

札幌市におけるAOT40を用いたオゾン濃度の評価

恵花 孝昭 立野 英嗣 林 恵子* 五十嵐 正次
井上 邦雄 藤田 晃三

要 旨

大気中のオゾンから樹木や農作物を保護するためにオゾン濃度の評価法としてAOT40(Accumulated Exposure Over Threshold of 40ppb)が知られており、樹木に影響が現れるクリティカルレベルは4月から9月までの日中の6ヶ月間で10ppm・hと示され、国内でもこのレベルを超える地点がみられる。札幌市では光化学オキシダント(主にオゾン)のモニタリングを、一般環境大気測定局のうち通年測定が2地点、6ヶ月測定が8地点で実施しており、AOT40を用いて2004年度、2005年度の2カ年のオゾン濃度の評価を行ったので結果を報告する。

通年測定2地点では2004年度、2005年度ともクリティカルレベルの10ppm・hを下回った。また、8地点は3月から8月までの6ヶ月間を測定しており、5ヶ月間のAOT40で評価が可能かを検討した結果、2地点の6ヶ月間のAOT40に対し9月分の寄与率は1%前後であるので、4月から8月までの5ヶ月間でも評価は可能と考えられた。2004年度の1地点で11.3ppm・hであったが、その他の9地点と2005年度のすべての地点で下回り0.23~7.38ppm・hであった。また、夏季から冬季にかけて各月のAOT40は低いが、3月から5月の3ヶ月間のAOT40の寄与率が年間値に対して83~96%を示し、AOT40の増加の原因としては対流圏に降下した成層圏オゾンの流入による影響が考えられる。

1. 緒 言

全国環境研協議会酸性雨部会では2003年度から乾性沈着の全国的なモニタリング調査の中でパッシブサンプラー法による大気中のオゾン濃度の調査も行っており、同法による衛生研究所屋上で採取した3年間のオゾン濃度の月平均値を図1に示す。各年度とも7月から1月までは20ppbv前後であるが、4月、5月の春季に40ppbvを越す高い濃度が認められ、対流圏に降下した成層圏オゾンの流入による影響が示唆されている¹⁾。オゾンは濃度と暴露時間によっては樹木や農作物等の植物の成長に影響を与えるといわれている。

大気中のオゾンから樹木や農作物を保護するためにオゾン濃度の評価法としてAOT40(Accumulated

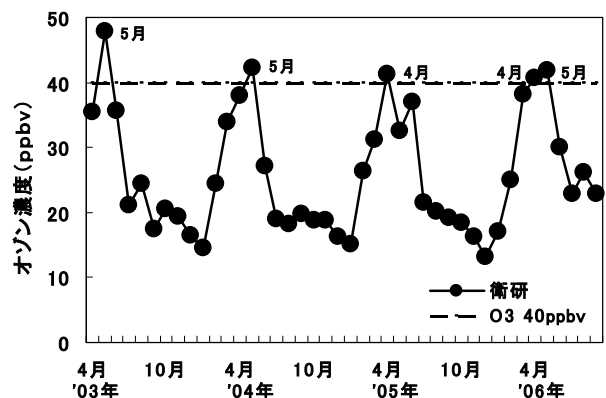


図1 オゾン濃度の月間値の変化(衛生研究所)

Exposure Over Threshold of 40ppb)が知られており、WHOで採用している^{1),2)}。AOT40は40ppbを超えるオゾン濃度の1時間値の積算値であり、オゾンによる樹木への影響が現れるAOT40のクリティカルレベルは4月から9月までの日中の6ヶ月間で10pp

*札幌市環境局環境都市推進部環境対策課

$$AOT40 = \sum (a_i - 40) \times b_i \quad \text{—式 1}$$

a_i : オゾン濃度(1時間値 ppbv)

b_i : 時間(h)

$a_i - 40 \geq 0$ 、 $b = 1$

$a_i - 40 < 0$ 、 $b = 0$

m・h と示され^{3)、4)}、国内でもこのレベルを超える地点がみられる⁵⁾。

札幌市内でもオゾン濃度が春季に高い値を示すことから一般環境大気測定局の10地点の光化学オキシダントデータを用いてAOT40によるオゾン濃度の評価を行ったので結果を報告する。

