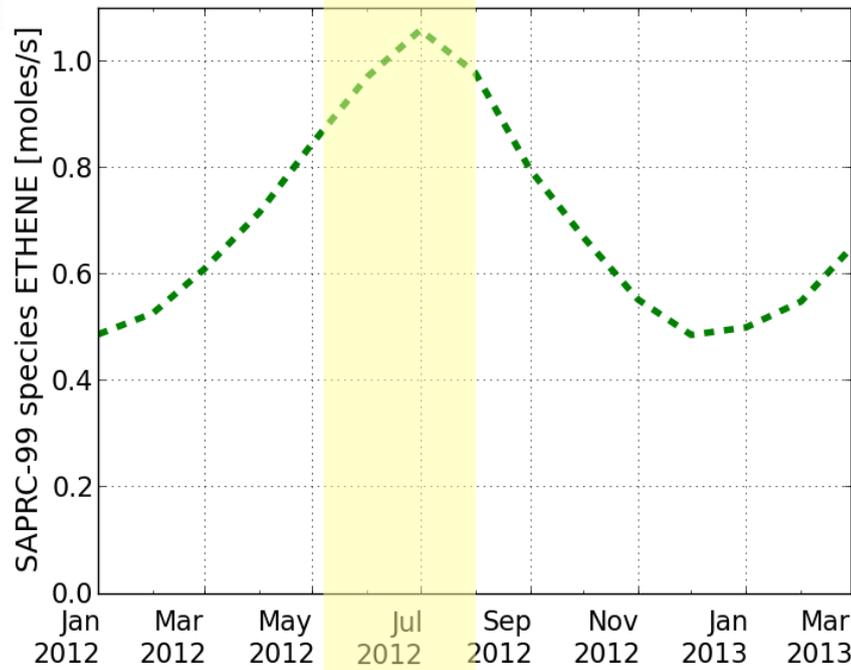
エチレン

イソプレネ

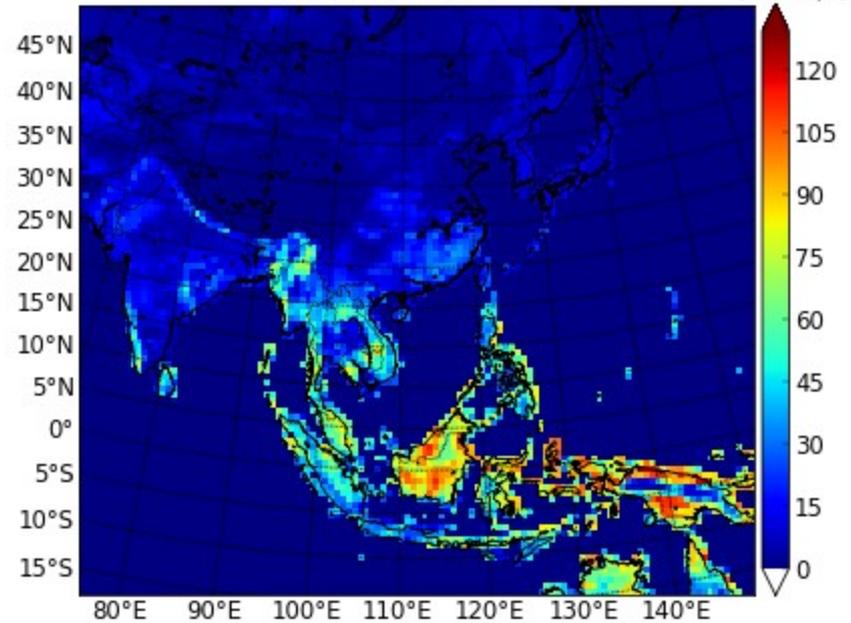
Yearly MEGAN emission ETHENE on surface at 2012



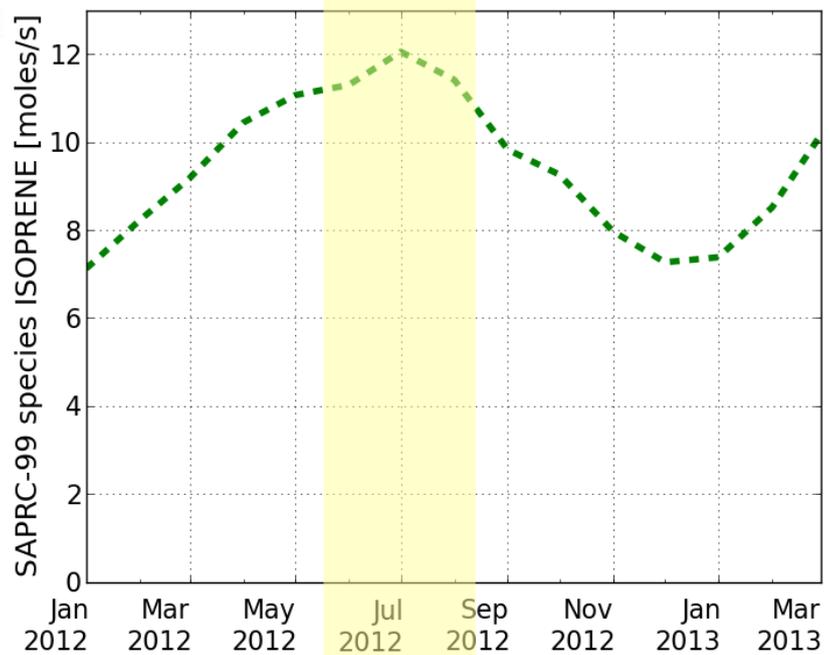
Monthly domain averaged MEGAN emission



Yearly MEGAN emission ISOPRENE on surface at 2012



Monthly domain averaged MEGAN emission



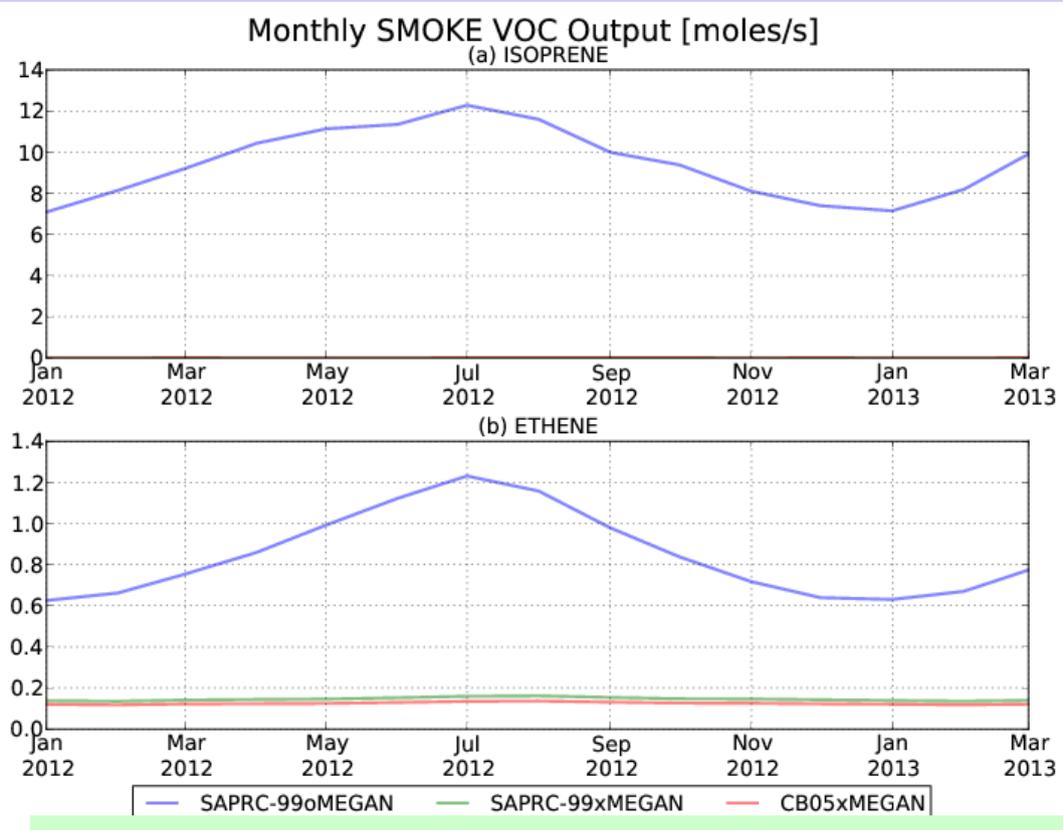
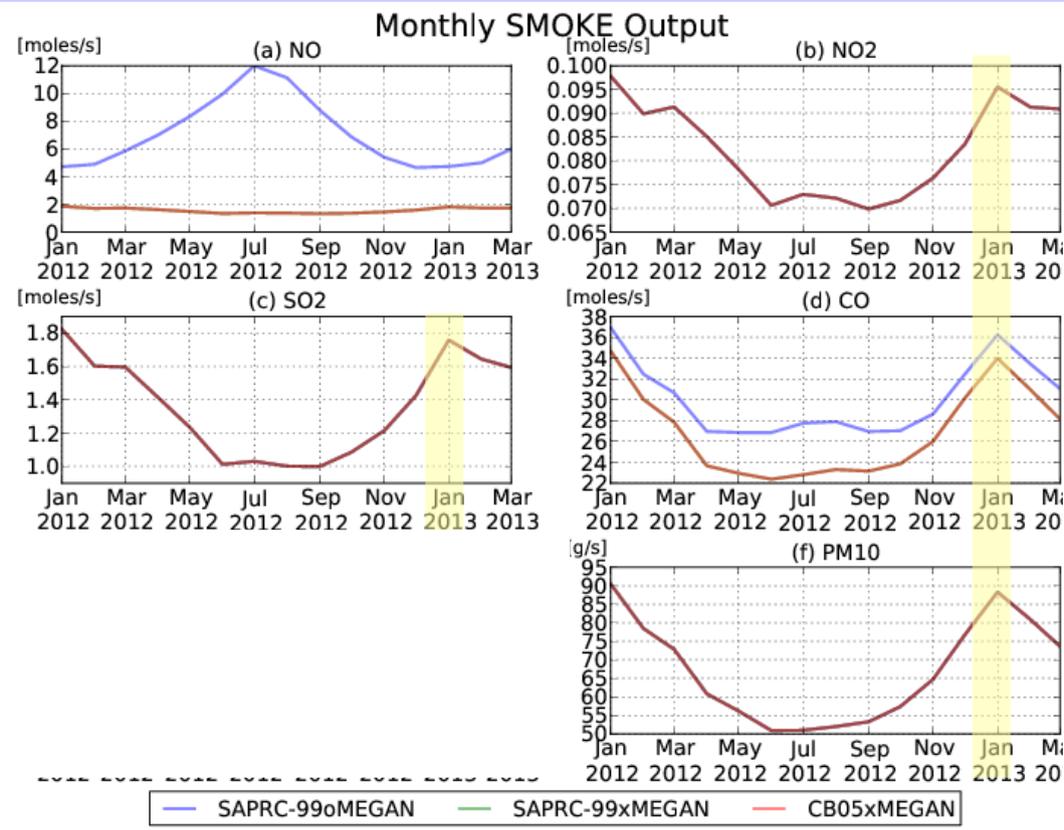
時間分布：6月から8月の夏場に最大

空間分布：東南アジアで値が高い

# SMOKE の計算結果 (領域平均の時間分布)

NO、CO、NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub>

ISOPRENE、エチレン



NO と CO : MEGAN の排出により**増加**  
 NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、CO、PM<sub>10</sub> : **1月**に最大

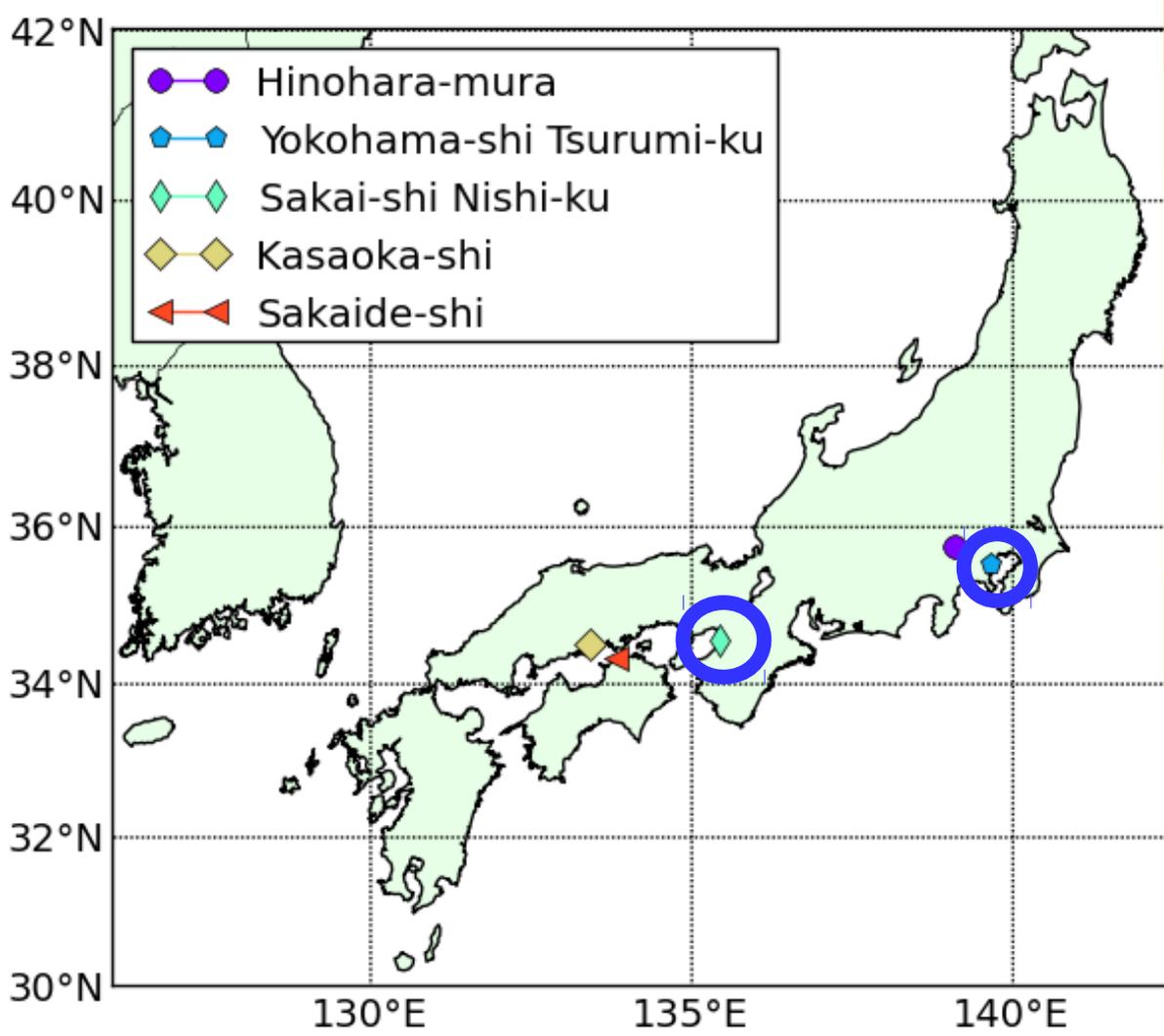
ISOPRENE (格子当たり)

- ・ MEGAN により **6 moles/s** 以上**増加**
- ・ MEGAN なければ **0.1 moles/s** 未満

エチレン

- ・ MEGAN により **0.4 moles/s** 以上**増加**
- ・ MEGAN なければ **0.2 moles/s** 未満

# 比較対象大気汚染常時観測所



Prefecture	City	Latitude	Longitude
Tokyo-to	Hinohara-mura	35.73	139.11
Kanagawa-ken	Yokohama-shi Tsurumi-ku	35.50	139.68
Osaka-fu	Sakai-shi Nishi-ku	34.54	135.46
Okayama-ken	Kasaoka-shi	34.49	133.46
Kagawa-ken	Sakaide-shi	34.32	133.86

 スライドで表示する比較対象地点

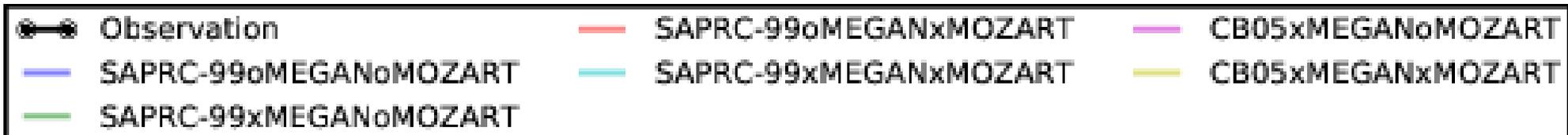
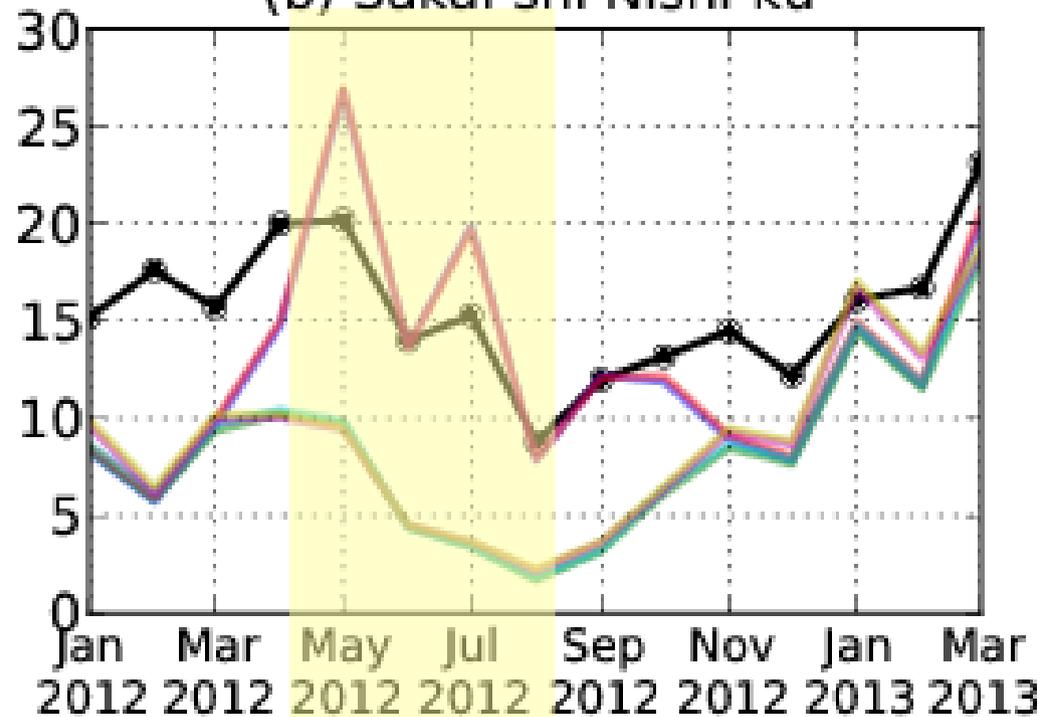
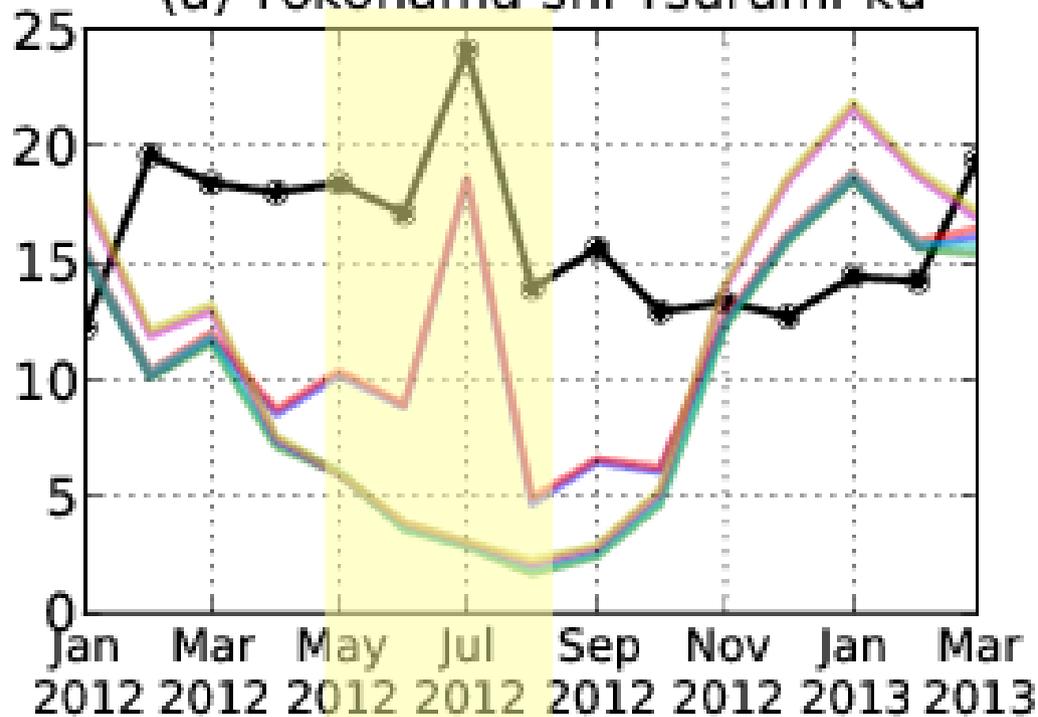
比較対象物質：PM<sub>2.5</sub>、O<sub>3</sub>

