

＜特集＞各学会併設全環研集会・研究発表会

全環研研究集会（大気分野）の概要

石川県保健環境センター

全環研研究集会（大気分野）を令和5年3月8日にオンラインで開催した。

今年度は、国立環境研究所と地方環境研究所等とのⅡ型共同研究「光化学オキシダント等の変動要因解析を通じた地域大気汚染対策提言の試み」と合同で実施した。

大気汚染は、近年大幅に改善されてきているが、光化学オキシダントはいまだ環境基準が達成できない地点が大半であり、現在も大気汚染の主要な問題の一つとして残されている。このような状況に対し、今後の更なる対策に向けて、世界的に使用されている大気質モデリングシステム「CMAQ」について、その仕組みや研究例及び自治体における使用例等の講演を行った。

後半では「CMAQ」の運用にあたって課題となる、入力データの作成について、国立環境研究所が開発したツール「APOLLO」の講習会を行った。

講演の概要は以下のとおりである。

1. CMAQ について

(国立環境研究所 茶谷 聡)

大気中において汚染物質は、太陽光による生成分解、移流、粒子過程、雲での反応等さまざまな挙動をする。

大気汚染物質の一部、例えばオゾンや微小粒子状物質などは、光化学反応等により原因物質から二次的に生成される。これらの大気中での反応は、原因物質と生成物の間に非線形の関係があり、これらの濃度を下げるとの施策を考えるためには、化学輸送モデルが必要になってくる。

アメリカでは、環境基準が達成できていない地域には State Implementation Plan (SIP) が求められ、大気改善のために、化学輸送モデルによるシミュレーションを行い、対策計画による大気改善の予測をすることが必要になっており、その詳細を定めたガイドラインも作成されている。

CMAQ は粒子状、ガス状の大気汚染物質の大気中の濃

度を計算できる化学物質輸送モデルシミュレーションであり、Community Multiscale Air Quality Modeling System の略である。CMAQ は 2000 年に開発され、世界中で広く使用されており、2021 年には年間 1000 近い CMAQ を利用した研究論文が発表されている。CMAQ のソースコードは無償で配布されており、誰でも利用することができ、スパコンを使わなくても、ワークステーションで動作可能である。

CMAQ の計算については、Linux のターミナルでファイルに計算条件を書いて濃度を計算するが、これが Linux になじみのない人には敷居が高く感じられるかもしれない。国立環境研究所では、この計算の負荷を軽減するようなさまざまなツールを開発している。

CMAQ は、3次元グリッドの中で、風によって移動する物質の濃度変化や反応を計算するモデルであり、鉛直方向の拡散や沈着、排出、風による移動、熱による拡散、液相反応、ガスの反応、粒子のプロセスなどを考慮しており、大気汚染のメカニズムの解明や、大気汚染物質濃度に対する発生源の影響解析、大気汚染物質濃度と対策による濃度低減効果の予測、大気汚染物質濃度の予報、健康影響評価のための大気汚染物質濃度分布の評価に使われている。

CMAQ を用いた研究例として、国立環境研究所では環境研究総合推進費課題 5-1601 (2016～2018 年度) 「大気中の二次汚染物質に対する発生源寄与推計と対策立案に資する規範的モデルの確立」(通称「J-STREAM」) が行われており、国内の研究者が集まって計算結果を相互に比較しながら計算精度を上げる方法を検討した。

2. CMAQ 使用実例

(福岡県保健環境研究所 山村 由貴)

福岡県では、大気汚染物質、特に PM_{2.5} 及び光化学オキシダント (オゾン) の①主要発生源の推定や②対策効果の試算、③濃度予測等に CMAQ を使用している。
①主要発生源の推定

2020年8月3日に発生したPM2.5高濃度事例について、主要発生源が火山であることをCMAQで推定した。さらに、西之島、諏訪之瀬島、桜島の3つの火山について、PM2.5の前駆物質の1つであるSO₂排出量を変化させて計算することで、それぞれの火山がPM2.5濃度に与える影響を確認することができた。