2. 方 法

2-1 AOT40の計算方法とクリティカルレベル

AOT40とはオゾン濃度の1時間値のうち40ppb以上を積算した値で表される指標であり、式1に示した。樹木のAOT40計算法は4月から9月までの6ヶ月間の日中のデータを用い、日中の時間帯を6時～18時とした^{6)、7)}。

クリティカルレベルは樹木の種類によって異なり、ヨーロッパで実施された暴露実験ではヨーロッパナを用いており、市内の樹木とは異なるが、クリティカルレベル10ppm・hを用いた。

2-2 地点名点および調査期間

調査地点はセンター局、篠路局、厚別局、手稲局、西局、東局、東月寒局、発寒局、伏見局、北白石局の10地点。調査期間は2004年度、2005年度の一般環境大気測定局の光化学オキシダントデータを用いた。光化学オキシダントはオゾンを含む酸化性物質の総称であるが、90%はオゾンといわれているため⁸⁾、光化学オキシダント濃度をオゾン濃度として用いた。

2-3 データ処理

欠測データの取扱いは、連続して欠測している場合は値をゼロとして、単独欠測の場合は前後の値の平均値を用いた。

3. 結果と考察

表1 通年測定局のAOT40と9月分の寄与率

測定局・年度	AOT40 ppm・h						寄与率 %
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	
センター	4月	5月	6月	7月	8月	9月	9月分
2004年度	0.80	0.60	0.00	0.00	0.00	0.01	0.64
2005年度	0.17	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0
篠路	4月	5月	6月	7月	8月	9月	9月分
2004年度	3.91	3.22	0.52	0.05	0.02	0.09	1.19
2005年度	3.49	1.40	0.58	0.02	0.09	0.04	0.73

3-1 市内10地点のAOT40による評価について

市内の一般環境大気測定局のうちセンター局と篠路局を除く8局は、通年測定を実施しておらず、クリティカルレベルの算定に必要な期間の4月から9月のうち9月の測定が行われていない。そのため4月から8月までの5ヶ月間でAOT40の評価が可能かの検討を行った。通年測定のセンター局と篠路局の4月からの各月のAOT40と6ヶ月間のAOT40に対する9月分の寄与率を示した。寄与率は1%前後と小さく、5ヶ月間でも評価が可能と考えた。

10地点のAOT40について2004年度を表2に、2005年度を表3に示す。2004年度の発寒局は11.3ppm・hであったが、その他の地点と2005年度の全地点ではクリティカルレベルの10ppm・hを下回り、0.23～7.38ppm・hであった。2004年度に比べ2005年度のAOT40は全地点で低い値を示し、高い地点と低い地点では2年間の平均値で約11倍であった。

新潟県の大気汚染常時監視測定局における1996～2000年のAOT40は平均で8～14ppm・h⁶⁾、神奈川県の日沢では1996～2001年度の平均で33.7ppm・hと報告されている⁷⁾。また、クリティカルレベルはヨーロッパ種の樹木で検討されており、道内の樹木とは異なっている。国内産樹木による暴露実験も行われており、道内に植生しているストロブ松は約12ppm・hであったが、落葉松、白樺はストロブ松よりオゾン感受性が低く、クリティカルレベルの10ppm・hより高い値が示されている^{3)、4)}。

発寒局は2004年度以降の分析法を湿式法から乾式法に変更されおり、2003年度の光化学オキシダントデータのうち昼間の日最高1時間値の年平均値は0.040ppmであったが、2004年度では0.050ppmと1.25倍であり、また、昼間の1時間値の最高値も1.42

