

8 テストシミュレーション

8.1 計算対象日の選定

今年度のテストシミュレーションではSPMおよびオキシダント(O_x)の高濃度エピソードの再現性チェックを目的とする。また、利用する発生源インベントリ(H14に環境省で作成)は、対象年が2000年(H12)であるため、計算対象日についても2000年から選定する方が整合がとれる。しかし、気象モデルによる計算の際に、境界値データとして用いる予定である、気象庁の客観解析データが入手出来るのは2001年3月以降である。また、SPMについては、H13年度(2001年)~H14年度(2002年)のフィールド調査により、時間帯別の粒子組成が得られており、モデル検証用のデータとして活用出来る。このようなことから、O_xについては2001年、SPMについては2001年~2002年を対象として、計算対象日を選定することとした。

図8-1に2001年の関東地方の大気常時監視局の測定データから算出した日単位のO_x汚染スコア(1時間値が100ppb以上の延べ時間・局数と定義した)を示す。2001年のO_x汚染スコア第1位は6月4日であった。この日のO_x濃度の分布を図8-2、気象状況を図8-3に示す。図8-2、図8-3から、当日は午前中に陸風と海風がぶつかってできた収束線により、汚染物質が蓄積し、日中に海風が支配的になるに従って、内陸に移流していく過程で光化学反応が進行した、典型的なO_x高濃度事例の1つであると考えられる。

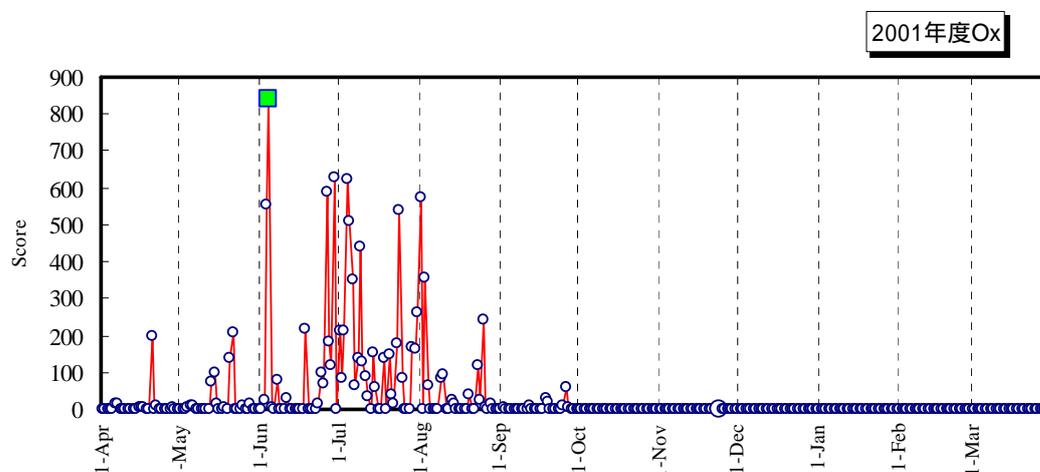


図8-1 2001年Ox汚染スコア

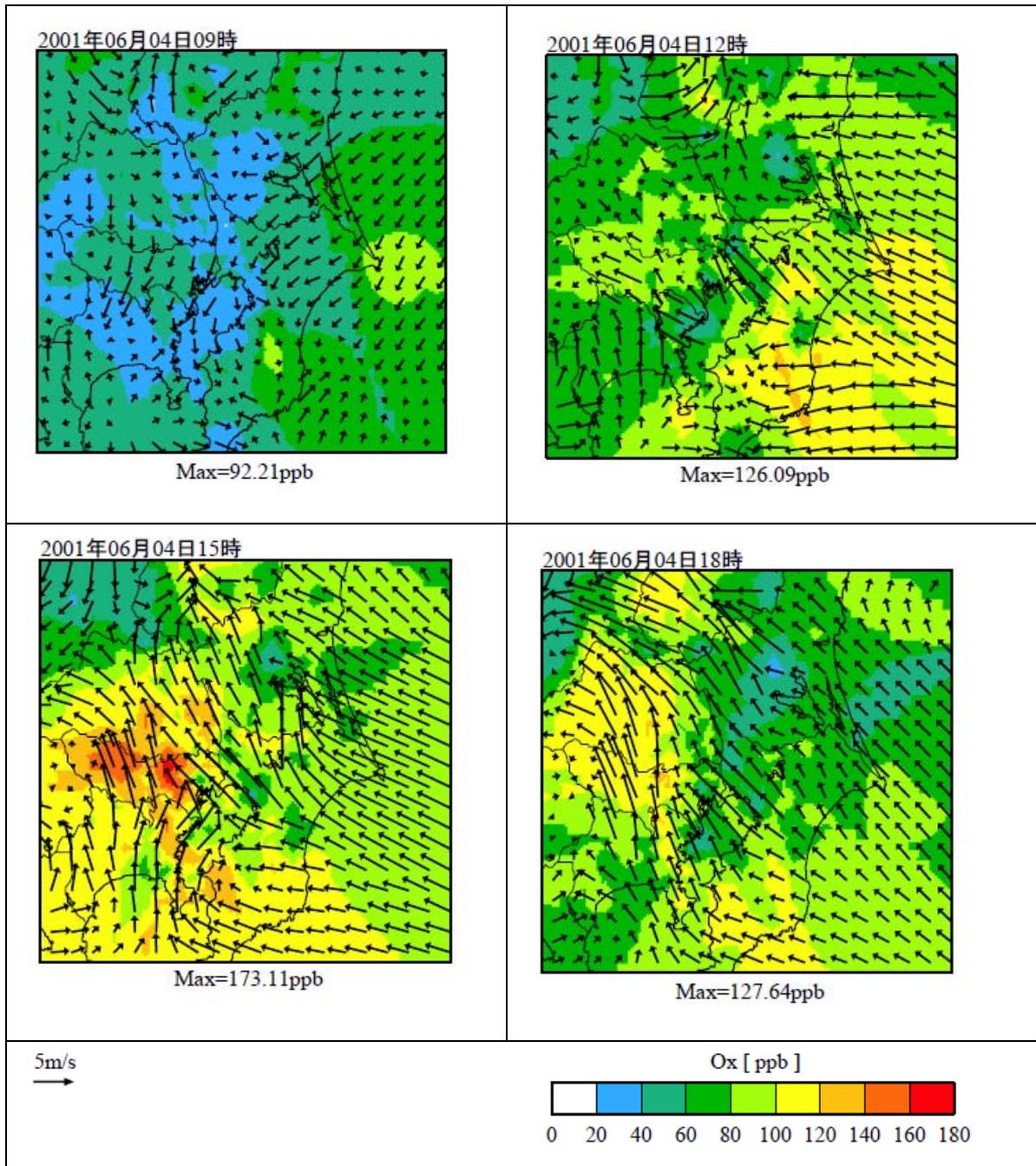


図 8-2 2001 年 6 月 4 日の O₃ 濃度の分布(アメダス及び常監局の観測値から内挿)

