

第2回光化学オキシダント調査検討会

(1) 日時 平成23年10月26日(水) 13時30分~16時30分

(2) 場所 経済産業省別館1028号会議室



資料1-3



資料1-3 予測モデルの精度検証について

平成23年10月26日

本資料の概要

シミュレーションモデルの再現性

夏季集中観測期間における再現性の検証

年間計算による再現性の検証

経年計算による再現性の検証

まとめと課題

まとめと課題

前回検討会のご意見・ご質問とその見解

参考資料

シミュレーションモデルの再現性

夏季集中観測期間における再現性の検証

年間計算による再現性の検証

経年計算による再現性の検証

まとめと課題

まとめと課題

前回検討会のご意見・ご質問とその見解

参考資料

夏季集中観測期間における再現性の検証

大気汚染物質濃度の時刻変化



平成19年夏季調査 (FAMIKA) との比較

気象の再現性



気象観測との比較 (参考資料)

年間計算による再現性の検証

精度評価



評価指標 (BIAS、NB、MPA) の検証

年間計算の再現性



月平均値、日最高値の平均値の比較

濃度ランク別の出現傾向



濃度ランク別出現頻度の比較

環境基準・注意報等発令基準の出現状況



基準値超過日数の比較

週末効果の検討



平日・休日別平均濃度の比較

経年計算による再現性の検証

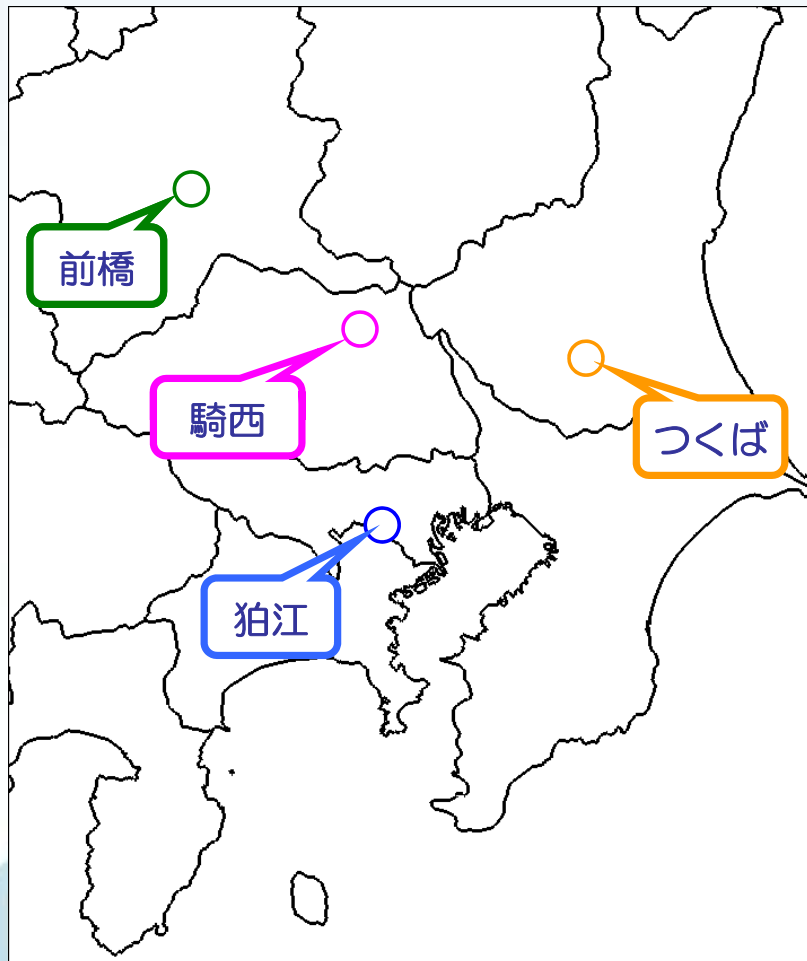
経年変化



平成13、17、19年度の計算

夏季集中観測期間における再現性の検証

- 平成19年（2007）夏季に行われたFAMIKAの測定値（大気汚染物質）と比較した。
- 比較した地点は、狛江、騎西、前橋、つくばとした。



FAMIKA 大気汚染測定地点

前橋

騎西

狛江

つくば

FAMIKA

国利環境研究所などの研究機関が共同・協力して、2007年夏季に関東地方において実施した微小粒子を対象とした広域的な観測キャンペーンである。

(FAMIKA = Fine
Aerosol
Measurement and Modeling
In
Kanto
Area)

国立環境研究所特別研究報告 SR-91-2009
「都市大気環境中における
微小粒子・二次生成物質の影響評価と予測
(特別研究)」(平成18~20年度)

夏季集中観測期間における再現性の検証

- FAMIKAの測定結果とシミュレーション結果を比較した。
- O3は、最大濃度をよく再現した。
- NO_xとNO₂の計算値は、測定値と同程度であり、日変化も概ねよく再現した。
- SPMは、全体的に計算値が過小であった。



狛江

騎西

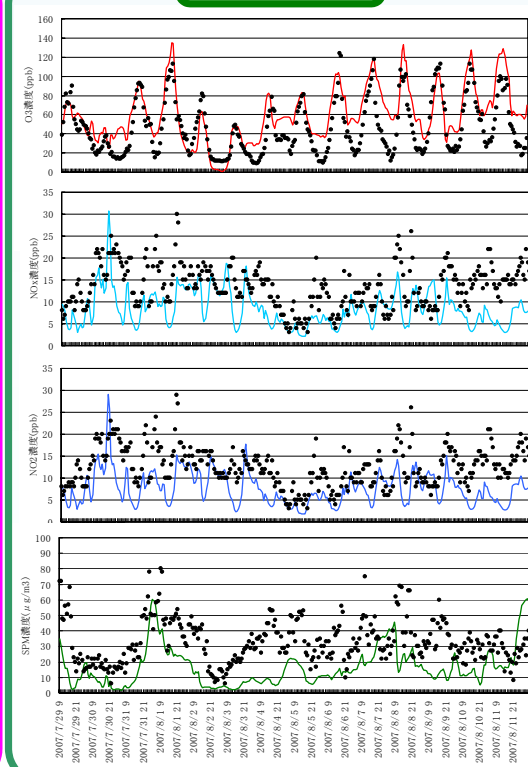
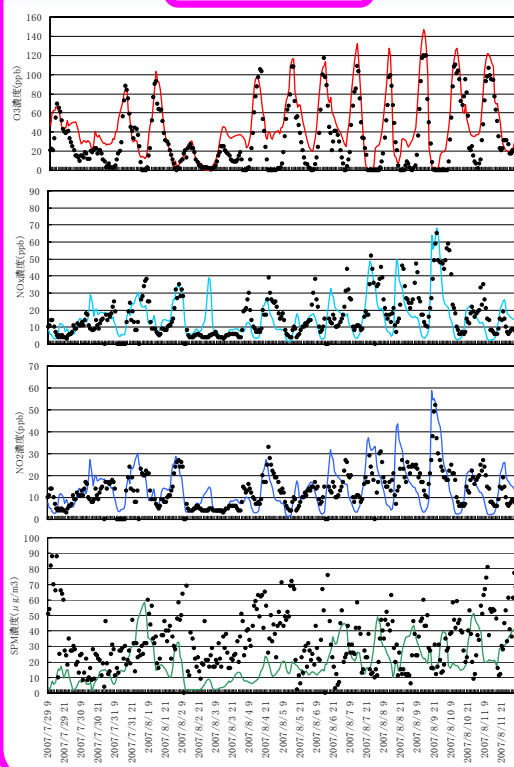
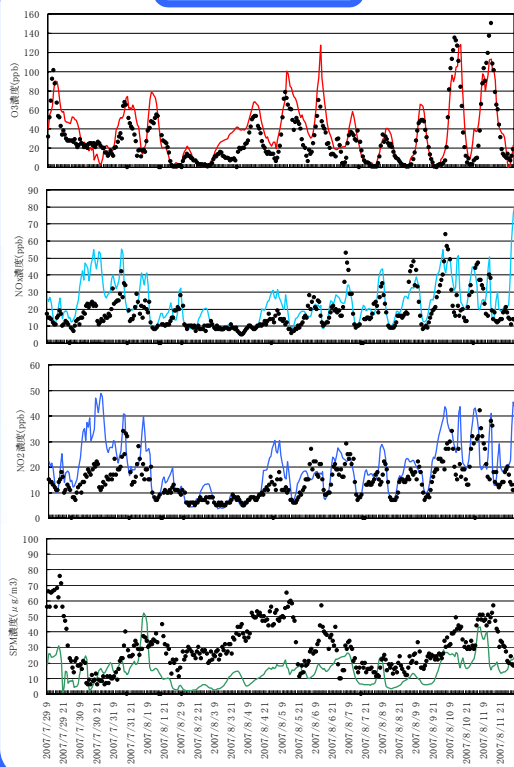
前橋

