

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

阿相敏明，武田麻由子，相原敬次，牧野宏
(大気環境部)

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

Toshiaki ASO, Mayuko TAKEDA, Keiji AIHARA, Hiroshi MAKINO
(Air Quality Division)

キーワード：丹沢，森林保全，オゾン許容量，窒素酸化物削減

1. はじめに

大山や丹沢におけるモミやブナ等の枯損など森林衰退が大きな問題となっている¹⁾。樹木の衰退の原因には，シカの食害，乾燥化，病害虫，酸性霧やオゾン等大気汚染物質などの複合影響が考えられる。著者らはこれらのうちの大气汚染，特にオゾン(O₃)に着目して1991年から丹沢地域において調査を実施してきた^{2),3)}。

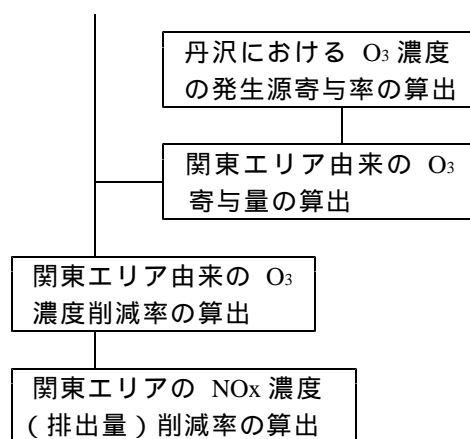
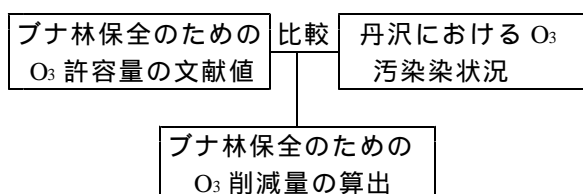
その結果，O₃が都市域よりはるかに高濃度で存在し，120ppbを超えるO₃濃度が着葉期の春季から夏季に多く見られ，4月から9月までの日中のAOT40(O₃濃度が40ppb以上の時の40ppb超過濃度の期間積算量 ppm・h)も30ppm・h以上と樹木の生長に影響を及ぼす汚染状況であることが分かった。また，O₃が高濃度となる時はNO₂，SO₂も同時に高濃度となり，汚染気塊が都市域から移流していることを明らかにした^{3),4)}。

このことから森林保全対策の推進には，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，丹沢におけるブナ林保全のためのO₃許容量の推定を行うとともに，その原因物質である窒素酸化物(NO_x)の関東エリアにおける削減量を策定する手法について検討を行った。

2. 検討方法

検討内容の概要を下記に示す。



2. 1 使用データ

解析に使用したデータは，国設丹沢酸性雨測定所(山北町中川 927-2:犬越路隧道南側出入口の西，約100mの地点，標高920m)(以下「丹沢測定所」という。)におけるO₃，NO_x，SO₂の1996年度から2001年度の一時間値を用いた。丹沢測定所における調査地点の概要，測定方法等については前報のとおりである^{4),5)}。

2. 2 ブナ林保全のためのO₃許容量の文献値

樹木へのO₃の影響としては，急性影響と慢性影響を考慮する必要がある。急性影響の文献値としては，米国における植物などの保護のためのO₃に関する第二大気環境基準「一時間値が120ppbを超えないこと」が挙げられる。また，慢性影響としては，ヨーロッパにおけるクリティカルレベルとしてヨーロッパブナの乾重量が10%減少するAOT40 10ppm・hが提唱されている⁶⁾。これはOTC(オープントップチャンバー)を用い，4月から9月まで着葉期の6ヶ月間の空気清浄区と非清浄区におけるヨーロッパブナの生育後の個体

重量の相対値と同期間における日照時の AOT40 との関係により求めたものである。一方、松村ら⁷⁾ ⁸⁾は、赤城でブナを用い、同様の実験を行いブナの乾重量の差が 10%の時の AOT40 は 13ppm・h であるとしている。両者は近い値を示しており、本報告書ではブナの生長阻害率と AOT40 との関係については、松村らの実験結果を使用した。

