

第2回光化学オキシダント調査検討会

(1) 日時 平成23年10月26日(水) 13時30分～16時30分

(2) 場所 経済産業省別館1028号会議室

1

資料1-1

資料1-1 予測モデルの概要、開発の経緯

平成23年10月26日

本資料の概要

予測モデル開発の背景と目的

シミュレーションフレームの検討

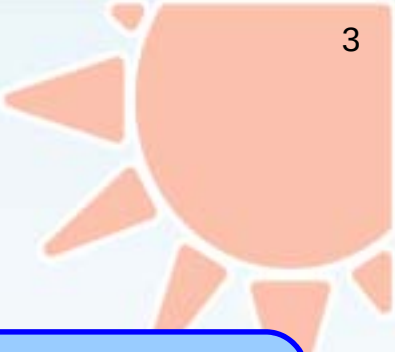
シミュレーションモデルの選定

シミュレーションモデルの概要

シミュレーションモデルの設定

モデル開発の経緯

参考資料



予測モデル開発の背景と目的

シミュレーションフレームの検討

シミュレーションモデルの選定

シミュレーションモデルの概要

シミュレーションモデルの設定

モデル開発の経緯

参考資料



背景

中央環境審議会大気環境部会

揮発性有機化合物排出抑制専門委員会報告

「揮発性有機化合物の排出抑制に係る自主的取り組みのあり方について」（平成18年3月30日）

指摘事項

浮遊粒子状物質（SPM）及び光化学オキシダントの生成に係るシミュレーションの改良や広範囲な大気汚染物質の移流の影響の評価等、科学的知見のさらなる充実を図っていく必要がある。

目的

VOC排出抑制制度の効果的な推進に資する。

- VOC排出抑制対策（改正大気汚染防止法、H18.4施行）により、H22年度までにOx及びSPMの環境濃度はどれだけ変化するか？
- H22年度までにOx及びSPMの環境濃度低減が不十分と判断された場合、どのような追加対策が有効か？

- シミュレーションフレームの検討
対象とする年、地域、評価物質と統計量、精度、入力用・検証用データ
- 高濃度事例のシミュレーション、長期シミュレーション
- 感度解析、VOC排出削減効果の検討 など

実施においては、

「揮発性有機化合物(VOC)の浮遊粒子状物質及び光化学オキシダントの生成に係る調査検討会」を開催し、調査内容・結果・取りまとめについて検討を行った。

予測モデル開発の背景と目的

シミュレーションフレームの検討

シミュレーションモデルの選定

シミュレーションモデルの概要

シミュレーションモデルの設定

モデル開発の経緯

参考資料

基準年度

平成12年度（2000年度）：シミュレーションは平成13年度とした。

対象年度

中間年：平成17年度（2005年度）、
将来年：平成22年度（2010年度）、平成32年度（2020年度）

VOC排出削減目標が平成12年度を基準として、平成22年度までに3割削減とされていることから、基準年度を平成12年度、将来年度を平成22年度とした。中間評価を行うために、平成17年度を中間年とした。また、今後の対策を検討するために平成32年度を将来年度とした。

ただし、気象モデルに入力可能な客観解析データの対象期間が平成13年3月以降であるため、シミュレーションは平成13年度を対象とした。

対象地域

関東地方・関西地方

評価物質

光化学オキシダント（O₃で評価）
浮遊粒子状物質（SPM）

統計量

光化学オキシダント：0.120ppm以上の日数
浮遊粒子状物質：年平均値、環境基準達成率
年間356日を計算し評価

目標とする精度

光化学オキシダント：EPA評価基準
浮遊粒子状物質：SPMマニュアルの評価基準

発生源データ

既存のインベントリを利用
→JCAP/JATOPが公開する算定システムの算定結果を用いる。

越境汚染の
モデル化

東アジア域から流入する汚染物質の影響は無視し得ない
→国立環境研究所が計算した東アジアシミュレーション結果を利用

調査の経過

項目	平成 18 年度	平成 19 年度	平成 20 年度	平成 21 年度	平成 22 年度
シミュレーションフレームの検討	●				
テスト計算（エピソード解析）	●	●			
テスト計算（長期計算）			●		
問題点の整理	●		●		
基準年発生源データの整備（既存データの活用）		●	○	○	○
中間年発生源データの整備		●	○	○	○
将来年発生源データの整備		●	○	○	○
モデルの改良		●	○	●	○
基準年現況再現（エピソード解析）と精度検証		●			
環境基準達成率等の推定手順の検討				●	
基準年度のSPM年平均、Ox120ppb以上の日数計算				●	○
中間年度のSPM年平均、Ox120ppb以上の日数計算					●
将来年度のSPM年平均、Ox120ppb以上の日数計算				●	○
VOC削減に伴うSPM/Oxの低減効果検証				●	○
感度解析			●	●	○
新たな施策の必要性検討（シミュレーション）					●
これまでの施策評価とりまとめ					●
フィールド調査データの整理	●	●	●	●	●
検討会の開催	●	●	●	●	●