O3

NO_x

NO₂

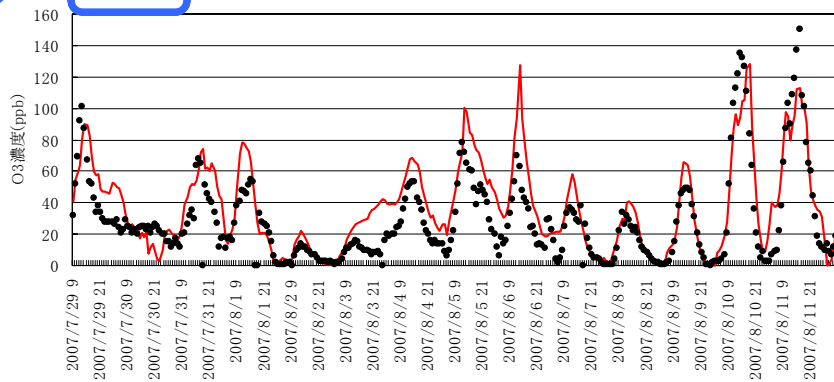
SPM



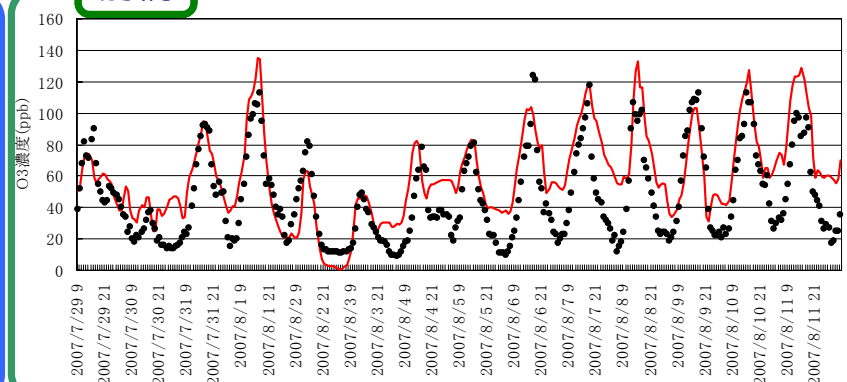
夏季集中観測期間における再現性の検証

- O₃濃度を比較したところ、日最高値、日変化ともよく再現できた。
- 夜間のO₃計算濃度は、測定値に比べ過大であった。

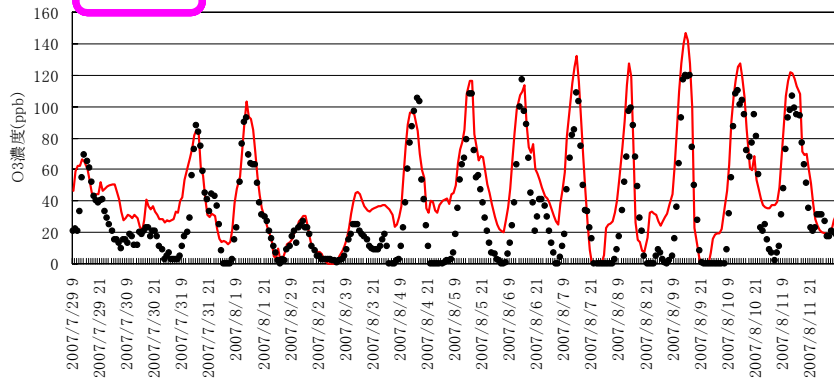
狛江



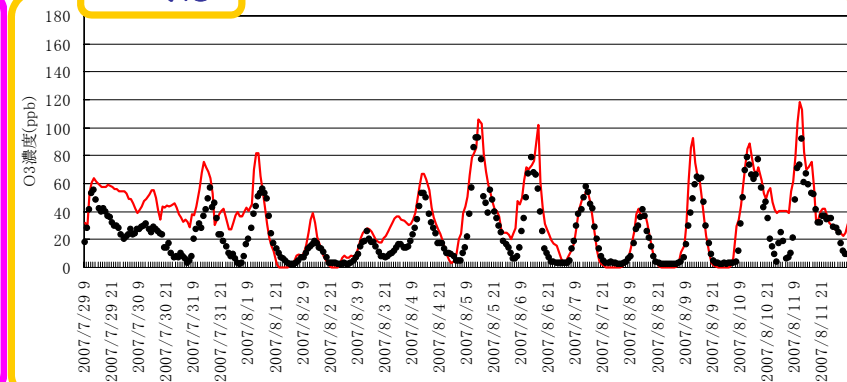
前橋



騎西



つくば



シミュレーションモデルの再現性

夏季集中観測期間における再現性の検証

年間計算による再現性の検証

経年計算による再現性の検証

まとめと課題

まとめと課題

前回検討会のご意見・ご質問とその見解

参考資料

年間計算による再現性の検証

- CMAQにより年間(365日)の計算を行い、再現性の検証を行った。
- 対象年度は、平成13年度(2001)とした。
- 東アジア域については国立環境研究所のシミュレーション結果を用いた。
- 再現性の検証として、下記の観点で評価した。

モデル設定

項目	本調査
気象モデル	WRFv3.1.1
大気モデル	CMAQv4.7.1
ネスティング	(東アジア) → 関東広域 → 関東域
計算期間	平成13年4月1日～平成14年3月31日
発生源	平成12年発生源データ ※JATOP提供データ等を用いた。
気象	平成13年度のWRF計算結果
境界	平成13年度の東アジア計算結果 ※国立環境研究所より提供を受けた。

検証の内容

年間計算の再現性

年間計算による精度評価

濃度ランク別の出現傾向

環境基準・注意報等発令基準の出現状況

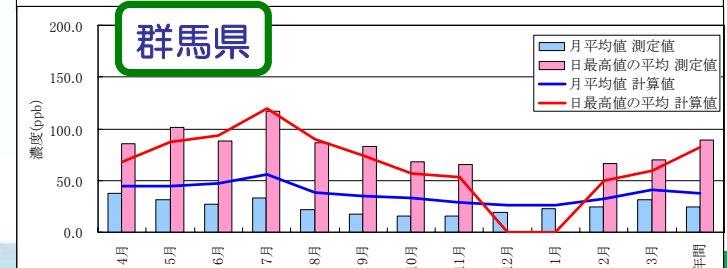
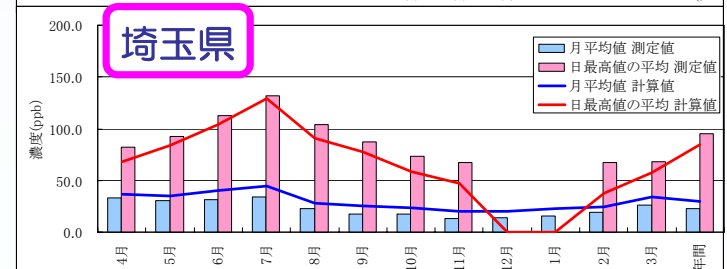
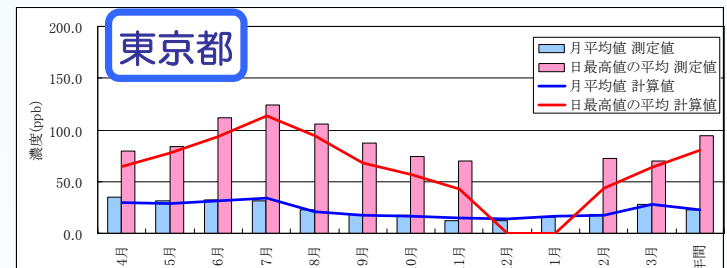
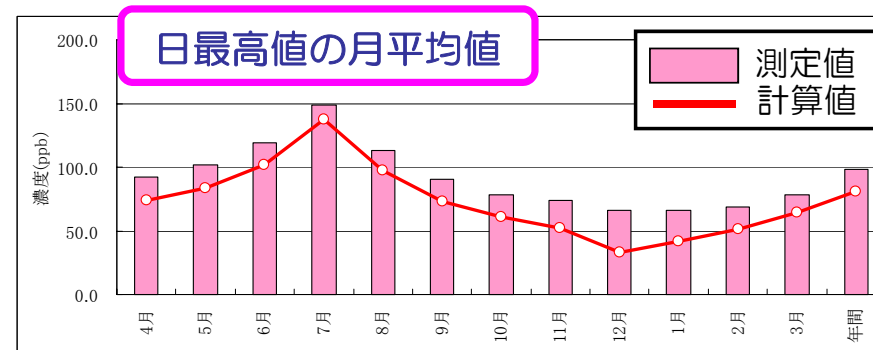
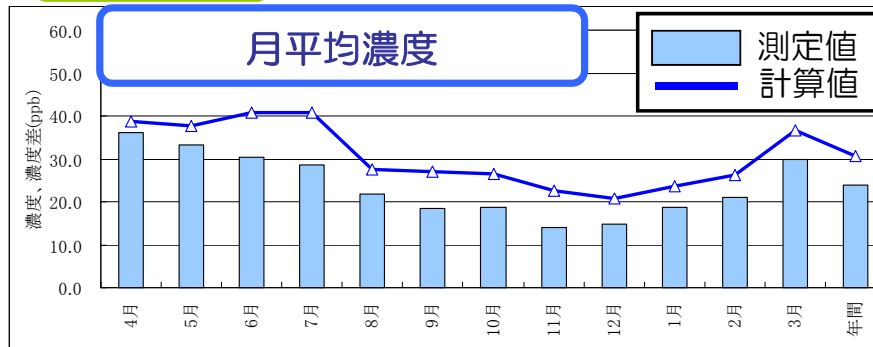
週末効果の検討

※ 基準年度は平成12年度であるが、気象モデルに入力可能な客観解析データの対象期間が平成13年3月以降であるため、シミュレーションは平成13年度を対象とした。排出量は平成12年度排出量を用いた。

年間計算による再現性の検証

- CMAQにより平成13年度（2001）の年間(365日)の計算を行い、再現性の検証を行った。
- 日最高値の評価については、測定値が60ppb以下の場合を除外して統計した。
- 全域の月平均濃度は測定値より計算値が大きくなった。低濃度時の計算値過大が要因と考えられる。
- 全域の日最高値の月平均値は、測定値と計算値は同程度となった。
- 都県別には、東京都は月平均値は測定値と計算値は同程度、日最高値は計算値がやや過小であった。
- 郊外の群馬県は、月平均値は計算値が過大、日最高値は同程度となった。

