

# 博士論文

オゾン、酸性物質、多環芳香族炭化水素の植物への  
単独および複合影響に関する研究

平成 27 年 3 月

万代 小百合

## 要旨

本博士論文では、植物に対して大気汚染物質であるオゾン、酸性物質、多環芳香族炭化水素の単独・複合暴露を行い、これらの大気汚染物質および二次的に生成されるヒドロキシルラジカル（以下、 $\cdot\text{OH}$ ）が植物の生理生態的機能に及ぼす影響について実験的研究を行った。加えて、活性酸素種消去剤を用いて植物を保護する手法についての検討を行った。

第 1 章では、大気汚染物質が及ぼす植物への影響に関するこれまでの研究、ならびにヒドロキシルラジカルの植物への影響に関するこれまでの研究について示した。これらを踏まえた上で、本博士論文の目的と意義を述べた。

第 2 章では、農作物であるナスおよびインゲンマメを用いて、オゾンおよび多環芳香族炭化水素の一種であるフェナントレンの単独・複合暴露を行った。複合暴露処理区では、ナス、インゲンマメ双方の個葉の最大光合成速度にオゾンとフェナントレンの単独影響が認められ、さらにオゾンとフェナントレンの複合影響が認められた。単独処理区では、個葉の最大光合成速度、気孔コンダクタンス、最大光量子収率、クロロフィル含量が対照区に比べて有意に低下し、複合処理区においてはこれらに加えて葉内二酸化炭素濃度が有意に上昇した。葉面の可視障害については、オゾンに特徴的な黄変やフェナントレンに特徴的な赤褐色の斑点が発現した。最大光合成速度の低下の原因として、気孔開閉機能、葉内成分含量の低下によって影響を受けた可能性があると考えられた。さらに、マンニトール処理により生理活性の低下が抑えられ、可視障害の程度が軽減したことから、葉面付近で発生する活性酸素種が植物に影響を与えることが示唆された。

第 3 章では、近年、被害の拡大が報告されているナラ枯れと大気汚染物質との因果関係を探るための基礎実験として、コナラ苗木を用いてオゾンおよび硫酸溶液の単独・複合暴露を行った。複合処理区では、クロロフィル a/b に対してオゾンと硫酸の有意な相互作用が認められ、オゾンと硫酸が相加的に作用した可能性が考えられた。最大光合成速度、クロ

ロフィル a+b にはオゾンと硫酸両方の有意な単独影響が認められた。また、気孔コンダクタンス、葉内二酸化炭素濃度にはオゾンの有意な単独影響が、最大光量子収率、クロロフィル a/b には硫酸の有意な単独影響が認められた。コントロールとの比較では、オゾン、硫酸溶液の暴露により最大光合成速度、気孔コンダクタンス、最大光量子収率、クロロフィル含量が有意に低下し、葉内二酸化炭素濃度が有意に上昇した。葉面にはオゾンに特徴的な黄変や硫酸に特徴的な茶褐色の斑点が発現した。項目間の相関関係から、光合成速度は、気孔開閉機能、炭素固定能力、葉内成分含量の低下によって影響を受けた可能性があると考えられた。さらに、マンニトール処理により生理活性の低下が抑えられ、可視障害の程度が軽減したことから、第 2 章と同様に、葉面付近で発生する活性酸素種が植物に影響を与えることが示唆された。

第 4 章では、大気汚染物質に感受性が高く、季節を問わず育成できる観賞用植物を用いて、プリムラに対してヒドロキシルラジカルを発生させるフェントン試薬、キンセンカに対してオゾンの単独暴露を行った。さらにこの章では、これまでに検討した活性酸素消去剤であるマンニトールに加え、アスコルビン酸およびカテキンと抗酸化能を持つ食品として知られる紅茶溶液の影響抑制効果について検討した。フェントン試薬の単独暴露によってプリムラの最大光合成速度が有意に低下した。また、オゾンの単独暴露によりキンセンカの最大光合成速度、気孔コンダクタンス、最大光量子収率、葉緑素量が有意に低下し、葉内二酸化炭素濃度が上昇した。キンセンカ葉面には黄変や壊死斑が発現し、オゾンの影響が可視障害にも表れた。プリムラ、キンセンカの最大光合成速度は、気孔コンダクタンスと有意な相関関係が認められる点が共通であり、光合成速度低下の原因として、気孔開閉機能が影響を受けた可能性があることが推察された。さらに、活性酸素種消去剤処理により生理活性の低下が抑えられ、可視障害の程度が軽減したことから、葉面付近で発生するヒドロキシルラジカルが観賞用植物に影響を与えることが示唆され、マンニトールに加え、紅茶溶液、アスコルビン酸およびカテキンが葉面における活性酸素種除去に効果的で

あることが示唆された。

第 5 章では、大気汚染物質の単独および複合影響、ならびにヒドロキシルラジカルの植物影響について総合的に考察した。単独、複合影響の程度について光合成速度の減少率を示し、樹木であるコナラ・アカマツ、観賞用植物であるキンセンカ・サンパチェンス、農作物であるナス・インゲンマメの順に AOT40 当たりの光合成速度減少率が大きい傾向が見受けられることから、植物種によりオゾンに対する感受性の強さが異なることが考えられた。また、光合成速度に関しては、針葉樹より広葉樹が硫酸に対する感受性が高い可能性があることが推察された。植物葉面において光化学的に生成するヒドロキシルラジカルは、孔辺細胞と反応することによる気孔開閉機能の低下を招くと同時に、葉面のクチクラを損傷させることによって葉の栄養塩類の溶脱、光合成色素の分解、細胞の損傷を引き起こすことにより、葉の生理的機能を低下させ、最終的に光合成速度を招くと推定した。