

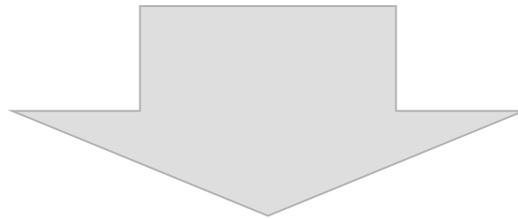
光化学オキシダント等大気環境に係る 科学的知見等に関する調査 (概要)

平成30年3月

大気環境に係る科学的知見等に関する調査検討会

1. 調査の背景・目的

- 平成18年4月の大気汚染防止法改正により、法規制と事業者・業界団体等による自主的取組のベストミックスによりVOCの排出削減対策を実施。すでに平成12年度比で二分の一にまで削減。
- しかし、光化学オキシダント (O_x) や微小粒子状物質 ($PM_{2.5}$) については、依然として環境基準の達成状況が悪く、前駆物質の一つとされているVOCの排出抑制効果が定量的に確認できていない状況。
- 理由として、 O_x 等の生成機構や、その原因物質であるVOC等との関連性等に未解明な部分も多いことが挙げられる。



- O_x 、 $PM_{2.5}$ 等の生成機構等について国内外の最新の科学的知見を収集・分析し、今後の我が国における大気汚染対策の在り方等について検討を実施。

2. 調査方法

- 有識者や産業界委員からなる検討会を設置。委員からのプレゼンテーションのほか、学術論文や、委員以外の有識者へのヒアリング調査により情報収集を行って、最新の科学的知見を整理した。
- 一部の委員には、共同研究というかたちで参画いただき、最新の知見の収集や結果の取りまとめにご協力いただいた。

(参考) 大気環境に係る科学的知見等に関する調査検討会委員

(○：委員長、五十音順、敬称略)

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
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 地球環境観測研究開発センター	センター長代理
須貝 英生	一般社団法人 日本塗料工業会	常務理事
○ 竹内 浩士	一般社団法人 産業環境管理協会	執行理事
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
奈良 恒雄	一般社団法人 日本化学工業協会 VOC検討SWG	主査
速水 洋	一般財団法人 電力中央研究所 環境科学研究所 大気・海洋環境領域	副研究参事
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

3. 調査結果：光化学オキシダントとは？



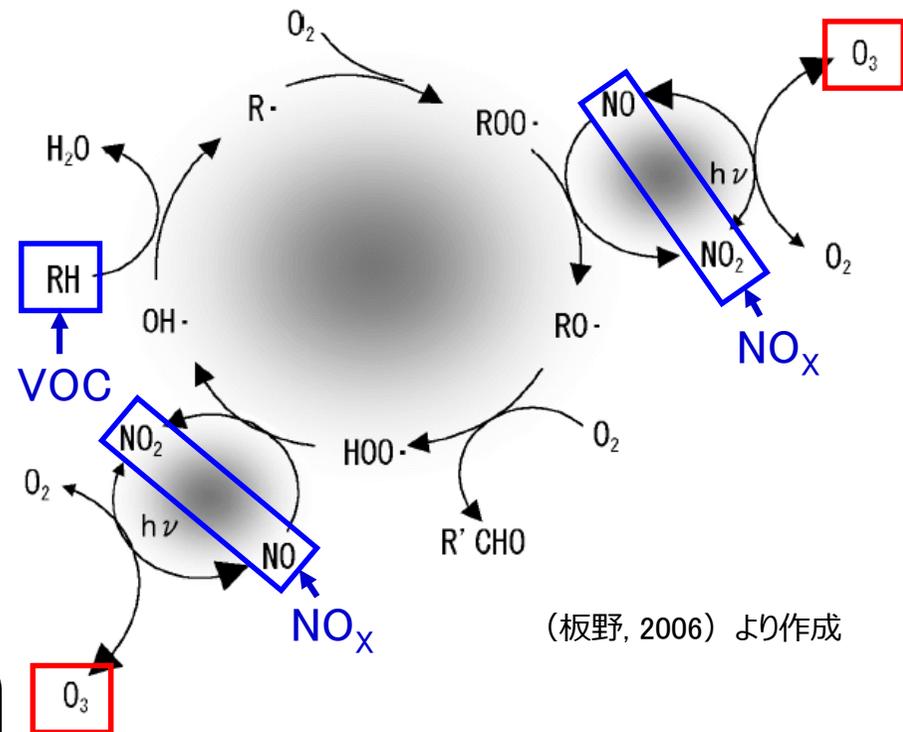
- オゾン (O_3) が主成分
- 大気環境基準（1時間値で0.06ppm以下）が存在（健康に有害）
- 大気中での光化学反応で生成（工場等からの直接の排出はない）



