

東京工業大学 学生会員 森脇亮

山梨大学 学生会員 岡南強

東京工業大学 正会員 神田学

1. はじめに

森林はフィトンチッドと呼ばれる非メタン炭化水素（NMHC）を放出したり、大気中に浮遊する汚染物質を吸着する効果を持つ。森林から放出される NMHC は強力な殺菌作用を有し森林浴効果をもたらす有用な物質であるが、一方ではこの物質が大気中の NOx と反応し光化学スモッグの原因物質となるオゾンを発生させることが問題になっている。近年、都心よりもむしろ森林の多い郊外において高濃度のオゾンが検出される“広域大気汚染”は、この NMHC がその一因になっているとの指摘がある¹⁾。森林は汚染物質を吸収するどころか、NMHC を放出することにより光化学スモッグの発生を助長しているのではないだろうか？

NMHC は非常に微量なためその検出は難しく、Yokouchi ら²⁾ の GC-MS 法による濃度測定など二三の測定例がある程度である。また植生群落における汚染物質挙動については、原園ら³⁾ によってダイズ畑でのフラックス測定が行われている。本研究では植生群落として森林に着目し、放射収支・温湿度・風速などの気象環境と同時に各種物質濃度を測定した。これにより森林における熱収支・オゾン濃度・オゾンフラックス・NMHC 濃度の考察を試みた。また神田(1995)による大気-植生-土壌モデル（NEO-SPAM）⁴⁾ を用いた数値計算により森林の熱収支を再現し、実測値と比較・検討する。

2. 観測方法

富士北麓の山梨県富士吉田市郊外に位置する、水平方向に一様なブナ林（樹高 5～6 m）を観測地とした。観測日時は 1995 年 7 月 31 日午前 8 時から 8 月 1 日午前 8 時の 24 時間、天候は晴れときどき曇であった。図-1 に測定機器の配置図を、表-1 に測定項目を示す。森林内に高さ 9m の気象用ポールを設置して、風速計、温湿度計を地上 5m、7m、9m の位置にすえつけた。CO₂ 計は地上に設置し、森林上空 5m、7m、9m 地点からテフロンチューブによりそれぞれ順次切り替えながら 10 分間ずつ吸引して計測した。オゾン濃度は、オゾン計自身を地上 5m、7m、9m 地点に 10 分間ずつ順次トラバースして計測した。ポールの 7m 地点には、日射計（上下向き）、放射収支計、赤外放射計（上向き）を設置・計測した。また、地熱中についてはポール付近の地中に熱流計を設置した。NMHC は捕集管を使って採集し、GC-MS 分析法（Gas Chromatography-Mass Spectrometry Analytical Method）を用いた。

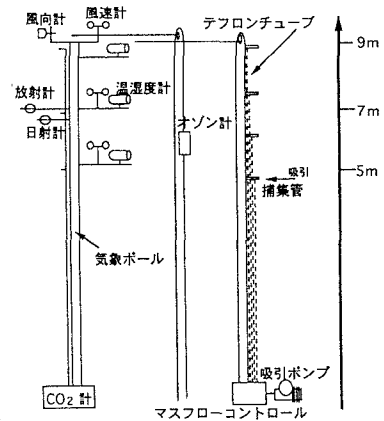


図-1 測定機器配置図

3. 結果と考察

a) 熱収支 図-2の実測値を見てみると、正味放射量から地中熱流量を引いたもののうちほとんどが潜熱に変わっており、植物が活発に蒸散していることがわかる。朝方には潜熱が正味放射量を上回り顕熱が負になるという冷源現象が認められる。このような現象が起きたのは夜間植物の葉についた露が日射を浴びて大量に蒸発するためであると思われる。結露量は夜間の潜熱フラックスの時間積分値と森林内部の飽和水蒸気量の減少分との和である。図-3より午後7時から午前5時まで結露が起きるとして計算した結果、森林の葉面積指数を5

表-1 測定項目

測定項目	測定機器
風速	三杯式風速計
温度	白金温度計
湿度	高分子誘電率式湿度計
日射量	日射計
放射量	風防型純放射センサー
赤外放射量	精密赤外放射計
地中熱	熱流計
CO ₂ 濃度	非分散赤外線方式CO ₂ 計
オゾン濃度	半導体皮膜センサ式O ₃ 計
非メタン炭化水素	Tenax GC捕集管に捕集後GC-MS分析

