



一般社団法人産業環境管理協会

Japan Environmental Management
Association for Industry

資料 3 - 1

VOC排出削減効果等調査について (令和4年度～令和6年度)

令和7年2月26日
(一社) 産業環境管理協会

目次

調査の目的	3
調査体制	4
前駆物質の排出削減によるオゾン低減効果の評価方法	5
R4～R6年度の実施内容	6
ADMER-PROのBVOC設定に関する指摘事項	7
1.シミュレーション精緻化のためのBVOC設定見直し	8
(1) BVOC基礎放出量データベースの構築	9
(2) 植生・土地利用面積分布の改善	11
竹林の重要性	12
(3) BVOCへ排出係数の細分化・更新	14
2.更新したBVOC設定におけるシミュレーションの検証	15
(1) トップダウン推計との整合性の検討	15
(2) 実測値との比較	16
(3) 過年度成果の再現性の検証	17
3.費用対効果の試算	18
4.定量的評価の検討	19
5.各種文献調査の結果	20
6.成果のまとめ	21
7.提言	22
(参考) R1～R3年度の成果概要	23

調査の目的

- 改正大気汚染防止法（平成18年4月1日施行）により、揮発性有機化合物（VOC）の排出削減が法規制と自主的取組の両輪で行われ、平成22年度には4割以上の削減を達成。
- その後も、自主的取組は継続され、令和2年度ではVOC排出量が平成22年度比でさらに約3割削減されている。
- 新指標による評価などはあるものの、光化学オキシダント（Ox）の環境基準達成率は依然として低い水準で推移しており、VOC排出削減効果が現れていない指標もある状況。
- このため、今後は科学的知見を基に前駆物質（VOC、窒素酸化物（NOx））の排出とOx濃度の関係性を明確にし、効率的な対策を講じる必要がある。
- 令和元年度から令和6年度にかけて、VOC排出削減の定量的評価、地域性・季節性の分析、植物由来のVOC（BVOC）の設定の影響、費用対効果について調査した。
- 本資料では令和4年度から6年度の成果を総括し、まとめと今後の課題を提示する。

調査体制

- 調査体制は以下のとおり。
- 有識者や産業界委員からなる検討会を設置。

調査検討会委員

(○：委員長、五十音順、敬称略、肩書は最新のものの)

氏名	所属	役職
○ 梶井 克純	青島大学 環境科学工程学院	首席教授
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
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 (～R5)
嶋寺 光	大阪大学大学院工学研究科 環境エネルギー工学専攻	准教授 (R5～)
田桐 澤根	一般社団法人 日本塗料工業会	常務理事 (R6～)
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
森 二郎	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
深山 貴文	森林総合研究所 森林研究部門 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

事務局
(一社)
産業環境
管理協会

外注

共同研究

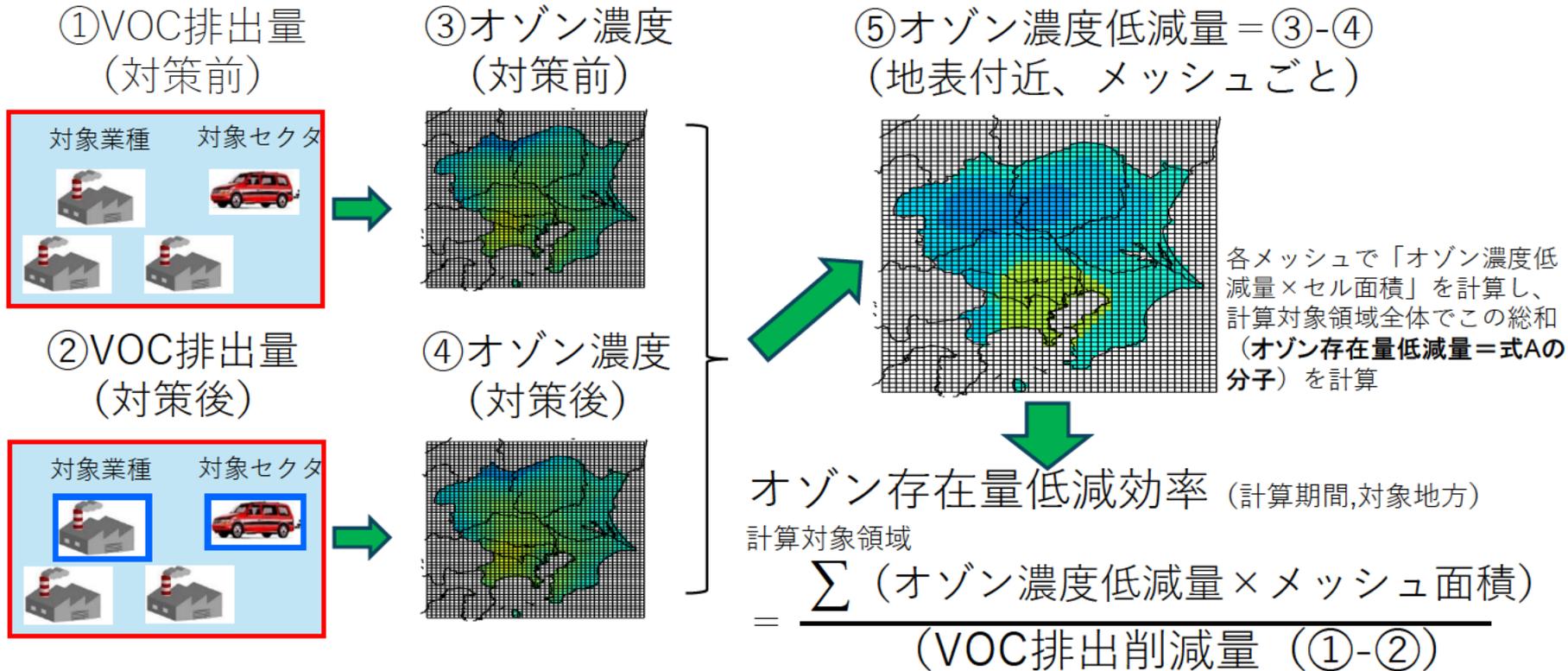
氏名	所属	役職
谷 晃	静岡県立大学食品栄養科学部環境生命科学科	教授

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	研究グループ長

氏名	所属	役職
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)

前駆物質の排出削減によるオゾン低減効果の評価方法

- 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、オゾンの低減効果の評価した。シミュレーションモデルは「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NOxを削減した場合も、同様に計算できる。