# 月平均値の比較 (PM<sub>2.5</sub>)

## Monthly Observatoin and CCTM Output PM2.5 [ug/m3]

(a) Yokohama-shi Tsurumi-ku

(b) Sakai-shi Nishi-ku



MEGAN ありの 2 ケース (青と赤) で、

Yokohama-shi と Sakai-shi Nishi-ku で夏場の PM<sub>2.5</sub> のピークに追従

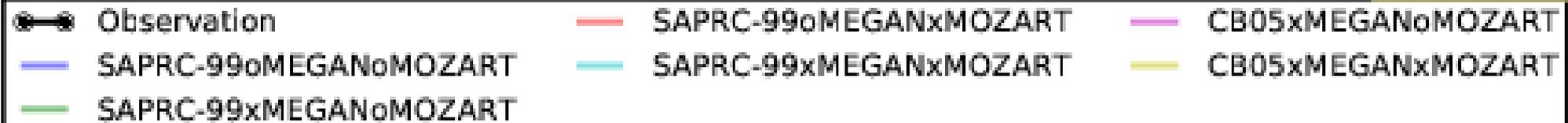
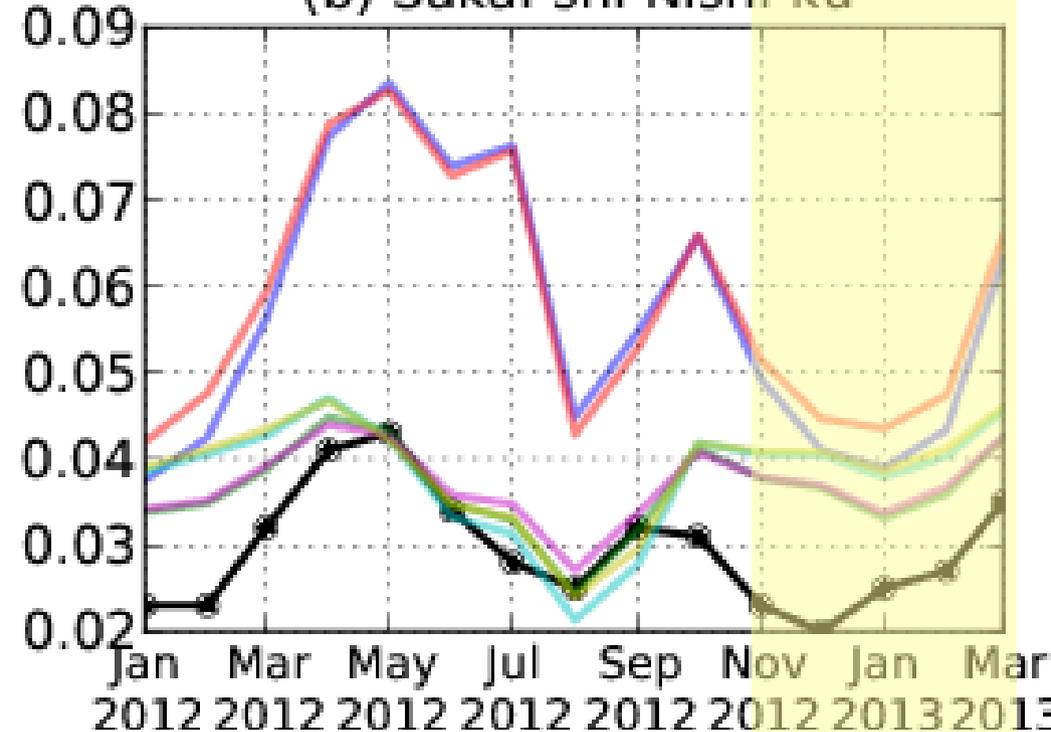
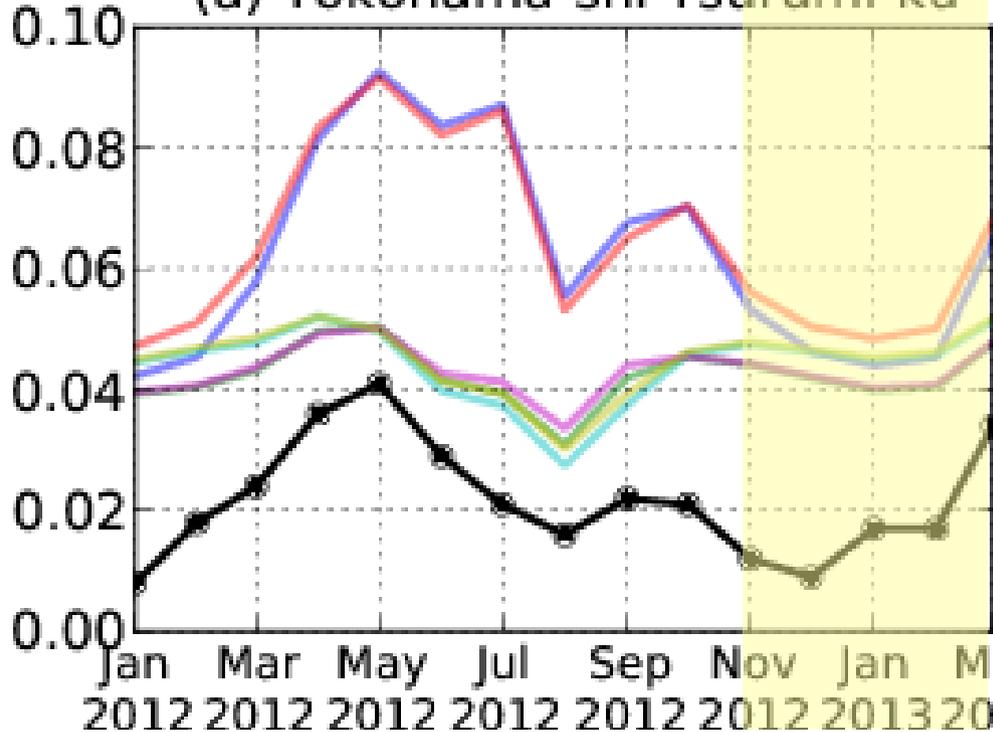
MOZART による違いはほとんどない

# 月平均値の比較 (O<sub>3</sub>)

## Monthly Observatoin and CCTM Output O<sub>3</sub> [ppmV]

(a) Yokohama-shi Tsurumi-ku

(b) Sakai-shi Nishi-ku



MEGAN ありの 2 ケース (青と赤) で、O<sub>3</sub> の値を **過大評価**

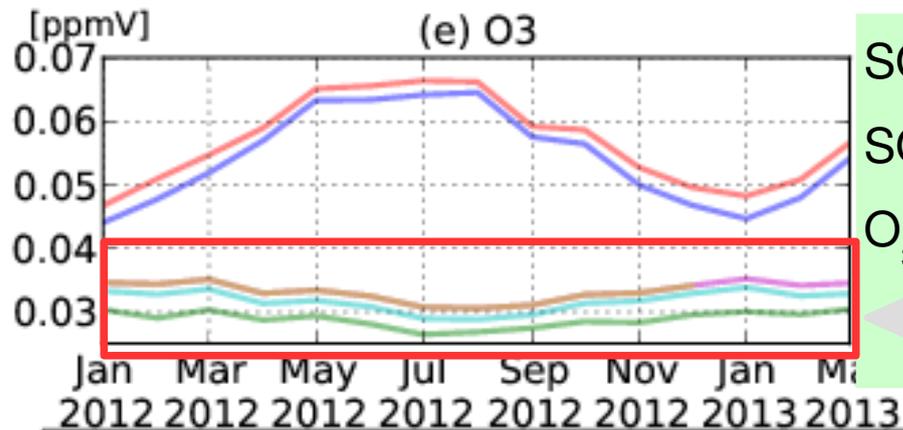
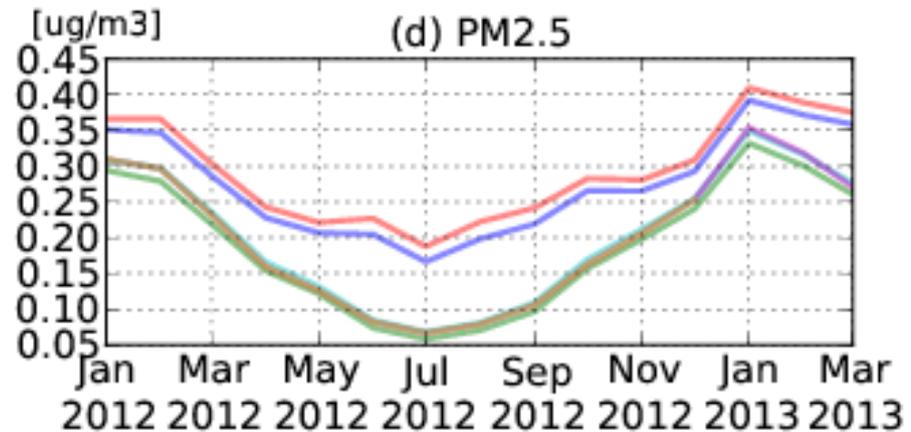
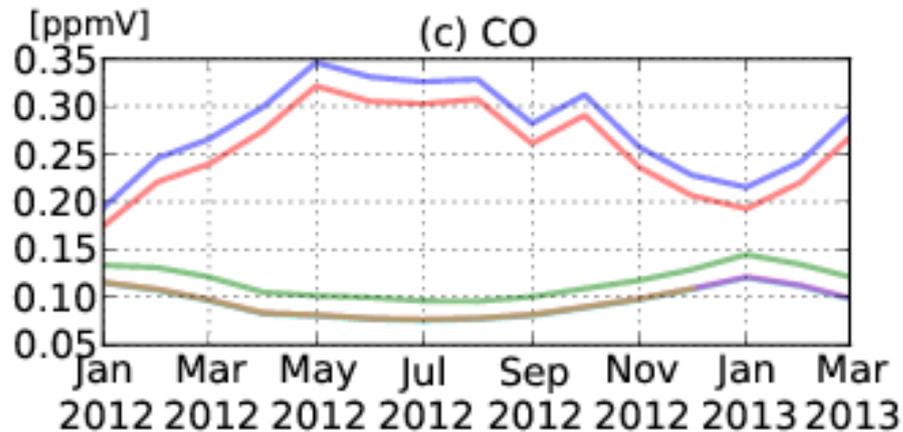
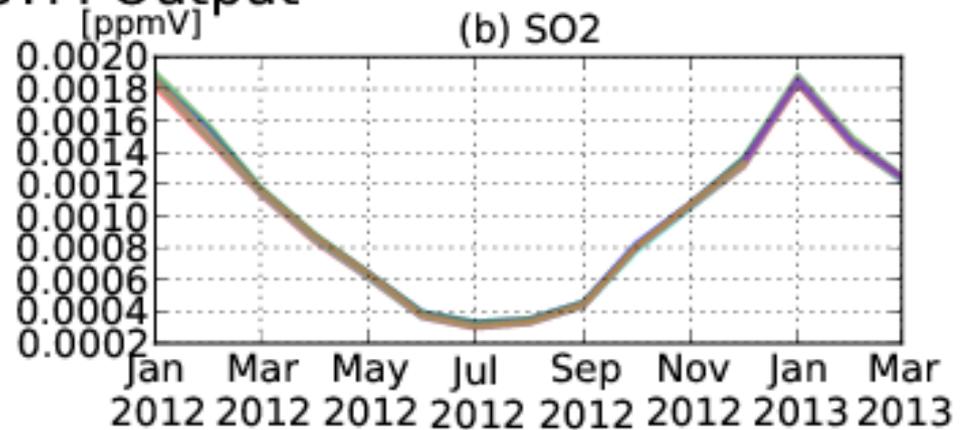
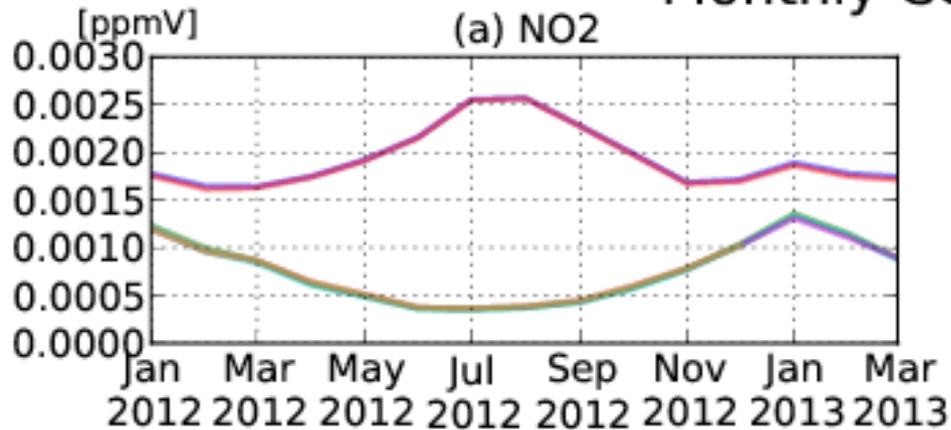
6 つの計算ケースで観測と最も近かった 2 ケース ( **MOZART あり** )

- ・ SAPRC-99 MEGAN なし MOZART あり (緑)

- ・ CB05 MEGAN なし MOZART あり (ピンク)

# CMAQ の計算結果（領域平均の時間分布）

Monthly CCTM Output



SO<sub>2</sub>: 計算ケースによる違いがほぼない

SO<sub>2</sub>以外: MEGAN ありの 2 ケースは他ケースより高い

O<sub>3</sub>: SAPRC-99 MEGAN なし MOZART ありが最小

MOZART の比較: MOZART ありはなしより約 10% 過小評価

化学反応の比較: SAPRC-99 は CB05 の約 4% 過小評価

— SAPRC-99oMEGANoMOZART      — SAPRC-99oMEGANxMOZART      — CB05xMEGANoMOZART  
 — SAPRC-99xMEGANoMOZART      — SAPRC-99xMEGANxMOZART      — CB05xMEGANxMOZART

# 精度検証のまとめ

## ■ 排出の検証

- ▶ MEGAN の植生排出により、夏の  $PM_{2.5}$  ピークを再現

## ■ 化学輸送の検証

- ▶ 化学反応： SAPRC-99 は CB05 より約 4 %  $O_3$  が低い
- ▶ 境界条件： MOZART ありでは、なしより約 10 %  $O_3$  が低い

## モデル計算を使ったケーススタディ

- 排出源変動に対する感度解析
- 健康影響評価

# 排出源変動に対する感度解析

産業部門および家庭部門からの排出が  
アジア地域の濃度分布に与える影響の感度解析

# 感度解析の設定

全領域のそれぞれ産業と家庭部門の排出量を 20 % 減少

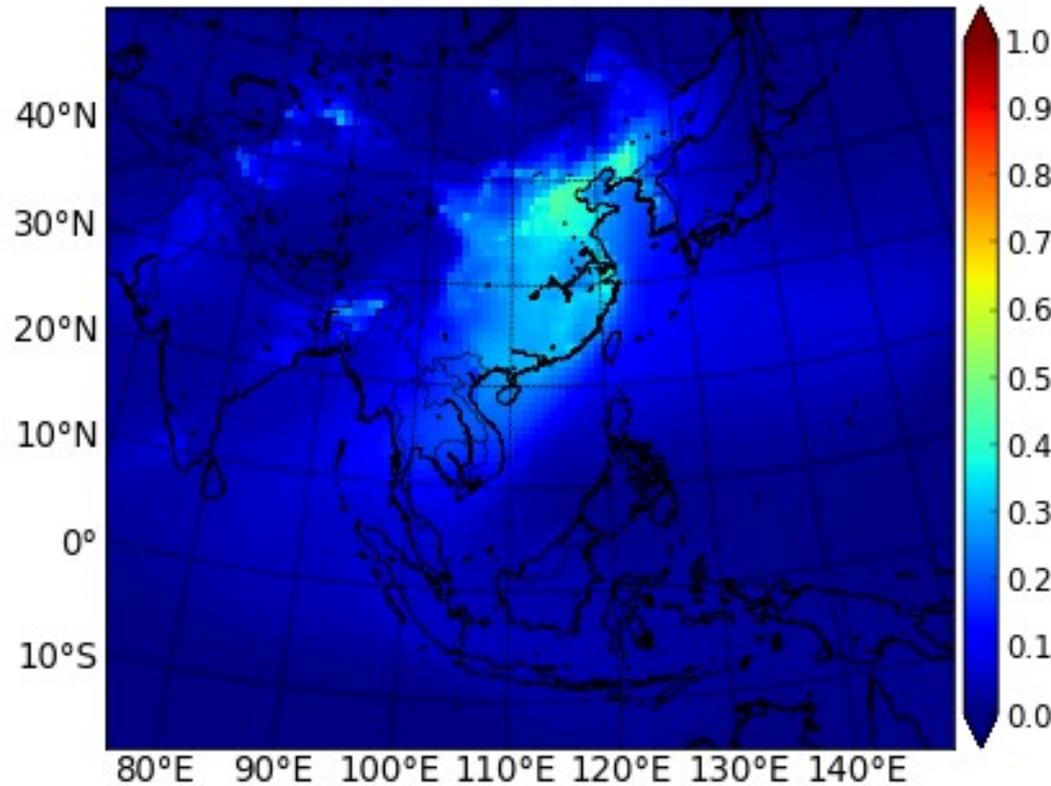
▷ 大気質を計算▷これらの部門の大気質への感度を推定

$$\text{感度} = \frac{\text{標準での大気汚染濃度} - \text{排出量変化後の大気汚染濃度}}{\text{標準での大気汚染濃度} \div (1 - \text{対象地域・部門の排出量の変化率})}$$

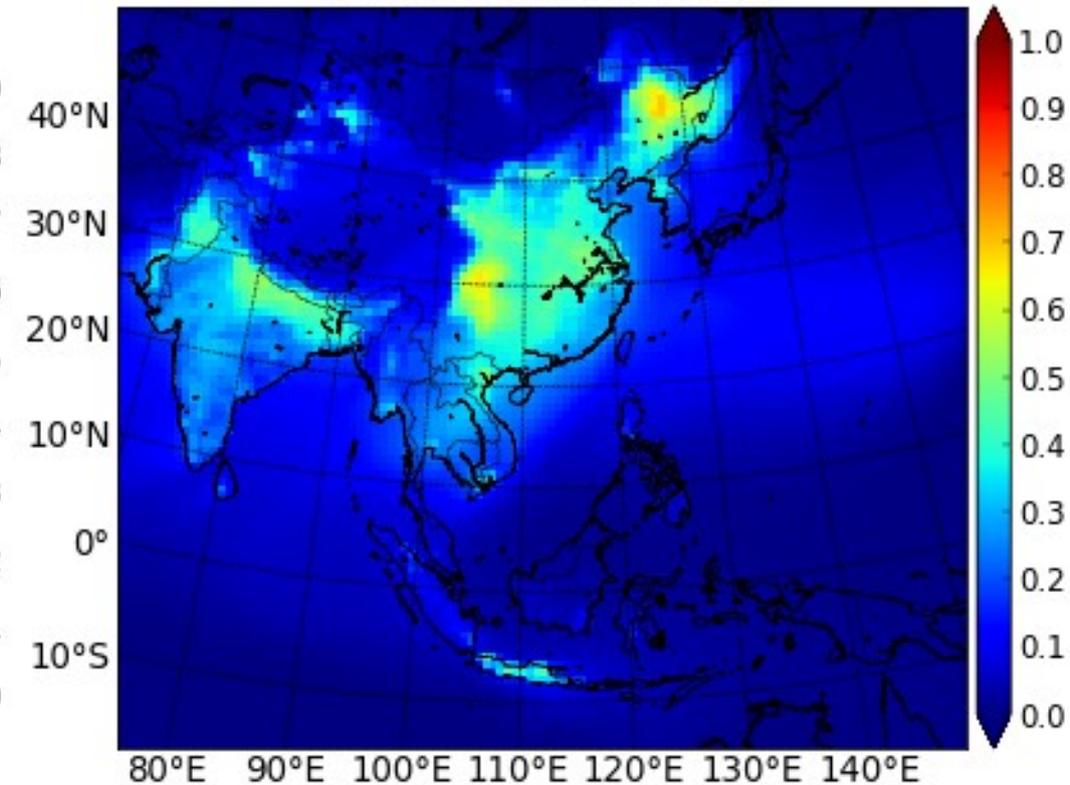
項目	設定
対象地域・部門の排出量変化率	0.8
標準での大気汚染濃度	SAPRC-99 MEGAN あり MOZART ありで計算したケース
排出量変化後の大気汚染濃度	標準での大気汚染濃度と同じ条件で、対象地域・部門の排出量に対象地域・部門の排出量変化率をかけた排出量を入力として計算した大気汚染濃度

# 2012年1月のCOへの感度の空間分布

Industrial Contribution for Monthly CO  
on Surface at 2012-01



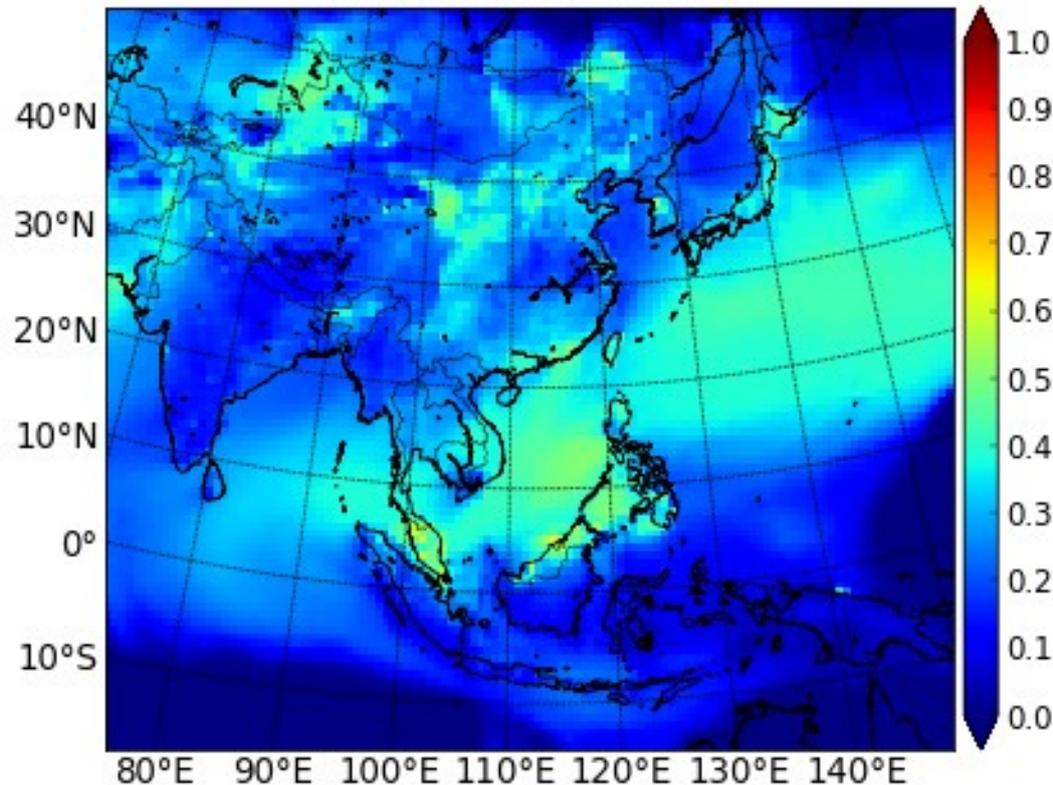
Residential Contribution for Monthly CO  
on Surface at 2012-01



