

中部地方整備局 名古屋港湾空港技術調査事務所 主催
第4回 民間技術交流会
日時：平成22年10月26日（火） 14:00～16:00
場所：国土交通省 中部地方整備局 名古屋港湾事務所 第一会議室



最新モデルを用いた大気汚染 予測技術



～CMAQによる大気汚染シミュレーションのご紹介～

平成22年10月26日
一般財団法人 日本気象協会
発表者：森 康彰

日本気象協会のご紹介

事務所

本社（東京）

北海道支社

中部支社

九州支社

東北支局

関西支社

この他、全国道府県に、支店、事務所、営業所を配置

事業内容

防災事業

予報事業

技術研究開発

環境事業

情報システム事業

公益活動

健康で安全な生活の実現を目指し、地域環境を知り、将来を予測する総合的コンサルティングを行っています。
地球温暖化防止に向けたコンサルティングや気候変動のモニタリングなど、地球規模の環境問題の解決に貢献します。

事業内容

- 発電所、清掃工場、道路、港湾、空港等の建設に伴う環境アセスメント
- 風力発電や太陽光発電など新エネルギー分野による調査・解析・発電量予測
- 野外拡散実験、風洞実験及び数値シミュレーション等を利用した大気汚染解析
- 大気環境、汚染物質、花粉等の測定・監視・情報システムの構築・運用
- 気象観測（地上・高層）調査、環境測定・保守・運用
- 気候変動解析、地球温暖化モニタリング、地球温暖化防止対策等のコンサルティング
- GOSAT（温室効果ガス観測技術衛星）データの検証支援 など

新しい大気汚染予測モデル活用の背景と目的

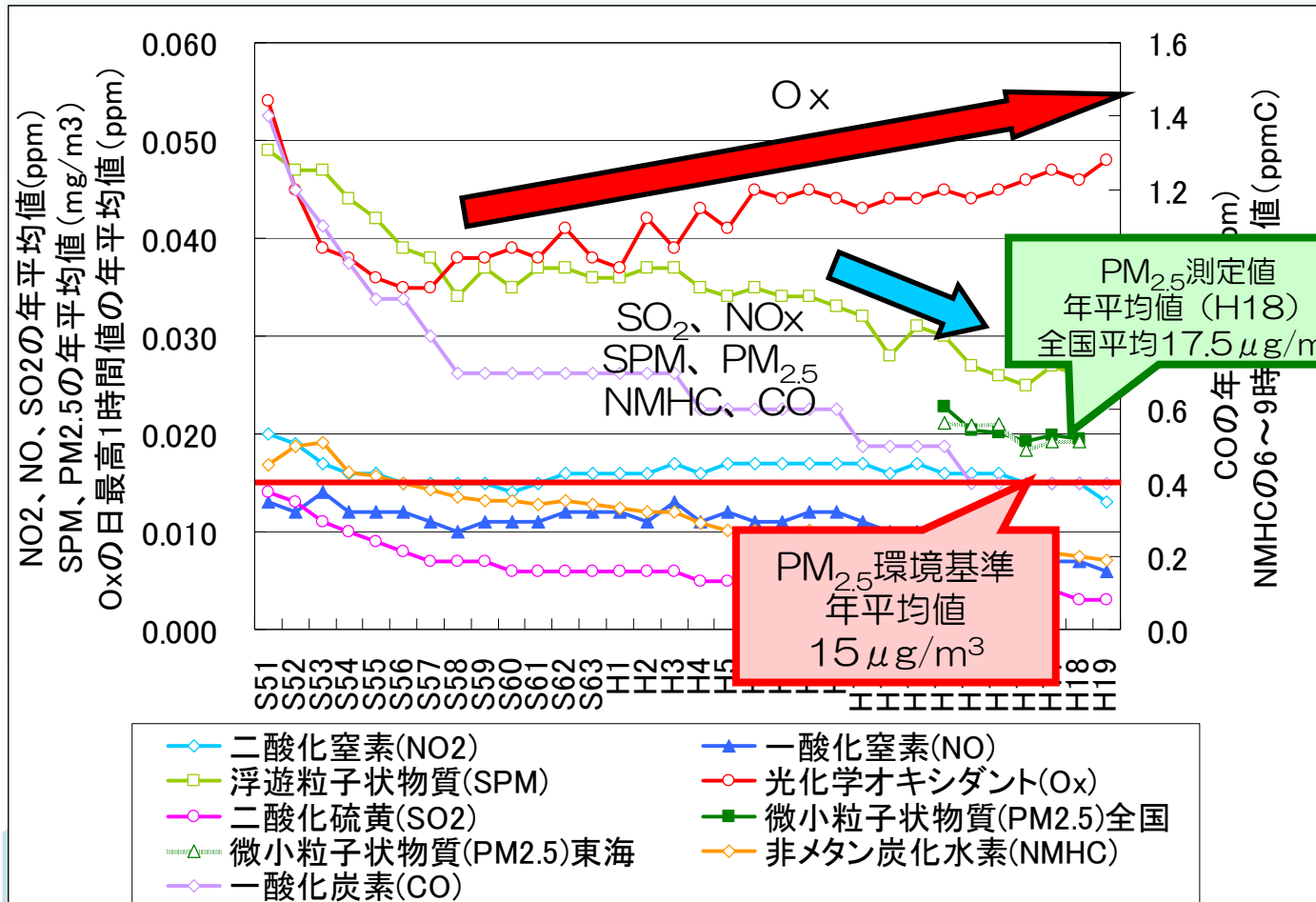
日本の大気汚染の状況

大気汚染濃度の推移

SO₂、NO₂、SPMなどの従来型の汚染は改善が進んでいます。

Oxは、環境基準がほとんど達成できず、最近では増加傾向が見られます。

PM2.5は、新たに環境基準が設定されました。経年的には減少傾向ですが、環境基準達成は困難？



全国の大気汚染状況（一般局全局平均濃度の推移）

全国の環境基準達成率

(H21、一般局)

NO₂ : 100 %

SPM : 99.6%

SO₂ : 99.8%

CO : 100%

Ox : 0.1%

PM_{2.5} : ?

