

VOC排出削減効果の検討等業務

令和 5 年 2 月 2 2 日

VOC排出削減効果の検討等業務調査検討会

■ 本調査の背景

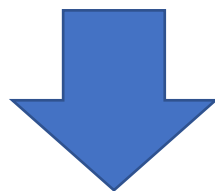
(目的)

- ・ VOC自主的取組は、大気汚染防止法改正から5年での3割削減目標を上回る排出削減を達成し、その後の10年間でもさらに3割削減を達成している。
- ・ 他方、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。
- ・ 自主的取組については科学的知見を踏まえ、**前駆物質（NOx及びVOC）の排出とOx濃度の関係をより明確に把握し、事業者の負担に留意しつつ効率的に進めていく必要がある。**

令和元年度～令和3年度

V O C 排出削減効果の定量的評価に向けた検討等業務

→ 以下、「定量的評価調査」という。

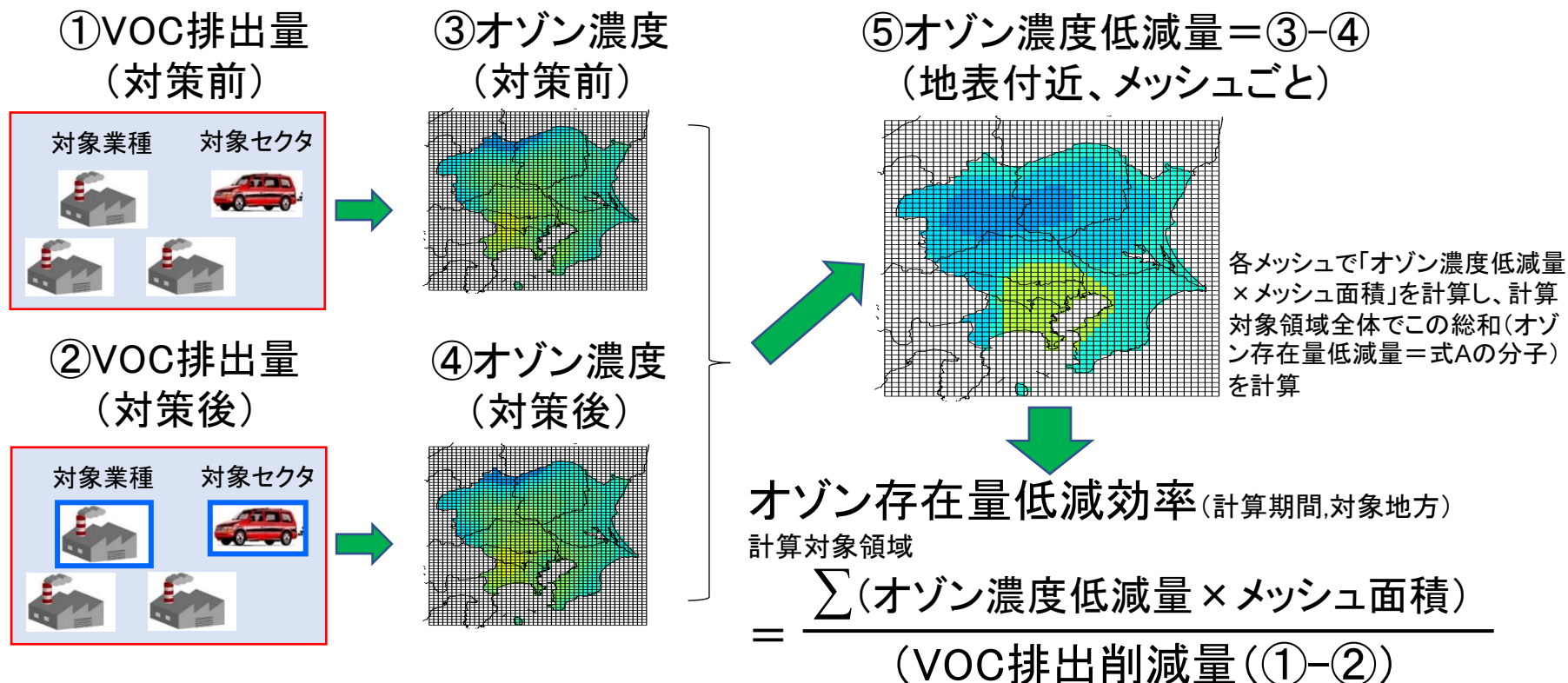


成果と課題を踏まえ、更なる検討を継続

令和4年度「V O C 排出削減効果の検討等業務」

(参考)前駆物質の排出削減による効果の定量的評価方法

- 排出削減前後のオゾン濃度を計算し、評価式は「オゾン存在量低減効率」を用い、オゾンの低減効果を定量的に評価した。シミュレーションモデルは産総研の「ADMER-PRO」とした。
- 具体的な計算方法は以下のとおり。



