

光化学オキシダントの植物への影響

小川 和雄*

[はじめに]

近年、フロンに起因する成層圏オゾン (O_3) の減少も危惧されているが、 NO_x や揮発性有機化合物 (VOC) 排出量の増加に伴う地球規模の対流圏のオゾン濃度上昇には、あまり関心が払われてこなかった。成層圏でオゾンは有害な紫外線をカットするバリアーとして働くが、対流圏付近のオゾンは光化学オキシダント (O_x) の主成分であり、動植物に有害な作用を及ぼす。特に多くの植物にとってはオゾン濃度上昇の持つ意味は重大である。現在のオゾン濃度上昇速度が継続すれば、その植物影響のリスクは、地球温暖化やヒートアイランド現象による大気乾燥化とともに極めて大きなものとなる可能性が高い。以下にオゾン濃度上昇に伴う自然植生への影響の懸念とオゾン濃度低減対策の必要性について述べる

[日本のオゾン濃度の上昇]

大陸起源のオゾン前駆体物質 (NO_x 等) の排出量は今後も激増することが予想され、気温の上昇も確実である。大原 (2003) によれば、日本の光化学 O_x 年平均値の上昇率は0.33ppb/年 (1.1%) であるが、特に1991年以降の上昇は著しく年1ppbの上昇を報告している。

東京都の「光化学オキシダント対策検討会」中間のまとめ (2004) でも、1990年を起点とする2002年までの12年間にわたる昼間 (5~20時) のオキシダント濃度のトレンド解析から、この間に東京都の継続測定局では年平均値で0.47ppb/年、4~9月の平均値では0.65ppb/年も上昇していることが報告されている。埼玉県浦和やバックランド局である標高約900mの堂平でも、この間、概ね年1ppbの速度で上昇 (図) している。現在の日本の O_x 年平均値は概ね20~30ppb前後であるにも関わらず、既に多くの植物に可視障害や生長影響がみられている。オゾンの上昇速度は場所によっても開きがあるが、このままオゾン濃度が上昇し続けると、多くの農作

物や自然植生に深刻な影響が及ぶ可能性が高い。

[オゾン濃度上昇と植物への影響]

日本では1969年に従来の SO_2 等の植物被害症状とは異なる原因不明の植物被害が首都圏で発生し、1970年7月に東京で光化学スモッグの発生が確認されたことにより植物被害の原因が光化学 O_x であることが確認された。

オゾンは成熟した葉の表面側柵状組織を攻撃するため、被害は中位葉の表側に生じることが多いが、高濃度オゾンが曝露されると被害は葉の裏面にも及び壊死斑となる。症状は白色小斑点型、大斑点型、不定漂白斑点型や赤褐色の小斑点、アントシアン色素型など多様である。農作物に可視障害が生じるオゾンレベルは、感受性の高いホウレンソウ、ハツカダイコン、サトイモ等で70~120ppbの3時間曝露程度であり、関東地方では毎年頻発している (注意報は120ppb)。

樹木では1970年代にケヤキの異常落葉が多発した。葉は緑のまま落葉するものもあったし、葉脈間に赤褐色斑点を呈したものの、葉全体が黄変したものなどが見られた。ケヤキの異常落葉は150~200ppbの高濃度オゾンに曝露された数日後から10日後にかけて生じている。ポプラ、フヨウ等は草本植物並みの感受性であることが知られている。

1973年に始まった1都3県による指標植物 (アサガオ、サトイモ等) を用いた共同調査は1989年には1都9県に発展し、1997年に終了するまで、毎年100地点前後での調査が継続された (関東地方環境対策推進本部大気部会, 1999)。この間、毎年アサガオで90%以上、サトイモでも80~90%の地点で可視被害が発現し続けたことが報告されている。

オゾン濃度が地域の植物収量に及ぼす影響についての研究では、関東地方のイネは現状で既に5%程度は減収している可能性が指摘されている (小林, 1990)。最近の我々のオープントップチャンバー (OTC) による試

* 埼玉県環境科学国際センター

験では、品種によって異なるものの、成長期の日中オゾン濃度が埼玉北部の現状レベルで、アキタコマチ20%、コシヒカリ8%の減収が報告されている。今後、40ppb以上の積算値(AOT40)が1.5倍に上昇すると、日本米9種の平均で約20%程度の減収になるとの推定している(Yonekura)。また、他の農作物に確実に影響を与えており、OTCを用いたコマツナ等アブラナ科の数種野菜への曝露試験では、オゾン除去すると20%から50%も乾物重が増加する。

森林を構成する樹木に対するオゾンの影響についての実験的研究は欧米では1970年代はじめから継続して行われている。世界各地で森林衰退が観察されているが、その原因は旧東欧や中国が主としてSO₂の影響であることを除けば、オゾンの影響が有力視され、森林生態系を保護するためのクリティカルレベルが評価、提案されている。しかし日本では街路樹を対象とした研究を除けば、1990年代になってから10数種の樹木で研究が始められたばかりである(伊豆田, 2001)。

日本ではこれまで、原因が明白なものを除くと平地のスギや山岳部のブナ、ダケカンバ等の衰退について研究され、感受性の高いブナ等では現状のオゾンレベルでも乾物生長に影響している可能性が指摘されている。外気

の1.5倍程度のオゾン曝露試験の範囲では、大半の樹種で生長抑制や可視障害が生じており、今後オゾン濃度が上昇すれば自然植生に影響する可能性は極めて高い。スギ等では高濃度のオゾンに曝露されると光合成産物の根への配分が減少して根の成長が抑制されることが分かっており、気温上昇に伴う大気乾燥化による水ストレスを助長する可能性が高い。現在までのところ、平地のスギ枯れ、丹沢のブナ、日光白根のダケカンバの衰退に何らかの形でオゾンが関与している可能性が考えられている。近年の日本では、局地的な工場等からの有害ガスの影響を除けば、大気汚染物質としてはオゾンが最大の植物影響物質である。今後、上昇し続けるオゾン濃度と大気乾燥化によって、植物への著しい影響が予想されることを十分に認識する必要がある。スギ枯れなどはその前兆現象と考えるべきである。植物種による感受性の違いは歴然とあるが、このままでは50年、100年のオーダーではオゾンの影響を受けない植物はなくなるかもしれない。植物はあらゆる生態系の基礎である。今後、植生保護のためのオゾンのクリティカルレベルを明らかにする研究を促進し、環境目標値を定めて前駆物質の削減対策に着手することが必要である。