※PM_{2.5}の環境基準は
都市部での達成は難しいと見られています。

以下の資料より作成

PM_{2.5} : 微小粒子状物質

曝露影響調査報告書（環境省）

その他：平成20年版 日本の大気汚染状況

NO、NO₂、SO₂、SPM、PM_{2.5}、CO：年平均値

NMHC：3時間平均の年平均値

Ox：日最高値の年平均値

新しい大気汚染予測モデルCMAQ

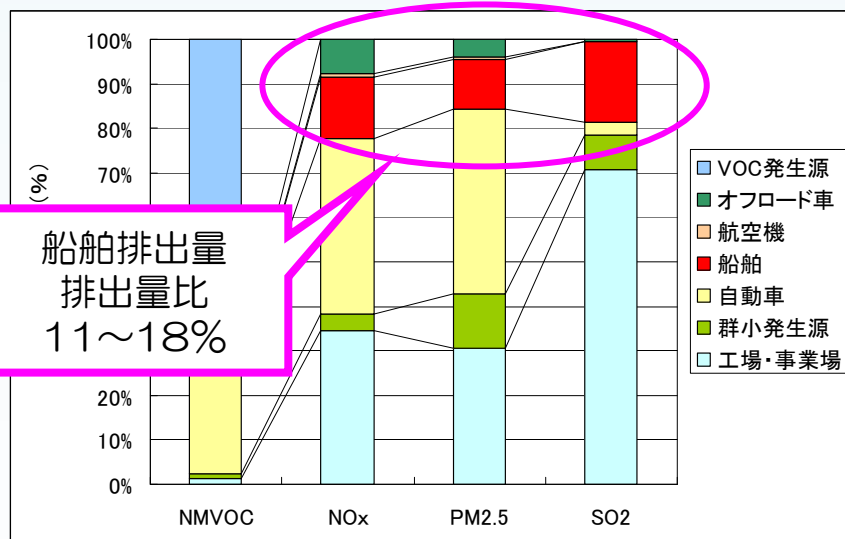
国内発生源の状況

日本国内の発生源の状況（2000年度）を示します。

2000年における船舶排出量は、NO_x:14%、PM2.5:11%、SO₂:18%となっています。

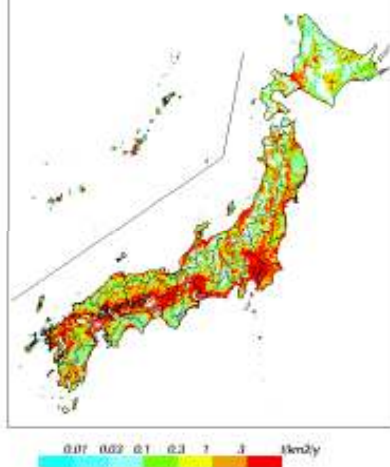
自動車対策が進む将来においては、船舶の排出量比率が相対的に増加する恐れがあります。

改正MARPOL条約などにより、排出の改善は進められています。

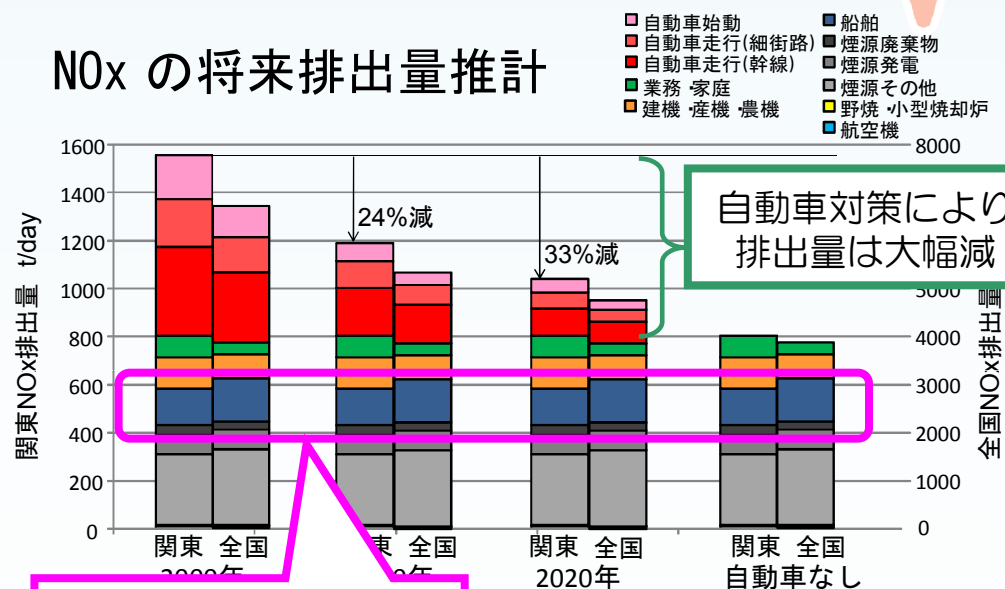


EAGrid2000(東アジア大気汚染物質
排出量グリッドデータベース)の概要
(神成ら)より作成

*Development of multiple-species
1 km × 1 km resolution
hourly basis emissions
inventory for Japan..
Atmos.Env. 41 (2007) 3428-3439



