

## シミュレーション解析調査計画

2017年7月26日

日本エヌ・ユー・エス株式会社

### 1.はじめに

平成 28 年 3 月、東京都環境基本計画が改訂された。その中で、「2024 年度までに、PM2.5 の環境基準達成率を 100%に向上させる。」、「2030 年度までに全ての測定局における光化学オキシダント濃度を 0.07ppm 以下とする。(年間 4 番目に高い日最高 8 時間値 3 年平均)」という政策目標を掲げている。

本調査は、PM2.5 及び光化学オキシダントの大気環境中の濃度を再現するシミュレーションモデルを構築し、構築したシミュレーションモデルを用いたシミュレーション解析により各発生源の PM2.5 及び光化学オキシダントへの影響を明らかにし、政策目標達成に向けた施策を検討するための基礎資料とすることである。

### 2.本調査での基本方針

本調査での検討対象年度は 2008 年度と 2015 年度であるが、今年度中に両年度で検討をすべき事案の全てを調査する事は難しいため、本年度は 2008 年度を中心に調査を実施する。次年度以降の検討がスムーズに進むように 2008 年度の検討を通して、適切なシミュレーションモデルや発生源寄与解析手法を設定する。本年度の 2015 年度の検討は 2008 年度計算で設定されたモデルを用いて基準計算を実施し、再現性の評価などを行い次年度以降の課題の整理を行う。

第 1 回検討会では、シミュレーションの設定等について最善と考えられる調査方法を提案しているが、検討会における議論によって、調査内容は適宜変更・修正を行う。また、今後の解析や検討を進める際の基盤となるように、議論をとりまとめ、論点整理を行う。

### 3.使用するシミュレーションモデル及び排出インベントリの設定

#### 3.1 シミュレーション対象期間

##### ◆ 2008 年度対象のシミュレーション

- ✓ 基準計算は 2008 年度 1 年間に対して実施する。
- ✓ PM2.5 発生源寄与はレセプターモデルの結果と合わせて、最終結果をとりまとめるため、季節ごとに成分測定が実施されている 14 日程度＋スピンアップの期間のシミュレーションを実施する。
- ✓ 光学オキシダントの発生源寄与解析は暖候期(期間については検討)のシミュレーションを実施する。

##### ◆ 2015 年度対象のシミュレーション

- ✓ 基準計算を 2015 年度 1 年間に対して実施する。

#### 3.2 排出インベントリの設定

##### ○対象のシミュレーションに用いるインベントリ設定

以前の報告書で実施されたシミュレーションに用いられたインベントリと今回実施するシミュレーションで用いる予定のインベントリの比較を表 1 に掲載する。

今回の解析の目的の 1 つとして最新モデルでシミュレーションを実施した場合の 2008 年度計算と 2015 年度計算の比較がある。両年度の比較を明確化するため、2008 年度と 2015 年度は同一の考え方で作られたインベントリであることが望ましいため、両年度で用いることができる表 1 に掲載するインベントリ構成を提案する。但し、2017 年 7 月現在では制作中の排出量も含まれるため、スケジュールを勘案し間に合わない場合は変更の可能性がある。

表 1 排出インベントリの比較図

対象地域	H23 東京都報告書(2008 年度対象)	今回の予定(2008, 2015 年度対象)
国外	国立環境研究所提供データ	HTAP
一都六県以外	EAgriid 2010	JEI-DB + OPRF
一都六県(東京都以外)	各自治体の提供データなど	JEI-DB + OPRF
東京都	東京都報告書	東京都報告書

##### ○インベントリの年次補正について

一部インベントリでは作成年度とシミュレーション対象年度の違いから年次補正を実施する必要がある。各年度への各インベントリからの年次補正の手法は表 2 の手順で実施する。