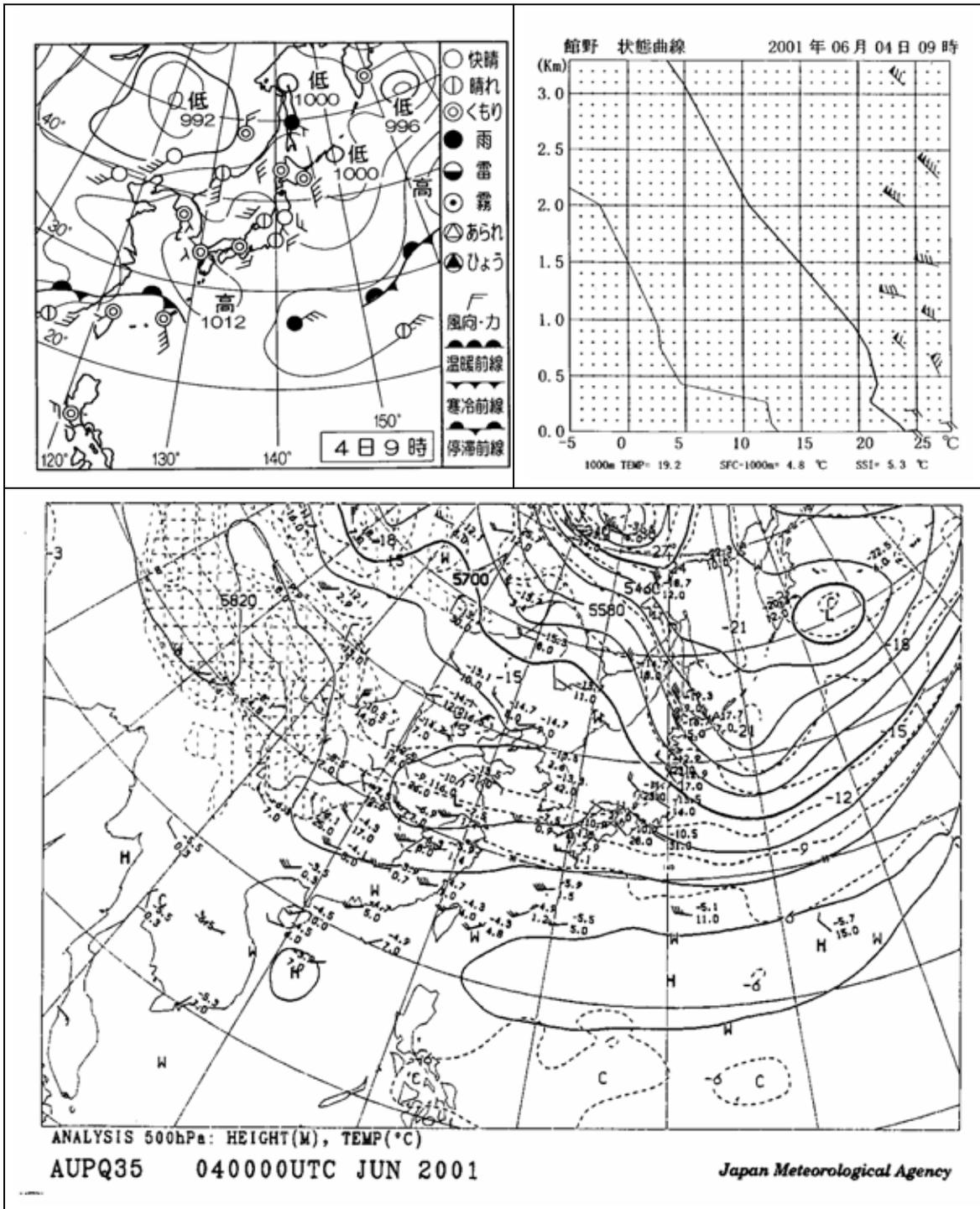


図 8-3(1) 2001 年 6 月 4 日の気象状況

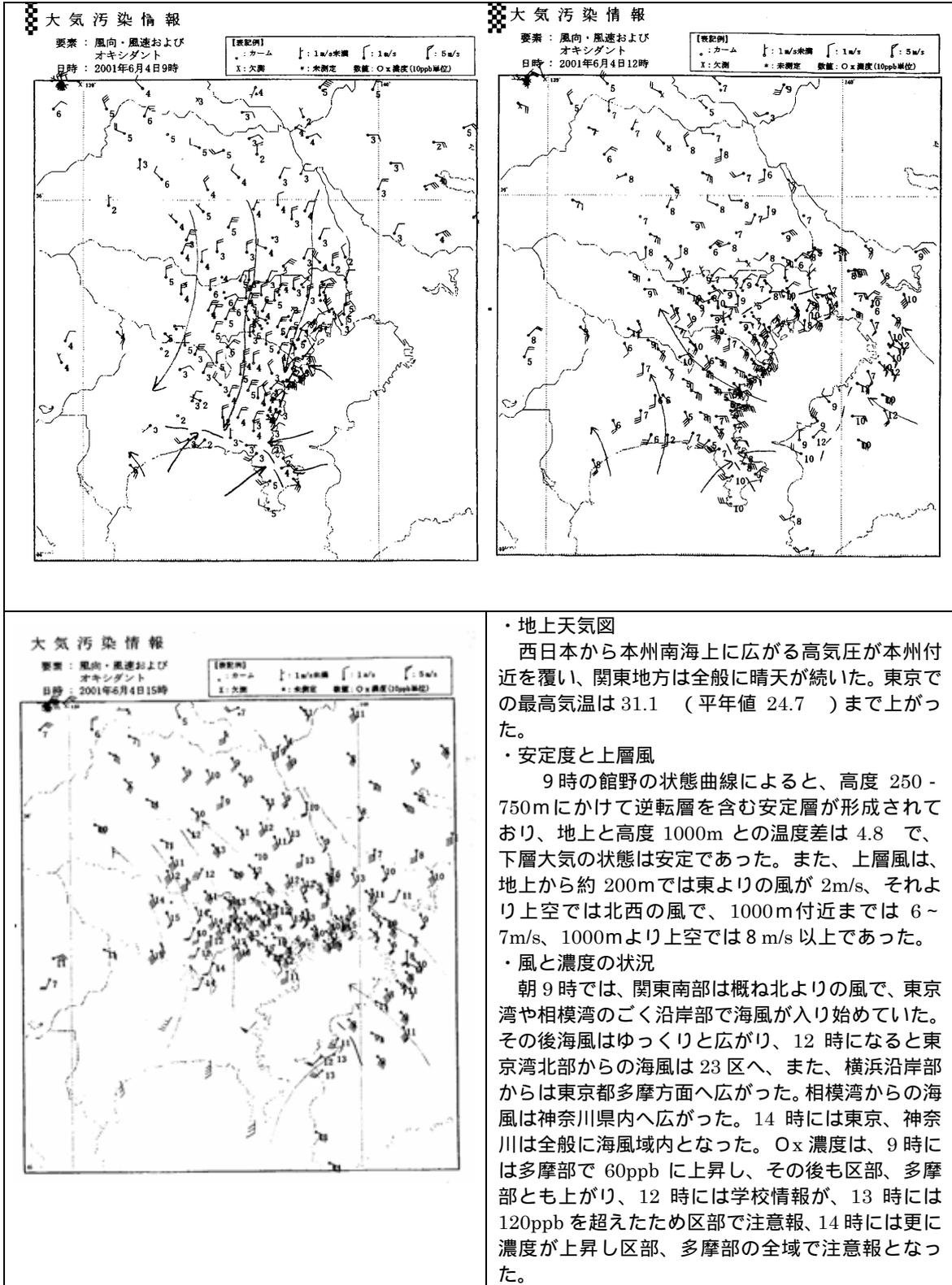


図8-3(2) 2001年6月4日の気象状況

次に H13 年度の夏季フィールド観測期間中の SPM 濃度、EC 濃度、OC 濃度を図 8-4 に示す。図 8-4 より、8 月 3 日の午後から粒子濃度が上昇し、その後も夜間から翌 4 日まで高濃度が継続する事例が観測されている。また、この時の SPM 汚染スコア(1 時間値が $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の延べ時間・局数と定義した)と O_x の汚染スコアを図 8-5 に示す。汚染スコアから、8 月 3 日~4 日については、2001 年度の年間を通じて、SPM、 O_x ともに比較的スコアの高い事例日であったことがわかる。なお、H14 年度の夏季フィールド調査期間中は、観測期間を通じて、SPM 濃度がそれほど高くなく(図 8-6)、SPM 汚染スコアも低かった(図 8-7)。

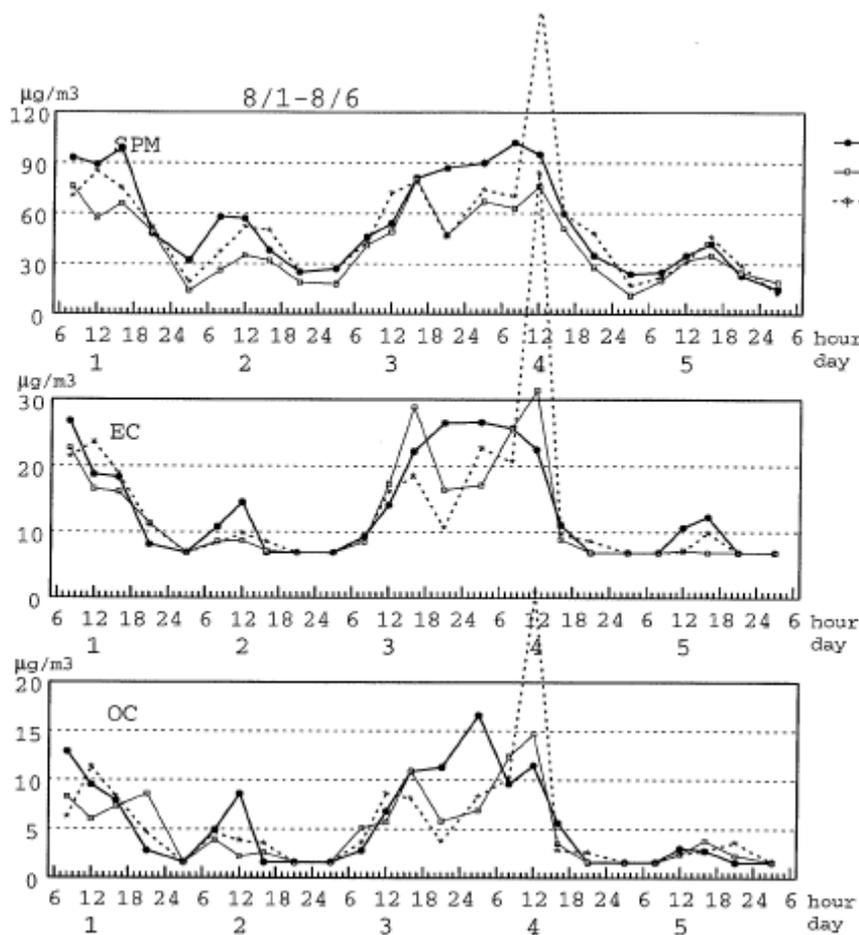


図 8-4 H13 年度夏季フィールド調査期間中の測定結果

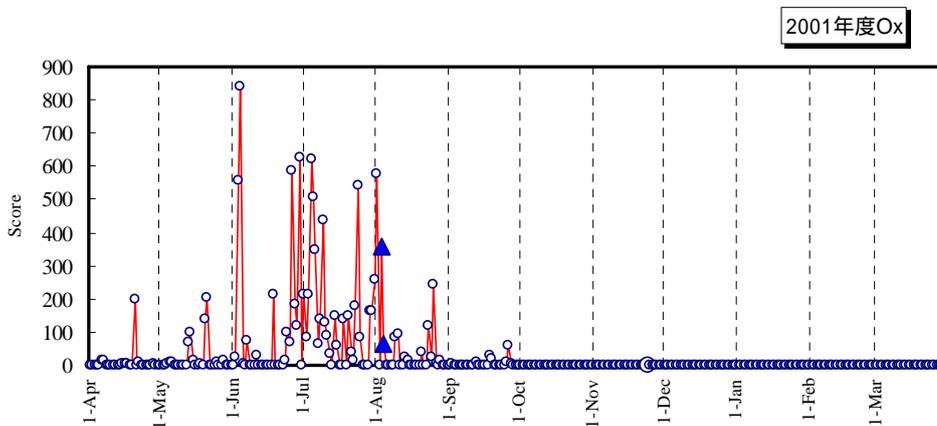
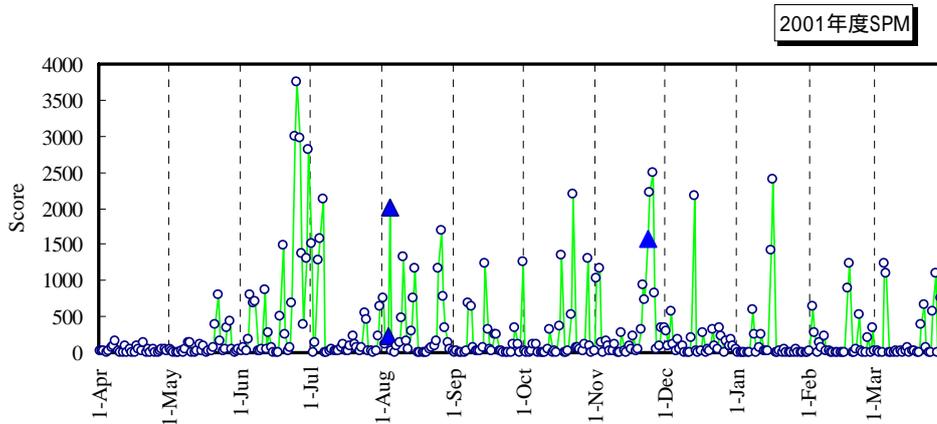


図 8-5 2001 年汚染スコア(上段：SPM 下段：Ox)

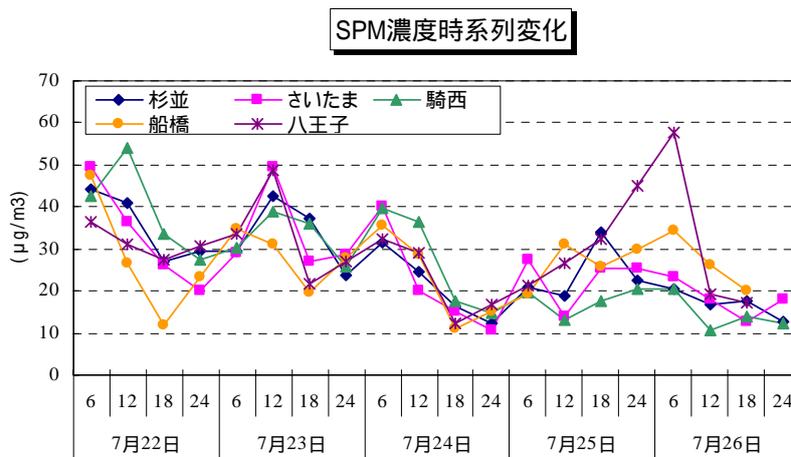


図 8-6 H14 年度夏季 SPM フィールド調査の結果

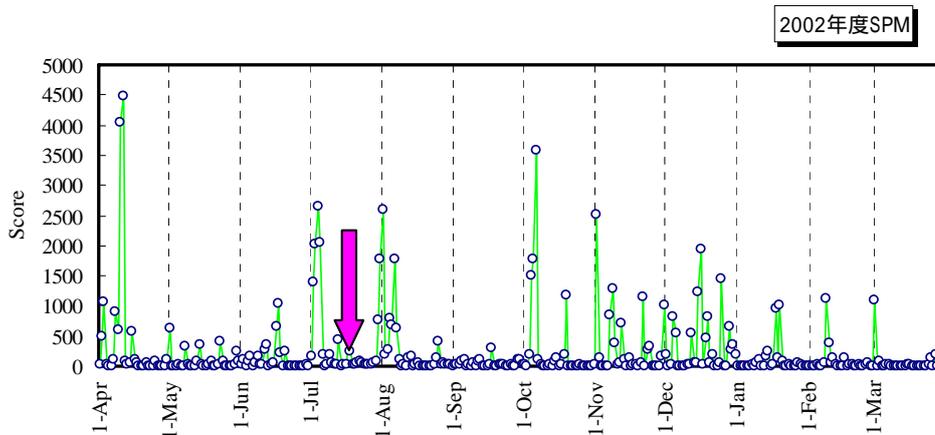


図 8-7 2002 年 S P M 汚染スコア

また、図 8-8 に H13 年度の冬季フィールド観測期間中の SPM 濃度、EC 濃度、OC 濃度を示す。図 8-8 より調査期間中においては 11 月 22 日～23 日に S P M 濃度が高く、図 8-5 上段に示した SPM の汚染スコアでも年間を通じて、高スコアの事例日あったことがわかる。

