

夏季の中部山岳のオゾン生成に及ぼす植物起源炭化水素の寄与推定

同 上 正会員 ○北田敏廣
豊橋技術科学大学 正会員 岡村 聖
豊橋技術科学大学 正会員 三溝 啓

1. はじめに

中部地方は、中央に山岳部、沿岸に平野部を持つ地形特性のゆえに、夏季晴天時の傾度風の弱いときには、海風、谷風、平地一台地風が、沿岸部から中部山岳に到る一連の流れを形成して、平野部で排出された大気汚染物質を1日の間に中央の山岳部まで輸送することが知られている。筆者等は、先に、同様の気象場が数日継続した場合に、反応生成物を含むこれらの汚染物質がさらにどのような運命をたどるのかを、日本中央部全域を対象に、1995年7月26日から28日の3日間について、微量化学物質の輸送・反応・沈着のシミュレーションを行い明らかにした (Kitada, Okamura et al., Air Poll. Modeling & its Appl. XIII, 1999, in press)。本報告では、これらの生成物濃度に植物起源炭化水素 (isoprene, alpha-pinene) がどう影響するかを数値シミュレーションにより検討した。さらに、濃尾平野を対象に人為炭化水素、人為NO_xに対するO₃生成に対する感度も推定した。

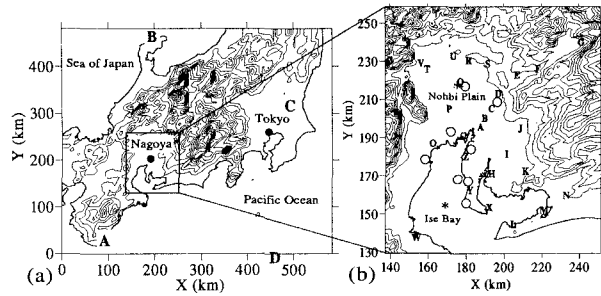


図 1: 計算領域: (a) 全対象領域, (b) 濃尾平野等の拡大図。

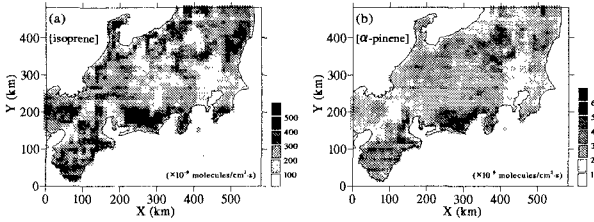


図 2: 排出源分布: (a) イソプレン, (b) α-ピネン。

2. モデル・データ

対象期間は、1995年7月26日0600～同28日0600JSTの足掛け3日間である。当該期間中、太平洋高気圧の影響下で晴天が続き、光化学オキシダントが各地で高濃度に達した。シミュレーションに使用した数値モデル類は、(1) 流れ、気温、拡散場の推定に対してメソスケールモデル (Kitada, Okamura, and Tanaka, JAM, 1998)、(2) 化学物質の輸送・反応に対して地域化学輸送モデル (Carmichael et al., Atmos. Environ., 1986; Kitada et al., Atmos. Environ., 1993等) である。ただし、いずれも、これらのモデルの枠組みを利用したものであって、本研究に応じた改変がされている。イソプレン、alpha-ピネンの排出源分布を、植生調査ファイル ((財) 自然環境研究センター) と、当日の気温分布、日射量を基に、BEIS(Pierce et al., 1990) に倣って推

定した。イソプレンは、ほぼ日中のみの排出となるが、日平均し、かつ空間平均 (10km x 10km) した排出強度を図2に示す ((a) isoprene, (b) alpha-pinene)。表1は、濃尾平野 (図1b) からの総排出量を人為起源物質および植物起源炭化水素について示したものである。

表 1: 図1bの領域に対する排出源の概要。

Chemical species.	Emission rate (kmol day ⁻¹)	Ratio ³
NO _x	7.90×10 ³	1
Ant - NMHC ¹	7.72×10 ³	0.978
C ₂ H ₆	0.47×10 ³	(0.059)
C ₃ H ₈ *	0.81×10 ³	(0.103)
ALKA#	2.90×10 ³	(0.367)
C ₂ H ₄	0.52×10 ³	(0.066)
ALKE+	0.70×10 ³	(0.089)
AROM=	2.32×10 ³	(0.294)
Bio - NMHC ²	2.09×10 ³	
ISOP	1.64×10 ³	
PINENE	0.45×10 ³	

- 1, Ant-NMHC = C₂H₆ + C₃H₈ + ALKA + C₂H₄ + ALKE + AROM.
2, Bio-NMHC = ISOP + PINENE.
3, Ratio of emissions of various anthropogenic hydrocarbons to that of NO_x.
*, C₃H₈ stands for propane and benzene.
#, ALKA for ≥ C₄ alkanes.
+, ALKE for ≥ C₃ alkenes.
=, AROM for alkylbenzenes.

