



九州から東日本の広域光化学オキシダント汚染について

概要

九州大学応用力学研究所と国立環境研究所の研究グループは、2007年5月8日から9日に発生し大きな社会問題となった、光化学オキシダント汚染の数値シミュレーションによる再現に成功しました。同期間に発生した高濃度オキシダント汚染は、東シナ海に位置する高気圧の北側の西風で中国東岸から流れ出した汚染気塊が、朝鮮半島南部を経て、北部九州から東日本の広い範囲に高濃度のオゾン域を形成したためであることが示されました。光化学オキシダント注意報レベルに相当する汚染気塊のスケールも、東西数百 km を越えることが明らかにされました。今回の光化学オゾンのモデルによる再現の成功により、今後の東アジア域の「大気環境の予測システム」の構築が可能となると考えられます。また、今後の対策として、中国・韓国などと協同して対策を練ることが必須であることを示しています。

■背景

5月8日から9日に九州から東日本の広い範囲で光化学スモッグ注意報が発令されました。長崎県、大分県、新潟県などに注意報が初めて発令された地点もあります。経済発展の著しい中国大陸で排出された窒素酸化物に起因する可能性が指摘されていますが、その明解な解析結果はまだ示されていません。光化学オキシダントは、目やのどの痛みを引き起こしたり、喘息などの健康被害を起こす恐れがあるため、今回の広域にわたる光化学オキシダント汚染の発生の原因を明らかにする必要があります。

■内容

九州大学応用力学研究所では、国立環境研究所と共同で、東アジア域の大気環境、特に大気汚染の変化を再現出来る化学輸送モデルを開発し、それを用いて現在と将来のアジアの大気環境の変化を明らかにしてきました。気象モデルと大気中の詳細な化学反応を含む化学輸送モデルを組み合わせたもので、各国のエネルギー統計に基づき算出した窒素酸化物などの排出量推計を用い、アジア域の大気汚染の状況を 80km の格子で数値計算することが出来ます。このモデルを用いることで、中国などの窒素酸化物の排出量の増加に伴い、風下に位置する日本での光化学オゾンのレベルの変化を明らかにすることができます。

この共同開発された化学輸送モデルを用いて、5月上旬の東アジア域の大気汚染・越境大気汚染の様子を再現シミュレーションを行い、5月7日から9日にかけての、高濃度オゾン域の形成と移動を解析しました。その結果、東シナ海に位置する高気圧の北側の西風で中国東岸から流れ出した汚染気塊が、朝鮮半島南部を経て、北部九州から東日本の広い範囲に高濃度のオゾン域を形成する様子が再現されました。形成された光化学オキシダント注意報レベルに相当する汚染気塊のスケールは、東西数百 km を越えるもので、中国国内の汚染物質のみでなく、韓国や、日本国内の寄与も受けていることが示されました。中国の窒素酸化物排出量を半分に削減した感度解析(1992年レベルに相当)と比較すると、今回の方がオゾン濃度が数 ppbv 程度上昇していることが確認され、今回の高濃度光化学オキシダント汚染には、日本の地域で寄与率は異なりますが、中国の排出量増加に起因する越境大気汚染の影響が大きいことが判りました。

■効果

共同開発された化学輸送モデルが、今回の広域に及ぶ光化学オキシダントの汚染を再現していることから、今回のような越境汚染を引き起こし易い気象条件を明らかにすることができます。その気象条件により、どの地域がどの程度のオキシダント濃度に暴露されていたかを示すことが出来ます。

今後の中国などの経済発展による窒素酸化物の排出量の増加による光化学オキシダント濃度の増加量を見積もることや、大気環境基準の超過に係わる寄与率を解析することも可能です。また、どの程度大気汚染物質の排出量を削減する大気環境基準を満たすかなどの、削減効果の見積もりに活用できます。

■今後の展開

今回の光化学オキシダント汚染の再現の成功により、開発された化学輸送モデルを気象予測モデルと組み合わせることで、数日スケールの大気汚染濃度の予測を行うことが可能となります。現在のモデルの空間解像度(80km)を多重格子手法を用いて高精度化し、アジア域や九州地域を対象とした、より詳細な地域分布を再現できる「大気環境の予測システム」を構築することも技術的に可能です。

【お問い合わせ】

応用力学研究所 教授 鵜野 伊津志

電話：092-583-7771

FAX：092-583-7774

Mail：uno@riam.kyushu-u.ac.jp

九州から東日本の広域光化学オキシダント汚染について(配布資料1)

