



第1章 基礎編

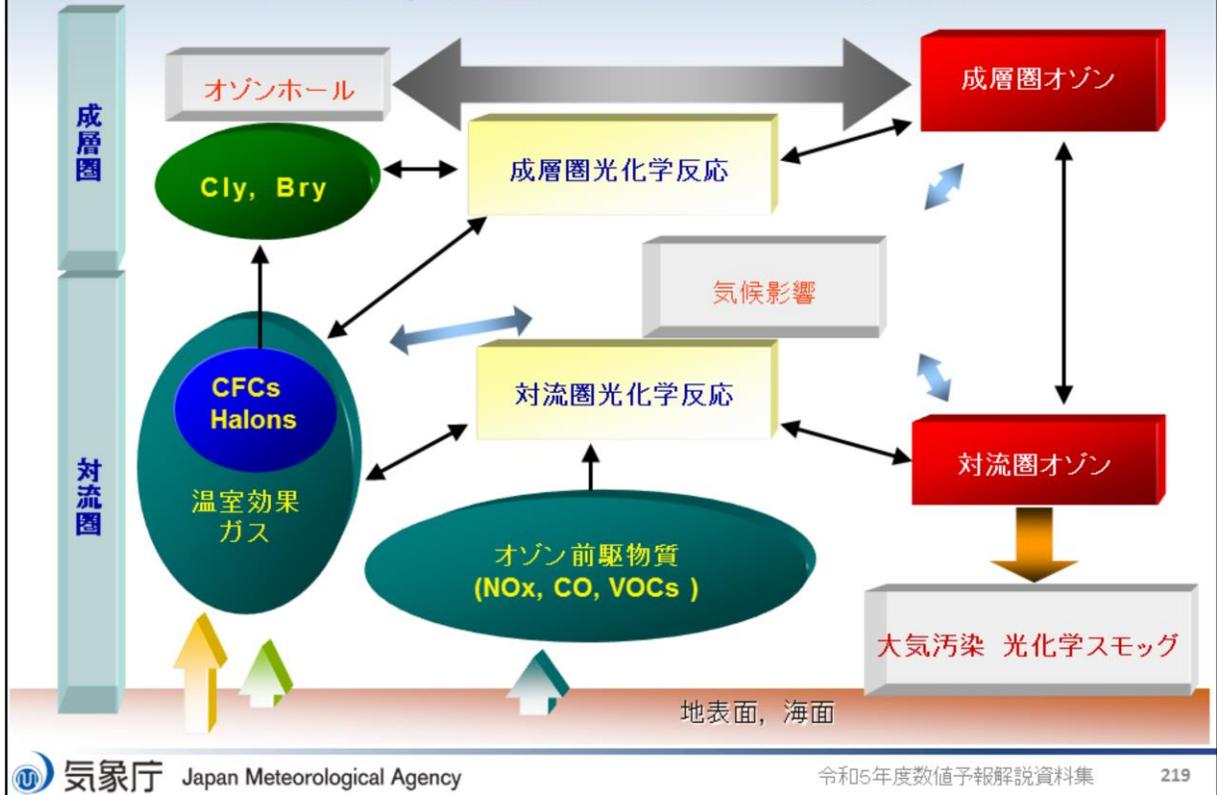
1.7.18 化学輸送モデル(全球・領域)

全球化学輸送モデルで成層圏オゾン(オゾン層)の予測を行い、紫外線情報の基礎データを提供し、大気汚染気象予測システムに側面境界値(オゾン等化学物質)を与える。また、大気汚染気象予測システムで対流圏オゾンの予測を行い、大気汚染気象業務を支援している。

目次

- ・化学輸送モデルの概要
- ・紫外線予測システム
- ・大気汚染気象予測システム
- ・高解像度版領域化学輸送モデル
- ・高解像度版領域化学輸送モデルにおけるデータ同化
- ・参考文献