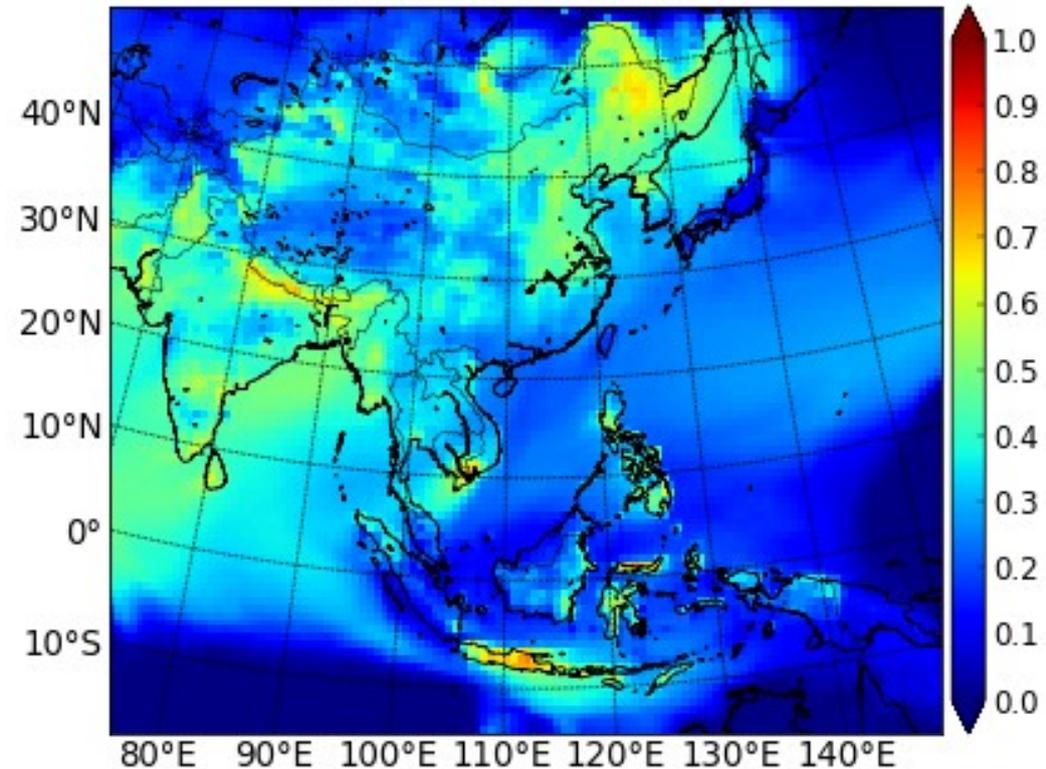
中国内陸部で家庭部門からの寄与大

# 2012年1月の $PM_{2.5}$ への感度の空間分布

Industrial Contribution for Monthly  $PM_{2.5}$  on Surface at 2012-01



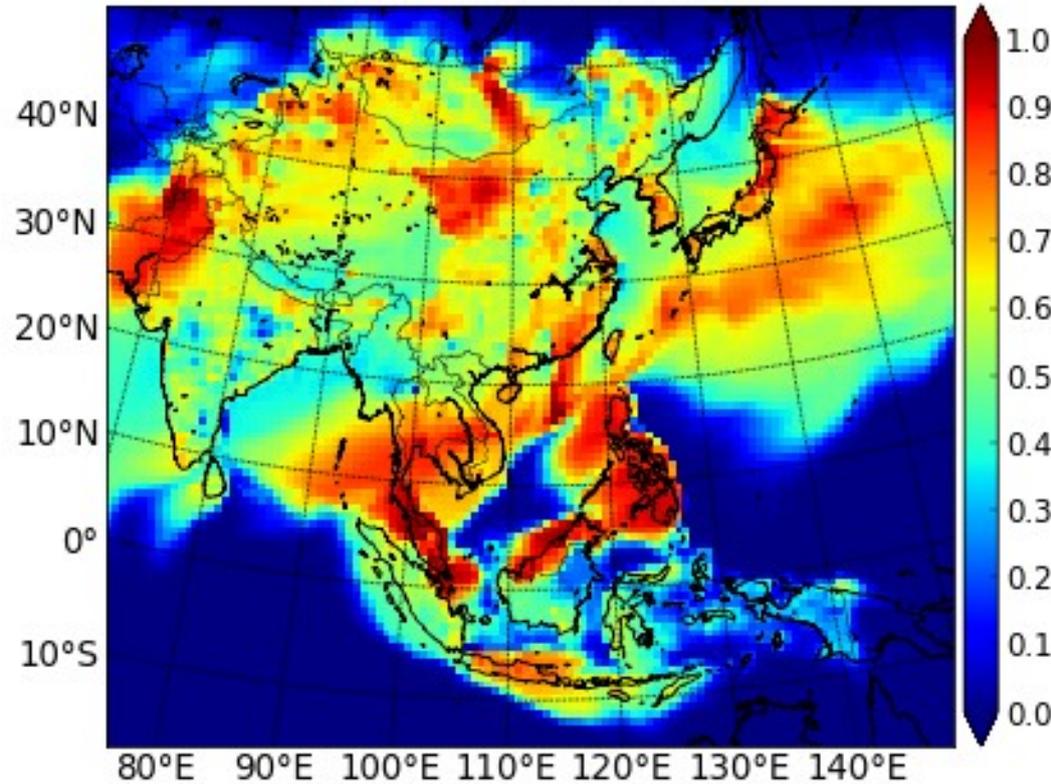
Residential Contribution for Monthly  $PM_{2.5}$  on Surface at 2012-01



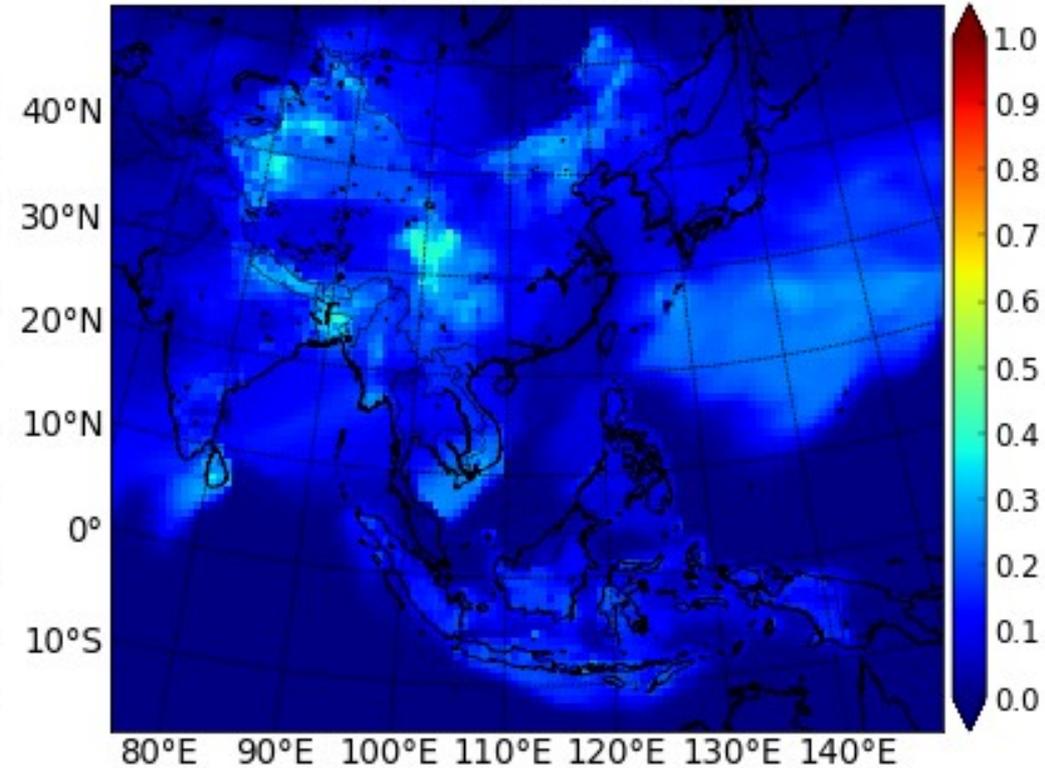
太平洋沖で産業部門からの感度が高い  
インド洋付近で家庭部門からの寄与が高い

# 2012年1月のSO<sub>2</sub>への感度の空間分布

Industrial Contribution for Monthly SO<sub>2</sub> on Surface at 2012-01



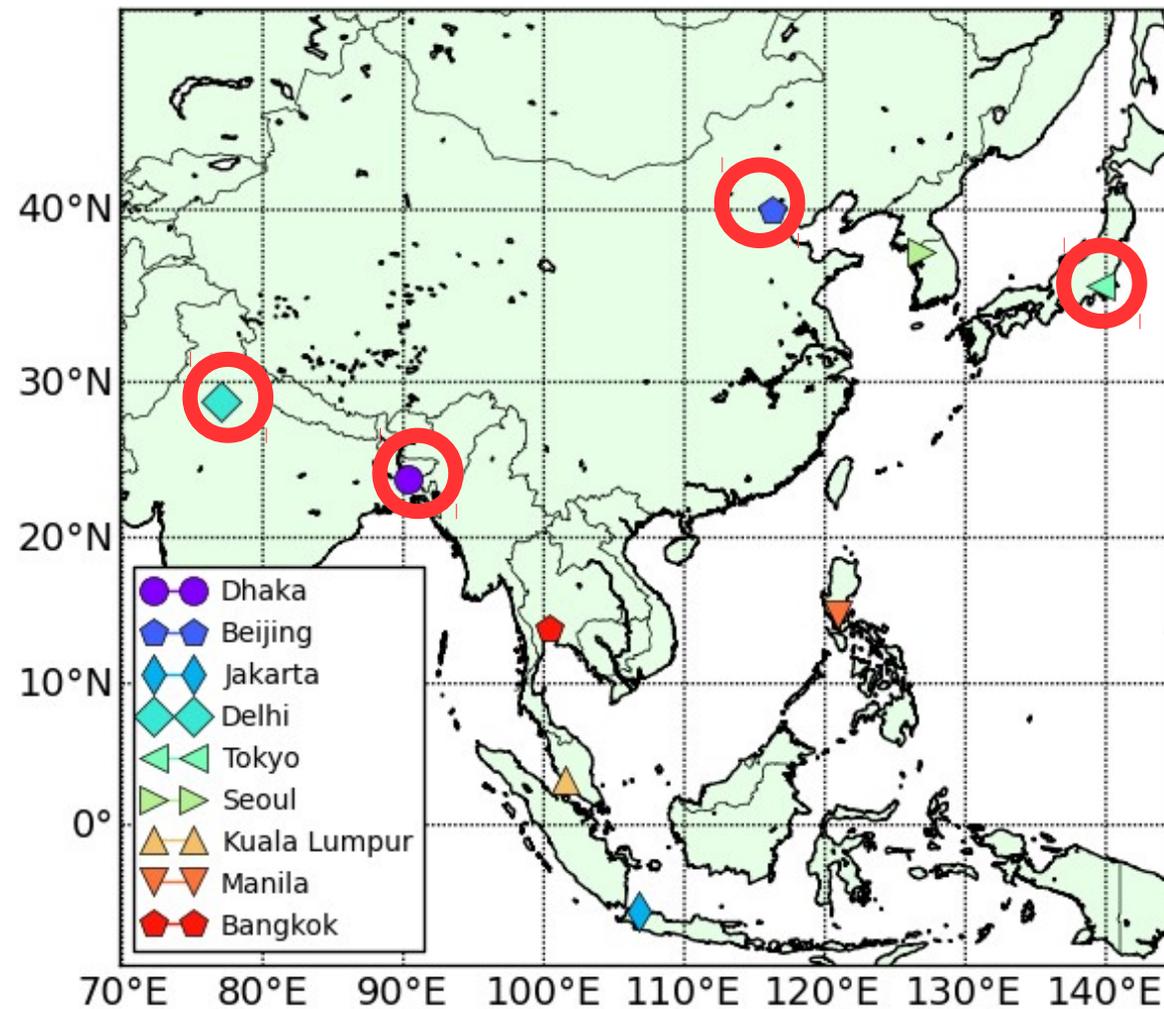
Residential Contribution for Monthly SO<sub>2</sub> on Surface at 2012-01



東南アジアと中国全域で産業部門からの寄与大

# 東アジアの首都における感度の時間分布（対象地点）

東アジアの首都での感度の時間分布を確認▷地域・時間特性を検討



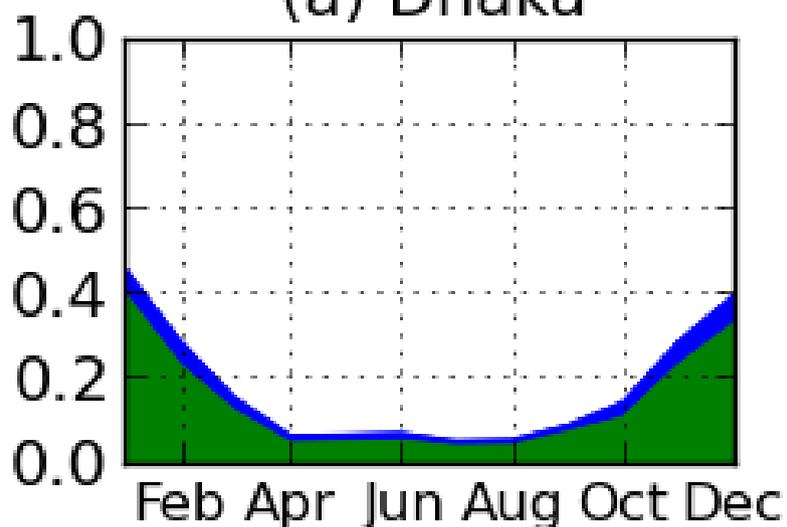
Country	Capital	Longitude	Latitude
Bangladesh	Dhaka	90.41	23.71
China	Beijing	116.41	39.90
Indonesia	Jakarta	106.85	-6.21
India	Delhi	77.22	28.64
Japan	Tokyo	139.69	35.69
South Korea	Seoul	126.98	37.57
Malaysia	Kuala Lumpur	101.69	3.14
Philippines	Manila	120.98	14.60
Thailand	Bangkok	100.52	13.73

 : 今回の発表で表示する地域

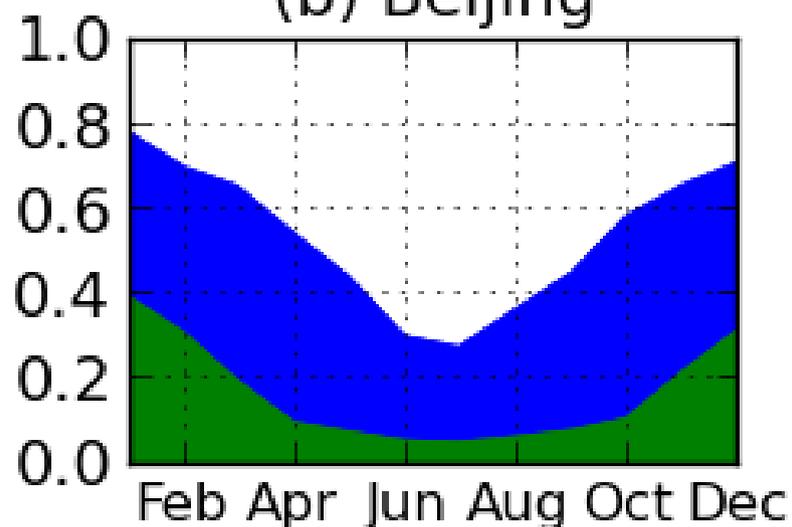
# 東アジアの首都における感度の時間分布（CO）

Beijing で冬に産業と家庭の感度が高い  
夏場に感度が低い

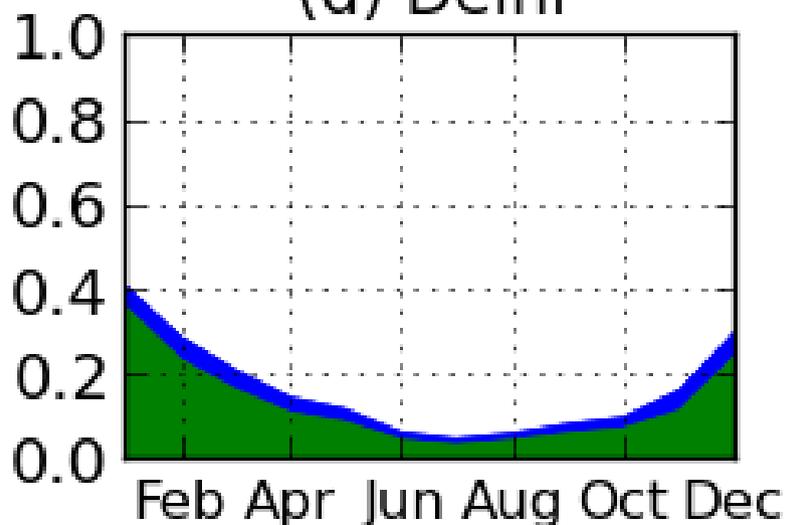
(a) Dhaka



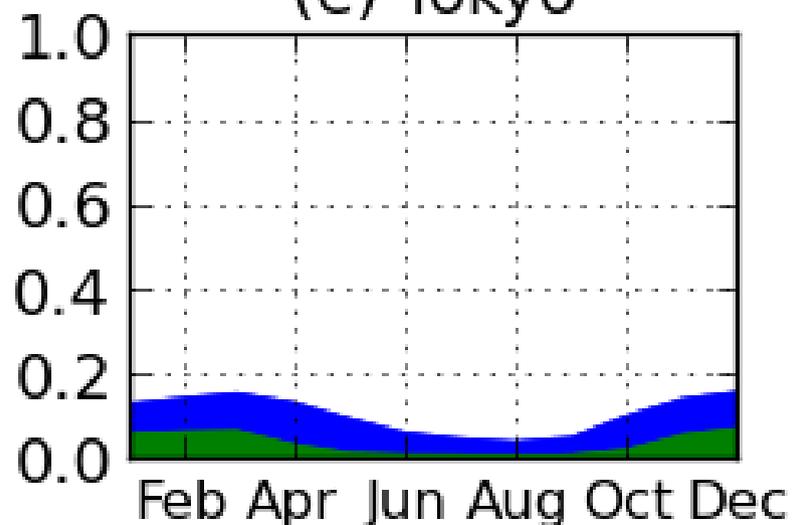
(b) Beijing



(d) Delhi



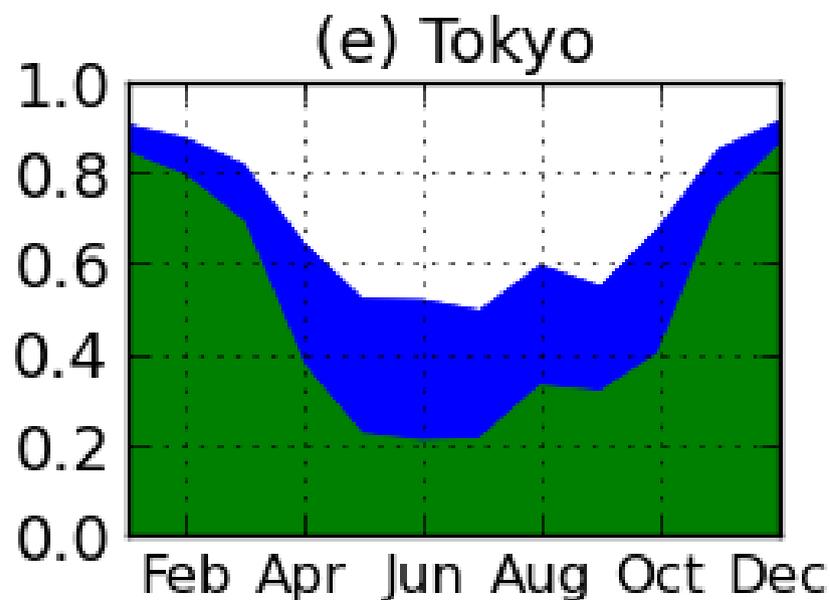
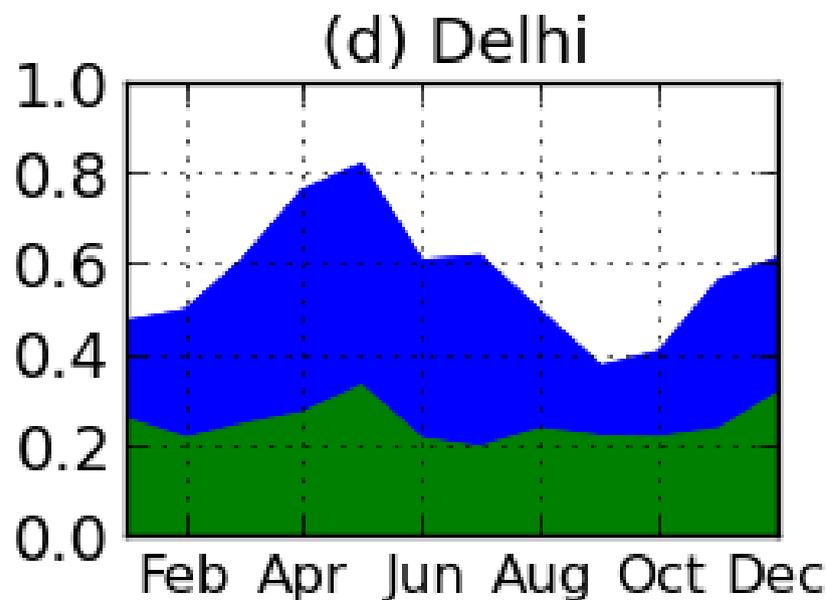
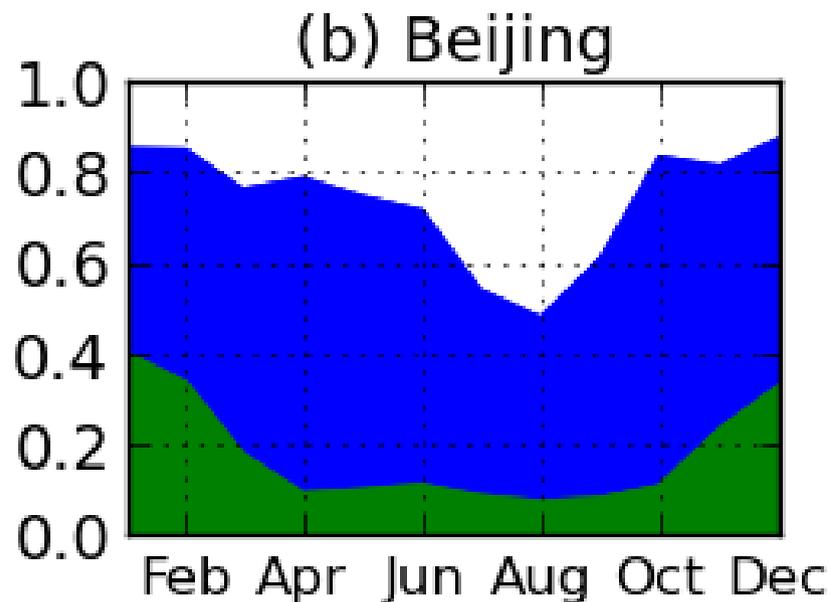
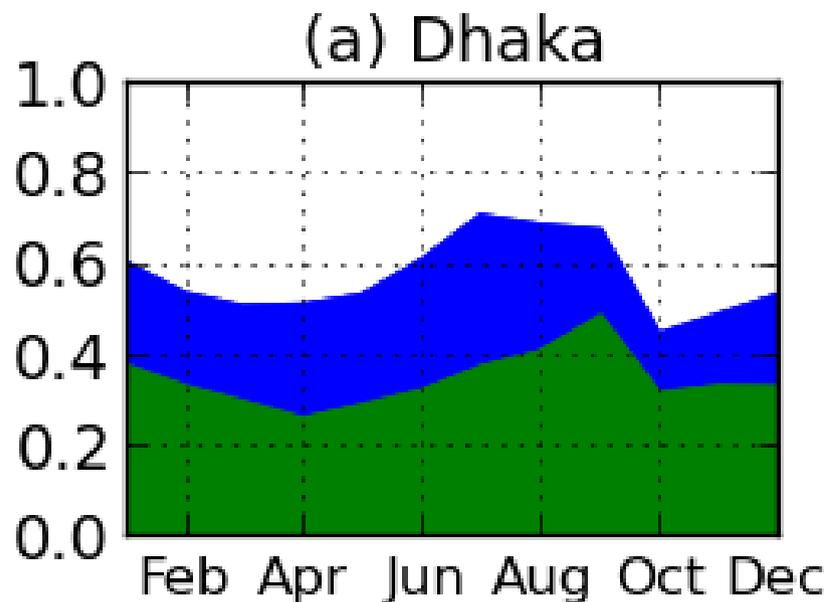
(e) Tokyo



— Industrial

— Residential

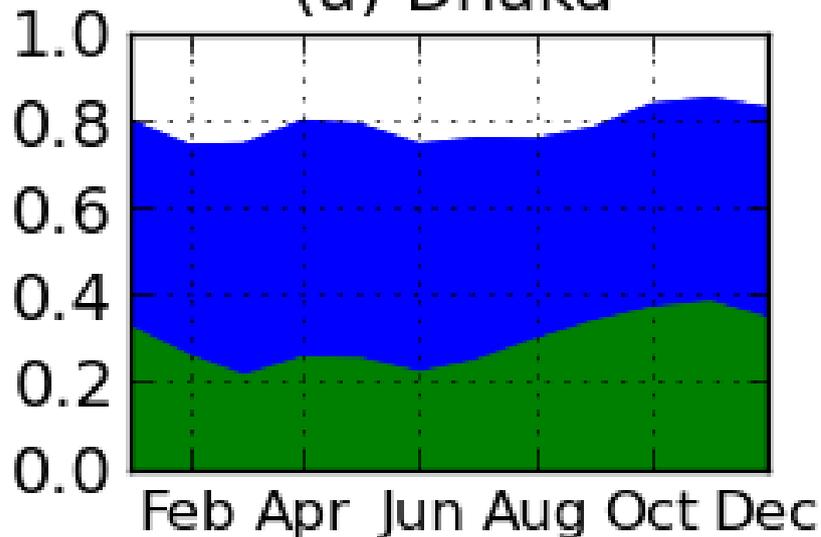
# 東アジアの首都における感度の時間分布 ( $PM_{2.5}$ )



