

シミュレーションによる基準計算結果(2008年度、2015年度)の精度検証資料

1. 本資料の概要

H29 調査では、PM2.5 及び光化学オキシダント濃度に対する寄与割合の算出を目的に、気象モデル(WRF)及び化学輸送モデル(CMAQ)によってシミュレーションモデルの構築を実施した。寄与割合の算出が目的ではあるが、寄与割合結果の信頼性や不確実さを把握するためにも、モデルによる観測濃度の再現性を検証し、モデル性能の把握に努めておくことは重要である。

H29 調査において実施した 2008 年度の精度検証計算では、他の調査やモデルと同様の傾向や課題が抽出された。

本資料では、2008 年度の計算結果と合わせて、本年度調査で実施している 2015 年度の計算結果を比較し、双方から得られる再現性の傾向や課題をまとめる。

2. 計算結果の比較

計算対象年度(2008 年度及び 2015 年度)の計算値とその平均値の掲載箇所を表 2-1 にまとめる。なお、本資料でまとめていない季節や地点については、本調査の取りまとめの際に記載する予定である。

表 2-1 計算対象年度の再現性確認項目一覧表

項目	対象地点	対象物質	図表番号
バックグラウンド濃度の比較	隠岐	NO _x , O _x , SO ₂ , PM2.5 (質量濃度)	時系列：図 1-2 統計値：表 2
関東の大気汚染物質濃度の比較	国設川崎	NO _x , O _x , SO ₂ , PM2.5 (質量濃度)	時系列：図 3-4 統計値：表 3
PM2.5 の成分濃度の比較	足立区綾瀬 多摩市愛宕	PM2.5 成分濃度と成分構成比	図：図 5-6 統計値：表 4-5

注記：バックグラウンド地点の濃度に関する整理は東アジア域(45 km メッシュ)の計算結果を利用し、それ以外の地点は関東域(5 km メッシュ)の計算結果を利用した。

3. 再現性の比較より得られたシミュレーションモデルの傾向

2008 年度と 2015 年度の基準計算の再現性を比較したところ、ガス状物質に関しては、両年のモデル間の再現性は概ね同様の傾向を示していた。PM2.5 の成分に関しては、2008 年度よりも 2015 年度の方が、再現性が向上していると思われる成分も確認されるものの、両年の間で同様の課題が抽出される傾向を示していた。

両年の基準計算結果の比較より得られた、シミュレーションモデルの傾向について、以下にまとめる。

(1) バックグラウンド地点の再現性について（図 1、図 2、表 1）

- ・ バックグラウンド地点（隠岐）においては、2008 年度と 2015 年度の両年での再現性は同程度であった。
- ・ 夏季と冬季では、図 1 及び図 2 に示したように、冬季の方が再現性が良い傾向にあった。

(2) 関東内の常時監視測定局（国設川崎局）の再現性について（図 3、図 4、表 2）

- ・ 夏季と冬季では、図 3 及び図 4 に示したように、冬季の方が再現性が良い傾向にあった。
- ・ PM2.5 については、夏季の高濃度イベントについては濃度のピークをモデルが捉えきれていないことがあるが、冬季では濃度の変動や濃度ピークの値を捉えている傾向にあった。
- ・ 光化学オキシダントについては、計算では夜間のオキシダントの低下が不十分であることが多く、平均濃度は観測値よりも高くなるものの、濃度ピークなど高濃度イベントについては捉えられている傾向にあった。

(3) PM2.5 成分濃度の再現性について（図 5、図 6、表 4、表 5）

- ・ 2008 年度と 2015 年度の基準計算を比較すると、全体的に観測値と計算値の比較結果の傾向は変わらないものの、表 4 及び表 5 に示したように 2015 年度の基準計算では成分濃度の再現性が向上していると思われる成分も確認された。
- ・ 冬季では PM2.5 総質量は概ね再現出来ているものの、夏季は過小評価となる傾向がある。
- ・ 夏季、冬季ともに硝酸塩の計算値が過大評価となり、有機炭素の計算値が過小評価となる傾向にある。
- ・ 成分構成比については、夏季の硝酸塩と有機炭素の計算値と観測値の差異が課題として残るものの、冬季においては概ね観測値と計算値で一致していた。

4. シミュレーションモデルの発生源寄与割合推計への適用について

上で示したようにシミュレーションモデルについては、課題が残る結果とはなっているものの、夏季の光化学オキシダントの高濃度イベントを捉える、冬季の PM2.5 の再現性の向上など、全体的な傾向は再現できていると考えられる。本調査では、発生源寄与割合推計は 2008 年度から 2015 年度への寄与割合の推移の傾向を捉えることを目的としており、本モデルにより目的を達成できると考えられる。