… (式A)

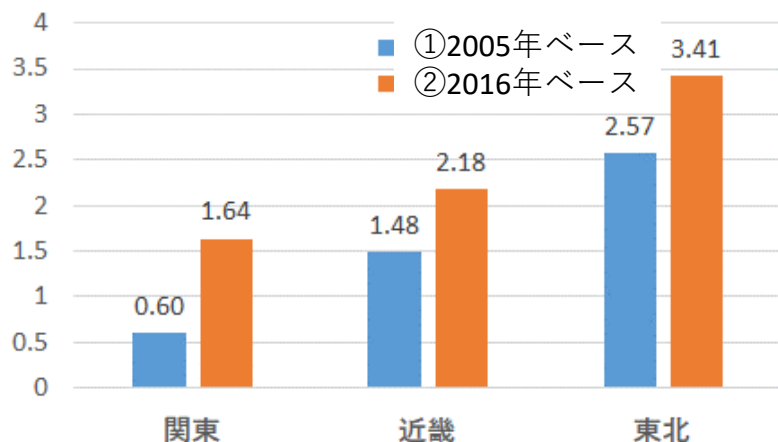
(オゾン存在量低減効率の意味)

VOC排出量を削減した場合、地表付近でオゾン濃度がどれだけ低減するか
→値が大きいほど、VOCの単位削減量あたりのオゾン濃度の低減効果が高い
(注)前駆物質としてVOCでなくNO_xを削減した場合も、同様に計算できる。

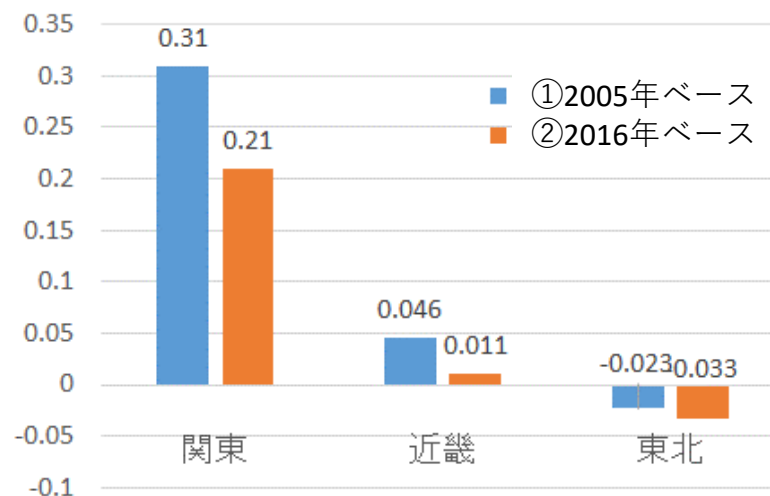
■ 令和元～3年度の「定量的評価調査」の結果の概要

1. VOC排出削減効果について

- ・ VOC及びNOx等の前駆物質を削減した場合、地表付近でオゾン濃度がどれだけ低減するかを分析したところ、削減効果は一律とはならず、VOC削減効率は、関東＞近畿＞東北の順に大きく、NOx削減効率はこの逆の順番となった。
- ・ また2005年と2016年の比較でも、VOC削減が進んだ2016年には、VOC削減効率は小さく、NOx削減効率は大きくなっている。
- ・ 以上により、VOCの排出削減量に比例して、オゾン濃度が低減するわけではないことを確認。



オゾン存在量低減効率(NOx)
(地方、削減時期による比較)



オゾン存在量低減効率(VOC)
(地方、削減時期による比較)