R4～R6年度の実施項目

1. シミュレーション精緻化のためのBVOC設定見直し

- (1) 全国優占樹種（約20種）の基礎放出量データベースの構築
 - ・文献データが不足している樹種の実測を行いデータベース化（公表予定）
- (2) 植生・土地利用面積分布の改善
 - ・植生・土地利用データとして活用できる調査結果を取り入れ改善。
 - ・調査の過程で竹林からのイソプレン排出量推定の重要性が示唆されたため、特に竹林の面積分布の推定の精緻化を行った。
- (3) BVOC排出係数の細分化・更新
 - ・樹種分類の細分化（広葉樹、針葉樹⇒樹種ごとの排出係数）、竹林の新設

2. 更新したBVOC設定におけるシミュレーションの検証

- ・BVOC更新版シミュレーションによるトップダウン推計・実測値との比較。過年度成果の再現性確認。

3. 費用対効果の試算

- ・VOC対策費用を23万円/トン削減と仮定し、費用対効果を試算。

4. 定量的評価の検討

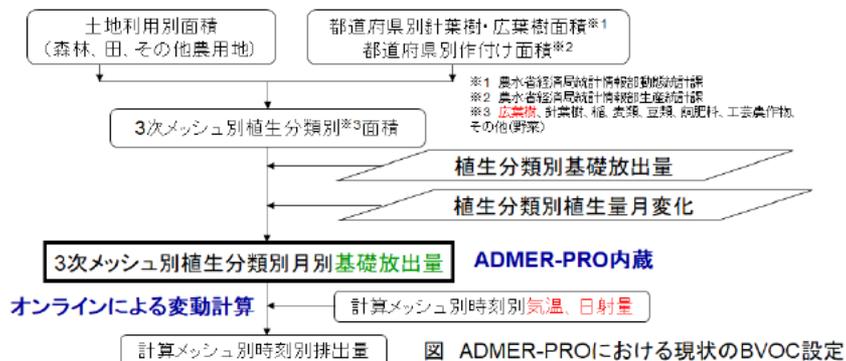
- ・オゾン生成レジームとの関係から、VOC削減によるオゾン低減効率を簡易推定できないか検討。

5. 文献調査

- ・コロナ禍における大気汚染物質の影響についての文献調査等。

R1～R3年度の調査で、以下の指摘があった。

- 植生分類として、「広葉樹」「針葉樹」の2分類では粗すぎる（樹種による違いがある。無放出のブナでも広葉樹のBVOCを放出する設定になっている）。
- ADMER-PROの植生・土地利用面積当たり排出係数の元になっているBao et al. (2008) の測定値は高めになっていると思料（例えば、稲は殆どBVOCを排出しない）。



表IV.3 Kannariら(2007)において各植生分類に対して設定された標準状態の植生面積あたり排出係数(落葉なしの状態)(神成と馬場 私信)と日本の植物種のデータ更新結果(太字)(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$)

植生分類	イソプレン	モノテルペン	その他のVOCs	NMVO計
広葉樹	2,112	360	872	3,353
	21,435	193	690	22,318
針葉樹	1,548	1,565	1,038	4,150
	0	3,886	1,234	5,120
稲	102	255	153	510
	0	567	2,410	2,977
麦類	12	12	10	34
豆類	22	0	0	22
飼肥料	47	118	71	235
工業農作物	0	59	235	294
その他	56	141	84	281

注: 太字は日本の植物種データを用いた更新結果であることを示す。

日本の植物種データとしてグローブスチャンパー法によるBao et al. (2008)のデータを使用

1. シミュレーション精緻化のためのBVOC設定見直し

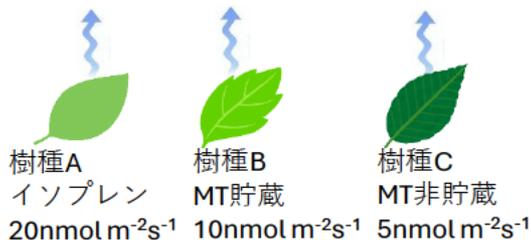
植生・土地利用面積当たりBVOC排出量 =

① 基礎放出量*1
(葉面積あたり)

② 植生・土地利用マップ

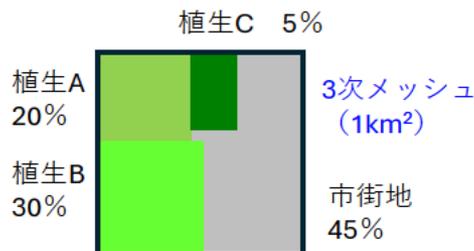
③ 葉面積指数*2
× 補正係数

単位葉面積から標準状態で
BVOCはどのくらい出るか？
植物活性による季節変動あり。



⇒ 基礎放出量データベース
の構築 (静岡県立大)

計算メッシュごとに、植生ごとの面積、
土地利用用途ごとの面積占有率は？



植生A：コナラ群落
コナラ50%、その他落葉広葉樹50%
植生B：スギ・ヒノキ・サワラ植林
スギ34%、ヒノキ33%、サワラ33%

◎ LAI (葉面積指数)

土地面積あたりの、葉の面積は？



◎ 補正係数

葉の位置による日陰の影響、フラックス
測定値との関係等を考慮して下方修正

⇒ 更新データを作成し、夏季のオゾン高濃度発生条件での
ADMER-PROシミュレーションに供した。

*1 基礎放出量：標準状態 (葉温30℃、光量 $1,000\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) におけるBVOC放出量。