NO_x の将来排出量推計



2.5予測のために必要とされる排出量データ
第49回大気環境学会年会 (金沢大学)より抜粋

改正MARPOL条約付属書VI
(2010年7月1日)
NO_x新造船規制
NO_x現存船規制
SO_x・PM規制

1隻あたりの排出量は
減少する可能性があります。
総排出量は、船舶需要
との兼ね合いでの増減
は決まります。

現状の大気汚染予測モデルの課題とその解決策

従来型モデルの課題

◎大気環境の複雑化

- 従来型モデルで対応できた単純な大気汚染は大幅に改善
- 従来型モデルでは対応できない化学反応を要因とする汚染が顕著
- 従来型モデルでは、地形や海陸風などの地理的な影響を受けた大気汚染に対応しきれない。
- 平均濃度から最大濃度が問題
- 前駆物質の微妙な濃度バランスが汚染の濃度を決定
- 排出量削減率 $\neq$ 濃度低減率
(排出3割削減が、濃度3割改善とはならない。)

◎ 大気環境汚染のグローバル化

- 県境を越える広域汚染の顕在化
- 国境を越える越境汚染の顕在化

解決策

マルチスケール
気象現象・大気拡散・化学反応
をより詳細に表現できるモデル

化学輸送モデルCMAQ
＋気象モデルWRF

CMAQで解析する現象

モデルで解析する現象

- ①大気汚染の原因には、様々な発生源があります。
排出される物質は、ガス、粒子と様々です。
- ②大気中に放出された汚染物質、風に流され、広がります。
- ③光化学反応により、様々な物質に生まれ変わります。
粒子化反応により、気体から固体に変化する物質もあります。
- ④変化した物質が人に被害を及ぼす場合、大気汚染となります。

これらの現象を解析するモデル
化学輸送モデル：CMAQ
気象モデル：WRF



新しい大気汚染予測モデルCMAQ

CMAQの構成

CMAQモデルの構成

CMAQ = Community Multiscale Air Quality

環境濃度

【ガス成分】
 NO₂,NO₃,O₃,NO₃,N₂O₅,
 HNO₃,O₁D₂,HO,HONO,HO₂,CO,
 HNO₄,HO₂H,SO₂,SULF,C₂O₂,
 HCHO,COOH,MEOH,RO₂_R,
 ROOH,R₂O₂,RO₂_N,RNO₃,MEK,
 PROD₂,CCO₂,PAN,CCO₂_OOH,
 CCO₂_OH,RCO₂,PAN₂,CCHO,
 RCO₂_OOH,RCO₂_OH,BZCO₂,
 PBZN,BZ₂O,MA_RCO₃,MA_PAN,
 TBU₂O,ACET,NPHE,PHEN,
 BZNO₂_O,HOCOO,HCOOH,
 RCHO,GLY,MGLY,BACL,CRES,
 BALD,METHACRO,MVK,
 ISOPROD,DCB₁,DCB₂,DCB₃,
 ETHENE,ISOPRENE,TRP₁,
 ALK₁,ALK₂,ALK₃,ALK₄,ALK₅,
 ARO₁,ARO₁RO₂,ARO₂,
 ARO₂RO₂,BENZENE,BENZRO₂,
 OLE₁,OLE₂,SESQ,NH₃,HCL
 【粒子成分】
 ASO₄J,ASO₄I,ANH₄J,ANH₄I,
 ANO₃J,ANO₃I,AALK₁J,
 AXYL₁J,AXYL₂J,AXYL₃J,
 ATOL₁J,ATOL₂J,ATOL₃J,
 ABNZ₁J,ABNZ₂J,ABNZ₃J,
 ATRP₁J,ATRP₂J,
 AISO₁J,AISO₂J,AISO₃J,
 ASQT₁J,AORGCJ,
 AORGP₁J,AORGP₂J,AECJ,AECI,
 A₂₅J,ACORS,ASOIL,AH₂OJ,
 AH₂OI,ANAJ,A₂CLJ,A₂CLJ,ANAK,
 ACLK,ASO₄K,ANH₄K,ANO₃K,
 AH₂OK,AOLGAJ,AOLGBJ

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

沈着
AERO_DEP2

大気汚染物質
濃度

境界濃度

122成分

122成分

【ガス成分】
 NO₂,NO₃,O₃,NO₃,N₂O₅,HNO₃,O₁D₂,HO,HONO,HO₂,CO,HNO₄,HO₂H,SO₂,SULF,C₂O₂,HCHO,COOH,MEOH,RO₂_R,
 ROOH,R₂O₂,RO₂_N,RNO₃,MEK,PROD₂,CCO₂,PAN,CCO₂_OOH,CCO₂_OH,RCO₂,PAN₂,CCHO,RCO₂_OOH,RCO₂_OH,
 BZCO₂,PBZN,BZ₂O,MA_RCO₃,MA_PAN,TBU₂O,ACET,NPHE,PHEN,BZNO₂_O,HOCOO,HCOOH,RCHO,GLY,MGLY,BACL,
 CRES,BALD,METHACRO,MVK,ISOPROD,DCB₁,DCB₂,DCB₃,ETHENE,ISOPRENE,TRP₁,ALK₁,ALK₂,ALK₃,ALK₄,ALK₅,
 ARO₁,ARO₁RO₂,ARO₂,ARO₂RO₂,BENZENE,BENZRO₂,OLE₁,OLE₂,SESQ,NH₃,HCL
 【粒子成分】
 ASO₄J,ASO₄I,ANH₄J,ANH₄I,ANO₃J,ANO₃I,AALK₁J,AXYL₁J,AXYL₂J,AXYL₃J,ATOL₁J,ATOL₂J,ATOL₃J,ABNZ₁J,
 ABNZ₂J,ABNZ₃J,ATRP₁J,ATRP₂J,AISO₁J,AISO₂J,AISO₃J,ASQT₁J,AORGCJ,AORGP₁J,AORGP₂J,AECJ,AECI,A₂₅J,
 ACORS,ASOIL,AH₂OJ,AH₂OI,ANAJ,A₂CLJ,A₂CLJ,ANAK,ACLK,ASO₄K,ANH₄K,ANO₃K,AH₂OK,AOLGAJ,AOLGBJ