基準年：平成12年度、中間年：平成17年度、将来年：平成22年度、平成32年度

●：実施、○：新しい知見があれば差し替え実施

予測モデル開発の背景と目的

シミュレーションフレームの検討

シミュレーションモデルの選定

シミュレーションモデルの概要

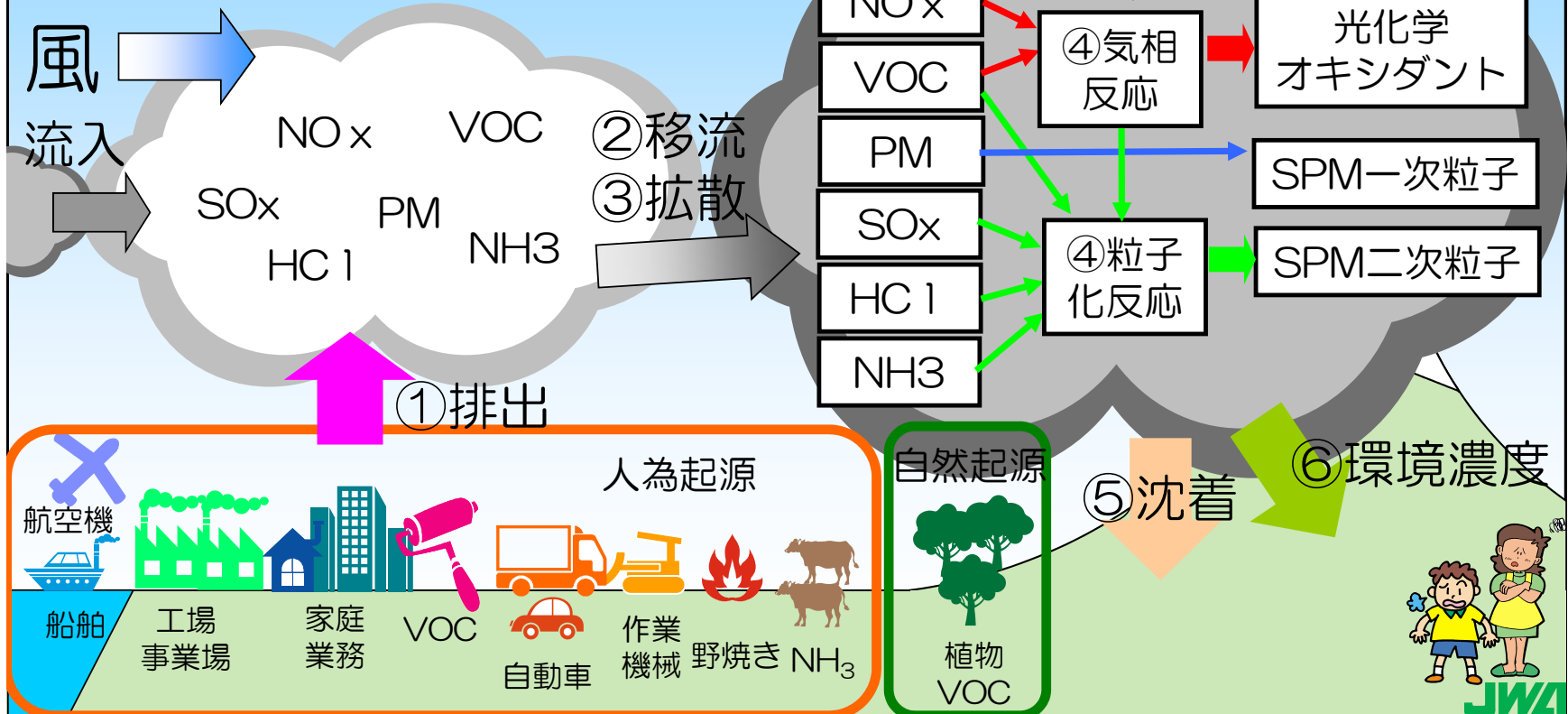
シミュレーションモデルの設定

モデル開発の経緯

参考資料

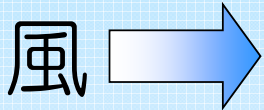
①モデルで解析する現象

- ①汚染物質の大気中への放出（排出）
- ②風に流され（移流）
- ③風の乱れにより広範囲に散らばり（拡散）
- ④化学反応により他の物質に変化（反応）
- ⑤地面や建物へ付着、雨に取り込まれ消滅（沈着）
- ⑥汚染物質の到達（環境濃度）



②解析する現象とモデルの対応

気象モデルで解析する現象

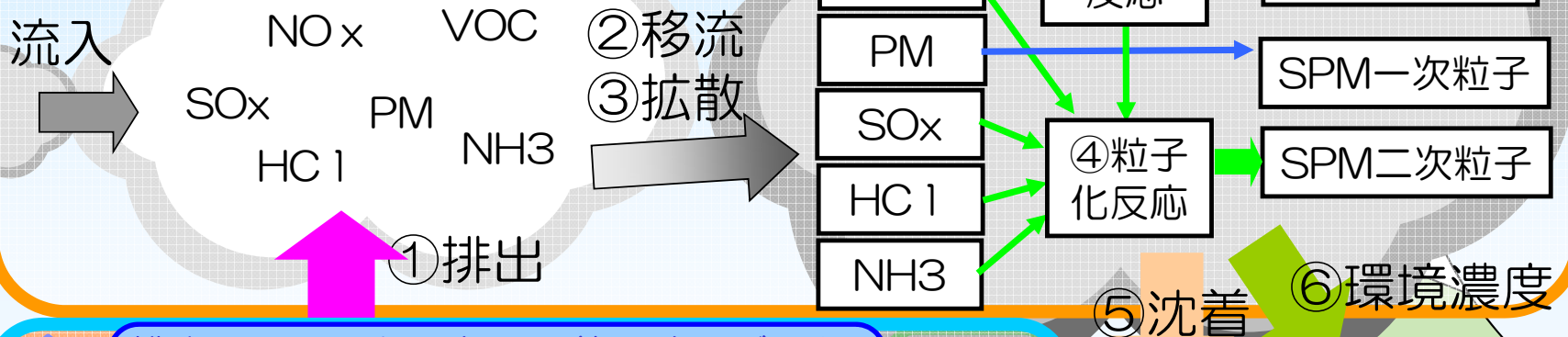


- ・風向・風速
- ・湿度
- ・地表面温度
- ・日射量・放射量
- ・気温
- ・降水量
- ・土壌温度、土壌水分量など

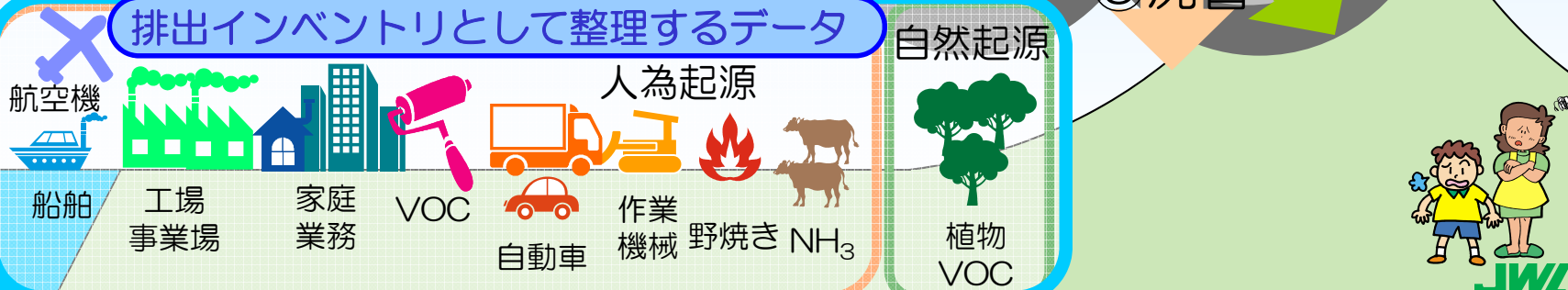
光

雨

化学輸送モデルで解析する現象



排出インベントリとして整理するデータ



化学輸送モデルの選定

検討したモデル

環境省調査の実績

- 定常モデル
- 非定常モデル
- SAPRC99ボックスモデル
- 長距離輸送モデル

海外モデル

- CIT
- DAQM
- GATOR
- Models-3/CMAQ
- Models-3/CMAQ EPRI/
CARB version
- SAQM-AERO
- UAM-AERO
CRC Version
- REMSAD version6
- UAMAERO-LT
- UAM-LC
- URM

