

シミュレーションモデルを用いた検討の進め方について

（平成 25 年度調査の計画）

平成 25 年 9 月 30 日

1 はじめに

1.1 調査の概要

「光化学オキシダント濃度に関する現象解明のためのデータの多角的解析」を踏まえ、新たなオキシダントの評価指標を用いた対策検討の調査を開始することになります。

本検討業務では、対策検討の調査の始めるに当たり「調査フレーム」を検討し、調査方法、評価方法、対策検討の方向などの基本的な方針を定めます。今後の調査は、この調査フレームに従い調査を進めていきます。

平成 25 年度は、下記に示すとおり「①文献調査」「②調査フレームの検討」「③エピソード解析に基づくモデル再現性の検証」を実施します。

光化学オキシダント対策の効果検証や今後の対策検討に最適なシミュレーションモデルのフレームについて検討を行います。調査を着実に進めるために、既存調査の状況やモデル研究などの情報を文献調査により基礎情報を収集します。

この結果を踏まえ今後の調査のフレーム(案)を作成し、検討会で議論いただきます。

調査フレームに従って、複数モデルを用いたエピソード解析を行います。

平成 25 年度の予定
① 文献調査
② 調査フレームの検討
③ エピソード解析に基づくモデル再現性の検証

1.2 検討する調査フレームの項目

シミュレーションモデルを活用した対策検討を行うために、調査フレームを定めます。調査フレームとして検討する項目の例を表 1-1 に示します。

表 1-1 調査フレームの検討項目

項目	内容
目的	対策検討の目的 成果
条件設定	対象年度
	解析月
	解析地域
	インベントリ
	モデル
	サブモデルの選定
	計算設定、入力値
精度評価	精度評価物質
	精度評価指標と評価法
	検証データ
	モデル再現性と不確実性
対策検討	これまでの対策効果の検証
	今後の実現可能な対策の検討
検討会の開催	開催方法(検討会、ワーキングなど)
	開催頻度
調査スケジュール	調査期間等

2 文献調査(調査・研究に関する事例調査)

調査フレームを検討するために、シミュレーションモデルを用いた調査・研究事例の文献調査を行います。

2.1.1 文献調査の進め方

参考となる文献は、学会等の論文、学会年会等の一般発表のほか、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などがあります。論文や研究機関による調査報告は、インターネット等で公開されているものが多いことから、インターネットでの検索により文献情報を収集します。インターネットでは入手できない文献は有料の科学文献検索システムを利用して可能な限り情報を収集します。行政機関の調査報告は、一般に公開される例はあまりありません。過去の調達情報・入札情報からの情報を抽出し、行政機関に個別にヒアリングを行い、環境省担当官と協力して調査報告書を収集します。

対象とする調査事例は、化学輸送モデルを用いた調査・研究事例です。調査例では、主に「モデルの行政での利用例」を収集し、研究例では「モデル開発」、「精度向上」、「再現」、「要因研究」、「将来推計」などの事例を収集します。過去に調査を実施した行政機関と大気環境学会等の論文掲載や年会等の一般発表した研究機関等を表 2-1 に示します。また、収集する調査・研究事例の例を表 2-2 に示します。

表 2-1 研究調査事例の収集対象(例)

対象	調査機関等
国	環境省、経済産業省、国土交通省
地方自治体	東京都、埼玉県、神奈川県、三重県、愛知県、滋賀県 川崎市、横浜市、浜松市、静岡市、富士市 等
研究機関	国立環境研究所、産業技術総合研究所、海洋研究開発機構、電力中央研究所、日本自動車研究所、気象研究所、豊田中央研究所、JATOP/JCAP 等
学術機関	大学、上記以外の研究所等

表 2-2 対象とする調査研究事例(例)

対象	調査研究事例
調査	大気汚染対策の検討、測定局配置検討、排出量削減、注意報等発令区見直し
研究	モデル開発、モデル精度向上、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

3 調査フレームの検討

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のための調査フレームを検討します。

今後、シミュレーションを活用した対策検討を進めるためには、「目的」「条件設定」「評価方法」「検討内容」を整理して調査フレームとして定めます。

3.1.1 調査フレームの選定の検討事項と考慮すべき視点、検討課題

本調査では調査フレームを設定するための検討を行います。調査フレームの検討事項、考慮すべき視点と検討課題を表 3-1 および**エラー! 参照元が見つかりません。**に示します。参考に調査フレームの設定例を表 3-3 及び表 3-4 に示します。

これらの表は設定の例です。内容は、文献調査結果や検討会の議論を踏まえて設定していきます。次回の検討会から内容等を検討していただき、平成 25 年度の検討会の成果として、シミュレーションモデルを利用した調査フレームを確定します。

