

4 まとめ

4.1 更なる削減対策の必要性

都内のPM_{2.5}の年平均値は、近年、長期基準の15 µg/m³付近で推移しており、2017年度の都内一般環境大気測定局におけるPM_{2.5}の年平均値は12.8 µg/m³であった（p.11 図2-1 参照）。一般環境大気測定局の環境基準達成率は、年によって変動しており、安定的に環境基準を達成する状態にするためには、更に年平均値を低減させる必要がある。

光化学オキシダントは、光化学スモッグ注意報発令基準である1時間値が0.12 ppm以上となった日は、減少傾向にある（p.41 図2-27 参照）。2015～2017年度の3年移動平均の延べ日数は118日と、2001～2003年度比で68%減少した。東京都が政策目標の指標としている、年間4番目に高い日最高8時間値の3年移動平均も同様に減少しており、2015～2017年度で0.09 ppmと、2001～2003年度の0.11 ppmから低下している（p.41 図2-28 参照）。しかし、都内の一般環境大気測定局の環境基準達成率は、1990年度以降0%の状態が継続しており、東京都の政策目標（年間4番目に高い日最高8時間値：0.07 ppm）についても未達成の状況であることから、更なる改善が求められる。

2001年度以降におけるPM_{2.5}濃度や光化学オキシダント濃度が低減している主な要因は、原因物質であるばいじん、NO_x、SO_x、VOCの排出を抑制する規制等が行われたことによる（p.5 図1-5 PM_{2.5}、光化学オキシダントの発生源と生成機構及びp.71～p.84 3.3 大気汚染物質発生源の状況参照）。

今後、環境基準や東京都政策目標の達成に向けて、PM_{2.5}は、レセプターモデルによる発生源寄与解析から二次生成粒子の占める割合が約6割から7割となっており、二次生成の原因物質であるNO_x、SO_x、VOCについて、発生源に対する削減対策を推進していくことが必要である（p.30～36 2.1.3（3）レセプターモデルを用いた発生源寄与解析参照）。

光化学オキシダントについては、原因物質であるNO_xとVOCの律速状態を考慮の上、バランスよく削減できるよう、発生源における削減対策を推進していくことが必要である。

4.2 シミュレーションに基づく将来濃度推計

4.2.1 将来濃度推計の実施

単純将来（Business as Usual : BaU）³¹における大気環境の状況を考察するため、PM_{2.5}及び光化学オキシダントの将来濃度について、シミュレーションモデルを用いて推計した。

将来濃度推計の対象年度は、東京都の政策目標達成年度とし、東京都政策目標の達成状況を推計の対象とした。

将来濃度の推計は、発生源寄与解析を実施した2015年度を基準年度とし、2015年度の測定局における測定結果に対して、シミュレーションモデルで得られる推計対象年度と2015年度の算出値の比率を乗じることで算出した。

（将来濃度推計 算出方法※）

$$[\text{目標年度の達成状況の推計結果}] = [\text{2015年度測定結果}] \times \frac{[\text{目標年度シミュレーション算出結果}]}{[\text{2015年度シミュレーション算出結果}]}$$

※ 推計対象とした東京都政策目標の達成状況は表のとおり

項目	目標年度	推計対象
PM _{2.5}	2024年度	年平均値（長期基準 15 µg/m ³ ）
		日平均値の98%値（短期基準 35 µg/m ³ ）
光化学オキシダント	2030年度	年間4番目に高い日最高8時間値の3年平均（0.07 ppm）

※ 光化学オキシダントの東京都政策目標値は3年平均で算出するが、気象条件を2015年度と同一としていることから、2030年度の年間4番目に高い日最高8時間値を将来推計の対象とした。

将来濃度推計に使用する気象条件や排出インベントリを設定を表4-1に示す。気象条件は、基準年度である2015年度と同じ気象条件を使用した。2015年度の気象条件は、例年より気温が高い傾向ではあったものの³²、平年から大きくかけ離れた異常気象等は一つであり³³、近年において平均的な気象条件であったと考えられる。国外における排出インベントリは、今後の将来情勢の予測には不確実性が大きく見込まれることから基準年度である2015年度に固定して推計した。国外における排出量は近年減少傾向でありその減少量を見込んでいない不確実性を持った推計であることに留意する必要がある。国内における排出インベントリについては、自動車やVOC発生施設等、既往の研究で将来推計が実施されている発生源は、推計年度と2015年度の比率を乗じることで推計した。既往研究で将来推計が実施されていない発生源については、2008年度と2015年度の推移を推計対象年度まで外挿して使用した。自然起源は、気象条件に合わせ2015年度とした。

³¹ 単純将来（Business as Usual : BaU）

既定施策の継続や統計情報の経年変化を基に設定した将来趨勢値。

³² 気象庁：報道発表資料 2015年（平成27年）の日本の天候（平成28年1月4日）、（2016）

³³ 気象庁：日本の異常気象，https://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/longfcst/extreme_japan/index.html（2019.3.20アクセス）

表 4-1 将来濃度推計に使用した気象条件と排出インベントリ

項目	使用年度	備考	
気象条件	2015 年度	基準年度である 2015 年度と同じ気象条件を使用	
国外排出インベントリ	2015 年度	今後の将来情勢予測には不確実性が大きく見込まれることから、2015 年度に固定して推計した。 ※国外の排出量は近年減少傾向であり、その減少量を考慮していない不確実性を持つことに留意する必要がある。	
国内排出インベントリ	2024/ 2030 年度	自動車	安定成長ケースにおける自動車保有台数にて、2015 年時点の平均車齢が維持されるとして推定
		建設機械	保有台数予想などより推定
		船舶	2020 年施行の IMO 国際条約規制等を反映
		大規模固定煙源（電気業、製造業）、民生（家庭・業務）	エネルギー環境総合戦略調査より推計
		VOC 発生施設	環境省 VOC インベントリ検討会推計値を基に予測
		その他の人為起源	2008 年度から 2015 年度の排出量トレンドを基に排出量を外挿して推計
		自然起源	基準年度である 2015 年度と同等とする。（火山・山火事などについても同様）
東京都排出インベントリ	2024/ 2030 年度	4.2.2 参照。	

※ 「自動車」、「建設機械」、「大規模固定煙源（電気業、製造業）」、「民生（家庭・業務）」、「VOC 発生施設」については、一般財団法人石油エネルギーセンター（2018）³⁴による 2025 年度低位排出量ケース³⁵の排出量推計結果と環境省インベントリの 2012 年度排出量を基に設定した年変化率から 2024 年度、2030 年度の排出量を推計した。

※ 「船舶」については、2024 年度、2030 年度ともに城田ら（2013）³⁶による 2020 年推計結果を基に設定した年変化率を使用した。

※ その他人為起源については、2008 年度と 2015 年度の排出量を基に設定した伸び率から排出量を推計した。

³⁴ 一般財団法人石油エネルギーセンター：平成 29 年度 JPEC 大気研究事業報告書（平成 30 年 3 月），（2018）

³⁵ 一般財団法人石油エネルギーセンター（2018）では、自動車以外の発生源については、現在の技術水準が今後も継続するケース（現状固定ケース）、自動車については、2015 年度時点の平均車両及び使用年数を維持するケースを 2025 年度低位排出量ケースとしており、当該ケースを本解析の将来濃度推計に使用した。

³⁶ 城田英之，横井威，亀山道弘，春海一佳：船舶から排出される大気汚染物質の現況及び将来排出量データの作成，海上安全技術研究所報告 13(3)，383-416（2013）

4.2.2 単純将来における都内大気汚染物質の発生源の状況

将来濃度の推計に用いる都内のNO_x、VOC、SO_xの単純将来排出量(BaU)については、既定の対策や統計情報の経年変化等を基に推計した(図4-1から図4-6及び表4-1から表4-3)。以下、物質ごとに将来排出量の変動について述べる。

(1) NO_x

NO_xの2015年度排出量は、41,050tであったのに対し、単純将来排出量は、2024年度に28,390t、2030年度に24,840tとなり、2030年度では2015年度と比較して約39%の減少を見込んでいる。

自動車については、2015年度排出量は17,520tであったのに対し、単純将来排出量では、大気汚染防止法に基づくNO_x排出規制による削減効果を反映した結果、2024年度の排出量は8,470t、2030年度の排出量は5,740tと推計されており、2030年度では2015年度と比較して約67%の減と大幅な減少を見込んだ。2030年度の都内NO_x排出量に占める自動車の割合は、約23%となり、2015年度と比較して縮小が見込まれるものの、ほかの排出源との比較において依然として最も大きい割合を占めている。

家庭は、2015年度排出量は5,280tであったのに対し、単純将来排出量では、2016年3月に策定した東京都環境基本計画における省エネルギー目標に基づく部門別エネルギー消費量を基に排出量の変化を予測した結果、2024年度の排出量は4,310t、2030年度の排出量は3,660tと推計されており、2030年度では2015年度と比較して約31%の減少を見込んだ。業務についても東京都環境基本計画における省エネルギー目標に基づく部門別エネルギー消費量を基に排出量の変化を予測した結果、2030年度の排出量は、2015年度と比較して約14%の減少を見込んだ。

航空機は、2015年度排出量は3,280tであったのに対し、単純将来排出量では、国土交通省が予測した離着陸回数を基に排出量の変化を予測した結果、2024年度の排出量は3,460t、2030年度の排出量は3,830tと推計されており、2030年度では2015年度と比較して約17%の増加を見込んだ。

建設機械は、2015年度排出量は3,500tであったのに対し、単純将来排出量では、オフロード法に基づくNO_x排出規制による削減効果を反映した結果、2024年度の排出量は1,430t、2030年度の排出量は1,330tと推計されており、2030年度では2015年度と比較して約62%の減と大幅な減少を見込んだ。

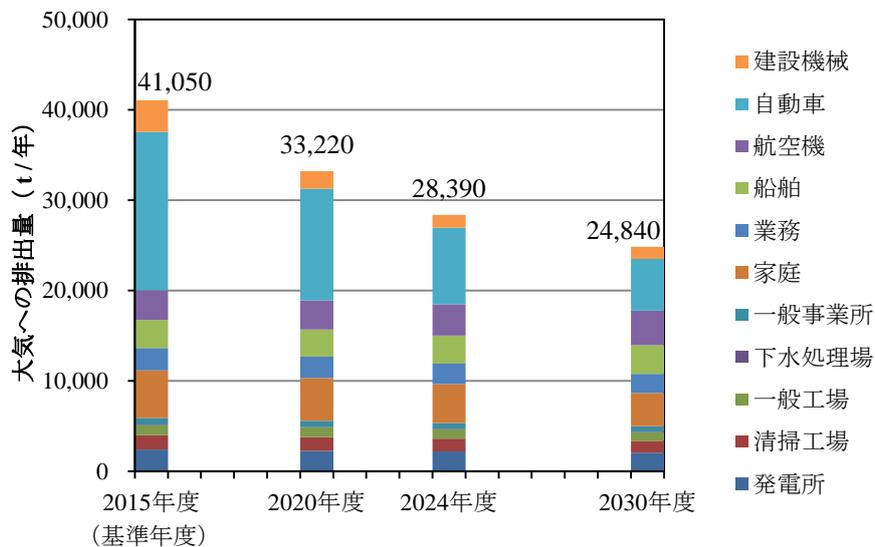


図 4-1 BaU に基づく NOx 排出量将来推計結果

※ 大気汚染物質排出量を推計した直近の年度である 2015 年度を基準年度として、単純将来 (BaU) に基づく排出量を推計した (2020 年度、2024 年度、2030 年度)。

表 4-2 BaU に基づく NOx 排出量 (t/年)

	発電所	清掃工場	一般工場	下水処理場	一般事業所	家庭	業務
2015年度	2,410	1,580	1,100	70	730	5,280	2,470
2020年度	2,290	1,500	1,050	70	690	4,740	2,350
2024年度	2,190	1,440	1,000	60	670	4,310	2,260
2030年度	2,050	1,340	940	60	620	3,660	2,120
2030年度の 2015年度対比率	85%	85%	85%	86%	85%	69%	86%

	船舶	航空機	自動車	建設機械	合計
2015年度	3,100	3,280	17,520	3,500	41,050
2020年度	3,020	3,210	12,360	1,950	33,220
2024年度	3,100	3,460	8,470	1,430	28,390
2030年度	3,170	3,830	5,740	1,330	24,840
2030年度の 2015年度対比率	102%	117%	33%	38%	61%

※ 発生源の排出量は 10 t 単位で数値を丸めており、本表で示す各発生源の総和と本表の合計は、四捨五入の関係で合わない場合がある。

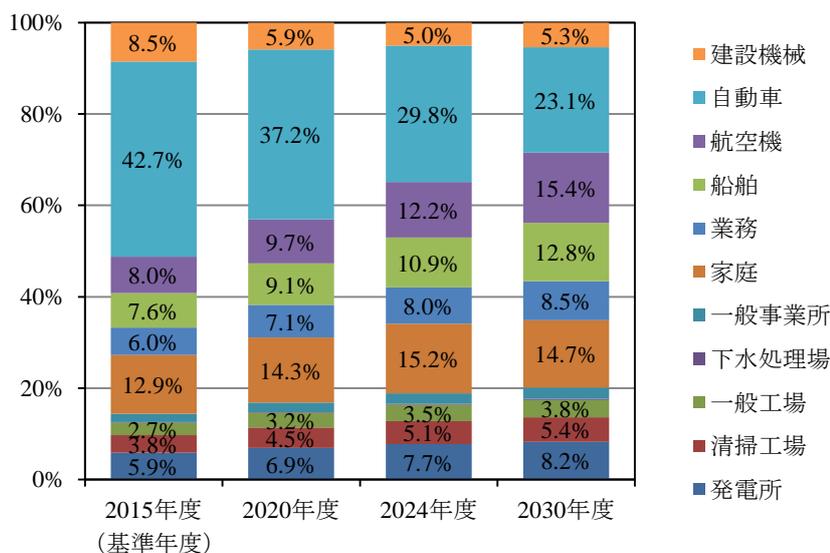


図 4-2 BaU に基づく NOx 排出量割合将来推計結果

※ 大気汚染物質排出量を推計した直近の年度である 2015 年度を基準年度として、単純将来 (BaU) に基づく排出量割合を推計した (2020 年度、2024 年度、2030 年度)。

(2) VOC

VOCの2015年度排出量は60,370 tであるのに対し、単純将来排出量は、2024年度に56,370 t、2030年度に53,390 tとなり、2030年度では2015年度と比較して約12%の減少を見込んでいる。

塗装（工場外）については、2015年度排出量は9,940 tであるのに対し、単純将来排出量では、塗料出荷数量等の経年変化を基に設定した伸び率から排出量を予測した結果、2024年度の排出量は10,420 t、2030年度の排出量は10,860 tと推計され、2030年度では2015年度と比較して約9%の増加を見込んだ。2030年度の都内VOC排出量に占める塗装（工場外）の割合は約20%となり、2015年度と比較して拡大し、2030年度において最も大きい割合を占めている。

民生部門（家庭・オフィスにおける日用雑貨等の使用時）については、2015年度排出量は10,470 tであるのに対し、単純将来排出量では、経年変化が比較的少ないと想定し、曜日別の変動を基に排出量を予測した結果、2024年度の排出量は10,330 t、2030年度は10,240 tと推計され、2030年度では2015年度と比較して約2%の減少にとどまると見込んだ。2030年度の都内VOC排出量に占める民生部門の割合は約19%となり、2015年度と比較して拡大し、2030年度において大きい割合を占めている。

給油等については、2015年度排出量は9,710 tであるのに対し、単純将来排出量では、経済産業省による石油製品需要見通しや石油連盟による国際石油需要見通しを基に排出量を予測した結果、2024年度の排出量は8,300 t、2030年度における排出量は7,360 tと推計されて、2030年度では2015年度と比較して約24%の減少を見込んだ。2030年度の都内VOC排出量に占める給油等の割合は約14%となり、2015年度と比較して縮小するものの、2030年度において依然として大きい割合を占めている。

クリーニングについては、2015年度排出量は4,090 tであるのに対し、単純将来排出量では、都民経済計算年報のサービス業における純生産額の経年変化を基に設定した伸び率から排出量を予測した結果、2024年度の排出量は4,570 t、2030年度における排出量は4,920 tと推計され、2030年度では2015年度と比較して約20%の増加を見込んだ。

塗装（工場内）については、2015年度排出量は4,440 tであるのに対し、単純将来排出量では、経済産業省の工業統計調査の製造品出荷額等や都民経済計算年報のサービス業における純生産額の経年変化を基に設定した伸び率から排出量を予測した結果、2024年度の排出量は4,660 t、2030年度における排出量は4,860 tと推計され、2030年度では2015年度と比較して約9%の増加を見込んだ。

自動車については、2015年度排出量は5,540 tであるのに対し、単純将来排出量では、大気汚染防止法に基づく新車に対するVOC排出規制による削減効果を反映した結果、2024年度の排出量は2,730 t、2030年度の排出量は2,270 tと推計されており、2030年度では2015年度と比較して約59%の減と大幅な減少を見込んだ。

また、接着剤（工場外）、接着剤（工場内）、金属表面処理等、航空機・船舶については、統計情報等の経年変化を基に排出量を予測した結果、2030年度の排出量は、2015年度と比較して増加を見込んだ。