出典：佐賀県ホームページ (<http://saga-taiki.jp/ox/ox.html>)

窒素酸化物 (NO_x) ※や、揮発性有機化合物 (VOC) ※が存在すると、光化学反応によってオゾン（二次汚染物質）が生成

※ NO_x やVOCはオゾンの「前駆物質」と言われている。

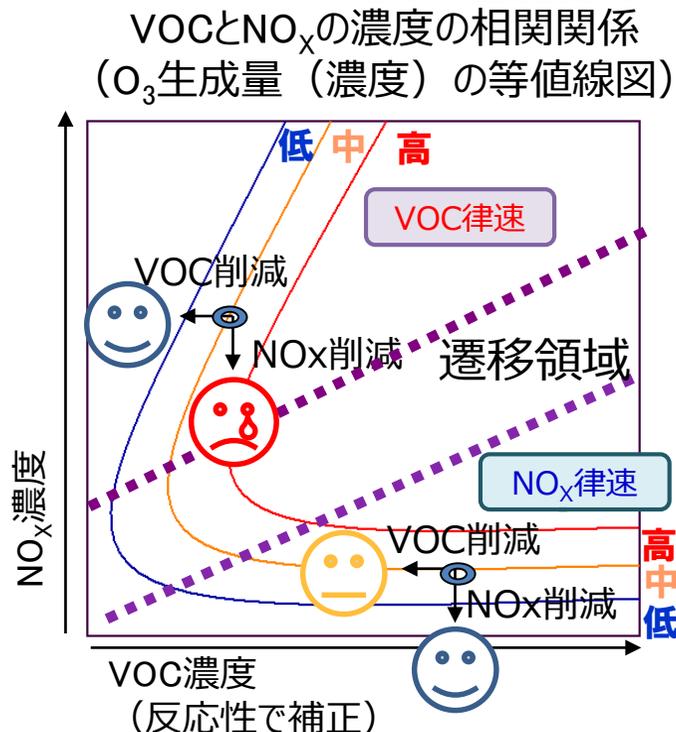


(板野, 2006) より作成

図1 オゾン生成反応の模式図

3. 調査結果 (O_x) : オゾンの感度レジームとは？

- VOCやNO_x排出量と、オゾン生成量（濃度）には、オゾンの「感度レジーム」と呼ばれる関係性があり、**VOC律速**（VOCに依存する状態）と、**NO_x律速**（NO_xに依存する状態）に大別される。
- 大気中のVOCとNO_xの濃度（濃度比）により、感度レジームの状態が決まる。
- 感度レジームが異なると、VOCやNO_xの排出削減効果に差が生じる。NO_x律速ではVOCを削減してもオゾン濃度の低減には実質的な効果が得られない。



VOC律速：

VOCを減らすとオゾン濃度が低下するが、NO_xを減らすと逆にオゾン濃度が増加することもある。

NO_x律速：

VOCを減らしてもオゾン濃度は変化がなく、NO_xを減らすとオゾン濃度が低下する。

※ 上記の記述は一般化したものであり、必ずしも全てのケースに当てはまるものではない。

3. 調査結果 (O_x) : オゾンの感度レジームと地域差による影響

- 都市部と郊外ではVOCとNO_xの排出状況が異なっていることから、「感度レジーム」にも地域差が生じることが知られている。
- 一般的に、都市部ではNO_x濃度が高い (VOC/NO_xの比率が低い) ため**VOC律速**、郊外では植物からのVOC放出量が多い (VOC/NO_xの比率が高い) ため**NO_x律速**。
- また、感度レジームは常に一定ではなく、VOCやNO_xの排出量の変化や、風などによる大気の状態変化によりレジームも変化する。