また、摘出された課題の多くは、大気汚染シミュレーションの一般的な課題であり、シミュレーションモデル内部の物理現象の改良や排出インベントリの精緻化が今後も求められる。モデルの改善の必要はあるものの、H29 調査のように計算値と観測値の比率を PM2.5 感度解析結果に乗じるといった補正手法等を用いて発生源寄与割合の推計を実施することで、排出削減の対策効果を検討する等の活用に本モデルは有用であると考えられる。

以上のような理由から、本調査では本モデルを用いて以降の発生源寄与割合推計を実施することとする。

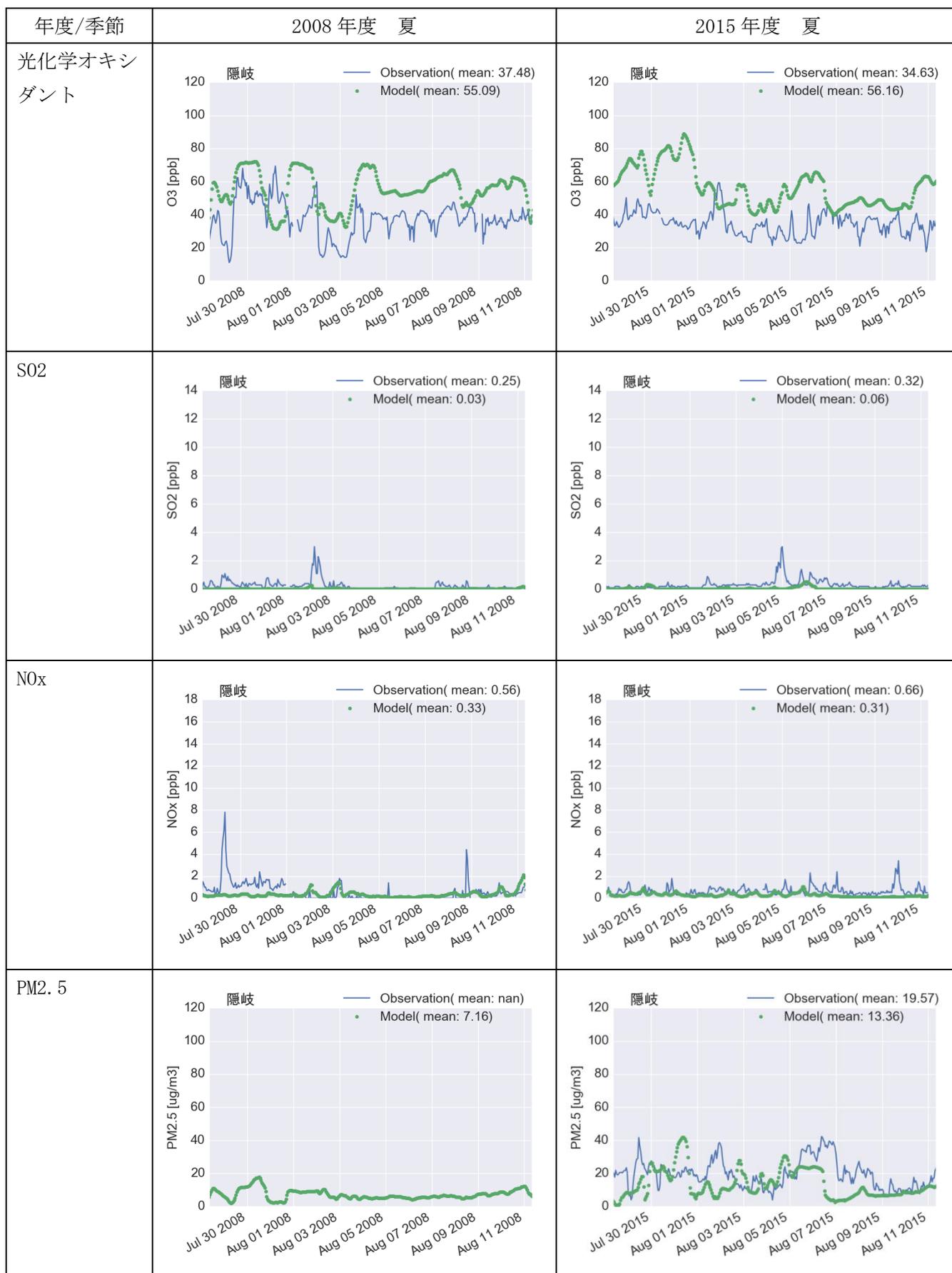


図 1 隠岐における大気汚染物質の観測値と計算値の時系列図 (夏)