3. シミュレーションケース

人為および自然起源の炭化水素排出強度をパラメータにいくつかのシミュレーションを実行した。表2にそれらのケースを整理して示す。

表 2: シミュレーションケース

Case No.	NO _x [#]	Ant-NMHCs [#]	Bio-NMHCs [#]	Others
701rx	1	1.33	0	—
741rx	1	1	0	—
711rx	1	0.13	0	—
701rxvv	1	1.33	1	—
741rxvv (base)	1	1	1	—
751rxvv	1	0.67	1	—
711rxvv	1	0.13	1	—
741rxnoinvv	1.2	1	1	—
741rxnovv	0.8	1	1	—
742rxvv	1	1	1	off*
741rxvvh	1	1	0.5	—
741rxvvoh	1	1	1.5	—

- #, Relative emission strength to those listed in Table 1.
*, All emission sources were turned off after 00 JST, i.e. midnight, on 27 July.

4. オゾン濃度その他に対する植物起源炭化水素の影響

植物起源炭化水素 (以下、Bio-NMHCs と略) が、図1 (庄内川、木曽川沿いの観測点 B, D, E, G) に示した濃尾平野の各所でのオゾン濃度に与える影響を示したものが、図3である。破線 (case 741rxvv) が植物起源炭化水素を含めたケースであるが、実線 (case 741rx: Bio-NMHCs なし) に比べて10ppb程度オゾン濃度が高い。むしろ場所によって、Bio-HCsの効果は異なる。図4は、27日午前0時、1500 m面でのBio-NMHCsによるオゾン濃度増加分 (左図: case 741rxvv - case 741rx) と絶対値 (case 741rxvv) を示す。中部山岳の太平洋側山沿いで最大8ppb程度の濃度増が見られるが、絶対値に対して約10%弱の寄与であることを示唆する。

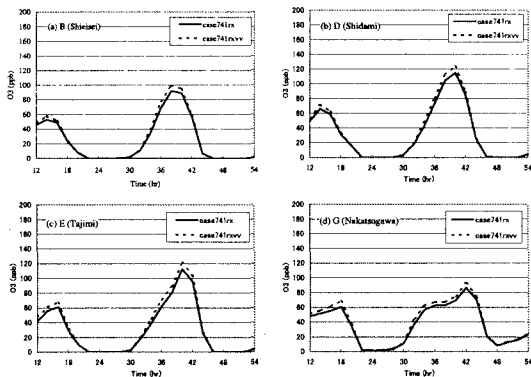


図 3: 濃尾平野の各所でのオゾン濃度: 破線 (case 741rxvv: Biog-NMHCs あり), 実線 (case 741rx: Biog-NMHCs なし)。

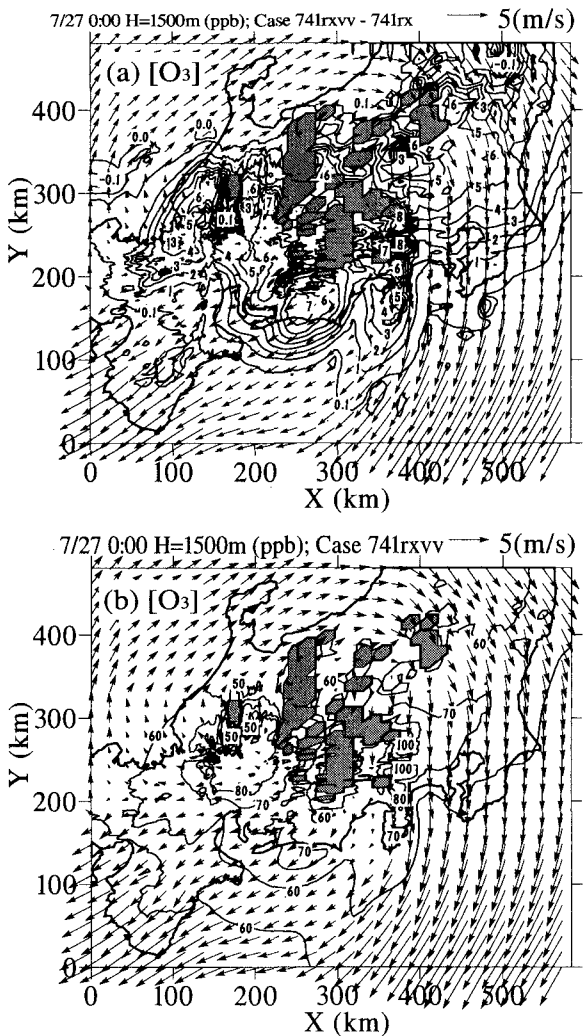


図 4: 27 日午前 0 時、1500 m 面での Bio-NMHCs によるオゾン濃度: (a) 増加分 (case 741rxvv - case 741rx), (b) 絶対値 (case 741rxvv)。

