

## シミュレーションモデルを活用した対策検討

平成 25 年 12 月 6 日

- 1 文献調査（調査・研究に関する事例調査）
  - 1-1 文献調査の進め方
  - 1-2 文献調査結果
  - 1-3 「平成 21 年度 微小粒子状物質(PM2.5)対策のあり方検討調査」の概要
  
- 2 今後の予定
  - 2-1 調査フレームの作成

## 1 文献調査（調査・研究に関する事例調査）

### 1-1 文献調査の進め方

シミュレーションを用いたオキシダント対策検討の調査フレームの設定を目的として、シミュレーションを活用した調査、研究に関する文献の収集、整理を実施した。

参考とした文献は、学会等の論文、研究機関による研究報告、行政機関等が実施した調査報告書等で、基本的にインターネットや有料文献検索システムを用いて収集した。また、行政機関の調査報告は行政機関に個別にヒアリングを行い収集した。

主に以下の条件を満たすような文献を収集した。

- ・平成 19 年以降に発表されたもの
- ・シミュレーションを用いた  $O_x$  対策に関する調査研究で以下の項目を含むもの
  - 大気汚染対策の検討、測定局配置検討、排出量削減、注意報等発令地域の見直し
  - モデルの開発、モデルの精度比較、高濃度エピソードの再現、長期再現性、
  - 高濃度要因研究、モデル相互比較研究、将来濃度推計、感度解析、発生源寄与解析

収集整理した文献は、調査フレーム設定内容を検討する上で活用しやすくするために、表 1-1～表 1-3 に示す項目別に整理した。

表 1-1 収集整理した文献の整理項目(目的、設定条件)

項目		概要
目的・概要		調査の目的
		調査方法や結果を整理
設定条件	対象年度	現況、将来などの設定
	解析地域	関東、関西などの解析した地域
	対象物質	解析や評価に用いた物質や気象要素 (オキシダント等、VOC 成分など)
	解析期間	高濃度エピソード期間、年間計算など

表 1-2 収集整理した文献の整理項目(モデルの設定)

項目		概要
モデル	気象化学輸送モデル	名称、バージョン、サブモデル
入力値	インベントリ	公開データベースの利用や独自推定
	気象	気象モデルの初期値・境界値
設定	境界	化学輸送モデルの境界値
	計算領域	領域、ネスティングの有無
その他	空間解像度	格子数、格子間隔
	入手性	有償・無償、入手方法など
	開発状況	開発期間及び開発状況

表 1-3 収集整理した文献の整理項目(再現性と対策検討)

項目		概要
再現精度 検証	精度評価物質等	Ox、前駆物質、成分
	評価時間	1 時間値や日平均値
	精度評価指標等	BIAS などの指標
	再現性確認方法	時間変化、分布比較
	精度評価結果	再現性の程度
	検証用データ	測定機関、方法等
対策検討	対策	対策検討の有無
	対策検討の方法	感度実験、施策検討
	効果	対策効果の程度

## 1-2 文献調査結果

表 1-4 に国内および海外の文献、表 1-5 および表 1-6 に行政機関の文献の一覧を示した。収集した文献について内容を総括すると以下のようにまとめられる。

- 国内の論文では、高濃度エピソードを対象に再現精度検証および要因解析を行ったものが多かった。
- 海外の論文および指針では、スペイン、東アジア、米国など様々な地域を対象とした大気質シミュレーションを用いた研究事例がみられ、オキシダント削減の対策シナリオとしては、自動車からの汚染物質を対象としたものがみられた。
- 国内行政機関の文献では、将来濃度の推定や測定局の適正配置に関するものが多くみられた。
- 気象モデルとしては、MM5 もしくは WRF を用いた文献が多く、大気質モデルとしては、CMAQ もしくは CAMx を用いたものが多かった。

表 1-7～表 1-10 に国内論文および海外論文を 2 例ずつ示した。国内の 2 事例は、オキシダント汚染の現状および越境汚染について解析した論文である。海外の 2 事例は、調査方法や対策シナリオ設定が参考になると考えられる。また、2 章で紹介する大気汚染対策の先進地である米国を対象とした論文であり、オゾン 8 時間最高値を評価手法に使用している。これらの論文は、調査フレーム作成するうえで参考になる情報が多いと考えられるため示すこととした。

表 1-7 に示した論文では、兵庫県下のオキシダントの空間分布を把握することを目的としている。PO 濃度の解析結果から得られる地域で排出された NO<sub>x</sub> (NO) による O<sub>3</sub> の消失反応の検討やモデル精度の評価方法など参考になる事項がある。

表 1-8 に示した論文では、日本域の越境大気汚染の状況を詳細に解析している。モデル精度の評価方法や越境汚染が国内の大気汚染に対してどの程度寄与しているかといった知見は、調査フレームを検討するうえで有益であると考えられる。

表 1-9 に示した論文では、スペインのバルセロナを対象に大気汚染を改善するための対策シナリオを複数設定し、それぞれについてシミュレーションを実施し、対策の効果について検討している。調査の流れや評価指標に関して、調査フレームに適用できる可能性がある。また、検討対策シナリオとしては自動車を対象にしたものだが、交通マネジメント、技術革新、代替燃料といった複数の観点からの対策を想定しており、今後の対策立案でも参考にできる点があると考えられる。

表 1-10 に示した論文は、カリフォルニア北部を対象としており、MM5/CMAQ モデルシステムを用いて、排出量制御の効果を評価することを目的としている。Part II で、排出量制御の効果について検討しており、冬季と夏季において排出削減効果の相違がみられたこ

## 平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 2 回）資料

と（冬季は VOC-limited になることが原因）やオゾン 8 時間最高値を用いた評価方法など調査フレームを検討するうえで参考になる点が多い。

平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 2 回）資料

表 1-4 収集整理文献一覧(国内および海外の文献)

	タイトル	発表年	著者	目的	概要	解析地域	モデル-気象	モデル-大気質
1	わが国の汚染物質濃度に対する発生源・越境輸送の感度解析	平成20年	茶谷聡ほか	感度解析	汚染物質濃度に対する各種発生源や越境輸送の感度を調査した。O3は越境汚染の感度が圧倒的に大きかった。O3は都市部のNO2の生成にも重要な役割を果たし、二次粒子生成にも影響することが明らかとなった。	関東地域	RAMSv4.4	CMAQv4.6
2	2007年5月8、9日に発生した広域的な光化学オゾン汚染—オーバービュー—	平成20年	大原利真ほか	高濃度エピソードの再現感度解析	広域的な高濃度O3エピソードについて越境汚染の影響や気象学的な特徴を調査した。実測データ解析を中心とした早崎ほか(2008)とモデルシミュレーションを中心とした黒川ほか(2008)の結果の概要をまとめている。	中国沿岸域～日本列島	RAMSv4.4	CMAQv4.4
3	ネスト版RAMS/CMAQ連携モデルによる2007年5月8、9日に発生した広域的な光化学オゾン汚染の解析	平成20年	黒川純一ほか	高濃度エピソードの再現感度解析	広域的な高濃度O3エピソードについて越境汚染の影響評価を行った。2007年5月8、9日に日本で観測された高濃度O3は、中国で生成されたO3に起因する越境汚染の影響を強く受けていたことが示唆された。	中国沿岸域～日本列島	RAMSv4.4	CMAQv4.4
4	2007年春季に発生した東アジア域スケールの広域的越境汚染の化学輸送モデルCMAQによる解析	平成21年	板橋秀一ほか	高濃度エピソードの再現	高濃度エピソードを含むひと月半程度の期間についてシミュレーションを行い、濃度変化や気象学的な特徴を調査した。O3と硫酸塩粒子が同時に高濃度となり、かつ、越境汚染の可能性が考えられるエピソードについて詳細に解析し、越境汚染の経路や寄与を調査した。	中国沿岸域～日本列島	RAMSv4.4	CMAQv4.4
5	数値解析による兵庫県内の光化学オキシダントの濃度分布及び季節変動要因の検討	平成22年	坂本美徳ほか	モデルを利用した空間分布把握	兵庫県下のO3の空間分布把握を目的に数値解析を行った。越境汚染の影響やNOIによるO3の消失反応についても検討した。	兵庫県	MM5v3.7	CMAQv4.6
6	関東地方における夏季地表オゾン濃度のNOx、VOC排出量に対する感度の地理分布 第1報 大小2種類の植物起源VOC排出量推定値を入力した場合の数値シミュレーションによる推定	平成22年	井上和也ほか	高濃度エピソードの再現	高濃度オゾンが出現した夏季の複数日を対象に、関東地方におけるオゾン濃度感度レジームの地理分布を推定した。また、植物起源VOC排出量の入力値によって感度レジームの推定結果が大きく左右されることを示した。	関東地方	著者らが開発した3次元オイラー型化学輸送モデル(RAMSv4.4に人工排熱過程を組み込んだものをベースに、化学物質の排出・反応・沈着過程を組み込	
7	大気質モデルの相互比較実験によるO3、PM2.5予測性能の評価—2007年夏季、関東の事例	平成22年	森野悠ほか	モデル相互比較研究	夏季関東地方におけるO3とPM2.5に対する予測性能の一般性や不確実性を評価することを目的に、4グループの化学輸送モデルの相互比較を行った。	関東地方	MM5v3.6、MM5v3.7、WRFv2.2、WRFv2.2.1	CMAQv4.5、CMAQv4.6
8	大気汚染予測システム(VENUS)の構築と検証	平成23年	菅田誠治ほか	予測精度検証	大気汚染予測システムVENUSの概要を示し、予測精度を検証した。VENISが日中の光化学Oxの高濃度をかなりの確に予報できることが示された。	日本 (精度検証は関東、中部、関西、九州地域のみ)	RAMSv4.4	CMAQv4.4
9	丹沢山地における高濃度オゾンの広域移流現象の数値解析	平成24年	松隈大亮ほか	高濃度要因研究	ブナの衰退の一因であるO3の丹沢山地への移流経路を調査した。	丹沢山地	WRF/Chemv3.1.1	
10	数値モデルを用いた丹沢山地のオゾンの挙動解析	平成24年	斉藤正彦ほか	モデルを利用した空間分布把握	ブナ林衰退の原因解明のために、オゾン濃度観測結果と数値モデルを用いて、丹沢山地とその周辺の地上や上層のO3の挙動を調査した。	丹沢山地	MM5v3.7	CMAQv4.7.1
11	Comprehensive air quality planning for the Barcelona Metropolitan Area through traffic management	平成23年	Albert Soret et al.	大気汚染対策の検討 将来濃度推定	2004年を基準年として、2015年の大気汚染状況を3つのシナリオで予測する	バルセロナ都市域	WRF-ARW/ HERMES/ CMAQ	
12	The impact of China's vehicle emissions on regional air quality in 2000 and 2020 : a scenario analysis	平成23年	E.Shirakawa et al.	大気汚染対策の検討 将来濃度推定	2020年のアジアの大気質を中国での自動車排出を2ケース(施策なし、Euro3を適用)設定して予測した。	中国	WRF-Chem	
13	Response of future air quality to emission controls over North Carolina. Part I : Model evaluation for current-year simulations Part II : Analyses of future-year predictions and their policy implications	平成22年	Xiao-Huan Liu et al.	大気汚染対策の検討 将来濃度推定	Part I によって評価されたMM5/CMAQモデルシステムを用いて、将来のカリフォルニア北部の大気質をコントロールすることを目的とした排出量制御の効果のみた。	カリフォルニア北部	MM5	CMAQ
14	REVIEW OF AIR QUALITY MODELLING IN DEFRA	平成23年	Martin Williams et al.	モデル相互比較研究	Delfa(英国の環境・食料・農村地域省)の目的にかなった大気質モデルの評価選定を行う。	イギリス		複数モデル
15	Development of the CAMx One-Atmosphere Air Quality Model to Treat Ozone, Particulate Matter, Visibility and Air Toxics and Application for State Implementation Plans (SIPS)	-	Ralph E.Morris et al.	その他	SIP策定に用いたモデル、対象期間等の紹介論文	アメリカ合衆国	MM5/RAMS MM5/EP2	CAMx
16	Technical Support Document for the Final Locomotive/Marine Rule Air Quality Modeling Analyses	平成20年	EPA	大気汚染対策の検討 将来濃度推定	機関および船舶の圧縮点火エンジンからの大気汚染物質の最終的な制御の裏付けとしてEPAによって作成されたものである。国家スケールの大気質のモデルによる解析によって、PM2.5濃度、将来の8時間オゾン濃度および将来の視程を推定した。	アメリカ合衆国	MM5	CMAQv4.6