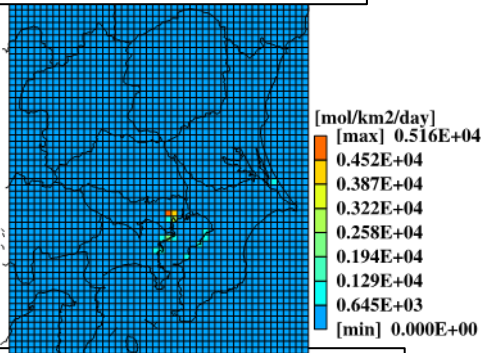
■ 令和元～3年度の「定量的評価調査」の結果の概要

2. 排出場所の立地場所の影響

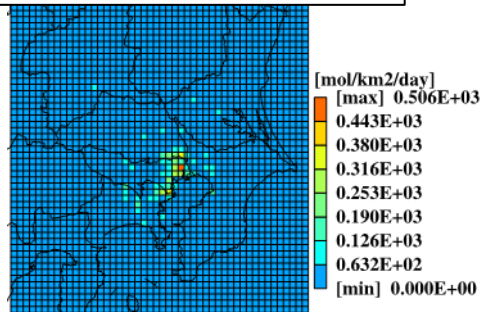
- ・ VOCの排出場所の立地は、業種によって、オゾン濃度低減効果が高い湾岸部に集中している、湾岸部以外にも広域に拡散している等の特徴がみられる。
- ・ 2005年ベース、関東、夏季について、立地場所も考慮した相関分析を行った結果、排出削減場所の立地の影響も大きいことを確認。（一般的に言えるかは令和4年度に検討）

各業種の排出量分布例（2005年度）

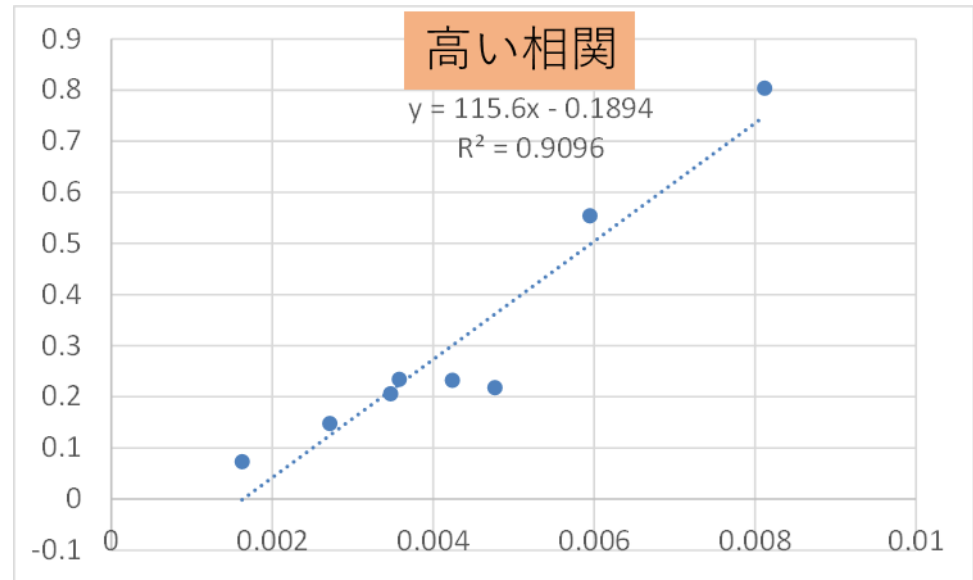
湾岸部に偏在する業種



地方全体に分散する業種



オゾン存在量低減効率 (ppb・km²/(ton/yr))



MIR (mol/mol) × 排出場所に関するパラメータ (ppt/(ton/yr))