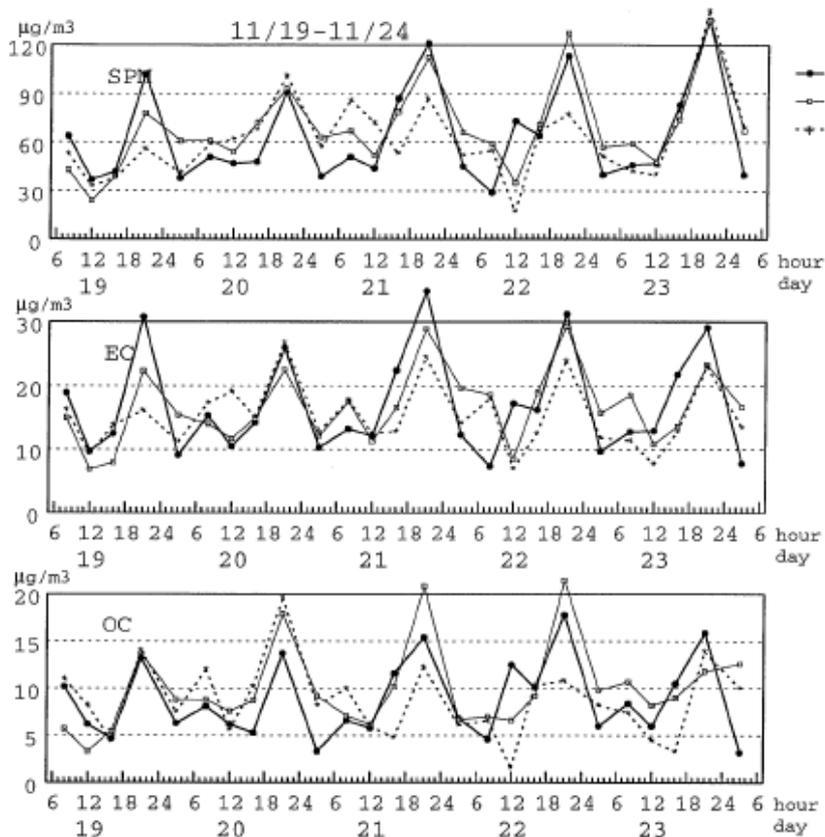
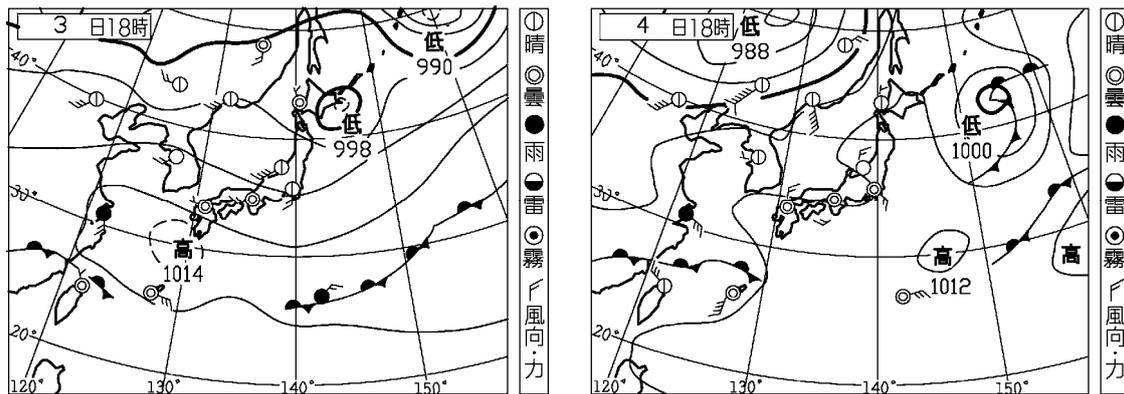


図 8-8 H13 年度冬季フィールド調査期間中の測定結果

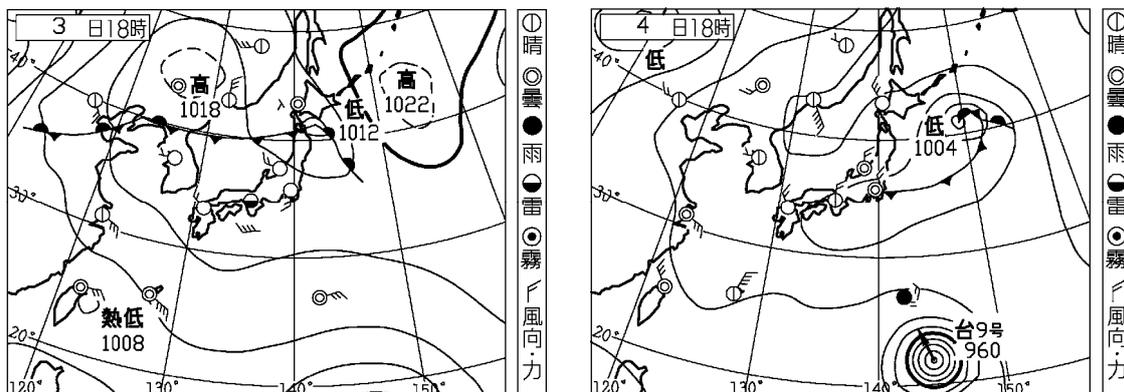
以上の検討から、今年度のシミュレーションの計算対象日としては表 8-1 に示す事例日を対象とした。また、参考として、選定した計算対象日の地上天気図を図 8-9 に示す。

表 8-1 テストシミュレーションの計算対象日

年月日	選定理由
2001年6月3日～4日	汚染スコアが年間第1位であり、典型的なOx高濃度エピソードであると考えられる。
2001年8月3日～4日	夏季フィールド調査期間中で最もSPM濃度が上昇し、Oxの高濃度も同期間中に観測されている。
2001年11月22～23日	冬季フィールド調査期間中で最もSPM濃度が上昇し、汚染スコアも高いことから、冬季のSPM高濃度エピソードと考えられる。

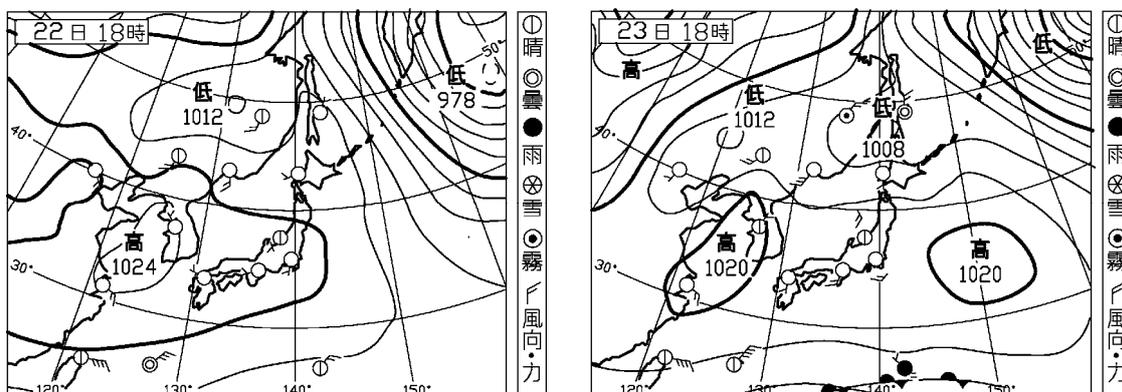


2001年6月3日～4日の地上天気図



2001年8月3日～4日の地上天気図

図 8-9(1) 計算対象日の地上天気図



2001年11月22日～23日の地上天気図

図 8-9(2) 計算対象日の地上天気図

8.2 発生源ファイルの作成

今年度のテストシミュレーションにおいては、平成14年度に環境省で整備した発生源インベントリデータ(H12年ベース)を使用した。ただし、環境省インベントリとCMAQで入力する対象物質では、表8-2に示すと通りの相違がある。

表 8-2 CMAQ 入力データと環境省発生源データの相違

CMAQ への入力データ		環境省発生源
ガス成分	NO	NOx として集計
ガス成分	NO ₂	
ガス成分	SO ₂	SOx として集計
ガス成分	CO	
ガス成分	NH ₃	
ガス成分	VOC	(CB4 の化学種に対応)
微小粒子	硝酸塩	粒径区分はなし。 EC、OC、Other の3成分 で集計
微小粒子	硫酸塩	
微小粒子	EC	
微小粒子	OC	
微小粒子	その他	
粗大粒子	全成分	

特に粒子については、環境省発生源では粒径別に集計されていないため、CMAQへ入力するためには、環境省のOther成分について、「微小粒子のその他」と「粗大粒子の全成分」に分ける必要がある。このため、今年度はJCAPの排出インベントリで採用された発生源

毎のフラクション($PM_{2.5}/SPM$ 比)を用いて、配分することとした。表 8-3 に発生源毎の配分フラクションを示す。

表 8-3 発生源別の微小粒子割合

発生源	$PM_{2.5}/SPM$ 比
大規模固定発生源*	0.759
群小(家庭系)	0.862
群小(業務系)	0.862
自動車(排気管由来)	0.852
自動車(排気管以外)	0.294
建設・作業機械	0.882
船舶	0.937
航空機	0.937
小型焼却炉	0.700

*本来は業種毎に比が異なるが、環境省のファイルでは業種を判別するフラグが省略されているため、JCAP の大規模工場からの $PM_{2.5}$ 、SPM の全国排出量から推定した比率

また、硫酸塩(PSO_4)および硝酸塩(PNO_3)については、EPA の SPECIATE(v3.2)データベースを基に、発生源毎に適切と考えられる PM の組成データより、SPM 排出量からの配分比率を設定した(表 8-4)。

