

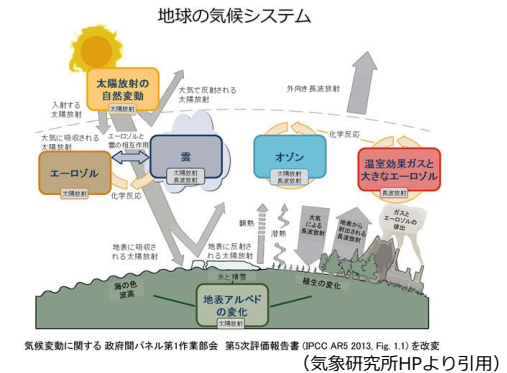
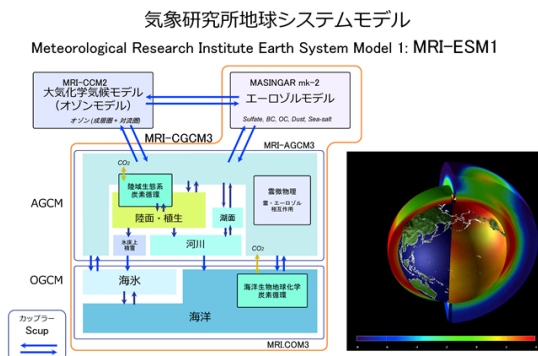


第1章 基礎編

1.4.4 物質輸送モデル

物質輸送モデルとは

- 大気中のある物質の動態を監視・予測するために、当該物質の発生・輸送・消滅過程等をシミュレートする数値モデル
- 大気化学過程から気候/気象場へのフィードバックを考慮する数値モデル（オンラインモデル）も存在
 - ・ 化学気候/気象モデル (Chemistry Climate/Meteorology Model)
 - ・ 地球システムモデル (Earth System Model)

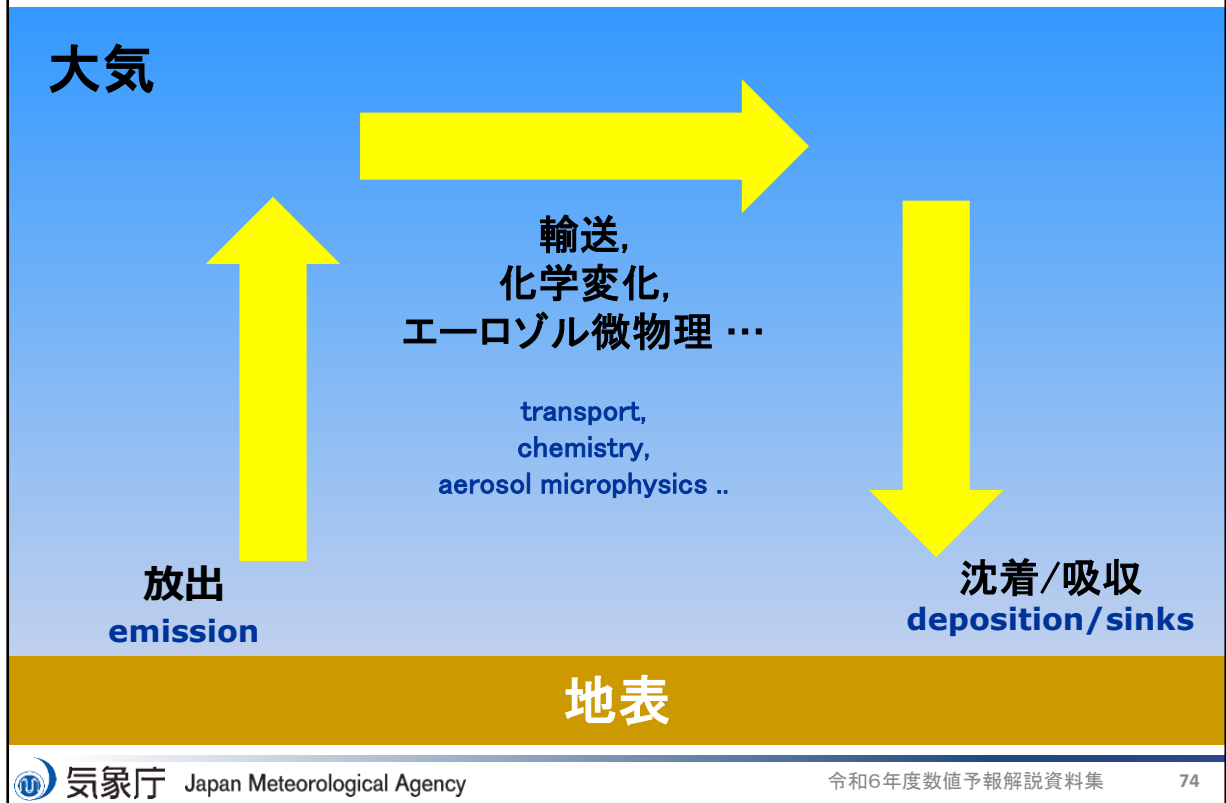


物質輸送モデルとは、大気中のある物質の動態を監視・予測するために、当該物質の発生・輸送・消滅過程等をシミュレートする数値モデルである。着目する物質の中には、大気中で化学反応を起こして変化するもの（化学物質、エアロゾルやオゾン等）もあり、これら化学過程を組み込んだ物質輸送モデルを、化学輸送モデル、大気化学モデルなどと呼ぶ。これら物質は地球の気候システムを通して数カ月先の季節予報や、より長期の気候変動に影響を及ぼす。この大気化学過程が気候・気象場に及ぼす影響を考慮する数値予報モデルが化学気候/気象モデル、地球システムモデルなどである。

