

J-STREAM

規範的モデル手引書付録

～大気質シミュレーションの実行方法～

2020年3月



# 目次

1 シミュレーションの流れ .....	2
1.1 シミュレーションの概要 .....	2
1.2 モデルの構成とデータ処理の流れ .....	3
1.2.1 気象モデル WRF .....	3
1.2.2 化学輸送モデル CMAQ .....	5
2 排出インベントリの変換処理 .....	7
2.1 排出インベントリの変換処理の概要 .....	7
2.2 月別配分・時刻配分 .....	8
2.3 鉛直配分 .....	8
2.4 組成分解 .....	9
2.4.1 VOC の組成分解 .....	9
2.4.2 粒子状物質の組成分解 .....	10
2.4.3 NO <sub>x</sub> 及び SO <sub>x</sub> の組成分解 .....	10
2.5 単位変換 .....	11
2.6 水平分解 .....	11
2.7 CMAQ 入力ファイル作成 .....	11
3 計算データの前処理 .....	12
4 計算の実行 .....	13
4.1 WRF の実行 .....	16
4.1.1 ディレクトリ構成 .....	16
4.1.2 WPS (Wrf Preprocessing System) .....	16
4.1.3 WRF .....	26
4.2 CMAQ の計算 .....	31
4.2.1 本計算例で用いた設定 .....	31
4.2.2 ディレクトリ構成 .....	32
4.2.3 第一領域（東アジア領域）の計算 .....	33
4.2.4 ネスティング領域（日本領域）の計算 .....	42
5 計算データの後処理 .....	49

# 1 シミュレーションの流れ

## 1.1 シミュレーションの概要

大気質シミュレーションを実施する際の手順を、J-STREAM の計算を例に説明する。

図 1-1 にシミュレーションの流れのイメージを示す。ここでは、J-STREAM 参加者にも多く用いられている化学輸送モデル CMAQ (Community Multiscale Air Quality)<sup>1</sup> と、CMAQ に対応した気象モデル WRF (Weather Research and Forecasting)<sup>2</sup> の例を示す。

大気汚染は地域内の発生源だけではなく、国外や国内の他地域で発生した大気汚染物質も影響する。このため、モデル計算は主対象地域よりも広域における汚染物質の輸送を考慮する方法を取ることが一般的である。

まず、日本の風上に当たる東アジア大陸からの越境汚染の影響を考慮するために、大陸を広く含む領域を設定し、東アジア領域の計算を行う。

次いで、主対象地域より広域の領域（日本領域）を設定し、日本国内の発生源による影響を考慮した計算を行う。この際、東アジア領域の計算結果を境界条件として取り込むことで、越境汚染の影響も考慮する。

最後に、主対象地域について地域内の発生源の影響を考慮した計算を行う。この際に日本領域の計算結果を境界条件として取り込む。このように大きな領域の影響を小さな領域に取り込むように計算すること（ネスティング）で、越境汚染、国内長距離輸送の影響を考慮することができる。

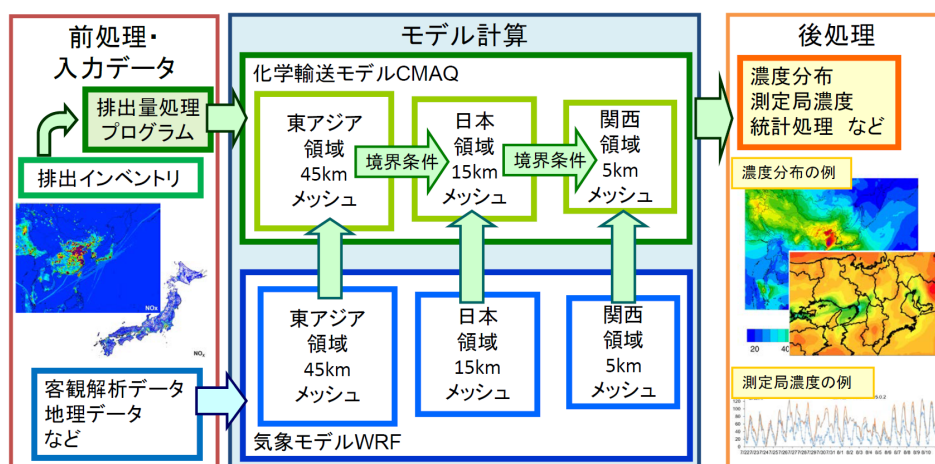


図 1-1 シミュレーションの流れの例

<sup>1</sup> 米国環境保護庁 (Environmental Protection Agency, EPA) が開発を主導する化学輸送モデル

<sup>2</sup> 米国環境予測センター (National Centers for Environmental Prediction, NCEP)、米国大気研究センター (National Center for Atmospheric Research, NCAR) などで共同開発されている非静力学数値モデル

## 1.2 モデルの構成とデータ処理の流れ

### 1.2.1 気象モデル WRF

WRF モデリングシステムのフローチャートを図 1-2 に示す。WRF モデリングシステムは、本体である ARW MODEL のほか、入力データとなる地理データやグリッドデータを処理する WPS、データ同化システム WRFDA や RIP4 などの可視化ソフトなどから構成される。基本的な大気質シミュレーションに使用するのは、図 1-2 の赤破線内の部分である。

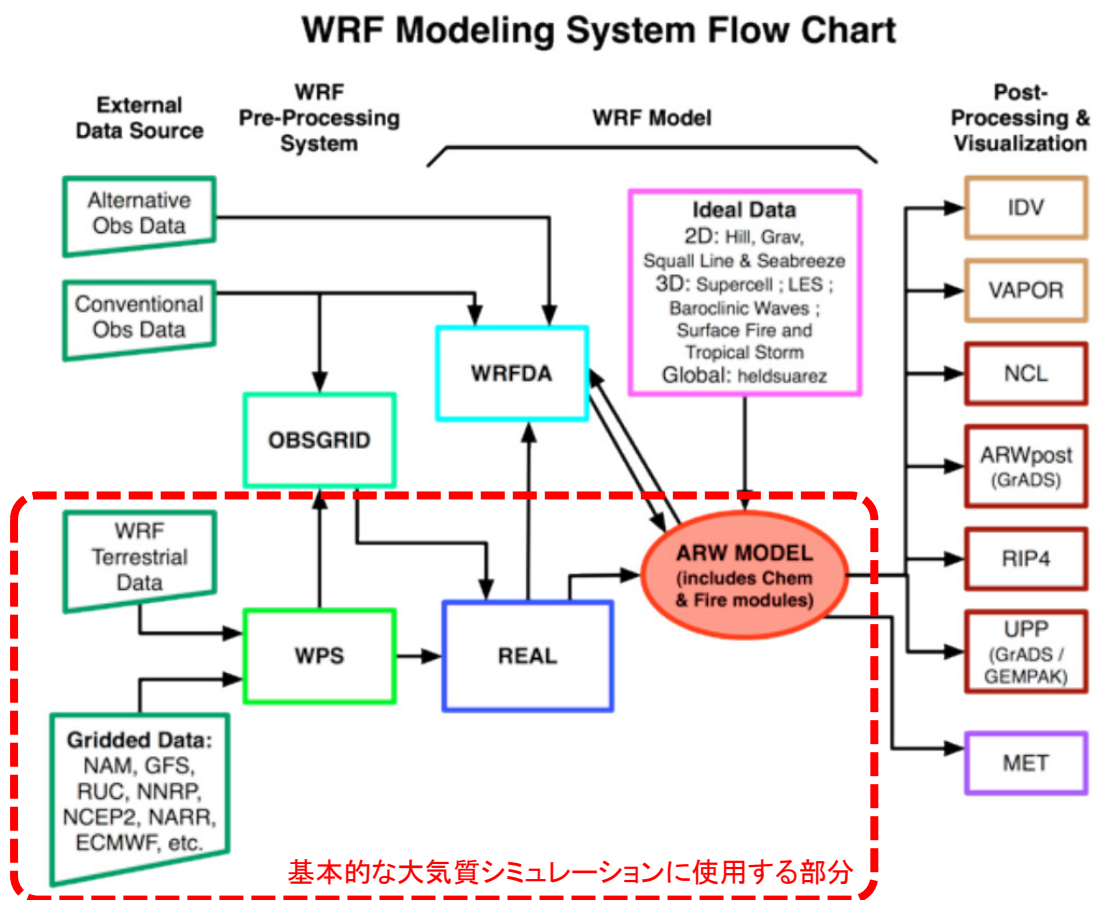


図 1-2 WRF Ver.3 のシステムのフローチャート(WRF ユーザーズガイド<sup>3</sup>の図に加筆)

<sup>3</sup> WRF-ARW Version 3 Modeling System User's Guide (2013),

[http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/user\\_guide\\_V3.5/ARWUsersGuideV3.pdf](http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/user_guide_V3.5/ARWUsersGuideV3.pdf)  
(2018.8.31 アクセス)

WRFにおけるデータ処理の流れの概要を図 1-3 に、各プログラムの役割を表 1-1 に示す。

WRF モデルでは WPS (WRF Preprocessing System) において入力データを変換し、初期値・境界値を作成する準備を行う。WPS では、まず、geogrid.exe (図 1-3、表 1-1 の①) で計算領域を決定し、地理データを作成する。次に ungrib.exe (同②) で各種気象要素の格子点データを中間ファイルと呼ばれるバイナリデータに変換する。続いて、metgrid.exe (同③) で geogrid.exe および ungrib.exe で変換したデータを結合し、real.exe (同④) でこれらのデータを元に初期値・境界値を作成する。最後に wrf.exe (⑤) でモデル計算を実行する。計算された各時刻の気象要素の格子点データはファイル (wrfout) に出力される。

なお、図 1-3 における namelist.wps は WPS 用の、namelist.input は real.exe と wrf.exe 用の namelist ファイルで、領域などの計算設定を記述する。

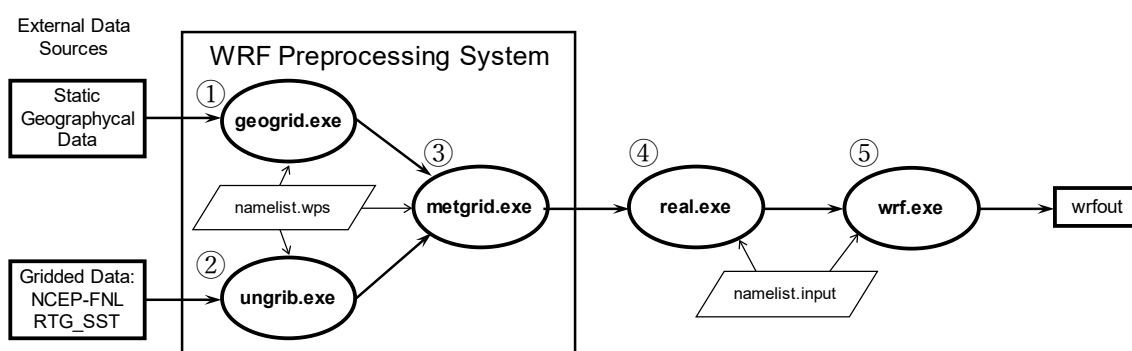


図 1-3 WRF のデータの流れ(WRF ユーザーズガイドの図に加筆)

表 1-1 各プログラムの役割

プログラム名	役割
① geogrid.exe	計算領域を決定し、地形や土地利用などの情報を含む地理データファイルを作成する
② ungrib.exe	Grib 形式の入力データを中間ファイルに変換する
③ metgrid.exe	各種中間ファイルを計算領域の格子点に水平内挿し、その結果を地理データファイルと結合し、real.exe (④) で使用するデータを作成する
④ real.exe	wrf.exe (⑤) 用の初期値・境界値を作成する
⑤ wrf.exe	気象モデル計算を実行し、結果を出力する

## 1.2.2 化学輸送モデル CMAQ

化学輸送モデル CMAQ は複数のプログラム群で構成されている。各プログラムの関係を図 1-4 に、各プログラムの役割を表 1-2 に示す。基本的な大気質シミュレーションの実行に用いる CMAQ プログラムは、CCTM を中心に、MCIP、ICON、BCON から成り立つ（図 1-4 の緑の背景内）。また、大気質シミュレーションには排出量データと気象データが必要となるため、排出量処理プログラム（Emissions Processor）と気象モデルでそれらを作成する（図 1-4 の青い四角）。

大気質シミュレーションの際は、まず、MCIP（図 1-4、表 1-2 の③）に気象モデル（同①）の出力ファイルを入力し、CCTM（同⑥）に入力する気象データファイルを作成する。MCIP では、前述の気象モデル WRF の出力が入力可能である。

排出量処理プログラム<sup>4</sup>（同②）では、各種大気汚染物質がいつ、どこから、どれだけの量、排出されるか処理し、CCTM の入力ファイルを作成する。気象による排出量の増減を考慮する場合、MCIP の出力を使用する（青色の矢印）。

ICON（同④）ではシミュレーションの初期時刻の濃度場が、BCON（同⑤）では側面境界濃度場が作成される。

赤色の矢印は、CCTM に入力するデータの流れを示す。CCTM は、排出量ファイル、気象ファイル、初期濃度場ファイル、側面境界濃度場ファイルを入力値とし、大気汚染物質の排出、水平・鉛直方向の移流・拡散、各種化学反応、沈着を考慮して、ある時刻における濃度場や沈着量を計算してファイルに出力する。

緑色の矢印は、ネスティングによるシミュレーションの際のデータの流れを示している。親領域の CCTM の出力ファイルは、ICON、BCON を通して子領域の初期濃度場と側面境界濃度場として利用される。

---

<sup>4</sup> 排出量処理プログラムとしては、SMOKE (Sparse Matrix Operator Kerner Emissions) Modeling System の利用が想定されている。しかし、SMOKE の入力データはきわめて詳細な情報を必要とし、北米以外に適用するのは難しく、排出量処理プログラムを自作して対応するのが一般的（速水、2011）である。J-STREAM では自作の排出量処理プログラムを使用している。