*2 葉面積指数：単位面積あたりの葉面積 (片面) の合計。

(1) BVOC基礎放出量データベースの構築

R4年度に全国優占樹種約20種を選定し、文献データが不足の項目（緑の行）を測定

順位	樹種	基礎放出速度	季節変化	測定計画	備考
1	スギ	●	●	—	—
2	ヒノキ	●	●	—	—
3	コナラ	●	●	R6	通年で季節変化を測定
4	トドマツ	×	×	—	*1
5	その他広葉樹	×	×	—	—
6	アカマツ	●	●	—	—
7	ブナ	●	—	R5	夏季に測定を実施（無放出樹種であることの検証）
8	ミズナラ	●	●	R6	夏季の放出ピークを測定
9	カラマツ	●	●	—	—
10	ダケカンバ	×	×	—	*1
11	カエデ類	●	×	—	イロハモミジの季節変化を適用
12	シナノキ	×	×	—	*1
13	スダジイ	●	×	R5	通年で季節変化を測定
14	クリ	●	×	R5	夏季の放出ピークを測定；季節変化はシイ・カシ類の傾向を適用
15	ハンノキ類	△	×	—	*1
16	シデ類	●	●	—	—
17	アラカシ	●	×	R5	夏季の放出ピークを測定；季節変化はシイ・カシ類の傾向を適用
18	ツブラジイ	×	×	—	スダジイの近縁種であるため、スダジイの基礎放出速度・季節変化を適用
19	イタヤカエデ	●	×	—	イロハモミジの季節変化を適用
20	モウソウチク	△	●	R6	通年で季節変化を測定*2
以下、20位圏外					
24	マダケ	△	●	R6	初夏～盛夏の基礎放出速度のピークを測定*2
52	シラカシ	●	×	R5	通年で季節変化を測定
—	イネ	●	×	—	成長量に比例させて基礎放出速度を適用

●：データ有、△：データ不十分、×：データ無 R5：令和5年度に測定 R6：令和6年度に測定

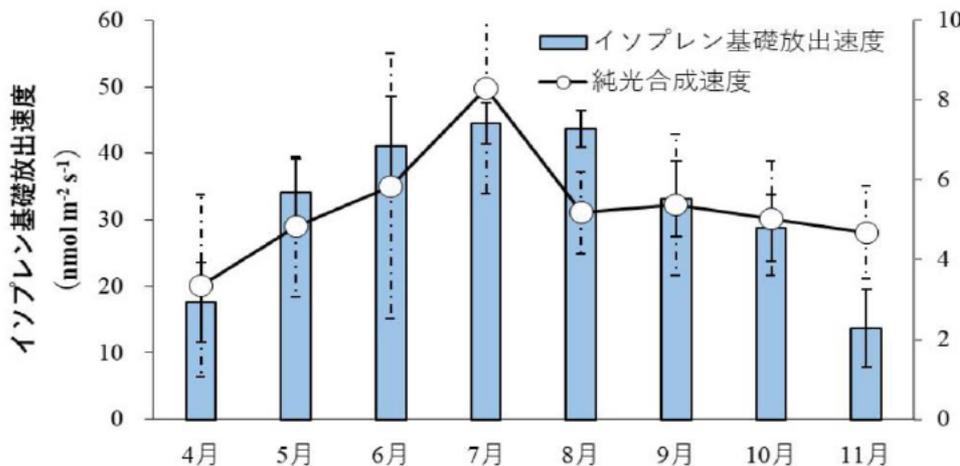
*1 高山帯や北海道など局所的に生育しており、オゾン生成への影響度は小さいことから対象外とする。

*2 ササ・タケ類の季節変化に関して放出のピークが想定される初夏～盛夏のデータが不足しているため。

(1) BVOC基礎放出量データベースの構築

○実測による基礎放出量の測定結果

リーフキュベット法を用い、R5年度はモノテルペン放出種、R6年度はイソプレン放出種について、夏季のピーク、季節変化について測定した。文献値と統合し、基礎放出量データベースとして整理した（公開予定）。



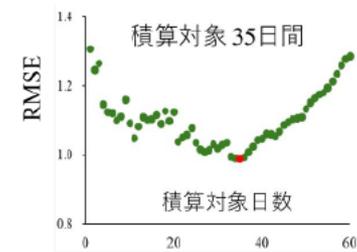
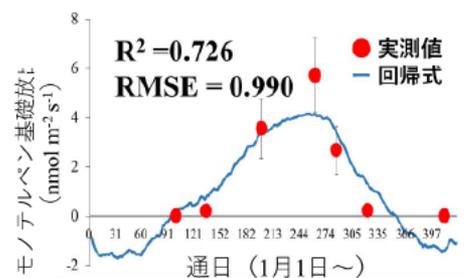
基礎放出量の季節変化の測定例 (コナラ)

基礎放出量の夏季ピーク値整理例 (nmol・m⁻²・s⁻¹)

	平均値	標準偏差
コナラ <i>Quercus serrata</i>	38.4	9.2
ミズナラ <i>Quercus mongorica</i> var. <i>crispura</i>	27.9	1.9



リーフキュベット法
(葉を挟んで測定)



X_1 : 積算気温 (p値 < 0.01)

X_2 : 積算全天日射量 (p値 = 0.64) (スタジイ)

$$\text{基礎放出速度} = 3.66 \times 10^{-4} X_1 - 2.45 \times 10^{-3} X_2 - 2.90$$

積算気温や積算日射量を加味した季節変化の定式化の例

(2) 植生・土地利用面積分布の改善

◎環境省生物多様性センターの植生調査結果を3次メッシュごとの面積割合に配分・加工したデータ
(国立環境研・茶谷先生ご提供)

生物多様性センターの植生調査における

市町村コード 三次メッシュコード 大区分 中区分 茶谷先生の植生分類コード 全樹種中の占有割合

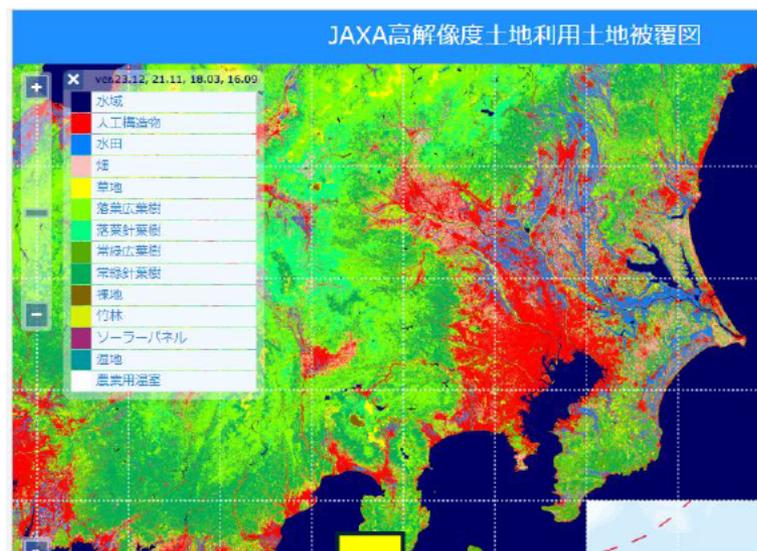
08201-54403278,58-01-16,frac,0.0004148
08201-54403278,54-01-01,frac,0.1995570
08201-54403278,57-02-15,frac,0.0027728
08201-54403278,57-03-15,frac,0.0993372
08201-54403278,57-04-15,frac,0.6979180

