

VOC 排出削減効果の定量的評価
に向けた検討等業務
報告書

令和3年3月

一般社団法人産業環境管理協会

目次

1	調査の目的	1
2	調査の概要	1
2-1.	実施体制	1
2-2.	実施内容	2
(1)	定量的評価等の検討	2
(2)	植物由来 VOC の知見の整理	3
(3)	将来の VOC 排出量の推定	3
(4)	工業会等に未加入の事業者への対応	3
2-3.	検討会の設置	4
2-4.	報告書作成	5
3	調査結果（定量評価）	6
3-1.	今年度調査の概要・目的	6
3-2.	今年度調査の共通の計算条件等	6
3-3.	NOx 削減等に係るオゾン感度・指標値の算出	7
(1)	算出条件・方法	7
(2)	算出結果と考察	10
3-4.	オゾン感度・指標値の気象パターンによる変動性解析	19
(1)	本解析の背景と目的	19
(2)	解析方法	19
(3)	計算結果と考察	20
3-5.	VOC 及び NOx の排出量を大幅に削減した場合の検討	33
(1)	本解析の目的	33
(2)	解析方法	33
(3)	計算結果と考察	34
3-6.	オゾン感度・指標値の BVOC 排出量に係る不確実性解析	40
(1)	本解析の背景と目的	40
(2)	解析方法	40
(3)	計算結果と考察	41
3-7.	オゾン感度・指標値の境界条件設定に係る不確実性解析	53
(1)	本解析の目的	53
(2)	解析方法	53
(3)	計算結果と考察	53

3-8. 本事業で算出されたオゾン感度に基づく予測と実測値解析によるオゾン濃度経年変化算出値の整合性検討	56
(1) 本検討の背景と目的	56
(2) 予測と実測値解析による経年変化整合性検討方法	56
(3) 予測による経年変化算出方法と算出結果	56
(4) 実測値解析によるオゾン濃度経年変化の算出方法と結果	66
(5) 予測と実測(乾式法)によるオゾン濃度経年変化の比較結果	70
(6) 2010年代の経年変化不整合に関する検討	72
(7) 近年のオゾン経年変化に対するVOC排出削減の寄与に関する一考察	77
3-9. 費用対効果等の試算	78
(1) 本試算の目的	78
(2) 環境影響改善効果・便益の算出対象シナリオ	79
(3) 環境改善効果・便益への変換方法	79
(4) 環境改善効果・便益の試算結果	81
(5) 費用対効果・便益の試算対象・方法と試算結果	82
4 調査結果(植物由来VOCの知見の整理)	85
4-1 文献調査及びヒアリングによる整理	85
(1) ヒアリング①(東京都環境科学研究所・國分優孝氏)	85
(2) ヒアリング②(静岡県立大学・谷晃教授)	86
(3) ヒアリング③(大阪府環農水研・奥村智憲氏)	87
4-2 BVOCに関する知見の整理	87
5 調査結果(将来VOC排出量の推定)	88
5-1. 環境省・微小粒子状物質等専門委員会における推計の概要	88
5-2. 令和7年度の排出量推計	90
5-3. 令和7年度の排出量推計(環境省インベントリからの推計)	93
5-4. 令和7年度の排出量推計(自主的取組報告値から推計)	95
5-5. 令和7年度の排出量推計に基づくオゾン低減効果の試算	96
6 調査結果(効果的なOx濃度の低減方法の検討)	98
6-1. MIRおよび排出場所のパラメータとオゾン低減効率等との関係	98
6-2. 気象条件の影響	99
6-3. 比較的少ないコストで実行できる対策について	102
6-4. 検討結果	103
7 調査結果(工業会等に未加入の事業者への対応)	104

7-1. 支援ボード参加企業に対するアンケート	104
(1) Q1. 支援ボードを知ったきっかけは何ですか?	106
(2) Q2. 支援ボードを通じて自主的取組に参加した動機(複数回答可)	106
(3) Q3. 自主的取組について、次のことを知っていますか?(複数回答可)	106
(4) Q4. 支援ボードを通じての排出量報告に必要な工数はどのくらいですか?	107
(5) Q5. 支援ボードの登録証を何らかの形で活用していますか?(該当するものがあれば)(複数回答可)	107
(6) Q6. 経済産業省の VOC 自主的取組に参加していることを公表していますか?	107
(7) Q7. VOC 自主的取組、支援ボード等について、事業者として知りたいこと、活用アイデア、要望事項などありましたらお書きください。(任意記入)	108
7-2. 支援ボードに関するリーフレットの作成	108
7-3. 自治体に対する自主的取組の認知状況に関するアンケートとリーフレットの配布	113
(1) Q1. 自主的取組に係る啓発活動(複数回答可)	113
(2) Q1-1. 貴自治体で過去に製作された、チラシ、リーフレット、冊子、事例集等の実績をご教示ください(Q1 で②または③と回答された方)	113
(3) Q1-2. 貴自治体で VOC 関連のセミナー、講演会の頻度は、どの程度ですか?(Q1 で④と回答された方)	115
(4) Q2. VOC 施策に関する情報入手(複数回答可)	115
(5) Q2-1. 差し支えなければ、よく情報入手に利用される情報源についてご教示ください。(Q2 で⑦と回答された方)	115
(6) Q3. 産業環境管理協会の「VOC 自主的取組支援ボード」をご存知ですか?	116
(7) Q4. 自治体として、あるいは事業者には VOC 施策について情報提供するために、こんな情報が欲しい、ということがありましたら、お書きください(任意記述)	116
7-4. 日本商工会議所を通じたリーフレットの周知	118
8 まとめ 119	
8-1. 調査結果のまとめ	119
(1) 定量的評価	119
(2) 将来 VOC 排出量の推定	119
(3) 効果的な Ox 濃度の低減方法の検討	119
(4) 工業会等に未加入の事業者への対応	119
8-2. 今後の検討事項	120
(1) 他の気象パターンでのオゾン存在量低減効率の計算	120
(2) BVOC 設定に関する検討(継続)	120

- (3) 「地方」よりも狭い地域での前駆物質の変化がオゾン存在量低減効率に及ぼす影響の検討
120

1 調査の目的

平成 18 年 4 月に大気汚染防止法(昭和 43 年法律第 97 号)が改正され、揮発性有機化合物(VOC)について、法規制と産業界による自主的取組の両輪(ベストミックス)による排出削減により、平成22年度における VOC 排出量は、当初の目標(平成 22 年度までに平成 12 年度比で 3 割程度削減)を超える 4 割以上の排出削減を達成した。平成 23 年度以降は、少なくとも平成 22 年度比で悪化しないよう VOC 排出抑制のための自主的取組を継続している。直近の平成 30 年度実績では、平成 22 年度に比べて約 3 割削減するなど、更なる VOC 排出削減に貢献した。

これにより、光化学オキシダント注意報等の発令延べ日数の減少傾向や、新指標に基づく長期的な改善傾向が示唆されるなど、自主的取組は大気環境の改善にも一定の効果があったものと推測されるが、我が国大気環境中の光化学オキシダント(Ox)濃度の環境基準達成状況は極めて低い水準で推移している。

このため、昨年度においては、VOC 削減に係る Ox 濃度の低減効果を定量的に評価するための調査事業を行った。

今年度においては、定量的評価について前駆物質や排出量等の条件を変えて実施する。また、植物由来 VOC の知見の整理、将来の VOC 排出量の推定、効果的な Ox 濃度の低減方法の検討及び工業会等に未加入の事業者への対応についての検討等を行う。更に、有識者による検討会を開催する。

2 調査の概要

2-1. 実施体制

本調査は(一社)産業環境管理協会(人材育成・出版センター)が請け負い、指標の検討を行う上で必要なシミュレーション計算については(国研)産業技術総合研究所安全科学研究部門(担当者:環境暴露モデリンググループ 井上和也主任研究員)に外注して実施した。

事業実施体制を図 2-1 に示す。

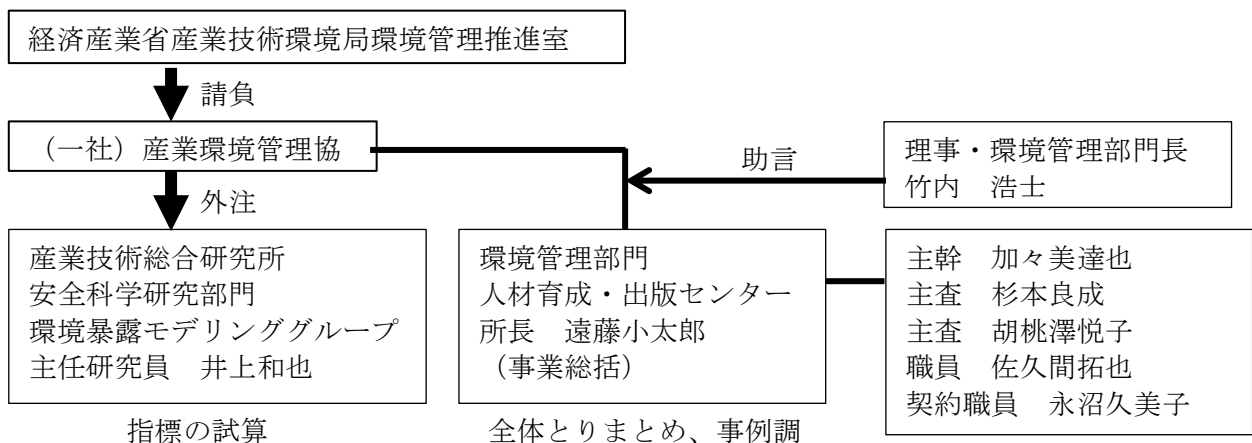


図 2-1 事業実施体制

2-2. 実施内容

(1) 定量的評価等の検討

1) 定量的評価の検討

①NOx 削減等による定量的評価の検討

・昨年度は VOC 削減に係る Ox 濃度の低減効果を評価するため事業を実施した（以下 URL を参照）。この成果を踏まえ、今年度においては NOx 削減に係る Ox 濃度の低減効果を評価すべく、以下の手順にて事業を実施する。

ア) 地方（関東圏、関西圏、東北圏）において、3次元非定常モデルを用い、VOC 及び窒素酸化物（NOx）を含む光化学反応、物質の拡散、排出及び沈着等を考慮し、NOx 排出削減対策を実施する前のオゾン濃度の分布を計算する（3次元非定常モデルの開発は本事業に含めない）。この際、実際の気圧配置や日照量等の気象条件も考慮する。

イ) 上記と同じ範囲において、一定の条件下において NOx 排出削減対策が実施された後の Ox 濃度の分布を求める（この際、VOC については対策前後で同じ値とする）。

ウ) メッシュ毎（5 km×5 km等）に対策前と対策後の Ox 濃度の差（以下「オゾン濃度低減量」）を求める。これより「オゾン濃度低減量×面積」を求めて、更に地方全域においてこの総和を求め、これを「オゾン存在量低減量」とする。

エ) 対策前と対策後の NOx の排出量の差（以下「NOx 排出削減量」）を求め、次式によりオゾン存在量低減効率の計算を行う。

オゾン存在量低減効率 = オゾン存在量低減量 / NOx 排出削減量

・上記 エ) の式の分子は「オゾン存在量低減量」を用いたが、これに代わり、「オゾン濃度低減量×人口」を地方全域において総和した「オゾン集団暴露量低減量」を用いて、次式により「オゾン集団暴露量低減効率」を計算する。

オゾン集団暴露量低減効率 = オゾン集団暴露量低減量 / NOx 排出削減量

・地方毎に上記の効率を計算する。この際、具体的な計算ケース、計算条件及び実施内容は昨年度事業を踏まえ、継続性を考慮する。

・また、前駆物質を VOC 及び NOx として以下の検討を行う。

・昨年度事業と異なる気象パターン（昨年度事業は夏期のパターンで実施したがこれを春季のパターンで実施する等）での計算

・自然由来 VOC の排出量を変化させることにより、上記の効率等への影響の程度についての評価

・昨年度及び今年度事業の成果を併せ考察を行う。特に現実の Ox 濃度の経年変化や地域差が、得られた知見等を反映することで再現されうるかを検証し、考察を行う。具体的には、昨年度及び今年度事業により、VOC 及び NOx の削減を行った際の Ox 濃度の低減量を把握することになるが、現実の Ox 濃度と比較を行うこととし、その整合状況及び不整合となる場合は理由の検討等を行う。

（昨年度事業の成果）

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/sangyo_kankyo/pdf/008_02_02.pdf

②VOC 及び NOx の排出量を大幅に削減した場合の検討

・今後の VOC 及び NOx の削減効果の予想及び排出抑制対策の意義を確認するため、近年のある時点の VOC 及び NOx の排出量を基準として、固定排出源からの排出量を大幅に変化（半分及びゼロ等）させた場合の Ox 濃度を計算する。計算条件等について上記①を踏まえることとする。

- ・また、「光化学オキシダント対策調査検討会（平成29年3月）」（以下 URL）の報告書（p 78～p 100）等、過去の同様の検討状況と本調査の結果を比較し、考察を行う。
- ・疫学的な観点から、上記によって算定された Ox 濃度の低減が健康に対してどの程度影響するか（対策を行わなかった際に比べてどの程度、健康の改善に資するか等）について専門家へのヒアリング又はメールによる問い合わせ等を行い、その結果を纏める。
（光化学オキシダント対策調査検討会報告書）

<http://www.env.go.jp/air/osen/oxidant/report-201703.pdf>

③費用対効果等の試算

- ・上記①及び②において、「費用対効果」（前駆物質削減に係る費用と Ox 濃度の低減等の効果との比較）又は「費用対便益」（前駆物質削減に係る費用と Ox 濃度の低減効果を金額化し比較）の試算が可能か検討を行い、可能な場合はこの試算を行う。

(2) 植物由来 VOC の知見の整理

- ・過去の当室調査の成果を踏まえ、植物由来 VOC の現時点の知見（日本の植物由来 VOC の排出量、排出物質、Ox 濃度への寄与等についての研究状況）について整理し、パワーポイントで15頁程度の資料に纏める。

(3) 将来の VOC 排出量の推定

- ・現在においては一部の業種を除き数値目標を設けず、平成22年度の VOC 排出量から悪化しないこと、また追加投資を強いる内容は求めないこととしている。また、年1回、産業構造審議会産業環境対策小委員会にて排出状況についてのフォローアップを実施している。
- ・上記を今後も継続した場合、将来（令和7年度頃を想定）の VOC 排出量がどの程度であるかを推定する。
- ・求めた将来の VOC 排出量から Ox 濃度を推定し、考察を行う。

4) 効果的な Ox 濃度の低減方法の検討

- ・これまでの知見により、優先的に VOC 削減に取り組む地域や品目等を選定し、取り組むことが効果的であると考えられているが、これらを行った場合の効果を定量的に評価し、この実現方法及び課題の検討を行う。
- ・必要に応じて、効果的な Ox 濃度の低減方法や優先的に取組を行う際の課題についての事業者へのヒアリング又はメールによる問い合わせ等を行う。
- ・更に事業者への負担が小さく、Ox 濃度低減について効果があると考えられる方法の検討を行う。

(4) 工業会等に未加入の事業者への対応

- ・工業会等に未加入の事業者への対応として、（一社）産業環境管理協会に「ボード」を制定し、VOC の削減量等の報告を受けてきた。しかしながら、参加事業者が増えておらず、更なる VOC 排出量の削減余地があると考えられるため、これら事業者への対応（普及及び促進の方法等）を検討する。例えば都道府県や自治体、商工会議所等を通じた普及及び促進の方法等について、事業者へのメリット等を含めた検討を行う。

2-3. 検討会の設置

調査を実施するに当たって、調査の背景及び目的の整理、調査対象の範囲や実施方法を明確化し、実際に各事業の検討を行うとともに、進捗管理、結果の取りまとめ方法について議論及び整理等をするため、検討会を設置した。表 2-1 のように、大気化学、モデリング、インベントリ等を専門とする専門家 5 名と、産業界の 3 名からなる検討会を設置し、検討を行った。指標計算の結果、精度検証など多くの有用なご意見・ご議論をいただき、追加の検証計算など、当初計画以外の検討項目などを実施することができた。検討会の開催実績を表 2-2 に示す。

表 2-1 検討会委員(五十音順、敬称略)

氏名	所属	役職
◎梶井 克純	京都大学大学院 地球環境学堂および人間・環境学研究科	教授
金谷 有剛	国立研究開発法人 海洋研究開発機構 地球表層システム研究センター	センター長代理
亀屋 隆志	横浜国立大学大学院 環境情報研究院	教授
須貝 英生	一般社団法人 日本塗料工業会	常務理事
茶谷 聡	国立研究開発法人 国立環境研究所 地域環境研究センター 大気環境モデリング研究室	主任研究員
奈良 恒雄	一般社団法人 日本化学工業協会 VOC 検討 SWG	主査
三浦 安史	石油連盟	安全管理部長
森川 多津子	一般財団法人 日本自動車研究所 エネルギー・環境研究部	主任研究員

◎は委員長

表 2-2 検討会開催実績

回数	主目的	準備事項・検討内容	検討会後の対応
1回目 令和2年 8月7日(金)	<ul style="list-style-type: none"> 調査計画の提示 計算結果の検討① 	<ul style="list-style-type: none"> 昨年度成果と本年度事業の概要 検討結果 <ul style="list-style-type: none"> ①NOx を削減した時のオゾン低減指標 ②追加2業種についての指標計算結果 	<ul style="list-style-type: none"> 指標計算の実施(追加検討事項) オゾンの初期条件の影響確認
2回目 令和2年 10月26日 (月)	<ul style="list-style-type: none"> 計算結果の検討② 	<ul style="list-style-type: none"> 検討結果 <ul style="list-style-type: none"> ③気象パターンによる変動 ④排出量の大幅削減時の検討 追加検討事項 <ul style="list-style-type: none"> 追1)指標計算の一部修正 追2)オゾンの初期条件の影響確認 	<ul style="list-style-type: none"> 指標計算の実施(続)(追加検討事項) BVOC 排出量の季節変化確認 東北地方での現況再現性の確認
3回目 令和2年 12月7日(月)	<ul style="list-style-type: none"> 東京都のBVOC把握の取組事例報告 計算結果の検討③ 	<ul style="list-style-type: none"> 報告(東京都心で排出される植物由来VOCの把握) 検討結果 <ul style="list-style-type: none"> ⑤ADMER-PROにおけるBVOC排出量の設定と、BVOC入力値の違いに基づく不確実性解析 	<ul style="list-style-type: none"> 指標計算の実施(続) 産構審小委員会発表資料の作成
4回目 令和3年3月 18日(木)	<ul style="list-style-type: none"> 報告書案の検討 	<ul style="list-style-type: none"> 産構審小委員会発表の件(報告) 検討結果 <ul style="list-style-type: none"> ⑥オゾン実測濃度との整合性検討 ⑦費用対効果、費用対便益の試算 その他の調査事項の結果 <ul style="list-style-type: none"> ①将来VOC排出量の予測 ②効果的なOx削減方法の検討 報告書案の提示 	<ul style="list-style-type: none"> 報告書の完成

2-4. 報告書作成

VOC自主的取組の成果をレビューしている産業構造審議会産業技術環境分科会産業環境対策小委員会の第9回(令和3年2月8日)において、本業務の成果の一部を発表した。配布資料のURLは以下のとおりである。発表資料は資料2-2である。これは、報告書の概要版に相当する。この資料を添付資料1に添付する。

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/sangyo_kankyo/009.html

3 調査結果（定量評価）

3-1. 今年度調査の概要・目的

昨年度調査では、固定蒸発 VOC 発生源の 8 つの業種を対象に、VOC 排出量を削減した場合のオゾン濃度変化量やその効率を診るための指標を算出した。その結果、オゾン濃度低減への VOC 削減の寄与が近年減少していること、そのことから、逆に、NO_x 削減の寄与が増加している可能性があることが示唆された。また、10%等小幅な排出削減ケースでは、NO_x と VOC の削減によるオゾン濃度低減効果の加算性（線形性）が確認された。そこで、今年度は NO_x 削減に係るオゾン感度の推定や指標算出を行うこととした（3-3 節）。また、昨年度の調査では、気象パターンは基本的にひとつのみ、排出削減パターンも小幅なパターンのみ、不確実性が高いとされる BVOC 排出量もひとつの設定値を用いて指標を算出していた。今年度は春季を含む別の気象パターンでの計算（3.4 節）、大幅に排出削減する場合の計算（3.5 節）、BVOC 排出量の設定値を変更した計算（3.6 節）、設定する初期・境界条件を変更した場合の計算（3.7 節）をそれぞれ行い、指標値の変動性や不確実性をみることにした。また、本事業で得られた各前駆物質排出削減に対するオゾン感度や指標値の信頼性を確認するためには、本事業で得られたオゾン感度を用いて予測される前駆物質排出削減の効果（経年的なオゾン濃度の低減傾向）が実測値のそれと同様の傾向になっているかの検討が不可欠であるため、その検討も行った（3.8 節）。さらに、この検討を行うためにはオゾン感度や指標の算出対象となる発生源のカバー率をなるべく上げることが望まれるので、オゾン感度や指標の算出対象とする固定蒸発 VOC 発生源の業種の拡張も行っている（3.3 節）。さらに、その必要性を理解しつつ、昨年度の調査では行えなかった、排出削減対策の費用対効果、費用対便益の試算も今年度調査で開始した（3.9 節）。以下では共通の計算条件等について述べた後、各検討により得られた成果を述べる。

3-2. 今年度調査の共通の計算条件等

算出指標については昨年度調査と同様、集団暴露量低減効率と存在量低減効率の 2 種とした。

<今年度調査におけるシミュレーションの共通条件>

今年度調査におけるシミュレーションの共通条件は表 3-1 に示した通りであり、昨年度調査と同様である。

表 3-1 今年度事業におけるシミュレーションの共通条件

- 使用モデル: ADMER-PRO(井上 & 東野, 2015)
- 対象地方: 関東、近畿、東北
- 対象気象パターンとその代表日: 気象パターン類型化手法(吉門ら, 2006) を用いて決定
- 平均化時間: 昼間の8時間(10~18時)値
- 対象年度: 2005年度(初期)、2016年度(近年)

<入力排出量データ>

入力データとして使用した排出量インベントリは表 3-2 に示した通りであり、これらは昨年度調査でも使用している。

表 3-2 計算に使用した排出量インベントリ

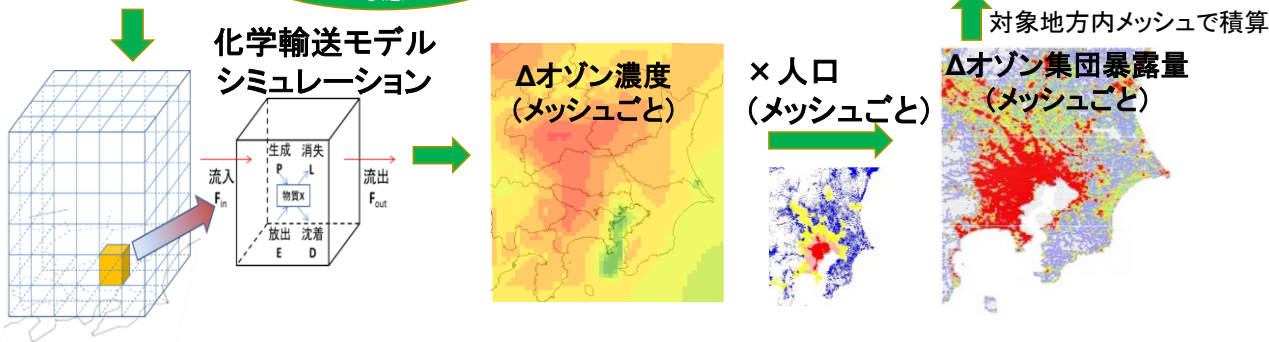
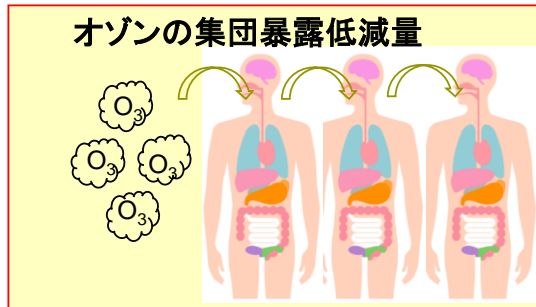
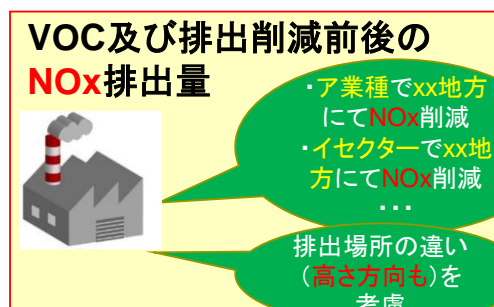
- 2005 年度:ADMER-PRO 内蔵
- 2016 年度:詳細推計版を利用
 - 固定蒸発 VOC 発生源:環境省 VOC 排出インベントリの発生源品目別・業種別全国排出量(2016 年度)をメッシュ配分
 - 大規模固定燃焼発生源:2010 年度大気汚染物質排出量 総合調査結果を業種別に年次補正(2010→2014【2014 年度大気汚染物質排出量総合調査】→2016【総合エネルギー統計】)
 - その他の発生源(移動発生源、民生分野など):2005 年度インベントリを各種統計データや排出係数データ等を用いて発生源ごとに年次補正。メッシュ配分も入手可能な直近の統計データに基づく。

3-3. NO_x 削減等に係るオゾン感度・指標値の算出

(1) 算出条件・方法

<指標値の算出方法>

NO_x 削減に係る指標(以降、単に「NO_x 削減指標」と呼ぶことがある)の算出のイメージは図 3-1 の通りである。図 3-1 にはオゾン集団暴露量存在効率の算出イメージが示されているが、図 3-1 の右下の図において「 Δ オゾン濃度」との積をとる変数を「人口」から「面積」に代えれば、オゾン存在量低減効率の推定イメージに置き換わる。昨年度調査では、主として低所から排出される VOC 発生源を対象にしていたため、発生源の高さ方向の変化は考慮していなかったが、本年度調査では、高所から排出される業種の施設も対象に含まれるため、発生源の高さ方向の変化も考慮している。また、本年度調査では、VOC 発生源についても前年度から業種・セクターを追加して指標の算出を行っているが、VOC 削減に係る指標の算出では、図 3-1 で NO_x を削減する代わりに VOC を削減することとなる。



- モデルシミュレーションを行い、業種・セクターごと、地方ごと、年代ごとに下式で算出
- $\text{オゾン集団暴露量低減効率} = \text{オゾンの集団暴露低減量 (ppb} \cdot \text{人)} / \text{NOxの排出削減量 (ton)}$

図 3-1 NOx 削減に係るオゾン集団暴露低減効率の算出イメージ。右下の図において「△オゾン濃度」との積をとる変数を「人口」から「面積」に代えれば、オゾン存在量低減効率の推定イメージに置き換わる。

<指標値算出の対象>

NOx 削減指標算出の対象発生源、対象期間、対象地方は表 3-3 の通りである。

表 3-3 NOx 削減指標算出の対象

<p>1. 計算対象期間 (排出量データ)</p>	<p>2年代 ①初期(の自主的取組対象期間) (排出量:2005年度ベース→下記対象発生源のNOxを10%削減) [2005年度ベース排出量はADMER-PRO内蔵の排出量データを使用] ②近年(自主的取組目標年度以降) (排出量:2016年度ベース→下記対象発生源のNOxを10%削減) [2016年度ベース排出量には昨年度事業にて推計した詳細推計版を使用]</p>
<p>2. 対象発生源</p>	<p>大気汚染物質排出量総合調査(2014 年度)の排出量上位4 業種および移動発生源 3 セクターの 7 発生源</p>
<p>3. 対象地方</p>	<p>3地方(関東、近畿、東北)</p>
<p>4. 気象パターン、 平均化時間</p>	<p>1パターン(夏季(7, 8月)高濃度オゾン生成気象パターン(気圧傾度弱、日射量大)(の2005年における代表日))、オゾン濃度は昼間の8時間(10-18時)値として計算</p>

VOC 削減に係る指標の対象発生源、対象期間、地方等は表 3-4 の通りである。

表 3-4 VOC 削減指標算出の対象

1. 計算対象期間 (排出量データ)	2年代 ①初期(の自主的取組対象期間) (排出量:2005年度ベース→下記対象発生源のVOCを10%削減) [2005年度ベース排出量はADMER-PRO内蔵の排出量データを使用] ②近年(自主的取組目標年度以降) (排出量:2016年度ベース→下記対象発生源のVOCを10%削減) [2016年度ベース排出量には昨年度事業にて推計した詳細推計版を使用]
2. 対象発生源	VOC 排出インベントリ(2015年度)の排出量 10~11 位の 2 業種および移動発生源 1 セクターの 3 発生源
3. 対象地方	3地方 (関東、近畿、東北)
4. 気象パターン、 平均化時間	1パターン (夏季(7, 8月)高濃度オゾン生成気象パターン(気圧傾度弱、日射量大)(の2005年における代表日))、オゾン濃度は昼間の8時間(10-18時)値として計算

(2) 算出結果と考察

本報告書では主に NOx 削減に係るオゾン感度と指標値の算出結果について記述する。VOC 削減に係るオゾン感度と指標値算出については前年度の報告書に詳述しているので、本報告書では追加対象とした業種の指標値について最後に簡潔に示すに留める。

<排出削減量分布>

NOx の排出削減量分布について、「セクター1(NOx)」、「初期」を例にして図 3-2 に示した。図 3-2 には初期の例を示しているが、近年の排出削減量分布も図 3-2 とほぼ同様であった。

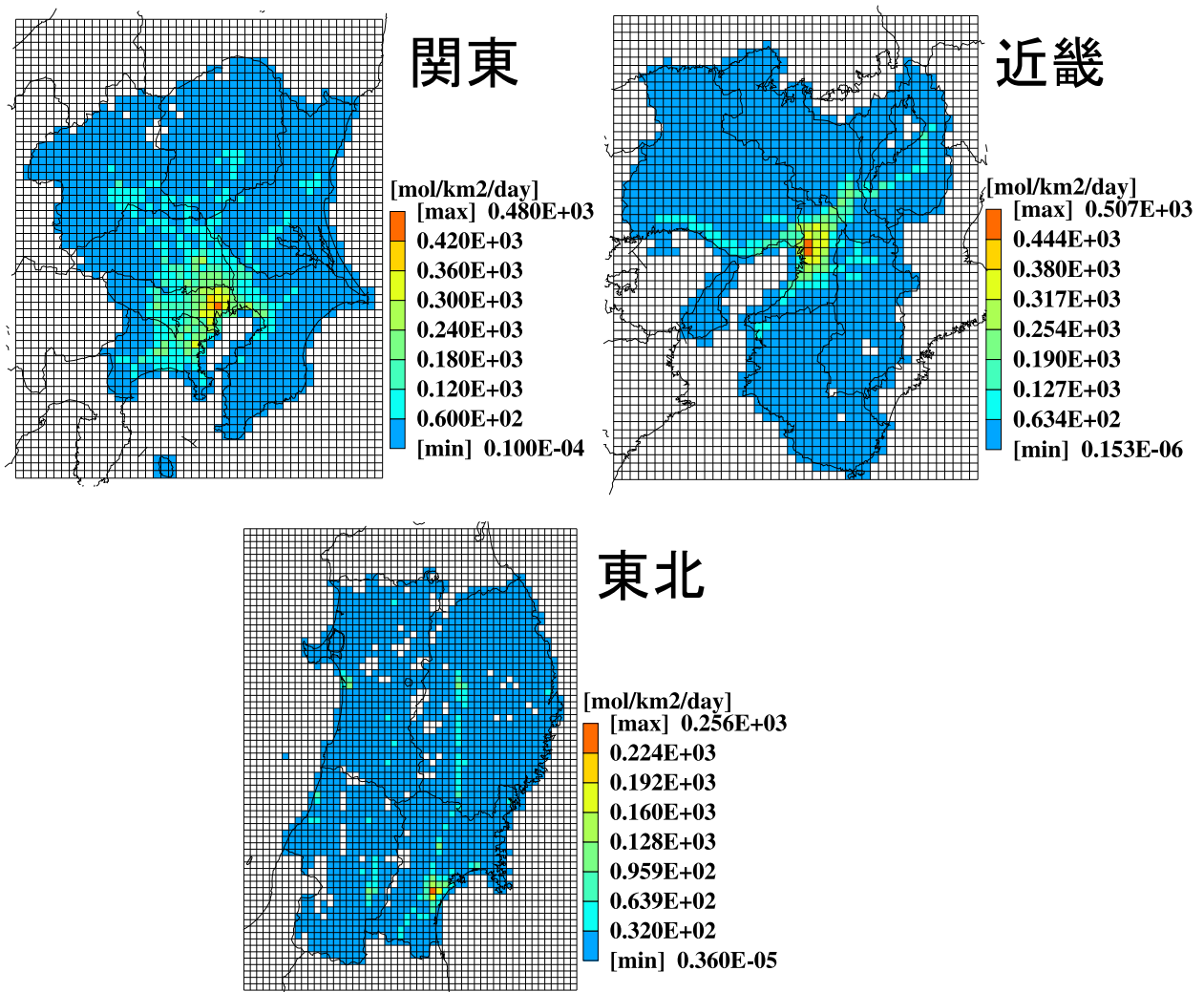


図 3-2 排出削減量分布（セクター1（NOx）、初期）

<オゾン感度分布>

算出されたオゾン感度分布について、セクター1（NOx）削減の場合の例を図 3-3 に示す。ここで「オゾン感度」とは「オゾン濃度変化/対象地方全体の排出削減量」と定義している。

初期

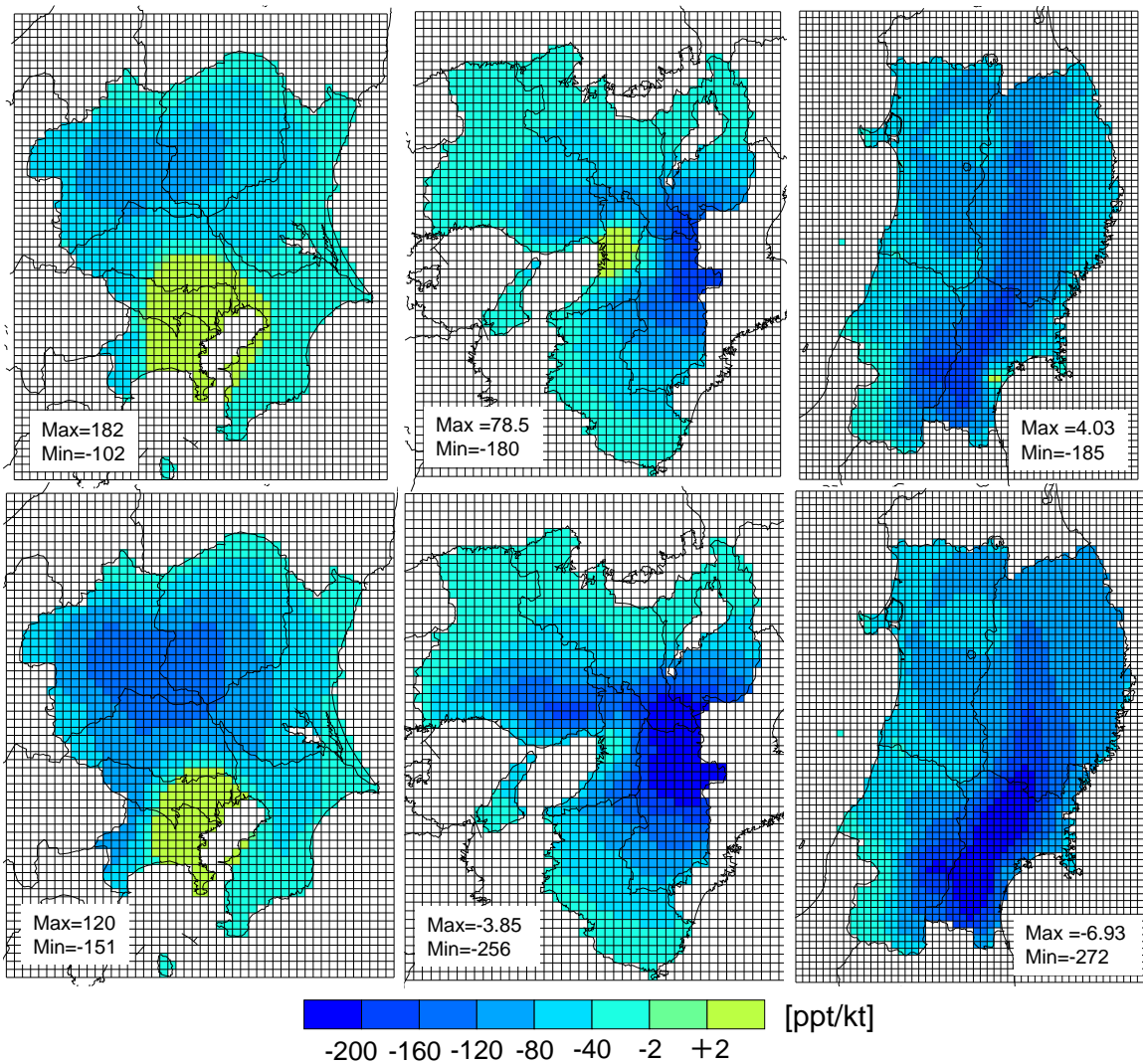


図 3-3 NOx 削減（セクター1）に伴うオゾン感度の分布

図 3-3 によると、以下のことがわかる。

- ・ 関東では初期、近年とも南部でオゾン濃度が増加する領域が広がっている。
- ・ オゾン濃度の減少幅は初期、近年とも関東<近畿<東北である。
- ・ 近年では初期に比べ、オゾン濃度の減少幅が大きくなるとともに、オゾン濃度が増加する領域が小さくなっている。

<オゾン存在量低減効率>

算出されたオゾン存在量低減効率の値は図 3-4 の通りであった。

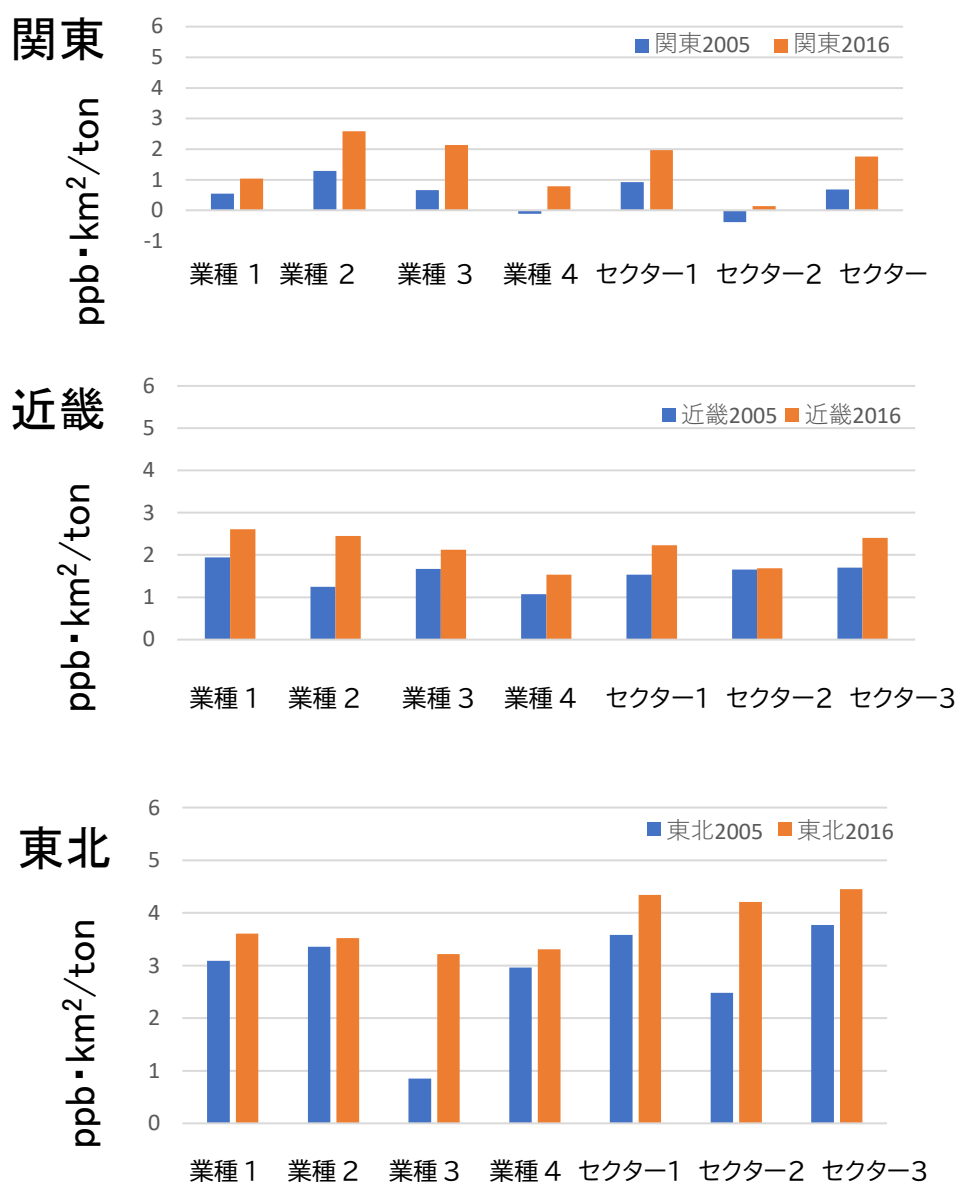
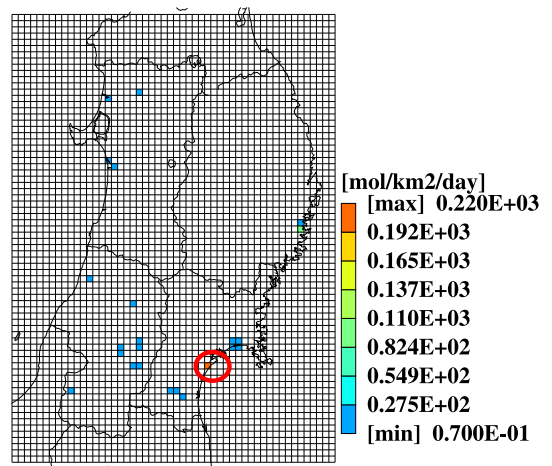
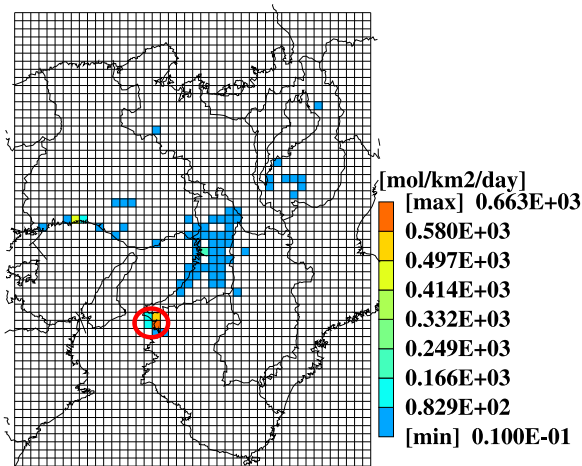


図 3-4 NOx 削減指標の算出結果 (オゾン存在量低減効率)

図 3-4 によると、NOx 削減指標 (オゾン存在量低減効率) の値は発生源 (業種・セクター) により大きく異なること、各発生源業種・セクターに対する NOx 削減指標の年代、地方間の順序は、ほとんどの発生源では初期 < 近年、関東 < 近畿 < 東北となっていること、などがわかる。上記で示されたほとんどの発生源に対する NOx 削減指標値の年代、地方間の順序に関する特徴は、基本的には、図 3-3 に例として示した NOx 削減 (自動車) に伴うオゾン感度の分布から説明される。一方、図 3-4 によると、NOx 削減指標の地方間の順序については上記の特徴に当てはまらない業種もある (業種 2、業種 3) ことがわかる。

一例として、業種 3 の NOx 削減指標が上記の特徴に当てはまらず、近畿 > 東北となっている理由を検討するため、図 3-5 に業種 3 の NOx 削減によるオゾン感度分布を排出削減量分布とともに示した。図 3-5 から、業種 3 の排出 (削減) 量の分布は自動車等に比べて局所的であり、大規模発生源 (図 3-5 の赤い○印) が近畿では NOx 削減がよく効く領域の付近にあったが、東北ではそうでなかったためと考えられる。

排出削減量



オゾン感度

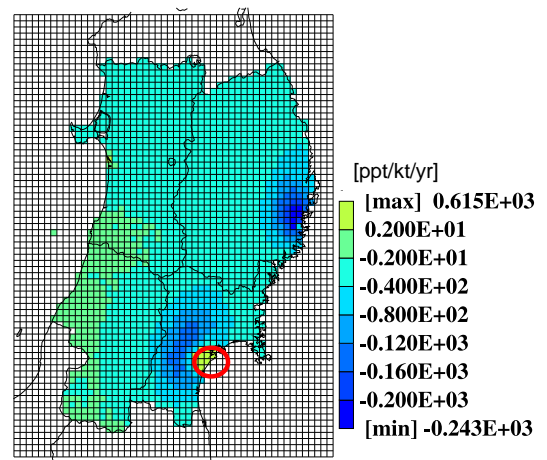
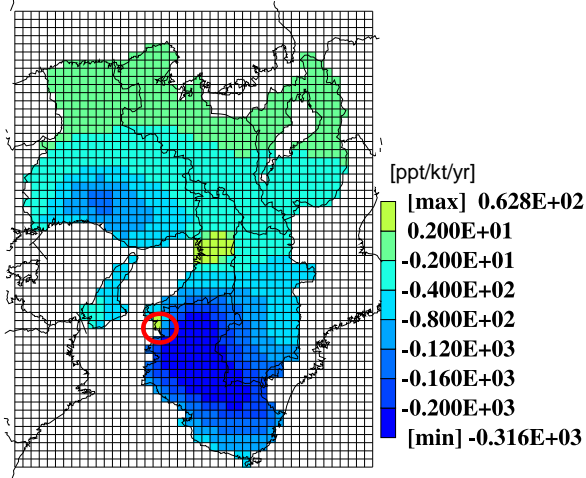


図 3-5 業種3の NO_x 排出削減量とオゾン感度の分布

<オゾン集団暴露量低減効率>

オゾン集団暴露量低減効率の算出結果は図 3-6 に示す通りであった。

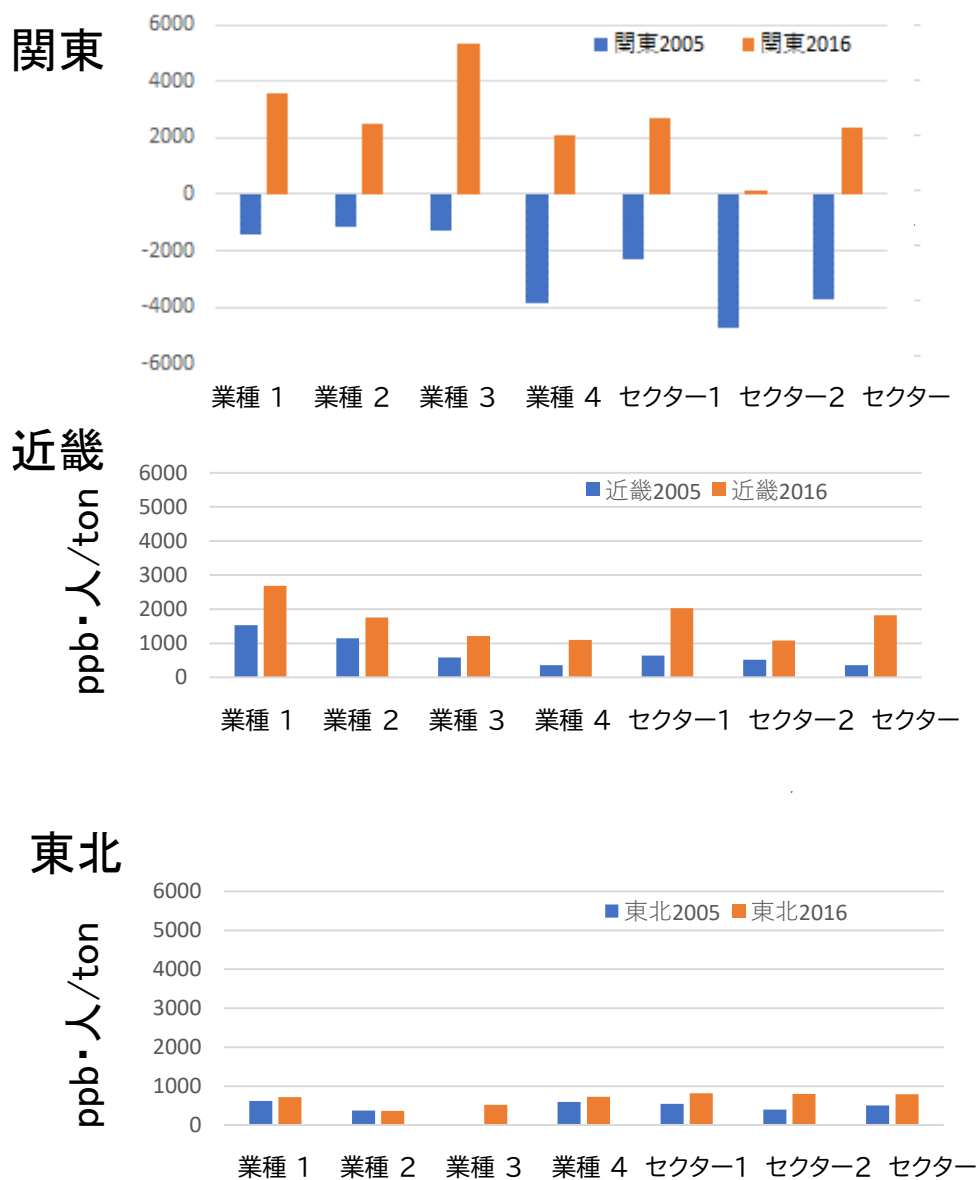


図 3-6 NOx 削減指標の算出結果 (オゾン集団暴露量低減効率)