2.3 丹沢における O₃汚染状況

丹沢測定所における '96 年度から '01 年度までの 4 月～9 月の月別の一時間値最高 O₃ 濃度を表 1 に示す。また、同期間における月別の日中 6 時～18 時の AOT40 を表 2 に示す。

一時間値の最高濃度は月により大きく異なっているが、半数以上の月で 120ppb 以上を示し、6 年間での最高濃度は 176ppb であった。

また、月別の日中 6 時～18 時の AOT40 は、一時間値最高濃度と同様に月によって大きく異なっており、4、5 月に大きく、9 月に小さくなっている。4～9 月の積算値を年度別で見ると 28.6～38.6ppm・h、平均 33.7ppm・h と変動が大きく、年毎の天候に大きく影響されると考えられた。

表 1 丹沢における月別の一時間値最高 O₃濃度
単位：ppb

年度\月	4	5	6	7	8	9
'96	133	118	130	158	134	107
'97	108	128	147	136	133	81
'98	88	176	147	127	128	120
'99	95	123	139	112	110	132
'00	100	136	135	116	123	74
'01	108	105	158	163	136	121

表 2 丹沢における月別の AOT40 単位：ppm・h

年度\月	4	5	6	7	8	9	4～9
'96	8.7	9.5	4.8	7.1	5.9	2.5	38.4
'97	6.4	7.4	6.3	4.6	4.6	0.5	29.7
'98	5.1	5.9	4.5	4.5	4.4	4.2	28.6
'99	7.6	9.4	7.6	2.2	2.4	3.3	32.5
'00	7.5	9.9	7.0	4.6	5.0	1.0	34.9
'01	8.6	6.4	6.5	6.9	5.1	4.6	38.1
'96～'01	7.3	8.1	6.1	5.0	4.6	2.7	33.7

2.4 丹沢における O₃濃度の発生源別寄与率の算出方法

丹沢における O₃ (以下「MT-O₃」という。)濃度は、関東エリアで排出される NO_x (以下「KA-NO_x という。)により生成する O₃ (以下「KA-O₃」という。)と、大陸等で排出される NO_x により生成する O₃ 及び成層圏からの O₃ の移送

が影響しているものと考えられる。この内、当面施策的に制御可能なものは関東エリアの NO_x の削減である。

このことから、MT-O₃ 濃度の内、KA-NO_x により生成する KA-O₃ 濃度を求める必要がある。

MT-O₃ 濃度は夏季の晴れた日中に高くなるときは SO₂ 及び NO_x も同時に高濃度となる。しかし、曇天時には SO₂, NO_x が高濃度の時は O₃ が低下する現象が見られた。

日本に流入する気塊は大きく大陸性気塊と海洋性気塊に区別される。太平洋から流入する気塊は洋上では NO_x の排出量が少ないことから O₃ 濃度は低い。それに比べ、大陸から流入する気塊には NO_x の排出量が洋上に比較して大きいことから O₃ 濃度は高い。

この雰囲気(バックグランド)大気に KA-NO_x が加わり、晴天日には光化学反応で O₃ が生成し O₃ が高濃度になり、曇天日には O₃ が NO によって分解され O₃ が低濃度となり丹沢に流入することが考えられた。

ここでは、MT-O₃ 濃度のうち、KA-NO_x により生成した KA-O₃ とそれ以外のバックグランド O₃ (以下「BG-O₃」という。)に分けることを考えた。

すなわち、MT-O₃ = KA-O₃ + BG-O₃ とした。

丹沢において関東エリアの汚染気塊が流入しない (NO_x 及び SO₂ 濃度が 0ppb) 時の O₃ 濃度を BG-O₃ と考えた。すなわち、NO_x と O₃、及び SO₂ と O₃ の散布図からそれぞれの一次式の Y 切片を求め BG-O₃ とした。

2.5 ブナ林保全のための関東エリア由来の O₃削減率の算出方法

丹沢のブナ林を保全するためには、2.3 の丹沢における O₃ 汚染状況を 2.2 の O₃ 許容量以下にする必要がある。ブナ林保全のための O₃ 削減量は両者の差により算出されるが、制御可能な関東エリア由来の O₃ の削減率 (以下「 $-O_3$ 」という。)は下記により求められる。