関東全域



年間計算による精度評価

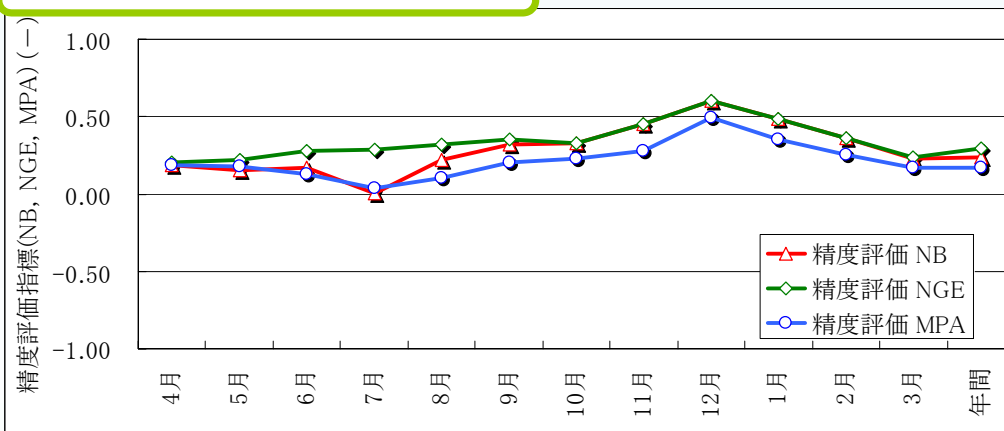
- 平成13年度（2001）の再現性を確認するために、精度評価指標であるNB、NGE、MPAを求めた。
- NBとMPAは、濃度が高くなった7月に0に近くなり再現性がよいことが確認できる。
- 各指標とも冬季に指標の値が大きく、再現精度は低下する。

精度評価指標

指標	計算式	O ₃ の 評価基 準の目 安
NB (Normalized Bias)	$NB = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{C_{obs,i} - C_{calc,i}}{C_{obs,i}}$	NB ≤ ±0.15
NGE (Normalized Gross Error)	$NGE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{ C_{obs,i} - C_{calc,i} }{C_{obs,i}}$	NGE ≤ 0.35
MPA (Maximum Prediction Accuracy)	$MPA = \frac{C_{obs,max} - C_{calc,max}}{C_{obs,max}}$	MPA ≤ ±0.20

C_{obs}：各地点、時刻における濃度の実測値
 C_{calc}：各地点、時刻における濃度の計算値
 N：評価対象としたデータ数

統計指標の月平均値(H13)

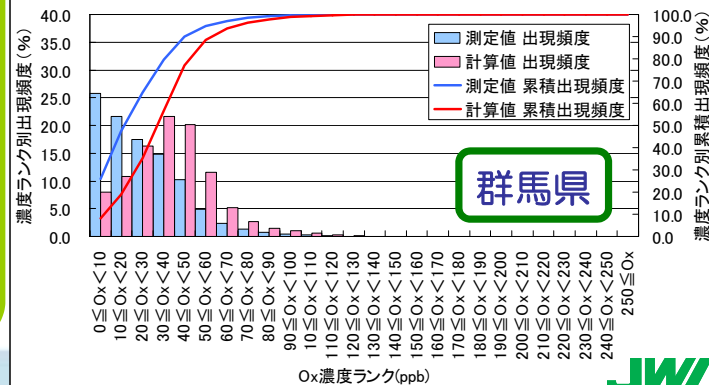
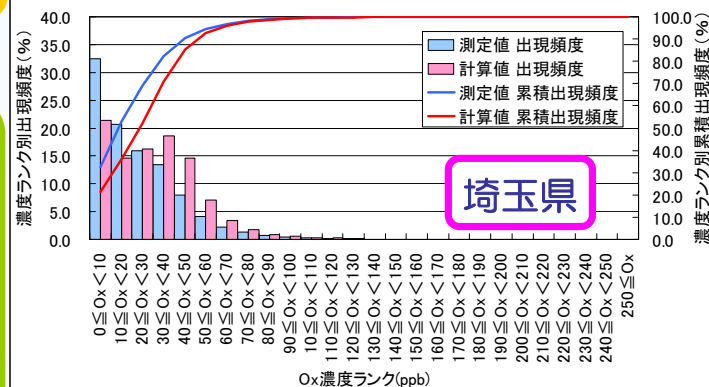
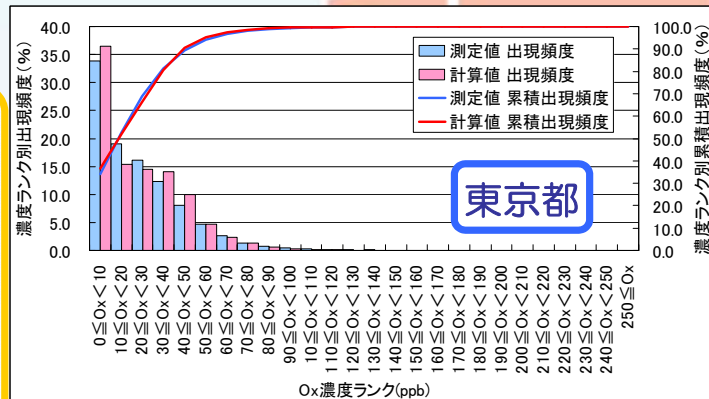
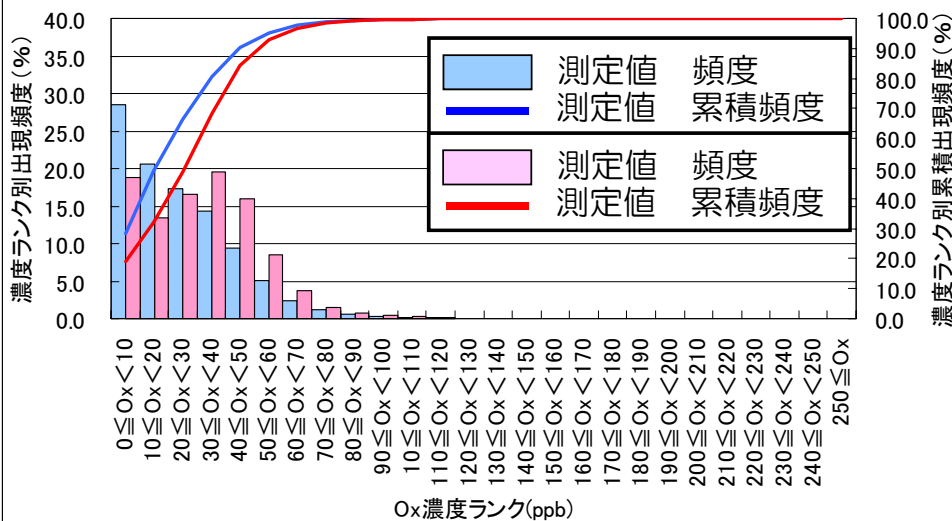


- NBは標準化したバイアスで、モデルの系統的な誤差をあらわしている。NBが正值の場合は計算値が過小、負値の場合は計算値過大となる傾向が見られる。
- NGEは、標準化した正味の誤差を表し、値が0に近いほど精度がよい。
- MPAは、対象地域内における最高値の再現性を評価する指標である。最高値の出現時刻や出現場所にズレについては許容し、最高値の再現性のみを評価するものである。0に近いほど再現性はよいと判断される。
- 評価基準の目安は、EPAのガイドラインに示されていた目安である。（最新のガイドラインでは、この値は採用されていない。）

濃度ランク別の出現傾向

- 平成13年度（2001）の年間のO₃濃度の出現頻度を比較した。
- 地域別の計算値と測定値の濃度ランク別出現頻度を求めた。
- 地域全体では、30ppb未満で計算値の出現頻度が少なく、30ppb以上で計算値の出現頻度が多かった。
- 都県別には、東京都では30ppb未満の低濃度でも計算値と測定値の出現頻度は同程度であった。
- 郊外の群馬県は、計算値で低濃度の出現が少なく、30ppb以上の頻度が大きくなっていった。

関東全域：濃度別出現頻度と累積頻度



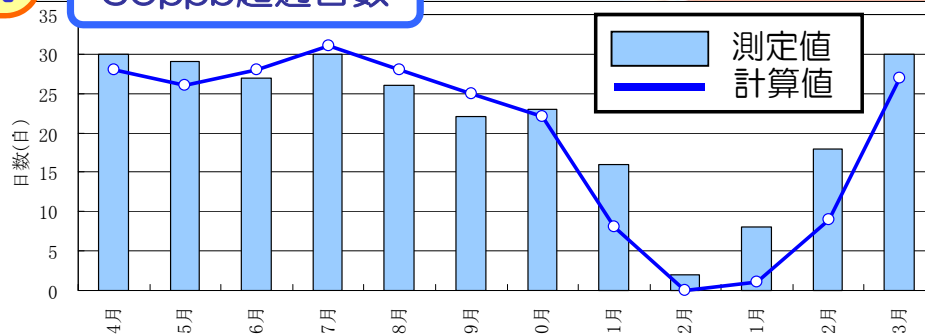
環境基準・注意報等発令基準の出現状況

- 平成13年度（2001）の環境基準及び注意報等発令基準の超過状況を把握した。
- 地域内の測定局濃度を求め、1つ以上の局で基準値を超えた場合に1日とカウントした。
- 120ppb以上の日数は、高濃度が多かった7月に測定値と計算値の日数は同じとなった。
- それ以外の月は、計算値が過小となった。
- 100ppb以上の日数についても120ppb以上と同様の傾向が見られた。
- 60ppb以上の日数は測定と計算は同程度であった。

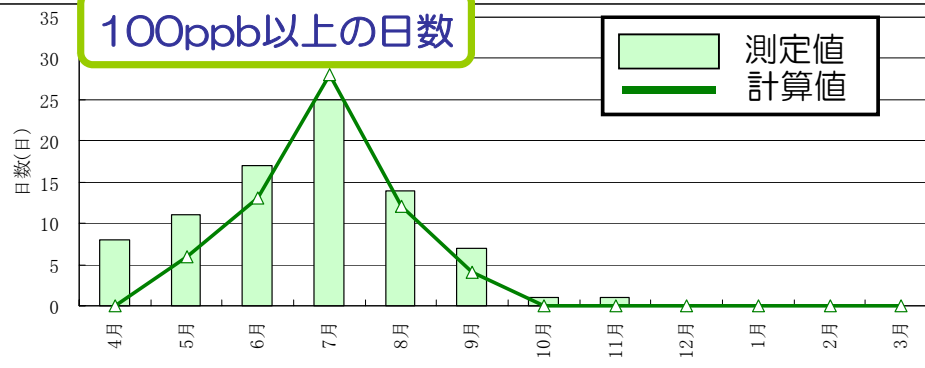
環境基準等との比較

月	60ppb超過日数		100ppb以上の日数		120ppb以上の日数	
	測定	計算	測定	計算	測定	計算
4月	30	28	8	0	2	0
5月	29	26	11	6	8	2
6月	27	28	17	13	12	7
7月	30	31	25	28	23	23
8月	26	28	14	12	11	5
9月	22	25	7	4	3	0
10月	23	22	1	0	0	0
11月	16	8	1	0	0	0
12月	2	0	0	0	0	0
1月	8	1	0	0	0	0
2月	18	9	0	0	0	0
3月	30	27	0	0	0	0
年間	261	233	84	63	59	37

