

報告 (Note)

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 -

阿相敏明，武田麻由子，相原敬次（大気環境部）
若松伸司（国立環境研究所）

Study on the estimation of ozone tolerance dose for conservation of forest in Mt.Tanzawa, Ohyama - Study on Mechanism of Ozone in Mt.Tanzawa -

Toshiaki ASO, Mayuko TAKEDA, Keiji AIHARA
(Air Quality Division)
Shinji WAKAMATSU (National Institute for Environmental Studies)

キーワード：丹沢，森林衰退，オゾン，汚染機構

1. はじめに

丹沢地域における森林衰退に及ぼす大気汚染の影響を解明するため，1995年度から丹沢犬越路の南斜面に国が設置した酸性雨測定所で大気汚染の調査を行ってきた。

その結果， O_3 が都市域より遙かに高濃度に存在し，120ppb を超える O_3 濃度が着葉期の春季から夏季に多く見られ，4月から9月までの日中のAOT40 も $30\text{ppm}\cdot\text{h}$ と樹木の生長に影響を及ぼす汚染状況であることが分かった¹⁾。また， O_3 が高濃度となるときは NO_2 ， SO_2 も同時に高濃度となり，汚染気塊が都市域から移流していることを明らかにした^{1),2)}。

また，高濃度時には首都圏の影響を大きく受けるが，慢性影響を評価する時の4～9月における40ppb以上の時の暴露量の積算値では首都圏の寄与が28%，バックグラウンドの寄与が72%とバックグラウンドの影響が大きいことが明らかとなった³⁾。

しかし，丹沢地域における森林衰退には地域性や標高等に特徴がみられるなど，その原因については，これまでの知見では説明できない点が多い。また，今後森林保全対策を推進するためには，当地域における汚染物質の許容量の設定が重要な課題と考えられる。

そこで本研究では，丹沢地域のブナ枯れが標高の高い南斜面で多く見られ，北斜面では比較的健全な状況となっている⁴⁾ことに着目して，犬越路の南斜面と北斜面における O_3 ， NO_x などの大気汚染物質濃度を比較検討する。また当地域における O_3 汚染状況を広域的，立体的に把握すると共



図1 調査地点の概略図

に上層気流等の調査を行いうことにより，当地域の高濃度 O_3 の発現メカニズムを明らかにする。これらのことから，樹木衰退と大気汚染との因果関係の解明や丹沢における大気環境容量の推定を行い，丹沢大山地域における森林保全のための基礎資料とすることを目的とした。

2. 調査方法

本調査は、O₃ 環境容量の推定調査、O₃ 汚染状況把握調査、O₃ 汚染機構解明調査の3つで構成される。

2.1 O₃環境容量の推定調査

犬越路の北斜面と南斜面（標高 920m）において O₃ 等大気汚染物質濃度の測定を行った。

2.1.1 調査期間

2000年4月1日から9月30日まで

2.1.2 調査地点

調査地点の概略図を図1に示す。

- 1) 犬越路南斜面：国設丹沢酸性雨測定所（以下、「丹沢測定所」という）
足柄上郡山北町中川 927 - 2
- 2) 犬越路北斜面：北測定所
津久井郡津久井町大字青根字長者舎矢駄沢
3810 - 8 神ノ川林道脇

2.1.3 調査項目及び方法

- 1) O₃ 丹沢測定所：堀場(APOA-360)
北測定所：ダイレック(1006-AHJ)
- 2) NO_x 丹沢測定所：堀場(APNA-365)
北測定所：モニターラボ(8840)
- 3) SO₂ 丹沢測定所：堀場(APSA-365)
北測定所：サーモエレクトロン(43A)

2.2 O₃の汚染状況把握調査

犬越路の北側の麓と南側の麓（標高 550m）において O₃ 濃度の測定を行った。

2.2.1 調査期間

2000年5月10日から9月30日まで

2.2.2 調査地点

調査地点を図1に併せて示す。

- 1) 犬越路の南側の麓：西丹沢自然教室（以下、「自然教室」という）
足柄上郡山北町中川
- 2) 犬越路の北側の麓：神ノ川トイレ（以下、「神ノ川」という）
津久井郡津久井町大字青根字長者舎神ノ川林道脇日陰沢橋

2.2.3 調査項目及び方法

O₃：ダイレック(1006-AHJ)

2.3 O₃汚染機構解明調査

西丹沢における O₃ 濃度を立体的に把握すると共に、同時に犬越路の北斜面と南斜面の上層風を観測した。また、丹沢測定所と北測定所において風向、風速を測定した。

2.3.1 調査期間

- 1) O₃ 分布測定及び上層風観測
2000年8月3日
- 2) 地上風観測
2000年5月10日から7月3日まで

2.3.2 調査地点

- 1) 上層風観測
ア. 犬越路南斜面：足柄上郡山北町中川
イ. 犬越路北斜面：津久井郡津久井町大字
青根字長者舎矢駄沢
- 2) O₃ 立体分布測定
丹沢山地の南及び北側地域上空
- 3) 地上風観測
丹沢測定所及び北測定所