58市街地等の01市街地が0.04148%、
54植林地の01スギ・ヒノキ・サワラ植林が19.96%
57耕作地の02果樹園が0.2773%
57耕作地の03畑雑草群落が9.934%
57耕作地の04水田雑草群落が69.79%

・生物多様性セの植生調査は樹種面積を求める目的ではないが、**387の植生中分類の面積データ**として貴重。

竹林以外の植生・土地利用面積データとして活用

◎JAXA高解像度土地利用土地被覆図 (ver. 2021.11)



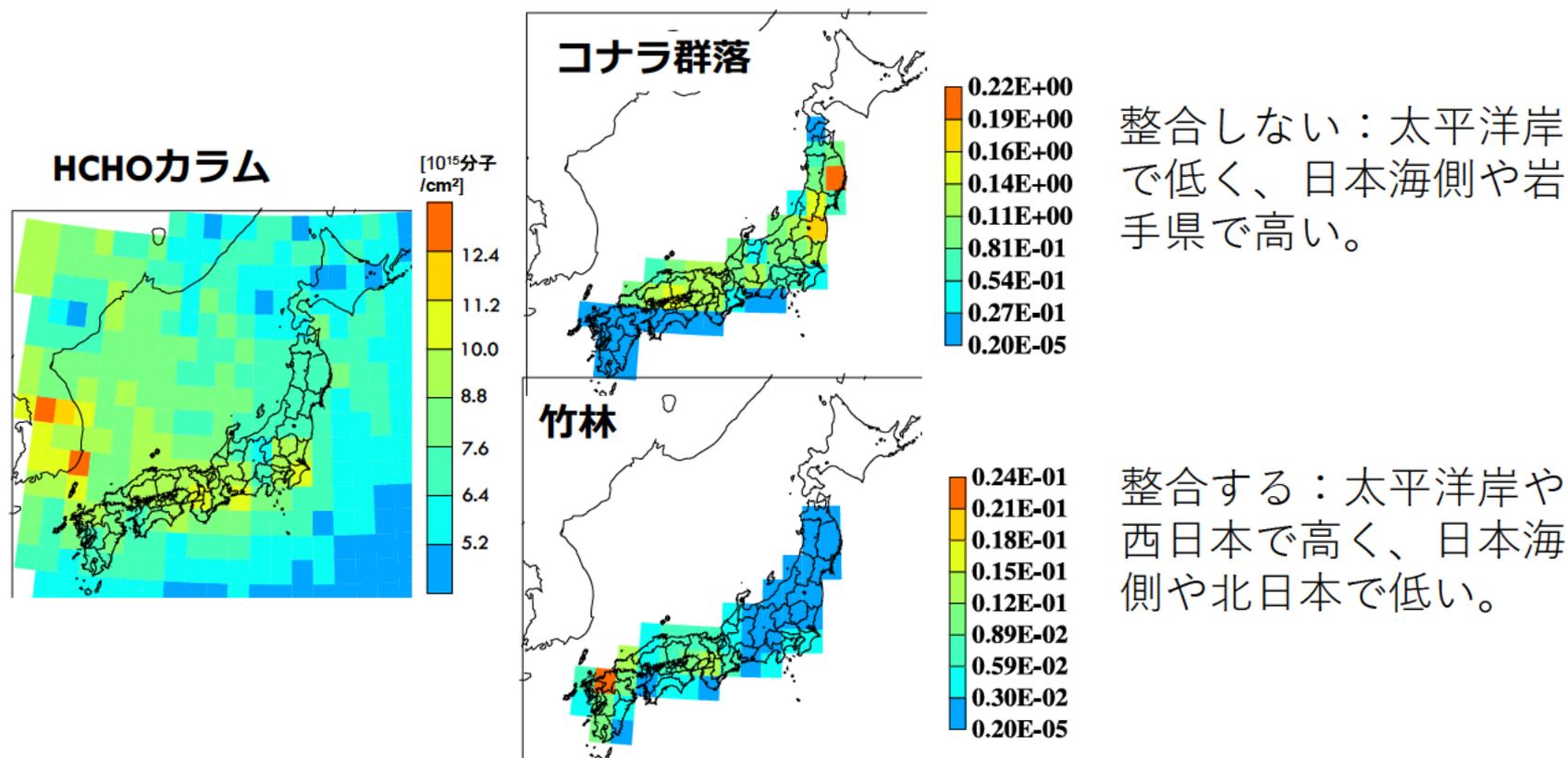
- ・**竹林**が独立して推定されている。
- ・森林は落葉／常緑・広葉樹／針葉樹と粗い。

検討の上、補正して竹林面積データとして活用

(2) 植生・土地利用面積分布の改善 (竹林の重要性)

○HCHOカラムとコナラ、竹林の面積分布

- ・イソプレンの分布と一定の相関があると考えられるHCHOカラム濃度分布は、コナラ群落の植生面積分率とは整合せず、竹林の植生面積分率の分布と整合的。
- ・竹林は近年、都市部及び郊外部において急速な増加傾向にあることが多数報告されており、この植生分布の精緻化、イソプレン排出量の推定が重要と考えられる。