急性影響として一時間値を 120ppb 以下にする。

$$-O_3(\%) = (MT-O_3 - 120) / (MT-O_3 - BG-O_3) \times 100$$

慢性影響として AOT40 (4～9 月の 6～18 時) (以下「AOT40'」という。)を 13ppm・h 以下にする。

$$AOT40'(\text{ppm}\cdot\text{h}) = 13 = \left[(MT-O_3 - BG-O_3) \times (100 - -O_3) / 100 + BG-O_3 - 40 \right] / 1000$$

(は 4～9 月の 6～18 時の時間の積算である。)

$$MT-O_3 - 40 > 0$$

$$MT-O_3 - BG-O_3 > 0$$

$$[(MT-O_3 - BG-O_3) \times (100 - \text{---}O_3) / 100 + BG-O_3 - 40] > 0$$

上記、3項が(-)の時は0として算出する。

2.6 関東エリアにおけるNOx削減率の試算方法

スモッグチャンバーによる炭化水素 - 窒素酸化物系光化学反応の実験で $[O_3]_{max}$ と $([NO_2]_0)^{1/2}$ (NO_2 の初期濃度の平方根)とは比例関係があることが報告されている⁹⁾。西丹沢では主なNOx発生源がある東京湾岸地域から50km程度離れており、汚染気塊の移流過程や西丹沢における O_3 が最高濃度を示す時間が14~16時であること等を考慮すると、上記チャンバー実験結果からKA- O_3 (KA- NO_x)^{1/2}が成立するものと考えた。

上記条件の基に急性影響及び慢性影響を、2-5において求めた $\text{---}O_3$ を用い、関東エリアのNOx削減率(以下「X- NO_x 」という。)(%)を次により算出した。

$$X-NO_x(\%) = [1 - (1 - \text{---}O_3 / 100)^2] \times 100$$

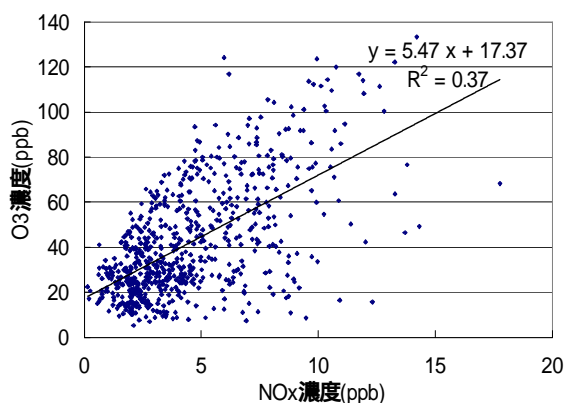


図1 西丹沢におけるO₃-NO_xの関係('97.8)

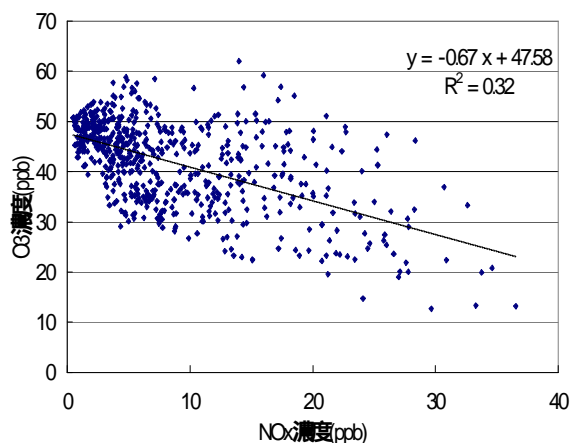


図2 西丹沢におけるO₃-NO_xの関係('98.2)

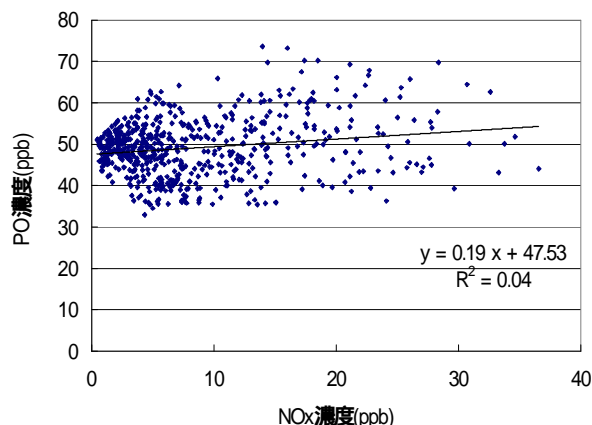


図3 西丹沢におけるPO-NO_xの関係('98.2)