化学輸送モデルは、大気質モデル air quality model とも呼ばれる。オフラインモデルでは、あらかじめ気象モデルで解かれた気象場データを、大気質モデルにインプットして予測する。オンライン(2-way)モデルでは、気象モデルと大気質モデルは一体となっており、大気微量成分の変動の影響を気象モデルは考慮することができる。

化学気候モデルとは、従来の気候モデルに化学過程を追加した大気（＋陸面、海洋）モデルである。地球システムモデルとは、化学気候モデルに加えて、陸圏から生物圏までを計算対象としたモデルである。

大気中の物質輸送過程



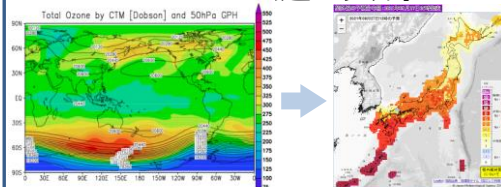
大気中の物質輸送過程は主に放出、輸送、化学変化、エーロゾル微物理等、沈着/吸収で構成される。以下に各項目について例を示す。

- ・放出(排出)の例: 砂漠からの黄砂の舞い上がり、海面付近の波しぶきに含まれる海塩粒子、人間活動による大気汚染物質(炭素性や硫黄性の化合物、NO_xなどのオキシダント誘発物質)排出
- ・輸送過程: 風による移流、大気中での拡散、重力沈降
- ・化学変化: 各種物質ごとに異なる、他の物質との化学的相互作用: 変質、消失、発生を伴う
- ・エーロゾル微物理: エーロゾル粒子の核形成(nucleation)、成長(growth)、凝集(coagulation)、除去・洗浄(deposition & scavenging)
- ・乾性沈着: 大気中粒子の地上到達、気体状物質の地表面での吸収
- ・湿性沈着: 大気中粒子・気体状物質が降水に捕捉・吸収され、地表面に到達

輸送過程の基本法則は「連続の式(質量保存の法則)」「(大気の数値予報では、運動方程式・連続の式・熱力学方程式・状態方程式が基本法則)。

当庁の主要な物質輸送モデル①

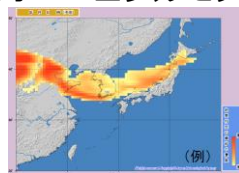
紫外線予測システム (全球化学輸送モデル)



オゾン濃度分布

分解能・領域：約110km、64層、全球
主用途：紫外線情報作成

黄砂解析予測システム (全球エアロゾルモデル)

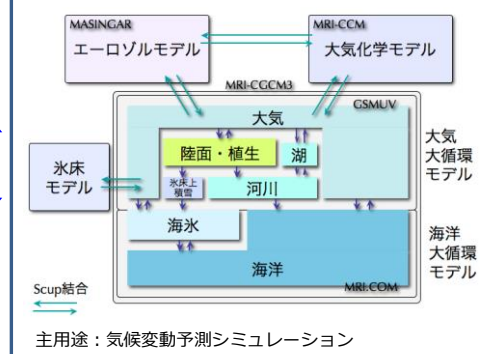


黄砂情報 (予測図) (気象庁HPより)

分解能・領域：約40km、40層、全球
主用途：黄砂予測図作成

コンポーネント
モデル

気象研究所 地球システムモデル



気象庁では、物質輸送モデルを用いて地球環境や気候に影響する黄砂、紫外線、二酸化炭素などの監視と予測を行っている。

「全球エアロゾルモデル」は、大陸などでの黄砂の舞い上がり、風による移動、雨などによる地上への降下を考慮して、大気中の黄砂の量や分布を解析・予測し、黄砂情報の作成に利用される。

「全球化学輸送モデル」は、オゾンやその変化に関わる物質の風による移動、地上への降下、化学物質や光による反応を通じた変化などを考慮して、上空や地上付近のオゾン濃度を予測し、紫外線情報の作成に利用される。

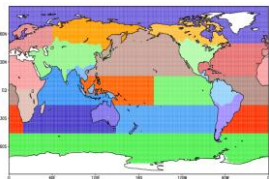
「領域化学輸送モデル」は、関連する業務の終了に伴い、2025年2月に運用を終了した。

また、全球化学輸送モデルと、全球エアロゾルモデルは、気象研究所の地球システムモデルのコンポーネントモデルとして組み込まれているものである。

当庁の主要な物質輸送モデル②

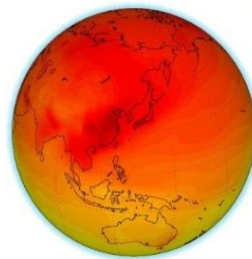
二酸化炭素輸送モデル・逆解析

分解能・領域：約110km、60層、全球
主用途：二酸化炭素分布情報作成



二酸化炭素の吸排出量を分割領域毎に解析し、それをもとに濃度分布を計算

逆解析



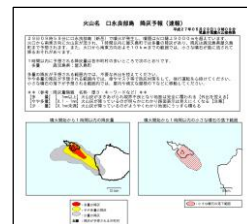
330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 (ppm)

二酸化炭素分布情報（気象庁HPより）

移流拡散モデル（ラグランジュモデル）

主用途：
降灰予報
航空路火山灰情報（VAA）
放射性物質拡散シミュレーション*

* 環境緊急対応（EER）WMO地区特別気象センター（RSMC）として、原子力発電所の事故等発生時に、国際原子力機関（IAEA）の要請に応じて、大気中に放出された有害物質の拡散予測情報を提供



降灰予報（速報）（気象庁HPより）

「二酸化炭素輸送モデル」は、世界の大気中の二酸化炭素の分布状況を図示する二酸化炭素分布情報の作成に利用される。

「移流拡散モデル」は、降灰予報や航空路火山灰情報（VAA: Volcanic Ash Advisory）、放射性物質拡散シミュレーションに利用される。