

Ⅲ 丹沢山地のブナ着葉期におけるオゾン濃度分布

阿相敏明¹⁾・内山佳美²⁾・山根正伸²⁾・越地 正²⁾・相原敬次¹⁾

The Ozone Distribution in Tanzawa Ooyama Mountainous Area at Foliage Leaf Duration of Beech

Toshiaki Aso, Yoshimi Utiyama, Masanobu Yamane, Masashi Koshiji & Keiji Aihara

要 約

丹沢山地のブナ着葉期 (5 月から 9 月) におけるオゾン濃度の分布状況を把握するためにパッシブ型のサンプラーを用いて測定を実施し以下のことがわかった。

(1) 5 月から 9 月までの 5 ヶ月間のオゾン濃度の平均値は 2004 年が 45.1ppb, 2005 年が 46.8ppb であった。月毎の濃度は 5 月, 6 月が高く 7 月から 9 月にかけて低くなった。

(2) 丹沢山地の広域的なオゾン濃度の分布は主稜線に沿って高く, 標高の低い場所や谷筋等の場所では低かった。また檜洞丸地区および丹沢山地区での地区内でのオゾン濃度の分布はいずれの地区とも山頂付近の南から西にかけての区域で相対的に濃度が高かった。

(3) 標高とオゾン濃度との関係は $Y = 0.0167x + 24.7$, 相関係数 $r = 0.778$ の直線回帰式が得られた。標高に対応するオゾン濃度の高い地点は, 山麓に位置する地点や中標高の見晴らしのよい地点, 尾根筋あるいは高標高の蛭ヶ岳, 檜洞丸, 丹沢山など山頂付近で枯損が進行し周囲が開けた地点であった。一方, 標高に対応するオゾン濃度がより低い地点としては, 谷間や谷筋にあたる地点や三国山, 菰釣山などの丹沢大山の西部に位置する地点あるいは高標高の山頂付近で周囲に樹木が多い地点であった。

1. はじめに

神奈川県は丹沢山地は県の北西部に位置し, 標高 1672m の蛭ヶ岳をはじめとして標高 1500m 前後の山々が連なる面積約 400km² の山地である。全体の約 3 分の 1 を占める面積の人工林が散在し, スギ, ヒノキなどの針葉樹が植林されている。自然林は, 標高の低い暖温帯にスダジイ, シラカシ, モミが生育し標高の高い冷温帯にブナ, ウラジロモミや局地的にはイヌブナ, ツガ, シオジ, ケヤキなどの樹種がそれぞれ分布している。

しかし, 大山 (標高 1200m) の南東斜面では 1970 年 (昭和 45 年) 頃からのモミの立ち枯れ (枯損) が, 丹沢山地の主稜線部では 1980 年 (昭和 55 年) 頃からウラジロモミやブナの枯損が顕著となってきた。神奈川県は 1993 年から 3 年間にわたり「丹沢大山総合調査」を行い, ブナの枯損が著しい檜洞丸では大気汚染, とりわけ光化学オキシダント (オゾン) の関与していることを指摘し, 山地におけるオゾンによる汚染の実態把握やモニタリングの必要性を提言した (神奈川県公園協会・丹沢大山自然環境総合調査団企画委員会編, 1997)。

通常の大気汚染の監視は環境基準を根拠にその多くが平地 (大気汚染常時監視) で実施されている。山間地における大気汚染の実態については電源等の制約で困難なため断片的な情報しか得られていなかった。阿相ほか (2001a, 2001b) は年間を通した丹沢山地内や航空機による大気汚染測定を行なった結果, この山地では二酸化窒素や二酸化硫黄などの濃度は低いものの時としてオゾンの濃度が高く, 地域一帯に広がっていることを確認している。一般に発生源の影響の少ないと考えられる山地のオゾンの濃度が高くなる現象は気象条件によって都市域からの汚染物質の移流と光化学反応によって生じていること主な原因と