平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 2 回）資料

表 1-5 収集整理文献一覧(行政機関の文献)

	タイトル	発表年	委託者	目的	概要
18	揮発性有機化合物(VOC)の浮遊粒子状物質及び光化学オキシダントの生成に係る調査	平成17年	環境省	モデル精度向上 その他(シミュレーションフレームの検討)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シミュレーションフレームの検討</li> <li>・大気質モデル、気象モデル、VOC粒子化モデル(化学反応モデル)の検討</li> <li>・国内発生源の検討</li> <li>・海外から移流する汚染物質の影響と海外の排出インベントリの検討</li> <li>・これまでのVOC・SPMフィールド調査の整理</li> <li>・テストシミュレーション</li> </ul>
19	揮発性有機化合物(VOC)の浮遊粒子状物質及び光化学オキシダントの生成に係る調査	平成18年	環境省	モデル精度向上	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発生源インベントリの整備</li> <li>・シミュレーションモデルの改良</li> <li>・シミュレーションの実施(関東地方 平成13年6月、8月、11月)</li> <li>・シミュレーションの実施(関西地方 平成13年8月、11月)</li> </ul>
20	揮発性有機化合物(VOC)の浮遊粒子状物質及び光化学オキシダントの生成に係る調査	平成19年	環境省	長期再現性 感度解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Ox、SPMおよびOM2.5の長期シミュレーションの実施</li> <li>・PM成分別濃度の検証</li> <li>・計算領域内もしくは境界からの流入濃度を変化させた場合の感度解析の実施</li> </ul>
21	揮発性有機化合物(VOC)の浮遊粒子状物質及び光化学オキシダントの生成に係る調査	平成20年	環境省	モデル精度向上 感度解析 発生源寄与解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シミュレーションモデルの改良</li> <li>・シミュレーションフレームの検討</li> <li>・シミュレーションの実施(年間 関東地方)</li> <li>・シミュレーションの実施(夏季 関西地方)</li> <li>・感度解析の実施(夏季 関東地方)</li> <li>・PM2.5発生源寄与解析</li> </ul>
22	揮発性有機化合物(VOC)の浮遊粒子状物質及び光化学オキシダントの生成に係る調査	平成21年	環境省	モデル精度向上 発生源寄与解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シミュレーションモデルの改良</li> <li>・年間シミュレーションの実施</li> <li>・新たなO3および二次生成SPM対策の必要性の検討</li> <li>・日本広域シミュレーションの実施</li> <li>・OSAT法によるOxの発生源別寄与濃度の推定</li> </ul>
23	平成21年度 微小粒子状物質(PM2.5)対策のあり方検討調査	平成22年	環境省	その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・科学的知見の整理</li> <li>・PM2.5対策のあり方について</li> <li>・欧米における施策動向調査</li> <li>・削減技術調査</li> </ul>
24	平成22年度 光化学オキシダントに関するシステム構築検討調査業務	平成23年	環境省	その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・光化学オキシダントに関する既存シミュレーションモデルを取りまとめ</li> <li>・要望等把握調査</li> <li>・予測精度の向上のための検討</li> <li>・システム構築の検討</li> </ul>
25	光化学オキシダント対策調査委託業務	平成21年	愛知県	大気汚染対策の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・愛知県の光化学オキシダントの状況を把握した上で、高濃度事例日の選定を実施。</li> <li>・高濃度事例日について、シミュレーションによる解析を行い現況の再現計算を実施。</li> <li>・再現計算結果を利用し、排出量の削減とその効果について検討を行い、効果的な削減対策を検討した。</li> </ul>

平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 2 回）資料

表 1-6 収集整理文献一覧(行政機関の文献)

	タイトル	発表年	委託者	目的	概要
26	浜松市大気汚染常時監視測置局再配置計画策定委託業務	平成23年	浜松市	測定局適正配置 将来濃度推定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地域環境の現況調査</li> <li>・発生源調査</li> <li>・大気環境濃度シミュレーション</li> <li>・一般環境大気測定局適正配置</li> <li>・自動車排出ガス測定局適正配置の検討現況調査</li> </ul>
27	光化学オキシダント及び微小粒子状物質解析モデル調査業務委託報告書	平成23年	埼玉県	将来濃度推定 感度解析 発生源寄与解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>・インベントリ作成</li> <li>・大気環境データの解析</li> <li>・シミュレーションによる解析</li> </ul>
28	大気汚染常時監視測定局等適正配置検討調査	平成20年	富士市	将来濃度推定 測定局適正配置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地域環境の現況調査</li> <li>・発生源調査</li> <li>・大気環境濃度シミュレーション</li> <li>・一般環境大気測定局・自動車排出ガス測定局の適正配置の検討</li> </ul>
29	富士スモッグ改善計画中間目標達成状況調査	平成24年	富士市	将来濃度推定 測定局適正配置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大気環境等の状況把握</li> <li>・中間目標達成状況(富士山視認状況、大気汚染物質排出状況の確認)</li> <li>・施策の進捗状況の取りまとめ</li> <li>・中間評価</li> </ul>
30	光化学オキシダント発令地域設定等業務	平成25年	三重県	測定局適正配置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成22年度以降に三重県内に設置または設置予定の一般環境測定局に係る光化学スモッグ注意報等発令地域の設定</li> <li>・すでに設置している発令地域の見直し</li> <li>・光化学オキシダントに係る常時監視測定局の適正配置の検討</li> </ul>
31	神奈川県自然環境保全センター—神奈川丹沢地域の大气環境	平成24年	神奈川県	高濃度エピソードの再現	<ul style="list-style-type: none"> <li>・丹沢山地の上空の気象やオゾン濃度を解析を数値シミュレーション等で実施。</li> <li>・水平濃度分布やゾンデ観測と概ね同様の立体分布パターンが再現でき、これを基に生成機構説明がなされた。</li> </ul>
32	東京都微状粒子状物質検討会-東京都微小粒子状物質検討会報告書	平成23年	東京都	その他	大気環境、発生源について、発生源寄与解析と将来濃度予測について整理検討を実施。
33	大気汚染常時監視測定局適正配置調査	平成18年	静岡市	将来濃度推定 測定局適正配置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成16年度(現況年度)および平成22年度(将来年度)を対象に、現況および将来の発生源を設定</li> <li>・現況年度および将来年度を対象にした拡散シミュレーションによって地域濃度分布を推定</li> <li>・計算結果を基に、一般環境測定局および自動車排ガス測定局の適正配置について検討</li> </ul>



平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 2 回）資料

表 1-7 収集整理文献概要(国内論文 その1)

<目的および設定条件>

項目	概要	
論文タイトル	数値解析による兵庫県内の光化学オキシダントの濃度分布及び季節変動要因の検討	
出典	大気環境学会誌(2010)	
著者名	坂本美徳、嶋寺光、瀬戸文久、近藤明、Shrestha Kundan Lal、加賀昭和、井上義雄、平木隆年	
目的	兵庫県下の O <sub>x</sub> 濃度の空間分布把握	
概要	兵庫県では、常時監視測定局で光化学オキシダント (O <sub>x</sub> ) 濃度を測定しているが、測定局は瀬戸内海沿岸の都市域に集中しているため、県下全域の実態を把握できていない。そこで、本研究では兵庫県下の O <sub>x</sub> の空間分布を把握することを目的に、MM5/CMAQ により 2008 年を対象に O <sub>x</sub> の大部分であるオゾン (O <sub>3</sub> ) 濃度について数値解析を行った。平均 O <sub>3</sub> 濃度の計算値は 5 月が最も高濃度を示し、次いで 7 月、9 月、12 月の順であり、観測値と一致した。平均 O <sub>3</sub> 濃度は、5 月、7 月共に日本域以外からの越境汚染の影響を受けて 10ppb 以上高くなると考えられた。5 月は日本海側から流入した気塊が兵庫県下全域を覆い、地域的に排出された NO <sub>x</sub> (NO) による O <sub>3</sub> の消失反応により O <sub>3</sub> 濃度の空間分布が生じていると考えられた。7 月は越境汚染に加え到達した気塊の経路により地域汚染による O <sub>3</sub> 生成の影響を受けていると考えられた。	
設定条件	対象年度	2008 年
	解析地域	兵庫県
	対象物質	O <sub>3</sub>
	解析期間	2008 年の春季 (5 月)、夏季 (7 月)、秋季 (9 月)、冬季 (12 月)

<モデルの設定>

項目	概要	
モデル	気象・化学輸送モデル 気象モデル：MM5 v3.7 積雲過程：Grel 雲微物理過程：Dudhia 放射過程：Dudhia 大気境界層過程：Hong and Pan 地表面過程：Dudhia 化学輸送モデル：CMAQ v4.6 気相反応：SAPRC99 エアロゾル反応：AERO4 雲・液滴反応オプション：使用	
入力値	インベントリ 日本域以外 SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> 、CO、人為起源 VOC、PM 排出量：INTEX-B (一次エネルギー消費量の変化率を乗じて補正) NH <sub>3</sub> 排出量：REAS の 2008 年予測値 (季節変動は Strees et al. (2003a)) 植物起源 VOC 排出量：EAGrid2000 バイオマス燃焼起源の排出量：Strees et al. (2003b) ※ロシア域の排出量には ARCTAS Pre-mission Emission Inventory (M.I.C., 2008) 日本域 EAGrid2000-Japan 自動車起源排出量については、兵庫県下の自動車排ガス測定局における濃度低下率を乗じて補正し、2008 年の排出量を算出	
	気象	D1：NCEP 全球客観解析データ D2、D3：気象庁 MSM、NCEP-FNL (地表・海面データのみ)
	境界	CMAQ デフォルト
設定	計算領域/空間解像度 D1 (東アジア域) 水平格子間隔：54km	

平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 2 回）資料

		水平格子数：105×81 鉛直層数：24 層 （上空 100hPa まで、第一層中心高さ：約 15m） D2 水平格子間隔：18km 水平格子数：72×72 鉛直層数：24 層 （上空 100hPa まで、第一層中心高さ：約 15m） D3（兵庫県域） 水平格子間隔：6km 水平格子数：72×72 鉛直層数：24 層 （上空 100hPa まで、第一層中心高さ：約 15m）
--	--	--