速水洋：大気モデル—第 3 講 広域輸送モデル—，大気環境学会誌，46，A1-A5 (2011)。

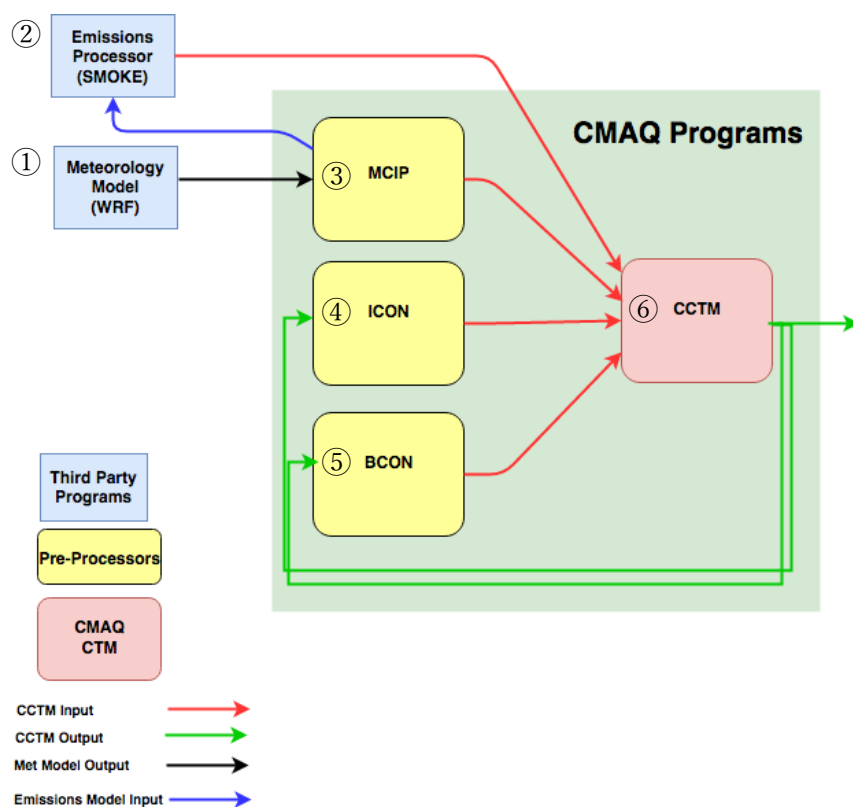


図 1-4 CMAQ の各プログラムと関連ツールの関係 (CMAQ 操作ガイド<sup>5</sup>の図に加筆)

表 1-2 各プログラムの役割

プログラム名	役割
① 気象モデル (WRF)	気象場を計算する
② 排出量処理プログラム	大気汚染物質の排出量ファイルを作成する
③ MCIP (Meteorology-Chemistry Interface Processor)	気象モデルの出力ファイルを加工し、CCTM の入力ファイルを作成する
④ ICON (Initial CONditions processors)	初期濃度場ファイルを作成する
⑤ BCON (Boundary CONditions processors)	側面境界濃度場ファイルを作成する
⑥ CCTM (CMAQ Chemistry-Transport Model)	大気中に排出された大気汚染物質の濃度と沈着量を計算、出力する

<sup>5</sup> CMAQv5.0 Operational Guidance (2012), [https://www.airqualitymodeling.org/index.php/CMAQ\\_version\\_5.0\\_\(February\\_2010\\_release\)\\_OGD](https://www.airqualitymodeling.org/index.php/CMAQ_version_5.0_(February_2010_release)_OGD) (2018.8.31 アクセス)

## 2 排出インベントリの変換処理

### 2.1 排出インベントリの変換処理の概要

排出量インベントリを大気質シミュレーションに利用する際には、シミュレーション設定に合わせてデータを変換する必要がある。発生源別・物質別の年間排出量メッシュデータとして整備された排出インベントリを想定し、排出インベントリを化学輸送モデルCMAQの入力ファイルに変換する際に一般的に必要となる処理について記述する。

排出インベントリの変換フローを図 2-1 に示す。各変換処理について、次節以降に記述する。

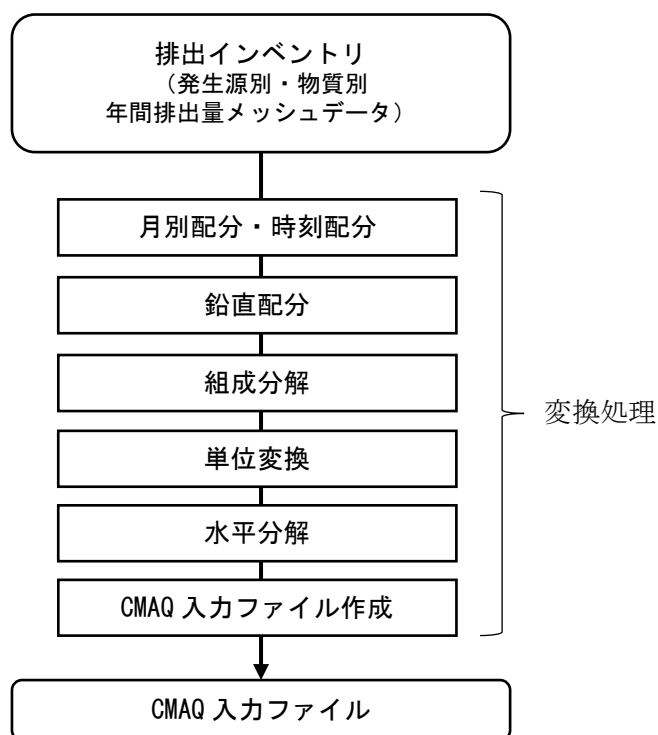


図 2-1 排出インベントリの変換フロー



## 2.2 月別配分・時刻配分

CMAQ に入力する排出量データの時間間隔は 1 時間であるため、1 時間毎の排出量を把握する必要がある。例えば年間排出量データが得られている場合は、発生源カテゴリ毎の月別・時刻別の活動量（燃料消費量など）を考慮した配分係数を作成し、排出量に掛け合わせることで、月別配分・時刻配分を行う。

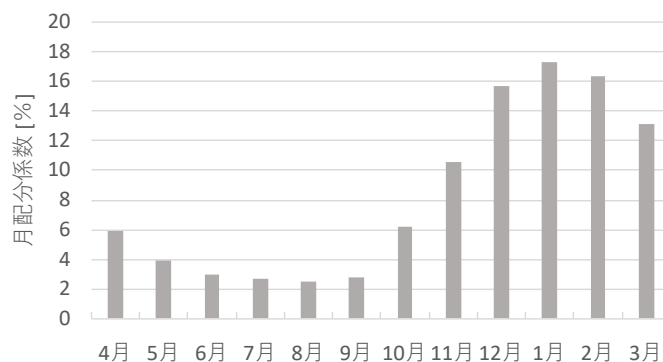


図 2-2 家庭(灯油)の月別配分係数の例(石油エネルギー技術センター 2012<sup>6</sup>より)

## 2.3 鉛直配分

発生源からの大気汚染物質は、CMAQ の最下層の格子から排出させることが一般的だが、発電所の煙突のように地表面から離れた位置から排出される発生源については、排出量の高度分布を考慮する必要がある。発生源カテゴリ毎の煙突高さ等の情報から鉛直方向の配分係数を作成し、排出量に掛け合わせることで、鉛直配分を行う。

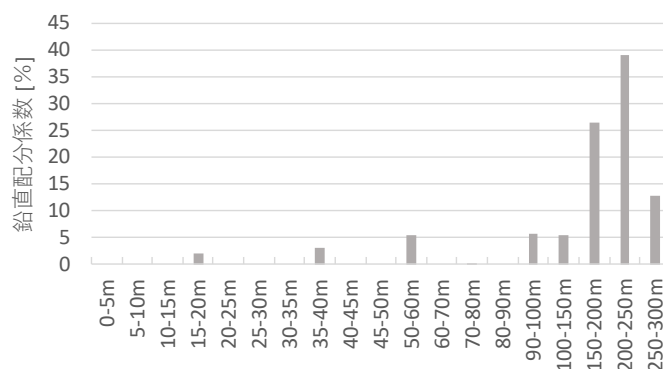


図 2-3 電気業の鉛直配分係数の例(石油エネルギー技術センター 2012<sup>6</sup>より)

<sup>6</sup> 石油エネルギー技術センター：JATOP 技術報告書 大気改善研究 自動車以外排出量推計. JPEC-2011AQ-02-07. (2012).

## 2.4 組成分解

VOC、粒子状物質、NO<sub>x</sub> 及び SO<sub>x</sub> については、排出インベントリにおける成分と CMAQ のモデル物質が一致していないことが多い（例：排出インベントリの NO<sub>x</sub> = CMAQ の NO<sub>2</sub> + NO）。そのため、CMAQ で用いられるモデル物質に合わせて組成配分を行う必要がある。

### 2.4.1 VOC の組成分解

VOC は成分によって反応性が異なるため、大気質シミュレーションにおいては成分別の排出量を把握することが重要となる。また、CMAQ においては、使用する気相反応メカニズムに応じて、類似した特性（反応性など）を持つ VOC 成分がひとつのモデル物質にまとめて取り扱われている。例えば気相反応メカニズムに SAPRC07 を用いる場合、n-ブタンやイソブタンは ALK3 に、n-ペンタンやイソペンタンは ALK4 というモデル物質に分類される（図 2-4）。このため、排出インベントリにおける VOC 排出量を各モデル物質に割り当てる必要がある。

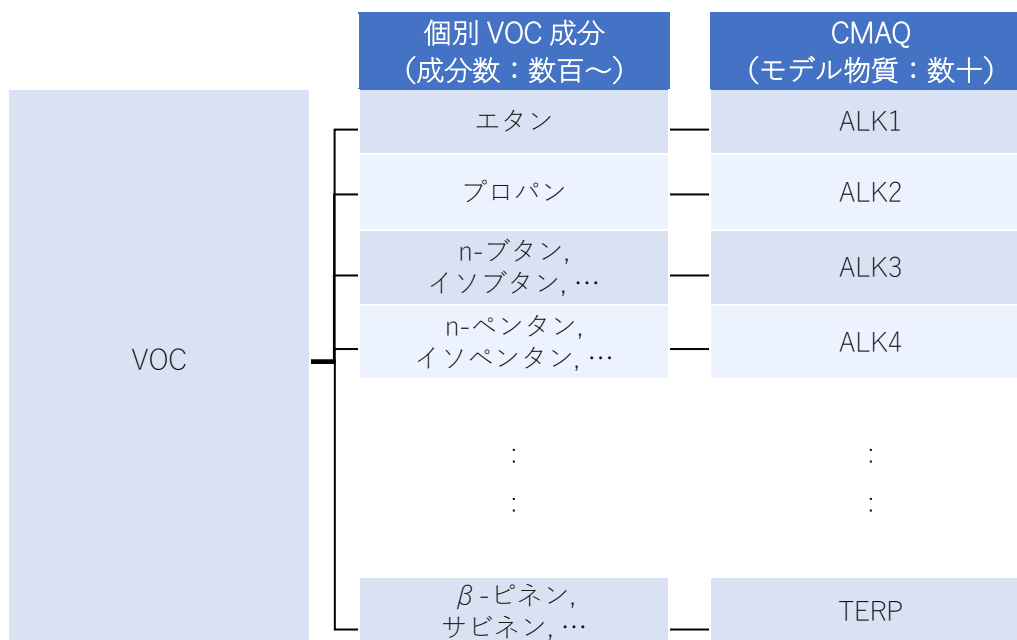


図 2-4 VOC と個別 VOC 成分、及び各モデル物質(SAPRC07)の対応関係

排出インベントリにおいて個別 VOC 成分の排出量が準備されている場合、下記データベース等を参照し、個別 VOC 成分をモデル物質に割り当てて、組成分解を行う。

Development of an Improved Chemical Speciation Database for Processing Emissions of Volatile Organic Compounds for Air Quality Models

<https://www.engr.ucr.edu/~carter/emitdb/>

排出インベントリにおいて VOC が VOC 総量として準備されている場合で、使用する気相反応メカニズムに対応した組成プロファイル (VOC 総量を各モデル物質に分解するための配分係数の一覧) が存在する場合には、その組成プロファイルを使用して組成分解を行う。組成プロファイルが存在しない場合は、まず、発生源毎に別途個別 VOC 成分のプロファイルを用意して個別 VOC 成分への分解を行い、その後、個別 VOC 成分をモデル物質に割り当てて、組成分解を行う。

#### 2.4.2 粒子状物質の組成分解

粒子状物質についても、排出インベントリは総量で準備されていることが多い。一方、CMAQ においては、使用するエアロゾル化学反応メカニズムに応じて、モデル物質別の排出量を考慮する必要がある。例えばエアロゾル化学反応メカニズムに AER06 を用いる場合、粗大粒子は PMC に、微小粒子は PEC (元素状炭素)、POC (有機炭素) などの 18 のモデル物質に分類される。このため、発生源カテゴリ毎に、モデル物質毎の配分係数を作成・適用し、組成分解を行う。

#### 2.4.3 NO<sub>x</sub> 及び SO<sub>x</sub> の組成分解

排出インベントリにおいて窒素酸化物が NO<sub>x</sub> 総量として準備されている場合、組成分解を行う必要がある。また、硫黄酸化物排出量のほとんどは一般的に SO<sub>2</sub> であるが、SO<sub>2</sub> のほかに硫酸ガスが含まれている場合には、組成分解を行う必要がある。NO<sub>x</sub> はモデル物質の NO と NO<sub>2</sub> に、SO<sub>x</sub> は SO<sub>2</sub> と SULF (硫酸) にそれぞれ分解する。VOC や粒子状物質と同様に、発生源カテゴリ毎に、モデル物質毎の配分係数を作成・適用し、組成分解を行う。

NO<sub>x</sub> 排出量は通常、NO<sub>2</sub> に換算した重量で算出されている。そのため、NO<sub>x</sub> 排出量からモデル物質の NO を算出する際には、分子量を考慮した換算が必要となる (NO<sub>2</sub> 換算の NO<sub>x</sub> 排出量を 30/46 倍し、NO 排出量に換算する。30:NO の分子量、46 : NO<sub>2</sub> の分子量)<sup>7</sup>。

SO<sub>x</sub> 排出量についても NO<sub>x</sub> と同様に通常、SO<sub>2</sub> に換算した重量で算出されている。このため、SO<sub>x</sub> 排出量からモデル物質の SULF を算出する際には、分子量を考慮して換算を行う (SO<sub>2</sub> 換算の SO<sub>x</sub> 排出量を 98/64 倍し、SULF 排出量に換算する。98:SULF の分子量、64 : SO<sub>2</sub> の分子量)<sup>8</sup>。

---

<sup>7</sup> 森川多津子：大気モデル—第 1 講 排出インベントリ—，大気環境学会誌，45，A75-A82 (2010)。

<sup>8</sup> Possiel et al. : Development of an Anthropogenic Emissions Inventory for Annual Nationwide Models-3/CMAQ Simulations of Ozone and Aerosols, 10th International Emission Inventory Conference, (2001).