表2 2004年度のAOT40

測定局	AOT40						計	ppm・h
	4月	5月	6月	7月	8月	9月		
センター	0.80	0.60	0.00	0.00	0.00	0.01	1.41	
篠路	3.91	3.22	0.52	0.05	0.02	0.09	7.81	
厚別	1.18	1.42	0.02	0.00	0.00	---	2.62	
手稲	0.99	1.00	0.12	0.00	0.01	---	2.12	
西	2.18	1.83	0.04	0.01	0.01	---	4.07	
東	1.82	2.21	0.17	0.02	0.04	---	4.26	
東月寒	2.05	2.41	0.13	0.01	0.01	---	4.61	
発寒	4.18	4.73	1.60	0.41	0.37	---	11.3	
伏見	2.08	2.37	0.04	0.02	0.00	---	4.51	
北白石	1.67	2.26	0.39	0.01	0.00	---	4.33	

表3 2005年度のAOT40

測定局	AOT40						計	ppm・h
	4月	5月	6月	7月	8月	9月		
センター	0.17	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	
篠路	3.49	1.40	0.58	0.02	0.09	0.04	5.62	
厚別	1.14	0.17	0.39	0.00	0.00	---	1.70	
手稲	1.13	0.33	0.35	0.01	0.03	---	1.85	
西	1.62	0.65	0.17	0.03	0.00	---	2.47	
東	0.93	0.29	0.26	0.02	0.02	---	1.52	
東月寒	3.65	1.15	0.58	0.01	0.01	---	5.40	
発寒	2.93	2.00	1.55	0.51	0.39	---	7.38	
伏見	2.47	1.09	0.33	0.00	0.01	---	3.90	
北白石	2.21	0.52	0.50	0.01	0.00	---	3.24	

表4 各月、4～9月の6ヶ月間および年度間のAOT40の変動

測定局・年度	AOT40												6ヶ月計	年度計	ppm・h
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月			
センター	0.80	0.60	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.05	0.11	1.41	1.58	
2004年度	0.80	0.60	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.05	0.11	1.41	1.58	
2005年度	0.17	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.27	0.23	0.56	
篠路	3.91	3.22	0.52	0.05	0.02	0.09	0.02	0.01	0.00	0.00	0.56	2.48	7.81	10.9	
2004年度	3.91	3.22	0.52	0.05	0.02	0.09	0.02	0.01	0.00	0.00	0.56	2.48	7.81	10.9	
2005年度	3.49	1.40	0.58	0.02	0.09	0.04	0.10	0.01	0.00	0.17	0.61	2.66	5.62	9.17	

倍と2003年度に対し高い値を示した。乾式法は湿式法に比べオゾン濃度が高くなる傾向にあるといわれ⁹⁾、分析法の変更もAOT40が高い値を示した一因と考えられる。今後、乾式に変更した場合、オゾン濃度が高めに推移する可能性があり、測定地点での湿式法と乾式法の比較を検討する必要があるものと考えられる。

発寒局を除く9局は湿式法であるが、その中でも篠路局は2004年度が7.80ppm・h、2005年度が5.62ppm・hで他の8局より比較的高いAOT40の値を示した。また、センター局では1ppm・h前後と低い値を示したが、オゾンは一酸化窒素(NO)と酸化反応して濃度が減少するので、センター局のAOT40が低い原因として交通渋滞による自動車排ガスからのNOの影響が考えられ、10地点でのAOT40の変動は各地点のNOの発生量に左右されるものと考えられる。

3-2 各月のAOT40と夜間のAOT40について

通年測定局における各月、4月から9月までの6ヶ月間合計、および年度合計のAOT40を表3に示した。センター局、篠路局とも3月から5月の期間で各月のAOT40の値が高く、特に、10地点とも4月が比較的高く、7月から12月は低い値であった。3月から5月までの3ヶ月間のAOT40の寄与率は年間値に対し2

004年度ではセンター局で96%、篠路局で88%であり、2005年度ではセンター局で89%、篠路局では83%と40ppbを超えるオゾンがこの3ヶ月間に集中的に発生することがわかった。この期間の夜間(18時～6時)でも40ppbを超える濃度がしばしば記録され、4月の夜間のAOT40値は両年度で0.5～2.1ppm・hであった。札幌では4月から5月に対流圏に降下した成層圏オゾンが、気圧配置により地表面まで流入することが示唆されており、この時期の夜間におけるオゾン濃度の上昇は成層圏オゾンの影響が強いと考えられ、3月から5月にかけて日中のAOT40が増加する一因と考えられる。