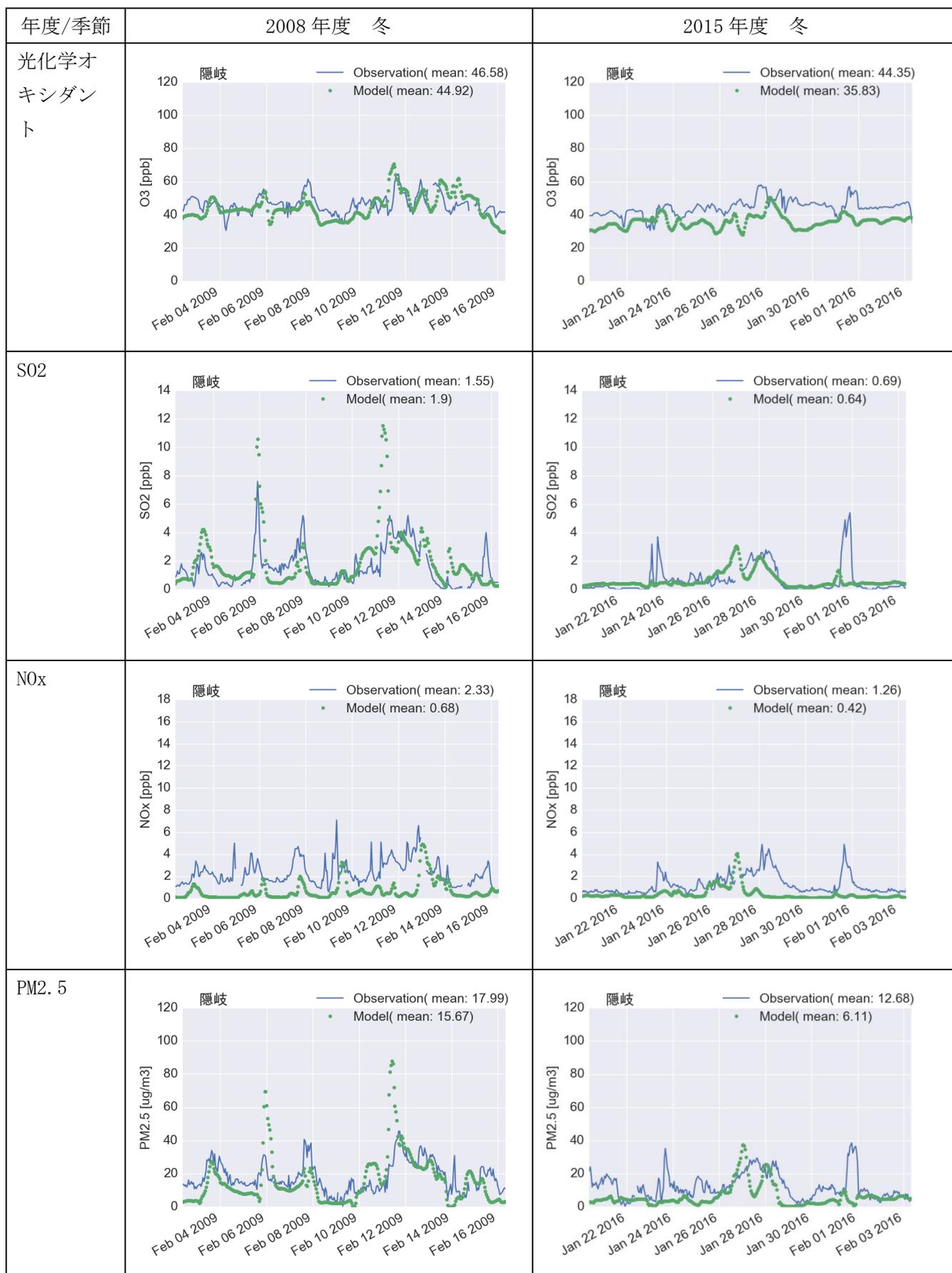


図 2 隠岐における大気汚染物質の観測値と計算値の時系列図（冬）

表2 バックグラウンド地点（隠岐）での観測値と計算値の統計量¹のまとめ

成分	季節	年度	観測値 (平均)	計算値 (平均)	比率	NME	NRMSE
O3	夏	2008	37.48	55.09	1.47	0.53	0.31
		2015	35.61	63.18	1.77	0.79	0.71
	冬	2008	46.58	44.92	0.96	0.12	0.02
		2015	43.17	36.5	0.85	0.19	0.05
SO2	夏	2008	0.25	0.03	0.1	0.94	0.93
		2015	0.33	0.06	0.2	0.87	0.86
	冬	2008	1.55	1.9	1.22	0.73	0.69
		2015	0.31	0.61	1.94	1.11	0.85
NOx	夏	2008	0.56	0.33	0.6	0.99	0.8
		2015	0.66	0.34	0.52	0.59	0.52
	冬	2008	2.33	0.68	0.29	0.74	0.62
		2015	1.27	0.82	0.65	0.73	0.6
PM2.5	夏	2008	-	7.16	-	-	-
		2015	19.74	11.05	0.56	0.55	0.4
	冬	2008	17.99	15.67	0.87	0.5	0.4
		2015	10.35	5.16	0.5	0.6	0.46

¹統計値の説明

平均値(観測) : 観測値の平均値

平均値(計算値) : シミュレーション値の平均値

比率 : Normalized Mean Bias

$$\frac{\sum_{i=1}^N (\text{Model}_i - \text{Obs}_i)}{\sum_{i=1}^N \text{Obs}_i}$$

NME : Normalized Mean Error

$$\frac{\sum_{i=1}^N |\text{Model}_i - \text{Obs}_i|}{\sum_{i=1}^N \text{Obs}_i}$$

NRMSE : Normalized Root Mean Square Error

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\text{Model}_i - \text{Obs}_i)^2}{\sum_{i=1}^N (\text{Obs}_i^2)}}$$