CMAQの計算結果の例

以降のスライドでは、CMAQによる大気汚染の解析例をお示しします。
このシミュレーションでは、次のモデルを用いています。

気象協会で見ることができるモデル

気象モデル

ANEMOS

日本気象協会独自気象モデル。天気予報、防災、風力発電用風況マップ、大気汚染など様々な解析で活用した。

SYNFOS

WRFの前身であるMM5を改良した旧気象協会運用モデル
現行の気象協会運用モデルはWRFベースのSYNFOS-3D

WRF v3.1.1

2009年7月リリースバージョン

WRF v3.2.1

2010年8月リリースの最新バージョン

大気質モデル

ANEMOS-AERO

日本気象協会独自の大気汚染モデル。

CMAQv4.6

2006年9月リリースバージョン

CMAQv4.7.1

2010年6月リリースの最新バージョン

新しい大気汚染予測モデルCMAQ



CMAQの計算結果 ー関東における地域汚染の例ー

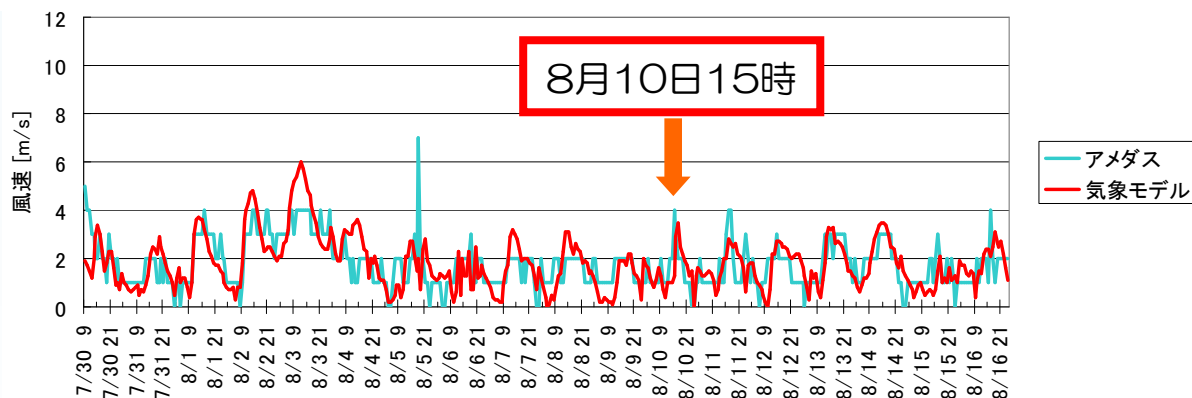
気象モデルWRFによる気象現象の再現

関東地域の7月末から8月中旬までの気象連続シミュレーション
○気象モデルWRFによる気象シミュレーションを行いました。

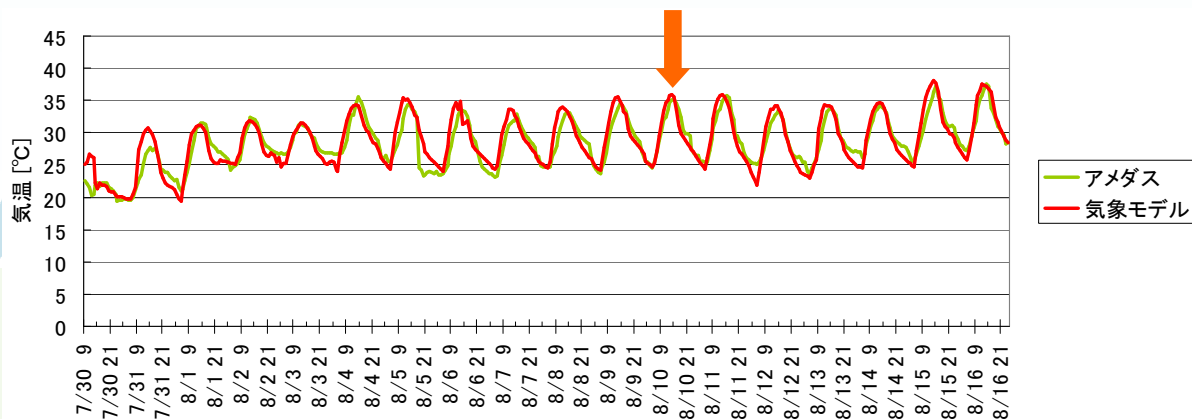
○WRFは、風速・気温の時間変化・日変化ともを再現しています。

○WRFは、風速・気温の空間分布を再現しています。

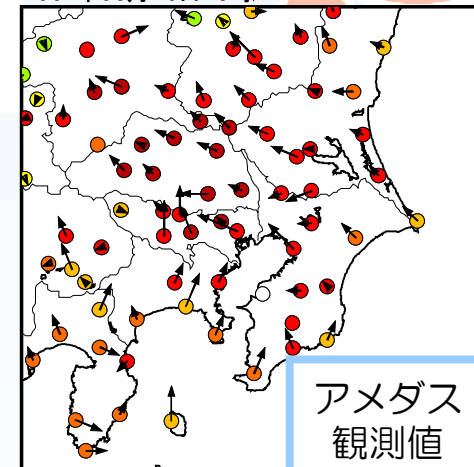
風速



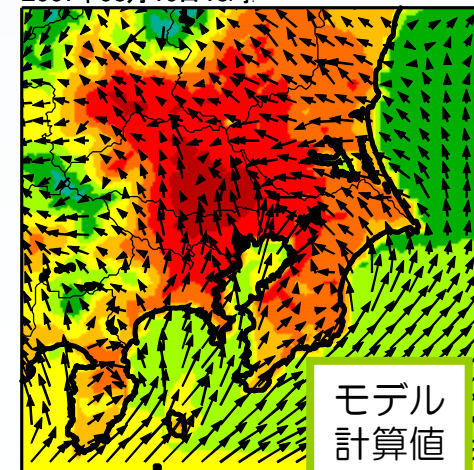
気温



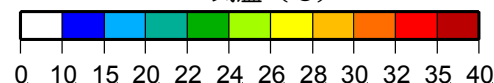
2007年08月10日15時



2007年08月10日15時



気温 (°C)