<https://www3.epa.gov/ttnchie1/conference/ei10/modeling/possiel.pdf> (2019.1.23 アクセス)

## 2.5 単位変換

CMAQ に入力する排出量データの単位は、単位時間当たりの排出量（ガス状物質：mol/s、粒子状物質：g/s）であるため、単位変換を行う。

## 2.6 水平分解

排出インベントリのメッシュとシミュレーション格子は一致していないことが普通である。シミュレーション格子毎の排出量データとなるように水平分解を行う。

## 2.7 CMAQ 入力ファイル作成

CMAQ に入力する排出量ファイルは、シミュレーション格子毎、モデル物質毎、時刻毎の排出量のデータが収録された、ひとつの netCDF 形式のファイルである必要がある。発生源毎の排出量を合算し、CMAQ 入力ファイルを作成する。

### 3 計算データの前処理

J-STREAM では、排出インベントリデータに 2 章で述べた変換を施し CMAQ への入力ファイルを作成するツールとそのために必要となる係数類、ならびに複数の排出量入力ファイルを 1 つにまとめるツールが用意されている。詳細は以下のウェブサイトを参照されたい。

<https://www.nies.go.jp/chiiki/jstream.html>

## 4 計算の実行

Linux OS の計算機において気象モデル WRF と化学輸送モデル CMAQ を使用した場合を例として、大気質シミュレーションを実行する際の手順を説明する。実行例には WRFv3. 5. 1 (2013 年 9 月公開) 及び CMAQv5. 0. 1 (2014 年 4 月公開) を用いている。なお、設定などに関する詳細な情報や、モデルのコンパイル方法については、ユーザズガイド<sup>9, 10</sup>やユーザー向けサイト<sup>11</sup>を参照されたい<sup>12</sup>。

以下に 1 章に掲載した WRF 及び CMAQ のプログラム間のデータの流れと各プログラムの役割を記述した図表を再掲する (図 4-1、表 4-1、図 4-2、表 4-2)。WRF については、① geogrid. exe～⑤ wrf. exe の一連の手順を説明する。CMAQ については、WRF で作成された気象場ファイルと排出量処理プログラムで作成された排出量ファイルは作成済みである想定で、③ MCIP～⑥ CCTM を実行する手順を説明する。

---

<sup>9</sup> WRF-ARW Version 3 Modeling System User's Guide (2013),  
[http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/user\\_guide\\_V3.5/ARWUsersGuideV3.pdf](http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/user_guide_V3.5/ARWUsersGuideV3.pdf)  
(2018.8.31 アクセス)

<sup>10</sup> CMAQ v5.0 Operational Guidance  
[https://www.airqualitymodeling.org/index.php/CMAQ\\_version\\_5.0\\_\(February\\_2010\\_release\)\\_OGD](https://www.airqualitymodeling.org/index.php/CMAQ_version_5.0_(February_2010_release)_OGD) (2018.8.31 アクセス)

<sup>11</sup> WRF Model Users' Page <http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/> (2018.8.31 アクセス)

<sup>12</sup> WRF をコンパイルする際にデフォルトの設定を用いた場合、CMAQ で使用される一部変数 (LANDUSEF など) がシミュレーションの出力ファイル (wrfout ファイル) に出力されない。それらの変数を出力するために、下記 URL を参照の上、WRF の Registry ファイルを編集してコンパイルすることが望ましい。

[https://www.cmascenter.org/help/model\\_docs/mcip/4.3/FAQ](https://www.cmascenter.org/help/model_docs/mcip/4.3/FAQ) (2018.8.31 アクセス)

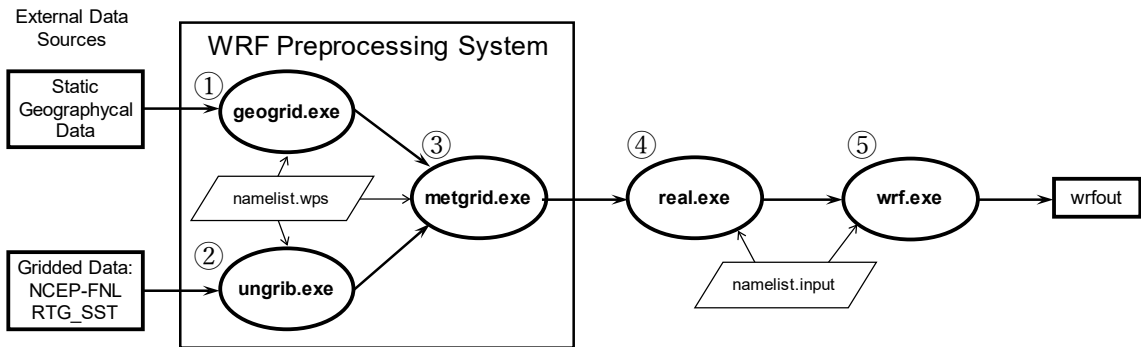


図 4-1 WRF のデータの流れ(WRF ユーザーズガイドの図に加筆)

表 4-1 各プログラムの役割

プログラム名		役割
①	geogrid.exe	計算領域を決定し、地形や土地利用などの情報を含む地理データファイルを作成する
②	ungrib.exe	Grib 形式の入力データを中間ファイルに変換する
③	metgrid.exe	各種中間ファイルを計算領域の格子点に水平内挿し、その結果を地理データファイルと結合し、real.exe (④) で使用するデータを作成する
④	real.exe	wrf.exe (⑤) 用の初期値・境界値を作成する
⑤	wrf.exe	気象モデル計算を実行し、結果を出力する

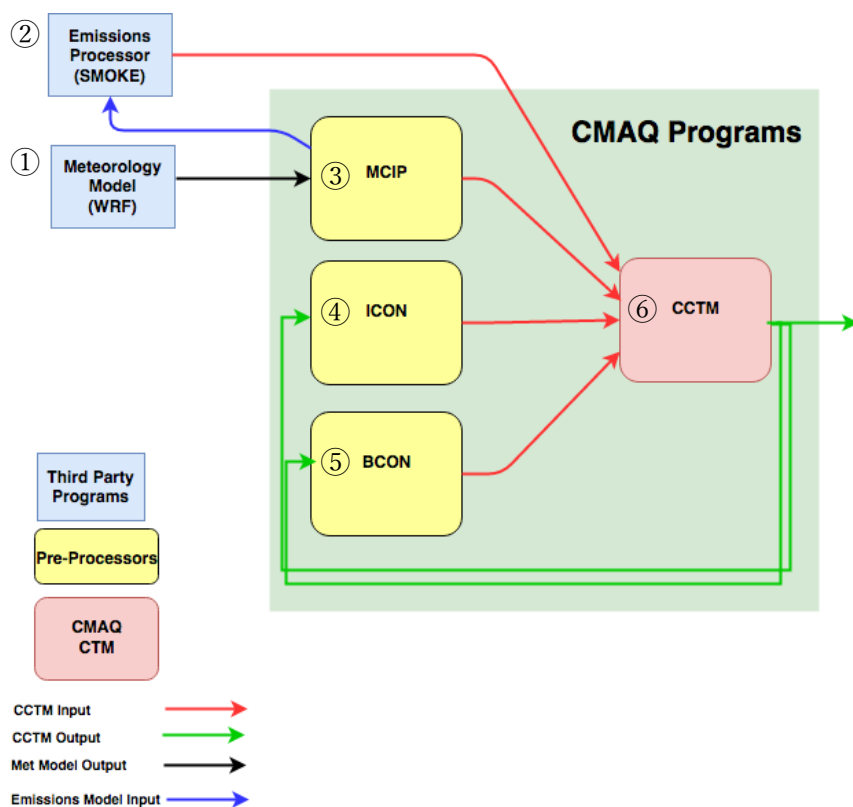


図 4-2 CMAQ の各プログラムと関連ツールの関係(CMAQ 操作ガイドの図に加筆)

表 4-2 各プログラムの役割

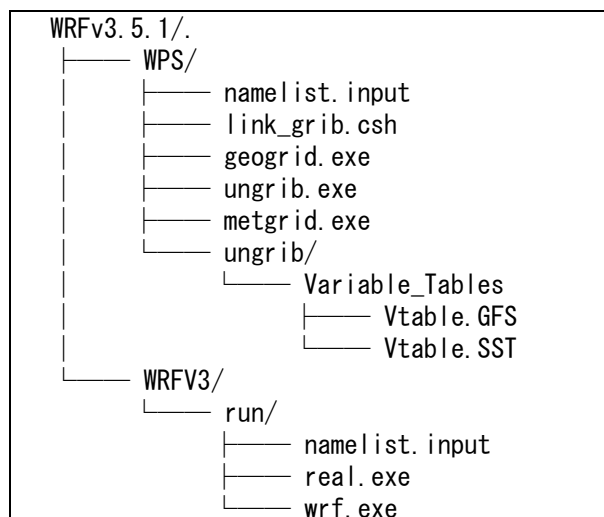
プログラム名	役割
① 気象モデル (WRF)	気象場を計算する
② 排出量処理プログラム	大気汚染物質の排出量ファイルを作成する
③ MCIP (Meteorology-Chemistry Interface Processor)	気象モデルの出力ファイルを加工し、CCTM の入力ファイルを作成する
④ ICON (Initial CONditions processors)	初期濃度場ファイルを作成する
⑤ BCON (Boundary CONditions processors)	側面境界濃度場ファイルを作成する
⑥ CCTM (CMAQ Chemistry-Transport Model)	大気中に排出された大気汚染物質の濃度と沈着量を計算、出力する



## 4.1 WRF の実行

### 4.1.1 ディレクトリ構成

WRF は主に下記ディレクトリから構成される (他にもファイルは存在するが、簡略化のため、省略している)。



### 4.1.2 WPS (Wrf Preprocessing System)

入力データとなる地理データやグリッドデータを処理する WPS では、以下の作業を実行する。

- (1) 地理データファイルの作成 (geogrid.exe)
- (2) 各種中間ファイルの作成 (ungrid.exe)
- (3) WRF 用入力ファイルの作成 (metgrid.exe)

まず、作業ディレクトリ「WPS」に移動する。

```
$ cd WRFv3.5.1/WPS/
```

## (1) 地理データファイルの作成

計算領域を決定し、地形や土地利用などの情報を含む地理データファイルを作成する。

### ①. 設定ファイルおよび入力データ

namelist.wps に領域の位置、格子数などの計算設定を記述する。また、入力データとして地理データを準備する。基本的な地理データは WRF Users Page<sup>13</sup>からダウンロードが可能である。

設定ファイル : namelist.wps

入力データ : geog (地理データ)

「namelist.wps」ファイルを設定する (下記「namelist.wps」の例の黄色項目)。

namelist.wps には基本的に4つの項目 (&share、&geogrid、&ungrib、&metgrid) が存在するが、地理データファイルの作成 (geogrid.exe) に使用されるのは&share の一部及び&geogrid部分のみである。各項目の詳細は WRF ユーザーズガイドの「Description of the Namelist Variables」に記載されている。11行目の「parent\_id」のように複数の数値が設定されている項目は、基本的に、一列目が第一領域、二列目が第二領域の設定である。下記の例では4領域の作成を設定している (max\_dom=4) ため、4列を設定している。

「namelist.wps」の例

```
1 &share
2 wrf_core = 'ARW',
3 max_dom = 4,
4 start_date = '2017-04-29_00:00:00', '2017-04-29_00:00:00', '2017-04-29_00:00:00', '2017-04-29_00:00:00', '2017-
04-29_00:00:00',
5 end_date = '2017-04-30_00:00:00', '2017-04-30_00:00:00', '2017-04-30_00:00:00', '2017-04-30_00:00:00', '2017-
04-30_00:00:00',
6 interval_seconds = 21600
7 io_form_geogrid = 2,
8 /
9
10 &geogrid
11 parent_id = 1, 1, 2, 2,
12 parent_grid_ratio = 1, 3, 3, 3,
13 i_parent_start = 1, 110, 60, 89,
14 j_parent_start = 1, 62, 58, 62,
15 e_we = 220, 154, 82, 64,
16 e_sn = 170, 160, 61, 70,
17 geog_data_res = 30s, '30s', '30s', '30s',
```

<sup>13</sup>. 地理データダウンロードページ

[http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/download/get\\_sources\\_wps\\_geog\\_V3.html](http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/download/get_sources_wps_geog_V3.html)  
(2018.12.28 アクセス)

```

18 dx = 45000,
19 dy = 45000,
20 map_proj = 'lambert',
21 ref_lat = 34.0,
22 ref_lon = 123.8,
23 truelat1 = 30.0,
24 truelat2 = 60.0
25 stand_lon = 139.8,
26 geog_data_path = './geog'
27 /
28
29 &ungrib
30 out_format = 'WPS',
31 !prefix = 'FNL',
32 prefix = 'rtg_sst_hr'
33
34 /
35
36 &metgrid
37 fg_name = 'FNL', 'rtg_sst_hr'
38 io_form_metgrid = 2,
39 /