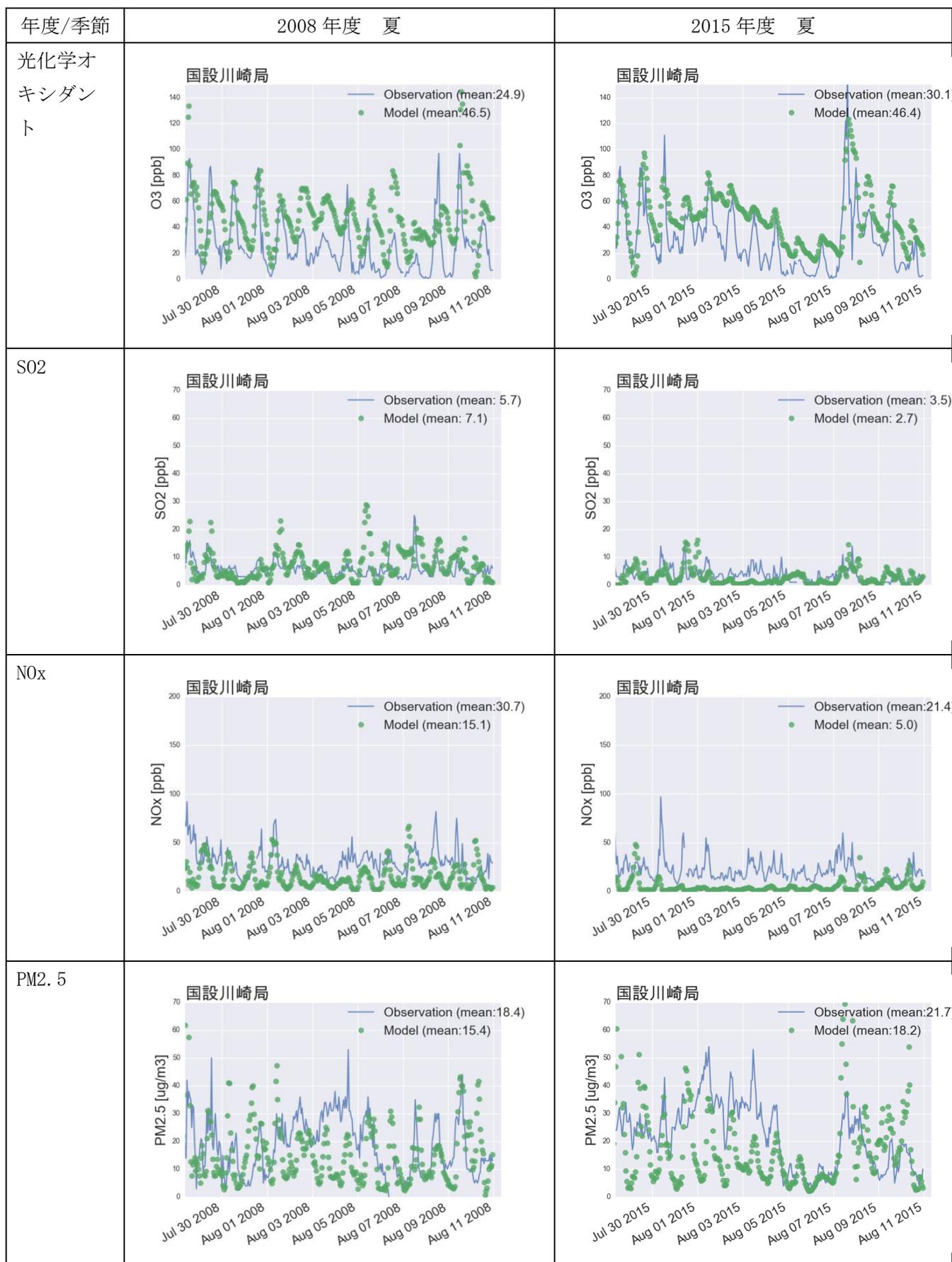


図 3 国設川崎局における大気汚染物質の観測値と計算値の時系列図 (夏)