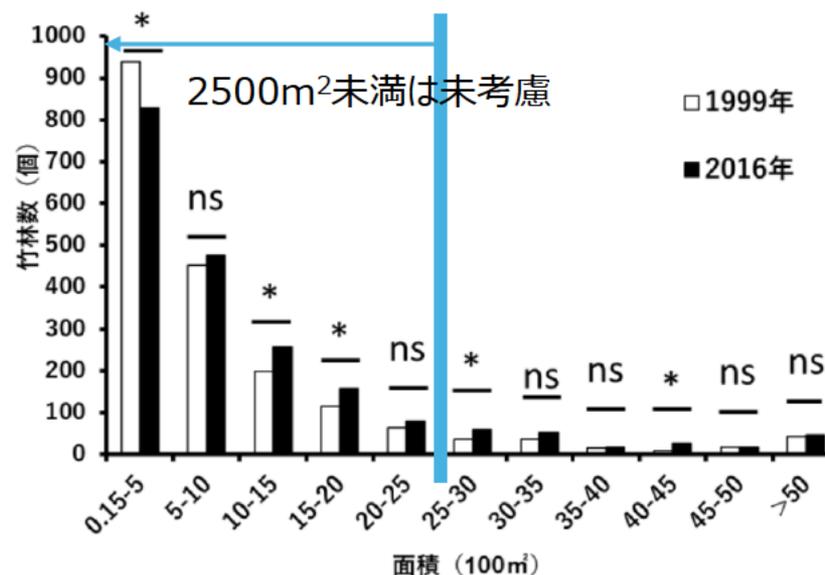
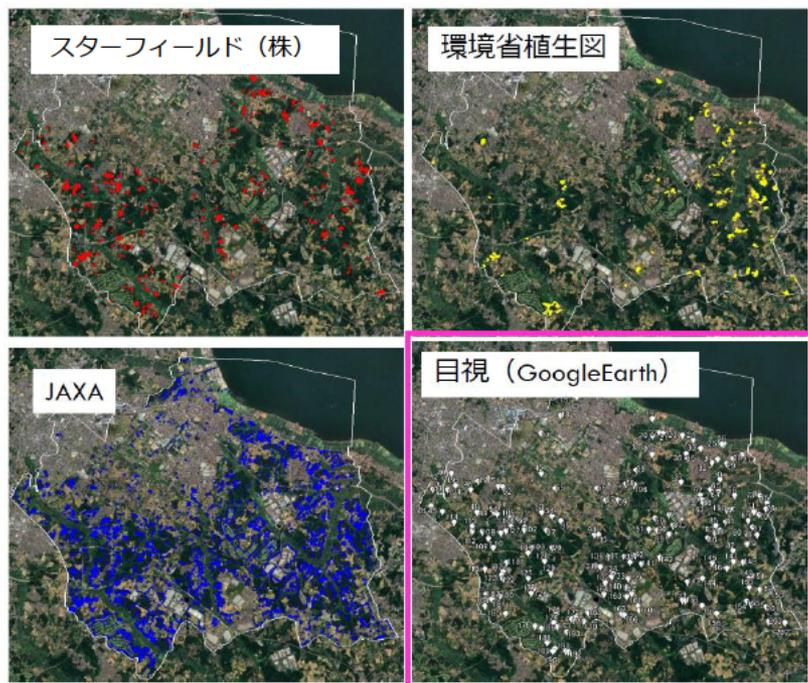


・コナラ群落、竹林の植生面積は、生物多様性センターデータの3次メッシュ加工データによる。

(2) 植生・土地利用面積分布の改善（竹林の重要性）

○竹林の面積分布推定の精緻化

- ・スターフィールド（株）（以下SF社）が茨城県内を対象に、衛星観測と目視（Google Earthまたは現地確認）による竹林推定調査を実施。
- ・目視調査を「正」とすれば、JAXA高解像度土地利用被覆図による竹林推定は過大であると考えられる。
- ・全国版のJAXAデータに、茨城県内のSF社の推定値の相関係数を乗じ、さらにSF社の方法で捕捉できない50m×50m以下の小規模竹林が多数存在することを考慮し、その3倍を竹林面積として設定した。



丹波篠山市を対象とした竹林数の規模別分布
 菊川ら2024、<https://repository.kulib.kyoto-u.ac.jp/dspace/bitstream/2433/288756/1/dnogk02588.pdf> 13

(3) BVOC排出係数の細分化・更新

種別	樹種名/土地区分名	放出物質	基礎放出量 (葉面積あたり)	補正後排出係数 (土地面積あたり)	ADMER-PRO設定値 (土地面積あたり)
			nmol・m ⁻² ・s ⁻¹	μg・m ⁻² ・h ⁻¹	μg・m ⁻² ・h ⁻¹
常緑針葉樹	1.スギ	MT	11.05	4328	針葉樹MT 3886
常緑針葉樹	2.ヒノキ	MT	1.93	2264	
常緑針葉樹	6.アカマツ	MT	1.6	1880	
常緑針葉樹	常緑針葉樹MT設定値	MT	1.0	1175	
落葉針葉樹	9.カラマツ	MT	1.4	1131	針葉樹MT 3886
落葉広葉樹	3.コナラ	Isop	32	5875	広葉樹Isop 21435
落葉広葉樹	7.ブナ (無放出)	無放出	0	0	
落葉広葉樹	8.ミズナラ	Isop	28	5141	
落葉広葉樹	落葉広葉樹Isop設定値	Isop	1.0	367	
落葉広葉樹	落葉広葉樹 (無放出)	無放出	0	0	広葉樹MT 193
落葉広葉樹	15.ハンノキ	MT	5	3672	
落葉広葉樹	16.シテ類	MT	5	3672	
落葉広葉樹	落葉広葉樹MT設定値	MT	1.0	734	
常緑広葉樹	13.スダジイ	MT	7.8	9165	広葉樹Isop 21435
常緑広葉樹	17.アラカシ	MT	7.3	8578	
常緑広葉樹	52.シラカシ	MT	9.5	11163	
常緑広葉樹	常緑広葉樹MT設定値	MT	1.0	1175	
常緑広葉樹	18.ツブラジイ	MT (推定)	7.8	9165	稲 (イネ科) Isop 0
常緑広葉樹	常緑広葉樹Isop設定値	Isop	1.0	588	
常緑広葉樹	常緑広葉樹 (無放出)	無放出	0	0	MT 607 その他 2410
竹類	20.モウソウチク	Isop	25.5	56182	
竹類	24.マダケ	Isop	43.6	96060	
竹類	タケ類 (モウソウチク、マダケ平均値)	Isop	34.6	76121	
竹類	ササ類 (上記平均値の1/10程度)	Isop	3.5	846	※基礎放出量が大きいのはイロハモミジだが、面積占有率のランクに出てこない。
カエデ類	11.カエデ類Isop,MT	無放出 (設定)	0	0	
カエデ類	イロハモミジMT	MT	6.1	4480	
カエデ類	19.イタヤカエデIsop	Isop	0.04	15	
カエデ類	19.イタヤカエデMT	MT	0.01	9	
草地、耕作地	Isop極低	Isop	0	0	0
偏在種	(高地偏在種)	一部不明	0	0	0
偏在種	(北海道偏在種)	MT	0	0	0
市街地等	非植生	放出なし	0	0	0