選定条件

- モデルの信頼性がある。
- 最新の知見を含む。
- 越境大気汚染と国内汚染の評価が可能。
- より多い地域・計算ケースを網羅。
- 複数のサブモデルを統一的なフレームワークで取りまとめた統合的なモデルである。
- 信頼できる機関が取りまとめている。
- 先進的な知見を反映。
- 国内・海外で使用実績が多い。
- 発展性
- オープンソースで移植性、扱いやすい

選定結果

CMAQを選定
(選定条件をすべて満たしている)

化学輸送モデルCMAQの概要

化学輸送モデルCMAQ

モデル名称

CMAQ : Community Multiscale Air Quality

開発者

米国環境保護庁（EPA）が開発を主導するモデリング・システムであり、米国州政府などが大気環境改善策を検討する際のツールとして、また、大気科学研究者が現象解明や実態把握を行うためのツールとして、開発されている。

WRF同様に、コミュニティモデルとして開発されており、モデル及びその関連プログラムは、すべて無償で公開されている。

動向

現在も開発が続けられており、バージョンアップが行われている。最新バージョンは、ver. 4.7.1（2010年6月公開）で、今年度（2011年）には ver.5.0の公開が予定されている。本調査では、調査時点で可能な限り最新バージョンの導入を試み、再現性を確認しながら、採用の可否を検討した。

バージョン	公開年月	備考
V4.4	2004年10月	
V4.5	2005年 9月	
V4.6	2006年10月	調査開始時（H18）に選定
V4.7	2008年12月	調査中にバージョンアップ
V4.7.1	2010年 6月	調査に採用(H22)
v.5.0beta	2011年 5月	
V5.0	2011年 ?月	

気相化学反応モデルの検討

検討したモデル

CB4
CB05
SAPRC99

	CB4	SAPRC99	CB05
タイプ	VOC成分 を炭素の結 合状態でグ ループ化	VOC成分 を反応性の 類似性でグ ループ化	VOC成分 を炭素の結 合状態でグ ループ化
反応式	81	198	156
物質数	33	72	51

選定条件

- CB05またはSAPRC99の方がCB4より反応式、物質数が多く、より詳細なモデルである。
- 精度検証したところ、CB4よりSAPRC99の方が再現性がよい。
- 東アジアシミュレーションはSAPRC99を採用しており連携しやすい。

選定結果

SAPRC99を選定

粒子化学反応モデルの検討

検討したモデル

AERO3
AERO4
AERO5
MADRID 1
MADRID 2

選定条件

- AERO3は海塩粒子を扱わない。
- MADRIDは実績や資料が十分でないため不採用。
- AERO3がCMAQv4.7から廃止
- AERO5でセスキテルペンが導入

選定結果

AERO5を選定

気象モデルの選定

検討したモデル

- MM5
開発：NCAR
Pennsylvania
State Univ.
- RAMS
開発：Colorad
State Univ.
- NHM
開発：気象研究所
- ANEMOS
開発：日本気象協会
- WRF
開発：NCAR/NCEP

選定条件

- 各モデルの事例計算による比較を実施し精度を確認
- オープンソースである。
- 並列処理が可能
- スケーラビリティに優れる
(再現する現象やスケールにより
オプションやパラメータの変更が可能)
- データ同化機能がある。
- CMAQに入力可能
- 実績が多い
- 計算安定性に優れている。

選定結果

平成18年度調査時には、MM5を選定する。
(精度向上の改良を行ったSYNFOSを利用)

MM5の開発終了とWRFが主流になってきたため
平成20年度調査よりWRFを採用

気象モデルWRFの概要

気象モデルWRF

モデル名称

WRF : Weather Research and Forecasting model

開発者

米国環境予測センター（NCEP）、米国大気研究センター（NCAR）などが中心となり、開発を進めているメソ気象モデルである。
コミュニティモデルとして開発されており、
モデル及びその関連プログラムは、すべて無償で公開されている。

開発の動向

現在も開発が続けられており、定期的にバージョンアップが行われている。最新バージョンは、ver. 3.3.1 (2011年9月公開) である。本調査では、調査時点で可能な限り最新バージョンの導入を試み、再現性を確認しながら、採用の可否を検討した。

WRFバージョン	公開年月	備考
v2.2	2006年11月	
v3.0	2008年 8月	
v3.1	2009年 4月	
v3.1.1	2009年 7月	本調査に採用
v3.2	2010年 3月	
v3.2.1	2010年 8月	
V3.3	2011年 4月	
V3.3.1	2011年 9月	

国内排出インベントリの選定

検討したインベントリ

- 環境省
H14年度SPM調査で算定
(関東・関西、1kmグリッド)
- 産業技術総合研究所
(全国、1kmグリッド)
- 国立環境研究所
(関東、1kmグリッド)
- JCAP/JATOP
(全国、1kmグリッド)
- EA-Grid2000Japan
(全国、1kmグリッド)
- 個別インベントリデータ
大気汚染物質総合調査
環境省VOCインベントリ
など

選定条件

- 関東・関西のインベントリは必須。
- 全国データがそろそろ。
- PM排出量が算定されている。
- 発生源種類が多い。
- 最新の知見を考慮
- データが新しく、更新がされている。
- 1kmグリッド(3次メッシュ)で空間配分
- 月別・時刻別に時間分解されている。