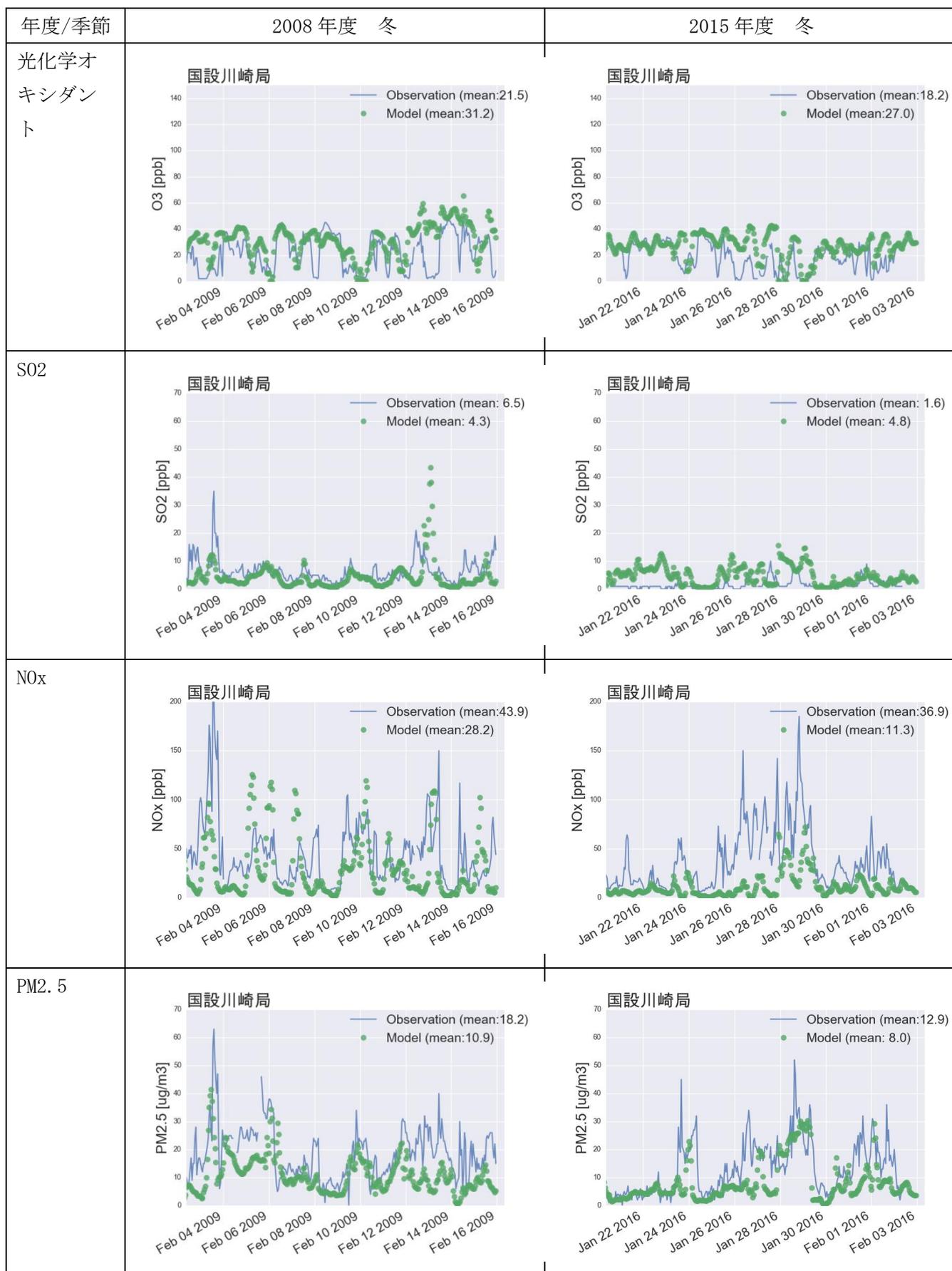


図 4 国設川崎局における大気汚染物質の観測値と計算値の時系列図 (冬)

