

ブナ林の立地環境調査（大気）

丹沢大山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, 山根正伸, 越地 正*2, 相原敬次*3

1. まえがき

神奈川県は丹沢大山山地は県の北西部に位置し、標高1672 m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（1997）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。

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。阿相ら（2001a, 2001b）は年間を通じ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（相原ら, 1982, 阿相ら, 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1000 m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（越地ら, 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（阿相ら, 2005）した。

2. 方法

2.1 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。

2.2 調査地域および調査地点

調査地域は2004年が図1の枠内に示す丹沢大山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。

2.3 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 μ m²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.

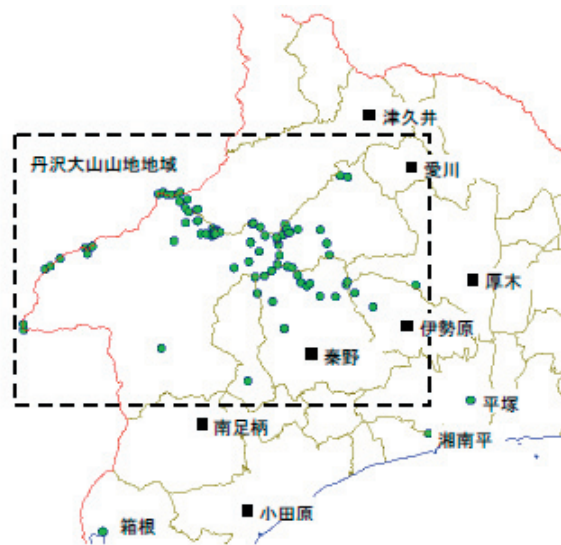


図1. 2004年調査地域および地点（○印）、■は大気汚染常時監視地点

*1 神奈川県環境科学センター（現：湘南地域県政総合センター環境保全課

*2 神奈川県自然環境保全センター

*3 神奈川県環境科学センター

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

3.1 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



図2. 2005年の調査地域および地点(○印)

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	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	38.5	37.2	42.1
*調査地域周辺(大気汚染常時監視)の平均	7	25.4	22.4	21.9	16.7	17.4	20.8

*厚木、愛川、秦野、伊勢原、南足柄、小田原、津久井

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	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(大気汚染常時監視)の平均	7	33.1	26.6	18.9	22.1	20.3	24.2

*厚木、愛川、秦野、伊勢原、南足柄、小田原、津久井

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。

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山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。

3.2 オゾンの分布状況

2004年の結果から丹沢大山山地のオゾン濃度(平均)の広域的分布図を図4に示した。丹沢大山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大山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。

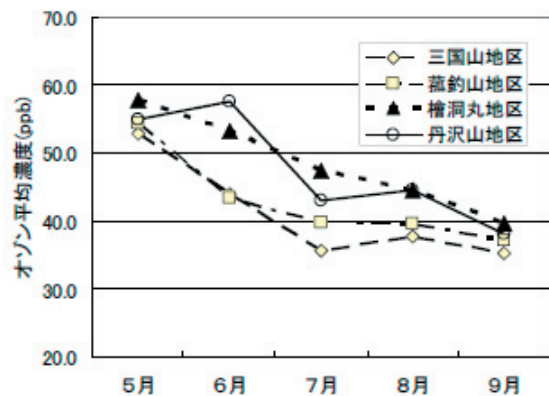


図3. 丹沢大山山地の地区間における月毎のオゾン濃度の推移(2005年)