選定結果

JCAP/JATOP排出量データを選定
ただし、
工場：マップ調査、
VOC：環境省VOCインベントリ
を用いた。

詳細は、資料2-2

予測モデル開発の背景と目的

シミュレーションフレームの検討

シミュレーションモデルの選定

シミュレーションモデルの概要

シミュレーションモデルの設定

モデル開発の経緯

参考資料

気象モデルWRFの構成

WRF=Weather Research and Forecasting model

入力データ

土地利用
国土数値情報
土地利用データ

地形
GTOPO30s

全球モデル
領域モデル
の客観解析値
・気象庁
全球客観解析
領域客観解析
・NCEP
再解析データ

海水面温度
解析結果
・気象庁
dailysst

パラメータ

- ・アルベド
- ・水分有効度
- ・粗度
- ・熱容量
- など

初期値データ
境界値データ

- ・風 (UVW)
- ・気圧
- ・温位
- ・混合比
- ・土壌温度
- ・土壌水分量
- ・格子データ
- ・土地利用
- ・海・陸
- ・地形
- など

ナッシング
データ

- ・風 (UV)
- ・気温
- ・混合比

気象モデル計算

WRF-ARW

物理過程

短波放射
スキーム地表面
スキーム境界層
スキーム雲物理
スキーム乱流
モデル長波放射
スキーム接地層
スキーム都市物理
スキーム積雲対流
スキーム

力学過程

連続
の式水物質
の保存式運動
方程式状態
方程式熱の
保存則各種
気象要素

グリッドナッシング

ナッシングは、モデル予測値を観測値に強制的に近づけ
予測値を補正する手法。グリッドナッシングでは客観解
析値などの格子点データに対してナッシングを行う。

出力データ

気象
計算結果3次元格子点
データ

風 (U,V,W)
気圧
温位
地上気温
地表面温度
土壌温度
湿度
雲水量
土壌水分量
日射量
放射量
降水量

など

CMAQモデルの構成

CMAQ = Community Multiscale Air Quality

入力データ

気象
モデル
WRF

気象

風・気温
湿度
日射など排出
インベントリ工場・事業場
VOC発生施設
民生家庭
業務野焼き
小型焼却炉NH₃発生源

工業プロセス

家畜
施肥人間
土壌ペット
下水処理自動車
作業機械建設機械
作業機械

農業機械

船舶
航空機

植物

排出量
47成分

【粒子】
PMC,PMFINE,
PSO4,PNO3,
PEC,POA
【ガス】
NO,NO2,SO2
,SULF,CO,
NH3,HCL
【VOC】
HCHO,HONO,
MEOH,MEK,
PROD2,CCO_OH,
CCHO,RCO_OH,
ACET,PHEN,
HCOOH,RCHO,
GLY,MGLY,
BALC,CRES,
BALD,MACR,
MVK,IPROD,
ETHENE,ALK1,
ALK2,ALK3,
ALK4,ALK5,
ARO1NBZ,
BENZENE,
ARO2,OLE1,
OLE2,ISOPRENE,
TRP1,SESQ,
NORG

化学物質輸送モデル計算

CMAQ

水平・鉛直移流
HADV,VADV水平・鉛直拡散
HDIFF,VDIFFガスの光化学反応
SAPRC99
(反応式:224式)無機粒子化反応
有機粒子化反応
粒子化反応
AERO5粒子化における
液滴反応
CLOUD大気汚染物質
濃度沈着
AERO_DEP2

境界濃度

【ガス成分】

NO2,NO,03P,03,NO3,N2O5,HNO3,01D2,HO,HONO,HO2,CO,HNO4,HO2H,SO2,SULF,C_O2,HCHO,COOH,MEOH,
H,RO2,R,ROOH,R2O2,RO2_N,RNO3,MEK,PROD2,CCO_O2,PAN,CCO_OOH,CCO_OH,RCO_O2,PAN2,
CCHO,RCO_OOH,RCO_OH,BZCO_O2,PBZN,BZ_O,MA_RCO3,MA_PAN,TBU_O,ACET,NPHE,PHEN,BZNO2_O,H
OCOO,HCOOH,RCHO,GLY,MGLY,BACL,CRES,BALD,METHACRO,MVK,ISOPROD,DCB1,DCB2,DCB3,ETHENE,I
SOPRENE,TRP1,ALK1,ALK2,ALK3,ALK4,ALK5,ARO1,ARO1R2,ARO2,ARO2R2,BENZENE,BENZRO2,OLE
1,OLE2,SESQ,NH3,HCL

【粒子成分】

ASO4,J,ASO4I,ANH4J,ANH4I,ANO3J,ANO3I,AALKJ,AXYL1J,AXYL2J,AXYL3J,ATOL1J,ATOL2J,ATOL3J,AB
NZ1J,ABNZ2J,ABNZ3J,ATRP1J,ATRP2J,AISO1J,AISO2J,AISO3J,ASQTJ,AORGCJ,AORGPJ,AORGPJAE
J,AECLA25J,ACORS,ASOIL,AH2OJ,AH2OI,ANAJ,ACLJ,ACLI,ANAK,ACLK,ASO4K,ANH4K,ANO3K,AH2OK,A
OLGAJ,AOLGBJ

122成分

出力データ

環境濃度

【ガス成分】

NO2,NO,03P,03,NO3,N2O5,
HNO3,01D2,HO,HONO,HO2,CO,
HNO4,HO2H,SO2,SULF,C_O2,
HCHO,COOH,MEOH,RO2_R,
ROOH,R2O2,RO2_N,RNO3,MEK,
PROD2,CCO_O2,PAN,CCO_OOH,
CCO_OH,RCO_O2,PAN2,CCHO,
RCO_OOH,RCO_OH,BZCO_O2,
PBZN,BZ_O,MA_RCO3,MA_PAN,
TBU_O,ACET,NPHE,PHEN,
BZNO2_O,HCOOH,HCOOH,
RCHO,GLY,MGLY,BACL,CRES,
BALD,METHACRO,MVK,
ISOPROD,DCB1,DCB2,DCB3,
ETHENE,ISOPRENE,TRP1,
ALK1,ALK2,ALK3,ALK4,ALK5,
ARO1,ARO1R2,ARO2,
ARO2R2,BENZENE,BENZRO2,
OLE1,OLE2,SESQ,NH3,HCL

【粒子成分】

ASO4J,ASO4I,ANH4J,ANH4I,
ANO3J,ANO3I,AALKJ,
AXYL1J,AXYL2J,AXYL3J,
ATOL1J,ATOL2J,ATOL3J,
ABNZ1J,ABNZ2J,ABNZ3J,
ATRP1J,ATRP2J,
AISO1J,AISO2J,AISO3J,
ASQTJ,AORGCJ,
AORGPJ,AORGPJAEJ,AECI,
A25J,ACORS,ASOIL,AH2OJ,
AH2OI,ANAJ,ACLJ,ACLI,ANAK,
ACLK,ASO4K,ANH4K,ANO3K,
AH2OK,AOLGAJ,AOLGBJ