3. 検討結果及び考察

3.1 丹沢におけるO₃濃度の発生源別寄与率

'97年8月と'98年2月におけるNOxとO₃の関係を図1, 2に示す。

8月には $O_3 = 5.5NO_x + 17$ $r = 0.61$ と正の関係が見られたが、2月では $O_3 = -0.67NO_x + 48$ $r = -0.56$ と負の関係であった。

ここで2月におけるNOによるO₃の分解を検証するため、KA- NO_x の90%がNOとして10%がNO₂として排出され、このNOによってO₃が分解されNO₂が生成されているものとして、O₃の潜在濃度を示すO₃ポテンシャル(PO) = $O_3 + NO_2 - 0.1NO_x$ を求め、NOxとPOの関係を図3に示す。PO = $0.19NO_x + 48$ と傾きが(-)から(+)になったことから、丹沢における気塊中では光化学反応の弱い冬季にはBG- O_3 がKA- NO_x の移流によって分解($O_3 + NO \rightarrow NO_2$)されたことが示唆された。

'96年4月から'99年3月までの月毎の上記方法で求めたBG- O_3 濃度を表3に示す。NOxで求めたBG- O_3 とSO₂で求めたBG- O_3 とはかなり異なり、また年度による違いもかなり大きい。この原因として、O₃がNO₂の光化学反応で生成する反面NOによって分解されることや紫外線量等によってかなり影響を受けることが考えられ、また、NOxは雨に溶け込まないが、SO₂は降雨時には低濃度となる等が考えられた。

丹沢におけるBG- O_3 の月変化は春季に高く、夏季に低くなっており、3年間平均では1月から5月まで40ppb以上であり、4月が最高で52.9ppbであった。また、7月から9月では30ppb前後と低くなっている。これは先に記述したとおり、春季には大陸からの移動性高気圧により大陸性の汚染気塊が、夏季においては比較的清浄な太平洋からの気塊の流入の割合が多くなるためと考えられ

表3 NOx及びSO2から求めた丹沢におけるO3バックグラウンド濃度 単位：ppb

年度\月		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
'96	NOx-O3	57.2	64.7	41.9	17.6	36.1	31.1	42.7	36.5	42.4	43.7	48.0	52.5
	SO2-O3	50.2	54.3	39.9	31.3	33.3	31.3	35.0	33.7	40.3	41.5	44.8	49.3
'97	NOx-O3	62.0	48.9	39.4	37.6	17.4	25.3	39.8	37.1	38.8	39.6	47.6	53.9
	SO2-O3	49.0	47.0	40.2	25.8	30.0	23.6	36.5	31.7	33.4	36.1	43.5	46.5
'98	NOx-O3	52.5	38.9	39.6	43.3	33.0	31.5	41.9	47.7	42.9	42.7	48.7	54.2
	SO2-O3	46.5	37.8	36.6	28.8	34.0	29.5	35.6	39.4	36.8	41.7	44.4	44.3
'96 ~ '98	NOx-O3	57.2	50.8	40.3	32.8	28.8	29.3	41.5	40.4	41.4	42.0	48.1	53.5
	SO2-O3	48.6	46.4	38.9	28.6	32.4	28.1	35.7	34.9	36.8	39.8	44.2	46.7
'96 ~ '98	NOx,SO2-O3	52.9	48.6	39.6	30.7	30.6	28.7	38.6	37.7	39.1	40.9	46.2	50.1

表4 丹沢のO3濃度が40ppb以上の時の暴露量における関東エリアとBGの寄与率('97年度)

月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4~9	年間
関東エリア	-3	18	36	39	73	46	25	25	9	11	-1	0	28	22
BG	103	82	64	61	27	54	75	75	91	89	101	100	72	78