化学輸送モデルの概要



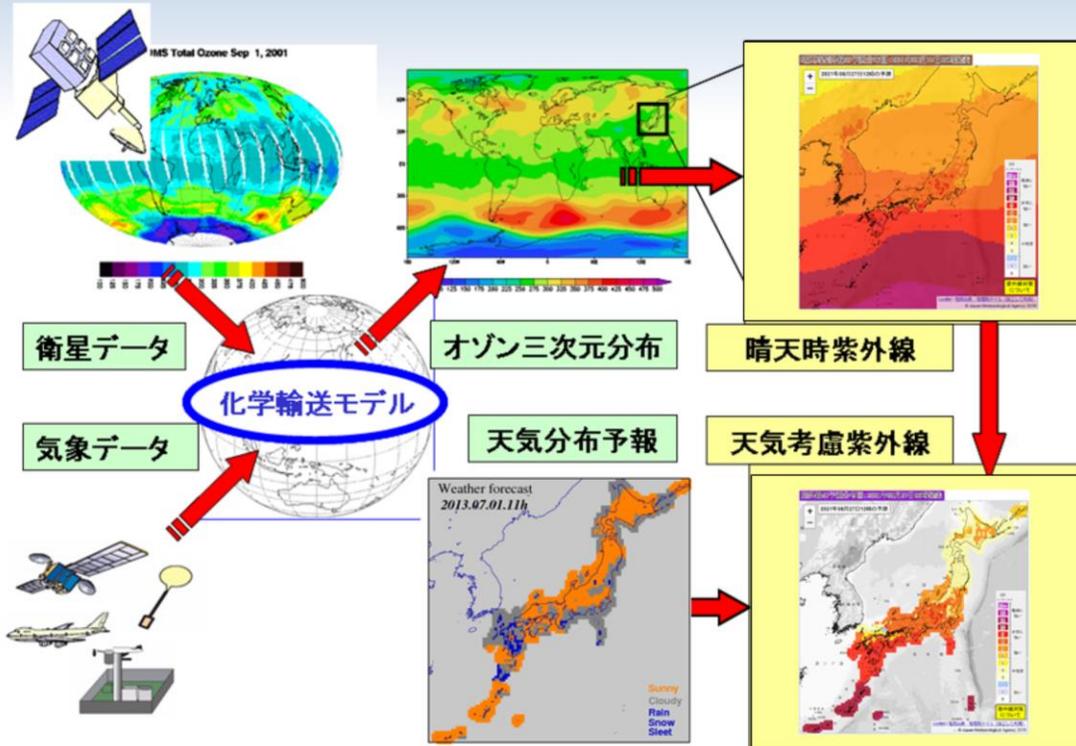
化学輸送モデルは、大気質モデル air quality model とも呼ばれる。気象庁の化学輸送モデルでは成層圏オゾンと対流圏オゾンを取り扱う。オゾンは、化学的な反応により生成・消滅を繰り返すとともに、大気の流れにより輸送される。オゾンの生成源として、成層圏のオゾン層付近の他に、地表付近の(主として人為起源の)前駆物質からの反応によるものがある。

南極上空のオゾン量が極端に少なくなる現象をオゾンホールと呼ぶ。極夜の低温時に発生する極成層圏雲(PSC)の粒子表面の化学反応によって、人為起源の塩素(Cl)化合物からCl分子が生成される。極夜を脱して太陽光が届き始めると、紫外線による光解離によってCl原子が生成され、触媒としてオゾン破壊反応を促進し、オゾンホールができる。