```

## ②. プログラムの実行

「namelist.wps」と地理データを準備後、「geogrid.exe」プログラムを実行する。以下に実行コマンドと実行後の出力ファイルを示す。

geo\_em.d0N.nc (N=1~4、領域番号) は作成された地理データファイル、geogrid.log はログファイルである。「namelist.wps」の例で4領域を設定している (max\_dom=4 など) ため、4つの地理データファイルが作成されている。地理データファイルはmetgrid.exe 及びCMAQのMCIPの入力データとして用いられる。

```

$ ./geogrid.exe
$ ls -l
-rw-rw-r-- 1 4783288 geo_em.d01.nc
-rw-rw-r-- 1 2276213 geo_em.d02.nc
-rw-rw-r-- 1 773807 geo_em.d03.nc
-rw-rw-r-- 1 628030 geo_em.d04.nc
-rw-rw-r-- 1 37521 geogrid.log

```

## (2) 各種中間ファイルの作成

大気データと海面水温データの間中ファイルを作成する。今回は大気データとして NCEP Final Analysis (FNL)を、海面水温データとして NCEP の RTGSST\_HR データを使用した例について示す。

### ①. 設定ファイル及び入力データ

設定ファイルとして、入力データに応じた Vtable という変換テーブルファイルが必要となる。Vtable には、入力データを中間ファイルに変換する際に必要な情報（どの変数を出力するか、など）が記載されている。Vtable ファイルは WPS/ungrib/Variable\_Tables 内に付属されている。入力データの FNL 及び RTGSST\_HR は Web 経由で入手可能である<sup>14</sup>。

設定ファイル：namelist.wps、Vtable.GFS、Vtable.SST

入力データ：FNL データ、RTGSST\_HR データ

「namelist.wps」ファイルを設定する（下記「namelist.wps」の例の黄色項目）。4、5 行目は開始時間と終了時間、6 行目は作成するデータの時間間隔（秒）である。31 行目では出力するファイルの名前を設定する。

「namelist.wps」の例

```
1 &share
2 wrf_core = 'ARW',
3 max_dcm = 4,
4 start_date = '2017-04-29_00:00:00', '2017-04-29_00:00:00', '2017-04-29_00:00:00', '2017-04-29_00:00:00', '2017-04-29_00:00:00',
5 end_date = '2017-04-30_00:00:00', '2017-04-30_00:00:00', '2017-04-30_00:00:00', '2017-04-30_00:00:00', '2017-04-30_00:00:00',
6 interval_seconds = 21600
7 io_form_geogrid = 2,
8 /
9
10 &geogrid
11 parent_id = 1, 1, 2, 2
12 parent_grid_ratio = 1, 3, 3, 3
13 i_parent_start = 1, 110, 60, 89
14 j_parent_start = 1, 62, 58, 62
15 e_we = 220, 154, 82, 64
16 e_sn = 170, 160, 61, 70
17 geog_data_res = '30s', '30s', '30s', '30s',
18 dx = 45000,
19 dy = 45000,
20 map_proj = 'lambert',
```

<sup>14</sup> 以下の URL からアクセスできる

FNL <https://rda.ucar.edu/datasets/ds083.2/index.html>

RTGSST\_HR [http://polar.ncep.noaa.gov/sst/rtg\\_high\\_res/verification.shtml](http://polar.ncep.noaa.gov/sst/rtg_high_res/verification.shtml)

```

21 ref_lat = 34.0,
22 ref_lon = 123.8,
23 truelat1 = 30.0,
24 truelat2 = 60.0
25 stand_lon = 139.8,
26 geog_data_path = 'geog'
27 /
28
29 &ungrib
30 out_format = 'WPS',
31 prefix = 'FNL',
32 ! prefix = 'rtg_sst_hr'
33
34 /
35
36 &metgrid
37 fg_name = 'FNL', 'rtg_sst_hr'
38 io_form_metgrid = 2,
39 /

```

「link\_grib.csh」を用いて FNL ファイルを作業ディレクトリにリンクする。以下に実行例を示す。「GRIBFILE.\*」がリンクされたファイルである。

```

$ ./link_grib.csh /DATA/GPV/FNL/2017/05/fnl_201705{01,02,03}*.grib2
$ ls -l
lrwxrwxrwx 1 73 GRIBFILE.AAA -> /DATA/GPV/FNL/2017/05/fnl_20170501_00_00.grib2
lrwxrwxrwx 1 73 GRIBFILE.AAB -> /DATA/GPV/FNL/2017/05/fnl_20170501_06_00.grib2
lrwxrwxrwx 1 73 GRIBFILE.AAC -> /DATA/GPV/FNL/2017/05/fnl_20170501_12_00.grib2
lrwxrwxrwx 1 73 GRIBFILE.AAD -> /DATA/GPV/FNL/2017/05/fnl_20170501_18_00.grib2
lrwxrwxrwx 1 73 GRIBFILE.AAE -> /DATA/GPV/FNL/2017/05/fnl_20170502_00_00.grib2
lrwxrwxrwx 1 73 GRIBFILE.AAF -> /DATA/GPV/FNL/2017/05/fnl_20170502_06_00.grib2
lrwxrwxrwx 1 73 GRIBFILE.AAG -> /DATA/GPV/FNL/2017/05/fnl_20170502_12_00.grib2
lrwxrwxrwx 1 73 GRIBFILE.AAH -> /DATA/GPV/FNL/2017/05/fnl_20170502_18_00.grib2
lrwxrwxrwx 1 73 GRIBFILE.AAI -> /DATA/GPV/FNL/2017/05/fnl_20170503_00_00.grib2
lrwxrwxrwx 1 73 GRIBFILE.AAJ -> /DATA/GPV/FNL/2017/05/fnl_20170503_06_00.grib2
lrwxrwxrwx 1 73 GRIBFILE.AAK -> /DATA/GPV/FNL/2017/05/fnl_20170503_12_00.grib2
lrwxrwxrwx 1 73 GRIBFILE.AAL -> /DATA/GPV/FNL/2017/05/fnl_20170503_18_00.grib2

```

Vtable ファイルとして「ungrib/Variable\_Tables/Vtable.GFS」を使用する。Vtable ファイルは作業ディレクトリに「Vtable」の名前でリンクする。

```
$ ln -sf ungrib/Variable_Tables/Vtable.GFS Vtable
```

なお、2015 年（2015/1/14 以降）に FNL データの形式が一部変更となった影響で、本実行例（計算対象：2017 年 5 月）は v3.5.1 の Vtable.GFS では適切に変換できない。そのため、Vtable.GFS を一部編集して使用した。本実行例で使用した「Vtable.GFS」を以下に示す（黄色行が追加した行である）。

## 「Vtable.GFS」の例

\$ cat Vtable.GFS													
GRIB1	Level	From	To	metgrid	metgrid	metgrid		GRIB2	GRIB2	GRIB2	GRIB2		
Param	Type	Level1	Level2	Name	Units	Description		Discp	Catgy	Param	Level		
11	100	*		TT	K	Temperature		0	0	0	100		
33	100	*		UU	m s-1	U		0	2	2	100		
34	100	*		VV	m s-1	V		0	2	3	100		
52	100	*		RH	%	Relative Humidity		0	1	1	100		
7	100	*		HGT	m	Height		0	3	5	100		
11	105	2		TT	K	Temperature at 2 m		0	0	0	103		
52	105	2		RH	%	Relative Humidity at 2 m		0	1	1	103		
33	105	10		UU	m s-1	U at 10 m		0	2	2	103		
34	105	10		VV	m s-1	V at 10 m		0	2	3	103		
1	1	0		PSFC	Pa	Surface Pressure		0	3	0	1		
2	102	0		PMSL	Pa	Sea-level Pressure		0	3	1	101		
144	112	0	10	SM000010	fraction	Soil Moist 0-10 cm below grn layer (Up)		2	0	192	106		
144	112	10	40	SM010040	fraction	Soil Moist 10-40 cm below grn layer		2	0	192	106		
144	112	40	100	SM040100	fraction	Soil Moist 40-100 cm below grn layer		2	0	192	106		
144	112	100	200	SM100200	fraction	Soil Moist 100-200 cm below gr layer		2	0	192	106		
144	112	10	200	SM010200	fraction	Soil Moist 10-200 cm below gr layer		2	0	192	106		
11	112	0	10	ST000010	K	T 0-10 cm below ground layer (Upper)		0	0	0	106		
11	112	10	40	ST010040	K	T 10-40 cm below ground layer (Upper)		0	0	0	106		
11	112	40	100	ST040100	K	T 40-100 cm below ground layer (Upper)		0	0	0	106		
11	112	100	200	ST100200	K	T 100-200 cm below ground layer (Bottom)		0	0	0	106		
85	112	0	10	ST000010	K	T 0-10 cm below ground layer (Upper)		2	0	2	106		
85	112	10	40	ST010040	K	T 10-40 cm below ground layer (Upper)		2	0	2	106		
85	112	40	100	ST040100	K	T 40-100 cm below ground layer (Upper)		2	0	2	106		
85	112	100	200	ST100200	K	T 100-200 cm below ground layer (Bottom)		2	0	2	106		
11	112	10	200	ST010200	K	T 10-200 cm below ground layer (Bottom)		0	0	0	106		
91	1	0		SEAICE	proprtn	Ice flag		10	2	0	1		
81	1	0		LANDSEA	proprtn	Land/Sea flag (1=land, 0 or 2=sea)		2	0	0	1		
7	1	0		SOILHGT	m	Terrain field of source analysis		0	3	5	1		
11	1	0		SKINTEMP	K	Skin temperature		0	0	0	1		
65	1	0		SNOW	kg m-2	Water equivalent snow depth		0	1	13	1		
	1	0		SNOWH	m	Physical Snow Depth		0	1		1		

## ②. プログラムの実行

「ungrib.exe」プログラムを実行する。以下に実行コマンドと実行後の出力ファイルを示す。FNL:YYYY-MM-DD\_HH は作成された中間ファイル、ungrib.log はログファイルである。

```
$ ./ungrib.exe
$ ls -l
-rw-rw-r-- 1 45652600 FNL:2017-05-01_00
-rw-rw-r-- 1 45652600 FNL:2017-05-01_06
-rw-rw-r-- 1 45652600 FNL:2017-05-01_12
-rw-rw-r-- 1 45652600 FNL:2017-05-01_18
-rw-rw-r-- 1 45652600 FNL:2017-05-02_00
-rw-rw-r-- 1 45652600 FNL:2017-05-02_06
-rw-rw-r-- 1 45652600 FNL:2017-05-02_12
-rw-rw-r-- 1 45652600 FNL:2017-05-02_18
-rw-rw-r-- 1 45652600 FNL:2017-05-03_00
-rw-rw-r-- 1 172232 ungr ib. log
```

大気データと同様の手順で海面水温データの間接ファイルを作成する。

「namelist.wps」を設定する。31、32行目の出力するファイル名の変更する。

「namelist.wps」の例

```
1 &share
2 wrf_core = 'ARW',
3 max_dom = 4,
4 start_date = '2017-04-29_00:00:00', '2017-04-29_00:00:00', '2017-04-29_00:00:00', '2017-04-29_00:00:00', '2017-
04-29_00:00:00',
5 end_date = '2017-04-30_00:00:00', '2017-04-30_00:00:00', '2017-04-30_00:00:00', '2017-04-30_00:00:00', '2017-
04-30_00:00:00',
6 interval_seconds = 21600
7 io_form_geogrid = 2,
8 /
9
10 &geogrid
11 parent_id = 1, 1, 2, 2,
12 parent_grid_ratio = 1, 3, 3, 3,
13 i_parent_start = 1, 110, 60, 89,
14 j_parent_start = 1, 62, 58, 62,
15 e_we = 220, 154, 82, 64,
16 e_sn = 170, 160, 61, 70,
17 geog_data_res = '30s', '30s', '30s', '30s',
18 dx = 45000,
19 dy = 45000,
20 map_proj = 'lambert',
21 ref_lat = 34.0,
22 ref_lon = 123.8,
23 truelat1 = 30.0,
24 truelat2 = 60.0,
25 stand_lon = 139.8,
26 geog_data_path = 'geog'
27 /
28
29 &ungrib
30 out_format = 'WPS',
31 ! prefix = 'FNL',
32 prefix = 'rtg_sst_hr'
33
34 /
35
36 &metgrid
37 fg_name = 'FNL', 'rtg_sst_hr'
38 io_form_metgrid = 2,
39 /
```

海面水温ファイルを作業ディレクトリにリンクする。

```
$ ./link_grib.csh /DATA/GPV/local/RTGSST_HR/2017/05/rtg_sst_grb_hr_0.083.201705{01,02,03}
```

「Vtable」は「ungrib/Variable\_Tables/Vtable.SST」を使用する。

```
$ ln -sf ungrib/Variable_Tables/Vtable.SST Vtable
```

「ungrib.exe」を実行する。

rtg\_sst\_hr:YYYY-MM-DD\_HH が作成されたファイルである。

```
$ ./ungrib.exe
$ ls -l
-rw-rw-r-- 1 37325032 rtg_sst_hr:2017-05-01_00
-rw-rw-r-- 1 37325032 rtg_sst_hr:2017-05-01_06
-rw-rw-r-- 1 37325032 rtg_sst_hr:2017-05-01_12
-rw-rw-r-- 1 37325032 rtg_sst_hr:2017-05-01_18
-rw-rw-r-- 1 37325032 rtg_sst_hr:2017-05-02_00
-rw-rw-r-- 1 37325032 rtg_sst_hr:2017-05-02_06
-rw-rw-r-- 1 37325032 rtg_sst_hr:2017-05-02_12
-rw-rw-r-- 1 37325032 rtg_sst_hr:2017-05-02_18
-rw-rw-r-- 1 37325032 rtg_sst_hr:2017-05-03_00
-rw-rw-r-- 1 6154 ungr ib. log
```