<再現性および対策検討>

項目		概要																																																																																																														
再現精度検証	精度評価物質等	O <sub>3</sub> 、PO																																																																																																														
	評価時間	1 時間値、日最高濃度																																																																																																														
	精度評価指標等	期間平均値、R、MBE、MAE、IA （兵庫県下の一般環境大気測定局 5 地点を使用）																																																																																																														
	再現性確認方法	期間平均値、R、MBE、MAE、IA 濃度時系列の比較																																																																																																														
	精度評価結果	2008 年の兵庫県内の観測局における大気質予測精度（O <sub>3</sub> ） <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">May</th> <th colspan="2">Jul</th> <th>Sep.</th> <th>Dec.</th> </tr> <tr> <th>EB</th> <th>EJ</th> <th>EB</th> <th>EJ</th> <th>EB</th> <th>EB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dairy Max. O<sub>3</sub></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Mean Obs. (ppb)</td> <td>73.4</td><td>73.4</td><td>64.2</td><td>64.2</td><td>53.0</td><td>35.7</td> </tr> <tr> <td>Mean Sim. (ppb)</td> <td>59.1</td><td>44.5</td><td>57.8</td><td>42.8</td><td>53.6</td><td>39.7</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>0.58</td><td>0.38</td><td>0.50</td><td>0.42</td><td>0.51</td><td>0.36</td> </tr> <tr> <td>MBE (ppb)</td> <td>-14.3</td><td>-28.9</td><td>-6.4</td><td>-21.4</td><td>0.6</td><td>4.0</td> </tr> <tr> <td>MAE (ppb)</td> <td>15.5</td><td>28.9</td><td>14.9</td><td>22.6</td><td>13.9</td><td>8.4</td> </tr> <tr> <td>IA</td> <td>0.63</td><td>0.46</td><td>0.63</td><td>0.54</td><td>0.67</td><td>0.50</td> </tr> <tr> <td>Hourly O<sub>3</sub></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Mean Obs. (ppb)</td> <td>47.9</td><td>47.9</td><td>31.4</td><td>31.4</td><td>29.1</td><td>16.3</td> </tr> <tr> <td>Mean Sim. (ppb)</td> <td>42.6</td><td>30.7</td><td>39.0</td><td>26.1</td><td>38.5</td><td>27.6</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>0.58</td><td>0.52</td><td>0.60</td><td>0.61</td><td>0.45</td><td>0.39</td> </tr> <tr> <td>MBE (ppb)</td> <td>-5.4</td><td>-17.2</td><td>7.6</td><td>-5.3</td><td>9.5</td><td>11.3</td> </tr> <tr> <td>MAE (ppb)</td> <td>14.7</td><td>20.7</td><td>15.1</td><td>13.3</td><td>16.5</td><td>15.1</td> </tr> <tr> <td>IA</td> <td>0.72</td><td>0.58</td><td>0.75</td><td>0.74</td><td>0.66</td><td>0.58</td> </tr> </tbody> </table>		May		Jul		Sep.	Dec.	EB	EJ	EB	EJ	EB	EB	Dairy Max. O <sub>3</sub>							Mean Obs. (ppb)	73.4	73.4	64.2	64.2	53.0	35.7	Mean Sim. (ppb)	59.1	44.5	57.8	42.8	53.6	39.7	R	0.58	0.38	0.50	0.42	0.51	0.36	MBE (ppb)	-14.3	-28.9	-6.4	-21.4	0.6	4.0	MAE (ppb)	15.5	28.9	14.9	22.6	13.9	8.4	IA	0.63	0.46	0.63	0.54	0.67	0.50	Hourly O <sub>3</sub>							Mean Obs. (ppb)	47.9	47.9	31.4	31.4	29.1	16.3	Mean Sim. (ppb)	42.6	30.7	39.0	26.1	38.5	27.6	R	0.58	0.52	0.60	0.61	0.45	0.39	MBE (ppb)	-5.4	-17.2	7.6	-5.3	9.5	11.3	MAE (ppb)	14.7	20.7	15.1	13.3	16.5	15.1	IA	0.72	0.58	0.75	0.74	0.66
	May			Jul		Sep.	Dec.																																																																																																									
	EB	EJ	EB	EJ	EB	EB																																																																																																										
Dairy Max. O <sub>3</sub>																																																																																																																
Mean Obs. (ppb)	73.4	73.4	64.2	64.2	53.0	35.7																																																																																																										
Mean Sim. (ppb)	59.1	44.5	57.8	42.8	53.6	39.7																																																																																																										
R	0.58	0.38	0.50	0.42	0.51	0.36																																																																																																										
MBE (ppb)	-14.3	-28.9	-6.4	-21.4	0.6	4.0																																																																																																										
MAE (ppb)	15.5	28.9	14.9	22.6	13.9	8.4																																																																																																										
IA	0.63	0.46	0.63	0.54	0.67	0.50																																																																																																										
Hourly O <sub>3</sub>																																																																																																																
Mean Obs. (ppb)	47.9	47.9	31.4	31.4	29.1	16.3																																																																																																										
Mean Sim. (ppb)	42.6	30.7	39.0	26.1	38.5	27.6																																																																																																										
R	0.58	0.52	0.60	0.61	0.45	0.39																																																																																																										
MBE (ppb)	-5.4	-17.2	7.6	-5.3	9.5	11.3																																																																																																										
MAE (ppb)	14.7	20.7	15.1	13.3	16.5	15.1																																																																																																										
IA	0.72	0.58	0.75	0.74	0.66	0.58																																																																																																										
検証用データ	大気汚染常時監視局（速報値）																																																																																																															
対策検討	対策	検討されていない																																																																																																														

<対象論文で用いられている精度評価指標>

Mean Bias Error

$$MB = \sum_{i=1}^n (C_{mod}(i) - C_{obs}(i))$$

Mean Absolute Error

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |C_{mod}(i) - C_{obs}(i)|$$

Root Mean Square Bias

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (C_{mod}(i) - C_{obs}(i))^2}$$

Index of Agreement

$$IA = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (C_{mod}(i) - C_{obs}(i))^2}{\sum_{i=1}^N (|C_{mod}(i) - \bar{C}_{obs}| + |C_{obs}(i) - \bar{C}_{obs}|)^2}$$

表 1-8 収集整理文献一覧(国内論文 その2)

<目的および設定条件>

項目	概要	
論文タイトル	2007年春季に発生した東アジア域スケールの広域的越境汚染の化学輸送モデル CMAQ による解析	
出典	大気環境学会誌(2009)	
著者名	板橋秀一、弓元桂也、鶴野伊津志、大原利眞、黒川純一、清水厚、山本重一、大石興弘、岩本眞二	
目的	高濃度エピソードについて O <sub>3</sub> の濃度変化や気象学的な特徴を調査。	
概要	<p>日本各地で光化学オキシダント注意報が発令された 2007 年 4 月下旬から 5 月末の期間を対象に、CMAQ でシミュレーションを行い、O<sub>3</sub> や硫酸塩粒子 (nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) の濃度変化や気象学的な特徴について解析した。</p> <p>シミュレーションの結果は観測されたオゾン濃度などを概ね再現した。九州北部において O<sub>3</sub> と nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> が同時に高濃度となるエピソードが対象期間内に 5 つ見られた。そのうち 3 つのエピソードについてより詳細な解析を行った。これら 3 つのエピソード時には、いずれも東シナ海南部に高気圧が位置し、高気圧の北部をまわる西から北西の気流に乗って大陸起源の汚染気塊が輸送されていることが明瞭に示された。このほか、後方流跡線解析や中国起源の一次汚染質排出による越境汚染の寄与を見積もるための感度解析（中国国内の一次汚染物質の排出量をゼロにする）を行い、高濃度エピソードへの越境汚染の影響を示した。</p>	
設定条件	対象年度	2007 年
	解析地域	日本全国
	対象物質	O <sub>3</sub> 、硝酸塩粒子 (nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )
	解析期間	2007 年 4 月 25 日～2007 年 5 月 31 日

<モデルの設定>

項目	概要	
モデル	<p>気象・化学輸送モデル</p> <p>気象モデル：RAMS v4.4                      以下、鶴野ら（2005）より                      積雲対流 Simplified Kuo Cumulus Scheme                      雲物理 Bulk Microphysics Cloud                      地表面 LEAF-2                      大気放射 Chen and Cotton                      乱流 Mellor-Yamada Level 2.5 scheme</p> <p>化学輸送モデル：CMAQ v4.4                      以下、鶴野ら（2005）より                      移流 PPM                      鉛直拡散 eddy                      気相反応 SAPRC99                      化学反応の数値解法 MEBI                      エアロゾル AERO3                      雲・液相化学 RADM                      乾性沈着 RADM</p>	
入力値	<p>インベントリ</p> <p>人為起源：REAS v1.1                      植物起源 NMVOC：GEIA                      バイオマス燃焼に伴う排出量：TRACE-P                      CNTL（基本ケース）では、2007 年の中国の NO<sub>x</sub>、NMVOC 排出量として、2003 年の排出量を 1.5 倍（中国の統計年鑑や衛星観測結果をもとに設定）したものを使用した。                      ※感度実験ケースについては省略する。</p>	
	気象	NCEP 全球客観解析データ
	境界	CHASER による計算結果（1990 年代後半の気候値データ）の 5 月平均濃度

平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 2 回）資料

設定	計算領域/空間解像度	以下、黒川ら（2008）より <b>Grid1</b> （インドシナ半島を含む東アジア領域） 水平格子間隔：80km 水平格子数：100×90（RAMS）、78×68（CMAQ） 鉛直層数：31 層（RAMS）、19 層（CMAQ） （上空約 22km まで、第一層厚さ約 150m） <b>Grid2</b> （中国沿岸域と日本列島をカバーする領域） 水平格子間隔：20km 水平格子数：162×162（RAMS）、160×160（CMAQ） 鉛直層数：31 層（RAMS）、19 層（CMAQ） （上空約 22km まで、第一層厚さ約 150m） ・気象モデルは 2-Way ネスティングで計算。 ・化学輸送モデルは 1-Way ネスティングで計算。
----	------------	---

<再現性および対策検討>

項目		概要
再現精度検証	精度評価物質等	O <sub>3</sub> 、nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 、NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
	評価時間	1 時間値、日平均値
	精度評価指標等	相関係数 R、MB、NMB、RMSE、NME 地点：福岡県糸島局、EANET の三地点（辺戸岬、隠岐、佐渡関） 対象：実測 O <sub>3</sub> 濃度が 80ppbv 以上の時刻（大原ほか（2008）を参考に） （統計指標は O <sub>3</sub> 濃度のみについて算出）
	再現性確認方法	濃度時系列の比較 各地点の濃度の R、MB、NMB、RMSE、NME
	精度評価結果	福岡県糸島局、EANET の三地点（辺戸岬、隠岐、佐渡関）について、R は 0.54～0.73、MB は -3.1～5.3ppbv、NMB は -4.7～7.2%、RMSE は 11.3～22.8ppbv、NME は 13.5～22.1% ※福岡県糸島局は日中の値のみを用いた。
	検証用データ	大気汚染常時監視局、EANET、 福岡県保健環境研究所屋上で補修されたエアロゾル粒子（nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 、NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ） データ（日平均値）（全国環境研協議会、2008）
対策検討	対策	検討されていない

- ・鶴野伊津志，大原利眞，菅田誠治，黒川純一，古橋規尊，山地一代，谷本直隆，弓本桂也，植松光夫（2005），RAMS/CMAQ の連携システムによるアジア域の物質輸送シミュレーションシステムの構築，大気環境学会誌，40，148-164。
- ・大原利眞，鶴野伊津志，黒川純一，早崎将光，清水厚（2008），2007 年 5 月 8，9 日に発生した広域的な光化学オゾン汚染—オーバービュー—，大気環境学会誌，43，198-208。
- ・黒川純一，大原利眞，鶴野伊津志，早崎将光（2008），ネスト版 RAMS/CMAQ 連携モデルによる 2007 年 5 月 8，9 日に発生した広域的な光化学オゾン汚染の解析，大気環境学会誌，43，209-224。

<対象論文で用いられている精度評価指標>

Mean Bias

$$MB = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_{mod}(i) - C_{obs}(i))$$