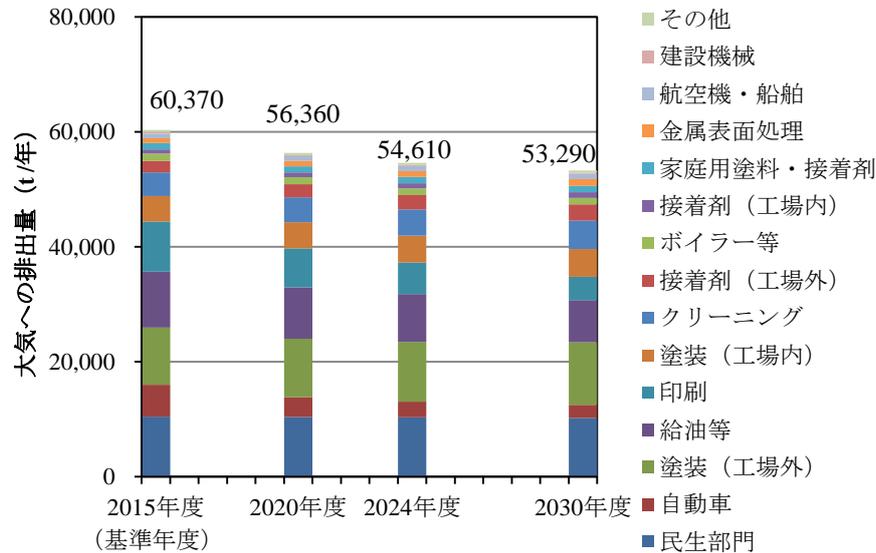


図 4-3 BaUに基づくVOC排出量将来推計結果

※ 大気汚染物質排出量を推計した直近の年度である2015年度を基準年度として、単純将来(BaU)に基づく排出量を推計した(2020年度、2024年度、2030年度)。

表 4-3 BaUに基づくVOC排出量(t/年)

	民生部門	自動車	塗装(工場外)	給油等	印刷	塗装(工場内)	クリーニング	接着剤(工場外)
2015年度	10,470	5,540	9,940	9,710	8,770	4,440	4,090	2,000
2020年度	10,400	3,460	10,180	8,930	6,780	4,550	4,350	2,240
2024年度	10,330	2,730	10,420	8,300	5,520	4,660	4,570	2,460
2030年度	10,240	2,270	10,860	7,360	4,050	4,860	4,920	2,830
2030年度の2015年度対比率	98%	41%	109%	76%	46%	109%	120%	142%

	ボイラー等	接着剤(工場内)	家庭用塗料・接着剤	金属表面処理	航空機・船舶	建設機械	その他	合計
2015年度	1,310	710	1,100	840	760	320	390	60,370
2020年度	1,240	800	1,100	940	810	180	390	56,360
2024年度	1,200	870	1,100	1,020	870	170	390	54,610
2030年度	1,120	1,000	1,100	1,160	950	160	390	53,290
2030年度の2015年度対比率	85%	141%	100%	138%	125%	50%	100%	88%

※ 発生源の排出量は10t単位で数値を丸めており、本表で示す各発生源の総和と本表の合計は、四捨五入の関係で合わない場合がある。

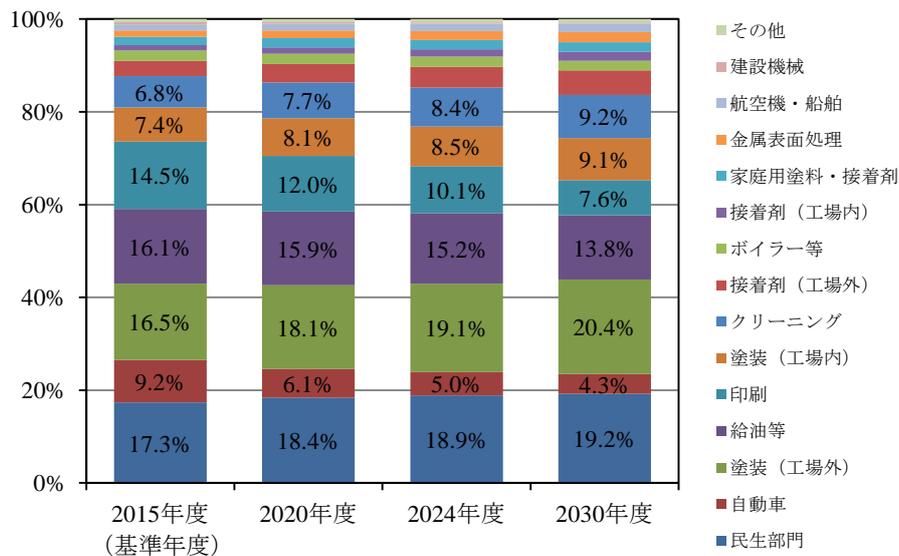


図 4-4 BaUに基づくVOC排出量割合将来推計結果

※ 大気汚染物質排出量を推計した直近の年度である2015年度を基準年度として、単純将来(BaU)に基づく排出量を推計した(2020年度、2024年度、2030年度)。

(3) SO_x

SO_x の 2015 年度排出量は 3,430 t であるのに対し、単純将来排出量は、2024 年度に 1,660 t、2030 年度に 1,610 t となり、2030 年度では 2015 年度と比較して約 53% の減少が見込まれている。

船舶については、2015 年度排出量は 2,410 t であるのに対し、単純将来排出量では、MARPOL 条約の改正に基づく燃料油中の硫黄分規制による削減効果を反映した結果、2024 年度の排出量は 740 t、2030 年度の排出量は 750 t と推計されており、2030 年度は 2015 年度と比較して約 69% の減と大幅な減少を見込んだ。

発電所については、2015 年度排出量は 520 t であるのに対し、単純将来排出量では、2024 年度排出量として 470 t、2030 年度排出量として 440 t と推計され、2030 年度の都内 SO_x 排出量に占める割合は約 27% となり、2015 年度と比較して拡大すると見込まれた。しかし、2016 年 4 月より長期計画停止となっている大井火力発電所の稼働を想定した結果となっており、同発電所は発電所全体の SO_x 排出量の大半を占めている。このことから、大井火力発電所の停止が継続された場合において、発電所からの排出量は大幅に減少すると予想される。

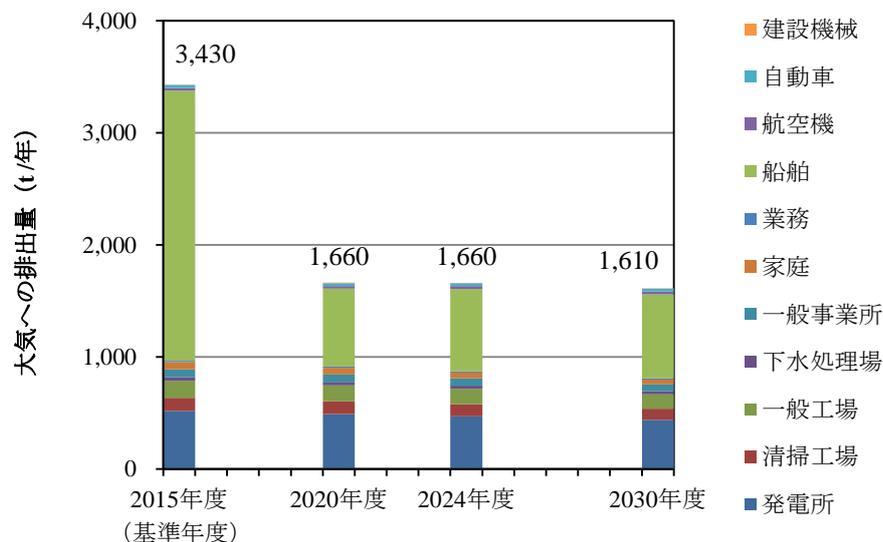


図 4-5 BaU に基づく SOx 排出量将来推計結果

※ 大気汚染物質排出量を推計した直近の年度である 2015 年度を基準年度として、単純将来 (BaU) に基づく排出量を推計した (2020 年度、2024 年度、2030 年度)。

表 4-4 BaU に基づく SOx 排出量 (t/年)

	発電所	清掃工場	一般工場	下水処理場	一般事業所	家庭	業務
2015年度	520	120	150	30	70	60	10
2020年度	490	110	140	30	70	60	10
2024年度	470	110	140	30	60	50	10
2030年度	440	100	130	30	60	50	10
2030年度の 2015年度対比率	85%	83%	87%	100%	86%	83%	100%

	船舶	航空機	自動車	建設機械	合計
2015年度	2,410	20	30	4	3,430
2020年度	700	20	30	4	1,660
2024年度	740	20	30	4	1,660
2030年度	750	30	20	4	1,610
2030年度の 2015年度対比率	31%	150%	67%	100%	47%

※ 発生源の排出量は 10 t 単位で数値を丸めており、本表で示す各発生源の総和と本表の合計は、四捨五入の関係で合わない場合がある。

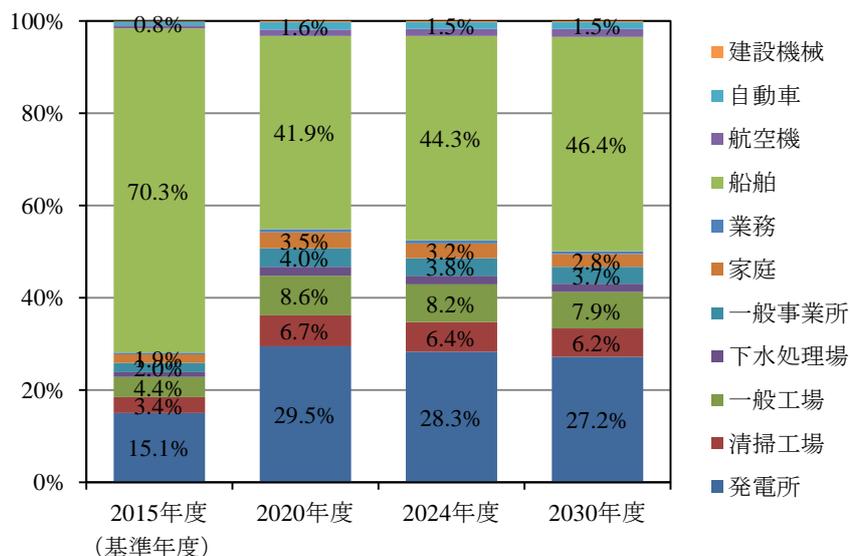


図 4-6 BaU に基づく SOx 排出量割合将来推計結果

※ 大気汚染物質排出量を推計した直近の年度である 2015 年度を基準年度として、単純将来 (BaU) に基づく排出量割合を推計した (2020 年度、2024 年度、2030 年度)。

4.2.3 将来濃度推計結果

(1) PM_{2.5} 将来濃度推計 (2024 年度)

PM_{2.5} について、2024 年度単純将来濃度を推計した結果、一般環境大気測定局の年平均値は 11.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、98%値は 27.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ となり、長期基準達成局数は 47 局中 47 局、短期基準達成局数は 47 局中 47 局となり、環境基準達成率は 100%と推計された (図 4-7)。自動車排出ガス測定局における単純将来濃度推計では、年平均値は 12.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、98%値は 28.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ となり、長期基準達成局数は 35 局中 34 局、短期基準達成局数は 35 局中 34 局となり、環境基準達成率は 94.3%と推計されたが、長期基準を超過した測定局の年平均値は 15.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、短期基準を超過した測定局の 98%値は 35.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった (図 4-8)。

PM_{2.5} は、単純将来として設定した 2024 年度に東京都政策目標をおおむね達成する見込みと推測された。ただし、本推計は 2015 年度の気象条件を基に推計しており、気象条件によって PM_{2.5} 濃度が変動する可能性がある。また、本シミュレーションモデルの関東域における格子解像度 (5 km) では、自動車排出ガス測定局の局所的な影響については考慮できず、自動車排出ガス測定局における単純将来濃度は、格子内の平均的な状況を推計した PM_{2.5} 濃度と自動車排出ガス測定局の測定結果を基に推計していることに留意する必要がある。

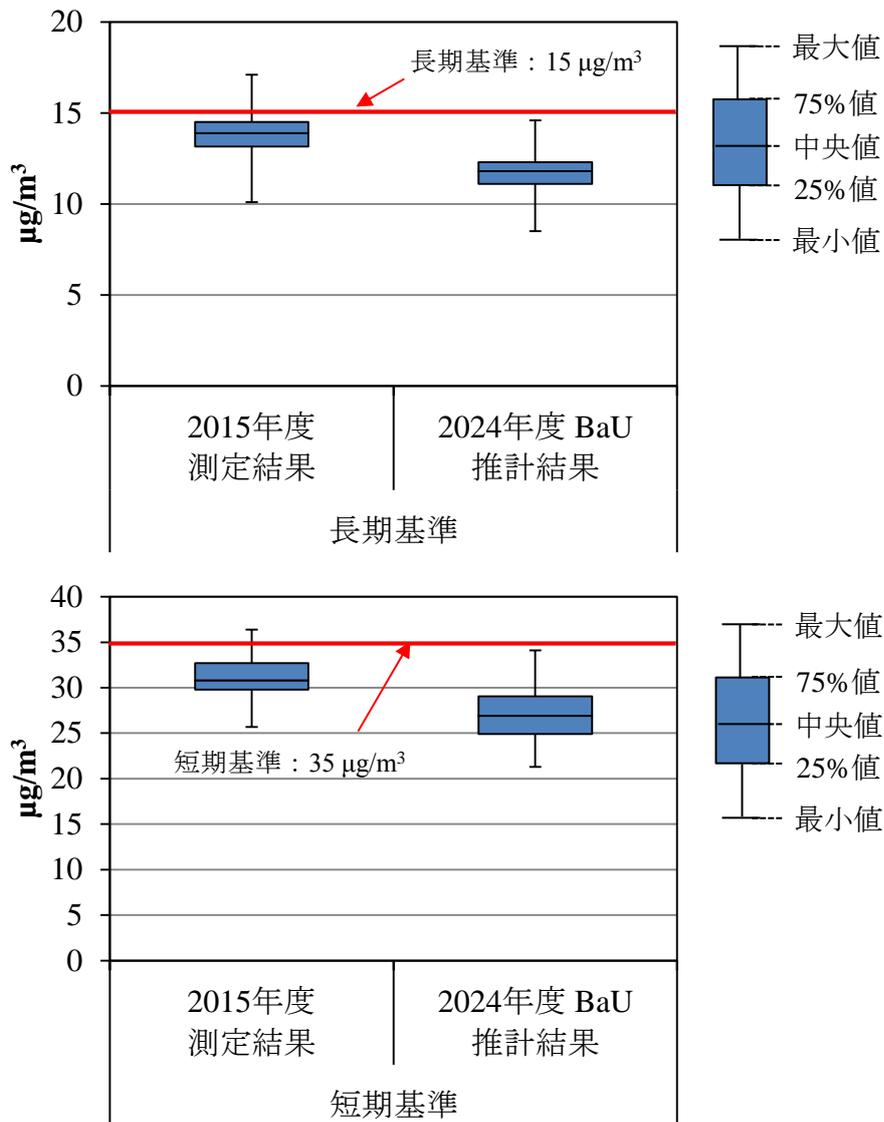


図 4-7 PM_{2.5}の大気環境濃度の将来濃度推計結果（2024年度：東京都内一般環境大気測定局）上図：長期基準、下図：短期基準

- ※ BaUは単純将来（Business as Usual：BaU）を示す。
- ※ 箱ひげ図は、一般環境大気測定局47局の最大値及び最小値を示し、箱の中央線は中央値、上端は第3四分位数（75%値）、下端は第1四分位数（25%値）を示す。
- ※ 将来推計に当たっては、2015年度の気象条件を基に推計した結果であり、気象条件によってPM_{2.5}濃度が変動する可能性があることに留意する必要がある。

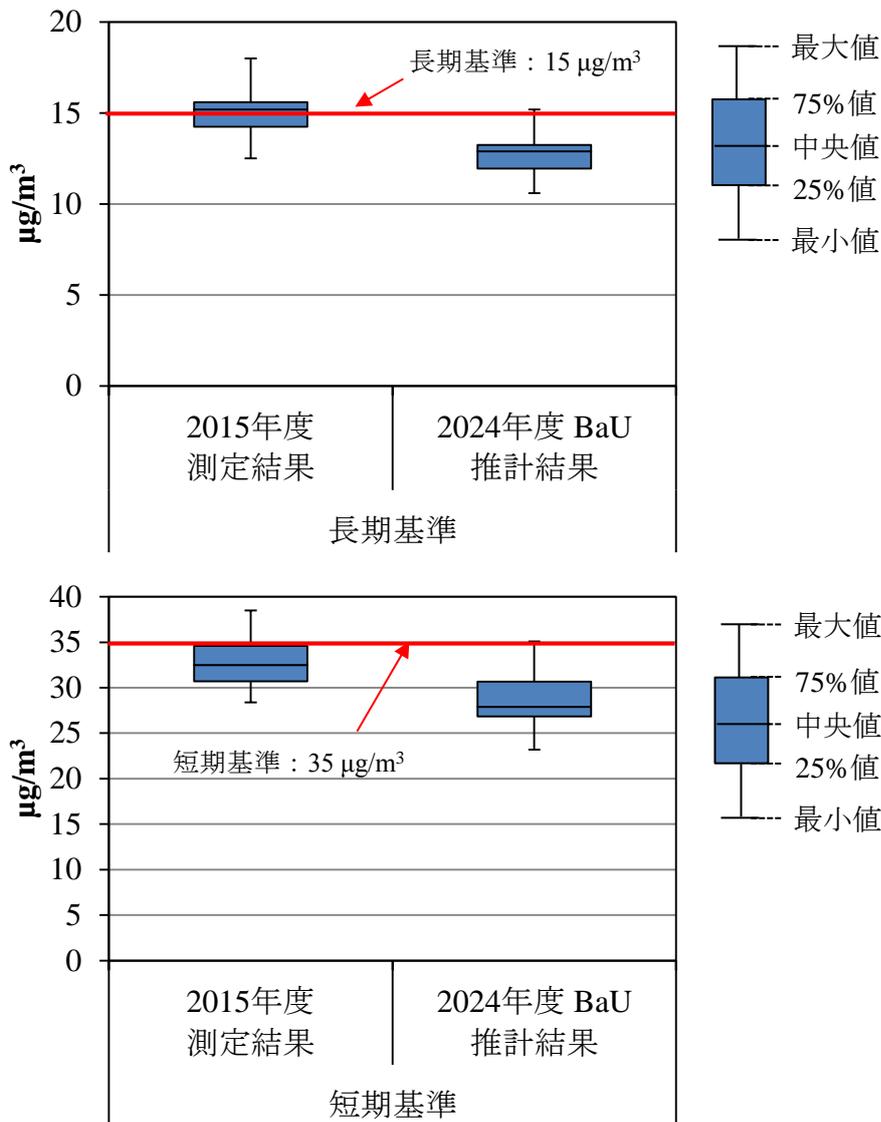


図 4-8 PM_{2.5}の大気環境濃度の将来濃度推計結果（2024年度：東京都内自動車排出ガス測定局）上図：長期基準、下図：短期基準

- ※ BaUは単純将来（Business as Usual：BaU）を示す。
- ※ 箱ひげ図は、自動車排出ガス測定局35局の最大値及び最小値を示し、箱の中央線は中央値、上端は第3四分位数（75%値）、下端は第1四分位数（25%値）を示す。
- ※ 将来推計に当たっては、2015年度の気象条件を基に推計した結果であり、気象条件によってPM_{2.5}濃度が変動する可能性があることに留意する必要がある。
- ※ シミュレーションモデルの関東域における格子解像度（5 km）では、自動車排出ガス測定局の局所的な影響については考慮できず、自動車排出ガス測定局における単純将来濃度は、格子内の平均的な状況を推計したPM_{2.5}濃度と自動車排出ガス測定局の測定結果を基に推計していることに留意する必要がある。