表 3-1 調査フレームの検討事項、考慮すべき視点、検討課題(その1)

検討事項	検討事項	考慮すべき視点と検討課題
目的	目的	調査の目的を明らかにし、期待される成果を確認します。
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、 現況再現の対象年 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、 高濃度となりやすい月(4~9月など)を絞り込み 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、 高濃度要因により解析地域を絞り込み 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、 排出量の不確実性 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 複数モデル 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、 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 し、入手のしやすさなども含め設定条件を検討します。

表 3-2 調査フレームの検討事項、考慮すべき視点、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。O _x と関連性の高いポテンシャルオゾンや、前駆物質(NO、NO ₂ 、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。検討例をエラー! 参照元が見つかりません。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(O _x の平均値の経年的な上昇、O _x 高濃度の改善傾向)や、平日・休日の排出構造の変化に伴う O _x 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 立体分布が把握できるデータ も検討します。
	モデルの不確実性	以下の点から モデルの不確実性の程度や影響などを把握する方法 について検討します。 <ul style="list-style-type: none"> ・複数モデルの相互比較による再現性のばらつき ・排出量の不確実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。 <ul style="list-style-type: none"> ・工場・事業場に対する NO_x 排出抑制の効果の検証 ・VOC 排出抑制効果の検証
	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。 <ul style="list-style-type: none"> ・感度解析(NO_x・VOC 排出量と O_x 濃度の関係) ・現状の規制等が維持したケース(現状維持ケース) ・新たな対策を追加したケース(将来対策ケース)
検討会の開催		光化学オキシダントの対策検討を効率的に進めるために、学識経験者などの専門家で構成する 光化学オキシダント調査検討会 で調査内容を検討します。
調査スケジュール		今後の 調査スケジュール (調査項目と実施時期)について検討します。

表 3-3 調査フレームの設定(例)

検討事項		考慮すべき視点と検討課題	
目的		調査の目的を明らかにする。 期待される成果を確認する。	
条件設定	対象年度	再現年度	対象とする年度の設定方法を検討 ・連続する複数年 例:平成 20、21、22 年度 ・連続しない複数年 例:平成 12、17、22 年度 ※評価指標が 3 年移動平均とすると連続する 3 年度が必要。 ※経年変化の再現性を確認するためには連続しない複数年が必要
		中間目標年度 最終目標年度	中間目標年度 例:平成 32 年度 最終目標年度 例:平成 42 年度
	解析月	暖候期	4～9 月
解析地域	特定解析地域	対策メニューを検討する解析地域 関東、東海、阪神、九州から選定 例 地域内生成型:関東、 地域外移流型:九州	
	将来予測地域	すべての実現可能な対策を行った場合の効果把握 関東、東海、阪神、九州から選定	
インベントリ	アジア人為	REASv1/v2.1、EDGERv4、RETRO、INTEX-b、EAGrid2000 など	
	アジア自然	GEIA、MEGAN、BEIS、火山活動解説資料など	
	国内	【総合インベントリ】 JATOP JEI-DB2011、産総研インベントリデータベース、EA-Grid2000Japan 【セクター別】 工場:大気汚染物質排出量総合調査、船舶排出量データ(OPRF、海技研)など	
モデル	気象モデル	RAMS、MM5、WRF	
	化学輸送	CMAQ、CAMx、CHIMERE、RAQM2 など	
	オンライン	WRF/Chem、WRF-CMAQ 2Way coupled system	
	気象サブモデル	雲物理、長波放射、短波放射、地表面、接地層、境界層、都市物理、積雲乱流などのスキームの選定	
	化学輸送サブモデル	水平拡散、鉛直拡散、 光解離定数、粒子乾性沈着、 気相反応、粒子化反応などのスキームの選定	
計算設定 入力値	領域	水平方向の範囲(東アジア、日本広域、日本狭域) 鉛直方向の範囲(モデル上端)	
	解像度	東アジア(水平格子 50～100km)、日本広域(水平格子 15～30km)、日本狭域(水平格子 2～10km)、鉛直方向(20m～1km 程度の可変格子)	
	スピニアップ	スピニアップ時間	
	ネスティング	ネスティング方法の設定	
	データ同化	グリッドナッジング、3D-VAR、4D-VAR など	
	地形	USGS30s 地形データなど、計算用いる地形データを決定する。	
	土地利用	USGS 土地利用、国土数値情報土地利用データなど	
	気象データ	気象庁 GPV(GANAL,MANAL,HANAL)、NCEP-GPV(FNL)、ECMEF、海水温	
境界濃度	モデルデフォルト値、全球モデル計算値(MOZART4) など		