Normalized Mean Bias

$$NMB = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{mod}(i) - C_{obs}(i))}{\sum_{i=1}^n (C_{obs}(i))} \times 100 (\%)$$

Root Mean Square Bias

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (C_{mod}(i) - C_{obs}(i))^2}$$

Mean Normalized Error

$$MNE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|C_{mod}(i) - C_{obs}(i)|}{C_{obs}(i)} \times 100 (\%)$$

平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 2 回）資料

表 1-9 収集整理文献概要(海外論文 その1)

<目的および設定条件>

項目		概要
論文タイトル		Comprehensive air quality planning for the Barcelona Metropolitan Area through traffic management
出典		Atmospheric Pollution Reserch(2011)
著者名		Albert Soret , Pedro Jimenez-Guerrero , Jose M.Baldasano
目的		バルセロナ周辺の 2015 年における大気質の改善
概要		バルセロナ周辺の 2015 年における大気質の改善を目的とし、WRF-ARW/ HERMES/ CMAQ を 1km メッシュで適用した。2004 年のベースケースシナリオに対して、2015 年における 3 つの異なるシナリオ（異なる交通マネジメント手法の実施）を設定した。これは、交通量を変化させることだけでなく「スーパーブロック」といった現在の都市道路網の再構築といったものも含む。当研究では、セクター別の具体的な排出量（主に商用車や公用車への新規技術や代替燃料の導入など）を考慮している。ベースケースと将来シナリオによるシミュレーション結果を比較した結果、交通マネジメント、技術革新、代替燃料や各セクターからの排出の予測によってバルセロナ中心部や郊外における大気汚染物質の平均濃度を低下させることが可能であることが分かった。
設定条件	対象年度	2004 年と 2015 年の大気質を比較する （現在）BC：2004 年の状況（ベースケース） （将来①）BAU：交通対策がとられない場合の 2015 年の状況 （将来②）SB：交通対策がとられる場合の 2015 年の状況 （将来③）SBR：交通対策がとられるが、途中、対策が変更になった場合の 2015 年の状況
	解析地域	BRR（バルセロナ環状道路） BMA（バルセロナ都市域）
	対象物質	O3,NO2,SO2,PM10
	解析期間	大気汚染が顕著であり、平日であった以下 2 事例を対象とした 冬期間：2004 年 2 月 11 日 一次物質（NOx および PM10）による汚染事例 夏期間：2004 年 6 月 18 日 光化学物質による汚染が加わった汚染事例

<モデルの設定>

項目		概要
モデル	気象・化学輸送モデル	気象モデル：WRF-ARW2.2.1 大気境界層 YSU スキーム 雲微物理モデル WSM3 対流スキーム Kain-Fritsch 土地利用 Noah 長波放射 RRTM 短波放射 Dudhia 大気質モデル：CMAQ 化学モデル cb4 エアロゾルモデル aero3 移流 Yamartino mass-conserving 拡散 Eddy diffusivity theory エアロゾル沈着 aero-depv2 乾性沈着 Models-3
入力値	インベントリ	排出モデル：HERMES（2004 年、発電所、工場、民生・溶媒、走行車両排出、船舶、植物起源排出）
	気象	NCEP/FNL
	境界	Iberian Peninsula simulation（Baldasano et al.,2011）

平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 2 回）資料

設定	計算領域/空間解像度	<一次領域> ・イギリスからアフリカ北部を含む領域 ・メッシュ数は 100×103×33、メッシュサイズは 27×27km <二次領域> ・フランス南部からアフリカ北部を含む領域 ・メッシュ数は 114×102×33、メッシュサイズは 9×9km <三次領域> ・スペイン東部からフランス西部を含む領域 ・メッシュ数は 171×192×33、メッシュサイズは 3×3km <四次領域> ・バルセロナ都市域を包括する領域 ・BMA（バルセロナ都市域）の中に BRR（バルセロナ環状道路）が含まれる ・気象モデル メッシュ数は 273×234×33、メッシュサイズは 1×1km ・化学輸送モデル メッシュ数は 271×232×33、メッシュサイズは 1×1km 48 時間のスピンアップ
----	------------	--

<再現性および対策検討>

項目		概要
再現精度検証	精度評価物質等	O3,NO2,SO2,PM10
	評価時間	1 時間
	精度評価指標等	MNBE,MNGE,UPA
	再現性確認方法	1km×1km のメッシュと観測値の比較
	精度評価結果	O3 について MNBE 5.86%、MNGE 26.65%、UPA -5.18%
	検証用データ	Jimenez-Guerrero et al. (2008) に記載 カタルーニャ政府の環境局が管轄している 4 次領域内の 59 の大気質地上局 (XVPCA) のデータを使用
対策検討	対策	以下の 3 つの対策シナリオでシミュレーションを実施。 (将来①) BAU：交通対策がとられない場合の 2015 年の状況 (将来②) SB：交通対策がとられる場合の 2015 年の状況 (将来③) SBR：交通対策がとられるが、途中、対策が変更になった場合の 2015 年の状況
	対策検討の方法	対象地域の観測所の平均値を算出
	効果	冬季のオゾン濃度は 3 シナリオとも上昇した。夏季のオゾン濃度は 3 シナリオとも低下した。これは、冬季は VOC-limited になることが原因である。 以下、BRR および BMA における NO2,PM10,CO,SO2 ,O3 の夏季および冬季の観測所平均濃度とその変化について表にした。

平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 2 回）資料

	BRR	BC	BAU	SB	SBR	ΔBAU	ΔSB	ΔSBR	BAU (%)	SB (%)	SBR (%)
Summer (June, 18 <sup>th</sup> )	NO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	57.8	55.1	48.1	47.2	-2.7	-9.7	-10.6	-4.6%	-16.7%	-18.3%
	PM <sub>10</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	21.3	19.1	17.4	17.2	-2.1	-3.8	-4.0	-10.1%	-18.0%	-18.9%
	CO (mg/m <sup>3</sup> )	0.4	0.2	0.2	0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-48.8%	-59.5%	-60.6%
	SO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	15.3	12.0	12.0	12.0	-3.3	-3.4	-3.4	-21.8%	-22.0%	-22.1%
	O <sub>3</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	71.3	66.8	69.7	70.1	-4.6	-1.6	-1.2	-6.4%	-2.2%	-1.6%
	BMA	BC	BAU	SB	SBR	ΔBAU	ΔSB	ΔSBR	BAU (%)	SB (%)	SBR (%)
NO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	29.1	25.7	24.4	24.2	-3.4	-4.7	-4.9	-11.6%	-16.1%	-16.7%	
PM <sub>10</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	15.5	15.1	14.8	14.7	-0.5	-0.8	-0.8	-3.1%	-5.0%	-5.2%	
CO (mg/m <sup>3</sup> )	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	-0.1	-0.1	-31.5%	-35.2%	-35.6%	
SO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	10.5	9.4	9.4	9.4	-1.1	-1.1	-1.1	-10.6%	-10.7%	-10.7%	
O <sub>3</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	83.2	81.2	81.7	81.8	-2.1	-1.6	-1.5	-2.5%	-1.9%	-1.8%	
Winter (February, 11 <sup>th</sup> )	NO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	49.4	42.9	37.4	36.7	-6.5	-12.0	-12.6	-13.1%	-24.2%	-25.6%
	PM <sub>10</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	21.0	18.5	16.8	16.6	-2.5	-4.3	-4.4	-11.9%	-20.3%	-21.2%
	CO (mg/m <sup>3</sup> )	0.2	0.1	0.1	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-46.0%	-53.5%	-54.1%
	SO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	14.4	12.6	12.5	12.5	-1.9	-1.9	-1.9	-12.9%	-13.1%	-13.2%
	O <sub>3</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	27.2	29.4	32.6	33.0	2.2	5.4	5.8	8.0%	19.7%	21.3%
	BMA	BC	BAU	SB	SBR	ΔBAU	ΔSB	ΔSBR	BAU (%)	SB (%)	SBR (%)
NO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	34.8	28.6	27.5	27.4	-6.2	-7.3	-7.5	-17.8%	-21.0%	-21.5%	
PM <sub>10</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	15.8	15.3	14.9	14.9	-0.5	-0.9	-0.9	-2.9%	-5.6%	-5.9%	
CO (mg/m <sup>3</sup> )	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	-31.6%	-34.1%	-34.3%	
SO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	10.5	9.6	9.6	9.6	-0.9	-0.9	-0.9	-8.7%	-8.7%	-8.7%	
O <sub>3</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	41.5	44.1	44.6	44.6	2.7	3.1	3.2	6.4%	7.5%	7.7%	

<対象論文で用いられている精度評価指標>

Mean Normalized Bias Error

$$MNBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(C_{mod}(i) - C_{obs}(i))}{C_{obs}(i)} \times 100 (\%)$$

Mean Normalized Gross Error

$$MNGE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|C_{mod}(i) - C_{obs}(i)|}{C_{obs}(i)} \times 100 (\%)$$

Unpaired peak accuracy

$$UPA = \frac{C_{mod\_max} - C_{obs\_max}}{C_{obs\_max}} \times 100(\%)$$

表 1-10 収集整理文献概要(海外論文 その 2)

<目的および設定条件>

項目	概要	
論文タイトル	Response of future air quality to emission controls over North Carolina Part I :Model evaluation for current-year simulations Part II :Analyses of future-year predictions and their policy implications	
出典	Atmospheric Environment(2010)	
著者名	Xiao-Huan Liu , Yang Zhang , Kristen M.Olsen , Wen-Xing Wang , Bebhinn A.Do , George M.Bridgers	
目的	MM5/CMAQ モデルシステムを用いて、将来のカリフォルニア北部の大気質をコントロールすることを目的とした排出量制御の効果をみる	
概要	Part I によって評価された MM5/CMAQ モデルシステムを用いて、将来のカリフォルニア北部の大気質をコントロールすることを目的とした排出量制御の効果をみた。O <sub>3</sub> の 1 時間値もしくは 8 時間値は、2009 年から 2018 年の 7 月を対象とした場合、10~20%減少し、夏季においては排出量制御の効果を確認することができた。一方、2009 年から 2018 年の 1 月を対象とした場合、O <sub>3</sub> は 5%増加する結果となった。これは、冬季においては、VOC-limited の条件下にあるためである。計画された排出量削減によって、オゾンの 8 時間最高値について基準を満たさない観測局の数は 49 地点から 23 地点(2009 年)、1 地点 (2018 年) に減少した。	
設定条件	対象年度	2002 年、2009 年、2018 年
	解析地域	カリフォルニア北部
	対象物質	O <sub>3</sub> ,PM <sub>2.5</sub> ,CO,NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ,SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ,NO <sub>3</sub> <sup>+</sup> ,EC,OM
	解析期間	2002 年、2009 年、2018 年の 1 月、6 月、7 月、8 月 PART I では、1 月、7 月を対象とする PART II では、6 月、7 月、8 月を対象とする

<モデルの設定>

項目	概要	
モデル	気象・化学輸送モデル 気象モデル MM5v3.7 大気質モデル CMAQv4.5.1 気層モデル Carbon BondIV (CB-IV) エアロゾル AERO4 エアロゾルモジュール 二次粒子有機エアロゾル (SOA) モジュール 排出源モデル SMOKEv2.1	
入力値	インベントリ	排出量インベントリ VISTAS/ASIP (実況版と典型版)
	気象	2002 年の気象場を使用
	境界	-
設定	計算領域/空間解像度 気象モデル (MM5v3.7) 4km と 12km 鉛直層 34 層 大気質モデル (CMAQv4.5.1) 鉛直層 19 層 (第一層は 38m 高さ)	