九州大学応用力学研究所 鶴野伊津志
(大気変動力学分野、東アジア海洋大気研究センター兼任)
国立環境研究所 大原利眞 (広域大気モデリング研究室)

概要

九州大学応用力学研究所では、国立環境研究所と共同で、東アジア域の大気環境、特に大気汚染の変化を再現出来る化学輸送モデルを開発し、それをを用いて現在と将来のアジアの大気環境の変化を明らかにしてきました。気象モデルと大気中の詳細な化学反応を含む化学輸送モデルを組み合わせたもので、各国のエネルギー統計に基づき算出した窒素酸化物などの排出量推計を用い、アジア域の大気汚染の状況を 80km の格子で数値計算することが出来ます。このモデルを用いることで、アジア諸国の窒素酸化物の排出量の増加に伴い、風下に位置する日本の光化学オゾンなどの濃度の変化を明らかにすることができます。

先週の九州地域から東日本域の広域の光化学オキシダント汚染の発生を受けて、共同開発された化学輸送モデルを用いて、5月上旬の東アジア域の大気汚染・越境大気汚染の様子の再現シミュレーションを行い、5月7日から9日にかけての、高濃度オゾン域の形成と移動をほぼ再現することに成功しました。その結果、東シナ海に位置する高気圧の北側の西風で中国東岸から流れ出した汚染気塊が、朝鮮半島南部を経て、北部九州から東日本の広い範囲に高濃度のオゾン域を形成する様子が示されました。形成された光化学オキシダント注意報レベルに相当する汚染気塊のスケールは、東西数百 km を越えるもので、中国国内の汚染物質のみでなく、韓国や、日本国内の寄与も受けていることが示されました。中国国内の窒素酸化物排出量を半分に削減した感度解析(1992年レベルに相当)と比較すると、オゾン濃度が数 ppbv 程度上昇していることが確認され、今回の高濃度光化学オキシダント汚染には、日本の地域で寄与率は異なりますが、西日本域ほど中国の排出量増加に起因する越境大気汚染の影響が大きいことが判りました。

また、今回の気象条件は、長崎県と熊本県で初めて高濃度光化学オキシダント注意報が発令された昨年5月30日の条件に非常に類似しており、越境大気汚染の起こりやすい気象条件で発生したと考えられます。

補足説明

背景

2006年には、光化学オキシダント注意報を発令した都道府県数が25都府県に達し、観測史上最大の数となっています。例えば、大きな発生源地域が無い長崎県や熊本県でも、2006年5月に観測史上初めて注意報が発令されています。酸性雨研究センター(2007)の解析によると、国内の清浄な地点(遠隔地)で測定されたオゾン濃度も上昇傾向を示しています。例えば、八方尾根(長野県山岳域)と綾里(岩手県沿岸域)における年平均オゾン濃度は、1992～2002年の10年間で、八方尾根では9.0ppb(1992年基準で2%/年)、綾里でも7.3ppb(同2%/年)も増加しています。東アジアモニタリングネットワーク(EANET)の国内の遠隔地で測定されたオゾン濃度も、2000年から2005年の間に数ppb～10ppb程度の上昇が観測されています。

利用した化学輸送数値モデルの構成

大気中の化学反応過程を含む化学輸送数値モデルとしては、米国環境保護庁(EPA)のCommunity Multiscale Air Quality model (CMAQ) version 4.4を用いています。CMAQは、3次元の大気質シミュレーションモデルで、地形、土地利用、発生源、気象とその他の入力条件をもとに大気環境の様々な問題に適用され、様々な大気汚染物質濃度の分布と湿性・乾性沈着量をシミュレートできます(詳細は参考文献 鶴野ら, 2005)。

CMAQの計算領域としては、インドシナ半島を含む東南アジアの領域で、水平80km格子で78×68格子点、鉛直方向に19層(上空23kmまで)です。(地図投影の中心は北緯25°, 東経115°)。気象条件としては、気象庁の天気予報・解析に用いられる格子点数値データGPVをもとに、米国コロラド大学の開発した地域気象モデルシステム(RAMS)を用いています。アジア域の窒素酸化物等の発生量は、各種エネルギー統計に基づいて推定したアジア域排出インベントリREAS(1980-2003年までの排出量を推計; Oharaら, 2007)の中の2003年の推計結果を利用しています。