図 3-6 によると以下のことがわかる。

- ・ 集団暴露量低減効率の地方による変化は存在量低減効率とは異なっている。
- ・ 集団暴露量低減効率の年代による変化は存在量低減効率と同様、初期<近年であり、関東では近年になって負から正の値に転じている。

<業種を纏めた指標値の算出結果>

NOx 削減指標の算出対象とした4つの業種の指標値の平均値は図 3-7 に示す通りであった。

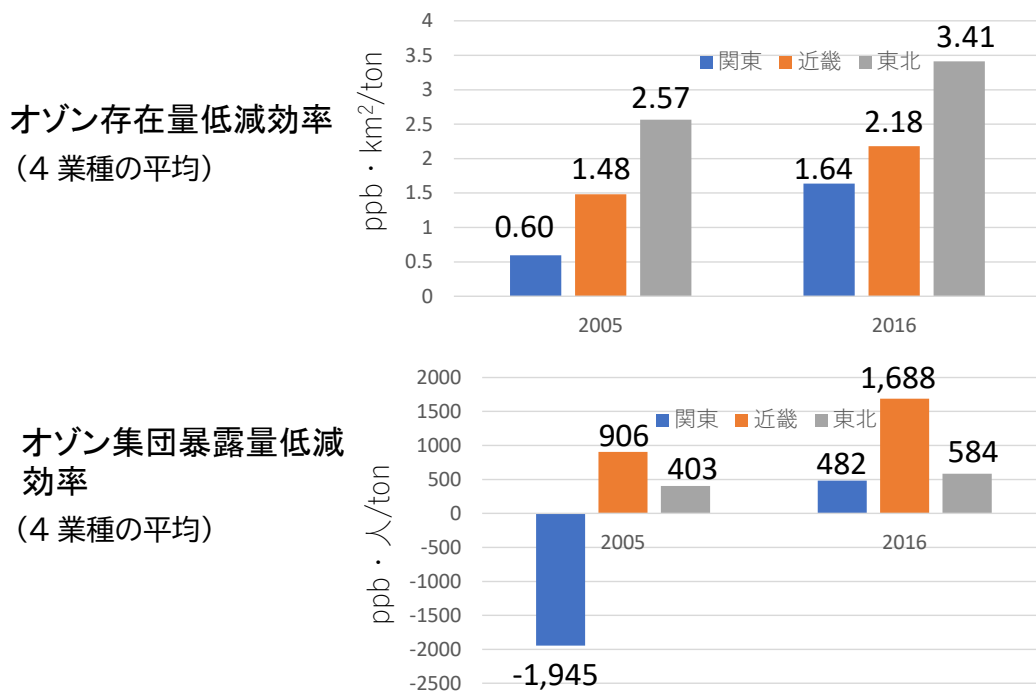


図 3-7 対象 4 業種の NOx 削減指標平均値の算出結果

図 3-7によると以下のことがわかる。

- ・ 存在量低減効率は関東<近畿<東北である。
- ・ 集団暴露量低減効率は関東<東北<近畿である。
- ・ いずれの NOx 削減指標も過去<近年である。
- ・ 関東の集団暴露量低減効率は近年では負から正に転じている。

図 3-7 の結果を昨年度調査で得られた VOC 削減指標の結果と比較すると、NOx 削減に係る存在量低減効率の地方間、年代間の順序はいずれも、VOC 削減指標のそれと逆順になっていることがわかる。これは、オゾン生成レジームの地方間、年代間の変化を反映した結果であると考えられる。

<追加選定 VOC 発生源の指標値算出結果>

追加選定した VOC 発生源の指標値算出結果は、オゾン存在量低減効率、オゾン集団暴露量低減効率、それぞれ、図 3-8、図 3-9 に示す通りであった。

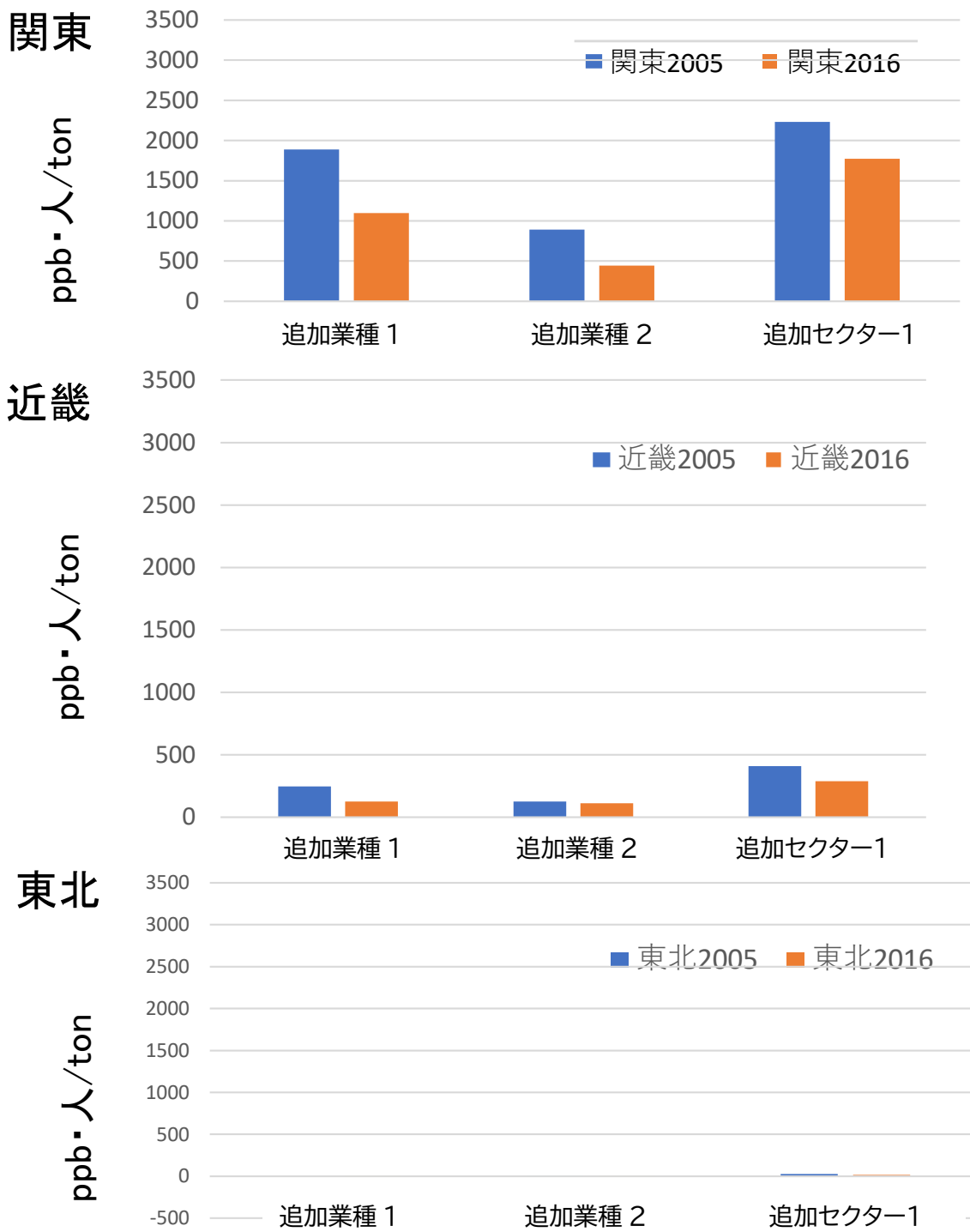


図 3-8 追加選定した VOC 発生源のオゾン存在量低減効率算出結果

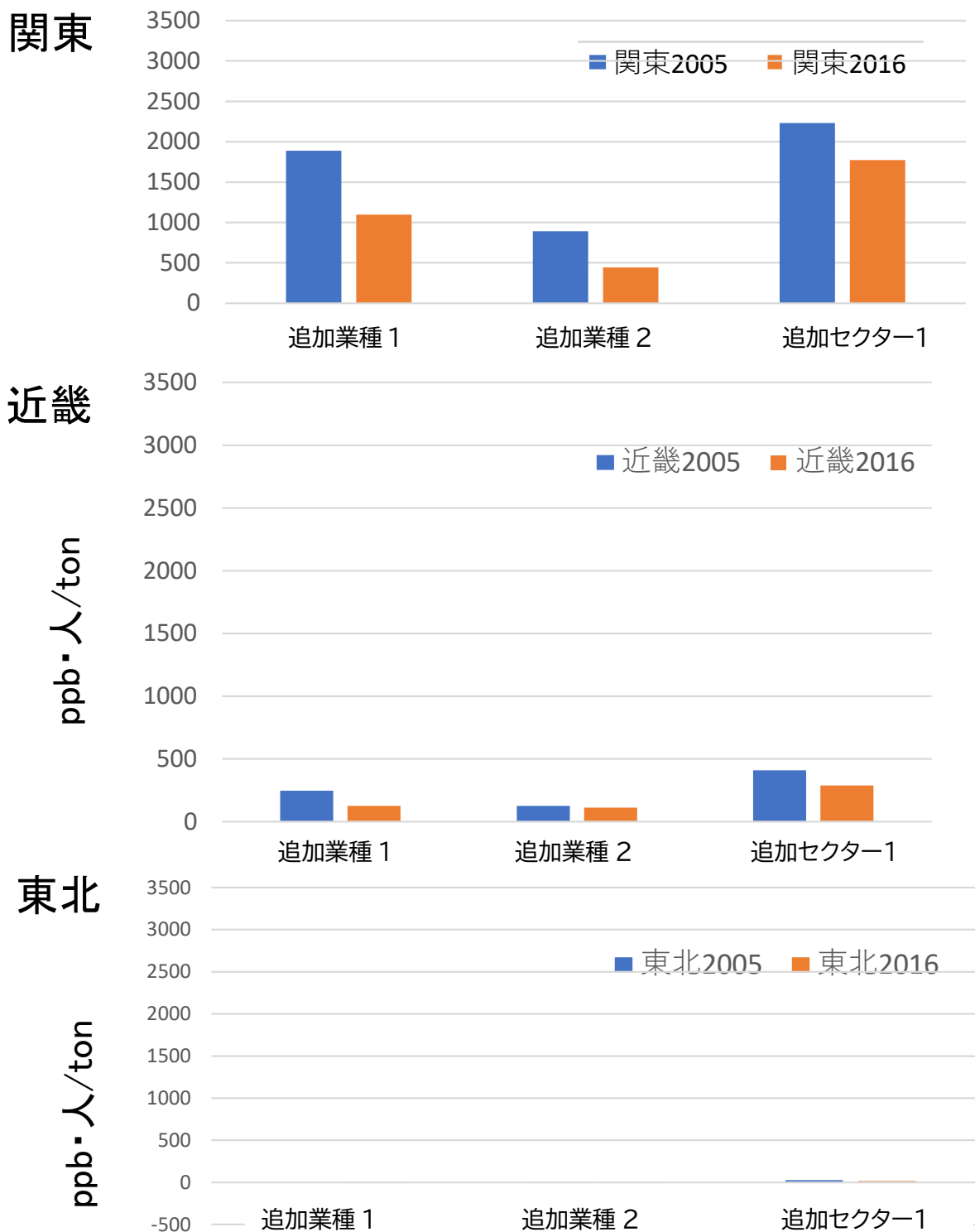


図 3-9 追加選定した VOC 発生源のオゾン集団暴露量低減効率算出結果

図 3-8、図 3-9 の結果を昨年度調査で対象とした8業種の結果と比較すると、追加対象とした VOC 発生源の指標値(オゾン存在量低減効率、オゾン集団暴露量低減効率)は昨年度調査で対象とした8つの業種の指標値の範囲内であることがわかる。

3-4. オゾン感度・指標値の気象パターンによる変動性解析

(1) 本解析の背景と目的

日本の常時監視測定局における実測データの解析によると、オゾン濃度の長期的な変化傾向は夏季と春季で異なることが報告されている(吉門、2019)。また、理論的にも季節や日射量の強弱によりオゾンの生成レジームが変化することが知られている(例えばジェイコブ、2002)。そこで、本解析では、対象気象パターンによってオゾン感度や指標値がどの程度変化するかを明らかにすることを目的とした。

(2) 解析方法

本事業におけるこれまでの調査において主要な検討対象である「夏季の高濃度オゾン生成気象パターン」に加え、以下の気象パターンについて追加で計算を行い、指標値の算出を行った。

- ✓ 夏季の再頻出気象パターン
- ✓ 春季の高濃度オゾン生成気象パターン
- ✓ 春季の最頻気象パターン

算出指標と計算対象は表 3-5 の通りである。

表 3-5 本解析における算出指標と計算対象

<ul style="list-style-type: none">● 算出指標:オゾン存在量低減効率、オゾン集団暴露量低減効率● 対象地方:関東、近畿、東北● 対象気象パターン:夏季高濃度生成※、夏季最頻出、春季高濃度生成、春季最頻出● 対象期間:近年(2016年基準)● 対象物質:VOC、NOx● 対象業種(VOC):立地が異なる 2 業種 A,B● 対象業種(NOx):排出口の高度分布の有無が異なる 2 業種 C,D <p>※「夏季の高濃度オゾン生成気象パターンについては関東、近畿地方については昨年度事業で計算済みなので、今年度は東北地方の計算のみ実施」)</p>

- ※対象業種(VOC):A 業種(湾岸地域に偏在)、B 業種(地理的に分散して立地)
- ※対象業種(NOx):C 業種(大規模排出源、高度分布あり)、D 業種(大規模排出源、高度分布なし)

各対象気象パターンの内容と代表日の選定結果は表 3-6 に示す通りであった。

表 3-6 本解析における算出指標と計算対象

	夏季(7, 8月)高濃度オゾン生成※	夏季(7, 8月)最頻出	春季(4, 5月)高濃度オゾン生成	春季(4, 5月)最頻出
関東	日射強、地衡風静穏 2005年8月5日	日射中、地衡風中(SW) 2005年8月2日	日射強、地衡風静穏 2005年4月14日	日射弱、地衡風中(SE) 2005年5月11日
近畿	日射強、地衡風静穏 2005年7月20日	日射強、地衡風静穏 2005年7月20日	日射強、地衡風弱(SW) 2005年5月26日	日射強、地衡風中(WW) 2005年4月5日
東北	日射強、地衡風静穏 2005年7月15日	日射弱、地衡風中(SS) 2005年8月12日	日射強、地衡風弱(SW) 2005年5月26日	日射弱、地衡風強(SS) 2005年5月18日

※「夏季の高濃度オゾン生成気象パターンについては関東、近畿地方については昨年度事業で計算済みなので、今年度は東北地方の計算のみ実施」)

(3) 計算結果と考察

＜各気象パターンにおける風速とベースケースオゾン濃度＞

各対象気象パターンにおける風速とベースケースオゾン濃度(15時)の分布は各地方について、図 3-10～12 に示す通りであった。

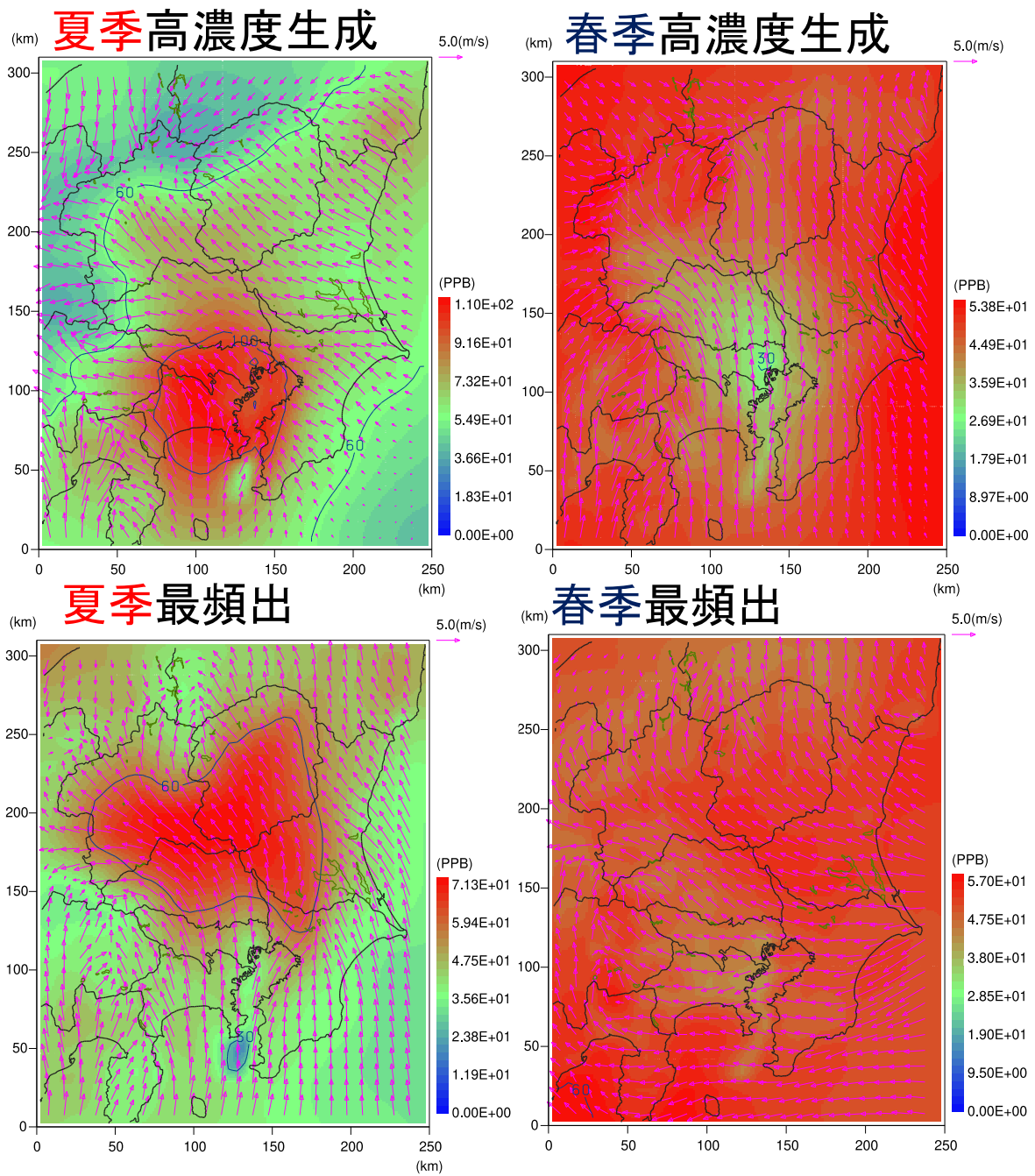


図 3-10 各気象パターン代表日のベースケースオゾン濃度と風の分布 (関東、15時)

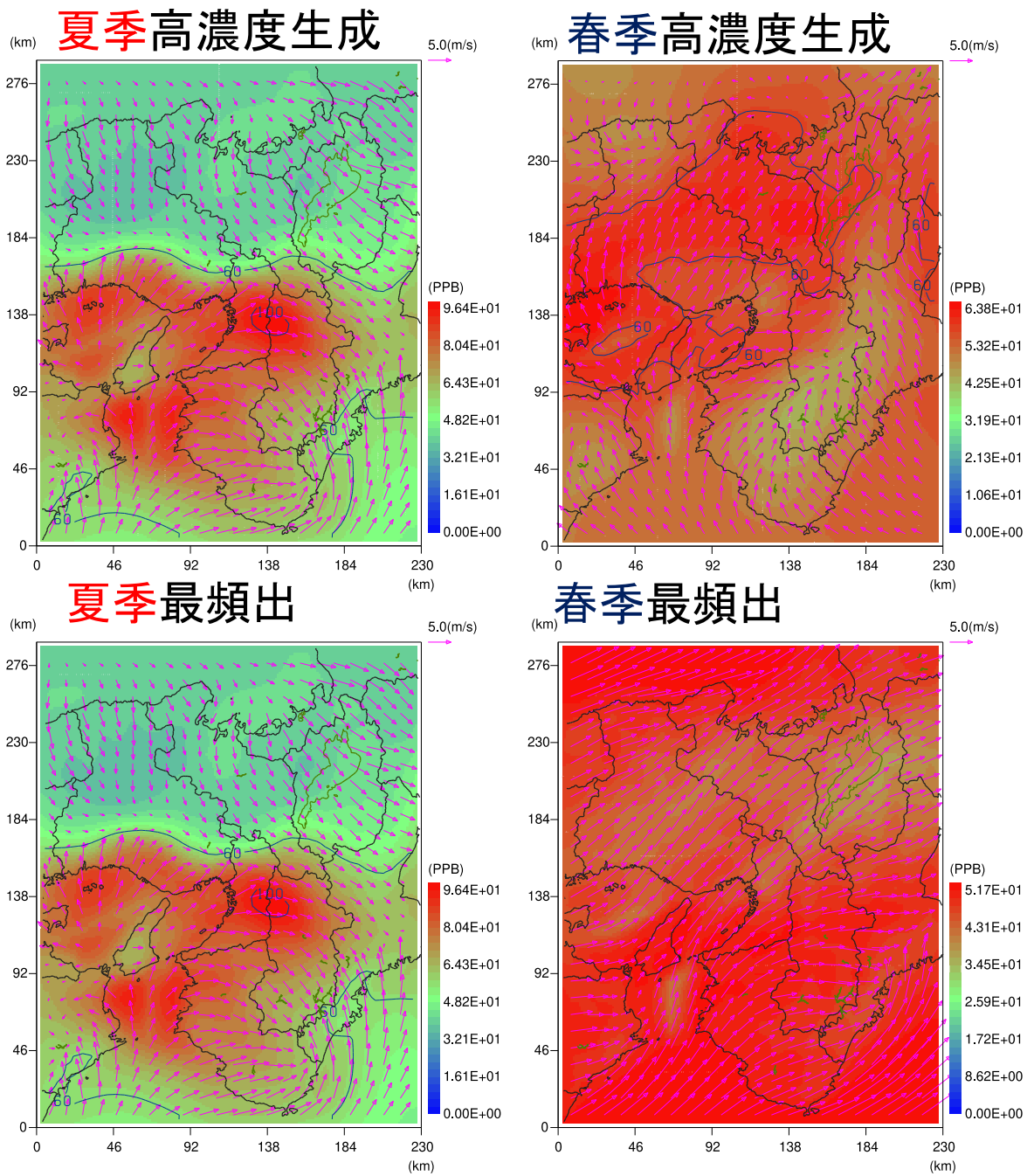


図 3-11 各気象パターン代表日のベースケースオゾン濃度と風の分布（近畿、15時）

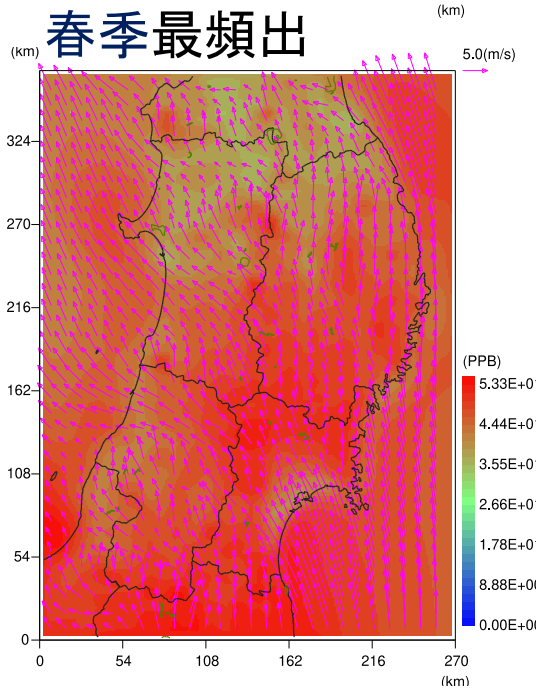
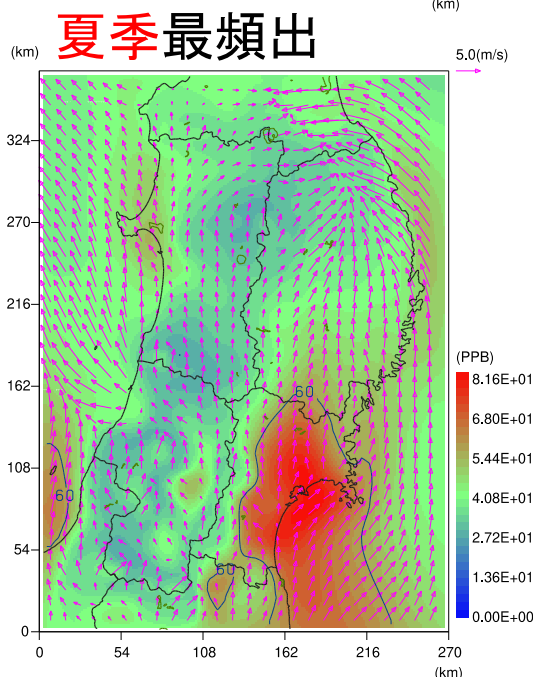
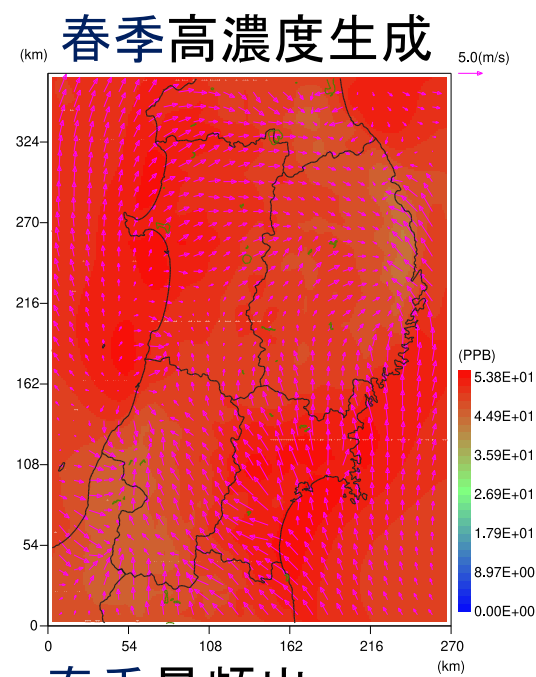
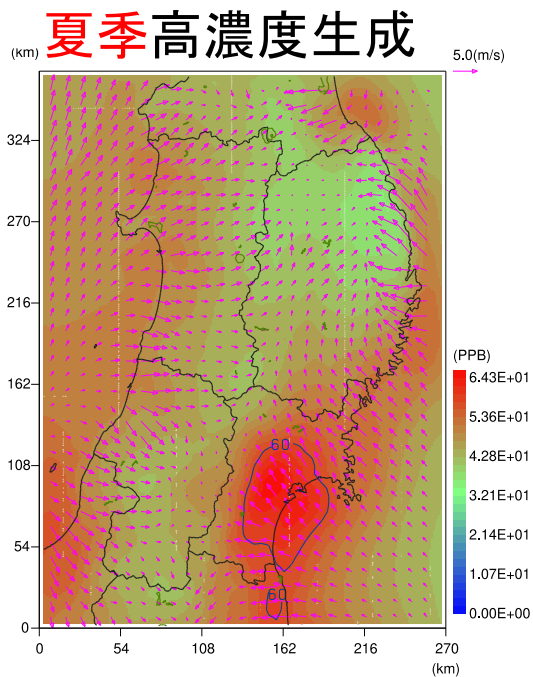


図 3-12 各気象パターン代表日のベースケースオゾン濃度と風の分布 (東北、15時)

図 3-9～図 3-12 によると、高濃度生成気象パターンでは地方、春夏を問わず海風が出現していることがわかる。

＜ベースケースオゾン濃度(8時間値)の季節変化＞

オゾン高濃度生成気象パターンにおけるベースケースオゾン濃度の季節による変化は関東、近畿、東北について、図 3.13～15 の通りであった。

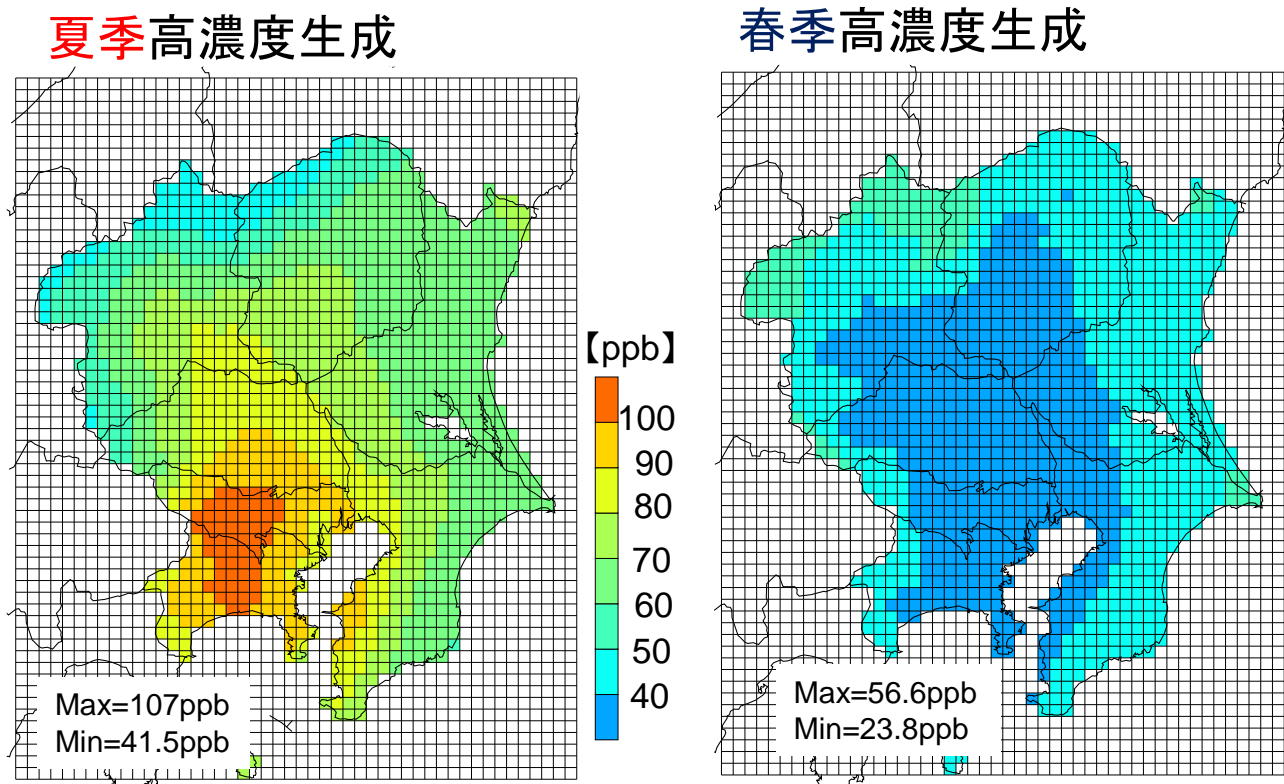
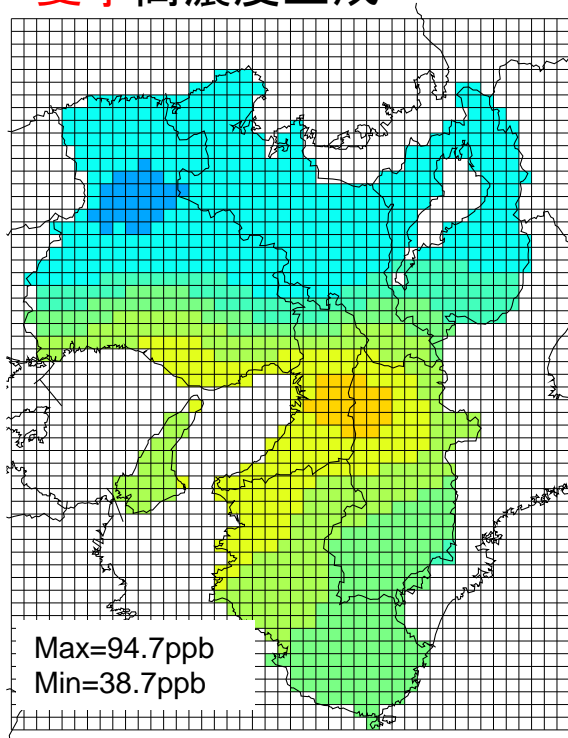


図 3-13 オゾン濃度 (ベースケース) の季節変化 (関東)

夏季高濃度生成



春季高濃度生成

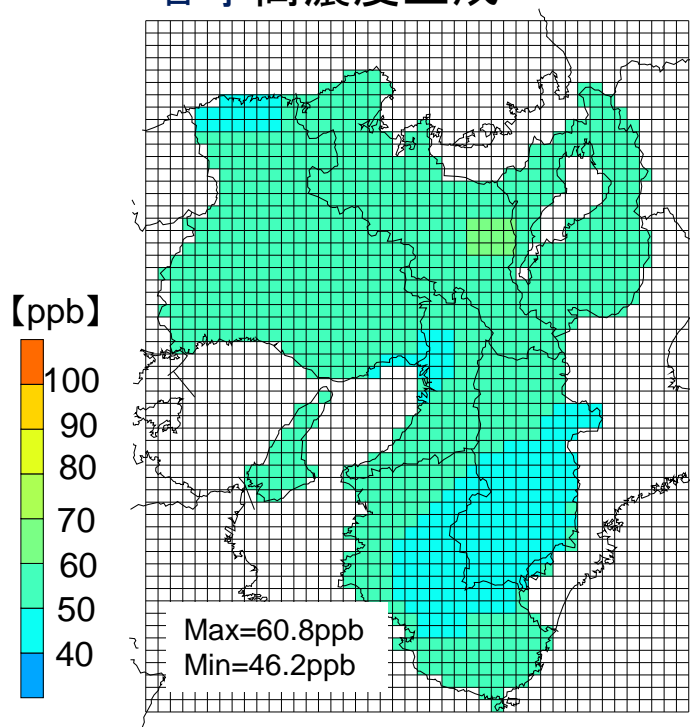
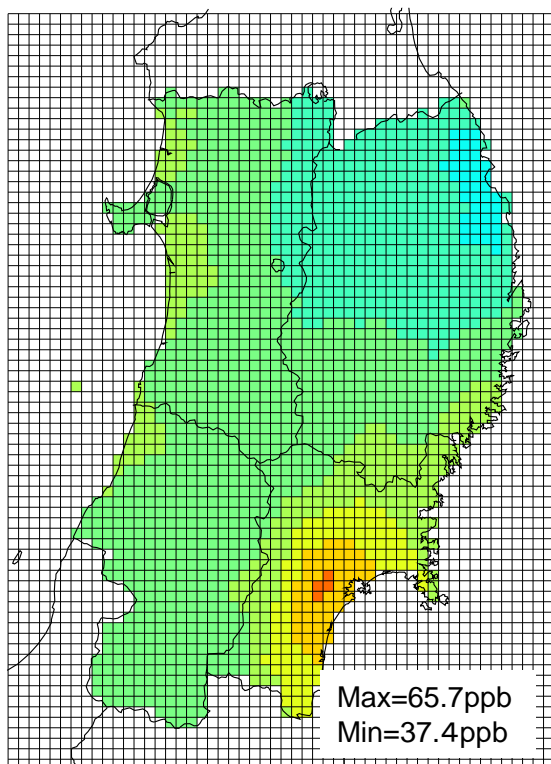


図 3-14 オゾン濃度（ベースケース）の季節変化（近畿）

夏季高濃度生成



春季高濃度生成

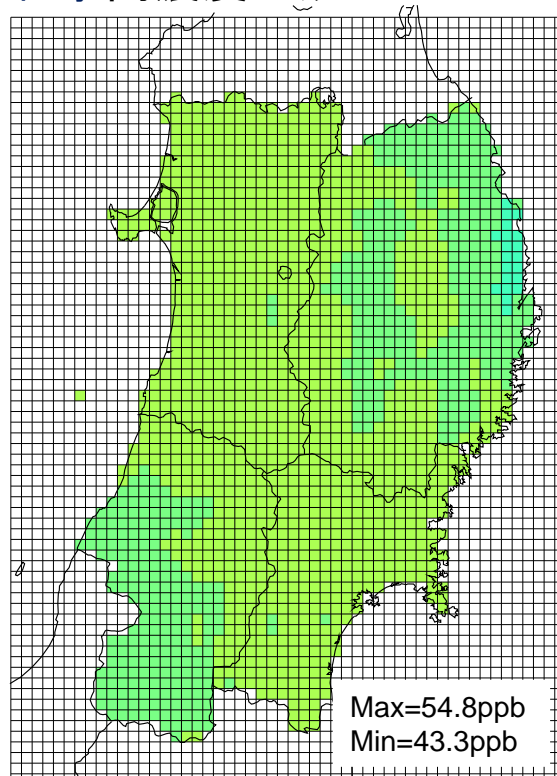


図 3-15 オゾン濃度（ベースケース）の季節変化（東北）

図 3-13～図 3-15 によると、各地方におけるオゾン濃度の最大値は春季に夏季より低いことがわかる。また、オゾン濃度の地理分布も夏季と春季では大きく異なっており、春季は夏季に比べて濃淡が少ないことがわかる。なお、先述した通りオゾン高濃度生成気象パターンでは地方や春夏を問わず海風が出現していたことを考えれば、上記のオゾン濃度地理分布の濃淡の季節による違いは、各地方内の風分布からは説明できず、より大きなスケールでの輸送過程やオゾンの生成過程の季節差に起因すると考えられる。

<オゾン感度分布の季節変化>

オゾン高濃度生成気象パターンについて、各排出削減シナリオに係るオゾン感度の季節変化を関東、近畿、東北について、図 3-16～18 に示す。

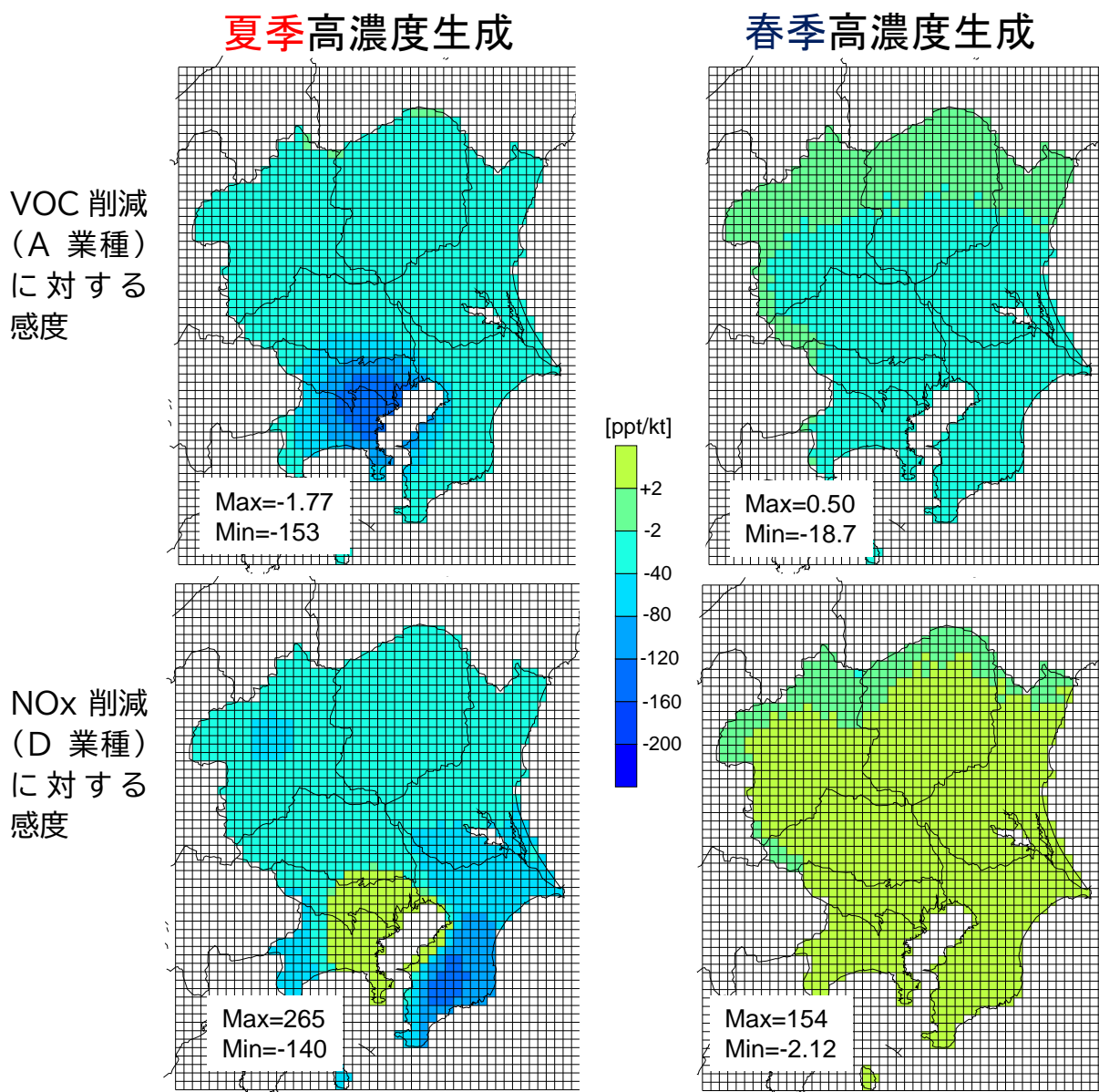


図 3-16 各排出削減シナリオに係るオゾン感度の季節変化 (関東)

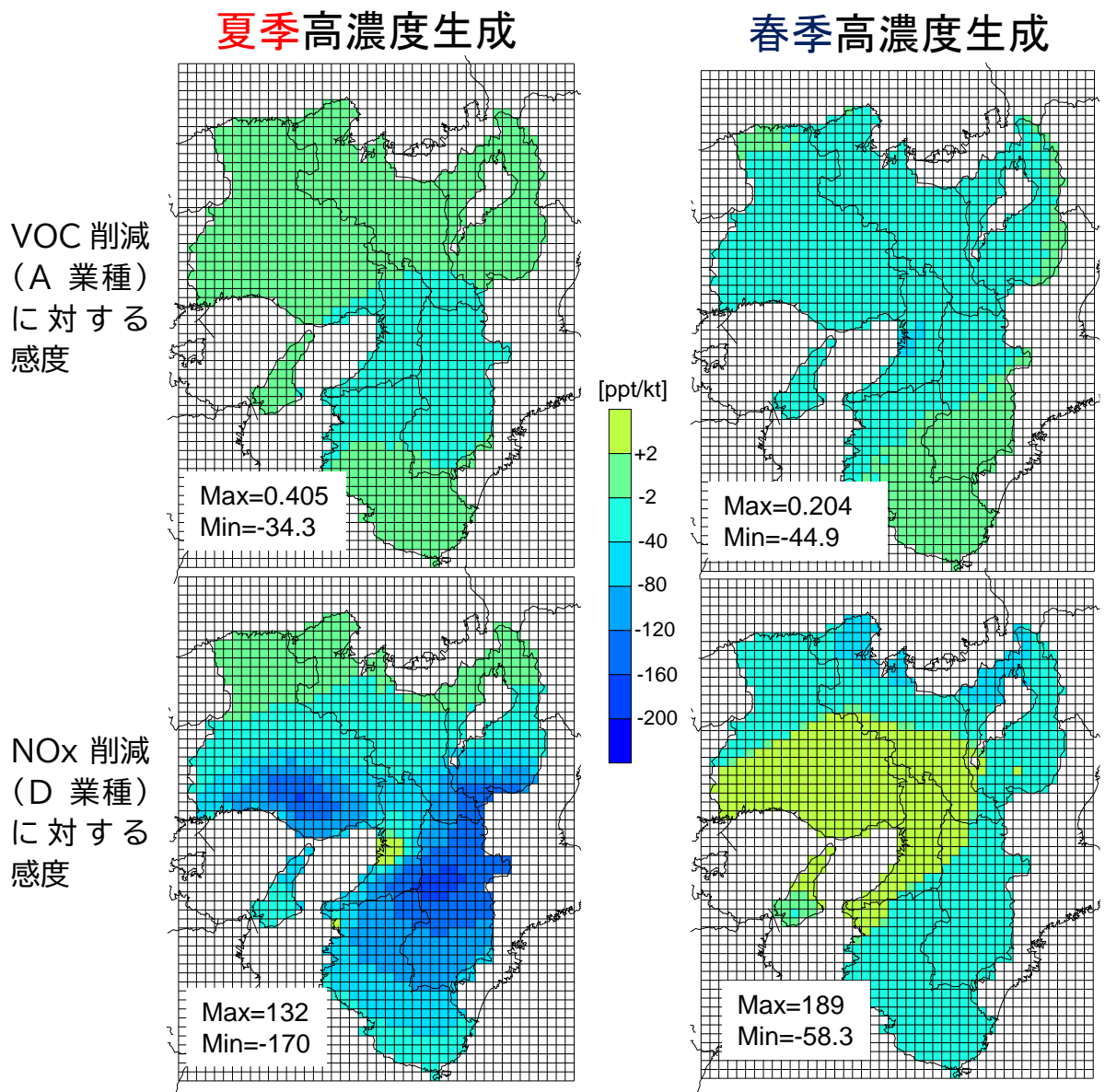


図 3-17 各排出削減シナリオに係るオゾン感度の季節変化 (近畿)

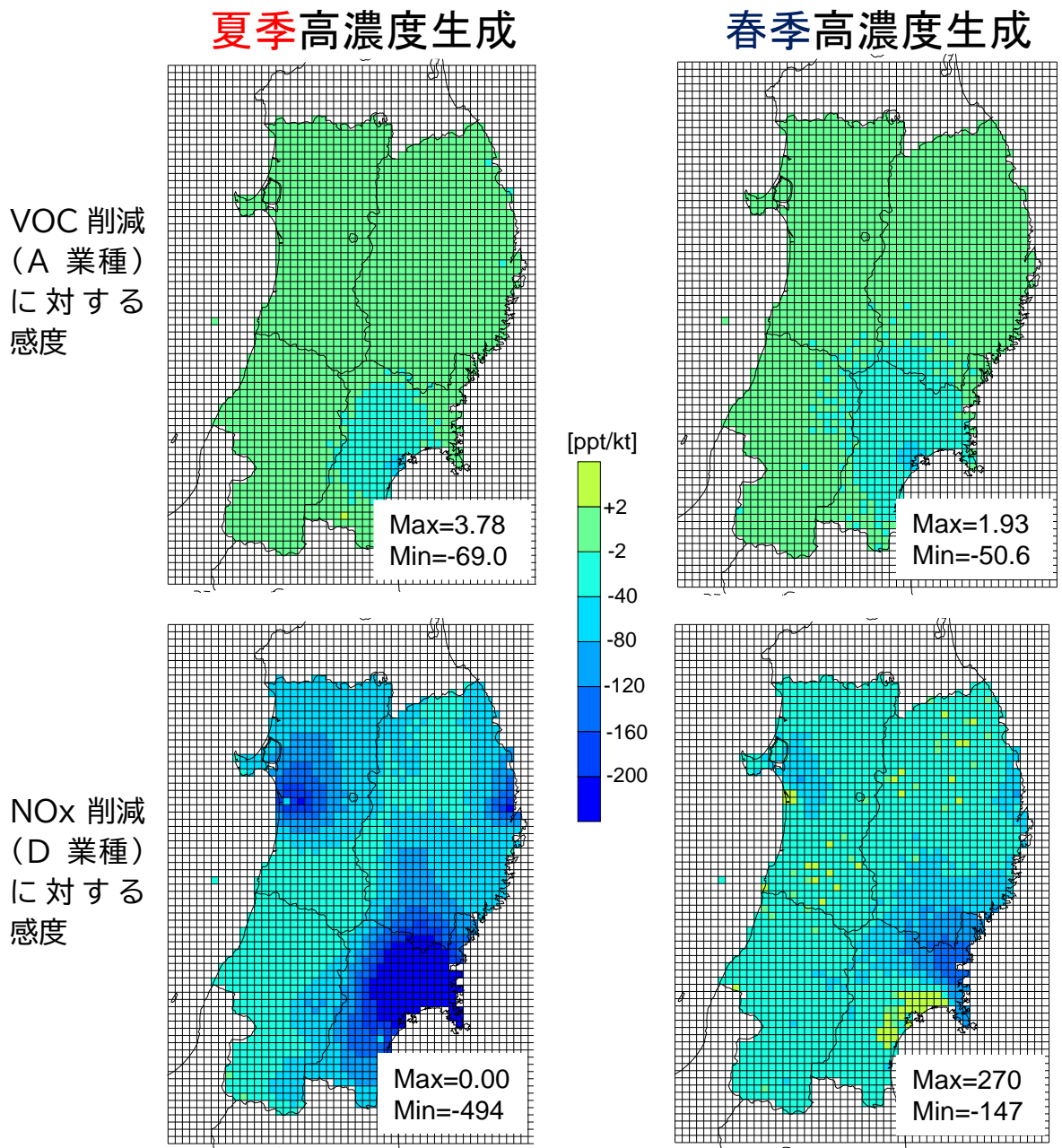


図 3-18 各排出削減シナリオに係るオゾン感度の季節変化（東北）

図 3-16～図 3-18 によると、各地方共通で、NOx 削減によりオゾン濃度が増加する領域や増加幅が夏季に比べ春季に大きくなっていることがわかる。一方、VOC 削減によるオゾン濃度減少幅は、関東、東北では夏季に比べ春季に小さくなっているが、近畿では逆に春季に大きくなっている。

<指標値の気象パターンによる変化>

オゾン存在量低減効率、オゾン集団暴露量低減効率の気象パターンによる変化は、それぞれ図 3-19、図 3-

20 に示す通りであった。また、高濃度生成気象パターンにおけるオゾン存在量低減効率を NO_x、VOC の各対象 2 業種の平均をとって夏季、春季で比較した結果は図 3-21 に示す通りであった。

