

光化学オキシダント対策の立案に向けた基礎的検討について

1. 概要

光化学オキシダントの追加的な対策の検討に当たっては、将来の前駆物質排出量と光化学オキシダント濃度を推計するためのシミュレーションモデルの精度向上と、前駆物質削減のための追加対策ケースの検討に取り組んできた。令和元年度は、既存の対策を継続した場合の将来排出量を推計するためのベースラインシナリオの設定及び感度解析に加えて、試験的に前駆物質の削減シナリオの検討を行った。

2. ベースラインシナリオに基づいた感度解析結果

ベースラインシナリオを用いて推計した 2025 年度排出量を設定し、既存の対策を継続した場合の光化学オキシダント濃度への対策効果について検討した。なお、2015 年の暖候期を基準とした。

2.1. モデル設定

気象モデルは WRFv3.9.1.1、化学輸送モデルは CMAQv5.2.1 を用いた。

2.2. ベースラインシナリオの設定

ベースラインシナリオの概要を表 1 に、発生源別のシナリオ設定概要を表 2 に示す。

表 1 ベースラインシナリオの概要

項目	設定	備考
作成目的	既存対策（自主行動計画等を含む）を継続した場合に見込まれる将来の大気汚染物質濃度の把握	
基準年度	2015 年度	主要な排出インベントリが揃う最新年として選定
将来年度	2025 年度	既存対策をある程度見通せる年として選定
シナリオ	低位排出	○規制徹底-目標・計画徹底シナリオ 規制に伴う排出量削減が進み、かつ、国や業界団体の目標や計画が徹底された場合に見込まれる排出量
	高位排出	○規制徹底-対策現状維持シナリオ 規制に伴う排出量削減が進む一方、省エネ対策に係る発生源で自主行動計画における対策が進まず、現状維持で推移した場合に見込まれる排出量
対象地域	日本国内、 国外 (東アジア)	日本国内のみ低位・高位の 2 シナリオを設定 国外は 1 シナリオのみとする (国内の既存施策、目標の効果検討を主眼とするため)
将来排出量 推計方法	基準年の排出インベントリに、発生源別（物質別、燃料種別等）の排出量比率を掛け合わせることで将来年度の排出量を算出（2.2 項）	
排出量比率 検討 対象物質	NO _x , VOC, SO _x , CO, NH ₃ , SPM, PM _{2.5}	

表 2 各発生源のシナリオの概要

発生源	概要	シナリオ設定		参照資料	利用変数 (排出量比率の算出に用いるデータ)		
		低位排出 [規制徹底-目標・計画徹底]	高位排出 [規制徹底-対策現状維持]				
国内人為起源	電気業	長期エネルギー需給見通しの省エネ徹底（低位）とレファレンス（高位）の総発電電力量をベースに、電源別発電量と発電効率の変化を考慮して設定する。	長期エネルギー需給見通しの「省エネ徹底」	長期エネルギー需給見通しの「レファレンス」	長期エネルギー需給見通し	電源別発電量 電源別発電効率	
	製造業	将来のエネルギー需給構造の報告書の省エネ徹底（低位）とレファレンス（高位）の最終エネルギー消費量を用いて設定する。	将来のエネルギー需給構造の報告書の「省エネ徹底」	将来のエネルギー需給構造の報告書の「レファレンス」	将来のエネルギー需給構造の報告書	最終エネルギー消費量	
	家庭	長期エネルギー需給見通しの省エネ徹底（低位）とレファレンス（高位）の最終エネルギー消費量を用いて設定する。	長期エネルギー需給見通しの「省エネ徹底」	長期エネルギー需給見通しの「レファレンス」	長期エネルギー需給見通し	最終エネルギー消費量（電力以外）	
	業務						
	自動車	保有台数の変化や、車両代替、次世代自動車導入目標等を考慮した将来排出量の推計結果（JATOPIII）を用いて「低位」を設定する。 次世代自動車の導入量が現状固定となる場合を仮定して「高位」を設定する。	JATOPIIIの次世代自動車導入目標等を考慮 (保有台数の変化や、車両代替も考慮)	次世代自動車の導入量が現状固定となる想定	JATOPIII	排出過程別・物質別・都道府県別排出量	
	作業機械	排出ガス規制と車両代替に伴う変化を考慮した将来排出量の推計結果を用いて設定する。 規制対象外で予測値のないSOxについては、CO2排出量の推計結果を参考に設定する。	排出ガス規制と車両代替に伴う変化を考慮した1シナリオ		自動車排出ガス原単位及び総量算定検討調査報告書	機械別・物質別排出量	
	固定蒸発VOC	塗料	排出量削減の努力が継続され、近年の減少トレンドが継続することを仮定して「低位」を設定する。今後の対策が進まず、現状維持となる場合を仮定して「高位」を設定する。	近年の減少トレンドが継続	2017年度で固定	VOC排出インベントリ	排出量
		燃料蒸発ガス	燃料蒸発ガスの自主行動計画の達成を仮定して「低位」を設定する。今後の対策が進まず、現状維持となる場合を仮定して「高位」を設定する。	自主行動計画が達成された状況を想定	2017年度で固定	自主行動計画VOC排出インベントリ	排出削減目標 排出量
		その他	排出量削減の努力が継続され、近年の減少トレンドが継続することを仮定して「低位」を設定する。今後の対策が進まず、現状維持となる場合を仮定して「高位」を設定する。	近年の減少トレンドが継続	2017年度で固定	VOC排出インベントリ	排出量
	船舶	2020年の船舶燃料油硫黄分規制強化を考慮した将来排出量の推計結果を用いる。	IMOの硫黄分規制強化を考慮した1シナリオ		GLIMMS-AQ	排出量	
その他*	将来年度の排出量は基準年度と同じと仮定する。	基準年度固定の1シナリオ		—	—		
国外人為起源	中国	第13次5カ年計画と近年の排出量実績値を考慮して設定する。	5カ年計画と近年の排出量実績値を考慮した1シナリオ		5カ年計画 Zheng, (2018)	排出削減目標 (%) 近年の排出量実績	
	中国以外	将来年度の排出量は基準年度と同じと仮定する。	基準年度固定の1シナリオ		—	—	

※ PM2.5等大気汚染物質排出インベントリの地域熱供給業、都市ガス製造業、農・林・水産業、鉱業、建設業、廃棄物焼却、野焼き、畜産、施肥、生活、化学肥料製造、航空を、国内人為起源の「その他」とした

2.3. 結果

2.3.1. O_x 及び前駆物質濃度

(1). O_x

基準ケース及び将来年度（低位及び高位排出）ケースにおける O_x の暖候期平均値及び暖候期平均の日変化を図 1 に示す。図 1 より、暖候期平均での濃度にはほぼ変化は見られないが、日変化では低位及び高位排出どちらも日中のピーク濃度が減少する可能性が示された。