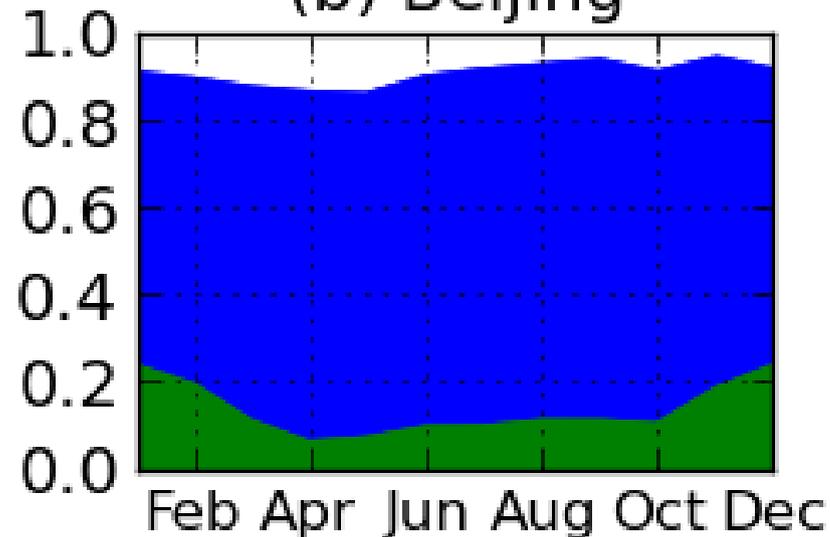
Tokyo では家庭部門が支配的  
Beijing では産業からの感度が高い

# 東アジアの首都における感度の時間分布 (SO<sub>2</sub>)

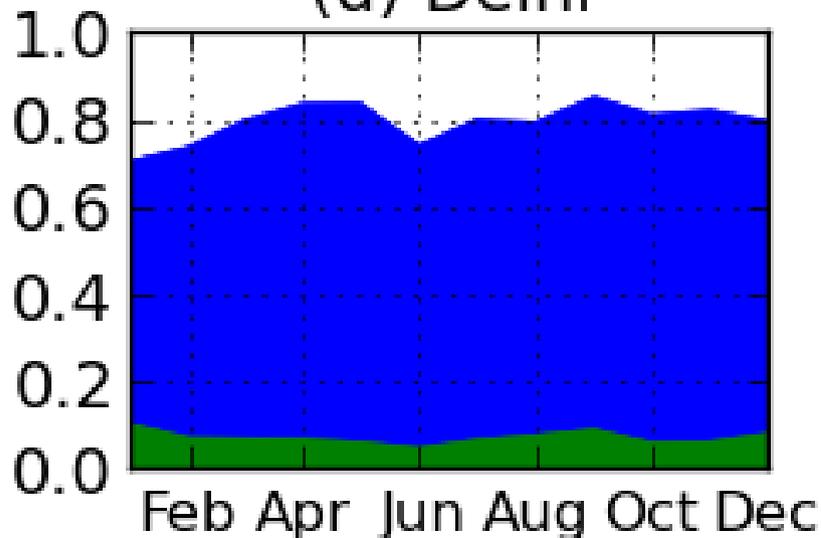
(a) Dhaka



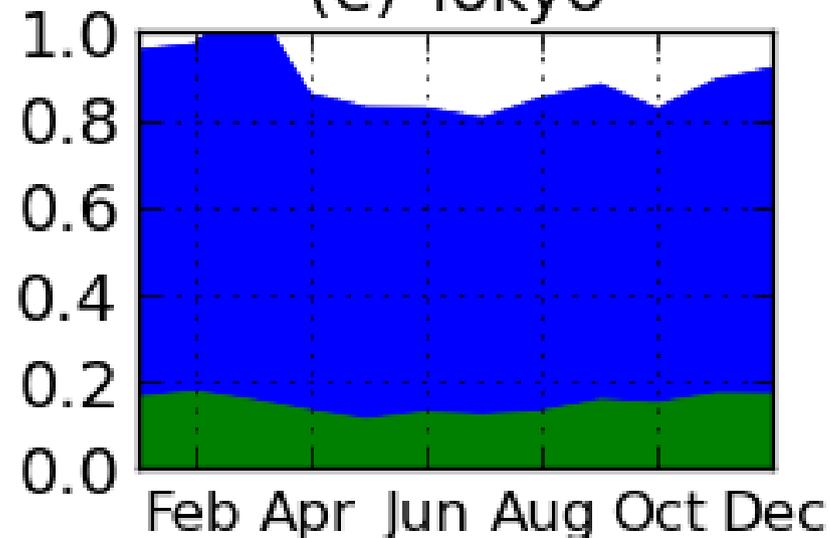
(b) Beijing



(d) Delhi



(e) Tokyo



— Industrial

— Residential

年間通じて産業部門の感度が高い

# 健康影響評估

# 健康影響の評価

SAPRC-99 MEGAN あり MOZART ありの CMAQ の計算ケースを使い、山本 (2014) の手法で大気汚染による死亡者数を推定

評価式

$$\Delta RR = \exp(\beta \times \Delta C)$$

Chen et al., (2013) の式

$$\Delta AP_k = (\Delta RR - 1) \div \Delta RR$$

$$E = \Delta AP \times f \times P$$

変数	説明
$\Delta RR$	相対リスクの変化
$\beta$	大気汚染の変化 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ あたりの健康影響の変化率
$\Delta C$	大気汚染濃度の変化
$\Delta AP_k$	健康エンドポイント $k$ の発症率の変化
$E$	大気汚染に起因する死亡数
$f$	全死因の死亡率
$P$	暴露人口

Chen et al., (2013)

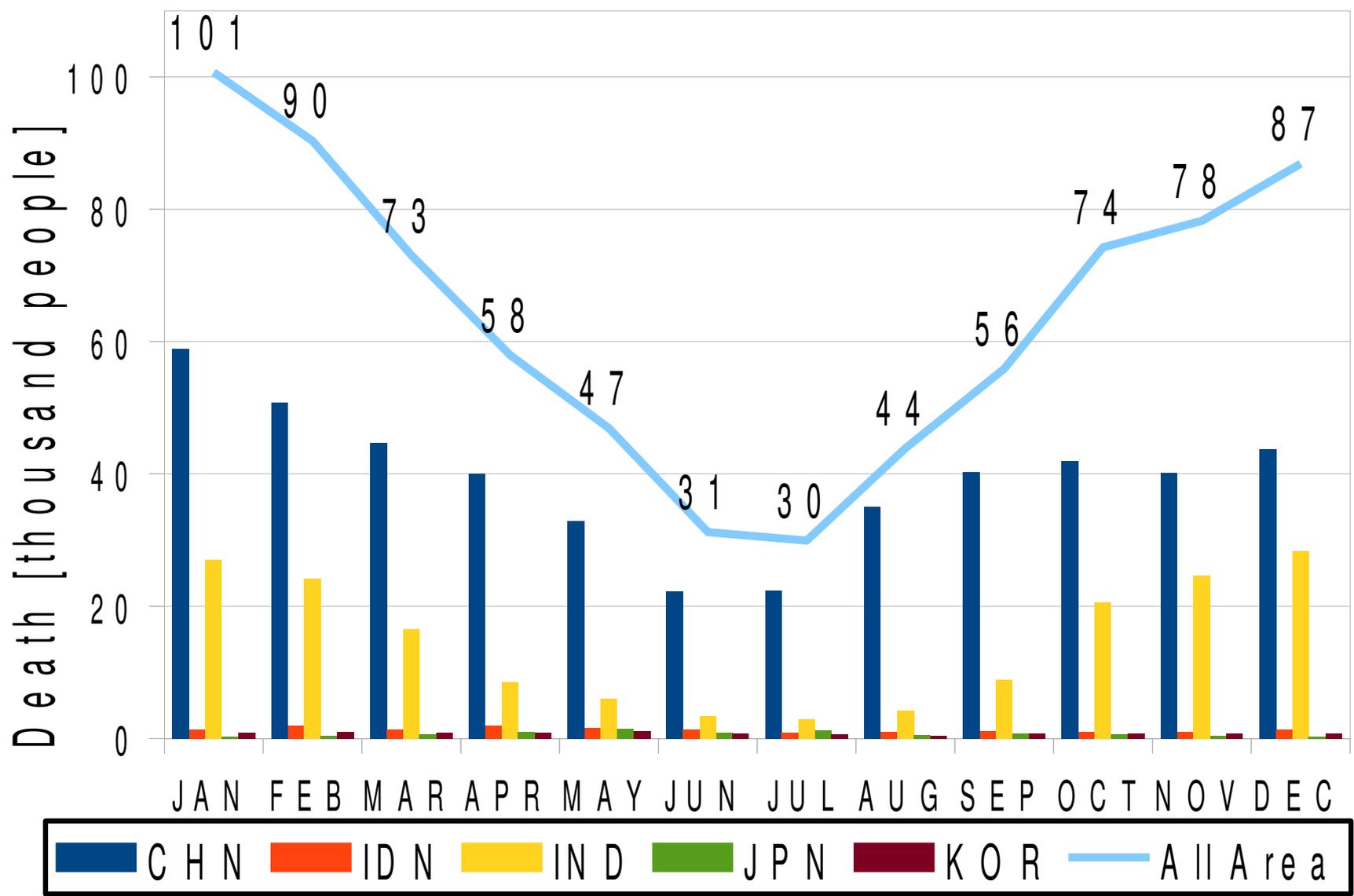
Pollutant	$\beta$ [% per $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
PM <sub>10</sub>	0.09
O <sub>3</sub>	0.1

死亡率  $f$ : World Development Indicators, October 2013 を使用

人口: Landscan2008 の  $0.5^\circ$  メッシュの格子人口を使用

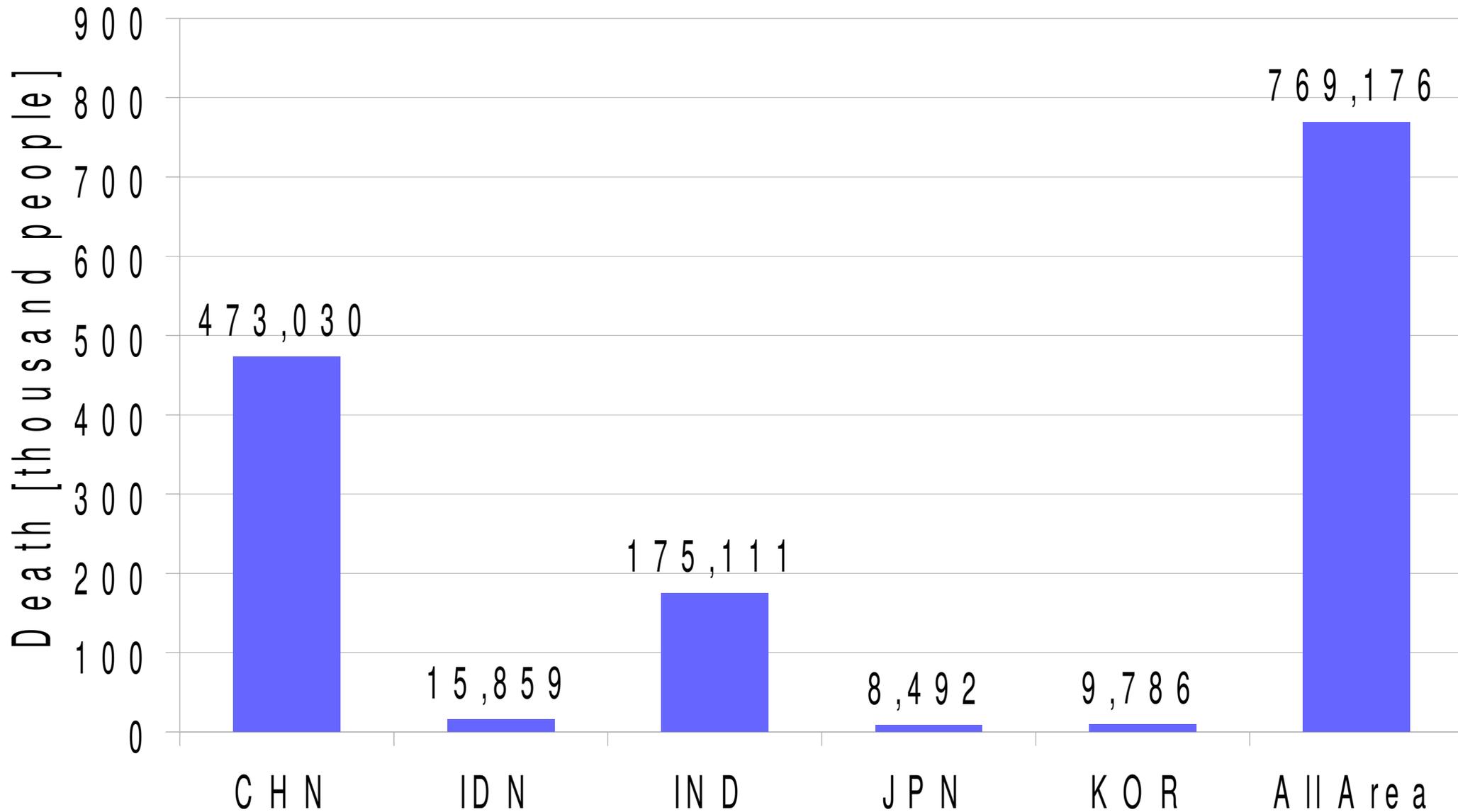
# 健康影響の評価結果（年間傾向）

2012年の日本、中国、インド、インドネシア、韓国の国別死亡数と全対象領域の死亡数



冬に死亡数が増加

# 健康影響の評価結果（2012年の合計）



2012年に東アジア地域全域での合計約77万人が大気汚染で死亡  
▷ 半分以上の約47万人が中国での死亡者

# ケーススタディのまとめ

## ■ 産業と家庭部門の排出を対象とした感度解析

▶  $\text{SO}_2$  : 年間を通して産業の感度が高く、

中国全域と東アジアで産業からの感度が高い

▶ CO : 夏場は感度が低い

中国とインドで家庭の感度が高い

## ■ 大気汚染による健康影響評価

▶ 冬に死亡数が増加

▶ 2012年東アジア全域で約77万人死亡▷内47万人が中国

# 課題

- 植生排出考慮時の  $O_3$  の過大評価
  - ▶ 他の植生排出推計結果と比較▷精度の検証
- 気象場
  - ▶ 高層観測との比較による精度の検証
  - ▶ 物理オプションの検討
- 感度解析
  - ▶ 地域・物質ごとの感度の解析
- 健康影響評価の精度
  - ▶ 評価式やパラメータ ( $\beta$ 、人口、死亡率) の検討
  - ▶ 実際の死亡者との比較

# 質疑応答備え

# WHO 死亡者数

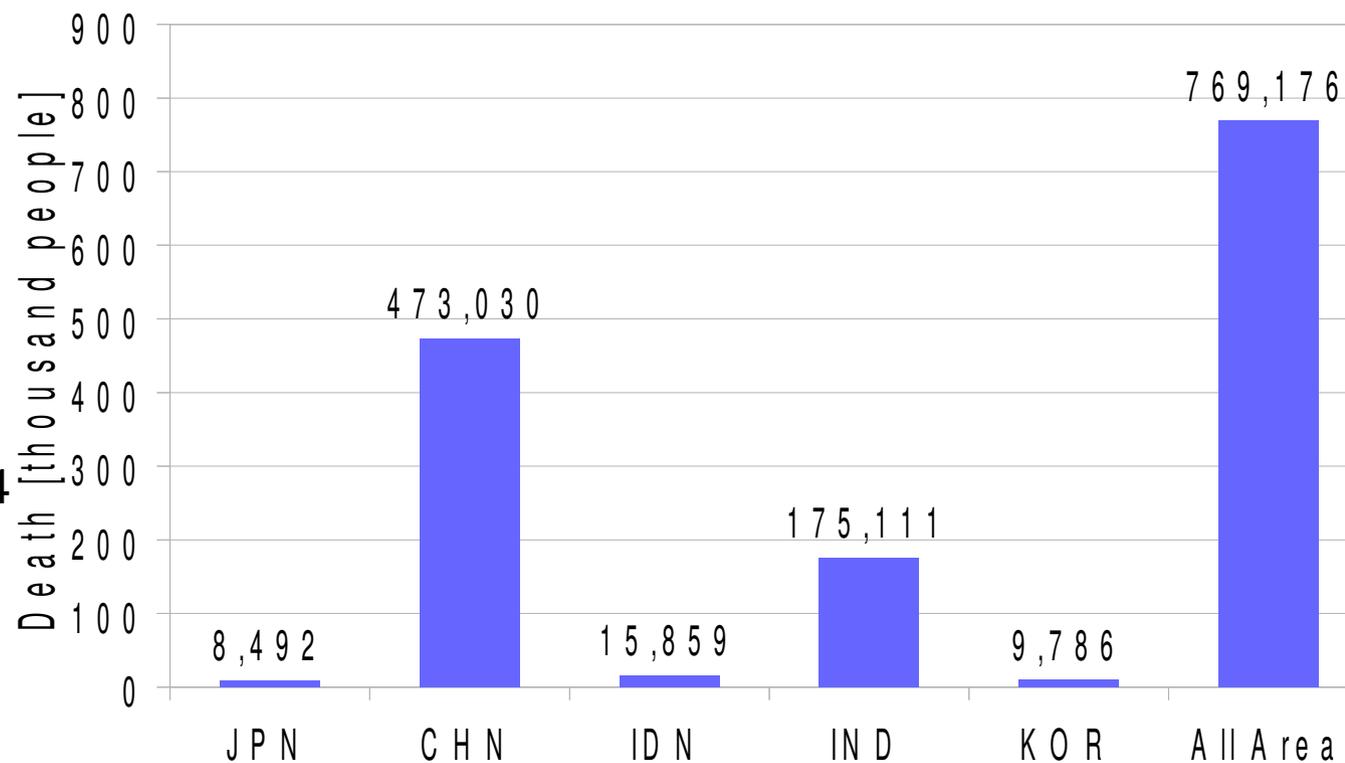
Global Health Observatory (GHO)

Mortality and burden of disease from outdoor air pollution

[http://www.who.int/gho/phe/outdoor\\_air\\_pollution/burden\\_text/en/index.html](http://www.who.int/gho/phe/outdoor_air_pollution/burden_text/en/index.html)

2008 年

CHN	China	470649
IND	India	168601
JPN	Japan	23253
IDN	Indonesia	25315
KOR	Republic of Korea	11944

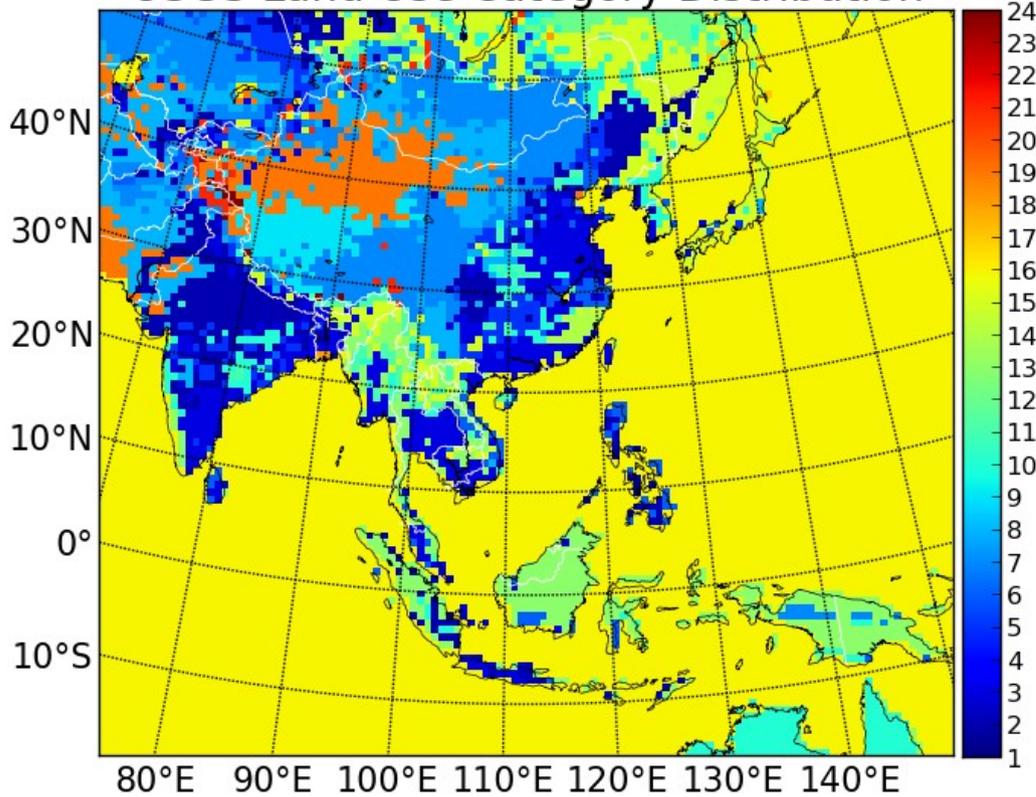


# WRF の鉛直座標設定

レイヤ	$\eta$	気圧 [hPa]	高度 [m]	レイヤ厚さ [m]
-	0.00	100.00	9132.50	-
27	0.02	118.27	8949.85	182.65
26	0.04	136.53	8767.20	182.65
25	0.06	154.80	8584.55	182.65
24	0.09	182.19	8310.58	273.98
23	0.12	209.59	8036.60	273.98
22	0.15	236.99	7762.63	273.98
21	0.18	264.39	7488.65	273.98
20	0.22	300.92	7123.35	365.30
19	0.26	337.45	6758.05	365.30
18	0.31	383.11	6301.43	456.63
17	0.36	428.77	5844.80	456.63
16	0.42	483.57	5296.85	547.95
15	0.48	538.36	4748.90	547.95
14	0.55	602.29	4109.63	639.28
13	0.62	666.22	3470.35	639.28
12	0.70	739.28	2739.75	730.60
11	0.74	775.81	2374.45	365.30
10	0.79	821.47	1917.83	456.63
9	0.83	858.00	1552.53	365.30
8	0.88	903.66	1095.90	456.63
7	0.91	931.06	821.93	273.98
6	0.93	949.32	639.28	182.65
5	0.95	967.59	456.63	182.65
4	0.97	985.85	273.98	182.65
3	0.98	994.99	182.65	91.33
2	0.99	1004.12	91.33	91.32
1	1.00	1013.25	0.00	91.33