2.3.3 調査項目及び方法

- 1) 上層風観測
上記2地点において6時から16時まで1時間毎に気球により上層風観測を行った。
- 2) O₃ 分布測定
ヘリコプターに O₃ 計、CO₂、温湿度計、高度計を搭載し、13時40分から15時まで丹沢山地の南及び北側地域において上空における濃度等を測定した。
- 3) 地上風観測
風向風速計により毎正時における風向風速を観測した。

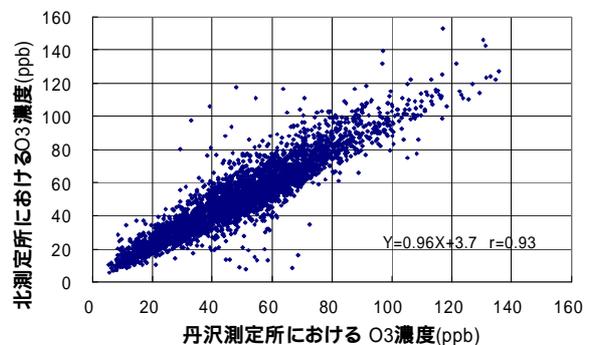


図2 丹沢測定所と北測定所における O₃ 濃度の関係 (100.4 ~ 9)

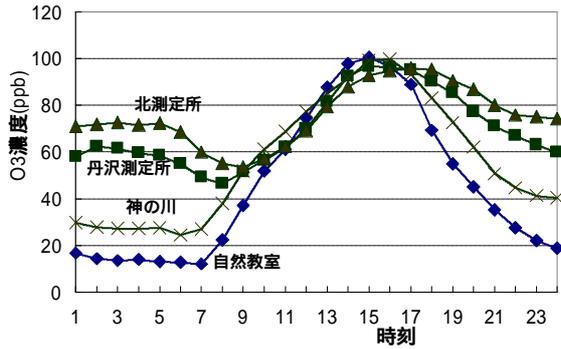


図3 O₃高濃度日(100ppb)におけるO₃濃度の経時変化

3. 結果および考察

3.1 丹沢測定所と北測定所におけるO₃濃度の関係

丹沢測定所と北測定所における O₃ 濃度(1 時間値) の関係を図 2 に示す。

犬越路の南斜面の丹沢測定所(X)と北斜面の北測定所(Y)における O₃ 濃度は、

$$Y=0.96X+3.7 \quad r=0.93$$

と同程度の濃度を示すことが多かった。大気の混合が激しい日中ではほぼ同程度の濃度であったが、大気が安定な夜間には若干異なる事例も見られた。

3.2 調査4地点における O₃濃度の経時変化

5月からは上記2測定地点に加え、南北斜面の

それぞれの麓の2地点で O₃ の測定を行った。4地点のうちいずれかの地点で 100ppb を超えた日が 30 日あったが、このうち全ての地点で測定されていた 26 日間の平均濃度の経時変化を図 3 に示す。

日中の 10 時から 17 時までには標高の高い 2 地点と麓の 2 地点とも同程度の濃度が観測された。しかし、これ以外の時間帯では異なり、標高の高い 2 地点では比較的 O₃ 濃度は低下しないが、標高の低い麓の 2 地点ではかなり低濃度となっていた。これは日中は混合層が発達すること、首都圏の発生源範囲が数十キロと大きいことから 4 地点とも同一汚染気塊に覆われるものと考えられた。一方、夜間では山の斜面においては山風に伴う下降流が形成され、大気が安定な上層大気から常に高濃度 O₃ が補給されるため濃度はあまり低下しないことが考えられた。麓の地点は接地安定層が形成されるため、上層から O₃ の補給がなく、樹木等に沈着するため低濃度となることが考えられた。

日中 O₃ 濃度は 4 地点とも同様な時間変化を示すが、詳細に見るとピークとなる時間は自然教室が 15 時とやや早く、丹沢測定所、神ノ川が 15、16 時頃、北測定所が 16、17、18 時と南の方が早い傾向にあった。また、ピークの時間が 15 時以降と遅いことから首都圏における汚染物質が相模湾に流入した後、相模湾海風によって西丹沢に移流してきていることが伺われた。