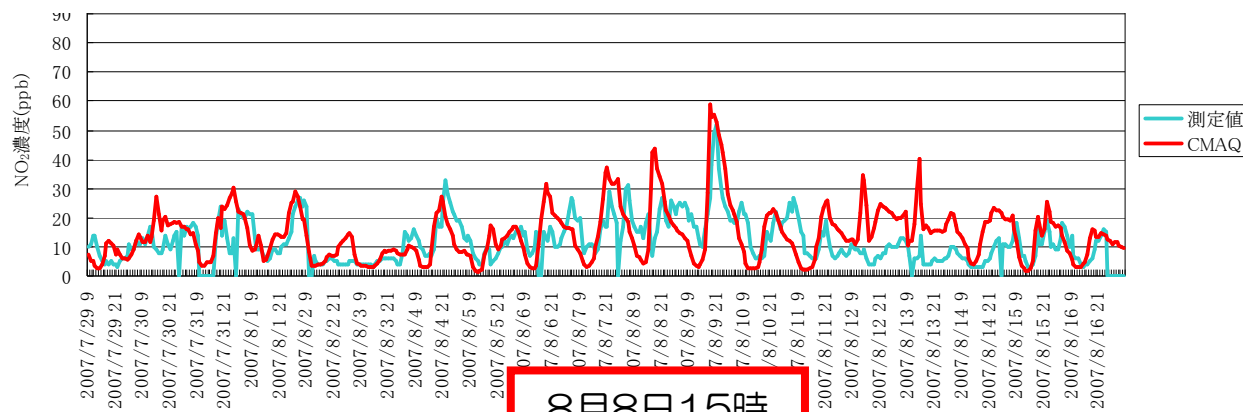
新しい大気汚染予測モデルCMAQ

CMAQの計算結果 ー関東における地域汚染の例ー

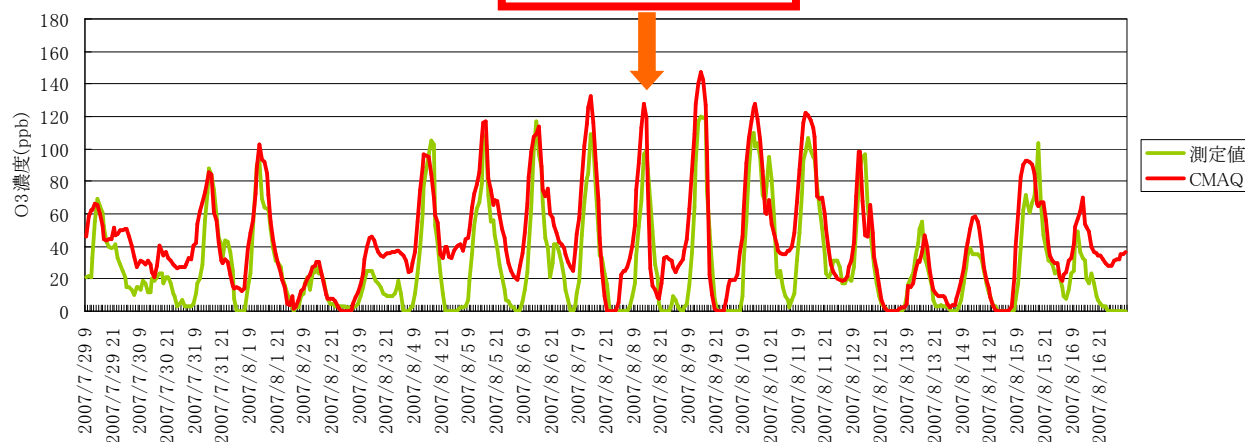
CMAQによる大気汚染再現

- 関東地域の7月末から8月中旬までの大気汚染連続シミュレーション
- 大気汚染モデルCMAQによる大気汚染シミュレーションを行いました。
 - 従来型の汚染物質である二酸化窒素（NO₂）の濃度変化を再現できました。
 - 光化学反応により生成される光化学オキシダント（O_x）の再現性も良好です。

二酸化窒素 (NO₂)



光化学オキシダント (O_x)