表 8-4 発生源別の硫酸塩、硝酸塩配分比率

発生源	PSO_4/PM_{10}	PNO_3/PM_{10}	引用プロファイル
大規模固定発生源	9.053%	0.208%	Industrial Manufacturing-Average
群小(家庭系)	-	-	
群小(業務系)	0.100	0.003	Industrial Manufacturing-Average
自動車(排気管由来)	1.950%	1.070%	Heavy Duty Diesel Trucks と Light Duty Vehicle の平均
自動車(排気管以外)	-	-	
建設・作業機械	1.950%	1.070%	Heavy Duty Diesel Trucks と Light Duty Vehicle の平均
船舶	1.950%	1.070%	Heavy Duty Diesel Trucks と Light Duty Vehicle の平均
航空機	1.950%	1.070%	Heavy Duty Diesel Trucks と Light Duty Vehicle の平均
小型焼却炉	0.084%	-	Municipal Incinerator

さらに、 NO_x については、95%を NO 、5%を NO_2 とみなし、 SO_2 については、 SO_x の 97%を配分した(Byun *et al.*, 1999)。

排出量の単位は、環境省ファイルでは、基本的に kg/s で集計されているため、CMAQ 入力用にガス成分は mol/s、粒子成分は g/s に変換した。また、ファイルフォーマットについても環境省ファイルは独自フォーマットであるため、CMAQ の標準入力フォーマットである、NetCDF 形式に変換した。

8.3 計算条件

計算領域は、関東地方の大気汚染状況を再現するために図 8-10 に示すように、関東地方を中心とする領域とした。局地気象モデル MM5 の計算領域は 2 つの計算領域 (領域 1、領域 2) を設定した。「領域 1」は関東地方を中心に南東北から中部地方までを包含する 675km × 675km (格子サイズ 15km × 15km) の広領域、「領域 2」は東京都を中心に南関東全体と北関東の南半分を包含する 275km × 275km (格子サイズ 5km × 5km) の狭領域である。これら 2 つの領域の詳細を表 8-5、表 8-6 に示す。MM5 の計算では領域 1、2 を 2Way-Nesting で同時に解き、風、日射、温度等の気象要素を 3 次元かつ 1 時間ごとのデータとして出力した。なお、初期値および境界値データとしては気象庁領域客観解析値(RANAL)を用いたほか、「領域 1」については、RANAL を同化データとして、ナッジングを行った。

CMAQ の計算領域は、MM5 の計算格子「領域 2」をベースとした。水平方向について、CMAQ の計算領域は「領域 2」の最外格子から 2 メッシュ分以上内側の領域を再設定する必要がある。これは、MCIP (MM5 の出力ファイルを CMAQ の入力ファイルに変換するツール)による計算領域設定の制約によるものである。再設定した CMAQ の計算領域は「領域 2」をベースとした 250km × 250km (格子サイズ 5km × 5km) の領域とした。その詳細を表 8-7 に示す。

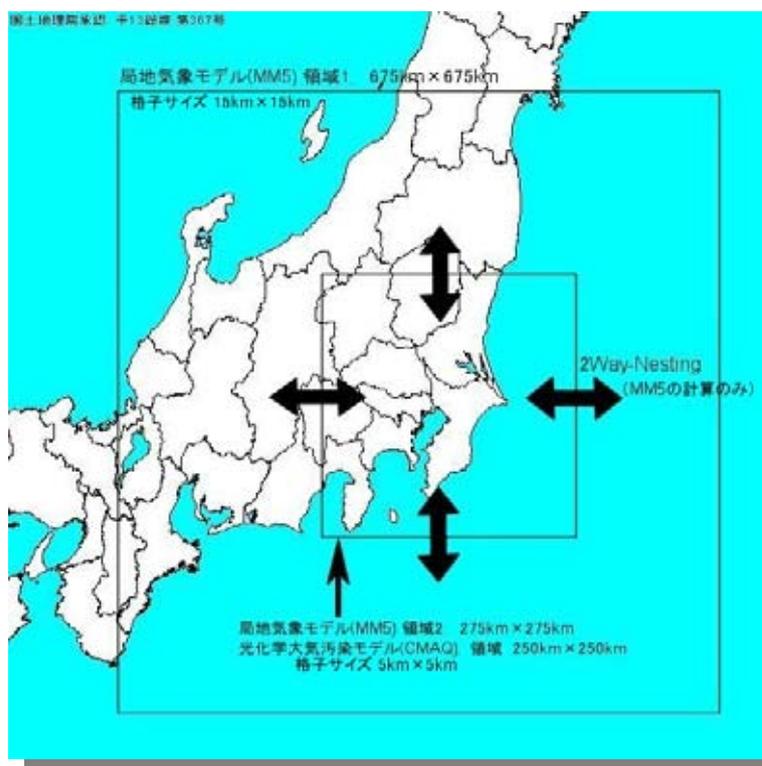


図 8-10 計算領域の設定

表 8-5 局地気象モデル(MM5) 領域 1 の計算フレーム

パラメータ	設定値
領域基準点 (緯度、経度)	35.7N, 139.9E
格子数 (東西、南北、鉛直)	(MX,MY,MZ)=(45,45,24)
格子間隔	DX=15000m, DY=15000m (等格子間隔)
鉛直層 (座標系) 鉛直層数は MZ+1	= (1.000,0.998,0.995,0.990,0.980,0.950,0.900,0.850,0.800, 0.750,0.700,0.650,0.600,0.550,0.500,0.450,0.400,0.350, 0.300,0.250,0.200,0.150,0.100,0.050,0.000)
領域基準点から領域南西端 までの距離	X ₀ = - 337,500m Y ₀ = - 337,500m

表 8-6 局地気象モデル(MM5) 領域 2 の計算フレーム

パラメータ	設定値
領域基準点 (緯度、経度)	35.7N, 139.9E
格子数 (東西、南北、鉛直)	(MX,MY,MZ)=(55,55,24)
格子間隔	DX=5000m, DY=5000m (等格子間隔)
鉛直層 (座標系) 鉛直層数は MZ+1	= (1.000,0.998,0.995,0.990,0.980,0.950,0.900,0.850,0.800, 0.750,0.700,0.650,0.600,0.550,0.500,0.450,0.400,0.350, 0.300,0.250,0.200,0.150,0.100,0.050,0.000)
領域基準点から領域南西端 までの距離	X ₀ = - 137,500m Y ₀ = - 137,500m

表 8-7 光化学大気汚染モデル(CMAQ)の計算フレーム

パラメータ	設定値
領域基準点 (緯度、経度)	35.7000007629395N, 139.899993896484E mcip (MM5 出力を CMAQ 用フォーマットに変換する ツール) 実行後
格子数 (MX,MY,MZ)	(MX,MY,MZ) =(50,50,24)
格子間隔	DX=5000m, DY=5000m (等格子間隔)
鉛直層 (座標系) 鉛直層数は MZ+1	=(1.000,0.998,0.995,0.990,0.980,0.950,0.900,0.850,0.800, 0.750,0.700,0.650,0.600,0.550,0.500,0.450,0.400,0.350, 0.300,0.250,0.200,0.150,0.100,0.050,0.000)
領域基準点から領域南西 端までの距離	X ₀ = - 130,000m Y ₀ = - 130,000m

CMAQ の光化学反応・移流・拡散モデル(CCTM)の実行時には、計算対象領域に対する初期条件、境界条件の設定が必要になる。CMAQ では、これらの条件を設定するインターフェースとして ICON (初期条件作成ツール)、BCON (境界条件作成ツール) が提供されている。これらのインターフェースの入力値として、本業務では、以下のように設定を行った。

- 化学種別濃度の設定に、大気常時監視測定局（一般局）の測定値（SO₂、NO、NO₂、CO、O_x、NMHC、SPM）を反映した。
- 非メタン炭化水素(NMHC)の測定値から CB4 の NMHC の組成比に、過去のフィールド調査で実測した関東地方の VOC 組成を反映した。
- PM の成分別組成比について、過去のフィールド調査で実測した関東地方の VOC 組成を反映した。

これらの設定方法の詳細を下記に示す。

（１）大気常時監視測定局（一般局）測定値による設定

測定局の測定値は地点ごとの情報のため、数値計算モデルで扱う 3 次元メッシュ情報を算定する必要がある。本業務では、各メッシュの中心位置と測定局位置の 2 点間の距離の 2 乗の逆数による重みづけにより、モデルの第 1 層（地上）のメッシュ別濃度を設定する方法を用いた。その方法のフローを図 8-10 に示す。

次に、第 2 層以上のメッシュ別濃度について、第 1 層のメッシュ別濃度に CMAQ で提供されているデフォルトの鉛直分布の濃度比（上空の濃度 / 地上濃度）を乗ずることにより算定した。なお、本業務では時間に対して不変の境界値を設定している。これは、本業務の CCTM の計算を非ネスティングモードで実行したため¹である。

（２）NMHC の成分別濃度の設定

本業務ではガス成分の反応モデルとして CB4 を選択した。CB4 では炭化水素類の化学結合の状態に着目し、NMHC を 8 成分に分割している。よって、常監局の NMHC の測定値を CCTM の初期条件、境界条件に反映するために、CB4 に対応した 8 成分に配分する必要がある。この配分比は、「平成 16 年度揮発性有機化合物(VOC)に係る大気質調査」より、関東地方の季節別平均 VOC 成分別組成から設定した。NHMC1ppbC を CB4 の成分別濃度(ppm)に変換する夏季の配分比を表 8-8 に、冬季の配分比を表 8-9 に示す。