自動車や工場の多い**都市部**は主に**VOC律速**
→オゾン濃度の低減には、VOC排出量の削減が有効



山林に近い**郊外**では主に**NO_x律速**
→オゾン濃度の低減には、NO_x排出量の削減が有効



3. 調査結果 (O_x) : オゾンの感度レジームの経年的な変化

- オゾンの感度レジームには、経年的な変化が生じていることも明らかとなっている。
- 図2のとおり、我が国全体としてNO_x律速寄りになっているという研究成果もあり、NO_x排出削減がオゾン濃度の低減に有効な地域が多くなっている（VOC排出の削減が有効な地域が減少している）状況である。

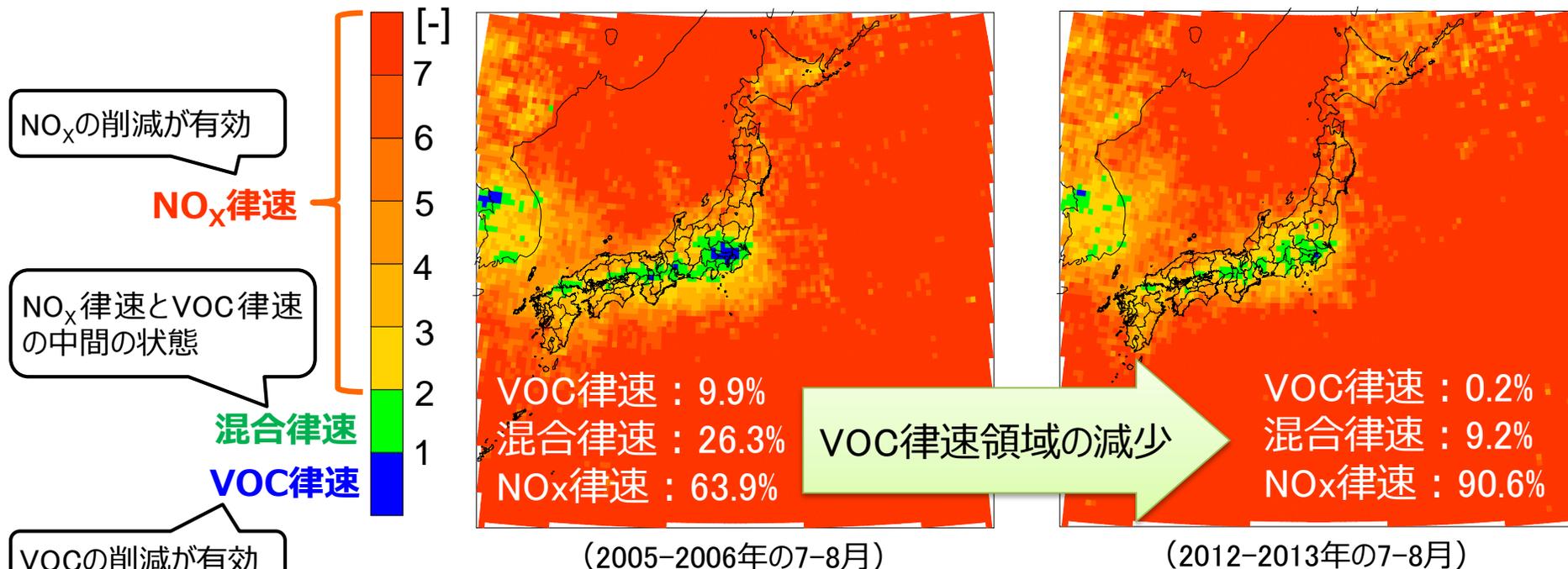


図2 O₃の感度レジームの地域差と経年変化

※1 衛星観測データを使用した光化学指標（ホルムアルデヒド/NO₂）による診断結果。

※2 衛星データや律速の境界を規定する閾値は不確実性が大いだが、ここではその一つの研究例として、VOC律速領域が経年的に減少した結果を示している。

3. 調査結果 (O_x) : 植物起源VOCや未把握なVOC等の影響

- VOC発生源のうちの約7割は植物起源とされているが（平成24年度の推計値；図3）、観測データが限られており、成分の情報など正確な把握には至っていない（更なる知見の充実が必要）。
- また、大気中での化学反応で二次生成されたVOCなど、未把握のVOCも一定程度存在していることが知られている。さらには、オゾンの生成に係る化学反応自体にも把握されていないものがあると言われている。