考えられている (相原ほか, 1982, 阿相ほか, 1995)。

山間地域での樹木の枯損密度の高い場所は丹沢山, 蛭ヶ岳, 檜洞丸の山頂付近であり, その大部分が標高 1000m 以上に分布し, 斜面方位では南東および南斜面に多いことがわかっている (越地ほか, 1996)。オゾンによる樹木枯損への関与を検討するためにはこの地域でオゾン濃度の分布状況を把握することが必要である。電源等を要せず一定期間の平均濃度が測定可能なパッシブ型のサンプラーを用いてブナ着葉期における山間地のオゾン濃度分布について調査した。なお, 結果の一部についてはすでに報告 (阿相ほか, 2005) した。

2. 方法

(1) 調査期間

調査は 2004 年および 2005 年のいずれも 5 月から 9 月の夏期に実施した。2004 年が 5 月 7 日から 10 月 5 日, 2005 年が 4 月 27 日から 9 月 28 日に実施し, それぞれ 5 月から 9 月までの 1 ヶ月ごとのオゾンの平均濃度について調査した。

(2) 調査地域および調査地点

調査地域は 2004 年が図 1 の枠内に示す丹沢山地地域の主な山頂を含む 97 地点とその他の 3 地点 (箱根, 湘南平, 平塚) でオゾン濃度の広域的な分布状況の把握を実施した。また 2005 年は山頂付近のオゾン濃度の分布状況の把握のため, 図 2 に示す三国山地区, 菰釣山地区, 檜洞丸地区および丹沢山地区 (天王寺尾根, 堂平を含む) で調査を行い, 檜洞丸地区と丹沢山地区は重点的に調査地点を多く配置した。

(3) オゾン濃度の測定

オゾン濃度の測定は拡散型パッシブサンプラー (横浜市, 2002) を用いた。すなわち 1% 亜硝酸ナトリウムを 50 μm^2 添加した濾紙を捕集剤として大気暴露後, オゾンにより酸

1) 神奈川県環境科学センター 2) 神奈川県自然環境保全センター研究部



図 1. 2004 年調査地域および地点 (○印), ■は大気汚染常時監視地点



図 2. 2005 年の調査地域および地点 (○印)

化された濾紙中の硝酸イオン濃度についてイオンクロマトグラフィーで分析し、硝酸濃度とオゾン濃度の関係から求めた換算係数から暴露期間中の平均オゾン濃度を算出した。なお、原則としては各調査地点にはサンプラーを地上高 1.5m に各 2 個ずつ設置し大気暴露期間 1 ヶ月とし、分析値を平均した。また、結果について比較するため、丹沢大山地域周辺の 7 カ所の大気汚染常時監視測定地点 (厚木、愛川、秦野、伊勢原、南足柄、小田原、津久井) における 5 月から 9 月までの 1 時間値の月平均値を使用した。

3. 結果および考察

(1) オゾン濃度の月毎の濃度推移

丹沢大山地域およびその周辺における 5 月から 9 月におけるオゾン濃度の月毎の濃度の推移を表 1 (2004 年) および表 2 (2005 年) に示した。

5 月から 9 月までの 5 ヶ月間のオゾン濃度の平均値は 2004 年が 45.1ppb, 2005 年が 46.8ppb であった。これは調査地域周辺 7 カ所の平均値の 20.8ppb (2004 年), 24.2ppb (2005 年) と比較して高いことがわかった。

表 1 丹沢大山地域およびその周辺における平均オゾン濃度 (ppb) の月毎の推移 (2004 年)

地域および地点	地点数	5月	6月	7月	8月	9月	平均
丹沢大山地域平均濃度	97	61.2	46.2	38.8	40.4	38.7	45.1
箱根	1	56.0	36.9	33.5	29.3	33.2	37.8
湘南平	1	78.4	59.2	53.6	50.7	50.0	58.4
平塚	1	52.1	42.8	42.2	36.5	37.2	42.1
調査地域周辺の7カ所 (大気汚染常時監視)の平均	7	25.4	22.4	21.9	16.7	17.4	20.8