表 2 本調査において利用する排出量データ及び年補正係数の考え方

人為起源排出量データ	対象発生源	計算対象年度	インベントリ作成年度	年次補正の手法
HTAP	国外人為起源	2008 年度	2008 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 年次補正は行わない</li> <li>➤ 中国、韓国の国別の排出量変化率を、各国統計値、排出量集計データ等を利用して年補正係数を算出し適用</li> <li>➤ 計算領域に含まれる、中国、韓国以外の国については信頼性の高い、補正のためのデータが少なく、不確実性が大きくなることが懸念されるため、補正は実施しない</li> </ul>
		2015 年度	2010 年	
JEI-DB	国内人為起源（東京都以外）	2008 年度	2012 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ JEI-DB 2012 より以下のデータなどを基に年次補正で作成 <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 総合エネルギー統計</li> <li>✓ 航空輸送統計</li> <li>✓ 自動車排出ガス原単位及び総量算定検討調査 報告書</li> </ul> </li> <li>➤ 2015 年度版インベントリがリリースされていれば、JEI-DB2015 を用いて計算</li> <li>➤ リリースされていない場合は 2008 年度計算と同様の方法で 2012 年のインベントリを年次補正して使用</li> </ul>
		2015 年度	2015 年 / 2012 年	
OPRF	船舶	2008 年度	2010 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 年次補正は行わない</li> </ul>
		2015 年度		

### 3.3 シミュレーションモデルの設定

本調査でのシミュレーションでは気象モデルは WRF、化学輸送モデルでは CMAQ を用いる。表 3、4 にそれぞれのモデルの詳細な設定を記載する。また計算領域を図 1 に掲載する。

表 3 気象モデル WRF の計算設定

モデル	WRF Ver. 3.8.1
投影法	ランベルト正角円錐図法
計算領域	基本的に、過去調査のシミュレーション設定に従う。 ただし、東アジア域に対しては、中国国内の影響をシミュレート可能な範囲内で新たに設定。
格子設定 (解像度)	東アジア域 解像度 45km
	日本域 解像度 15km
	関東域 解像度 5km
鉛直層	20～30 層程度を想定 最下層の層厚:約 25m
気象の境界条件	NCEP-FNL JWA-GSM+SST
積雲対流モデル (積雲の発達・減衰、それに伴う対流による上昇・下降気流などを計算)	Kain-Fritsch モデル
雲微物理モデル (雲粒・雨粒、雪などの成長を計算)	WSM 5
短波・長波放射モデル (太陽・地球放射による熱の変動を計算)	Dubhia/RRTM モデル
大気境界層モデル (境界層内の乱流の生成・衰退などを計算)	MYJ TKE モデル
陸面モデル (陸面の状態、陸面の大気への影響を計算)	Noah LSM モデル
解析値ナッジング	一部あり
海面温度更新	あり
ネスティング	1 way

表 4 大気質モデル CMAQ の計算設定

モデル	CMAQ Ver.5.1		
気象データ	気象モデル WRF の計算結果		
計算領域	基本的に、過去調査のシミュレーション設定に従う。 ただし、東アジア域に対しては、中国国内の影響をシミュレート可能な範囲内で新たに設定。		
格子設定 (解像度)	東アジア域	解像度 45km	
	日本域	解像度 15km	
	関東域	解像度 5km	
発生源データ	東アジア域	人為起源	HTAP V2 (2008/2010)
		森林火災起源	GFED ver.4 (2008/2015)
		火山起源	気象庁ホームページより (2008/2015)
		植物起源	MEGANv2.0.4 (2008/2015) ただし、気相モジュールで扱 えるように変換
	日本域・関東域	人為起源陸上	JEI-DB (2012/2015)
		人為起源海上	OPRF 船舶排出量データベ ース (2010)
国外の排出、森林火災起源、火山起源、植物 起源は東アジア域と同様			
濃度の境界条件	東アジア域: 全球モデル CHASER の計算結果を予定 (CHASER の結果は名古屋大須藤准教授からの提供を予定) 日本域・関東域: 親領域の計算結果を適用		
移流モデル	Yamartino		
水平拡散モデル	Multiscale		
鉛直拡散モデル	acm2		
光解離定数	Photo		
反応ソルバー	Ebi		
エアロゾル化学モデル	AERO6		
気相モデル	SAPRC07		
液相モデル	cloud_acm_ae6		
沈着モデル	M3dry		