また、夜間における O₃ 濃度は犬越路の南側よ

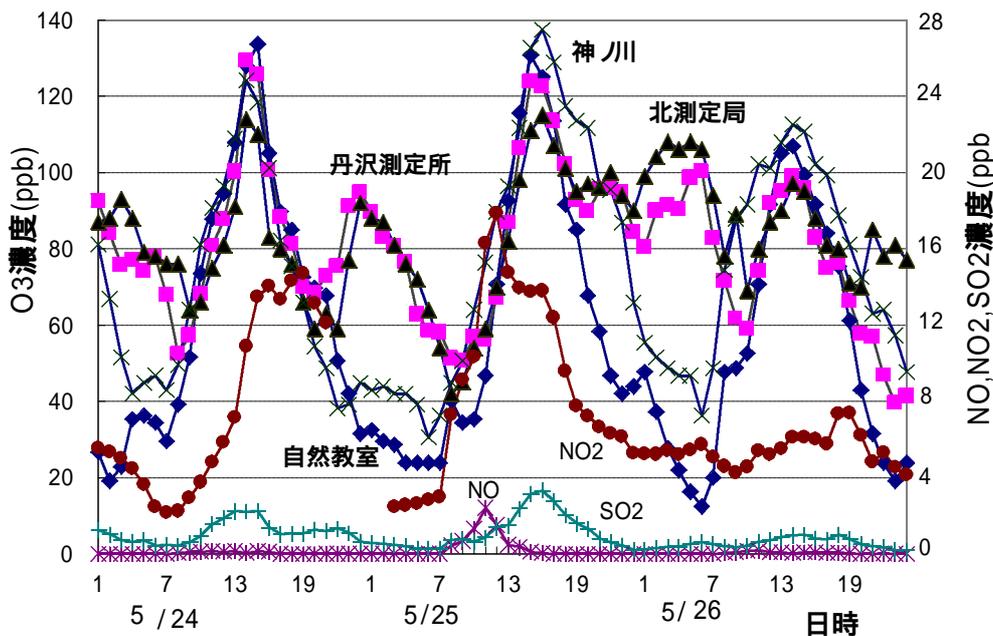


図4 西丹沢における大気汚染物質時刻変化(2000.5.24~5.26)
(各地点におけるO₃濃度と丹沢測定所におけるNO,NO₂,SO₂濃度)

り北側の方が標高の高い地点も麓の地点も高くなっているのが新しい一つの知見であるが、山の北側では海風の後背地にあたるため汚染気塊が滞留することが一因として推測された。

更に、高濃度日の特徴を詳細に見るために、高濃度日が続いた5月24日～26日の4地点のO₃濃度と丹沢測定所におけるNO、NO₂、SO₂濃度の経時変化を図4に示す。

O₃濃度は図3で示した平均的な経時変化と同様であるが、丹沢測定所と北測定所の標高の高い2地点では夜間の1～3時辺りにピークがある経時変化を示し、明け方の8、9時頃と20～22時頃に低濃度となっていた。朝方の低濃度の出現は、この時間帯が麓の2地点のO₃濃度が上昇を始める時間帯と一致しており、太陽光によって混合層が発達し、麓のO₃低濃度層と上空のO₃高濃度層が混合されたためと考えられた。10時以降は更に混合層が発達し、上空O₃高濃度層の割合が多くなるためO₃濃度が上昇することが考えられた。標高の高い2地点の1～3時辺りに見られるピークは、山風が最も発達する時間帯で上空の高濃度O₃の地表面への移送速度が最大となるためと考えられた。また、20～22時頃に低濃度となっているのは、谷風から山風が変わる時間帯で上下降流が止まる時間帯と考えられた。同様に14時頃にO₃濃度が高くなるのは谷風の最も発達した時間帯と考えられ、その後首都圏からの汚染気塊の流入しピークとなり、以降谷風が弱まると共にO₃濃度が低下することが推測された。

O₃以外の汚染物質の経時変化は3日間とも異

なった挙動を示した。すなわち、5月24日はNO₂、SO₂、O₃は10時頃から同時に上昇を始め、14、15時に高濃度となっている。5月25日は11時にNOのピークがあり、12時にNO₂のピークがあった。その後15、16時にO₃、SO₂、NO₂のピークが見られる。15、16時のピークは5月24日同様首都圏からの移流と考えられるが、11時と12時のNOとNO₂のピークは近傍の発生源の影響と考えられた。また、5月26日にはSO₂、NO_xのピークは見られず、O₃のピークが14時となっていることから、前日のO₃高濃度気塊が高気圧の沈降安定層内に滞留し、混合層の発達によって地表面に移送されたことが考えられた。

以上のように、当地域におけるO₃濃度の時刻変化は、相模湾海風の流入に伴う首都圏の汚染物質の移流と共に山谷風に伴う上空安定層内のO₃の移送を同時に考える必要がある。

3.3 丹沢測定所と北測定所における風向の時刻変化

丹沢測定所と北測定所における風向を南北成分に分け、図5に示す4つの風系パターンに分類し、5、6月における時刻別のその出現頻度を表1に示す。

日中は南斜面で南風、北斜面で北風である事例が一番多く、当地域でO₃が高濃度となる日は全てこの風系であった。夜間には南斜面で北風、北斜面で南風である事例が多くなっていた。これは、3.2に述べたように山谷風と日中の海風の進入と山の背面に形成される下降流の反流と考えられ