¹ CCTM をネスティングモードでコンパイルすることで、時間変化の境界値を設定することが可能。

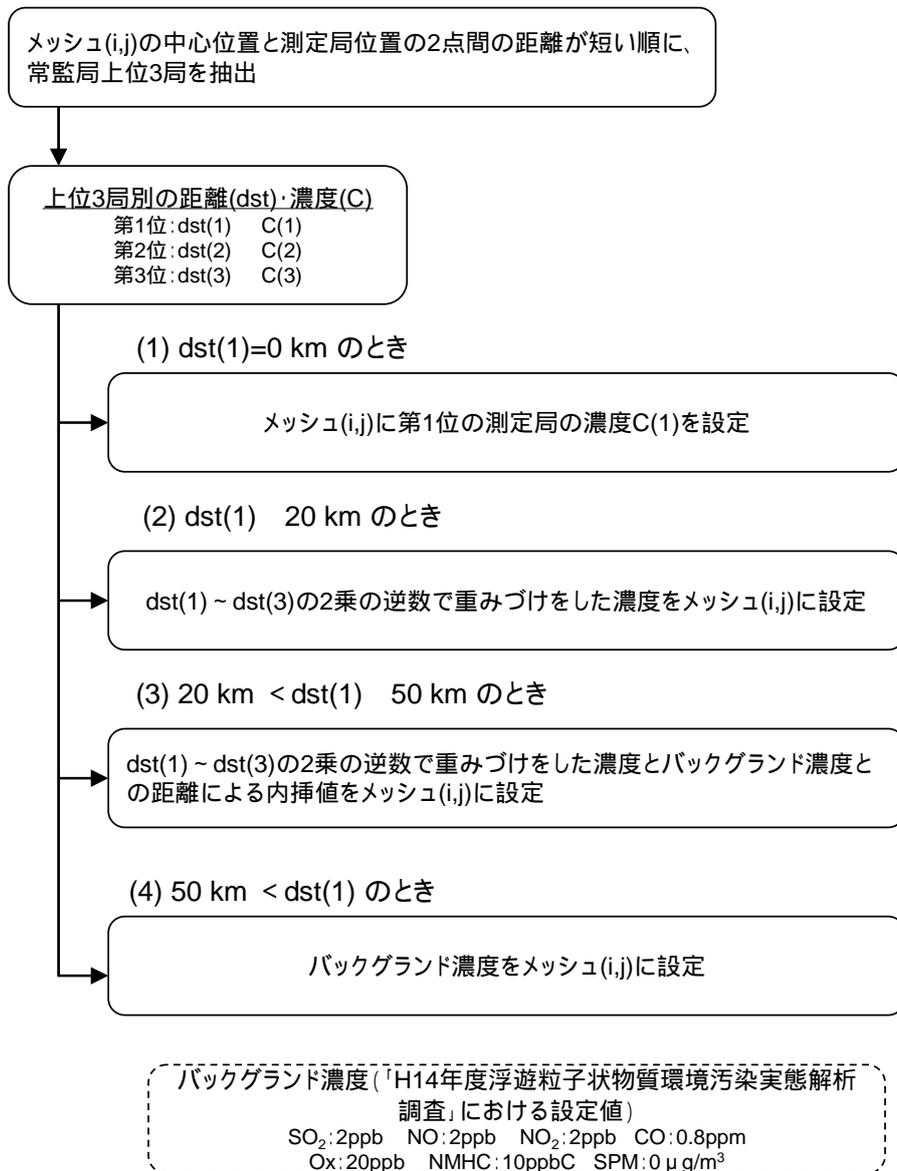


図 8-10 大気常時監視測定局（一般局）の測定値の設定フロー

表 8-8 NMHC の配分比（夏季）

成分	ETH	OLE	ISOP	TOL
配分比	1.240E-05	2.172E-05	2.055E-06	3.136E-05
成分	XYL	PAR	FORM	ALD2
配分比	1.476E-05	5.569E-04	0.000E+00	8.066E-06

NMHC 1ppbC を成分別濃度(ppm)に変換する係数

表 8-9 NMHC の配分比 (冬季)

成分	ETH	OLE	ISOP	TOL
配分比	1.228E-05	2.310E-05	7.278E-07	3.138E-05
成分	XYL	PAR	FORM	ALD2
配分比	1.011E-05	5.941E-04	0.000E+00	5.188E-06

NMHC 1ppbC を成分別濃度(ppm)に変換する係数

(3) PM の成分別濃度の設定

本業務での初期条件、境界条件として設定した成分は、EC、OC、SO₄²⁻、NO₃⁻、NH₄⁺、PMFine、PMCoarse(デフォルトでは SO₄²⁻と土壌成分のみの設定)とした。また、成分別濃度は、常監局の SPM 濃度に「平成 15 年浮遊粒子状物質成分別環境濃度解析調査」(環境省)において測定された関東地方の季節別 SPM 組成の成分比を乗ずることにより求めた。今回設定した夏季の成分比を表 8-10 に、冬季の成分比を表 8-11 に示す。

表 8-10 SPM の成分比 (夏季)

成分	EC	OC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
配分比	0.14674	0.14185	0.16047	0.02297
成分	NH ₄ ⁺	PM_FINE	PM_Coarse	
配分比	0.06165	0.19494	0.27138	

表 8-11 SPM の成分比 (冬季)

成分	EC	OC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
配分比	0.08442	0.08947	0.18112	0.10883
成分	NH ₄ ⁺	PM_FINE	PM_Coarse	
配分比	0.09855	0.34226	0.09535	

また、CMAQ での選択オプションは表 8-12 に整理した。

表 8-12 CMAQ 選択オプション一覧

Variable	Settings	Selection	Variable	Settings	Selection
ModDriver	ctm		ModChem	chem_noop	
	ctm_yamo			smvgear	
ModInit	init			ros3	
	init_yamo			ebi_cb4	
ModAdjc	adjcon_noop			ebi_cb05	
	denrate yamo option does not need denrate		ebi_saprc99		
ModCpl	gencoor		ModAero	aero_noop	
ModHadv	hadv_noop		aero3		
	hadv		aero4		
ModVadv	vadv_noop		ModAdepv	aero_dep_v_noop	
	vadv		aero_dep_v2		
ModHdiff	hdiff_noop		ModCloud	cloud_noop	
	hdiff			cloud_radm	
ModVdiff	vdiff_noop			cloud_acm	
	vdiff		ModPa	pa	
ModPhot	phot_noop		ModUtil	util	
	phot		Mechanism	cb4_ae3_aq	
ModPing	ping_noop			cb4_ae4_aq	
	ping_smvgear_aero3			cb05_ae4_aq	
	ping_smvgear_aero4			saprc99_ae3_aq	
			saprc99_ae4_aq		

8.4 事例日毎の再現結果

テストシミュレーションの結果を検証するにあたって、対象物質と CMAQ で出力される物質の対応は表 8-13 に示す通りとした。

なお、計算結果の詳細は資料編にまとめて掲載した。

表 8-13 対象物質と計算値の対応一覧

対象物質	計算値	単位	備考
NO	NO	ppb	
NO ₂	NO ₂	ppb	
NO _x	NO+NO ₂	ppb	
O _x	O ₃	ppb	
PO	O ₃ + (NO ₂ - 0.05*NO _x)	ppb	Potential Ozone
SPM	PM _{2.5} +ACORS+ASEAS+ASOIL	ug/m ³	
Sulfate	ASO4J+ASO4I	ug/m ³	
Nitrate	ANO3I + ANO3J	ug/m ³	
Ammonium	ANH4I + ANH4J	ug/m ³	
POA	AORGPJ+AORGPAI	ug/m ³	Primary Organic Aerosols
SOA	AORGAJ+AORGAI	ug/m ³	Anthropogenic Secondary Organic Aerosols
SOA_B	AORGBJ+AORGBI	ug/m ³	Biogenic Secondary Organic Aerosols
EC	AECJ+AECI	ug/m ³	Elemental Carbon
PM _{2.5}	ASO4I + ASO4J + ANH4I + ANH4J + ANO3I + ANO3J + AORGAI + AORGAJ + 1.167*AORGPAI + 1.167*AORGPJ+ AORGBI + AORGBJ + AECI + AECJ + A25I + A25J	ug/m ³	

出典: U.S. EPA, Technical Support Document for the Proposed PM NAAQS Rule Response Surface Modeling, 2006 より設定

(1) 2001年6月3日～4日の再現結果

• 気象場の再現結果

気流の分布に着目した場合、6月3日については、朝方の弱風場から、12時、15時と徐々に海風が内陸に進入していく様子がよく再現されている。6月4日については、前日夜間からの弱風場が12時頃まで継続し、15時～18時にかけて海風が卓越する様子が再現されている。また、気温の分布は計算期間を通じて概ね再現されている。

地点毎の再現性に着目した場合、風向・風速は各地点共に変動の傾向は比較的良好に再現されている。気温については、6月4日に東京、千葉で最高気温がやや過大であるが、これは日射量が計算値でやや過大となっていることとリンクしている。なお、横浜については、計算値の変動幅が観測値と比較して小さいが、これは、南寄りの風(海風)により、計算値では海上の気温の影響を実際よりも大きく反映しているためと考えられる。

• 濃度場の再現結果

O_xの濃度分布については、6月3日、4日ともに、9時頃から濃度が上昇し始め、15時頃にピークとなる状況が概ね再現されている。高濃度が出現しているエリアについても全般的には再現されているが、両日ともに18時頃は観測値と計算値の相違がみられる。地点毎の再現性に着目した場合、杉並、浦和、騎西の各地点ともに、O_xの濃度の変化傾向、ピーク時間、最高濃度について、比較的良好に再現されている。

SPMの濃度分布については、計算値の方は全般的に濃度変化が少なく、計算時間を通じて、観測値よりも過小で推移している。高濃度の出現するエリアも、時間帯によっては観測値と計算値で一致している場合もあるが、全体としては相違がある。地点毎の再現性に着目した場合、杉並、浦和、騎西の各地点ともに、計算値の方が観測値よりも低濃度で推移しており、観測値の濃度ピークに対応する計算値濃度の上昇が不明瞭である。計算値のPN組成に着目した場合、6月3日、4日ともに夜間に硝酸塩の割合が増大しており、PM全体の質量濃度を押し上げていることがわかる。この硝酸塩は日中の光化学反応によりNO_xから生成したHNO₃ガスが夜間の気温低下に伴い、粒子化し、NH₄NO₃を生成したものと考えられる。

(2) 2001年8月3日～4日の再現結果

● 気象場の再現結果

気流の分布に着目した場合、8月3日については、朝方の弱風場が日中も継続し、海風の進入が比較的弱い状況が概ね再現されているが、埼玉県北部から群馬県にかけては、計算値の風速がやや過大となっている。8月4日についても、日中でも海風の進入が弱い状況は、概ね再現されているが、埼玉県北部から群馬県にかけては、計算では陸風が過大となっている。また、18時以降は東関東で観測された北東寄りの風があまり再現されていない。4日午後は寒冷前線が関東地方を通過しており、気象場の再現性が低下したものと考えられる。また、気温の分布は8月3日、4日ともに、日中に計算値の方がやや高い傾向がみられる。

地点毎の再現性に着目した場合、風向・風速は各地点共に変動の傾向は比較的良好に再現されているが、寒冷前線通過後の4日18時以降で風向の乖離がやや目立つ。気温については、横浜を除く地点で日中に計算値の方が高くなる傾向がみられるが、日射量の比較より、対象期間中に観測された雲が計算では十分に再現されていないことによるものと考えられる。

● 濃度場の再現結果

O_xの濃度分布については、8月3日、4日ともに、9時頃から濃度が上昇し始め、15時頃にピークとなる状況が概ね再現されている。ただし、高濃度が出現しているエリアに着目した場合、8月3日は埼玉県北部～群馬県と千葉県から茨城県の太平洋側で計算値が過大となる傾向がみられ、8月4日は神奈川県内で計算値が過大となる傾向がみられた。これは計算値による気流の収束が実際よりも強調されて再現されていることによるものと考えられる。地点毎の再現性に着目した場合、杉並、浦和、騎西、川崎の各地点ともに、O_xの濃度の変化傾向は比較的良好に再現されている。ピーク濃度については、各地点とも8月3日については、観測値と計算値の差は小さいが、8月4日は計算値がやや過大となっている。これは、8月4日については日射量が過大に計算されていることが影響しているものと考えられる。

SPMの濃度分布については、観測値では8月3日午後から8月4日日中にかけて、関東南部を中心に、徐々にSPM濃度が上昇しているが、計算値では関東北部でSPM濃度の上昇傾向がみられるものの、関東南部での濃度上昇は不明瞭である。地点毎の再現性に着目した場合、騎西を除いて計算値の方は全般的に濃度変化が少なく、計算時間を通じて、観測値よりも過小で推移している。騎西については、8月3日午後から8月4日日中にかけてのSPM濃度の上昇傾向が再現されている。PMの組成に着目した場合、観測値では8月3日午後から8月4日日中にかけて、硫酸塩、EC、OCの増加が、SPM高濃度につながっているが、計算値ではこれらの成分の増減は比較的小さく、主として、硝酸塩濃度の変化がSPM濃度全体の変化に支配的であることが示唆された。

(3) 2001年11月22日～23日の再現結果

● 気象場の再現結果

気流の分布に着目した場合、11月22日～23日にかけての全体としての弱風場や、群馬県、栃木県内の北西寄りの陸風について比較的よく再現されている。また、気温の分布は計算期間を通じて概ね再現されている。

