

シミュレーションモデルを活用した調査フレームの作成

平成 26 年 1 月 22 日

1. 調査フレームの作成
 - 1.1. 調査の目的
 - 1.2. 解析対象年度について
 - 1.3. シミュレーション対象期間
 - 1.4. 解析地域について
 - 1.5. 国内の発生源インベントリ
 - 1.6. アジアの排出インベントリ
 - 1.7. シミュレーションモデルの検討
 - 1.8. モデルの領域について
 - 1.9. モデルの精度評価について
2. 調査フレームの設定のまとめ

1. 調査フレームの作成

調査の目的、対象とする物質などの大枠について、以下の通り整理した。

1.1. 調査の目的

本調査の目的は、「多角的解析によって明らかになったオキシダント濃度の経年変化について、シミュレーションの活用により、越境汚染、タイトレーション効果の低下および前駆物質の排出量の減少がオキシダント生成に及ぼす影響を検討する」ことである。

1.2. 解析対象年度について

シミュレーションを実施するにあたり、解析対象年について検討を行った。なお、解析対象年を設定するうえで、以下の事項について考慮する必要がある。

- オキシダントの濃度変化のトレンドを捉えることのできる期間であること
- シミュレーション入力データ（気象データやインベントリ）が整備されていること

以上のことを考慮して、解析対象年を平成 13 年度（2001 年度）～平成 22 年度（2010 年度）とする。理由としては、NCEP データが整備されているのが 1999 年 8 月以降であること、全球客観解析データ等、気象庁データが整備されているのが 2001 年 3 月以降であることによる。また、図 1.1～図 1.4 に示したように、解析対象期間において、オキシダント濃度のトレンドが変化していることが確認できるため、設定期間として適切であると考えられる。

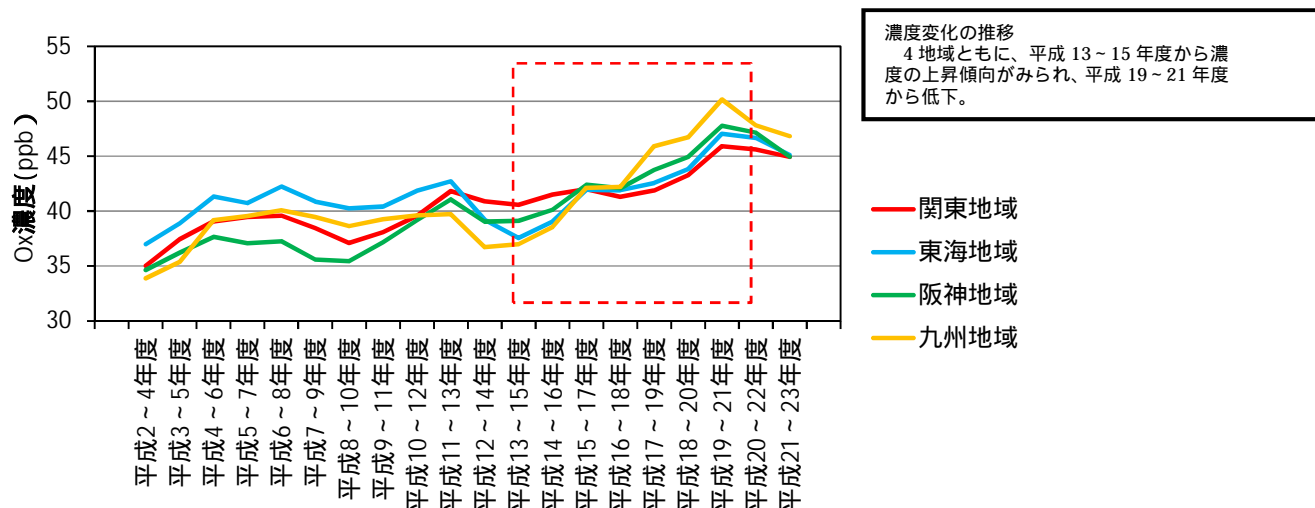


図 1.1 平均的な濃度の推移 (4～5月の平均濃度) (赤枠は対象期間)