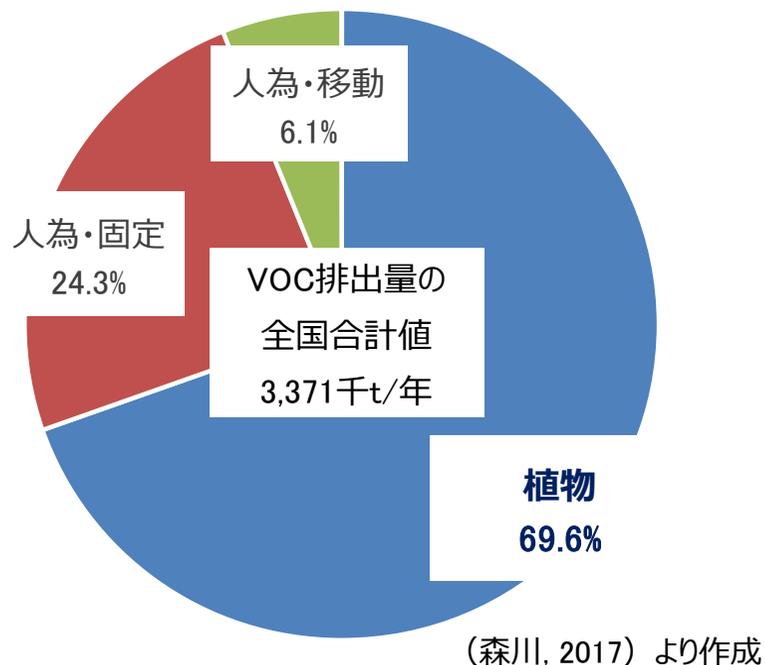


図3 我が国全体のVOC排出量
(PM_{2.5}排出インベントリ)



都市部では植物起源VOCの割合が小さい。
⇒人為起源VOCを減らすと、大気中のVOCが減少しやすい。



郊外では植物起源VOCの割合が大きい。
⇒人為起源VOCを減らしても、大気中のVOCが減少しにくい。

3. 調査結果 (O_x) : 越境汚染の影響

- 我が国における春季のオゾン濃度は、約 8 割が国外からの発生源が寄与している（国内は約 2 割）（図 4）。
- また、1980-2005年間の経年変化によれば、中国起源のオゾン濃度は増加傾向を示しており（図 5）、また近年の中国国内のオゾン濃度は、2013年から2016年にかけて10.8%増加している（※）。

※中国74都市の平均値（日最高8時間値の90パーセンタイル値）、中国環境保護部公表データ

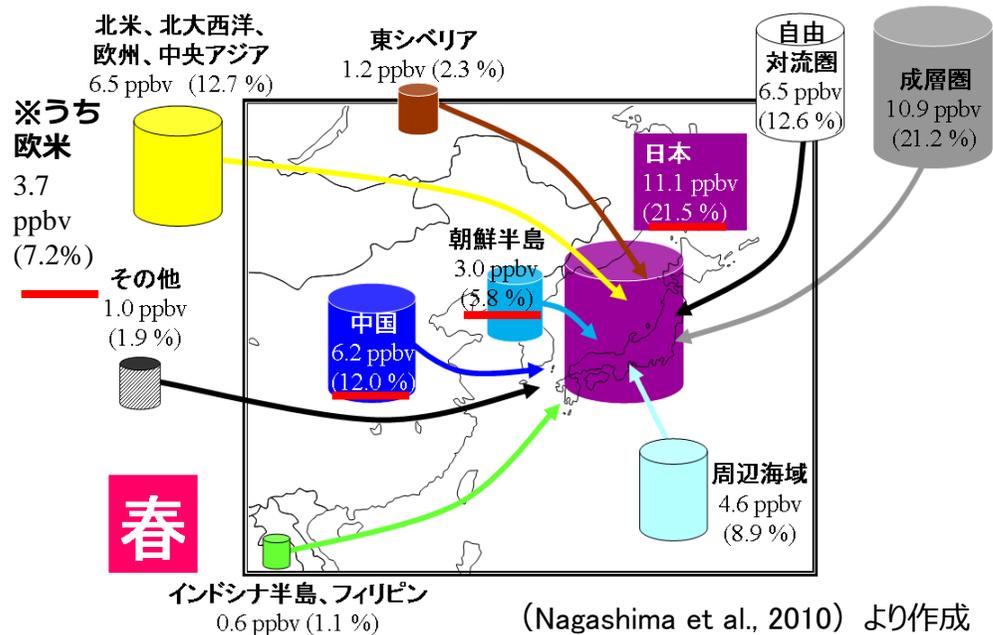


図 4 我が国のO₃濃度の発生源寄与率 (3-5月、2000-2005年平均値)