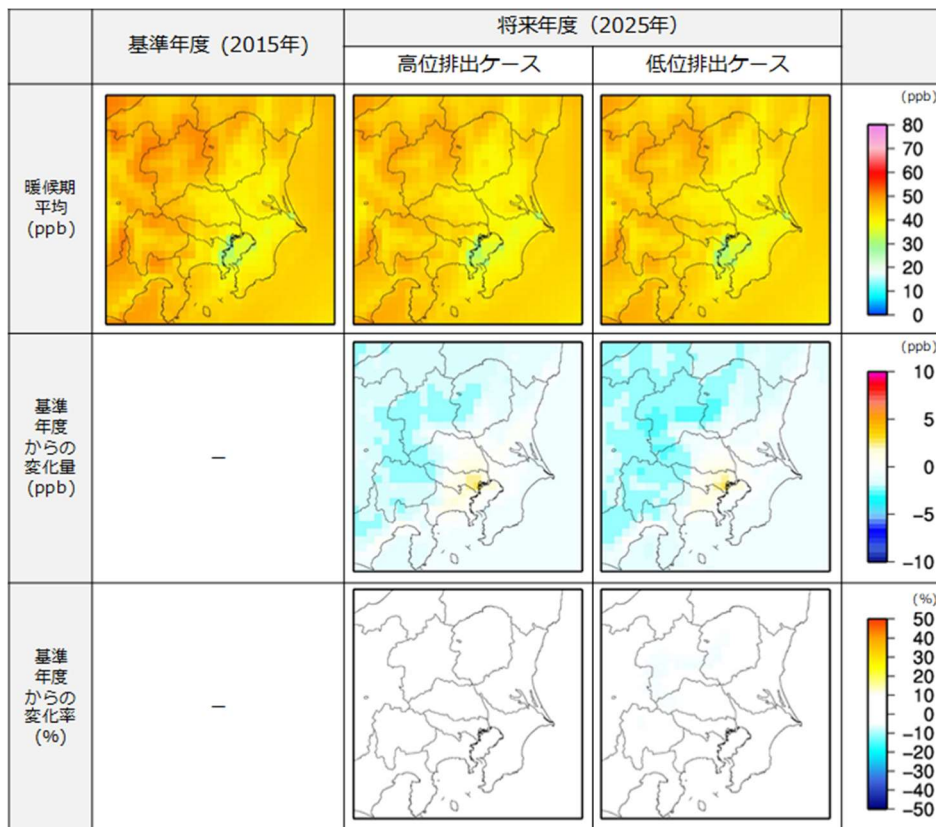


図 1(1) O_x 暖候期平均値 (10km 格子計算値)

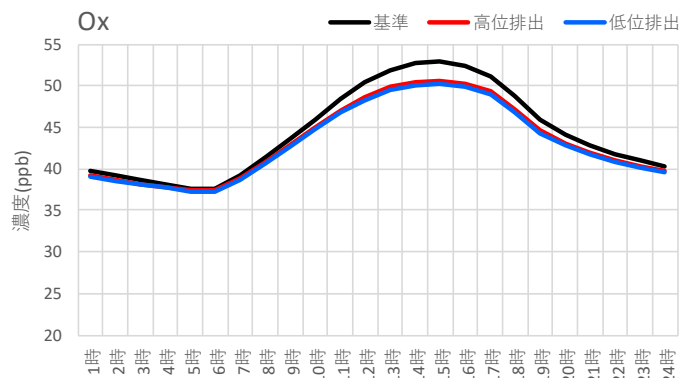


図 1(2) O_x 濃度の日変化 (10km 格子計算値) (暖候期平均値・計算領域平均値)

(2). O_x 前駆物質

基準ケース及び将来年度（低位及び高位排出）ケースにおける O_x 前駆物質（NO_x 及び NMHC）の暖候期平均値の空間分布及び暖候期平均の日変化を図 2 及び図 3 に示す。

NO_x では自動車からの排出量減少が顕著であること（2015 年比 62%減）を反映して、沿道での濃度低下が顕著である。将来年度の排出シナリオ間の差異は小さい。

NMHC では東京湾岸の発生源地域を中心に濃度が低下する傾向が見られる。

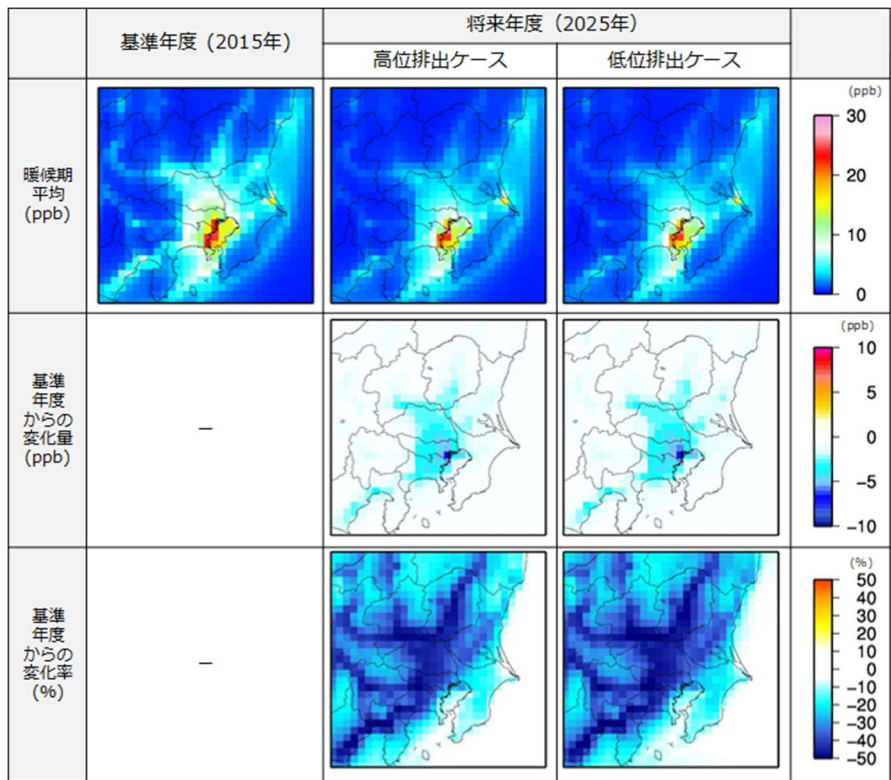


図 2 (1) O_x 前駆物質 (NO_x) 暖候期平均値 (10km 格子計算値)

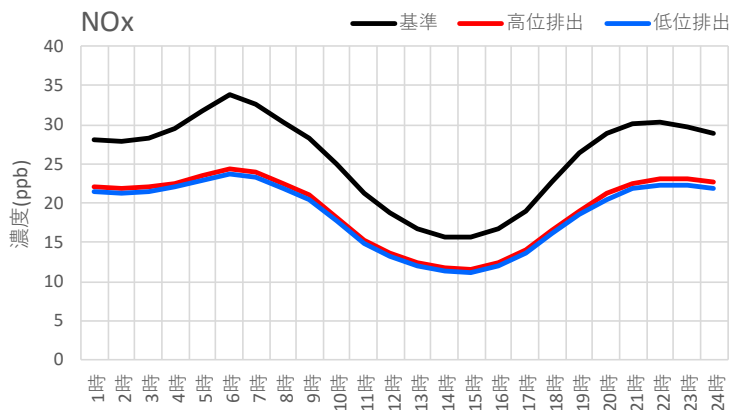


図 2 (2) NO_x 濃度の日変化 (10km 格子計算値) (暖候期平均値・計算領域平均値)