る。

この月別のBG-O3は沖縄や島根のBG-O3と考えられる辺戸岬測定所や隠岐測定所の値^{10),11)}とほぼ一致していることから、本手法により求めたBG-O3は妥当性があるものと考えられる。

MT-O3濃度が40ppb以上の時のO3暴露量に対するKA-O3とBG-O3の寄与率を上記BG-O3を用いて、'97年度について月別に求め表4に示す。

8月においてはKA-O3の寄与率が73%とBG-O3に比べ大きくなっているが、その他の月はBG-O3の寄与の方が高くなっている。冬季にKA-O3が(-)となっているが、前述したようにBG-O3がKA-NOxによって分解されたためと考えられた。一年間で比較するとKA-O3が22%、BG-O3が78%で、4月から9月までではKA-O3が28%、BG-O3が72%といずれもBG-O3の寄与率が高くなっている。

一方、MT-O3の一時間値が120ppb以上を示す時はKA-NOxが流入し、かつ光化学反応が活発である時であり、それぞれの寄与率はBG-O3が20%、KA-O3が80%とKA-O3の寄与率が大きくなっていた。

表5 丹沢における月別の一時間値最高O3濃度を120ppb以下にするための関東エリア由来のO3削減率 単位：%

年度\月	4	5	6	7	8	9
'96	17	0	11	30	13	0
'97	0	10	25	15	12	0
'98	0	44	25	7	8	0
'99	0	4	19	0	0	11
'00	0	18	16	0	3	0
'01	0	0	32	33	14	1

3.2 関東エリア由来のO3濃度削減率の試算結果

丹沢における'96~'01年度の月別の一時間値最高O3濃度を120ppb以下にするためのKA-O3の削減率について、2.5の方法に従って計算した結果を表5に示す。

'98年5月の176ppbを120ppbまで低下させるにはKA-O3の削減率を44%とする必要がある。次いで、'01年7月、6月、'96年7月には約30%が必要である。

また、KA-O3の削減率と丹沢測定所における'00年度のAOT40及びブナ生長阻害率の関係について、2.5の方法に従って計算した結果を図4に示す。

ブナの生長阻害率を10%以下にするためにはAOT40をおおよそ13ppm・h以下にする必要がある。慢性影響についてはKA-O3を全て削減したと

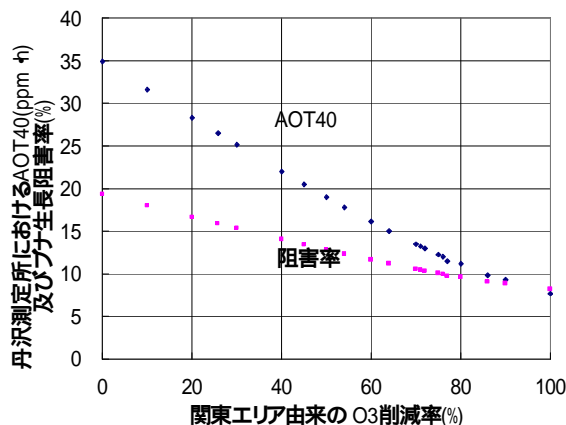


図4 関東エリア由来のO3削減率と丹沢におけるAOT40及びブナ生長阻害率の関係(2000年度)

してもそれ以外の O₃ (BG-O₃) の影響が大きく、AOT40'で 8ppm・h、ブナの阻害率は 8%となることが分かった。

3.3 関東エリアにおける NOx削減率の試算結果

丹沢における '96 ~ '01 年度の月別の一時間値最高 O₃ 濃度を 120ppb 以下にするための KA-NOx の削減率について、2.6の方法に従って計算した結果を表6に示す。

'98年5月の176ppbを120ppbまで低下させるには KA-NOx の削減率を68%とする必要がある。次いで、'01年7月、6月、'96年7月には約51~55%が必要である。