122成分

国内排出インベントリの構成

区分	発生源			基礎資料
固定 発生源	工場・ 事業場	ばい煙発生施設		環境省
		揮発性有機化合物（VOC）発生施設		環境省
	群小 発生源	民生（家庭）		JATOP*提供 排出 インベントリ データ
		民生（業務）		
		野焼き		
		小型焼却炉		
		NH3発生源（工業プロセス、家畜、 施肥、土壌、人間、ペット、下水処理）		
	移動 発生源	自動車（幹線道路、細街路）		
その他の 移動 発生源		作業機械（建設機械,産業機械,農業機械）		
		船舶		
		航空機		
自然		植物		

※ JATOP : Japan Auto-Oil Program

予測モデル開発の背景と目的

シミュレーションフレームの検討

シミュレーションモデルの選定

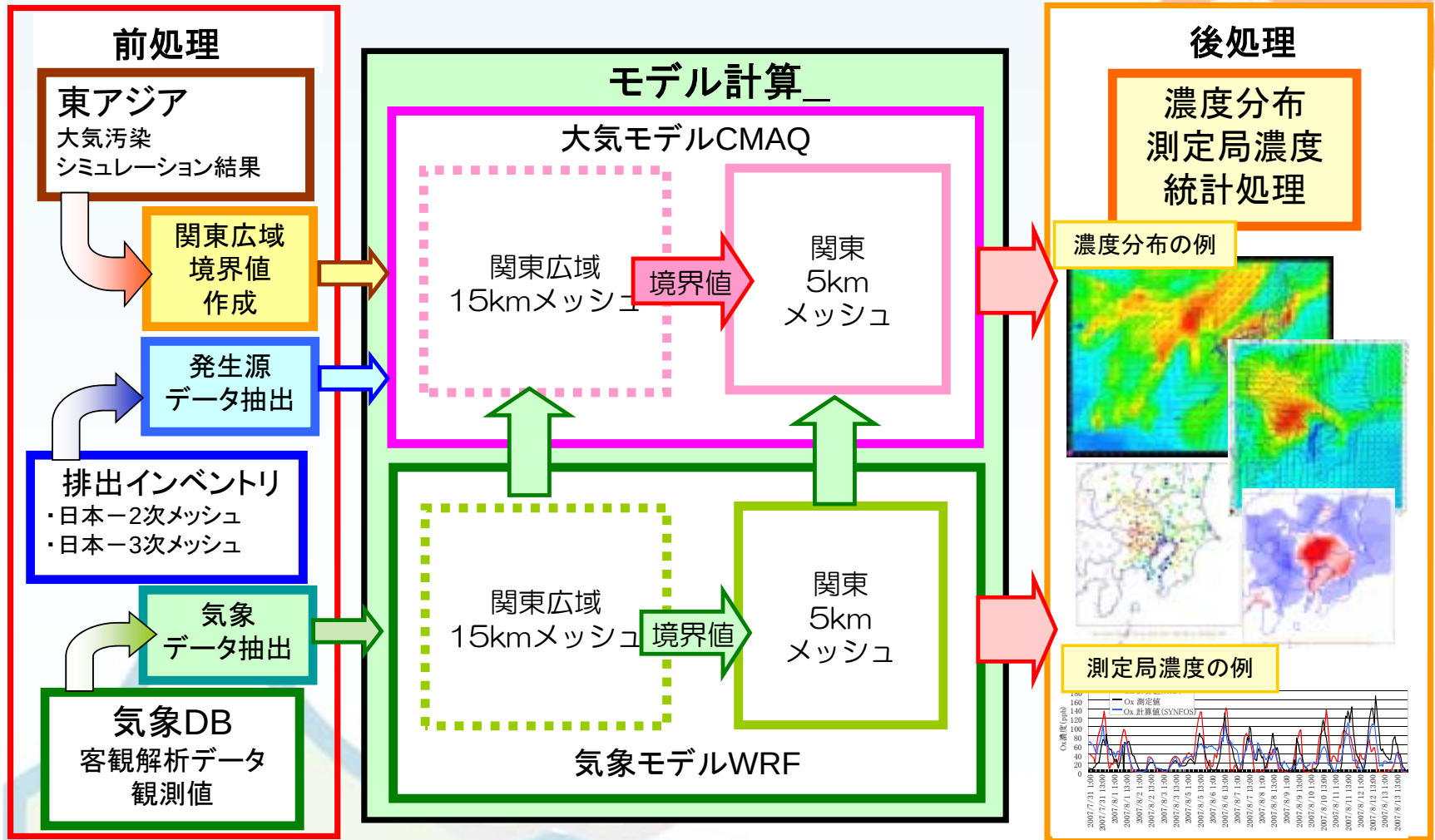
シミュレーションモデルの概要

シミュレーションモデルの設定

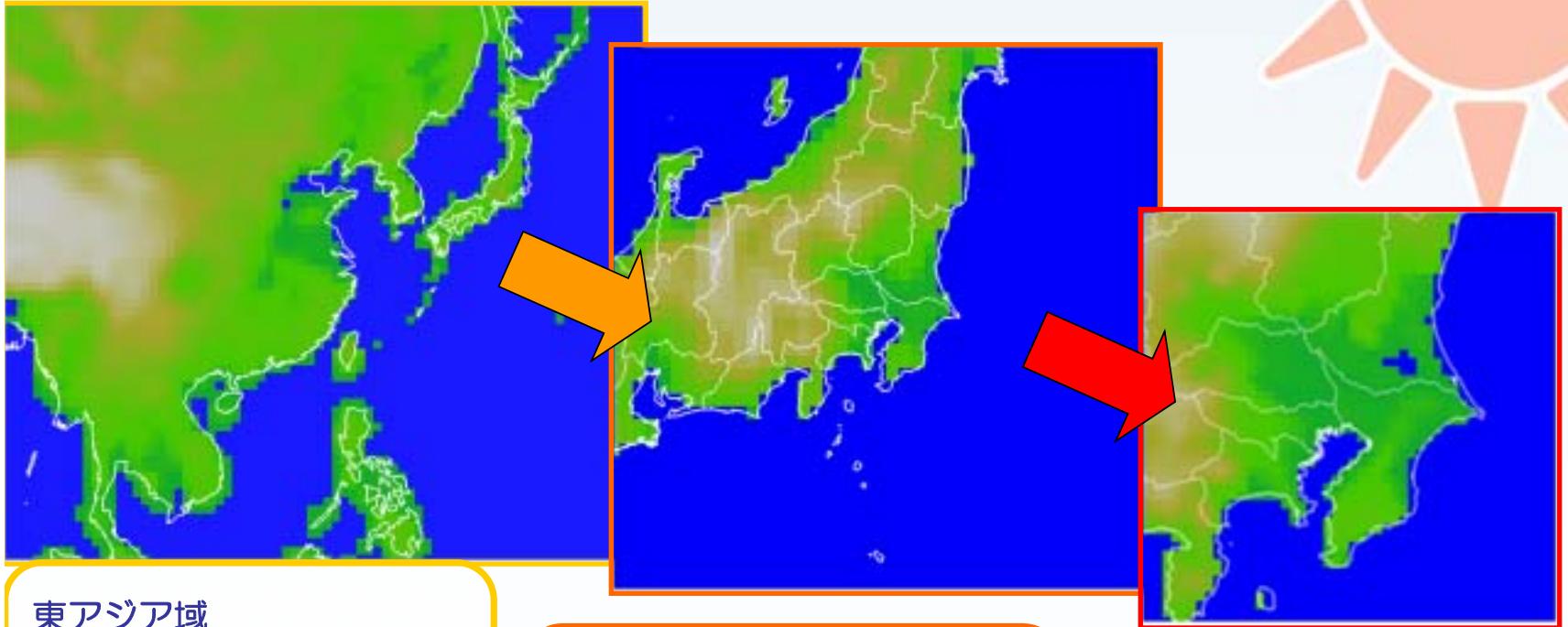
モデル開発の経緯

参考資料

計算の流れ



計算領域の設定



東アジア域

格子サイズ：80km×80km
 排出インベントリ：Reas v1
 計算出力：3時間毎
 境界条件：全球モデル出力値
 気象モデル：RAMSv4.4
 大気モデル：CMAQv4.4

関東広域

格子サイズ：15km×15km
 排出インベントリ：JATOP二次メッシュ
 計算出力：1時間毎
 境界条件：東アジア域計算値
 気象モデル：WRFv3.1.1
 大気モデル：CMAQv4.7.1

関東域

格子サイズ：5km×5km
 排出インベントリ：JATOP三次メッシュ
 工場マップ調査
 VOCインベントリ
 計算出力：1時間毎
 境界条件：関東広域計算値
 気象モデル：WRFv3.1.1
 大気モデル：CMAQv4.7.1

予測モデル開発の背景と目的

シミュレーションフレームの検討

シミュレーションモデルの選定

シミュレーションモデルの概要

シミュレーションモデルの設定

モデル開発の経緯

参考資料

モデルの向上のための取組

- 平成18～22年度の調査において、各年度に精度向上のための検討を行った。
- 平成18年度は、MM5とCMAQv4.6を導入した。
- 平成19、20年度は、ガス反応モジュールをSAPRC99に変更した。
また、越境汚染の影響を考慮するために国立環境研究所の東アジア計算結果を用いて境界条件を設定した。