地点毎の再現性に着目した場合、風向・風速は各地点共に変動の傾向は概ね再現されている。気温については、各地点ともに変動の傾向はよく再現されているが、東京では夜間に計算値の方が過小となっている。これは、都心部はいわゆるヒートアイランド現象により夜間の気温が低下しにくい状況であるが、今回用いた気象モデルでは都市キャノピーの効果を十分に考慮していないため、観測値との乖離が顕著になったものと考えられる。

● 濃度場の再現結果

SPMの濃度分布については、11月23日および24日において東京湾岸を中心にSPM濃度が上昇する傾向は概ね再現されているが、計算値の濃度レベルは観測値と比べると過小になっている。地点毎の再現性に着目した場合、杉並、浦和の計算値については11月23日および24日の夜間にSPM濃度が上昇する傾向がみられるが、騎西についてはほとんど再現されていない。騎西についてはNO、NO₂の再現性についても他の2地点と比較すると悪く、気流場の再現性が十分ではない可能性が考えられる。

PMの組成に着目した場合、観測値より22日夜間の高濃度は、硝酸塩、EC、OCの増大によるものであることが示唆される。杉並、浦和については、計算値でも同時間帯に硝酸塩、EC、OCが増大する傾向は再現されているものの、濃度レベルが過小であった。一方、23日夜間の高濃度は、観測値では杉並、浦和では硫酸塩の増加が顕著であったが、計算値では硫酸塩の増加が再現されていない(10時間程度ピークがずれている)。

8.5 精度検証

(1)SPM 濃度の検証

SPM マニュアルの評価基準(表 8-14)に従い、3つの計算事例(のべ6日間)を対象として、シミュレーション結果の評価を行った。なお、評価の対象とした地点としては関東地方の大気常時監視局(一般局)のうち、128局(表 8-15、図 8-11)を用いた。評価結果を図 8-12 に示す。

今回のテストシミュレーション結果では、評価を行った6日間で、ランク外1事例、Bランク2事例、Cランク3事例となり、シミュレーションの結果を施策効果検討・評価に利用するには、さらなる再現性向上が必要であることが示された。

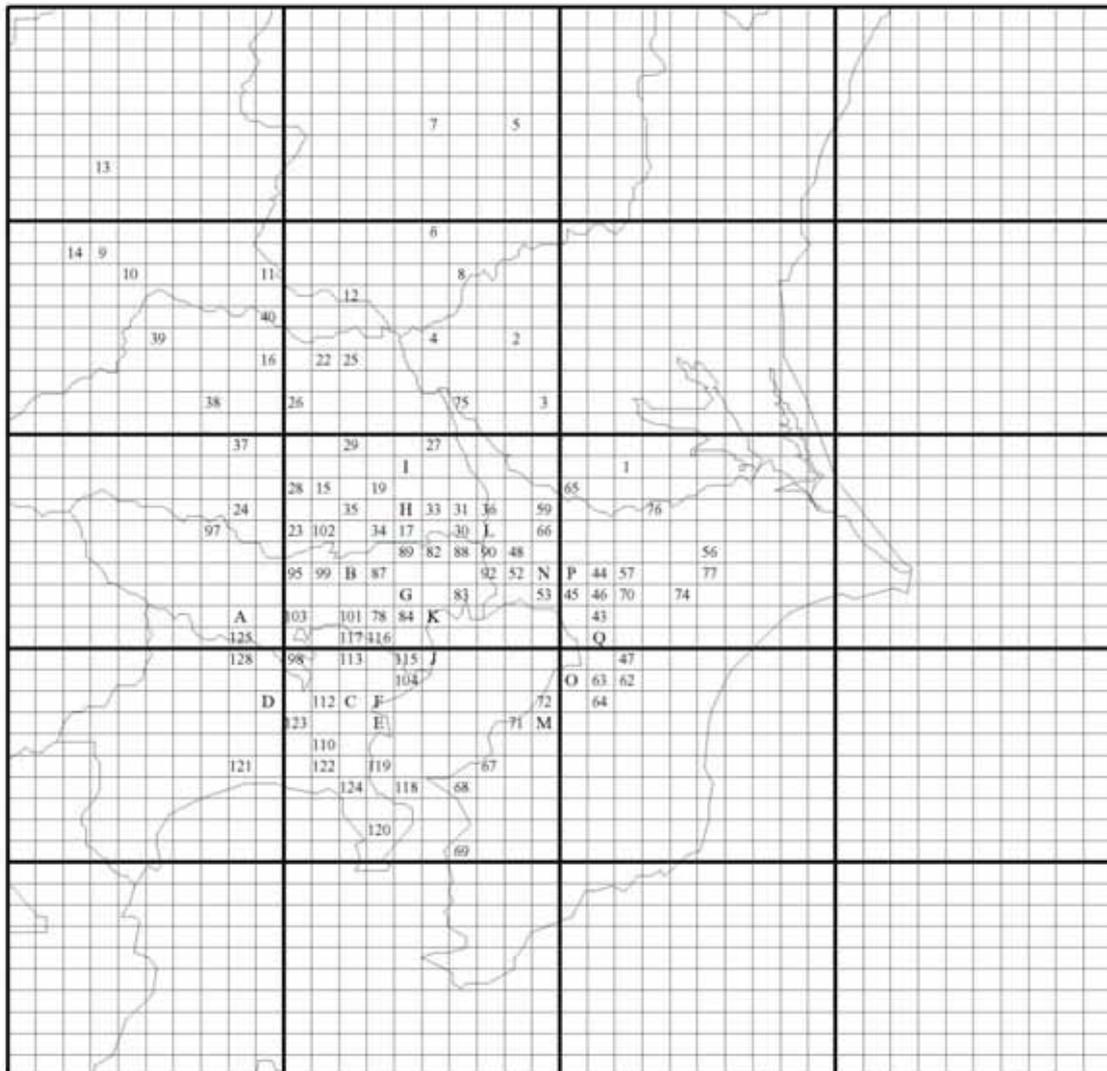
表 8-14 SPM の計算値と実測値の整合性に係る判定条件等

1 . 計算値と実測値の整合性に係る個別条件			
$a_0 = 1/3 (Y - BG) + BG$ $a_0 = 2/5 (Y - BG) + BG$ 回帰直線の傾きが 0.8 から 1.2 の範囲内できるだけ 1 に近く、かつ、相関係数が少なくとも 0.71 以上であり、可能な限り 0.8 以上であること。 $s' / Y = 1/5$ $s' / Y = 1/4$ $s' / Y = 1/3$ Y : 測定局についての実測値の平均値 X : 測定局についての計算値の平均値 a_0 : バックグラウンド濃度 (= Y - X) BG : 自然界バックグラウンド値等 s' / Y : $Y = X + a_0$ からの変動係数 s' : 標準誤差			
2 . 計算値と実測値の整合性に係る精度ランク			
Aランクの条件: と と 、又は と の条件を満足すること。 Bランクの条件: と の条件を満足すること。 Cランクの条件: と の条件を満足すること。			
3 . 評価期間ごとの判定条件			
		季(期)区分	
		各季(期)	年
時間帯区分	各時間帯	C	B
	日	B	A

出典:「浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル」(浮遊粒子状物質対策検討会, 1997)
表 1-1 の再掲

表 8-15 評価対象測定局一覧

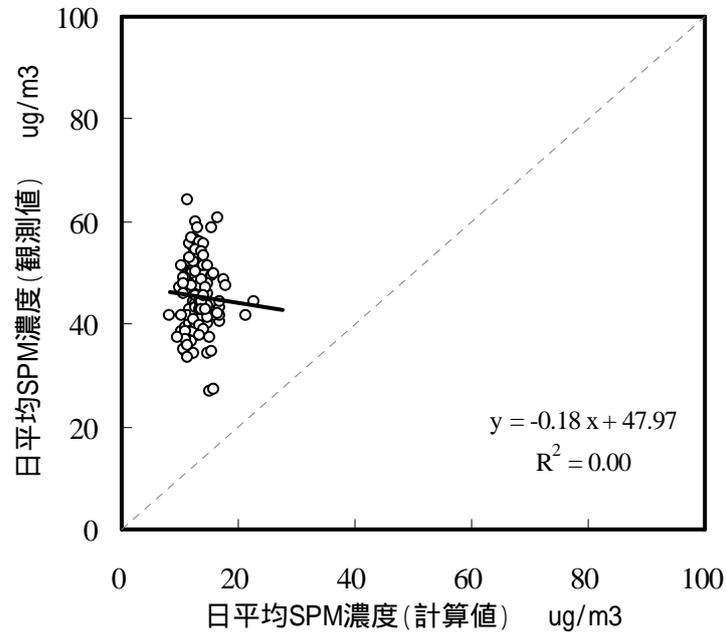
都道府県	NO	測定局名称	NO2	SPM	Ox	都道府県	NO	測定局名称	NO2	SPM	Ox
茨城県	1	竜ヶ崎保健所				千葉県	65	我孫子湖北台			
	2	下妻					66	鎌ヶ谷軽井沢			
	3	水海道保健所					67	君津久保			
	4	総和町役場					68	富津市富津			-
栃木県	5	泉が丘小学校	-	-		69	富津金谷				
	6	栃木市役所				70	四街道鹿渡				
	7	鹿沼市役所				71	袖ヶ浦坂戸市場				
	8	小山市役所				72	袖ヶ浦代宿				
群馬県	9	勤労ホーム駐車場				73	袖ヶ浦三ツ作				
	10	倉賀野公民館	-	-		74	八街市八街				
	11	中央小学校				75	関宿桐ヶ作				
	12	市民センター				76	栄安食台				
	13	渋川1232-1	-	-		77	芝山山田				
	14	若野谷公民館				78	世田谷区世田谷				
埼玉県	15	川越市高階				79	港区白金				
	16	熊谷				80	港区台場				
	17	川口市横曽根				81	国設東京(新宿)				
	18	川口市芝				82	文京区本駒込				
	19	浦和市役所				83	江東区大島				
	20	大宮市春里				84	目黒区碑文谷				
	21	大宮市片柳				85	大田区東糎谷				
	22	行田				86	渋谷区宇田川町				
	23	所沢市けやき台				87	中野区若宮				
	24	飯能				88	荒川区南千住				
	25	加須				89	練馬区北町				
	26	東松山				90	葛飾区鎌倉				
	27	春日部				91	葛飾区水元			-	
	28	狭山				92	江戸川区鹿骨				
	29	上尾				93	片倉				
	30	草加市瀬崎				94	館町				
	31	草加市新田			-	95	立川市錦町				
	32	戸田・蕨				96	武蔵野市関前				
	33	鳩ヶ谷				97	青梅市東青梅				
	34	和光				98	町田市中町				
	35	富士見				99	小平市小川町				
	36	三郷				100	西東京市田無町				
	37	毛呂山				101	狛江市中和泉				
	38	小川				102	清瀬市上清戸				
	39	児玉				103	多摩市愛宕				
	40	妻沼				104	鶴見区潮田プラザ				
	千葉県	41	蘇我中学校			-	105	神奈川区総合庁舎			
		42	蘇我保育所			-	106	神奈川県庁			
		43	都公園			-	107	中区加曽台			-
		44	花見川第一小学校				108	保土谷区桜丘高校			
45		検見川小学校				109	磯子区総合庁舎				
46		宮野木				110	戸塚区汲沢小学校				
47		千葉県警学校			-	111	旭区鶴ヶ峯小学校				
48		市川大野				112	南瀬谷小学校				
49		船橋高根				113	都筑区総合庁舎				
50		船橋高根台				114	大師健康プラザ				
51		船橋前原				115	幸保健所				
52		船橋印内				116	中原保健所				
53		船橋若松				117	鷺沼プール				
54		木更津井尻	-	-		118	横須賀市役所				
55		松戸根本				119	追浜行政C				
56		成田大清水				120	西行政C				
57		佐倉江原新田				121	平塚市役所				
58		習志野東習志野			-	122	藤沢市役所				
59		柏永楽台				123	御所見小学校				
60		市原五井				124	逗子市役所				
61		市原廿五里				125	橋本				
62		市原瀧井戸				126	厚木市役所				
63		市原辰巳台				127	座間市役所				
64		市原松崎				128	愛川町角田				