表 2. 丹沢大山地域およびその周辺における平均オゾン濃度 (ppb) の月毎の推移 (2005 年)

地区およびその他の地点	地点数	5月	6月	7月	8月	9月	平均
丹沢大山地域平均濃度	97	55.3	53.7	43.4	43.3	38.6	46.8
平塚	1	45.1	40.2	31.4	39.0	30.5	37.3
七沢	1	39.0	31.6	25.7	32.4	28.0	31.3
箱根	1	45.6	38.1	29.4	30.1	27.1	34.0
調査地域周辺の7カ所 (大気汚染常時監視)の平均	7	33.1	26.6	18.9	22.1	20.3	24.2

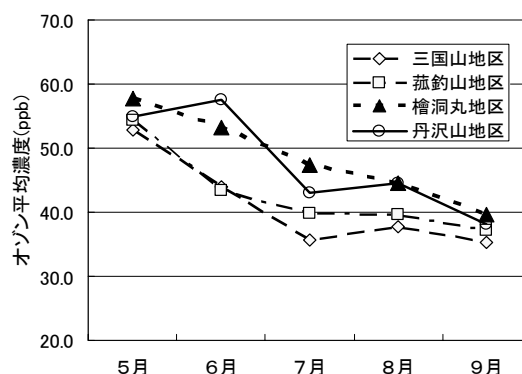


図 3. 丹沢山地の地区間における月毎のオゾン濃度の推移 (2005 年)

月毎の濃度では、2004 年、2005 年とも 5 月、6 月が高くその後 7 月から 9 月にかけて低くなり、この地域の周辺における月毎の濃度推移の状況と同様であった。

2005 年の各地区毎の月変化を図 3 に示した。濃度の高い 5 月と濃度の低い 9 月では 4 地区間の濃度差が小さかった。しかし、6 月から 8 月にかけての濃度は山地の西部に位置する三国山地区と菰釣山地区では檜洞丸地区や丹沢地区に比較して低く推移し、月毎の濃度推移に地区毎の特徴があることがわかった。

(2) オゾンの分布状況

2004 年の結果から丹沢山地のオゾン濃度 (平均) の広域的分布図を図 4 に示した。丹沢山地でオゾン濃度が高い地域は、大山から塔ヶ岳、丹沢山、蛭ヶ岳、檜洞丸にいたる丹沢山地の主稜線部分で顕著に高く、平均オゾン濃度 48ppb 以上の範囲が連続的に分布していた。

2005 年の結果について檜洞丸および丹沢山 (天王寺尾根、堂平を含む) の両地区での山頂付近のオゾン濃度の分布図を図 5 および図 6 に示した。檜洞丸地区では山

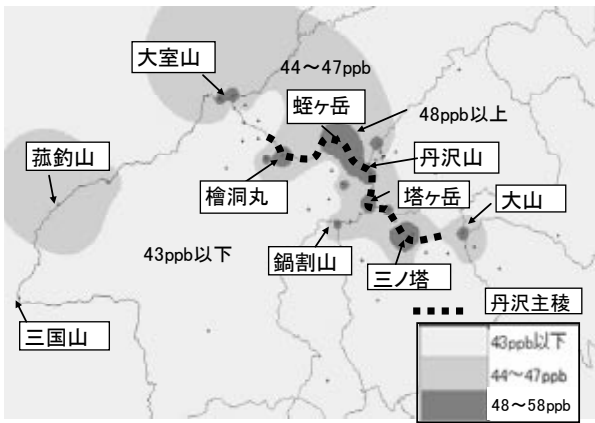


図 4. 丹沢大山地域におけるオゾン濃度分布 (2004年5月～9月の平均)