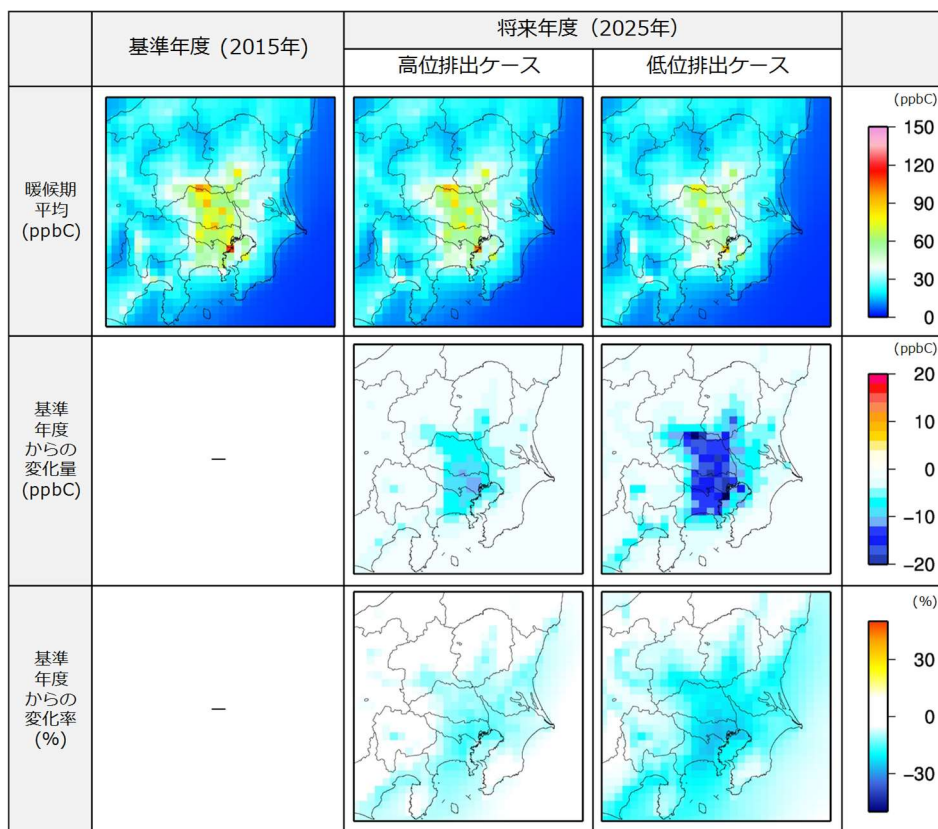


図 3(1) Ox 前駆物質 (NMHC) 暖候期平均値 (10km 格子計算値)
 ※将来年度ケースで変化させている VOC は人為起源排出量のみ

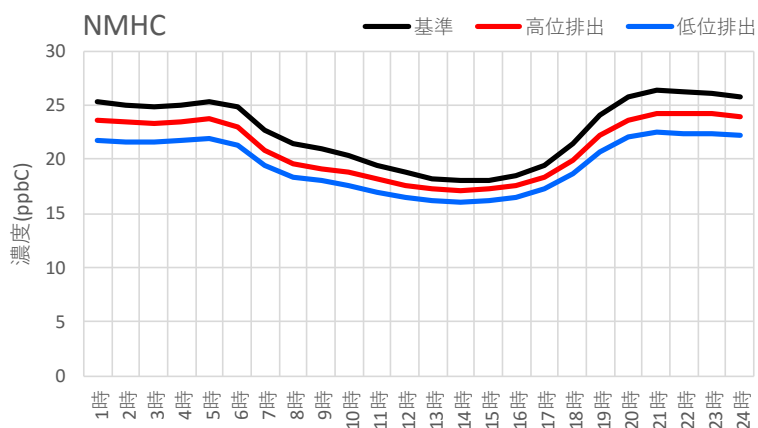


図 3(2) NMHC 濃度の日変化 (10km 格子計算値) (暖候期平均値・計算領域平均値)

2.3.2. O_x 暖候期 98%タイル値

基準年度及び将来年度（低位排出、高位排出）各ケースについて、O_x 高濃度指標（日最高 8 時間値 暖候期 98%タイル値）における変化を比較した。図 4 に計算値における O_x 暖候期 98%タイル値の空間分布図及び基準年度と将来年度間の変化量(ppb)を示す。

図 4 より低位及び高位排出どちらのケースにおいても 98%タイル値は全域的に減少する可能性が示され、地域的には埼玉県や群馬県等の発生源地域～その風下地域で減少幅が大きくなる可能性がある。

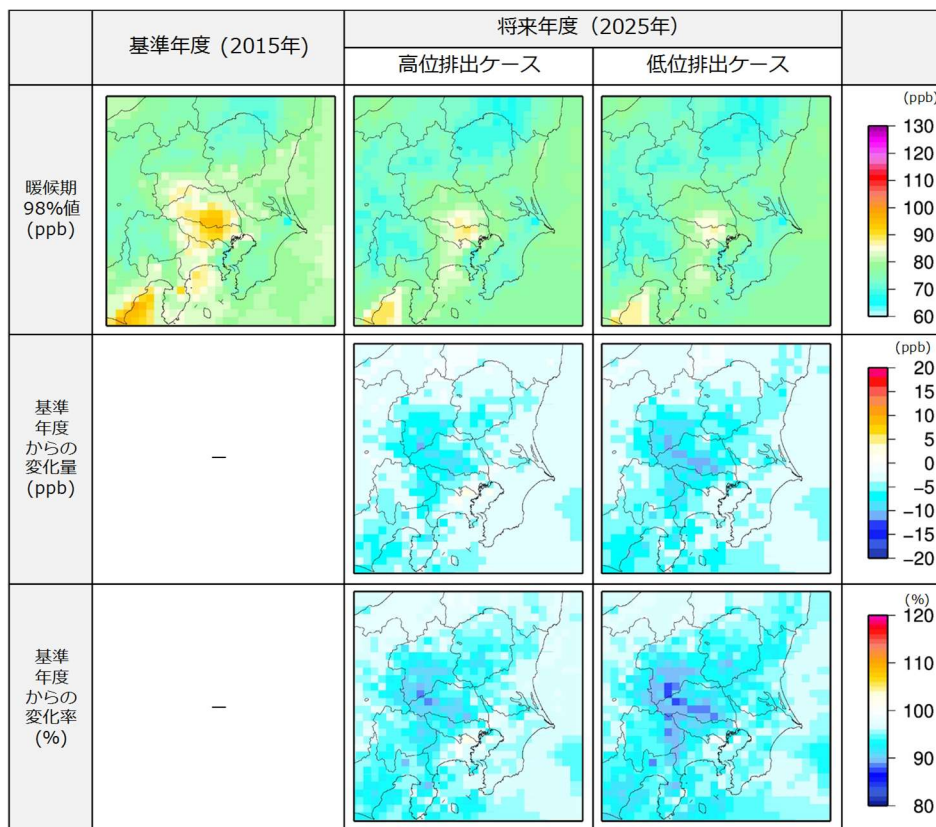


図 4 O_x 暖候期 98%タイル値（関東領域・10km 格子計算値）

上段：O_x 暖候期 98%タイル値(ppb)、中段：基準年度ケースからの変化量 (ppb)、
下段：基準年度ケースからの変化率 (%)

都県別に Ox 暖候期 98% タイル値の変化を算出した結果を表 3 に示す。なお、2015 年の測定値を用いてレスポンスファクター (RF) による補正を行っている。

高位/低位排出ケース毎に Ox 暖候期 98% タイル値の変化を見ると、高位排出ケースでは埼玉県(-5.8 ppb (-5.9%))・群馬県 (-8.0 ppb (-8.5%))・栃木県 (-5.4 ppb (-6.5%)) での濃度低下が顕著である。南関東の発生源周辺地域(千葉県、神奈川県)では相対的に効果は小さい(それぞれ、-2.8ppb(-3.4%)、-2.7ppb(-3.1%))。

低位排出ケースでは、全域的に高位排出ケースよりも Ox 濃度が低下する。低位排出ケースでの削減効果が大きいのは埼玉県、東京都、神奈川県であり、高位排出ケースから更に 1.5~2.2 ppb 程度 Ox 濃度が低下する可能性がある。北関東(茨城県、栃木県、群馬県)では、高位排出ケースから更に 1ppb(1%)程度 Ox 濃度が低下する可能性が示された。

表 3 都県/地域別 Ox 日最高 8 時間値暖候期 98% タイル値の変化
(RF による補正值¹)