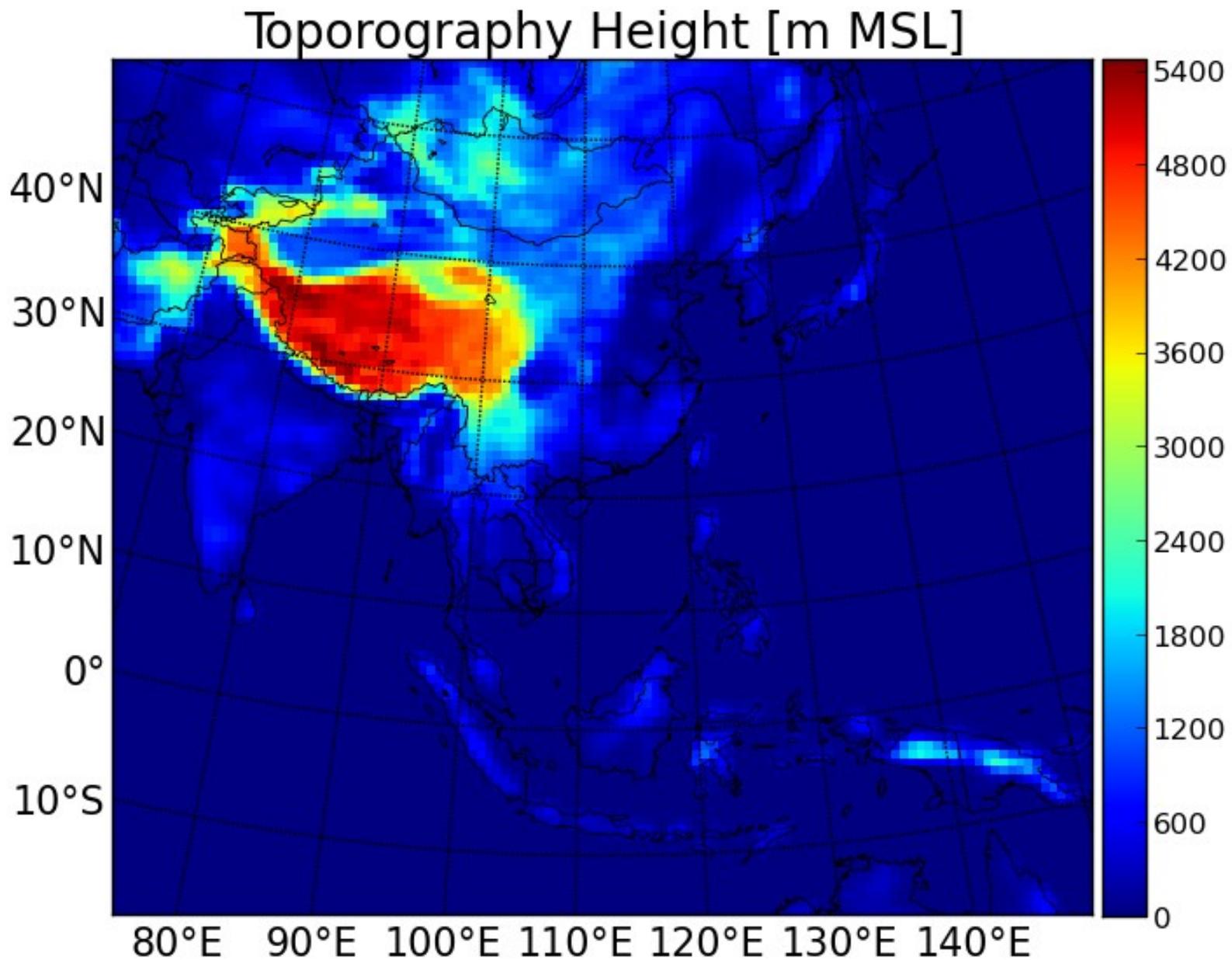
# WRF の入力土地利用分類

USGS Land Use Category Distribution



Land Use Category	Land Use Description
1	Urban and Built-up Land
2	Dryland Cropland and Pasture
3	Irrigated Cropland and Pasture
4	Mixed Dryland/Irrigated Cropland and Pasture
5	Cropland/Grassland Mosaic
6	Cropland/Woodland Mosaic
7	Grassland
8	Shrubland
9	Mixed Shrubland/Grassland
10	Savanna
11	Deciduous Broadleaf Forest
12	Deciduous Needleleaf Forest
13	Evergreen Broadleaf
14	Evergreen Needleleaf
15	Mixed Forest
16	Water Bodies
17	Herbaceous Wetland
18	Wooden Wetland
19	Barren or Sparsely Vegetated
20	Herbaceous Tundra
21	Wooded Tundra
22	Mixed Tundra
23	Bare Ground Tundra
24	Snow or Ice

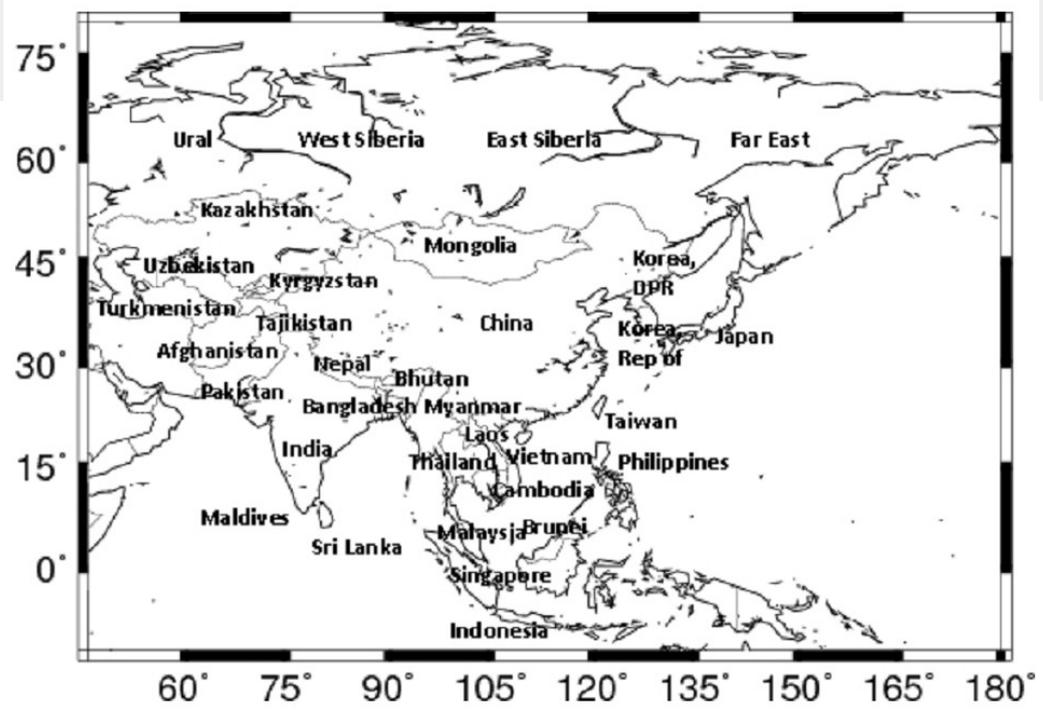
# WRF の入力地形標高



# 既存の排出量インベントリの対象領域の比較

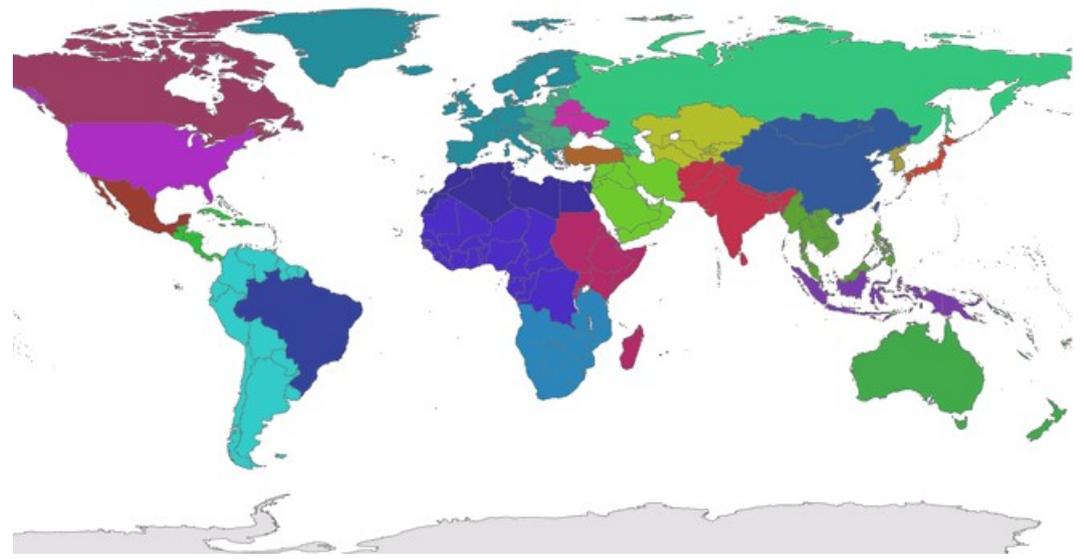
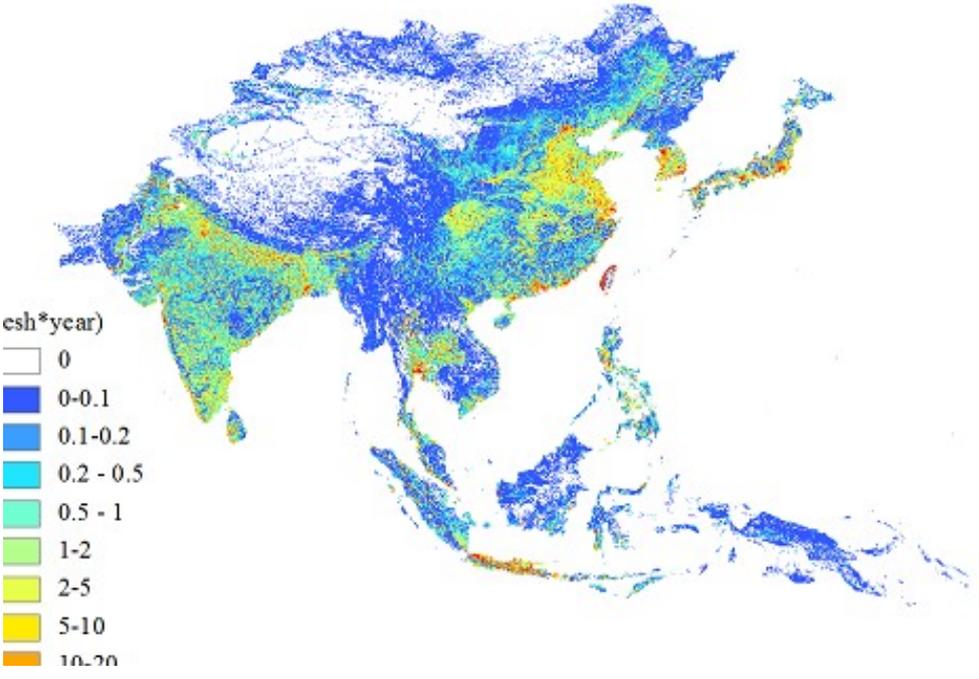


INTEX-B  
森本 (2013)



REASV2.1

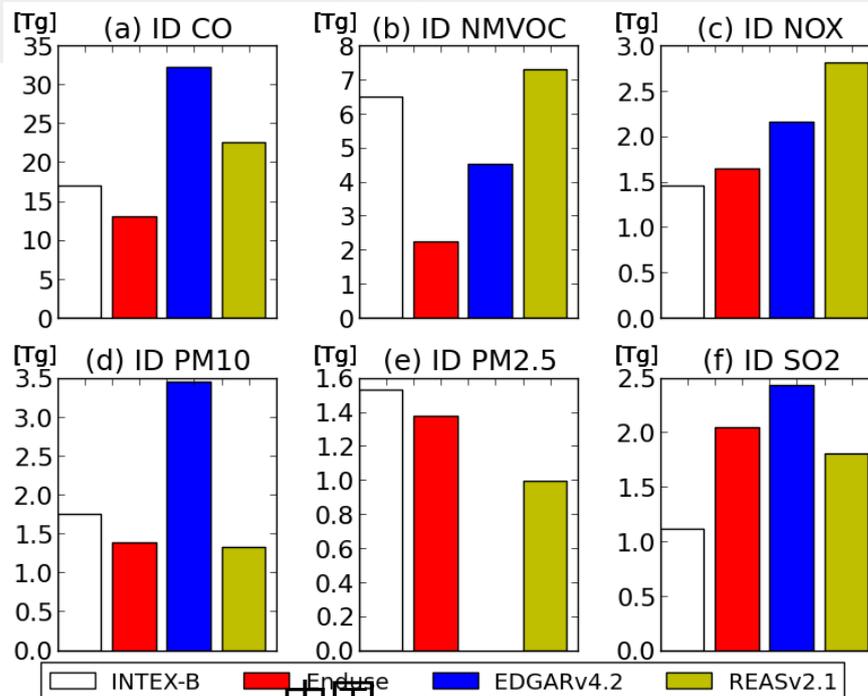
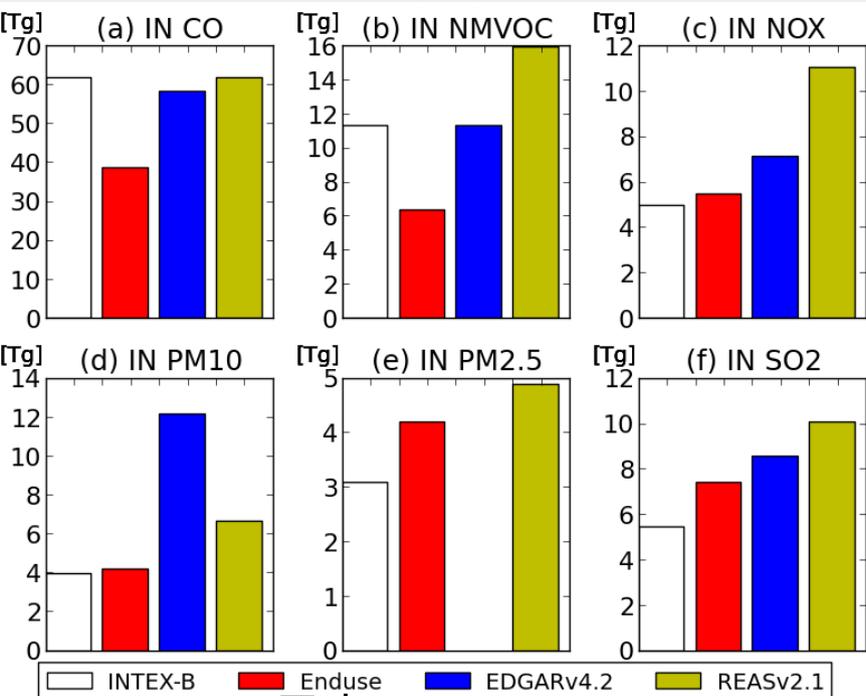
EDGARv4.2



# 既存の排出量インベントリの比較

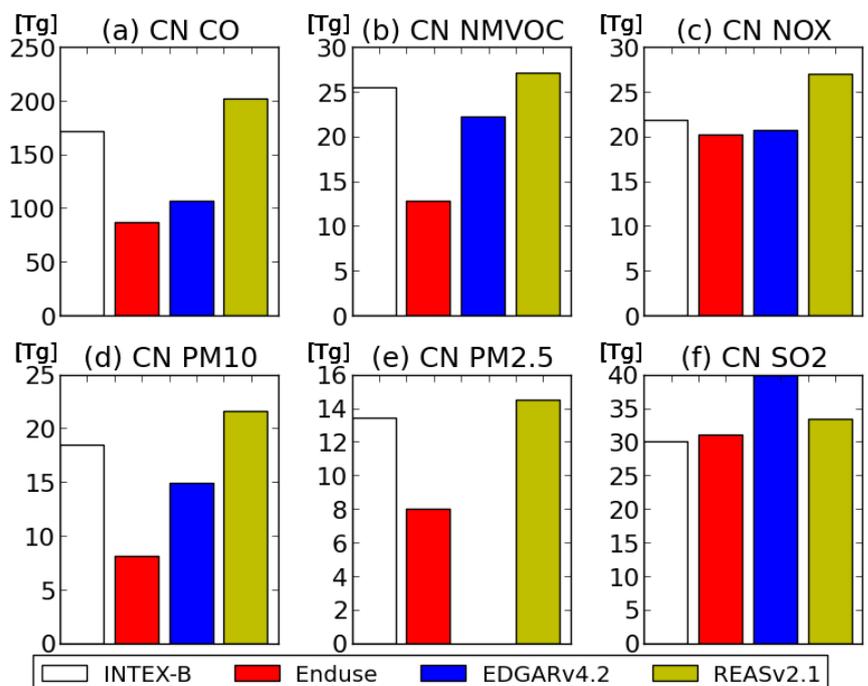
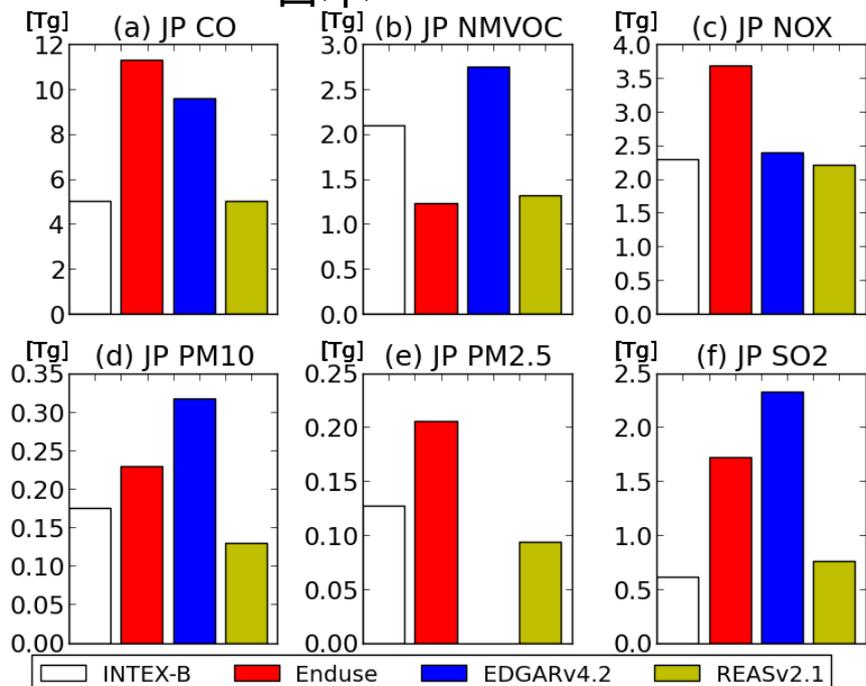
## インドネシア