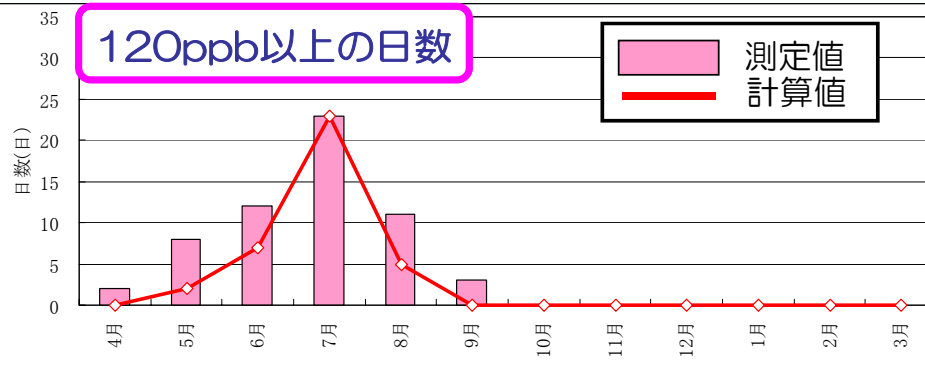
60ppb超過日数



100ppb以上の日数



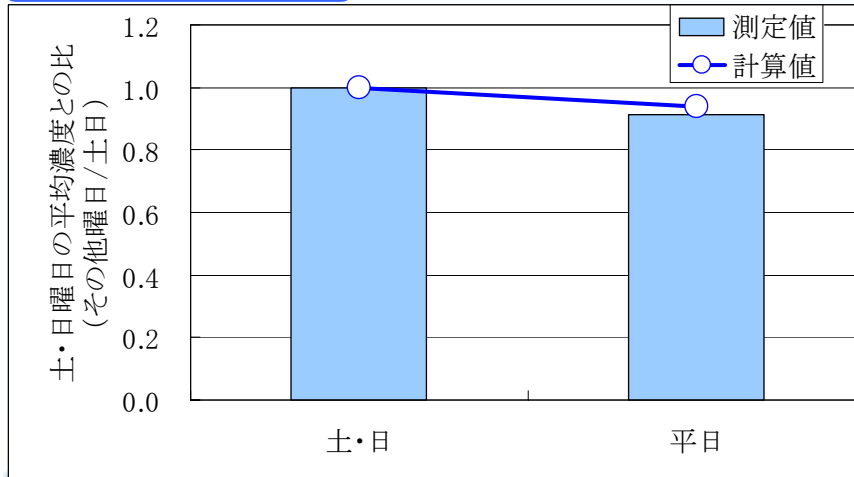
120ppb以上の日数



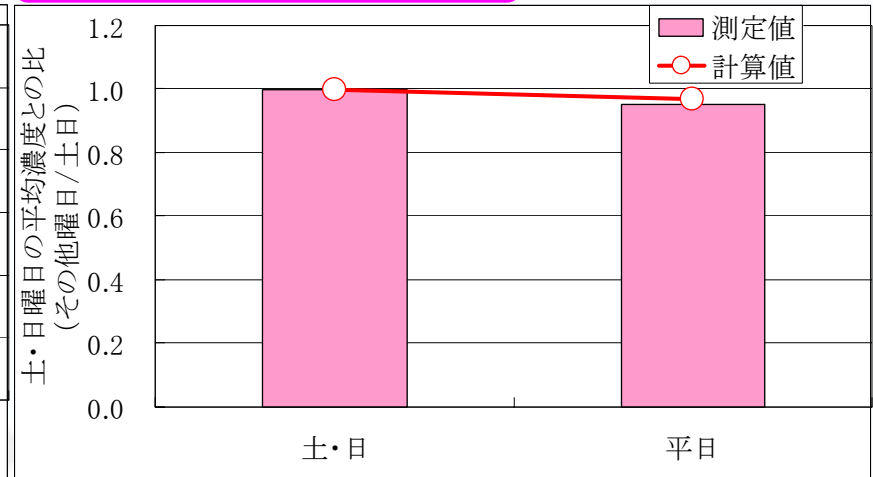
週末効果の検討

- Oxの週末効果とは、平日と休日における汚染物質の排出状況の変化により、休日のOx濃度が平日と比べて濃度が高くなる現象を言う。
- 平成13年度を対象として、この現象の再現性を確認した。
- 曜日別平均濃度と日最高値の曜日別平均濃度を求め、土日の平均値とその他の曜日の平均値を比較した。
- この結果、日平均値、日最高値とも土日と平日での濃度に差が見られ、モデルにおいても週末効果が確認できた。

域内平均値の比



域内日最高値の平均値



シミュレーションモデルの再現性

夏季集中観測期間における再現性の検証

年間計算による再現性の検証

経年計算による再現性の検証

まとめと課題

まとめと課題

前回検討会のご意見・ご質問とその見解

参考資料

経年計算による再現性の検証

- CMAQにより平成13年度（2001）、平成17年度（2005）、平成19年度（2007）の年間(365日)の計算を行った。
- 東アジア域については国立環境研究所のシミュレーション結果を用いた。
- 再現性の検証として、下記の観点で評価した。

モデル設定

項目	本調査
気象モデル	WRFv3.1.1
大気モデル	CMAQv4.7.1
ネスティング	(東アジア) → 関東広域 → 関東域
計算期間	平成13年4月1日～平成14年3月31日 平成17年4月1日～平成18年3月31日 平成19年4月1日～平成19年3月31日
発生源	平成13年度：平成12年発生源データ 平成17年度：平成17年発生源データ 平成19年度：平成19年発生源データ ※JATOP提供データ等を用いた。
気象	平成13年度 WRF計算結果 平成17年度 WRF計算結果 平成19年度 WRF計算結果
境界	平成13年度の東アジア計算結果 平成17年度の東アジア計算結果 平成19年度の東アジア計算結果 ※国立環境研究所より提供を受けた。

検証の内容

年間計算（経年変化）の再現性

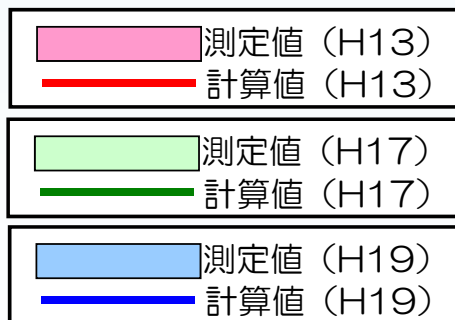
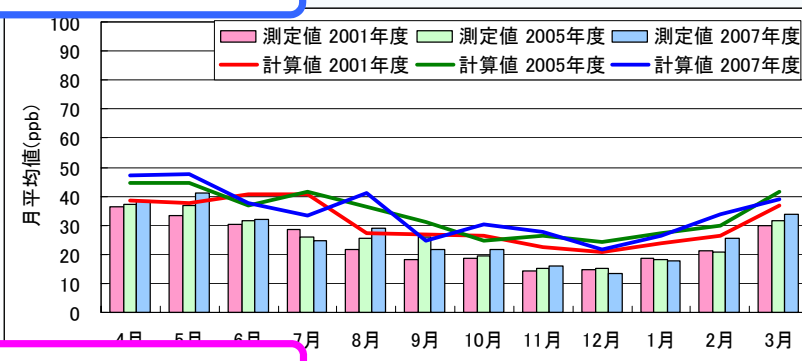
精度評価（経年変化）

環境基準・注意報等発令基準の出現状況
（経年変化）

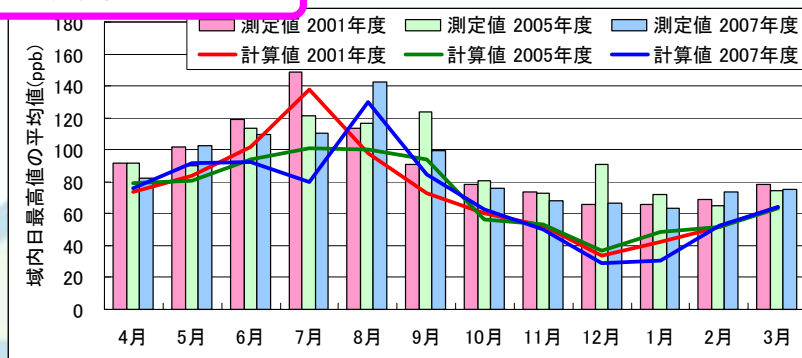
年間計算（経年変化）の再現性

- 経年的な再現性を確認するために、平成13年度（2001）、平成17年度（2005）、平成19年度（2007）の年間計算を行った。
- 月平均値は、他の年度も平成13年度と同様に計算値が測定値より過大であった。
- 日最高値は濃度差はあるものの、経年的な変化傾向は再現している。
- 日最高値の月平均値について、平成13年度（2001）と比を求めたところ、濃度変化率は実測値と平均値と概ね同程度であった。