(2) 光化学オキシダント将来濃度推計 (2030 年度)

① 単純将来濃度推計

光化学オキシダントの単純将来における将来濃度推計は、2015 年度測定結果において日最高 8 時間値が高濃度となった 7 月 26 日から 8 月 7 日までの期間を対象とし、年間 4 番目に高い日最高 8 時間値を観測した日（測定局によっては年間 3 番目または 2 番目と更に高い濃度を観測した日）における 2030 年度の単純将来濃度を推計した。

将来濃度推計の結果、東京都政策目標「全ての測定局で 0.07 ppm 以下（年間 4 番目に高い日最高 8 時間値の 3 年平均）」を達成する測定局は、41 局中 10 局であり、単純将来として設定した 2030 年度では、東京都政策目標を達成することは困難であると推測された。濃度推計値は、一般環境大気測定局において、平均値で 0.076 ppm、最大値で 0.099 ppm、最小値で 0.065 ppm となった。

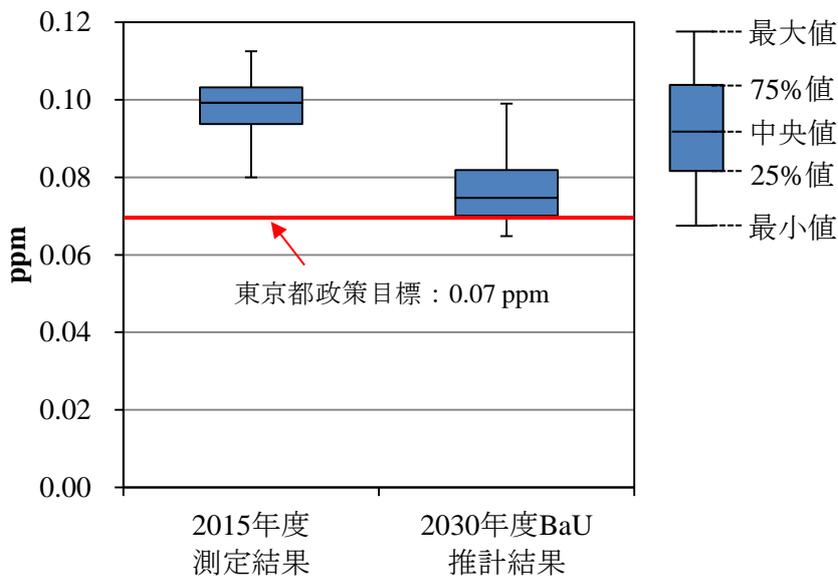


図 4-9 光化学オキシダントの大気環境濃度の将来濃度推計結果 (2030 年度：東京都内一般環境大気測定局)

- ※ BaU は単純将来 (Business as Usual : BaU) を示す。
- ※ 各測定局の年間 4 番目に高い日最高 8 時間値を観測した日（測定局によっては年間 3 番目または 2 番目と更に高い濃度を観測した日）における濃度推計値。
- ※ 箱ひげ図は、一般環境大気測定局 41 局の最大値及び最小値を示し、箱の中央線は中央値、上端は第 3 四分位数 (75% 値)、下端は第 1 四分位数 (25% 値) を示す。
- ※ 将来推計に当たっては、2015 年度の気象条件を基に推計した結果であり、気象条件によって光化学オキシダント濃度が変動する可能性があることに留意する必要がある。

都内の光化学オキシダント濃度は、気象条件等によって高濃度となる地域が異なっており、2030 年度の単純将来濃度の推計結果でも区部と多摩部で政策目標の達成状況に差異がみられた（区部：4 局達成、多摩部：7 局達成）ことから、区部と多摩部に分けて 2015 年度測定値と 2030 年度濃度推計値を比較した。比較対象とする日は、2015 年度測定結果において、日最高 8 時間値を区部及び多摩部でそれぞれ平均し、年間 4 番目に高い結果となった 8 月 1 日（区部）及び 7 月 27 日（多摩部）とした。

比較の結果、多摩部の 2030 年度濃度推計値は、2015 年度測定値と比較して大幅に低減していた。一方、区部では多摩部と比較して濃度低減の幅は小さく、一部の測定局におい

て2030年度濃度推計値は、2015年測定値と比較して上昇する結果となった。(図4-10、図4-11)。

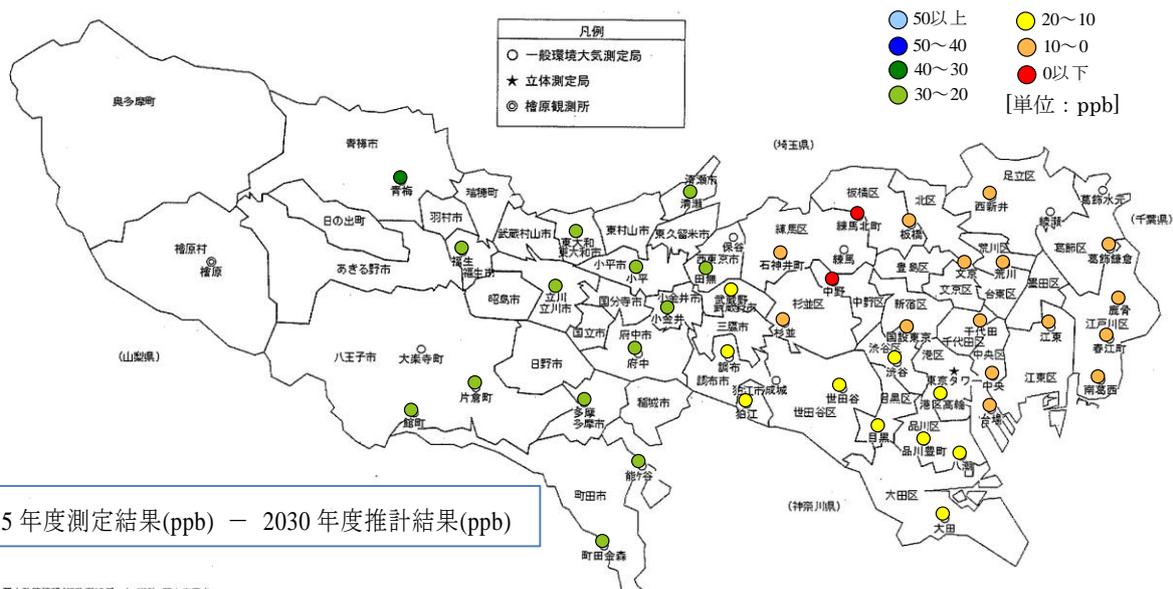
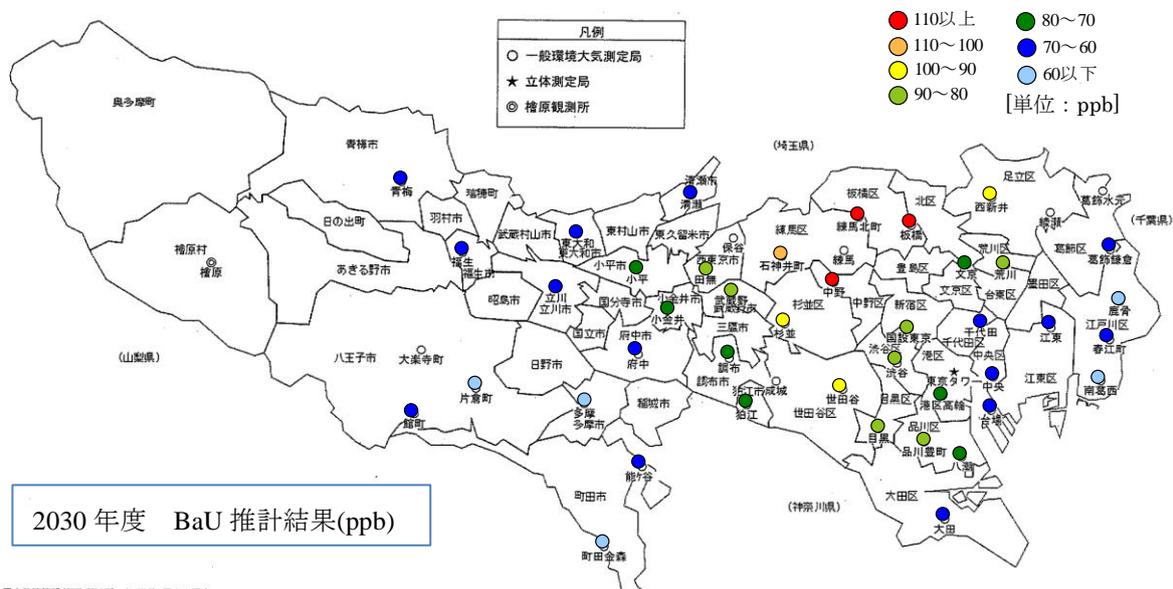
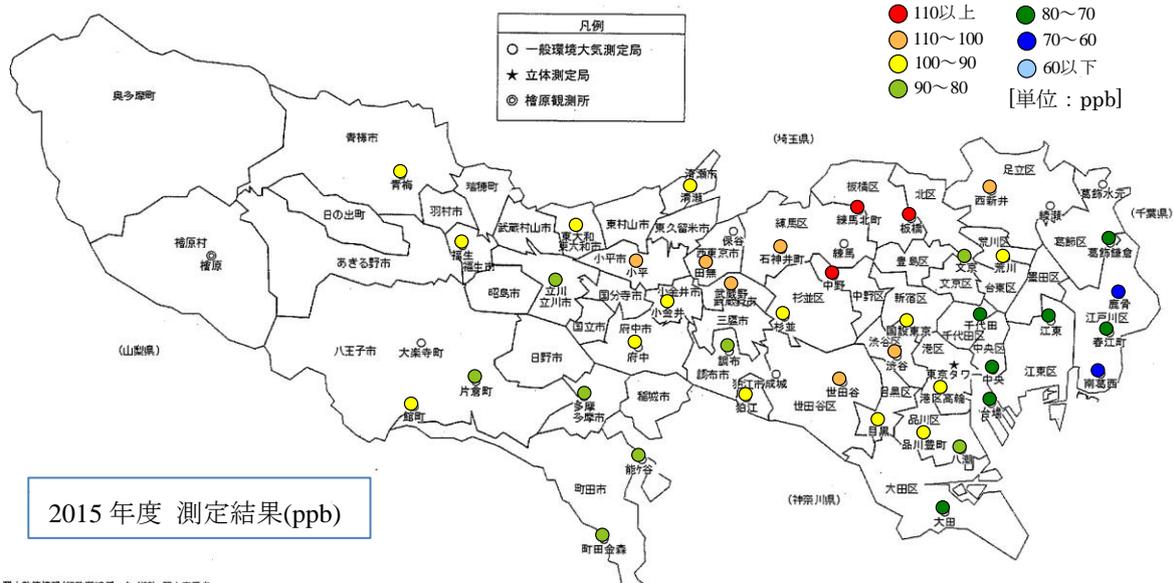


図 4-10 東京都内における光化学オキシダント日最高8時間値(8月1日(土))

上図: 2015年度、中図: 2030年度(BaU)、下図: 2030年度BaUと2015年度の濃度差

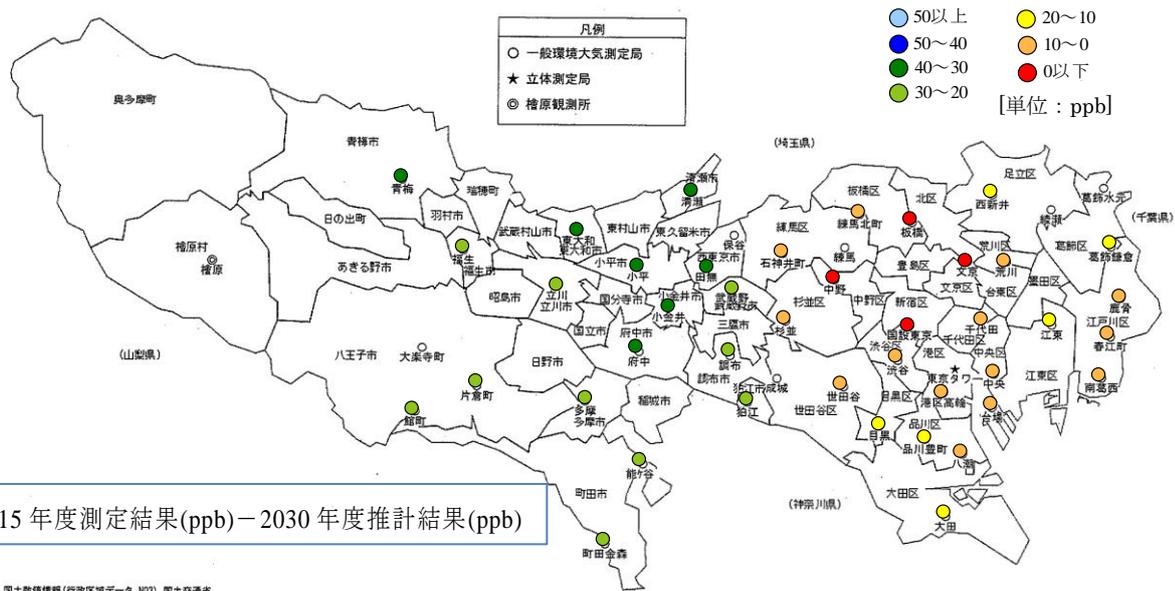
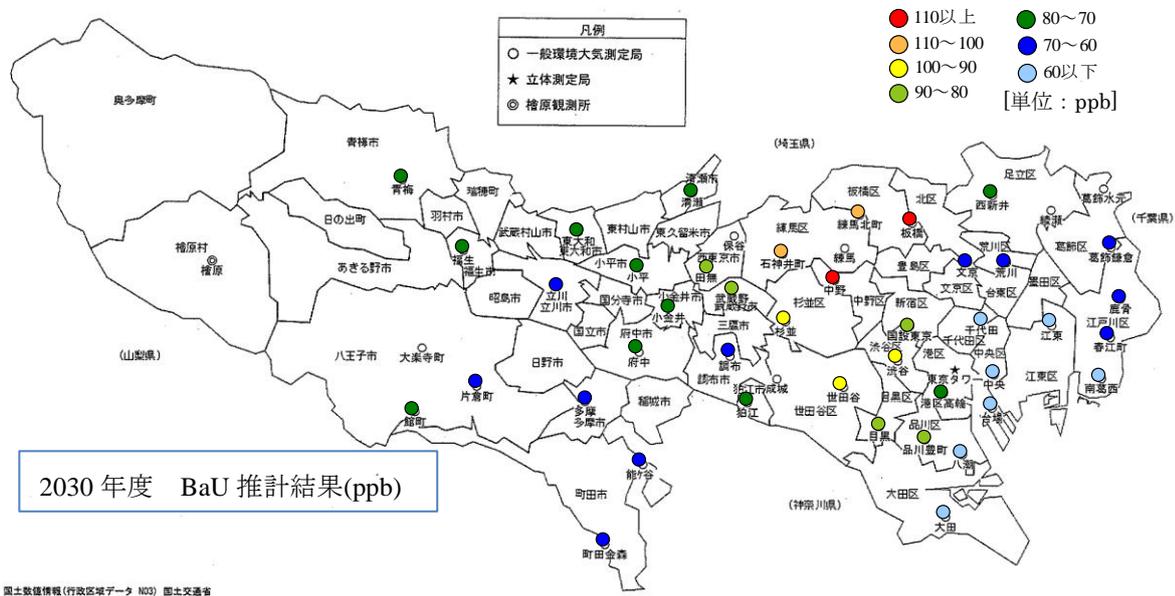
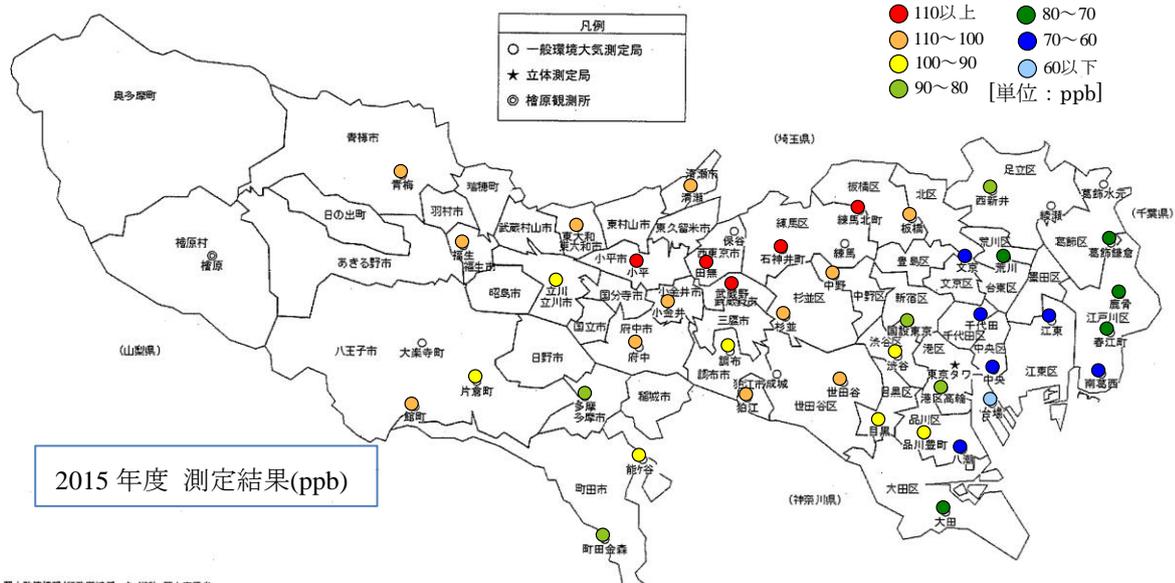