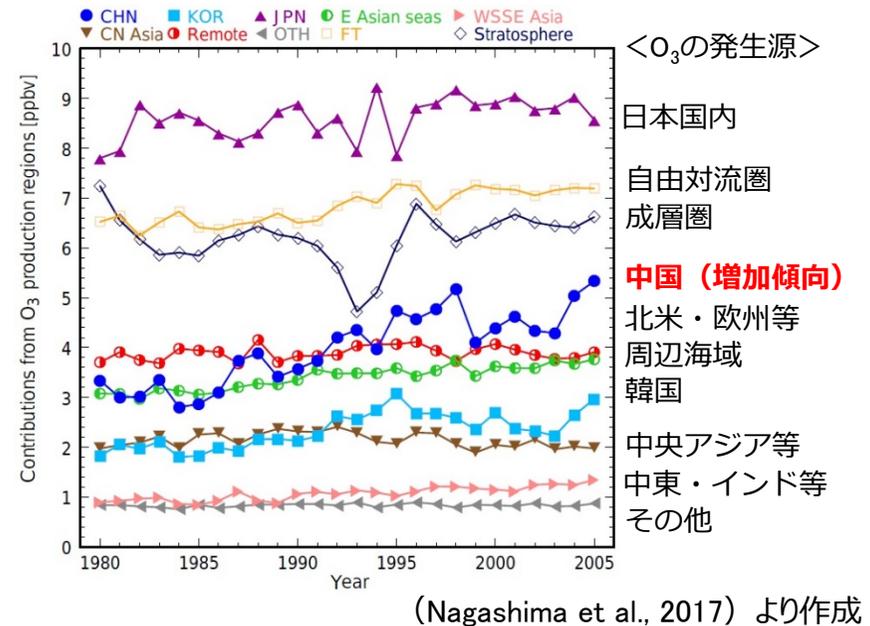


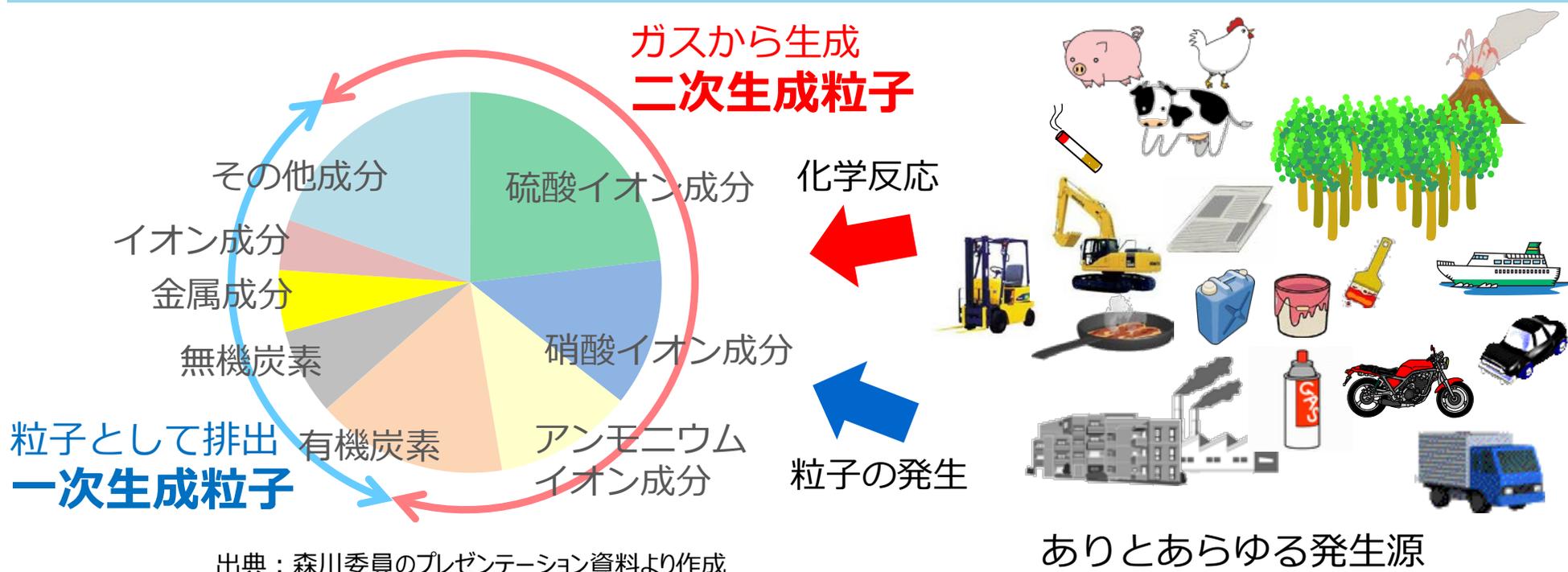
図 5 我が国のO₃の寄与濃度の経年変化 (発源地地域別、1980-2005年)