平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 3 回）資料

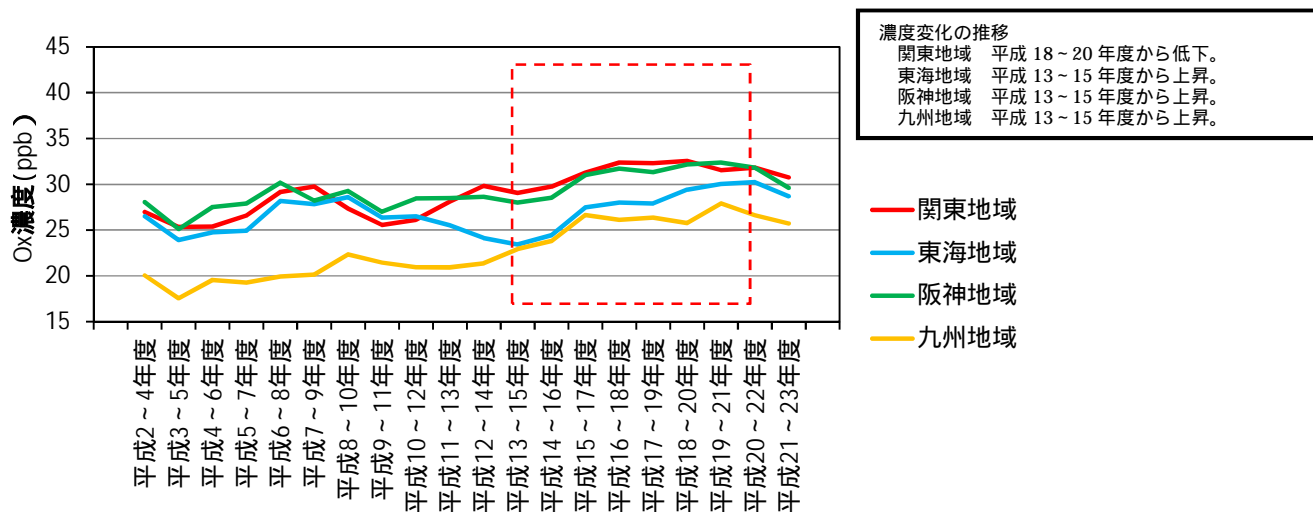
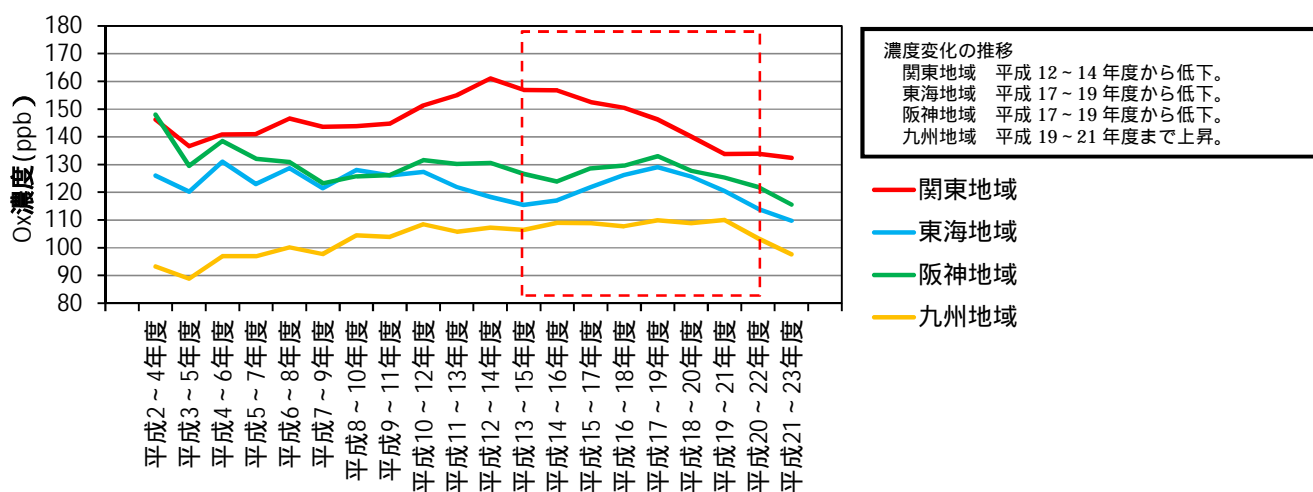


図 1.2 平均的な濃度の推移（7～8月の平均濃度）（赤枠は対象期間）



統計期間 : 平成 2～23 年度 対象測定局 : 一般局 (Ox、NOx 同時測定局)
 統計値 : 局別年間 98 パーセンタイル値の域内最高値の 3 年移動平均
 統計手順 : 局別・日別に昼間の最高値の算出
 から局別に年間 98 パーセンタイル値を算出
 を地域別の最高値を算出 3 年間の移動平均

図 1.3 高濃度の推移（昼間の最高値を対象）（赤枠は対象期間）

平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 3 回）資料

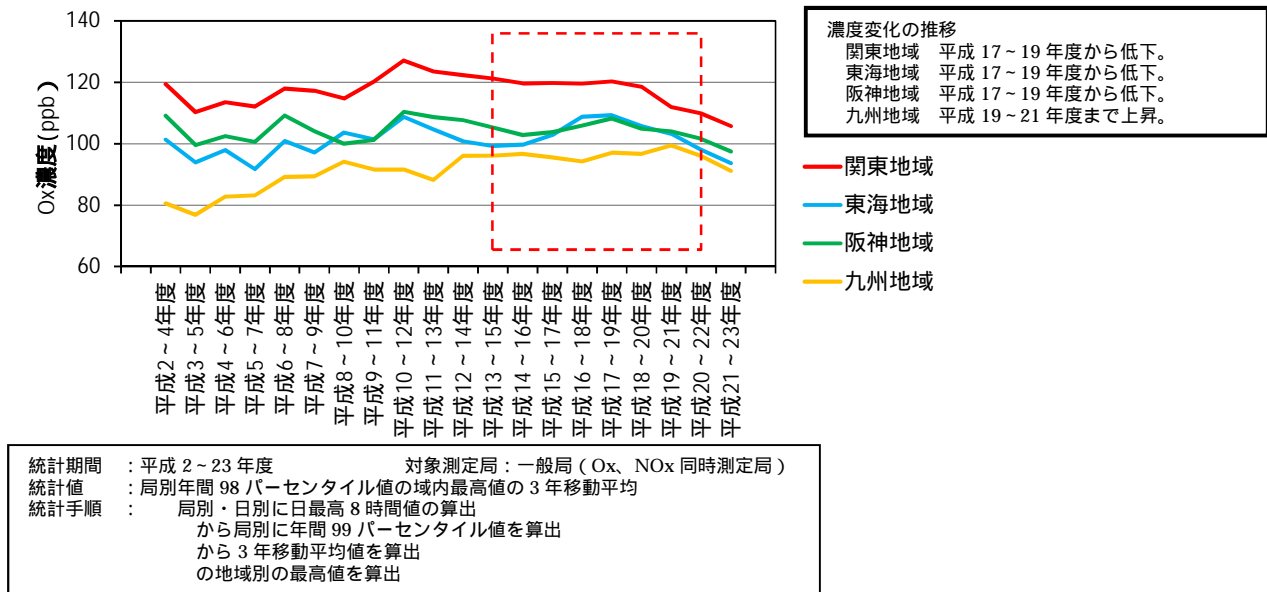


図 1.4 高濃度の推移（日最高 8 時間値を対象）（赤枠は対象期間）

平成 22 年度（2010 年度）は、オキシダント自動測定器の校正法が変更になる年度に該当しているが、補正係数の検討も進んでおり、評価を行う上で検討結果を反映することとする。

平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 3 回）資料

1.3. シミュレーション対象期間

本調査においては、高濃度事例だけでなく平均値に関する評価を行う。平均値を算出するためには、対象期間のすべての日を対象とする必要がある。よって、シミュレーション対象期間としては、高濃度事例が多く発生する暖候期（4～9月）のうち4、5、7および8月の全日を対象とする。