図 4-11 東京都内における光化学オキシダント日最高8時間値(7月27日(月))

上図: 2015年度、中図: 2030年度(BaU)、下図: 2030年度BaUと2015年度の濃度差

② NO_x・VOC 追加削減時の都内全体における濃度推計結果

光化学オキシダントの単純将来の濃度推計では、東京都政策目標を達成することが困難であると推測されたことから、光化学オキシダントの原因物質である NO_x 及び VOC の排出量を 2030 年度単純将来 (BaU) の結果に加えて削減した場合の濃度推計を実施した。

原因物質の削減による光化学オキシダント濃度の低減効果の傾向を明確に考察するため、自然起源を除く関東域のシミュレーション対象領域における NO_x と VOC の排出量を 2030 年度 BaU に加えて 5 割と大きく削減した場合において、光化学オキシダント濃度を推計した (a)2030 年度 BaU の結果に加えて NO_x を更に 5 割削減した場合、(b) 2030 年度 BaU の結果に加えて VOC を更に 5 割削減した場合、(c) 2030 年度 BaU の結果に加えて NO_x と VOC の双方を更に 5 割削減した場合)。

(a) 2030 年度 BaU に加えて NO_x を 5 割削減した場合

光化学オキシダント濃度は、全局平均値で 0.069 ppm となり、2030 年度 BaU による濃度推計結果と比べて低減傾向を示した。一方、全局最大値では 0.102 ppm となり、2030 年度 BaU よりも上昇する結果となった。

(b) 2030 年度 BaU に加えて VOC を 5 割削減した場合

光化学オキシダント濃度は、全局平均値で 0.073 ppm、全局最大値で 0.085 ppm となり、2030 年度 BaU と比べて低減傾向を示した。

(c) 2030 年度 BaU に加えて NO_x と VOC を 5 割削減した場合

光化学オキシダント濃度は、全局平均で 0.068 ppm、全局最大値で 0.094 ppm となり、2030 年度 BaU よりも低減する結果となった (図 4-12)。

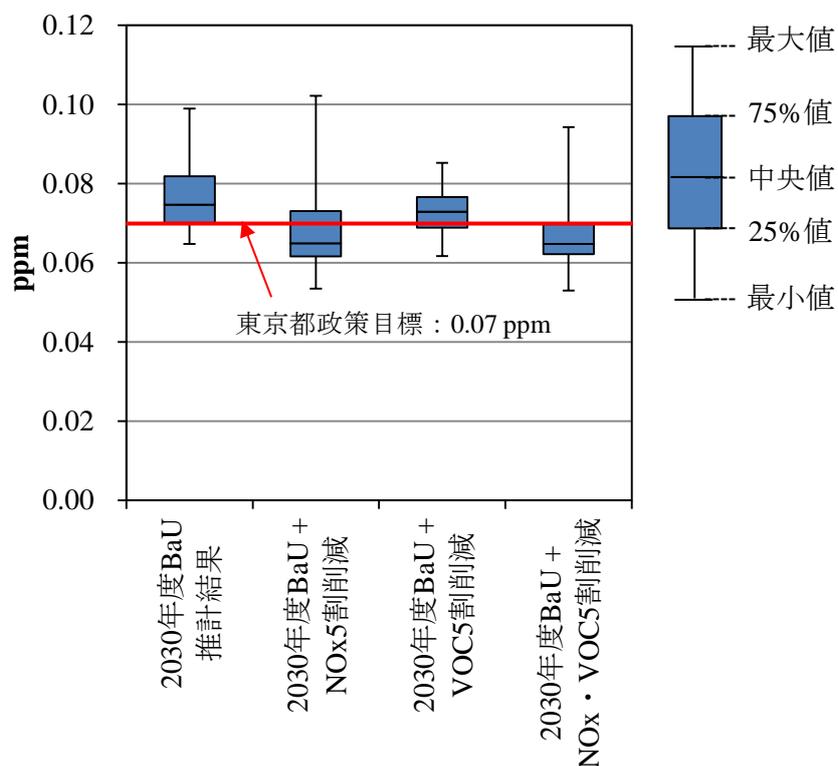


図 4-12 NO_x 及び VOC の追加削減による光化学オキシダント濃度推計結果（東京都内一般環境大気測定局）

- ※ BaU は単純将来（Business as Usual : BaU）を示す。
- ※ 各測定局の年間 4 番目に高い日最高 8 時間値を観測した日（測定局によっては年間 3 番目または 2 番目と更に高い濃度を観測した日）における濃度推計値。
- ※ 箱ひげ図は、一般環境大気測定局 41 局の最大値及び最小値を示し、箱の中央線は中央値、上端は第 3 四分位数（75%値）、下端は第 1 四分位数（25%値）を示す。
- ※ 自然起源を除く関東域のシミュレーション対象領域における NO_x または VOC の排出量を 2030 年度 BaU に加えて 5 割削減した。
- ※ 将来推計に当たっては、2015 年度の気象条件を基に推計した結果であり、気象条件によって光化学オキシダント濃度が変動する可能性があることに留意する必要がある。

③ NO_x・VOC 追加削減時の地域別濃度推計結果

2030 年度 BaU における光化学オキシダントの将来濃度推計結果で、区部と多摩部で傾向に違いがみられたことから、p.114 の②で推計した 2030 年度 BaU に加えて NO_x 及び VOC を削減した場合について、区部と多摩部に分けて考察を行った（図 4-13）。

(a) 2030 年度 BaU に加えて NO_x を 5 割削減した場合

区部の光化学オキシダント濃度は、2030 年度 BaU と比べて低減傾向にあるが、測定局の最大値は 2030 年度 BaU と比べて上昇するなど、一部の測定局では 2030 年度 BaU より上昇する結果となった。一方、多摩部の光化学オキシダント濃度は、いずれの測定局においても濃度が低減する結果となった。

(b) 2030 年度 BaU に加えて VOC を 5 割削減した場合

区部の光化学オキシダント濃度は、2030 年度 BaU と比べて低減傾向にあり、測定局最大値は (a) から (c) の中で最も低減する結果となった。一部の測定局において光化学オキシダント濃度の上昇が確認されたが、上昇濃度はごくわずかであった (0.001 ppm 未満)。一方、多摩部の光化学オキシダント濃度は、いずれの測定局においても 2030 年度 BaU と比べて低減する結果となった。

(c) 2030 年度 BaU に加えて NO_x・VOC を 5 割削減した場合

区部の光化学オキシダント濃度は、2030 年度 BaU と比べて低減傾向にあるが、一部の測定局では上昇する結果となり、(a) と (b) の中間的な効果 (NO_x 削減時よりも低減効果はあるが VOC 削減時よりも低減効果は小さい) を示した。一方、多摩部の光化学オキシダント濃度は、いずれの測定局においても 2030 年度 BaU と比べて低減する結果となり、測定局最大値も (a) から (c) の中で最も低減する結果となった。

NO_x の排出削減により、多摩部の光化学オキシダントの低減幅は、区部よりも大きくなったことから、多摩部では区部よりも NO_x 律速であり、NO_x を削減することで光化学オキシダントの低減効果が大きくなると考えられる。一方、区部では、NO_x の排出削減により光化学オキシダント濃度は低減傾向を示すものの、一部の測定局では光化学オキシダント濃度が上昇することから、地点によって区部では多摩部よりも NO のタイトレーション効果の影響により光化学オキシダント濃度が上昇する VOC 律速であると考えられる。

また、関東域において、光化学オキシダント濃度が高かった 7 月 26 日 (日)、7 月 27 日 (月) に着目した場合の追加削減時の地域別濃度推計結果を図 4-15、図 4-16 に示す。7 月 26 日では、2030 年度 BaU に加えて NO_x を 5 割削減した場合、関東域全体で光化学オキシダント濃度が低減した一方、7 月 27 日では 2030 年度 BaU に加えて NO_x を 5 割削減した場合、南関東の東京湾周辺において光化学オキシダント濃度が上昇する結果となった（図 4-15、図 4-16）。光化学オキシダントが高濃度となる条件によって、光化学オキシダントの律速状態が異なると考えられる。

VOC の排出削減により、区部、多摩部の光化学オキシダント濃度は、いずれも測定局最大値が低減したことから、VOC を削減することで、高濃度域における光化学オキシダント濃度が低減することが示唆された。

東京都政策目標の達成に向けて、東京都内全域で光化学オキシダント濃度を低減するためには、オキシダント生成に係る NO_x、VOC の律速状態を考慮し、NO_x と VOC においてバランスのとれた削減が求められる（図 4-14）。

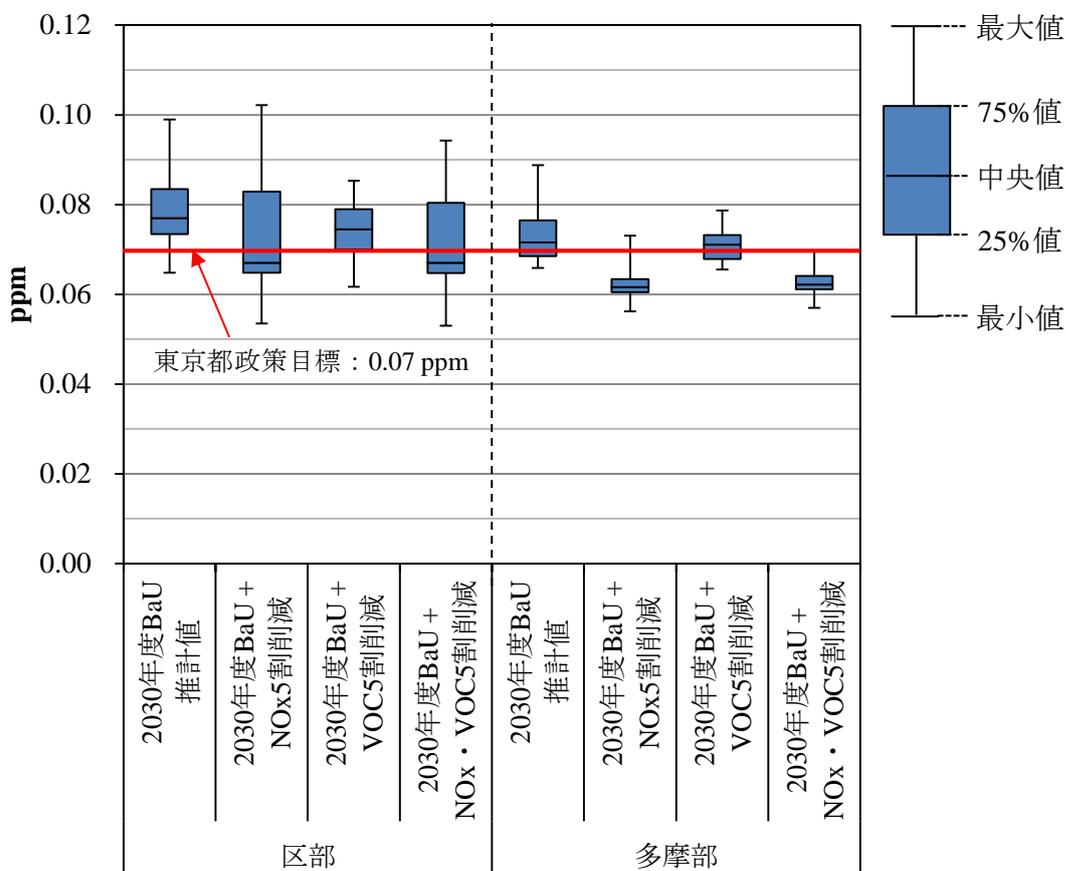
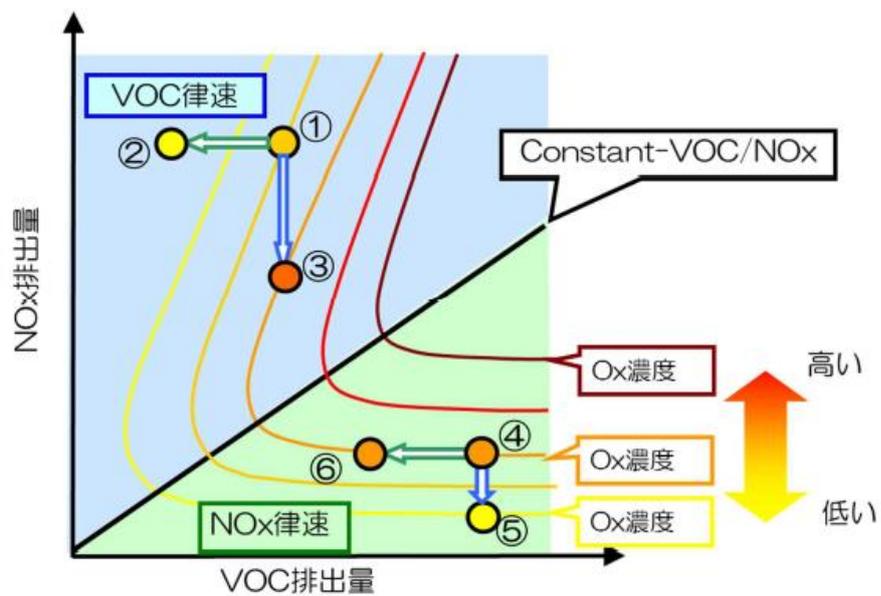


図 4-13 NO_x 及び VOC の追加削減による光化学オキシダント濃度推計結果（多摩部・区部における一般環境大気測定局）

- ※ BaU は単純将来（Business as Usual：BaU）を示す。
- ※ 各測定局の年間 4 番目に高い日最高 8 時間値を観測した日（測定局によっては年間 3 番目または 2 番目と更に高い濃度を観測した日）における濃度推計値。
- ※ 箱ひげ図は、一般環境大気測定局の最大値及び最小値を示し、箱の中央線は中央値、上端は第 3 四分位数（75%値）、下端は第 1 四分位数（25%値）を示す。
- ※ 自然起源を除く関東域のシミュレーション対象領域における NO_x または VOC の排出量を 2030 年度 BaU に加えて 5 割削減した。
- ※ 将来推計に当たっては、2015 年度の気象条件を基に推計した結果であり、気象条件によって光化学オキシダント濃度が変動する可能性があることに留意する必要がある。



【VOC-律速】 VOC排出量の低下でO₃濃度は低下する(①→②)が
 NO_x排出量の低下ではO₃濃度はほとんど変化しないか増加する(①→③)。
 【NO_x-律速】 NO_x排出量の低下でO₃濃度は低下する(④→⑤)が、
 VOC排出量が低下してもO₃はほとんど変化しない(④→⑥)。