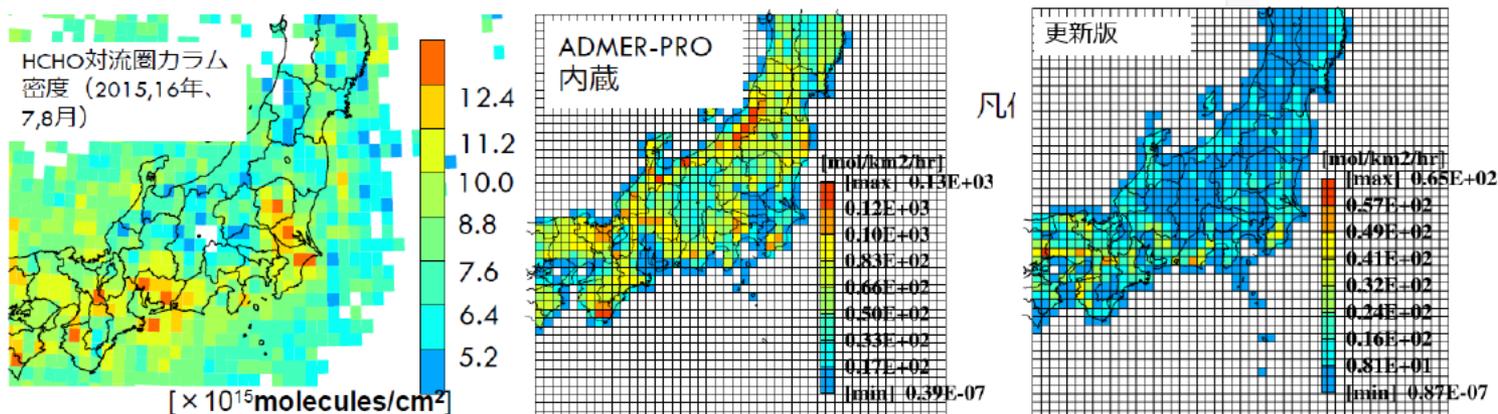
- **基礎放出量**は、文献調査と実測により精緻化された。
- 広葉樹/針葉樹の2分類だったが、**主要樹種に細分化した排出係数を設定**できた。
- イソプレン放出種の**竹林**を新たに加味した (**上方修正**)。
- **森林樹種**についてはフラックス測定値 (文献値) を参照して**下方修正**した。

2. 更新したBVOC設定におけるシミュレーションの検証

○ トップダウン推計とイソプレン放出量分布（気温補正後）

- ・ ADMER-PROのBVOC設定における日本海側の高濃度域が解消され、HCHO対流圏カラム分布と定性的に合致するようになった。

HCHO対流圏カラムと気温で補正したイソプレン放出量分布の比較その1（AQUAS-Tsukuba観測時）



領域内の全てのメッシュの基礎放出量の和

地方	BVOC	領域内全メッシュの基礎放出量の和 (mol・km ⁻² ・hr ⁻¹)		
		(A) ADMER-PRO内蔵	(B) 更新版	(B)/(A)
関東	イソプレン	1.81E05	2.66E04	6.8分の1
	イソプレン以外	2.63E05	7.80E04	3.4分の1
近畿	イソプレン	1.33E05	3.90E04	3.4分の1
	イソプレン以外	2.57E05	1.15E05	2.2分の1

- ・ 領域内の基礎放出量の和が、BVOC排出量を表すとすれば、内蔵設定での排出量を2.2～6.8分の1程度に下方修正したことになる。

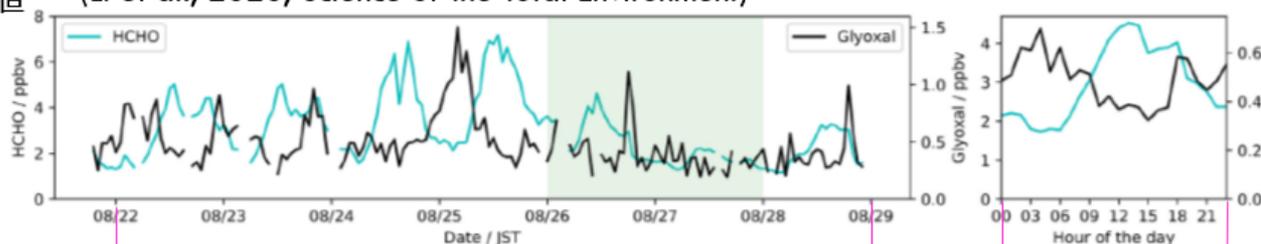
2. 更新したBVOC設定におけるシミュレーションの検証

○ 実測値との比較 (AQUAS-Tsukuba 2017年夏季)

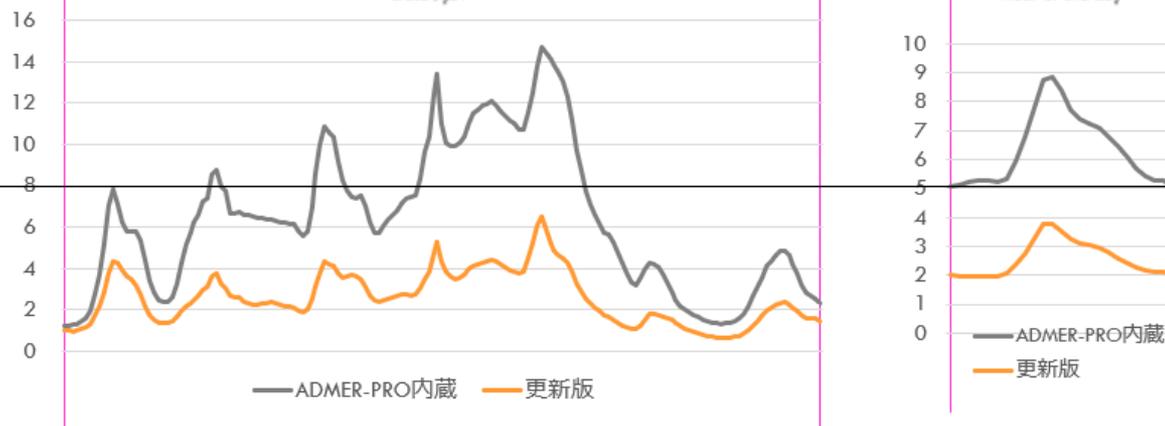
- ADMER-PRO内蔵では顕著な過大推計となっていたが、BVOC更新設定ではピーク値 (約8ppbv) がおおむね合致するようになった。
- ただし、日内変動パターンは合わない。なお、実測における不確実性や、化学反応モデルの不確実性等も影響している可能性がある。