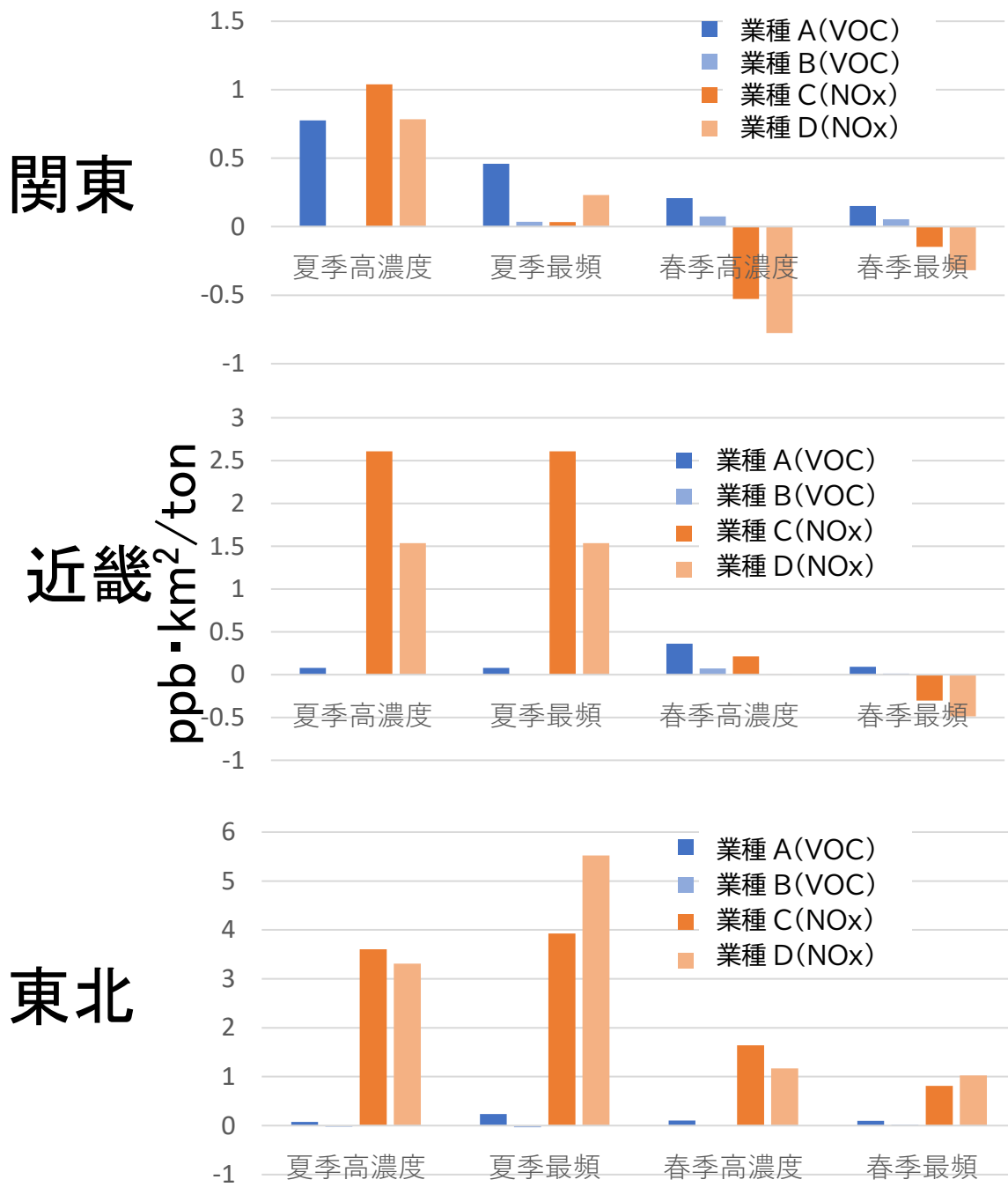
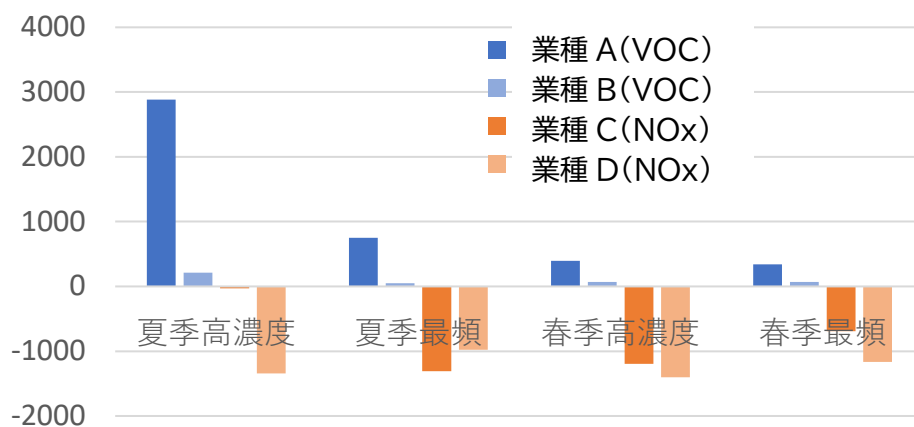
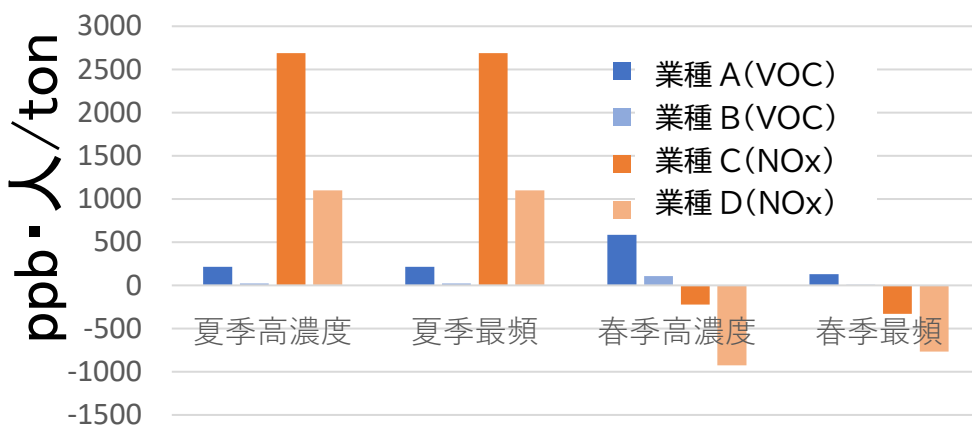


図 3-19 オゾン存在量低減効率の対象気象パターンによる変化

関東



近畿



東北

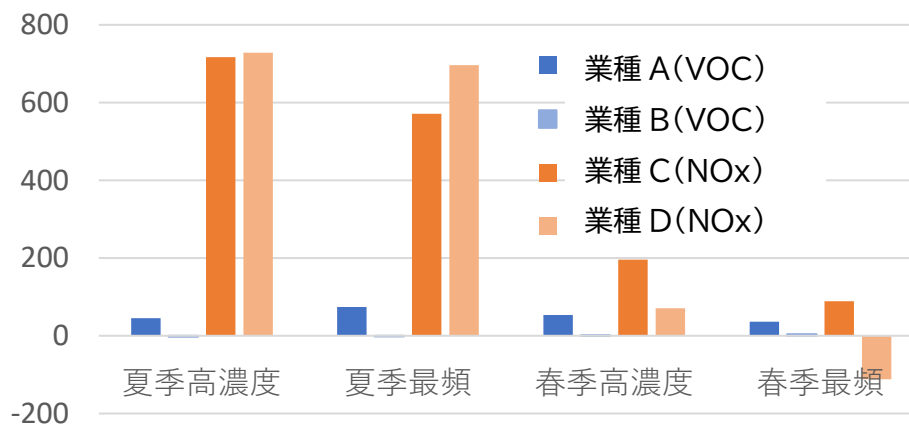


図 3-20 オゾン集団暴露量低減効率の対象気象パターンによる変化

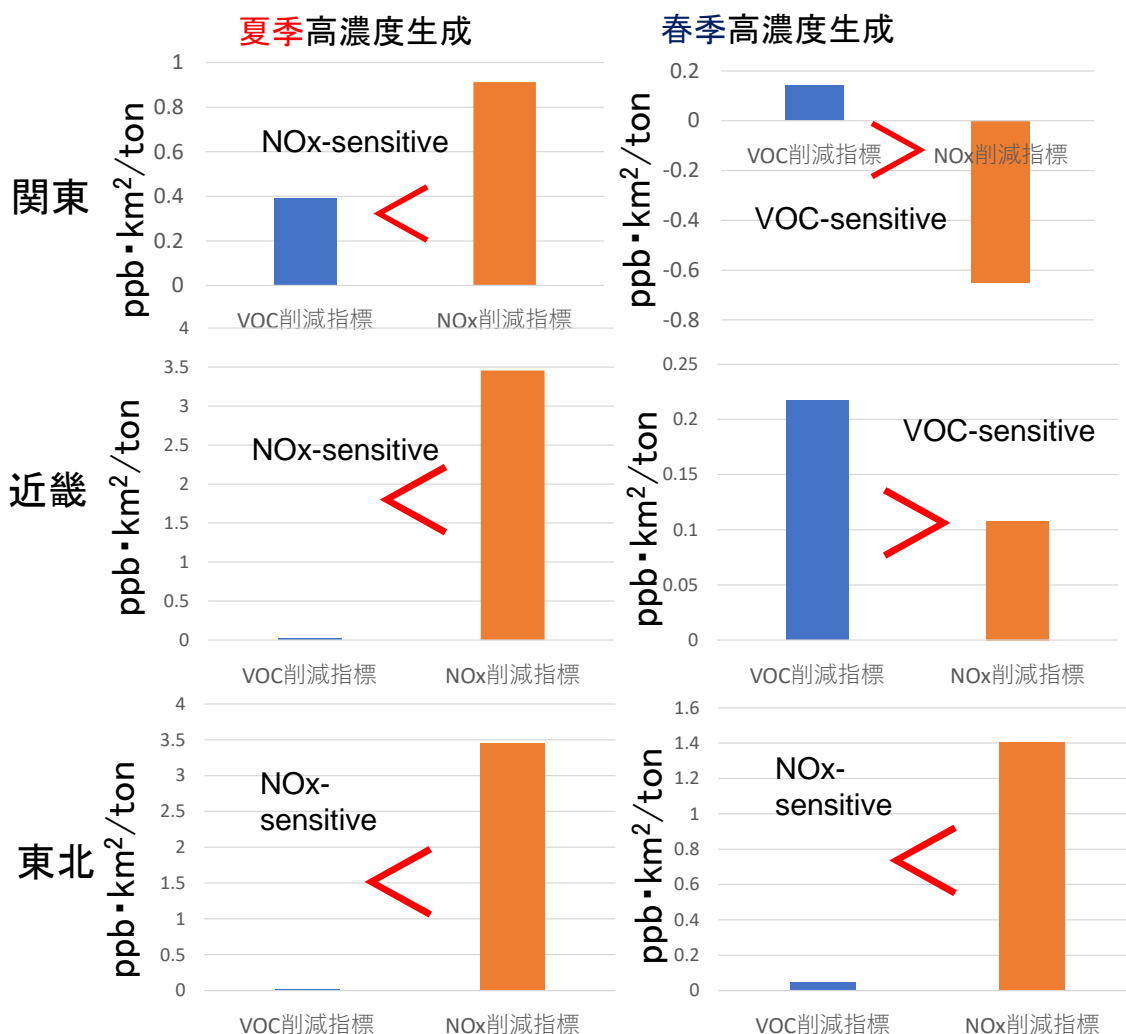


図 3-21 VOC、NOx 削減指標（オゾン存在量低減効率）の関係性に係る季節変化

33

図 3-20 によると、存在量低減効率、集団暴露量低減効率とも対象気象パターンにより大きく異なることがわかる。また、図 3-21 によると、VOC と NOx の削減指標（オゾン存在量低減効率）の関係性については、関東・近畿では夏季に NOx 削減指標 > VOC 削減指標であるのに対し、春季は VOC 削減指標 > NOx 削減指標となり両者の大小関係が変化していることがわかる。一方、東北では各削減指標の大小関係について季節による変化は起こっていない。

<オゾン生成レジームに関する衛星データによる診断結果との整合性>

本事業で得られた図 3-21 の各地方における VOC と NOx の削減指標（オゾン存在量低減効率）の関係性に係る季節変化が、他の独立した手法で推計されたオゾン生成レジームの季節変化と整合的であるのかを確認するため、図 3-22 に、衛星 (OMI) データを用いて診断したオゾン生成レジームの季節変を示した。なおオゾン生成レジームの診断に利用したデータや方法は、昨年度報告書に記述したのと同様である。

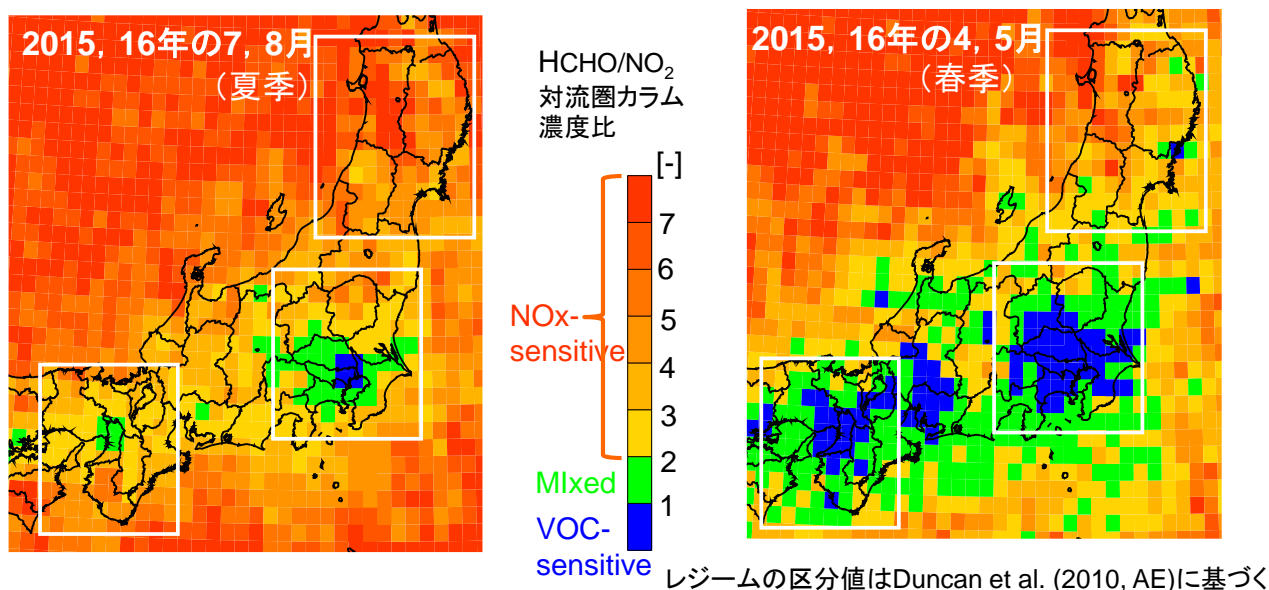


図 3-22 衛星 (OMI) データを用いて診断したオゾン生成レジームの季節変化

図 3-22 によると、オゾン生成レジームについて、シミュレーション結果と衛星データを用いて診断した結果は、次の点において定性的に整合していることがわかる。

- ✓ 関東、近畿では夏季に比べ、春季に VOC-sensitive のメッシュ比率(面積)が大幅増加
- ✓ 東北では、夏季と春季で VOC-sensitive のメッシュ比率(面積)に大きな変化なし

以上より、今回のシミュレーションによるオゾン感度や指標値の算出結果は、衛星データと比較しても一定の信頼性があると考えられる。

3-5. VOC 及び NO_x の排出量を大幅に削減した場合の検討

(1) 本解析の目的

固定発生源の VOC 及び NO_x 排出量を大幅に(例えば 100%)削減した場合に得られるオゾン濃度低減効果を推定するとともに、各算出指標について、本事業でこれまで検討してきた小幅(10%)に削減した場合の算出結果と比較する。

(2) 解析方法

算出指標と計算対象は表 3-7 に示した通りである。

表 3-7 本解析における算出指標と計算対象

- 算出指標:オゾン存在量低減効率、オゾン集団暴露量低減効率
- 対象地方:関東
- 対象期間:近年(2016年基準)
- 対象気象パターン:夏季高濃度生成、夏季最頻、春季高濃度生成、春季最頻の4パターン
- 対象物質:VOC、NOx
- 対象業種(VOC):固定蒸発発生源の全業種
- 対象業種(NOx):大規模燃焼点源の全業種
- 対象削減割合:VOC、NOxそれぞれにつき、10%、50%、100%の3段階

(3) 計算結果と考察

＜各対象気象パターンにおける小幅削減時と大幅削減時のオゾン濃度変化量＞

小幅(10%)削減時と大幅削減の場合の例として100%削減時のオゾン濃度変化量の分布を比較して、各対象気象パターンについて、図 3-23~図 3.26 に示す。

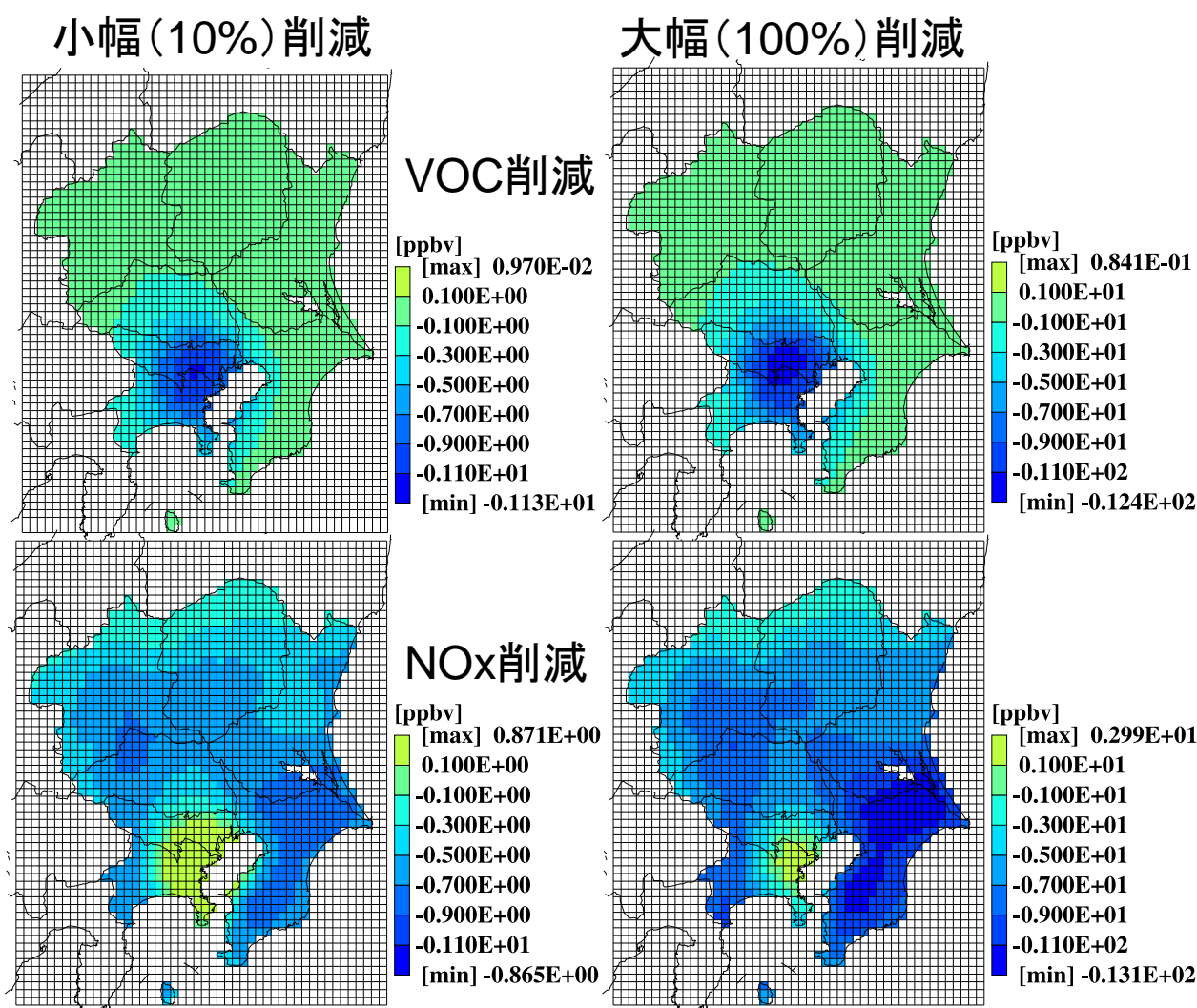


図 3-23 10%削減時と100%削減時のオゾン濃度の変化(夏季オゾン高濃度生成気象パターン)。上方の図はVOC削減時、下方の図はNOx削減時の結果である。凡例の数値間隔は100%削減時に10%削減時の10倍になるように設定している。

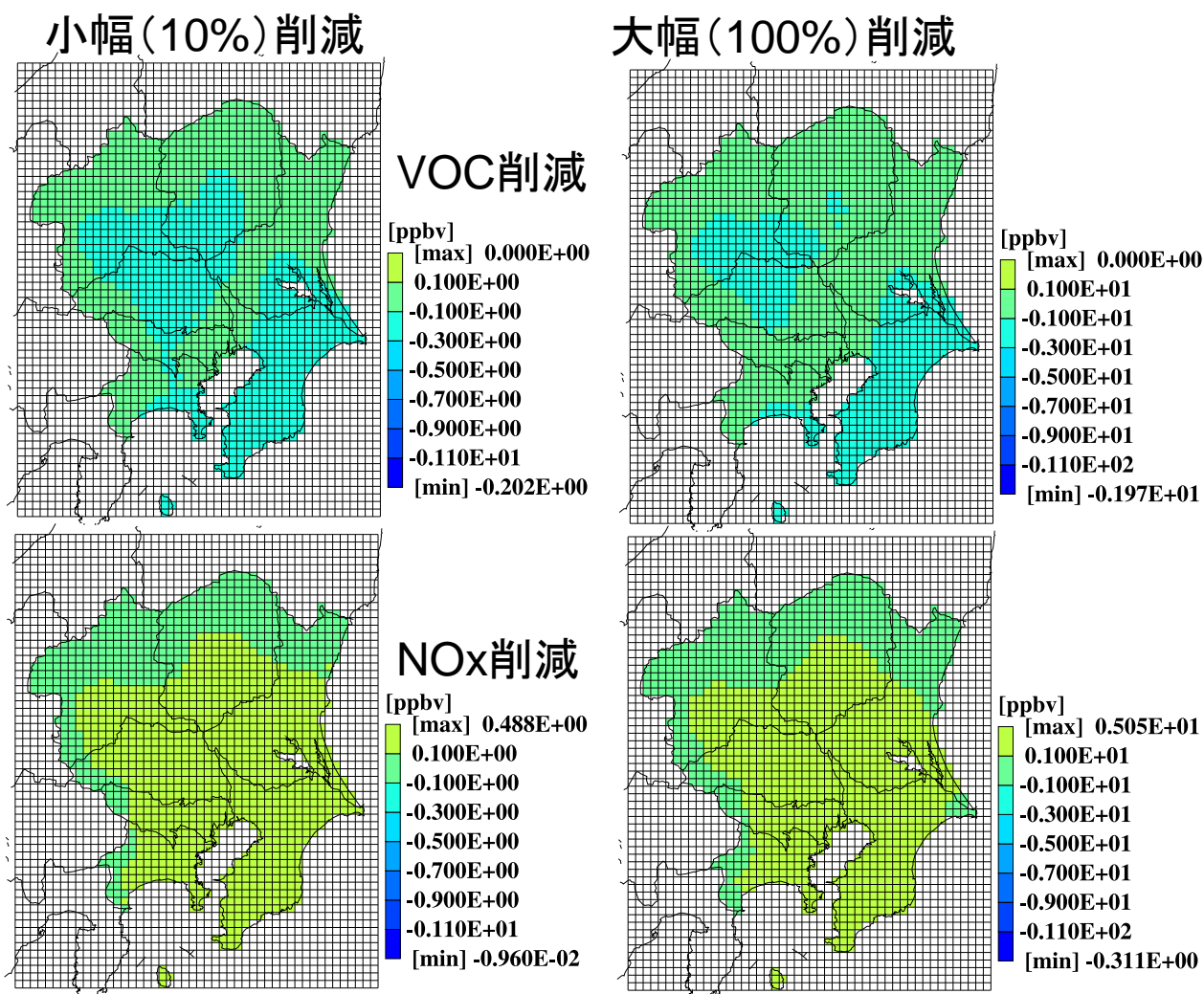


図 3-24 10%削減時と100%削減時のオゾン濃度の変化(春季オゾン高濃度生成気象パターン)。上方の図はVOC削減時、下方の図はNO_x削減時の結果である。凡例の数値間隔は100%削減時に10%削減時の10倍になるように設定している。

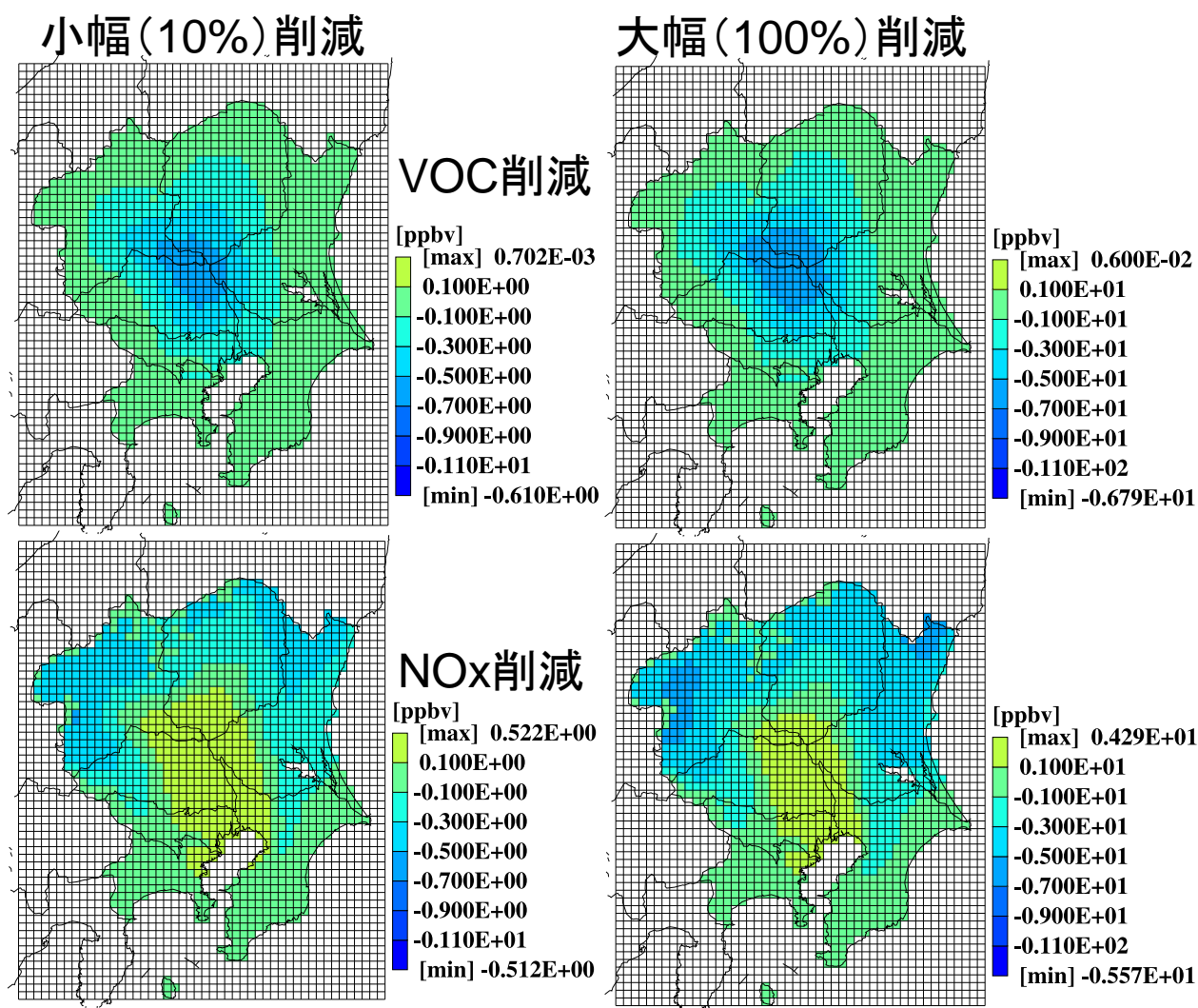


図 3-25 10%削減時と100%削減時のオゾン濃度の変化(夏季最頻出気象パターン)。上方の図はVOC削減時、下方の図はNOx削減時の結果である。凡例の数値間隔は100%削減時に10%削減時の10倍になるように設定している。

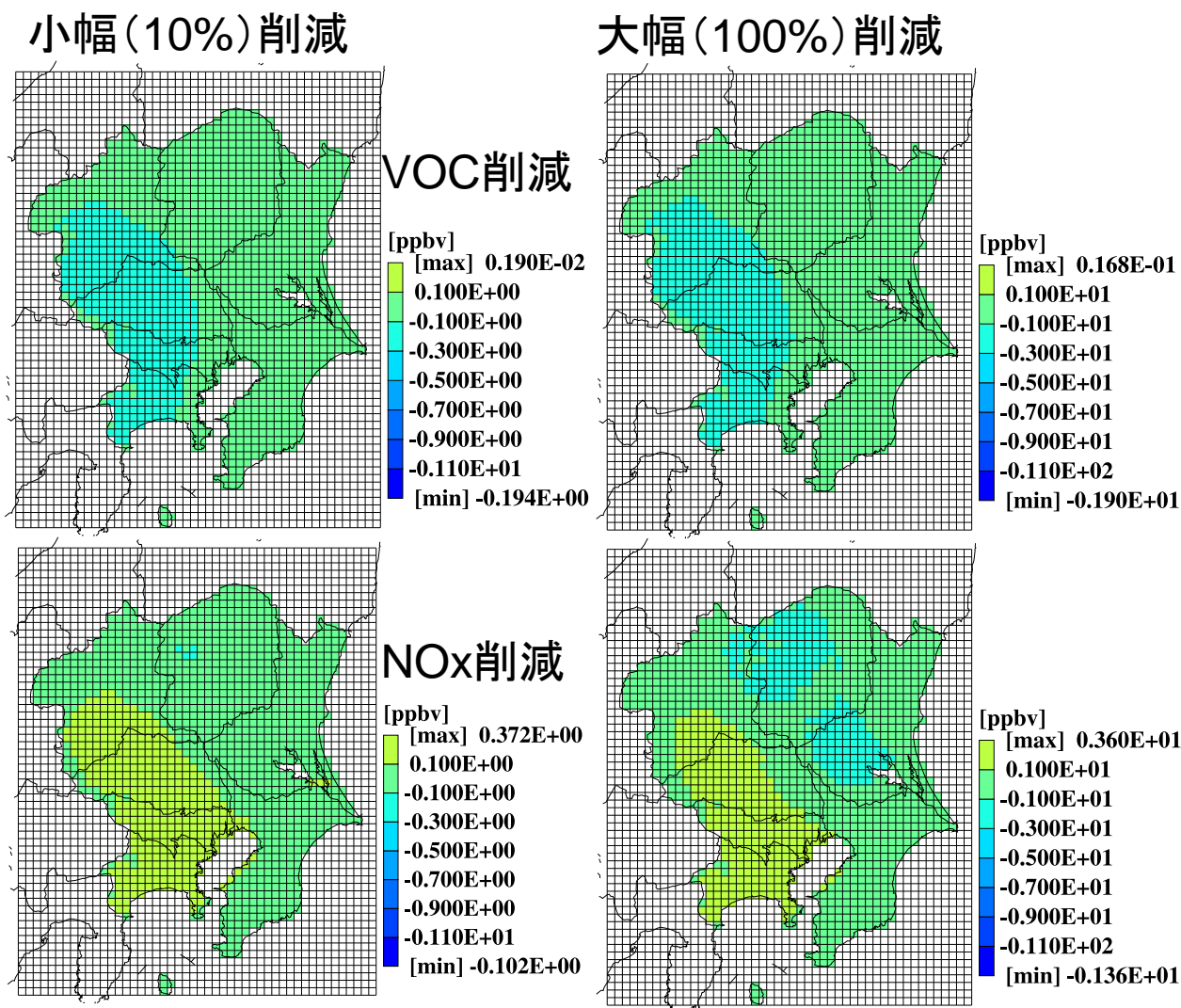


図 3-26 10%削減時と100%削減時のオゾン濃度の変化（春季最頻出気象パターン）。上方の図はVOC削減時、下方の図はNOx削減時の結果である。凡例の数値間隔は100%削減時に10%削減時の10倍になるように設定している。

図 3-23~図 3-26 によると、100%削減時のオゾン濃度の最大低減量は対象気象パターンにより大きく変動し、VOC削減で1.9ppb~12.4ppb、NOx削減で0.31~13.1ppbであることがわかる。また、各対象気象パターンで共通して、NOx削減でオゾン濃度が増加する領域が100%削減時に10%削減時より小さくなっていることがわかる。

上記の気象パターンごとに得られた前駆物質削減によるオゾン濃度変化推定結果を既存の計算結果（光化学オキシダント調査検討会報告書；光化学オキシダント調査検討会，2017）と比較する。光化学オキシダント調査検討会（2017）では、本事業のように関東地方内の固定発生源のみでなく、関東地方内の全ての発生源からの排出量を削減した場合のオゾン濃度変化が推定されていること、ベースケース排出量の対象年度も本事業のように2016年ではなく、2009年となっていることなど、本事業とは計算の条件が異なることを考慮すれば、定量的あるいは詳細な比較検討は難しいと考えらるので、以下では定性的な比較を行うに留めることとする。

光化学オキシダント調査検討会（2017）では、関東地方における8月平均のオゾン濃度変化（同検討会報

告書の図3-24)については、VOC削減では東京湾から近い東京都や埼玉県を中心としてオゾン濃度が減少、NOx削減では北関東を中心にオゾン濃度が減少し、湾岸部ではオゾン濃度が増加する領域がみられている。また、5月平均のオゾン濃度変化(同検討会報告書の図3-23)については、VOC削減では埼玉県を中心としてオゾン濃度が減少し、NOx削減では東京湾岸部を中心にオゾン濃度が増加し、オゾン濃度が減少する領域はほとんどのケースでみられていない。これらの結果を、8月、5月それぞれの平均のオゾン濃度変化に対応する図として、本事業で得られた図3-25(夏季の最頻出気象パターン)、図3-26(春季の最頻出気象パターン)と、それぞれ比較すると、詳細については上記の変化量分布と異なる部分が多いものの、夏季の分布に関しては、VOC削減とNOx削減それぞれでオゾン濃度が減少する領域が、後者の方が前者よりも内陸側になるという点、およびNOx削減の場合に増加する領域がみられる点で、また、春季の分布に関しては、VOC削減ではオゾン濃度が減少する領域がある一方、NOx削減ではオゾン濃度が減少する領域が小幅削減時にはほとんどみられず、増加する領域がみられる点など大まかには一致した特徴があることがわかる。

＜各気象パターンにおける小幅削減時と大幅削減時の指標値算出結果＞

各気象パターンにおける10%、50%、100%削減時の指標値算出結果は、オゾン存在量低減効率について図3-27、オゾン集団暴露量低減効率について図3-28の通りであった。

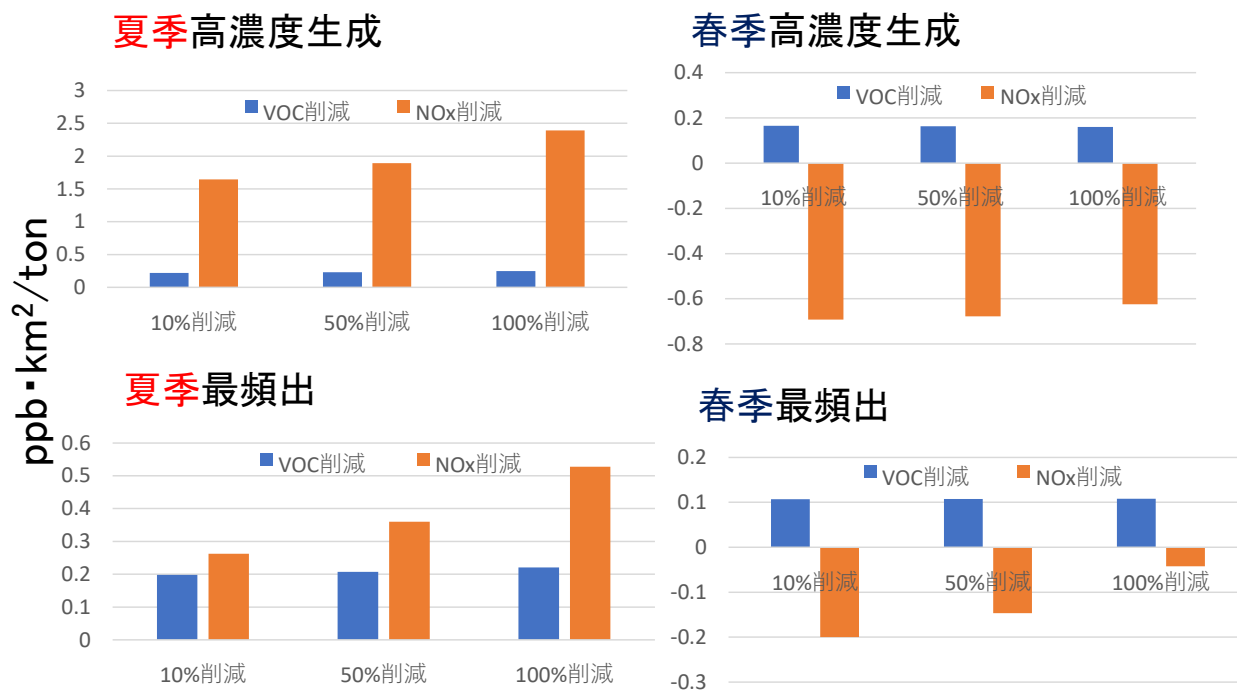


図 3-27 各気象パターンにおける10%、50%、100%削減時の指標値算出結果(オゾン存在量低減効率)

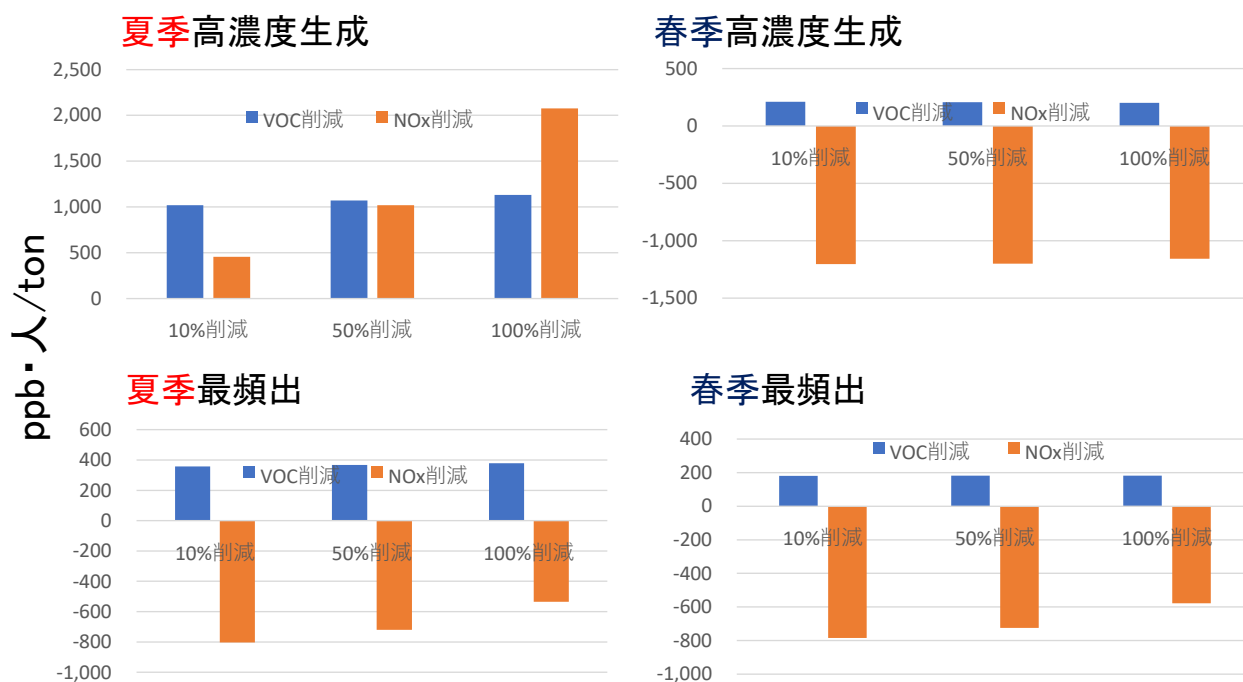


図 3-28 各気象パターンにおける 10%、50%、100%削減時の指標値算出結果（オゾン集団暴露量低減効率）

図 3-27、図 3-28 によると、対象気象パターンによらず、削減率が大きいほど NOx 削減に係る指標の値が大きくなっていることがわかる。また、図 3-28 によると、夏季のオゾン高濃度生成気象パターンにおける集団暴露量低減効率は、10%削減時には VOC 削減指標 > NOx 削減指標であるのに対し、50%削減時には同程度、100%削減時には逆に NOx 削減指標 > VOC 削減指標となっており、VOC 削減指標と NOx 削減指標の大小関係が変化していることがわかる。

3-6. オゾン感度・指標値の BVOC 排出量に係る不確実性解析

(1) 本解析の背景と目的

植物起源の VOC (BVOC) 排出量は不確実性が大きく、また、BVOC 排出量の入力値によりモデル大気のおゾン生成レジームが変動する事例が報告されている(井上ら, 2010)。そこで、本解析では不確実性の高い BVOC 排出量を変化させてオゾン濃度やその前駆物質削減に対する感度、指標値がどの程度変化するかを調べ、それらの不確実性を検討することとする。

(2) 解析方法

<BVOC 排出量の変化幅設定>

BVOC 専門家へのヒアリング(4 章)のほか、本事業における検討会での議論や BVOC 不確実性に関する既存文献での記述などを総合的に勘案し、本事業におけるこれまでの調査で用いていた ADMER-PRO 内蔵の BVOC 標準状態排出量を現況の 0 倍、1/2 倍、2 倍に設定して、オゾン濃度やその前駆物質削減に対する

感度、指標値の不確実性を検討することとした。ここで BVOC 0 倍(BVOC なし)は不確実性の範囲内とは考えられないが、参考のため設定した。ADMER-PRO 内蔵の BVOC 標準状態排出量の推定方法やそれらの結果については別途提出する添付資料3「植物由来 VOC の知見の整理」に記述しているので、そちらを参照いただきたい。

<算出指標と計算対象>

算出指標と計算対象は表 3-8 に示した通りである。

表 3-8 本解析における算出指標と計算対象

<ul style="list-style-type: none">● 算出指標:オゾン存在量低減効率、オゾン集団暴露量低減効率● 対象地方:関東、近畿、東北● 対象気象パターン:夏季高濃度生成(地衡風:静穏、日射量:強)● 対象期間:近年(2016年基準)● 対象物質:VOC、NOx● 対象業種(VOC):立地が異なる 2 業種 A,B● 対象業種(NOx):排出口の高度分布の有無が異なる 2 業種 C,D● 排出削減率:すべて10%として計算

※対象業種(VOC):A 業種(湾岸地域に偏在)、B 業種(地理的に分散して立地)

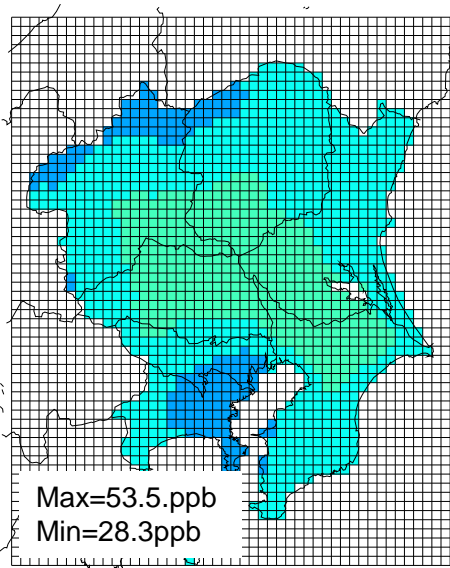
※対象業種(NOx):C 業種(大規模排出源、高度分布あり)、D 業種(大規模排出源、高度分布なし)

(3) 計算結果と考察

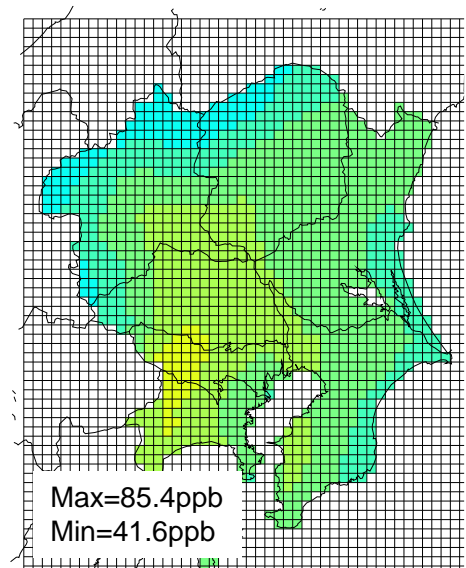
<ベースケースオゾン濃度への影響>

関東、近畿、東北における各 BVOC 設定時のベースケースオゾン濃度の分布は、それぞれ図 3-29～31 に示す通りであった。

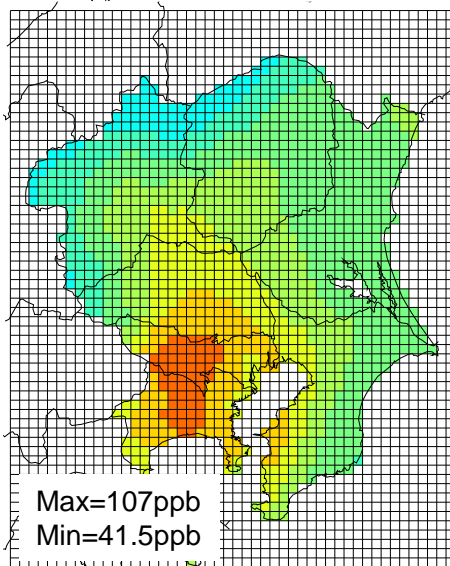
BVOC
0倍



BVOC
0.5倍



BVOC
1倍



BVOC
2倍

【ppb】

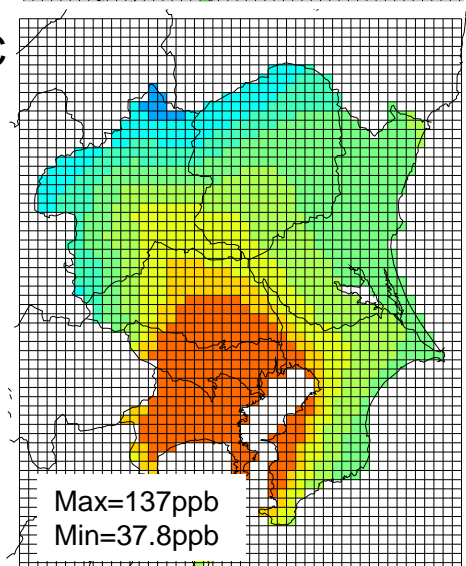
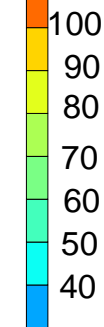
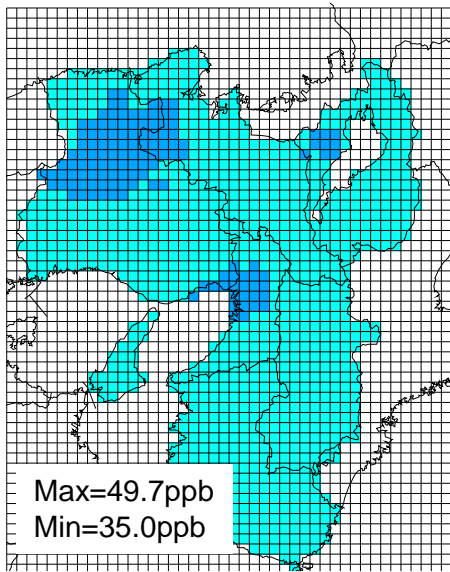
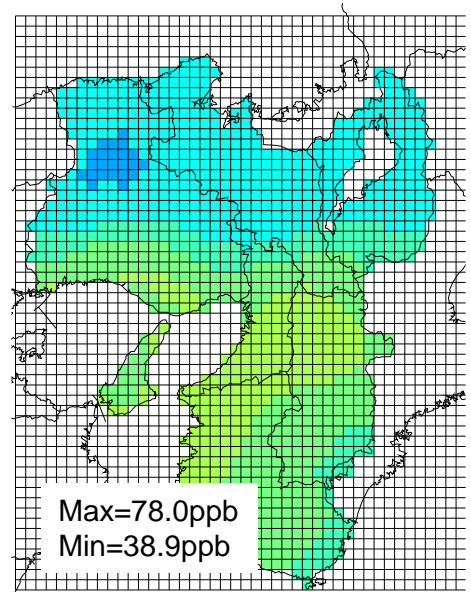