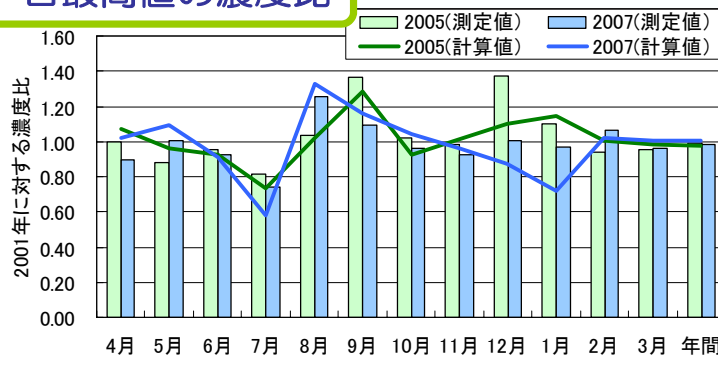
月平均濃度



日最高値の平均



日最高値の濃度比



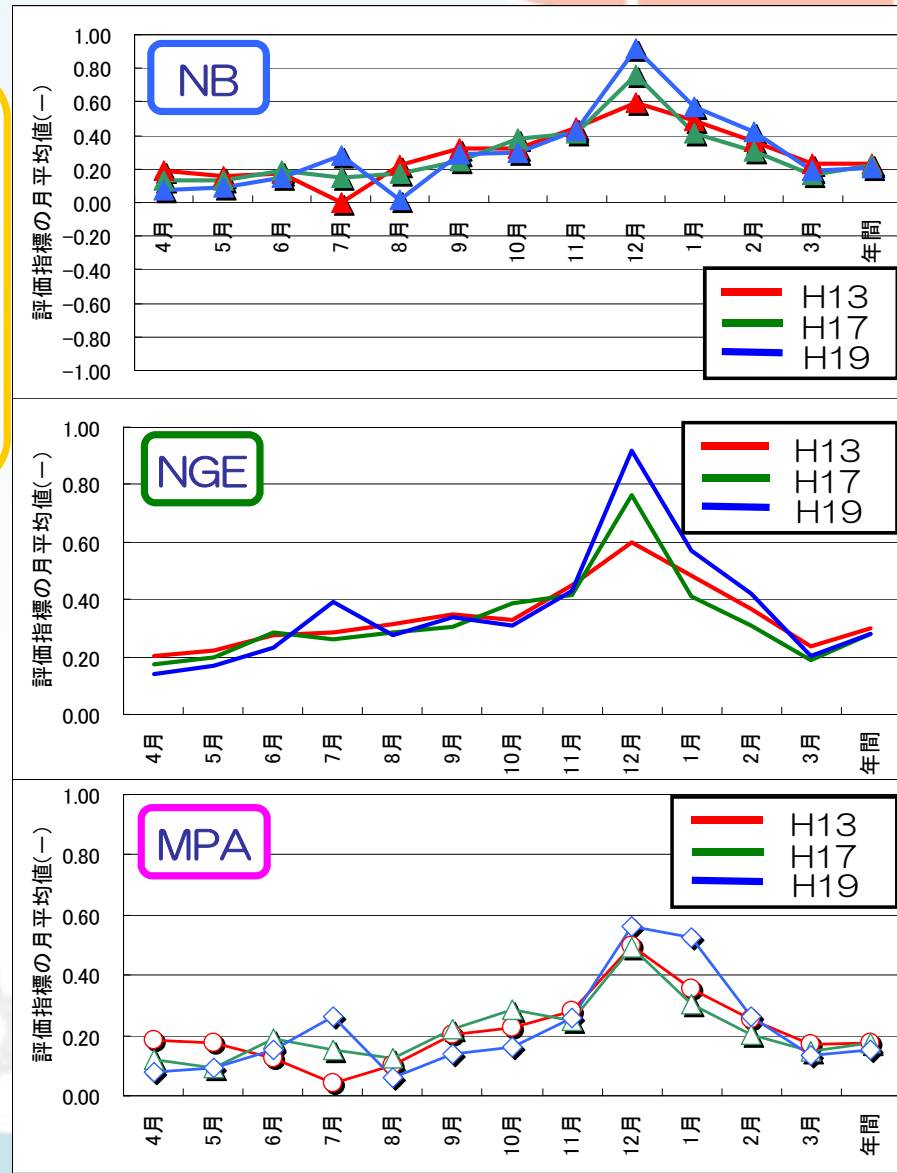
精度評価（経年変化）

- 統計指標NB、NGE、MPAを日別に求め月平均値を計算した。
- いずれの年も各指標とも冬季に指標の値が大きく、再現精度は悪い。
- 平成13年度は、7月に高濃度日が多く出現し、平成19年度は、8月に多かった。NBやMPAはこれに応じて値が0に近づいた。高濃度が多く出現する月について再現精度がよくなる傾向があった。

精度評価指標

指標	計算式	O ₃ の 評価基準の目安
NB (Normalized Bias)	$NB = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{C_{obs,i} - C_{calc,i}}{C_{obs,i}}$	NB ≤ ±0.15
NGE (Normalized Gross Error)	$NGE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{ C_{obs,i} - C_{calc,i} }{C_{obs,i}}$	NGE ≤ 0.35
MPA (Maximum Prediction Accuracy)	$MPA = \frac{C_{obs,max} - C_{calc,max}}{C_{obs,max}}$	MPA ≤ ±0.2 0

C_{obs}：各地点、時刻における濃度の実測値
 C_{calc}：各地点、時刻における濃度の計算値
 N：評価対象としたデータ数



環境基準・注意報等発令基準の出現状況 (経年変化)

- 環境基準及び注意報等発令基準の超過状況の経年変化を把握した。
- 月別日数の変化傾向は、測定値と計算値で同様であった。
- 出現日数が少ない、春や秋において、測定値より計算値の出現日数が少なくなる傾向が見られた。この傾向はいずれの年度も同様であった。

○ 3	月	120ppb以上の日数(日)					
		測定値			計算値		
		H13	H17	H19	H13	H17	H19
全地域	4月	2	3	0	0	0	0
	5月	8	1	4	2	0	3
	6月	12	10	11	7	4	2
	7月	23	14	9	23	8	1
	8月	11	12	22	5	7	19
	9月	3	12	6	0	5	3
	10月	0	2	0	0	0	0
	11月	0	0	0	0	0	0
	12月	0	1	0	0	0	0
	1月	0	0	0	0	0	0
	2月	0	0	0	0	0	0
	3月	0	0	0	0	0	0
	年間	59	55	52	37	24	28

測定値 (H13)

測定値 (H17)

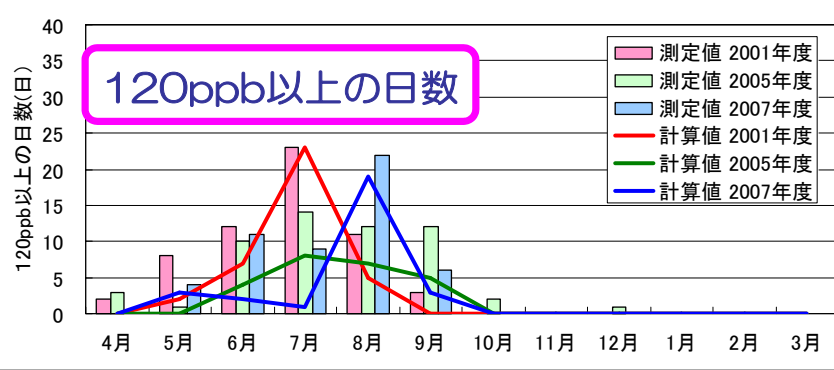
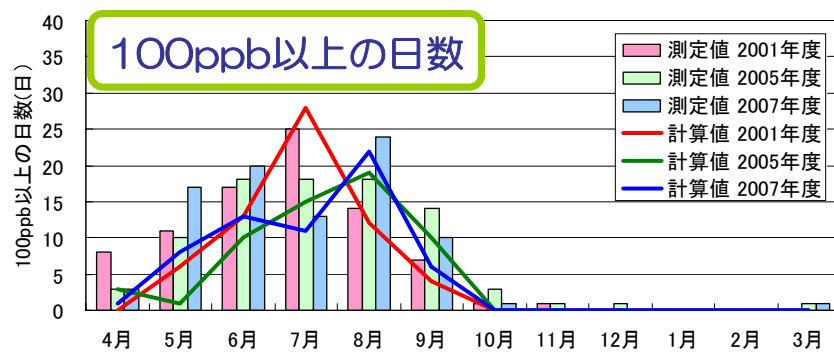
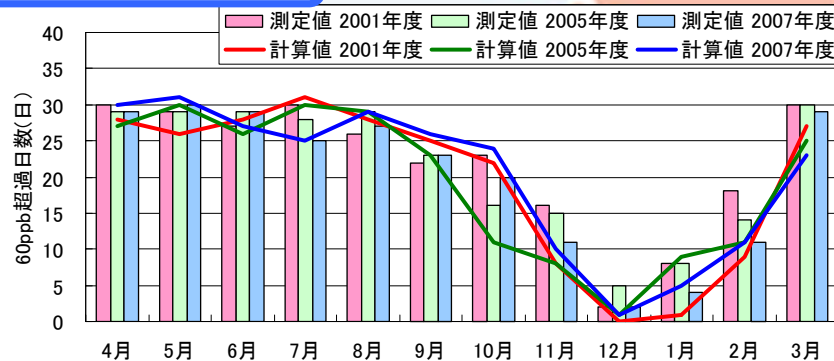
計算値 (H13)

計算値 (H17)

測定値 (H19)

計算値 (H19)

60ppb超過日数



夏季集中観測期間における再現性の検証

- 平成19年度夏季合同調査（FAMIKA）の測定値と比較したところ、O₃の日変化、日最高値の再現性は良好であった。
ただし、夜間の濃度低下の再現性は不十分であった。
- 気象については、平成19年の夏季について地上気象観測結果（気象庁）、平成13年度の上層気象観測（環境省）を比較したところ、再現性は概ね良好であった。
ただし、個別の事例で再現性が低い事例も見られた。