一方、高濃度事例のみを対象とした計算対象日の選択方法として、EPA では以下の方法を定めている。EPA では、「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」を算出するにあたって、各測定局に対して、各季節で、表 1-1 に従って導かれた日数を対象にシミュレーションを実施することで、1年を対象にシミュレーションをするのと比較して、不確実性について説明できる結果が得られるとしている。

表 1-1 計算対象の日数選択における閾値等設定例

70ppb を 上回る日数	85ppb を 上回る日数	相対感度係数の 平均に用いる日数	閾値が 85ppb 未満かどうか
50	15	15	No
20	12	12	No
12	7	10	Yes
11	3	10	Yes
9	6	9	Yes
6	1	6	Yes
3	0	N/A	N/A

< 基準 >

- 8時間平均値の日最高値が 85ppb を超える日が 10 日以上ある場合、閾値は 85ppb とする。
- 8時間平均値の日最高値が 85ppb を超える日が 10 日に満たない場合、相対感度係数の平均に用いる日数が 10 日となるように、70ppb を下限として閾値を下げる。
- 8時間平均値の日最高値が 70ppb を超える日が 10 日に満たない場合、70ppb を超えるすべての日を対象とする。
- 8時間平均値の日最高値が 70ppb を超える日が 5 日に満たない場合、相対感度係数を算出しない。

（出典：Guidance on the Use of Models and Other Analyses for Demonstrating Attainment of Air Quality Goals for Ozone , PM2.5 , and Regional Haze , EPA 2007）

1.4. 解析地域について

本調査の目的（多角的解析によって明らかになったオキシダント濃度の経年変化について、シミュレーションの活用により、越境汚染、タイトレーション効果の低下および前駆物質の排出量の減少がオキシダント生成に及ぼす影響を検討する）を達成するためには、日本全国を対象とすることが望ましい。ただ、計算ボリューム等を考慮して、オキシダントの域内生成が多く、成分分析調査等データが多い「関東地域」、移流の影響を強く受け、オキシダント濃度に関して大きな地域特異性がみられる「九州地域」を解析対象地域とする（表 1-2）。

表 1-2 解析対象地域と解析項目

地域	各地域の特徴
関東	・オキシダントの域内生成がさかん ・成分分析調査等データが多い
九州	・移流の影響を強く受ける。 ・大きな地域特異性がみられる。

平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 3 回）資料

1.5. 国内の発生源インベントリ

国内および海外を対象に整備されているインベントリについて概要を整理し、シミュレーションで使用するのに適切なモデルについて検討した。

1.5.1. 国内で整備されているインベントリについて

三次元の非定常大気質モデルでは、モデルへの入力データとして、物質別、メッシュ別の発生源インベントリが必要となる。日本国内において数 100km 四方（例えば、関東地方や阪神地方）といった領域で、シミュレーションを行うことを想定して構築された発生源インベントリについて整理した。なお、を、を参考にした。

表 1-3 国内を対象にしたインベントリ

インベントリ名	(a)環境省	(b)CRIEPI/NIE S	(c)EAGrid2000-JAPAN	(d)JEI-DB/JCAP	(e)産業技術総合研究所
推計地域	関東・関西	関東	全国	全国	全国
対象年	2000 年度	2000 年度	2000 年度	2005 年度を基準として、1995、2000、2005、2010 年度を補正して算出	2002 年度
空間分解能	1km (3 次メッシュ)	3 次メッシュ	3 次メッシュ	3 次～2 次メッシュ	1km (3 次メッシュ)
時間分解能	夏季、冬季 時刻(1 時間)別	月別 時刻(1 時間)別	月別 時刻(1 時間)別	月別 時刻(1 時間)別	月別 時刻(1 時間)別
対象成分/ガス	SO ₂ ,NO _x , NMVOC, HCl,CO,NH ₃	SO ₂ ,NO _x , NMVOC, HCl,CO,NH ₃	CO,CO ₂ ,NH ₃ , NMVOC,NO _x , SO ₂	NO _x ,CO,SO _x , NH ₃ ,他、自動車、 自動車以外で独 自成分あり	NO _x ,SO _x ,CO, CO ₂ ,VOC
備考	財団法人日本気 象協会(2003)	速水と小林 (2004)	Kannari (2004)	ら	

(a)～(d)は「微小粒子状物質健康影響評価検討会(環境省 平成 20 年 4 月)」参照

(e)は「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報告書(環境省 平成 19 年)」参照

平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 3 回）資料

（a）環境省

環境省が平成 14 年に実施した「浮遊粒子状物質環境汚染実態調査」（財団法人日本気象協会（2003））で、非定常モデルによるシミュレーションを行うために作成されたものである。また、前述のとおり、環境省は平成 19 年に、VOC についての排出インベントリの改定を行い、発生源品目別 VOC を公表している。このインベントリでは、有機二次粒子の前駆物質となる蒸発発生源からの VOC 排出量について、最新の調査結果が反映されている。（以下省略）

（b）CRIEPI/NIES

（財）電力中央研究所と（独）国立環境研究所の共同研究で作成されたもので、CMAQ を用いた二次粒子の濃度予測に使用された。自動車からの排出量は、JCAP の成果が取り入れられている。

（c）EAGrid2000-JAPAN

東アジア域における長距離大気輸送モデルへの入力用として開発された EAGrid2000（Kannari ら（2007））の一部として開発された日本領域を対象とした詳細インベントリである。JCAP の成果等、新しい成果が取り入れられた排出インベントリである。

2000 年以降大きな排出量変化が生じているため、排出実態が 2000 年度から著しく変化したと考えられる排出部門に重点を置き、EAGrid2000-JAPAN をベースに排出量の推計を行っている（福井ら 2014）。