A(93,94) B(96,100) C(108,111) D(126,127) E(107,109) F(105,106) G(81,86) H(18,32) I(20,21)
 J(85,114) K(79,80) L(55,91) M(54,73) N(49,51) O(60,61) P(50,58) Q(41,42)

图 8-11 評価対象測定局位置图

2001年6月3日



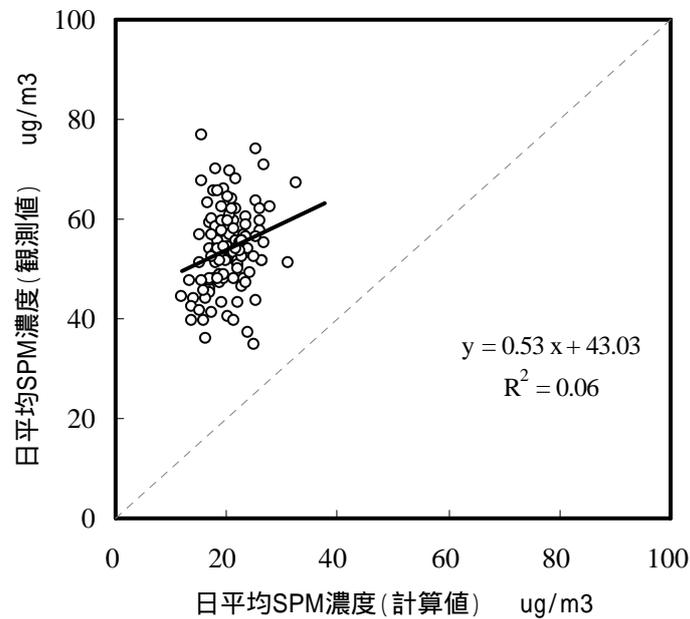
相関係数	-0.06
Y:測定局についての実測値の平均値	45.51
X:測定局について計算値の平均値	13.30
a0:バックグラウンド濃度(=Y-X)	32.22
BG:自然界バックグラウンド濃度	20.00

条件 $a_0 \leq 1/3(Y-BG)+BG$	
$1/3(Y-BG)+BG$	28.50
a0	32.22
判定	×
条件 $a_0 \leq 2/5(Y-BG)+BG$	
$2/5(Y-BG)+BG$	30.20
a0	32.22
判定	×
条件 回帰直線の傾き及び相関係数	
回帰直線の傾き(0.8~1.2)	-0.18
相関係数(0.71~)	-0.06
判定	FALSE
条件 変動係数	
計算値の変動係数	0.165
変動係数のランク	
精度ランク	-

精度ランク (A,B,C, - : ランク外)

図 8-12(1) SPM 再現性評価結果

2001年6月4日



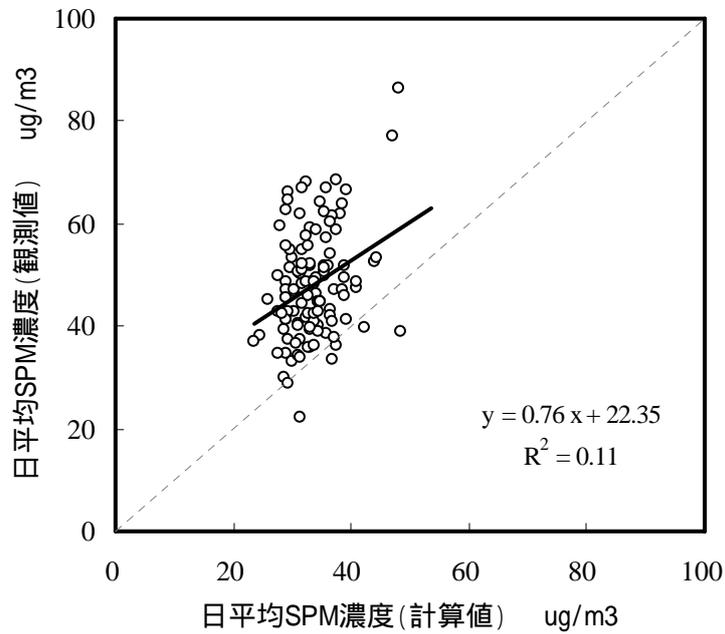
相関係数	0.24
Y:測定局についての実測値の平均値	53.88
X:測定局について計算値の平均値	20.43
a0:バックグラウンド濃度(=Y-X)	33.45
BG:自然界バックグラウンド濃度	20.00

条件 $a0 \leq 1/3(Y-BG)+BG$	
$1/3(Y-BG)+BG$	31.29
a0	33.45
判定	×
条件 $a0 \leq 2/5(Y-BG)+BG$	
$2/5(Y-BG)+BG$	33.55
a0	33.45
判定	
条件 回帰直線の傾き及び相関係数	
回帰直線の傾き(0.8~1.2)	0.53
相関係数(0.71~)	0.24
判定	FALSE
条件 変動係数	
計算値の変動係数	0.149
変動係数のランク	
精度ランク	B

精度ランク (A,B,C, - : ランク外)

図 8-12(2) SPM 再現性評価結果

2001年8月3日



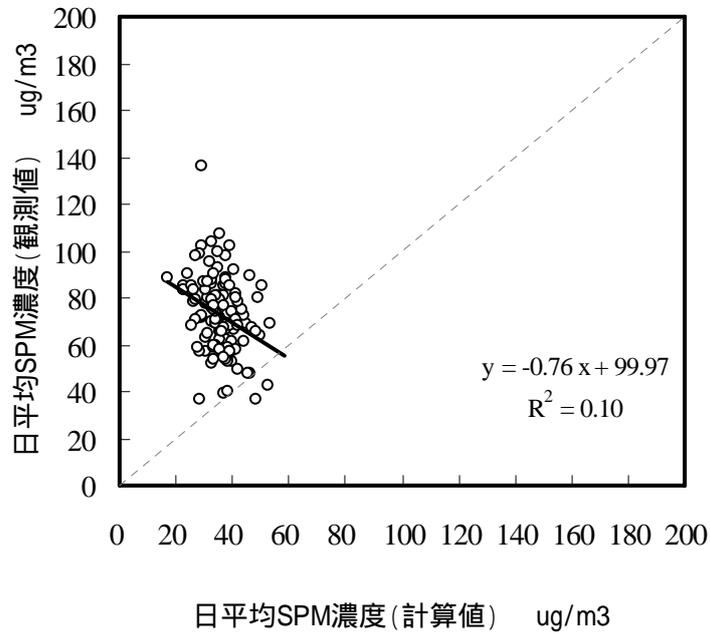
相関係数	0.33
Y:測定局についての実測値の平均値	47.97
X:測定局についての計算値の平均値	33.52
a0:バックグラウンド濃度(=Y-X)	14.45
BG:自然界バックグラウンド濃度	20.00

条件 $a0 \leq 1/3(Y-BG)+BG$	
$1/3(Y-BG)+BG$	29.32
a0	14.45
判定	
条件 $a0 \leq 2/5(Y-BG)+BG$	
$2/5(Y-BG)+BG$	31.19
a0	14.45
判定	
条件 回帰直線の傾き及び相関係数	
回帰直線の傾き(0.8~1.2)	0.76
相関係数(0.71~)	0.33
判定	FALSE
条件 変動係数	
計算値の変動係数	0.208
変動係数のランク	
精度ランク	B

精度ランク (A,B,C, - : ランク外)

図 8-12(3) SPM 再現性評価結果

2001年8月4日



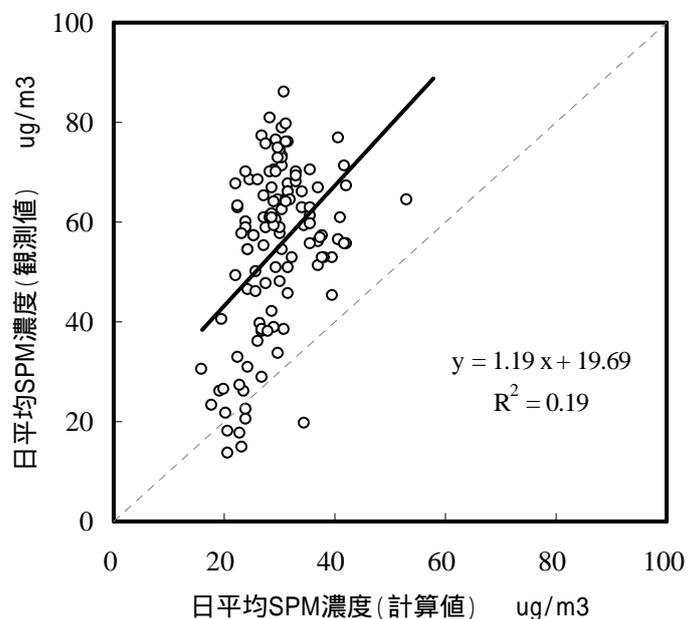
相関係数	-0.31
Y:測定局についての実測値の平均値	72.69
X:測定局についての計算値の平均値	35.73
a0:バックグラウンド濃度(=Y-X)	36.96
BG:自然界バックグラウンド濃度	20.00

条件 $a_0 \leq 1/3(Y-BG)+BG$	
$1/3(Y-BG)+BG$	37.56
a0	36.96
判定	
条件 $a_0 \leq 2/5(Y-BG)+BG$	
$2/5(Y-BG)+BG$	41.08
a0	36.96
判定	
条件 回帰直線の傾き及び相関係数	
回帰直線の傾き(0.8~1.2)	-0.76
相関係数(0.71~)	-0.31
判定	FALSE
条件 変動係数	
計算値の変動係数	0.266
変動係数のランク	
精度ランク	C

精度ランク (A,B,C, - : ランク外)

