



第1章 基礎編

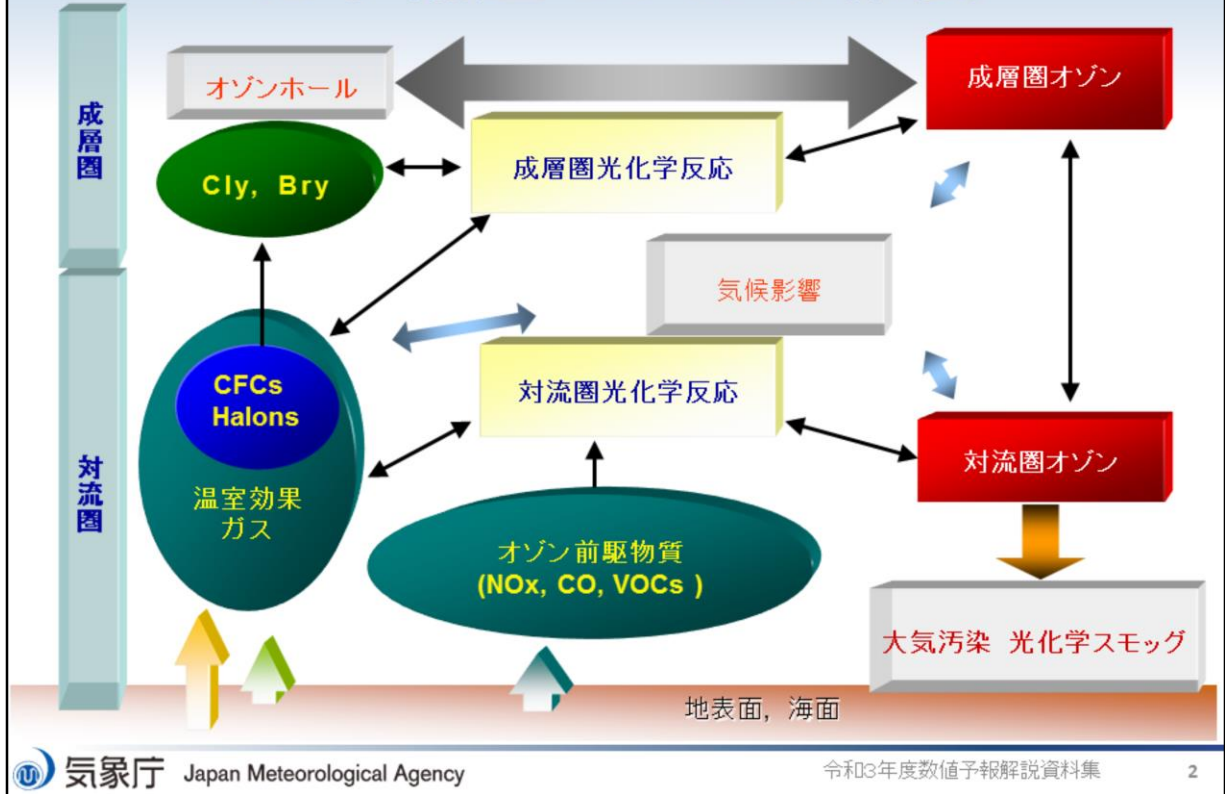
1.7.15 化学輸送モデル(全球・領域)