5. 結 語

10地点のAOT40の値は2004年度の発寒局が11.3ppm・hであったが、他の9地点と2005年度の全地点ではクリティカルレベルの10ppm・hを下回り、0.23～7.38ppm・hであった。2004年度に比較して2005年度のAOT40は低い値を示しているが、4月から5月の気象条件によるものと思われる。

発寒局での昼間の日最高1時間値の年平均値は2003年度に比べ、2004年度は1.25倍、昼間の1時間値の最高値は1.42倍を示した。2004年度から湿式

法から乾式法に変更されており、乾式法はオゾン濃度が高くなる傾向にあり、分析法の変更も2004年度におけるAOT40の高い値の一因と考えられる。

3月から5月の3ヵ月間のAOT40は高い値を示し、年間値に対する寄与率は83～96%であった。3月からの増加は、札幌では4月を中心に対流圏に降下した成層圏オゾンが地表面に流入することが示唆されており、成層圏オゾンの影響が考えられる。

6. 文 献

- (1) 気象庁：大気・海洋環境観測報告第6号(2004年観測成課)，2.6対流圏オゾン，<http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/cdrom/report2004/26sfoz.htm>
- (2) ポチャナート パクボン，秋元 肇：日本におけるオゾン汚染のクリティカルレベルとその植生影響のリスク評価，第42回大気環境学会年会要旨集，319,2001
- (3) 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,A73-A81,1997
- (4) 伊豆田猛，松村秀幸，河野吉久他：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，36,60-77,2001

- (5) 秋元肇：東アジアにおける酸性物質及びオゾンの生成と沈着に関する観測と環境影響評価，<http://www.ist.go.jp/kisoken/crest/report/heisei11/pfd/d-1-01.pfd>
- (6) 古俣修，阿部智夫，鈴木博之：新潟県における大気中オゾン濃度レベル AOT40を用いた評価について，新潟県保健環境科学研究所年報，17,65-67,2002
- (7) 阿相敏明，武田麻由子，相原啓次他：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，<http://www.k-erc.pref.kanagawa.jp/center/bulletin/h13bul103.pdf>
- (8) 杉本志織，上野健一：滋賀県周辺での光化学オキシダントの輸送過程に関する気象学的解析，大気環境学会誌，41,183-195,2006
- (9) 阿相敏明：湿式法から乾式法への変更で評価の変わる関東地方における光化学オキシダント濃度，全国環境研会誌，31,85-91,2006

Evaluation of Atmospheric Ozone Concentration Using AOT40 in Sapporo

Takaaki Ebana, Hidetsugu Tateno, Keiko Hayashi*, Masatsugu Igarashi,
Kunio Inoue and Kozo Fujita

Accumulated exposure over threshold of 40 ppb (AOT40) is one of barometers to evaluate atmospheric ozone which affect trees. The critical level of ozone concentration, which is evaluated using AOT40 and accumulated value of every hour ozone concentration over 40 ppb in daylight for six months from April to September, is considered to be 10 ppm·hr. It is known that ozone concentrations exceed over 40 ppb at many monitoring sites in Japan and also in Sapporo city. We evaluated ozone concentrations using AOT40 for two years from 2004 to 2005 in Sapporo city.

In Sapporo, we measure ozone every month at two monitoring sites but for six months from March to August at eight other sites. Percentages of September values of AOT40 were less than one % of cumulative values for six month from April to September at two monitoring sites, where ozone was measured every month. Therefore, we evaluated our ozone concentrations without September values at eight sites. Six - month AOT40 value from April to September was 11.3 ppm·hr at only one site in 2004, but it was less than the critical level of 10 ppm·hr, namely 0.23 - 7.38 ppm·hr, at all other sites in 2004 and 2005. AOT40 values were higher in spring than in other seasons and ozone concentrations exceeded often 40 ppb during night at every site from March to May. This phenomenon seems to be due to stratospheric ozone, which flows down into troposphere by the influence of atmospheric pressure pattern in spring.

*Eco-City Promotion Department, Sapporo City Environmental Bureau