図 8-12(4) SPM 再現性評価結果

2001年11月22日



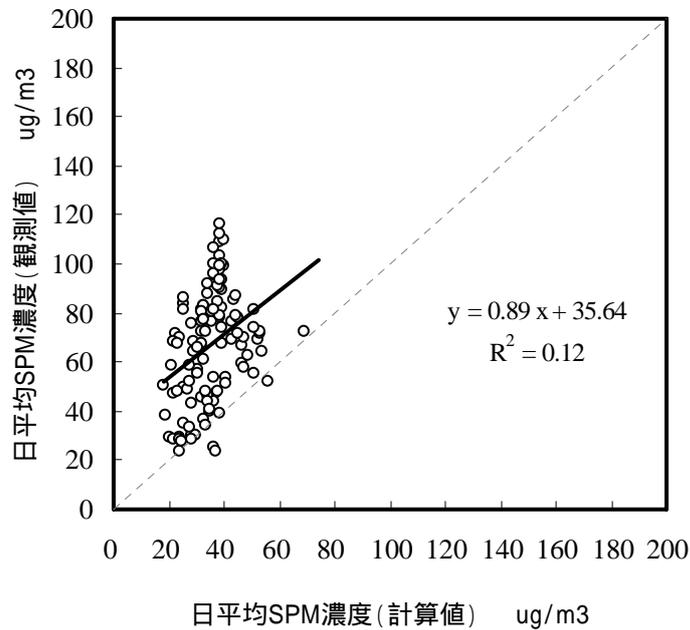
相関係数	0.43
Y:測定局についての実測値の平均値	54.96
X:測定局についての計算値の平均値	29.66
a0:バックグラウンド濃度(=Y-X)	25.30
BG:自然界バックグラウンド濃度	20.00

条件 $a0 \leq 1/3(Y-BG)+BG$	
$1/3(Y-BG)+BG$	31.65
a0	25.30
判定	
条件 $a0 \leq 2/5(Y-BG)+BG$	
$2/5(Y-BG)+BG$	33.98
a0	25.30
判定	
条件 回帰直線の傾き 及び相関係数	
回帰直線の傾き (0.8 ~ 1.2)	1.19
相関係数(0.71 ~)	0.43
判定	FALSE
条件 変動係数	
計算値の変動係数	0.277
変動係数のランク	
精度ランク	C

精度ランク (A,B,C, - : ランク外)

図 8-12(5) SPM 再現性評価結果

2001年11月23日



相関係数	0.35
Y:測定局についての実測値の平均値	67.08
X:測定局についての計算値の平均値	35.45
a0:バックグラウンド濃度(=Y-X)	31.64
BG:自然界バックグラウンド濃度	20.00

条件 $a0 \leq 1/3(Y-BG)+BG$	
$1/3(Y-BG)+BG$	35.69
a0	31.64
判定	
条件 $a0 \leq 2/5(Y-BG)+BG$	
$2/5(Y-BG)+BG$	38.83
a0	31.64
判定	
条件 回帰直線の傾き 及び相関係数	
回帰直線の傾き (0.8 ~ 1.2)	0.89
相関係数(0.71 ~)	0.35
判定	FALSE
条件 変動係数	
計算値の変動係数	0.318
変動係数のランク	
精度ランク	C

精度ランク (A,B,C, - : ランク外)

図 8-12(6) SPM 再現性評価結果

(2)オキシダント濃度の検証

オキシダントについては、6月3日～4日、8月3日～4日の計算対象日について、表8-17に示すEPAの評価基準(表8-16)に従い、シミュレーション結果の評価を行った。評価に用いた地点はSPMと同様に128局の大気常時監視局として、カットオフ濃度を60ppbに設定し、スコアの算出を行った。評価結果の一覧を表8-17に示す。今回のテストシミュレーション結果では、6月3日～6月4日の事例で一部基準に達しない項目があったが、8月3日～4日の計算事例については、EPAの評価基準を満たす結果となった。

表8-16 オゾンのEPA指標による評価法

1)Normalized Bias (評価基準:NB ±0.15)
$NB = \frac{1}{N} \sum_N \frac{C_{obs} - C_{cal}}{C_{obs}}$
2)Normalized Gross Error (評価基準:NGE 0.35)
$NGE = \frac{1}{N} \sum_N \frac{ C_{obs} - C_{cal} }{C_{obs}}$
3)Maximum Prediction Accuracy (評価基準:MPA ±0.20)
$MPA = \frac{C_{obs,max} - C_{cal,max}}{C_{obs,max}}$
ここで、 C_{obs}, C_{cal} :各地点、時刻における濃度の実測値と計算値 N :評価対象としたデータ数

*表1-2の再掲

表8-17 オキシダント濃度再現結果の評価

	2001/6/3	2001/6/4	2001/8/3	2001/8/4
データ数	1164	1109	643	330
$\Sigma(C_{obs}-C_{cal})/C_{obs}$	241.64	-47.44	-76.62	-42.27
$\Sigma C_{obs}-C_{cal} /C_{obs}$	384.47	282.56	180.59	105.54
ObsMax	142	194	164	140
CalMax	130.9	137.1	158.6	139.0
NB (±0.15)	<i>0.21</i>	-0.04	-0.12	-0.13
NGE (0.35)	0.33	0.25	0.28	0.32
MPA (±0.20)	0.08	<i>0.29</i>	0.03	0.01

*斜体は目標を満たしていない項目

8.7 今後の課題

今年度のテストシミュレーションの結果から、オキシダントについては、今回選択した計算対象日については、ほぼ再現性が確保され、EPA の評価基準も概ね満足する結果が得られた。一方で、SPM については、観測値と比較すると計算値は全ての対象日について過小となっており、今後は SPM の再現性向上に努める必要がある。そこで、SPM の再現性向上に関連する項目を以下に整理した。

(1) 気象場の再現性向上

環境大気中の SPM 濃度は気流場のみならず、気温や日射量といった気象要素も二次生成粒子の動態に関わる重要なファクターである。今年度のテストシミュレーションでは、一般的には概ね良好な再現性が確保されたが、部分的には観測値との乖離が顕著となる時間帯や地域があった。このため、気象モデルの選択オプションやパラメーターの最適化、境界値、同化データの見直し等により、さらなる気象場の再現性向上が、SPM 濃度の計算精度の向上にもつながるものと考えられる。

(3) 発生源データの見直し

今年度のテストシミュレーションでは、今年度は H14 年度に環境省が実施した、「平成 14 年度浮遊粒子状物質環境汚染実態解析調査」において作成した平成 12 年度ベースの発生源データを用いてシミュレーションを行ったが、本来 CMAQ 入力用に整備された発生源ではないため、粒径分布や PM 組成については文献値等から暫定的に設定した。今後は、ベースとなる発生源インベントリについては、より新しい知見や多くの発生源を考慮したデータを用いることで、SPM の再現性向上にも寄与するものと考えられる。

(4) 境界値の見直し

今年度のシミュレーションでは、境界値を大気常時監視局の観測値や過去のフィールド調査の結果を反映した推定値を設定したが、計算領域の境界に相当する地域については、データが乏しく、推定精度が十分でない可能性がある。そこで、今後は境界値について実測データを取得することも含め、精度の高い情報を入力することが必要であると考えられる。この際、海外からの長距離輸送も含めた計算対象領域外からの汚染物質の移流について定量的に見積もることが必要になるものと考えられる。また、今年度のテスト計算の結果から、計算領域の中心付近においても、境界濃度の変更による、大気質濃度への影響が示唆されたことから、計算対象領域をより大きく設定することも検討する。

(5) 二次生成過程の見直し

今回のテスト計算の結果から、SPM について観測値よりも計算値の方が大幅な過小となる傾向について、粒子の二次生成がモデルで十分に再現されていないことが原因の 1 つと

して考えられた。このうち有機エアロゾルの過小評価については、前駆物質である VOC から粒子化する過程が、理論的にも十分に解明されていないことも含め、現状の大気質モデルの大きな課題であるといえる。一方で、無機の二次生成粒子についても、計算値の硝酸塩が夏季には過大、冬季には過小の傾向がみられた。前駆物質である HNO_3 と NH_3 濃度を見ると(図 8-13)、夏季・冬季ともに NH_3 -rich の条件下であり、日中に生成する HNO_3 が夏季は過大、冬季は過小であることが NH_4NO_3 粒子の過多または過小につながっていることが示唆される。したがって、無機の二次生成粒子についても、前駆ガスの二次生成が適切に再現出来るような、オプションの選択やスキームの導入が必要であると考えられる。

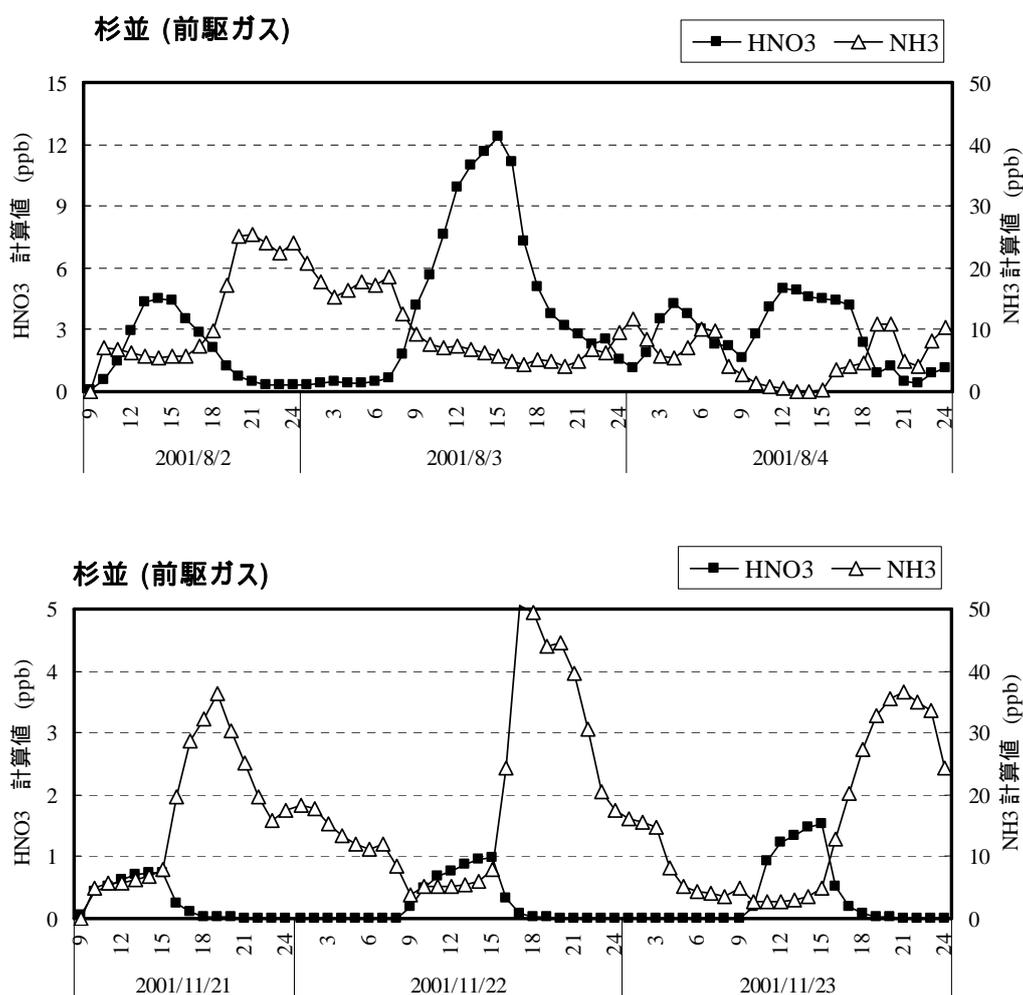


図 8-13 HNO_3 および NH_3 濃度の時系列変化

引用文献

D. W. Byun, J. K. S. Ching, Science algorithms of the EPA Models-3 Community multiscale air quality (CMAQ) modeling system, EPA/600/R-99/030, ch.4 (1999)