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

化学輸送モデルの概要



気象庁 Japan Meteorological Agency

令和3年度数値予報解説資料集

2

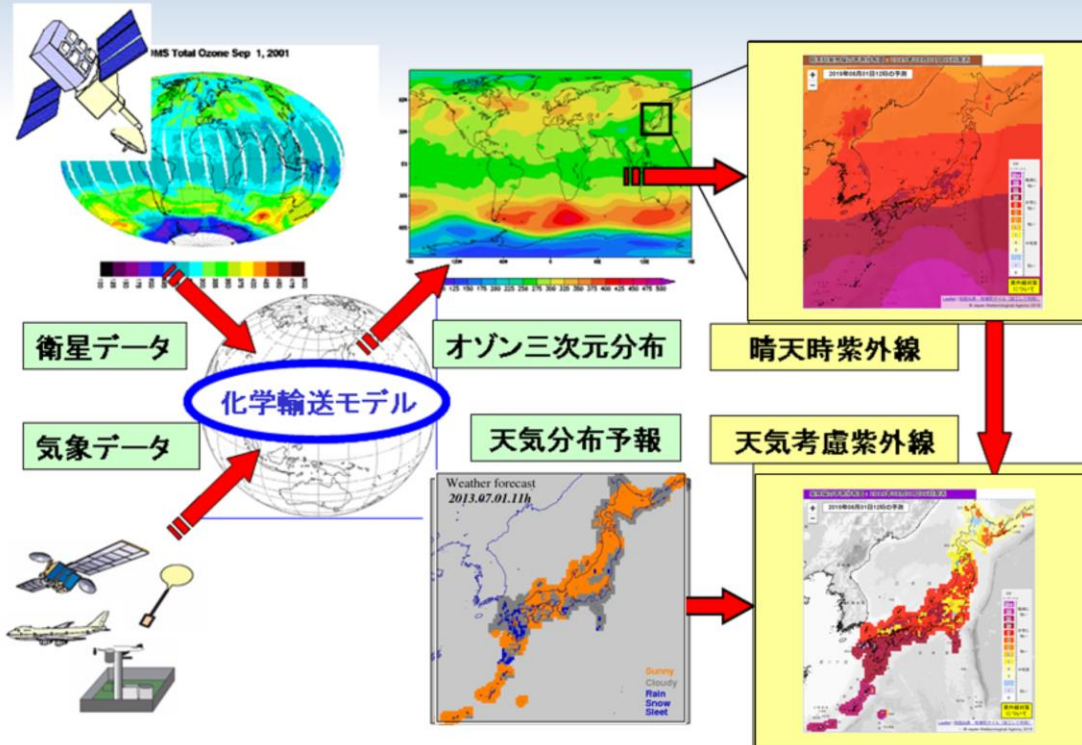
化学輸送モデルは、大気質モデル air quality model とも呼ばれる。気象庁の化学輸送モデルでは成層圏オゾンと対流圏オゾンを取り扱う。オゾンは、化学的な反応により生成・消滅を繰り返すとともに、大気の流れにより輸送される。オゾンの生成源として、成層圏のオゾン層付近の他に、地表付近の(主として人為起源の)前駆物質からの反応によるものがある(→光化学オキシダント)。

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。

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。

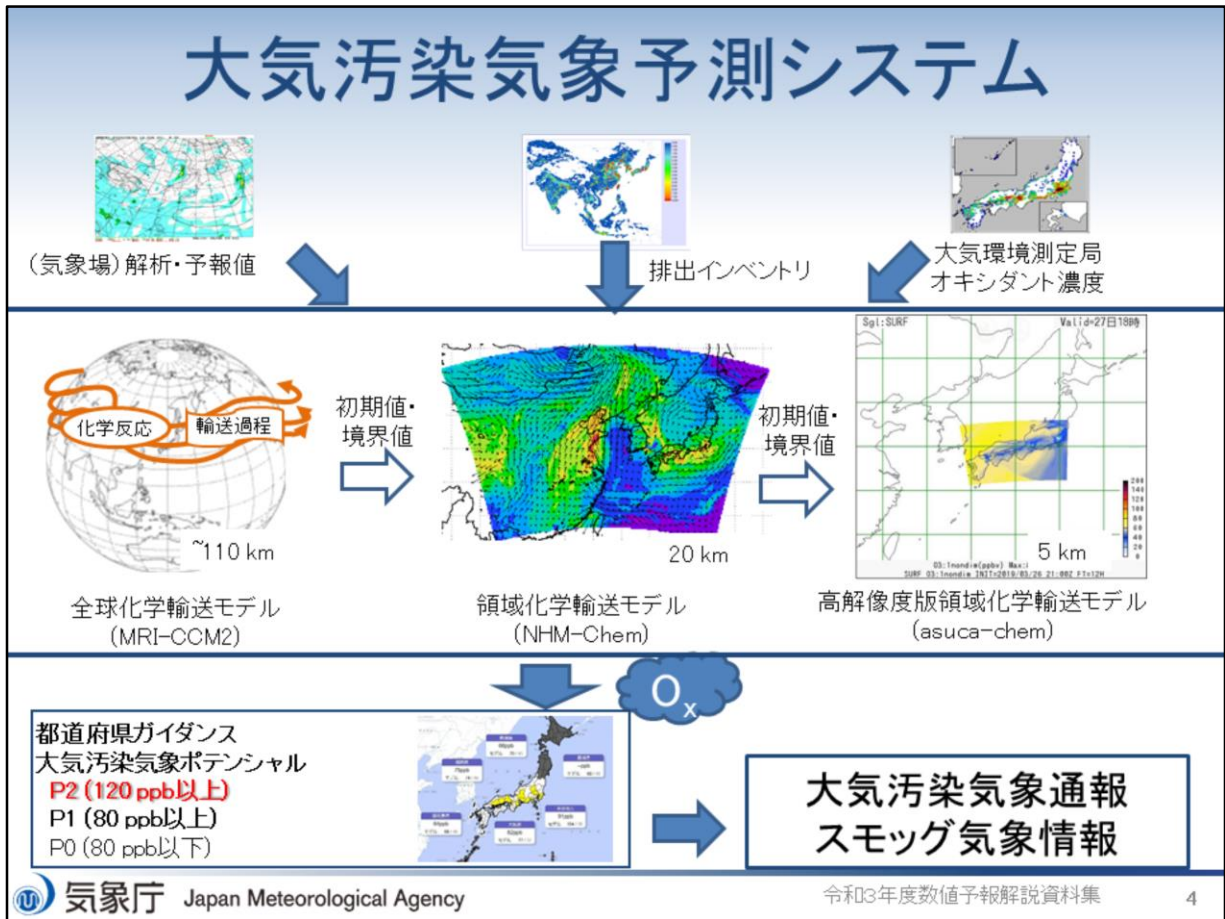
また、オゾンは太陽放射を吸収し、赤外放射を射出することによって、大気的气温場に影響を与えるため、温室効果気体として地球の気候変動に基礎的に関わっている。