表3 国設常時監視局測定地点（川崎）での観測値と計算値の統計量のまとめ

成分	季節	年度	観測値（平均）	計算値（平均）	比率	NME	NRMSE
O3	夏	2008	24.85	46.27	1.86	1.12	1.21
		2015	28.96	44.78	1.55	0.83	0.68
	冬	2008	21.37	30.89	1.45	0.72	0.57
		2015	24.75	33.74	1.36	0.57	0.46
SO2	夏	2008	5.72	7.1	1.24	0.85	1.02
		2015	3.36	2.73	0.81	0.88	0.88
	冬	2008	6.58	4.21	0.64	0.59	0.56
		2015	1.77	3.43	1.93	1.29	1.61
NOx	夏	2008	30.66	15.16	0.49	0.67	0.57
		2015	20.97	5.57	0.27	0.8	0.75
	冬	2008	43.87	27.1	0.62	0.76	0.7
		2015	30.68	10.04	0.33	0.76	0.76
PM2.5	夏	2008	43.87	27.1	0.62	0.76	0.7
		2015	30.68	10.04	0.33	0.76	0.76
	冬	2008	17.89	10.47	0.59	0.53	0.36
		2015	12.94	8.48	0.66	0.62	0.55

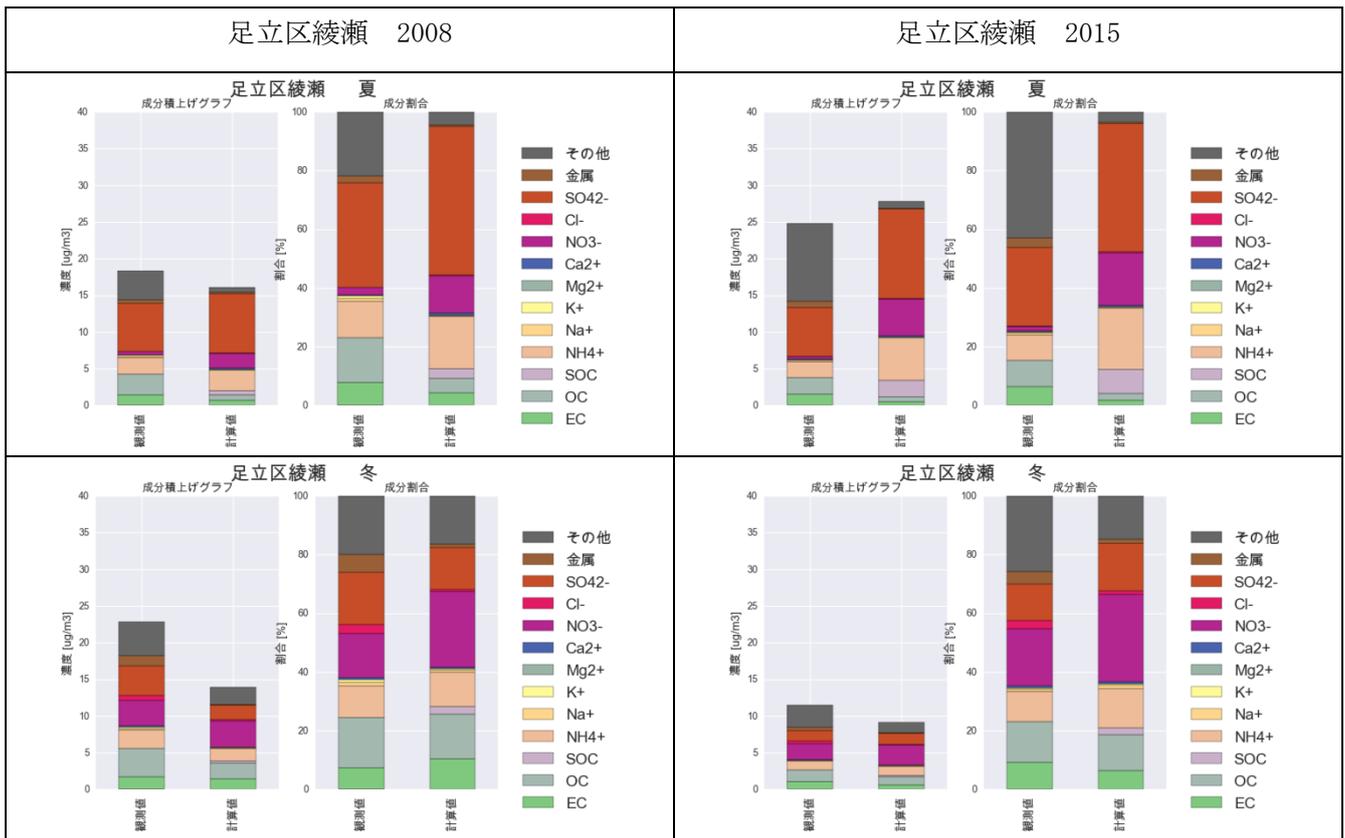


図 5 足立区綾瀬における PM2.5 成分の観測値と計算値の比較

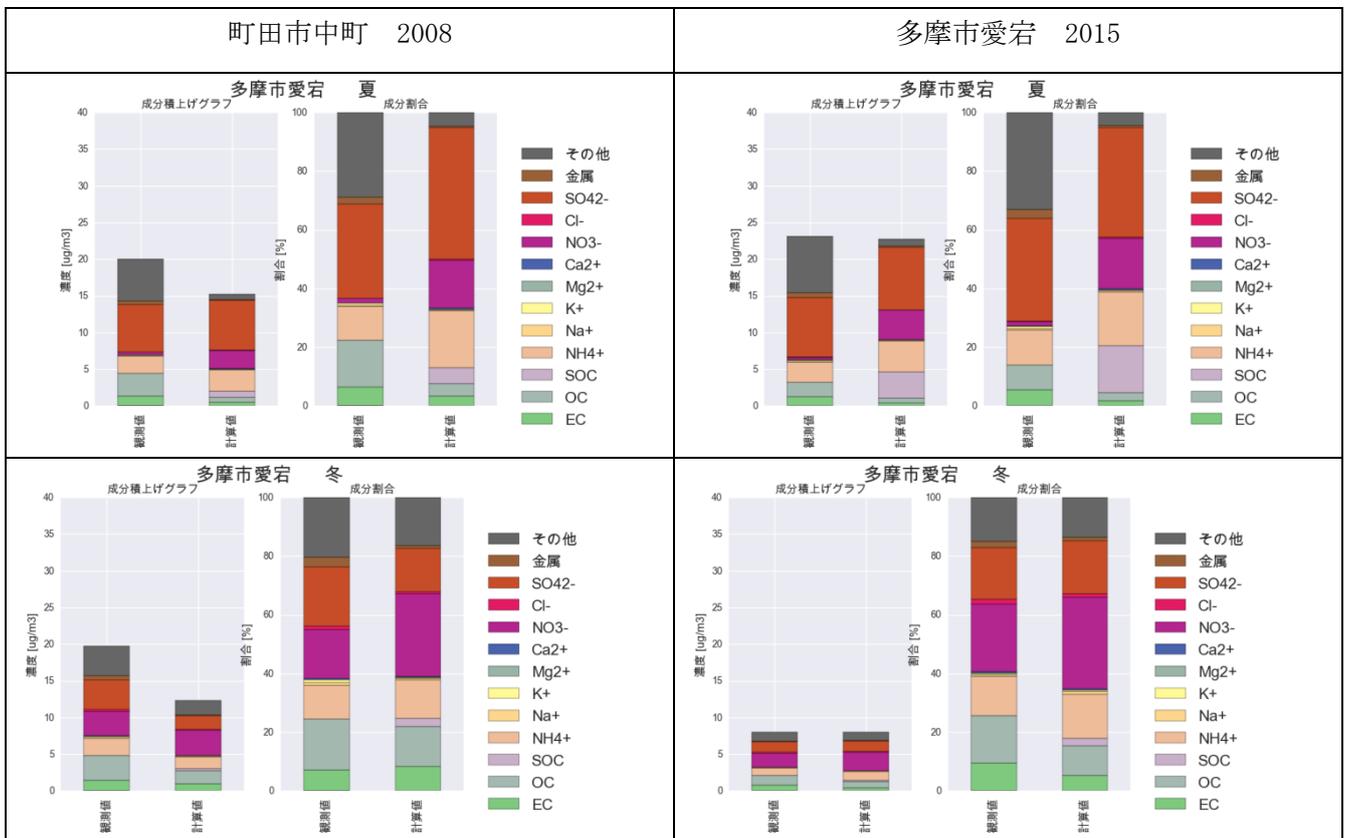


図 6 多摩市愛宕における PM2.5 成分の観測値と計算値の比較 (2008 年度は町田市中町の調査結果)