	Ox 暖候期 98% タイル値 (ppb)			基準年度からの変化量(ppb)		基準年度からの変化率(%)	
	基準年度	高位排出	低位排出	高位排出	低位排出	高位排出	低位排出
茨城	79.1	75.7	74.9	-3.4	-4.2	-4.3	-5.3
栃木	84.0	78.6	77.6	-5.4	-6.4	-6.5	-7.7
群馬	94.1	86.2	85.2	-8.0	-8.9	-8.5	-9.4
埼玉	96.9	91.1	89.1	-5.8	-7.8	-5.9	-8.1
千葉	82.9	80.1	79.3	-2.8	-3.6	-3.4	-4.4
東京	95.2	91.3	89.2	-3.8	-6.0	-4.0	-6.3
神奈川	86.8	84.0	82.5	-2.7	-4.2	-3.1	-4.9
北関東	85.8	80.2	79.3	-5.6	-6.5	-6.5	-7.6
南関東	90.4	86.7	85.0	-3.8	-5.4	-4.2	-6.0
関東	88.4	83.9	82.5	-4.6	-5.9	-5.2	-6.7

¹ 将来年度(低位/高位排出)ケースにおいて日別の RF を算出し、それを測定値の日最高 8 時間値(2015 年)に乗じることで、地点別の日最高 8 時間値の補正值を作成し、その中から暖候期 98% タイル値(上位 4 日)を算出する。

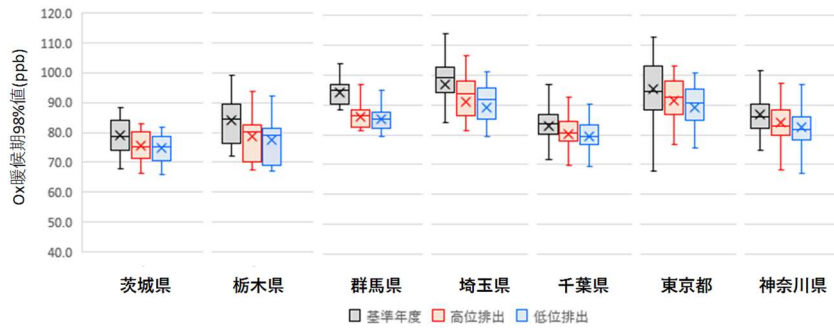


図 5 (1) 各ケースにおける地点別の Ox 暖候期 98%タイル値 (ppb) の箱ひげ図

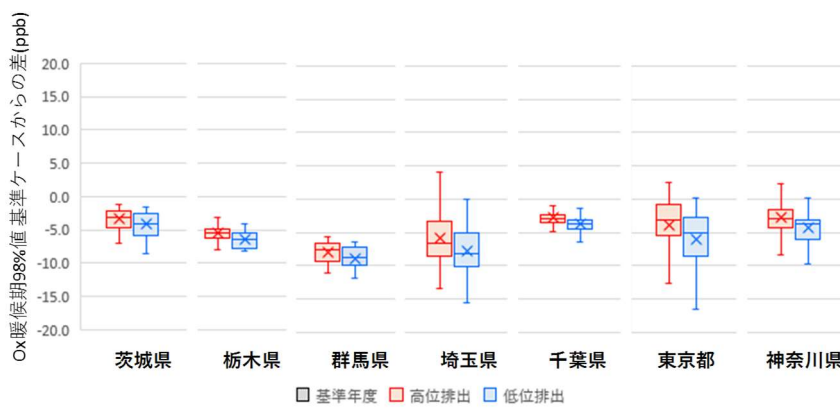


図 5 (2) 各ケースにおける、地点別の Ox 暖候期 98%タイル値のベースケースからの変化量 (ppb) の箱ひげ図

2.3.3 高濃度発生日数

Ox 日最高 8 時間値が 50 ppb、70 ppb、100 ppb²を越えた日数について、都県別に整理した結果を図 6 に示す。

50ppb 以上の日数が東京都でわずかながら増加傾向となる点を除いて、各閾値において発生日数は全般的に減少する可能性が示された。高位排出及び低位排出ケース間の削減効果の差異は、50ppb 以上の日数では 1.1~2.4 日 (1.1~2.7%) 程度に留まるものの、閾値が高いほど大きくなる。また、地域的には発生日数の変化率は北関東³ (茨城県、栃木県、群馬県)の方が南関東⁴ (千葉県、埼玉県、東京都、神奈川県)より大きくなるといった特徴が見られる。

100ppb 以上の日数に着目した場合、群馬県、東京都及び埼玉県では高位排出ケースにおいて、測定局当たりの日数が 1.0 日程度減少する可能性がある。地域別に見た場合、高位排出ケースでの 100ppb 以上の日数は、基準年度に比べて北関東では 22 日 (61%)、南関東では 128 日 (30%) 程度減少する可能性が示された

低位排出ケースと高位排出ケースを比べた場合、茨城県を除いて 100ppb 以上の発生日数は低位排出ケースの方が少なくなる。栃木県、群馬県、千葉県、埼玉県、神奈川県では高位排出ケースと比べて 10%以上発生日数を低減できる可能性があり、埼玉県及び神奈川県では県全体で 100ppb 以上の発生日数がそれぞれ 23 日、10 日減少する可能性がある。地域別に見た場合、低位排出ケースでの 100ppb 以上の日数は、高位排出ケースに比べて北関東全体では 3 日(基準年度における発生日数の 8.6%)、南関東全体では 48 日 (基準年度における発生日数の 11.1%) 程度減少する可能性が示された

² Ox 日最高 8 時間値 50, 70, 100ppb はおおよそ昼間の Ox 1 時間最高値の 60, 80, 120ppb に相当する (光化学オキシダント調査検討会報告書 (H28.3))

³ 57 地点

⁴ 247 地点

Ox日最高8時間値	日数（測定局あたり）			基準年度からの変化率	
	基準年度	高位排出	低位排出	高位排出	低位排出
50ppb以上					
茨城(n=27)	72.2	65.7	64.6	0.91	0.89
栃木(n=16)	82.9	71.1	68.8	0.86	0.83
群馬(n=14)	107.1	97.1	96.0	0.91	0.90
埼玉(n=54)	91.6	86.8	84.9	0.95	0.93
千葉(n=93)	82.0	78.0	76.6	0.95	0.93
東京(n=41)	84.2	85.5	83.2	1.02	0.99
神奈川(n=59)	88.8	87.7	85.6	0.99	0.96
北関東	87.4	78.0	76.4	0.89	0.87
南関東	86.6	84.5	82.6	0.98	0.95
関東	87.0	81.7	80.0	0.94	0.92

Ox日最高8時間値	日数（測定局あたり）			基準年度からの変化率	
	基準年度	高位排出	低位排出	高位排出	低位排出
70ppb以上					
茨城(n=27)	12.4	8.3	7.6	0.67	0.61
栃木(n=16)	22.9	14.3	12.6	0.63	0.55
群馬(n=14)	48.9	34.5	30.9	0.71	0.63
埼玉(n=54)	34.8	29.1	26.9	0.84	0.77
千葉(n=93)	17.8	14.5	13.3	0.82	0.75
東京(n=41)	24.8	22.7	20.8	0.92	0.84
神奈川(n=59)	21.7	17.9	15.8	0.82	0.73
北関東	28.0	19.0	17.0	0.68	0.61
南関東	24.8	21.1	19.2	0.85	0.78
関東	26.2	20.2	18.3	0.77	0.70