アジア域の発生量の増加について

アジア地域では、火力発電所・工場・自動車等による石炭・石油などの化石燃料の燃焼、家庭での木炭燃焼、農業残棄物の屋外焼却や焼き畑・森林火災などの多様な発生源から、窒素酸化物NO_xや硫黄酸化物SO_xを代表とする様々な大気汚染物質が大量に大気中に放出され、その総量は2000年推計では年間NO_xで2,650万トン(中国起源が44%)、SO_xで3,940万トン(同67%)となっています(Oharaら, 2007)。

アジア域のNO_x排出量は、1980年から2000年の20年間で約2.3倍に増加しています。2000年以降には、その増加傾向が著しく、中国におけるNO_x排出量の増加率は、国内総生産GDPの年率10%程度の成長に対応するように、過去最高となっています。その結果、アジア域のNO_x排出量は北米や欧州を追い越し、将来的にも排出量の増加が見込まれています。

アジア起源の大気汚染の寄与

2000年での地上オゾンの4月平均濃度についてのCMAQモデルを用いて数値シミュレーションを行いました。その結果、本州を含む日本海周辺地域の広い範囲で大気環境基準

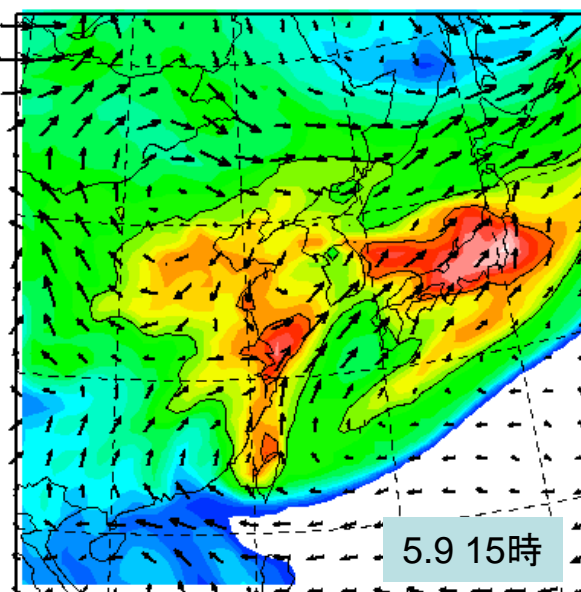
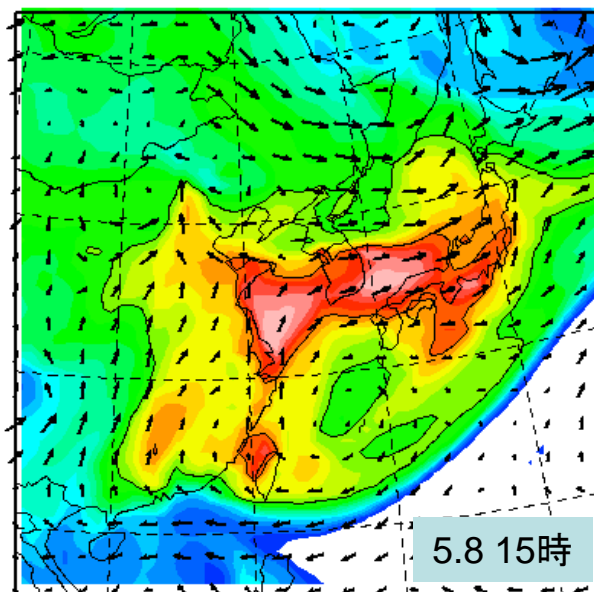
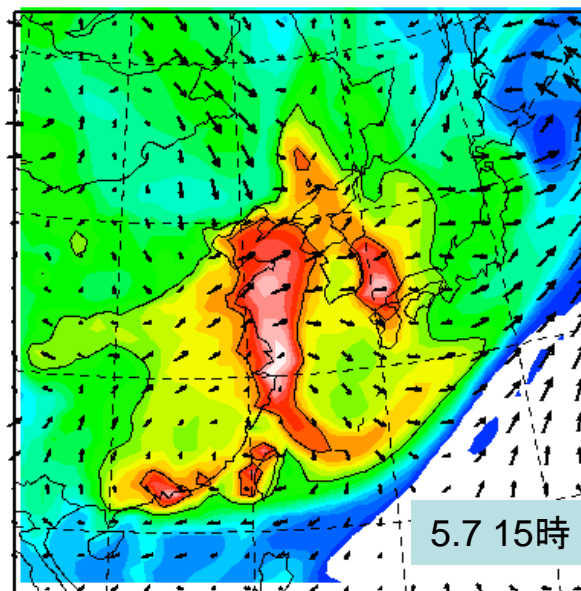
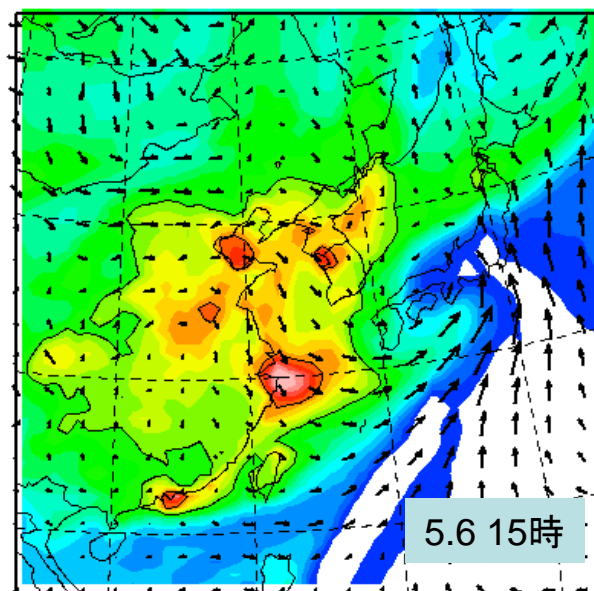
0.06ppm を超過しており、そのうちの 10-20%程度が東アジア起源であることが判明しています。これらの結果は、東アジア域での産業活動に伴って排出された NO_x が大気中で複雑な光化学反応を経て O₃ を生成し、我が国の大気環境に大きなインパクトを与えていることを意味しています(Yamaji ら, 2006)。