3. 調査結果（O_x）：緊急時対応の効果

- 我が国では、大気汚染防止法等に基づき、O_x濃度が高くなり注意報等が発令される状況になると、各都道府県等から域内の事業者に対して、緊急時対応として、「**負荷下げ（工場等におけるVOCや燃料使用量等の削減）**」の要請や命令等が行われている。
- しかし、オゾンの生成にはタイムラグがあることから、緊急時対応により前駆物質の排出量を削減しても、即効性には乏しい可能性がある（発令当日にも効果は得られるが、より効果が期待できるのは翌日以降の可能性もある）。
- なお、調査の結果、諸外国では固定発生源（工場等）に関する緊急時対応を行う事例は少なく、また緊急時対応の効果を検証した研究成果も見当たらなかった。

4. 調査結果 (PM_{2.5}) : PM_{2.5}の発生源

- PM_{2.5}には、一次生成粒子と二次生成粒子があり、産業活動だけでなく、自然由来も含め、発生源（前駆物質の発生源を含む）は多岐にわたっている。
- 地域ごとにも発生源が異なるため、地域ごとの発生源の影響を把握しなければ、具体的な対策は講じにくい。
- なお、今回の調査結果では、固定発生源（工場等）から排出されるVOCの影響（感度割合）は数%程度という研究結果も確認されたが、生成機構にはまだ未解明な部分も多い。



4. 調査結果 (PM_{2.5}) : 越境汚染の影響

- 我が国のPM_{2.5}濃度における中国からの影響は、西日本では約6割と大きいものの、関東地方では約4割程度とされており、地域差がある (表1)。
- また、2013-2016年の地上観測データでは、2015-2016年にかけてPM_{2.5}濃度の減少傾向が確認されている (図6)。
- また、近年の中国国内のPM_{2.5}濃度は、2013年から2016年にかけて約30%減少していることが明らかとなり (※)、中国からの越境汚染の低下は、近年の我が国におけるPM_{2.5}の環境基準達成率の向上の理由の一つと考えられる。

※中国74都市の平均値、中国環境保護部公表データより

表1 PM_{2.5}の地域別発生源寄与率 (2010年、通年)

地域 \ 発生源	九州	中国	四国	近畿	北陸	関東
中国	61%	59%	59%	51%	55%	39%
朝鮮半島	10%	11%	8%	6%	5%	0%
日本	21%	25%	23%	36%	33%	51%