図 3-29 各 BVOC 設定で計算されたオゾン濃度（ベースケース）の分布（関東）

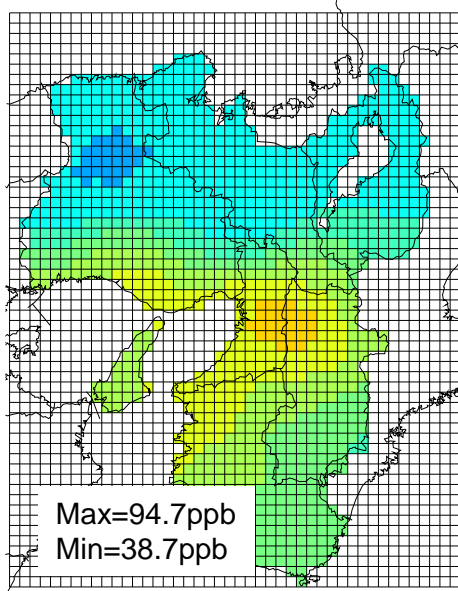
BVOC
0倍



BVOC
0.5倍



BVOC
1倍



BVOC
2倍

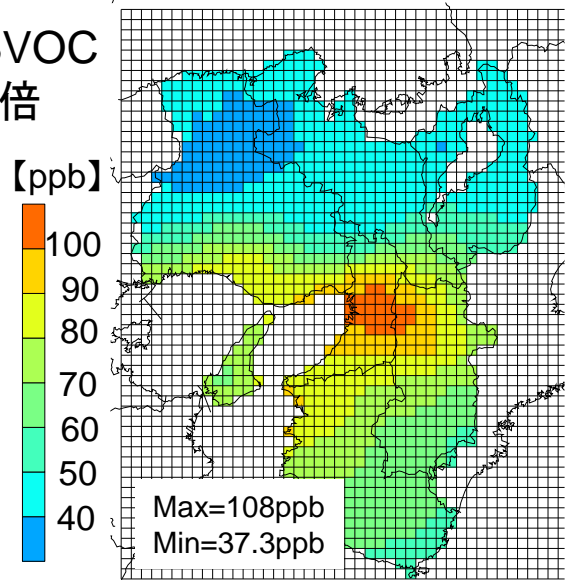


図 3-30 各 BVOC 設定で計算されたオゾン濃度 (ベースケース) の分布 (近畿)

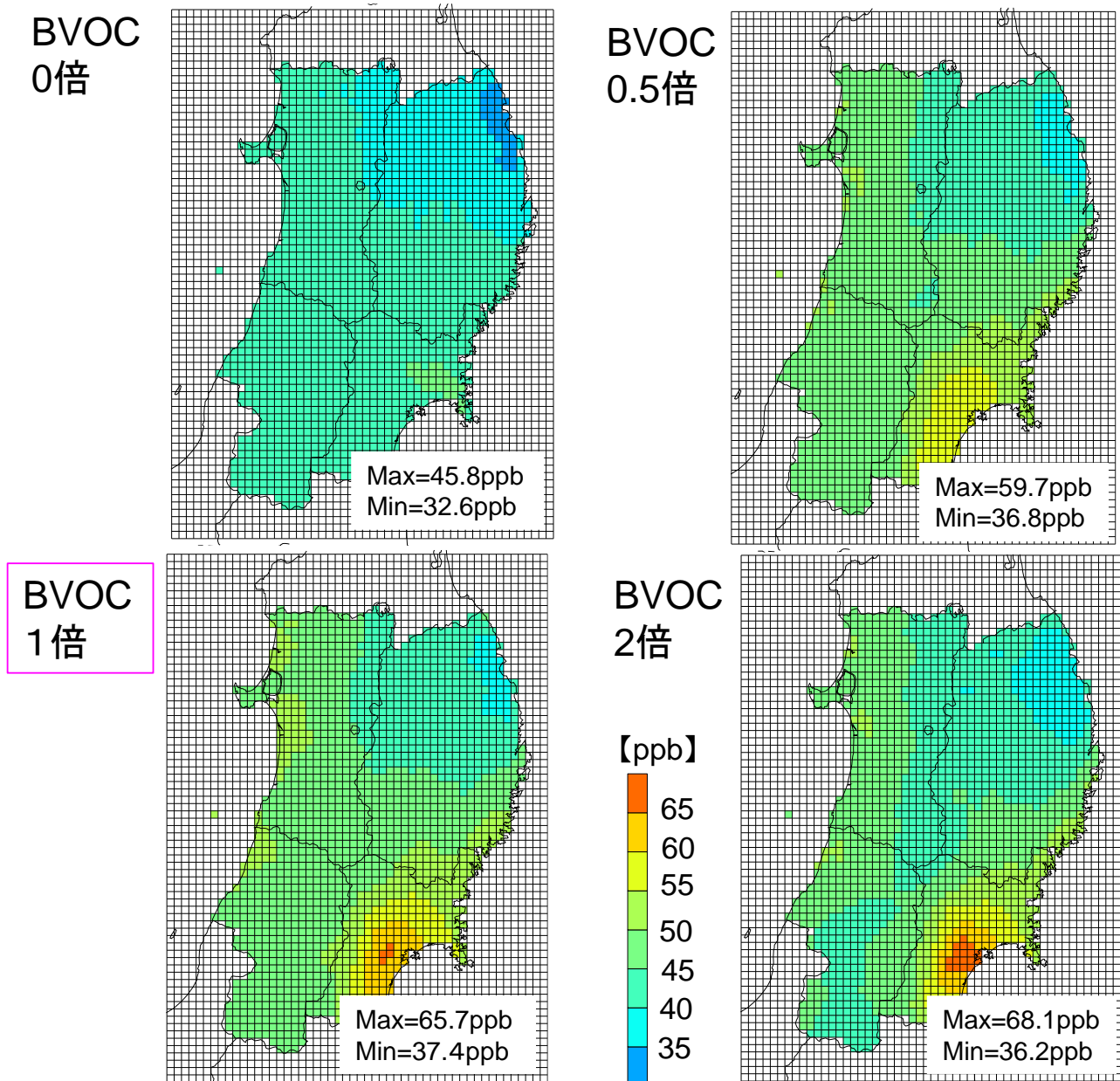


図 3-31 各 BVOC 設定で計算されたオゾン濃度 (ベースケース) の分布 (東北)

図 3-29~図 3-31 によると、BVOC 設定の変化によるオゾン濃度 (ベースケース) への影響が大きいのは BVOC 排出量が多い郊外部ではなく大都市近郊においてであることがわかる。これは、オゾン生成レジームが郊外部では NOx-limited 寄りであるのに対し、大都市近郊では VOC-limited 寄りになっているためであると考えられる。

<オゾン感度への影響>

各 BVOC 設定で計算された関東、近畿、東北における VOC、NOx 削減に対するオゾン感度の分布例は、図 3-32~37 に示す通りであった。

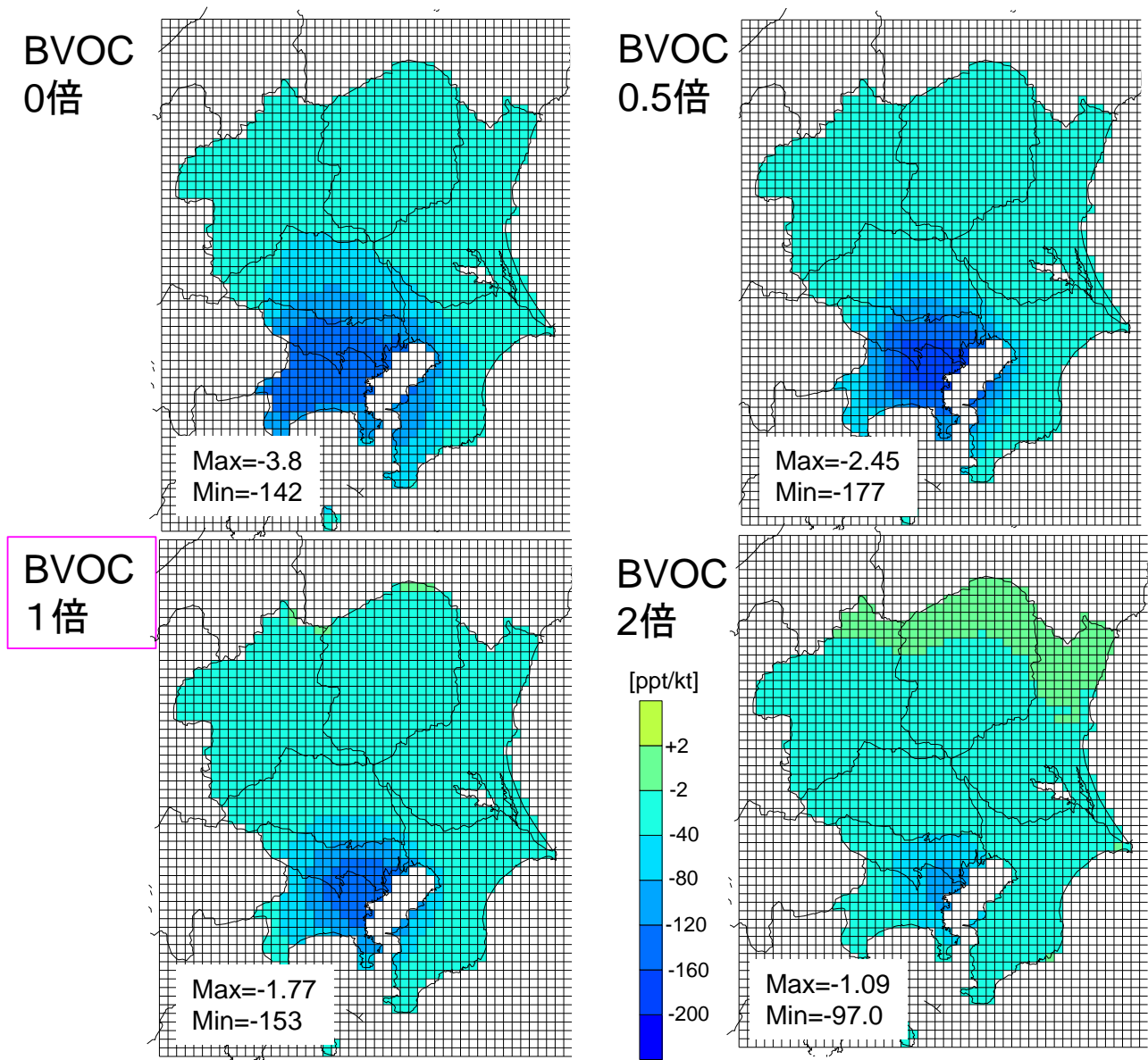


図 3-32 各 BVOC 設定で計算された VOC 削減 (業種 A) に対するオゾン感度の分布 (関東)

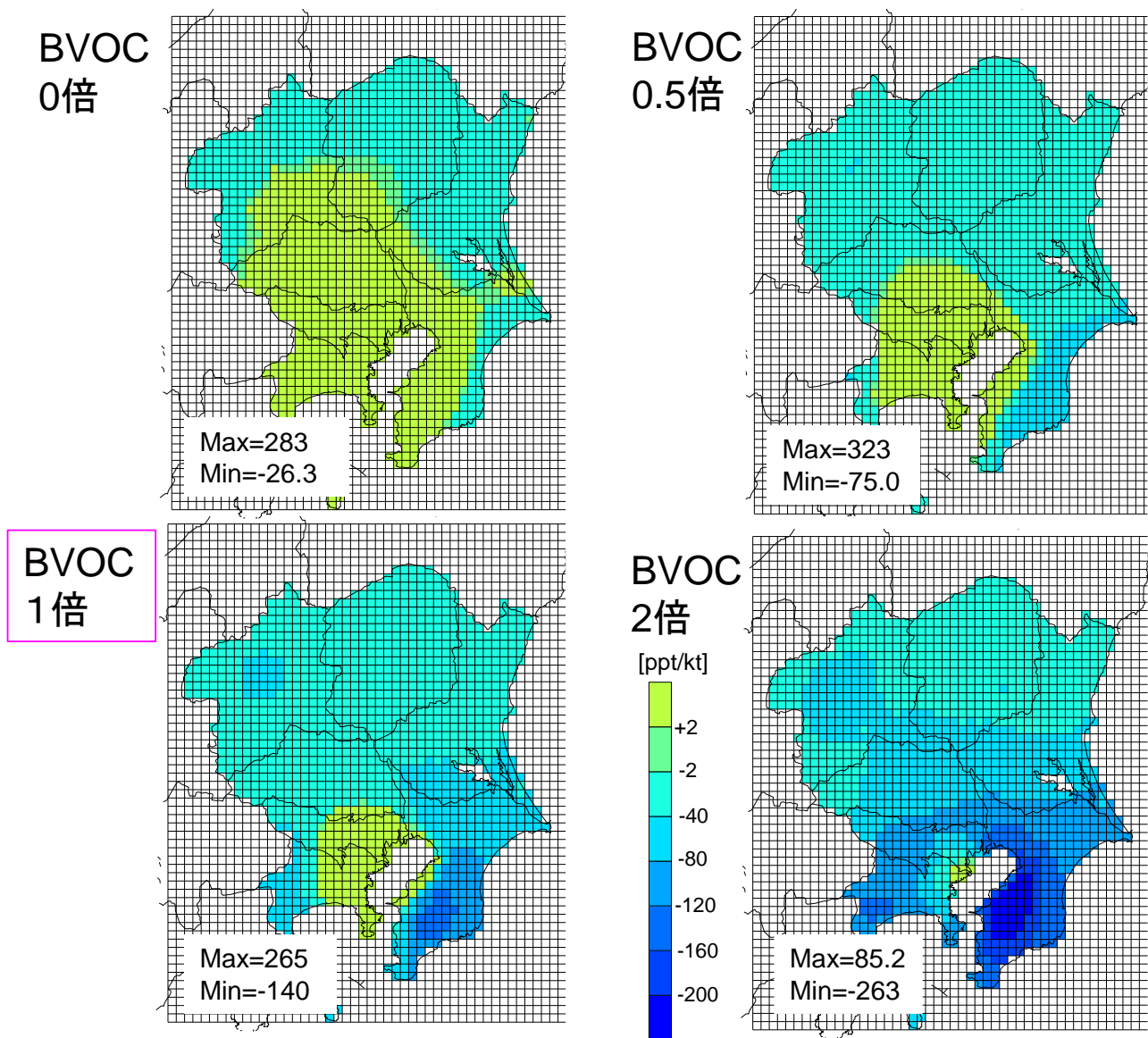


図 3-33 各 BVOC 設定で計算された NO_x 削減（業種 D）に対するオゾン感度の分布（関東）

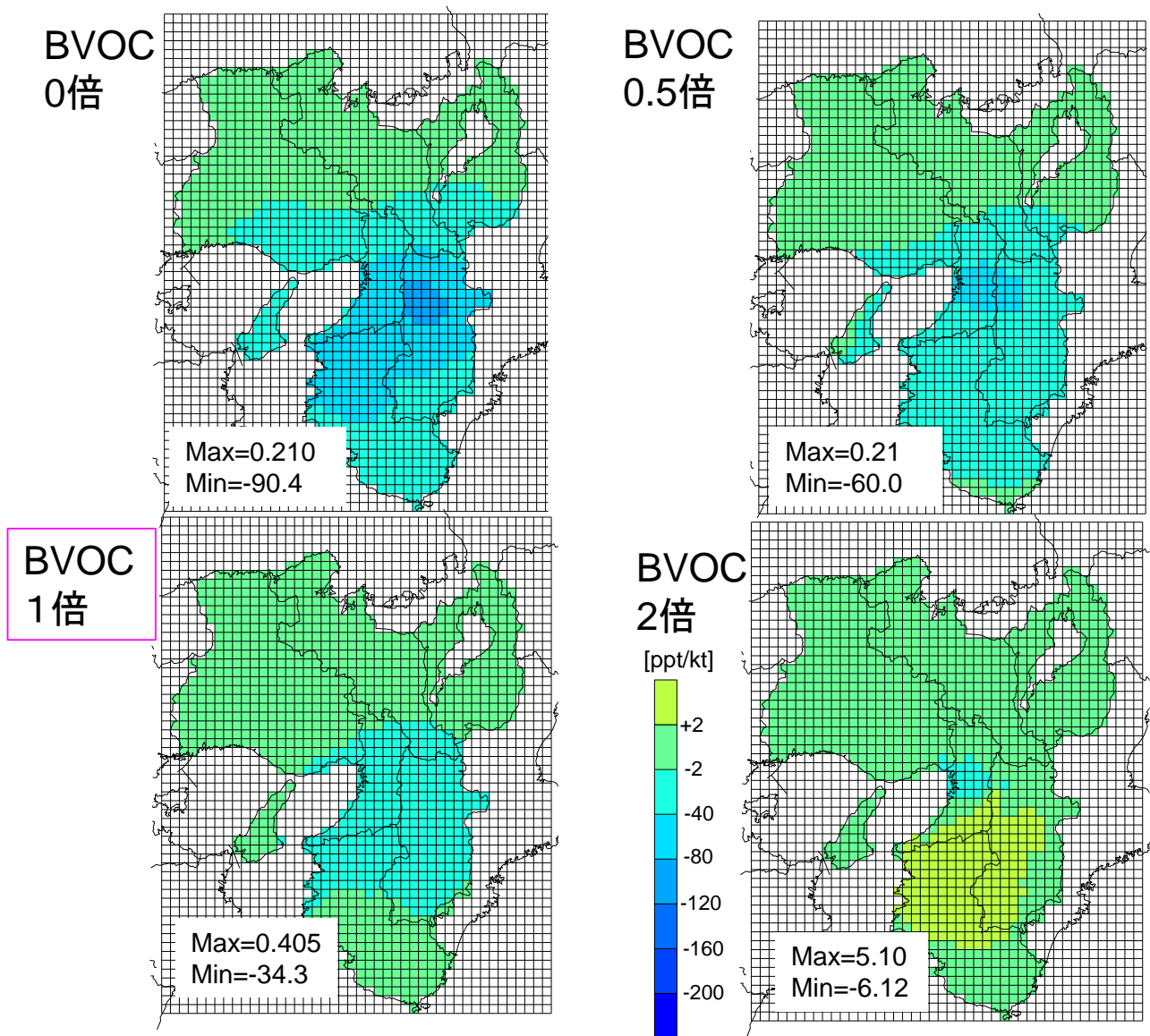


図 3-34 各 BVOC 設定で計算された VOC 削減 (業種 A) に対するオゾン感度の分布 (近畿)

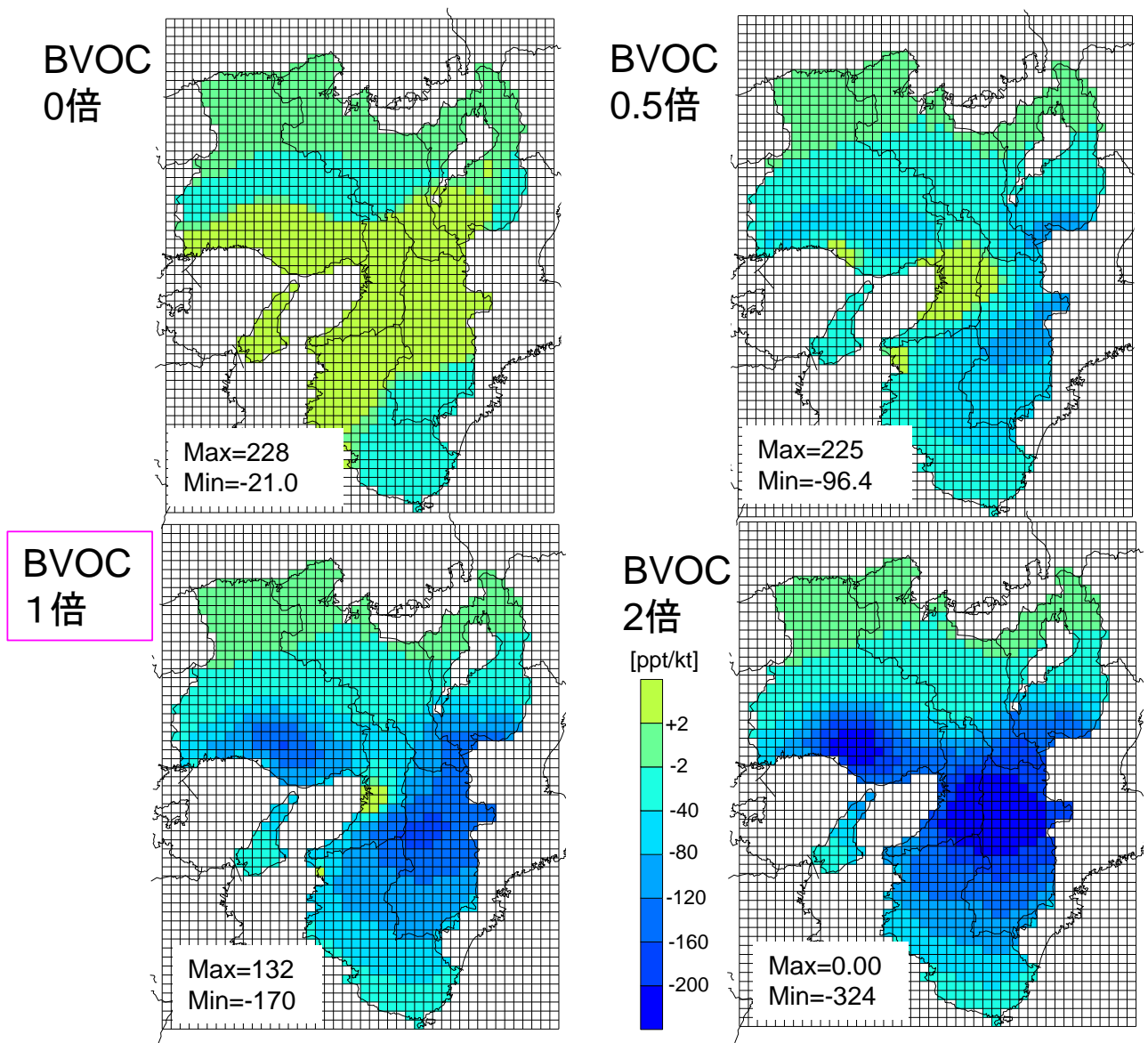
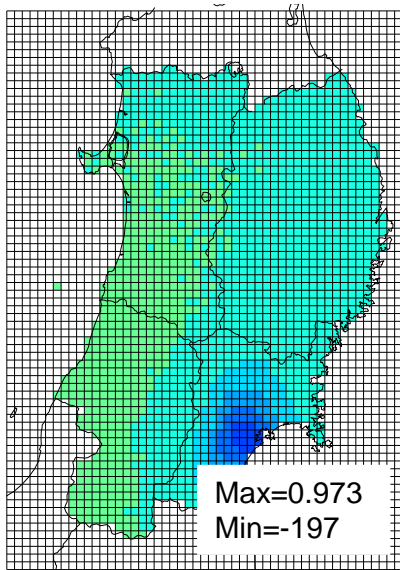
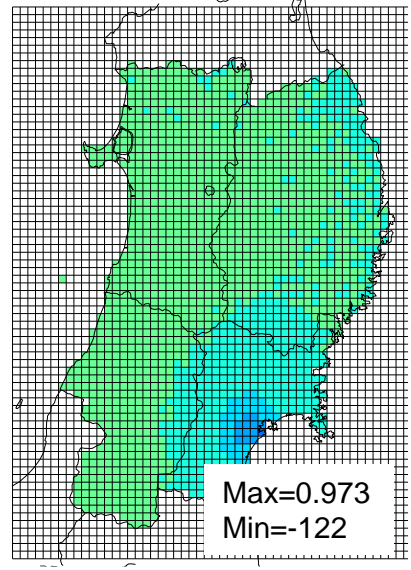


図 3-35 各 BVOC 設定で計算された NO_x 削減 (業種 D) に対するオゾン感度の分布 (近畿)

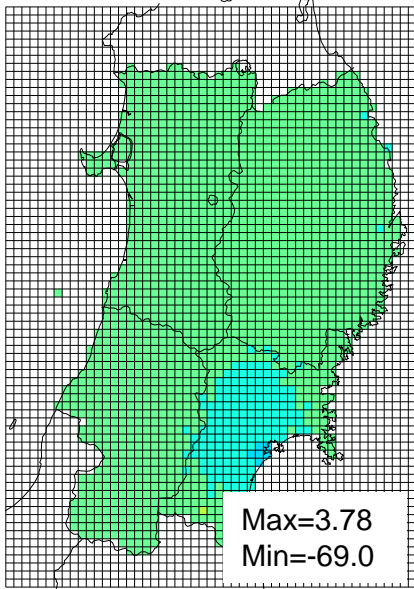
BVOC
0倍



BVOC
0.5倍



BVOC
1倍



BVOC
2倍

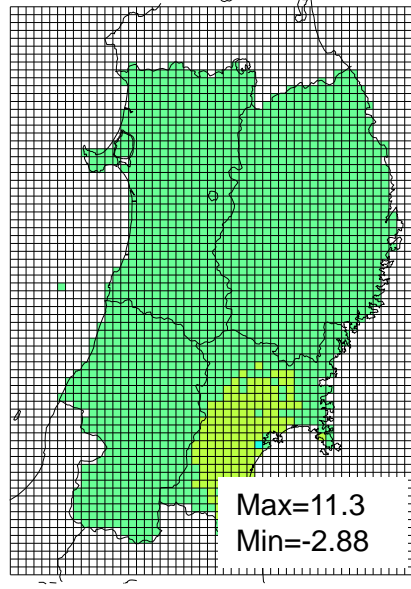
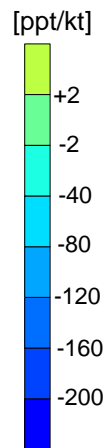


図 3-36 各 BVOC 設定で計算された VOC 削減（業種 A）に対するオゾン感度の分布（東北）

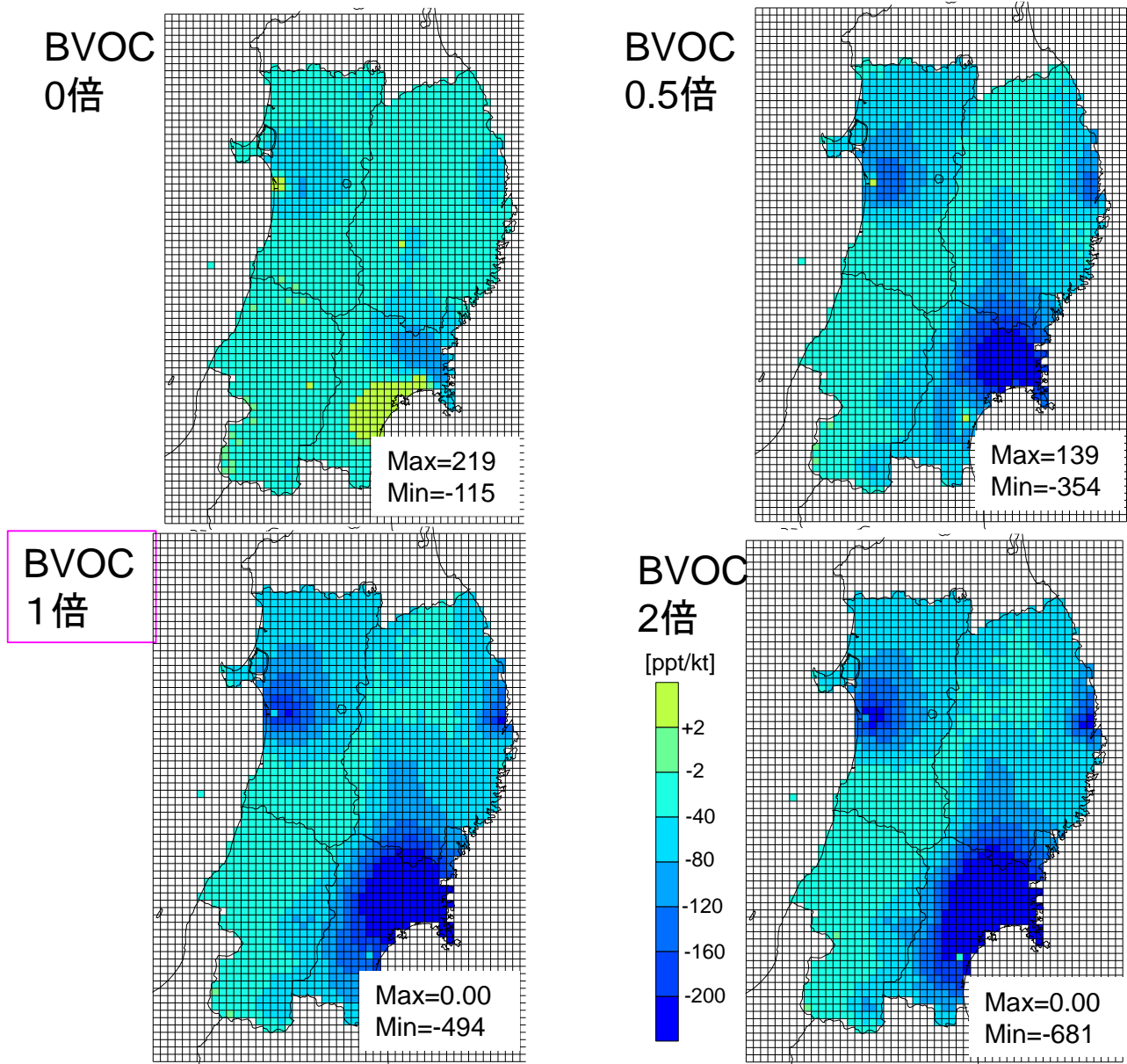


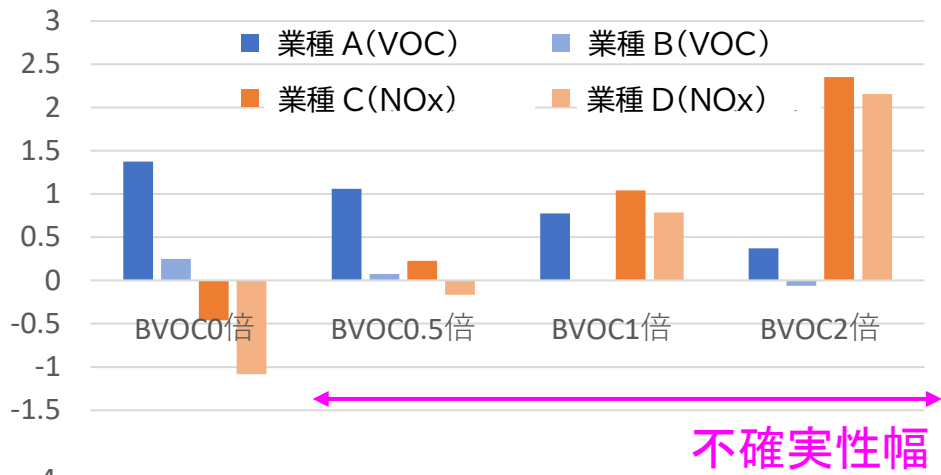
図 3-37 各 BVOC 設定で計算された NO_x 削減（業種 D）に対するオゾン感度の分布（東北）

図 3-32~図 3-37 によると、VOC 削減に対するオゾン感度については概して BVOC が大きいほど濃度低下幅が小さくなる傾向がみられる。また、NO_x 削減に対するオゾン感度については全地方共通で BVOC が大きいほど濃度低下幅が大きくなる傾向がみられるとともに、増加領域と増加幅が小さくなる傾向がみられる。これらは BVOC が大きいほど大気の化学的状態が NO_x-limited 寄りになるために生じた現象と考えられる。

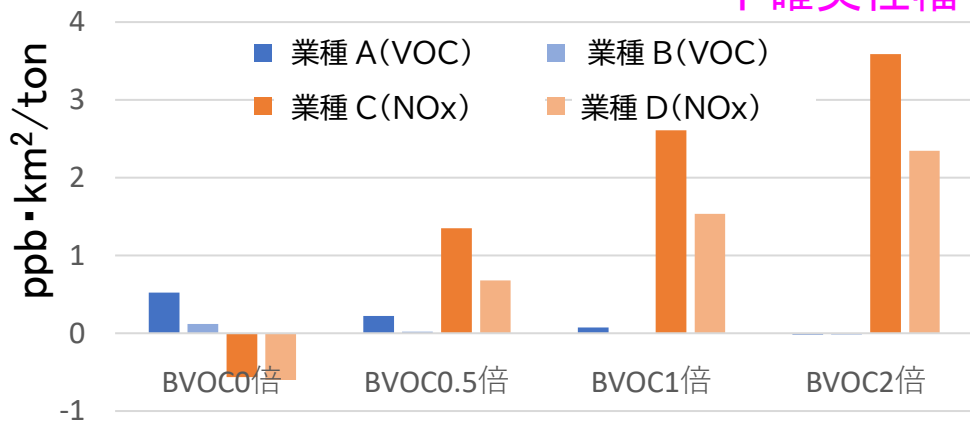
<指標値への影響>

BVOC の設定変化によるオゾン存在量低減効率、オゾン集団暴露量低減効率への影響はそれぞれ図 3-38、図 3-39 に示すとおりであった。

関東



近畿



東北

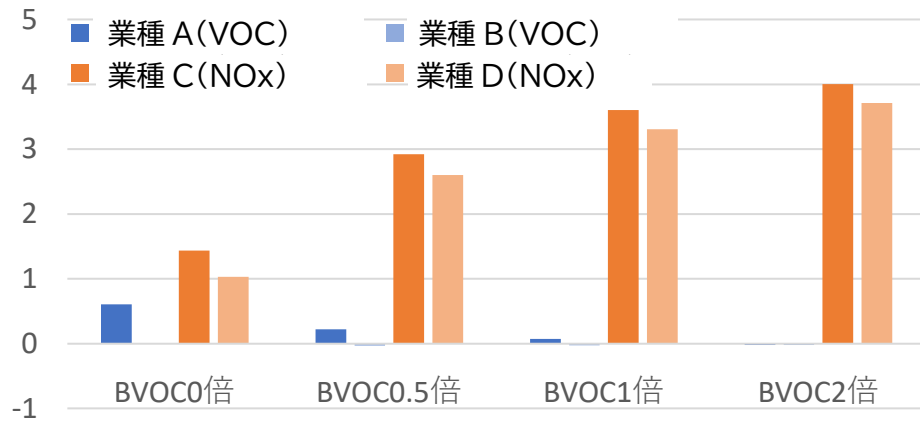


図 3-38 各 BVOC 設定で算出されたオゾン存在量低減効率

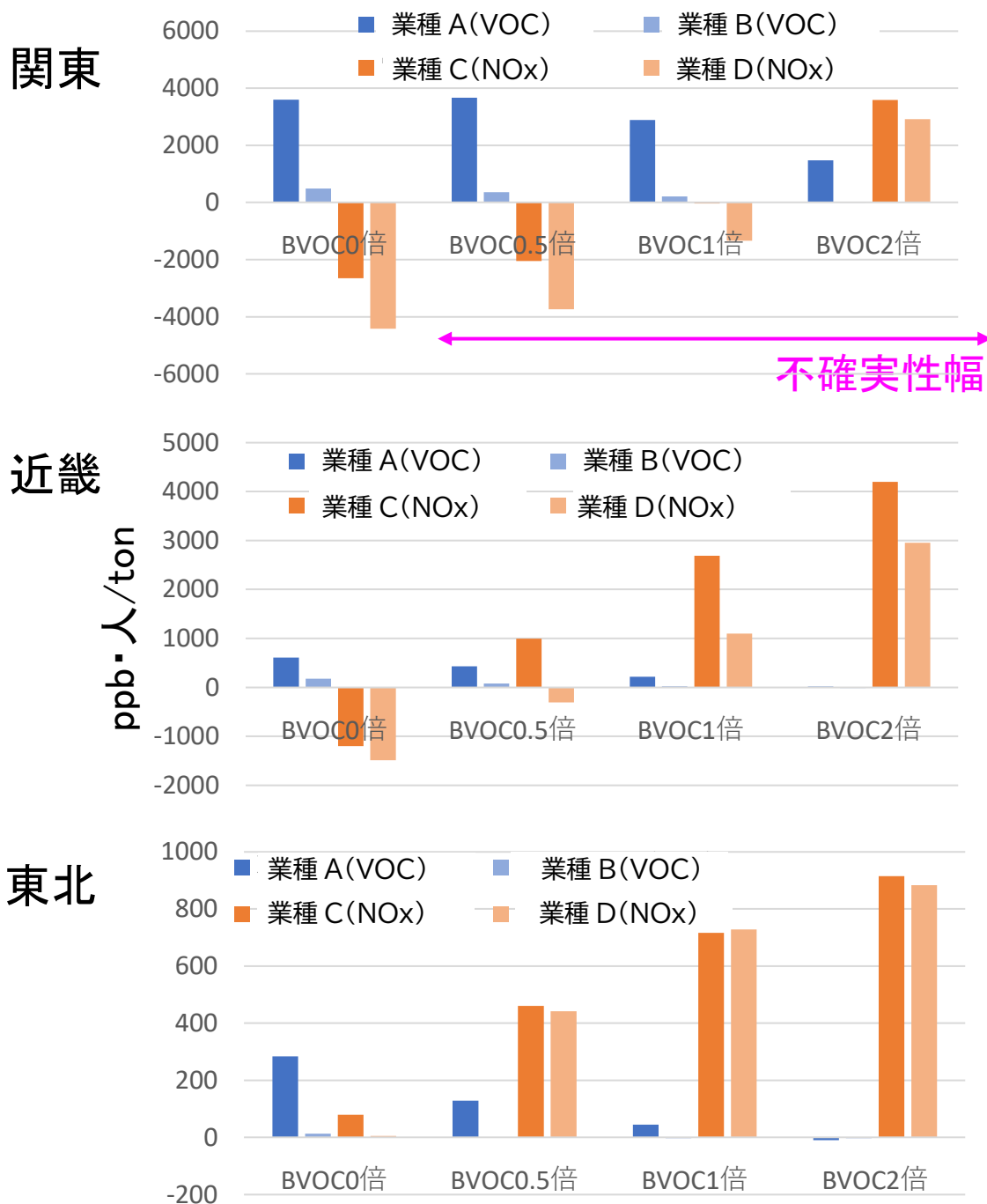


図 3-39 各 BVOC 設定で算出されたオゾン集団暴露量低減効率

図 3-38、図 3-39 によると、いずれの指標についても BVOC が大きくなると VOC 削減指標が小さくなり、NOx 削減指標が大きくなることからわかる。また、関東では BVOC の不確実性の範囲内で NOx、VOC 削減指標の大小関係の逆転が起こるが、近畿・東北では起こらないこと、不確実性の範囲内ではないが BVOC 0 倍の設定では近畿・東北でも BVOC 1 倍の時と比べて逆転が起こることがわかる。

3-7. オゾン感度・指標値の境界条件設定に係る不確実性解析

(1) 本解析の目的

オゾン濃度の境界条件(鉛直分布を含む)や初期条件を限られた実測値等により正確に設定することは困難である。そこで、本解析では不確実なオゾン境界条件を変化させた場合にオゾン濃度や指標値がどの程度変化するのかを調べ、それらの不確実性を検討することとする。

(2) 解析方法

オゾン濃度の初期・境界条件をすべてゼロに設定変更して指標値を計算し、その結果をこれまでに得られている指標値算出結果と比較することによりオゾンの初期・境界条件設定による指標値の不確実性を検討した。上記の設定変更は現実にはあり得ない大幅な変更であるが、「初期・境界データの不確実性が算出指標値へ与える影響は大きく見積もってもこれぐらい」という知見を得ることを目的に実施した。算出指標と計算対象は表 3-9 の通りである。

表 3-9 本解析における算出指標と計算対象

- 算出指標: オゾン存在量低減効率、オゾン集団暴露量低減効率
- 対象地方: 関東
- 対象気象パターン: 夏季オゾン高濃度頻出パターン(日射強、地衡風静穏)
- 対象物質: VOC
- 対象期間: 近年(2016年基準)
- 対象業種(VOC): 立地が異なる 2 業種 A,B

※対象業種(VOC): A 業種(湾岸地域に偏在)、B 業種(地理的に分散して立地)

(3) 計算結果と考察

<指標値への影響>

各オゾンの初期・境界条件設定で得られた各指標の値は図 3-37 に示すとおりであった。

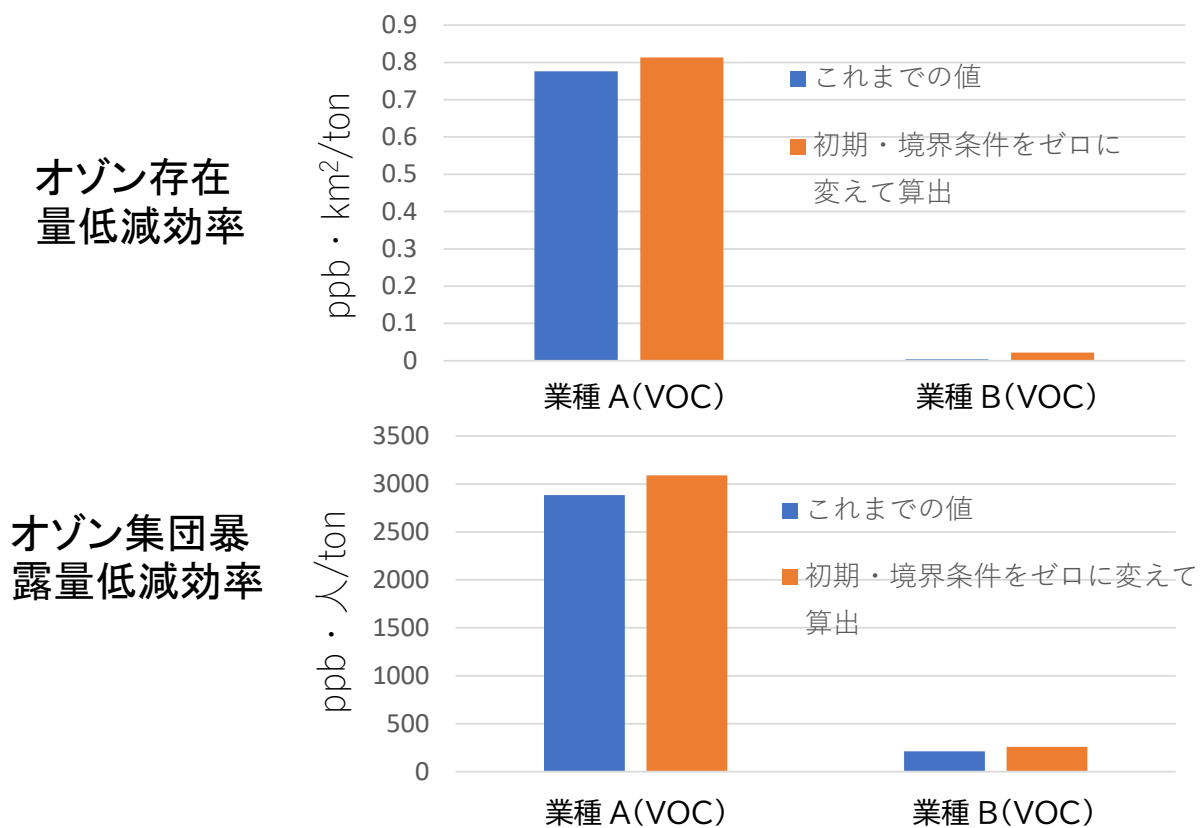


図 3-40 各初期・境界条件設定で計算された指標値算出結果

図 3-40 によると、オゾンの初期・境界条件をゼロにまで大幅変更しても、算出指標値への影響は軽微であることがわかる。

<結果の解釈>

上記結果の解釈を行うため、算出されたオゾン濃度と OH ラジカル濃度(いずれも最下層の値)を調べ、それらの結果をそれぞれ図 3-41、図 3-42 に示した。

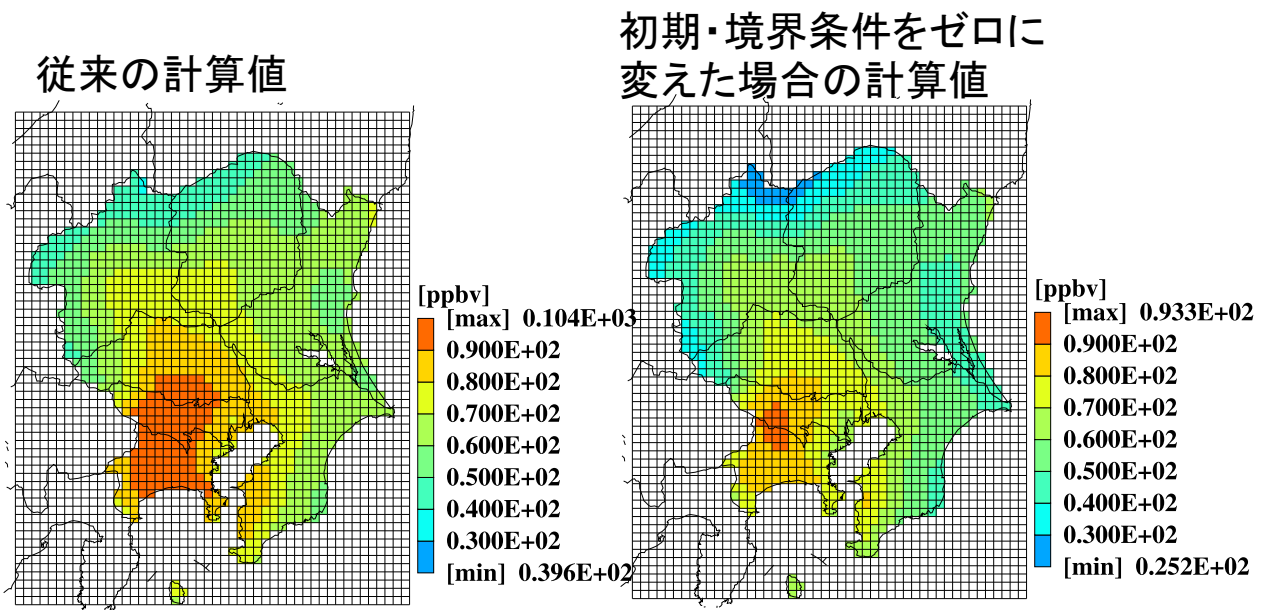


図 3-41 各初期・境界条件設定で計算されたベースラインオゾン濃度（15時）の分布

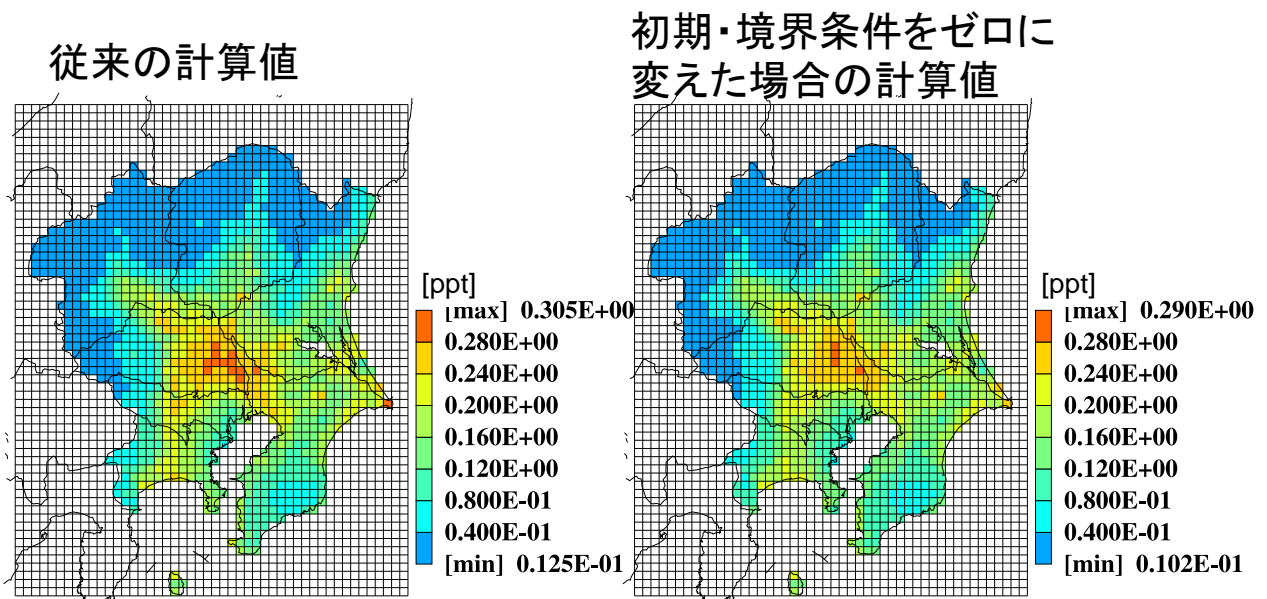


図 3-42 各初期・境界条件設定で計算された OH ラジカル濃度（15時）の分布

図 3-41、図 3-42 によると、オゾン濃度は初期・境界条件をゼロに変えた場合に大きく変化しているが、大気の酸化過程に大きな影響を与える OH ラジカル濃度はほぼ不変であることがわかる。このことから、たとえ、初期・境界条件によってオゾン濃度が変化したとしても、オゾン生成やその感度の主要な支配因子である OH ラジカル濃度はほぼ不変のため、指標値への影響は軽微であったと解釈できる。

3-8. 本事業で算出されたオゾン感度に基づく予測と実測値解析によるオゾン濃度経年変化算出値の整合性検討

(1) 本検討の背景と目的

本事業で算出された前駆物質排出削減に係るオゾン濃度の感度や指標値等の情報を施策決定へ活用するためには、得られた結果の信頼性を担保する必要がある。算出されたオゾン感度や指標値は地域、発生源(業種・セクター)、年代により大きく変動していたが、これらのオゾン感度に関する情報と排出削減量より推計したオゾン濃度低減効果の時空間分布が実際のオゾン濃度のそれと一致していれば指標値の信頼性が一定程度担保されるものと考えられる。そこで、本検討では、年代別のオゾン感度分布と年代別の排出削減量データに基づいて推定したオゾン濃度経年変化の地理分布を、実測値解析により算出されるそれと、各年代について比較することにより算出されたオゾン感度や指標値の信頼性を明らかにする。