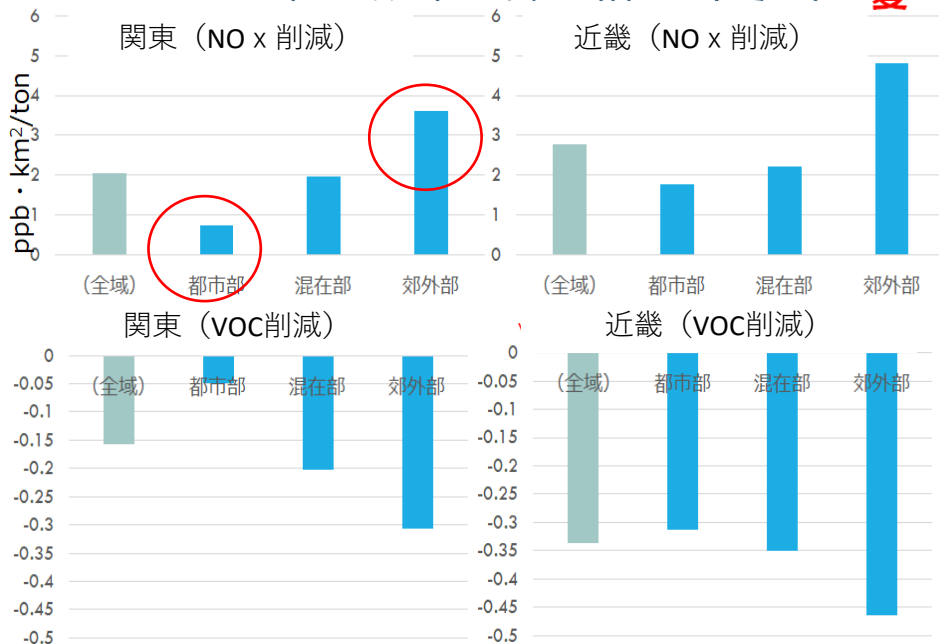
■ 令和元～3年度の「定量的評価調査」の結果の概要

3. 立地（都市部、混在部、郊外部）による影響

- ・ 立地による影響を確かめるため、関東、近畿の都市部、混在部、郊外部で、夏季、春季にVOC削減、NOx削減を行った場合のオゾン存在量低減効率を分析。
- ・ どの場所で前駆物質を削減するかにより、オゾン存在量低減効率は大きく異なることを確認。（都市部と郊外部で4倍程度の差（○印）、正負が逆（○印））

オゾン存在量低減効率の算出結果（夏季）

夏

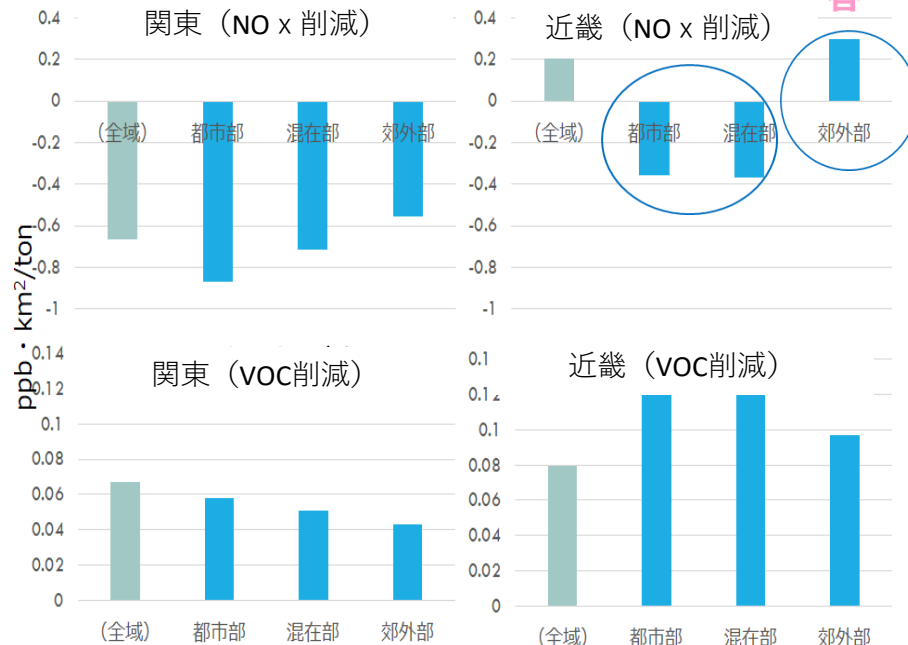


- 都市部、混在部、郊外部で大きく異なる

オゾン存在量低減効率 (NOx) は
都市部 < 混在部 < 郊外部 (オゾン存在量低減効率 (VOC) は逆順)