- 平成21年度は、CMAQv4.7を導入し、粒子化反応モジュールをAERO5に変更した。
これにより、海塩粒子、植生VOCのセスキテルペンを考慮した。
気象モデルをWRFv3.1.1へ更新した。
- 平成22年度は、CMAQv4.7.1を導入した。
東アジア→関東広域→関東の3段ネスティングを導入した。
- 排出インベントリは、JATOP排出量の更新に伴い、各年度の最新版を利用した。

	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度
大気質 モデル	CMAQv4.6 ガス：CB-4 粒子：AERO3 境界：測定値	CMAQv4.6 ガス：SAPRC99 粒子：AERO3 境界：東アジア結果		CMAQv4.7 ガス：SAPRC99 粒子：AERO5 境界：東アジア結果	CMAQv4.7.1 ガス：APRC99 粒子：AERO5 境界：東アジア結果
気象 モデル	MM5 改良モデル			WRFv3.1.1	
排出 インベン トリ	環境省 先行調査結果	工 場：マップ調査 VOC ：環境省VOCインベントリ その他：JATOP提供データ（最新版を採用）			

モデルの設定の検討結果

化学物質輸送モデル

モデル

CMAQ v4.7.1

サブモデル

気相化学反応 : SAPRC99 雲・液相化学 : CLOUD_ACM
エアロゾル化学 : AERO5 乾性沈着 : AERO_DEP2

入力データ

発生源データ : 発生源データをCMAQ用に組成分解
気象データ : 気象モデルデータ出力
境界データ : 国立環境研究所東アジアシミュレーション結果

気象モデル

モデル

WRF v3.1.1
(境界層スキームなどのサブモデルを精度を確認して選定)

入力データ

土地利用 : 国土数値情報土地利用データ
気象データ : 気象庁領域客観解析値、日平均海水面温度
NCEP-FNL (アメリカ環境予報センター再解析データ)

排出インベントリ

工場・事業場

環境省大気汚染物質排出量総合調査 (H12、H17実績)

人為VOC

環境省VOCインベントリ調査結果 (H12、H17実績)
空間配分はJATOP提供排出量データに従う。

その他発生源

JATOP提供排出量データ (H12、H17)
発生源 : 自動車、作業機械、船舶、航空機
民生、小型焼却炉、野焼き、植物、NH3発生源
成分 : NO_x、SO_x、CO、NMVOC、PM、NH3