図 4-14 オゾン反応における律速状態の概念図（環境省（2017）より引用³⁷⁾

³⁷⁾ 環境省：光化学オキシダント調査検討会 報告書（平成 29 年 3 月），（2017）

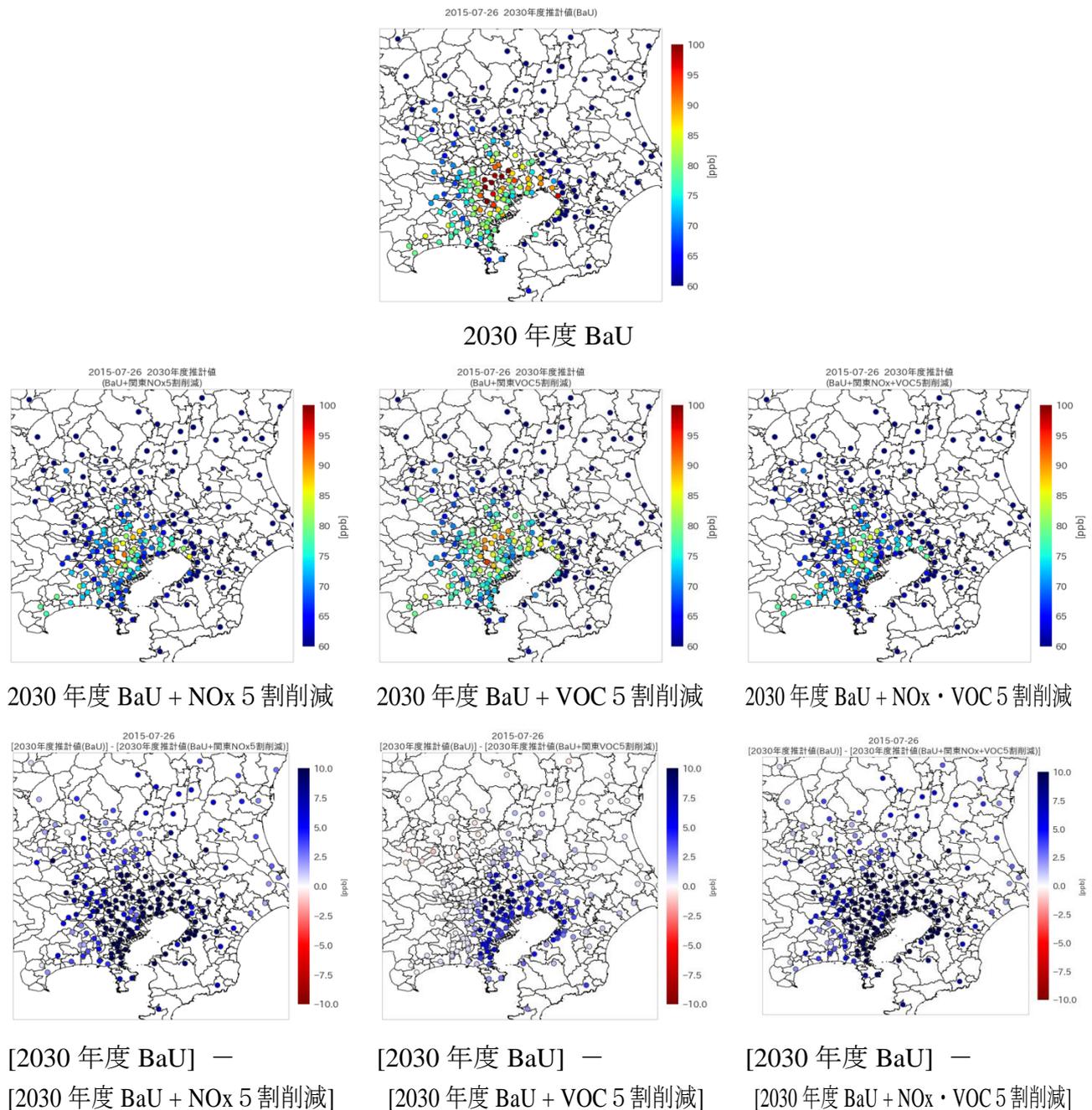


図 4-15 関東域における NO_x 及び VOC の追加削減による光化学オキシダント日最高 8 時間値推計結果（関東領域：7 月 26 日（日））

上図：2030 年度 BaU、中図：各追加削減による濃度推計結果、

下図：2030 年度 BaU と各追加削減による濃度推計結果

- ※ BaU は単純将来（Business as Usual：BaU）を示す。
- ※ 自然起源を除く関東域のシミュレーション対象領域における NO_x または VOC の排出量を 2030 年度 BaU に加えて 5 割削減した。
- ※ 将来濃度推計に当たっては、2015 年度の気象条件を基に推計した結果であり、気象条件によって光化学オキシダント濃度が変動する可能性があることに留意する必要がある。

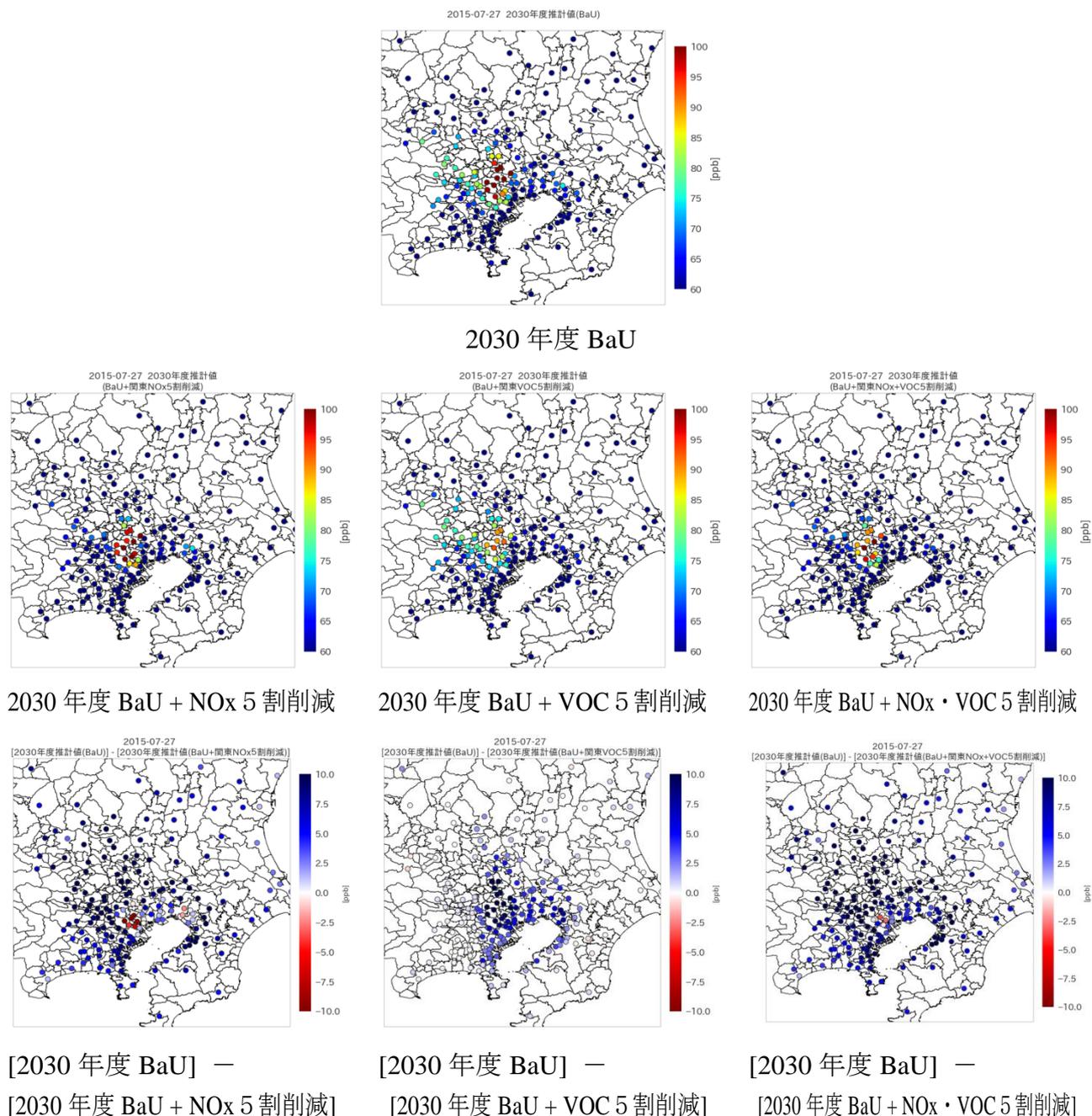


図 4-16 関東域における NO_x 及び VOC の追加削減による光化学オキシダント日最高 8 時間値推計結果（関東領域：7 月 27 日（月））

上図：2030 年度 BaU、中図：各追加削減による濃度推計結果、

下図：2030 年度 BaU と各追加削減による濃度推計結果

- ※ BaU は単純将来（Business as Usual：BaU）を示す。
- ※ 自然起源を除く関東域のシミュレーション対象領域における NO_x または VOC の排出量を 2030 年度 BaU に加えて 5 割削減した。
- ※ 将来濃度推計に当たっては、2015 年度の気象条件を基に推計した結果であり、気象条件によって光化学オキシダント濃度が変動する可能性があることに留意する必要がある。

4.3 今後の対策の方向性

4.3.1 基本的な対策の方向性

PM_{2.5}については、シミュレーションモデルを用いた将来濃度推計の結果、単純将来として設定した場合には、東京都政策目標である環境基準をおおむね達成できる見込みが示された。ただし、本推計では、2015年度の気象条件を基に推計しており、将来的な気象条件によってPM_{2.5}濃度が変動する可能性があることに留意する必要がある。また、米国では、根拠となる科学的知見を見直し2013年にPM_{2.5}の環境基準を12 µg/m³に改定しており、世界保健機構（WHO）では、ガイドライン値として年平均値10 µg/m³を示している。東京都が目指す世界の大都市の中で最も水準の高い良好な大気環境を実現するためにも、PM_{2.5}について、現行の環境基準に満足せず、今後更なる改善のために既定の対策の継続と新たな対策によるPM_{2.5}濃度低減が求められる。PM_{2.5}成分分析結果やシミュレーションモデル、レセプターモデルによるPM_{2.5}の発生源寄与割合の推計結果では、PM_{2.5}は多様な発生源（自動車、大規模固定発生源、アンモニア発生源等³⁸）の寄与からなり、二次生成粒子の寄与割合も大きい。PM_{2.5}の濃度低減のためには、その原因物質であるNO_x、VOC、SO_x対策が必要である。

光化学オキシダントの低減対策を検討する場合、光化学オキシダント生成に係るNO_x及びVOCの律速状態を考慮し、NO_xとVOCにおいてバランスのとれた削減が求められる。

シミュレーションモデルによる将来濃度推計の結果、単純将来として設定した場合には、光化学オキシダント濃度の低減が図られるものの、東京都政策目標「目標年次2030年度に全ての測定局で0.07 ppm以下（年間4番目に高い日最高8時間値）」の達成には至らない結果となった。

2008年度と2015年度の光化学オキシダント発生源寄与割合を比較したところ、2006年からのVOC規制と自主的取組によるVOC削減の効果もあり光化学オキシダント濃度は低減している。しかし、光化学オキシダントが高濃度となる日においては、光化学オキシダント生成反応に関わるNO_xについても排出量の感度が大きいことが確認された。また、高濃度日の光化学オキシダントへの影響が大きい発生源としては、自動車、VOC発生施設、自然起源が挙げられた。光化学オキシダントの更なる低減に向けては、4.2.3で述べたようにNO_xとVOC双方の削減が必要となる。

東京都政策目標の達成はもとより、世界の大都市の中で最も水準の高い良好な大気環境を実現するためには、PM_{2.5}及び光化学オキシダントに共通する原因物質の削減を含め、更なる対策を推進する必要がある。

³⁸ アンモニア発生源は、シミュレーションモデルを用いたゼロアウト法による発生源寄与解析では、非線形性の効果が大きいことから、PM_{2.5}発生源寄与割合を大きく推計している可能性がある。アンモニア発生源として、全国では、主に家畜や肥料堆肥から排出されているが、都内では、主に人の発汗やペット犬から排出されていることから、本検討会における基本的対策の方向性として示す物質からは除いた。

(1) NO_x 対策

都内の NO_x 排出量は、2015 年度までに 2000 年度比で約 54% の減少となった。また、単純将来として設定した場合 (BaU) の排出量将来推計では、2030 年度までに 2015 年度比で約 40% の減少が見込まれている。2030 年度における NO_x 排出量の内訳をみると、自動車、大規模固定煙源 (発電所、清掃工場、一般工場、下水処理場、一般事業所) が上位を占めている。

① 自動車

自動車から排出される NO_x 排出量は、大気汚染防止法に基づく自動車排出ガス規制や低公害車の導入・普及促進、自動車 NO_x・PM 法に基づく車種規制の実施等により、これまで減少傾向にあるものの、2015 年度において都内 NO_x 排出量の約 4 割を占めている。

また、単純将来として設定した場合 (BaU) の排出量将来推計結果において、新車に対する排出ガス規制の効果により更なる減少が見込まれるものの、2030 年度において、依然として都内 NO_x 排出量の最も大きい割合 (約 2 割) を占めることが見込まれる。

発生源寄与解析の結果から、PM_{2.5} 及び光化学オキシダント双方に対する生成寄与が高いことが示されており、対策の方向性としては、自動車排出ガス規制による削減効果を車両代替等で着実に進めていくとともに、走行時に NO_x を排出しない電気自動車 (EV) や燃料電池自動車 (FCV) などの普及を進めていくことが効果的と考える。

② 大規模固定煙源

大規模固定煙源から排出される NO_x 排出量は、大気汚染防止法に基づく排出規制や、条例に基づく法の上乗せ規制、また、排出抑制技術、排煙脱硝技術の技術開発の促進により、これまで減少傾向にあるものの、2015 年度において都内 NO_x 排出量の約 1 割を占めている。

また、単純将来として設定した場合 (BaU) の排出量将来推計結果では、2030 年度時点において都内総排出量のうち約 2 割を占めることが見込まれる。

発生源寄与解析の結果から、PM_{2.5} に対する生成寄与が高いことが示されており、対策の方向性としては、法の規制強化の状況、及び科学的知見や排出抑制技術の開発・普及の状況等を踏まえて、燃料転換など行政や事業者による追加的な排出抑制対策を検討していくことが求められる。

(2) VOC 対策

都内の VOC 排出量は、2010 年度までに 2000 年度比で 49%の減少となったが、その後の削減は鈍化傾向にあり、単純将来として設定した場合 (BaU) における排出量将来推計においても 2030 年度までに 2015 年度比で約 12%の減少にとどまると見込まれた。また、2030 年度における VOC 排出量の内訳をみると、塗装 (工場外)、民生部門、給油等、クリーニング、塗装 (工場内) が上位を占めており、排出量全体の約 7 割を占めている。

VOC の排出削減対策について、国では、「今後の揮発性有機化合物 (VOC) 排出抑制対策の在り方について (答申) (平成 24 年 12 月、中央環境審議会)」において、法規制と自主的取組を組み合わせた現行の排出抑制制度を今後も継続していくことが適当とされているが、光化学オキシダントの濃度低減には、自主的取組のより一層の推進など追加的な対策が求められる。

① VOC 発生施設

VOC 発生施設 (蒸発系固定発生源：塗装 (工場外)、給油等、印刷、塗装 (工場内)、クリーニング、接着剤 (工場外)、接着剤 (工場内)、金属表面処理、その他) から排出される VOC 排出量は、大気汚染防止法に基づく規制と自主的取組のベストミックスによる排出抑制策や、条例に基づく法の上乗せ規制の実施等により、これまで減少傾向にあるものの、2015 年度において、都内排出量の約 7 割を占めている。

また、単純将来として設定した場合 (BaU) の排出量将来推計結果においても、依然として都内 VOC 排出量の約 7 割を占めることが見込まれている。

発生源寄与解析の結果から、VOC は光化学オキシダントに対する生成寄与が高いことが示されており、対策の方向性として、自主的取組の推進などで追加的な対策を検討していくことが求められる。

塗装 (工場外) の排出抑制対策として、低 VOC 塗料への転換を進めていく対策があり、重防食水性塗料が新たに JIS 規格化されるなど、転換に向けた環境が整いつつある状況にある。2030 年度における塗装 (工場外) からの排出量は、都内 VOC 排出量の約 2 割と最も大きい割合を占めていることから、更なる削減の推進に向けて低 VOC 塗料の普及を促進することが検討される。

給油等の排出抑制対策として、国では、給油時における自主的取組の推進に向けて、給油時の燃料蒸発ガスを回収する装置を有する給油機 (Stage II) を設置した給油所を大気環境配慮型 SS として認定する制度 (愛称 e→AS) を開始している。2030 年度における給油等からの排出量は、都内 VOC 排出量の約 1.5 割を占めていることから、更なる削減の推進に向けて Stage II の導入を促進することが検討される。

クリーニングの排出抑制対策として、乾燥時に揮発するクリーニング液を回収できる機能を有する乾燥機の導入が挙げられる。都内におけるクリーニングからの排出量は、2015 年度以降、単純将来として設定した場合 (BaU) においても増加することが見込まれており、削減の推進に向けて、回収機能付き乾燥機の普及を促進することが検討される。

なお、VOC 発生施設には含まれないが、民生部門から排出される VOC 排出量は、2000 年度以降増加傾向にあり、2015 年度の都内 VOC 排出量の約 1.7 割を占めている。排出量将来推計結果において、排出量がほぼ一定で推移すると見込まれており、2030 年度において都内 VOC 排出量の約 2 割を占めることが見込まれる。都内の VOC 排出量の削減に向けて、低 VOC 製品の開発・普及を促進することが検討される。

② 自動車

自動車から排出される VOC は、大気汚染防止法に基づく自動車排出ガス規制により、これまで減少傾向にあるものの、2015 年度において都内 VOC 排出量の約 1 割を占めている。

発生源寄与解析の結果から、PM_{2.5} 及び光化学オキシダント双方に対する生成寄与が高いことが示されており、対策の方向性としては、自動車排出ガス規制による削減効果を車両代替等で着実に進めていくとともに、走行時及び駐停車時に VOC を排出しない電気自動車 (EV) や燃料電池自動車 (FCV) などの普及を進めていくことが効果的と考える。

また、「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について (答申) (平成 29 年 5 月、中央環境審議会)」により、駐車時の燃料蒸発ガス対策として、キャニスタ (活性炭を封入した燃料蒸発ガス吸着装置) の許容試験日数を 1 日から 2 日に延長 (2DBL) するよう試験方法が改正され、2020 年から新車へ適用することとしており、新たな許容試験に対応した車両への代替を進めていくことも効果的と考えられる。

(3) SO_x 対策

都内の SO_x 排出量は、船舶からの排出量が大部分を占めており、2015 年度において排出量の約 7 割を占めている。

船舶から排出される SO_x 排出量は、MARPOL 条約の改正に基づく燃料油中の硫黄分規制により大幅な減少が見込まれるものの、2030 年度において、依然として都内 SO_x 排出量の約 5 割を占めることが見込まれる。

発生源寄与解析の結果から、PM_{2.5} に対する生成寄与が一定程度あることが示されており、対策の方向性としては、MARPOL 条約の改正に基づく硫黄分規制や東京港において実施している ESI 値³⁹に応じた入港料減免等のインセンティブ制度など、船舶に対する排出削減対策の動向を把握しつつ、その対策効果についての調査及び効果検証を進めることが必要と考えられる。