年間・経年計算による再現性の検証

- 平成13、17、19年度を対象として年間シミュレーションを行った。
- O₃の月平均濃度については、測定値に比べ計算値が過大である傾向があった（NOによるタイトレーションの影響等）。
- O₃の日最高値の平均値については、計算値は測定値と同程度か過小となる傾向であった。
- 精度評価指標（NB、NGE、MPA）を検討したところ、都市型の高濃度の出現の多い夏季に値が小さく精度は良好な結果であった。冬季は濃度が低く指標の値が大きくなる傾向であった。
- 環境基準及び注意報等発令基準値の超過状況は、O_x高濃度が多発する月については出現日数は測定値と計算値は同程度となったが、それ以外の月は計算値の日数が過小であった。

シミュレーションモデルの再現性

夏季集中観測期間における再現性の検証

年間計算による再現性の検証

経年計算による再現性の検証

まとめと課題

まとめと課題

前回検討会のご意見・ご質問とその見解

参考資料

まとめ

- 光化学オキシダントについて、現況の大気濃度のレベルや変化傾向を概ね再現することが可能となった。
- 濃度や基準値の超過日数の経年変化に対しても、計算値は測定値と概ね同様な傾向を示した。
- 再現性に係る課題も残るものの、シミュレーションモデルは光化学オキシダント低減対策を検討するためのツールの一つとして有効に活用できるものと考えられる。

課題

- 気象モデルでは、海陸風の発達や進入時刻などの再現や混合層や逆転層の発達と消滅の再現性、最低気温が過小評価、日射量の過大評価などの課題があり、モデルの精度向上が必要である。
- 化学輸送モデルでは、地域によってOx濃度の再現性に差が見られる点、夜間の濃度の過大評価、高濃度地域の位置や出現時刻の再現性、再現性が著しく低い日があるなどの課題があり、モデルの精度向上が必要である。
- 排出インベントリでは、空間分布への配分方法や月別・時間配分の方法について、空間配分指標や時間変動指標において信頼性が欠ける部分もある。
排出係数について、出典の古いものや、国内情勢に合わないものを使用している発生源もある。
また、未対象発生源、対象外となっている発生源や成分の扱いなども課題である。

【ご意見・ご質問①】

将来予測はシミュレーションモデルで検討する必要があるが、越境輸送を考慮する広域のモデルと関東や関西などの地域のモデルの相互関係はどうなっているのか。また、地域でのオキシダント濃度は1日あるいは1時間の値であるのに対し、東アジア全体からの移流は時間スケール及び面積スケールの大きい数値を使わざるを得ない点についてどう考えるべきか。

- 本シミュレーションモデルでは、東アジア域から国内への大気汚染物質の移流は国立環境研究所の予測結果を使用した。
- 国立環境研究所において実施された東アジア域の予測では、格子サイズ80 km×80 kmのメッシュで予測計算が行われ、計算結果は3時間毎の出力となっている。
- この東アジア域での予測結果を、国内各地域（関東広域など）の各予測メッシュの境界条件として設定している。
- 東アジア域の計算格子をさらに細分化して関東広域などと合わせることは可能であるが、計算量が大きく増大するため、現在の計算機能力では困難と考える。
例：同じ領域で格子サイズが半分になった場合、水平格子数で2×2倍、時間ステップで2倍となり、計8倍の計算時間が必要。
- 一方、時間スケールについては東アジア域での出力間隔3時間であることを時間内挿により1時間毎の値を計算し、関東広域などの予測における境界条件としている。東アジア域からの移流影響の時間スケールを考慮すると、その流入を3時間毎に反映している本シミュレーションは、時間スケールの点では大きな問題はないものとする。

【ご意見・ご質問②】

この検討会の課題として、モデルの信頼性や不確実性、モデルに入れるデータの信頼性や不確実性が非常に重要。どういったところの不確実性が今一番問題になっているのか、あるいは何が今後の課題となるのか、シミュレーションの立場からの見解を知りたい。

- モデルの信頼性や不確実性については、日最高値や高濃度が多発する月における環境基準超過日数については良好な結果が得られた。また、精度評価指標を用いた評価でも夏季については良好な結果となった。
- 一方、モデルの信頼性や不確実性の点でいくつかの課題は残っており、本検討会での議論を踏まえ、今後、適宜必要な改善を行っていく予定である。また、信頼性・不確実性に係る課題の詳細について、今後、検討会の中で適宜お示ししていく予定。
- モデルについては、モデル自身の再現精度の向上が必要である。
- インベントリに関しては、自然由来や農業起源など不確実性の多い発生源の精度向上や未把握発生源の実態調査が今後の大きな課題であるとする。

シミュレーションモデルの再現性

夏季集中観測期間における再現性の検証

年間計算による再現性の検証

経年計算による再現性の検証

まとめと課題

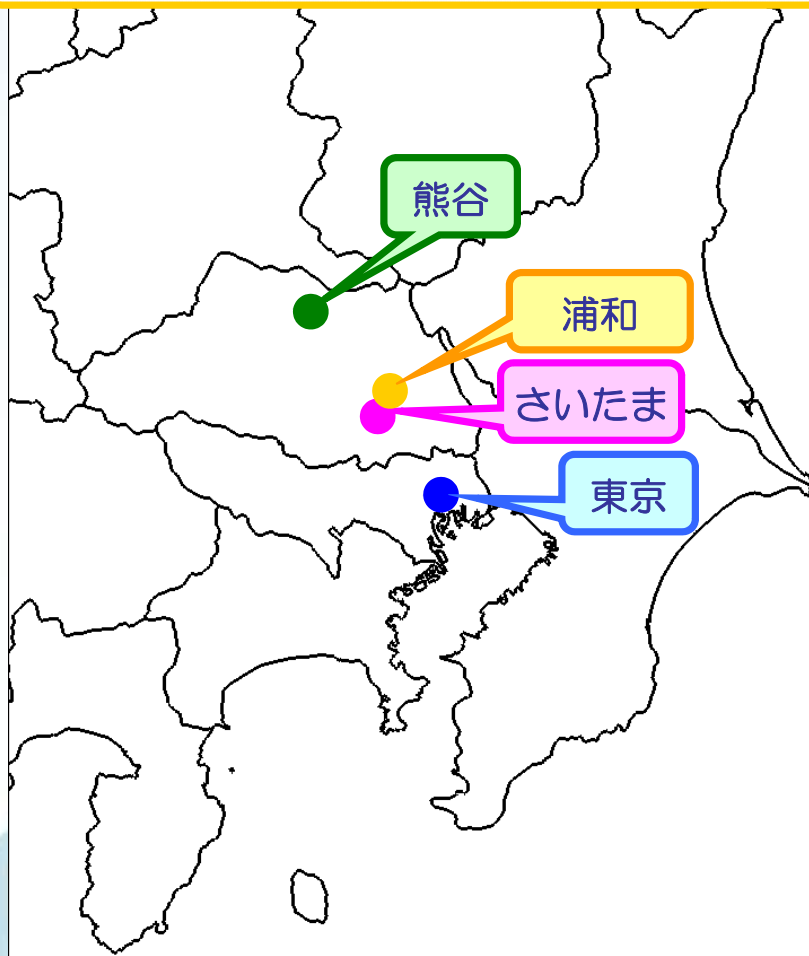
まとめと課題

前回検討会のご意見・ご質問とその見解

参考資料

夏季集中観測期間等における再現性の検証（気象）

- 気象のシミュレーション結果と気象庁の観測値と比較。
- 地上気象は、気象庁観測の東京、さいたま、熊谷の測定値と比較した。
- 上層気象は、平成13年度環境省調査結果と比較した。



地上気象観測：平成19年観測値と比較

熊谷 = 熊谷地方気象台

さいたま = アメダスさいたま

東京 = 東京管区気象台

上層気象観測：平成13年観測値と比較

「平成13年度
浮遊粒子状物質環境汚染実態解析調査（環境省）」
観測地点：浦和
夏季 観測期間：平成13年8月1～5日
観測時間：6, 9, 12, 15, 18時
秋季 観測期間：平成13年11月19～23日
観測時間：6, 9, 12, 15, 18, 21時
方法；低層レーウィンゾンデ

夏季集中観測期間等における再現性の検証（気象）

- 平成19年（2007）夏季について、
気象のシミュレーション結果と気象庁の観測値と比較。
- 地上気象は観測値とよく一致することを確認した。

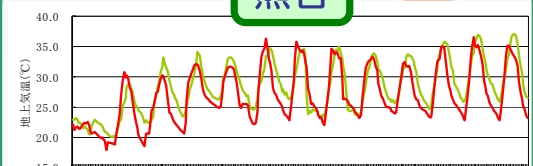
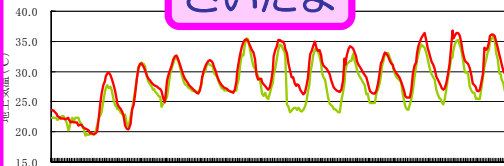
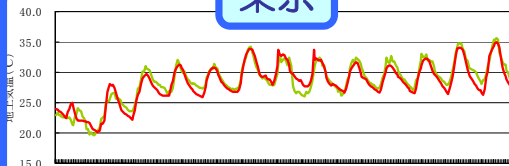
— モデル
— 観測値

東京

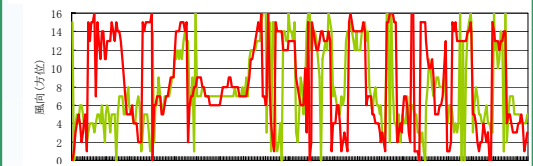
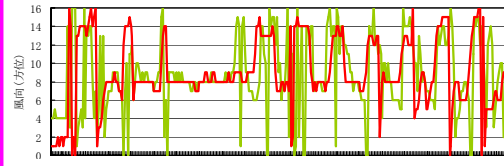
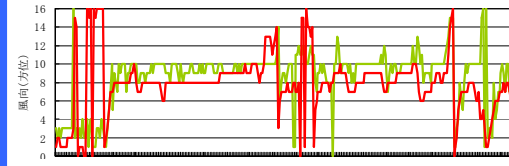
さいたま

