

MF4 大気質モデルを用いた中国珠江デルタ地域における VOC の O₃ 生成寄与の評価

Evaluation of VOC contribution to O₃ generation in Pearl River Delta by using air quality model

指導教員 近藤明教授・共生環境評価領域

28H18047 張溢彬 (Yatpan CHEUNG)

Abstract: O₃ pollution has become the most serious air pollution in the Pearl River Delta region (PRD) of southern China with a large population. A clean air action since 2013 has reduced SO₂ and PM_{2.5} concentrations, while it's estimated that emissions of volatile organic compound (VOC), a precursor of O₃, has been increasing. In order to provide a reliable scientific basis for O₃ control and environmental governance policies, VOC contribution to O₃ generation in PRD was estimated by air quality simulations during the warm season of 2015 when high concentration O₃ was observed. The contribution of VOC emissions from biogenic, industry, residential and transport sectors was evaluated by the difference between the simulation cases that adjust the VOC emission to zero for each sector and the simulation case using emissions from all sectors. The results show that biogenic and industry sectors are the major contributing sectors with the maximum average contribution to O₃ being 3.5 ppb and 4.0 ppb, respectively. For the industry sector, two methods of reducing VOCs by 20% were evaluated. The results show that the reduction of VOC species considering the maximum incremental reactivity (MIR) is 1.7 times more effective than the uniform reduction for high concentration O₃.

Keywords: Air quality model, Regional pollution, O₃ generation, VOC, MIR

1. はじめに

中国では O₃ 濃度が増加しており、中国南部の人口が密集した広東省 (GD) の珠江デルタ地域 (PRD) では O₃ による大気汚染が深刻化している¹⁾。2013 年から導入された新たな環境規制政策により SO₂ や PM_{2.5} の濃度が低減されている一方、O₃ 前駆物質の揮発性有機化合物 (VOC) の排出量は増加傾向にあると推計されている²⁾。O₃ 高濃度汚染の現状の下で、効率的な VOC 削減および合理的な O₃ 制御対策の実現は重大な課題として残されている。そこで本研究では、O₃ 低減対策を検討するために、高濃度 O₃ が観測された 2015 年の暖候期における PRD を対象に、VOC 排出の削減を仮定して気象・大気質モデルを用いたシミュレーションを実施することで、VOC 排出の O₃ 生成寄与を評価した。

2. 方法

本研究では気象モデル WRF v3.8 および大気質モデル CMAQ v5.2.1 を用いた。計算期間を 2015 年の 4 ~ 9 月とし、計算領域は中国を対象とした 45 km 格子領域 (D1)、中国南部の GD を対象とした 9 km 格子領域 (D2) を設定した。人為起源の排出量データとして、Zheng ら²⁾による 2010~2017 年の中国における発生源部門別の排出量経年変化を基に、2010 年を対象にした HTAP v2.2 を 2015 年に補正したインベントリを使用した。また、自然起源 (生物部門) の VOC 排出量データとして、MEGAN v2.04 による推計結果を使用した。VOC 排出量について、主要な排出部門である生物、産業部門の PRD における排出量は 1.22, 2.25 Gg/day となっており、空間分布は生物部門では D2 全体で概ね均一であり、産業部門では PRD に集中している。シミュレーションでは、前述の排出量データを用いた Base ケースの O₃ 濃度と部門別 VOC 排出をゼロとしたケースの O₃ 濃度の差によって各 VOC 排出部門の O₃ 生成寄与を評価した。また、O₃ 濃度の低減対策を評価するために、産業部門の VOC 各成分の排出量を 20%削減したケースとして、一律削減したケースおよび O₃ 生成能を表す MIR が高い成分を優先的に削減したケース (MIR 削減) の 2 ケースを設定した。

3. 結果と考察

PRDにおける気象要素はWRFによって概ね良好に再現された。O₃濃度については、GDおよびPRDで計算値と観測値の一致性を示すIA値が0.73および0.76であり、CMAQによって良好に再現された。NO₂濃度については、GDおよびPRDでIA値が0.72および0.65であり、PRDではやや過大評価となっていたが、概ね良好に再現された。