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/SuomiNPP@NOAA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(2019)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。本システムのモデルは、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種類がある。領域化学輸送モデルは、大気モデルJMA-NHMと組み合わせて使用しており、即時的に利用可能な地上観測データ(オゾン濃度)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、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。高解像度版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、予報-予報サイクルで運用している。仕様の詳細について、池上ほか(2015)などを参照頂きたい。

「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、高解像度版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。

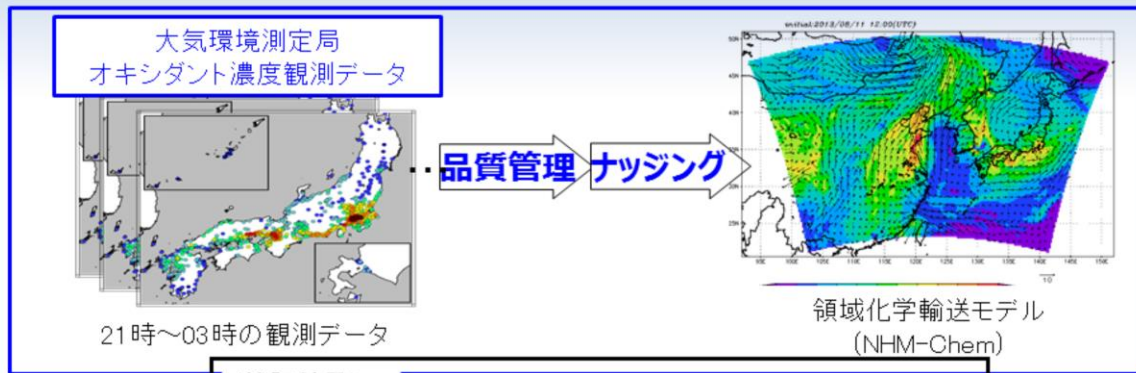
排出インベントリ emission inventory : 地表付近からの自然および人間活動起源の各化学物質の排出の量について、地域別(・季節別)に記した目録データ。

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

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。(P2->都道府県光化学オキシダント注意報)

領域化学輸送モデルにおけるデータ同化



(検証結果)

検証期間: 平成27年3月～9月

予報: 毎04～20JST 観測1時間値(日本全国)と比較

	平均誤差(ppb)	2乗平均平方根誤差(ppb)	相関係数
同化なし(予報)	8.9	15.7	0.61
同化あり(予報)	6.6	13.7	0.69

県日最大O3ガイダンス検証: 120ppb スレットスコア(平成25年～平成28年)