(2) 予測と実測値解析による経年変化整合性検討方法

予測と実測値解析による経年変化整合性検討方法は表 3-10 に示すとおりである。2000 年代、2010 年代それぞれの経年変化算出の対象年は実測データと排出削減量情報の入手可能性を考慮して、基本的には、それぞれ 2000→2005、2010→2016 と設定した。

表 3-10 予測と実測値解析による経年変化整合性検討方法

- 予測と実測によるオゾン濃度経年変化地理分布の算出結果(ppb per year)を相互に比較
 - 対象地方: 関東、近畿
 - 対象年代: 初期(2000年代: 2000→2005)、
近年(2010年代: 2010→2016)
 - 対象気象条件: 夏季(7, 8月)高濃度オゾン生成の気象条件

(3) 予測による経年変化算出方法と算出結果

<予測による経年変化算出式>

予測による経年変化の算出式は表 3-11 に示すとおりである。

表 3-11 予測による経年変化の算出式

<p>オゾン濃度経年変化推定値(関東、2000年代)≡</p> $\sum_i \text{発生源}i\text{に対するVOC算出感度(関東、初期)} \times \text{発生源}i\text{のVOC排出削減量(関東、2000→2005)}$ <p>+ $\sum_i \text{発生源}i\text{に対するNOx算出感度(関東、初期)} \times \text{発生源}i\text{のNOx排出削減量(関東、2000→2005)}$</p> <p>オゾン濃度経年変化推定値(近畿、2010年代)≡</p> $\sum_i \text{発生源}i\text{に対するVOC算出感度(近畿、近年)} \times \text{発生源}i\text{のVOC排出削減量(近畿、2010→2016)}$ <p>+ $\sum_i \text{発生源}i\text{に対するNOx算出感度(近畿、近年)} \times \text{発生源}i\text{のNOx排出削減量(近畿、2010→2016)}$</p> <p style="text-align: center;">⋮</p> <p>各地方、各年代に対して上記のように推定されたオゾン濃度の経年(5年間程度の)変化を実測オゾン濃度の経年変化と比較し、両者の整合性を確認</p>

<経年変化予測に用いる算出感度データ>

経年変化予測に用いる各物質、各発生源の排出量削減に対する算出感度データの例を図 3-43～図 3-46 に示した。いずれも夏季高濃度オゾン生成気象パターンについて算出されたものである。ここで、例に示した業種・セクターは各物質について2016年度の排出量が多い順に3つ選定した。

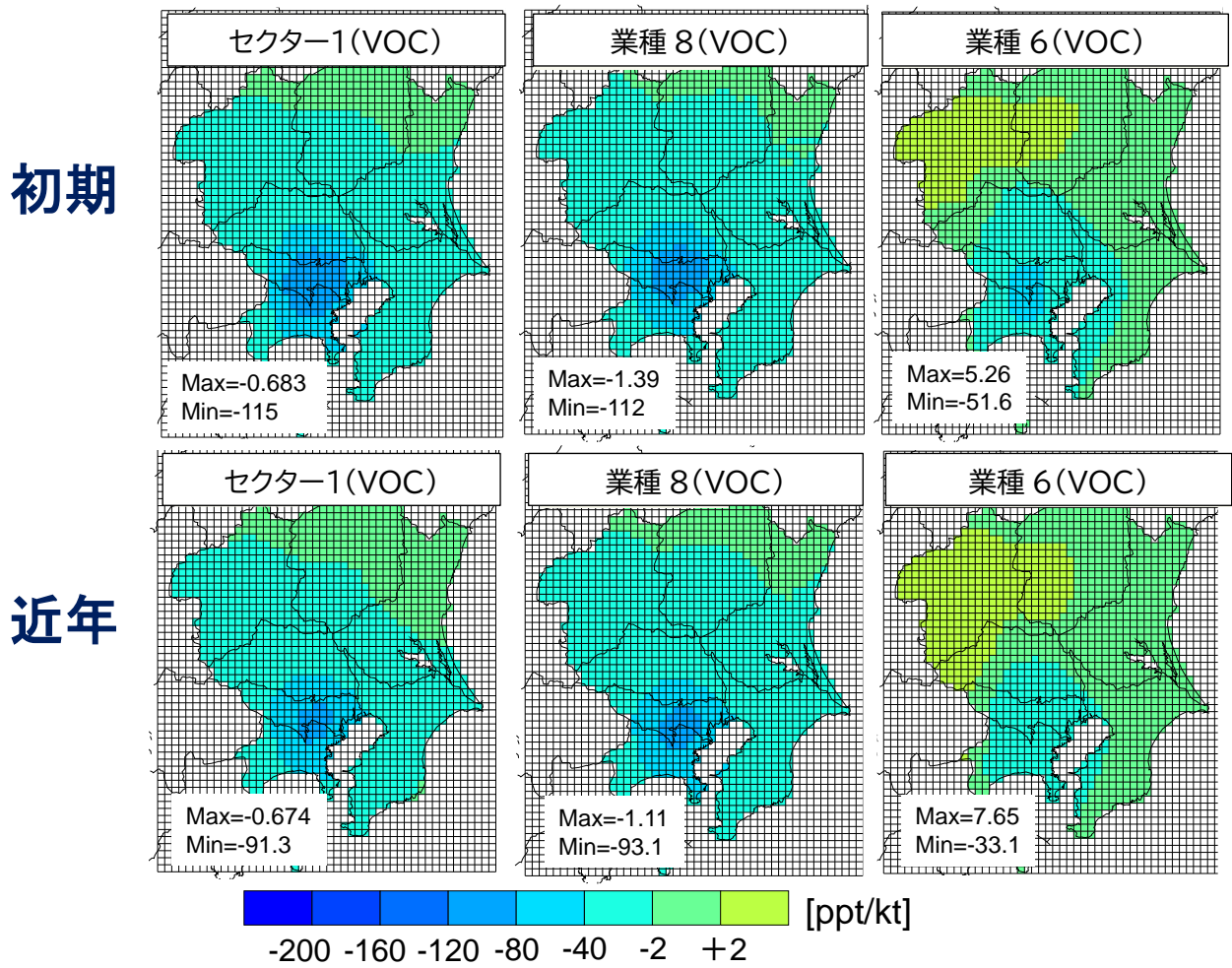


図 3-43 経年変化予測に用いた VOC 削減に対する算出感度例 (関東)

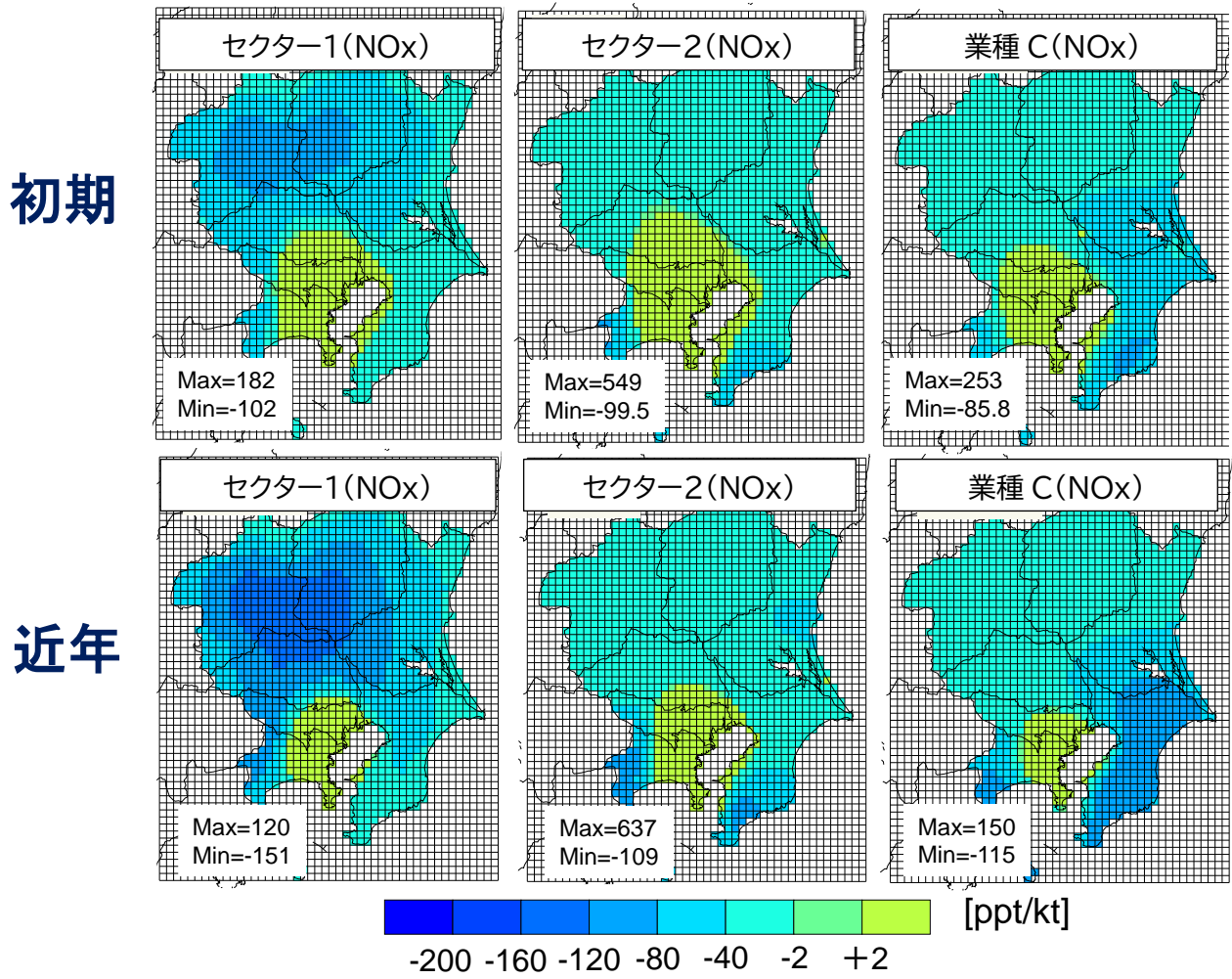
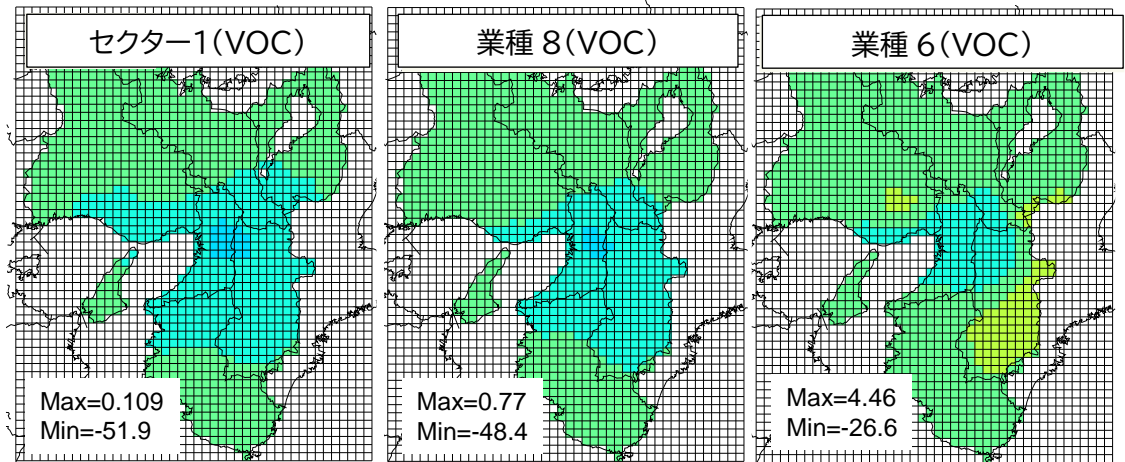


図 3-44 経年変化予測に用いた NOx 削減に対する算出感度例 (関東)

初期



近年

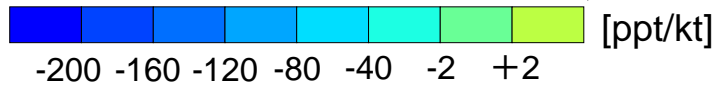
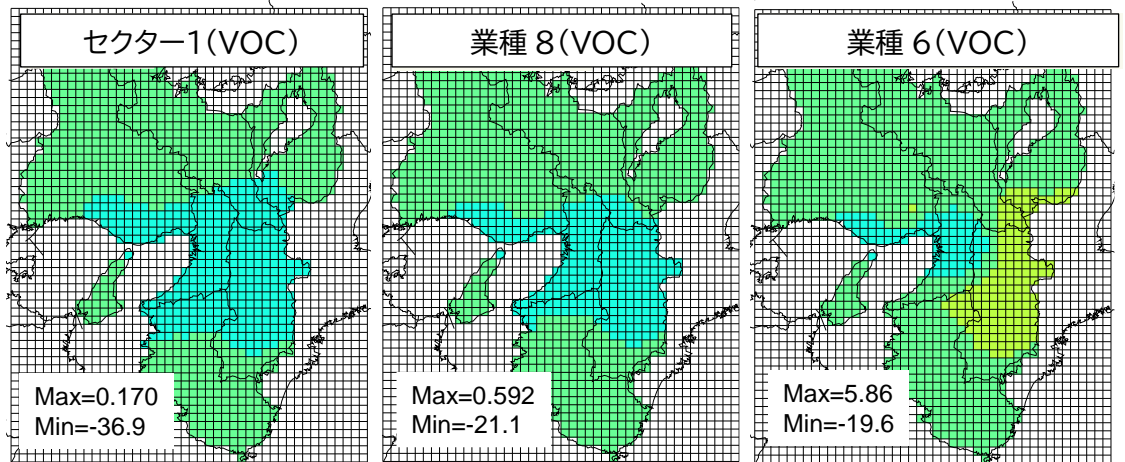


図 3-45 経年変化予測に用いた VOC 削減に対する算出感度例 (近畿)

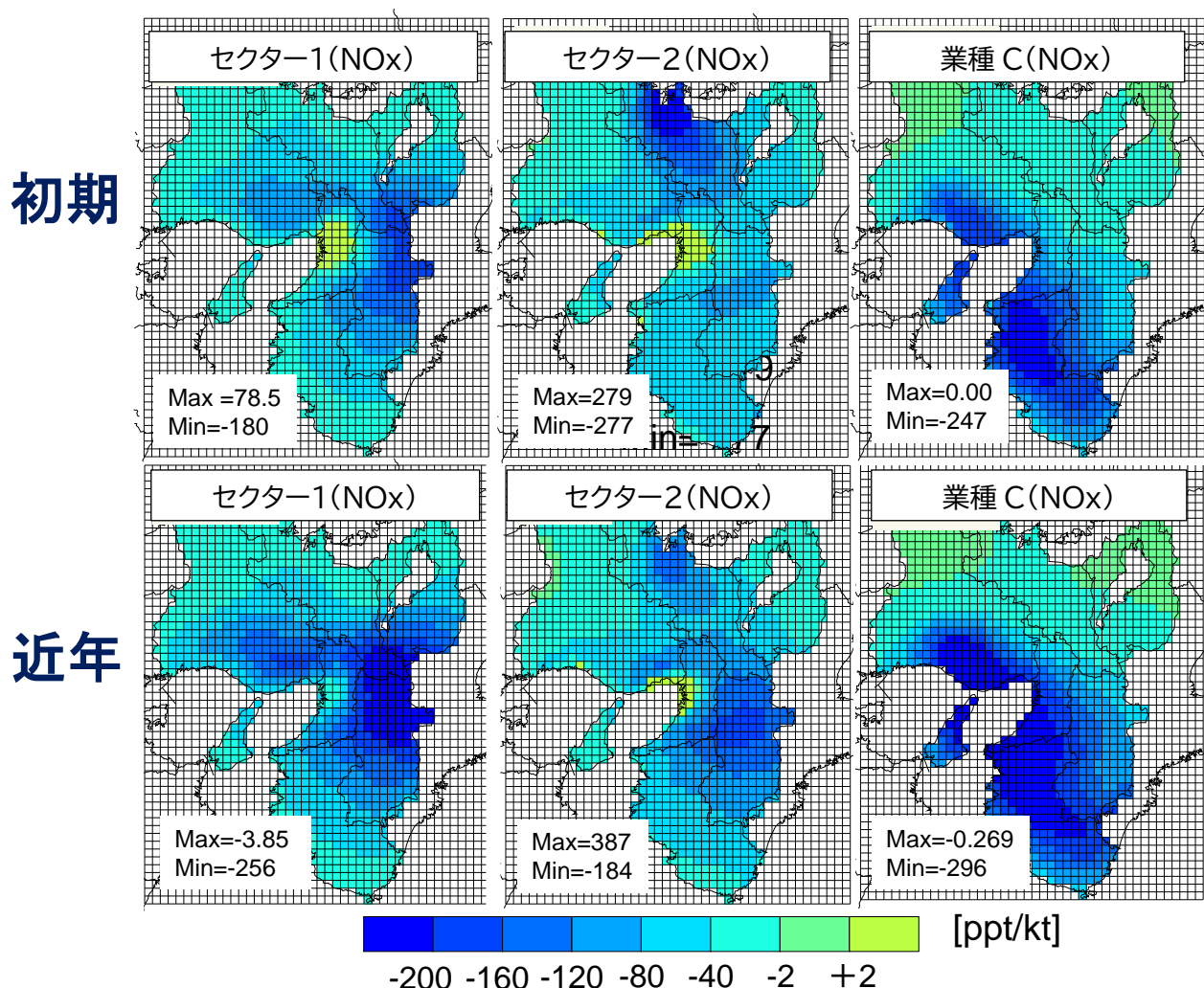


図 3-46 経年変化予測に用いた NOx 削減に対する算出感度例 (近畿)

図 3-43~図 3-46 によると、これまで述べてきた以下の関係性が概ね成り立っていることがわかる。

- ・ VOC 削減に対する感度: 関東 > 近畿、初期 > 近年
- ・ NOx 削減に対する感度: 関東 < 近畿、初期 < 近年

一方、セクター2 (NOx) については、年代間の変化について上記の傾向が必ずしも成り立っているとは限らず、例えば図 3-46 によると、他の発生源では近年では NOx 削減によってオゾン濃度が増加する領域はなくなっているのに対し、セクター2 (NOx) では近年でもオゾン濃度が増加する領域が残っており、増加幅の最大値はむしろ増加していることがわかる。

<経年変化予測に用いる排出削減量データの算出>

表 3-12 に排出削減量の算出に利用した排出量インベントリとその全国年間値を示した。ここで VOC インベントリ(環境省)については VOC の 10 業種、排出量総合調査については NOx の 4 業種、Eagrid についてはその他の発生源(移動発生源等)の排出削減量算出に利用した。排出削減量算出に用いるデータの対象年は基本的には 2000 年代については 2000→2005、2010 年代については 2010→2016 であるが、排出量総合調査は対象年度が他のデータとは異なるため、2000 年の代わりに 1999 年、2010 年の代わりに 2011 年、2016

年の代わりに 2017 年のデータを用いている。表 3-12 に示されている全国年間値を、本事業等で開発した 2016 年インベントリ(表 3-2 および昨年度報告書参照)に基づき時空間分解し、夏季の関東、近畿における年代別排出削減量(2000(1999)→2005、2010(2011)→2016(2017))を得た。さらに、イメージをつかみやすくするために上記で得られた結果を、夏季→年相当の排出量に直し、さらに 1 年あたりの変化量に直して示した結果を関東について表 3-13、近畿について表 3-14 に示す。

表 3-12 排出削減量の算出に利用した排出量インベントリとその全国年間値

物質	発生源	対象年	1999	2000	2005	2010	2011	2016	2017
		Eagrid		○	○	○		○	
		VOCインベ		○	○	○		○	
		排出量総合調査	○		○		○		○
VOC	業種 1			72,861	77,877	36,435		26,478	
	業種 2			89,539	65,719	42,143		34,043	
	業種 3			132,451	87,399	48,313		35,518	
	業種 4			61,783	55,114	42,893		37,090	
	業種 5			133,503	80,936	49,082		39,695	
	業種 6			183,856	143,735	102,699		91,552	
	業種 7			165,876	107,559	86,755		89,865	
	業種 8			120,563	114,154	108,927		100,204	
	業種 9(追加業種 1)			45,334	32,447	24,348		27,357	
	業種 10(追加業種 2)			44,238	29,846	16,243		11,285	
	セクター1			690,000	453,387	242,358		162,807	
NOx	業種 1		184,591		244,520		246,032		181,565
	業種 2		135,640		130,786		88,838		85,381
	業種 3		99,257		105,302		66,954		66,145
	業種 4		115,102		96,688		56,076		52,827
	セクター1			1,060,000	858,472	535,668		397,343	
	セクター2			263,950	263,950	242,528		251,258	
	セクター3			153,111	121,460	74,327		45,261	

注 1 : Eagrid の出典は福井ら (2014、大気環境学会誌)

注 2 : Eagrid の 2016 年は未公表

注 3 : 2000 年のセクター3 (NOx) は Eagrid の 2005 年データを JATOP 推計値の 2000/2005 比をかけて導出

注 4 : 2000 年 Eagrid のセクター1 (NOx)、セクター2 (NOx) は改訂後の値

表 3-13 推計された年代別の夏季(8月)における1年あたりの年相当排出削減量(関東)

関東		2000年代の削減傾向 (ton per yr)		2010年代の削減傾向 (ton per yr)	
		2000→2005 (VOCイン ベ、Eagrid)	1999→2005 (排出量総合 調査)	2010→2016 (VOCイン ベ、Eagrid)	2011→2017 (排出量総合 調査)
VOC	業種 1	-264.5		437.6	
	業種 2	1235.3		350.0	
	業種 3	3613.3		855.2	
	業種 4	426.3		309.2	
	業種 5	3366.8		501.0	
	業種 6	1580.9		366.0	
	業種 7	4190.9		-186.2	
	業種 8	596.8		676.8	
	業種 9	644.7		-125.5	
	業種 10	802.5		230.3	
	セクター1	13794.3		3864.8	
NOx	業種 1		-1431.4		1539.7
	業種 2		127.1		90.5
	業種 3		-190.5		25.5
	業種 4		330.7		58.4
	セクター1	10267.7		5873.0	
	セクター2	0.0		-298.5	
	セクター3	1391.7		1065.1	

表 3-14 推計された年代別の夏季(8月)における1年あたりの年相当排出削減量(近畿)

近畿		2000年代の削減傾向 (ton per yr)		2010年代の削減傾向 (ton per yr)	
		2000→2005 (VOCイン ベ、Eagrid)	1999→2005 (排出量総合 調査)	2010→2016 (VOCイン ベ、Eagrid)	2011→2017 (排出量総合 調査)
VOC	業種 1	-183.6		303.8	
	業種 2	1018.6		288.6	
	業種 3	1733.3		410.2	
	業種 4	176.3		127.9	
	業種 5	1731.2		257.6	
	業種 6	509.3		117.9	
	業種 7	1758.1		-78.1	
	業種 8	216.0		245.0	
	業種 9	254.0		-49.4	
	業種 10	543.3		156.0	
	セクター1	8174.0		2290.1	
NOx	業種 1		-690.1		742.4
	業種 2		87.3		62.2
	業種 3		-79.5		10.6
	業種 4		163.6		28.9
	セクター1	5601.6		3204.0	
	セクター2	0.0		-324.1	
	セクター3	743.2		568.8	

図 3-47 には、推計された地方別・年代別の夏季(8月)における1年あたりの年相当排出削減量を物質別に全対象発生源について合計した値を示す。

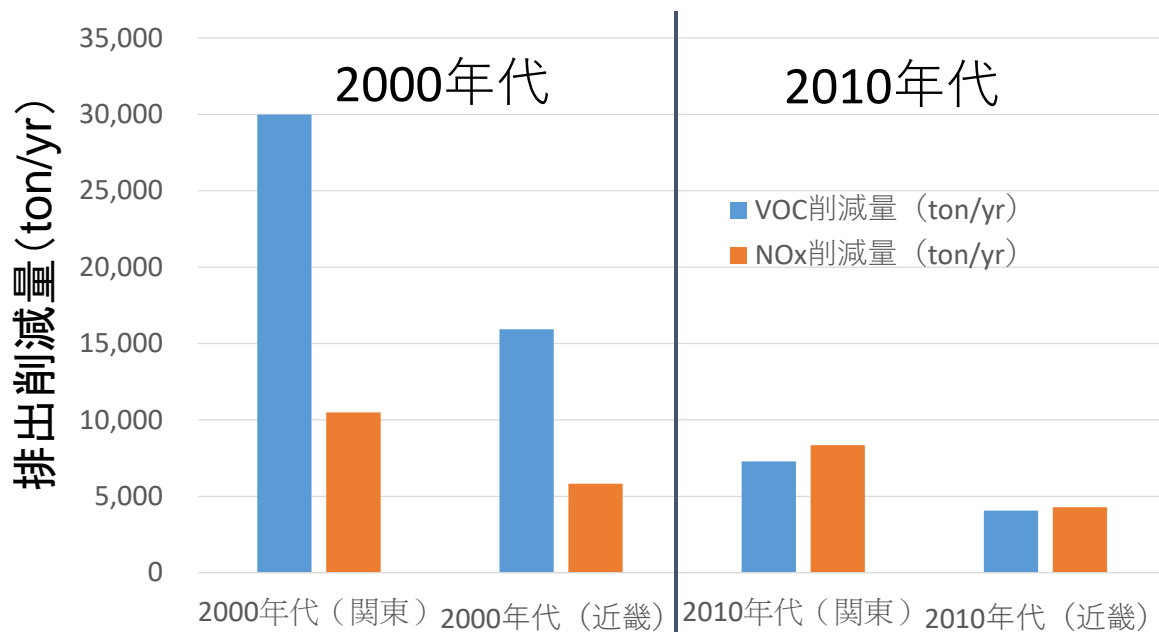


図 3-47 夏季の地方別・年代別排出削減量の算出結果

図 3-47 によると、2000 年代は VOC 削減量 > NOx 削減量であったが、2010 年代は VOC 削減が大幅鈍化し VOC と NOx の削減量が同程度となっていることがわかる。

<予測による経年変化の算出結果>

上記のオゾン感度データと排出削減量データを用いて各地方、各年代における経年変化を算出した結果は図 3-48 に示す通りであった。

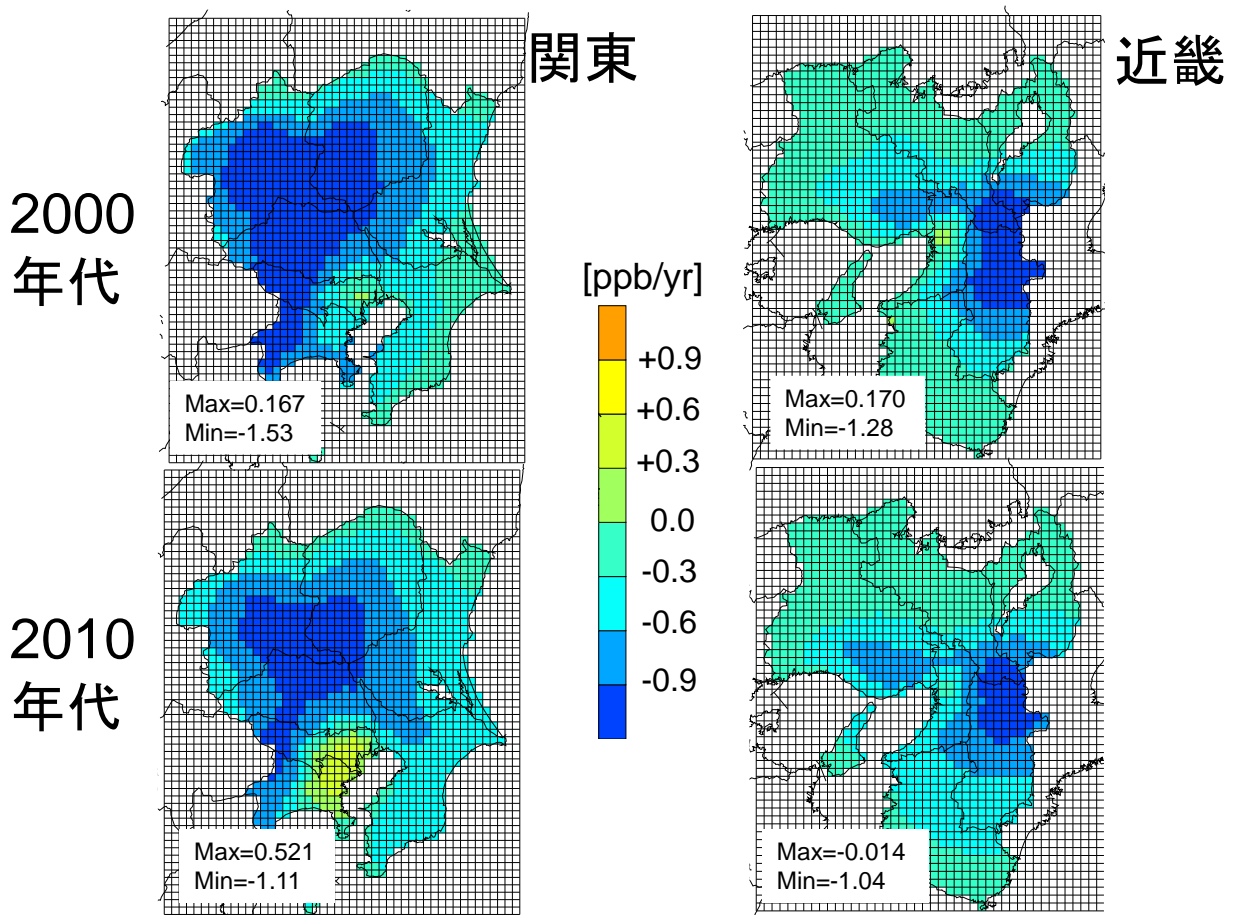


図 3-48 予測によるオゾン濃度経年変化の算出結果

図3-48によると、いずれの年代、地方についてもオゾン濃度は経年的に減少傾向（湾岸の一部地域を除く）であることがわかる。

(4) 実測値解析によるオゾン濃度経年変化の算出方法と結果

<実測値の解析による経年変化算出方法>

実測値の解析によるオゾン濃度経年変化算出方法は表 3-15 に示す通りである。ここで対象とする測定局は一般環境大気測定局である。なお、実測オゾン濃度の経年変化における Ox 測定法の切替に伴う影響(上野ら, 2015)を除外するため、乾式測定法の一般環境測定局のみ対象とした解析も行っている。

表 3-15 実測値解析によるオゾン濃度経年変化の算出方法

- 大気汚染常時監視測定局のデータ(測定局情報、光化学オキシダント濃度1時間値)を「環境数値データベース」(国立環境研究所)より入手
 - 2009～2018年度:全国分をダウンロード
 - 2000～2008年度:一部の都道府県分(関東は全都県、近畿は滋賀、和歌山以外)を申請書を提出して入手
- 解析対象は平日の日最高8時間値
- 夏季(7, 8月)オゾン高濃度生成気象パターンでの濃度に相当するもとして、検討の上、夏季(7, 8月)90パーセンタイル値を対象
- 気象変化の影響を排除するため、3年平均値の経年変化を導出
 - (例):2000年代の経年変化:2000-2002年と2005-2007年の平均値より算出

・
<実測値解析によるオゾン濃度経年変化の算出結果>

図 3-49 にすべての一般環境大気測定局を対象にした結果、図 3-50 に乾式法による一般環境大気測定局のみを対象にした結果を示す。

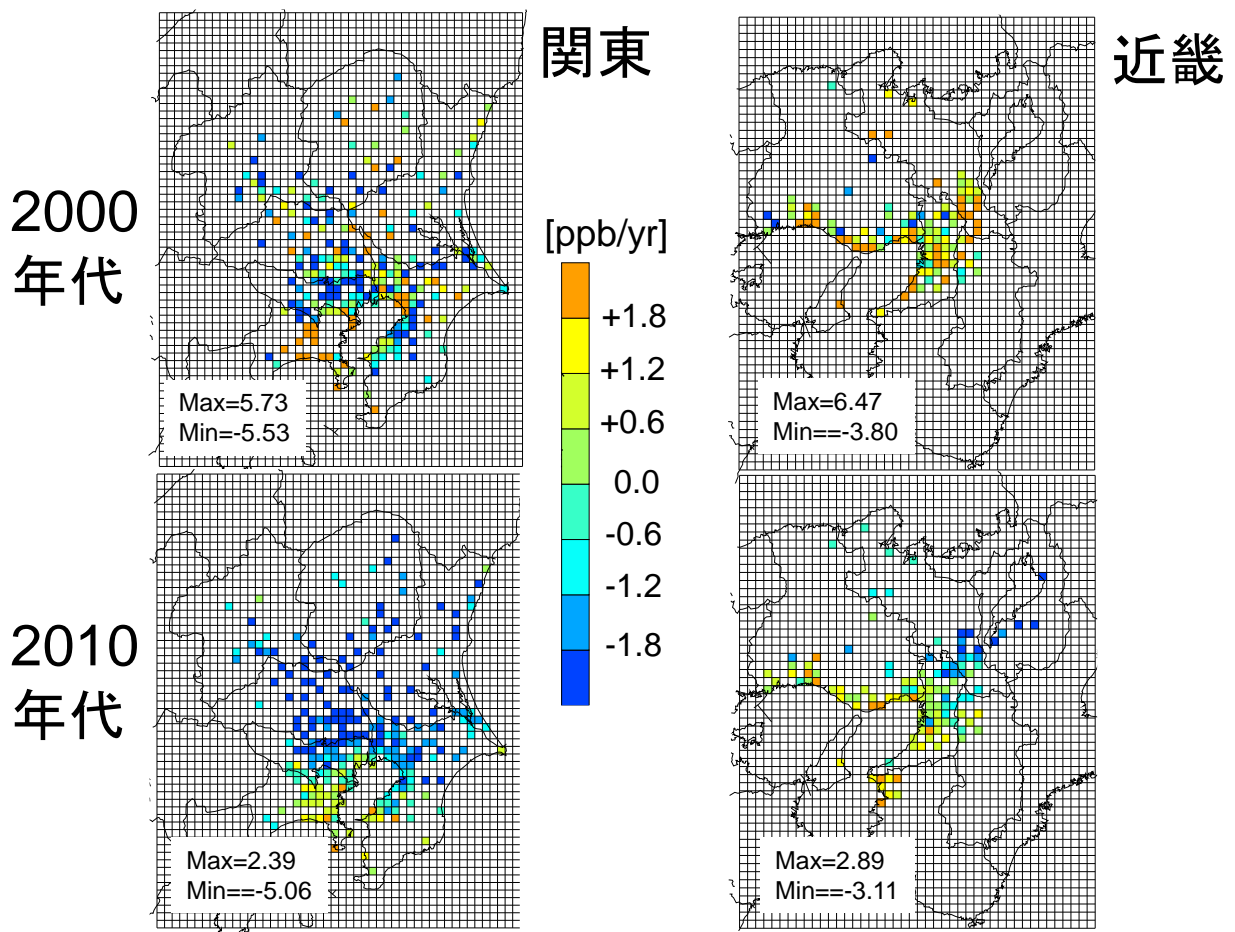


図 3-49 実測値解析によるオゾン濃度経年変化の算出結果 (全ての測定法による一般環境大気測定局を対象とした場合)

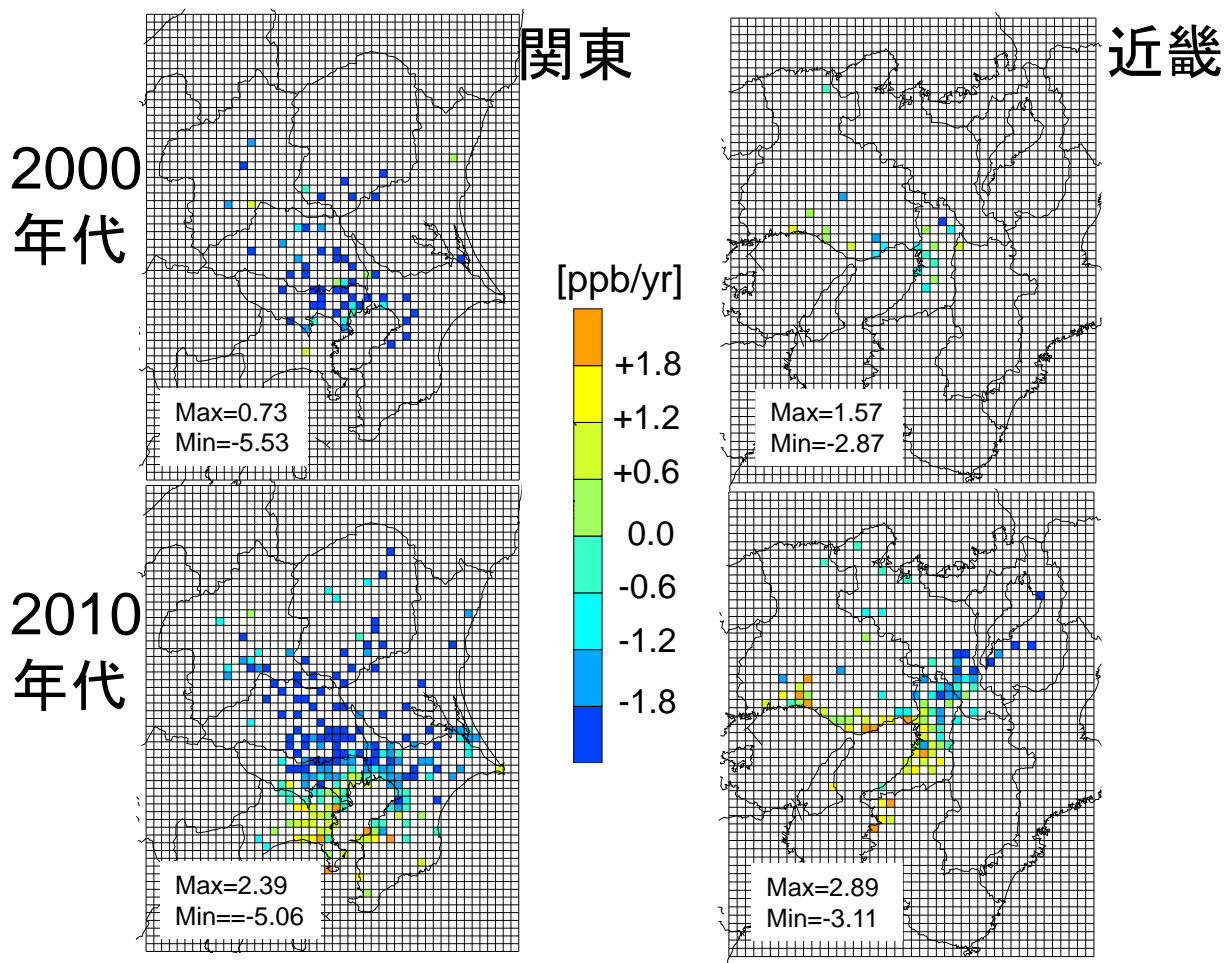


図 3-50 実測値解析によるオゾン濃度経年変化の算出結果（乾式測定法による一般環境大気測定局のみを対象とした場合）

図 3-49 によると、全測定法の測定局を対象にした結果では 2000 年代は増加している測定局が多いこと、2010 年代は湾岸の一部地域で増加、内陸部で減少する傾向であることがわかる。上記の 2000 年代の結果は先述した予測による経年変化算出結果と大きく乖離している。

図 3-50 によると、乾式法の測定局のみを対象にした結果では、2010 年代は全測定法の測定局を対象とした結果と大差がないが、2000 年代は全測定法の測定局を対象にした結果と大きく異なり、減少している測定局が多いことがわかる。

以上をまとめると、Ox 測定法の切替に伴う見かけ上の経年変化への影響を除外すれば、2000 年代はほぼ全域で減少傾向、2010 年代は湾岸の一部地域で増加傾向、内陸部で減少傾向ということになる

なお、図 3-51 には、本解析に使用した 90 パーセントイル以外のパーセントイル点での経年変化算出結果例を示している。

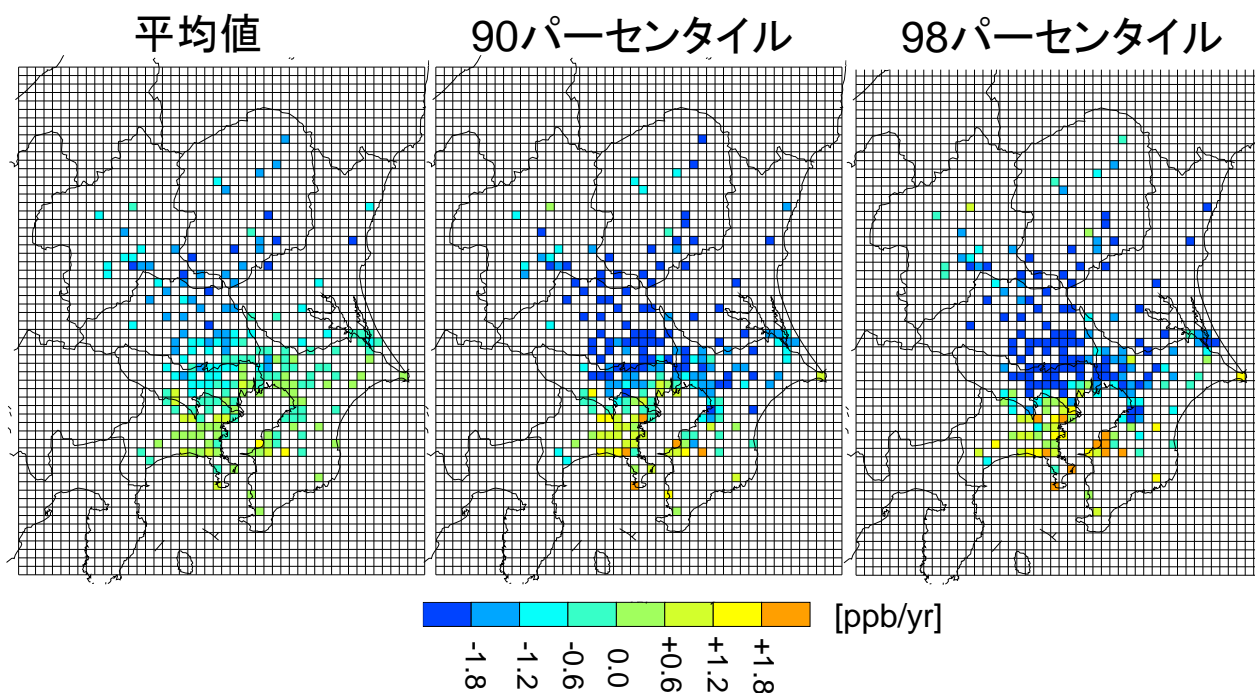


図 3-51 実測値解析による各パーセンタイル点での経年変化算出結果（乾式測定法による測定局のみを対象とした場合、関東、2010年代）

図 3-51 によると、平均値の経年変化は 90 パーセンタイルのそれとは異なるのに対し、98 パーセンタイルと 90 パーセンタイルはほぼ同様の経年変化となっており、高濃度日の代表的な経年変化として 90 パーセンタイルを対象に解析したのは妥当であったと考えられる。

(5) 予測と実測（乾式法）によるオゾン濃度経年変化の比較結果

各地方におけるオゾン濃度経年変化算出結果を予測により得られたものと実測（乾式法）値解析より得られたものを比較して、2000年代、2010年代のそれぞれについて図 3-52、図 3-53 に示す。

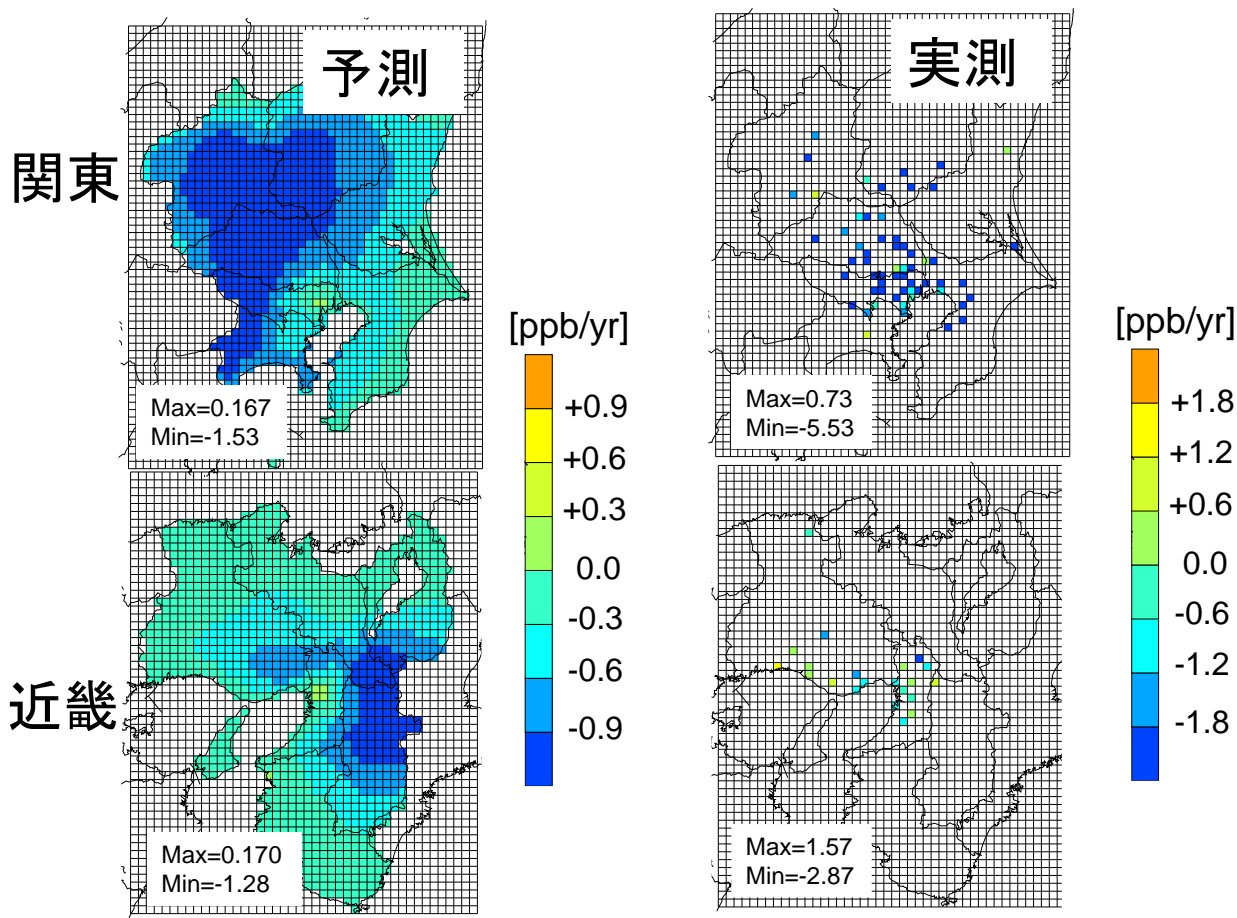


図 3-52 予測と実測値（乾式法）解析によるオゾン濃度経年変化算出結果の比較（2000年代）

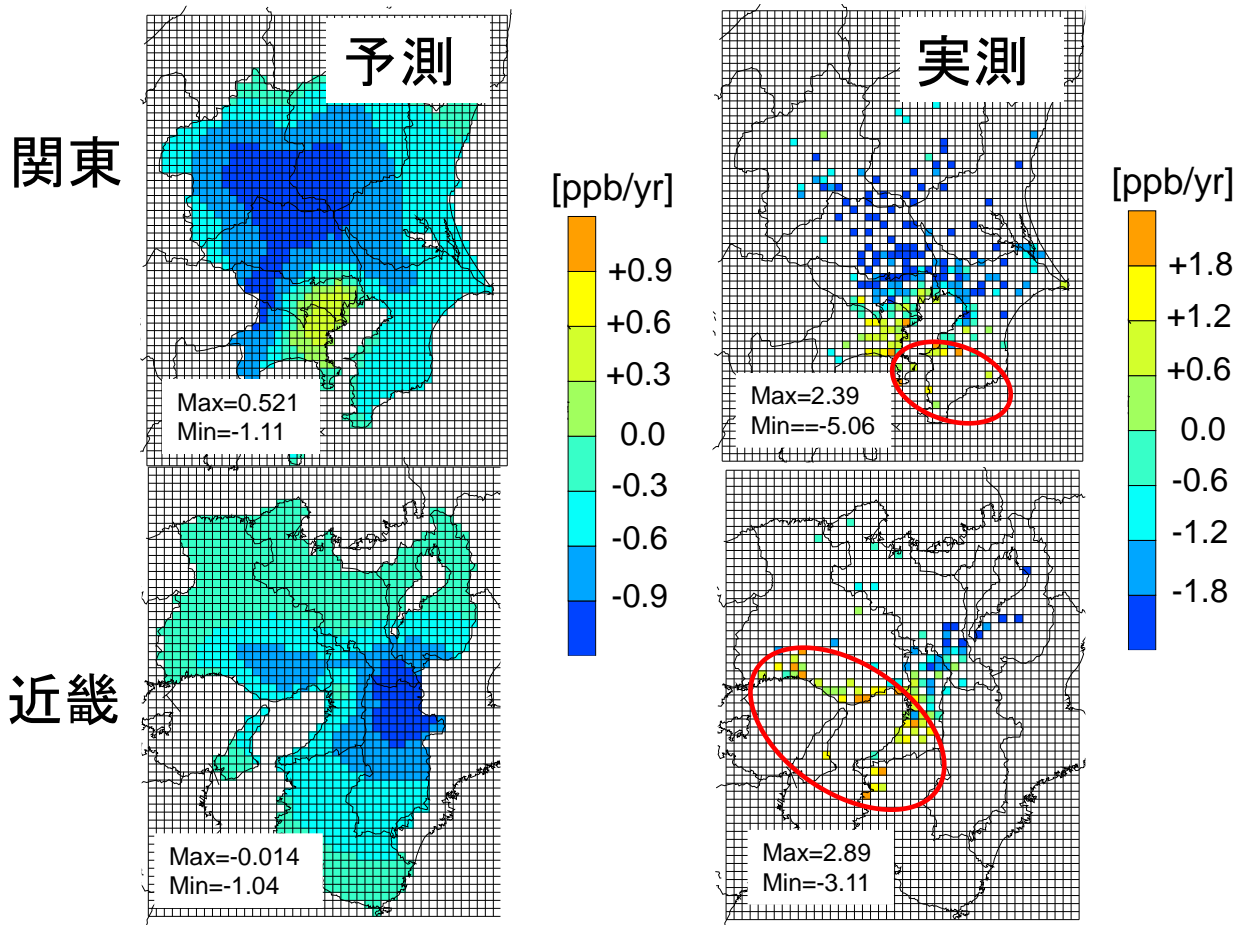


図 3-53 予測と実測値（乾式法）解析によるオゾン濃度経年変化算出結果の比較（2010年代）

図 3-52、図 3-53 によると、予測と実測値（乾式法）解析によるオゾン濃度経年変化算出結果は 2000 年代については定性的に合致していること（予測値、実測値とも基本的に減少傾向）、2010 年代については内陸部は定性的に合致しているが、一部の沿岸地域（図 3-50 の赤丸内）では、予測では減少傾向なのに対し実測では増加傾向となっており不整合が生じていることがわかる。