計算期間平均O₃濃度に対する生物、産業、住宅、交通部門のVOC排出の寄与はそれぞれ最大3.5, 4.0, 0.31, 0.55 ppbであり、生物部門および産業部門が主要な寄与部門となった。VOC排出寄与はPRDの北方で高い傾向を示し、生物部門は産業部門と比べてより広域的な寄与を示した。

Baseケースにおける地域平均O₃濃度レベル別での部門別VOC排出寄与および一律削減・MIR削減の効果を表1に示す。PRDでは地域平均O₃濃度が100 ppb以上となる高濃度O₃が出現した。100 ppb以下のO₃濃度レベルでは生物部門寄与は産業部門寄与と同じ程度だが、PRDにおける高濃度O₃期間では産業部門寄与が生物部門より大きくなった。

高濃度O₃期間における産業部門VOCの20%一律削減・MIR削減による平均O₃濃度低減効果の空間分布を図1に示す。VOC排出削減は、特にPRD北方の高濃度O₃低減に効果的となっていた。MIR削減は一律削減より効果的であり、PRDでは1.8倍程度効果が大きくなった。高濃度O₃期間平均での一律削減およびMIR削減のO₃濃度低減効果はそれぞれ最大5.2 ppbおよび8.8 ppbであった。

4. 結論

本研究の結論を、以下にまとめる。

- 計算期間平均O₃濃度に対する生物、産業、住宅、交通部門のVOC排出の寄与はそれぞれ最大3.5, 4.0, 0.31, 0.55 ppbである。VOC排出寄与はPRDの北方で高い傾向を示し、生物部門は産業部門と比べてより広域的な寄与を示した。
- 高濃度O₃期間平均に対するPRDにおける生物部門、産業部門、一律削減、MIR削減のVOC排出寄与はそれぞれ13.7, 19.2, 2.7, 4.5 ppbであり、MIR削減は一律削減より効果的、PRDには1.7倍の程度、MIR削減が最大8.8 ppbのO₃濃度を削減できる。

参考文献

- 1) 中国環境保護省 (2017) 2016年中国環境状況報告書
- 2) Bo Zheng et al. (2018) Atmos. Chem. Phys., 18, 14095-14111

表1 BaseケースにおけるO₃濃度レベル別での部門別VOC排出寄与と産業部門20%一律削減・MIR削減の効果

(ppb)		60~80	80~100	>100
GD	生物部門	4.3	5	
	産業部門	3.7	5.2	
	住宅部門	0.3	0.4	
	交通部門	0.5	0.7	
	一律削減	0.6	0.9	
PRD	MIR削減	1.0	1.4	
	生物部門	6.3	7.4	13.7
	産業部門	6.5	8.6	19.2
	住宅部門	0.5	0.6	0.9
	交通部門	0.9	1.1	1.9
	一律削減	1.1	1.5	2.7
	MIR削減	2.0	2.6	4.5

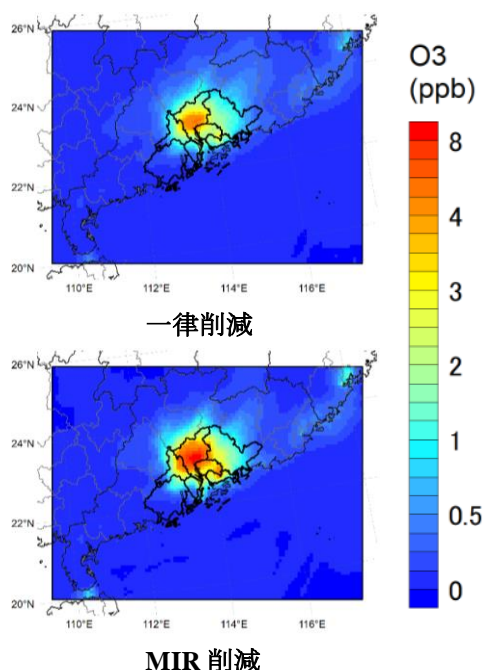


図1 高濃度O₃期間における産業部門VOCの20%削減効果の空間分布