また、オゾンは太陽放射を吸収し、赤外放射を射出することによって、大気気温場に影響を与えるため、温室効果気体として地球の気候変動に基礎的に関わっている。

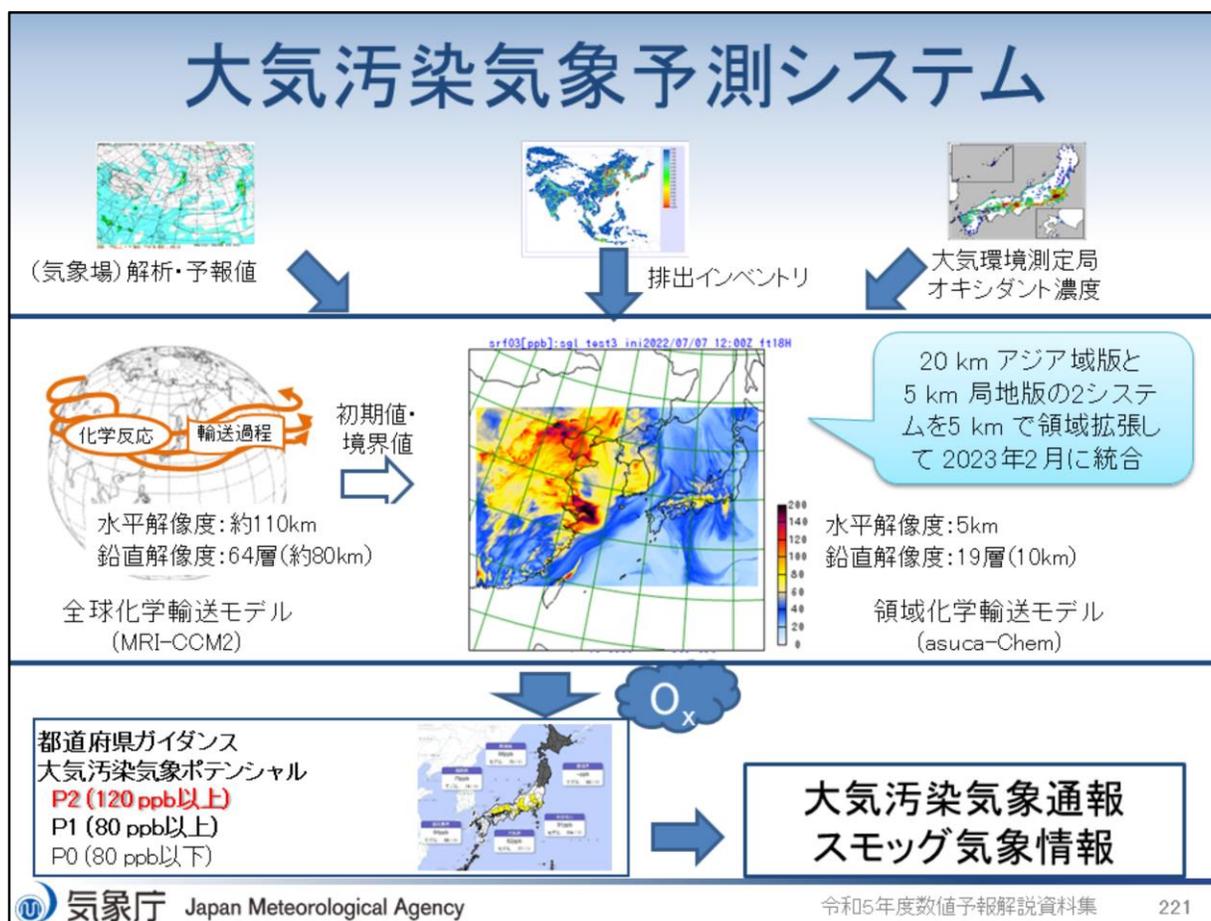
オゾンをはじめ、塩素系、臭素系、フロン類、ハロン類など大気中の微量成分気体は相互に化学反応を起こす場合があるため、これらの過程がモデルに組み込まれている。

紫外線予測システム



紫外線予測システムは紫外線情報に利用されている。本システムでは、大気大循環モデルMRI-AGCM3(Yukimoto et al. 2012)と(全球)化学輸送モデルを結合させたモデルMRI-CCM2(水平格子間隔約110 km鉛直層数64層)を用いており、即時的に利用可能な衛星データ(OMPS/NOAA-20のオゾン全量(鉛直積算量))でナッジングすることで観測情報を取り込んでいる。また、気象場はGSM解析・予測値をナッジングすることで、現実の大気場から離れないようにしている。仕様の詳細はJMA(2024)を参照されたい。

大気汚染気象予測システム



大気汚染気象予測システムは大気汚染気象予報の支援を目的としている。領域化学輸送モデルは、大気モデルasucaと組み合わせて使用しており、即時的に利用可能なオゾン濃度の地上観測データでナッジングして観測情報を取り込んでいる。また、オゾンなどの大気質の初期値・境界値を全球化学輸送モデルから与えている。仕様の詳細は、池上ほか(2015)を参照されたい。領域化学輸送モデルは、アジア域の領域化学輸送モデル(水平格子間隔20 km 鉛直層数18層)及び、東日本や西日本を対象とする高解像度版領域化学輸送モデル(水平格子間隔5 km 鉛直層数19層)の2種類があったが、2023年2月に高解像度版領域化学モデルの領域を拡張して統合した。

「2030年に向けた数値予報技術開発重点計画」では、大気汚染プロダクトの高度化のため、大気汚染物質の予測精度向上が求められている。

領域化学輸送モデルの結果は、大気汚染気象予報業務に利用される。

全球化学輸送モデルは、紫外線予測のための全球オゾン分布の予測に用いられるほか、領域化学輸送モデルの外側境界条件としても用いられる。両モデルによる、地表付近の光化学オキシダント(Ox)濃度は、ガイダンスによって大気汚染気象ポテンシャル(P0からP2)に翻訳され、大気汚染気象予報業務のための参照情報として利用されている。例えば、都道府県はP2の状態が継続すると認められる場合には光化学オキシダント注意報を発令している。