(Ikeda et al., 2015) より作成

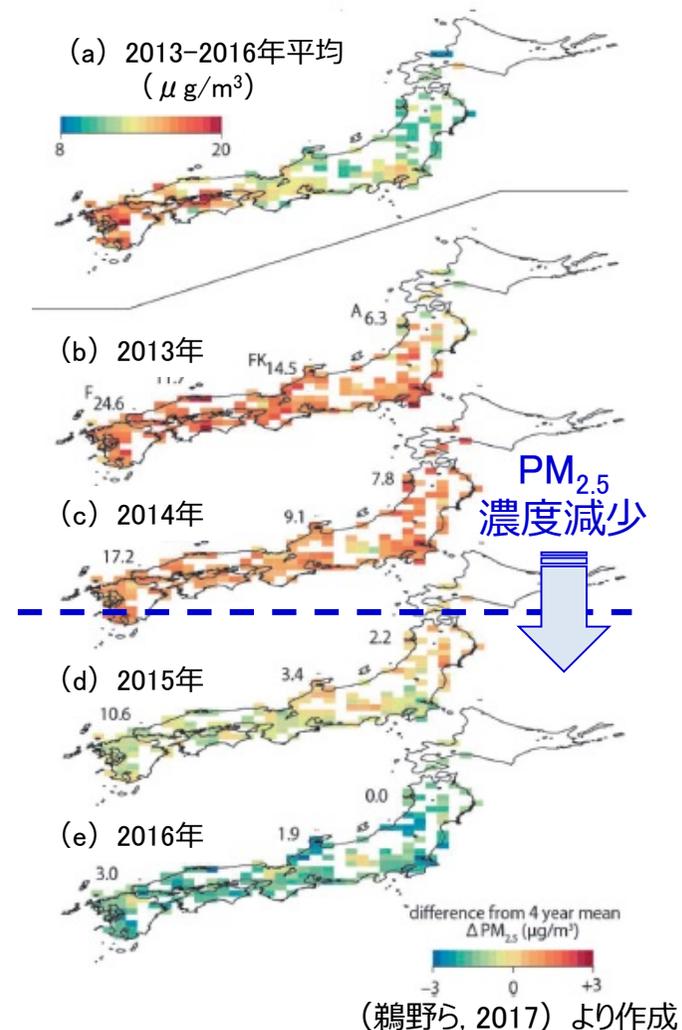


図6 PM_{2.5}濃度の経年変化 (2013~2016年)

※ aは2013~2016年の平均値 (4年平均値)、
b, c, d, e, f はそれぞれ2013, 2014, 2015, 2016
年値と4年平均値の差

4. 調査結果 (PM_{2.5}) : シミュレーションの不確実性や凝縮性ダストの影響

- 現在の大気質シミュレーションは、入力データである排出インベントリが未把握なVOCの存在等による不確実性を含む等の理由から、観測値に比べて成分別に過小評価や過大評価になっている場合も多いことが知られている (図7)。
- また、工場等の煙突からの排出ガスは、大気に排出された後、温度の低下に伴い凝縮して粒子化するが、この「凝縮性ダスト」と呼ばれる粒子についても、詳細なデータに乏しく、シミュレーションの不確実性要因となっている。