表1 犬越路南北斜面(920m)における風系パターンの時刻別頻度(2000年5月～7月)

パターン	南斜面	北斜面	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	計
A	南風	北風	6	8	8	6	6	7	10	24	29	34	31	34	34	31	21	19	21	10	6	6	8	8	7	8	382
B	南風	南風	1	1	1	0	0	0	1	3	5	4	6	5	2	4	9	6	6	4	2	1	2	2	0	1	66
C	北風	南風	19	19	19	18	19	12	3	3	1	2	2	0	1	1	1	1	2	3	10	12	11	15	18	19	211
D	北風	北風	5	6	6	13	7	7	10	3	2	5	5	3	5	7	10	6	5	11	7	10	13	8	8	9	171

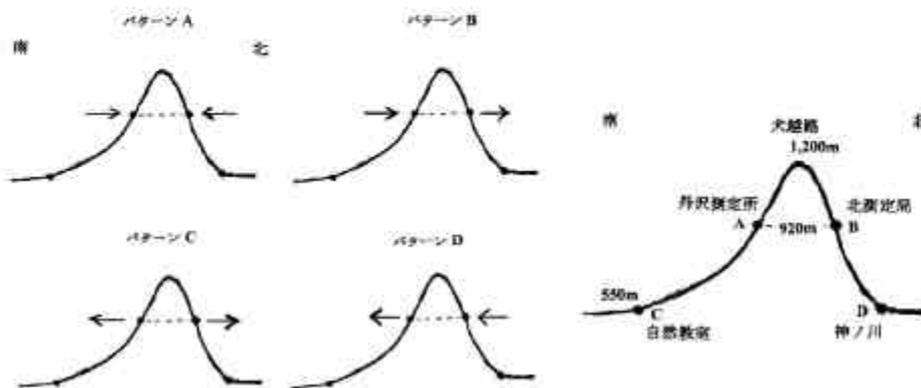


図5 丹沢測定所と北測定所の風系パターン

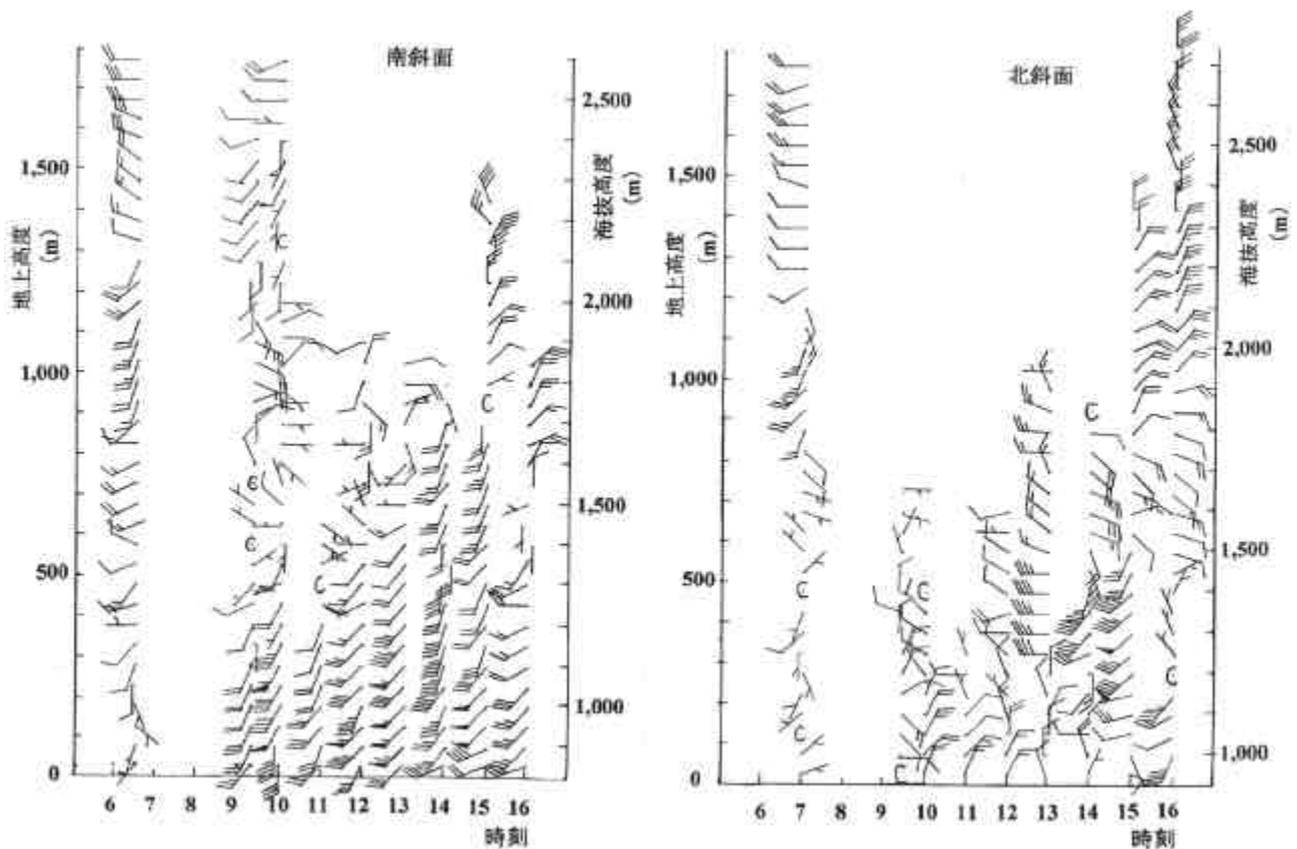


図6 西丹沢の南斜面と北斜面における上層風（2000.8.3）

た。なお、風速は南北斜面とも平均で 1m/s と平野部に比べかなり弱くなっていた。

3.4 南北斜面における上層風

上空 O₃ 濃度分布調査を実施した 8 月 3 日の南北斜面における上層風観測結果を図 6 に示す。

上層風は南北斜面とも多重構造となっていた。上層大気では南も北も同様の風系であったが、下層大気では南と北ではかなり異なった風系となっていた。