（d）JEI-DB / JCAP

JATOP により整備された自動車排出量、自動車以外の人為発生源および植物からの VOC を対象としたインベントリである。自動車排出量については、JCAP 自動車排出量推計モデルをリバイスし、入力データを全面的に更新した。また、都道府県別に保有車両を 103 車種に分類し、車齢分布（規制）を考慮した保有台数とした。これに、道路交通センサスおよび自動車輸送統計年報から平休日別交通量データ、環境省排出量原単位、JATOP 独自の始動時・蒸発エミッション排出係数を用い、気温湿度影響を考慮した月別排出量を算出した。自動車以外の排出量については、G-BEAMS により、主に文献値による排出係数と活動両から空間分配を行った。植物からの VOC については、スギ・ヒノキなど優先 8 樹種の実測で得たイソプレン等の基礎放出量と文献値をあわせ、資源構成表、森林簿から換算した葉重量および J-IBIS・衛星データから構築した。他、火山のインベントリも作成している（森川ら 2013）。

（e）産業技術総合研究所

産総研がオゾン等の大気中生成物質の詳細リスク評価への活用を図る目的で開発を進めている、オイラー型次世代広域大気評価モデル用の発生源インベントリで、平成 17 年度に整備された。当面はオゾンの影響評価が主な目的であるため、PM と NH₃ については集計対象外である。発生源として、船舶には主要港湾を利用する船舶以外にも漁船についても集計されているほか、喫煙も対象に加えるなど環境省発生源と比較して広範な発生源まで考慮している。また、近年議論されている、オキシダントが週末に上昇する現象（ウィークエンドエフェクト）についても検討できるように、自動車については、平日・休日別の排出量が設定されている。コールドスタート時、ホットソーク等による排出量増分も考慮されており、この基礎資料としては環境省と同様に「JCAP 技術報告書 大気モデル(2)自動車排出ガス推計

平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 3 回）資料

モデルの開発」(JCAP 推進室 1999 年 10 月)、「自動車の排出管以外からの炭化水素等排出量推計調査業務委託」(財)計量計画研究所、2002 年 3 月)が引用されている。

1.5.2. シミュレーションで用いるインベントリ（国内）について

最新のインベントリであり、幅広い排出源を対象としていることから、本シミュレーションにおいては、国内の発生源インベントリとして JEI-DB を使うこととする。なお、船舶からの排出データを含まないことから、独立行政法人 海上技術安全研究所が作成したインベントリを用いる必要がある。

JEI-DB の構成内容について表 1-4 に示した。

表 1-4 JEI-DB 構成内容

	自動車	自動車以外	植物からのVOC	ほか
発生過程	走行時、始動時、巻上粉じん、タイヤ摩耗、Running Loss、Diurnal Breathing Loss、Hot Soak Loss	電気業、熱供給業、都市ガス製造業、農林水産業、鉱業、建設業、製造業、家庭、業務、建設機械等、航空、廃棄物焼却、小型焼却炉、野焼き、喫煙、調理 (VOCのみ) 工業プロセス、燃料蒸発、塗料、溶剤、民生 (NH ₃ のみ) 家畜、化学肥料施肥、土壌、発汗・呼吸、ペット犬、化学肥料製造、し尿処理	スギ、ヒノキ、コナラ、イタヤカエデ、シナノキ、アカマツ、ブナ、ミズナラ 常緑針葉樹、落葉針葉樹、常緑広葉樹、落葉広葉樹	火山
対象物質	NOx、NO ₂ 、SPM、THC、NMHC、CO、SOx、NH ₃ 、CO ₂	NOx、TSP、NMVOC、CO、SOx、NH ₃	イソプレン、モノテルペン、セスキテルペン	SO ₂
対象年度	2005、2000 [#] 、2010 [#] (#2005年度ベースに補正)	2005、1995 [#] 、2000 (#VOCは2005年度ベースに補正)	2005	2005
備考	Diurnal Breathing Lossを除き平・休日別	2次メッシュ(全国)、3次メッシュ(関東) 一部部門は鉛直分布あり	基礎放出量は季節変化考慮(月別)	9火山対象

平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 3 回）資料

1.6. アジアの排出インベントリ

1.6.1. アジアの排出インベントリ（人為起源）

アジアを対象範囲に含む人為起源インベントリについて、以下に整理した。

表 1-5 アジアを対象範囲に含む主なインベントリ（森川ら 2010）

	EDGER	REAS	INTEX-B	EA-GRID
対象領域	全球	南～東アジア	アジア全域	北東アジア
対象年	1970～2005 年	1980～2020 年	2006 年	2000 年
空間分解	0.1 度	0.5 度	0.5 度	0.5 度
時間分解	年間 2005 年は月別	年間	月別	年間 植物起源は月
研究機関/ プロジェクト	欧州 JRC および オランダ PBL	(独)海洋研究開発機 構	米国 NASA	(独)国立環境研究所

(a) EDGER

EDGER(Emission Database for Global Atmospheric Research)は、欧州 JRC(Joint Research Center)とオランダ環境評価保護庁(PBL)が作成した大気汚染物質と温室効果ガスのデータベースである。2009 年に ver4 がリリースされ、空間分解能が 0.1 度の高解像度になるとともに、20 種類ほどのフロンガスなど対象物質も増えた。

(以下追加) 2011 年 3 月には EDGAR ver4.2 がリリースされた。(a)温室効果ガスや従来の大気汚染物質(粒子状物質、二酸化硫黄、一酸化炭素、光化学オキシダントおよび二酸化窒素)の排出量データベースの更新したこと、(b)2008 年までデータを拡張したことが、前バージョンとの大きな相違点である。

(b) REAS

REAS (Regional Emission inventory in ASia) は、(独) 海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センターおよび(独) 国立環境研究所を中心とした研究グループが開発した大気汚染物質と温室効果ガスのアジア域排出インベントリである(Ohara , *et al.* , 2007)。2000 年をベースに過去から 2020 年までの推計データが示されている。