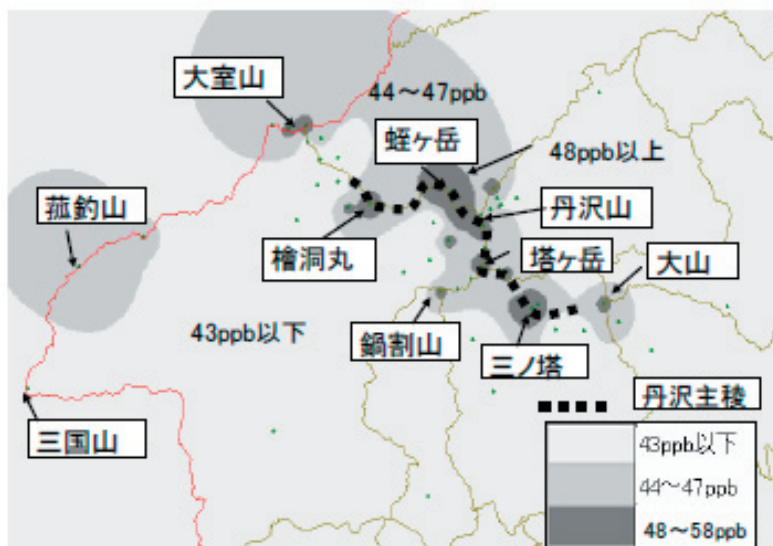


図4. 丹沢大山地域におけるオゾン濃度分布 (2004年5月~9月の平均)

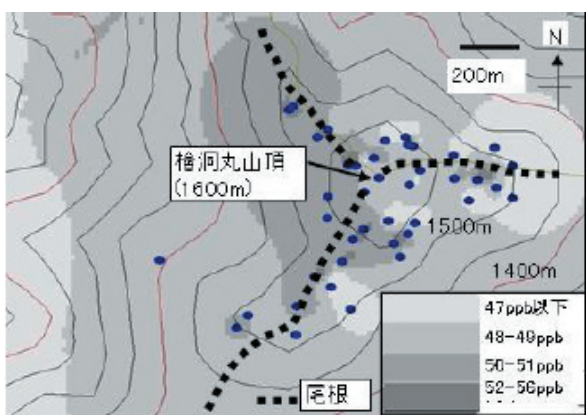


図5. 檜洞丸地区におけるオゾン濃度分布 (2005年の5月~9月の平均) (●印は調査地点)

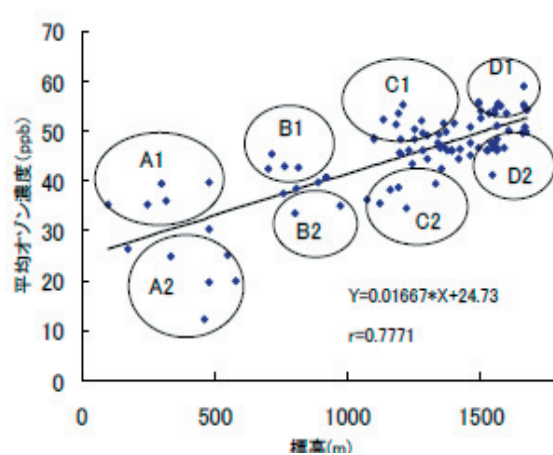


図7. 標高とオゾン濃度との関係および調査地点の分類

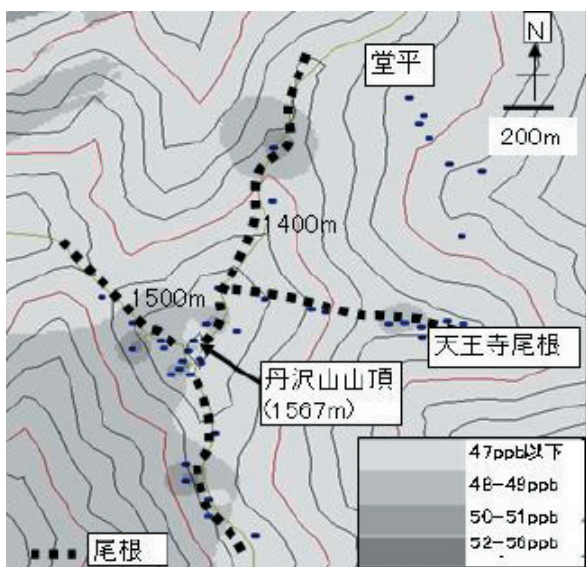


図6. 丹沢山地区におけるオゾン濃度分布 (2005年5月から9月の平均) (●印は調査地点)

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	三ノ山、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

3.3 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。

引用文献

神奈川県, 1954. 丹沢大山区学術調査報告書: 477.
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, 1997. 丹沢大山自然環境総合調査報告書. 酸性雨に係る調査研究報告書. 丹沢大山自然環境総合調査団企画委員会編, 635, 神奈川.
相原敬次, 三村春男、村松富美雄ら, 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, 須山芳明ら, 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) 一丹沢後背地への光化学オキシダントの流入過程一. 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一丹沢におけるオゾン汚染状況の把握と汚染機構の解明一. 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: 386.