また、KA-NOx の削減率と丹沢測定所における '00年度の AOT40'及びブナ生長阻害率の関係について、2.6の方法に従って計算した結果を図5に示す。

ブナの生長阻害率を10%以下にするためには AOT40'をおおよそ13ppm・h以下にする必要がある、KA-NOx を94%削減する必要がある。

上記結果は '00年度の値で検討を行ったが、2.3の丹沢測定所における年度別の AOT40'は年度による差が大きく、'00年度は6年間平均の33.9ppm・hより1ppm・h高い汚染状況であった。このことから、平均的には KA-NOx の削減率は'00年度の94%よりやや小さく、おおよそ90%程度と考えられる。

3.4 ブナ林保全のための O₃許容量及び関東エリアにおける NOx削減率の提案

2.2においてブナ林保全のための O₃ 許容量は、急性影響として一時間値120ppb、慢性影響として AOT40 13ppm・hが挙げられた。今回の検討結果から MT-O₃ の一時間値の全てを120ppb以下にするには KA-O₃ を44%削減する必要がある、そのためには KA-NOx を68%削減する必要がある。しかし、KA-NOx を概ね50%削減すればほぼ MT-O₃ の一時間値を120ppb以下にすることが

表6 丹沢における月別の一時間値最高O₃濃度を120ppb以下にするための関東エリアのNOx削減率 単位：%

年度\月	4	5	6	7	8	9
'96	31	0	21	51	24	0
'97	0	19	44	28	22	0
'98	0	68	44	14	15	0
'99	0	8	35	0	0	21
'00	0	33	29	0	6	0
'01	0	0	54	55	26	2

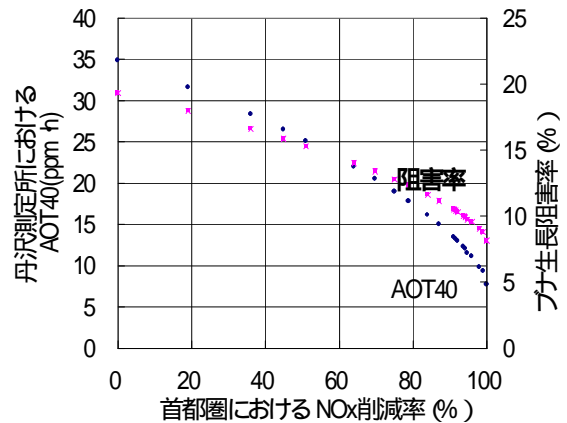


図5 首都圏におけるNOx削減率と丹沢測定所におけるAOT40'及びブナ生長阻害率の関係(2000年度)

可能であるのではないかと考えた。

一方、慢性影響については AOT40'を13ppm・h以下にするには KA-O₃ を75%削減する必要がある、そのためには KA-NOx を94%削減する必要がある。

現時点では KA-NOx を90%も削減することは現実的でないと考えられる。

そこで、著者らは当面 MT-O₃ の「一時間値が120ppbを超えないこと」を提案することとする。

このためには、KA-NOx を50%削減し、KA-O₃ を29%削減する必要がある。

KA-NOx を50%削減したときの年度別の AOT40'を表7に示す。

年度別の AOT40'は19.4~27.2ppm・h、平均で24.0ppm・hとなり、ブナの生長阻害率は図5から削減前の19%から14%と5%改善されることが分かった。

秋元¹²⁾は、大陸性気塊においては海陸性気塊に比べ O₃ 濃度が高く、大陸性気塊であっても中国や韓国の人間活動の活発な地域を通過してきた気塊は光化学反応の活発な夏季においては20ppbも高いことを報告している。

神奈川県における NOx 排出量は、移動発生源も固定発生源も約25,000t/yであり、各種対策に

表7 関東エリアの NOxを50%削減した時の丹沢におけるAOT40' 単位：ppm・h

年度	削減した場合	現状
'96	27.2	38.4
'97	21.5	29.7
'98	19.4	28.6
'99	23.4	32.5
'00	25.3	34.9
'01	27.2	39.1
'96 ~ '01	24.0	33.9

より両者ともここ数年で約 3% / 年で減少しているものと推定される。今後も生産拠点の海外移転、経済の停滞、エネルギー転換等による NO_x 排出量の低減、また自動車においてはその排出量寄与率が 80% と高いディーゼル車の単体規制の強化による大幅な NO_x 排出量の削減が期待される。このことから KA-O₃ の低減が期待されるが、慢性影響が考えられる AOT40' については寄与率の高い大陸由来の O₃ が大陸における自動車の普及等から増加することが予想される。