(以下追加) 2013 年に REAS 2.1 に更新されている。REAS 2.1 では、2000～2008 年における人為起源排出量について整理している。

Outline of REAS 2.1

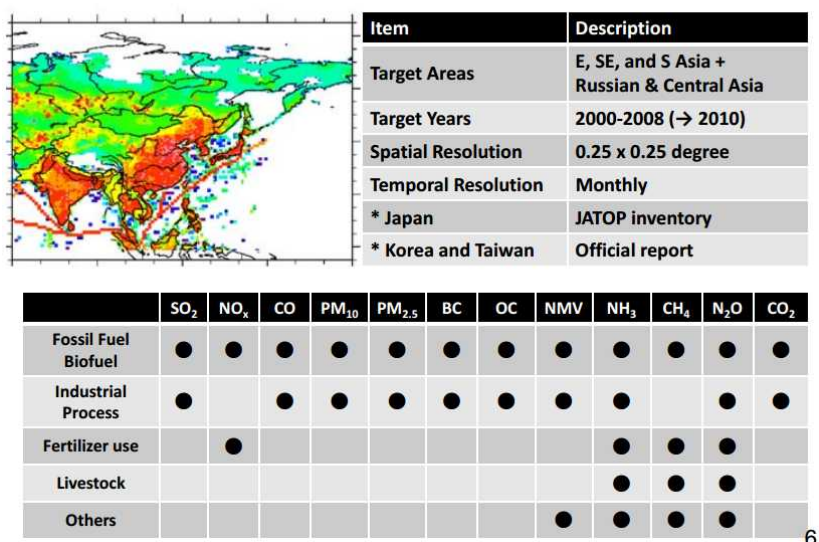


図 1.5 REAS 2.1 の概略

(c) INTEX-B

INTEX-B (Intercontinental Chemical Transport Experiment Phase B) は、アジアを対象とした排出インベントリ TRACE-P の後継のデータである (Zhang et al., 2009)。このインベントリでは VOC が CB04、CB05、RADM2、SAPRC99、SAPRC07 といった化学反応スキームによる化学種ベースで整理されており、大気モデル用に使いやすい形になっている (提供は SAPRC99 のみ)。

(d) EAGrid2000

EAGrid2000 (East Asian Air Pollutant Emission Grid Database) は、東アジアにおける長距離大気輸送モデルへの入力用として開発された。長距離輸送過程のトレーサーとして重要な CO や健康影響の観点から重要となる PM₁₀、重金属の中でも地球規模の汚染が重要で特に中国の排出が顕著とみられる水銀 (Hg) も対象物質に含む。

平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 3 回）資料

1.6.2. アジアの排出インベントリ（自然起源）

アジアを対象範囲に含む自然起源インベントリについて、収集した文献で用いられているインベントリを以下に示した。(a)GEIA を用いた文献は 4 件、(b) EAGrid2000 を用いた文献は 6 件あった。

(a) GEIA (The Global Emissions Inventory Activity)

国際科学会議（ICSU）が主催する国際研究計画（IGBP；International Geosphere-Biosphere Programme）の活動の一環として作成された月別排出量データ（Guenther et al.（1995））

(b) EAGrid2000

EAGrid2000（East Asian Air Pollutant Emission Grid Database）は、東アジアにおける長距離大気輸送モデルへの入力用として開発された。長距離輸送過程のトレーサーとして重要な CO や健康影響の観点から重要となる PM₁₀、重金属の中でも地球規模の汚染が重要で特に中国の排出が顕著とみられる水銀（Hg）も対象物質に含む。

1.6.3. シミュレーションで用いるインベントリ（アジア）について

アジアの人為起源インベントリについては、最新の情報が反映された REAS 2.1 を用いることとする。
また、アジアの自然起源インベントリは、これまでの実績や収集文献で多く用いられていた EAGrid2000 を用いることとする。

1.7. シミュレーションモデルの検討

1.7.1. 文献収集結果によるモデルの使用状況

収集文献（14 件）において、気象および大気質モデルの使用状況を表 1-6 に整理した。

表 1-6 収集文献における使用モデルの一覧

モデル	収集文献における使用数
気象モデル	MM5（5 件）、RAMS（4 件）、WRF（3 件）
大気質モデル	CMAQ（10 件）、独自モデル（1 件）
オンラインモデル	WRF/Chem（2 件）

気象モデルとしては MM5 もしくは RAMS を用いた事例が多い。WRF を使用した文献は 3 件だったが、WRF は MM5 の次世代モデルとして位置づけられていることを考慮する必要がある。大気質モデルについては、ほとんどの文献で CMAQ を用いていた。

1.7.2. 気象モデルの検討

気象モデルとしては、WRF を使用するものとする。その理由としては、次のようにまとめられる。

- 開発進行中のモデルであること
- 国内、海外における実績が十分にあること
- 大気質モデルとして採用する予定の CMAQ および CAMx との親和性が高いこと

また参考として、気象モデル（MM5、RAMS、WRF）の比較について、表 1-7 に整理した。

表 1-7 気象モデルの比較

		WRF	MM5	RAMS
非静力学モデル		完全圧縮非静力学	完全圧縮非静力学	完全圧縮非静力学
時間差分		HE-VI ルンゲクッタ	HE-VI リープフロッグ	HE-VI リープフロッグ
空間差分		5 次風上差分	2 次中央差分	4 次中央差分
座標系		Arakawa-C 座標系 ポーラステレオ・ランベル ト・メルカトル,etc	Arakawa-B 座標系 ポーラステレオ・ランベル ト・メルカトル,etc	Arakawa-C 座標系 ポーラステレオ・直交座標 系
地表面過程		土壌熱収支・水収支 都市キャノピーあり	土壌熱収支・水収支 都市キャノピーなし	土壌熱収支・水収支 都市キャノピーも考慮可能
対応可能計算範囲		全世界	全世界	全世界
対応水平分解能		1km 計算可能	1km 計算可能	1km 計算可能
乱流クローザー モデル機能		Level3	Level2.5	Level2.5
気象場デ ータ補正 機能	逐次同 化	3DVAR 4DVAR,nudging(obs,analy sis)	3DVAR Nudging(obs,analysis)	最適内挿法 Nudging(analysis)
	連続同 化			
雲物理		相状態：6 相 数密度：6 相	相状態：5 相 数密度：2 相	相状態：6 相 数密度：6 相
ネスティング機能		2way-nesting (複数領域同時計算可能)	2way-nesting (複数領域同時計算可能)	2way-nesting (複数領域同時計算可能)
並列機能				
ソース公開				
ライセンス料		なし	なし	なし