オゾン存在量低減効率の算出結果（春季）

春



- 概して夏季と同様の変動傾向

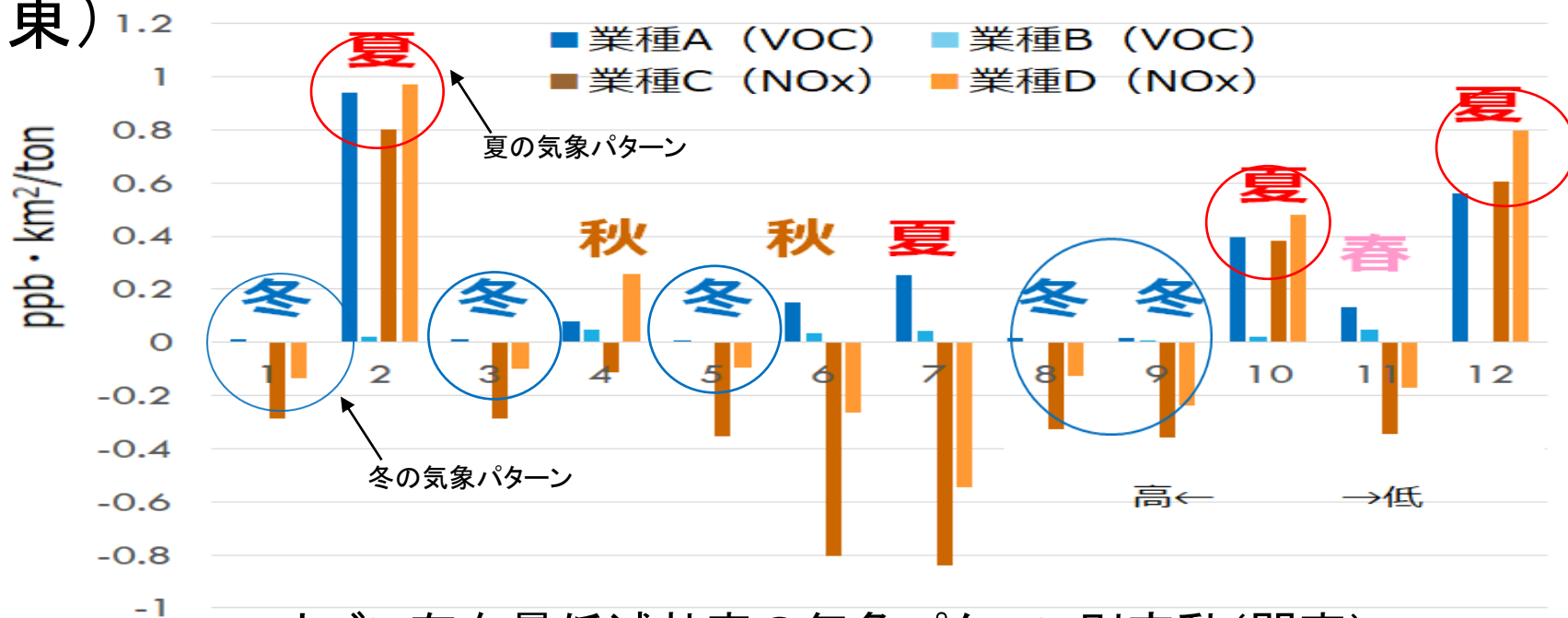
オゾン存在量低減効率 (NOx) は
都市部と郊外部で正負が逆転

■ 令和元～3年度の「定量的評価調査」の結果の概要

4. 季節による影響

- ・ 季節による影響を確かめるため、VOC及びNOxの排出上位業種のうち立地特性の異なる4業種について、年間を通じて出現する気象パターン（関東、近畿それぞれについて、日射、風向、風速、季節、平均気温などを考慮し12パターン設定）を設定し、季節によるオゾン存在量低減効率への影響を分析。
- ・ 季節によっても、VOC、NOx削減によるオゾン存在量低減効率が異なることを確認。（夏（○印）と冬（○印）では傾向が全く異なる）

（関東）



オゾン存在量低減効率の気象パターン別変動（関東）

(参考)気象パターンを変化させての計算(計算条件)

- 選定した気象条件(12パターン)は下表のとおり※。
- 各季節(春:3-5月、夏:6-8月、秋:9-11月、冬:12-2月)を網羅している。

※10パターン程度の気象パターンを用いても、オゾン濃度の年間平均値を再現できることは確認済み。

選定した気象条件 (関東)