Ox日最高8時間値	日数（測定局あたり）			基準年度からの変化率	
	基準年度	高位排出	低位排出	高位排出	低位排出
100ppb以上					
茨城(n=27)	0.3	0.1	0.1	0.25	0.25
栃木(n=16)	0.3	0.1	0.0	0.20	0.00
群馬(n=14)	1.6	0.7	0.6	0.45	0.36
埼玉(n=54)	3.1	2.1	1.6	0.66	0.52
千葉(n=93)	0.7	0.5	0.4	0.70	0.56
東京(n=41)	2.7	1.8	1.7	0.67	0.62
神奈川(n=59)	1.5	1.3	1.1	0.83	0.72
北関東	0.7	0.3	0.2	0.39	0.30
南関東	2.0	1.4	1.2	0.70	0.59
関東	1.5	0.9	0.8	0.63	0.53

図6 都府県別 高濃度日発生日数の変化（測定局あたり）

上段：Ox日最高8時間値 50ppb以上、中段：70ppb以上、下段：100ppb以上

n: 各都県での測定局数

2.4. まとめ

日本国内で既存対策を継続した場合の Ox 濃度低減効果を評価するために、設定したベースラインシナリオ及びシミュレーションモデルを用いて関東領域における感度解析を実施した。基準年度は 2015 年、将来年度は 2025 年と設定し、将来年度の国内排出シナリオとしては「高位排出（規制徹底-対策現状維持シナリオ）」及び「低位排出（規制徹底-目標・計画徹底シナリオ）」の 2 ケースを設定した。

国外については、中国における前駆物質排出量の減少傾向が継続し 5 カ年計画における目標が達成されるものと想定した。そのため、感度解析の結果には日本国内及び中国双方での排出量変化の影響が含まれる。

感度解析の結果として、以下の内容が示された。

<Ox 暖候期 98%タイル値>

- Ox 暖候期 98%タイル値の変化として、高位排出ケースでは埼玉県(-5.8 ppb (-5.9%))・群馬県(-8.0 ppb(-8.5%))・栃木県(-5.4 ppb(-6.5%))での濃度低下が顕著である。一方で、南関東の発生源周辺地域(千葉県、神奈川県)では濃度低減効果は相対的に小さい(それぞれ、-2.8ppb(-3.4%)、-2.7ppb(-3.1%))。
- 低位排出ケースでは、全域的に高位排出ケースよりも Ox 濃度が低下する。低位排出ケースでの削減効果が大きいのは埼玉県、東京都、神奈川県であり、高位排出ケースから更に 1.5~2.2 ppb 程度 Ox 濃度が低下する可能性がある。

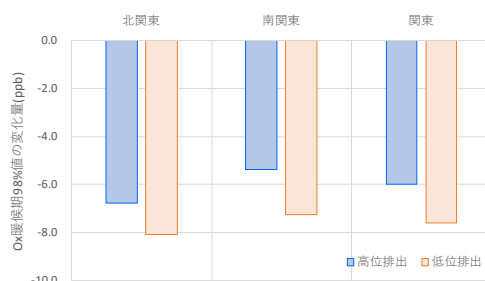


図 7 Ox 暖候期 98%タイル値の変化量 (ppb) (地域別・RF による補正值・2015 年)

<高濃度発生日数>

- 全体的な傾向として、僅かな例(東京都の 50 ppb 以上の日数)を除き、高濃度発生日数は減少する可能性が示された。また、高位排出及び低位排出ケース間の削減効果の差異は、閾値が高いほど大きくなる。
- 発生日数の変化率は北関東（茨城県、栃木県、群馬県）の方が南関東（千葉県、埼玉県、東京都、神奈川県）より大きくなる。
- 100ppb 以上の日数に着目した場合、高位排出ケースでは、群馬県、東京都及び埼玉県では測定局当たりの日数が 1.0 日程度減少する可能性がある。また、地域別に見た場合、高位排出ケースでの 100ppb 以上の日数は、基準年度に比べて北関東では 22 日、南関東では 128 日程度減少する可能性がある。
- 低位排出ケースと高位排出ケースを比べた場合、茨城県を除いて 100ppb 以上の発生日数は低位排出ケースの方が少なくなる。栃木県、群馬県、千葉県、埼玉県及び神奈川県では高位排出ケースと比べて測定局あたりの発生日数を 10%以上低減できる可能性があり、埼玉県及び神奈川県では県全体で発生日数がそれぞれ 23 日、10 日程度低減できる可能性がある。

なお、結果を解釈するにあたり、上記結果は日本国内のみの排出削減効果でなく、中国での前駆物質排出量変化の影響も加味されていることに留意が必要である。

3. 前駆物質の主要発生源に係る追加対策ケース案

VOC の追加的な排出抑制対策の検討に向けて、ベースラインシナリオに対して追加的に排出削減を行った場合の効果推計に向け、対策ケース案を作成する。

排出抑制技術の情報収集対象としては、既存のデータ等を踏まえ、大気環境中への VOC の主要発生源品目である塗料を中心とした。本資料では、地域別の前駆物質の主要発生源の把握及び排出技術の情報収集を行い、主に前駆物質の主要発生源（塗料）に係る「③ 対策ケース案の作成」について示す。

3.1. 塗料の VOC 排出量の推計結果

塗料の VOC 排出推計量の経年変化を図 8 に示す。2017 年度の排出量は約 25 万トンで、2000 年度比で 53%削減されている。

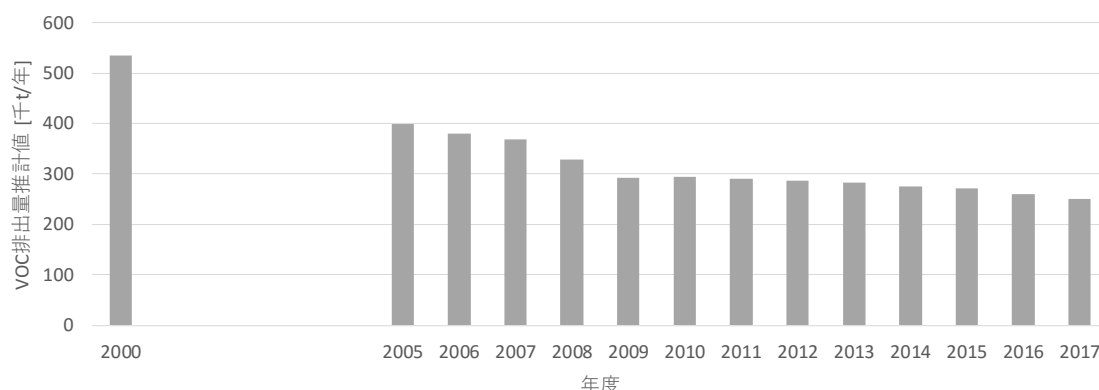
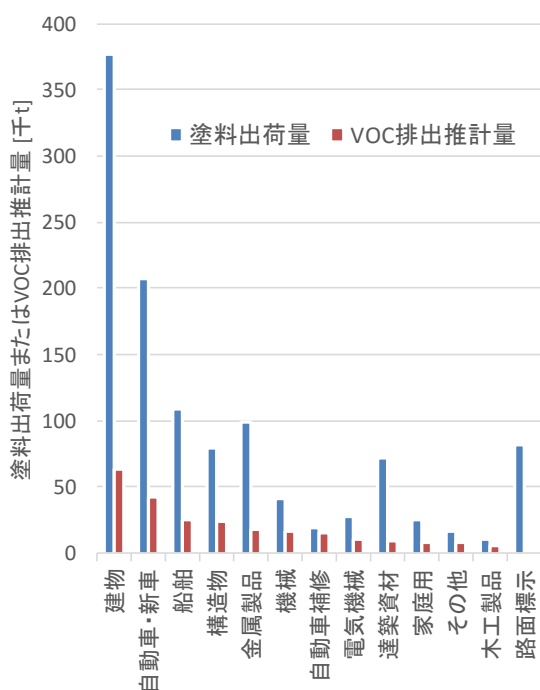