### (3) WRF 用入力ファイルの作成

(1) 及び(2)で作成されたデータを結合し、WRF 用入力ファイルを作成する。

#### ①. 設定ファイル及び入力ファイル

namelist.wps に作成する WRF 用入力ファイルの時間間隔などの設定を記述する。入力データは(1)で作成した地理データと(2)で作成した中間ファイルである。

設定ファイル : namelist.wps

入力データ : geo\_em.d0N.nc、FNL:YYYY-MM-DD\_HH、rtg\_sst\_hr:YYYY-MM-DD\_HH

「namelist.wps」ファイルを設定する(下記「namelist.wps」の例の黄色項目)。4、5行目は開始時間と終了時間、6行目は作成するファイルの時間間隔(秒)である。37行目は入力する中間ファイルの名前(前半部分)を設定する。中間ファイルが2種類以上あり、かつ複数の中間ファイルに同名の変数が含まれている場合、後のファイル(下記例ではrtg\_sst\_hr)のデータが使用される。

「namelist.wps」の例

```
1 &share
2 wrf_core = 'ARW',
3 max_dmn = 4,
4 start_date = '2017-04-29_00:00:00', '2017-04-29_00:00:00', '2017-04-29_00:00:00', '2017-04-29_00:00:00', '2017-04-29_00:00:00',
5 end_date = '2017-04-30_00:00:00', '2017-04-30_00:00:00', '2017-04-30_00:00:00', '2017-04-30_00:00:00', '2017-04-30_00:00:00',
6 interval_seconds = 21600
7 io_form_geogrid = 2,
8 /
```



```

9
10 &geogrid
11 parent_id = 1, 1, 2, 2
12 parent_grid_ratio = 1, 3, 3, 3
13 i_parent_start = 1, 110, 60, 89
14 j_parent_start = 1, 62, 58, 62
15 e_we = 220, 154, 82, 64
16 e_sn = 170, 160, 61, 70
17 geog_data_res = '30s', '30s', '30s', '30s',
18 dx = 45000,
19 dy = 45000,
20 map_proj = 'lambert',
21 ref_lat = 34.0,
22 ref_lon = 123.8,
23 truelat1 = 30.0,
24 truelat2 = 60.0
25 stand_lon = 139.8,
26 geog_data_path = 'geog'
27 /
28
29 &ungrib
30 out_format = 'WPS',
31 prefix = 'FNL',
32 ! prefix = 'rtg_sst_hr'
33
34 /
35
36 &metgrid
37 fg_name = 'FNL', 'rtg_sst_hr'
38 io_form_metgrid = 2,
39 /

```

## ②. プログラムの実行

「metgrid.exe」プログラムを実行する。以下に実行コマンドと実行後の出力ファイルを示す。met\_em.d0N.YYYY-MM-DD\_HH:00:00.nc が作成されたファイル、metgrid.log はログファイルである。

```

$ ./metgrid.exe
$ ls -l
-rw-rw-r-- 1 21800197 met_em.d01.2017-05-01_00:00:00.nc
-rw-rw-r-- 1 21766875 met_em.d01.2017-05-01_06:00:00.nc
-rw-rw-r-- 1 21790487 met_em.d01.2017-05-01_12:00:00.nc
-rw-rw-r-- 1 21788073 met_em.d01.2017-05-01_18:00:00.nc
-rw-rw-r-- 1 21807629 met_em.d01.2017-05-02_00:00:00.nc
-rw-rw-r-- 1 21798190 met_em.d01.2017-05-02_06:00:00.nc
-rw-rw-r-- 1 21823846 met_em.d01.2017-05-02_12:00:00.nc
-rw-rw-r-- 1 21824323 met_em.d01.2017-05-02_18:00:00.nc
-rw-rw-r-- 1 21843080 met_em.d01.2017-05-03_00:00:00.nc
-rw-rw-r-- 1 12493741 met_em.d02.2017-05-01_00:00:00.nc
-rw-rw-r-- 1 12489433 met_em.d02.2017-05-01_06:00:00.nc
-rw-rw-r-- 1 12517635 met_em.d02.2017-05-01_12:00:00.nc
-rw-rw-r-- 1 12522954 met_em.d02.2017-05-01_18:00:00.nc
-rw-rw-r-- 1 12515781 met_em.d02.2017-05-02_00:00:00.nc
-rw-rw-r-- 1 12504870 met_em.d02.2017-05-02_06:00:00.nc
-rw-rw-r-- 1 12482294 met_em.d02.2017-05-02_12:00:00.nc

```

```
-rw-rw-r-- 1 12494055 met_em. d02. 2017-05-02_18:00:00. nc
-rw-rw-r-- 1 12504371 met_em. d02. 2017-05-03_00:00:00. nc
-rw-rw-r-- 1 2804093 met_em. d03. 2017-05-01_00:00:00. nc
-rw-rw-r-- 1 2809092 met_em. d03. 2017-05-01_06:00:00. nc
-rw-rw-r-- 1 2804135 met_em. d03. 2017-05-01_12:00:00. nc
-rw-rw-r-- 1 2789767 met_em. d03. 2017-05-01_18:00:00. nc
-rw-rw-r-- 1 2792239 met_em. d03. 2017-05-02_00:00:00. nc
-rw-rw-r-- 1 2811380 met_em. d03. 2017-05-02_06:00:00. nc
-rw-rw-r-- 1 2807203 met_em. d03. 2017-05-02_12:00:00. nc
-rw-rw-r-- 1 2788081 met_em. d03. 2017-05-02_18:00:00. nc
-rw-rw-r-- 1 2776457 met_em. d03. 2017-05-03_00:00:00. nc
-rw-rw-r-- 1 2472103 met_em. d04. 2017-05-01_00:00:00. nc
-rw-rw-r-- 1 2492724 met_em. d04. 2017-05-01_06:00:00. nc
-rw-rw-r-- 1 2532731 met_em. d04. 2017-05-01_12:00:00. nc
-rw-rw-r-- 1 2499165 met_em. d04. 2017-05-01_18:00:00. nc
-rw-rw-r-- 1 2483992 met_em. d04. 2017-05-02_00:00:00. nc
-rw-rw-r-- 1 2480707 met_em. d04. 2017-05-02_06:00:00. nc
-rw-rw-r-- 1 2455141 met_em. d04. 2017-05-02_12:00:00. nc
-rw-rw-r-- 1 2474127 met_em. d04. 2017-05-02_18:00:00. nc
-rw-rw-r-- 1 2480127 met_em. d04. 2017-05-03_00:00:00. nc
-rw-rw-r-- 1 886326 metgrid. log
```

### 4.1.3 WRF

作業ディレクトリ「WRFV3/run」に移動する。

```
$ cd ../WRFV3/run
```

#### (1) 初期値・境界値の作成

4.1.2(3)で作成されたファイルを入力して初期値・境界値を作成する。

##### ①. 設定ファイル及び入力データ

namelist.input に格子数や使用するオプション選択等の計算設定を記述する。

設定ファイル : namelist.input

入力データ : met\_em.d0N.YYYY-MM-DD\_HH:00:00.nc

入力ファイルをリンクする。

```
$ mkdir met_em
$ cd met_em/
ln -s ../../../../WPS/met_em.d0*.nc .
$ cd ..
```

「namelist.input」ファイルを設定する。下記「namelist.input」の例の黄色項目はシミュレーション対象期間の設定である。その他の項目は WRF ユーザーズガイドを参照して設定する。例えば、多数のオプションを持つ physics (58~77 行目) について、ユーザーズガイドの「Physics and Dynamics Options」を参考に設定する。

「namelist.input」の例

```
1 &time_control
2 run_days = 0,
3 run_hours = 48,
4 run_minutes = 0,
5 run_seconds = 0,
6 start_year = 2017, 2017, 2017, 2017,
7 start_month = 05, 05, 05, 05,
8 start_day = 01, 01, 01, 01,
9 start_hour = 00, 00, 00, 00,
10 start_minute = 00, 00, 00, 00,
11 start_second = 00, 00, 00, 00,
12 end_year = 2017, 2017, 2017, 2017,
13 end_month = 05, 05, 05, 05,
14 end_day = 03, 03, 03, 03,
15 end_hour = 00, 00, 00, 00,
16 end_minute = 00, 00, 00, 00,
17 end_second = 00, 00, 00, 00,
18 interval_seconds = 21600,
19 input_from_file = .true.,.true.,.true.,.true.,
```

```

20 history_interval      = 60, 60, 60, 60,
21 frames_per_outfile    = 24, 24, 24, 24,
22 restart                = .false.,
23 restart_interval      = 7200,
24 auxinput1_inname      = "/met_em/met_em.<domain>.<date>",
25 auxinput4_inname      = "wrfinp.<domain>",
26 auxinput4_interval    = 360, 360, 360, 360,
27 io_form_history        = 2,
28 io_form_restart        = 2,
29 io_form_input          = 2,
30 io_form_boundary       = 2,
31 io_form_auxinput4     = 2,
32 debug_level           = 0
33 /
34
35 &domains
36 time_step              = 180,
37 time_step_fract_num    = 0,
38 time_step_fract_den    = 1,
39 max_dom                = 4,
40 e_we                   = 220, 154, 82, 64,
41 e_sn                   = 170, 160, 61, 70,
42 e_vert                 = 31, 31, 31, 31,
43 p_top_requested        = 10000,
44 num_metgrid_levels     = 32,
45 num_metgrid_soil_levels = 4,
46 dx                     = 45000, 15000, 5000, 5000,
47 dy                     = 45000, 15000, 5000, 5000,
48 grid_id                = 1, 2, 3, 4,
49 parent_id              = 0, 1, 2, 2,
50 i_parent_start         = 1, 110, 60, 89,
51 j_parent_start         = 1, 62, 58, 62,
52 parent_grid_ratio      = 1, 3, 3, 3,
53 parent_time_step_ratio = 1, 3, 3, 3,
54 feedback               = 0,
55 smooth_option          = 0,
56 /
57
58 &physics
59 mp_physics              = 4, 4, 4, 4, 4,
60 ra_lw_physics          = 1, 1, 1, 1, 1,
61 ra_sw_physics          = 1, 1, 1, 1, 1,
62 radt                   = 45, 45, 45, 45, 45,
63 sf_sfclay_physics     = 5, 5, 5, 5, 5,
64 sf_surface_physics    = 2, 2, 2, 2, 2,
65 bl_pbl_physics        = 6, 6, 6, 6, 6,
66 bldt                   = 0, 0, 0, 0, 0,
67 cu_physics             = 1, 1, 0, 0, 0,
68 cudt                   = 5, 5, 0, 0, 0,
69 isfflx                 = 1,
70 ifsnow                 = 1,
71 icloud                 = 1,
72 surface_input_source   = 1,
73 num_soil_layers        = 4,

```

```

74 sf_urban_physics      = 0, 0, 0, 0, 0,
75 sst_update           = 1,
76 usemonalb            = .true.,
77 /
78
79 &fdda
80 grid_fdda            = 1, 0, 0, 0, 0,
81 gfdda_inname         = "wrfdda_d<domain>",
82 gfdda_end_h          = 12000, 12000, 0, 0, 0,
83 gfdda_interval_m     = 360, 360, 360, 360, 360,
84 fgdt                = 0, 0, 0, 0, 0,
85 if_no_pbl_nudging_uv = 0, 0, 0, 0, 0,
86 if_no_pbl_nudging_t  = 0, 0, 0, 0, 0,
87 if_no_pbl_nudging_q  = 0, 0, 0, 0, 0,
88 if_zfac_uv           = 0, 0, 0, 0, 0,
89 k_zfac_uv            = 10, 10, 10, 10, 10,
90 if_zfac_t            = 0, 0, 0, 0, 0,
91 k_zfac_t             = 10, 10, 10, 10, 10,
92 if_zfac_q            = 0, 0, 0, 0, 0,
93 k_zfac_q             = 10, 10, 10, 10, 10,
94 guv                 = 0.0001, 0.00005, 0.0, 0.0, 0.0,
95 gt                  = 0.0001, 0.00005, 0.0, 0.0, 0.0,
96 gq                  = 0.0001, 0.00005, 0.0, 0.0, 0.0,
97 if_ramping          = 0,
98 dtramp_min          = 60.0,
99 io_form_gfdda       = 2,
100 /
101
102 &dynamics
103 rk_ord              = 3,
104 w_damping           = 0,
105 diff_opt            = 1,
106 km_opt              = 4,
107 diff_6th_opt        = 1, 1, 1, 1, 1,
108 diff_6th_factor     = 0.12, 0.12, 0.12, 0.12, 0.12,
109 base_temp           = 290,
110 damp_opt            = 0,
111 zdamp               = 5000., 5000., 5000., 5000., 5000.,
112 dampcoef            = 0.2, 0.2, 0.2,
113 khdif               = 0, 0, 0,
114 kvdif               = 0, 0, 0,
115 non_hydrostatic     = .true., .true., .true., .true., .true.,
116 moist_adv_opt       = 1, 1, 1, 1, 1,
117 scalar_adv_opt      = 1, 1, 1, 1, 1,
118 time_step_sound     = 4, 4, 4, 4, 4,
119 h_mom_adv_order     = 5, 5, 5, 5, 5,
120 v_mom_adv_order     = 3, 3, 3, 3, 3,
121 h_sca_adv_order     = 5, 5, 5, 5, 5,
122 v_sca_adv_order     = 3, 3, 3, 3, 3,
123 /
124
125 &body_control
126 spec_bdy_width      = 5,
127 spec_zone           = 1,

```

```

128 relax_zone           = 4,
129 specified           = .true., .false., .false., .false., .false.,
130 nested              = .false., .true., .true., .true., .true.,
131 /
132
133 &grib2
134 /
135
136 &namelist_quilt
137 nio_tasks_per_group = 0,
138 nio_groups = 1,
139 /