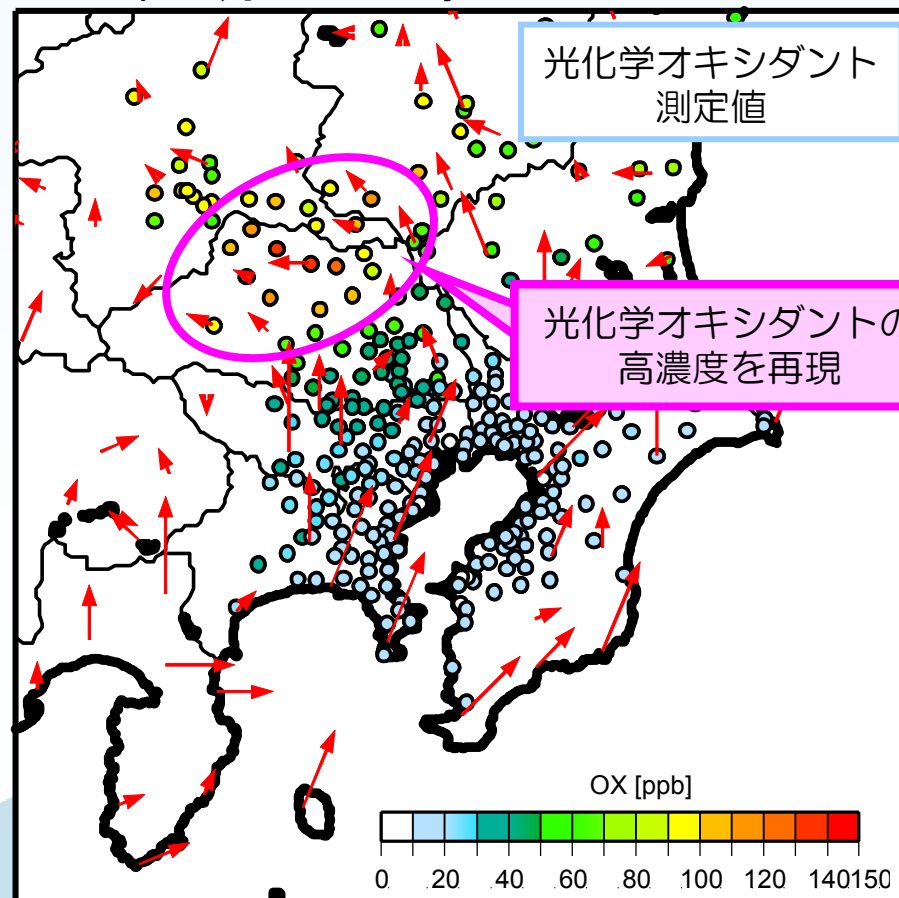
CMAQの計算結果 ー関東における地域汚染の例ー

CMAQによる光化学オキシダント濃度の再現

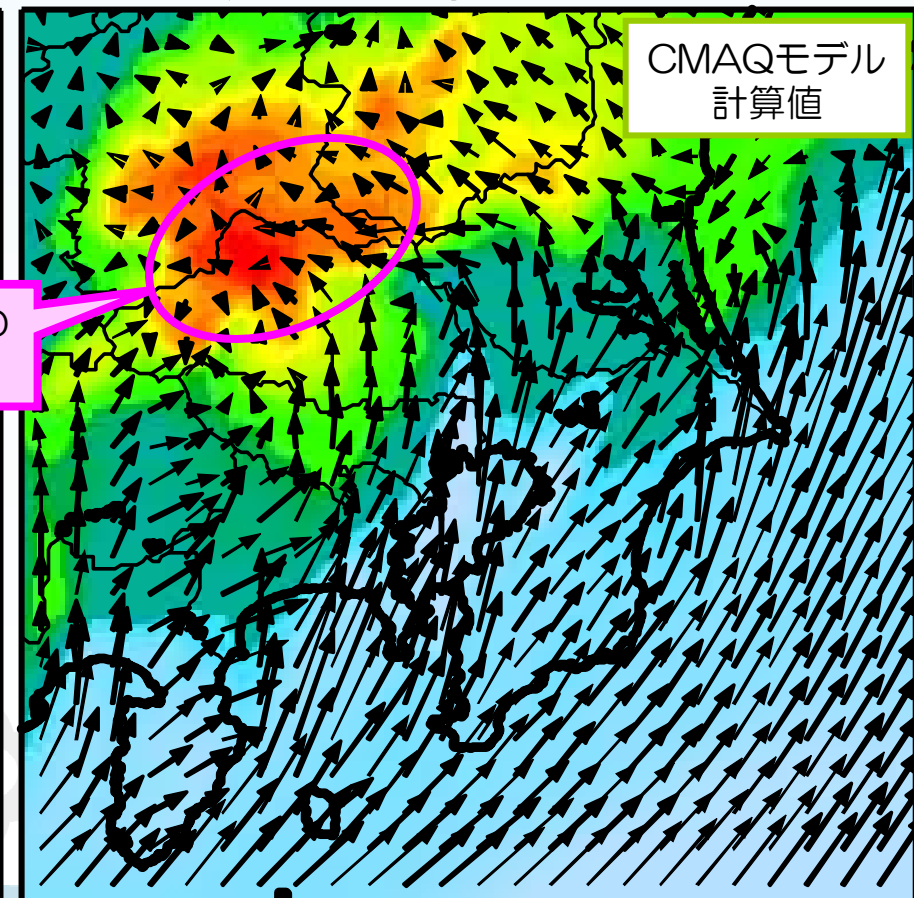
CMAQとWRFは長時間の連続計算において、光化学オキシダント濃度を再現します。