図 8 塗料の VOC 排出推計量の経年変化（環境省, 2018⁵より）

2017 年度の需要分野別の塗料出荷量と VOC 排出推計量を図 9 図 及び表 4 に示す。また、需要分野別の低 VOC 塗料比率を図 10 に示す。塗料出荷量が多い需要分野は「建物」及び「自動車・新車」であるが、いずれも VOC 含有量が少ない水系塗料化が進んでいる。「構造物」については、VOC 排出量は 4 番目であるものの、塗料出荷量に対する VOC 排出量比率が 31%となっており、同じく屋外での塗装が前提となる「建物」（塗料出荷量に対する VOC 排出量比率：17%）に比べて高い値となっている。また、「自動車・補修」については、塗料出荷量に対する VOC 排出量比率が 83%と高い値となっている。

⁵ 環境省, 2018, 平成 30 年度 揮発性有機化合物 (VOC)排出インベントリ作成等に関する調査業務報告書。



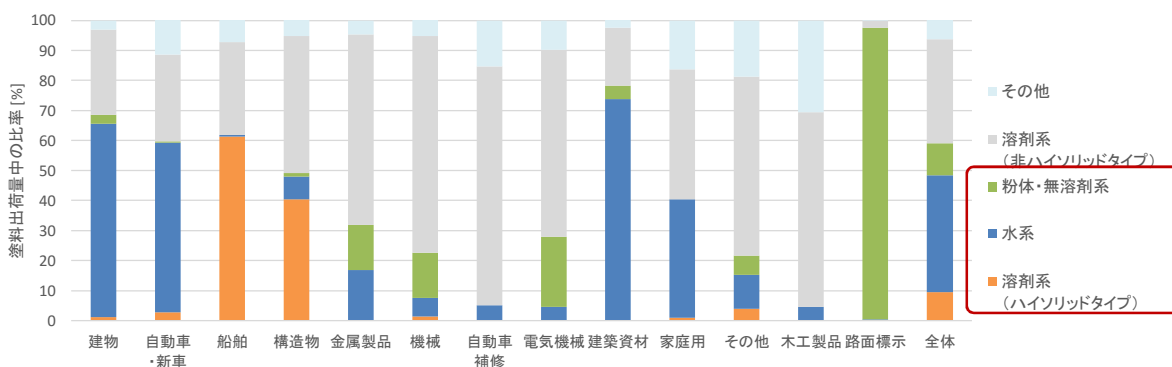
出典：日本塗料工業会（2019）より作成

図 9 塗料出荷量と VOC 排出推計量 (2017 年度)

表 4 塗料出荷量と VOC 排出推計量 (2017 年度)

	塗料出荷量 [万トン]	VOC 排出推計量 (希釈シンナー分を含む) [万トン]	塗料出荷量に対する VOC 排出推計量比率 [%]
建物	376.8	63.9	17%
自動車・新車	207.4	43.2	21%
船舶	109.5	25.7	24%
構造物	78.9	24.2	31%
金属製品	99.3	18.1	18%
機械	41.2	16.5	40%
自動車・補修	19.3	16.0	83%
電気機械	28.0	10.1	36%
建築資材	72.2	9.0	12%
家庭用	25.7	8.1	31%
その他	17.2	8.0	46%
木工製品	10.7	6.0	57%
路面標示	82.0	0.6	1%
合計	1,168.3	249.4	21%

出典：日本塗料工業会（2019）より作成



出典：日本塗料工業会（2019）より作成

図 10 需要分野別の低 VOC 塗料比率 (2017 年度) ⁶

低 VOC 塗料

⁶ その他にはラッカー、電気絶縁塗料などが含まれる。

3.2. 対策ケース案について

3.2.1. 概要

塗料における追加対策ケースとして、「溶剤系塗料（非ハイソリッドタイプ）の低 VOC 塗料への転換を推進させる」ことを設定し、複数段階の代替率について VOC 排出の削減量を試算した。

塗料転換対象の分野は「各需要分野で最も普及している低 VOC 塗料」を基本としたが、構造物分野は 2018 年の重防食分野の水系塗料の JIS 化等の取組を考慮し、普及率第 2 位の「水系塗料」への代替を仮定した。また、路面標示分野は現状の低 VOC 塗料比率が 97.5% と高いため、代替は設定しないものとした（図 11）。

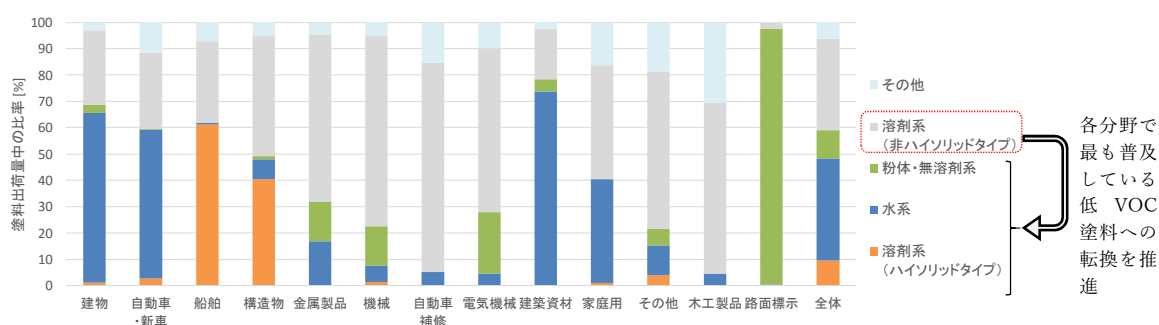


図 11 需要分野別の低 VOC 塗料比率 (2017 年度) 出典：日本塗料工業会 (2019) より作成

3.2.2. VOC 削減量の算出方法

VOC 排出削減量は、①塗料における現状の VOC 排出量と、②塗料における対策ケース導入時の VOC 排出量の差から求めた。上記①②の算出方法を以下に示す。

① 塗料における現状の VOC 排出量

「平成 29 年度塗料からの VOC 排出実態推計のまとめ」(日本塗料工業会・2019) に掲載されている、「需要分野別・塗料種類別の塗料出荷量」、「塗料中溶剤比率」、「シンナー希釈率」、「需要分野別の大気への VOC 放出率」から、塗料における現状 (2017 年) の VOC 排出量 (需要分野別・塗料種類別) を算出した。

$$\begin{aligned}
 & \blacksquare \text{ 使用時 VOC 排出量 (需要分野別 } i \cdot \text{ 塗料種類別 } j) \\
 & = \{ (\text{塗料出荷量}(i,j) \times \text{塗料中溶剤比率}(i,j)) + (\text{塗料出荷量}(i,j) \times \text{シンナー希釈率}(i,j)) \} \\
 & \quad \times \text{大気への VOC 排出率}(i)
 \end{aligned}$$

② 塗料における対策ケース導入時の VOC 排出量

需要分野別、低 VOC 塗料種類別⁷に溶剤系塗料（非ハイソリッド）から代替時の VOC 排出量削減効果を算出し、塗料全体における削減効果を試算した。削減効果の設定を表 4 に、代替を仮定した低 VOC 塗料（需要分野別）の設定を表 5 に示す。