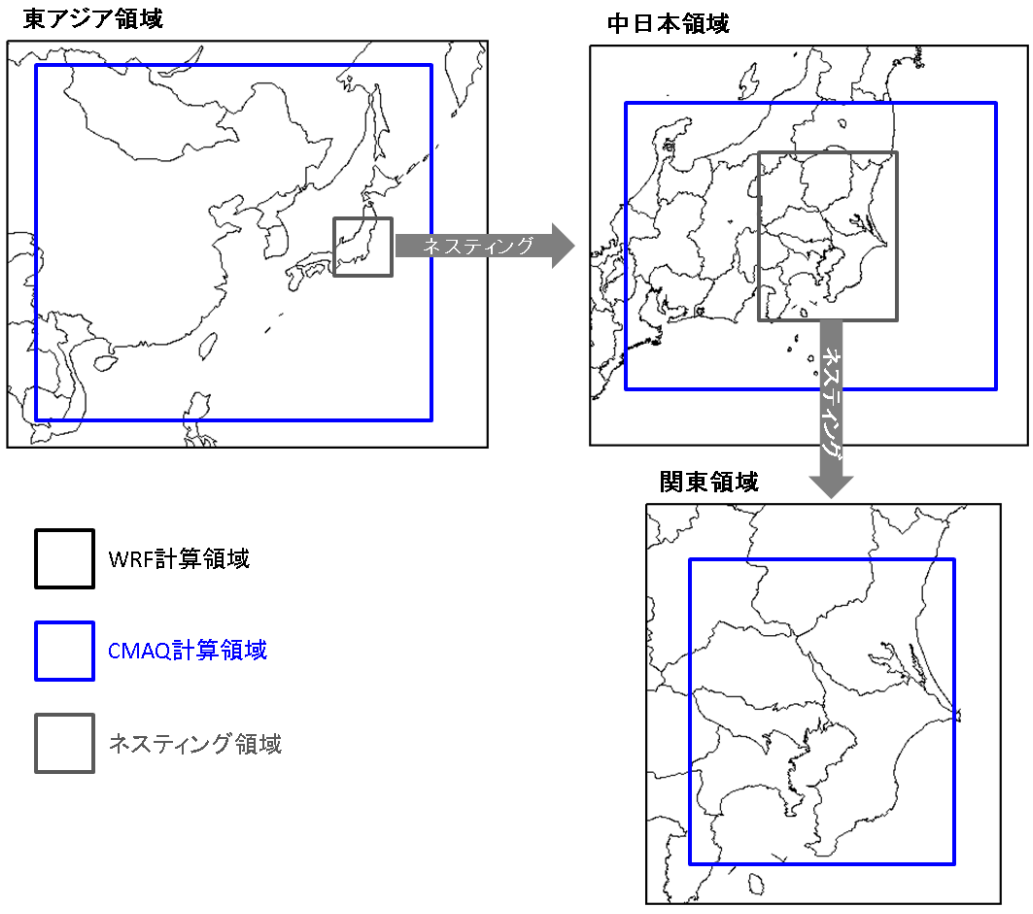


図1 シミュレーション対象領域

### 3.4 シミュレーションモデル再現性の確認方法

以下の手法を用いてシミュレーションモデルの再現性を確認していく。なお比較に用いるデータは表 5 に掲載する。再現性の確認は期間平均値だけではなく、高濃度日に注目した比較なども実施し、高濃度日における再現性の確認も実施する。

- WRF により作成した気象場の再現性の確認
- 排出インベントリの排出量などの整理
- 衛星データ等を利用した、PM2.5、光化学オキシダント(前駆物質を含む)濃度の空間分布の確認
- PM2.5 及び光化学オキシダントの前駆気体の測定濃度や PM2.5 成分分析濃度データに対する、シミュレーションモデルの再現性の統計的な評価
- 時系列データの比較

表 5 シミュレーションモデルの再現性確認に用いる観測データ

大気汚染常時監視測定局の測定結果
大気汚染防止法第22条の規定に基づく大気の汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準に基づくPM2.5成分分析結果
平成20年度東京都PM2.5等大気環境調査結果