```

## ②. プログラムの実行

「real.exe」プログラムを実行する。以下に実行コマンドと実行後の出力ファイルを示す。

初期値ファイル：wrfinp\_d0N, wrflowinp\_d0N (N=1~4、領域番号)

境界値ファイル：wrfbdy\_d01

ナッジング入力ファイル：wrffdda\_d01

ログファイル：rsl.error.0000, rsl.out.0000

```

$ ./real.exe

$ ls -l
-rw-rw-r-- 1    26365 rsl.error.0000
-rw-rw-r-- 1    48681 rsl.out.0000
-rw-rw-r-- 1 31008229 wrfbdy_d01
-rw-rw-r-- 1 244200044 wrffdda_d01
-rw-rw-r-- 1 31087630 wrfinp_d01
-rw-rw-r-- 1 17716002 wrfinp_d02
-rw-rw-r-- 1 4641073 wrfinp_d03
-rw-rw-r-- 1 3905962 wrfinp_d04
-rw-rw-r-- 1 1739676 wrflowinp_d01
-rw-rw-r-- 1 936119 wrflowinp_d02
-rw-rw-r-- 1 301285 wrflowinp_d03
-rw-rw-r-- 1 246681 wrflowinp_d04

```

## (2) 気象モデル計算の実行

### ①. 設定ファイル及び入力データ

namelist.input に計算設定を記述するが、real.exe 実行前に設定済のため、基本的に編集は不要である。

設定ファイル : namelist.input

入力データ : wrfinput\_d0N、wrflowinp\_d0N、wrfbdy\_d01、  
wrfdda\_d01 (N=1~4、領域番号)

### ②. プログラムの実行

「wrf.exe」プログラムを実行する。以下に実行コマンドと実行後の出力ファイルを示す。

出力ファイル : wrfout\_d0N\_YYYY-MM-DD\_HH:00:00 (N=1~4、領域番号)

ログファイル : rsl.error.0000, rsl.out.0000

```
$ ./wrf.exe &  
$ ls -l  
-rw-rw-r-- 1 1809105 rsl.error.0000  
-rw-rw-r-- 1 1809105 rsl.out.0000  
-rw-rw-r-- 1 1050255818 wrfout_d01_2017-05-01_00:00:00  
-rw-rw-r-- 1 1070792390 wrfout_d01_2017-05-02_00:00:00  
-rw-rw-r-- 1 45493723 wrfout_d01_2017-05-03_00:00:00  
-rw-rw-r-- 1 622691523 wrfout_d02_2017-05-01_00:00:00  
-rw-rw-r-- 1 640912579 wrfout_d02_2017-05-02_00:00:00  
-rw-rw-r-- 1 27535954 wrfout_d02_2017-05-03_00:00:00  
-rw-rw-r-- 1 138960174 wrfout_d03_2017-05-01_00:00:00  
-rw-rw-r-- 1 142335554 wrfout_d03_2017-05-02_00:00:00  
-rw-rw-r-- 1 6805763 wrfout_d03_2017-05-03_00:00:00  
-rw-rw-r-- 1 122595740 wrfout_d04_2017-05-01_00:00:00  
-rw-rw-r-- 1 119227352 wrfout_d04_2017-05-02_00:00:00  
-rw-rw-r-- 1 5723871 wrfout_d04_2017-05-03_00:00:00
```

## 4.2 CMAQ の計算

### 4.2.1 本計算例で用いた設定

ICON、BCON 及び CCTM における移流、拡散や化学反応等の各過程には複数のオプションが用意されているが、これらのオプションはコンパイル時に選択しておく必要がある（コンパイルに用いる設定ファイル（bldid.icon 等）で選択可能）。例えば、気相・エアロゾル・液相の化学反応系には以下の 8 つの選択肢がある（変数：Mechanism で設定される）。本計算例では、saprc07tb\_ae6\_aq（気相反応：SAPRC07TB、エアロゾル反応：AER06、液相反応あり）を用いた。

```
cb05c1_ae5_aq
cb05tucl_ae5_aq
cb05tucl_ae6_aq
cb05tump_ae6_aq
saprc99_ae5_aq
saprc99_ae6_aq
saprc07tb_ae6_aq
saprc07tc_ae6_aq
```

本計算例で用いたオプション設定を以下に示す。

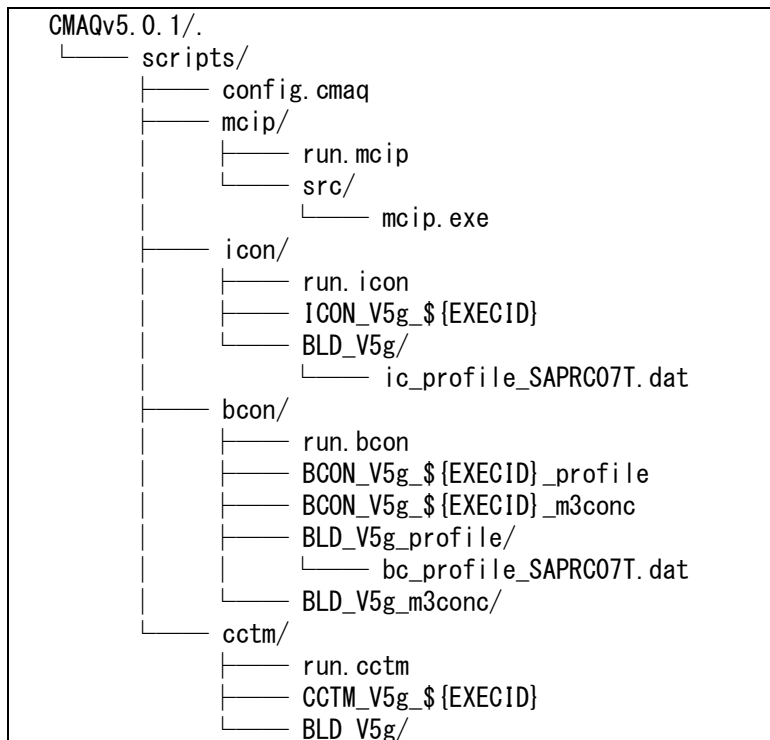
本計算例で用いたオプション設定

化学反応系	saprc07tb_ae6_aq
反応ソルバー	EBI
光化学反応	inline
水平移流	yamo
鉛直移流	wrf
水平拡散	multiscale
鉛直拡散	acm2
乾性沈着	m3dry



## 4.2.2 ディレクトリ構成

CMAQ は主に下記ディレクトリから構成される（他にもファイルは存在するが、簡略化のため、省略している）。



scripts 直下の CMAQ システムの環境設定ファイル「config.cmaq」では、環境変数の設定を行う。config.cmaq で設定した「M3HOME」と「EXECID」は各計算ディレクトリ内の実行用シェルスクリプトで用いられる。

「config.cmaq」ファイルの「M3HOME」と「EXECID」の設定例

```
setenv M3HOME /CMAQ/CMAQv5. 0. 1
setenv system ``/bin/uname -i``
setenv bld_os ``/bin/uname -s``/bin/uname -r | cut -d. -f1``
setenv compiler ifort
setenv EXECID ${bld_os}_${system}${compiler}
```

scripts 内の各計算ディレクトリには、run.mcip、run.icon といった実行用のシェルスクリプトがある。計算設定は実行用シェルスクリプト内に記述する。

なお、上記ディレクトリ構成では、scripts/bcon 内に「BCON\_V5g\_\${EXECID}\_profile」と「BCON\_V5g\_\${EXECID}\_m3conc」の 2 種類の実行ファイルを用意している。これらはそれぞれ、後述の「第一領域の計算（側方境界濃度の入力データに、CMAQ デフォルトの時間変化のない鉛直分布データを用いる場合、4.2.3(1)③）」と「ネスティング領域の計算（4.2.4③）」で用いる実行ファイルである。これらの実行ファイルは、bcon のコンパイルに用いる設定ファイル（bldit.bcon）において、それぞれ ModType = profile、ModType = m3conc と設定の上、コンパイルすることで作成される。

### 4.2.3 第一領域(東アジア領域)の計算

初期濃度の入力データには、「CMAQ デフォルトの時間変化のない鉛直分布データ」または「前時間の CCTM の出力結果」を用いる。ここでは、以下の 2 例を記述する。

- (1) 初期濃度に時間変化のない鉛直分布データを用いる計算例
- (2) 初期濃度に前時間の CCTM の出力結果を用いる計算例

また、第一領域を計算する際の側方境界濃度の入力データには、「CMAQ デフォルトの時間変化のない鉛直分布データ」または「他モデルの出力結果」を用いる。ここでは、側方境界濃度に時間変化のない鉛直分布データを用いる場合の計算例を記述する。他モデルの出力結果から側方境界濃度場ファイルを作成するには、別途ツールが必要となる<sup>15</sup>。

#### (1) 初期濃度に時間変化のない鉛直分布データを用いる計算例

##### ①. MCIP(気象データの加工)

気象モデルの出力ファイルを加工し、CCTM の入力ファイルを作成する。

まず、作業ディレクトリ「mcip」に移動する。

```
$ cd CMAQv3.5.1/scripts/mcip/
```

入力データは WPS で作成した地理データファイルと WRF の出力ファイルである。

設定ファイル：run.mcip

入力データ：geo\_em.d01.nc、wrfout\_d01\_YYYY-MM-DD\_HH:00:00

run.mcip に入力データのパスや計算領域などの計算設定を記述する。InMetFiles（下記編集例の黄色項目）については、降水量の算出のため、計算対象期間の wrfout ファイルだけでなく、前日の wrfout ファイル（計算開始時刻の 1 時間前の結果を含むファイル）が必要となる。

「run.mcip」の編集例<sup>16</sup>

```
# 計算グリッド名等の設定
source ../config.cmaq
set APPL      = 2017121
set CoordName = J-STREAM
```

<sup>15</sup> 他のモデルの出力から側方境界濃度場ファイルを作成するツールの例に、米国 ENVIRON 社が公開している moztart2camx がある。全球モデル (MOZART-4) の計算結果を CMAQ 用の境界値データに変換することができる。以下で公開されている。

<http://www.camx.com/download/support-software.aspx>

<sup>16</sup> 日本語のコメントアウト行 (# で始まるもの) は、説明のために加筆したものである。

```

set GridName = J-STREAM

# 入力する気象モデル出力ファイルと地理データファイルの設定
set HomePath = /
set DataPath = $HomePath/DATA
set InMetDir = $DataPath/WRF/20170501
set InTerDir = $InMetDir
set InMetFiles = ( $InMetDir/wrfout_d01_2017-04-30_00:00:00 ¥
                  $InMetDir/wrfout_d01_2017-05-01_00:00:00 ¥
                  $InMetDir/wrfout_d01_2017-05-02_00:00:00 )
set IfTer = "T"
set InTerFile = $InTerDir/geo_em.d01.nc

# 計算プログラムディレクトリの設定
set ProgDir = $cwd/src

# データ出力ディレクトリの設定
set OutDir = $DataPath/CMAQ/output/mcip/d01
set WorkDir = $OutDir

# 計算開始時間、終了時間、時間間隔の設定
set MCIP_START = 2017-05-01-00:00:00.0000
set MCIP_END = 2017-05-02-00:00:00.0000
set INTVL = 60 # [min]

# 計算領域の設定
set BTRIM = -1
set X0 = 6
set Y0 = 6
set NCOLS = 207
set NROWS = 157

# グリッド座標の基準緯度の設定
set WRF_LC_REF_LAT = 34.0

```

実行用シェルスクリプト「run.mcip」を実行する。以下に実行コマンドと実行後の出力ファイルを示す。

```

$ ./run.mcip
$ ls -l /DATA/CMAQ/output/mcip/d01/
-rw-rw-r-- 1      109472 GRIDBDY2D_2017121
-rw-rw-r-- 1      4048712 GRIDGR02D_2017121
-rw-rw-r-- 1          187 GRIDDESC
-rw-rw-r-- 1     1196292 GRIDDOT2D_2017121
-rw-rw-r-- 1     30761172 METBDY3D_2017121
-rw-rw-r-- 1     110522576 METCR02D_2017121
-rw-rw-r-- 1    1364975236 METCR03D_2017121
-rw-rw-r-- 1     591565724 METDOT3D_2017121
-rw-rw-r-- 1          1010 namelist.mcip

```

## ②. ICON(初期濃度場ファイルの作成)

CCTMの入力ファイルとなる初期濃度場ファイルを作成する。

まず、作業ディレクトリ「icon」に移動する。

```
$ cd ../icon/
```

入力データはMCIPの出力ファイル（GRIDDESC及びMETCRO3D）と初期濃度場用の鉛直分布データ（ic\_profile\_SAPRC07T.dat）である。

設定ファイル：run.icon

入力データ：GRIDDESCファイル、METCRO3Dファイル、ic\_profile\_SAPRC07T.dat

run.iconに使用する化学反応系（変数：MECH）や入力データなどの計算設定を記述する。

「run.icon」の編集例

```
# 使用するメカニズム等の設定
source ../config.cmaq
setenv M3DATA /DATA
set APPL = V5g
set CFG = cfg.$APPL
set MECH = saprc07tb_ae6_aq
setenv GRID_NAME J-STREAM

# 実行ファイル等の設定
set EXEC = ICON_${APPL}_$EXECID
set BASE = $cwd
set BLD = ${BASE}/BLD_${APPL}

# 入力する気象データ（mcip）の設定
setenv GRIDDESC $M3DATA/CMAQ/output/mcip/d01/GRIDDESC
set DATE = 2017121
setenv LAYER_FILE $M3DATA/CMAQ/output/mcip/d01/METCRO3D_${DATE}

# データ出力ディレクトリの設定
set OUTDIR = $M3DATA/CMAQ/output/icon/d01

# 初期濃度の計算方法と鉛直分布データ、出力ファイルの設定
set IC = profile
if ( $IC == profile ) then
    setenv IC_PROFILE $BLD/ic_profile_SAPRC07T.dat
    setenv INIT_CONC_1 "$OUTDIR/ICON_${APPL}_${CFG}_${DATE} -v"
endif
```