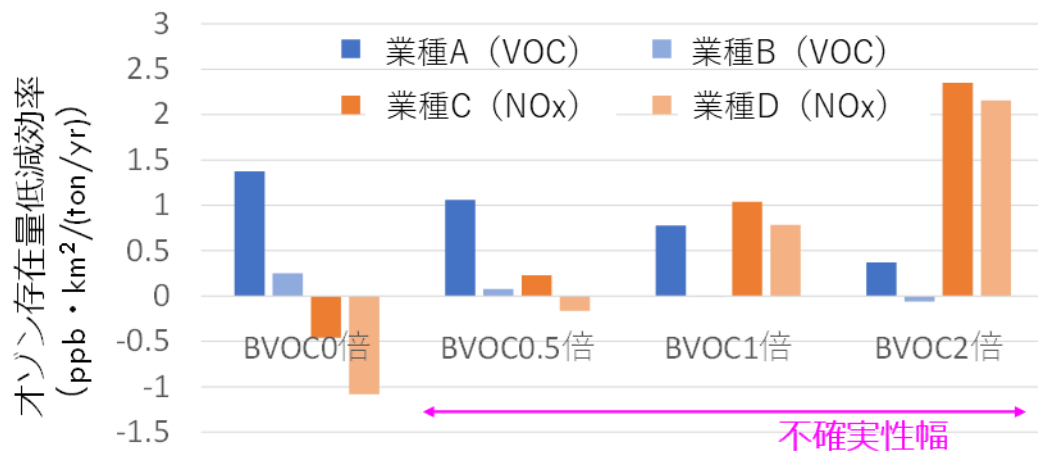
頻度順位	気象パターン			出現頻度 (%)	代表日	季節	平均気温(℃)
	日射	風向	風速				
1	C	NN	s	4.45	1/8	冬	0.88
2	C	SW	m	2.67	8/30	夏	25.50
3	C	NE	s	2.67	12/29	冬	2.41
4	D	NE	s	2.37	9/5	秋	22.21
5	D	NE	s	2.37	12/11	冬	3.36
6	B	SW	w	2.08	10/30	秋	14.39
7	D	SW	m	1.78	6/8	夏	20.34
8	C	NN	m	1.78	12/20	冬	4.24
9	C	NE	w	1.78	12/1	冬	7.61
10	C	NE	m	1.48	6/5	夏	21.16
11	D	SE	m	1.48	5/11	春	14.84
12	D	NW	w	1.48	6/30	夏	25.53

日射:B=強、C=中、D=弱 風向:16方位 風速:s=強、m=中、w=弱 なお、風向=XX、風速=cは静穏状態

■ 令和元～3年度の「定量的評価調査」の結果の概要

5. 植物起源VOC (BVOC) による影響

- ・ 文献調査等によりADMER-PROにおけるBVOC設定についての課題を整理。
 - ・ 多くの樹種において、基礎放出量自体が季節変化する（気温と光量が同じでも、季節により異なる）が、夏季の測定データを通年一定と見なして基礎放出量を設定している。
 - ・ 「広葉樹」は一括りで設定されているが、広葉樹には、樹種によりVOCを「放出するもの」と「全く放出しないもの」がある。
 - ・ また、「放出するもの」でも、樹種により放出量と成分に大差がある。温度や光量によっても放出量が変化する。
- ・ VOC総排出量の7割ほどを占めるBVOC総排出量是不確かであることが課題。BVOCの設定を、0倍、0.5倍、1倍、2倍に変えて計算すると、BVOCの多い設定になるほど、VOC削減によるオゾン低減効果は小さくなり、NOx削減によるオゾン低減効果が大きくなる。このため、BVOCの影響は無視できず、精緻化する必要がある。



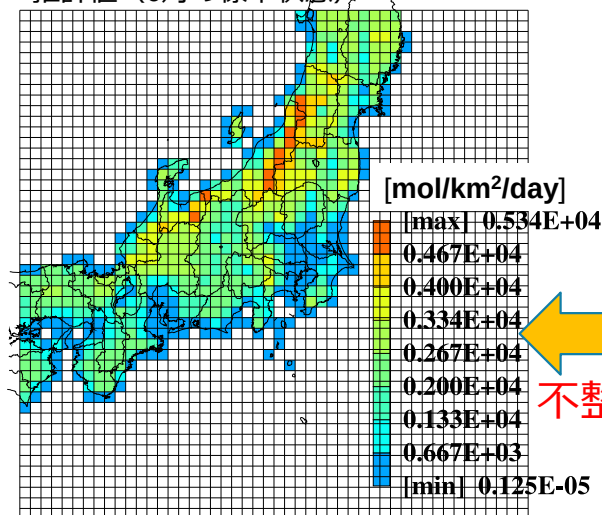
対象地方：関東
対象期間：近年（2016年度）
対象気象パターン：夏季高濃度オゾン生成