	同化あり	同化なし
スレットスコア	0.33	0.32

(観測値同化は夜間のみのため、日最大濃度の予測改善は大きくない)



気象庁 Japan Meteorological Agency

令和3年度数値予報解説資料集

5

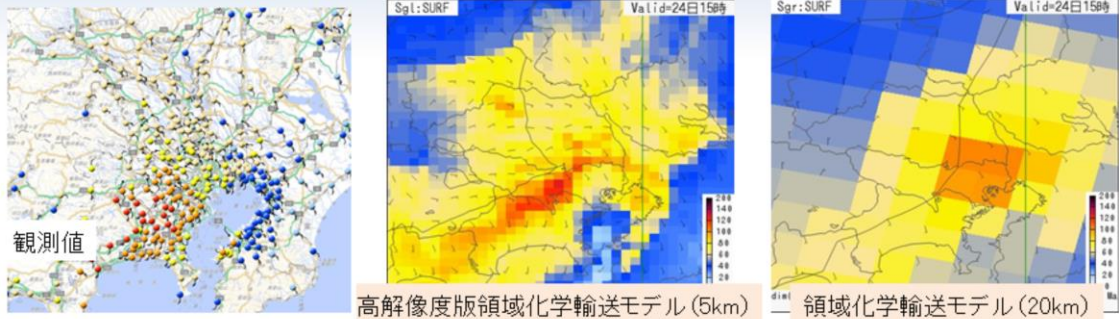
オゾン等大気汚染物質を予測する際に、過去の統計上求められた排出インベントリを地表面境界値に用いているため、即時的な現象には十分に対応できない。そこで、モデルのオゾン濃度値を観測値で修正する仕組みを、2017年3月から導入している。一般大気環境測定局で観測されたオキシダント濃度データについて、品質管理をクリアしたデータのみを、領域化学輸送モデルにナッジングで同化している。(池上ら2017)

ただし、運用の都合上、同化している観測値は夜間のみのため、日中の高濃度の予測の改善には十分ではない。今後、オゾンの前駆物質であるNO_x等の汚染物質の同化等の改善が必要である。

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(“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)

高解像度版領域化学輸送モデル

2018年7月24日15時(JST)の地上オゾン濃度分布



- 20km版 埼玉県南部が高濃度域の中心で、実況より北にずれている
- 5km版 120ppb以上の領域が東京都、神奈川県に広がっている

5km版の方が実況に近い濃度分布を予測できた

都府県別日最大値ガイダンス(42都府県分)のスレットスコア(TS)

	2019年4-5月		2018年7-9月	
	80ppb	120ppb	80ppb	120ppb
5km版	0.77	0.36	0.61	0.39
20km版	0.63	0.39	0.36	0.28

5km版の方が春季120ppb以上を除き成績がよかった



気象庁 Japan Meteorological Agency

令和3年度数値予報解説資料集

6

大気汚染は基本的には都市部を中心とした局地的な現象であり、海陸風など地形の影響を大きく受けるため、モデルの解像度を上げることで、詳細な汚染の予測が期待できる。当庁の領域化学輸送モデルの水平格子間隔は20kmと粗く、「詳細なスモッグ気象情報」の支援には不十分であった。このため、より水平格子間隔の細かいモデルの開発を進め、令和2年3月に高解像度版領域化学輸送モデルの運用を開始した。

関東地方でスモッグ気象情報が発表された2018年7月24日の事例を示す。関東地方南部を中心に地上オゾン濃度が上昇し、15時には東京都で142ppb(町田市中町)が観測された。領域化学輸送モデルは高濃度域の中心を実況より北(埼玉県南部付近)に予測したが、高解像度版領域化学輸送モデルは正しく東京都・神奈川県付近に予測するとともに、実況のような高い濃度(120ppb以上)を予測するなど、領域化学輸送モデルよりも適切な予測となっている。

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.
- JMA, 2019: Outline of the Operational Numerical Weather Prediction at the Japan Meteorological Agency. Appendix to WMO Technical Progress Report on the Global Data-processing and Forecasting Systems (GDPFS) and Numerical Weather Prediction (NWP) Research. Japan, 229pp pp., (Available online at <https://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/nwp/outline2019-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 Research Institute: MRI-CGCM3—Model description and basic performance—. Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II, 90, 23-64.