なお、発電所から排出される SO_x 排出量は、排出量将来推計結果において、2030 年度の都内 SO_x 排出量の約 3 割を占めることが見込まれている。対策の方向性としては、燃料転換などの排出抑制対策を検討していくことが求められる。なお、本推計結果は 2016 年 4 月より長期計画停止となっている大井火力発電所の稼働を想定した結果となっており、同発電所は発電所全体の SO_x 排出量の大半を占めている。このことから、大井火力発電所の停止が継続された場合において、発電所からの排出量は大幅に減少すると予想される。

³⁹ ESI : Environmental Ship Index

国際港湾協会 (IAPH) 主導のもと世界の港湾が結成した世界港湾機構イニシアティブ (World Ports Sustainability Program : WPSP) が船舶からの大気汚染物質等の排出削減を目的に環境負荷の少ない船舶を測定評価するための環境船舶指数。参加港湾等は、ESI 値に応じ、入港料の減免などのインセンティブを与えることで環境負荷の少ない船舶の入港を促進し、港湾地域での大気環境の改善を図るプログラム。

4.3.2 経済的側面を考慮した対策の検討

PM_{2.5}及び光化学オキシダントの低減に向けて、原因物質の削減対策を推進する際、削減効果に加え、経済的側面を考慮することも求められる。

そこで、本検討会では、調査で収集した範囲内での情報に基づき、対策の費用と効果を試算し、経済的側面を考慮した対策の検討を試みた。

(1) 対策の費用対効果分析

国内外の事例調査に基づき、今後普及する可能性があるPM_{2.5}及び光化学オキシダントの原因物質削減対策について（表 4-5）、図 4-17 に示すフローに基づき対策の費用と効果を試算した（資料編3：対策事例調査参照）。

表 4-5 PM_{2.5}及び光化学オキシダントの原因物質削減対策

発生源	分類	No	対策名	対策対象	削減効果			
					NOx	VOC	SOx	CO ₂
大規模 固定煙源	燃料転換	1	1) 電化（←液体燃料）	液体燃料ボイラー	○		○	○
			2) 電化（←気体燃料）	気体燃料ボイラー	○		○	○
			3) 電化（←固体燃料）	固体燃料ボイラー	○		○	○
		2	1) ガス化（←液体燃料）	液体燃料ボイラー	○		○	○
2) ガス化（←固体燃料）	固体燃料ボイラー		○		○	○		
吸着・集塵	3	排煙脱硫装置、排煙脱硝装置、電気集塵機	廃棄物処理施設	○		○		
	4	バグフィルターの設置	サイクロン式集塵機稼働施設	○		○		
民生	業務	5	1) 電化（←液体燃料）	工場・事業所の液体燃料設備	○		○	○
			2) 電化（←気体燃料）	工場・事業所の気体燃料設備	○		○	○
		6	ガス化（←液体燃料）	工場・事業所の液体燃料設備	○		○	○
	業務・家庭	7	低NOx・低CO ₂ 小規模燃焼機器	工場・事業所の液体、気体燃料設備	○			○
	家庭	8	電化（←気体燃料）	気体燃料設備	○		○	○
全般	9	低VOC製品	エアゾール製品		○			
蒸発系 固定発生源	給油	10	Stage II	給油所の給油機		○		
	塗装	11	低VOC塗料への転換（工場外）	溶剤系塗装		○		
		12	低VOC塗料への転換（工場内）	溶剤系塗装		○		
		13	排ガス処理装置（工場内）	溶剤系塗装		○		
	印刷	14	低VOCインキへの転換	オフセット印刷工場・グラビア印刷工場		○		
		15	排ガス処理装置	グラビア印刷工場		○		
	クリーニング	16	溶剤回収機能付き乾燥機の導入			○		
		17	溶剤回収機能付きハンガー乾燥機の導入	ドライクリーニング乾燥機		○		
	金属表面処理	18	洗浄剤（水系等）	溶剤系洗浄剤・洗浄設備		○		
19		排ガス処理装置			○			
自動車	次世代自動車	20	1) ZEV〔乗用車〕	ガソリン乗用車	○		○	○
			2) ZEV〔貨物車〕	ディーゼル普通貨物車	○		○	○
			3) ZEV〔バス〕	ディーゼルバス	○		○	○
		21	ガソリンHV〔乗用車〕	ガソリン乗用車				○
		22	1) ディーゼルHV〔貨物車〕	ディーゼル普通貨物車				○
			2) ディーゼルHV〔バス〕	ディーゼルバス				○
船舶	燃料転換	23	0.5%低硫黄燃料油	内航船	○		○	
		24	A重油	内航船	○		○	
		25	LNG船	内航船	○		○	
		26	陸電（シヨア・パワー）	内航船	○		○	
	排出抑制	27	スクラバー	内航船			○	

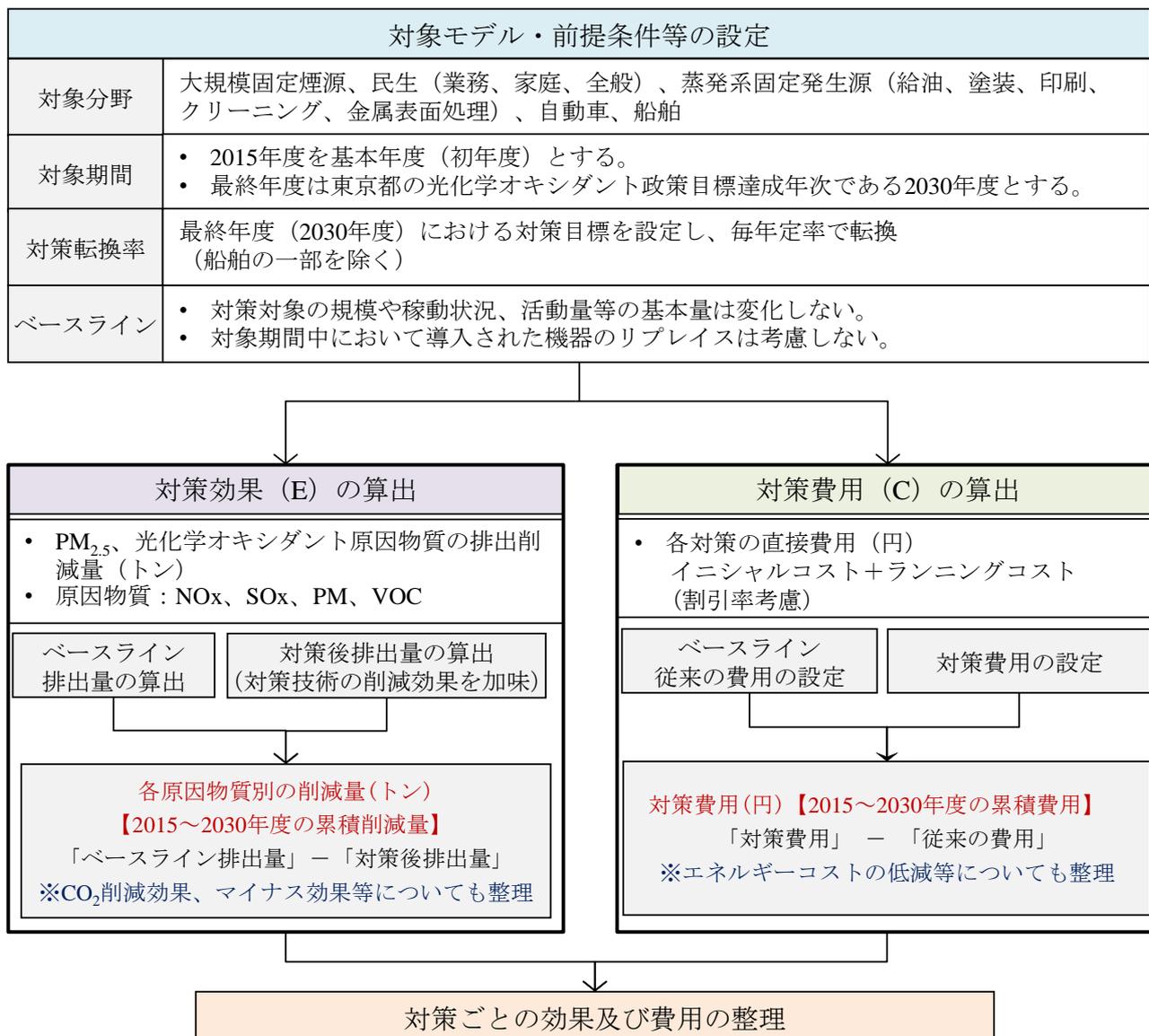


図 4-17 対策の費用対効果算出フロー

(電化による発電負荷量増加に伴う影響について)

大規模固定煙源や民生における電化や自動車における ZEV の普及に伴い、電力使用量が増加し、発電所の稼働に伴う NO_x や PM、CO₂ の排出量増加が見込まれることから、各対策における削減量と発電に伴い増加する排出量の差を比較した。

比較の結果、いずれの対策においても各対策の削減量が発電に伴う排出量を上回ることが確認できた (資料編 3 : 対策事例調査参照)。

このことから、以降の検討においては、発電所の稼働に伴う NO_x や PM、CO₂ の排出量増加を考慮せず、各対策の費用と効果を分析していることに留意する必要がある。

(2) 対策の費用対効果を基に組み合わせた削減対策事例

(1) で整理した削減対策の費用と効果の試算結果に基づき、表 4-6 に示す一般的な対策シナリオの考え方である BACT⁴⁰及び RACT⁴¹等の考え方に基づき、実施が望ましいと考えられる対策を選定した (表 4-7)。

① BACT (削減量優先)

各発生源及び分類において、削減効果が最大となるような対策を組み合わせた。同じ分類の中で対策の対象範囲が重複する場合は、削減量が大きい対策を選定した。最大限の削減効果を見込むため、普及範囲を関東域とした。

② RACT (費用対効果優先) 【最小範囲】

各発生源及び分類において、費用対効果の良い対策を組み合わせた。対策効果 (2030 年度までの累積対策削減量) と対策費用 (2030 年度までの累積対策費用) を積み上げた累積曲線 (累積費用対効果曲線) を整理し、対策費用が極端に上昇する対策を積み上げた場合を RACT 選定の閾値とした。排出 1 単位削減費用の低い対策 (費用対効果が良い対策) から順に対策効果と対策費用を積み上げた。対策の普及範囲は、東京都とした。

$$\text{排出 1 単位削減費用 (円/t)} = \frac{\text{対策費用 (2030 年度までの累積対策費用) (円)}}{\text{対策効果 (2030 年度までの累積対策削減量) (t)}}$$

③ RACT (費用対効果優先) 【最大範囲】

上記 RACT の考え方に基づき対策を組み合わせた。最大限の削減効果を見込むため、普及範囲を関東域とした。

表 4-6 対策シナリオの選定

No	対策事例	対策選定の考え方
1	BACT (削減量優先)	<p>★利用可能な対策を全て実行するシナリオ</p> <ul style="list-style-type: none"> 各発生源・分類において、削減効果が最大となるような対策の組合せ 普及範囲は、最大限の削減効果を見込むため、関東域に設定
2	RACT (費用対効果優先) 【最小範囲】	<p>★削減対策の中から費用対効果の良い対策を選定</p> <ul style="list-style-type: none"> 各発生源、前駆物質ごとに、対策の効果と費用を積算した累積曲線 (「累積費用対効果曲線」) を整理し、費用が極端に上昇するポイントを閾値とし、閾値未満の対策を費用対効果のよい対策として選定・普及範囲は、最小範囲として東京都、最大範囲を関東域に設定
3	RACT (費用対効果優先) 【最大範囲】	

⁴⁰ BACT : Best Available Control Technology

対策の費用に関係なく、PM_{2.5} 及び光化学オキシダントの原因物質 (NO_x、VOC 等) の排出削減効果が最も大きい技術 (各発生源において最大限の削減量を見込める技術)

⁴¹ RACT : Reasonably Available Control Technologies

PM_{2.5} 及び光化学オキシダントの原因物質の排出削減効果に関係なく、各発生源において費用対効果が良い技術

表 4-7 シナリオ別削減対策選定

発生源	分類	No	対策名	2030年度 想定転換率 (%)	削減対策事例					
					①		②		③	
					BACT 削減量優先		RACT 費用対効果優先 (最小範囲)		RACT 費用対効果優先 (最大範囲)	
					選定有無	普及範囲	選定有無	普及範囲	選定有無	普及範囲
大規模	燃料転換	1	1) 電化 (←液体燃料)	50	○	関東	○	東京都	○	関東
			2) 電化 (←気体燃料)	50	○	関東				
			3) 電化 (←固体燃料)	50	○	関東	○	東京都	○	関東
	吸着・集塵	2	1) ガス化 (←液体燃料)	50	○	関東	○	東京都	○	関東
			2) ガス化 (←固体燃料)	50	○	関東	○	東京都	○	関東
			3) 排煙脱硫装置、排煙脱硝装置、電気集塵機	50	○	関東	○	東京都	○	関東
		4	バグフィルターの設置	50						
民生	業務	5	1) 電化 (←液体燃料)	50	○	関東	○	東京都	○	関東
			2) 電化 (←気体燃料)	50	○	関東	○	東京都	○	関東
			6) ガス化 (←液体燃料)	50	○	関東	○	東京都	○	関東
	業務・家庭	7	低NOx・CO ₂ 小規模燃焼機器	100			○	東京都	○	関東
	家庭	8	電化 (←気体燃料)	50	○	関東				
全般	9	低VOC製品	100	○	関東	○	東京都	○	関東	
蒸発系固定発生源	給油	10	Stage II	100	○	関東	○	東京都	○	関東
	塗装	11	低VOC塗料への転換 (工場外)	100	○	関東	○	東京都	○	関東
			低VOC塗料への転換 (工場内)	100	○	関東	○	東京都	○	関東
			排ガス処理装置 (工場内)	100	○	関東	○	東京都	○	関東
	印刷	14	低VOCインキへの転換	100	○	関東				
			排ガス処理装置	100	○	関東				
	クリーニング	16	溶剤回収機能付き乾燥機の導入	100	○	関東	○	東京都	○	関東
			溶剤回収機能付きハンガー乾燥機の導入	100	○	関東	○	東京都	○	関東
	金属表面処理	18	洗浄剤 (水系等)	100	○	関東				
排ガス処理装置			100	○	関東					
自動車	次世代自動車	20	1) ZEV (EV) [乗用車]	25	○	関東	○	東京都	○	関東
			2) ZEV (EV) [貨物車]	1	○	関東	○	東京都	○	関東
			2) ZEV (EV) [バス]	1	○	関東	○	東京都	○	関東
		21	ガソリンHV [乗用車]	55						
		22	1) ディーゼルHV [貨物車]	10						
2) ディーゼルHV [バス]	10									
船舶	燃料転換	23	0.5%低硫黄燃料油	100	○	関東	○	関東	○	関東
			A重油	100						
			LNG船	100						
			陸電 (ショア・パワー)	100						
	排出抑制	27	スクラバー	100						

- ※ 「○」は削減対策事例として選定したことを示す。
- ※ 各対策で設定した2030年度設定転換率は、対策対象に対する転換率であり、「1) 電化 (液体燃料)」であれば、液体燃料の設備のうち50%を電化へ転換することを示す。
- ※ 参考：次世代自動車等の普及に係る東京都の政策目標

項目	2030年度における 普及目標
乗用車新車販売台数に占めるZEV※ ¹ の割合	50%
都内乗用車に占める次世代自動車等※ ² の割合	80%
都内貨物車に占める次世代自動車等の割合	10%

- ※¹ ZEV：EV、PHV、FCV
- ※² 次世代自動車等：HV、EV、PHV、FCV

表 4-6 の考え方に基づき選定した表 4-7 の RACT（費用対効果優先）は、以下に示す発生源について実施した。

① 大規模固定煙源（NO_x 対策）

2030 年度における各対策の転換率を本検討では 50%と仮定の上、2015 年度から 2030 年度まで毎年定率で転換するとして、対策の費用対効果を試算した（図 4-18）。その結果、重油や軽油等の液体燃料を原料とする施設において、燃料転換を進めることで、相対的に高い費用対効果が得られることが推察された。これは、転換に伴い、NO_x の排出量が削減されることに加え、施設の稼働に必要となる燃料費が安価となることでランニングコストが低減することによるものと考えられる。