<再現性および対策検討>

項目	概要	
再現精度検証	精度評価物質等	気象モデル 気温、相対湿度、10m 高さの風向風速、雨量、 大気質モデル オゾン、PM <sub>2.5</sub> の質量濃度、PM <sub>2.5</sub> の成分
	評価時間	1 時間、8 時間、24 時間
	精度評価指標等	気象モデル 1 時間値 大気質モデル O <sub>3</sub> : 1 時間最高値,8 時間最高値



平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 2 回）資料

		PM2.5 の質量濃度、PM2.5 の成分：1 時間																									
再現性確認方法		気象モデル NMB,NME,MNB,MNE 大気質モデル NMB,NME,MNB,MNE,オゾン 1 時間最高値、オゾン 8 時間最高値																									
精度評価結果		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NMB</th> <th>NME</th> <th>MNB</th> <th>MNE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1月-オゾン1時間最高値</td> <td>-1.6~2.2</td> <td>15.3~17.8</td> <td>0.1~8.5</td> <td>16.7~23.1</td> </tr> <tr> <td>1月-オゾン8時間最高値</td> <td>3.2~9.1</td> <td>17.6~18.5</td> <td>8.4~17.0</td> <td>22.5~25.1</td> </tr> <tr> <td>7月-オゾン1時間最高値</td> <td>-18.7~-10.6</td> <td>15.1~20.6</td> <td>-16.5~-8.2</td> <td>14.6~19.2</td> </tr> <tr> <td>7月-オゾン8時間最高値</td> <td>-10.6~-5.7</td> <td>13.9~17.3</td> <td>-7.7~3.8</td> <td>14.2~18.0</td> </tr> </tbody> </table>		NMB	NME	MNB	MNE	1月-オゾン1時間最高値	-1.6~2.2	15.3~17.8	0.1~8.5	16.7~23.1	1月-オゾン8時間最高値	3.2~9.1	17.6~18.5	8.4~17.0	22.5~25.1	7月-オゾン1時間最高値	-18.7~-10.6	15.1~20.6	-16.5~-8.2	14.6~19.2	7月-オゾン8時間最高値	-10.6~-5.7	13.9~17.3	-7.7~3.8	14.2~18.0
	NMB	NME	MNB	MNE																							
1月-オゾン1時間最高値	-1.6~2.2	15.3~17.8	0.1~8.5	16.7~23.1																							
1月-オゾン8時間最高値	3.2~9.1	17.6~18.5	8.4~17.0	22.5~25.1																							
7月-オゾン1時間最高値	-18.7~-10.6	15.1~20.6	-16.5~-8.2	14.6~19.2																							
7月-オゾン8時間最高値	-10.6~-5.7	13.9~17.3	-7.7~3.8	14.2~18.0																							
検証用データ		National Acid Deposition Program (NADP) Interagency Monitoring of Protected Visual Environments (IMPROVE) Clean Air Status and Trend Network (CASTNET) Speciation Trends Network (STN) Aerometric Information Retrieval System Air Quality System (AIRS-AQS) North Carolina Department of environment and Natural Resources (NCDENR) State Climate Office of North Carolina (SCO)																									
対策検討	対策	2009 年と 2018 年の CO,NH3,NOx,PM2.5,SO2,VOC について排出削減量を設定																									
	対策検討の方法	各測定局 (50 局) の O3 の DVCs (2000~2004 年を対象に 1 日あたりの 8 時間平均値の最高値の年間濃度 4 位の 5 年間の重み付値) が基準 (0.070ppm) を満たすかどうか																									
	効果	O3 の DVCs について基準を満たさない観測局の数は 49 地点から 23 地点 (2009 年予測)、1 地点 (2018 年予測) に減少した。																									

<対象論文で用いられている精度評価指標>

Normalized Mean Bias

$$NMB = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{mod}(i) - C_{obs}(i))}{\sum_{i=1}^n (C_{obs}(i))}$$

Normalized Mean Bias

$$NMB = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{mod}(i) - C_{obs}(i))}{\sum_{i=1}^n (C_{obs}(i))} \times 100 (\%)$$

Mean Normalized Bias

$$MNB = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(C_{mod}(i) - C_{obs}(i))}{C_{obs}(i)} \times 100 (\%)$$

Mean Normalized Error

$$MNE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|C_{mod}(i) - C_{obs}(i)|}{C_{obs}(i)} \times 100 (\%)$$

## 平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 2 回）資料

### 1-3 「平成 21 年度 微小粒子状物質(PM2.5)対策のあり方検討調査」の概要

オキシダント対策の枠組みを検討する上で、排出削減対策について導入が進んでいる先進事例として米国の施策動向を参考にすることができる。この点に関して、環境省業務委託報告書「平成 21 年度 微小粒子状物質（PM2.5）対策のあり方検討調査」においてとりまとめられていることから、検討会資料で該当部分を引用した。また、資料 2-2 と資料 2-3 は、環境省業務委託報告書を抜粋したものである。

#### 1-3-1 大気清浄法の概要

米国における大気環境保全施策は、大気清浄法（Clean Air Act）により米国全土の大気保全のため広範かつ厳格な規制手法や技術手法が取り入れられている。

大気清浄法は、1990 年に行われた最新の改正で大幅な規制強化がなされ、EPA に米国環境質基準（NAAQS : National Ambient Air Quality Standards）を設定する権限が付与されている。EPA は現在までに、一酸化炭素、鉛、二酸化炭素、粒子状物質、オゾン、二酸化硫黄の 6 種類の基準汚染物質に対し、人間の健康を守るための第一基準と、環境全般への悪影響を防ぐための第二基準を NAAQS として設定している。

表 1-11 基準汚染物質の NAAQS(原文 表 3.3 の補足 出典 EPA)

汚染物質	第一基準/ 第二基準	平均化時間	排出レベル 基準（濃度）	規定
一酸化炭素	第一基準	8 時間	9ppm	基準値について、年間 1 回を超えない。
		1 時間	35ppm	
鉛	第一及び第二基準	連続する 3 か月	0.15 $\mu$ g/m <sup>3</sup>	連続する 3 か月の平均値が基準値を超えない。
二酸化窒素	第一基準	1 時間	100ppb	1 時間値の年間 98 パーセンタイル値の 3 年間の平均値が基準値を超えない。
	第一及び第二基準	年間	53ppb	年間の平均値が基準値を超えない。
オゾン	第一及び第二基準	8 時間	0.075ppm	1 日あたりの 8 時間平均値の最高値の年間濃度 4 位の 3 年間の平均値が基準値を超えない。
粒子状物質 PM2.5	第一基準	年間	12 $\mu$ g/m <sup>3</sup>	年平均値の 3 年平均値が基準値を超えない。
	第二基準	年間	15 $\mu$ g/m <sup>3</sup>	
PM2.5	第一及び第二基準	24 時間	35 $\mu$ g/m <sup>3</sup>	24 時間平均値の年間 98 パーセンタイル値の 3 年間の平均値が基準値を超えない。
		24 時間	150 $\mu$ g/m <sup>3</sup>	3 年間で平均して 24 時間平均値が基準値について、年間 1 回を超えない。
粒子状物質 PM10	第一及び第二基準	24 時間	150 $\mu$ g/m <sup>3</sup>	3 年間で平均して 24 時間平均値が基準値について、年間 1 回を超えない。
		24 時間	150 $\mu$ g/m <sup>3</sup>	3 年間で平均して 24 時間平均値が基準値について、年間 1 回を超えない。
二酸化硫黄	第一基準	1 時間	75ppb	日最高値の年間 99 パーセンタイル値の 3 年間の平均値が基準値を超えない。
	第二基準	3 時間	0.5ppm	年間複数回、基準値を超えない。

（出典：「平成 21 年度 微小粒子状物質（PM2.5）対策のあり方検討調査」オゾンの記載が無かったため追記（追記内容は EPA の HP から引用））

大気清浄法では、全米各地域を以下の 3 地域に指定することを求めている、この指定は EPA が行うこ

## 平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 2 回）資料

ととなっている。

- ・ NAAQS の未達成地域（Non attainment area）
- ・ NAAQS の達成地域（attainment area）
- ・ 未分類地域（Unclassifiable area）

EPA により未達成地域として指定された地域に該当する州は、排出源に対する排出規制などを含む NAAQS 達成のための州実施計画（SIP：State Implementation Plan）を作成することが義務付けられ、これに基づき期日までに基準達成を実行しなくてはならない。このように米国における大気保全政策では、EPA が基本的な方針を策定する一方、州や自治体が実際の規制実施に重要な役割を果たしている。

## 平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 2 回）資料

### 1-3-2 州政府達成計画（SIP）の策定について

#### （1）SIP 策定ガイドライン

USEPA により NAAQS 未達成地域として指定された地域を有する州は、指定から 3 年以内に State Implementation Plan（以下、「SIP」）の提出が求められる。SIP では、連邦規則や地域規則、州の規制を踏まえ、地域内での原因物質の削減について評価し、可能な限り早急に NAAQS の達成ができるよう対策を示すこととなっている。

1997 年基準における未達成地域の SIP に表記すべき項目及び SIP に用いる排出インベントリや対策技術情報は、2007 年 4 月に策定された PM<sub>2.5</sub> 対策実施規則<sup>1</sup>に記載されている。表 1-12 に SIP に要求される項目を示す。

表 1-12 SIP 策定に係る要求項目

§ 51.1000	定義
§ 51.1001	51 項の適用性
§ 51.1002	SIP の提出
§ 51.1003	（保留）
§ 51.1004	NAAQS 基準の達成日
§ 51.1005	NAAQS 基準達成日の 1 年延長
§ 51.1006	NAAQS 基準に係る初期指定後の未達成地域の再指定
§ 51.1007	達成実証とモデリング要求事項
§ 51.1008	PM <sub>2.5</sub> NAAQS の排出インベントリ要求事項
§ 51.1009	「計画の合理的な進捗」（RFP）に関する要求事項
§ 51.1010	「合理的に利用可能な対策技術」（RACT）、「合理的に利用可能な対策」（RACM）に関する要求事項
§ 51.1011	計画中盤でのレビューに関する要求事項
§ 51.1012	緊急対応策の要求事項

<sup>1</sup> 40 CFR 51 Subpart Z—Requirement for preparation, adoption, and submittal of implementation plans, April 25, 2007.