<p>■塗料代替時の使用時 VOC 排出量（需要分野別 i）</p> <p>=（代替されなかった分の使用時 VOC 排出量_{(溶剤系塗料（非ハイソリッド））}） +（代替後の使用時 VOC 排出量_(代替対象低 VOC 塗料)） +（現状の使用時 VOC 排出量_(代替対象以外の塗料)）</p>
<p>○塗料代替時の使用時 VOC 排出量（需要分野別 i・溶剤系塗料（非ハイソリッド））</p> <p>=（代替されなかった分の使用時 VOC 排出量_{(溶剤系塗料（非ハイソリッド））}） =使用時 VOC 排出量_(i, 溶剤系塗料（非ハイソリッド）) ×（1-代替率/100）</p>
<p>○使用時 VOC 排出量（需要分野別 i・代替対象低 VOC 塗料）</p> <p>=（現状の使用時 VOC 排出量_(代替対象低 VOC 塗料)）+（代替分の使用時 VOC 排出量_(代替対象低 VOC 塗料)） =使用時 VOC 排出量_(i, 代替対象低 VOC 塗料) +使用時 VOC 排出量_(i, 溶剤系塗料（非ハイソリッド）) × 代替率/100 × 削減効果/100</p>
<p>○使用時 VOC 排出量（需要分野別 i・代替対象以外の塗料）</p> <p>=（現状の使用時 VOC 排出量_(代替対象以外の塗料)） =使用時 VOC 排出量_(i, 代替対象以外の塗料)</p>

表 4 低 VOC 塗料へ代替した場合の VOC 排出量削減効果の設定

溶剤系塗料（非ハイソリッド）から変更する 低 VOC 塗料	削減効果 [%] [*]
溶剤系塗料（ハイソリッド）	25
水系塗料	75
無溶剤系塗料	90

※東京都環境局（2016）⁸を参照のうえ設定

⁷溶剤系塗料（ハイソリッド）、水系塗料、無溶剤系塗料

⁸ 東京都環境局, 2016 東京都 VOC 対策ガイド（工場内編）改訂版

表 5 需要分野別の溶剤系塗料（非ハイソリッド）から変更を仮定する低 VOC 塗料

需要分野	溶剤系塗料（非ハイソリッド）からの変更を仮定する低 VOC 塗料	備考
建物	水系塗料	分野別の最普及低 VOC 塗料
建築資材	水系塗料	分野別の最普及低 VOC 塗料
構造物	水系塗料	分野別の最普及低 VOC 塗料は溶剤系塗料（ハイソリッド）であるが、2018 年の重防食分野の水系塗料の JIS 化等の取組を考慮し、水系塗料への代替を仮定する
船舶	溶剤系塗料（ハイソリッド）	分野別の最普及低 VOC 塗料
自動車新車	水系塗料	分野別の最普及低 VOC 塗料
自動車補修	水系塗料	分野別の最普及低 VOC 塗料
電気機械	無溶剤系塗料	分野別の最普及低 VOC 塗料
機械	無溶剤系塗料	分野別の最普及低 VOC 塗料
金属製品	水系塗料	分野別の最普及低 VOC 塗料
木工製品	水系塗料	分野別の最普及低 VOC 塗料
家庭用	水系塗料	分野別の最普及低 VOC 塗料
路面標示	なし	既に低 VOC 塗料比率が 97.5% であるため、特に代替は設定せず、2017 年度排出量推計値のままと仮定する
その他	水系塗料	分野別の最普及低 VOC 塗料

3.2.3. 結果

溶剤系塗料（非ハイソリッド）を低 VOC 塗料に代替した場合の、塗料における VOC 排出量の試算結果を図 12 に示す。代替率は 0~100%の範囲において 10%刻みで設定し、全需要分野で一律の代替率を仮定した結果となる。

低 VOC 塗料への代替率と VOC 排出量削減量の散布図を図 13 に示す。2017 年度の塗料からの VOC 排出量（249 千 t）に対しては、30%代替した場合で 207 千 t（排出量 17%削減）、50%代替した場合で 179 千 t（同 28%削減）、70%代替した場合で 150 千 t（同 39%削減）の結果が得られた。

ベースラインシナリオの追加的な対策を想定し、高位/低位シナリオ(2025 年)からの追加的な削減効果を図 14 に示す。低 VOC 塗料への代替率を 50%と仮定した場合、2015 年度の国内人為起源 VOC 排出量(919kt)に比べて、高位シナリオ⁹では 7.8%(71.3kt)、低位シナリオ¹⁰では 6.4%(58.7kt)、の追加的な VOC 排出量削減効果が見込まれる（図 15）。

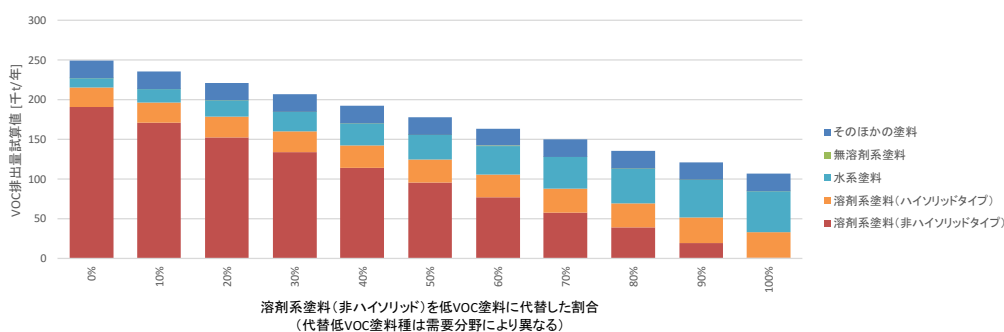


図 12 “溶剤系塗料（非ハイソリッド）”を“低 VOC 塗料”に代替した場合の塗料からの VOC 排出量の試算結果※代替低 VOC 塗料種は需要分野により異なる種を仮定した（表 5）
横軸：溶剤系塗料（非ハイソリッド）を低 VOC 塗料に代替した割合

⁹ 高位排出：塗料分野からの VOC 排出量は 2017 年で固定（現状維持）したシナリオ。（2015 年比の人為起源 VOC 排出量比 90%（全国平均・2025 年））

2025 年の国内 VOC 人為起源排出量は 828kt、塗料分野からの VOC 排出量は 259kt を想定

¹⁰ 低位排出：塗料分野からの VOC 排出量は 2012~2017 年度の減少トレンドが継続すると想定したシナリオ。（2015 年比の人為起源 VOC 排出量比 79%（全国平均・2025 年））

2025 年の国内 VOC 人為起源排出量は 724kt、塗料分野からの VOC 排出量は 206kt を想定

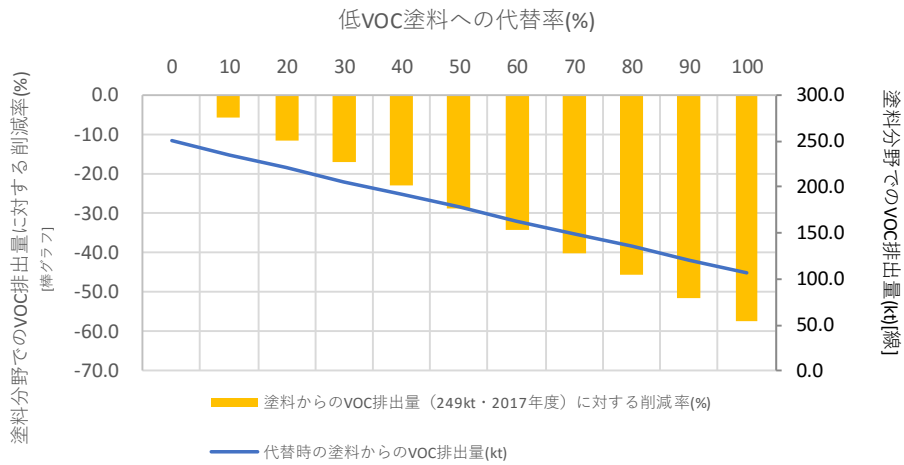


図 13 低 VOC 塗料への代替率 (%) と塗料分野での VOC 排出量(kt)及び排出量削減率 (%) の関係性 (2015 年比)