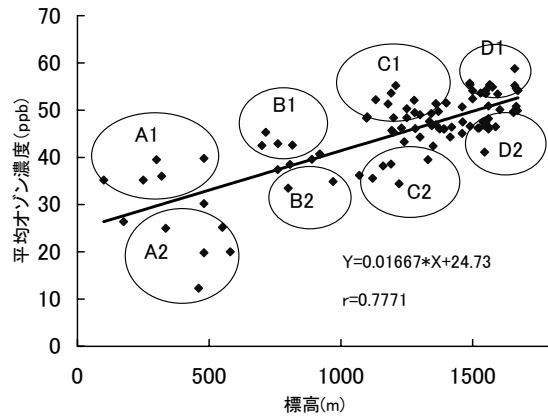


図 7. 標高とオゾン濃度との関係および調査地点の分類

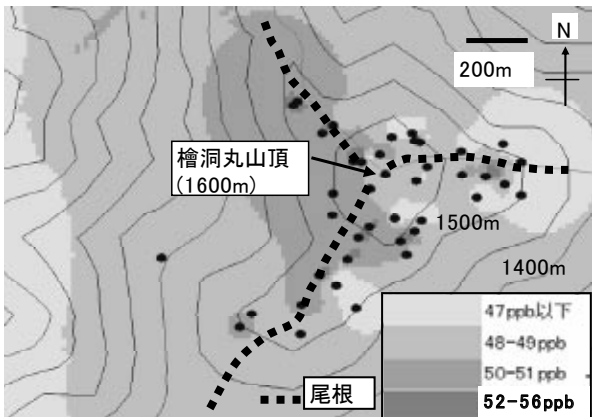


図 5. 檜洞丸地区におけるオゾン濃度分布 (2005年の5月～9月の平均) (●印は調査地点)

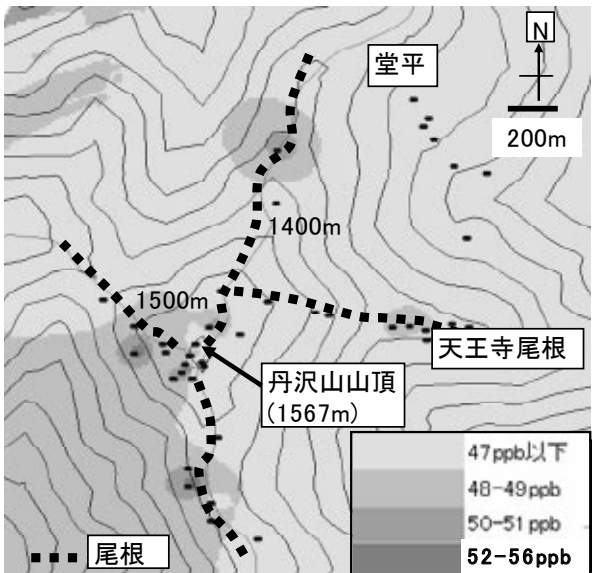


図 6. 丹沢山地区におけるオゾン濃度分布 (2005年5月から9月の平均) (●印は調査地点)

頂から北西方向および南西方向に延びる尾根筋の地点で 52ppb から 56ppb の濃度の高い場所がいくつか認められ、この尾根筋に囲まれた区域でオゾン濃度が相対的に高かった。丹沢山地区では山頂からの尾根のうち北西方向と南方向の尾根に挟まれた部分と東方向(天王寺尾根)および北方向の尾根筋の一部で 48ppb 以上の高い濃度の地点が