(2) SIP の策定フロー

州は、SIP 策定において NAAQS の達成を実証するため、達成に必要な排出削減量を算出し、削減効果が見込める排出源に対して各種規定に基づいた対策を決定することとなっている。この実証には、以下の 4 項目について分析を実施することとなっている。

- ① 科学的な分析に基づき、NAAQS 未達成の原因となっている排出源、排出源の場所、排出量を特定する。
- ② 将来の排出削減量を推計し、既存対策の実施による将来の大気質の状況と新規対策導入による効果を予測する。
- ③ 新規対策の決定と導入スケジュールを策定する。
- ④ NAAQS を期日までに達成できなかった場合や RFP 要求事項を遵守できなかった場合の対応策を規定する。

図 1-1 に SIP 策定の概略フローを示す。

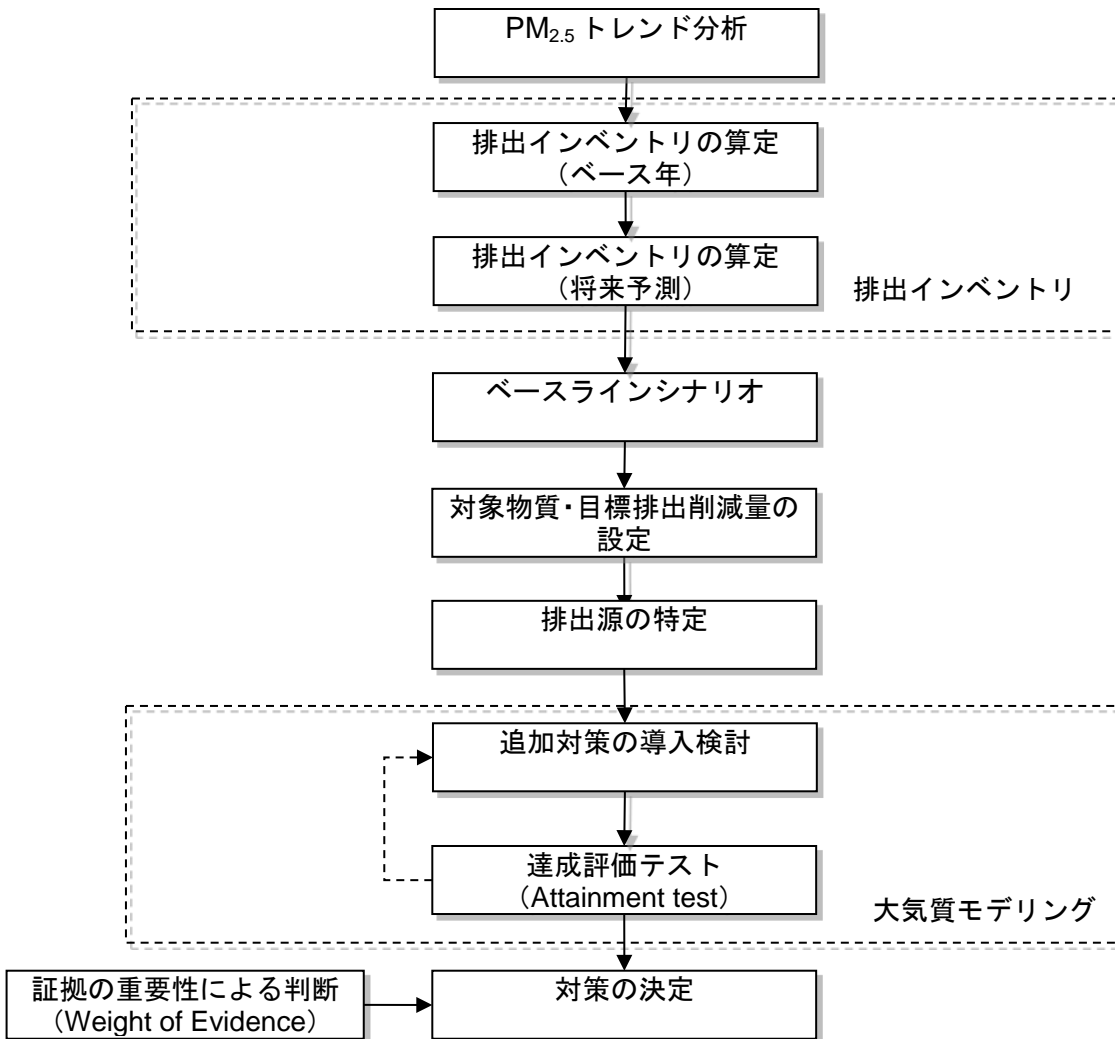
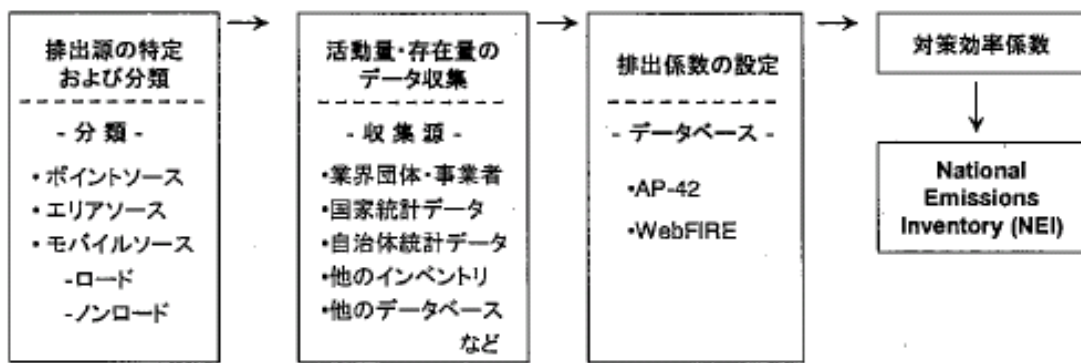


図 1-1 SIP の策定フロー (出典:「平成 21 年度 微小粒子状物質 (PM2.5) 対策のあり方検討調査」)

・ 排出インベントリ

排出インベントリの作成は、NAAQS の達成実証や対策の進捗把握のために重要である。SIP における排出インベントリでは、直接排出の PM<sub>2.5</sub> 及び前駆体物質について、現在の排出量のとりまとめと将来の排出量を提示しなくてはならない。また、各排出源での対策が地域と州内の大気環境基準にどのように寄与するかを評価する必要がある。

USEPA は、SIP において使用する排出インベントリ算定のためのガイダンスを作成している<sup>2</sup>。排出量データは、包括的排出量報告規則（CERR）<sup>3</sup>に従い、排出係数と活動量を用いた推計によって求め、NAAQS 達成実証の基礎データとして利用する。図 1-2 に、排出インベントリの策定までのフローを示す。



出典：NRI, H20 年度欧米における大気環境保全施策の動向に関する調査業務  
< PM<sub>2.5</sub> 海外動向調査 > 報告書

図 1-2 インベントリ作成フロー

将来排出量の予測については、排出インベントリ向上プログラム (EIIP)<sup>4</sup>にある以下の手順に従って、推計することが推奨されている。

- ① 排出インベントリの分析及び将来的に重要な排出源の特定
- ② EIIP 技術文書等を活用した重要排出源の既存データ収集
- ③ 対策効果や排出増加率などの情報に基づいた将来の排出量や大気質濃度に影響を及ぼす重要排出源のデータ選定
- ④ 大気質モデルに使用する将来排出量の作成

例えば 2007 年策定のカリフォルニア州 SIP の場合、2006 年から 2023 年までの将来排出量の算定を行っている。算定には、2007 年以前に導入された対策に加え、排出源や地域経済の将来成長を考慮し、オンロード排出源とオフロード排出源について 2 種類のモデルを利用している。

<sup>2</sup> Emissions inventory guidance for implementation of ozone and particulate matter NAAQS and regional haze regulations, Aug. 2005.

<sup>3</sup> 2008 年 12 月に CERR の報告要求事項を CAIR などの新しい規制に対応させるため、AERR (71 FR 69 Air Emission Reporting Rule) が公布されている。

<sup>4</sup> <http://www.epa.gov/ttn/chief/eiip/techreport/>

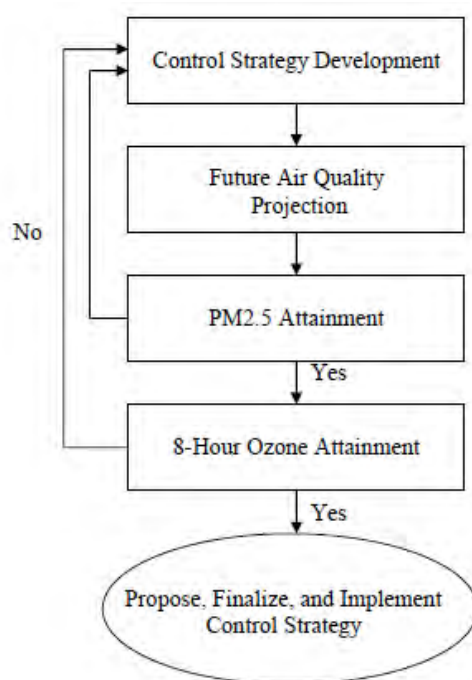
## 平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 2 回）資料

### ・大気質モデリング

PM<sub>2.5</sub> 対策実施規則では、大気質モデリングを実施することで NAAQS 達成の排出削減目標量を設定し、効果的な対策を導入していくことを求めている。EPA は、大気質モデリング実施ガイドライン<sup>5</sup>を作成しており、以下 9 つのプロセスにそって実施することを推奨している。

- ①概念的記述による状況把握
- ②モデル・分析実施フローの作成
- ③達成実証における補足モデルの選定
- ④適用する気象データ、期間の選定
- ⑤モデル対象範囲と境界条件の設定
- ⑥入力する気象データの作成
- ⑦入力する排出量の算定
- ⑧ベース排出量に基づくモデル実行・評価とモデル診断
- ⑨将来予測（追加的対策も考慮）と達成評価テスト（Attainment test）

SIP 策定では、上述プロセスの大気質の将来予測と達成評価テストを繰り返し行い、最終的な NAAQS 達成までのシナリオや導入対策の決定する（図 1-3）。



出典：California ACMD, Air quality management plan, 2007

図 1-3 PM<sub>2.5</sub> 削減シナリオ・対策決定プロセス

<sup>5</sup> Guidance on use of models and other analyses for demonstrating attainment of air quality goals for ozone, PM<sub>2.5</sub> and regional haze. April 2007.

平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 2 回）資料

・証拠の重要性による判断（Weight of Evidence Determination）

入手可能な科学的データを基に補完的な分析を行い、達成評価テストの結果と共に NAAQS 達成について最終的に判断することを“証拠の重要性による判断（Weight of evidence determination）”という。この判断は、達成評価テスト結果の濃度が NAAQS を若干超えている（又は若干低い）場合において、総合的な達成判断をする際に非常に有効である。

補完的な分析としては、大気質モデリング以外のモデリングや排出量、大気質データを用いた分析がある（気象モデルなど、大気質モデルを実施する上で実施した分析も含む）。USEPA では、Weight of evidence determination のための補完的な分析の実施・提出を強く推奨している。

・合理的で着実な進捗

“合理的で着実な進捗（Reasonable further progress、以下「RFP」）”は、NAAQS 達成までの段階的な進捗を示すものであり、未達成地域の指定から 5 年以内に NAAQS を達成できることを示すことができない州は、SIP に加えて RFP 計画を提出しなければならない。RFP 計画では、段階的な目標設定、その目標を達成するための削減対策、対策導入のタイミング、削減スケジュールを示すことが要求される。

・RACT および RACM

未達成地域に該当する州は、既存施設に対して“合理的で適用可能な削減技術（RACT）”および“合理的で適用可能な削減手法（RACM）”の導入を検討する必要がある。RACT、RACM の検討には、技術的観点と経済的な観点からの実現可能性や費用対効果について分析を行い決定する。

USEPA では、州による PM2.5 削減対策検討を支援するために、RACT・RACM に関するデータベースを構築し、物質ごとに排出源対策方法、抑制効率、費用対効果、関連法規・文書などを取り纏めた排出削減リストを公開している。また大規模な新規排出源には、最も厳しい技術基準（LAER）”が適用されることとなっている。

なお、達成地域においても“利用可能な最善の技術基準（BACT）”の導入が求められる。新規に導入される排出源については、未達成地域、達成地域共に、“新規排出源性能基準（NSPS）”が適用される。大気浄化法において規定されている未達成・達成地域での排出源対策の枠組みを表 1-13 に示す。

表 1-13 NAAQS 達成状況による排出源対策の枠組み

		6 物質全てにおける NAAQS 達成地域	1 物質でも NAAQS を未達成である地域	オゾン、PM の NAAQS 未達成地域
新規排出源	特定種類の排出源	新規排出源性能基準（NSPS）の適用		
	大規模排出源	利用可能な最善の技術基準（BACT）の適用	最も厳しい技術基準（LAER）の達成	
既存排出源		なし		合理的で適用可能な削減技術（RACT）の適用