→ CMAQは、**Ox発生源対策を行う上で有効なツール**のひとつとなります。

2007年08月08日 15時



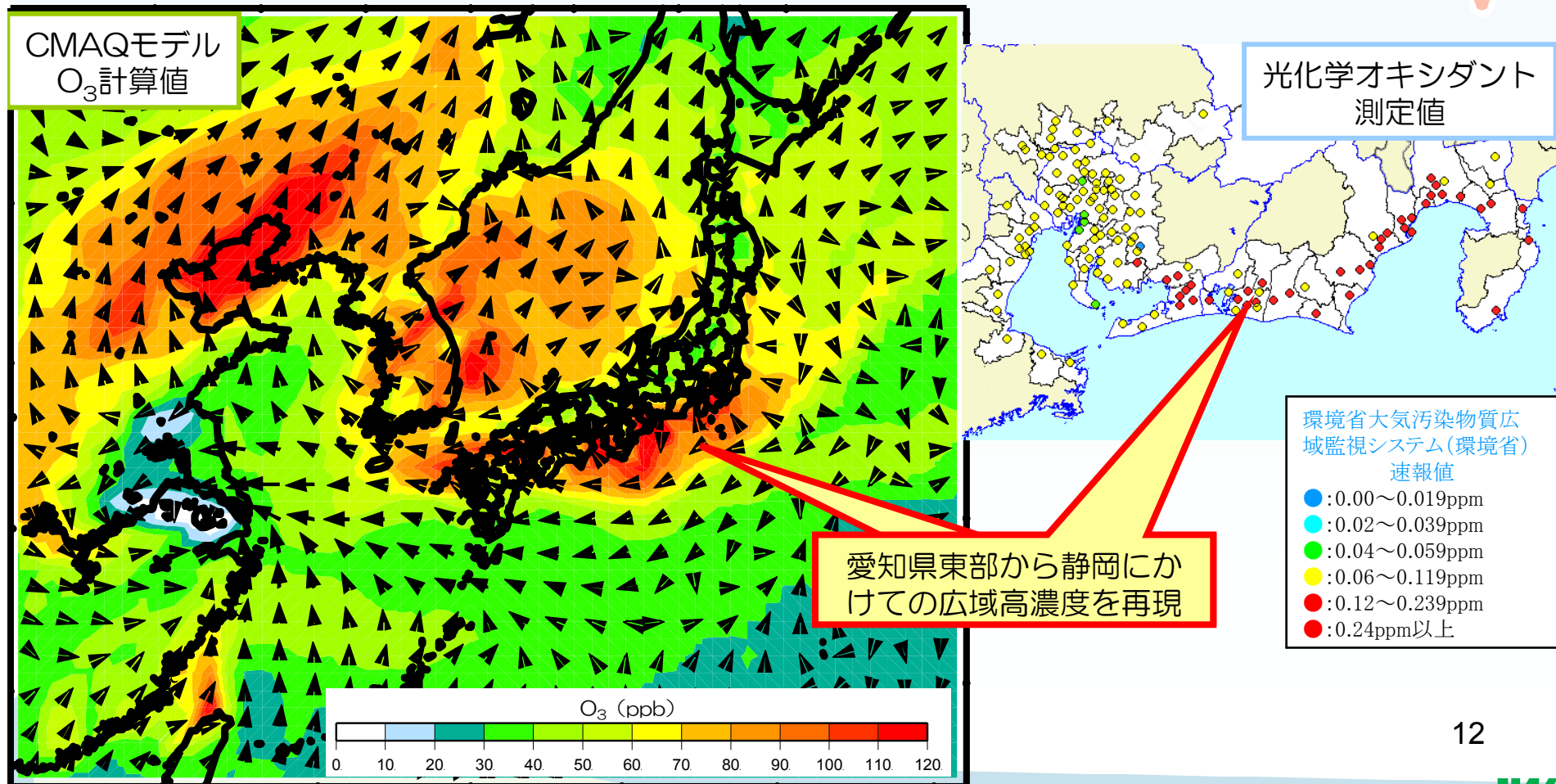
2007年08月08日 15時



CMAQの計算例 —東アジア広域汚染—

東アジア広域シミュレーション

- 東アジアにおける大気汚染を再現する広域シミュレーションが可能です。
- この計算により、東アジア広域に渡る汚染の状況を再現を確認できました。



新しい大気汚染予測モデルCMAQの活用



気象協会の取り組み

最新モデルへの対応

気象モデル WRF v3.2.1 (2010年8月リリース) 導入済み

大気汚染モデル CMAQ v4.7.1 (2010年6月リリース) 導入済み

毎日へ予測計算の実施

毎日の数値予測に活用しています。

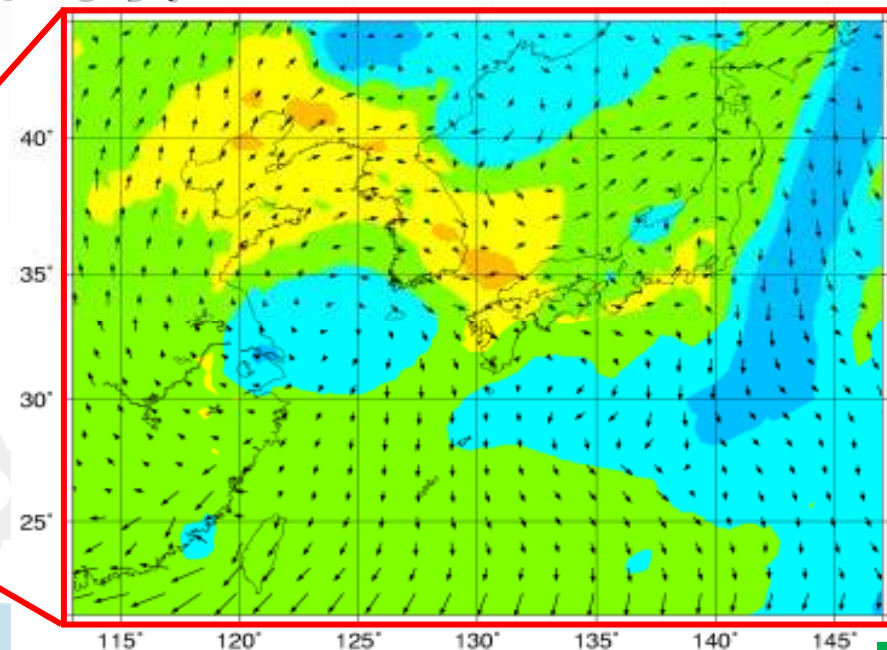
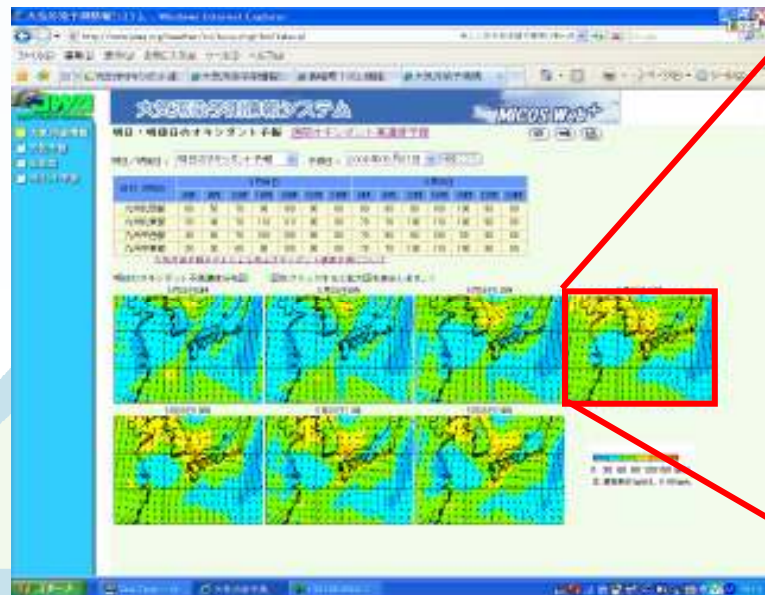
数値天気予報 SYNFOSS-3D (WRF改良モデル)