実行用シェルスクリプト「run.icon」を実行する。以下に実行コマンドと実行後の出力ファイルを示す。

```
$ ./run.icon
$ ls -l /DATA/CMAQ/output/icon/d01/
-rw-rw-r-- 1 335422260 ICON_V5g_cfg.V5g_profile
```

### ③. BCON(側面境界濃度場ファイルの作成)

CCTMの入力ファイルとなる側方境界濃度場ファイルを作成する。

まず、作業ディレクトリ「bcon」に移動する。

```
$ cd ../bcon/
```

入力データはMCIPの出力ファイル（GRIDDESC及びMETCRO3D）と側方境界濃度場用の鉛直分布データ（bc\_profile\_SAPRC07T.dat）である。

設定ファイル：run.bcon

入力データ：GRIDDESCファイル、METCRO3Dファイル、bc\_profile\_SAPRC07T.dat

run.bconに使用する化学反応系（変数：MECH）や入力データなどの計算設定を記述する。

「run.bcon」の編集例

```
# 使用するメカニズム等の設定
source ../config.cmaq
setenv M3DATA /DATA
set APPL = V5g
set CFG = cfg.$APPL
set MECH = saprc07tb_ae6_aq
setenv GRID_NAME J-STREAM

# 実行ファイル等の設定
set EXEC = BCON_${APPL}_$EXECID_profile
set BASE = $cwd
set BLD = ${BASE}/BLD_${APPL}

# 入力する気象データ（mcip）の設定
setenv GRIDDESC $M3DATA/CMAQ/output/mcip/d01/GRIDDESC
set DATE = 2017121
setenv LAYER_FILE $M3DATA/CMAQ/output/mcip/d01/METCRO3D_${DATE}

# データ出力ディレクトリの設定
set OUTDIR = $M3DATA/CMAQ/output/bcon/d01

# 側方境界濃度の計算方法と鉛直分布データ、出力ファイルの設定
set BC = profile
if ( $BC == profile ) then
    setenv BC_PROFILE $BLD/bc_profile_SAPRC07T.dat
    setenv BNDY_CONC_1 "$OUTDIR/BCON_${APPL}_${CFG}_profile -v"
endif
```

実行用シェルスクリプト「run.bcon」を実行する。以下に実行コマンドと実行後の出力ファイルを示す。

```
$ ./run.bcon
$ ls -l /DATA/CMAQ/output/bcon/d01/
-rw-rw-r-- 1 7586468 BCON_V5g_cfg.V5g_profile
```

#### ④. CCTM(大気質シミュレーションの実行)

①～③で作成した入力ファイル等を用いて、大気質シミュレーションを実行する。

まず、作業ディレクトリ「cctm」に移動する。

```
$ cd ../cctm/
```

入力データとして、MCIP 出力ファイルと初期濃度場ファイル及び側方境界濃度場ファイルの他、排出量ファイル<sup>17</sup>と海塩マスクファイル<sup>18</sup>が必要となる。

設定ファイル：run.cctm

入力データ：MCIP 出力ファイル (GRIDDESC ファイル、GRIDDOT2D ファイル、GRIDCRO2D ファイル、METCRO[2, 3]D ファイル、METDOT3D ファイル、METBDY3D ファイル)、初期濃度場ファイル (ICON\_\${APPL}\_\${CFG}\_profile)、側方境界濃度場ファイル (BCON\_\${APPL}\_\${CFG}\_profile)、排出量ファイル、海塩マスクファイル

run.cctm に使用する化学反応系 (変数:MECH) や入力データなどの計算設定を記述する。

「run.cctm」の編集例

```
# 使用するメカニズム等の設定
source ../config.cmaq
setenv M3DATA /DATA
set APPL      = V5g
set CFG       = cfg.$APPL
set MECH      = saprc07tb_ae6_aq

# 実行ファイル等の設定
set BASE      = $cwd
set BLD       = ${BASE}/BLD_$APPL
set EXEC      = CCTM_${APPL}_$EXECID
setenv EXECUTION_ID $EXEC

# 並列計算パラメータ (プロセス数) の設定 (並列計算の場合)
# setenv NPCOL_NPROW "3 2"; set NPROCS    = 6

# 計算対象年月日時の設定
set STDATE    = 2017121
set STTIME    = 000000
set NSTEPS    = 240000
set TSTEP     = 010000
```

<sup>17</sup> 排出量ファイルは別途、排出量処理プログラム等で作成しておく必要がある。

<sup>18</sup> エアロゾル化学反応に AERO5 または AERO6 を用いる場合、各計算グリッドの open ocean (OPEN) 及び surf zone (SURF) の面積割合データの入った海塩マスクファイルを入力するため、土地利用データなどから、海塩マスクファイルを自作しておく必要がある。

```

set YEAR = 2017
set YR = 17
set MONTH = 05
set DAY = 01
setenv YMD ${YEAR}${MONTH}${DAY}

# 計算領域グリッド (mcip) の設定
setenv GRIDDESC $M3DATA/CMAQ/output/mcip/d01/GRIDDESC
setenv GRID_NAME J-STREAM

# ACONC ファイルに出力する変数 (化学種) の設定
setenv AVG_CONC_SPCS "ALL"

# SCIENCE の設定
setenv CTM_AERDIAG Y
setenv CTM_SSEMDIAG Y
setenv CTM_WB_DUST N
setenv CTM_ERODE_AGLAND N
setenv CTM_DUSTEM_DIAG N
setenv CTM_ABFLUX N
setenv CTM_HGBIDI N
setenv CTM_SFC_HONO Y

# データ出力ディレクトリの設定
set OUTDIR = $M3DATA/CMAQ/output/cctm/d01

# 入力する海塩マスクファイルの設定
setenv OCEAN_1 ${M3DATA}/CMAQ/output/ocean/d01/ocean.ncf

# 入力する排出量ファイルの設定
set EMISpath = ${M3DATA}/EMIS/d01
set EMISfile = EMIS_${STDATE}

# 入力する初期濃度場ファイルの設定
set ICpath = $M3DATA/CMAQ/output/icon/d01
set ICFILE = ICON_${APPL}_${CFG}_profile

# 入力する側方境界濃度場ファイルの設定
set BCpath = $M3DATA/CMAQ/output/bcon/d01
set BCFILE = BCON_${APPL}_${CFG}_profile

# 入力する気象データ (mcip) の設定
set EXTN = ${STDATE}
set METpath = $M3DATA/CMAQ/output/mcip/d01
setenv GRID_DOT_2D $METpath/GRIDDOT2D_${EXTN}
setenv GRID_CRO_2D $METpath/GRIDCRO2D_${EXTN}
setenv MET_CRO_2D $METpath/METCRO2D_${EXTN}
setenv MET_CRO_3D $METpath/METCRO3D_${EXTN}
setenv MET_DOT_3D $METpath/METDOT3D_${EXTN}
setenv MET_BDY_3D $METpath/METBDY3D_${EXTN}

# cctm の実行
time $BASE/$EXEC

```

```
# 並列実行ファイル等の設定 (並列計算の場合)
#set MPI = /usr/local/mpi/intel64/bin
#set MPDIRUN = $MPI/mpirun
#time $MPDIRUN -n $NPROCS $BASE/$EXEC
```

実行用シェルスクリプト「run.cctm」を実行する。以下に実行コマンドと実行後の出力ファイルを示す。

```
$ ./run.cctm
$ ls -l /DATA/CMAQ/output/cctm/d01/
-rw-rw-r-- 1 698966772 CCTM_V5g_Linux2_x86_64ifort.ACONC.cfg.V5g_20170501
-rw-rw-r-- 1 2152754912 CCTM_V5g_Linux2_x86_64ifort.AERODIAM.cfg.V5g_20170501
-rw-rw-r-- 1 12492312 CCTM_V5g_Linux2_x86_64ifort.AEROVIS.cfg.V5g_20170501
-rw-rw-r-- 1 877540424 CCTM_V5g_Linux2_x86_64ifort.CGRID.cfg.V5g_20170501
-rw-rw-r-- 1 16672073700 CCTM_V5g_Linux2_x86_64ifort.CONC.cfg.V5g_20170501
-rw-rw-r-- 1 265239708 CCTM_V5g_Linux2_x86_64ifort.DRYDEP.cfg.V5g_20170501
-rw-rw-r-- 1 46816020 CCTM_V5g_Linux2_x86_64ifort.SSEMIS.cfg.V5g_20170501
-rw-rw-r-- 1 415015920 CCTM_V5g_Linux2_x86_64ifort.WETDEP1.cfg.V5g_20170501
```

## (2) 初期濃度に前時間の CCTM の出力結果を用いる計算例

MCIP 及び BCON は前述の(1)と同じ方法で実施する。前時間の CCTM 出力を初期濃度場ファイルとして使用するため、ICON の実施は不要である。CCTM の実施例を下記に記述する。

### CCTM(大気質シミュレーションの実行)

入力データは基本的に(1)と同様であるが、初期濃度場ファイルに前時間の CCTM の出力ファイル (CGRID ファイル) を用いる。

設定ファイル : run.cctm

入力データ : MCIP 出力ファイル (GRIDDESC ファイル、GRIDDOT2D ファイル、GRIDCR02D ファイル、METCRO[2, 3]D ファイル、METDOT3D ファイル、METBDY3D ファイル)、  
初期濃度場ファイル (CGRID ファイル)、  
側方境界濃度場ファイル (BCON\_\${APPL}\_\${CFG}\_profile)、  
排出量ファイル、海塩マスクファイル

以下に「run.cctm」の編集例を示す。黄色は(1)の計算例の「run.cctm」設定と異なる箇所である。計算対象日と入力する初期濃度場ファイルが変わる。

「run.cctm」の編集例

```
# 使用するメカニズム等の設定
source ../config.cmaq
setenv M3DATA /DATA
set APPL = V5g
set CFG = cfg.$APPL
set MECH = saprc07tb_ae6_aq
```



```

# 実行ファイル等の設定
set BASE      = $cwd
set BLD       = ${BASE}/BLD_${APPL}
set EXEC      = CCTM_${APPL}_${EXECID}
setenv EXECUTION_ID $EXEC

# 並列計算パラメータ（プロセス数）の設定（並列計算の場合）
#setenv NPCOL_NPROW "3 2"; set NPROCS    = 6

# 計算対象年月日時の設定
set STDATE    = 2017122
set STTIME    = 000000
set NSTEPS    = 240000
set TSTEP     = 010000
set YEAR      = 2017
set YR        = 17
set MONTH     = 05
set DAY       = 01
setenv YMD    ${YEAR}${MONTH}${DAY}

# 計算領域グリッド（mcip）の設定
setenv GRIDDESC $M3DATA/CMAQ/output/mcip/d01/GRIDDESC
setenv GRID_NAME J-STREAM

# ACONC ファイルに出力する変数（化学種）の設定
setenv AVG_CONC_SPCS "ALL"

# SCIENCE の設定
setenv CTM_AERDIAG Y
setenv CTM_SSEMDIAG Y
setenv CTM_WB_DUST N
setenv CTM_ERODE_AGLAND N
setenv CTM_DUSTEM_DIAG N
setenv CTM_ABFLUX N
setenv CTM_HGBIDI N
setenv CTM_SFC_HONO Y

# データ出力ディレクトリの設定
set OUTDIR = $M3DATA/CMAQ/output/cctm/d01

# 入力する海塩マスクファイルの設定
setenv OCEAN_1 ${M3DATA}/CMAQ/output/ocean/d01/ocean.ncf

# 入力する排出量ファイルの設定
set EMISpath = ${M3DATA}/EMIS/d01
set EMISfile = EMIS_${STDATE}

# 入力する初期濃度場ファイルの設定
set ICpath = $M3DATA/CMAQ/output/cctm/d01
set ICFILE = ${EXEC}.CGRID.cfg.V5g_20170501

# 入力する側方境界濃度場ファイルの設定
set BCpath = $M3DATA/CMAQ/output/bcon/d01

```

```

set BCFILE = BCON_${APPL}_${CFG}_profile

# 入力する気象データ (mcip) の設定
set EXTN = $STDATE
set METpath = $M3DATA/CMAQ/output/mcip/d01
setenv GRID_DOT_2D $METpath/GRIDDOT2D_${EXTN}
setenv GRID_CRO_2D $METpath/GRIDCRO2D_${EXTN}
setenv MET_CRO_2D $METpath/METCRO2D_${EXTN}
setenv MET_CRO_3D $METpath/METCRO3D_${EXTN}
setenv MET_DOT_3D $METpath/METDOT3D_${EXTN}
setenv MET_BDY_3D $METpath/METBDY3D_${EXTN}

# cctmの実行
time $BASE/$EXEC

# 並列実行ファイル等の設定 (並列計算の場合)
#set MPI = /usr/local/mpi/intel64/bin
#set MPIRUN = $MPI/mpirun
#time $MPIRUN -n $NPROCS $BASE/$EXEC

```

実行用シェルスクリプト「run.cctm」を実行する。以下に実行コマンドと実行後の出力ファイルを示す。

```

$ ./run.cctm
$ ls -l /DATA/CMAQ/output/cctm/d01/
-rw-rw-r-- 1 698966772 CCTM_V5g_Linux2_x86_64ifort.ACNC.cf.g.V5g_20170502
-rw-rw-r-- 1 2152754912 CCTM_V5g_Linux2_x86_64ifort.AERODIAM.cf.g.V5g_20170502
-rw-rw-r-- 1 12492312 CCTM_V5g_Linux2_x86_64ifort.AEROVIS.cf.g.V5g_20170502
-rw-rw-r-- 1 877540424 CCTM_V5g_Linux2_x86_64ifort.CGRID.cf.g.V5g_20170502
-rw-rw-r-- 1 16672073700 CCTM_V5g_Linux2_x86_64ifort.CONC.cf.g.V5g_20170502
-rw-rw-r-- 1 265239708 CCTM_V5g_Linux2_x86_64ifort.DRYDEP.cf.g.V5g_20170502
-rw-rw-r-- 1 46816020 CCTM_V5g_Linux2_x86_64ifort.SSEMIS.cf.g.V5g_20170502
-rw-rw-r-- 1 415015920 CCTM_V5g_Linux2_x86_64ifort.WETDEP1.cf.g.V5g_20170502