## インド



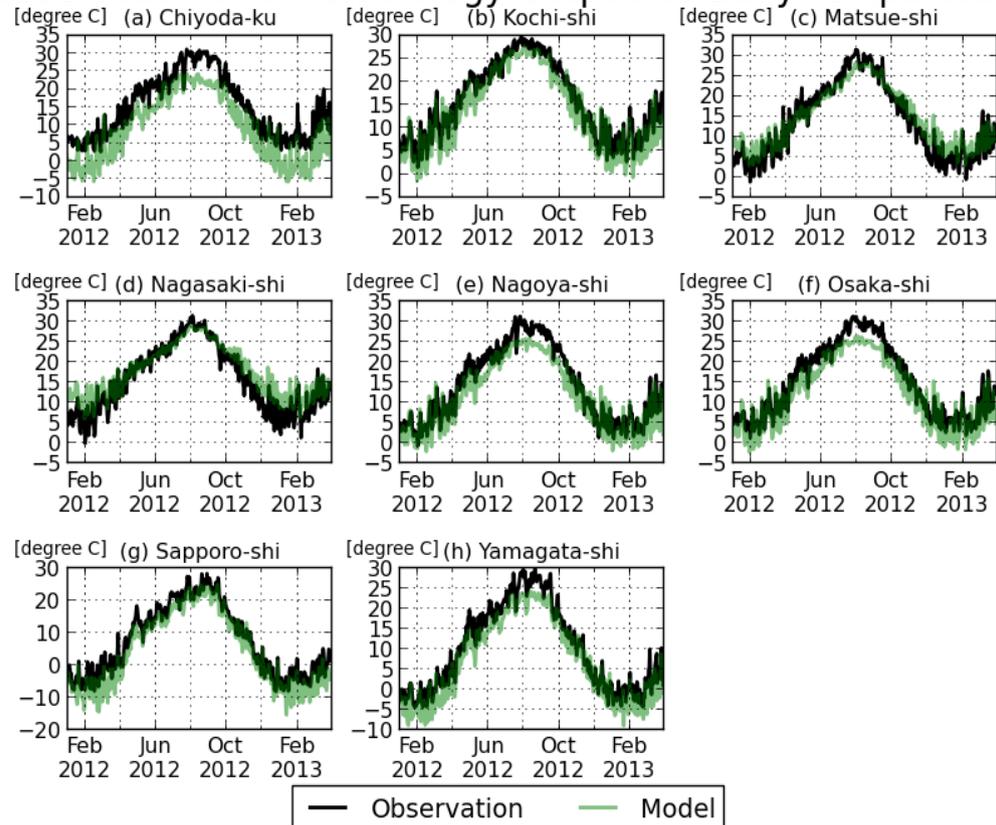
## 日本

## 中国

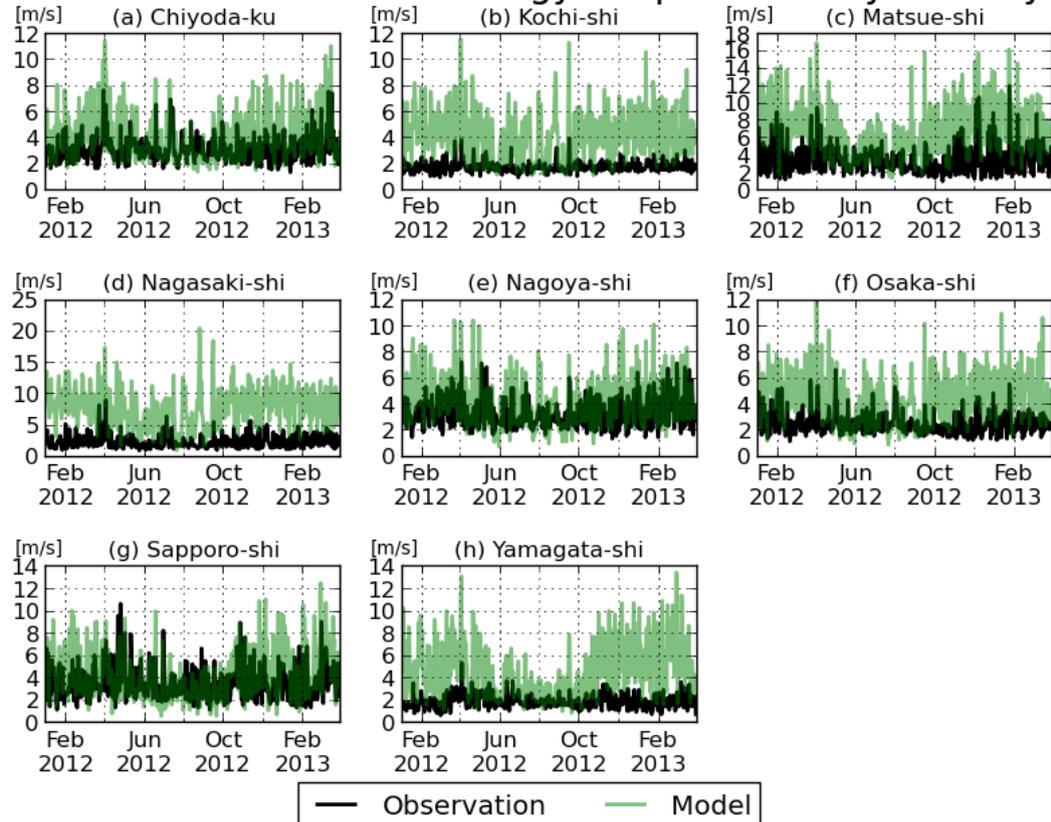


# 気象場の観測との比較（比較結果）

## Observation and Meteorology Output for Daily Temperature



## Observation and Meteorology Output for Daily Velocity



時間変動パターンを再現

Chiyoda-ku と Osaka-shi で約 5°C 過小評価

▷ 人工排熱が原因の一つでは？

Nagoya-shi と Sapporo-shi で再現性が高い

以下の 3 地点で再現性が低い

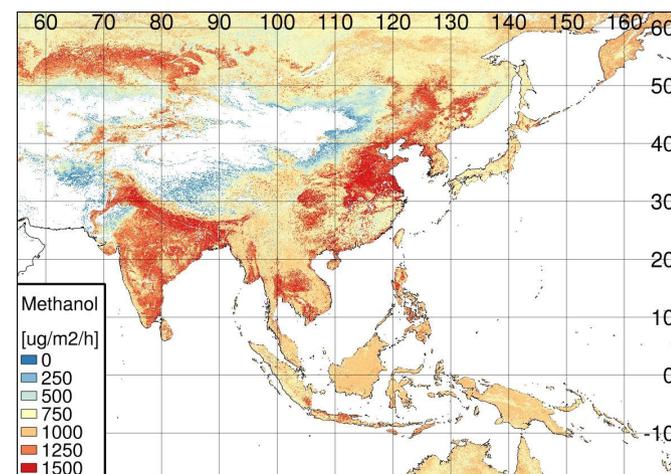
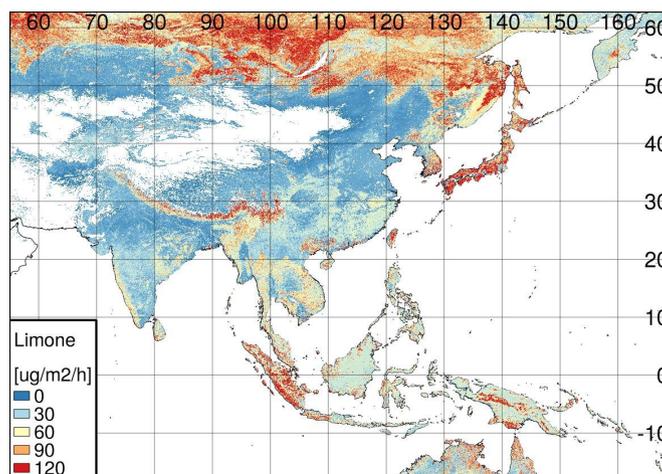
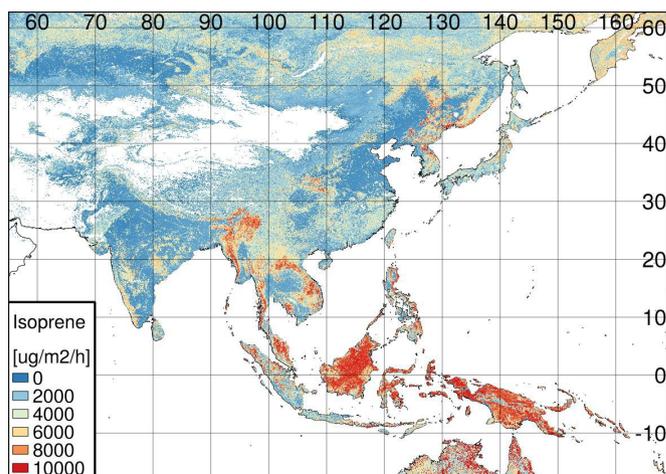
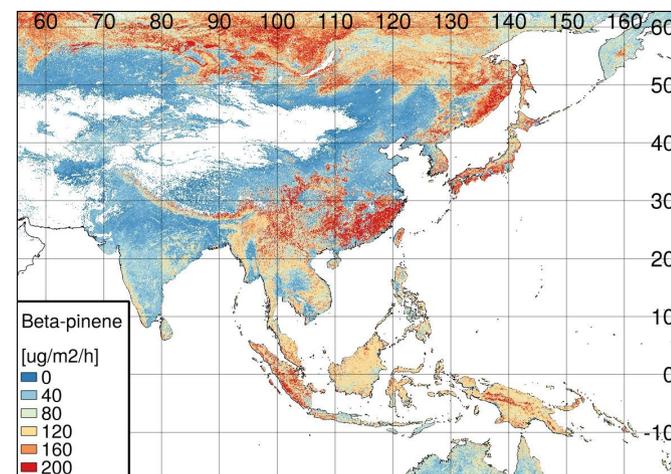
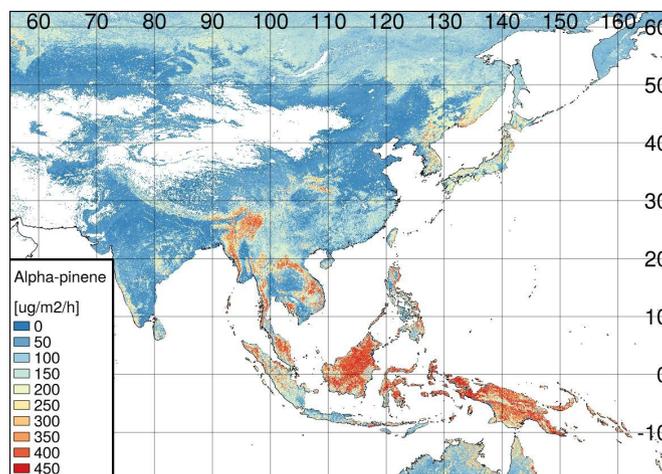
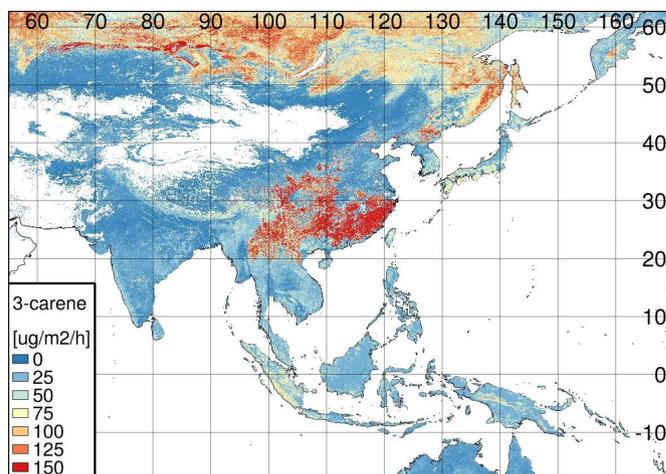
Yamagata-shi、Nagasaki-shi、Kochi-shi

▷ Nagasaki-shi と Kochi-shi は海岸沿いのため、モデル解像度的に陸地の影響が大きかった？

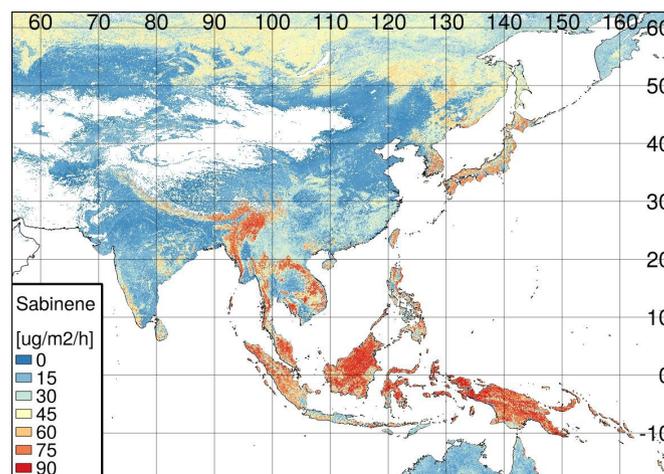
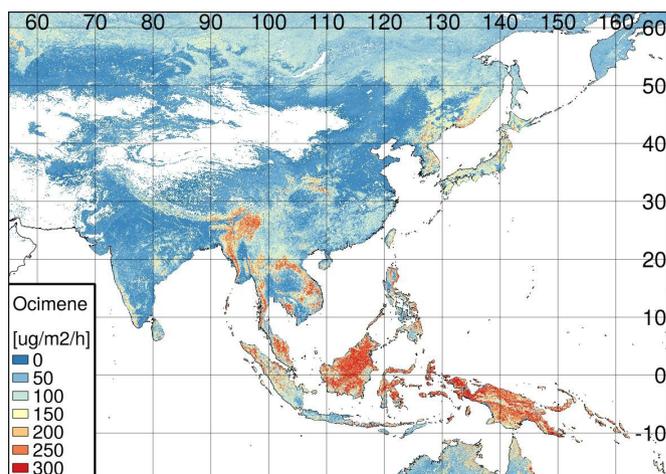
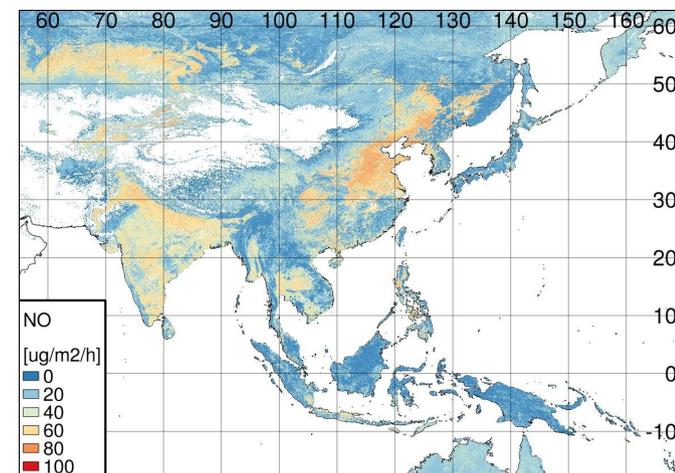
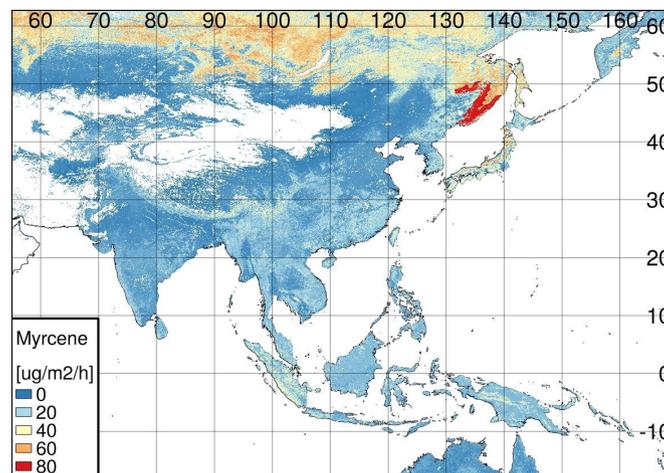
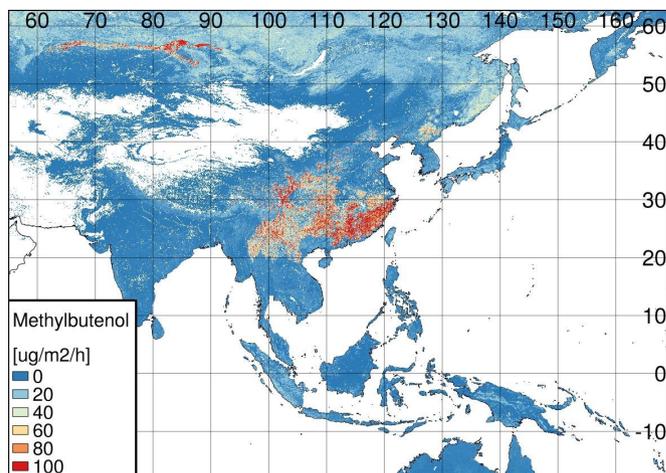
# MEGAN の入力ファイル

項目	設定	単位
気象データ	WRF の出力結果を MCIP で処理したもの	
PFT	2001 年の 6 種類 (BTR: broadleaf trees 、FTD: fineleaf deciduous trees 、FTE: fineleaf evergreen trees 、CRP: crops 、GRS: grass 、SHR: shrub) を使用 (Guenther et al., 2006)	-
LAI	2003 年の各月ごとのデータ (Guenther et al., 2006)	m <sup>2</sup> /(1000 m <sup>2</sup> )
EF	2000 年の化学種 (isoprene, methylbutenol, methanol, NO, 3-carene, limone, myrcene, ocimene, alpha-pinene, beta-pinene, sabinene) 毎のデータ (Guenther et al., 2006)	µg/m <sup>2</sup> /h

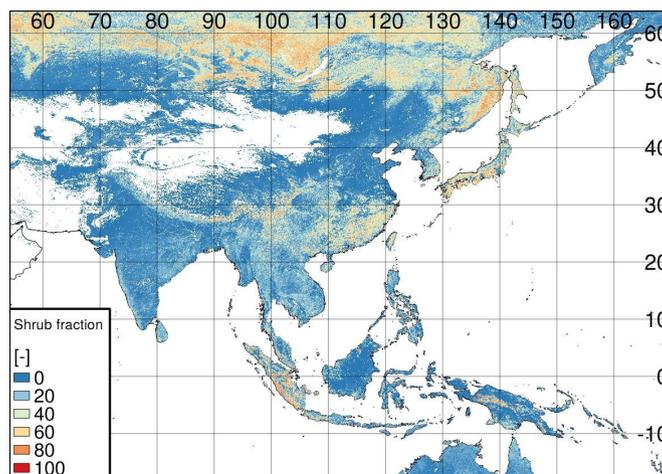
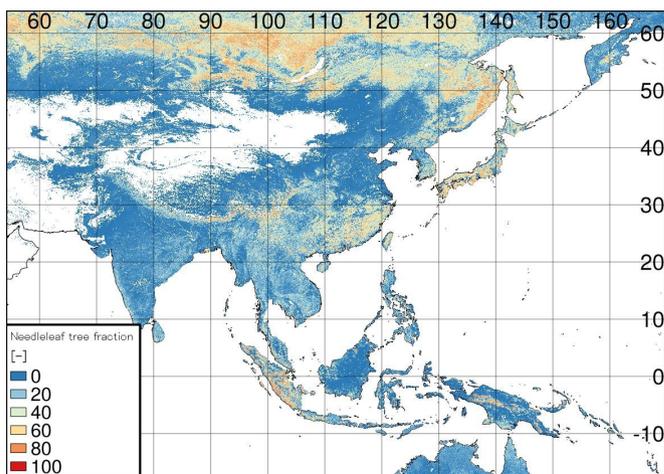
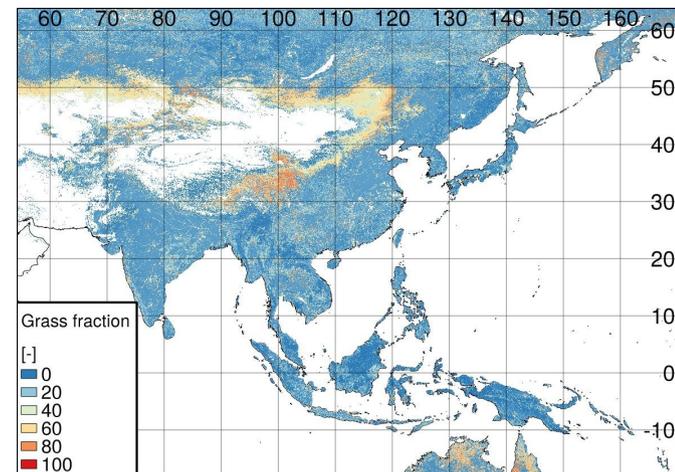
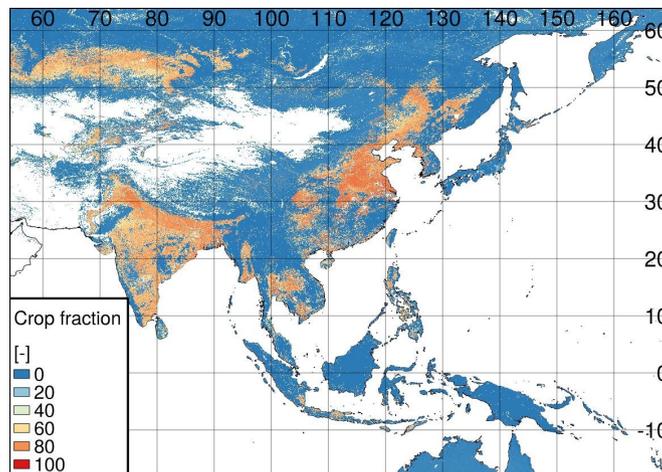
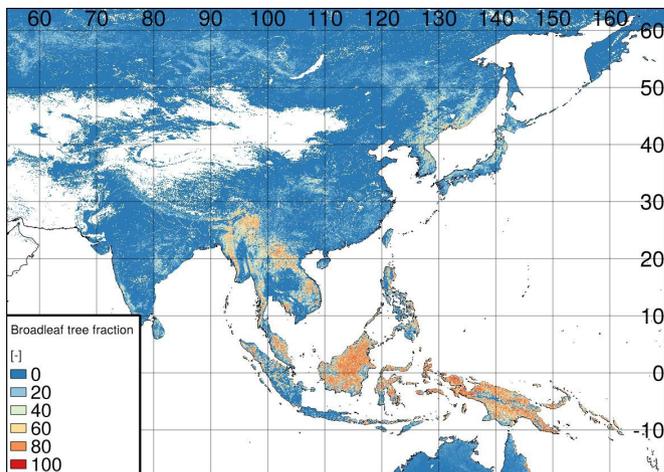
# MEGAN の入力ファイル ( EF )



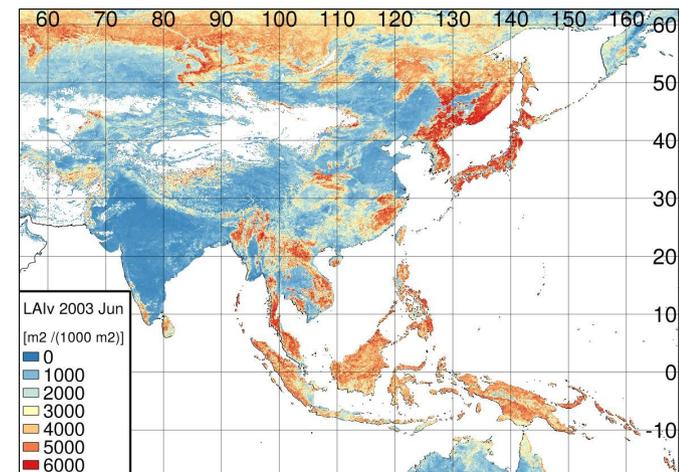
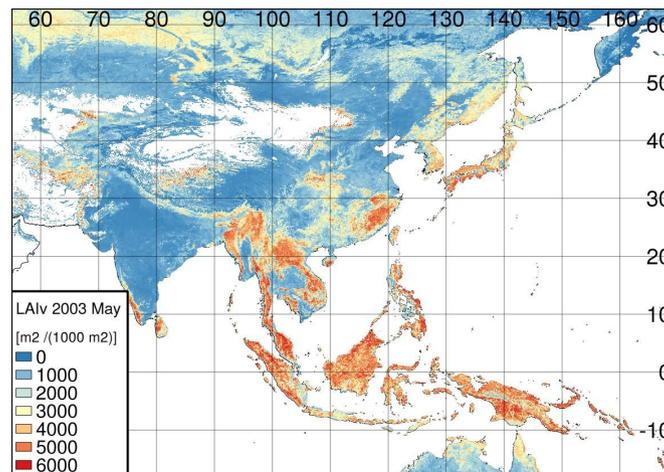
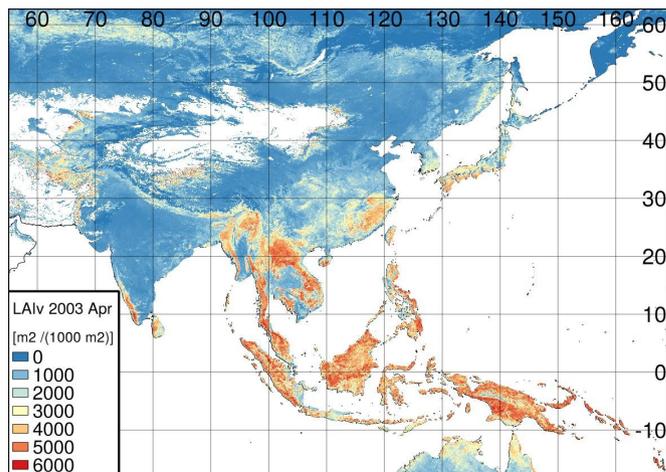
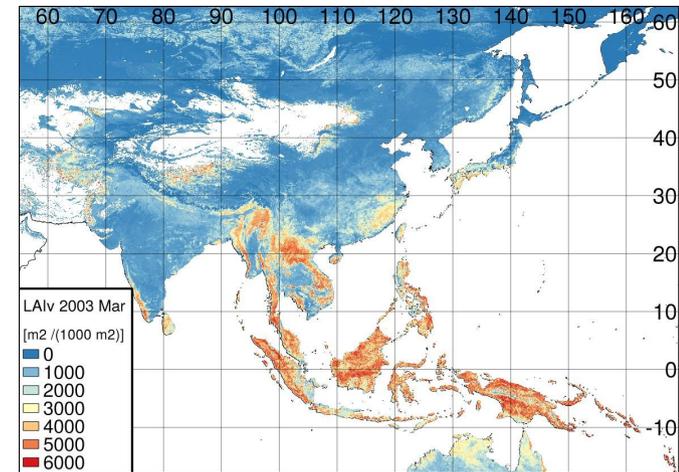
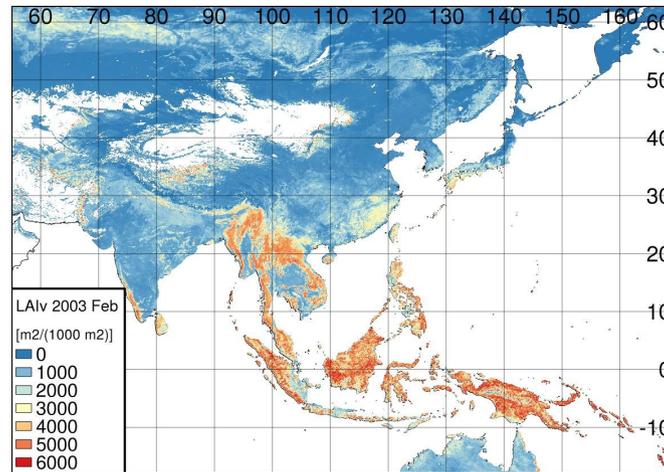
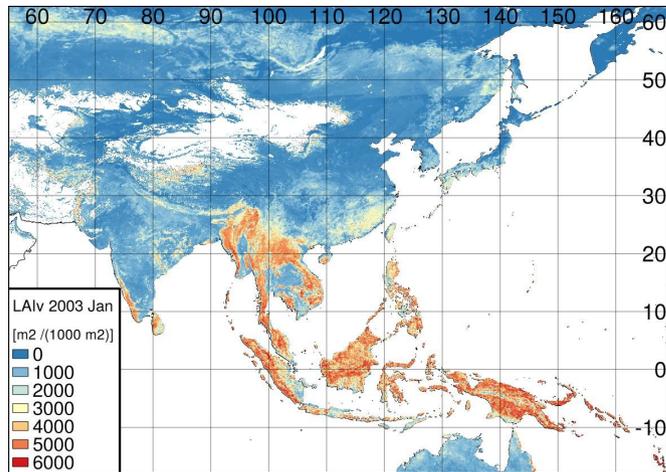
# MEGAN の入力ファイル ( EF )