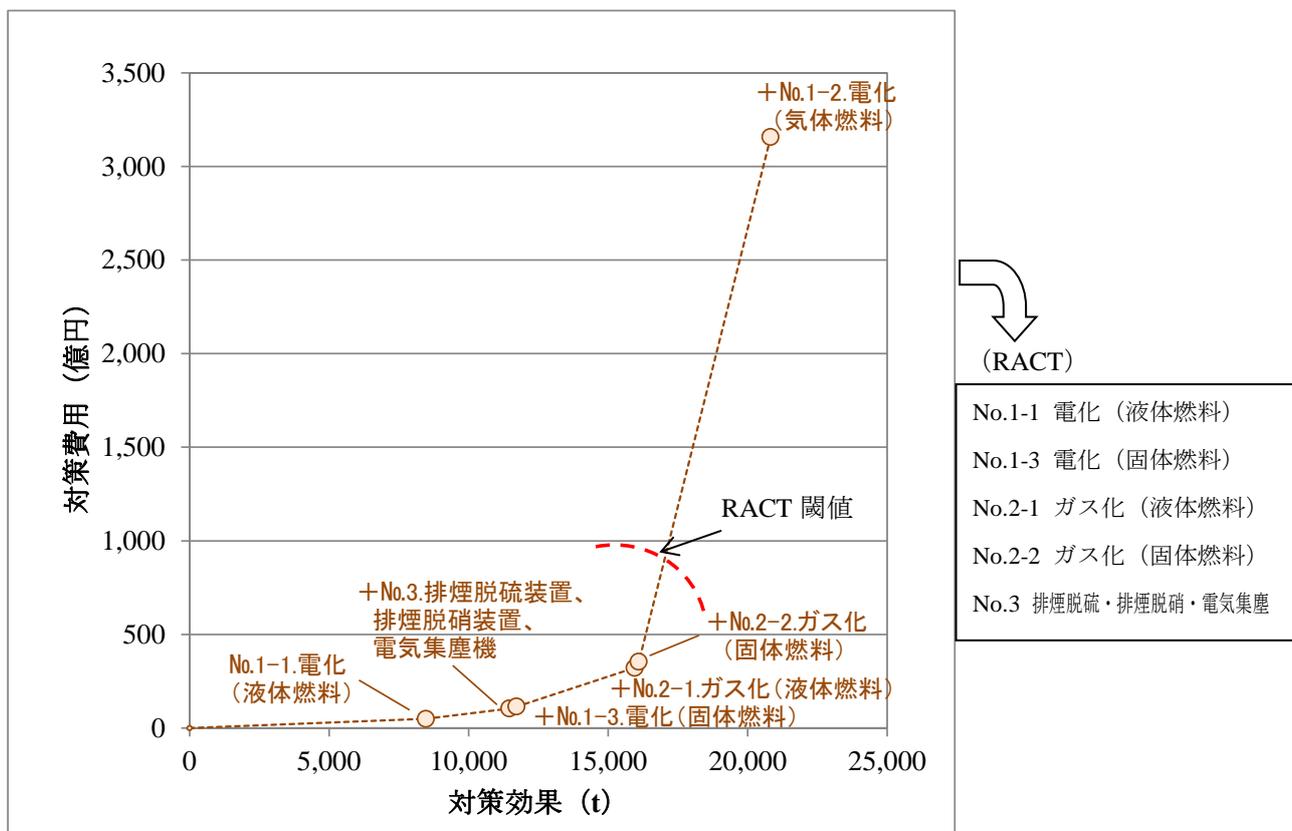


図 4-18 大規模固定煙源における累積費用対効果曲線（NO_x 対策）

- ※ 対策に係る費用が極端に上昇するポイントを RACT の閾値とした。
- ※ 試算結果は、本検討会における調査で収集した範囲での削減対策の対策効果と費用から整理したものであることに留意する必要がある。また、試算結果には以下の不確実性が含まれる。
 - ・ 対策技術の普及による経済事情から初期費用が低下するといったラーニングカーブについては考慮されていない。
 - ・ 削減技術（ハード対策）であり、溶剤の密閉等の事業者意識による削減（ソフト対策）は考慮されていない。

② 民生（NOx 対策）

2030 年度における各対策の転換率について、本検討では低 NOx・低 CO₂ 小規模燃焼機器の転換率を 100%、その他、業務、家庭の NOx 対策については転換率を 50%と仮定の上、2015 年度から 2030 年度まで毎年定率で転換するとして、対策の費用対効果を試算した（図 4-19）。その結果、業務において、液体燃料及び気体燃料を原料とするボイラー施設において、燃料転換を進めること及び低 NOx・低 CO₂ 小規模燃焼機器の導入を進めることで、相対的に高い費用対効果が得られることが推察された。これは、対策の実施に伴い、NOx の排出量が削減されることに加え、施設の稼働に必要となる燃料費が安価となることでランニングコストが低減することによるものと考えられる。

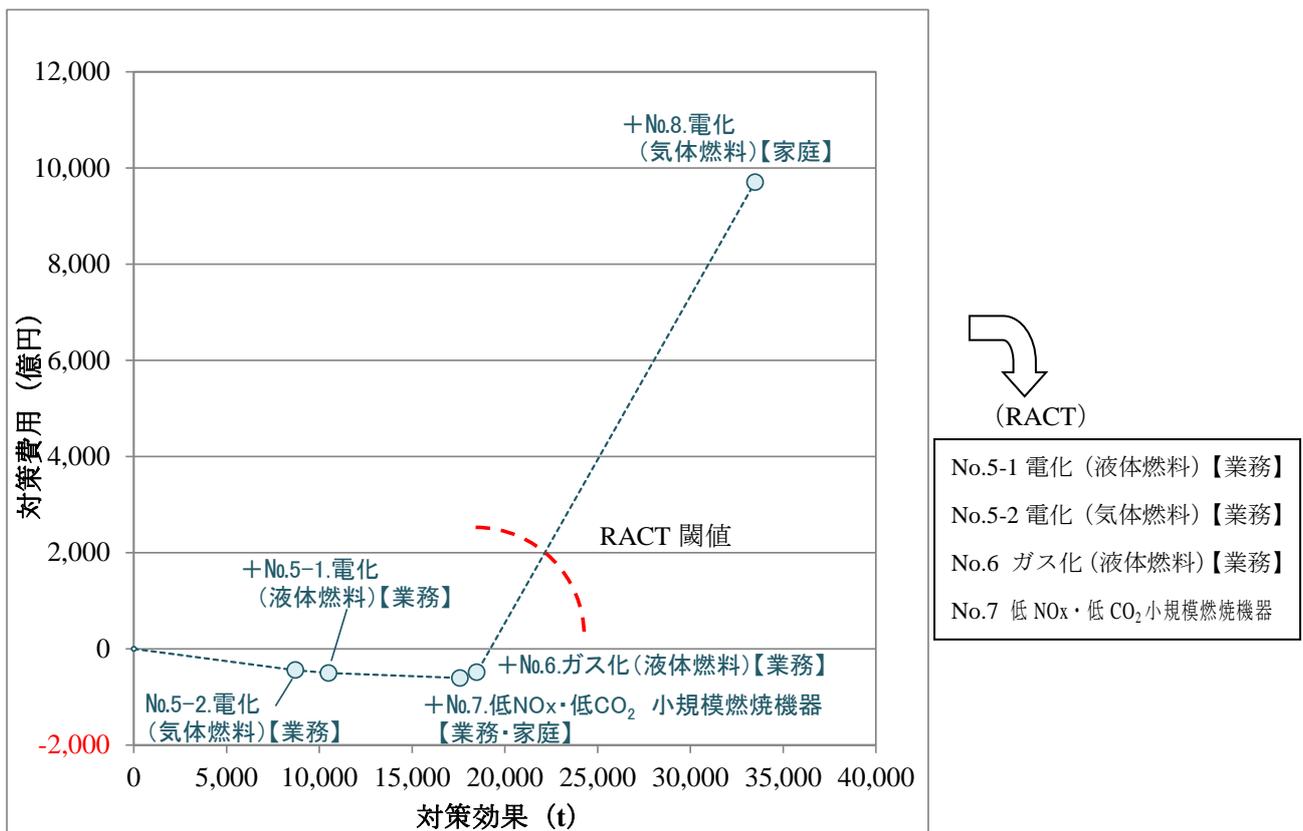


図 4-19 民生における累積費用対効果曲線（NOx 対策）

- ※ 対策に係る費用が極端に上昇するポイントを RACT の閾値とした。
- ※ 試算結果は、本検討会における調査で収集した範囲での削減対策の対策効果と費用から整理したものであることに留意する必要がある。また、試算結果には以下の不確実性が含まれる。
 - ・ 対策技術の普及による経済事情から初期費用が低下するといったラーニングカーブについては考慮されていない。
 - ・ 削減技術（ハード対策）であり、溶剤の密閉等の事業者意識による削減（ソフト対策）は考慮されていない。

③ 蒸発系固定発生源（VOC 対策）

2030 年度における各対策の転換率を本検討では 100%と仮定の上、2015 年度から 2030 年度まで毎年定率で転換するとして、対策の費用対効果を試算した（図 4-20）。その結果、給油所において給油時の対策である Stage II の導入、クリーニングにおいて、溶剤回収機能付き乾燥機の導入は、VOC の排出が抑制されることに加え、原材料の回収・再利用又は消費抑制につながることで、ランニングコストが低減することから、相対的に費用対効果が高いという結果が示唆された（資料編 3：対策事例調査参照）。対策の効果と費用を積み上げた累積費用対効果曲線では、Stage II、溶剤回収機能付き乾燥機、低 VOC 塗装（工場内）、低 VOC 製品、低 VOC 塗装（工場外）、溶剤回収機能付きハンガー乾燥機が RACT のシナリオとして選定された。

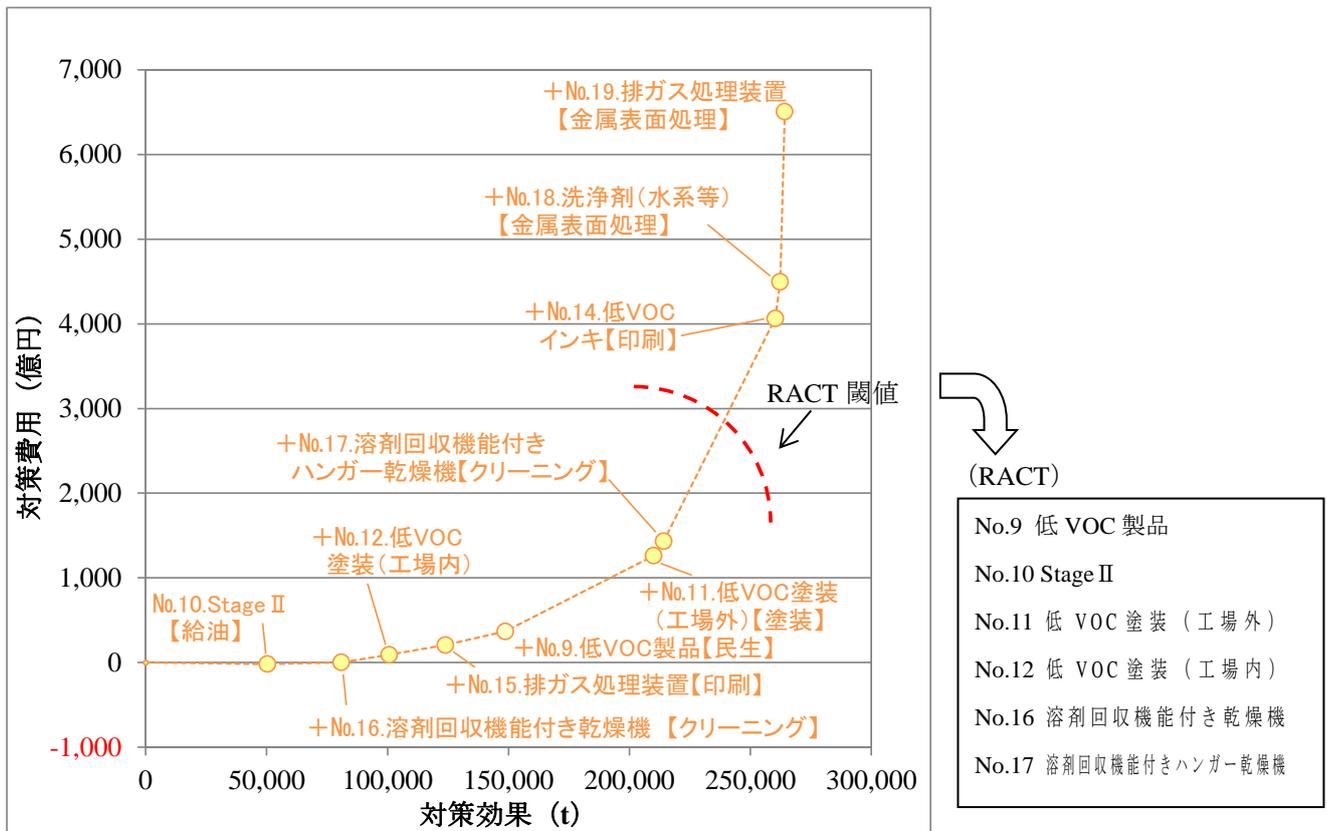


図 4-20 蒸発系固定発生源における累積費用対効果曲線（VOC 対策）

- ※ 対策に係る費用が極端に上昇するポイントを RACT の閾値とした。
- ※ 試算結果は、本検討会における調査で収集した範囲での削減対策の対策効果と費用から整理したものであることに留意する必要がある。また、試算結果には以下の不確実性が含まれる。
 - ・ 対策技術の普及による経済事情から初期費用が低下するといったラーニングカーブについては考慮されていない。
 - ・ 削減技術（ハード対策）であり、溶剤の密閉等の事業者意識による削減（ソフト対策）は考慮されていない。

④ 自動車

自動車については、乗用車、貨物車、バスを対象とし、原因物質の削減効果が高い ZEV (Zero Emission Vehicles) の導入を対策とし、費用の試算上車種は EV とした。ZEV (乗用車) については、以下の理由から EV と仮定して費用対効果を分析した。

- ・ 2030 年度における ZEV (東京都では EV、PHV、FCV を指す) の普及見込みについて、東京都と他県では施策の実施状況が異なり関東全域での普及予想は困難
- ・ PHV について、都内と走行条件が異なる他県においては、HV 走行に切り替わることが想定され、削減効果の算出が困難

(3) 対策の費用と効果の試算に基づく考察

PM_{2.5} 及び光化学オキシダントの低減に向けた削減対策の推進に向けて、調査で収集できた情報に基づき、対策の費用対効果を試算し、経済的側面を考慮した検討を行った。その結果、対策によっては、原因物質が削減されることに加え、燃料費の抑制や原材料の回収・再利用又は消費抑制につながることでランニングコストが低減され、事業者側の経済的負担が軽減されるものがあることが示唆された (資料編 3 : 対策事例調査参照)。

本調査で収集した対策は、2015 年度時点で普及が進んでおらず、一部の事業者が実施するにとどまっている。

今後、事業者の自主的取組の推進に向けては、事業者に対して対策実施がもたらす経済的メリットを周知していくことも効果的と考えられる。

また、削減対策事例を導入した場合の大気汚染物質濃度の低減効果について、シミュレーションモデルを用いた推計を試みた。

シミュレーションモデルの推計に適用する削減対策事例は、**RACT【最大範囲 (関東域)】** とし、選定した対策における原因物質の削減効果に基づき、排出インベントリを整理の上、2030 年度における濃度推計を実施した。対策効果を考察するため、排出インベントリは 2015 年度を基準年度とし、2030 年度 BaU における将来趨勢は反映せず、関東領域のみ削減対策事例を適用していることに留意する必要がある。シミュレーションモデルを用いた濃度推計において、単純将来として設定した場合では東京都政策目標達成に至らない結果となった光化学オキシダントを推計の対象とした。

推計の結果、削減対策事例を関東域に適用した場合、都内の光化学オキシダント濃度は平均で 0.004 ppm 程度、最大で 0.007 ppm 程度の低減効果が推測され、濃度推計値は平均値で 0.094 ppm、最大値は 0.106 ppm、最小値は 0.077 ppm であった。

関東域のみにおいて経済的側面を考慮した対策を実施した場合の濃度推計では、光化学オキシダント濃度の低減効果は示されるものの、東京都政策目標の達成には至らない結果となった。

なお、今回の PM_{2.5} 及び光化学オキシダント対策に係る効果と費用については、2030 年度想定転換率を仮定し、本検討会の調査において収集した限られた情報に基づいて計算を試みた結果であることに留意する必要がある。

削減対策は、関東域内だけでなく全国的に普及しうるものであり、今後、各分野の削減技術の開発状況や全国的な普及状況を考慮して、多方面で経済的及び技術的側面から対策の費用と効果を検討していくことが望ましい。

(4) ソフト対策の観点による排出抑制策の推進

本調査において効果と費用を整理した対策は、削減技術（ハード対策）であり、溶剤容器の密閉やエコドライブ等の事業者意識による削減（ソフト対策）は、対象としていない。しかしながら、ソフト対策の視点による排出抑制策、例えば、溶剤容器の密閉は溶剤の蒸発を防ぎ、原材料の削減につながり、エコドライブは燃費向上につながり使用者の燃料コストの削減につながる。溶剤の染み込んだ廃棄物容器を密閉することで臭いが減るとともに作業環境の改善が図られる。また、共同配送による物流の効率化や公共交通等への利用転換等による乗用車利用の抑制によって、既成市街地等における自動車の走行量抑制に伴い大気汚染の改善が図られるとともに、燃料費や車両維持費の削減につながる。

東京都では、VOC対策セミナーの開催やVOC対策ガイドの作成、配布等を通して、ソフト対策である作業工程の改善により、VOCの排出削減だけでなく、溶剤の原材料費の削減や作業環境の改善といった対策によるメリットも併せて排出抑制策を推進している。また、エコドライブの効果を実際の運転で認識・実感できる機会を創出するためのイベントを、九都県市等との連携により開催するほか、エコドライブの効果や具体的なポイントを記載したリーフレット等の作成、配布等を実施している。

PM_{2.5}及び光化学オキシダントの原因物質の効果的な削減対策を検討する際には、本検討で実施した費用対効果を踏まえた経済的負担が軽減されるハード対策と費用を負担しなくても比較的削減効果の高いソフト対策を合わせた排出抑制策の推進が求められる。

4.3.3 広域連携の必要性

(1) 関東域における広域連携の推進

シミュレーションモデルを用いた都内及び関東域におけるPM_{2.5}及び光化学オキシダントの発生源寄与解析の結果から、広域的な影響について考察した(p.37 2.1.4 広域的な影響、p.53 2.2.4 (1) シミュレーションモデルを用いた広域的な影響解析参照)。

その結果、関東域のPM_{2.5}及び光化学オキシダントの生成に対して、東京都の寄与が約1割に対して、関東域における人為発生源が全体の4割から5割程度寄与すると推計された。これは、関東域での移流等の影響を受け、PM_{2.5}及び光化学オキシダントが他県から輸送される、また輸送過程において原因物質からの二次生成反応により生成されることが要因と考えられる。このことから、PM_{2.5}及び光化学オキシダントの濃度低減には、東京都の取組に加え関東域全体において原因物質の排出量削減対策の推進が不可欠である。

関東域における削減対策として、2008年度から「関東地方大気環境対策推進連絡会微小粒子状物質調査会議⁴²」、2012年度から「二次生成大気汚染物質等に係る連絡会⁴³」を設け、PM_{2.5}、光化学オキシダントに関する情報共有のほか、夏季のVOC排出削減対策や冬季のNOx削減対策に取り組んでいる。