予測モデル開発の背景と目的

シミュレーションフレームの検討

シミュレーションモデルの選定

シミュレーションモデルの概要

シミュレーションモデルの設定

モデル開発の経緯

参考資料

シミュレーションの領域と空間解像度

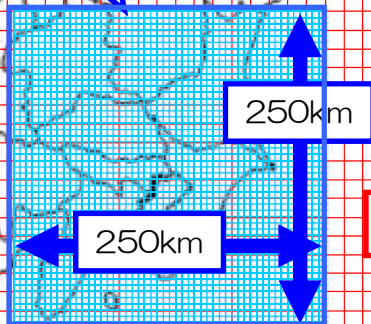
- ・ 解析に必要な領域と現象の大きさに合わせて、格子サイズを設定する。

東アジア：領域＝東西5440km × 南北4320km × 鉛直21km

関東広域：領域＝東西600km × 南北600km × 鉛直16km

関東域：領域＝東西250km × 南北250km × 鉛直16km

関東シミュレーション
格子間隔：5km×5km



関東広域シミュレーション
格子間隔：15km×15km

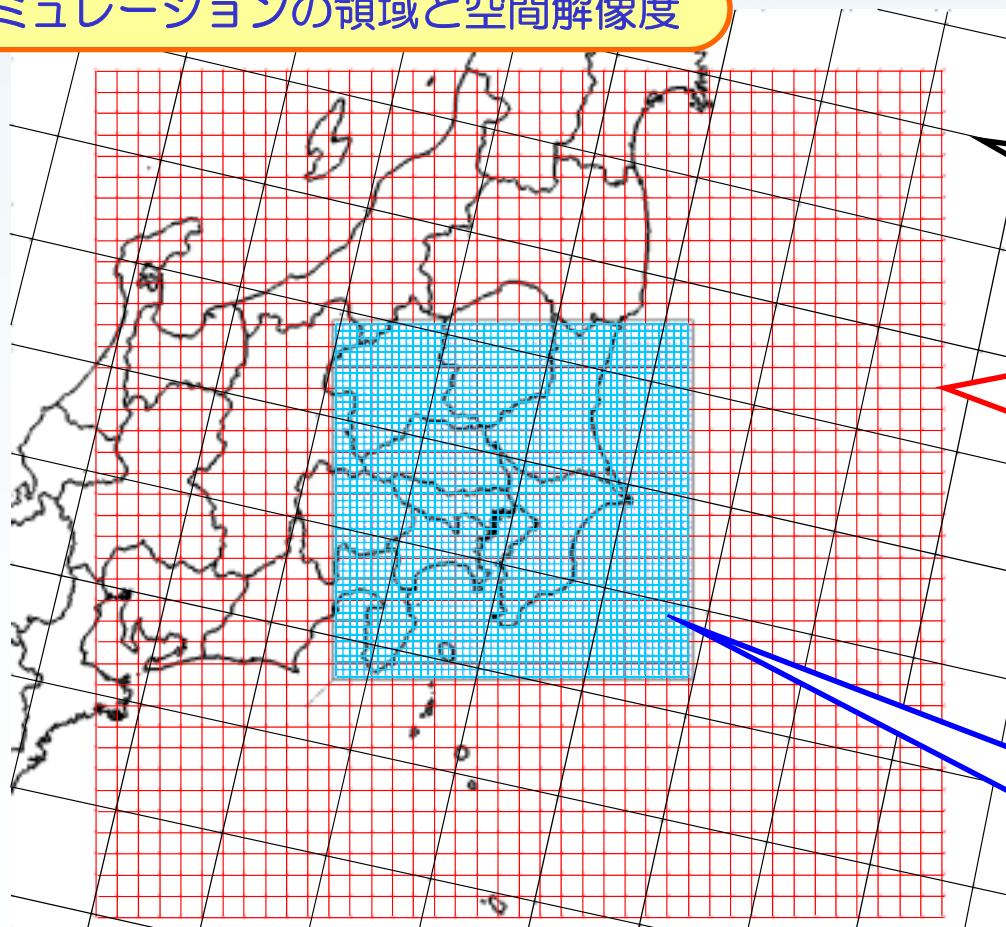
600km

東アジア域シミュレーション
格子間隔：80km×80km

5440km

4320km

シミュレーションの領域と空間解像度



東アジア域シミュレーション
格子間隔：80km×80km

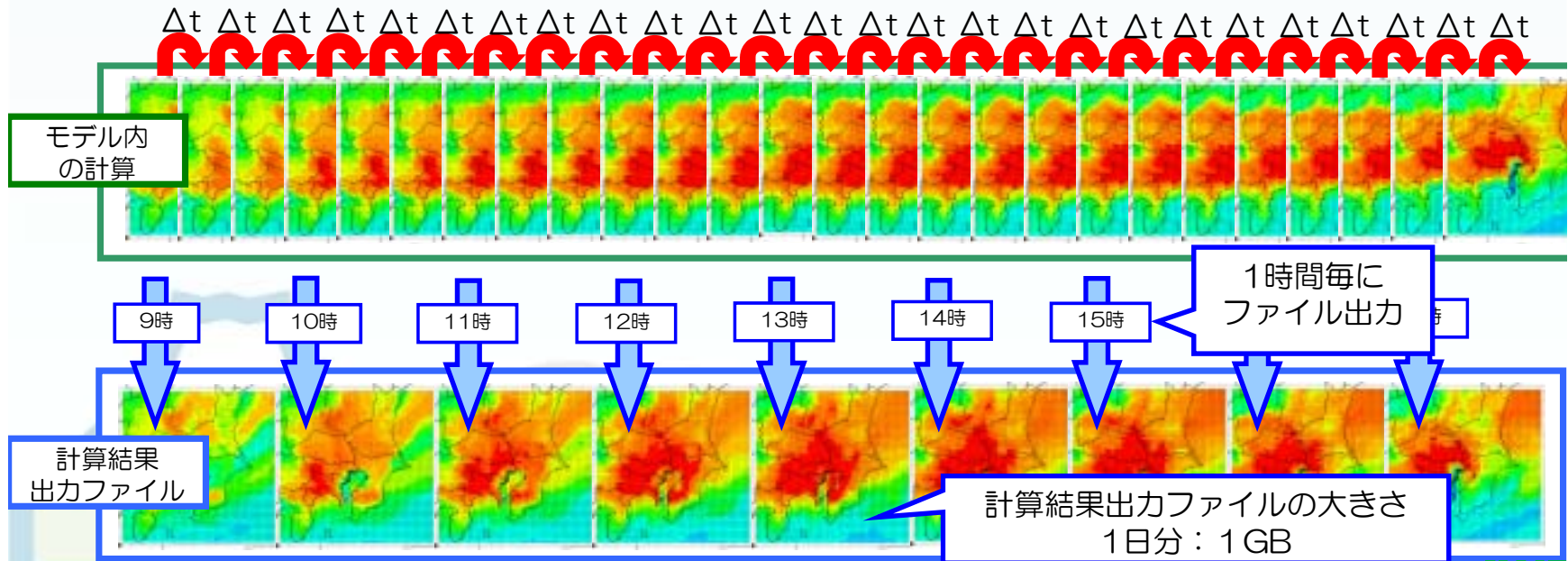
関東広域シミュレーション
格子間隔：15km×15km
格子数：40×40×31
領域：600km×600km