平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 3 回）資料

1.7.3. 大気質モデルについて

米国においては SIP 策定のためシミュレーションによる評価を行うことが義務付けられており、殆どすべての州で最新版の CMAQ 又は CAMx を用いているという報告がある。また、Defra（英国の環境・食料・農村地域省）における大気質モデルの評価（Martin *et al.*, 2011）においても、CMAQ を “Suitable for further development/use by Defra（Defra によるモデルのさらなる開発および使用にとって適切である）” と結論づけている（表 1-8 で黄色は推奨モデル、赤枠が CMAQ を表わす）。

表 1-8 Defra が定めたモデルの使用について

Table 2 Summary of recommendations for individual models

Name of Model	Full Model Name	Conclusions
ADMS	Atmospheric Dispersion Modelling Software	Suitable for further development/use by Defra
CMAQ ²¹	Community Multiscale Air Quality	Suitable for further development/use by Defra
DO ₃ SE	Deposition of Ozone and Stomatal Exchange	Continue, nested in CMAQ
EMEP4UK	European Monitoring and Evaluation Programme UK Model	Suitable for further development/use by Defra
EMEP MSC-W	European Monitoring and Evaluation Programme MSC-W Model	Suitable for further development/use by Defra
ERG-Toolkit	Environmental Research Group-London Air Pollution Toolkit	Suitable for further development/use by Defra
FRAME	Fine Resolution Atmospheric Multi-pollutant Exchange	Suitable for further development/use by Defra
HARM	Hull Acid Rain Model	Not recommended for further development by Defra
NAME	Numerical Atmospheric-dispersion Modelling Environment	Not recommended for further development by Defra
OSRM	Ozone Source Receptor Model	Not recommended for further development by Defra
PCM	Pollution Climate Mapping Model	Suitable for further development/use by Defra
PTM	Photochemical Trajectory Model	Not recommended for further development by Defra
TRACK-ADMS	Lagrangian model + Atmospheric Dispersion Modelling Software	Not recommended for further development by Defra
AQUM	Air Quality Unified Model (Meteorological Office) Model	Suitable for further evaluation
STOCHEM	Global 3-D Lagrangian chemistry-transport model	Continue, with external evaluation
UKIAM	UK Integrated Assessment Model	Continue; includes BRUTAL and FRAME, which AQMRSG recommends retaining in UKIAM

また、CMAQ は現在もバージョンアップが進められていること、オープンソースであり、モデルの移植性や扱いやすさに優れている点を考慮して、シミュレーションに用いる大気質モデルとしては、CMAQ を主に用いることとした（最新バージョンは CMAQ5.0.1）。また、モデルの不確実性を検討する場合、CAMx（最新バージョンは CAMx6.0）も選択肢として想定する。

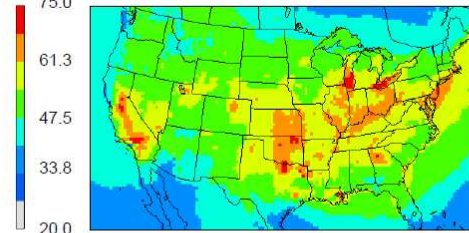
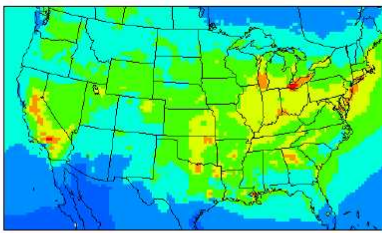
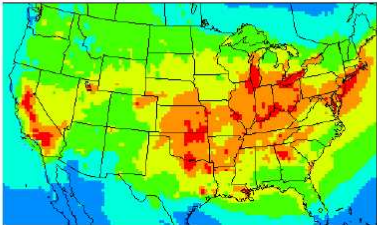
1.7.4. 気相化学反応モデルの検討

サブモデルの中でも、気相化学反応モデルはオキシダント生成に大きく関わり、予測精度を左右する重要なコンポーネントである。ここでは、CMAQ で選択可能なコンポーネントについて、情報を整理し、シミュレーションで使用するモデルについて検討した。

気相化学反応モデルについては、CMAQ5.0.1 では、CB05、SAPRC-07T および SAPRC-99 が選択可能である。これまでの国内での使用実績等を勘案し、SAPRC-99 を用いるものとする。

参考として、SAPRC-99、CB4 および CB05 について比較した文献の結果を表 1-9 に示す。オゾンに着目すると、SAPRC-99 は、CB4 もしくは CB05 と比べて、高濃度に計算する傾向がみられる。これは、他の文献でも報告されている傾向である。

表 1-9 SAPRC-99、CB4 および CB05 の比較

物質	統計値	結果
オゾン	日 8 時間値の最高値の 6 月平均値	最高濃度：SAPRC-99 最低濃度：CB4
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>Ozone CB05</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Ozone CB4</p>  </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p>Ozone SAPRC99</p>  </div> <div style="margin-top: 10px; text-align: right;"> <p>Ozone</p> <p>Concentration, July monthly avg of daily 8-hr max</p> <p>→ SAPRC99 predicts highest concentrations, CB4 predicts the lowest</p> </div>	

* 計算条件：2001 年 1 月もしくは 6 月のアメリカ合衆国東部を対象に、CMAQv4.5.1 と MM5 を用いた (Deboarah Luecken *et al.*,2006)

平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 3 回）資料

1.8. モデルの領域について

1.8.1. 領域および格子間隔の考え方

シミュレーションを実施する上で、対象期間、領域の広さおよび格子間隔の細かさは、計算時間に大きく影響する。よって、調査の内容を整理したうえで適切に設定する必要がある。

本調査では、10 年間（平成 13 年度（2001 年度）～平成 22 年度（2010 年度）の 4 月、5 月、7 月および 8 月）という長期間を想定していること、解析地域として関東領域と九州領域の 2 領域を対象としていることから、計算に要する時間を考慮して格子間隔について検討する必要がある。