HCHO濃度の観測値・計算値の比較結果 (AQUAS-Tsukuba, 2017年夏季)

観測値 (Li et al., 2020, Science of the Total Environment)



計算値
HCHO



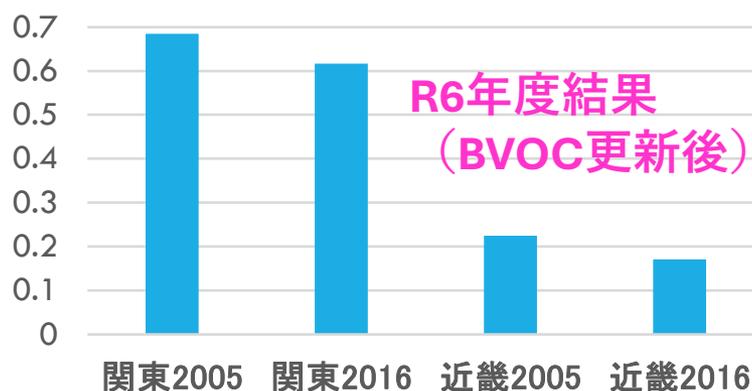
2. 更新したBVOC設定におけるシミュレーションの検証

○R1年度の成果

- ・VOC削減によるオゾン存在量低減効率は、地方によって異なり、関東>近畿>東北の順である。
- ・VOC削減によるオゾン存在量低減効率は、年代によって異なり、2005年に比べて2016年は低下しており、VOC削減がオゾン低減に効かなくなっている。

○R6年度の結果と再現性の検証

- ・上記の結果は、BVOC設定を更新しても定性的には成立することが確認された。
- ・VOC削減によるオゾン存在量低減効率は、関東地方で2005年についてADMER-PRO内蔵で0.3程度であったのが、BVOC更新設定では0.7程度と上昇した。
- ・BVOC設定を全体としては下方修正したことにより、VOC律速側にシフトした。
- ・過去のVOC対策はオゾン濃度低減により寄与していたと評価される。



オゾン存在量低減効率（VOC削減）の計算値の比較

3. 費用対効果の試算

- BVOC設定を更新した設定で、VOC対策費用を23万円/トン*1と設定し、VOC対策の費用対効果を試算した。
- オゾンの単純平均値及びコメ収量加重平均値を0.01ppm削減するための費用は関東：年間1~2千億円程度、近畿：年間3~5千億円程度であり、2005年から2016年にかけて増加
- オゾンの人口加重平均値を0.01ppm削減するための費用は、関東：年間5百億円程度であり、2005年から2016年にかけて減少。近畿：年間1千億円程度であり、2005年から2016年にかけて増加。

関東地方	2005年		2016年	
	必要排出削減量 (ton/yr)	必要コスト (億円/yr)	必要排出削減量 (ton/yr)	必要コスト (億円/yr)
単純平均値	555,798	1,278	586,082	1,348 ↑
人工加重平均値	237,008	545	218,192	502 ↓
コメ収量加重平均値	845,329	1,944	982,634	2,260 ↑

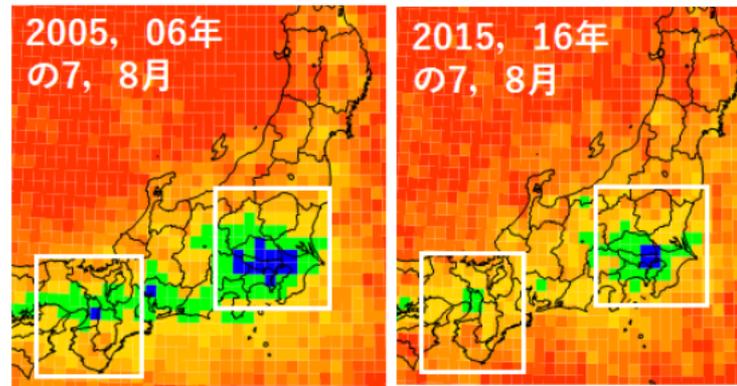
近畿地方	2005年		2016年	
	必要排出削減量 (ton/yr)	必要コスト (億円/yr)	必要排出削減量 (ton/yr)	必要コスト (億円/yr)
単純平均値	1,539,316	3,540	2,048,130	4,711 ↑
人工加重平均値	481,402	1,107	528,714	1,216 ↑
コメ収量加重平均値	1,348,769	3,102	1,859,058	4,276 ↑

*1：中西ら、詳細リスク評価書シリーズ24 オゾン、p.176、2009、丸善出版。
2000~2010年の対策費用をVOC排出削減量で割ったもの。

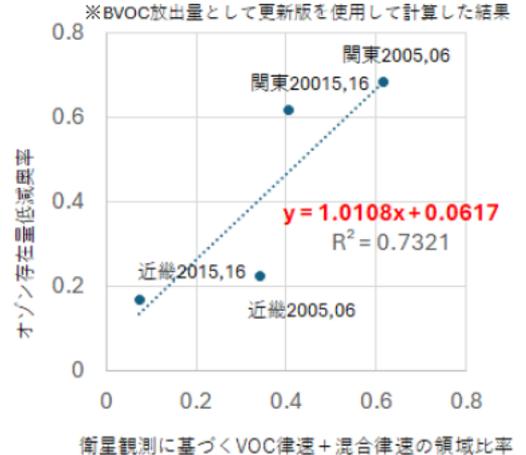
4. 定量的評価の検討

- 関東、近畿の2地方について、2005年頃と2016年頃のオゾン存在量低減効率と、オゾン生成レジームを表すVOC律速 + 混合律速の領域比率はある程度の相関が認められた。
- 衛星観測データを用いて、VOCの排出削減によるオゾン低減効率を定量的に評価できる可能性が示唆された。