4. まとめ

丹沢のブナ林は O₃ によってかなりの影響を受けていることがこれまでの研究で分かってきた。著者らは、丹沢における O₃ の発生源寄与率を求め、丹沢のブナ林を保全するための O₃ 許容量を策定し、その対策について検討を行った。

急性影響としては、KA-NO_x を概ね 50% 削減すれば KA-O₃ が 29% 削減され、ほぼ MT-O₃ の一時間値を 120ppb 以下にすることが可能であることが分かった。

一方、慢性影響としては、ブナの生長阻害率を 10% 以下にするには AOT40' を 13ppm・h 以下にする必要があり、KA-NO_x を 90% 削減し、KA-O₃ を 75% 削減する必要がある。しかし、現時点では KA-NO_x を 90% も削減することは現実的でないと考えられることから、急性影響対策の KA-NO_x を 50% 削減したときの AOT40' 24.0ppm・h を当面の目標値とすることが現実的であると考えた。

以上のことから、丹沢のブナ林保全のための O₃ 許容量として「一時間値が 120ppb を超えないこと」を提案する。

KA-NO_x を 50% 削減したとき AOT40' 24ppm・h となり、ブナの生長阻害率は削減前の 19% から 14% と 5% 改善される。

一方、MT-O₃ の内、一時間値が 120ppb を示すときの BG-O₃ の寄与率は 20% で KA-O₃ の寄与率は 80% と KA-O₃ の寄与率が大きくなっている。しかし、慢性影響の AOT40' については KA-O₃ が 28%、BG-O₃ が 72% と BG-O₃ の寄与率が高くなっており、KA-O₃ を全て削減したとしても BG-O₃ の影響が大きく、AOT40' で 8ppm・h、ブナの阻害率は 8% となることが分かった。

神奈川県における NO_x 排出量は、今後とも各種対策により減少することが考えられるが、丹沢の O₃ 濃度に対する寄与率の高い大陸由来の O₃ の増加が予想されることからブナ林の保全には大陸における NO_x 対策に対し積極的な国際協力が必要である。

また、今回の検討におけるブナの乾重量低下と

O₃ 暴露量との関係は松村らの赤城における OTC による結果を参考にしたが、丹沢においては赤城と降水量等の自然環境等が異なることから丹沢においても同様の調査を実施し、丹沢におけるブナの乾重量低下と O₃ 暴露量との関係を求める必要があると考える。

以上のことから、丹沢のブナ林を守るためには NO_x 対策が重要であるが、今後とも丹沢における O₃ 等の長期的な観測を実施し、その動向について把握していくことも必要と考える。

参考文献

- 1) 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)
- 2) 神奈川県環境部大気保全課: 酸性雨に係わる調査報告書(1994年3月)
- 3) 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)
- 4) 阿相敏明, 武田麻由子, 相原敬次, 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の把握と汚染機構の解明 -, 神奈川県環境科学センター研究報告, 24, 67-75 (2001)
- 5) 阿相敏明, 武田麻由子, 相原敬次: 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), 神奈川県環境科学センター研究報告, 24, 82-89 (2001)
- 6) 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)
- 7) 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)
- 8) 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)
- 9) 国立環境研究所: スモッグチャンバーによる炭化水素 - 窒素酸化物系光化学反応の研究(昭和 53 年度中間報告, 研究報告第 9 号)
- 10) 金城義勝, 比嘉尚哉, 村野健太郎, 畠山史郎, 秋元 肇: IGAC 調査(13) - 沖縄・辺戸岬におけ

る地上観測オゾンについて - , 第36回大気環境
学会講演要旨集, 297(1995)

11) 廣川 淳, 梶井克純, 秋元 肇, 中尾 允:
隠岐にけるオゾン及び一酸化炭素濃度の季節変
動, 第36回大気環境学会講演要旨集, 302(1995)

12) 秋元肇: 東アジアにおけるリージョナルスケ
ールでのオゾン汚染, 東アジアにおけるオゾン・
酸性物質汚染シンポジウム - 最先端技術による大
気化学観測と解析 - , (2001年3月)