格子間隔の違いによるオキシダント濃度の再現性については、（齋藤ら，2012）が表 1-10 のように取りまとめている。

表 1-10 格子間隔の違いによるオキシダント濃度の再現性

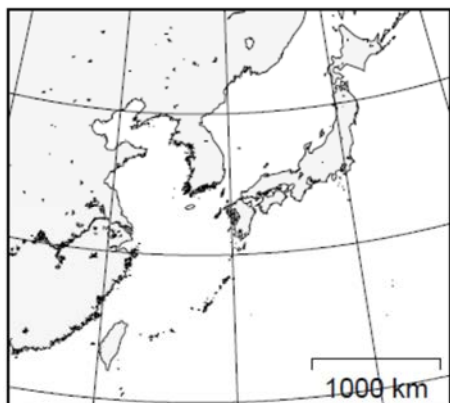
対象地域 / 文献	格子間隔	考察
米国北東部	12km、4km	オキシダント濃度について、4km にしても改善は認められなかった。
大阪	9km、3km、1km	40ppb 以上の時間値や日最高濃度の統計指標からは、格子間隔による大きな違いが認められない。
米国ジョージア	12km、4km	12km の格子間隔で十分であるが、NO _x の排出量が局所的に変化するような場合は、格子間隔は 4km 程度にすべき。
EPA（2007）のガイダンス	12km、4km	都市やさらに細かいスケールでは 4km 以上程度の格子を推奨、都市以上のローカルなスケールでは 12km の格子間隔を推奨。

また、丹沢山地を対象としたシミュレーションでは、丹沢山地では近くに発生源がなく、オキシダント濃度の水平分布図や統計指標の結果から、丹沢山地では格子間隔 15km の結果でも格子間隔 5km の結果と再現性がほぼ変わらずかつ十分であると結論付けている。

本調査では、長期間に渡るオキシダント濃度のトレンド変化を検討することが目的であることから、関東および九州地域のメッシュサイズとしては、10km を設定することとする。ただ、特に関東地域は、観測局が密に配置されていることから、1 メッシュに対して、複数の観測局が含まれることになる。よって、精度検証等を行うにあたっては、配慮が必要となる。

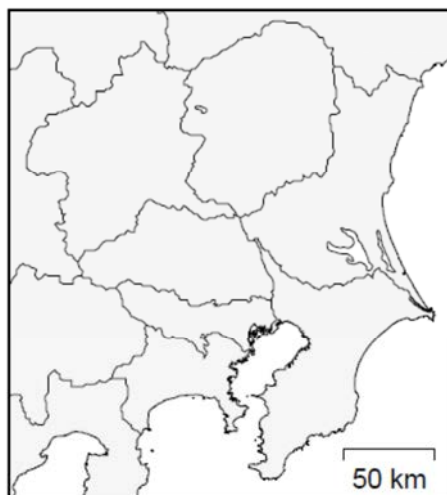
1.8.2. 領域設定

本調査では越境汚染の影響を検討する必要があることから、東アジア領域の計算を行い、ネスティングによって、関東および九州領域の計算を行うこととする。具体的には、図 1.6～図 1.8 に示したような領域で計算を実施する。関東領域および九州領域の格子設定について、表 1-11 に整理した。



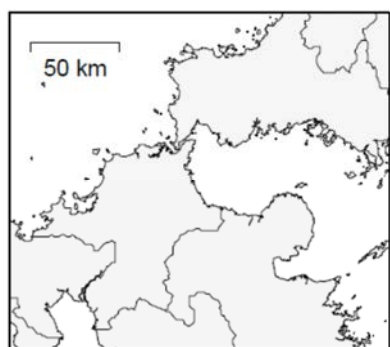
(3,300km × 2,700km × 16km 水平格子 60km)

図 1.6 東アジア領域



(250km × 250km × 16km 水平格子 10km)

図 1.7 関東領域



(210km × 180km × 16km 水平格子 10km)

図 1.8 九州領域

表 1-11 解析地域と評価実施領域まとめ

	東アジア領域 (60km 格子)	関東・九州領域 (10km 格子)
関東		
九州		

：計算実施領域 ：評価実施領域

平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 3 回）資料

1.9. モデルの精度評価について

1.9.1. モデルの評価指標と目標とする精度について

モデルの評価については、気象と大気質に分けて検討する。なお、モデル精度の評価対象年は、平成 13 年度（2001 年度）～平成 22 年度（2010 年度）のうち 3 断面（単年度）を設定する（平成 13 年度、平成 17 年度および平成 21 年度）。

（ 1 ）気象

気象については、気象要素として、風向、風速、気温、相対湿度および混合層高さを対象とする。また、精度評価指標として、BIAS や RMSE を設定し、散布図等を作成することにより、相関係数等を算出する。対象とする測定値は、気象官署観測値、アメダス観測値、ウィンドプロファイラ、高層ゾンデ観測結果を基本とする。なお、対象データは 1 時間値とする。

（ 2 ）大気質

モデルの評価指標について、オキシダントについては国内でオーソライズされたモデルの精度評価指標はない。よって、EPA で定義され、収集した論文でも多く利用されている NB（Normalized Bias）、NGE（Normalized Gross Error）および MPA（Maximum Prediction Accuracy）等を用いることとする。精度の基準については収集した文献等を参考にする。なお、対象データは 1 時間値とする。

表 1-12 オゾンの EPA 指標による評価法

$$NB(\text{Normalized Bias}) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{C_{obs} - C_{cal}}{C_{obs}}$$

$$NGE(\text{Normalized Gross Error}) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|C_{obs} - C_{cal}|}{C_{obs}}$$

$$MPA(\text{Maximum Prediction Accuracy}) = \frac{C_{obs,max} - C_{cal,max}}{C_{obs,max}}$$

対象とする物質は、オキシダント、ポテンシャルオゾンとする。また測定値が得られる場合に、全硝酸やホルムアルデヒドなどの精度検証を行う。対象とする測定局は、常時監視測定局を基本とする。