熊谷

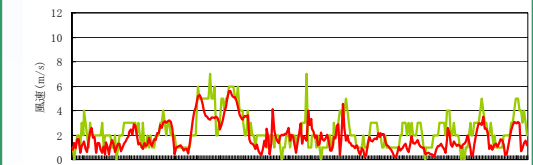
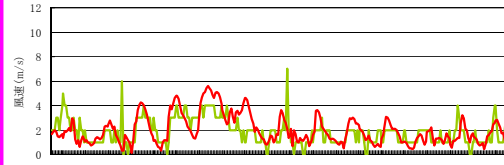
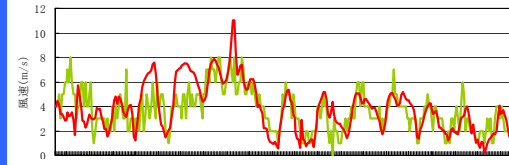
気温



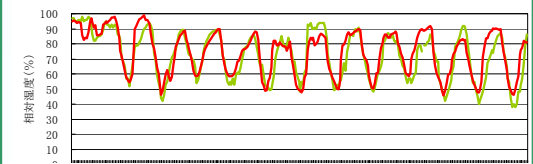
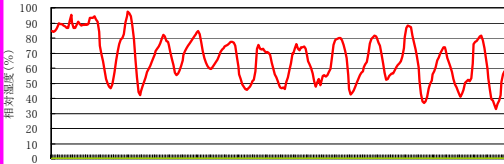
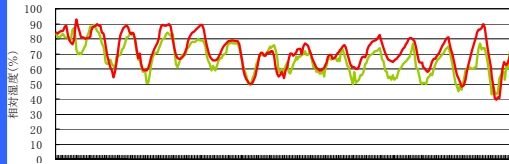
風向



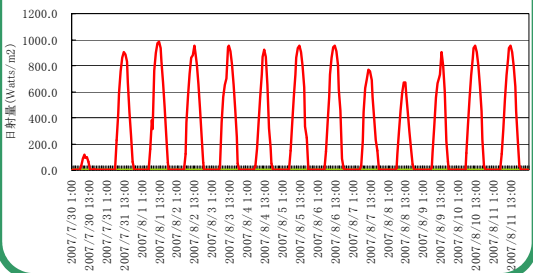
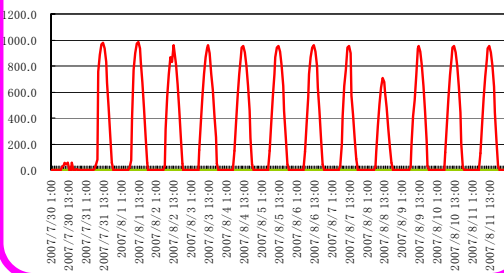
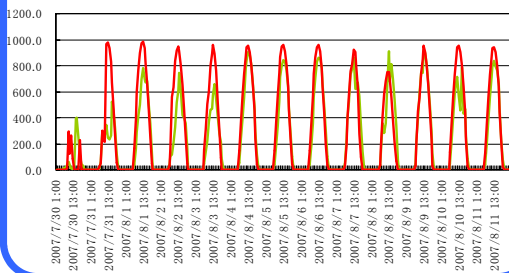
風速



湿度



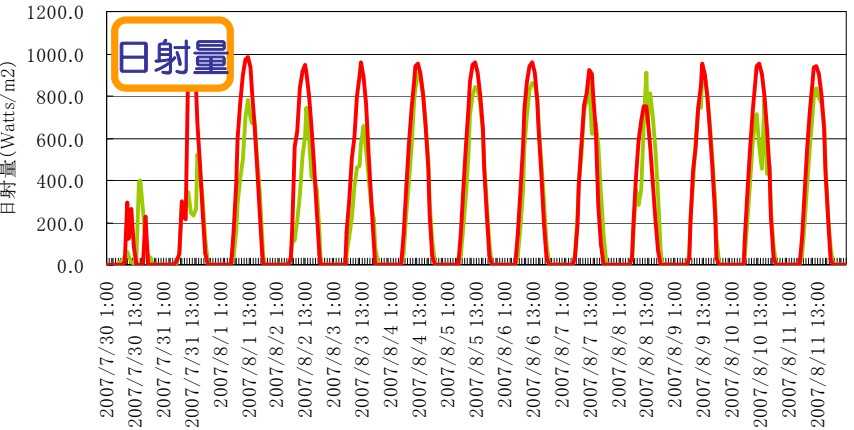
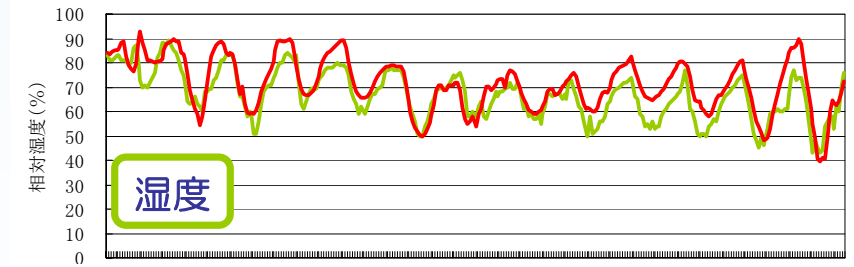
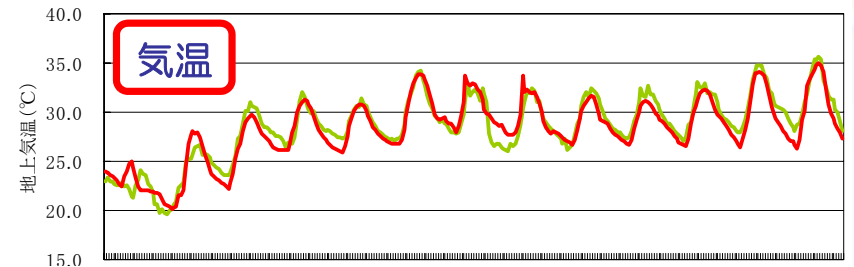
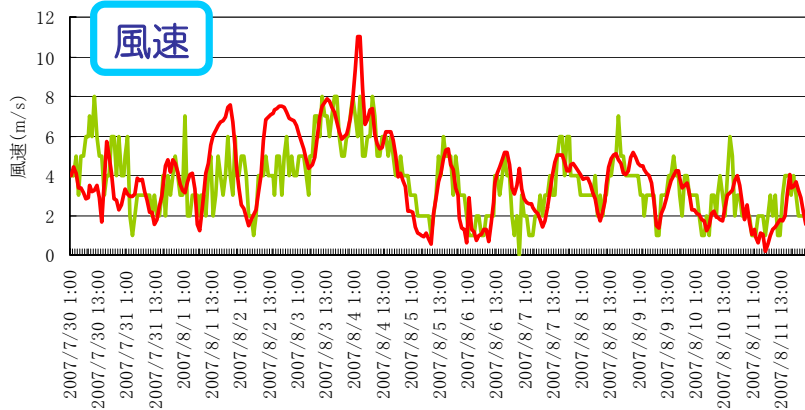
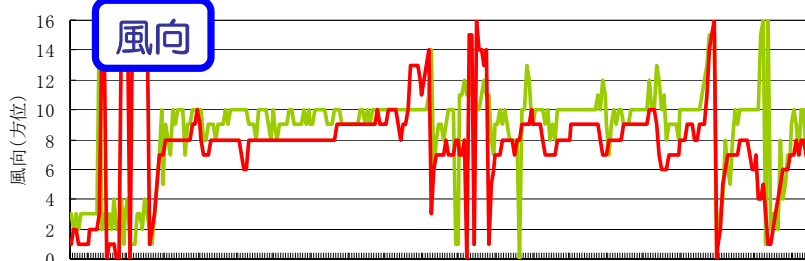
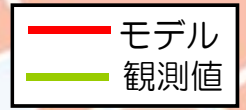
日射量



夏季集中観測期間等における再現性の検証（気象）

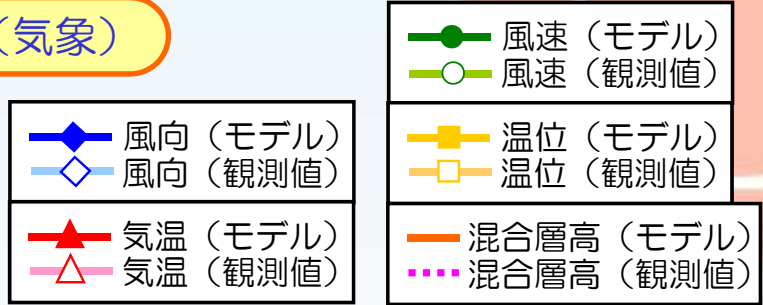
東京管区气象台との比較

- 気象庁東京管区气象台の観測値とシミュレーション結果を比較した。
- 気温：日変化、日最高気温はよく再現した。日最低気温は過小となる事例あり。
- 湿度：日変化を再現した。
- 風向：日変化を概ね再現した。
- 風速：日変化を概ね再現した。値は同程度。
- 日射量：計算値が過大となる傾向