■ 令和元～3年度の「定量的評価調査」の結果の概要

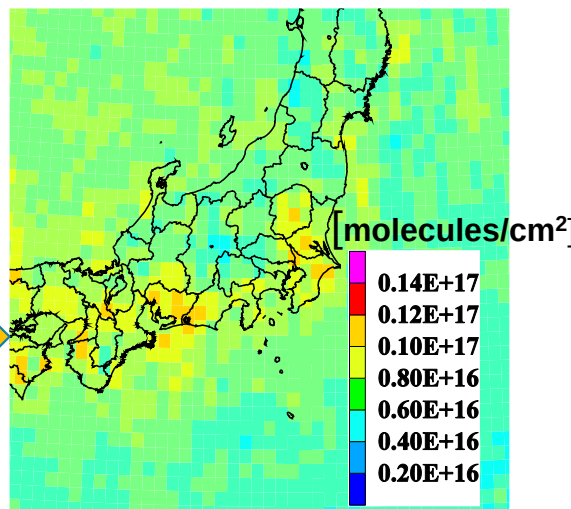
5. 植物起源VOC (BVOC) による影響

- ・ BVOCの定量評価方法として、シミュレーションによるボトムアップ推計以外に衛星データを用いたトップダウン推計があるため、トップダウン推計を行って、両推計の比較を行ったが、我が国の両推計の結果は全く一致しなかった。
- ・ トップダウン推計、ボトムアップ推計のいずれも改善検討が必要であるため、課題を整理し、引き続き検討を続けることとした。

植物起源イソプレン放出量ボトムアップ
推計値 (8月の標準状態)



衛星観測OMIによるHCHOカラム密度
(2015,16年の7,8月平均値)



不整合

→シミュレーションによる推計 (左) においては、新潟県の辺りに高濃度の箇所が見られるが、衛星データ (右) においてはそれが認められない等、一致していない。

■ 令和4年度調査の検討事項

(1) オゾン生成シミュレーションにおける検証等

- ・ オゾン低減効率には、「排出場所の立地も合わせて考慮すべき」との結論が、他の削減時期、他の地方、他の季節でも成り立つかの検討。
- ・ 2016年削減ベース、関東・近畿の2地方、春・夏の季節について検討した。

(2) BVOCのトップダウン推計、ボトムアップ推計の改善検討

- ・ 他のモデリング研究者にヒアリングを行い、以下のご意見を収集。
 - ① トップダウン推計、ボトムアップ推計の改善に資するアドバイス、文献紹介
 - ② ADMER-PROのBVOC算定方法の改善に関するコメント
- ・ 上記を受け、文献調査、推計方法の改善検討を進める。

(3) BVOC排出量の算定方法に関する検討

- ・ 基礎放出量データベースの構築（静岡県立大学）
- ・ 植生分布の見直し検討

■ 令和4年度調査の検討事項

（４）環境対策等の費用対便益分析の事例調査（文献調査）

- ・ VOC対策についても、費用対効果や、費用対便益について、評価していく必要があるが、我が国ではこの分野の知見が少ないので、まず、以下の文献収集を実施する。

- ① 海外における、環境対策における費用対便益の実施例調査
- ② 我が国の環境対策における費用対便益の実施例調査
- ③ 我が国における環境対策以外の費用対便益の実施例調査

（５）自主的取組のフォローアップ頻度の低減に関する調査

- ・ 経済産業省のVOC自主的取組に参加している41の業界団体のうち37団体（電気電子4団体を1つとし、産環協を除く）を対象に、VOC自主的取組のフォローアップについて、年1回から頻度を下げたと仮定した場合の影響について調査を行った。→概要は資料2-1に掲載

■ 調査体制・検討会

- ・ 調査体制としては以下のとおり。
- ・ 有識者や産業界委員からなる検討会を設置。

本業務に関する検討会委員

(○：委員長、五十音順、敬称略)