関東シミュレーション
格子間隔：5km×5km
格子数：50×50×31
領域：250km×250km

- 東アジア域シミュレーションの格子サイズでは、関東地域は約9メッシュで覆われてしまう。
- 地域ごとの変化を把握するために、より細かな格子サイズで計算領域を覆う必要がある。
- 領域が同じ場合、格子サイズが1/2となると計算ステップも1/2になるので
計算時間は $2 \times 2 \times 2 = 8$ 倍となる。
→格子サイズを細かくして広い領域を計算するには計算時間がかかる。

シミュレーションと時間ステップ

- シミュレーションでは、時刻 t の分布から時間ステップ Δt 秒後のメッシュ毎の濃度を計算する。
 - ある時刻 t から Δt 秒の間で起こる現象：
物質の移動（移流）、広がり（拡散）、化学反応（気相、粒子化）、沈着、流入、流出、などを計算し、時刻 $t + \Delta t$ 秒のメッシュ毎の濃度を計算する。
 - Δt 秒後の計算を繰り返し行うことで、メッシュ毎の濃度の時間変化を予測していく。
-
- CMAQは、計算の安定条件（CFL条件）を満たすように自動的に時間ステップ Δt を変更（長くなったり、短くなったり）ながら、効率的に計算している。
 - 計算結果をすべての時間間隔についてファイルへ出力すると、膨大な保存領域が必要となることから1時間毎に計算値を出力しファイルに保存している。
 - CMAQでは自動的に Δt 毎の濃度を平均して、1時間毎の60分平均濃度分布を求める機能がある。



ネスティングによるマルチスケールシミュレーション

東アジア

東アジア域のシミュレーションの濃度を
関東広域の境界の濃度として与え
関東広域でのシミュレーションをする。

関東広域

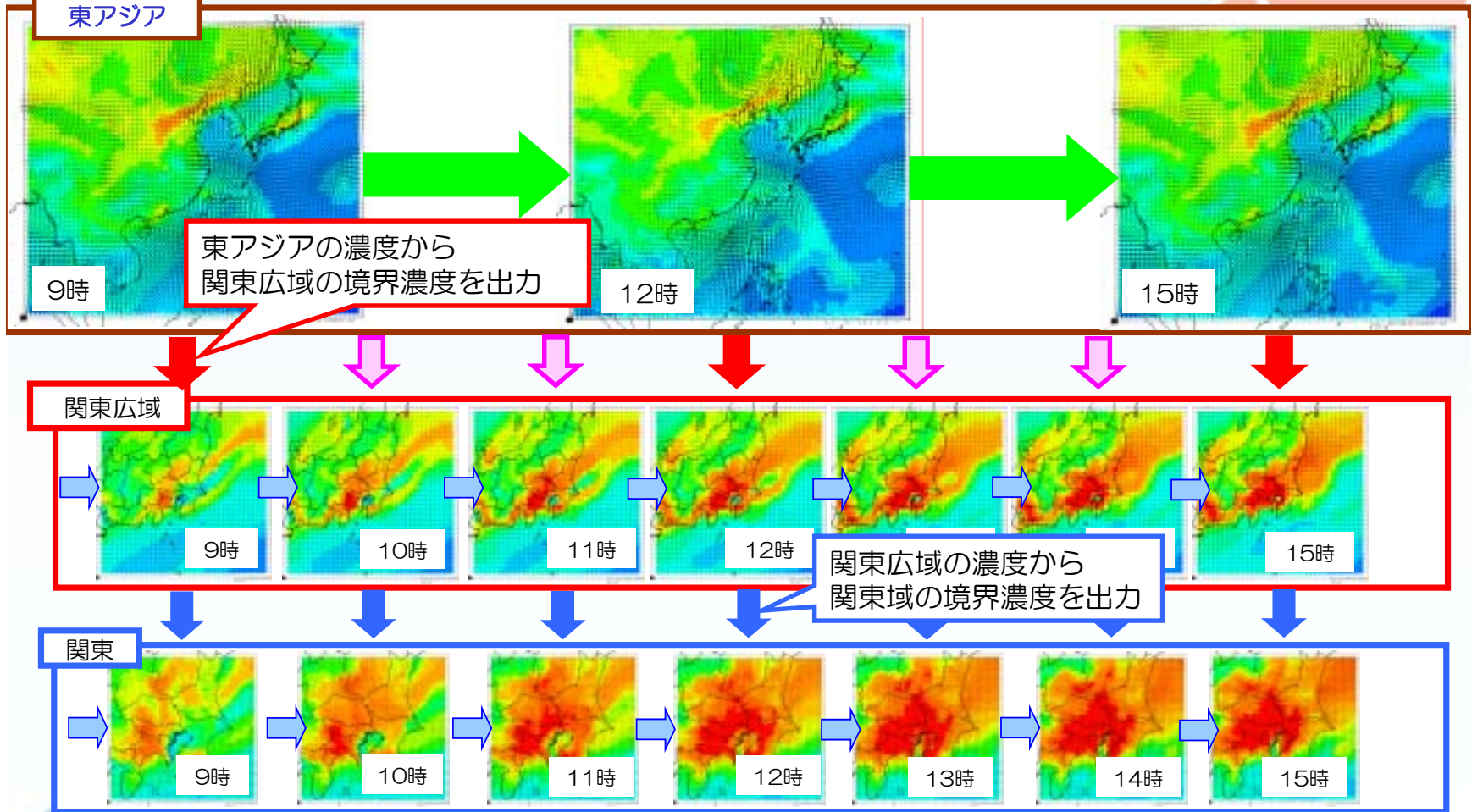
関東広域のシミュレーションの濃度を
関東域の境界での濃度として与え、関東
域のシミュレーションをする。

関東

ネスティングによるマルチスケール計算

- ・大きな領域（例：東アジア）の計算から
対象領域（例：関東広域）の境界付近のメッシュの濃度を出力する。
- ・この出力値を対象領域の境界濃度として与えながら
シミュレーションを行う手法をネスティングという。
- ・この手法を用いて、より広い領域の大きな濃度変動から、
より狭い領域の小さな濃度変動までを効率的に計算し、
東アジアからの大きな汚染の流れから、
関東の狭い領域の汚染までマルチスケールで計算できる。

ネスティングによるマルチスケールシミュレーション



ネスティングは、境界データを毎時間作成して境界濃度を変化させている。
 ただし、東アジアの計算結果は3時間毎の出力値であるので、この間の分布は前後の時間から内挿している。