明日・明後日の大気汚染予測 SYNFOSS + CMAQ

今日・明日・明後日のO₃濃度を定量予測のご紹介

平成21年4月より予測スタートしました。

毎日の東アジアの広域汚染を予測しています。



気象協会の取り組み

業務実績

気象協会独自大気汚染モデルによるシミュレーションの実績

- 平成8年 大都市域における浮遊粒子状物質（SPM）調査（国）
- 平成13、14年度 大気汚染物質削減対策調査（地方自治体）
- 平成16～18年度 大気質改善事業（地方自治体）

CMAQによるシミュレーションの実績

- 平成19年度 光化学オキシダント対策調査（地方自治体）
- 平成18～22年度 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（国）

外部発表

- 吉門洋、白川泰樹*、中野俊夫*、工藤泰子*、鈴木基雄*、メソスケール気象モデルを用いた長期平均濃度評価手法の検討（Ⅰ）気象パターン分類と関東平野のNO_x評価、大気環境学会誌 第41巻 第1号pp.1-14（2006）
- 吉門洋、椿貴博*、佐々木寛介*、メソスケール気象モデルを用いた長期平均濃度評価手法の検討（Ⅱ）高濃度オゾン評価への適用の試み、大気環境学会誌 第41巻 第1号pp.15-26（2006）
- 佐々木寛介*、松田真一*、椿貴博*、大気質シミュレーションCMAQによる関東地方におけるオキシダント高濃度エピソードの再現性評価、第48回大気環境学会年会、2007年9月、岡山市
- 森野悠、茶谷聡、速水洋、佐々木寛介*、森康彰*、森川多津子、大原利眞、小林伸治、モデル相互比較による、大気質予測モデルのPM2.5予測性能評価－2007年夏季、関東の事例、第50回大気環境学会年会 都市大気環境モデリング分科会、2009年9月、横浜市
- 森野悠、茶谷聡、速水洋、佐々木寛介*、森康彰*、森川多津子、大原利眞、長谷川就一、小林伸治、大気質モデルの相互比較実験によるO₃、PM2.5予測性能の評価－2007年夏季、関東の事例、大気環境学会誌 第45巻 第5号pp.212-226（2010）
- 佐々木寛介*、森康彰*、広域大気モデルによるOC濃度再現とその精度向上の試み、第51回大気環境学会年会 都市大気エアロゾル分科会・都市大気環境モデリング分科会、2010年9月、豊中市

*日本気象協会

本日のまとめ

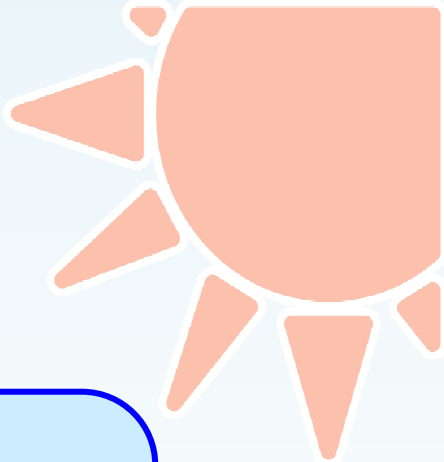
新しいモデルの必要性

- 従来型モデルでは計算できない光化学オキシダントなどの化学変化を伴う汚染が目立つようになってきました。
- 東アジアからの越境汚染から都市スケールまでのマルチスケールに対応し、気象・移流・拡散・化学反応を表現できるモデルが必要になっています。

→ 解決策：大気汚染モデルCMAQと気象モデルWRF

ご紹介した技術とその結果

- 大気汚染モデルCMAQと気象モデルWRFを組合せたシミュレーションにより、東アジアから都市スケールまでの多様な光化学オキシダント汚染を再現することが確認できました。
- 日本気象協会では、大気汚染対策検討に貢献するためにCMAQとWRFの最新バージョンを導入し、精度向上・解析を進めています。
- 東アジアにおける予測計算を毎日行っています。健康被害を未然防止・地域住民の安全・安心の向上を目的として、今日・明日・明後日の光化学オキシダント予測情報を提供しています。
- 大気汚染予測技術の向上のために、研究機関と協力して精度向上に努めています。



ご静聴ありがとうございました。

お 問 合 せ

一般財団法人 日本気象協会

本社 環境事業部 環境事業課

住所：〒170-6055 東京都豊島区東池袋3-1-1サンシャイン60 55階

電話：03-5958-8152 FAX：03-5958-8157

中部支社 営業課

住所：名古屋市北区水草町1丁目21番5号

電話 052-912-1111 FAX 052-911-0117

ホームページ <http://www.iwa.or.jp>

気象情報サイト <http://tenki.jp>



作 成

一般財団法人 日本気象協会

事業本部 環境事業部 環境事業課

平成22年10月22日