②対策効果の試算

オゾンの生成は、前駆物質である窒素酸化物、揮発性有機化合物の大気中濃度に対して非線形的に変化する。そのため、効果的な削減対策を行うためには、対象エリアの窒素酸化物、揮発性有機化合物の排出量を減らした場合のオゾン濃度変化を把握しておくことが重要である。2018年夏季に、九州内で生成したオゾンによって高濃度となった事例について、効果的な対策方法を検討するために、人為起源の窒素酸化物の排出量を3割削減した計算を行った。その結果、県南部の郊外ではオゾン濃度が下がったが、都市部、工業地帯を含む県北部のエリアでは、逆に濃度が上がった。一方、人為起源の揮発性有機化合物の排出量を3割削減した場合は、県全域でオゾン濃度が下がったものの、窒素酸化物排出量を削減した場合に比べ、減少割合は低かった。なお、排出量削減による濃度減少効果は、オゾン濃度や気象条件などによって日々変動するため、自治体は日ごとの削減効果を予測し、状況に応じた対策を取ることが理想的である。

③濃度予測

福岡県では、PM2.5と光化学オキシダント濃度を3日先まで予測している。結果は毎日、県の大気担当職員に電子メールで配信し、高濃度が予測された場合は、県民に向けてSNSを使って情報発信している。

CMAQでは、オゾンやPM2.5以外の汚染物質も同時に計算している。2022年12月21日に福岡市周辺の広域で発生した異臭騒動において、臭いの原因物質と推測される硫化水素と同じ硫黄化合物である二酸化硫黄を指標として解析を行った。その結果、桜島から噴出した二酸化硫黄が北寄りの風で輸送され、異臭騒動の時間帯に福岡市周辺に到達していたことが明らかになった。このことから、硫化水素も、二酸化硫黄と同様の経路で輸送されていたと推測された。

福岡県ではこのようにCMAQを使った研究成果を行政にも活用し、地域の大气環境の改善に取り組んでいる。

3. CMAQ導入の予備知識

（石川県保健環境センター 太田 聡）

CMAQの導入においては、使用する機材の選択やCMAQのバージョン選び、インストール方法などCMAQ初心者

が頭を悩ませるさまざまな課題があり、実情を紹介する。

使用機材について、CMAQの配布等を行っているCMAS（Community Modeling and Analysis System）の作成するマニュアル（CMAQ User's Guide）ではベンチマーク推奨ハードウェア要件を記載している（8コアCPU、メモリ4GB、ストレージ400GB）。化学物質輸送モデル（CCTM）計算においては使用するCPUのコア数に処理時間がほぼ反比例する。石川県で運用する環境（12コアCPU、メモリ32G、メインストレージ2TB）では東アジア域（3Dグリッド：207×157×35）の3週間分の計算に17時間以上かかることから、日本周辺域（147×147×35）、石川県周辺域（67×67×29）においても計算を実施して1つの結果を得るのに、データの準備等も含め1週間程度は必要となっている。

CMAQの導入にはPCにLinux環境を構築する必要があるが、従来はPCにLinuxのみ導入するほか、Windows環境に仮想PCとしてLinuxを導入するなどがあった。近年ではWSL2（Windows Subsystem for Linux2）により簡易にWindows上にLinux環境を構築できるようになっている。

また、CMAQのインストールに関しては、様々なマニュアル等があり導入の手助けとなっているが、これとは別に、コンテナと呼ばれるパッケージでソフトウェアを提供するDockerというソフトによって、すでに構築されたCMAQをそのままPC上に展開する方法も考えられる。

＜プログラム＞

前半：全環研大気分野勉強会「CMAQ入門」

1. CMAQについて

（国立環境研究所 茶谷 聡）

2. CMAQ使用実例

（福岡県保健環境研究所 山村 由貴）

3. CMAQ導入の予備知識

（石川県保健環境センター 太田 聡）

後半：大気汚染シミュレーション支援システム

APOLLO 講習会

1. 推進費と支援システムの概要説明

2. 実演・実習、特に排出量データの作成

（国立環境研究所 菅田 誠治）