また、モデルの精度を確認したうえで、特にオキシダントについては、表 1-13 に示すような項目について再現性の確認を行う。

表 1-13 再現性の確認項目

項目	具体的な統計値
経年変化	<ul style="list-style-type: none"> ・日最高 8 時間平均値の暖候期 98 パーセンタイル値相当の空間再現性 ・日最高 8 時間平均値の暖候期 98 パーセンタイル値相当(年別および 3 年平均値) ・日最高 8 時間平均値の基準値（60、100、120ppb など）以上となる出現時間数もしくは出現日数
週末効果	<ul style="list-style-type: none"> ・曜日別の昼間最高値の平均値
季節による濃度変化	<ul style="list-style-type: none"> ・月平均値の経時変化

2. 調査フレームの設定のまとめ

調査フレームについて表 2-1 および表 2-2 にまとめた。

表 2-1 調査フレームの設定（1）

事項		設定内容		
目的		多角的解析によって明らかになったオキシダント濃度の経年変化について、シミュレーションの活用により、越境汚染、タイトレーション効果の低下および前駆物質の排出量の減少がオキシダント生成に及ぼす影響を検討する		
条件設定	対象年度	解析対象年度	平成 13 年度(2001 年度)～平成 22 年度(2010 年度)	
	解析月	春および夏を対象	4、5、7 および 8 月	
	解析地域	優先解析地域	関東および九州地域	
	インベントリ	アジア人為		REASv2.1
		アジア自然		EAGrid2000
		国内		【総合インベントリ】 JEI-DB 【セクター別】 船舶排出量データ（海技研）
	モデル	気象モデル		WRF
		化学輸送モデル		CMAQ、CAMx
		気象サブモデル		文献調査で使用されていた以下のスキームおよびこれまでの実績等から検討する。 雲物理（WSM3、WDM6）、長波放射（RRTM、Two-stream parameterization）、短波放射（RRTM、Dudhia）、地表面（Noah）、接地層（Monin-Obukov）、境界層（YSU、MRF）、都市物理、積雲乱流（Kain-Fritsch、Simplified Kuo Cumulus Scheme、G3、Grel）
		化学輸送サブモデル		文献調査で使用されていた以下のスキームおよびこれまでの実績等から検討する。 水平拡散（Smagorinsky）、鉛直拡散（ACM2、eddy、Mellor-Yamada level 2.5）、光解離定数、粒子乾性沈着（RADM、2nd-generation of CMAQ aerosol deposition、aero-depv2）、気相反応（SAPRC99）、粒子化反応（AERO5）
計算設定 入力値	領域		東アジア（3,300km×2,700km×16km） 関東領域（250km×250km×16km） 九州領域（210km×180km×16km）	
	解像度		東アジア領域（水平格子 60km） 関東および九州領域（水平格子 10km） 鉛直方向（20m～6km 程度の可変格子）	
	スピニアップ		3 日	
	ネスティング		日本広域・日本狭域は、親モデルからのネスティング	
	データ同化		グリッドナッジング	
	地形		USGS30s 地形データ	
	土地利用		国土数値情報土地利用データ	
	気象データ		気象庁 GPV（GANAL、MANAL、HANAL） NCEP-GPV（FNL）、海水温	
境界濃度		MOZARTv4		

表 2-2 調査フレームの設定（2）

事項		設定内容	
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：全硝酸、ホルムアルデヒドなど（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	< EPA で定義されている手法 > ・ Normalized BIAS(NB) ・ Normalized Gross Error(NGE) ・ Maximum Prediction Accuracy(MPA) < 経年変化 > ・ 日最高 8 時間平均値の年間 98 パーセンタイル値の空間再現性 ・ 日最高 8 時間平均値の暖候期 98 パーセンタイル値（年別および 3 年平均値） ・ 日最高 8 時間平均値の基準値（60、100、120ppb など）以上となる出現時間数もしくは出現日数・日最高 8 時間平均値の基準値（60、100、120ppb など）以上となる日数 < 週末効果 > ・ 曜日別濃度の再現性 < 季節による濃度変化 > ・ 月平均値の経時変化
		気象要素	BIAS、RMSE、相関係数
		検証データ	気象
	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	CMAQ および CAMx による比較検討
		発生源の精度影響	・ 排出量を変化させた感度解析の実施

平成 25 年度 光化学オキシダント調査検討会（第 3 回）資料

（参考文献）

- ・ Guidance on the Use of Models and Other Analyses for Demonstrating Attainment of Air Quality Goals for Ozone , PM2.5 , and Regional Haze (EPA 2007)
- ・ 微小粒子状物質健康影響評価検討会（環境省 平成 20 年 4 月）
- ・ 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報告書（環境省 平成 19 年）
- ・ 福井哲央 , 神成陽容 , 國領和夫 , 馬場剛 , 国内の大気汚染物質排出量データベース EAGRID2000-Japana の年次更新第 54 回 大気環境学年会講演要旨集 P-052 (2014)
- ・ 森川多津子 , 茶谷聡 , 中塚誠次 , 松永壮 , JATOP の公開排出インベントリ : JEI-DB (JATOP Emission Inventory-Data Base) の紹介 , 第 53 回大気環境学年会講演要旨集 3D1300 (2013)
- ・ 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 第 45 巻 第 5 号 (2010)
- ・ Martin Williams , Roger Barrowcliffe , Duncan Laxen , REVIEW OF AIR QUALITY MODELLING IN DEFRA (2011)
- ・ Deboarah Luecken, Sharon Phillips, Carey Jang, Norman Possiel , Effects Of Using The CB05 vs. SAPRC99 vs. CB4 Chmical Mechanism on Model Predictions , International Conference on Chemical Mechamisms (2006)
- ・ 斎藤正彦 , 若松伸司 , 岡崎友紀代 , 堀越信治 , 山根正伸 , 相原敬次 , 数値モデルを用いた丹沢山地のオゾン挙動解析 , 大気環境学会誌 第 47 巻 第 5 巻 (2012)