出典：NRI, H20 年度欧米における大気環境保全施策の動向に関する調査業務 <PM2.5 海外動向調査>報告書



1-3-3 「平成 21 年度 微小粒子状物質（PM2.5）対策のあり方検討調査」で示された

「PM2.5 対策のあり方について」の概要

（1）わが国における PM2.5 対策の枠組みの考え方について

・基本方針

本報告では、PM2.5 の対策のあり方を検討するにあたり、対策先進地である欧米における PM2.5 の施策・対策の動向について情報収集を行い、検証を行った上で、得られた知見を基に対策の枠組みの考え方を整理、取りまとめ、わが国における課題を洗い出し、検討すべき項目を設定することを基本方針とした。

・米国における PM2.5 対策の現状

米国では、EPA が 1997 年基準達成に向けて州が実施すべき PM2.5 汚染防止対策に関する要求事項やガイダンスを示すために、PM2.5 対策実施規則（40 CFR 51 Clean Air Fine Particle Implementation Rule; Final Rule）を 2007 年 4 月に公布している。この規則では、特に NAAQS 達成までのスケジュールや SIP に盛り込むべき内容、対策決定のために実施する調査・分析について明示されており。米国の大気清浄法では、全米各地域を NAAQS の“未達成地域（Non attainment area）”，“達成地域（Attainment area）”，“未分類地域（Unclassifiable area）”に指定することを求めている。この指定は、EPA が行うこととなっており、EPA により未達成地域として指定された地域に該当する州は、上述したガイダンスに従い州実施計画（State Implementation Plan、以下「SIP」）を作成することが義務付けられ、これに基づき期日までに各地域で基準達成を実行しなくてはならないこととなっている。

未達成地域として指定された地域は、SIP 策定において NAAQS の達成を実証するため、大気質の現況把握及び排出源インベントリを把握し、それらの科学的知見に基づき達成に必要な排出削減量を算出し、削減効果が見込める排出源に対してコントロール戦略を検討した後、達成計画を策定する枠組みとなっており（図 1-4）、この枠組みを段階的に実施することにより、合理的で、かつ実現可能な達成計画を策定している。

以上、米国はこの枠組みにより、各州の未達成地域において実際に PM2.5 大気中濃度を減少、大気環境基準を達成しており、2006 年環境基準に対する対策実施規則もこの枠組みが継続されている。また、この枠組みの達成計画の策定フローは、対策立案に必要な科学的知見を体系的に把握、整理できること、コントロール戦略の検討において発生源に対する科学的検討や費用対効果、さらに大気質以外の社会的・経済的影響を考慮することにより、合理的かつ包括的な対策の策定を可能としている。わが国においても、大気質の把握や将来推計等のモデリング、それに伴うインベントリの整備等に関しては、現在少しずつ知見が蓄積されているところであり、今後はこれに加えて効果的な対策を検討することとしており、米国における PM2.5 の対策の枠組みは、今後、わが国における対策のあり方を考える際に参考となるものである。

・PM2.5 枠組みに関する基本フレームの考え方

米国の PM2.5 対策のための枠組みの考え方は 5 つのカテゴリに分類されている（図 1-4）。各カテゴリについて、わが国における現在の実施内容等の現状を当てはめていくことにより、課題の洗い出しや必要な施策等について検討を行った。

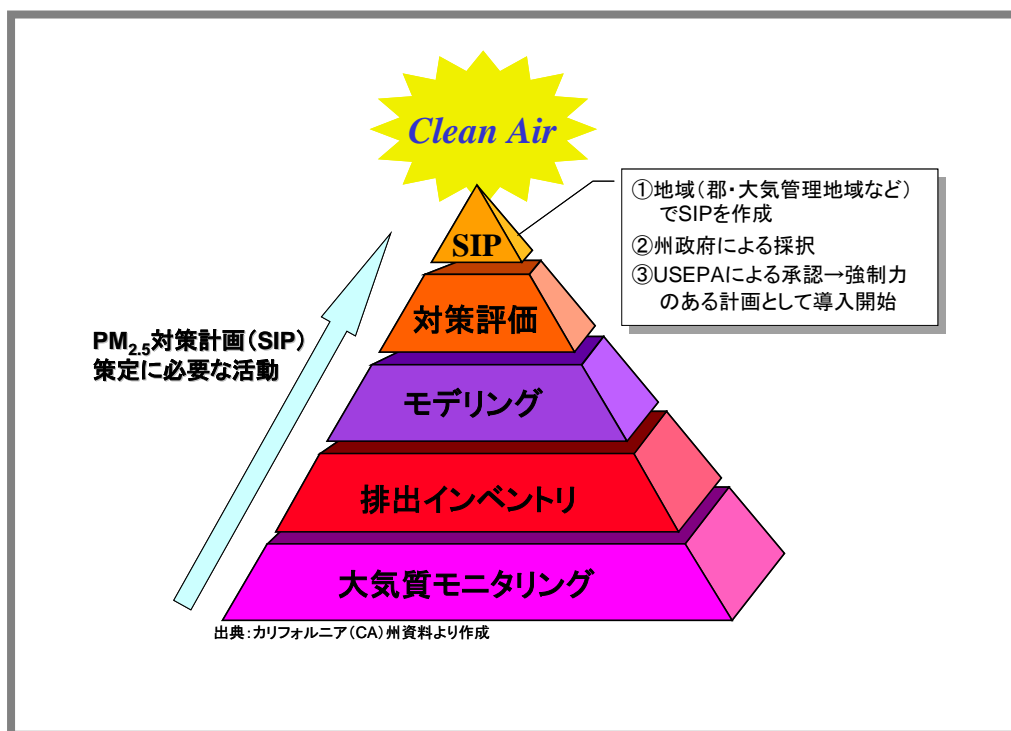


図 1-4 米国 SIP における PM2.5 対策の枠組み

○わが国における PM2.5 対策の 5 つの枠組みの考え方（素案）

- 枠組みの考え方 1 : PM2.5 大気質の把握
- 枠組みの考え方 2 : 発生源インベントリの作成
- 枠組みの考え方 3 : シミュレーション／発生源別寄与割合、将来推計
- 枠組みの考え方 4 : 対策すべき物質、発生源および対策地域の設定
- 枠組みの考え方 5 : PM2.5 対策評価の枠組み

平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 2 回）資料

前項 1-3-3 で米国の州政府が作成する対策の枠組みを踏まえ、わが国における対策の基本的な考え方を検討した。その考え方や米国における SIP の策定プロセスの手順などを踏まえると、わが国で対策プログラムを策定する際、検討スキーム（策定フロー）は、図 1-5 に示すフロー（案）が考えられる。

今後は、検討する対策のあり方およびそれらの検討過程を踏まえ、適宜この策定フローを修正し、実際に策定する PM2.5 の対策、達成計画の策定フローを決定していく。

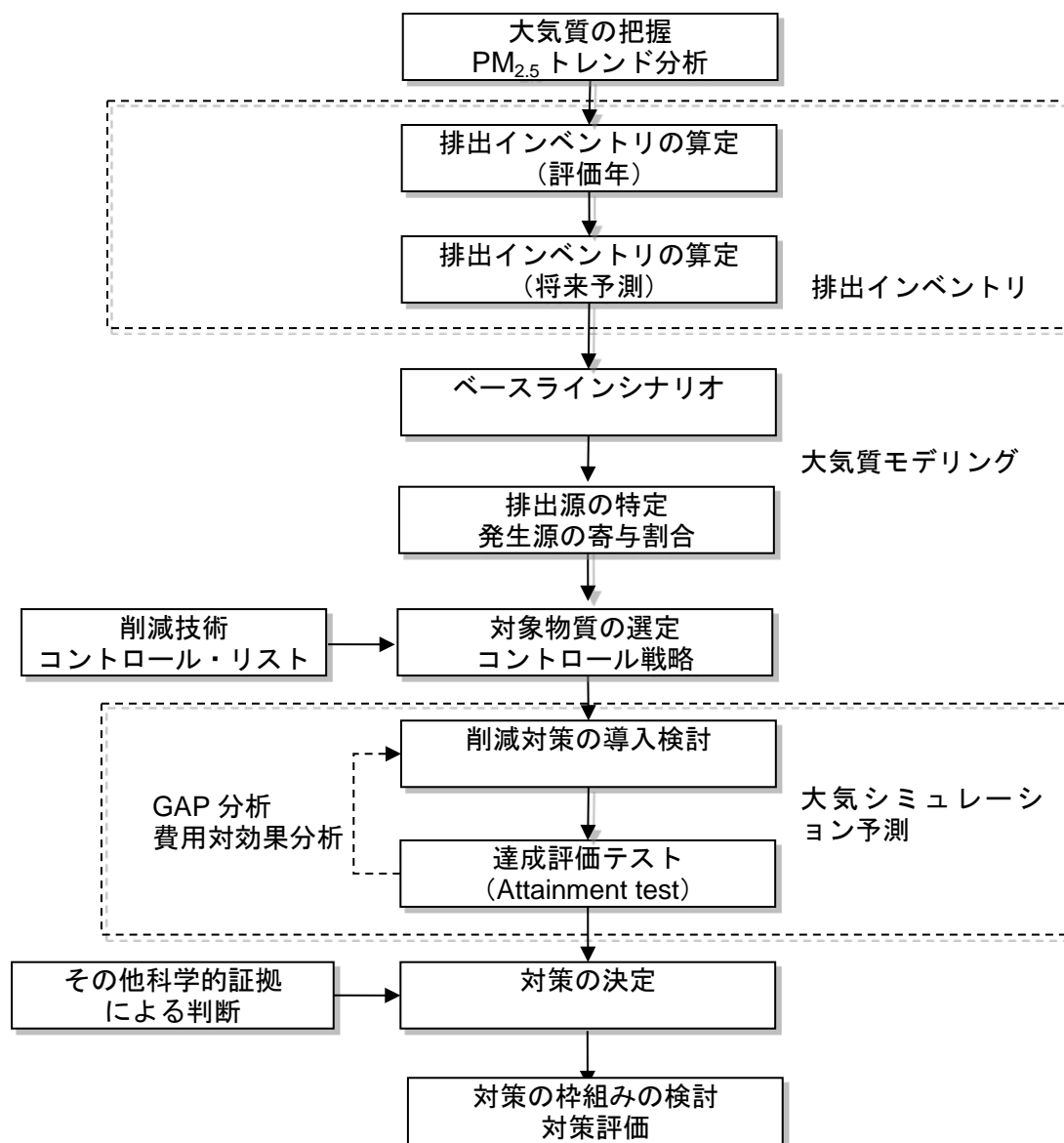


図 1-5 PM2.5 対策枠組みの策定フロー(案)

（2）策定フロー導入時における課題の整理

図 1-5 で設定した策定フローをわが国に導入するうえでの課題について、①PM2.5 大気質の把握、②発生源インベントリの作成、③シミュレーション・発生源別寄与割合および将来推計、④対策すべき物質・発生源および対策地域の設定、⑤PM2.5 対策評価の枠組みといった項目別に整理している。

【「大気質の把握」に関するわが国での課題】

現在、PM2.5 常時監視に関する検討がなされており、常時監視の実施に向けた事務処理基準が改正された\*。PM2.5 の対策を立案するために、どのように常時監視の測定データを活用するかについて検討する必要がある。

環境基準達成のための評価のほかに、コントロール戦略および対策を検討するために必要な成分、測定ネットワークが必要であるが、どのように具体化するのか今後検討していく必要がある。

PM2.5 の成分の健康影響を把握するモニタリングネットワークやPM10-2.5 やPM1.0 の測定など今後対策の立案に必要となるモニタリングがあるか検討する必要がある。

\*：平成 22 年 3 月 23 日に開催された中央環境審議会大気環境部会に「大気汚染防止法第 22 条の規定に基づく大気汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準」の改正案が報告された。今後順次常時監視局においてPM2.5 の測定が開始される予定となっている。