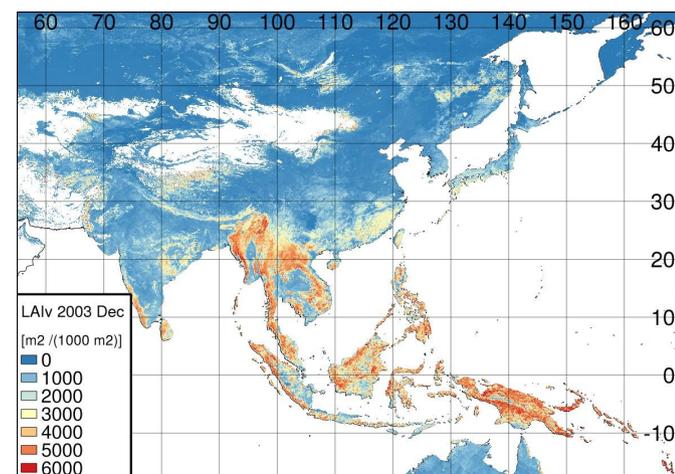
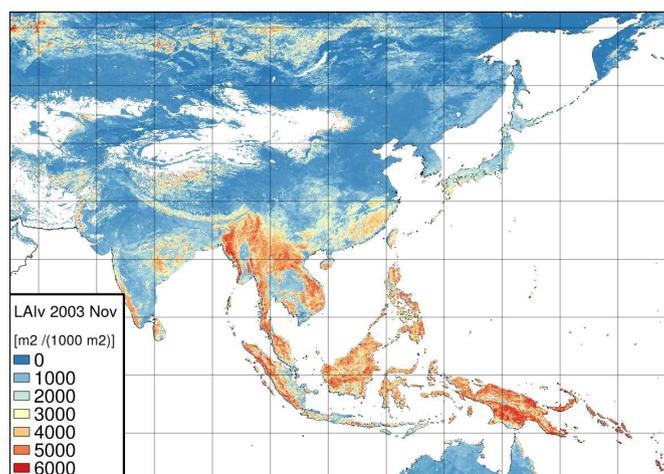
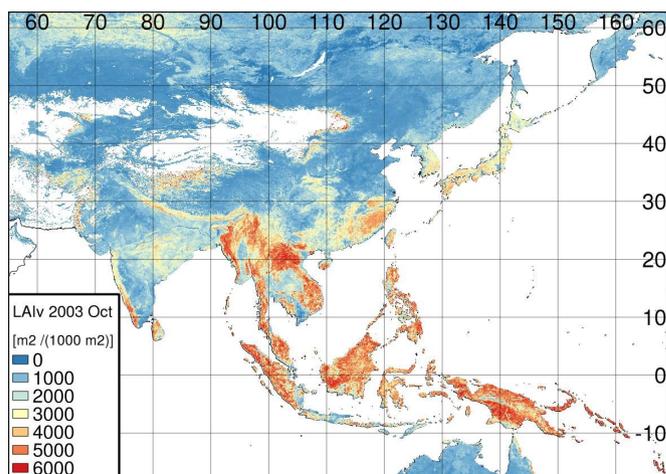
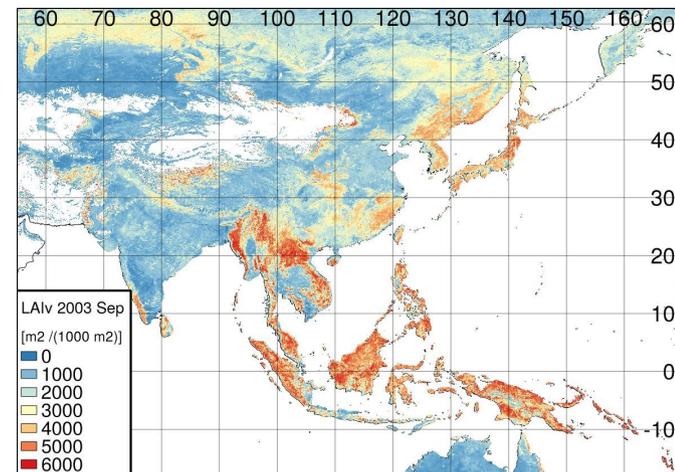
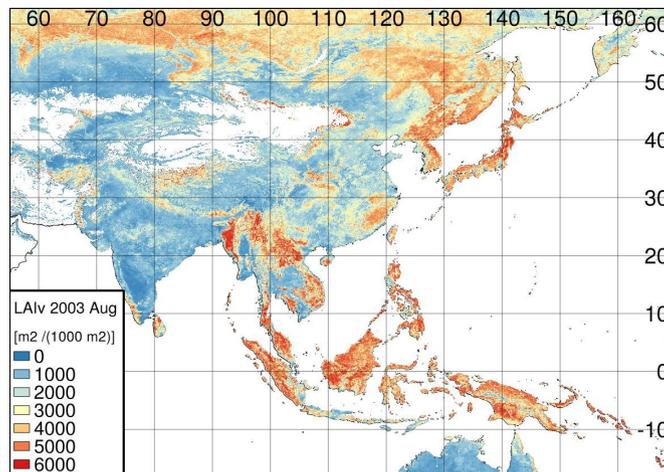
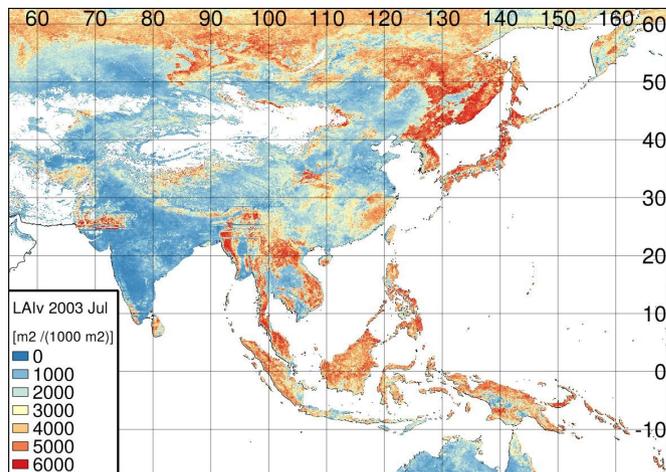
# MEGAN の入力ファイル ( PFT )



# MEGAN の入力ファイル ( LAI )

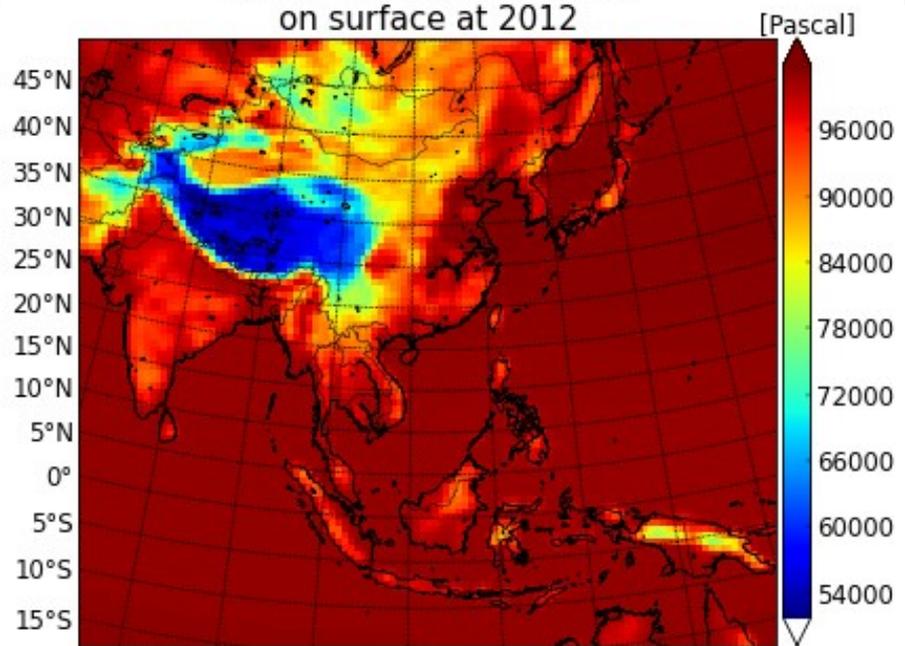


# MEGAN の入力ファイル ( LAI )

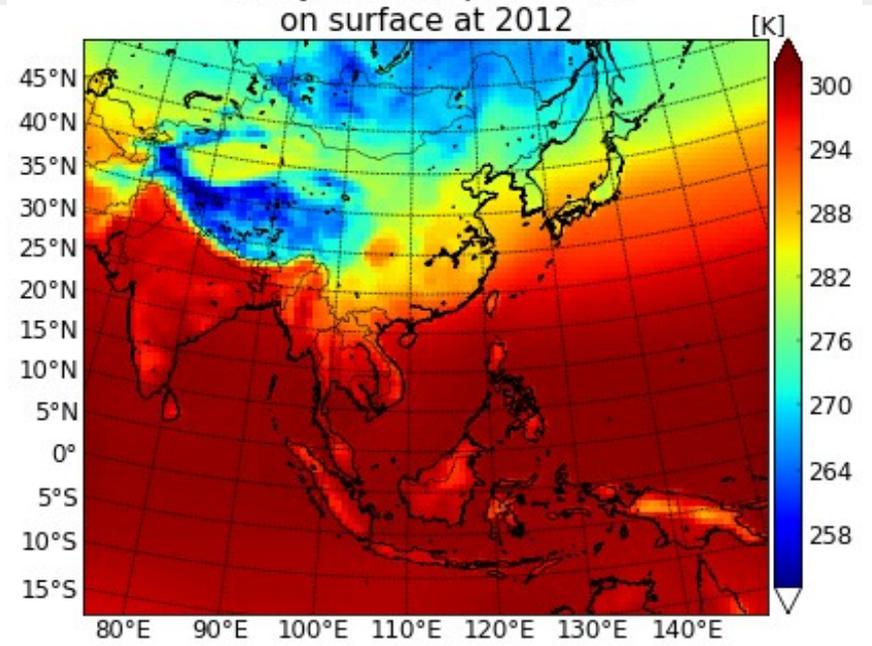


# 気象場の 2012 年の年平均値 (地表気圧・気温・風向・風速)

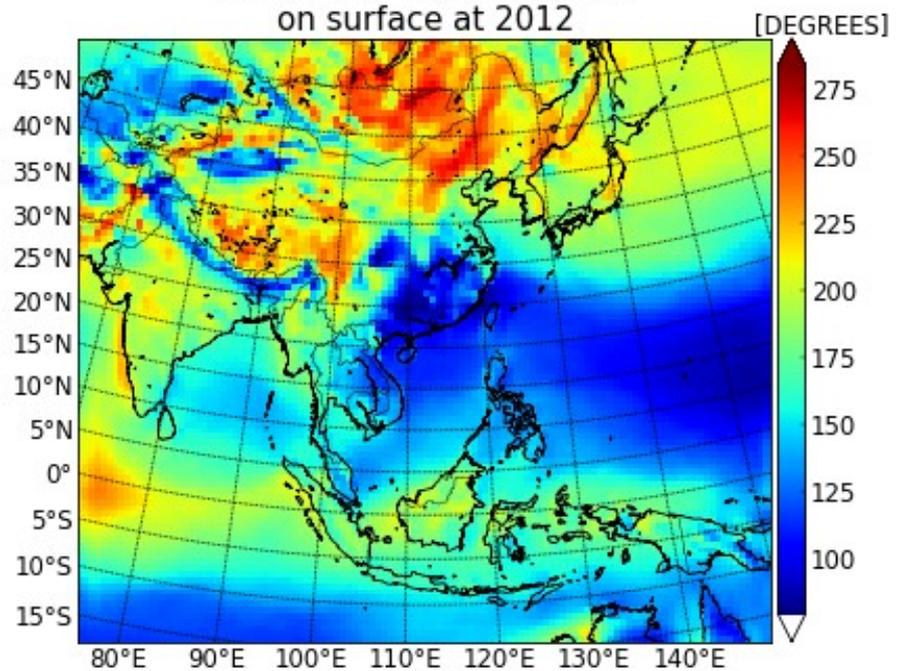
Yearly MCIP output PRSFC  
on surface at 2012



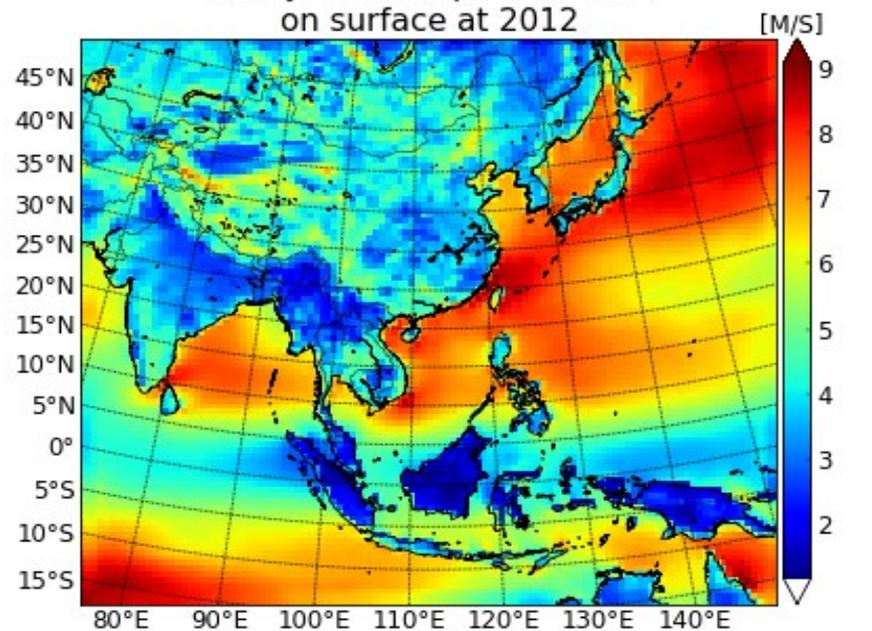
Yearly MCIP output TEMP2  
on surface at 2012



Yearly MCIP output WDIR10  
on surface at 2012

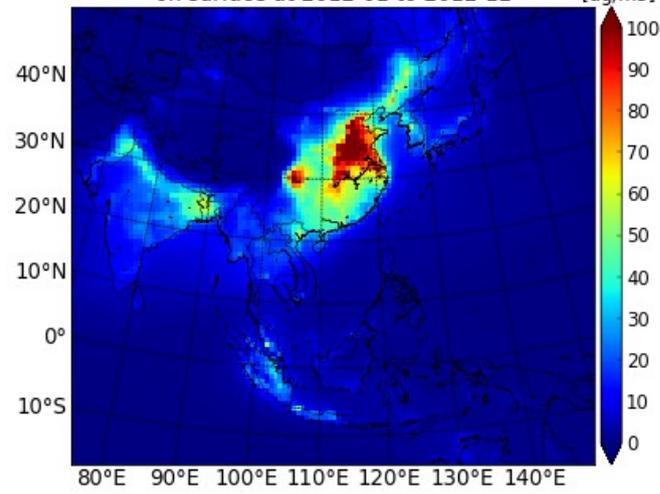


Yearly MCIP output WSPD10  
on surface at 2012

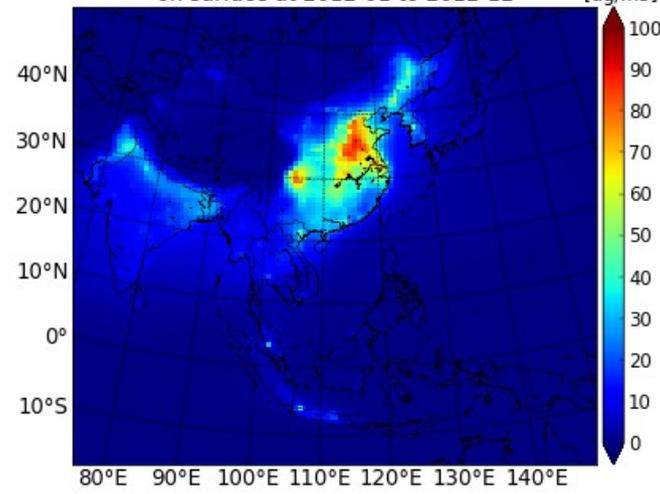


# CMAQ の計算結果 (PM<sub>2.5</sub> の 2012 年の平均値)

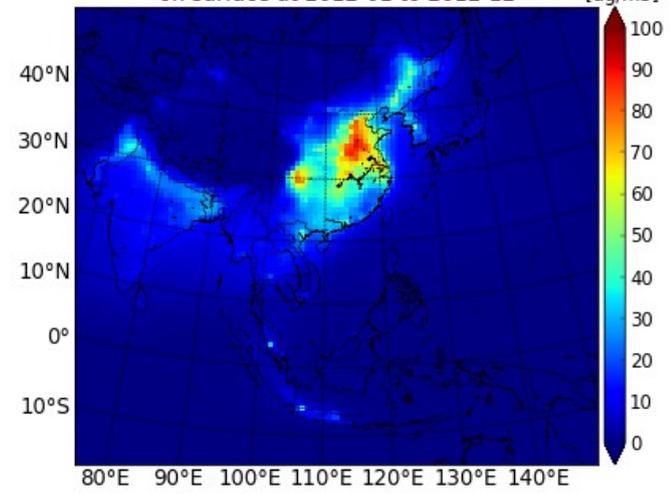
Yearly CCTM SAPRC-99 PM2.5 with MEGAN with MOZART on surface at 2012-01 to 2012-12 [ug/m3]



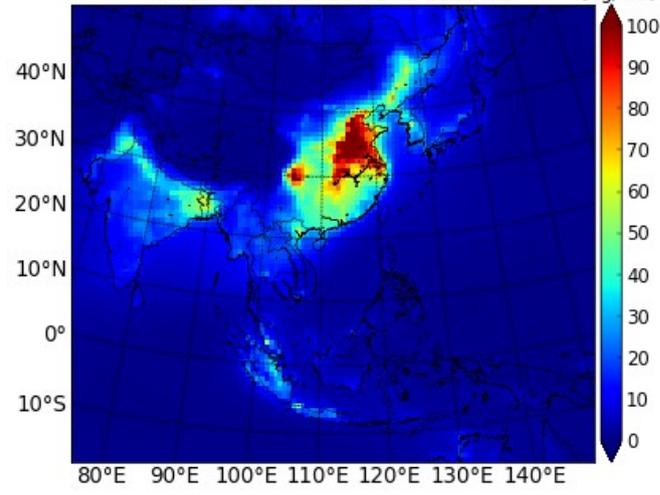
Yearly CCTM SAPRC-99 PM2.5 without MEGAN with MOZART on surface at 2012-01 to 2012-12 [ug/m3]



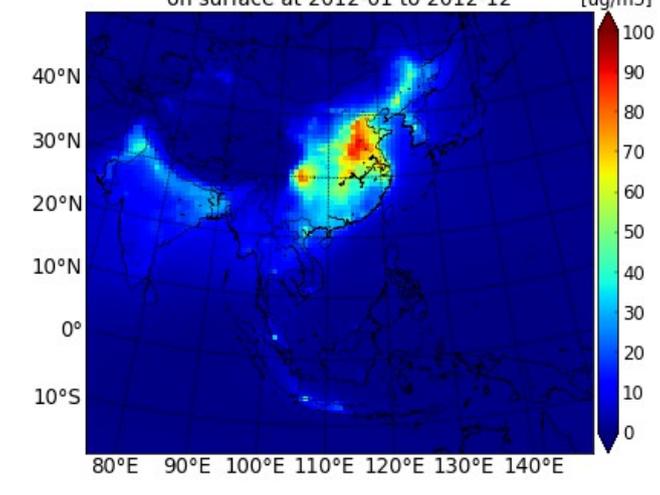
Yearly CCTM CB05 PM2.5 without MEGAN with MOZART on surface at 2012-01 to 2012-12 [ug/m3]



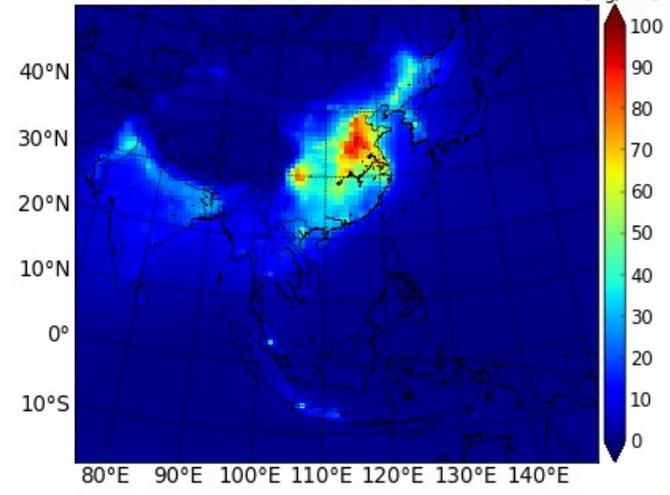
Yearly CCTM SAPRC-99 PM2.5 with MEGAN without MOZART on surface at 2012-01 to 2012-12 [ug/m3]



Yearly CCTM SAPRC-99 PM2.5 without MEGAN without MOZART on surface at 2012-01 to 2012-12 [ug/m3]

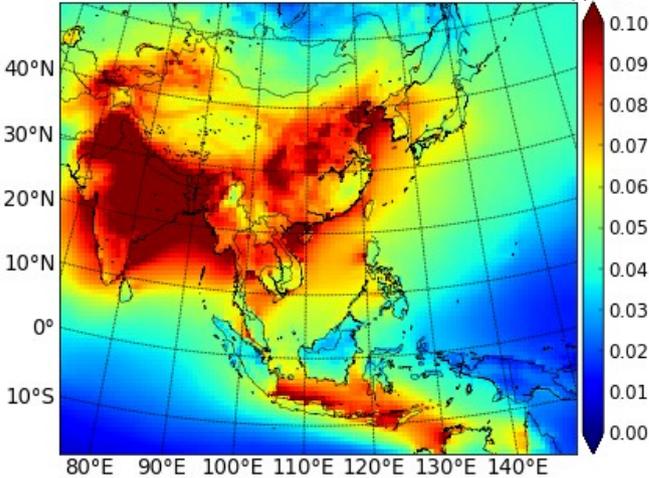


Yearly CCTM CB05 PM2.5 without MEGAN without MOZART on surface at 2012-01 to 2012-12 [ug/m3]

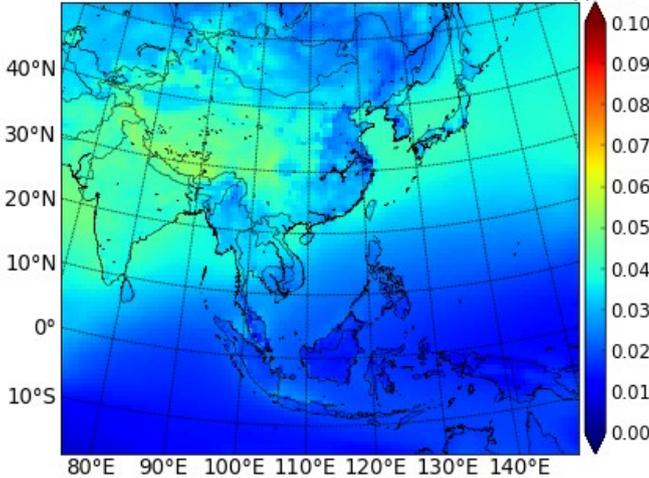


# CMAQ の計算結果 ( O<sub>3</sub> の 2012 年の平均値 )

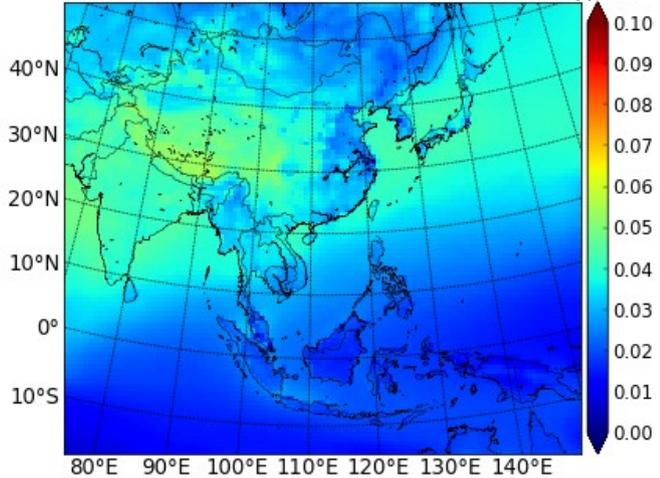
Yearly CCTM SAPRC-99 O3 with MEGAN with MOZART  
on surface at 2012-01 to 2012-12 [ppmV]