5. 濃尾平野におけるオゾン濃度の各種排出源強度に対する感度 (人為炭化水素、NO_x、植物炭化水素)

7 月 27 日の日最高オゾン濃度が、排出源の変動 (制御) によってどのように変わり得るかを調べた。(1) 排出源強度そのものが、多くの不確定性を含むこと、(2) 都市環境の悪化を防ぐため排出源制御の可能性が高いこと、等から、排出源強度の変動に対するオゾン等反応生成物の感度を調べる意義がある。排出源変動のシナリオは、表 2 の通りであ

る。すなわち、基本ケース (case 741rxvv) に対して、全領域一律に排出強度を変化させている。濃尾平野の各点 (B, D, E, G: 図 1 b 参照) における日最高オゾン濃度が、人為炭化水素排出源によってどう変わるのかを示すのが図 5、人為 NO_x 源に対する感度を示すのが図 6 である。特徴的であるのは、名古屋およびその近縁辺部に位置する B, D, E 点では、日最高オゾン濃度が人為炭化水素源強度に対して正相関、人為 NO_x 源強度に対して逆相関であることである。化学反応によるオゾン生成に関して、NO_x は過剰にあって、炭化水素濃度が律速となっている状態を示唆する。すなわち、NO_x 排出量のみを削減する制御方法は近縁部のオゾン濃度を増加させる危険性があることを意味する。また、かなり内陸の G 点 (中津川) では、人為炭化水素排出、NO_x 排出のいずれに対しても正相関であることを示す。

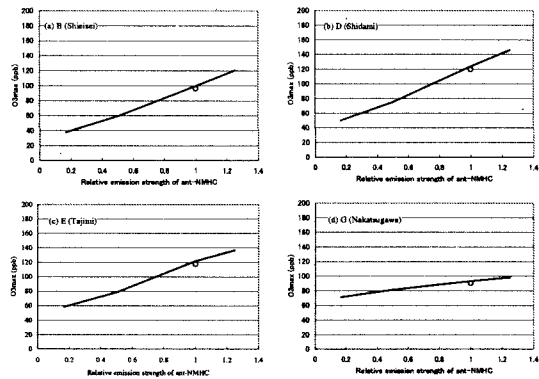


図 5: 人為炭化水素排出源強度に対する濃尾平野の各点における日最高オゾン濃度。

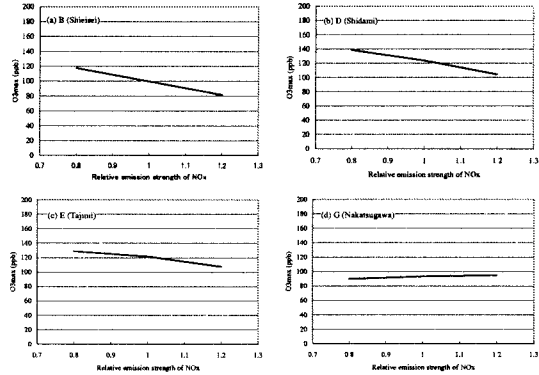


図 6: 図 5 と同様、但し人為 NO_x 源に対する感度。

6. まとめ

(1) 夜間の中部山岳におけるオゾン、硝酸・硫酸エアロゾルの高濃度は、いずれも都市大気起源の汚染物質から輸送の過程で化学反応によって生成したものである。(2) isoprene, alpha-pinene など植物起源炭化水素が、オゾン生成等に与える影響を見積もった。濃尾平野中央部では、Bio-NMHC による日最高オゾン濃度に対する寄与が、最大で 10ppb 程度と推定された。(3) 人為起源炭化水素、窒素酸化物排出量に対する日最高オゾン濃度の感度を推定した。濃尾平野では、反応によるオゾン生成に関して人為炭化水素が律速であり、これの削減がオゾン濃度の減少につながると推定された。窒素酸化物のみの削減は、オゾン濃度の増加につながる危険性がある。以上、大都市域の沿道環境は、NO_x 濃度に関して劣悪であるが、指摘されているように NO_x のみの排出削減は他の環境汚染物質オゾンの増加をもたらすため注意深い都市域での制御が必要なことを定量的に示した。