2008 年度の計算では「東京都微小粒子状物質検討会(H23)」からのモデルの進歩による再現性の向上度合いを議論し、変化の理由やその妥当性をとりまとめる。

2015 年度計算ではPM2.5 質量濃度及び光化学オキシダント濃度の試行計算結果を考察し、次年度以降の課題をとりまとめる。

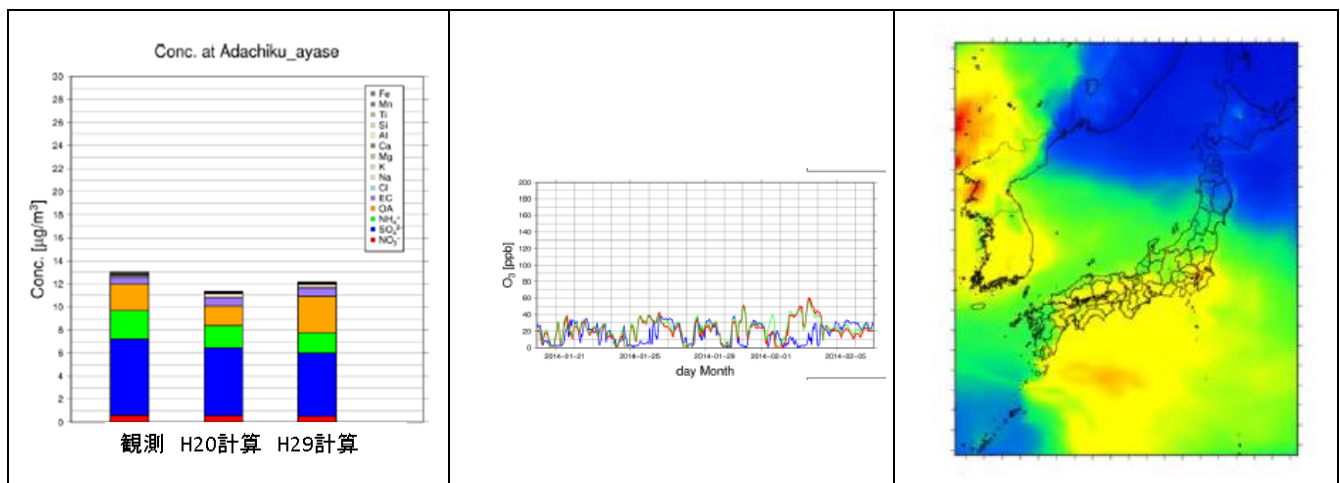


図 2 再現性の確認方法(イメージ図)。このような図に基づいた統計指標と合わせて再現性を評価する。

#### 4.PM2.5 及び光化学オキシダントの発生源寄与解析

上記 3.の作業により、シミュレーションモデルの再現性向上が認められた後、本一部の対象排出源の排出量を増減させることによる PM2.5 濃度及び光学オキシダントへの影響を確認するための感度実験を行う。

発生源寄与解析を季節ごと及び年間について実施する。計算対象期間は東京都 PM2.5 環境調査期間(各季節 14 日程度)とする。PM2.5 発生源寄与解析の結果は以前実施されたレセプターモデルの結果と合わせて最終結果をとりまとめることから、東京都 PM2.5 環境調査期間と同一の期間のシミュレーション結果を保持していることが望ましいためである。

光化学オキシダントの発生源寄与解析では、光化学オキシダントが高濃度となる暖候期(期間については検討)に対して、発生源寄与解析を実施する。

また、発生源寄与解析結果は、計算終了後に妥当性を確認する。

表 6 発生源寄与解析の対象排出源と削減パターン

感度実験対象領域	関東地域全域と東京都の 2 パターン
感度実験対象排出源	8 種類(自動車、船舶、大規模固定発生源、業務・家庭、建設機械(建機)、VOC 発生施設、その他の人為発生源、アンモニア発生源及び自然発生源)への分類を想定。 分類について検討し、対象排出源をより細分化する可能性あり。
感度実験削減パターン	ゼロ・アウト法(対象発生源の発生量を 0 として寄与を調べる)

東京都微小粒子状物質検討会報告書抜粋

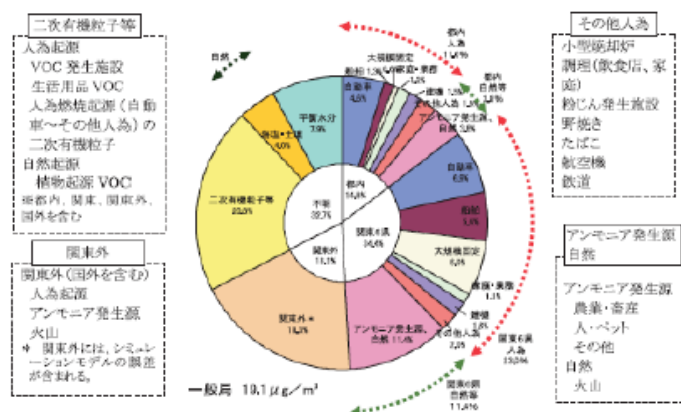


図 4-2 東京都の大気環境中の発生源別寄与割合 (H20 都内・関東 6 県発生源別)