【「排出源インベントリの作成」に関するわが国での課題】

PM2.5 の発生源別寄与割合や濃度の将来推計を行うためには、様々なPM2.5 に関する発生源の排出実態を継続的に把握し、排出源インベントリを作成する必要がある。

排出源インベントリの作成に当たっては、実測、排出係数、統計値を用いたもの等、様々な要素を区別して集積を行う必要がある。

排出濃度の実測および排出係数を求める場合の測定方法については、大気質濃度の測定法との整合性を図る必要がある。また、作成したインベントリの精度を評価する手法も検討する必要がある。

2 次生成粒子の前駆体物質・中間物質、凝縮性ダスト、VOCについては、多成分が存在しており、インベントリ作成も膨大になることから、PM2.5 大気中濃度に寄与している物質を選定し、体系的に管理された精度の高いインベントリを作成することが重要である。

わが国では、地域によっては火山、海塩粒子、海外船舶、越境大気等の国内で対策が検討できないバックグラウンド濃度の寄与割合が高い場合がある。これらのインベントリの情報、推定手法についても検討していく必要がある。

植物由来のPM およびVOC に関するインベントリも寄与割合が少なくないとされていることから、これらのインベントリの推定方法についても検討していく必要がある。特に、各地域（国）の植生や生育環境などによって異なることから、日本の植生に合わせたインベントリの整備が必要である。

PM2.5 は局所スケールから広域スケールまでの移流過程があり、局所スケールのインベントリのみで対策を検討することが困難である場合があることから、インベントリを集計するスケールをどのようにするか検討を行う必要がある。

インベントリ作成については、推定の基となる各種データ、使用量などの基礎データおよび支援ツールなどを整備し、経年的に管理・見直しを図っていく必要がある。また、これらに基づきインベントリ将来推計を行う方法についても検討していく必要がある。

【シミュレーション（発生源別寄与割合・将来推計）に関するわが国での課題】

PM2.5 の対策を検討するため、PM2.5 環境大気中濃度に対する成分別、発生源別の寄与濃度割合を把握する必要がある。この発生源別寄与割合を推定するためにはレセプターモデル(CMB, PMF)またはシミュレーションモデル (chemistry-transport models (CTMs))を用いる 2 つのアプローチが考えられる。米国では CTMs に基づき、PM2.5 濃度の発生源別寄与や寄与濃度やその将来予測検討を行っている。わが国では地域を限定し、両方が試みられている<sup>6</sup>。

現在環境省で実施している数値シミュレーションに使用しているモデル (CMAQ/MM5 など) については、米国東部を念頭に開発しているため、日本の気象条件や輸送、大気化学の条件でも適用できるように改良、パラメータ同定を行い、観測値などとの比較検証を行いモデルの信頼性評価を行う必要がある。(特に不確実性が大きい有機エアロゾルや NH<sub>3</sub> 等の取り扱いについての検討が重要)

わが国では広域スケールの移流および越境移流の影響が大きいことが指摘されていることから、これらの影響を把握するためのシミュレーションの実施、あるいは広域移流も検討できるようスケールをネスティングしたシミュレーションの実施を検討する必要がある。

火山、山火事、海塩粒子、海外船舶等の、いわゆる「イベント」をシミュレーション上でどのように取り扱うのか検討することが重要。また、イベントが発生した場合、把握・検証をどのように行うか検討する必要がある。

【対策すべき物質、発生源および対策地域の設定の設定方法に関するわが国での課題】

PM2.5 の環境基準の達成を目的とした、合理的かつ実現可能な政策／対策を策定あるいは選定するためには、枠組みの考え方 1 から 3 で検討する科学的知見などに基づき、対策すべきあるいは優先すべき物質や発生源の選定方法について検討する必要がある。

特に 2 次生成粒子や凝縮性ダストの中間体、VOC など多成分の粒子があるものについては、対策すべき成分の優先順位付けをどのようにするか、実際対象とする成分をどのように決定するか重要である。PM2.5 に寄与する成分や健康等へのリスクが大きい成分を優先することも一つの考え方であるが、現在のところわが国ではそれらの成分が PM2.5 にどのように寄与しているかなど把握・検討するための測定データ、解析データなど蓄積がないことから、米国などの先進事例に基づき科学的知見、測定データなどを蓄積し、決定していく必要がある。

我が国では、発生源が全国に点在しており、地形や気象が複雑であることから都道府県境を越えて移流する場合もあり、各都道府県レベルではコントロール戦略を立案しにくいことが予想される。地域の対策を検討する場合、合理的な対策を講じられる圏域の設定を検討する必要がある。(地域スケールの程度、実際にそれらのスケールで対策立案が可能かどうか等) 圏域を設定した場合、各圏域の境をまたがる地域における連携や対策のあり方を検討していく必要がある。

わが国では、コントロール、排出抑制が不可能なイベントが多く存在しており、バックグランド濃度が高くなっている地域があり、バックグランド濃度を達成評価でどのように扱うかについて検討が必要である。(例えば、バックグランド濃度を自然由来 (巻上、山火事、火山、海塩粒子)、越境移流、黄砂などに区別し、健康／環境影響を及ぼすバックグランド成分については対策を検討する一方、それ以外は達成評価から除外して評価することが考えられる。)

<sup>6</sup>揮発性有機化合物(VOC)の浮遊粒子状物質および光化学オキシダント生成にかかる調査検討会」にて検討がなされている。

【PM2.5 対策の立案枠組みに関するわが国の課題】

欧米で行われている、PM2.5 の対策に関する計画や政策の有効性や便益、排出抑制対策・プログラムの費用対効果、および大気環境以外の影響などを考慮した上で最善の排出抑制計画や政策の立案について、わが国でも検討する必要がある。

PM2.5 の環境基準を達成させるコントロール戦略、排出抑制に関する計画および対策の検討／立案を行う場合、USEPA と CARB の関係のように、国および地方公共団体において合理的かつ実現可能な、費用対効果の高い対策を立案できるような役割分担を検討する必要がある。

PM2.5 の大気中濃度は、固定発生源、移動発生源、面源（自然発生源、人為的発生源）、越境移流などの多種多様な発生源が寄与していることから、発生源ごとに削減対策の費用対効果を把握することにより、わが国や各圏域で最も合理的かつ実現可能な環境基準の達成計画を立案する仕組みが必要である。

一方、近隣諸国からわが国の越境移流が観測されており、その影響が無視できない状況となっている。このことから近隣諸国間での越境移流メカニズムの共通理解の形成を進めつつ、東アジア圏内の PM2.5 汚染物質を効果的に削減していく手法、枠組みの検討、技術協力を推進する必要がある。

USEPA : United States Environment Protection Agency (アメリカ合衆国環境保護庁)

CARB : California Air Resource Board (カリフォルニア州環境保護局大気資源委員会)

## 2 今後の予定

### 2-1 調査フレームの作成

文献調査結果を基礎資料として、シミュレーションを活用した対策検討調査の調査フレームを作成する。具体的には、表 2-1 および表 2-2 に示した事項について検討する。

表 2-1 調査フレームの検討事項と考慮すべき視点および検討課題(その1)

検討事項		考慮すべき視点と検討課題
目的	目的	シミュレーションの活用によりオキシダント濃度削減のための実現可能な対策について検討する
条件設定	対象年度	改善効果を示す指標（8 時間値の 99 パーセンタイル値の 3 年平均値等）や経年変化の再現性を検討することを考慮して、 <b>現況再現の対象年</b> を選定します。この際、社会情勢、気候、大気環境などにも配慮が必要です。今後の対策を想定し、将来の目標年度を設定します。
	解析月	年間計算が理想ですが、複数年解析、複数モデル解析、対策効果検討など検討内容は膨大です。効率的かつ効果的に検討を進めるために、 <b>高濃度となりやすい月（4～9 月など）を絞り込み</b> ます。
	解析地域	すべての優先解析地域を対象とすることが理想ですが、複数年解析、複数モデル解析、対策効果検討など検討内容は膨大です。効率的かつ効果的に検討を進めるために、 <b>高濃度要因により解析地域を絞り込み</b> ます。
	インベントリ	既存のインベントリデータベースの整備状況を整理し、本調査で利用可能なインベントリデータを検討します。対象発生源、排出量推計年度、空間解像度、時間解像度の基礎的な情報の他、 <b>排出量の不確実性</b> の情報についても整理します。 この結果から、本調査に適するインベントリの選定及び組み合わせを検討します。モデルの不確実性を検討する際の参考とできるように資料を整理します。年度補正の必要性の有無や方法を検討します。
	モデル	文献調査から国内外のモデルの開発状況、利用状況、再現精度を整理し、本調査で利用可能なモデルを選定します。化学輸送モデルは、モデル自身の不確実性を評価するために <b>複数モデル</b> を選定します。
	サブモデル	化学輸送モデルには、複数のサブモデルを選定できる場合があります。化学反応に係るサブモデルにより特性が異なる可能性があるため、本解析で利用するスキーム（化学物質のカテゴリ、メカニズム、OH 速度定数等の取扱いなど）について検討が必要です。
	計算設定 入力値	計算設定を検討する項目は、領域（東アジア、日本広域、優先解析地域）、格子間隔、スピニアップ時間、ネスティング法、データ同化などです。入力値の検討事項は、地形、土地利用データ、入力気象データ、境界濃度などです。これらは、 <b>文献調査結果から再現精度向上につながるデータを検討</b> し、入手のしやすさなども含め設定条件を検討します。

表 2-2 調査フレームの検討事項と考慮すべき視点および検討課題(その 2)

検討事項	検討事項	考慮すべき視点と検討課題
精度評価	精度評価物質	精度評価物質は光化学オキシダント（オゾン）とします。Ox と関連性の高いポテンシャルオゾンや、前駆物質（NO、NO <sub>2</sub> 、VOC）を精度評価物質として選定します。VOC 成分は文献調査より重要な成分を選定します。検討例を表 4-3 に示します。
	精度評価指標と評価法	「BIAS や RMSE などの統計的な精度評価指標」と「8 時間値の評価指標の再現性」などから精度評価します。統計的な精度評価指標には BIAS、RMSE、NB、NGE、MPA などがあります。 「8 時間値の評価指標の再現性」では、年間 98 パーセンタイル値の 3 年平均、8 時間値が基準値を超過する時間数と日数などの再現を確認することが考えられます。 この他、経年的な傾向の再現の確認（Ox の平均値の経年的な上昇、Ox 高濃度の改善傾向）や、平日・休日の排出構造の変化に伴う Ox 濃度変化の再現も再現性の評価として検討します。 さらに、再現性の検証の方法として OH 反応速度に着目した解析などを検討します。
	検証データ	再現性検証に用いるデータを検討します。検証データのほとんどが地上の観測ですが、可能な限り <b>立体分布が把握できるデータ</b> も検討します。
	モデルの不確か性	以下の点から <b>モデルの不確か性の程度や影響などを把握する方法</b> について検討します。 ・複数モデルの相互比較による再現性のばらつき ・排出量の不確か性が与える濃度予測精度への影響 ・未知 VOC 等の検討方法
対策検討	これまでの対策効果の検証	これまでの光化学オキシダント対策の効果の検証の内容を検討します。 ・工場および事業場に対する <b>NOx 排出抑制の効果</b> の検証 ・ <b>VOC 排出抑制効果</b> の検証
	今後の実現可能な対策の検討	今後の実現可能な対策を検討数為に、以下の内容を検討します。 ・ <b>感度解析</b> （NOx・VOC 排出量と Ox 濃度の関係） ・現状の規制等が維持したケース（ <b>現状維持ケース</b> ） ・新たな対策を追加したケース（ <b>将来対策ケース</b> ）