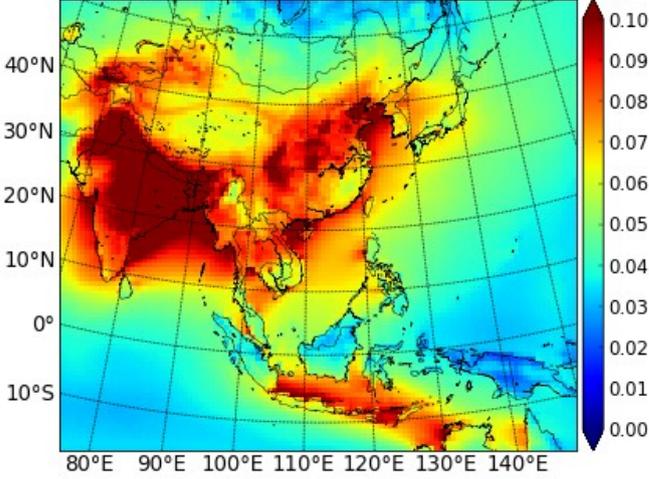
Yearly CCTM SAPRC-99 O3 without MEGAN with MOZART  
on surface at 2012-01 to 2012-12 [ppmV]



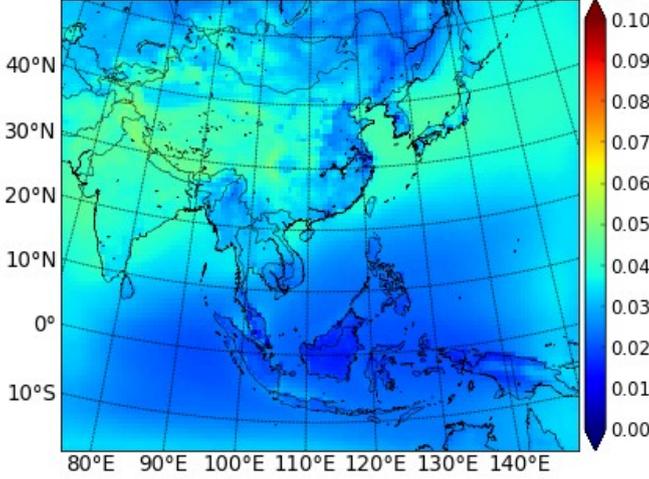
Yearly CCTM CB05 O3 without MEGAN with MOZART  
on surface at 2012-01 to 2012-12 [ppmV]



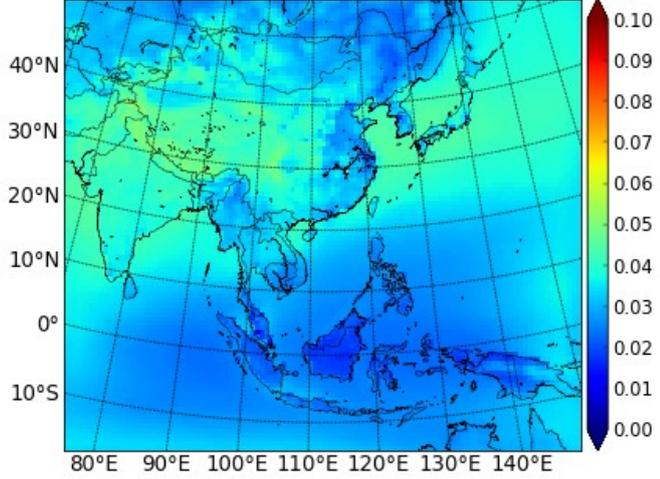
Yearly CCTM SAPRC-99 O3 with MEGAN without MOZART  
on surface at 2012-01 to 2012-12 [ppmV]



Yearly CCTM SAPRC-99 O3 without MEGAN without MOZART  
on surface at 2012-01 to 2012-12 [ppmV]

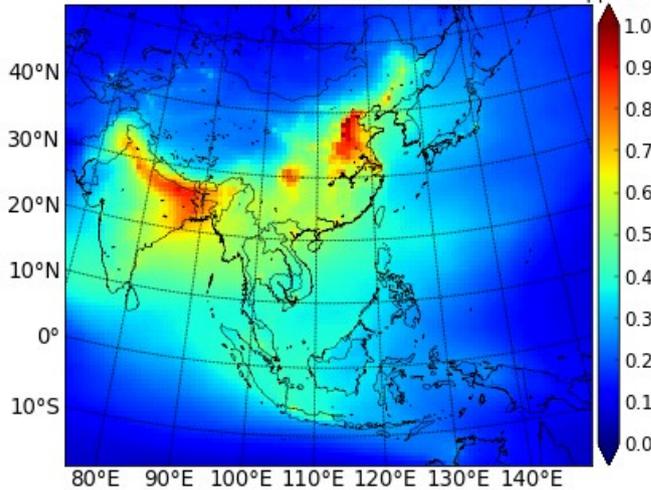


Yearly CCTM CB05 O3 without MEGAN without MOZART  
on surface at 2012-01 to 2012-12 [ppmV]

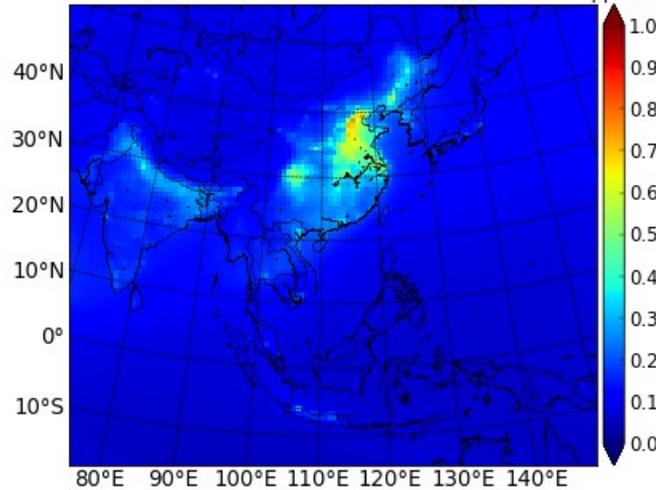


# CMAQ の計算結果（CO の 2012 年の平均値）

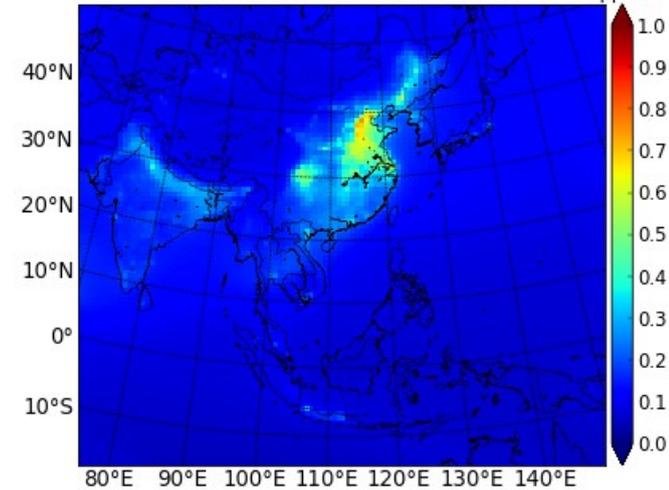
Yearly CCTM SAPRC-99 CO with MEGAN with MOZART  
on surface at 2012-01 to 2012-12 [ppmV]



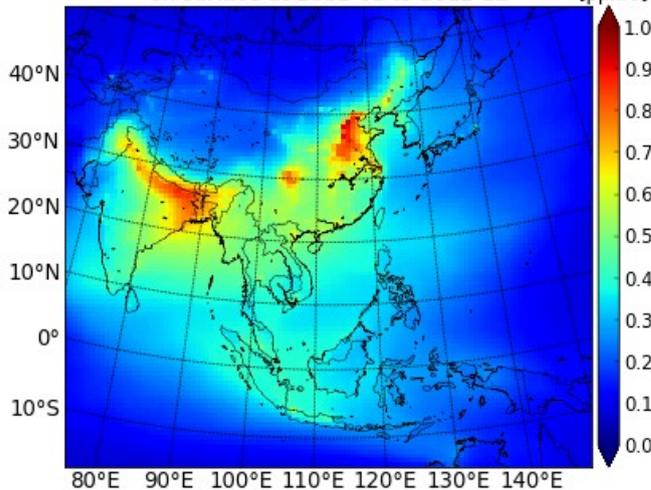
Yearly CCTM SAPRC-99 CO without MEGAN with MOZART  
on surface at 2012-01 to 2012-12 [ppmV]



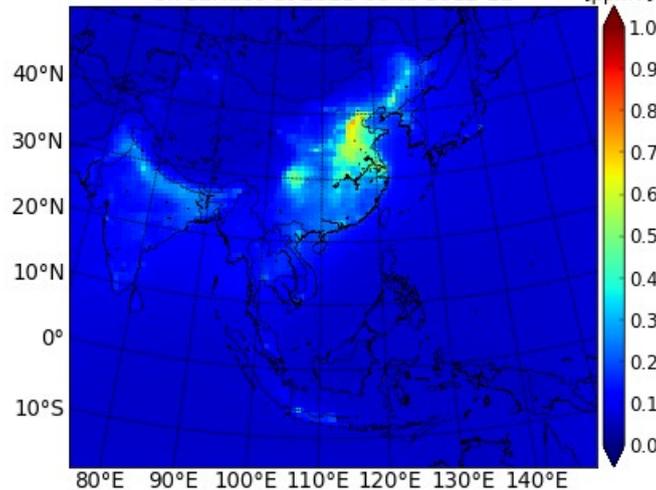
Yearly CCTM CB05 CO without MEGAN with MOZART  
on surface at 2012-01 to 2012-12 [ppmV]



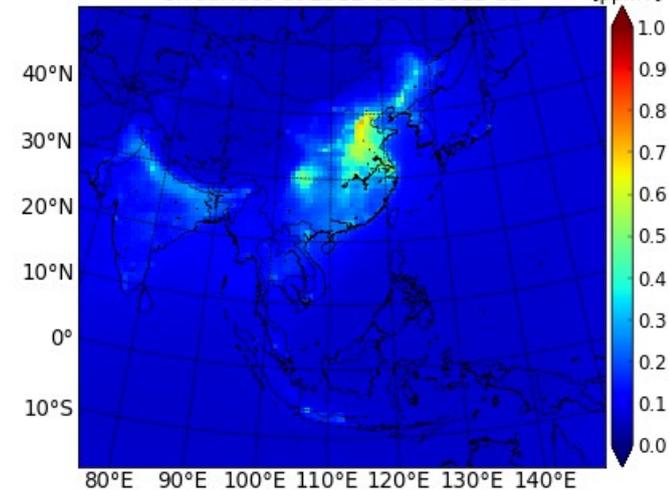
Yearly CCTM SAPRC-99 CO with MEGAN without MOZART  
on surface at 2012-01 to 2012-12 [ppmV]



Yearly CCTM SAPRC-99 CO without MEGAN without MOZART  
on surface at 2012-01 to 2012-12 [ppmV]

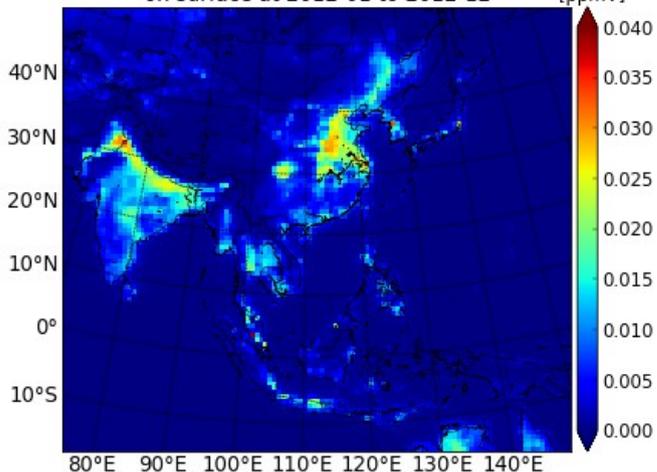


Yearly CCTM CB05 CO without MEGAN without MOZART  
on surface at 2012-01 to 2012-12 [ppmV]

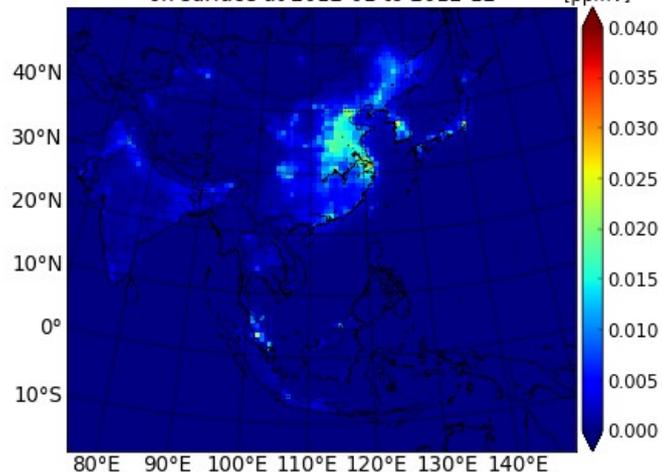


# CMAQ の計算結果 (NO<sub>2</sub> の 2012 年の平均値)

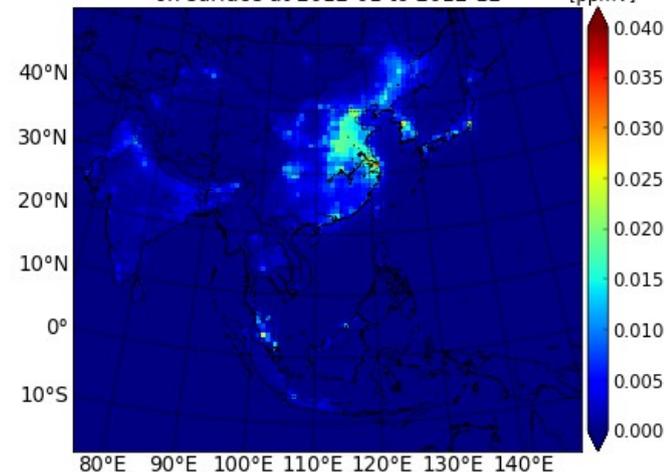
Yearly CCTM SAPRC-99 NO2 with MEGAN with MOZART  
on surface at 2012-01 to 2012-12 [ppmV]



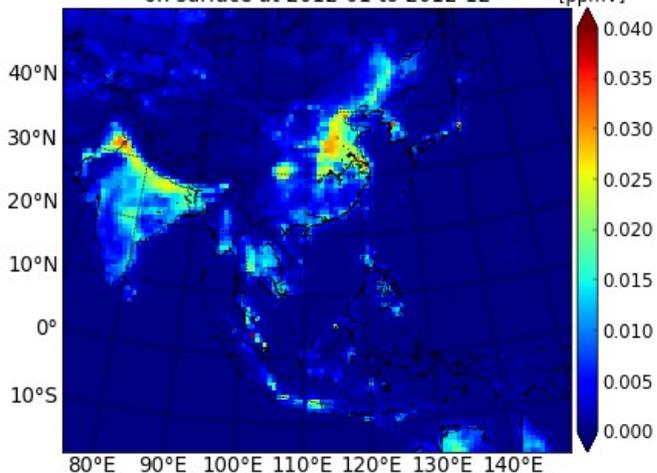
Yearly CCTM SAPRC-99 NO2 without MEGAN with MOZART  
on surface at 2012-01 to 2012-12 [ppmV]



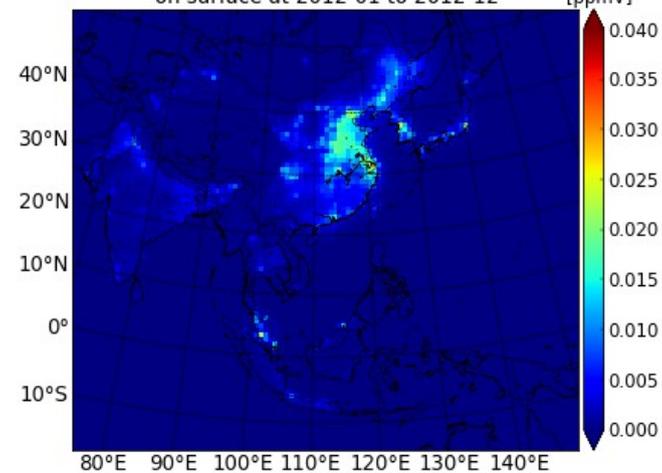
Yearly CCTM CB05 NO2 without MEGAN with MOZART  
on surface at 2012-01 to 2012-12 [ppmV]



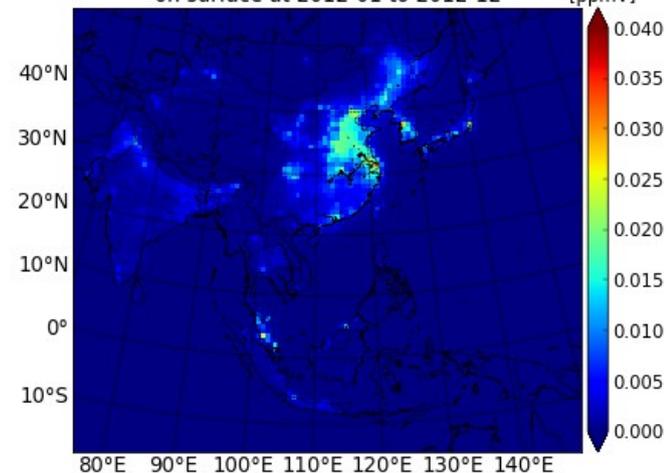
Yearly CCTM SAPRC-99 NO2 with MEGAN without MOZART  
on surface at 2012-01 to 2012-12 [ppmV]



Yearly CCTM SAPRC-99 NO2 without MEGAN without MOZART  
on surface at 2012-01 to 2012-12 [ppmV]

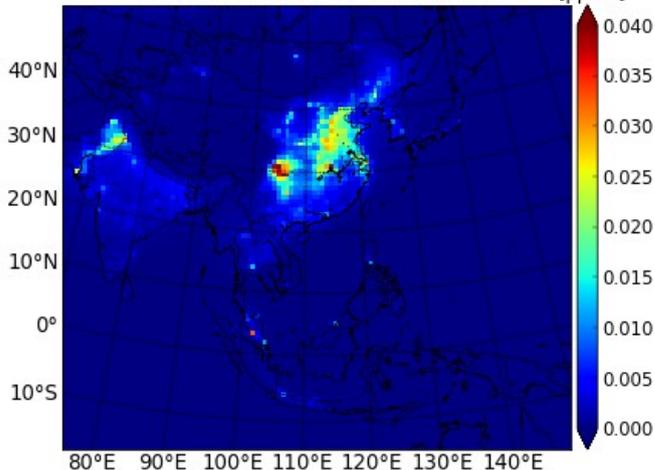


Yearly CCTM CB05 NO2 without MEGAN without MOZART  
on surface at 2012-01 to 2012-12 [ppmV]

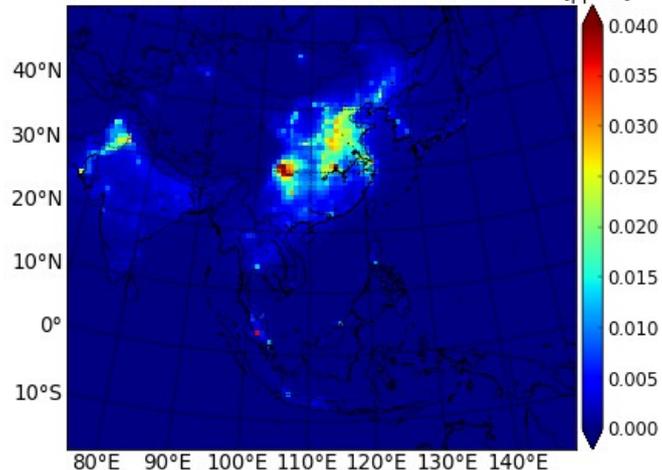


# CMAQ の計算結果 (SO<sub>2</sub> の 2012 年の平均値)

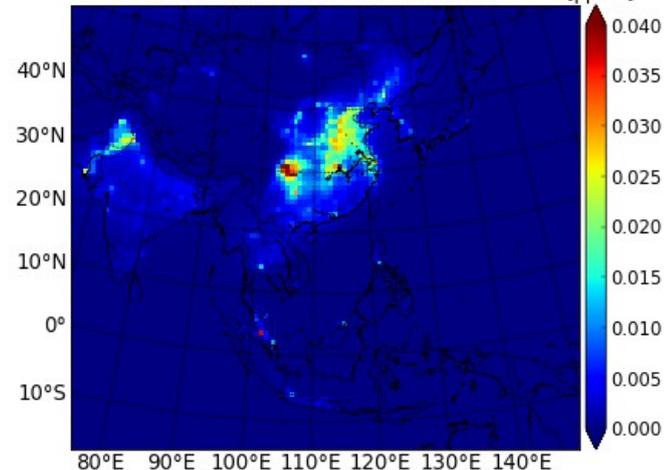
Yearly CCTM SAPRC-99 SO<sub>2</sub> with MEGAN with MOZART  
on surface at 2012-01 to 2012-12 [ppmV]



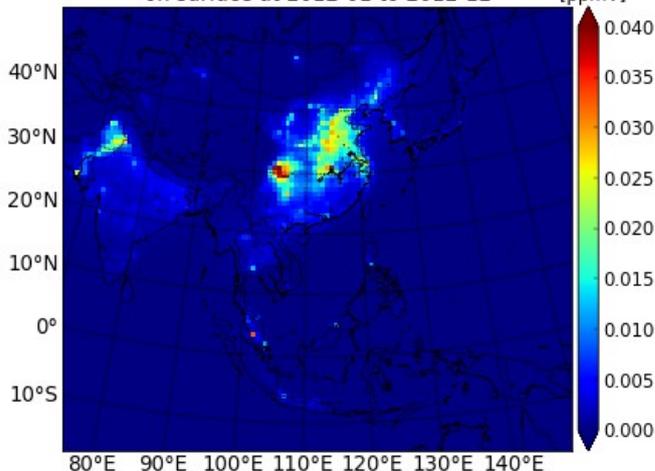
Yearly CCTM SAPRC-99 SO<sub>2</sub> without MEGAN with MOZART  
on surface at 2012-01 to 2012-12 [ppmV]



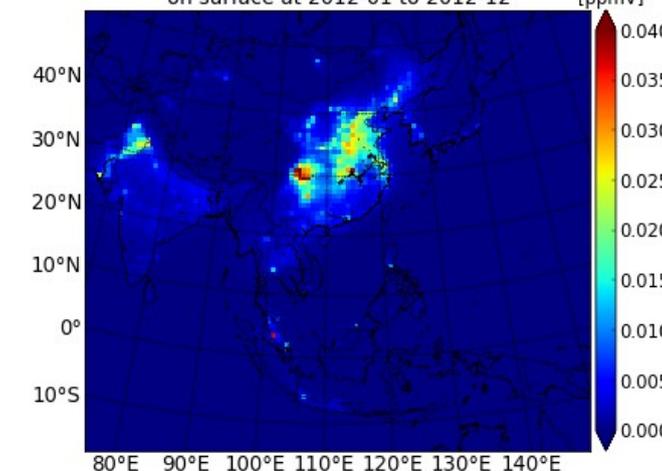
Yearly CCTM CB05 SO<sub>2</sub> without MEGAN with MOZART  
on surface at 2012-01 to 2012-12 [ppmV]



Yearly CCTM SAPRC-99 SO<sub>2</sub> with MEGAN without MOZART  
on surface at 2012-01 to 2012-12 [ppmV]



Yearly CCTM SAPRC-99 SO<sub>2</sub> without MEGAN without MOZART  
on surface at 2012-01 to 2012-12 [ppmV]



Yearly CCTM CB05 SO<sub>2</sub> without MEGAN without MOZART  
on surface at 2012-01 to 2012-12 [ppmV]