今回は、中国の急速な排出量の増加に伴うオゾン濃度の変化を、モデルによるシミュレーションで調べました。ここでは、中国の 1992 年レベルの窒素酸化物の排出量約 750 万トンと、2003 年の排出量約 1450 万トンに年率 10%の伸びを仮定した 2007 年排出量を与えた計算の差を解析しました。その結果 5 月 7 日から 9 日 (3 日間平均濃度) の地上から上空 500m の期間平均濃度で 0.005-0.010ppm 程度の O₃ の濃度差が見られ、その上昇率は九州から西日本にかけて大きいことが示されました。

参考文献

1. 酸性雨研究センター：早急な対応が必要「増え続ける対流圏オゾン」、<http://www.adorc.gr.jp/adorcjp/>, 2007 (4 月 1 日発表)
2. 鵜野伊津志, 大原利眞, 菅田誠治, 黒川純一, 古橋規尊, 山地一代, 谷本直隆, 弓本桂也, 植松光夫, 2005: RAMS/CMAQ の連携システムによるアジア域の物質輸送シミュレーションシステムの構築. 大気環境学会誌, 40(4), 148-164.
3. 鵜野伊津志: アジア域の窒素酸化物の増加とそのインパクト、九州大学特殊廃液処理施設広報「環境」 No. 22 (2006 年 12 月)
4. Ohara, T., H. Akimoto, J. Kurokawa, N. Horii, K. Yamaji, X. Yan, and T. Hayasaka: An Asian emission inventory of anthropogenic emission sources for the period 1980–2020, *Atmospheric Chemistry and Physics Discussion*, 2007. (印刷中) (<http://www.jamstec.go.jp/frcgc/research/p3/emission.htm> 参照)
5. Yamaji, K., T. Ohara, I. Uno, H. Tanimoto, J. Kurokawa, and H. Akimoto, 2006: Analysis of seasonal variation of ozone in the boundary layer in East Asia using the Community Multi-scale Air Quality model: What controls surface ozone level over Japan? *Atmospheric Environment*, 40, 1856-1868.

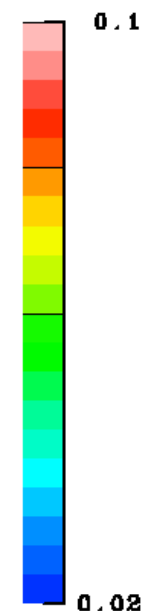
応用力学研究所と国立環境研究所の共同研究として化学物質輸送モデルで計算された地上から450mまでのO₃の平均濃度



気象庁GPV
気象モデルRAMS
発生源REAS 1.1
for 2003年推計
CMAQ ver.4.4

時間は日本時間

O₃ (ppm)



lev= 0.08 0.08 0.10