衛星観測によるHCHO/NO₂対流圏カラム濃度比



オゾン存在量低減効率*と衛星観測に基づくVOC律速 + 混合律速の領域比率の関係

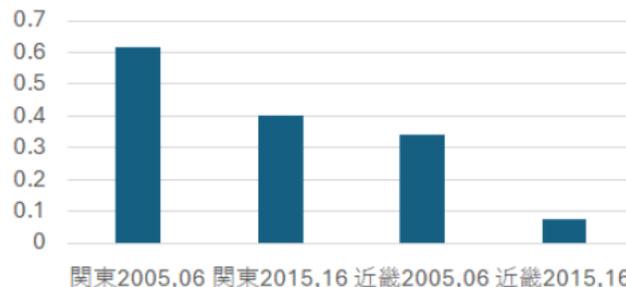


衛星観測データを用いて、VOCの排出削減によるオゾン低減効率を定量的に評価できる可能性が示唆された

引用元：産業環境対策小委員会（第6回）資料2-2

VOC律速：VOCを減らすとオゾン濃度が低下するが、NOxを減らすとオゾン濃度が増加することもある。
NOx律速：VOCを減らしてもオゾン濃度は変化がなく、NOxを減らすとオゾン濃度が低下する。
混合律速：上記の中間的な状態。
図中の遷移領域。

VOC律速 + 混合律速の領域比率



5. 各種文献調査の結果

○コロナ禍における大気汚染物質の影響についての文献調査

- ・2020年冬季～春季のオゾン濃度の変化に係る論文を調査。
- ・NO₂やVOCの大気中濃度は世界的に減少し、粒子状物質濃度は減少した一方、オゾン濃度は増加したという報告が世界各地で見られる。全球オゾン負荷は低下。

○BVOCのトップダウン推計の可能性調査

- ・文献調査により、日本近郊でもトップダウン推計ができる可能性はあるが、解像度は10～100kmとなることが示された。

○BVOC基礎放出量の文献調査

- ・既存文献を調査したところ、樹種によるBVOC排出は以下の概観。
イソプレン放出種・・・落葉広葉樹：コナラ、ミズナラ、
竹類：モウソウチク、マダケ（高放出）
モノテルペン放出種・・・常緑針葉樹：スギ、ヒノキ等、
常緑広葉樹：シイ、カシ類等（中放出）
無放出種・・・・・・・・・・ブナ、ケヤキ等

○費用対効果に関する文献調査

- ・様々な政策に関する費用対効果、費用対便益分析は、アメリカやイギリスでは盛んに行われている。日本では、道路建設に関する費用対効果分析に限定される。

6. 成果のまとめ

○BVOC設定の改善

- ・基礎放出量データベースを構築し、一定の精度のある主要樹種の葉面積当たり基礎放出量、及びその季節変動を定式化した。公表して活用に資する予定。
- ・竹林の加味、森林からのBVOC放出量の補正等により、衛星観測データとの定性的合致、実測値との合致など、改善が図られた。
- ・葉面積当たり基礎放出量以外のBVOC設定に関しては、不確実性は残っている。

○シミュレーションによるオゾン低減効率の評価

- ・VOC削減によるオゾン存在量低減効率は、地方によって異なり、関東>近畿>東北の順である。
- ・VOC削減によるオゾン存在量低減効率は、年代によって異なり、2005年に比べて2016年は低下しており、VOC削減がオゾン低減に効かなくなっている。
- ・VOC削減によるオゾン存在量低減効率は、ADMER-PRO内蔵で0.3であったのが、BVOC更新設定では0.6程度と上昇した。過去のVOC対策はオゾン濃度低減に一定程度寄与したと評価される。

○費用対効果

- ・VOC対策費用を23万円と設定し、オゾンの単純平均濃度、コメ収量加重平均値、人口加重平均値をそれぞれ0.01ppm下げるための費用を関東・近畿で試算した。

○定量的評価

- ・VOC削減によるオゾン存在量低減効率は、衛星観測により得られるVOC律速、混合律速の領域の比率を用いて、簡易的に推定できる可能性が示された。

7. 考察

- これまでの調査により以下のことがわかった。
 - ・ AVOCを減らせば、削減量に応じてオゾンも減るという単純な構図ではなく、地域、季節、年代によって、オゾンの削減効果は異なる。
 - ・ BVOCの排出量の大小によっても、AVOC削減によるオゾン削減効果は変化する。
 - ・ BVOCのうち、竹林の影響が大きいことが示唆された。
 - ・ VOC律速からNOx律速への移行により、AVOC削減によるオゾン削減効果は低くなってきていることが示唆された。 今後さらにNOx律速へ移行すると想定される。
 - ・ コロナ禍においては、VOC、NOxともに減少していてもオゾン濃度が上昇した論文が世界中で多数報告された。
- AVOCの削減によるオゾン削減効果は低くなっていることが示唆されているので、AVOC削減だけに着目せずに、引き続き、科学的なオゾン生成機構の解明、BVOC排出量のさらに精緻な把握、オゾン生成レジームの影響の解明等が必要。

結果1：定量指標の基本計算

- ・関東、近畿、東北の3地方で比較すると、VOC削減指標は関東＞近畿＞東北の順に大きく、NO_x削減指標はこの逆の順。
- ・過去（2005年ベース）と近年（2016年ベース）で比較すると、VOC削減指標は小さく、NO_x削減指標は大きくなっている。この傾向は、近年（2016年）と将来（2030年ベース）についても同様である。

結果2：排出場所の立地場所の影響（2005年ベース、関東、夏季）

- ・VOC削減指標とMIR（光化学反応性）、VOC削減指標と立地パラメータとの相関は低いが、VOC削減指標とこれらの積（MIR×立地パラメータ）との相関は非常に高い。すなわち、MIRだけでなく、排出場所（＝削減場所）の立地も、前駆物質削減によるオゾン低減効果を検討する上では考慮する必要がある。

結果3：気象条件の影響

- ・春季と夏季を比較すると、夏季はNOx律速、春季はVOC律速が強まる傾向となる。
- ・関東地方について、夏季（高濃度オゾンが出現する気象パターン：地衡風＝弱、日射＝強）は「VOC、NOx削減指標とも正で、NOx削減指標が大きい」、冬季は「VOC削減指標がほぼゼロで、NOx削減指標は負値」、春と秋は「VOC削減指標は正值で小さく、NOx削減指標は負値」となる。

結果4：BVOCの設定の影響

- ・BVOCに関しては、測定値や排出量の推計方法に関して未だ知見が不足しており、今後も引き続き知見の充実が待たれる。
- ・BVOCの設定を変更すると、「オゾン低減効率等」は大きく変動する。
- ・ADMER-PROの現状におけるBVOC設定は、BVOCは排出量を若干高めに見積もっている可能性がある。