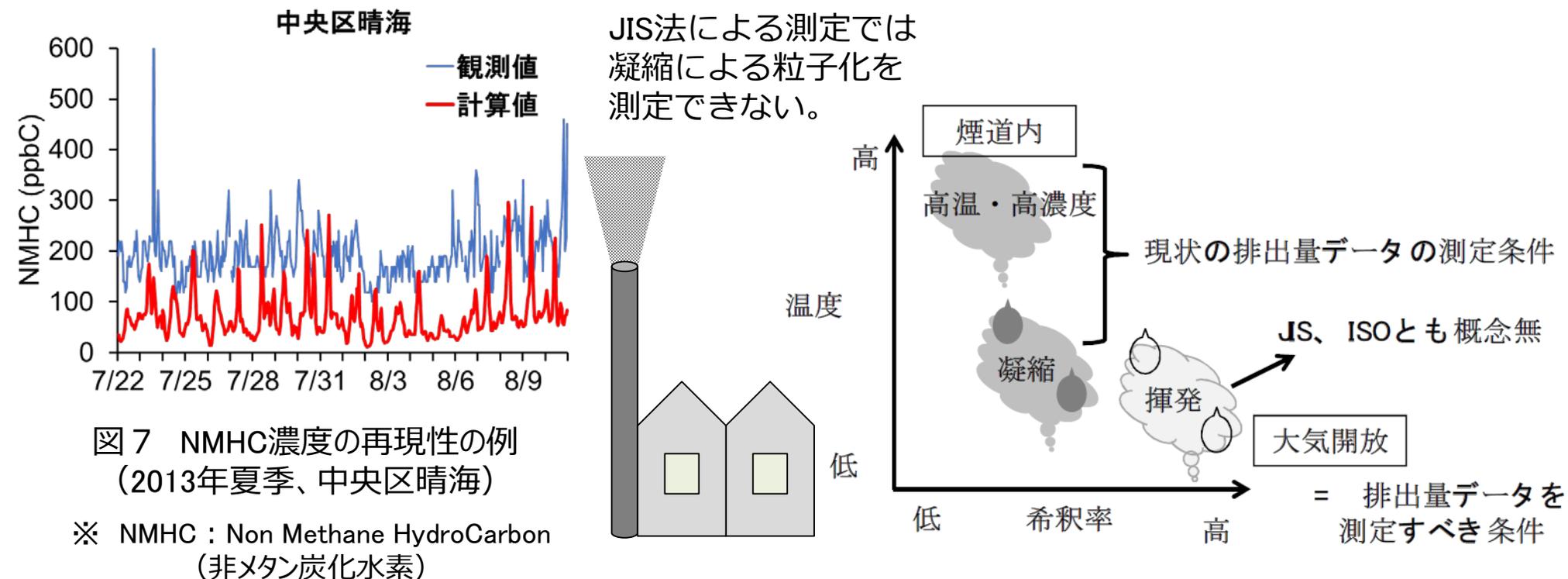


図7 NMHC濃度の再現性の例
(2013年夏季、中央区晴海)

※ NMHC : Non Methane HydroCarbon
(非メタン炭化水素)

出典 : 茶谷委員のプレゼンテーション資料等より作成

出典 : 茶谷委員のプレゼンテーション資料より作成

5. まとめ

(1) 産学官の協力等による科学的知見の更なる充実

- オゾンやPM_{2.5}の生成機構には、未把握なVOC成分や、化学反応等に未解明な部分が残されている。また、観測データの不足や不確かさ（排出インベントリ、凝縮性ダスト等）も指摘されている。このため、産学官連携による**科学的知見の更なる充実**が必要である。

(2) 地域ごとの状況に応じた取組の検討

- オゾンに対するVOC排出削減の効果や、PM_{2.5}における越境汚染の影響等には地域差が確認されていることから、**地域ごとの状況に応じた取組**が効果的である。

(3) 最新の科学的知見に基づく対策効果の検証と状況変化に対応した取組の最適化

- 前駆物質の排出削減効果や、越境汚染の影響等は経年変化していることから（例えば、VOC律速の地域が減少傾向等）、前駆物質の濃度等、**常に最新の大気環境を踏まえた取組**を行うことが重要である。同時に、最新の科学的知見を活用し、シミュレーションによる対策効果の検証を進めることも重要である。

(4) その他

- 科学的知見の更なる充実を図るためには、衛星観測データの活用等、**新しい技術の積極的な活用**に努めることが重要である。
- また、大気汚染対策の実施にはコスト負担が伴うのが通例であり、不確かな情報に基づく対策の実施はいたずらなコスト負担を招くおそれがある。したがって、効率的な対策の実施につなげるためにも、**科学的知見の更なる充実に向けた取組**を継続することが重要である。

<図表の引用文献>

図表 番号	タイトル・雑誌名等
図 1	板野泰之, 2006. 都市大気における光化学オキシダント問題の新展開, 生活衛生, 50, 115-122.より作成
図 2	井上委員のプレゼンテーション資料等より作成
図 3	森川多津子, 2017. PM _{2.5} 排出インベントリの最新状況と課題, 大気環境学会誌, 52, A74-A78.より作成
図 4	Nagashima, T., Ohara, T., Sudo, K., Akimoto, H., 2010. The relative importance of various source regions on East Asian surface ozone, Atmospheric Chemistry and Physics, 10, 11305-11322.より作成
図 5	Nagashima, T., Sudo, K., Akimoto, H., Kurokawa, J., Ohara, T., 2017. Long-term change in the source contribution to surface ozone over Japan, Atmospheric Chemistry and Physics, 17, 8231-8246.より作成
図 6	鵜野伊津志, 王哲, 弓本桂也, 板橋秀一, 長田和雄, 入江仁士, 山本重一, 早崎将光, 菅田誠治, 2017. PM _{2.5} 越境問題は終焉に向かっているのか?, 大気環境学会誌, 52, 177-184.より作成
図 7	茶谷委員のプレゼンテーション資料より作成
表 1	Ikeda, K., Yamaji, K., Kanaya, Y., Taketani, F., Pan, X., Komazaki, Y., Kurokawa, J., Ohara, T., 2015. Source region attribution of PM _{2.5} mass concentrations over Japan, Geochemical Journal, 49, 185-194.より作成