表 3-4 調査フレームの設定(例)

検討事項		設定例	
精度評価	精度評価物質	大気質	対象物質:光化学オキシダント(Ox)、ポテンシャルオゾン(PO) 前駆物質:NO、NO2、NMHC、SO2、CO、VOC 成分(既存調査)
		気象要素	風向、風速、気温、相対湿度、混合層高さ
	精度評価指標と評価法	大気質	Normalized BIAS(NB)、Normalized Gross Error(NGE) Maximum Prediction Accuracy(MPA) 8 時間値の年間 98 パーセンタイル値の空間再現性 8 時間値の年平均値の空間再現性 8 時間値の年間 99 パーセンタイル値の 3 年平均 8 時間値の基準値(60、100、120ppb など)以上となる時間数 8 時間値の基準値(60、100、120ppb など)以上となる日数 上記指標の経年変化 曜日別濃度の再現性 OH 反応速度
		気象要素	BIAS、RMSE、相関係数
	検証データ	気象	気象官署観測値、アメダス観測値、ウインドプロファイラ、高層ゾンデ観測、大気汚染常時監視測定値(気象) など
		大気	大気汚染常時監視測定値、VOC モニタリング調査結果(環境省)、自治体等の VOC 成分調査結果、遠隔地モニタリングデータ
モデルの不確か性の検討	モデルによるばらつき	・複数モデルによる相互比較 同一発生源、同一期間の計算比較	
	発生源の精度影響	・排出量の不確か性が与える濃度予測精度への影響 排出量を増減させた感度解析 未知 VOC の影響の検討	
対策検討	対策効果	これまでの対策の効果検証	・工場・事業場に対する NOx 排出抑制の効果の検証 ・VOC 排出抑制効果の検証
		今後の実現可能な対策の検討	・感度解析(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(現状維持ケース) ・新たな対策を追加したケース(将来対策ケース)
検討会等の開催		光化学オキシダント調査検討会の開催 シミュレーションモデル検討ワーキングの開催	
スケジュール		調査項目と調査実施時期の予定	

4 エピソード解析に基づくモデル再現性の検証

高濃度エピソードを対象として、上記「調査フレームの検討」で選定された複数モデルを用いて再現計算を行い、モデル毎の再現性のばらつき等について検証する等、再現性の程度について検討します。なお、再現性が不十分な場合は、モデルの設定を見直す等、精度向上を図ります。

4.1 エピソード解析の概要

本調査で実施する高濃度エピソード解析の概要を表 4-1 に示します。対象地域は、「地域内生成」が卓越しやすい関東と、「地域外移流」が卓越しやすい九州を対象とします。再現事例は、要因別に 1 事例毎を選定します。再現性の評価では光化学オキシダントの他、前駆物質を対象物質とします。複数モデルで検討するために、化学輸送モデルを 3 モデル選定して解析を実施します。なお、気象モデルを 1 モデルとします。

表 4-1 高濃度エピソード解析の概要

項目	「地域内生成」型高濃度エピソード	「地域外移流」型高濃度エピソード
対象地域	関東地域	九州地域
再現期間	1 事例(1 週間程度)	1 事例(1 週間程度)
評価物質	光化学オキシダント、前駆物質(NO,NMHC,VOC 成分濃度)	
モデル	気象モデル(1 モデル) + 化学輸送モデル(2 モデル)	

4.2 高濃度エピソードの選定と手順

高濃度エピソードの選定は、「光化学オキシダント濃度に関する現象解明のためのデータの多角的解析」の「② 高濃度事例(外れ値に該当する日や越境汚染が卓越する日)の解析」で選定した高濃度事例日から、「地域内生成」型高濃度を 1 事例、「地域外移流」型高濃度 1 事例を選定します。

選定事例は、利用するインベントリや気象データの利用しやすさから平成 22 年度前後で選定します。それぞれの要因により広域的に高濃度が発生した事例について選定を行います。

4.3 計算結果の再現性の検証方法

再現性の検証方法は、「調査フレーム」の検討結果に従います。主な検証方法は以下に示す通りです。

表 4-2 高濃度エピソード解析の再現性検証

項目	検証方法
統計指標	光化学オキシダント、ポテンシャルオゾン、前駆物質 (NO _x 、NMHC) を用いて NB、NGE、MPA などの統計的評価指標の確認
時間・空間再現	解析地域内の測定局濃度の時間変化、濃度分布とその時間変化を測定値と比較
地域外移流の再現	遠隔地の大気モニタリングなどの測定値と比較し、越境汚染などの状況の再現を検討
複数モデル	複数モデルの計算を比較し、モデル相互比較により、著しく精度が低いモデルないか確認