(6) 2010 年代の経年変化不整合に関する検討

上記(5)で明らかになった 2010 年代における予測と実測値（乾式法）解析によるオゾン濃度経年変化算出結果の不整合について表 3-16 に示すと通りの検討を行った。また、それぞれの検討を行った理由も表 3-16 に示している。

表 3-16 2010 年代オゾン濃度経年変化の予測結果と実測結果の不整合についての検討内容と検討理由

- 予測による経年変化算出において以下のパラメータを変更して再算出し、実測による経年変化算出結果との整合性を再度確認
 - 算出に使用する「オゾン感度」をBVOC入力値を0.5倍、2倍に変化させた場合に算出される値へ変更
 - 検討理由→BVOCの入力値を不確実性の範囲内で(0.5倍～2倍に)変化せると算出される感度が変化することがわかっているため(3.6節参照)
 - セクター2(NO_x)排出削減量を文献値に基づき変更
 - 検討理由→2010年代のセクター2(NO_x)の排出削減量は港湾統計等の値より算出された負の値を設定していたが、実際は国際的な規制の影響で正の値となると推定している論文(城田ら、2014、海上技術安全研究所報告)があったため。

<BVOC 不確実性に伴う算出オゾン感度変更に関する検討>

経年変化予測に利用する各物質に対する算出感度を、BVOCを0.5倍、2倍に変更した場合の各物質、各発生源(業種)の排出削減に対する感度変化量(3.6節参照)の平均値で補正し、経年変化を再算出した。図3-54に、BVOC不確実性に伴う算出オゾン感度の変更によるオゾン濃度経年変化予測結果への影響について示した。

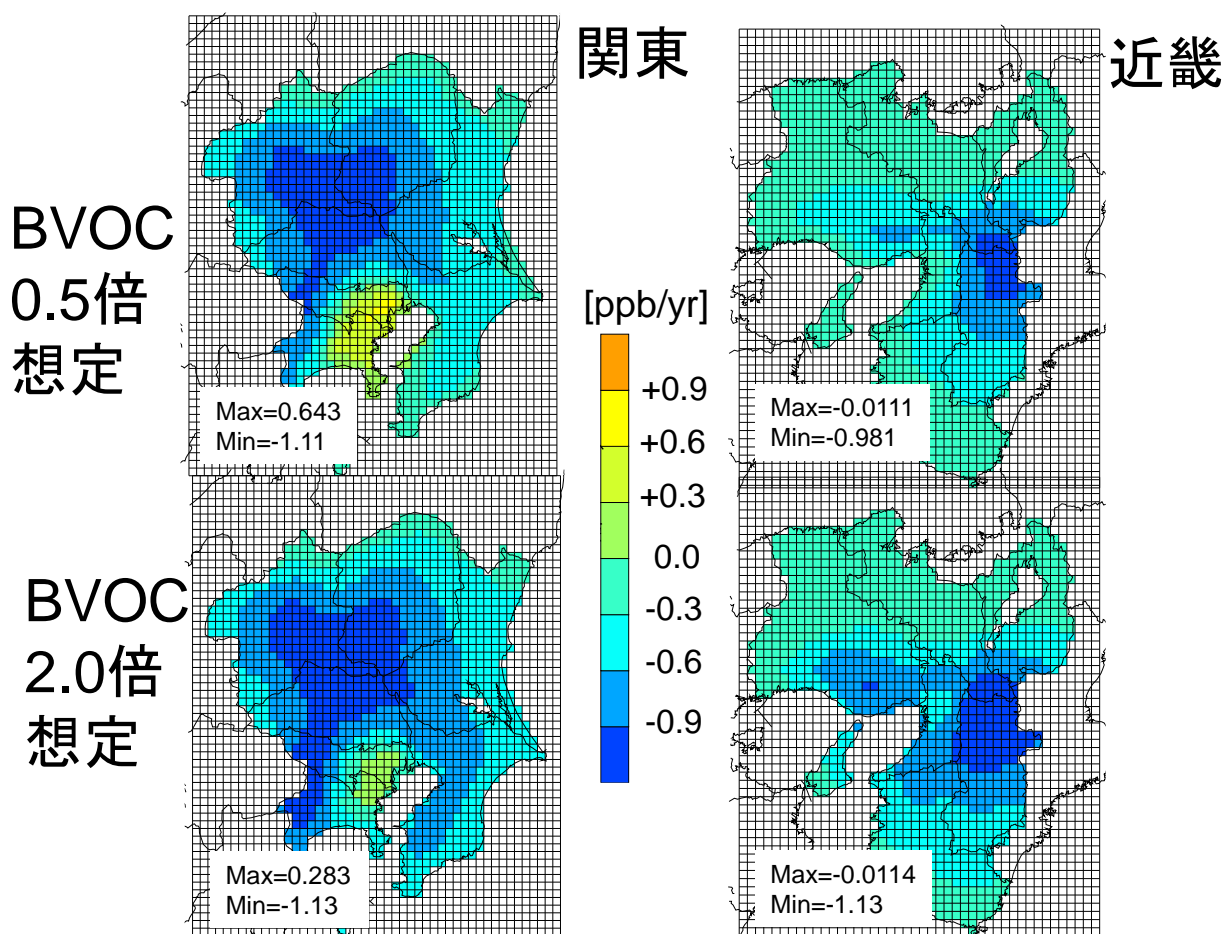


図 3-54 BVOC 不確実性に伴う算出オゾン感度の変更によるオゾン濃度経年変化予測結果への影響

図 3-54 によると、BVOC0.5 倍想定の場合に一部の地域で経年変化が正に転じるが、近畿地方の不整合は改善されていないことがわかる。

<セクター2(NOx)の排出削減量に関する検討>

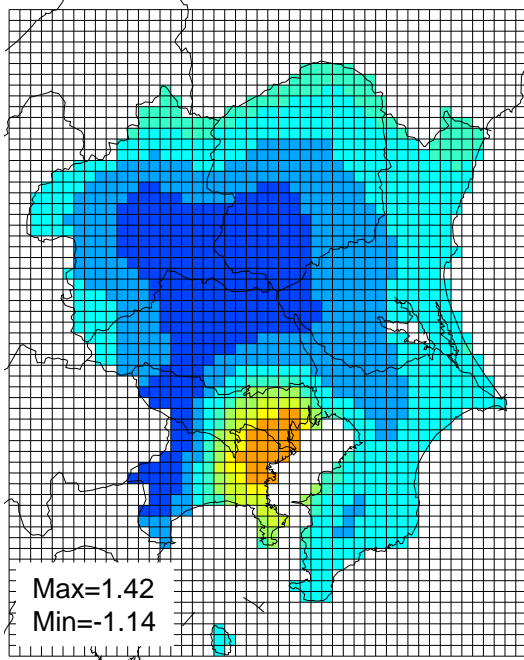
城田ら(2014)のシナリオに基づき、2020 年に 2000 年比で 30%の NOx 排出削減を想定。この削減が 2010 年代の 10 年間に同じペースで起こる、すなわち、毎年 2000 年のセクター2(NOx) 排出量の 3%が削減されると仮定して、夏季(8 月)における 1 年あたりの年相当排出削減量の設定を関東、近畿についてそれぞれ以下に変更して経年変化を再算出した。

✓ 関東: 1,624 ton/yr、近畿: 1,764 ton/yr

なおここで設定した値を、表 3-13、表 3-14 で示した他の発生源の NOx 排出削減量設定値と比較すると、関東ではセクター1(NOx)の NOx 削減量の 27%程度、近畿ではセクター1(NOx)の NOx 削減量の 55%程度となっていることがわかる

セクター2(NOx)の1年あたりの年相当排出削減量を上記に変更した場合の経年変化予測結果は図 3-55 に示す通りであった。

関東



近畿

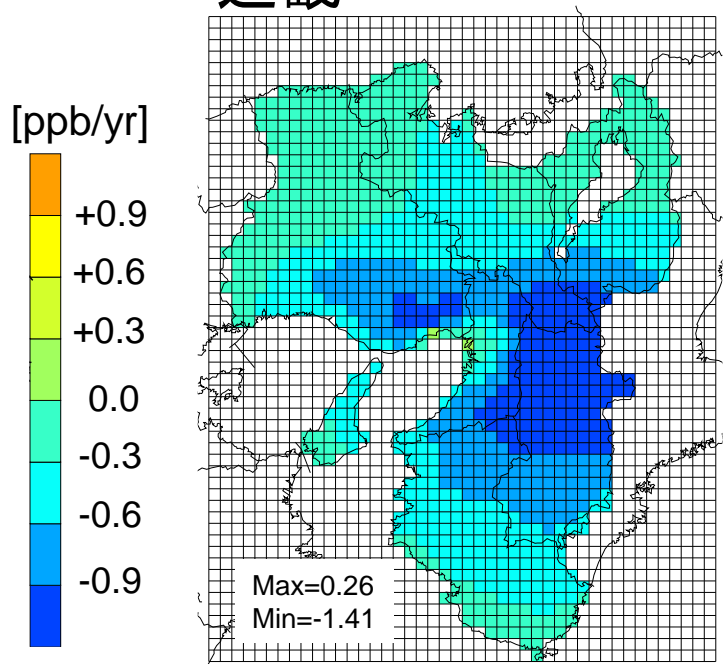


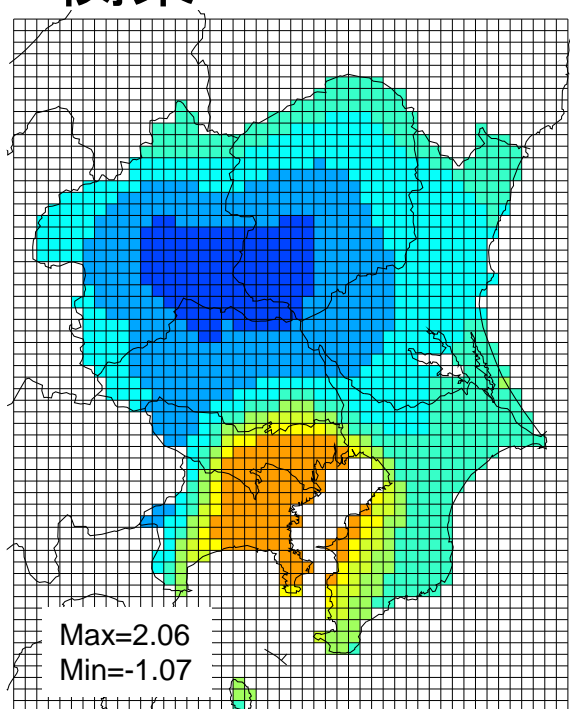
図 3-55 セクター2 (NO_x)の排出削減量を変更した場合のオゾン濃度経年変化予測結果

図 3-55 によると、セクター2(NO_x)の排出削減量を城田ら(2014)に基づき導出した値に変更して経年変化を予測すると、一部の地域で経年変化が正に転じるが、千葉県南部や近畿湾岸地域の大部分における定性的不整合は解消されていないことがわかる。

<BVOC 不確実性に伴う算出オゾン感度とセクター2 (NO_x)排出削減量の両者に関する検討>

セクター2 (NO_x)排出削減量を城田ら(2014)に基づき導出した値に変更し、かつオゾン感度データをBVOC0.5倍の想定で補正した値に変更した場合に予測される経年変化算出結果を図 3-56 に示す。

関東



近畿

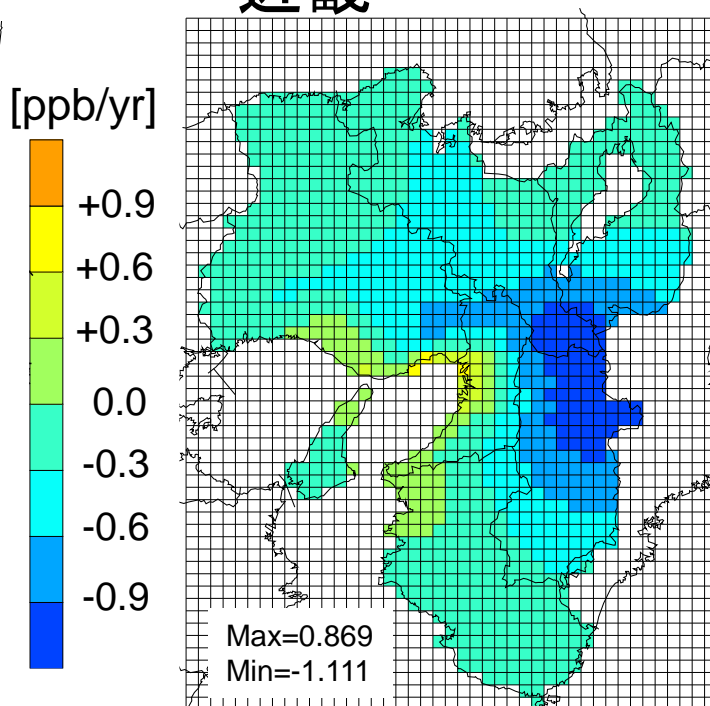


図 3-56 セクター2 (NO_x) 排出削減量を変更し、かつ BVOC0.5 倍を想定した場合のオゾン濃度経年変化の予測結果

図 3-56 によると、セクター2 (NO_x) 排出削減量を城田ら(2014)に基づき導出した値に変更し、かつオゾン感度データを BVOC0.5 倍の想定で補正した値に変更した場合に予測される経年変化算出結果では、着目していた図 3-53 の赤丸内における実測値解析による算出結果との定性的な不整合はほぼ解消していることがわかる。ただし、一方で、千葉県の高野川流域では実測値解析による算出結果では減少傾向であったのが、図 3-56 の予測結果では増加傾向になっているなど新たな不整合が生じていることもわかる。

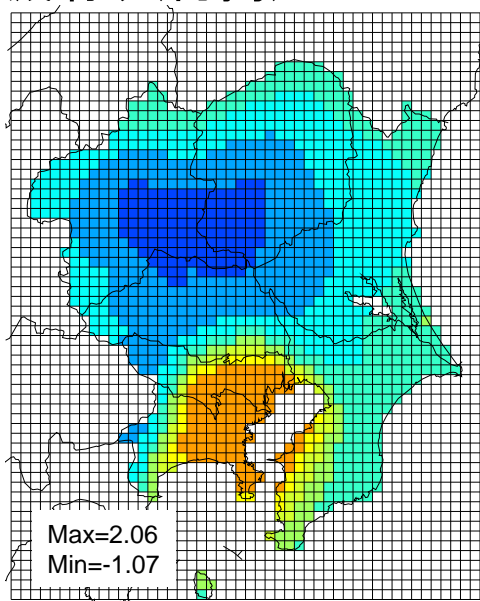
以上より、セクター2 (NO_x) 排出削減量と BVOC 不確実性の範囲内において、実測と予測の経年変化算出値は定性的整合性を有すると判断する。なお、より詳細に、また、より正確に整合性を検討するためには、以下の課題があることに留意する必要がある。

- ・ オゾン濃度経年変化予測に使用したオゾン感度と排出削減量の算出において対象とした業種・セクターでの「 Σ オゾン感度 \times 排出削減量」の値に対する全発生源での値に対する割合を算出し、それに応じて予測による算出結果を補正すること。
- ・ 本解析では、セクター2 (NO_x) の NO_x 排出削減に対するオゾン感度のデータとして図 3-44、図 3-46 の近年(2016年基準)についてのものを補正せずに用いているが、2010年代の排出削減量について城田ら(2014)に基づき変更した値が正しいとすれば、この感度データにも無視できない変化が生じている可能性があるため、セクター2 (NO_x) 削減に対するオゾン感度データ等も更新して再度予測を行うこと。

(7) 近年のオゾン経年変化に対する VOC 排出削減の寄与に関する一考察

(6)で予測によるオゾン濃度経年変化(低減効果)推定に一定の信頼性が担保されたので、近年のオゾン経年変化に対する VOC 排出削減の寄与に関する考察を行った。VOC 排出削減有り、無しの場合におけるオゾン濃度経年変化算出結果を関東、近畿についてそれぞれ、図 3-57、図 3-58 に示す。

固定蒸発VOC排出削減有り(再掲)



固定蒸発VOC排出削減無し

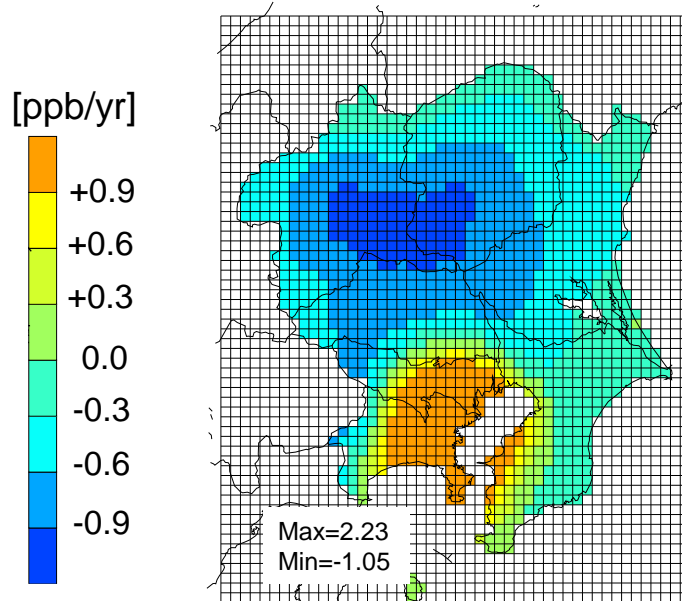
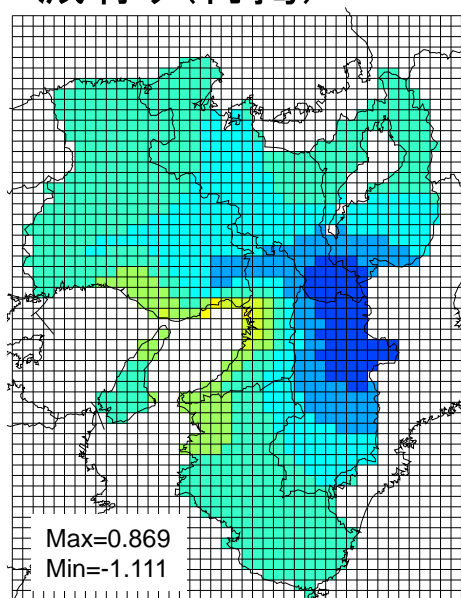


図 3-57 固定蒸発 VOC 排出削減の有無によるオゾン濃度経年変化予測結果の比較(2010 年代、関東)。左側の図は図 3-56 からの再掲である。

固定蒸発VOC排出削減有り(再掲)



固定蒸発VOC排出削減無し

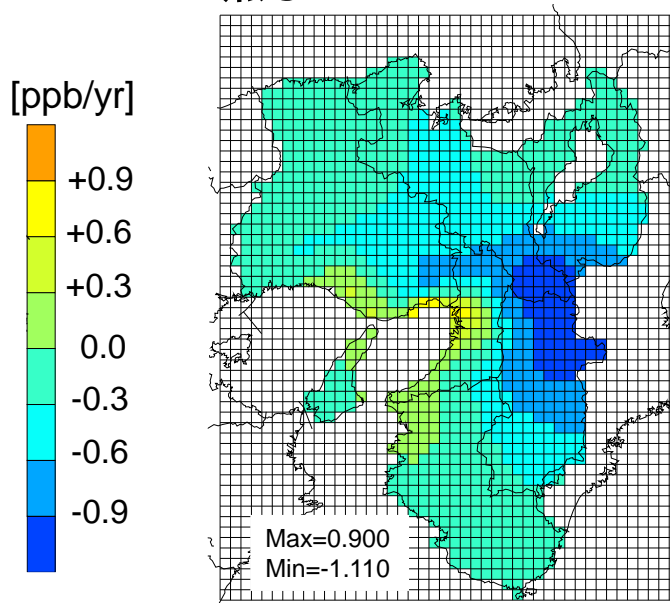


図 3-58 固定蒸発 VOC 排出削減の有無によるオゾン濃度経年変化予測結果の比較(2010年代、近畿)。左側の図は図 3-56 からの再掲である。

図 3-57 によると、2010 年代の固定蒸発 VOC 排出削減は、関東地方におけるオゾン濃度の経年変化に大きな影響を与えなかったことが示唆される。ただし、詳細にみると、固定蒸発 VOC 排出削減無しの場合に最大値は+2.06→+2.23ppb/yr に変化しており、2010 年代の固定蒸発 VOC 排出削減は、関東南部のオゾン濃度増加の抑制に一定の効果があったことも同時に示唆される。一方、図 3-58 によると、2010 年代の固定蒸発 VOC 排出削減は、詳細にみても近畿地方におけるオゾン濃度の経年変化にほとんど影響を与えなかったことが示唆される。

3-9. 費用対効果等の試算

(1) 本試算の目的

本事業のこれまでの成果で効率の良い排出削減対策を検討するための基礎的な情報が蓄積されてきたと考える。なお、ここでいう「効率」とは排出削減量に対するオゾン濃度や存在量の低減量についての効率であった。一方、環境対策は基本的にヒトを含む環境への悪影響を低減させるために行われるものであること、同じ排出削減量を達成するために必要な金額は物質や発生源により異なることを考えると、本当に必要な効率に関する情報は、対策にかけられた費用に対するヒトを含む環境への悪影響の改善効果に対する効率であると考えられる。そこで、本節では費用対効果を試算するとともに、効果を金銭化して費用対便益を試算する。費用対便益比(便益/費用比)によると、費用と便益のいずれもが同じ単位(円)であるため、両者の大きさを比較することが可能となり、その対策をすべきかどうかについて相対的ではなく絶対的な判断に資することが可能になる(井上, 2019)。

(2) 環境影響改善効果・便益の算出対象シナリオ

環境影響改善効果・便益の算出対象シナリオは表 3-17 に示す通りである。

表 3-17 環境影響改善効果・便益の算出対象シナリオ

- 固定蒸発発生源(全業種)VOC10%削減シナリオ(関東、夏季最頻出気象パターン、近年)
- 大規模固定発生源(全業種)NOx10%削減シナリオ(同上)
- (上記いずれも3.5節参照)

(3) 環境改善効果・便益への変換方法

<環境改善効果・便益の算出に利用したモデル>

オゾン濃度変化から環境改善効果・便益への変換に用いたモデルは産総研で開発された「大気汚染対策便益評価ツール」(井上、2021)である。

<環境改善効果・便益算出式とパラメータ設定値およびその不確実性>

「大気汚染対策便益評価ツール」において使用されている便益算出式と、今回の試算で使用した各入力パラメータ設定値を表 3-18 に示す。ここで、各入力パラメータの設定値は「大気汚染対策便益評価ツール」のデフォルト値(井上、2020)をそのまま用いた。死亡影響に関する疫学研究で得られるパラメータ β は、Turener et al. (2016) により長期暴露影響調査に基づいて算出された値を採用している。短期暴露でなく長期暴露影響の調査結果に基づいて算出された値を採用したのは、諸外国の各機関で実施されている大気汚染による死亡影響を推定する調査での扱いに準じたためである。なお、この扱いの是非について確認する目的もあり、2名の疫学専門家の方へメールにてヒアリングを申し込み、1名の方から回答が得られたので以下に概要を示す。下記の通り、ヒアリングにおいては Global Burden of Disease study 2019 (GDB2019)を使うことが推奨されており、そこではオゾンの影響として長期暴露影響が対象にされていることから、上記の扱いは妥当であったと考える。一方で、 β の設定値に関してはヒアリングにてご紹介いただいた Huangfu (2020)によると、研究によっては β として正の値が得られているとは限らないことが示されており、大きな不確実性があることに留意すべきである。また、本事業では、表 3.18 に示した通り閾値なしの用量反応関係を仮定しているが、ヒアリングでは閾値の設定例として 29.1ppb から 35.7ppb の間にあるとする例をご報告いただいております、これらを下回る濃度レベルの地域があるとすれば死亡者数低減量を若干過大評価する可能性があることにも留意する必要がある。また、表 3-17 に示した通り、今回の試算では前駆物質削減によるオゾン濃度低減に伴う環境改善効果・便益を夏季最頻出気象パターンでのオゾン濃度低減効果に基づいて推定しているが、夏季最頻出気象パターンにて推計されたオゾン濃度低減効果は、3-4 節での検討結果(図 3-28 で春季最頻出気象パターンでは夏季最頻出気象パターンに比べてオゾン集団暴露量低減効率が小さくなっていること)などに基づくと、通年の低減効果としては過大と考えられ、これも死亡者数低減量とコメ増収量を過大評価する要因になりうると思われる。一方、死亡者数低減量を過小評価する要因として、「大気汚染対策便益評価ツール」に内蔵されている要因別死亡

者数データがすべての要因を含んでいるわけではなく全死亡者数の 6 割程度をカバーしているに過ぎないことが挙げられる。

＜健康影響についてのヒアリング結果概要＞

- ・オゾン(、PM2.5)の日本人に対する最新の疫学的知見についてご教示いただくお願いをしたところ、単位濃度上昇当たりの相対危険度上昇(β値)が示されている短期暴露影響についての研究結果として、Chris et al. (2013) をご提示いただいた。
- ・オゾンの長期暴露影響についての研究動向をお尋ねしたところ、最近出版された系統的レビューとメタ解析の論文(Huangfu, 2020) をご紹介いただいた。
- ・オゾン(、PM2.5)の集団暴露における健康影響発現閾値の有無についての研究動向をお尋ねしたところ、Global Burden of Disease study 2019 (GBD2019) における設定例として長期暴露影響での閾値を 8 時間日最高値の最高季節(6 か月)平均値で 29.1ppb から 35.7ppb の間にあるとしている例があることをご紹介いただいた。

DGB2019:

http://www.healthdata.org/results/gbd_summaries/2019/ambient-ozone-pollution-level-3-risk

・その他以下のコメントをいただいた。「GBD2019 は WHO を中心とした グローバルな研究なので、これを使うといいかと思われます。」

表 3-18 大気汚染便益評価ツールで使用されている環境影響改善効果・便益の算出式と今回の試算で使用したパラメータ設定値

3次メッシュ単位(オゾン濃度差分(Δozone)は5×5 km²の計算メッシュで共通)で以下の変換式を用いて変換した

$$\begin{aligned}
 & \text{年間死亡者数の低減量} = - Y_0 (1 - e^{-\beta(\text{ozone}) \Delta \text{ozone}}) \\
 & \text{年間死亡者数の低減便益} = \text{VSL} \times \text{年間死亡者数の低減量} \\
 & \text{年間コメ収量増加量} = - W_0 \times \gamma(\text{ozone}) \times \Delta \text{ozone} \quad (3) \\
 & \text{年間コメ収量増加便益} = \text{VW} \times \text{年間コメ収量増加量}
 \end{aligned}$$

Y_0 : ベースライン年間死亡者数(人)
 W_0 : ベースライン年間コメ収量(kg)

評価対象	パラメータ	意味	設定値
死亡影響	β(ozone)	オゾン8時間値1ppb上昇あたりの死亡数増加率	0.00125/ppb (Turner et al., 2016, American Journal of Respiratory and Critical Care Medicineの値を変換)
	VSL	確率的生命の価値	4億円/人 (BenMAP*に搭載されている日本人に対する値)
コメ減収影響	γ(ozone)	オゾン8時間値1ppb上昇あたりのコメ減収率	0.0034/ppb (中西ら, 2009)
	VW	コメ1 kgの価格	240円/kg (中西ら, 2009)

* 米国EPAで開発された便益評価システム

(4) 環境改善効果・便益の試算結果

< 死亡者数低減便益とコメ収量増収便益 >

VOC 削減シナリオ、NO_x 削減シナリオでの関東地方におけるオゾン濃度低減量、環境改善効果・便益推定結果はそれぞれ図 3-56、図 3-57 に示す通りであった。

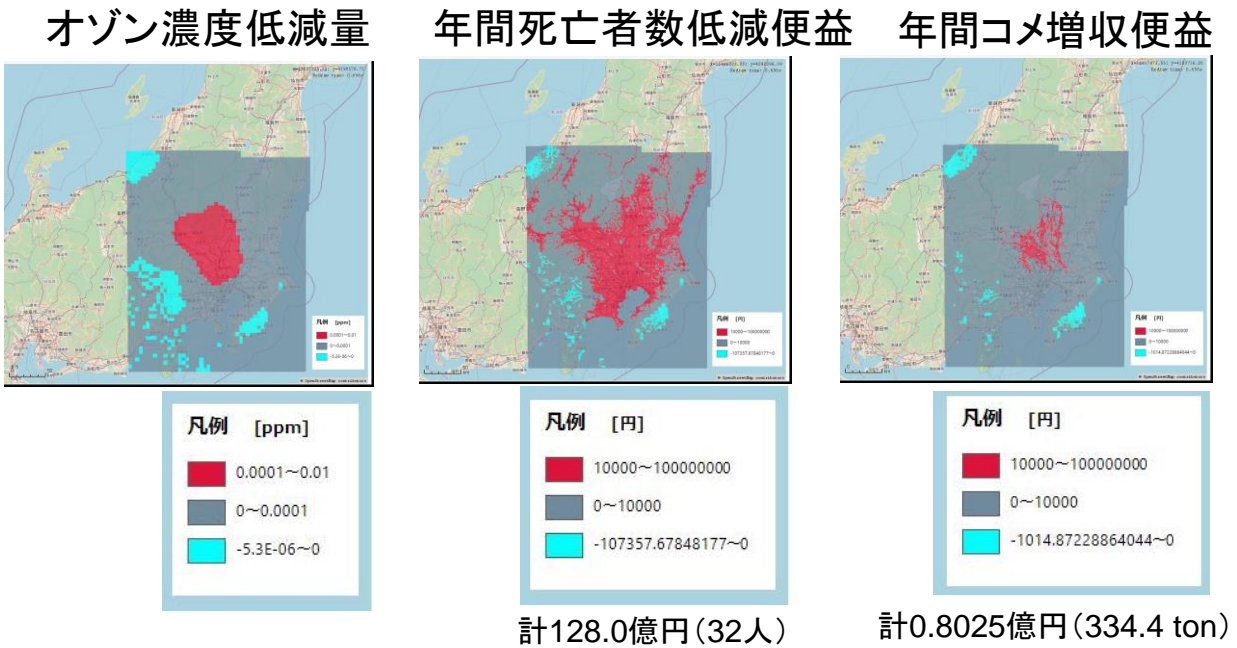


図 3-59 関東地方における環境改善効果・便益の算出結果(VOC 削減シナリオ)

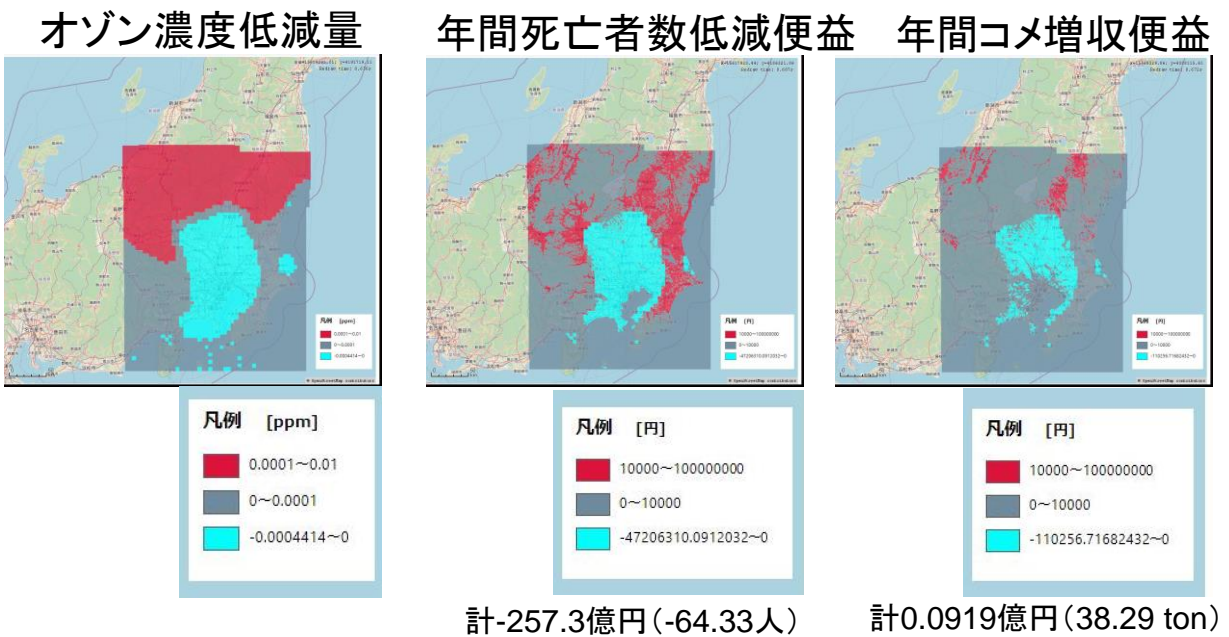


図 3-60 関東地方における環境改善効果・便益の算出結果(NO_x 削減シナリオ)

図 3-59 によると、関東地方の全業種で VOC を 10%削減した場合の便益は 128.8 億円と推定されている。一方、図 3-60 によると、関東地方の全業種で NOx を 10%削減した場合の便益は-257.2 億円(損失が 257.2 億円)と推定されている。

< 便益効率 >

VOC 削減シナリオ、NOx 削減シナリオでの死亡者数便益効率(円/ton)、コメ増収便益効率(円/ton)算出結果は図 3-58 の通りであった。ここで各指標の値は、上記の通り推定された年間便益を年間の排出削減量で除して求めた。

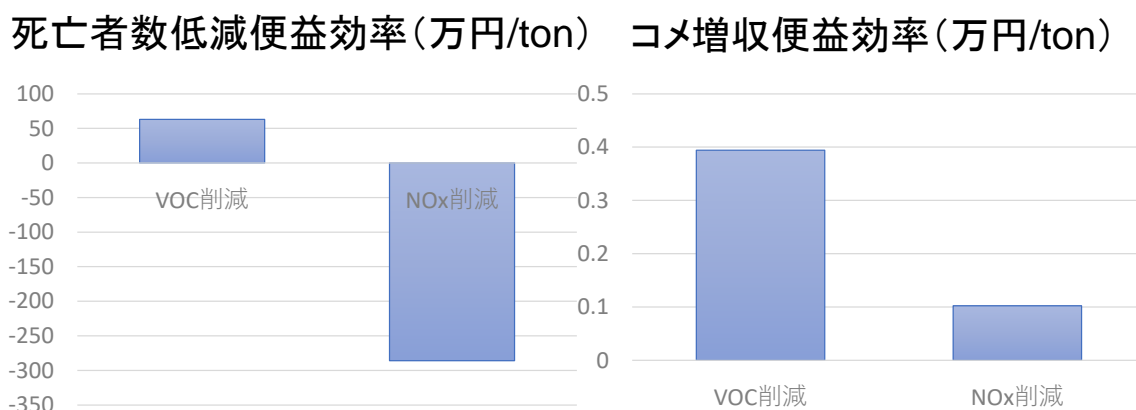


図 3-61 VOC 削減シナリオ、NOx 削減シナリオでの死亡者数低減便益効率とコメ増収便益効率の導出結果

図 3-61 によると、死亡者低減便益効率は NOx 削減シナリオでは負値となっていることがわかる。また、コメ増収便益効率はいずれの物質の削減でも正であり、VOC 削減シナリオでの効率の方が高いことがわかる。

(5) 費用対効果・便益の試算対象・方法と試算結果

費用対効果・便益の試算対象は費用に関するデータを入手できた VOC 削減シナリオとした。VOC 削減費用のデータとして「有害大気汚染物質対策の経済性評価報告書」(H15)の第 2 期(平成 13-14)のデータを参考に、1ton あたり削減費用として 40 万円/ton と仮定した。一般に対策は進むにつれて、同じ排出量を減らすために多くの費用がかかることを考えると、上記費用は過小評価の可能性が高い。

費用対効果・便益の試算結果は表 3-19 に示す通りであった。ここで、死亡者数低減便益の計算には(3)で示した通り、多くの不確実性が含まれることを勘案し、便益/費用費の結果表示にあたっては、以下の 3 つのケースを示すこととした。ケース 1:便益として死亡者数低減をのみを考慮した場合、ケース 2:便益として死亡者数低減とコメ増収の両者を考慮した場合、ケース 3:便益としてコメ収量のみを考慮した場合。

表 3-19 VOC 削減シナリオにおける費用対効果・便益の試算結果

項目	便益の計算ケース (対象)	値
便益/費用比	ケース1: 便益として 死亡者数低減を考慮	1.57
	ケース2: 便益として 死亡者数低減とコメ 増収を考慮	1.58
	ケース3: 便益としてコ メ増収を考慮	0.01
死亡者数1人 削減費用		2.54億円/人

表 3-19 によると、VOC 削減シナリオにおける便益/費用比はケース 1 とケース 2 で 1 を上回る結果となっていることがわかる。しかし、上記した通り、実際の費用は想定より高い可能性があることや、(3) で述べたように死亡者数低減を推定する際に用いた β 値は不確実性が大きく正值でない可能性も否定できないことなど、多くの不確実性がある中で得られた数値であることに注意する必要がある。仮に、死亡者数低減に比べれば不確実性が小さいと考えられるコメ収量増収のみを便益計算で考慮したとすれば、表 3-19 のケース 3 の結果を見ればわかる通り、便益/費用費は 0.01 まで一気に低下する。

【参考文献】

- 井上和也 (2019). 大気汚染対策の費用効果・費用便益分析. 化学と教育, 67, 474-475.
- 井上和也 (2020). 日本における環境対策費用便益分析の飛躍的普及に向けた研究開発 (2 年目) 成果報告書 (概要版)
- 井上和也 (2021). 日本における環境対策費用便益分析の飛躍的普及に向けた研究開発 (3 年目) 成果報告書 (概要版)
- 井上和也, 東野晴行 (2015). 2 次生成対応大気モデル ADMER-PRO の開発と検証. 大気環境学会誌, 50, 278-291.
- 井上和也, 吉門洋, 東野晴行 (2010). 関東地方における夏季地表オゾン濃度の NO_x, VOC 排出量に対する感度の地理分布 第 I 報 大小 2 種類の植物起源 VOC 排出量推定値を入力した場合の数値シミュレーションによる推定. 大気環境学会誌, 45, 183-194.
- 上野広行, 齊藤伸治, 國領和夫 (2015). 関東地方の夏季高濃度 O_x の長期的濃度変動要因の検討と前駆物質濃度削減効果の予測評価, 大気環境学会誌, 50, 257-265.
- 光化学オキシダント調査検討会 (2017). 光化学オキシダント調査検討会報告書.
- 城田英之, 横井威, 亀山道弘, 春海一佳 (2014). 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. 海上技術安全研究所報告, 13, 383-416.

- ジェイコブ DJ (著), 近藤豊 (訳) (2002). 大気化学入門, 東京大学出版会, 東京都.
- 中西準子、篠崎裕哉, 井上和也 (2009). 詳細リスク評価シリーズ 24 オゾン-光化学オキシダント, 丸善, 東京都.
- 吉門 洋 (2019). 都市圏周辺のおゾン濃度変化と NO タイトレーション (首都圏を中心に), 大気環境学会誌, 54, 185-193.
- 吉門 洋, 白川泰樹, 中野俊夫, 工藤泰子, 鈴木基雄 (2006). メソスケール気象モデルを用いた長期平均濃度評価手法の検討(I)気象パターン分類と関東平野の NO_x 評価, 大気環境学会誌, 41, 1-14.
- Chris, F. S. N. et al. (2013). Seasonal variation in the acute effects of ozone on premature mortality among elderly Japanese. *Environ. Monit. Assess.*, 185, 8767-8776.
- Duncan, B. N. et al. (2010). Application of OMI observations to a space-based indicator of NO_x and VOC controls on surface ozone formation. *Atmos. Environ.*, 44, 2213-2223.
- Huangfu, P., Atkinson, R. (2020). Long-term exposure to NO₂ and O₃ and all-cause and respiratory mortality: A systematic review and meta-analysis. *Environment International*, 144, 105998.
- Turner, M. C. et al. (2016). Long-Term Ozone Exposure and Mortality in a Large Prospective Study. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 193, 1134-1142.

4 調査結果(植物由来 VOC の知見の整理)

4-1 文献調査及びヒアリングによる整理

平成 29 年度、経済産業省において、「中小企業等産業公害防止対策調査業務（光化学オキシダント等大気環境に係る科学的知見等に関する調査）」が実施されており、そこで BVOC に関しても当時の知見の整理が行われている。

本調査では、BVOC 研究の専門家にヒアリングを行い、最近の知見や、現在の BVOC 研究の立ち位置などを把握するとともに、ADMER-PRO に内蔵されている BVOC の設定値についてもコメントいただき、今後の改良の可能性について検討した。

(1) ヒアリング①（東京都環境科学研究所・國分優孝氏）

東京都環境科学研究所の國分優孝氏は、主に東京都内の BVOC の把握研究をご専門としている。衛星データに基づく街路樹や公園樹木の植生分布の把握、リーフレベルの放出量測定、BVOC 放出量の推計計算等を実施し、綿密な研究を展開されている。ヒアリングでは、東京都の BVOC 研究についてご紹介いただくとともに、ADMER-PRO の現在の BVOC 設定に関してもコメントをいただいた。特に都市部における従来の各種モデルの設定が、BVOC 量を低めに見積もっていることが示唆された。なお、國分氏には、第 3 回検討会において、東京都における取組について発表をいただいた。その資料を添付資料 2 に示す。

(ヒアリングメモ)

◎植生インベントリの作成（樹種、葉面積マップ）

- ・放出量原単位は 8/15 が最大、2/15 が最小であり、この 2 点間を sin カーブで補完した。
- ・20 種の街路樹のうち半分程度が VOC を放出している。
- ・1 つの樹種に対し、同じ温度、日射量でも季節によって放出量は異なる。
- ・街路樹の放出原単位を谷先生（静岡県立大）のグループが論文を出している。

◎BVOC 放出量（2015 年）計算

- ・以下 2 通りの計算で求めると、1.2 倍程度の開きがあった（数値は暫定の計算値）。

①領域気象モデル（WRF：Weather Research and Forecasting）＋推計モデル（MEGAN：Model of Emissions of Gases and Aerosol from Nature） ⇒567 トン／年

②植生インベントリデータからの直接計算 ⇒468 トン／年

参考：J-STREAM での 23 区内 BVOC 排出量 25 トン／年

参考：多摩地区の推定 BVOC 排出量 3,000 トン／年

参考：東京都内の固定発生源の VOC 排出量 60,400 トン／年（2015）

- ・葉面積の和が計算領域内で同じでも、放出原単位の配分が変わると異なってくる。都区内の場合は上述のとおり、開きは少なかったが、一般にはファクター 2 程度の差が生じることはあり得る。
- ・放出量推計値の誤差要因としては、実測された原単位（葉面積あたりの基礎放出量）を、MEGAN が前提とする原単位（土地面積あたりの基礎放出量）に変換する際に、誤差が生じるもの
- ・年間 BVOC 放出量のうち、8 割は夏期の放出である。

◎不確実性の論文の例 ⇒EU 域内のものだが、おおむねファクター 2 としている

Ben Langford et al., Isoprene emission potentials from European oak forests derived from canopy flux measurements: an assessment of uncertainties and inter-algorithm variability, Biogeosciences, 14, 5571-5594, 2017 (<https://bg.copernicus.org/articles/14/5571/2017/>)

・上記論文の Abstract の中で、以下のように述べられている。

“big-leaf model” (葉面積あたりの基礎放出量を原単位に用いる G93 モデル)と“canopy environment (CE) model (土地面積あたりの基礎放出量を原単位に用いる MEGAN モデル)とでは、前提としているこの原単位の違いによって、2~4 倍程度、放出量推計値に違いが生じる。

(2) ヒアリング② (静岡県立大学・谷 晃教授)

谷教授は、我が国の BVOC 研究における第一人者のお一人である。リーフレベルや実際の森林におけるフラックス測定などを、測定方法の開発から行っている。2020 年 9 月の大気環境学会でも、特別集会 2 にて、BVOC 研究のレビュー講演を行われていた。ADMER-PRO の BVOC 設定内容と、推計に係る研究動向について、貴重なコメントをいただいた。

(ヒアリングメモ)

◎ADMER-PRO の BVOC 設定に関するコメント

- ・ ADMER-PRO で与えている基礎放出量の Bao et al.(2008)の論文での値は、チャンバーのメモリー効果と、成熟した稲を使っている点で過大評価の可能性が高い。
- ・ ADMER-PRO でのイソプレン分布が新潟県辺りで高いのは、イソプレンもモノテルペンも放出しないブナの純林に、広葉樹と言う括りでの放出量を設定しているためと思われる。分類を針葉樹、広葉樹のようなおおざっぱな分類で排出量を与えると、日本では日本海側に単一種の広葉樹のブナ林などが広がっているため、その地域でイソプレンもモノテルペンも過大評価になる。
- ・ ADMER-PRO で行っている樹種割合の与え方は、近畿地方の割合を全国にも適用とのことで、粗い方法。

◎ボトムアップ推計に関するコメント

- ・ 経験では、葉レベルの単位葉面積あたりの放出速度と、土地レベルでの単位土地面積当たりのフラックスは割と似た値になる。つまり、LAI=1 としたときの放出フラックスが近いオーダー (およそ 2 倍以内) になる。ただし、なかなかフラックスとリーフレベルの値をうまく比較できるデータが日本では無い。
- ・ 全国レベルの BVOC 推計において、Chatani et al.(2015)-238 万トン/年の推計は、Atmos. Environ. の論文だが、稲は扱っていないはず。稲はイソプレンもモノテルペンも殆ど出ない。どんな植物でも緑の草は青葉アルコールや青葉アルデヒドが少量出るが、反応性は低い。二重結合が無い。
- ・ 日本の森林は分類としては単一の森林でも色々な樹種が生えている。そこにイソプレンを出すものと出さないものが混在しているのが普通。その中で計算メッシュからどのくらい出ているかを推定するのは結構難しい。
- ・ 植生分布と言う点では、最近、竹も話題となっている。孟宗竹がイソプレンを出す。古い植生分布では出ていない場合も多い。
- ・ 農作物からの排出については、クズ以外はあまり出ていない。

◎トップダウン推計に関するコメント

- ・ 衛星で別の方法として、熱赤外で測る方法の論文があったと思う。Nature Communication に出た論文で衛星から熱赤外リモートセンシングを使ってイソプレンをダイレクトに測る方法。その後続きの論文が Nature に出たはず。

(3) ヒアリング③（大阪府環農水研・奥村 智憲氏）

奥村氏は、谷教授からのご紹介により、ヒアリングを依頼したものである。奥村氏の京都大学での博士論文（森林植生からの揮発性有機化合物放出量の推定に関する研究、2009年3月）で、近畿地方のBVOC排出量の把握について、測定とシミュレーションを用いて、丹念なご研究をされている。近畿地方に関してのADMER-PROの計算値等について、コメントをいただいた。

（ヒアリングメモ）

◎植生分布に関するコメント

- ・日本には余り純林はなく、群落になっている。コナラ群落でもコナラの割合は50%程度。
- ・環境省の植生調査は10年くらい掛かり、整備に時間を要する。都市近郊のパーツが揃っている程度。
- ・毎木調査などが数年に1回行われている。

◎ADMER-PROのBVOC設定に関するコメント

- ・ADMER-PROのBao et al.(2008)によるイソプレン基礎放出量が多いと思う。特に広葉樹のイソプレン。グロスチャンパーの中に多くの苗を置いて測っているので、測定方法も違う。
- ・全国BVOC排出量のKannari(2007)-140万トン/年よりChatani et al.(2015)-238万トン/年が高いのは、後者にジテルペンやセスキテルペンが入っているからではないか。
- ・近畿地方のADMER-PROによる基礎放出量分布について。京都府や兵庫県のイソプレンが低い印象。京都府はスギ、ヒノキの植林が多い。奈良県など南方は、標高が低いところは人工林の純林（スギ、ヒノキ）が多い。
- ・不確実性は分からないが、ADMER-PROの現在の設定値に対し、多い側に2倍、ということは無いと思う。

◎放出量測定に関するコメント

- ・タワーフラックス法で測った時、高さ10mくらいでも少し分解しているように思える。
- ・樹木の占有面積が大きく、高さが高い優占樹種（日が当たる）をメインに調べると良い。
- ・奥村氏の博士論文では、ビッグリーフモデルを使っている。コナラ50%なら、1km²の半分に大きなコナラの1枚の葉があるようなイメージ。
- ・葉や枝のデータから土地面積あたり排出量に変換する際には、葉の重なりや傾きも関係する。
- ・針葉樹では葉の重さと気温でほぼ決まる。光はあまり関係しない。
- ・土地からの放出や吸収のデータは殆ど無い。北大の宮崎先生が、北海道での土壌からの放出を報告している例がある。