夏季集中観測期間等における再現性の検証（気象）

・2001年夏季・初冬季の上層気象観測（環境省調査）とシミュレーション結果を比較した。

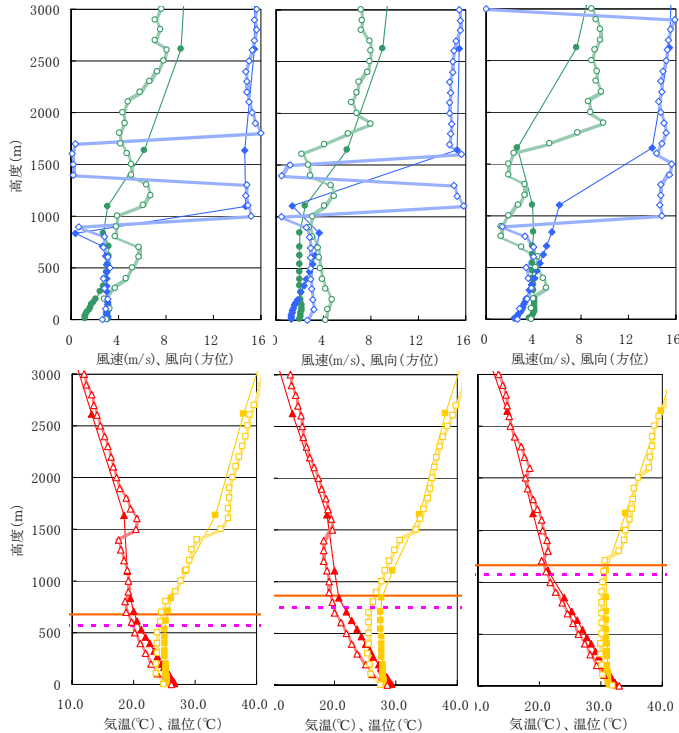


8月2日

9時

12時

15時

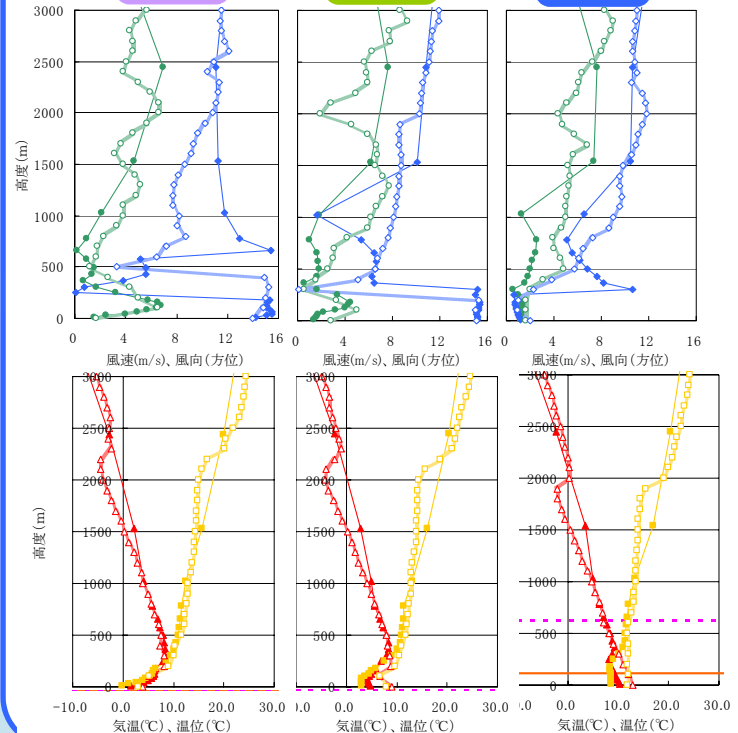


11月20日

6時

9時

12時

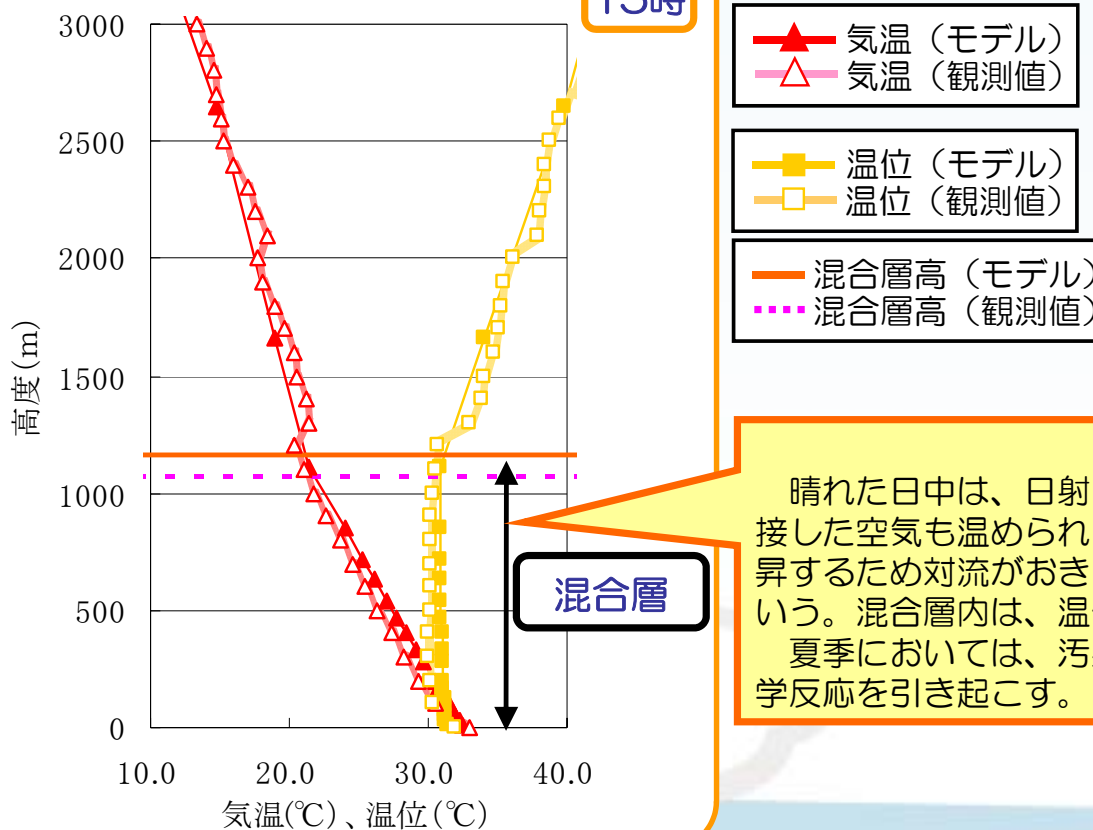


夏季集中観測期間等における再現性の検証（気象）

- 2001年夏季の上層気象観測（環境省調査）とシミュレーション結果を比較した。
- 夏季の混合層をよく再現できていることを確認した。
- 混合層内を拡散した汚染物質が、反応し光化学オキシダントを生成するため、夏季の不安定層による大気汚染を再現する際に、再現すべき重要な現象のひとつとなる。

8月2日

15時



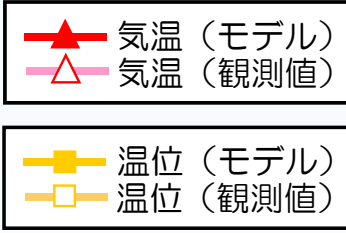
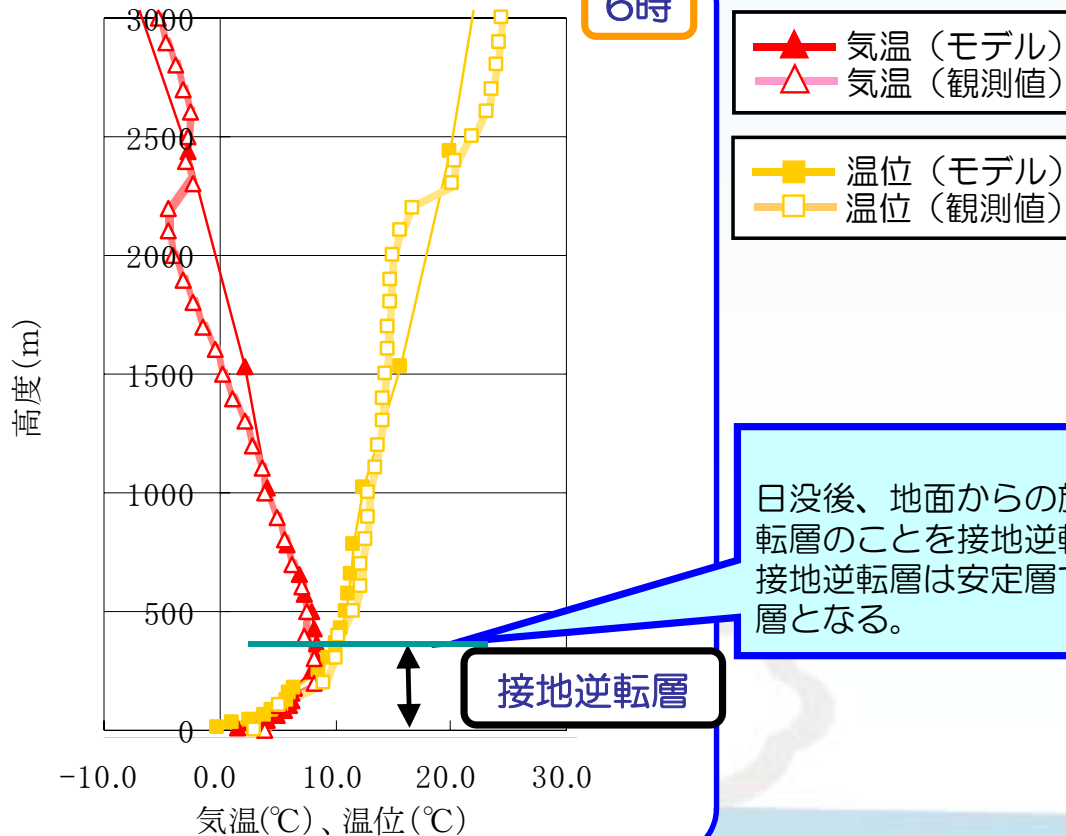
【混合層】
 晴れた日中は、日射により地表が加熱され、地表に接した空気も温められる。暖かい空気は浮力により上昇するため対流がおきる。この対流の範囲を混合層という。混合層内は、温位分布が等温位となる。
 夏季においては、汚染物質がこの層内で拡散し、化学反応を引き起こす。

夏季集中観測期間等における再現性の検証（気象）

- 2001年初冬季の上層気象観測（環境省調査）とシミュレーション結果を比較した。
- 冬季に発達する接地逆転層をよく再現できていることを確認した。
- 接地逆転層は、冬季の安定型大気汚染を引き起こす原因となるため、安定型高濃度をシミュレーションの際に、再現すべき重要な現象のひとつとなる。

11月20日

6時



【接地逆転層】
 日没後、地面からの放射冷却により形成される温度逆転層のことを接地逆転層という。
 接地逆転層は安定層であり、汚染物質が拡散しにくい層となる。

接地逆転層