南斜面では一日中下層に南～南西風が卓越しており、O₃ がピークとなった 14、15 時頃に上空まで発達した。朝方は弱い谷風と考えられるがこれが徐々に発達すると共に、午後には相模湾海風が進入し、谷風と複合されたことが考えられた。北斜面では下層 100～200m で北風系で風が弱くなっており、その上層では南斜面同様、南～西風が吹いていた。この上層の南西風は海風が進入し、O₃ 濃度が高濃度となる時間帯に風速が強まっていた。

これらのことから、午前中は混合層が発達し、また谷風により上層に残存していた O₃ が地上に移送され、O₃ 濃度が上昇し、更に、午後には汚染された相模湾海風が進入してきて O₃ が急上昇し

たことが考えられた。海風進入時の北斜面では山を越える下降流が形成され、この反流が北斜面の地表近くに吹くことが考えられた。

3.5 丹沢山地の南側及び北側地域の上空 O₃ 濃度分布

8 月 3 日の午後にヘリコプターにより丹沢山地の南側と北側の高度 500m～1,300m における O₃ 濃度等の測定を行った。飛行コースを図 7 に、O₃ 濃度の測定結果を図 8 に示す。また、13 時における神奈川県における地上 OX 濃度分布と風系を図 9 に示す。

O₃ 濃度は北側の東部（城山町）上空 1,000～1,300m で 120ppb 近い濃度を示した他は南北とも 70～80ppb 程度であり地上局の値とも一致し、丹沢山地付近では立体的にほぼ均一な O₃ 汚染となっていた。

一方、神奈川県内は 13 時にはほぼ南風となっており、地上 OX 濃度は県北東部が高く、西部及び南部で低くなっていた。このことから、調査当日は小笠原高気圧に覆われ相模湾海風が流入する時間が早かったため、首都圏から排出された一次汚染物質は城山町まで流入したが、その後北上し丹沢山地には流入しなかったことが考えられ