4-2 BVOCに関する知見の整理

前述のヒアリング調査と、既述の29年度の知見調査も踏まえ、BVOCに関する基礎的知見について、産構審小委員会での発表資料（添付資料1）の中に整理した。また、ADMER-PROに特に関連したBVOCに関する内容について、「BVOCに関する知見の整理」としてPower Point資料（添付資料3）にまとめた。

5 調査結果(将来 VOC 排出量の推定)

現在、経済産業省が取りまとめている VOC 自主的取組においては、一部の業種を除き数値目標を設けず、平成 22 年度の VOC 排出量から悪化しないこと、また追加投資を強いる内容は求めないこととしている。ここでは、令和 7 年度の VOC 排出量を推定する。環境省が令和 7 年度の排出量を推計しているが、ここでは、別の方法での同年度の排出量推定を試みる。

5-1. 環境省・微小粒子状物質等専門委員会における推計の概要

まず、環境省の推計結果について示す。環境省の微小粒子状物質等専門委員会(第 12 回、令和 2 年 6 月 26 日)の資料 6「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」(以下、「微小専第 12 回資料 6」という)では、ベース年度を 2015 年度とし、そこから 10 年後の 2025 年度の VOC 排出量、ならびにその時のオキシダント濃度の変化について、CMAQ モデルによるシミュレーションを用いて推計している。オゾンへの影響も計算されているが、ここでは、VOC 排出量推計に関する部分の概要のみ示す。

まず、2015 年度の排出量推計のためにベースラインシナリオ(表 5-1)を策定し、これに基づき 2015 年度の VOC 排出量を推計している。次に、2025 年度の排出量について、低位排出シナリオ、高位排出シナリオの 2 つを設定(表 5-2)し、さらに、塗料の代替が大幅に行われる(50%代替)場合を仮定し、これによる削減分を「追加削減効果」としている。まず、2015 年度の全国の VOC 排出量は、図 5-1 にあるように 91.9 万トンと推定されており、これは同年度の環境省 VOC インベントリ(68.2 万トン)より対象範囲が広い。表 5-2 にあるように、低位排出シナリオでは、自主的取組の範囲については、現状の対策が継続した場合を仮定し、高位排出シナリオでは、2015 年度以降、排出量が現状維持で横ばいとなる場合を仮定している。

表 5-1 ベースラインシナリオ(微小専第 12 回資料 6、p.1 より引用)

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 5-2 高位排出・低位排出シナリオ(微小専第 12 回資料 6、p.2 より引用)

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 業務	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）	
	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 V O C	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	排出削減量目標 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

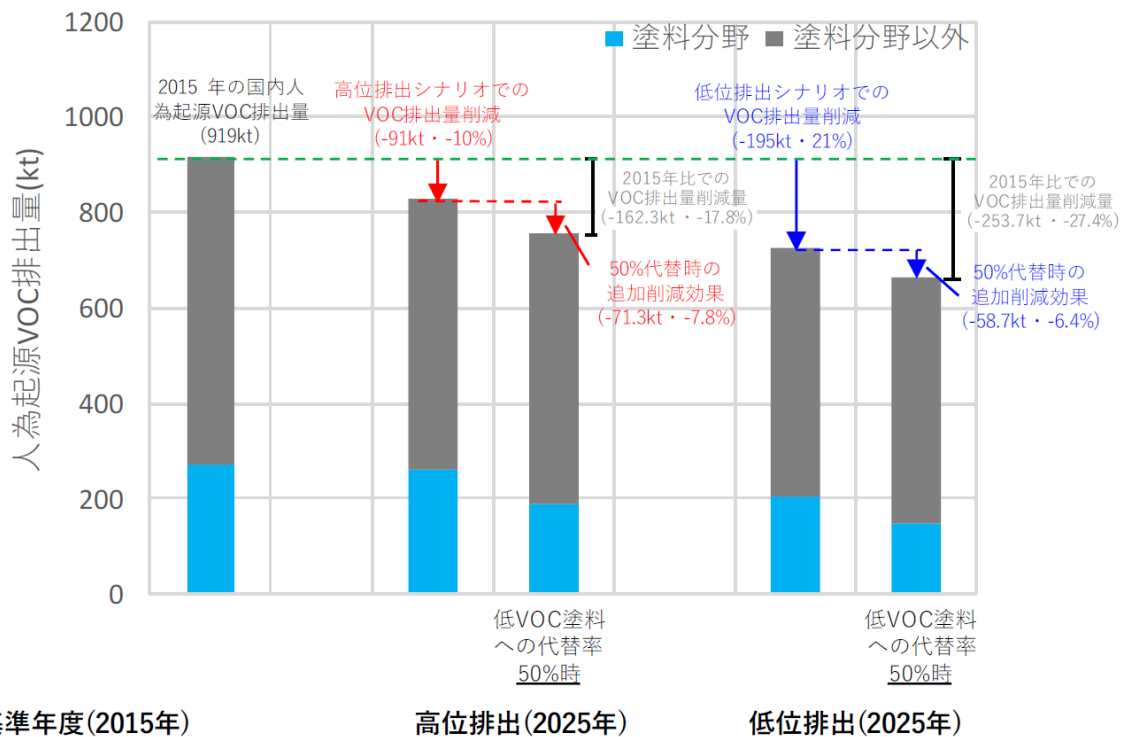


図 5-1 シナリオに基づく排出量推計値(微小専第 12 回資料 6、p.20 より引用)

環境省微小専第 12 回資料 6 より、環境省の推計結果を図 5-1 に示す。数値を整理すると、以下表 5-3 のようになる。設定されたシナリオの中では、2015 年度から 2025 年度での最小の削減量推計値は 9.1 万トン(下表の②)、最大の削減量推計値は 25.4 万トン(下表の④+⑤)となっている。

表 5-3 環境省の 2015 年、2025 年 VOC 排出量の推計結果

2015 年度 ベース排出量	2025 年度 高位排出シナリオ		2025 年度 低位排出シナリオ			
		推計排出削減量	推計排出量		推計排出削減量	推計排出量
①91.9 万トン	② VOC 排出削減量	9.1 万トン	85.8 万トン (①-②)	④ VOC 排出削減量	19.5 万トン	72.4 万トン (①-④)
	③ 追加対策 (低 VOC 塗料 50% 代替)	7.13 万トン	75.7 万トン (①-②-③)	⑤ 追加対策 (低 VOC 塗料 50% 代替)	5.87 万トン	66.5 万トン (①-④-⑤)

5-2. 令和 7 年度の排出量推計

環境省の微小専第 12 回資料 6 では、排出削減シナリオについて、大胆な仮定が置かれている。特に、追加対策ケースとして設定されている低 VOC 塗料への代替は、かなり大きめの対策を仮定していると思われる。そこで、環境省の VOC インベントリと、自主的取組の報告値から、外挿での推計を試みた。

まず、平成 12 年度から近年までの VOC 排出量(単位:万トン)の推移は、表 5-4 に示すとおりである。

表 5-4 VOC 排出量の推移

年度	12 年度	17 年度	19 年度	20 年度	21 年度	22 年度	23 年度	24 年度
①VOC インベントリ	140.4	108.7	99.4	88.8	80.2	76.9	73.8	72.2
②自主的取組	62.2	49.3	45.1	39.8	36.9	34.4	32.7	31.7
②／①	44.3%	45.3%	45.4%	44.8%	46.0%	44.8%	44.4%	43.9%
年度	25 年度	26 年度	27 年度	28 年度	29 年度	30 年度	R1 年度	
①VOC インベントリ	71.6	69.8	68.3	66.8	65.4	64.2	—	
②自主的取組	31.6	30.3	29.3	27.0	26.2	25.7	24.2	
②／①	44.1%	43.4%	42.9%	40.5%	40.1%	40.1%	—	

これを図示すると、図 5-2、図 5-3 のようになる。平成 13～16 年度はデータが無いので、傾向は不明であるが、平成 19～21 年度付近で若干 VOC 削減の勾配が、他の期間よりは急峻である。また、近年の傾向が、直線的に減少、またはやや鈍化しつつある。自主的取組の報告値が環境省インベントリに占める割合は最近 3 年で約 40%である。

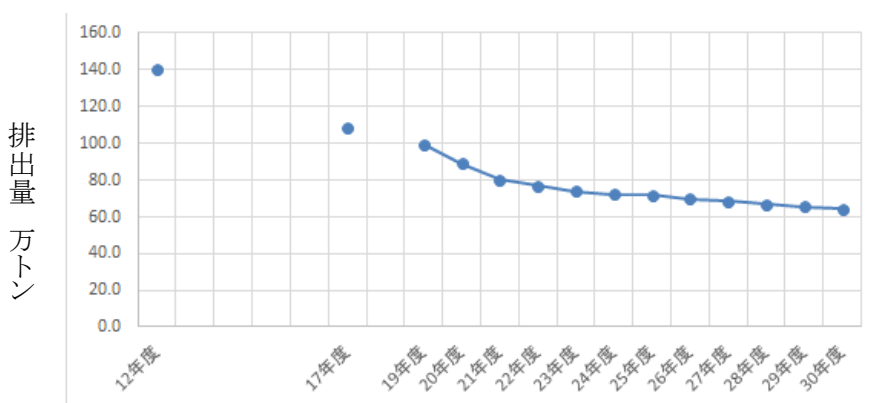


図 5-2 VOC 排出量の推移(環境省インベントリ)

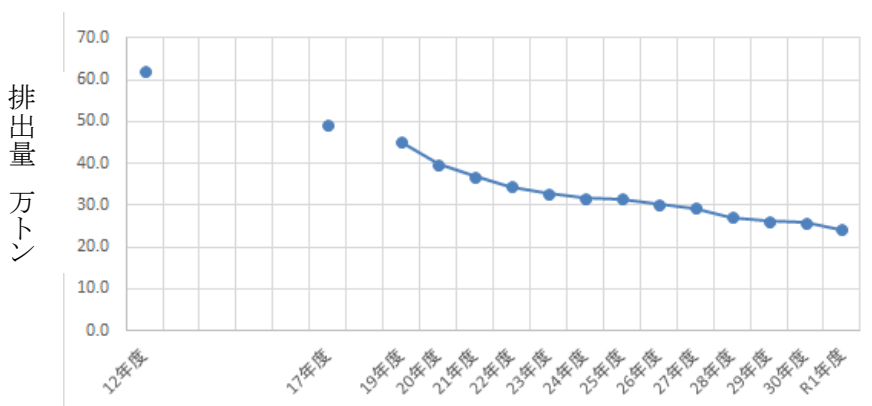
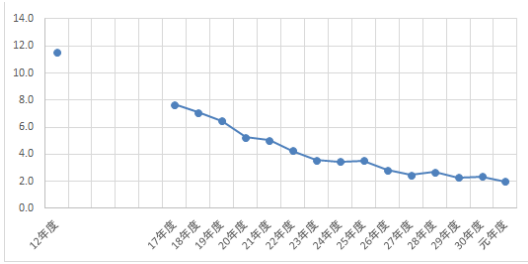
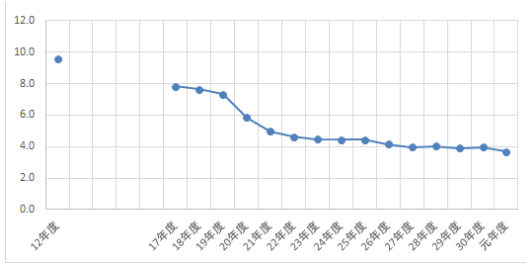


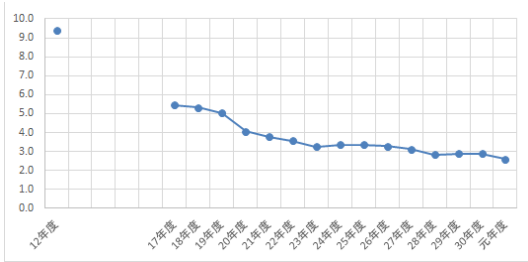
図 5-3 VOC 排出量の推移(VOC 自主的取組)



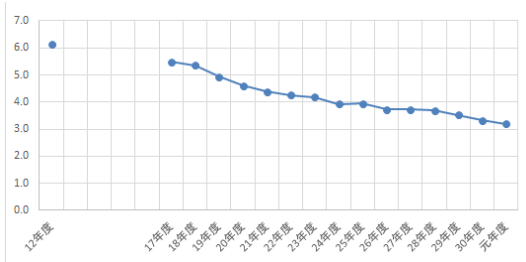
(a) 印刷・同関連業



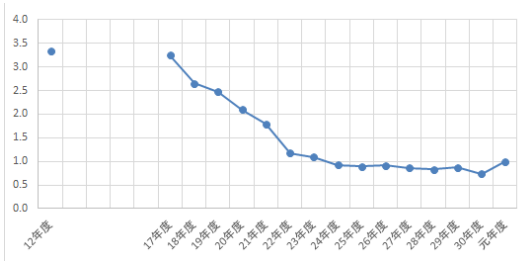
(b) 輸送用機械器具製造業



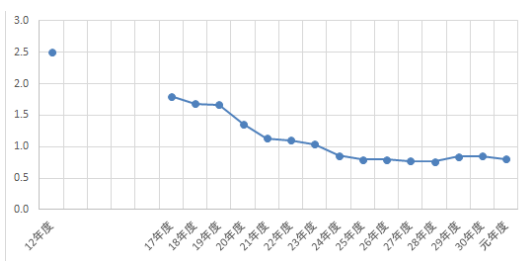
(c) 化学工業



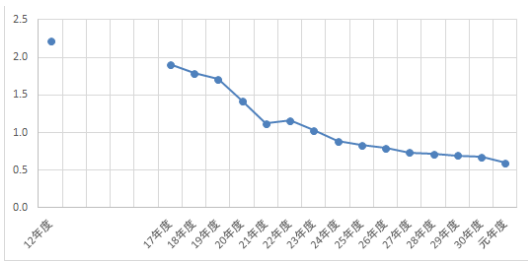
(d) 石油製品・石炭製品製造業



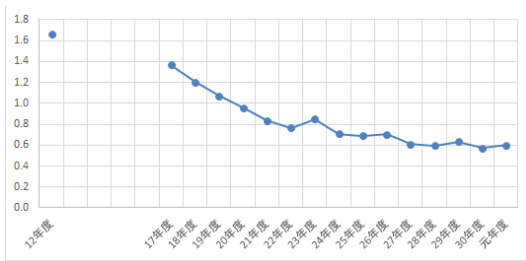
(e) プラスチック製造業



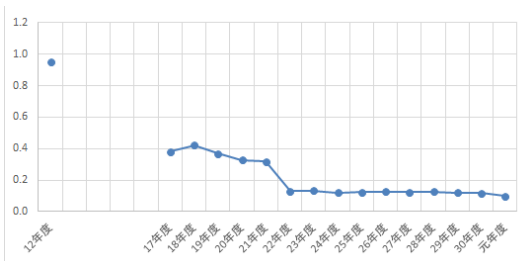
(f) 電気機械器具製造業



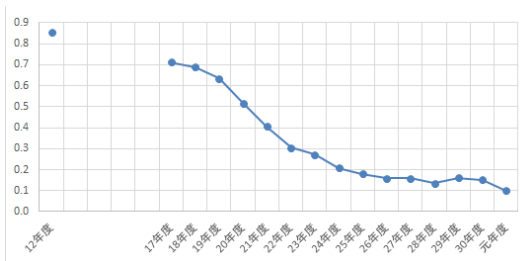
(g) ゴム製品製造業



(h) 金属製品製造業



(i) パルプ・紙・紙加工品製造業



(j) 繊維工業

図 5-4 自主的取組における主要な 10 業種における VOC 排出量の推移 (単位:万トン)

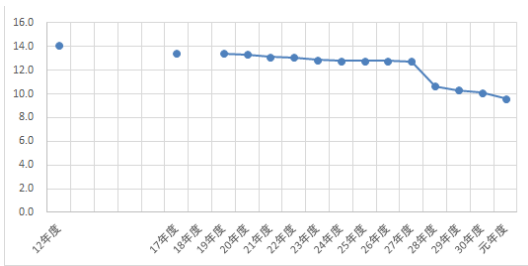


図 5-5 自主的取組における 10 業種以外の VOC 排出量の推移 (単位:万トン)

(図 5-4、図 5-5 の出典) 産業構造審議会産業技術環境分科会産業環境対策小委員会(第 9 回)、資料 2-1 揮発性有機化合物 (VOC) 排出抑制のための自主的取組の状況、令和 3 年 2 月 8 日

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/sangyo_kankyo/pdf/009_02_01.pdf

経済産業省で VOC 自主的取組を取りまとめている「産業構造審議会産業技術環境分科会産業環境対策小委員会」では、主要な業種別の VOC 排出量の推移について整理されている。これを図示すると図 5-4(a)～(j)のようになる。また、自主的取組の全体の排出量から、10 業種の排出量の合計値を差し引いたものを「10 業種以外」として図 5-5 に示した。それぞれ業種別に傾向が異なっているが、特に、今後の排出量推計に活用できるような業種別の傾向は見られない。

そこで、個別の業種から推計するのではなく、全体の傾向から推計する方が適切と考えた。

5-3. 令和 7 年度の排出量推計 (環境省インベントリからの推計)

まず、環境省インベントリによる推計値の傾向を元に、外挿による推計を試みた。計算したケースは次の 3 通りである。

- ①平成 12～平成 30 年度の推移から、対数外挿で令和 7 年度排出量を推計
 - ②平成 19～平成 30 年度の推移から、対数外挿で令和 7 年度排出量を推計
 - ③平成 26～平成 30 年度の推移から、直線外挿で令和 7 年度排出量を推計
- それぞれの推計結果を図 5-6～図 5-8、および表 5-5 に示す。

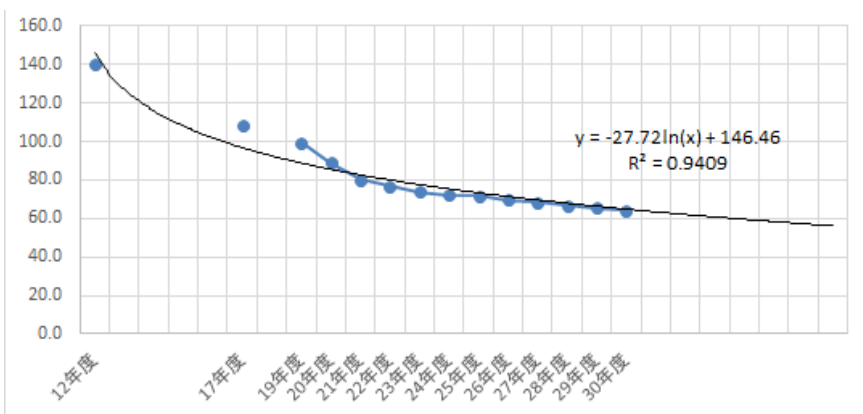


図 5-6 環境省インベントリデータからの外挿(平成 12～平成 30 年度データ、対数外挿)

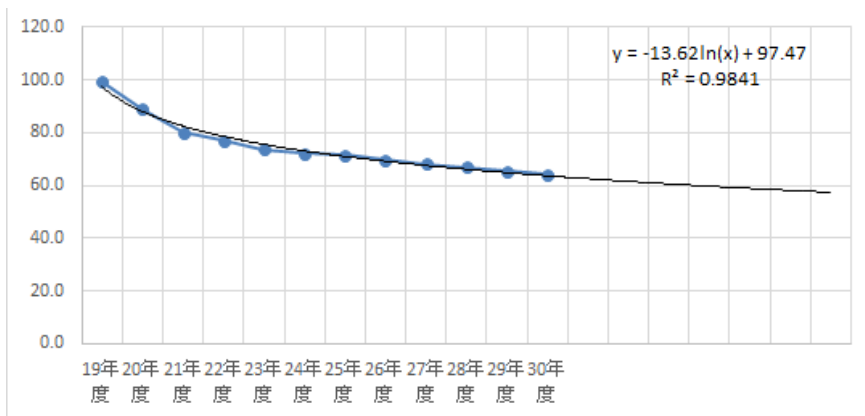


図 5-7 環境省インベントリデータからの外挿(平成 19～平成 30 年度データ、対数外挿)

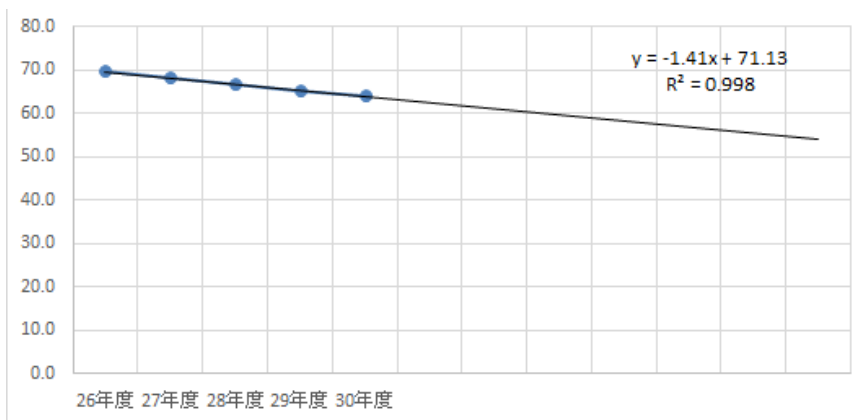


図 5-8 環境省インベントリデータからの外挿(平成 26～平成 30 年度データ、直線外挿)

表 5-5 環境省インベントリデータからの外挿による令和 7 年度 VOC 排出量推定結果(単位:万トン)

対象データ	外挿方法	①H27 実績値	②R2 予測値	③H27→R2 削減量 (①-②)	④R7 予測値	⑤R2→R7 削減量 (②-④)	⑥H27→R7 削減量 (③+⑤)	備考
H12～30 年度	対数外挿	68.3	62.1	6.2	56.1	6.0	12.2	相関が低い(除外)
H19～30 年度	対数外挿	68.3	61.5	6.8	57.4	4.1	10.9	高位排出条件
H26～30 年度	直線外挿	68.3	61.3	7.0	54.2	7.1	14.1	低位排出条件

①の平成 12～30 年度を対象とする推計方法は、前述のように、平成 19 年度付近に勾配の大きな区間があることから、相関係数が低い。そこで、より相関が高い年度区間について推計した。

まず、平成 19 年度から 20 年度の減少勾配が大きいことから、平成 19～30 年度の区間を取り、対数外挿を行った(図 5-7)。これは、年々、排出削減量が少しずつ鈍化する傾向を仮定したものである。これによる令和 2 年度から令和 7 年度の排出削減量推計値は 4.1 万トン、令和 7 年度の排出量推計値は 57.4 万トンである。

次に、もう 1 つの推計方法として、平成 26 年度から令和元年度について、直線近似を行い、これを外挿して令和 7 年度の排出削減量推計を行った(図 5-8)。平成 26 年度以降については、直線近似でも相関係数は

高く、これによる推計は、今後 5 年程度の期間は、近年のままの削減傾向が継続すると仮定したものである。これによる令和 2 年度から令和 7 年度の排出削減量推計値は 7.1 万トン、令和 7 年度の排出量推計値は 54.2 万トンである。なお、これらの排出削減量、排出量は、環境省インベントリの範囲においての推計値である。

5-4. 令和 7 年度の排出量推計（自主的取組報告値から推計）

次に、前項と同様に、自主的取組の報告値を元に、次の 2 通りの推計を試みた。平成 12 年度からの期間で推計するのは、前項と同様に相関が低いため行っていない。

④平成 19～令和元年度の自主的取組推移から、対数外挿で令和 7 年度排出量を推計し、環境省インベントリ相当に換算（＝表 5-4 の捕捉率 40%で割り戻す）

⑤平成 26～令和元年度の自主的取組推移から、直線外挿で令和 7 年度排出量を推計し、環境省インベントリ相当に換算（＝表 5-4 の捕捉率 40%で割り戻す）

推計結果を図 5-9 図 5-10、および表 5-6 に示す。

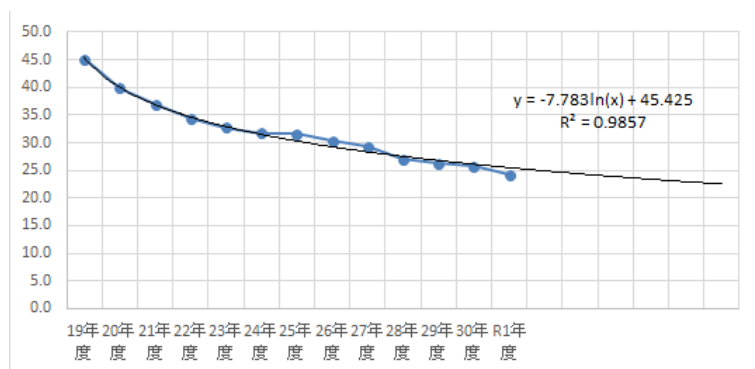


図 5-9 自主的取組データからの外挿(平成 19～平成 30 年度データ、対数外挿)

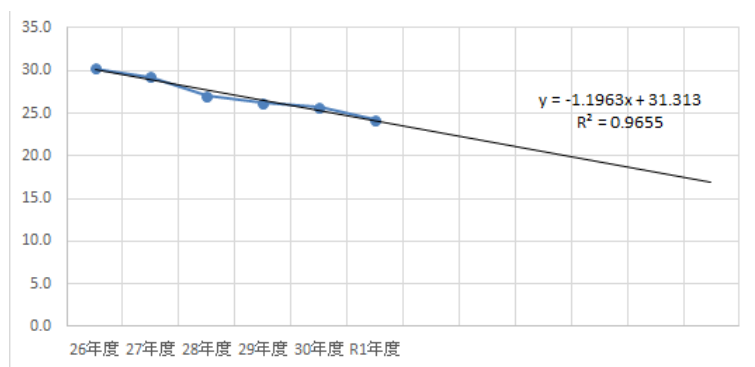


図 5-10 自主的取組データからの外挿(平成 26～平成 30 年度データ、直線外挿)

表 5-6 自主的取組データからの外挿による令和 7 年度 VOC 排出量推定結果(単位:万トン)

対象データ	外挿方法	R1 年度 実績値	R2 年度 予測値	R7 年度 予測値	R2→R7 削減量 A	A/40%
H19～30 年度	対数外挿	24.2	24.9	22.5	2.4	5.9
H26～30 年度	直線外挿	24.2	22.9	17.0	6.0	15.0

自主的取組データを基にする方法では、平成 19 年度以降のデータを用いた対数外挿(高位排出)で自主的取組の令和 2～令和 7 年度の削減量が 2.4 万トンと推計され、これを、環境省インベントリに換算(自主的取組/環境省インベントリの割合を、表 5-4 から 40%とした)すると 5.9 万トンとなる。

一方、自主的取組データを基に、平成 26 年度以降のデータを用いた直線外挿(低位排出)では、自主的取組の令和 2～令和 7 年度の削減量が 6.0 万トンと推計され、これを、環境省インベントリに換算すると 15.0 万トンとなる。この値は、近年の 5 年間の環境省インベントリにおける削減量が、平成 25 年度 71.6 万トン、平成 30 年度 64.2 万トン、その差が 7.4 万トンであることを考えると、今後 4 年間でこの 2 倍の量が削減されることになり、過大推計と考えられる。

自主的取組の排出量推移から外挿で推定することはできるが、これを環境省インベントリの値に割り戻すことは、環境省インベントリに含まれ、自主的取組には含まれていない排出源について、今後の数年間、自主的取組と同じ経緯を辿ることを仮定していることになり、根拠が無い。表 5-4 より、自主的取組の排出量が、環境省インベントリに占める割合は、長期で見れば減少している。これは、自主的取組以外の排出源よりも、自主的取組の排出源において相対的により多くの排出削減が進められていることを示唆している。

以上のことから、環境省 VOC インベントリ相当での令和 7 年度の推計値としては、令和 2～7 年度の排出削減量で 4.1～7.1 万トン、令和 7 年度排出量として 54.1～57.1 万トンとした。参考までに、令和 2 年度排出量を推計した上で、平成 27 年度実績から令和 2 年度推計値の差(H27～R2 の削減量、表 5-5 の⑤)を加えて、2015(平成 27)～2025(令和 7)年度の 10 年間の排出削減量を求めると、10.9～14.1 万トン(ただし、環境省インベントリでの範囲)となる。

5-5. 令和 7 年度の排出量推計に基づくオゾン低減効果の試算

前項での結果により、令和 7 年度の全国において、環境省インベントリの対象範囲での VOC 排出削減量をおよそ 4～7 万トンと推定した。これによるオゾン低減量を試算した。

まず、本調査で計算したオゾン存在量低減効率について、結果を得た範囲について、表 5-7 に示す。

表 5-7 オゾン存在量低減効率[ppb・km²/ton]-VOC10%削減

	2005 年ベース			2016 年ベース			備考
	関東	近畿	東北	関東	近畿	東北	
夏期-高濃度	3.09×10^{-1}	4.58×10^{-2}	-3.25×10^{-2}	2.09×10^{-1}	1.22×10^{-2}	-1.14×10^{-2} ※	10 業種平均
(夏期-高濃度)	4.38×10^{-1}	7.56×10^{-2}	1.25×10^{-2}	3.90×10^{-1}	3.47×10^{-2}	1.21×10^{-2}	2 業種平均
夏期-最頻濃度	—	—	—	2.45×10^{-1}	3.47×10^{-2}	1.00×10^{-1}	2 業種平均
春期-高濃度	—	—	—	1.42×10^{-1}	2.17×10^{-1}	4.64×10^{-2}	2 業種平均
春期-最頻濃度	—	—	—	1.03×10^{-1}	5.24×10^{-2}	5.57×10^{-2}	2 業種平均

※夏期-高濃度、2016 年ベースの東北地方のオゾン存在量低減効率は、4 業種平均値である。

昨年度は、夏期に高濃度オゾンが観測される気象条件においてオゾン低減効率等を検討したが、今年度は表 5-7 のように気象条件を追加して検討している。夏期-高濃度の 2 業種平均は、夏期-最頻濃度以下の 3 つの気象条件を検討した場合と同じ 2 業種の平均の効率値を参考までに示した。表中で赤字はその地方でオゾン存在量低減効率が最も大きい場合、青字は、オゾン存在量低減効率が最も小さい場合である。計算ケース数の関係で、計算を実施した業種範囲は多くはないが、各地方によって効率値は大きく異なり、最大、最小となる気象条件も異なっている。

表 5-8 全国で VOC を 7 万トン削減する場合のオゾン低減効果の試算結果

	2005 年ベース			2016 年ベース			備考
	関東	近畿	東北	関東	近畿	東北	
排出量配分	0.30	0.14	0.04	0.30	0.14	0.04	2016 インベントリ
削減量(トン)	21000	9800	2800	21000	9800	2800	
面積(km ²)	32650	29375	39975	32650	29375	39975	計算領域の面積
夏期-高濃度	0.1936	0.0134	-0.0023	0.1347	0.0041	-0.0008	単位:ppb
夏期-最頻濃度	—	—	—	0.1594	0.0116	0.0070	
春期-高濃度	—	—	—	0.0915	0.0726	0.0033	
春期-最頻濃度	—	—	—	0.0660	0.0175	0.0039	

※排出量配分は 2016 年度 VOC 排出インベントリに基づく。3 地域合計で全国の 48%を占める。

次に、全国で 7 万トン削減したと仮定し、これによるオゾン低減効果を試算した(表 5-8)。全国排出量を 1 としたとき、排出量の配分は関東地方 0.30、近畿地方 0.14、東北地方 0.04 である。また、ADMER-PRO での各地方の面積を表中に示した。東北地方の計算対象は、岩手県、秋田県、山形県、宮城県の 4 県である。

この計算は、オゾン存在量低減効率を計算した業種範囲、全業種に対するカバー率、オゾン存在量低減効率を計算する気象条件のいずれをとっても、全てをカバーしている訳ではない。あくまでも計算を実施した限られた範囲においてであるが、オゾンの低減効果は関東地方 0.07~0.16ppb、近畿地方 0.004~0.07ppb、東北地方-0.0008(=オゾン濃度微増)~0.007ppbとなり、地方により1桁ずつオーダーが異なる程度の結果となる。

表 5-8 では、各地方の削減量が異なるので、1 つの地域で 1 万トン削減すると仮定した場合に、オゾン濃度の低減効果を試算したのが表 5-9 である。

表 5-9 各地方で VOC を 1 万トン削減する場合のオゾン低減効果の試算結果

	2005 年ベース			2016 年ベース		
	関東	近畿	東北	関東	近畿	東北
削減量(トン)	10000	10000	10000	10000	10000	10000
面積(km ²)	32650	29375	39975	32650	29375	39975
夏期-高濃度	0.0922	0.0136	-0.0081	0.0641	0.0041	-0.0029
夏期-最頻濃度	—	—	—	0.0759	0.0118	0.0251
春期-高濃度	—	—	—	0.0436	0.0741	0.0116
春期-最頻濃度	—	—	—	0.0314	0.0178	0.0139

1 つの地域で 1 万トン削減する場合、オゾン低減効果は関東 0.031~0.076ppb、近畿 0.0041~0.074ppb、東北-0.0029(増加)~0.025ppb となった。関東と近畿を比較すると、最もオゾン低減効果が高い側では両地方とも 0.075ppb 前後と同じようなオゾン濃度低減値となるが、最もオゾン低減効果が小さい側では、関東 0.03ppb に対して、近畿 0.004ppb と、7.6 倍の差がある。オゾン存在量低減効率は、関東地方の方が近畿地方より大きい傾向にあるが、オゾンの低減効果が気象条件等で落ちてしまう場合について、関東より近畿の方が落ち込みが大きい(オゾン存在量低減効率の値が非常に小さくなる)ことが分かる。

6 調査結果(効果的な Ox 濃度の低減方法の検討)

6-1. MIR および排出場所のパラメータとオゾン低減効率等との関係

昨年度の調査において、業種ごとの MIR と、排出場所のパラメータについて、オゾン低減効率との相関性を検討した。排出場所のパラメータについて、昨年度報告書より以下に引用する。

既存研究(Inoue et al., 2019)で推定された 20×20km メッシュごとのオゾン低減効率地理分布に各業種の該当メッシュにおける排出量の比率を乗じ、全メッシュについて足し合わせたものを「排出場所に関するパラメータ」と定義し、算出した。図 6-1 に排出場所に関するパラメータの算出イメージを示す。オゾン低減効率地理分布は、図 6-1 の左図にあるように、関東地方を 20km メッシュに区分し、ある 20km メッシュで塗料組成の VOC を 1 トン削減した時、関東地方全体のオゾン濃度が何 ppt 下がるかを計算し、その分布を図示したものである。図では東京湾南部のピンクの領域(A 点)で VOC を削減した場合が最も関東地方全体のオゾン低減に寄与し、北関東の青い領域(例えば B 点)では関東地方全体のオゾン低減への寄与が負であることを示している。本業務に適用する場合、業種や組成は異なるが、分布としてはほぼ同じと仮定して、この成果を用いて排出場所のパラメータを計算している。

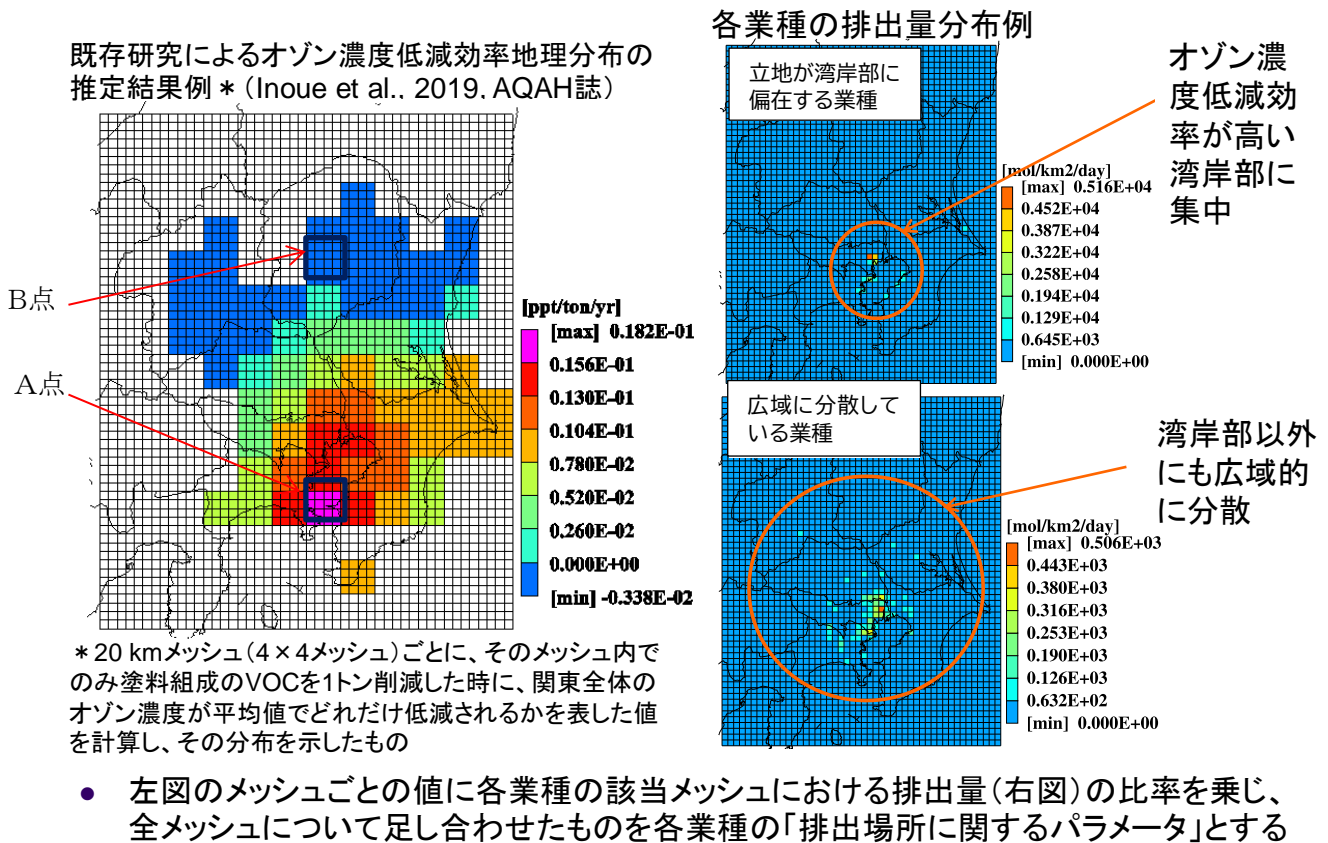


図 6-1 排出場所に関するパラメータの算出イメージ

MIR、排出場所のパラメータ、およびこれらの積と、オゾン集団暴露量低減効率の相関分析結果を図 6-2 に示す。した。MIR とオゾン集団暴露量低減効率、および、排出場所に関するパラメータとオゾン集団暴露量低減効率との決定係数は、それぞれ、0.61、0.47 であるが、両パラメータの積とオゾン集団暴露量低減効率との決定係数は 0.93 にまで上昇していることがわかる。このことから、業種間のオゾン集団暴露量低減効率の変

動要因としては以前から議論されてきた MIR だけでなく、排出削減場所(立地)の影響も大きいことが示唆される。

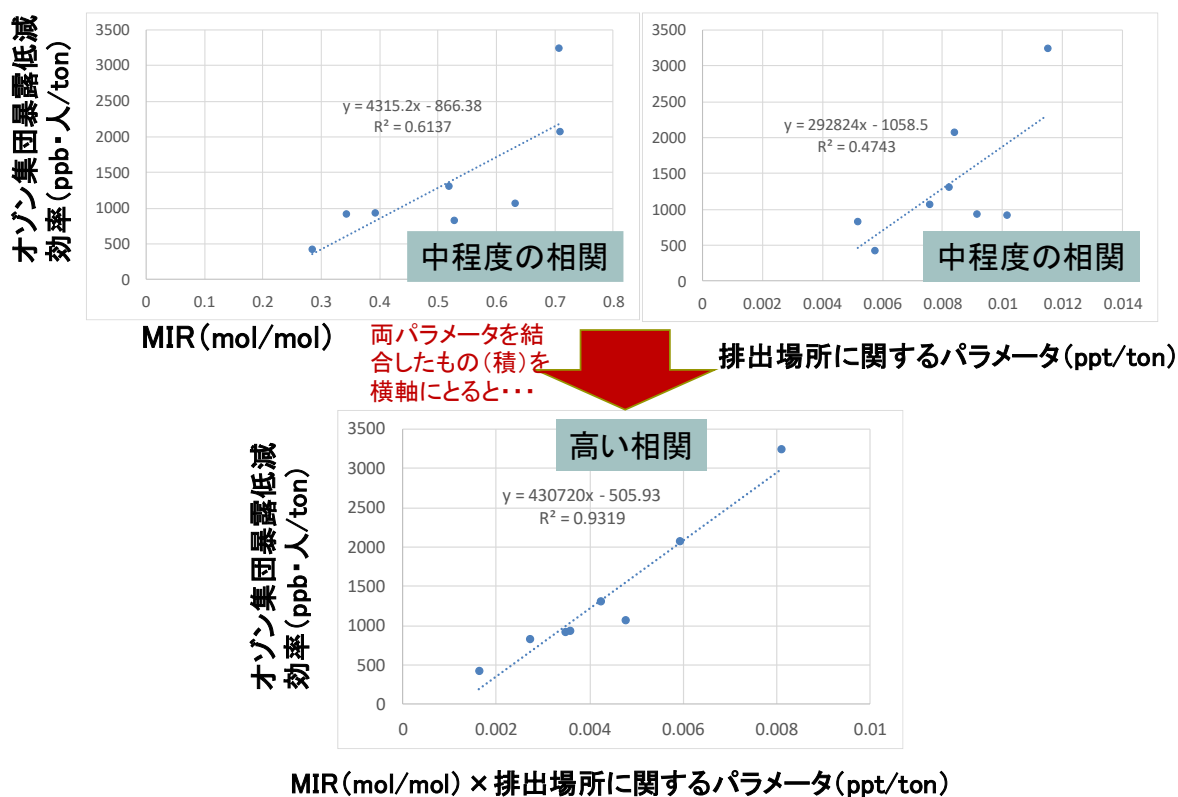


図 6-2 相関分析結果

6-2. 気象条件の影響

これらパラメータについて、令和 2 年度の調査結果も参考に、再度検討を試みた。まず、令和元年度計算対象とした 8 業種における MIR (mol/mol)、排出場所のパラメータ (ppt/ton/year)、これらの積をまとめて示すと表 6-1 および次の図のとおりである。業種により、MIR も排出場所のパラメータも違いがあり、それぞれ、業種間で 2 倍以上異なることが分かる。

表 6-1 MIR、排出場所のパラメータおよびそれらの積の値

	業種 1	業種 2	業種 3	業種 4	業種 5	業種 6	業種 7	業種 8	最大/最小の比
①MIR	0.284	0.631	0.342	0.707	0.392	0.526	0.517	0.709	2.49
②排出場所パラメータ	0.00572	0.00756	0.0101	0.0115	0.00913	0.00516	0.00819	0.00839	2.22
①×②	0.00163	0.00477	0.00347	0.00812	0.00358	0.00272	0.00424	0.00595	5.00

※有効数字 3 桁で示した。

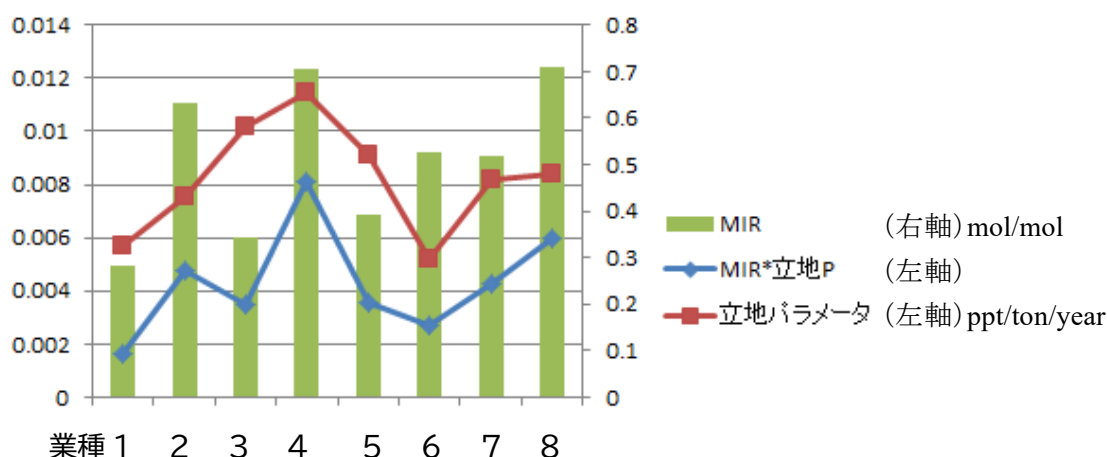


図 6-3 MIR、排出場所のパラメータおよびそれらの積の値

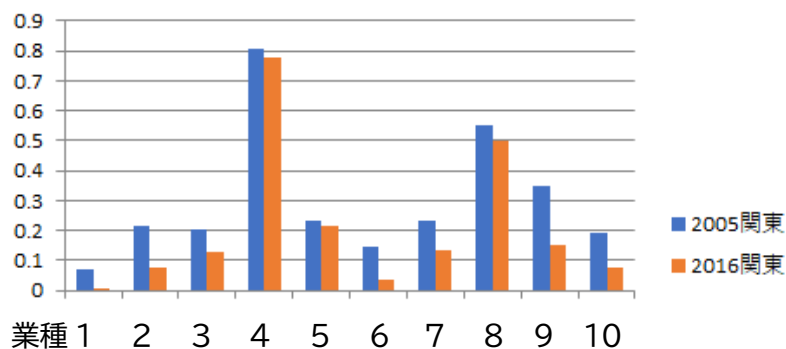


図 6-4 オゾン存在量低減効率の値(気象条件:夏期高濃度)

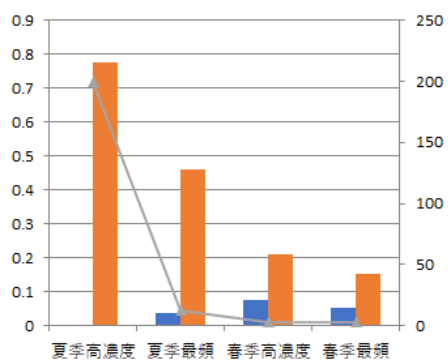
MIRと排出場所のパラメータの積を取ると、この値の最大値／最小値の比は業種間の違いとして5倍と大きくなるが、この積の値と、オゾン低減効率等の値との相関は高くなる。関東地方の場合は、図 6-3 の青い折れ線グラフと、図 6-4 の 2005 関東の青いバーの値とが相関している。オゾン存在量低減効率でもオゾン集団暴露量低減効率でも同様の結果となる。

他の地域(近畿、東北)、他の時期(2016 年ベース)、他の気象条件(夏期の高濃度オゾンが生じる気象条件)については、図 6-1 の左図の、排出場所のパラメータを算出する際に必要となる「オゾン濃度低減効率の地理分布の算出」が別途必要となる。

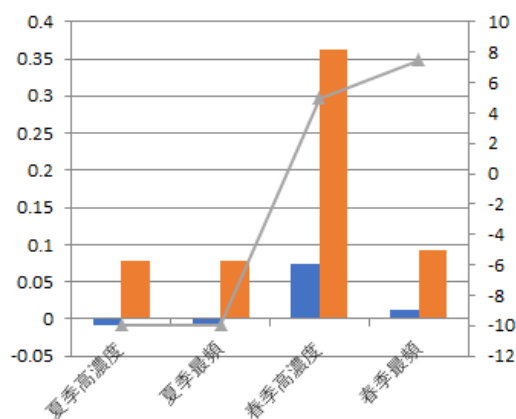
さて、今年度検討した気象条件によるオゾン存在量低減効率の変動について加味して検討してみる。夏場の高濃度オゾンが生じる以外の 3 つの気象条件を検討した 2 業種について、夏季高濃度、夏季最頻(再頻とは、最も高い頻度で現れる気象条件、春も同じ)、春季高濃度、春季最頻の 4 つの気象条件でのオゾン存在量低減効率を表 6-2、図 6-5 に示す。この 2 業種は、MIR と排出場所のパラメータの積が最大、最小の 2 業種であるが、個別の業種に関して検討することが目的ではない。

表 6-2 気象パターンを検討した 2 業種におけるオゾン存在量低減効率 (ppb・km²/ton)

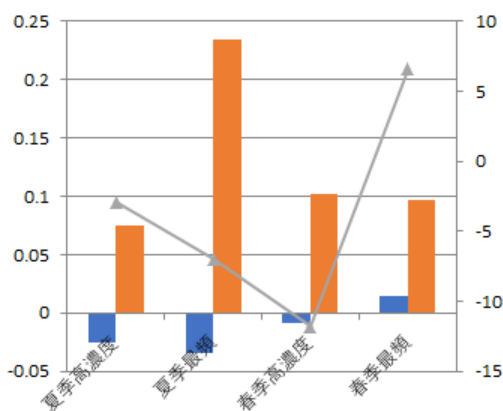
		業種 1	業種 4	業種 4/業種 1 の比
MIR	mol/mol	0.284	0.707	2.49
2016 関東	夏季高濃度	0.00389	0.776	199.7
	夏季最頻	0.0357	0.46	12.9
	春季高濃度	0.0752	0.209	2.78
	春季最頻	0.0537	0.151	2.82
2016 近畿	夏季高濃度	-0.00776	0.0771	-9.94
	夏季最頻	-0.00776	0.0771	-9.94
	春季高濃度	0.0732	0.362	4.95
	春季最頻	0.0124	0.0924	7.47
2016 東北	夏季高濃度	-0.0259	0.0745	-2.88
	夏季最頻	-0.0338	0.235	-6.95
	春季高濃度	-0.00862	0.101	-11.8
	春季最頻	0.0147	0.0966	6.57
最大/最小の比		-2.23	10.4	
最大/最小の差		0.11	0.70	