表4 足立区綾瀬でのPM2.5成分濃度の観測値と計算値の比較表

季節区分	夏						冬					
	2008			2015			2008			2015		
年度	観測値 (平均)	計算値 (平均)	比率	観測値 (平均)	計算値 (平均)	比率	観測値 (平均)	計算値 (平均)	比率	観測値 (平均)	計算値 (平均)	比率
質量濃度	18.34	15.91	0.87	24.66	27.1	1.1	22.8	13.79	0.6	11.46	9.03	0.79
EC	1.43	0.7	0.49	1.58	0.47	0.3	1.7	1.44	0.85	1.06	0.59	0.56
OC	2.81	0.77	0.27	2.21	0.7	0.32	3.91	2.13	0.54	1.6	1.11	0.69
NH4+	2.26	2.87	1.27	2.2	5.81	2.64	2.46	1.65	0.67	1.18	1.22	1.03
Na+	0.19	0.04	0.21	0.14	0.1	0.73	0.23	0.08	0.34	0.06	0.1	1.71
K+	0.16	0.03	0.2	0.09	0.04	0.42	0.22	0.07	0.3	0.07	0.05	0.71
Mg2+	0.01	0	0.51	0.02	0.01	0.47	0	0.01	inf	0.01	0.01	1.04
Ca2+	0.04	0.13	3.01	0.05	0.15	2.85	0.15	0.08	0.55	0.07	0.07	1
Cl-	0	0.05	inf	0.05	0.14	2.76	0.69	0.12	0.18	0.31	0.09	0.31
NO3-	0.46	2.04	4.39	0.39	4.95	12.67	3.46	3.56	1.03	2.24	2.71	1.21
S042-	6.54	8.12	1.24	6.6	12.14	1.84	4.04	1.97	0.49	1.44	1.48	1.03
金属	0.45	0.1	0.22	0.83	0.14	0.17	1.38	0.16	0.12	0.47	0.14	0.29
その他	3.99	0.7	0.18	10.66	0.96	0.09	4.56	2.28	0.5	2.97	1.34	0.45

* inf : 観測値が0であるため比率は発散している。

表5 多摩市愛宕でのPM2.5成分濃度の観測値と計算値の比較表（2008年度は町田市中町の調査結果）

季節区分	夏						冬					
	2008			2015			2008			2015		
年度	観測値 (平均)	計算値 (平均)	比率	観測値 (平均)	計算値 (平均)	比率	観測値 (平均)	計算値 (平均)	比率	観測値 (平均)	計算値 (平均)	比率
質量濃度	20.07	14.93	0.74	22.96	21.58	0.94	19.77	12.26	0.62	8.04	7.92	0.99
EC	1.31	0.53	0.4	1.27	0.4	0.31	1.43	1.02	0.71	0.77	0.41	0.54
OC	3.17	0.63	0.2	1.93	0.63	0.33	3.41	1.7	0.5	1.3	0.82	0.63
NH4+	2.3	2.94	1.28	2.75	4.18	1.52	2.29	1.61	0.7	1.07	1.19	1.11
Na+	0.1	0.04	0.36	0.13	0.09	0.7	0.18	0.05	0.31	0.04	0.07	1.94
K+	0.14	0.03	0.24	0.17	0.05	0.28	0.18	0.05	0.27	0.05	0.04	0.76
Mg2+	0	0	inf	0.03	0.01	0.37	0	0.01	inf	0	0.01	1.64
Ca2+	0.01	0.06	8.31	0.04	0.08	2.21	0.09	0.05	0.53	0.04	0.04	1.11
Cl-	0	0.04	inf	0.06	0.08	1.32	0.21	0.1	0.46	0.13	0.1	0.8
NO3-	0.34	2.49	7.26	0.31	3.95	12.77	3.29	3.48	1.06	1.86	2.48	1.33
SO42-	6.44	6.81	1.06	8.06	8.5	1.06	4.02	1.81	0.45	1.41	1.44	1.02
金属	0.46	0.09	0.2	0.7	0.15	0.21	0.64	0.12	0.19	0.16	0.09	0.58
その他	5.79	0.7	0.12	7.65	1.03	0.13	4.03	2.04	0.5	1.21	1.08	0.89

* inf：観測値が0であるため比率は発散している。