表 3. 標高に対応するオゾン濃度の差による代表的な地点の状況

回帰式からの濃度差	地点の分類	標高範囲	代表的な地点の状況
高い(プラス)	A1	600m未満	秦野ビジターセンターなど山麓に位置する地点
	B1	600m～1000m未満	大山下社、大野山など見晴らしのよい地点
	C1	1000m～1500m未満	三ノ塔、鳥尾山など尾根筋の地点
	D1	1500m以上	蛭ヶ岳、檜洞丸、丹沢山など山頂付近ですでに枯損が進行し周囲が開けた地点
低い(マイナス)	A2	600m未満	塩水橋など谷間に位置する地点
	B2	600m～1000m未満	東沢堰堤など谷筋の地点
	C2	1000m～1500m未満	三国山、菰釣山など丹沢大山の西部に位置する地点
	D2	1500m以上	檜洞丸、丹沢山など山頂付近で周囲に樹木が多い地点

認められるが、山頂を中心にして南西部分の区域で相対的にオゾン濃度が高かった。

(3) 標高とオゾン濃度との関係および調査地点の状況

2004年の結果について各調査地点における標高とオゾン濃度の関係を散布図および回帰式を求めた。求めた回帰式からの濃度差(残差)が大きい(はずれた)地点についてプラス(高い)あるいはマイナス(低い)の2区分(1および2)と標高の4区分(600m未満から1500m以上までのAからD)からの分類した8区分を図7に示した。標高とオゾン濃度の回帰式は $Y = 0.0167x + 24.7$ で示され、相関係数は $r = 0.778$ の正の相関関係が認められた。

さらに、8区分のうち残差が大きいに代表的な地点の状況を表3に整理した。その結果、標高に対応するオゾン濃度が高い地点としては、山麓に位置する地点や中標高の見晴らしのよい地点、尾根筋あるいは高標高の蛭ヶ岳、檜洞丸、丹沢山など山頂付近ですでに枯損が進行し周囲が開けた地点であった。一方、標高に対応するオゾン濃度がより低い地点としては、谷間、谷筋にあたる地点や三国山、菰釣山などの丹沢大山の西部に位置する地点あるいは高

標高の山頂付近で周囲に樹木が多い地点であることがわかった。

文献

- 国立公園協会編, 1954. 丹沢大山学術調査報告書. 477pp. 神奈川県.
- 越地 正・鈴木 清・須賀一夫, 1996. 丹沢山地における森林衰退の調査研究(1). 神奈川県森林研究所研究報告,(22): 7-8.
- 神奈川県公園協会・丹沢大山自然環境総合調査団企画委員会編, 1997. 丹沢大山自然環境総合調査報告書. 635pp. 神奈川県環境部. 横浜.
- 相原敬次・三村春男・村松富美雄・篠崎光男・長崎義一・関 清宣・氷見康二, 1982. 神奈川県西部地域(西湘地域)の光化学大気汚染発生機構に関する調査研究(1)相模湾海風と局地汚染について. 神奈川県公害センター研究報告,(4): 1-3.
- 阿相敏明・三村春男・須山芳明・相原敬次・牧野 宏・高橋照美・清水源治・若松 伸, 1995. 神奈川県西部地域における大気汚染発生機構の解明(2)－丹沢後背地への光化学オキシダントの流入過程－. 神奈川県環境科学センター研究報告,(18): 7-16.
- 阿相敏明・武田麻由子・相原敬次, 2001a. 西丹沢における酸性雨及び大気汚染物質の汚染状況(1995～2000). 神奈川県公害センター研究報告,(24): 82-89.
- 阿相敏明・武田麻由子・相原敬次・若松伸司, 2001b. 丹沢大山における森林保全のためのオゾン許容量推定手法の開発－丹沢におけるオゾン汚染状況の把握と汚染機構の解明－. 神奈川県公害センター研究報告,(24): 67-75.
- 横浜市, 2002. 短期暴露用拡散型サンプラーを用いた環境大気中のNO, NO₂, SO₂, O₃ およびNH₃ 濃度の測定方法. 横浜市環境科学研究所資料.
- 阿相敏明・内山佳美・斉藤央嗣, 2005. 丹沢のブナ衰退機構解明のためのオゾン濃度分布調査. 第46回大気環境学会年会講演要旨集, p.386.