(a) 関東地方



(b) 近畿地方



(c) 東北地方

■ 業種 1 のオゾン存在量低減効率(左軸)
 ■ 業種 4 オゾン存在量低減効率(左軸)
 ▲ 業種 4/業種 1 の比(右軸)

図 6-5 気象条件、地方別のオゾン存在量低減効率

気象パターンによる影響を検討した2業種について見てみると、以下の傾向が見てとれる。

- ①業種4では、オゾン低減効率値自体は大きい方だが、変動幅も変動率も大きい。
- ②業種1では、変動幅は相対的に小さいが、正負の符号が逆転することがある。
- ③地方により、気象パターンによる変動が異なり、一定の傾向は見られない。

すなわち、MIRだけでなく、排出場所による違い、さらには、気象条件による影響、地方による違いにより、オゾン存在量低減効率は大きく変動している。

6-3. 比較的少ないコストで実行できる対策について

対策のコストについては、これを分析した文献等は極めて少ないが、「有害大気汚染物質対策の経済性評価報告書」(経済産業省、平成15年度)では、化学工業の自主管理(第1期:平成8~11年度、第2期:平成13~15年度、10の化学物質について、2期通期でおよそ78%の排出削減を達成)による削減実績927件のアンケート結果を分析している。全対策の平均値として、1トンあたり削減費用を第1期(平成8-11年)31万円、第2期(平成13-14年)38万円と算出している。対策の分類別の1トンあたり削減費用の分析例を表6-3に示す。同報告書では、濃度、削減量が大きい対策ほど単位削減費用が安い傾向がみられる、としている。

表 6-3 対策種別による1トン削減費用の分析例

削減方法	技術詳細	1トン削減費用(万円)					計
		事例数	H8-11年	事例数	H12-14年	事例数	
①系を密閉化	①前工程に接続	9	46	12	36	21	41
	②蓋の設置・改造	30	50	30	28	60	37
	③排気口統合	3	9	8	7	11	8
	④内部部屋設置	2	125	5	16	7	34
②該当物質を使わない	①溶剤・溶媒*変更	34	43	53	33	87	37
	②原料・副生物を溶剤・溶媒に使用	1	23	0	-	1	23
	③非生成工程に改善	8	16	7	4	15	8
	④溶剤・溶媒自体を使わない(水洗浄)	7	18	5	4	12	17
③除去設備(既設)	①活性炭等吸着	21	13	34	39	55	23
	②油等による吸収	2	0	2	7	4	1
	③水・酸・アルカリで吸収	23	89	13	260	36	166
	④触媒酸化焼却	0	-	3	5	3	5
	⑤焼却・加熱炉	43	44	58	34	101	39
	⑥冷却・凝集	6	51	11	28	17	45
④除去設備(新設)	①活性炭等吸着	26	36	14	38	40	37
	②油等による吸収	6	43	4	39	10	42
	③水・酸・アルカリで吸収	13	197	8	63	21	111
	④触媒酸化焼却	0	-	10	67	10	67
	⑤焼却・加熱炉	12	68	19	80	31	76
	⑥冷却・凝集	25	21	22	42	47	31
⑤反応率・回収率向上	①薬剤変更	3	114	1	108	4	112
	②運転条件変更	73	20	86	32	159	24

出典:平成15年度有害大気汚染物質対策の経済性評価報告書、平成16年3月、経済産業省

VOC 自主的取組でも、密閉化や有機溶剤等の資材の削減などの対策が、コストがあまり掛からない方法として各種のパンフレット、事例集、業種別のマニュアル、報告書等で提示されている。

多くのマニュアルや事例集等の文献を通じて、一般的には、排ガス処理のようなエンド・オブ・パイプの対策よりも、密閉化に代表されるような、工程内対策による工夫が、それほどコストの掛からない対策手法として示されている。

6-4. 検討結果

以上を踏まえ、本章に関しては、以下のようなことが言える。

事業者の手元において、密閉化や使用量の削減に代表されるような方法で、VOC 排出量を削減することは、事業者の条件によっては可能である。作業環境の改善等の動機づけと合わせて、対策を検討したり、それを実行することは大いに意味がある。

しかしながら、本章の整理でも明らかなように、使用物質の MIR、排出場所のパラメータ、地方による違い、BVOC の影響、気象条件による影響等によって、オゾン低減効率等が大きく変動し、この変動幅は、業種間での MIR の違い(2.5 倍程度)や、MIR×排出場所のパラメータの違い(5 倍程度)よりもかなり大きい。このため、同じ対策を行っていても、それを行う時期(過去と近年で異なる)、日時(1 年のうちいつ)、立地(排出場所や BVOC の存在量)、気象条件等により、そのオゾン低減効果が著しく大きく変動してしまう。このように、事業者がコントロールできる対策等の条件に対して、事業者がコントロールできない外部要因が、変動要因として存在している。このイメージを図 6-6 に示す。なお、図 6-6 では、対策の 1 案として MIR が低い物質への代替を示しているが、前述のように、これだけでは不十分で、排出場所の立地等も加味すべきである。また、移流等でオゾンのバックグラウンド濃度が上昇する場合、事業者の排出対策でオゾン濃度が下がったとしても、効果が相殺されてしまう。

BVOC については、我が国の BVOC 排出量が、全排出量の 3 分の 2 を占める、という推計もあるように、無視できない VOC 排出源である。BVOC を加味することによる大気中の VOC 量だけでなく、VOC/NO_x の比によってオゾン生成レジームが異なることから、シミュレーション計算における BVOC の設定量を改善することは重要な課題である。BVOC 設定量の違いがレジームの違いに影響すれば、計算結果が変わり得る。

その他の考慮事項としては、VOC を 10%のような割合で有意に削減したとしても、そのことによるオゾン濃度の低減幅が、0.01ppb オーダーのように、相対的に非常に小さいことが示唆される。また、オゾンの低減による健康影響の低減や、イネの収量改善等による社会的メリットの検討、対策コストの検討も必要である。排出量、排出濃度が大きい箇所初期に対策を打つ場合に比べて、対策可能箇所が少なくなり、低濃度、大風量のような対策に移行した場合は、対策コストは一般的に上昇する。

このように、対策手法のみでオゾン低減効果を論じることは出来ず、事業者にとっての外部条件が、オゾンの低減効果を大きく変動させてしまうことに留意する必要がある。従って、効果的なオキシダント濃度の低減方法に関しては、現状では導き出すことは難しい。

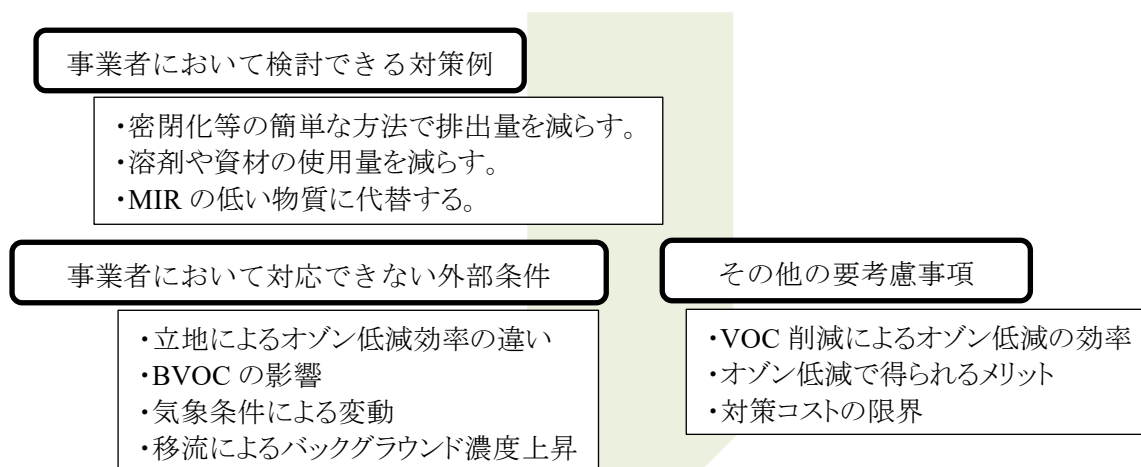


図 6-6 事業者の VOC 対策検討に影響する外部要因

7 調査結果(工業会等に未加入の事業者への対応)

令和3年2月現在、経済産業省が取りまとめるVOC自主的取組には、41の業界団体等から20,500社が参加し、排出量報告を行っている。業界団体は、基本的にはまとめ役であり、団体全体としての自主行動計画のまとめ、排出量の集計などを行っている。

事業者においては、業界団体に加盟していない場合もあるため、そのような業界団体未加盟の事業者が経済産業省のVOC自主的取組に参加できるよう、(一社)産業環境管理協会は平成19年10月に「VOC自主的取組支援ボード」(以下、「支援ボード」という。)を設立した。会費等は無料であり、個別企業の社名や排出量、具体的対策等の情報は守秘される仕組みになっている。

支援ボードに参加することのメリットは、以下の2つである。

- ①参加すると、登録証が発行される。国のVOC対策の政策に、協力していることを示すことができる(産業環境管理協会は個社情報は出さないが、参加企業自体が自らの判断で自主的取組参加等を公表することは妨げていない)。
- ②企業ごとの自主行動計画や、排出量算定等の一般的な方法について、相談できる。

今般、リーフレットの制作・配布等を通じて、支援ボードに関する周知啓発を行うこととした。

7-1. 支援ボード参加企業に対するアンケート

令和3年2月現在、支援ボード参加企業は20社である。次項のリーフレットを作成する上で、支援ボード参加企業の声などを集める目的で、7つの設問からなる簡単な選択肢式のアンケートを実施した。アンケート調査票を図7-1に示す。20社中18社から回答を得た。以下に、回答を分析した結果を示す。

VOC 自主的取組支援ボード 参加企業アンケート調査票

(一社)産業環境管理協会

回答方法:あてはまる項目の□を■に置換して下さい。

アンケート管理番号

Q1. 支援ボードを知ったきっかけは何ですか？(近いものどれか1つ)	
<input type="checkbox"/> 産業環境管理協会からのアンケート <input type="checkbox"/> VOC 排出抑制の手引き(パンフレット) <input type="checkbox"/> 支援ボードを紹介したチラシ <input type="checkbox"/> 環境省のホームページ <input type="checkbox"/> 経済産業省のホームページ <input type="checkbox"/> 産業環境管理協会のホームページ <input type="checkbox"/> 経済産業省や自治体等が主催する VOC 関係のセミナー <input type="checkbox"/> 経済産業省が実施する VOC 関係の調査(ヒアリング調査、対策事例調査など) <input type="checkbox"/> 親会社、取引会社等からの紹介 <input type="checkbox"/> その他→() ※「その他」の場合は、差し支えない範囲で簡単にお書きください。	
Q2. 支援ボードを通じて自主的取組に参加した動機(複数回答可)	
<input type="checkbox"/> 国の環境政策に協力するため。 <input type="checkbox"/> VOC の法規制強化を避けるため。 <input type="checkbox"/> 自社の環境活動の拡充のため。 <input type="checkbox"/> 国に排出量報告を行うことで、検証評価を伴う自主的取組の仕組みに参加できるため。 <input type="checkbox"/> その他→()	
Q3. 自主的取組について、次のことを知っていますか？(複数回答可)	
<input type="checkbox"/> 自主的取組とは、事業者が VOC の排出を削減するだけでなく、それを情報公開し検証できる仕組みを伴うことが求められていること(中央環境審議会答申 H16.2.3)。 <input type="checkbox"/> 平成 12 年度を基準に平成 22 年度までに法規制と自主的取組を合わせて、排出量を 3 割削減する目標が立てられたが、個別事業者は 3 割削減目標でなくてもよいこと。 <input type="checkbox"/> 平成 23 年度以降は、現状より悪化しないことを原則に自主的取組を当面継続することになったこと。	
Q4. 支援ボードを通じての排出量報告に必要な工数はどのくらいですか？(近いものどれか1つ)	
<input type="checkbox"/> 1 時間以内 <input type="checkbox"/> 半日以内 <input type="checkbox"/> 1 日以内 <input type="checkbox"/> 上記以外()	
Q5. 支援ボードの登録証を何らかの形で活用していますか？((該当するものがあれば)(複数回答可)	
<input type="checkbox"/> 自社内に掲額する等して掲示している。 <input type="checkbox"/> 環境報告書、ホームページ等にスキャンイメージを載せている。	
Q6. 経済産業省の VOC 自主的取組に参加していることを公表していますか？(該当するものがあれば1つ)	
<input type="checkbox"/> 自社の環境報告書、ホームページ等で紹介している。 <input type="checkbox"/> VOC 自主的取組を実施していることは公表しているが、経済産業省、産業環境管理協会等の名称には触れていない。 <input type="checkbox"/> VOC の排出削減を行っていることは公表しているが、自主的取組という語句は使っていない。	
Q7. VOC 自主的取組、支援ボード等について、事業者として知りたいこと、活用アイデア、要望事項などありましたらお書きください。(任意記入)	

ご協力ありがとうございました。 送信先・お問合せ先: 支援ボード事務局

図 7-1 支援ボード参加企業を対象としたアンケート調査票

(1) Q1. 支援ボードを知ったきっかけは何ですか？

支援ボードを知ったきっかけについて、表 7-1 に示す。平成 17～22 年度の期間に、産業環境管理協会は、会員企業に対するアンケート、経済産業省（経済産業局を含む）や自治体等が主催するセミナーの開催および出講、VOC 対策に関する事例集作成のためのヒアリング調査や、アドバイザー制度を伴う対策調査等を行っている。また、自主的取組についてまとめたパンフレット「VOC 排出抑制の手引き」（平成 18 年 3 月初版発行、18 年 5 月第 2 版（一部修正）、平成 22 年 3 月第 3 版（一部更新））を経済産業省の請負調査事業の中で作成し、自治体や主要な業界団体等を通じて配布している。

表 7-1 支援ボードアンケート分析結果(Q1:支援ボードを知ったきっかけ)

回答選択肢	件数
産業環境管理協会からのアンケート	7 件
経済産業省や自治体等が主催する VOC 関係のセミナー	5 件
VOC 排出抑制の手引き（パンフレット）	2 件
その他（不明） ※担当交代により過去の経緯不明	2 件
経済産業省が実施する VOC 関係の調査（ヒアリング調査、対策実例調査など）	1 件
産業環境管理協会より参加依頼があった。	1 件
支援ボードを紹介したチラシ	0 件
環境省のホームページ	0 件
経済産業省のホームページ	0 件
産業環境管理協会のホームページ	0 件
親会社、取引会社等からの紹介	0 件

(2) Q2. 支援ボードを通じて自主的取組に参加した動機（複数回答可）

次に、支援ボードを通じて、自主的取り組みに参加した動機を伺った（表 7-2）。もともと環境活動を拡充する計画であった、という回答が多かった。国の環境政策への協力や、自主的取組が備えるべき「情報公開と検証評価の仕組み」（平成 16 年 2 月 3 日中環審答申）を理解している事業者もあった。

表 7-2 支援ボードアンケート分析結果(Q2:自主的取組への参加動機)

回答選択肢	件数
自社の環境活動の拡充のため。	12 件
国の環境政策に協力するため。	8 件
国に排出量報告を行うことで、検証評価を伴う自主的取組の仕組みに参加できるため。	5 件
VOC の法規制強化を避けるため。	1 件
その他→アドバイザー派遣制度により指導が受けられる点	1 件
その他→他社の排出抑制の動向など把握したい	1 件

(3) Q3. 自主的取組について、次のことを知っていますか？（複数回答可）

VOC 自主的取組について、政策的な主要な情報を認知しているかどうかについて聞いた（表 7-3）。大多数とまでは言えないが、政策情報がある程度把握している実態が分かる。

表 7-3 支援ボードアンケート分析結果(Q3:自主的取組に関する政策的情報の認識)

回答選択肢	件数
平成 23 年度以降は、現状より悪化しないことを原則に自主的取組を当面継続することになったこと。	13 社
自主的取組とは、事業者が VOC の排出を削減するだけでなく、それを情報公開し検証できる仕組みを伴うことが求められていること（中央環境審議会答申 H16.2.3）。	9 社
平成 12 年度を基準に平成 22 年度までに法規制と自主的取組を合わせて、排出量を 3 割削減する目標が立てられたが、個別事業者は 3 割削減目標でなくてもよいこと。	6 社

(4) Q4. 支援ボードを通じての排出量報告に必要な工数ほどのくらいですか？

支援ボードを通じて、排出量報告をするために、計算や書類作成の工数について聞いた(表 7-4)。1 時間以内の比較的軽微な負荷で対応している事業者が多く、恐らく、PRTR の大気排出量や、塗料購入量などから、簡潔な方法で算出しているケースが多いと考えられる。

表 7-4 支援ボードアンケート分析結果(Q4:排出量報告作成に要する工数)

回答選択肢	件数
1 時間以内	8 件
1 日以内	5 件
半日以内	3 件
上記以外(1 週間程度:社内確認の為)	1 件

(5) Q5. 支援ボードの登録証を何らかの形で活用していますか？（(該当するものがあれば)複数回答可）

(一社)産業環境管理協会では、支援ボードに参加した企業に対して、表彰状様式の登録証を発行している。この活用方法について聞いた(表 7-5)。事業所に掲額しているとの回答が 4 件あった。

表 7-5 支援ボードアンケート分析結果(Q5:支援ボードの登録証の活用方法)

回答選択肢	件数
自社内に掲額する等して掲示している。	4 件
環境報告書、ホームページ等にスキャンイメージを載せている。	0 件

(6) Q6. 経済産業省の VOC 自主的取組に参加していることを公表していますか？

VOC 自主的取組についての自社での公表の仕方について聞いた(表 7-6)。「経済産業省」、「産業環境管理協会」の語句は使っていない、「自主的取組」という語句を使っていない、等の回答であった。これ以外の事業者は、VOC 自主的取組や VOC 排出削減の実施自体を公表していないと思われる。排出事業者にとっては、化学物質の排出量等を公表することは、積極的な排出削減を行っている事業者と理解されるメリットの反

面、少量でも有害な化学物質を排出している企業と取られる懸念がある。また、場合によっては、排出している化学物質の種類や量から、製造工程や対策の種類等を類推される恐れもあるため、必ずしも個社単位で公表することがメリットとはならない。(一社)産業環境管理協会の支援ボードは、協会単位での情報公開性を担保しつつ、個社情報は守秘するという仕組みにおいて、事業者のジレンマを解消する仕組みを採っている。有害大気汚染物質の自主管理でも、VOC 自主的取組でも、業界団体の役割の 1 つはこの点(情報公開性と守秘性の両立)にある。

表 7-6 支援ボードアンケート分析結果(Q5:自主的取組についての公表の度合い)

回答選択肢	件数
VOC 自主的取組を実施していることは公表しているが、経済産業省、産業環境管理協会等の名称には触れていない。	5 件
VOC の排出削減を行っていることは公表しているが、自主的取組という語句は使っていない。	3 件
自社の環境報告書、ホームページ等で紹介している。	0 件

(7) Q7. VOC 自主的取組、支援ボード等について、事業者として知りたいこと、活用アイデア、要望事項などありましたらお書きください。(任意記入)

その他任意の記述として、要望事項などを聞いた(表 7-7)。事例情報を望む声と、特に昨今、VOC 対策を進めている中国に関する施策情報を望む声があった。

表 7-7 支援ボードアンケート分析結果(Q7:その他(要望事項等))

回答内容(記述)	件数
海外とくに中国等との施策の比較	1 件
VOC 削減活動の事例をもっと周知して欲しい。	1 件
同業他社の有益な情報があれば活用したい	1 件
大気放出率は小さいが取扱量が多い事例があれば公開して欲しい。	1 件

7-2. 支援ボードに関するリーフレットの作成

支援ボードの周知・啓発を目的に、A4 カラー×表裏 1 枚のリーフレットを作成した。リーフレットイメージを図 7-2、図 7-3 に示す。自治体に紙媒体で配布し、希望する自治体には PDF ファイルを提供した。また、日本商工会議所にイントラネットに PDF ファイルを掲載いただいた。

光化学スモッグの防止のため

VOC 自主的取組に参加しませんか!

業界団体未加盟の事業者の方は「支援ボード」にご連絡を

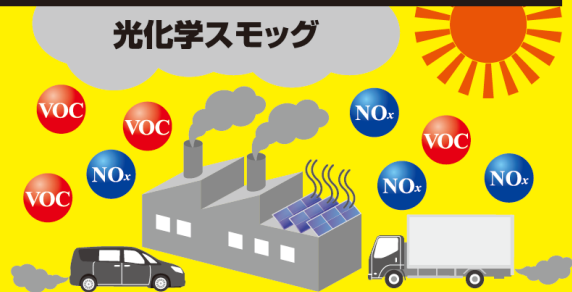
揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds) とは?

- VOCとは、大気に排出された時に気体となる有機化合物です。塗料、印刷インキ、接着剤、洗浄剤、ガソリン、シンナーなどに含まれるトルエン、キシレン、酢酸エチルなどが代表的な物質です。



なぜ、VOCの排出を抑制しなければならないの?

- 大気に排出されたVOCは光化学スモッグの原因となり、光化学スモッグは高濃度の場合、健康被害を起こします。なお、窒素酸化物(NO_x)もこの原因となります。
- また、作業環境の改善のためにもVOCの排出抑制は重要です。



「自主的取組」とは?

- 「自主的取組」は、光化学スモッグの発生を抑制するため、業界や企業等が自発的に計画を検討・立案し、自由度のあるVOC排出抑制対策を実行していく仕組みのことです。
 - 「自主的取組」はVOCを使用される事業者の方であれば、施設の規模、種類、排出形態によらず、どなたでも参加することができます。
- ◎例えば、車や電機部品の塗装、洗浄、印刷、接着、屋外での溶剤使用等

こんな取組から始めてみませんか？

1 現状把握

VOCの使用量や保管、廃棄状況を確認

2 密閉化(整理・整頓)

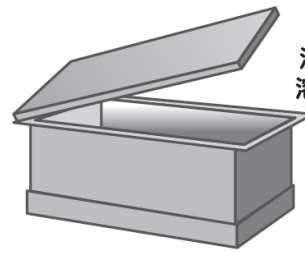
容器のこまめな蓋閉め、ビニルカーテンの設置等によりVOCの揮発を抑制

3 作業方法の点検

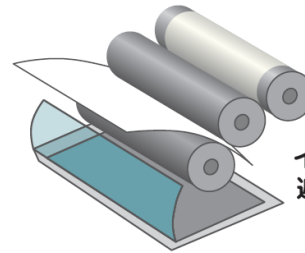
適切な温度、濃度での作業、最適な塗装方法の選択、洗浄回数の見直し等、ムダを省く

4 使用量の削減・代替

代替可能であれば、揮発性が少ない塗料やインキ、洗浄剤等を利用



洗浄槽にフタをすると、溶剤の蒸発を防げます。



インキパンに当たる風を遮ると、溶剤の蒸発量を少なくできます。

コスト
ダウンも
実現!

自主的取組を行うメリット

コストダウンにつながる

作業環境が改善される

「自主的取組支援ボード」にご参加ください

- 自主的取組の成果は業界団体ごとに取りまとめ、経済産業省に報告しています。
- 業界団体に所属されていない場合、(一社)産業環境管理協会に「自主的取組支援ボード」という仕組みを設けていますので、同協会まで御相談ください。



自主的取組に参加しましょう!

一般社団法人 産業環境管理協会 VOC自主的取組支援ボード
〒101-0044 東京都千代田区鍛冶町2-2-1 三井住友銀行神田駅前ビル

TEL 03-5209-7707 (国際協力・技術室) URL <http://www.jemai.or.jp/tech/about.html> 産環協 支援ボード

図 7-3 支援ボードの普及・啓発用リーフレット(裏面)

表 7-8 リーフレット・アンケートを配布した 157 自治体

NO.	自治体名	NO.	自治体名	NO.	自治体名	NO.	自治体名
1	北海道庁	39	千葉県庁	81	愛知県庁	122	岡山県庁
2	札幌市役所	40	千葉市役所	82	名古屋市役所	123	岡山市役所
3	旭川市役所	41	船橋市役所	83	豊田市役所	124	倉敷市役所
4	函館市役所	42	柏市役所	84	豊橋市役所	125	広島県庁
5	青森県庁	43	市川市役所	85	岡崎市役所	126	広島市役所
6	青森市役所	44	松戸市役所	86	一宮市役所	127	福山市役所
7	八戸市役所	45	市原市役所	87	春日井市役所	128	呉市役所
8	岩手県庁	46	東京都	88	三重県庁	129	山口県庁
9	盛岡市役所	47	八王子市役所	89	四日市市役所	130	下関市役所
10	宮城県庁	48	神奈川県庁	90	滋賀県庁	131	徳島県庁
11	仙台市役所	49	横浜市役所	91	大津市役所	132	徳島市役所
12	秋田県庁	50	川崎市役所	92	京都府庁	133	香川県庁
13	秋田市役所	51	横須賀市役所	93	京都市役所	134	高松市役所
14	山形県庁	52	相模原市役所	94	大阪府庁	135	愛媛県庁
15	山形市役所	53	平塚市役所	95	大阪市役所	136	松山市役所
16	福島県庁	54	藤沢市役所	96	堺市役所	137	高知県庁
17	福島市役所	55	小田原市役所	97	高槻市役所	138	高知市役所
18	郡山市役所	56	茅ヶ崎市役所	98	東大阪市役所	139	福岡県庁
19	いわき市役所	57	厚木市役所	99	豊中市役所	140	北九州市役所
20	茨城県庁	58	大和市役所	100	吹田市役所	141	福岡市役所
21	水戸市役所	59	新潟県庁	101	枚方市役所	142	久留米市役所
22	つくば市役所	60	新潟市役所	102	八尾市役所	143	佐賀県庁
23	栃木県庁	61	長岡市役所	103	岸和田市役所	144	佐賀市役所
24	宇都宮市役所	62	上越市役所	104	茨木市役所	145	長崎県庁
25	群馬県庁	63	富山県庁	105	寝屋川市役所	146	長崎市役所
26	前橋市役所	64	富山市役所	106	兵庫県庁	147	佐世保市役所
27	高崎市役所	65	石川県庁	107	神戸市役所	148	熊本県庁
28	伊勢崎市役所	66	金沢市役所	108	姫路市役所	149	熊本市役所
29	太田市役所	67	福井県庁	109	西宮市役所	150	大分県庁
30	埼玉県庁	68	福井市役所	110	尼崎市役所	151	大分市役所
31	さいたま市役所	69	山梨県庁	111	明石市役所	152	宮崎県庁
32	川越市役所	70	甲府市役所	112	加古川市役所	153	宮崎市役所
33	熊谷市役所	71	長野県庁	113	宝塚市役所	154	鹿児島県庁
34	川口市役所	72	長野市役所	114	奈良県庁	155	鹿児島市役所
35	所沢市役所	73	松本市役所	115	奈良市役所	156	沖縄県庁
36	越谷市役所	74	岐阜県庁	116	和歌山県庁	157	那覇市役所
37	春日部市役所	75	岐阜市役所	117	和歌山市役所		
38	草加市役所	76	静岡県庁	118	鳥取県庁		
		77	静岡市役所	119	鳥取市役所		
		78	浜松市役所	120	島根県庁		
		79	沼津市役所	121	松江市役所		
		80	富士市役所				

経済産業省「令和2年度 VOC 排出削減効果の定量的評価に向けた検討等業務」

VOC 自主的取組の普及啓発状況に関するアンケート

ご回答者名: _____

※該当する回答選択肢にチェックマーク✓、または黒い■に置換してください。

設問	回答選択肢
Q1. 自主的取組に係る啓発活動(複数回答可)	<input type="checkbox"/> ①ホームページにて、法規制だけでなく自主的取組についても説明している。 <input type="checkbox"/> ②自主的取組に関してチラシ、リーフレット、冊子等を作り配布している。 <input type="checkbox"/> ③VOC の排出削減に関して、対策方法、事例集などを作り配布している。 <input type="checkbox"/> ④自主的取組に関して、セミナー、講演会等を開催している。
Q1-1. Q1 で②、または③と回答された方	貴自治体で過去に製作された、チラシ、リーフレット、冊子、事例集等の実績をご教示ください(重要なものや、現在利用可能な範囲で構いません)。
Q1-1. Q1 で④と回答された方	貴自治体で VOC 関連のセミナー、講演会の頻度は、どの程度ですか？ <input type="checkbox"/> ①1年に1回程度 <input type="checkbox"/> ②不定期的(法改正時など)
Q2. VOC 施策に関する情報入手(複数回答可)	VOC のベストミックス施策について、以下の情報源を利用されていますか？ <input type="checkbox"/> ①環境省の VOC 対策のホームページ <input type="checkbox"/> ②環境省の中央環境審議会大気環境部会のホームページ <input type="checkbox"/> ③環境省の光化学オキシダント対策検討会のホームページ <input type="checkbox"/> ④環境省の微小粒子状物質等専門委員会のホームページ <input type="checkbox"/> ⑤経済産業省の VOC 対策のホームページ <input type="checkbox"/> ⑥経済産業省の産業構造審議会産業環境対策小委員会のホームページ <input type="checkbox"/> ⑦その他(業界団体のホームページなど)
Q2-1. Q2 で⑦と回答された方	差し支えなければ、よく情報入手に利用される情報源についてご教示ください。
Q3. 産業環境管理協会の「VOC 自主的取組支援ボード」をご存知ですか？	<input type="checkbox"/> ①知っている <input type="checkbox"/> ②名称は聞いたことがあるが、内容は知らない <input type="checkbox"/> ③知らなかった ③⇒「VOC 自主的取組支援ボード」は、業界団体未加盟の事業者の方が、経済産業省に年に1回の VOC 排出量実績を報告するために、その受け皿として(一社)産業環境管理協会が設置したものです。同封のリーフレットをご参照ください。
Q4. VOC 施策を実施して行く上で、自治体として必要な情報は何か？	自治体として、あるいは事業者にも VOC 施策について情報提供するために、こんな情報が欲しい、ということがありましたら、お書きください(任意記述)

※お忙しいところご協力ありがとうございました。

図 7-4 VOC 自主的取組や支援ボードに関する自治体アンケートの調査票

7-3. 自治体に対する自主的取組の認知状況に関するアンケートとリーフレットの配布

全国の 157 自治体を対象に、経済産業省の VOC 自主的取組に関する認知状況、およびその普及啓発活動について、アンケート調査を行った。アンケート先自治体を表 7-8 に、調査票を図 7-4 に示す。アンケートは A4×1 枚で、主要設問は 4 問、枝問を合わせても 7 問である。紙での郵送回答の他、FAX、Word 様式(メール添付)も可能とし、基本的に選択肢方式とした。

137 の自治体から回答をいただいた。表 7-8 は、「特定工場における公害防止組織の整備に関する法律」に基づく自治体であるため、一部自治体では大気汚染防止法の事務権限がないとの理由で回答できなかったが、リーフレットによる周知は可能な範囲でお願いした。

アンケートを送付すると同時に、前項で制作したリーフレットを同封し、地域の事業者への周知をお願いした。都道府県や、一定の大きな都市には 100 部、その他の自治体には 50 部を送付した。

以下に、アンケートの分析結果について示す。

(1) Q1. 自主的取組に係る啓発活動（複数回答可）

まず、自治体における、自主的取組の啓発活動について聞いた(表 7-9)。大気汚染防止法では、VOC 自主的取組に関して、都道府県等に対して、その周知・啓発・普及等に関する特段の責務を設けていない。そのため、基本的には、大気汚染防止法に基づく VOC の法規制対象の範囲について、届出等の情報をホームページに示している自治体が多い。法規制とともに、自主的取組が行われていること、さらに自主的取組の内容に踏み込んで、リーフレット、事例情報の掲載や、自主的取組に関連したセミナー等を実施している自治体は限定的である。

表 7-9 自治体アンケート分析結果(Q1:自主的取組に係る啓発活動)

回答選択肢	件数
①ホームページにて、法規制だけでなく自主的取組についても説明している。	32 件
②自主的取組に関してチラシ、リーフレット、冊子等を作り配布している。	15 件
③VOC の排出削減に関して、対策方法、事例集などを作り配布している。	8 件
④自主的取組に関して、セミナー、講演会等を開催している。	14 件
合計	69 件

(2) Q1-1. 貴自治体で過去に製作された、チラシ、リーフレット、冊子、事例集等の実績をご教示ください (Q1 で②または③と回答された方)

自治体で過去にチラシ、リーフレット、冊子、事例集等を作成されている場合について、その実例を聞いた(表 7-10)。15 自治体において、チラシ、リーフレット等の作成事例が多い。

表 7-10 自治体アンケート分析結果(Q1-1:チラシ、リーフレット、冊子、事例集等の実績)

自治体	キーワード	種別	内容
新潟県	トリクロエチレン	リーフレット	・トリクロエチレンの排出抑制に関するリーフレット (H30 年度作成)
新潟県	トリクロエチレン	ガイドライン	・トリクロエチレンの排出抑制に向けた自主的取組ガイドライン (R1 年度作成)
富山県	VOC 啓発	パンフレット	揮発性有機化合物 (VOC)に関する啓発パンフレット/富山県 http://www.pref.toyama.jp/cms_sec/1706/kj00013959.html
静岡県	VOC 対策	リーフレット	6月から9月を下記の VOC 対策重点実施期間として、神奈川県及び山梨県と連携し、リーフレットを作成し、事業者へ配布している。★神奈川、山梨、静岡連携
埼玉県		リーフレット	リーフレット
大阪府	排出削減	事例集	化学物質の排出削減に向けた取組事例集～大阪府内の事業所で取り組まれている対策～ (令和2年2月)
東京都	VOC 対策	ガイドブック	東京都 VOC 対策ガイド (建築土木工事編・工場内編)、
東京都	塗装施工	ハンドブック	低 VOC 塗装施工ハンドブック、
東京都	夏季対策	チラシ	夏季対策用チラシ、
東京都	低 VOC 製品	ガイドブック	身近な低 VOC 製品の選び方ガイドブック
山梨県	VOC 対策	リーフレット	平成 26 年度から、神奈川県と協調し、夏季 (6～9 月) を「VOC 対策重点実施期間」として、関係団体等にリーフレットを配布している。(令和元年度から静岡県とも協調し実施)★神奈川、山梨、静岡連携
千葉県	冬季対策	メニュー	大気汚染防止のための冬季対策メニュー、
千葉県	夏季対策	リーフレット	夏季 VOC 対策のリーフレット。★九都県市で作成
千葉県	エコドライブ	チラシ	DoI エコドライブとアイドリング・ストップのチラシ
愛知県		HP	以下アドレス参照 (http://www.pref.aichi.jp/soshiki/mizutaiki/0000022713.html)
川崎市	VOC 対策	ガイドブック	川崎市 VOC 排出抑制取組みガイド (冊子) H28
川崎市		リーフレット	・神奈川県公害防止推進協議会リーフレット (工業塗装編、建築塗装編) H29 ★推進協
川崎市	夏季対策	リーフレット	・九都県市夏季 VOC 対策リーフレット (屋外塗装、印刷、民生、ガソリンペーパー、一般工場) R1.R2 ★九都県市で作成
千葉市	夏季対策	リーフレット	九都県市で作成した VOC 対策に係るリーフレットの配布 ★九都県市で作成
八尾市		その他	令和 2 年度、市内事業者へ資料配布
相模原市	夏季対策	リーフレット	「夏季の VOC 対策重点実施期間」に係るリーフレット ★九都県市で作成
横浜市	VOC 削減	リーフレット	・リーフレット「みんなで VOC の排出を減らしましょう」 ★推進協
横浜市	VOC 削減	リーフレット	・リーフレット「VOC 排出削減にご協力をお願いします！」 ★九都県市で作成
藤沢市		リーフレット	神奈川県が作成したリーフレットを活用

(3) Q1-2. 貴自治体で VOC 関連のセミナー、講演会の頻度は、どの程度ですか？ (Q1 で④と回答された方)

セミナー等を実施している自治体について、その実施頻度を問うた(表 7-11)。すべての実施事例ではないと考えられるが、定期的な開催を行っている自治体は少ないと考えられる。横浜市は、神奈川県、川崎市とともに3自治体で神奈川県公害防止推進協議会(「推進協」という)を運営しており、VOCだけでなく公害全般に関する講習会を実施している。

表 7-11 自治体アンケート分析結果(Q1-2:VOC 関連のセミナー等の頻度)

自治体	研修等の頻度等
東京都	年に1~2回程度
豊橋市	愛知県主催のセミナーを本市HPでも周知している
横浜市	②不定期→推進協で実施
大阪市	大阪府、堺市と共同で開催

(4) Q2. VOC 施策に関する情報入手 (複数回答可)

自治体において、VOC施策について、どのような情報源をよく閲覧しているかについて聞いた(表 7-12)。環境省のVOC対策のホームページから、中環審、オキシダント対策検討会、微小粒子状物質専門委員会等の関連ページにもリンクがあり、これらの政策情報、検討状況などをチェックしていると考えられる。なお、経済産業省もVOC施策について、一括で閲覧できるホームページを作っているが、環境省のホームページより自治体の閲覧頻度は低いようである。

表 7-12 自治体アンケート分析結果(Q2:VOC施策に関する情報入手)

回答選択肢	件数
①環境省のVOC対策のホームページ	90件
②環境省の中央環境審議会大気環境部会のホームページ	40件
③環境省の光化学オキシダント対策検討会のホームページ	37件
④環境省の微小粒子状物質等専門委員会のホームページ	35件
⑤経済産業省のVOC対策のホームページ	24件
⑥経済産業省の産業構造審議会産業環境対策小委員会のホームページ	6件
⑦その他(業界団体のホームページなど)	6件
合計	238件

(5) Q2-1. 差し支えなければ、よく情報入手に利用される情報源についてご教示ください。(Q2 で⑦と回答された方)

Q2で業界団体のホームページなど、環境省や経済産業省以外の情報源を利用している場合について、具体的な情報源を聞いた(表 7-13)。市町村が、都道府県のホームページをチェックしている場合や、業界団体では塗装工業会、日本印刷産業連合会のホームページを利用している例がある。

表 7-13 自治体アンケート分析結果(Q2-1:よく利用する業界団体等の情報源)

自治体	よく利用している情報源
東京都	セミナー情報
富士市	取引先計量証明事業場からのメールニュース
船橋市	千葉県ホームページ
寝屋川市	近畿経済産業局(経済産業省)開催のセミナーへの参加(VOC 排出抑制対策)
川崎市	日印産連ホームページ(グリーンプリンティング認定事業者の検索) 環境省、エネ庁の e→AS ホームページ(stage II 設置ガソリンスタンドの検索)
川口市	埼玉県の VOC 対策のホームページ
横浜市	一般社団法人塗装工業会、日本印刷産業連合会のホームページ

(6) Q3. 産業環境管理協会の「VOC 自主的取組支援ボード」をご存知ですか？

次に、産業環境管理協会の支援ボードに関して知っているか、を問うた(表 7-14)。このアンケートは、全都道府県から回答をいただいているが、①知っている、または②名前は聞いたことがある、の回答を合わせても、32 件に過ぎない。全回答のうち 76%に当たる 104 件の自治体が、知らなかった、と回答している。支援ボードに関しては、経済産業省の調査事業等の中で、今般と同様にリーフレット等で啓発することがあるが、自治体の中でも認知度が低い状況が分かった。自治体で 2~3 年程度のスパンで担当者が異動した場合でも、自治体の職員が支援ボードに関して、あるいはVOCの自主的取組に関しても、事業者への普及啓発等の活動を行っている例は余りないため、業務の引継ぎの中で支援ボードが伝達されることは恐らく無いためと考えられる。地方の事業者にとっても、産業環境管理協会を認知していなければ、通常的环境業務で関わるのは地元自治体であるから、自治体レベルでVOCの自主的取組について、何らかの情報提供が事業者に普及できる仕組みが構築されることが望ましい。

表 7-14 自治体アンケート分析結果(Q3:支援ボードの認知度)

回答選択肢	件数
①知っている	13 件
②名称は聞いたことがあるが、内容は知らない	19 件
③知らなかった	104 件
合計	136 件

(7) Q4. 自治体として、あるいは事業者に VOC 施策について情報提供するために、こんな情報が欲しい、ということがありましたら、お書きください (任意記述)

最後に、自治体として、VOC施策について、必要な情報、欲しい情報について聞いた(表 7-15)。事例紹介、VOC及びその代替物質の情報、コストダウン事例、経済的支援などの情報が希望されている。VOCの排出削減と光化学オキシダントの現象の関係性や、VOC削減による効果など、なぜ、VOC削減を行うのかについての、根拠情報を求める声もあった。

表 7-15 自治体アンケート分析結果(Q4:VOC施策に関して欲しい情報)

自治体	具体例	情報	内容
熊本県	コスト削減	事例紹介	・自主的取り組みを行い、排出抑制やコスト削減につながった企業の実例紹介
熊本県	金銭助成	情報	・事業者が自主的取り組みを行ううえでの、金銭的な助成制度の情報
新潟県	代替物質	情報	代替え物質に関する情報（種類・使用実態など）
岡山県	判断指標・施策効果	情報	VOC 施策の効果と定量的に判断できる指標及び具体的な施策の効果（県内の VOC を数%削減することでどのような大気改善が図れるか、また、県民にどのようなインパクトがあるか等）
山梨県	コストダウン	事例紹介	VOC 自主的取組事例紹介として、特にコストダウンにつながる事例とそのコストダウンが定量的にわかる情報があると、自治体から事業者へ自主的取組を依頼する際により受け入れられやすいのではと考えます。
大分県	周知業界団体	情報	・VOC 施策を周知すべき業界団体の具体的名称についてご教示願いたい。
大分県	代替物質	事例紹介	・代替物質の具体的名称や効果的な対策事例をご教示願いたい。
滋賀県	物質一覧	情報	物質毎の各種法令の規制、物性、毒性、使用用途等がまとまっているもの。
佐世保市	コストダウン	事例紹介	VOC 自主的取組に参加することで生じたコストダウン等の改善事例
いわき市	参加事業者一覧	情報	当該自主的取組に参加している事業者の一覧
広島市	業界向け	資料	ガソリンスタンド等業界向けの資料があれば欲しいです
川崎市	VOC・コスト削減	情報	・コスト面→各対策ごとにイニシャルコストがどれくらい発生するか。その対策を講じることにより、年間どれくらいの VOC が抑えられ、結果的にどれくらいコスト削減になるのか。
川崎市	参加件数・削減目標	情報	・自主的取組支援ボードについて→どれくらいの参加件数があるのか。具体的な削減実績など参加するメリットがわかりやすく紹介できる情報があるか。また、削減目標のようなものを設定しているのか。
青森市		その他	同封のリーフレットを窓口で配布するため活用したい
八王子市	VOC 対策	情報	中小事業者の負担が少なく済むような VOC 対策の情報
松本市		その他	来年度から事務移管されるため、分かりません（令和3年度）
相模原市	VOC と O3 関係性	情報	・VOC と光化学オキシダントの濃度的関係性について、詳細なデータ等の情報が欲しい。
吹田市	自主的取組	事例紹介	自主的取組に関して事例集などがあれば参考になります
横浜市	中小企業	財政支援	中小企業等に対する VOC 対策への財政支援
大阪市	VOC 情報 HP 掲載	ご意見	Q2 で回答したホームページについて、事業者にとって有益な情報は多数掲載されているが、情報が多くのページに分かれて掲載されているので、事業者が自身にとって有益な情報を入手することが困難な状態になっていると思うので、業種ごと、工程ごとに対策事例をとりまとめた資料を作成し、一つのページ内で掲載していただけたらいいと思う。
大阪市	代替物質・融資	情報	また、VOC 以外の代替品を検討している事業者はいるものの、代替品の検討がつかない事業者やコスト面で、採用に至っていない事業者が多々見受けられるので、代替物質の

			紹介や融資等の情報についても同ページ内で紹介していただけるといいと思います。
--	--	--	----------------------------------------

7-4. 日本商工会議所を通じたリーフレットの周知

支援ボードの周知のために作成したリーフレットについて、日本商工会議所に依頼し、同会議所のイントラネットに掲載していただいた。日本商工会議所は、全国で約 550 の商工会議所を傘下に持ち、様々な政策情報を内部的な共有の仕組みとしてイントラネットに掲載している。当初、主要な商工会議所への紙媒体の郵送を想定していたが、PDF データで簡単に全商工会議所で共有できるとのご案内をいただいたので、啓発普及の効果を高める上でも、ネットワークによる周知を依頼した。

8 まとめ

8-1. 調査結果のまとめ

(1) 定量的評価

① NO_x 排出削減による効果の定量的評価

- ・オゾン存在量低減効率 (NO_x) は、以下のように、オゾン存在量低減効率 (VOC) と逆の傾向を示した。
- ・オゾン存在量低減効率 (NO_x) は、東北>近畿>関東の順に大きい。
- ・近年、オゾン存在量低減効率 (NO_x) がどの地域でも大きくなる傾向にある。

② 気象パターンによる変動

- ・夏季には NO_x 律速 (NO_x の削減がオゾン低減に効果的)、春季には VOC 律速 (VOC の削減がオゾン低減に効果的) が強まる傾向となった。

③ 前駆物質の大幅削減の試算

- ・大幅削減時においては、オゾン存在量低減効率 (NO_x) が増大し、オゾン存在量低減効率 (VOC) は殆ど増加しない。

④ 植物起源 VOC の評価

- ・VOC 排出全体のうち 7 割程度が BVOC と考えられているが、推計値には幅がある。
- ・BVOC 排出量の設定によりオゾン存在量低減効率は大きく変わる。

(2) 将来 VOC 排出量の推定

- ・高位排出の推計として、環境省インベントリの平成 19~30 年度のデータから対数外挿したところ、令和 2 年度から令和 7 年度の排出削減量推計値は 4.1 万トン、令和 7 年度の排出量推計値は 57.4 万トンとなった。
- ・低位排出の推計として、環境省インベントリの平成 26~30 年度のデータから直線外挿したところ、令和 2 年度から令和 7 年度の排出削減量推計値は 7.1 万トン、令和 7 年度の排出量推計値は 54.2 万トンとなった。
- ・全国排出低減量 7 万トンを、昨年度および今年度の成果で求められたオゾン存在量低減効率を用いて、オゾンの低減効果に換算すると、関東地方 0.07~0.16ppb、近畿地方 0.004~0.07ppb、東北地方-0.0008 (= オゾン濃度微増) ~0.007ppb となった。
- ・なお、上記の将来推計は、従来の排出量推移から単純推計しただけである。また、およびオゾン存在量低減効率、オゾン低減量の計算値は、限られた結果から算出したものである。

(3) 効果的な Ox 濃度の低減方法の検討

- ・比較的成本の掛からない VOC 対策としては、エンドオブパイプの排ガス処理装置の設置よりは工程内対策であり、具体的には密閉化、使用量の削減等が挙げられる。これらは、VOC 自主的取組に関する様々な報告書、パンフレット、事例集、業種別マニュアル等にも記載されている。
- ・しかし、事業者が対策を実施しても、事業者がコントロールできない外部要件 (使用物質の MIR、排出場所のパラメータ、地方による違い、BVOC の影響、気象条件による影響等) によって、オゾンの低減効果が著しく変動してしまう。従って、オゾンの低減方法として効果的な対策を、導き出すことはできなかった。

(4) 工業会等に未加入の事業者への対応

- ・業界団体に未加入の事業者が、経済産業省が取りまとめる VOC 自主的取組に参加するための受け皿として、(一社)産業環境管理協会が設置している「VOC 自主的取組支援ボード」のリーフレットを作成した。
- ・VOC 自主的取組に関する自治体アンケートを行った。支援ボードを「知らなかった」の回答が回答者の 76% を占めた。アンケートに同封してリーフレットを自治体に配布し、普及啓発を図った。
- ・日本商工会議所に依頼し、全国の商工会議所に、PDF 版のリーフレットを共有いただいた。

8-2. 今後の検討事項

定量的評価について、本年度の結果を受け、今後の検討事項を以下に示す。

(1) 他の気象パターンでのオゾン存在量低減効率の計算

- ・昨年度は、夏期の高濃度オゾンが発生する典型的な気象条件でオゾン低減効率等を検討したが、今年度は夏期の最頻気象条件、春期の高濃度オゾン発生気象条件、春期の最頻気象条件の3条件について、一部の業種（計算ケース数の都合による）について検討した。
- ・気象条件によって、オゾン低減効率等が大きく異なり、地方によって VOC 律速、NO_x 律速のどちら側に移動するかも変わってくるのが分かった。
- ・1年間をカバーできるような代表的な気象条件について追加計算を行い、その結果、1年間を通じてのオゾン低減効率等の変動と、平均的な低減効率を評価することが必要である。

(2) BVOC 設定に関する検討（継続）

- ・本年度の調査によって、BVOC については我が国の知見はまだ植生の把握、放出量の把握、地域や国レベルでの排出量の推計のいずれにおいても不足していることが明らかになった。
- ・このため、ボトムアップ、トップダウンによる BVOC の推計方法や、本調査で用いている ADMER-PRO に内蔵されている BVOC 設定の不確実性の評価、設定の改善について、引き続き検討していくことが必要である。

(3) 「地方」よりも狭い地域での前駆物質の変化がオゾン存在量低減効率に及ぼす影響の検討

- ・これまで、関東、近畿、東北等の「地方」単位で VOC や NO_x の排出量を変化させてオゾン低減効率等を算出して来たが、BVOC の影響等を考慮した場合、より狭い範囲で排出量を変化させたとき、オゾン低減効率等がどのように変化するかを検討することも重要である。
- ・そこで、典型的な市街化地域、森林地域、市街-森林混在地域等のローカルな地理的範囲で前駆物質の排出量を変化させ、オゾン低減効率等を検討することが必要である。なお、この場合、オゾン低減量やオゾン低減効率等は、オゾンの生成現象を考慮すれば、従来の「地方」単位で計算することが適当である。