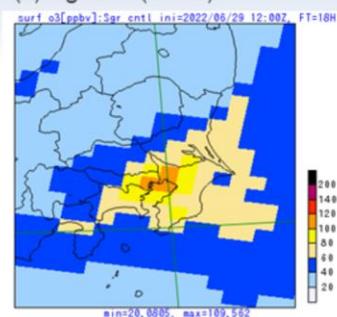
排出インベントリ emission inventory : 地表付近からの自然および人間活動起源の各化学物質の排出の量について、地域別(・季節別)に記した目録データ。化学輸送モデルの下部境界条件として用いられる。

全球解析・予測値 : 化学輸送モデル中の気象場の初期条件および予測期間中のナッジングに用いられる。

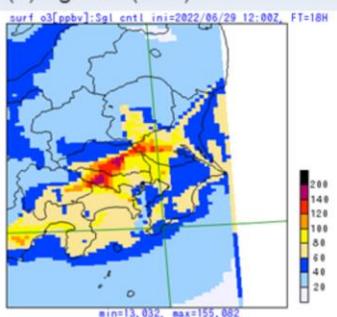
一般大気環境測定局 : 各都道府県が設置し、オゾンなど大気汚染物質の時間毎データを測定している。「そらまめくん」の愛称で環境省が取りまとめ、HPでほぼリアルタイムに公表している。

領域化学輸送モデルの統合

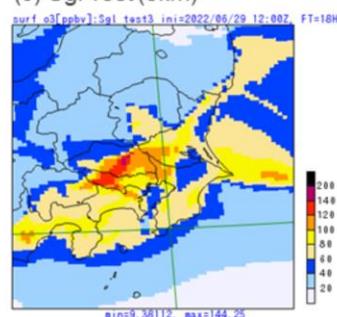
(a) Sgr Cntl (20km)



(b) Sgl Cntl (5km)



(c) Sgl Test (5km)



(d) 観測



2022年6月30日15時(JST)の地上オゾン濃度分布の18時間予測値と観測値: (a) Sgr CNTL、(b) Sgl CNTL、(c) Sgl TEST、(d) 観測値 (データは「そらまめくん」、地図の出典は「地理院タイル」)。

領域化学輸送モデルは、水平格子間隔20 kmのアジア域の領域化学輸送モデル及び、東日本や西日本を対象とする水平格子間隔5 kmの高解像度版領域化学輸送モデルを運用していたが、2023年2月に高解像度版領域化学モデルの計算領域を拡張して統合した。統合後の5 kmモデルは、統合前の20 km版モデルや5 km版モデルに対して予測精度は概ね中立であるが、スモッグ気象情報の発表がされるような顕著事例では、統合前の5 km版モデルと同等、20 km版モデルに対しては改善が見られた。

図は、関東地方でスモッグ気象情報が発表された2022年6月30日を対象とした、統合前に運用していた20 km版モデル((a)Sgr Cntl)と5 km版モデル((b)Sgl Cntl)の予測結果、領域を拡張して統合した後の5 km版モデルの予測実験((c)Sgl Test)の結果、「そらまめくん」による地上オゾン観測値((d)観測)である。Sgr Cntlの予測は観測に対して過少であるのに対して、Sgl CntlとSgl Testでは高濃度を予測している。詳細は数値予報開発センター(2023)を参照されたい。

参考文献

- 池上雅明, 鎌田茜, 中務信一, 2015: 大気汚染気象予測モデル. 量的予報技術資料(予報技術研修テキスト), 133-140.
- 池上雅明, 鎌田茜, 梶野瑞王, 出牛真, 2017: 気象庁領域大気汚染気象予測モデルへの地上オゾン観測データ同化, 測候時報, 84, 97-107.
- 数値予報開発センター, 2023: 物質循環システムの開発. 令和4年度数値予報開発センター年報, 気象庁数値予報開発センター, 133-138.
- JMA, 2024: Outline of the Operational Numerical Weather Prediction at the Japan Meteorological Agency. Japan, 262pp., (Available online at <https://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/nwp/outline2024-nwp/index.htm>).
- Yukimoto, Seiji, Yukimasa Adachi, Masahiro Hosaka, Tomonori Sakami, Hiromasa Yoshimura, Mikitoshi Hirabara, Taichu Y Tanaka, Eiki Shindo, Hiroyuki Tsujino, Makoto Deushi, and others, 2012: A new global climate model of the Meteorological Re-search Institute: MRI-CGCM3—Model description and basic performance—. Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II, 90, 23-64.