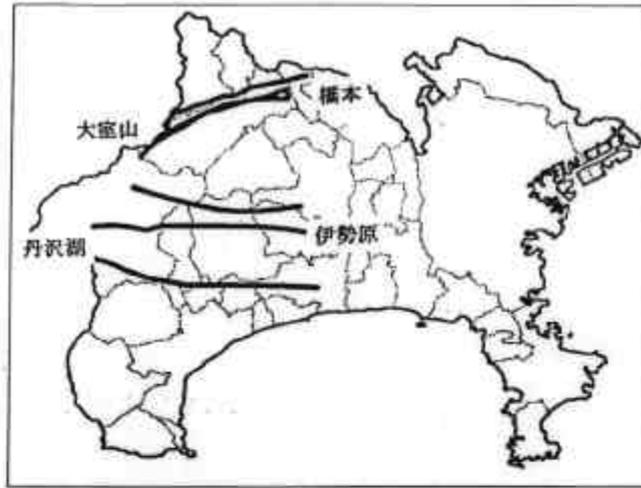


図7 飛行コース

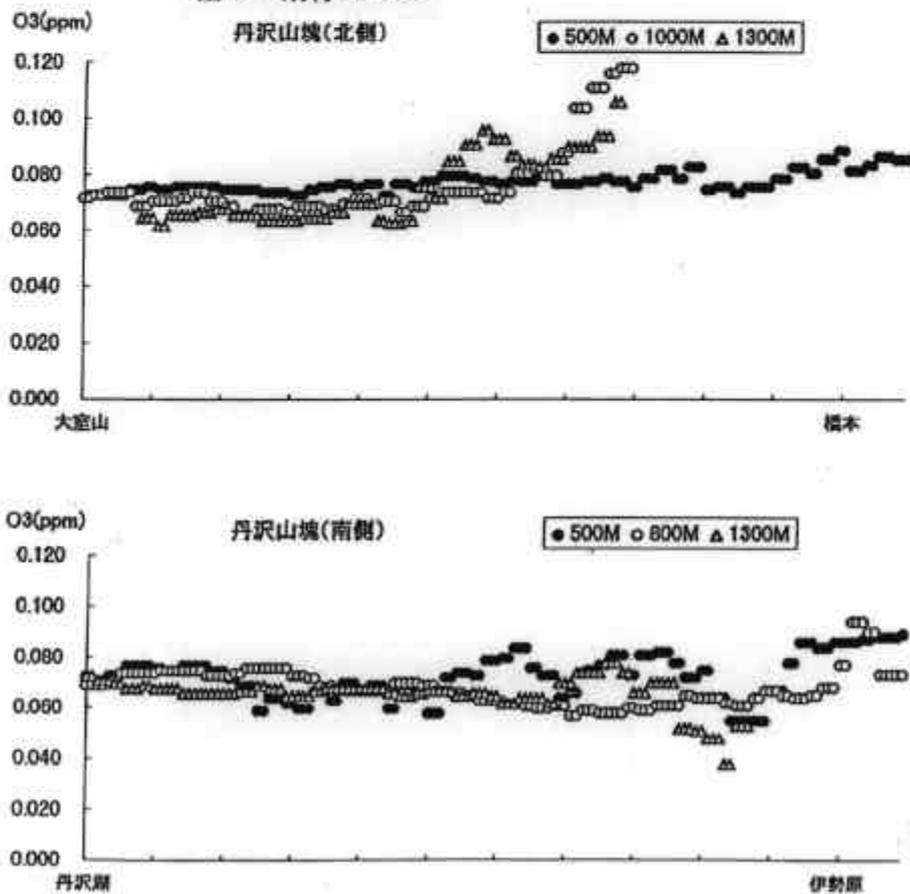


図8 丹沢山地の南北上空における O₃濃度分布 (2000.8.3, 午後)

た。

3.6 丹沢測定所と北測定所におけるO₃濃度の比較

丹沢測定所と北測定所における4月から9月までのO₃濃度の時間最高値, 平均濃度及び日中(6~18時)のAOT40(O₃濃度が40ppb以上の時の40ppb超過濃度の積算量 ppm・h)⁵⁾を表2に示す。

時間最高値は北測定所で153ppb, 丹沢測定所で136ppbと若干北測定所の方が高かった。しかし, 月毎に比較すると6月以外は同じか丹沢測定所の方が高い傾向にあった。

120ppbを超えた時間数は丹沢測定所も北測定所も13時間であり, いずれも5, 6月に多くなっていた。これらの高濃度汚染は樹木の急性影響としてとらえられ, アメリカ合衆国では1979年植物などの保護のためのO₃に関する第二大気環

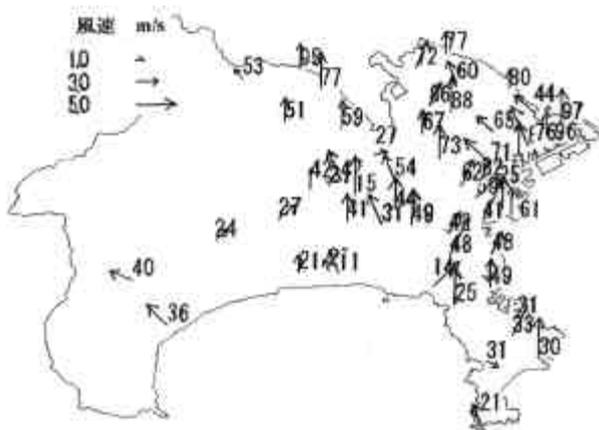


図9 神奈川県における地上O₃濃度分布と風系図(2000.8.3, 13時) 単位 ppb

境基準「一時間平均値が120ppbを超えないこと」が定められているが、南北斜面ともこの値を大幅に超える汚染状況であった。

平均濃度は5月に高く、9月に低くなっており、6ヶ月平均では丹沢測定所が48ppb、北測定所が50ppbでありほぼ同程度の濃度であった。日中のAOT40も平均濃度同様5月に高く、9月に低くなっていた。ブナの着葉期の4月から9月の6ヶ月間における日中(6~18時)のAOT40は南斜面の丹沢測定所で34.9ppm・h、北斜面の北測定所で33.9ppm・hであり、やや南の方が高くなっていたが、測定機の精度を考慮すると差はないものと考えられた。以上のようにO₃汚染はブナの葉が展開する5月に高くなっていた。

3.7 O₃による樹木生長阻害率の試算

丹沢測定所及び北測定所におけるAOT40から求めた樹木生長阻害率を表3に示す。同時に県庁、伊勢原市役所についても対照として示す。AOT40から樹木生長阻害率の算出法は、松村ら⁶⁾がOTC(オープントップチャンバー)を用い空気清浄区