```

#### 4.2.4 ネスティング領域(日本領域)の計算

ネスティング領域の側方境界濃度場ファイルは、親領域の CCTM 出力ファイルから作成する。MCIP、ICON 及び CCTM については、領域設定（領域番号、グリッド数）以外、基本的に第一領域（4.2.3）と同様の設定を使用できる。

##### ①. MCIP(気象データの加工)

気象モデルの出力ファイルを加工し、CCTM の入力ファイルを作成する。

まず、作業ディレクトリ「mcip」に移動する。

```
$ cd CMAQv3.5.1/scripts/mcip/
```

入力データは WPS で作成した地理データファイルと WRF の出力ファイルである。

設定ファイル：run.mcip

入力データ：geo\_em.d02.nc、wrfout\_d02\_YYYY-MM-DD\_HH:00:00

run.mcip に入力データのパスや計算領域などの計算設定を記述する。下記編集例の黄色の項目は、第一領域の設定と異なる箇所である。

「run.mcip」の編集例

```
# 計算グリッド名等の設定
source ../config.cmaq
set APPL      = 2017121
set CoordName = J-STREAM
set GridName  = J-STREAM

#入力する気象モデル出力ファイルと地理データファイルの設定
set HomePath  = /
set DataPath  = $HomePath/DATA
set InMetDir  = $DataPath/WRF/20170501
set InTerDir  = $InMetDir
set InMetFiles = ( $InMetDir/wrfout_d02_2017-04-30_00:00:00 ¥
                  $InMetDir/wrfout_d02_2017-05-01_00:00:00 ¥
                  $InMetDir/wrfout_d02_2017-05-02_00:00:00 )
set IfTer     = "T"
set InTerFile = $InTerDir/geo_em.d02.nc

# 実行ファイルディレクトリの設定
set ProgDir   = $cwd/src

# データ出力ディレクトリの設定
set OutDir    = $DataPath/CMAQ/output/mcip/d02
set WorkDir   = $OutDir

# 計算開始時間、終了時間、時間間隔の設定
set MCIP_START = 2017-05-01-00:00:00.0000
```

```
set MCIP_END = 2017-05-02-00:00:00.0000
set INTVL = 60 # [min]
```

```
# 計算領域の設定
```

```
set BTRIM = -1
set X0 = 6
set Y0 = 6
set NCOLS = 141
set NROWS = 147
```

```
# グリッド座標の基準緯度の設定
```

```
set WRF_LC_REF_LAT = 34.0
```

実行用シェルスクリプト「run.mcip」を実行する。以下に実行コマンドと実行後の出力ファイルを示す。

```
$ ./run.mcip
$ ls -l /DATA/CMAQ/output/mcip/d02/
-rw-rw-r-- 1      90624 GRIDBDY2D_2017121
-rw-rw-r-- 1    2588984 GRIDCRO2D_2017121
-rw-rw-r-- 1       187 GRIDDESC
-rw-rw-r-- 1     769764 GRIDDOT2D_2017121
-rw-rw-r-- 1    24377172 METBDY3D_2017121
-rw-rw-r-- 1    70497776 METCRO2D_2017121
-rw-rw-r-- 1    870551236 METCRO3D_2017121
-rw-rw-r-- 1    378301724 METDOT3D_2017121
-rw-rw-r-- 1       1010 namelist.mcip
```

## ②. ICON(初期濃度場ファイルの作成)

CCTMの入力ファイルとなる初期濃度場ファイルを作成する。

まず、作業ディレクトリ「icon」に移動する。

```
$ cd ../icon/
```

入力データはMCIPの出力ファイル（GRIDDESC及びMETCRO3D）と初期濃度場用の鉛直分布データ（ic\_profile\_SAPRC07T.dat）である。

設定ファイル：run.icon

入力データ：GRIDDESCファイル、METCRO3Dファイル、ic\_profile\_SAPRC07T.dat

run.iconに使用する化学反応系（変数：MECH）や入力データなどの計算設定を記述する。下記編集例の黄色の項目は、第一領域の設定と異なる箇所である。

「run.icon」の編集例

```
# 使用するメカニズム等の設定
source ../config.cmaq
setenv M3DATA /DATA
set APPL = V5g
set CFG = cfg.$APPL
set MECH = saprc07tb_ae6_aq
setenv GRID_NAME J-STREAM

# 実行ファイル等の設定
set EXEC = ICON_${APPL}_$EXECID
set BASE = $cwd
set BLD = ${BASE}/BLD_$APPL

# 入力する気象データ (mcip) の設定
setenv GRIDDESC $M3DATA/CMAQ/output/mcip/d02/GRIDDESC
set DATE = 2017121
setenv LAYER_FILE $M3DATA/CMAQ/output/mcip/d02/METCRO3D_$DATE

# データ出力ディレクトリの設定
set OUTDIR = $M3DATA/CMAQ/output/icon/d02

# 初期濃度の計算方法と鉛直分布データ、出力ファイルの設定
set IC = profile
if ( $IC == profile ) then
    setenv IC_PROFILE $BLD/ic_profile_SAPRC07T.dat
    setenv INIT_CONC_1 "$OUTDIR/ICON_${APPL}_${CFG}_${DATE} -v"
endif
```

実行用シェルスクリプト「run.icon」を実行する。以下に実行コマンドと実行後の出力ファイルを示す。

```
$ ./run.icon
$ ls -l /DATA/CMAQ/output/icon/d02/
-rw-rw-r-- 1 213935220 ICON_V5g_cfg.V5g_profile
```

### ③. BCON(側面境界濃度場ファイルの作成)

CCTMの入力ファイルとなる側方境界濃度場ファイルを作成する。

まず、作業ディレクトリ「bcon」に移動する。

```
$ cd ../bcon/
```

入力データはMCIPの出力ファイル（GRIDDESC及びMETCRO3D）と親領域のCCTM出力ファイル（CONCファイル）である。

設定ファイル：run.bcon

入力データ：GRIDDESCファイル、METCRO3Dファイル、親領域のCCTM出力ファイル（CONCファイル）

run.iconに使用する化学反応系（変数：MECH）や入力データなどの計算設定を記述する。下記編集例の黄色の項目は、第一領域の設定と異なる箇所である。

```
# 使用するメカニズム等の設定
source ../config.cmaq
setenv M3DATA /DATA
set APPL      = V5g
set CFG       = cfg.$APPL
set MECH      = saprc07tb_ae6_aq
setenv GRID_NAME J-STREAM

# 実行ファイル等の設定
set EXEC      = BCON_${APPL}_$EXECID_m3conc
set BASE      = $cwd
set BLD       = ${BASE}/BLD_${APPL}

# 入力する気象データ (mcip) の設定
setenv GRIDDESC $M3DATA/CMAQ/output/mcip/d02/GRIDDESC
set DATE = 2017121
setenv LAYER_FILE $M3DATA/CMAQ/output/mcip/d02/METCRO3D_$DATE

# データ出力ディレクトリの設定
set OUTDIR = $M3DATA/CMAQ/output/bcon/d02

# 境界濃度の計算方法の設定（親領域の濃度を用いる）
set BC = m3conc

if ( $BC == m3conc ) then

# 出力ファイルの設定
set DATE = 2017121
setenv BNDY_CONC_1 "$OUTDIR/BCON_${APPL}_${CFG}_${DATE} -v"

# 親領域データの設定
setenv CTM_CONC_1 $M3DATA/CMAQ/output/cctm/d01/CCTM_${APPL}_$EXECID.CONC.${CFG}_20170501
endif
```

実行用シェルスクリプト「run.bcon」を実行する。以下に実行コマンドと実行後の出力ファイルを示す。

```
$ ./run.bcon
$ ls -l /DATA/CMAQ/output/bcon/d02/
-rw-rw-r-- 1 297626696 BCON_V5g_cfg.V5g_2017121
```

#### ④. CCTM(大気質シミュレーションの実行)

①～③で作成した入力ファイル等を用いて、大気質シミュレーションを実行する。

まず、作業ディレクトリ「cctm」に移動する。

```
$ cd ../cctm/
```

入力データとして、MCIP 出力ファイルと初期濃度場ファイル及び側方境界濃度場ファイルの他、排出量ファイルと海塩マスクファイルが必要となる。

設定ファイル：run.cctm

入力データ：MCIP 出力ファイル (GRIDDESC ファイル、GRIDDOT2D ファイル、GRIDCRO2D ファイル、METCRO[2, 3]D ファイル、METDOT3D ファイル、METBDY3D ファイル)、初期濃度場ファイル (ICON\_\${APPL}\_\${CFG}\_profile)、側方境界濃度場ファイル (BCON\_\${APPL}\_\${CFG}\_\${STDATE})、排出量ファイル、海塩マスクファイル

run.cctm に使用する化学反応系 (変数:MECH) や入力データなどの計算設定を記述する。下記編集例の黄色の項目は、第一領域の設定と異なる箇所である。

```
# 使用するメカニズム等の設定
source ../config.cmaq
setenv M3DATA /DATA
set APPL = V5g
set CFG = cfg.$APPL
set MECH = saprc07tb_ae6_aq

# 実行ファイル等の設定
set BASE = $cwd
set BLD = ${BASE}/BLD_$APPL
set EXEC = CCTM_${APPL}_$EXECID
setenv EXECUTION_ID $EXEC

# 並列計算パラメータ (プロセス数) の設定 (並列計算の場合)
#setenv NPCOL_NPROW "3 2"; set NPROCS = 6

# 計算対象年月日時の設定
set STDATE = 2017121
set STTIME = 000000
```

```

set NSTEPS = 240000
set TSTEP = 010000
set YEAR = 2017
set YR = 17
set MONTH = 05
set DAY = 01
setenv YMD ${YEAR}${MONTH}${DAY}

# 計算領域グリッド（同 mcip）の設定
setenv GRIDDESC $M3DATA/CMAQ/output/mcip/d02/GRIDDESC
setenv GRID_NAME J-STREAM

# ACONC ファイルに出力する変数（化学種）の設定
setenv AVG_CONC_SPCS "ALL"

# SCIENCE の設定（下記項目以外はデフォルト設定）
setenv CTM_AERDIAG Y
setenv CTM_SSEMDIAG Y
setenv CTM_WB_DUST N
setenv CTM_ERODE_AGLAND N
setenv CTM_DUSTEM_DIAG N
setenv CTM_ABFLUX N
setenv CTM_HGBIDI N
setenv CTM_SFC_HONO Y

# データ出力ディレクトリの設定
set OUTDIR = $M3DATA/CMAQ/output/cctm/d02

# 入力する海塩マスクファイルの設定
setenv OCEAN_1 $M3DATA/CMAQ/output/ocean/d02/ocean.ncf

# 入力する排出量ファイルの設定
set EMISpath = $M3DATA/EMIS/d02
set EMISfile = EMIS_${STDATE}

# 入力する初期濃度場ファイルの設定
set ICpath = $M3DATA/CMAQ/output/icon/d02
set ICFILE = ICON_${APPL}_${CFG}_profile

# 入力する側方境界濃度ファイルの設定
set BCpath = $M3DATA/CMAQ/output/bcon/d02
set BCFILE = BCON_${APPL}_${CFG}_${STDATE}

# 入力する気象データ（mcip）の設定
set EXTN = ${STDATE}
set METpath = $M3DATA/CMAQ/output/mcip/d02
setenv GRID_DOT_2D $METpath/GRIDDOT2D_${EXTN}
setenv GRID_CRO_2D $METpath/GRIDCRO2D_${EXTN}
setenv MET_CRO_2D $METpath/METCRO2D_${EXTN}
setenv MET_CRO_3D $METpath/METCRO3D_${EXTN}
setenv MET_DOT_3D $METpath/METDOT3D_${EXTN}
setenv MET_BDY_3D $METpath/METBDY3D_${EXTN}

# cctm の実行

```



```
time $BASE/$EXEC
```

```
# 並列実行ファイル等の設定（並列計算の場合）
```

```
#set MPI = /usr/local/mpi/intel64/bin
```

```
#set MPIRUN = $MPI/mpirun
```

```
#time $MPIRUN -n $NPROCS $BASE/$EXEC
```

「run.cctm」の実行と出力されるファイル

```
$ ./run.cctm
```

```
$ ls -l /DATA/CMAQ/output/cctm/d02/
```

```
-rw-rw-r-- 1 445821684 CCTM_V5g_Linux2_x86_64ifort.ACONC.cfg.V5g_20170501
```

```
-rw-rw-r-- 1 1372977632 CCTM_V5g_Linux2_x86_64ifort.AERODIAM.cfg.V5g_20170501
```

```
-rw-rw-r-- 1 7971864 CCTM_V5g_Linux2_x86_64ifort.AEROVIS.cfg.V5g_20170501
```

```
-rw-rw-r-- 1 559696424 CCTM_V5g_Linux2_x86_64ifort.CGRID.cfg.V5g_20170501
```

```
-rw-rw-r-- 1 10633037700 CCTM_V5g_Linux2_x86_64ifort.CONC.cfg.V5g_20170501
```

```
-rw-rw-r-- 1 169180188 CCTM_V5g_Linux2_x86_64ifort.DRYDEP.cfg.V5g_20170501
```

```
-rw-rw-r-- 1 29864340 CCTM_V5g_Linux2_x86_64ifort.SSEMIS.cfg.V5g_20170501
```

```
-rw-rw-r-- 1 264711024 CCTM_V5g_Linux2_x86_64ifort.WETDEP1.cfg.V5g_20170501
```

## 5 計算データの後処理

J-STREAM では、計算結果の解析と描画のためのツールが用意されている。詳細は以下のウェブサイトを参照されたい。

<https://www.nies.go.jp/chiiki/jstream.html>