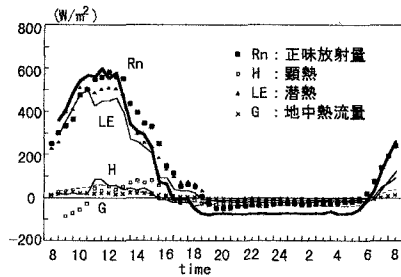


図-2 熱収支の実測値（点）と計算値（線）

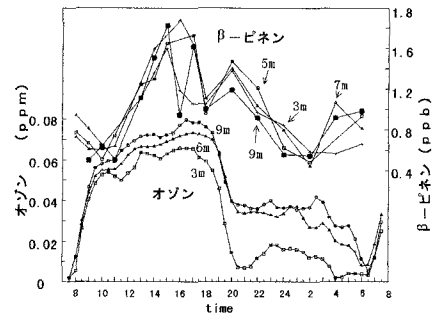


図-4 オゾンとNMHCの濃度分布

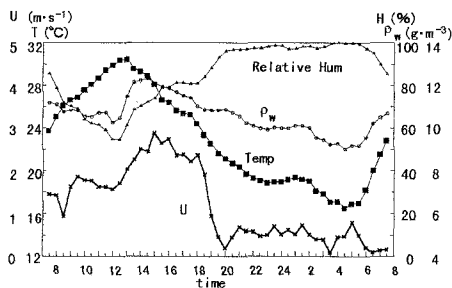
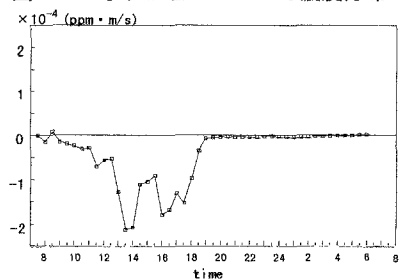
図-3 気温 (°C), 相対湿度 (%)
 , 絶対湿度 (g·m⁻³), 風速 (m·s⁻¹)

図-5 オゾンのフラックス

とすると一枚の葉につく露の厚さは0.05mm程となる。この露が朝方に2時間で蒸発するとすると、潜熱フラックスにして約85w/m²であり、全体の潜熱からこの値を引くと正味放射量を下回った。数値計算では結露蒸発がモデル化されていないため、ここでは葉の表面全体から水蒸気が蒸発する（葉の湿り度を1にする）ことにより表現した。その結果、多少の差異はあるものの熱収支は実測値とよく合致した。このモデルから求めた気孔開度は0.3であり、一般的に言われている気孔開度の値とよく合っており妥当な値である。

b) NMHC 本観測では8種類のNMHCについて定性・定量に成功した。例としてβ-ピネン濃度を図-4に示す。濃度は16時頃に最大となり、この分布は他のNMHCにも共通の傾向であった。この物質は植物に固有のものであり、植物が日中から夕方にかけて活発にNMHCを放出していることが分かる。

c) オゾン オゾン濃度の鉛直方向の分布は、常に森林の上空ほど濃度が高くなっている。時間変化では、濃度は日の出とともに急激に上昇しその後12時頃から徐々に増え続けて17時頃にピークをむかえる。オゾンが朝方に急増するのは、日射の供給により地面が温められて大気混合が起き上空の残留オゾンが供給されることによる。12時頃からのオゾン濃度の再上昇は、海風による都市域からの汚染物質の移流と考えられる。オゾンのフラックスは14時前と16時頃にピークがある分布となった。フラックスは負の値を示していることからオゾンが森林方向へ輸送され、森林がオゾンの吸着源になっていると言える。

5. まとめ

1) 森林では朝方に結露蒸発のため、冷源現象が起きた。2) NEO-SPAM を用いて実際の森林での熱収支を再現することができた。3) 植物は日中盛んにNMHCを放出している。4) オゾン濃度は森林の上空で高く内部で低くなる。このためオゾンは大気から森林方向へ輸送され、森林はオゾンの吸着源になっている。

参考文献

- 1) 若松伸司ら：各種発生源から排出される炭化水素の光化学反応性の評価、国立公害研究所研究報告、第72号、1985
- 2) Yokouchi et al. : Diurnal Variations of Atmospheric Isoprene and Monoterpene Hydrocarbons in an Agricultural Area in Summertime Journal of geophysical Research, vol.93, No.D4, Pages 3751-3759, April 20, 1988
- 3) 山田千絵ら：ダイズの生育に伴う群落上のオゾンフラックスと気象要因との関係、筑波大学水理実験センター報告、1992
- 4) 神田学：メソスケールモデルへの多層植物モデル導入効果に関する数値解析的検討、水文・水資源学会誌 vol.8, No.6, 1995