表 4-2 発生源別寄与割合の都内と関東地方との比較

発生源	都内	関東 6 県
自動車	4.6%	6.9%
船舶	1.3%	5.4%
大規模固定発生源	0.6%	6.0%
家庭・業務	1.2%	1.1%
建設機械	1.5%	1.6%
その他人為	1.8%	2.0%
人為由来小計	11.0%	23.0%
アンモニア発生源・自然	3.8%	11.4%
計	14.8%	34.4%

表 4-3 地域別、人為・自然別の寄与割合

	計	人為	自然等
都内	14.8%	11.0%	3.8%
関東 6 県	34.4%	23.0%	11.4%
関東外	18.3%	不明	不明
二次有機粒子	20.8%	不明	不明
海塩・土壌	4.0%	0.0%	4%
未分	7.9%	不明	不明
計	100.2%*	(34.0%)	(19.2%)

\* 自動車などで合計が 100%と合わない。  
※ 国外の人為起源は 23 区で 96% (文獻より)

図 3 発生源寄与割合評価イメージ(東京都微小粒子状物質検討会報告書抜粋)。図のような評価を季節別、年間値などで作成する。なお PM2.5 の主要成分(SO4,NO3,OC)に関しては成分別に評価を実施する。



## 5.PM2.5 及び光化学オキシダントの高濃度イベント解析

以下の手順で高濃度イベントの事例解析を実施する。

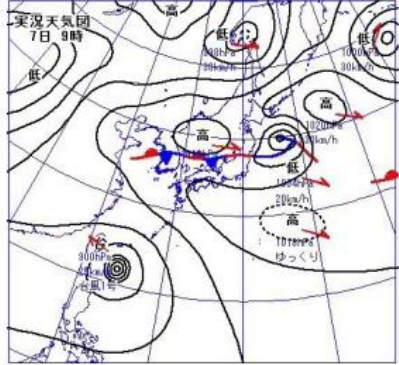
- ① モニタリングデータよりPM2.5の高濃度日(日平均値  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )を抽出し、その日の濃度変化や気象状況を取りまとめ、一件一葉として整理を実施する(図 4)。光化学オキシダントも同様のとりまとめを暖候期に対して実施する。
- ② 高濃度日と観測された日の観測データとシミュレーション結果を比較し、再現性の確認を行う。十分な再現性が確認できれば発生源寄与解析の結果より高濃度日に特異な主要発生源の有無や高濃度日の特徴などをとりまとめる。
- ③ とりまとめ結果を再整理し、高濃度日の傾向や特徴を考察し、高濃度になりやすい日の類型化を行う。

xxxx 年 y 月 z 日

以下の事柄に注意しながら、高濃度日イベントを一件一葉でとりまとめていく。

- 濃度の推移や最高濃度
- 気象条件
  - ✓ 風速や風向の推移
  - ✓ 高層気象の様子
- 風と濃度の状況
- シミュレーションの結果からの考察(再現性確認の後、発生源寄与解析の結果から特徴などが見えてくれば記載)

地上天気図



高層天気図

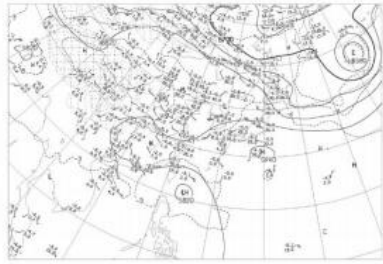


図 4 高濃度イベントの整理イメージ。風と濃度の状況や高濃度時の気象配置を日毎に取りまとめる。

## 6.スケジュール

	6月				7月				8月				9月				10月				11月				12月				1月				2月				3月							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
実施計画作成																																												
検討会								★												★																								
排出量データベースの収集 およびデータセットの作成					必要なインベントリ収集および2008年度計算用のインベントリ作成												2015年度インベントリ構築																											
シミュレーションモデルの構築					モデルの設定と試計算																																							
2008年度のPM2.5及び 光化学オキシダント濃度の基準計算									構築したモデルで計算及び観測値を用いた再現性の確認																																			
2015年度のPM2.5及び 光化学オキシダント濃度の試行計算																																												
PM2.5及び光化学オキシダント 発生源解析																																												
PM2.5及び光化学オキシダント 高濃度イベント解析																																												
報告書作成																																												

第2回検討会までに手法  
の検討

第3回検討会までにドラフト  
版を送付し、レビュー頂く予定