と非浄化区の個体乾重量の相対値とAOT40との関係を求めた結果を使用した。

丹沢測定所と北測定所のAOT40はそれぞれ34.9ppm・h、33.9ppm・hであったことから、松村らが対象とした樹種(落葉広葉樹8種、針葉樹8種)の中で感受性の高いドロノキでは丹沢測定所で1年間に33.1%、北測定局で32.5%の生長阻害を生じることが推測された。

落葉広葉樹の方が針葉樹より感受性が高く、感受性の高いブナについては丹沢測定所、北測定所で18.7%、18.5%、感受性が中程度であるウラジロモミについてはそれぞれ11.3%、10.8%であり、南斜面と北斜面では生長阻害率はほとんど変わらない状況であった。

一方、県内の都市域における県庁及び伊勢原市役所の4月から9月までの日中のAOT40はそれぞれ2.5、13.6ppm・hであり、O₃による樹木の慢性的な生長阻害率は伊勢原市役所のドロノキ、ストロブマツを除き全て10%以下であり、特に県庁では数%と樹木の生長阻害率は低いものであった。これは、O₃が自動車から排出されるNOによって分解されるためと考えられ、自動車交通量の多い地域でAOT40は低くなることが伺われた。

ヨーロッパにおけるクリティカルレベル(CL:大気汚染物質が植物などに直接的影響を及ぼす場合の閾値濃度)は感受性の高いヨーロッパブナのOTC実験によって、1年当たりの生長が10%減少するAOT40 10ppm・hが提唱されている⁷⁾。

西丹沢におけるブナは現在のO₃濃度において19%近い生長阻害があることが推測されたが、この生長阻害を10%以内にするためには、上記、松村らのデータから、AOT40が13ppm・h以下になるようにO₃濃度を低下させる必要がある。同様にウラジロモミについてはAOT40 29.4ppm・hと計算された。ブナの13ppm・hはヨーロッパで

表2 犬越路南北斜面(920m)におけるO₃濃度の比較(2000年4月~9月)

測定地点	項目	4	5	6	7	8	9	4~9
丹沢測定所 (南斜面)	時間最高値(ppb)	100	136	135	116	123	74	136
	120ppb以上の時間(h)	0	5	7	0	1	0	13
	平均濃度(ppb)	58	63	55	42	41	28	48
	日中のAOT40(ppm・h)	7.4	9.9	7.0	4.6	5.0	0.9	34.9
北測定所 (北斜面)	時間最高値(ppb)	94	127	153	115	118	76	153
	120ppb以上の時間(h)	0	1	12	0	0	0	13
	平均濃度(ppb)	57	62	56	47	46	30	50
	日中のAOT40(ppm・h)	6.8	8.8	6.8	5.3	5.1	1.1	33.9
北測定所/ 丹沢測定所 (北/南)	時間最高値	0.96	0.93	1.13	0.99	0.96	1.03	1.13
	120ppb以上の時間	1.0	0.2	1.7	1.0	0.0	1.0	1.0
	平均濃度	0.98	0.97	1.02	1.11	1.11	1.06	1.03
	日中のAOT40	0.91	0.88	0.97	1.16	1.02	1.25	0.97

表3 西丹沢等における O₃による樹木生長阻害率(%)の試算値

測定地点		丹沢測定所	北測定所	県庁	伊勢原市役所
4～9月の日中における AOT40 ppm・h		34.9*	33.9*	2.5**	13.6**
落葉 広葉 樹	ドロノキ	33.1	32.5	4.0	13.6
	トウカエデ	19.3	19.0	5.2	10.0
	ブナ	18.7	18.5	5.3	10.0
	トネリコ	16.1	15.9	5.3	9.0
	ユリノキ	10.9	10.7	2.6	5.3
	コナラ	7.5	7.4	0	1.5
	シラカンバ	7.5	7.4	1.7	3.8
	ミズナラ	6.2	6.1	2.1	3.5
針 葉 樹	ストロブマツ	16.9	16.5	7.1	10.4
	アカマツ	15.9	15.3	1.5	6.3
	ウラジロモミ	11.3	10.8	3.5	6.1
	カラマツ	10.7	10.3	1.6	4.3
	ドイツトウヒ	4.5	4.2	0	0.1
	スギ	3.4	3.3	0	1.0
	クロマツ	2.9	2.7	0	0
	ヒノキ	0.2	0.1	0	0

* 2000年

** 1996～1998年の3年間平均値

提唱されている 10ppm・h に近い値であった。

4. まとめ

西丹沢山地で O₃ が高濃度となる時は必ず県内平野部においても高濃度となっており、東京湾岸地域において排出された汚染物質が光化学反応後、丹沢山地に流入することによって高濃度汚染となることが推測された。また、O₃ 汚染気塊の規模は O₃ 高濃度が 3～4 時間継続すること、また一次汚染物質の排出エリアからかなり大きいことが考えられ、混合層が発達する日中には南斜面も北斜面も同一気塊に覆われ、南北斜面の O₃ 汚染状況はほぼ同程度であることが分かった。