事務局
(一社)
産業環境
管理協会

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	(国研)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
岸本 充生	大阪大学 データビリティフロンティア機構	教授
児島 與志夫	一般社団法人 日本塗料工業会	常務理事
茶谷 聡	(国研)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
三浦 安史	石油連盟	安全管理部長
深山 貴文	国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 森林防災研究領域 気象研究室	主任研究員
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
森 二郎	一般社団法人 日本化学工業協会 VOC検討SWG	主査

外注

・ 委託

氏 名	所 属	役 職
井上 和也	(国研)産業技術総合研究所 安全科学研究部門	主任研究員
谷 晃	静岡県立大学 食品栄養科学部環境生命科学科	教授
國分 優孝	東京都環境科学研究所環境資源研究科 大気環境チーム	研究員（主任）

※東京都環境科学研究所は、産総研との共同研究

(1) オゾン生成シミュレーションにおける検証等 調査の結論

- 夏季関東、春季近畿については今年度調査でも令和元年度調査（p.5）と同様の結果が得られ、その一般性が確認された
- 夏季近畿、春季関東については、オゾン存在量低減効率と排出削減場所のパラメータ間の相関が弱かったため、なぜ理論と異なる結果となったのかについては引き続き検討する

(2) BVOCのトップダウン推計、ボトムアップ推計の改善 検討 専門家ヒアリングの結果

- トップダウン推計に関して得られた主要な意見
 - 植物起源イソプレン以外のVOCの寄与
 - 見ているスケール（水平解像度）が適切か？
- ボトムアップ推計に関して得られた主要な意見
 - BVOC放出量推計値やシミュレーション値と比較するための観測データが現状では明らかに足りない
 - 現在のBVOC放出量推定モデルには入っていない不確実性因子（CO₂の阻害作用、等）は数多くある
 - 竹からの放出について考慮されていない

(3) BVOC排出量の算定方法に関する検討 基礎放出量の測定実験

文献調査 + 測定実験 ⇒ 基礎放出量データベース



枝チャンバー法
(針葉樹)



リーフキュベット法
(広葉樹)

表 揮発性テルペン類を日中恒常的に放出する植物の分類

分類	貯蔵・非貯蔵の別	植物の分類	代表植物
イソプレン放出種	非貯蔵	多くの広葉樹や草本	コナラ、ミズナラ、クズなど
モノテルペン放出種	貯蔵	ほとんどの針葉樹や一部の広葉樹、ハーブ植物	スギ、ヒノキ、アカマツ、モミ、トウヒ、クスノキ、ユーカリ、ハッカなど
	非貯蔵	一部の広葉樹	ウバメガシ、コジイなど
無放出種		上記以外の植物	

無放出種でも、被食、機械的刺激、高温等のストレスにより放出する種あり

基礎放出量データベースの構築イメージ

文献著者	樹種名	樹齢	測定方法	測定時期	測定成分	放出速度	標準偏差	単位	温度光依存性	備考
望月ら	ブナ (<i>Fagus crenata</i>)	不明	リーフキュベット法	記載なし	イソプレン	0	—	nmol m ⁻² s ⁻¹	温度・光	葉面積ベース
					モノテルペン	0				
谷ら		不明	バイアル法	9月	イソプレン	0	—		温度・光	葉面積ベース
					モノテルペン	0				
Baoら		3～5年生苗	グロスチャンバー法	7～8月	イソプレン	0.79	—	mg g ⁻¹ h ⁻¹	温度・光	乾重量ベース

■ 検討課題

(1) オゾン生成シミュレーションにおける検証等

- ・ オゾン低減効率に影響を及ぼす因子の詳細分析

(削減時期、地方、季節、立地場所等、オゾン低減効率に影響を与える因子のうち、特にオゾン低減効率の正負の符号が変わるような条件について、何が低減効率値に影響しているかの検討)

(2) BVOCのトップダウン推計、ボトムアップ推計の改善検討

- ・ トップダウン、ボトムアップ推計とも複数条件で行い、それらの結果を相互に比較検討するとともに、それらを入力してADMER-PROによるシミュレーションを行い、実測濃度と比較する。

(3) BVOC排出量の算定方法に関する検討

- ・ 追加測定と基礎放出量データベースの作成 (継続)
- ・ 植生配分と計算メッシュでの割り当て方法の検討

(4) 環境対策等の費用対便益分析

- ・ VOC対策の費用の検討
- ・ VOC対策の費用便益比の試算