今後も、各自治体による施策や調査結果を共有し連携の上、削減対策を推進していくことが重要であると考えられる。

(2) 国内外の排出抑制策推進の必要性

PM_{2.5}及び光化学オキシダントに対する生成寄与については、関東以外による影響が5割程度と大きいことが示唆された(p.37 図2-24、p.55 図2-40参照)。関東以外の影響には、関東以外の日本国内の排出源のほか、大陸からの越境汚染、全球的なバックグラウンドの影響等が含まれている。関東以外の寄与の低減には、国内削減対策の推進や国際連携による削減対策の推進が必要であり、東京都においても国内外の都市と連携した対策推進が求められている。

⁴² 1都9県7市(東京都、茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、神奈川県、山梨県、長野県、静岡県、さいたま市、千葉市、横浜市、川崎市、相模原市、静岡市、浜松市)から構成した関東地域におけるPM_{2.5}等に対する広域的な取組を目的とした調査会議。

⁴³ 9都県市(埼玉県、千葉県、神奈川県、横浜市、川崎市、千葉市、さいたま市、相模原市、東京都)からなるPM_{2.5}、光化学オキシダント及びその原因となるVOCの低減に関する情報を共有し、各都県市が対策の検討に資することを目的とした連絡会。

4.3.4 中長期的な取組課題

PM_{2.5}及び光化学オキシダントの低減に向けた基本的な対策の方向性で示した対策の推進に加え、対策を検討する上で、生成メカニズム等の現象解明に向けた大気環境の継続的な実態把握、気候変動対策とのコベネフィットアプローチの推進、対策効果の定量的評価及び予測を可能とするインベントリやシミュレーションモデルの精緻化等、中長期的課題について取り上げる。

(1) 大気環境の継続的な実態把握

対策の実施に当たっては、大気環境のモニタリングを実施し、対策による効果を検証していくことが重要である。また、PM_{2.5}や光化学オキシダントは、大気中で複雑な反応を経て二次的に生成される二次生成物質であり、いまだ解明されていない生成メカニズムが存在する。対策の効果検証や生成メカニズムに係る科学的知見の蓄積のため、継続的な大気環境の実態把握が求められる。

① バックグラウンド濃度の把握

島しょ部等の大気環境調査結果を基に試算した春季及び夏季の東京都における光化学オキシダントのバックグラウンド濃度は、春季で約50 ppb、夏季で約20 ppbと推定された(p.64 図2-49 参照)。夏季では域内の生成濃度の影響が大きいと考えられるが、日本海に位置する隠岐や太平洋に位置する小笠原では光化学オキシダント濃度が上昇傾向にあり、バックグラウンド濃度は今後変動する可能性がある。八丈島のPM_{2.5}については、東京都内のPM_{2.5}濃度の約1/2の濃度であったとの報告がある⁴⁴。

今後、東京都政策目標の達成度を適切に評価するため、地域汚染と広域移流の影響を切り分けてバックグラウンド濃度を継続的に調査し、状況を把握していく必要がある。

② PM_{2.5}に係る窒素化合物の実態把握

秋季及び冬季におけるPM_{2.5}は、硝酸イオン(NO₃⁻)の割合が大きくなる傾向があった(p.19 図2-9、p.21 図2-10 参照)。特に、高濃度日で割合が大きくなり(p.23 図2-12 参照)、秋季及び冬季のPM_{2.5}の濃度低減には硝酸塩を含めた窒素化合物の対策が重要となる。公益財団法人東京都環境公社東京都環境科学研究所(以下「東京都環境科学研究所」という。)では、硝酸アンモニウム(NH₄NO₃)を生成する硝酸ガス(HNO₃)やアンモニアガス(NH₃)を含めた窒素化合物の測定体制を整備し、大気環境のモニタリングを実施している。これまでの研究で、冬季におけるPM_{2.5}の高濃度の要因は、硝酸ガス(HNO₃)とアンモニアガス(NH₃)の大気中濃度が影響していることが示唆された(資料編6：中長期的な課題に関する調査研究参照)。今後、PM_{2.5}の高濃度要因となる窒素化合物の実態把握と、生成条件についてより詳細に研究していくため、PM_{2.5}成分に加え前駆体ガスである硝酸ガス(HNO₃)やアンモニアガス(NH₃)を含めた窒素化合物について詳細な環境動態や発生源を把握していく必要がある。また、硝酸アンモニウム(NH₄NO₃)の生成に係る粒子中のアンモニウムイオン(NH₄⁺)、硝酸イオン(NO₃⁻)、アンモニアガス(NH₃)、硝酸ガス(HNO₃)

⁴⁴ 齊藤伸治, 星純也, 櫛島智恵子, 國分優孝, 秋山薫: 都内PM_{2.5}に対する広域移流の影響調査, 東京都環境科学研究所年報2017, 42-43 (2017)

の平衡状態等を含めた窒素化合物の実態を把握することで、非線形性の効果が大きいとされるアンモニア発生源のシミュレーションモデルの精度向上にも資することが期待される。

③ 有機マーカに係る知見の蓄積

PM_{2.5} 中の有機物 (OM) は、年間を通して PM_{2.5} の主要成分であった (p.21 図 2-10 参照)。成分分析ガイドラインに基づき実施している常時監視の PM_{2.5} 成分分析では、炭素成分は有機炭素 (OC) 及び元素状炭素 (EC) を測定しているが、OC 等の測定だけでは詳細な発生源に係る考察は困難である。

OM の中には、発生源情報に対応した有機成分 (有機マーカ) があり、有機マーカを測定することで発生源情報についてより詳細に考察することが可能になると考えられる。有機マーカについては、既往の研究により、発生源寄与解析への適用が提案されている⁴⁵。本検討では、東京都環境科学研究所で捕集した PM_{2.5} ろ紙を対象として分析した成分に加え、有機マーカについても詳細分析を行い、レセプターモデル (PMF) による発生源寄与解析を行った。解析の結果、有機マーカを含めたことで、従来の発生源寄与解析と比べて有機粒子に関する複数の新たな因子 (バイオマス燃焼、 α -ピネン由来の生物起源有機粒子 BSOA) を区分することができ、新たな知見が得られる可能性が示唆された (資料編 5 : 東京都環境科学研究所における PM_{2.5} 成分分析調査参照)。

今後、測定結果から PM_{2.5} の発生源寄与を詳細に把握していくため、解析に有用な有機マーカの選定を検討し、PM_{2.5} 生成に係る有機粒子の知見を蓄積していくことが望ましい。

(2) 気候変動対策とのコベネフィットアプローチの推進

PM_{2.5} 及び光化学オキシダントの濃度低減に向けた原因物質の削減対策には、大気汚染物質の削減とともに CO₂ の削減により地球温暖化対策につながるものがある。EV 等の電化による削減対策では、CO₂ 削減効果が期待される一方、新たに電力供給が必要となることで発電所の稼働に伴う環境負荷の影響が考えられる。本検討会における調査では、発電所の稼働に伴う CO₂ 負荷量は、電化等の対策の削減効果を超えないことが確認された (資料編 3 : 対策事例調査参照)。今後、削減対策の検討に当たっては、将来的な電源構成も加味した上で、気候変動対策とのコベネフィットアプローチの観点からも CO₂ の削減対策も考慮した対策を検討していくことが望ましい。

また、PM_{2.5} 中の黒色炭素 (Black Carbon : BC) や光化学オキシダントの主成分であるオゾン (O₃) は、短期的に地球温暖化に影響を及ぼす短寿命気候汚染物質 (Short-Lived Climate Pollutants : SLCP) として、気候変動にも関連している。気候変動に関する政府間パネル (Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC) の影響評価や国連環境計画 (UNEP) が主導する「短寿命気候汚染物質削減のための気候と大気浄化のコアリション (Climate and Clean Air Coalition : CCAC)」における国際活動等、SLCP については、短期的な気候変動防止と大気汚染防止の双方に効果があるとして国際的にも注目されている。

今後、PM_{2.5} 及び光化学オキシダントの対策実施に当たっては、地球温暖化対策の観点からも国際的な議論や研究の動向を把握しつつ、検討することが望ましい。

⁴⁵ 環境省研究総合推進費「5-1403」「有機マーカに着目した PM_{2.5} の動態把握と正値行列因子分解モデルによる発生源寄与評価 (平成 26 年度から平成 28 年度) 研究代表者 : 熊谷貴美代 (群馬県衛生環境研究所)」

(3) 排出インベントリの拡充とシミュレーションの精度向上

本検討会では、PM_{2.5}及び光化学オキシダントの発生源寄与割合や将来濃度の推計に当たり、現時点で利用可能な排出インベントリやシミュレーションモデルを用いた解析を実施した。今後も、PM_{2.5}及び光化学オキシダントの低減に係る対策について、定量的な効果検証や将来予測を実施するためには、排出インベントリの整備・更新を通じて発生源からの排出状況を把握するとともに、シミュレーションモデルの精度向上を図り、対策を評価していくことが求められる。

① 凝縮性粒子

凝縮性粒子（燃焼直後は高温のため気体であるが、放出された大気中で冷却され粒子となる物質）は、煙源からの排出量が多いとされているが、現状では排出インベントリに組み込まれていない。本検討会において、既存の調査研究とともに大規模固定煙源調査を取りまとめたところ、煙道中のPM_{2.5}と比べ、比較的多くの凝縮性粒子が確認される結果となった（資料編6：中長期的な課題に関する調査研究参照）。取りまとめた結果を基に、凝縮性粒子を考慮した有機粒子の排出量を推計したところ、従来の推計と比べて約9倍の排出量が推計された。既往研究においても、凝縮性粒子を考慮した排出量では同程度の排出量が推計されており、凝縮性粒子を考慮することで、シミュレーションモデルの再現性に課題が残るPM_{2.5}の有機粒子について精度向上が図れる可能性が示唆されている^{46,47}。

また、現状の凝縮性粒子の測定法では、大気放出後の拡散・希釈による凝縮性粒子の再揮発等の影響を正確に評価することが困難であるという課題がある。現在、排出ガスの温度やガス成分の濃度の影響を受けずに凝縮性粒子の排出実態を把握する手法として、有機物の揮発性分布を測定する研究が進められており、研究段階ではあるが新たな測定方法も提案された⁴⁸。本調査結果は限られた発生源情報を基に取りまとめた結果であり、より多くの測定結果の情報収集やデータの拡充・整備により、凝縮性粒子の影響を考慮した固定発生源によるPM_{2.5}濃度影響を評価していくことが求められている。

② 植物起源 VOC : BVOC

光化学オキシダントの発生源寄与割合では、自動車、VOC発生施設等の人為起源の発生源のほかに、自然起源の寄与割合が確認された（p.54 図 2-39 参照）。光化学オキシダント生成に係る自然起源として、植物起源 VOC (BVOC) が挙げられる。BVOC のインベントリは、排出量推計の不確実性が大きく、特に森林や大規模緑地が少ない市街地では樹木からの BVOC 放出量は正確にとらえきれていないという課題がある。

東京都環境科学研究所において、都内市街地である区部における総 BVOC 放出量を試算したところ、2016年から2018年の3年平均で年間1,900 t程度と推定され、都内 VOC 総排出量の約3%の量に相当すると見積もられた（資料編6：中長期的な課題に関する調査研

⁴⁶ Y. Morino, S. Chatani, K. Tanabe, Y. Fujitani, T. Morikawa, K. Takahashi, K. Sato, S. Sugata: Contributions of Condensable Particulate Matter to Atmospheric Organic Aerosol over Japan, Environ. Sci. Technol., 52, 8456-8466 (2018)

⁴⁷ 環境省研究総合推進費「C-1001」「我が国都市部のPM_{2.5}に対する大気質モデルの妥当性と予測誤差の評価（平成22年度から平成24年度）研究代表者：速水洋（電力中央研究所）」

⁴⁸ 環境省研究総合推進費「5-1506」「燃焼発生源における希釈法による凝縮性一次粒子揮発性特性の評価法の確立（平成27年度から平成29年度）研究代表者：藤谷雄二（国立環境研究所）」

究参照)。今後、最新の研究結果を基に BVOC 放出量をより精緻化し、BVOC インベントリを整備するとともに、都市域での BVOC の光化学オキシダント生成への影響についてシミュレーション等で検討していく必要がある。

③ 実走行における自動車排出状況の把握

自動車から排出される NO_x、VOC 等の大気汚染物質排出量は、新車に対する自動車排出ガス規制の効果により今後減少が見込まれるものの、実際に走行している使用過程車においても規制の効果が表れていることを検証する必要がある。

東京都環境科学研究所では、シャシダイナモメータを用いた使用過程車からの汚染物質の排出量を計測することで、自動車による排出ガスの環境への影響を評価している。近年の結果では、大型車において PM は認証基準値をほぼ下回り、NO_x は認証基準値を上回る排出量が計測され、また、VOC は大型車、小型車ともコールドスタートでの排出量が非常に大きく、エンジン始動直後の対策が有効である等の結果が示唆された(資料編 6 : 中長期的な課題に関する調査研究参照)。

今後、シャシダイナモメータによる排出ガスの計測に加え、車載型排出ガス計測システム (Portable Emission Measurement System : PEMS) を用いた路上走行データの解析等による自動車排出ガスの実態把握を実施することで、実走行時の自動車排出ガス規制の効果検証を行うとともに、自動車インベントリの精緻化に向けた調査研究が必要である。また、今後は地球温暖化対策も視野に入れ、シャシダイナモメータを用いた自動車による環境影響の総合的な評価のための調査研究を実施していく必要がある。

④ PM_{2.5} 及び光化学オキシダントの生成能を考慮した VOC の実態把握

PRTR 制度や環境確保条例に基づく化学物質適正管理制度を基に算出した光化学オキシダント生成能を考慮した最大オゾン生成量では、トルエン及びキシレンが、全体に占める割合が拡大し、それらの届出排出量 (大気への排出) の業種別の割合は、その成分によって異なることが確認された (p.79~p.84 3.3.5 オキシダント生成能を考慮した VOC 排出量推移の考察参照)。PRTR 制度や化学物質適正管理制度では、屋外塗装や自動車といった発生源や、石油系混合溶剤等の成分が不明である化学物質については届出の対象外であり、東京都で推計した排出インベントリと同等ではないことに留意する必要がある。

今後、幅広い分野において光化学オキシダントに加え、PM_{2.5} について生成能の高い VOC の実態を把握し、VOC の排出抑制策の検討を進めていくことが望ましい。

(4) 継続的な効果検証

対策の実施に当たっては、効果検証を継続して行うことが重要である。継続的に大気環境の実態を把握し、対策の効果検証や発生源への対策に活用する必要がある。大気環境におけるPM_{2.5}や光化学オキシダントの濃度影響では、人為発生源の排出量の増減や気象条件によって変動することが予想される。効果的な対策を実施した一定の期間後には、大気環境中データの解析や発生源寄与解析等を実施し、効果検証を行った上で更なる施策展開を検討する必要がある。

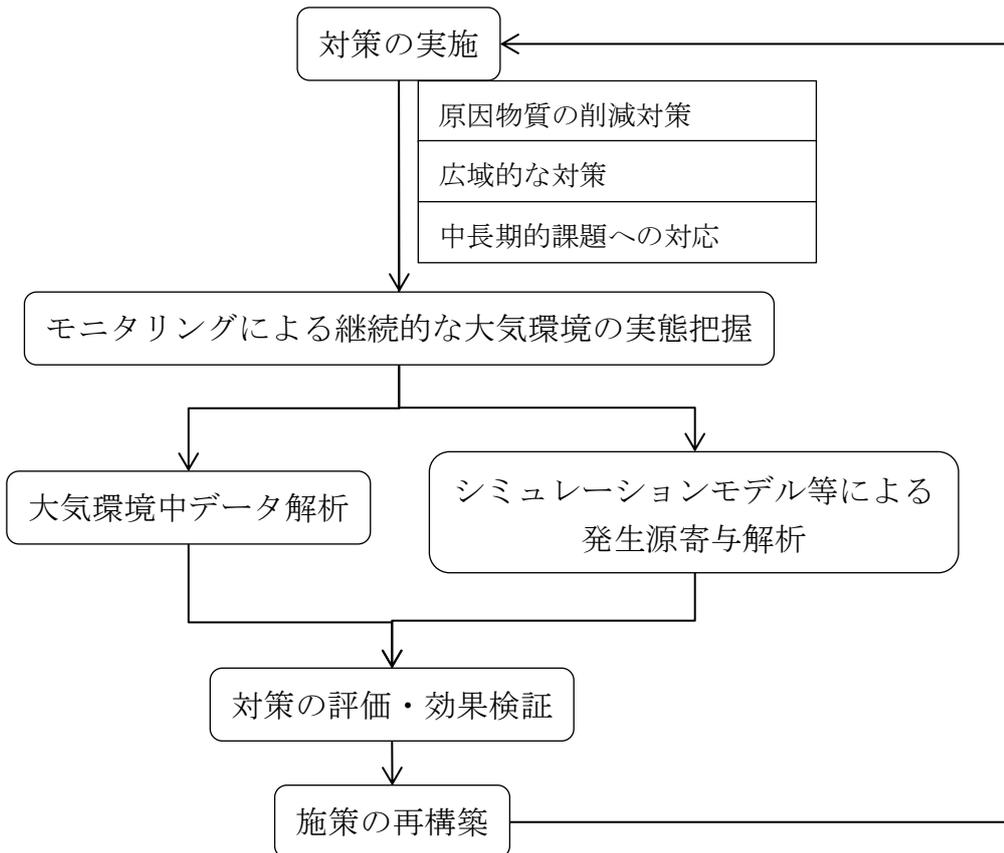


図 4-21 効果検証や施策展開を踏まえた今後の対策等のフロー