O₃ 濃度の経時変化は山の稜線近くの地点と麓では異なっており、稜線近くでは夜間の 1～3 時と日中の 14～16 時にピークが見られたが、麓では日中の 14～16 時にピークが見られ、夜間には低濃度となっていた。

O₃ が高濃度となる時は高気圧に覆われ大気は沈降し安定層が形成されることから丹沢山地に移流してきた高濃度 O₃ 気塊はその安定層内に滞留することが考えられた。また、天気が良いことから、山間部では日中は谷風が、夜間は山風が発達し、この上空の安定層に滞留している高濃度 O₃ 気塊を地表面に移送することが考えられた。谷風と山風が最も発達する時間帯に高濃度となり、その移行期に低濃度となることが推測された。

麓における夜間では放射冷却から地表近くに安定層を形成するため上空の高濃度 O₃ の移送が妨げられるため、O₃ が樹木等に沈着し低濃度とな

ることが考えられた。

一方、日中、八ヶ岳方面に形成された熱的低圧部に首都圏の汚染物質の影響による高濃度 O₃ を含む相模湾海風が移送される過程で丹沢山地の南斜面を上昇し、稜線の後背地で下降し、地表面ではその反流を生じる汚染機構が考えられた。

以上のように、丹沢山地における O₃ 汚染は首都圏からの移流や山谷風による上層大気のを同時に考慮する必要がある。

西丹沢の標高 920m の南斜面の丹沢測定所及び北斜面の北測定所における 4 月から 9 月までの 6 ヶ月間において樹木の急性的な影響が考えられる O₃ が 120ppb を越えた時間数は両地点とも 13 時間で同じ時間数であった。また、樹木の慢性的な影響が考えられる 6 ヶ月間の日中(6～18 時まで)の AOT40 (O₃ 濃度が 40ppb 以上の時の 40ppb 超過濃度の積算量 ppm・h) はそれぞれ 34.9ppm・h, 33.9ppm・h であり、感受性の高いブナにおいては 1 年間に 18.7%, 18.5% の生長阻害が推測され、南北斜面ともブナの生長阻害はほとんど変わらないものと考えられた。ブナの生長阻害を 10% 以内にするためには、この AOT40 を 13ppm・h まで下げる必要があり、西丹沢におけるブナ等の O₃ に対し感受性が高い樹種を保全するためには首都圏における NO_x 排出量の抑制が必要であり、同時に日本以西における NO_x 排出量にも注意していく必要がある。

丹沢における樹木の衰退が南斜面の稜線近くで多く見られ北斜面で比較的健全であることから、南北斜面での O₃ 濃度が異なることを予想してい

たが今回調査ではほとんど変わらない結果であった。このことから、今後は他の因子について検討していく必要があり、一つに、汚染大気の流れ易さによる汚染物質摂取量等に着目して調査を実施していく予定である。また、ブナ林保全のための許容量については OTC 等の手法による検討が有効であると思われる。

本調査は 1999 年度及び 2000 年度重点基礎研究によるものであり、一部環境省による酸性雨対策調査の一環として実施した国設丹沢酸性雨測定所のデータを使用した。

参考文献

- 1)阿相敏明，相原敬次，中澤誠，若松伸司：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 - ，第 4 1 回大気環境学会講演要旨集，493(2000)
- 2)阿相敏明，三村春雄，須山芳明，相原敬次，牧野宏，高橋照美，清水源治，若松伸司：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 (1995)
- 3)阿相敏明，相原敬次，中澤誠，若松伸司：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のバクグラウンド寄与率 - ，第 4 1 回大気環境学会講演要旨集，494(2000)
- 4)越地 正，鈴木 清，須加一夫：丹沢山地における森林衰退の調査研究(1)ブナ，モミ等の枯損実態，神奈川県森林研究所研究報告，22，7-18 (1996)
- 5)伊豆田 猛，松村秀幸：植物保護のための対流圏オゾンのクリティカルレベル，大気環境学会誌，32(6)A73-A81(1997)
- 6)Matsumura, H.and Kohno, Y.: Effects of ozone and/or sulfur dioxide on tree species,Proceedings of CRIEPI International Seminar on Transport and Effects of Acidic Substances(Ed.:Yoshihisa Kohno) ,Central Research Institute of Electric Power Industry,190 ~ 205 (1997)
- 7)伊豆田 猛，松村秀幸，河野吉久，清水英幸：樹木に対するオゾンの影響に関する実験的研究，大気環境学会誌，36(2)60-77(2001)

重点基礎研究 [平成 12 年度]

課題名：丹沢大山における森林衰退に係わる大気汚染物質の立体分布の把握と汚染機構の解明