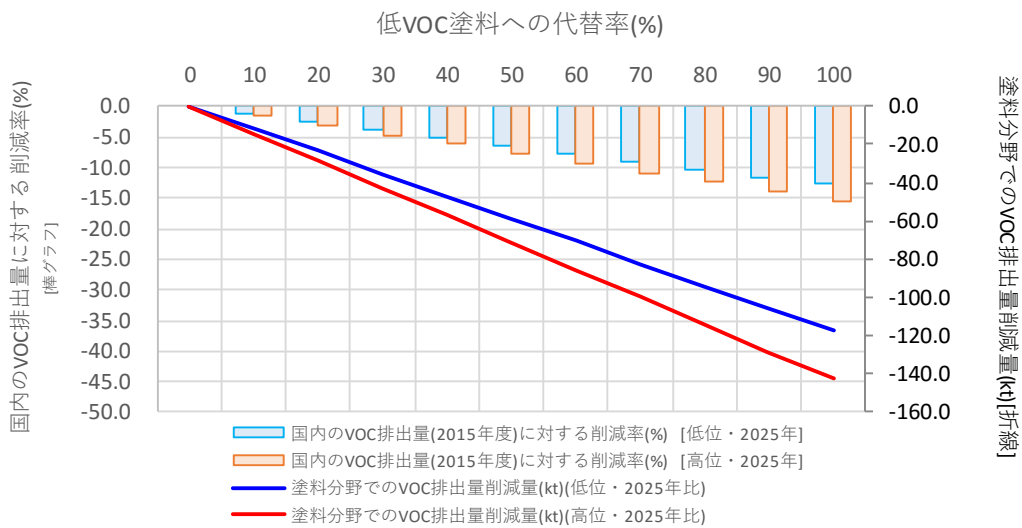


図 14 高位/低位排出シナリオ (2025 年度) に対して追加的に低 VOC 塗料への代替を実施した場合¹¹の VOC 排出量削減量(kt：折線) 及び国内の VOC 排出量に対する削減率(%：棒グラフ)

¹¹低位シナリオについて、2025 年度における各需要分野別の低 VOC 塗料比率は 2017 年度と同一（低 VOC 塗料への転換は進まない）と仮定し、2025 年度における低 VOC 塗料への代替による削減効果を算出した。（高位シナリオは塗料分野からの VOC 排出量は 2017 年固定のため、2017 年度と同じ低 VOC 塗料比率を適用した）

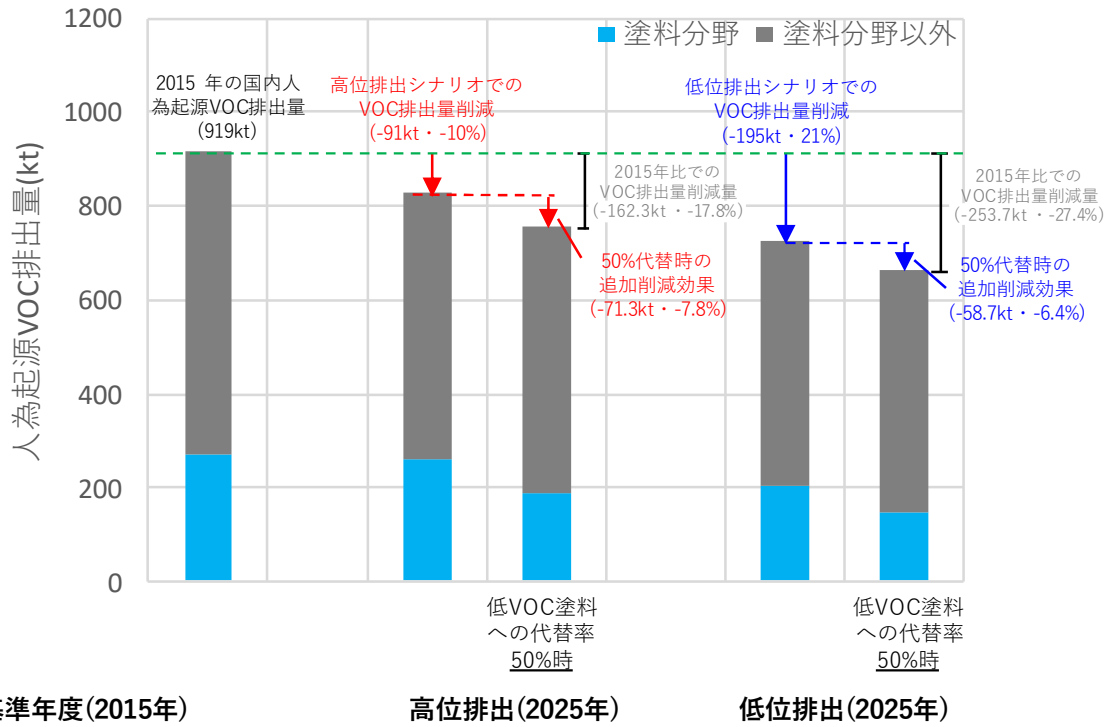


図 15 高排出/低排出シナリオ (2025 年度) に対して追加的に低 VOC 塗料への代替を実施した場合 (50%) の VOC 排出量(kt)の変化

3.3. まとめと今後の課題

追加的な VOC 排出抑制対策の検討に向けて、塗料分野における対策ケース案の作成・削減試算を行った。調査結果のまとめを以下に示す。

3.3.1. 塗料の VOC 排出量の推計結果

追加的な VOC 削減ポテンシャルの把握に向け、VOC の主要発生源である塗料について、既存の排出抑制技術やその削減効果に関する情報収集を行った。

塗料の VOC 排出推計量は減少傾向にあり、2017 年度の排出量は約 25 万トンである(2000 年度比で 53%削減)。需要分野別の低 VOC 塗料普及率をみると、塗料出荷量が多い「建物」及び「自動車・新車」では水系塗料化が進んでいる。削減ポテンシャルの観点から塗料出荷量に対する VOC 排出量比率をみた場合、「構造物」及び「自動車・補修」分野における VOC 排出量比率が高い。塗料の VOC 排出抑制技術として、「低 VOC 塗料への転換」、「塗料使用量の削減」、「排ガス処理装置の導入」が挙げられた。

3.3.2. 対策ケース案の作成・試算

塗料における追加対策ケースとして、「全需要分野において溶剤系塗料(非ハイソリッド)の低 VOC 塗料へと転換を推進させる」を設定し、複数の代替率(0~100%)について VOC 排出の削減量を試算した。

塗料における低 VOC 塗料への転換による VOC 排出量(2017 年度・249 千 t)の削減効果をみた場合、30%代替した場合で 17%削減、50%で 28%削減、70%で 39%削減との結果が得られた。

高位/低位シナリオ(2025 年)における追加的な削減対策とみた場合、低 VOC 塗料への代替率を 50%と仮定すると、国内の人為起源 VOC 排出量(2015 年度)に対して高位シナリオで 7.8%、低位シナリオで 6.4%の排出量削減効果が推計される。

今回の検討では、塗料における低 VOC 化を進めた場合の VOC 排出量削減ポテンシャルを確認した。今後、こうした結果をシミュレーションモデルに反映することにより、Ox 削減効果を精査することが考えられる。

また、ベースラインシナリオに含まれる塗料以外の発生源について、NOx や VOC の排出抑制対策及び削減ポテンシャルを検討することが考えられる。