

## 論文要旨

### 論文題目 亜熱帯森林生態系に流入する大気降下物に関する研究

本研究は、亜熱帯森林生態系に流入する大気降下物の動態を明らかにするため、降水と浮遊粒子状物質 (SPM) の化学的研究を行ったものである。

はじめに、降水の化学組成に対する台風の影響を検討するため、沖縄島北部の与那(国頭村)において台風時の降水を採集し、分析を行った。その結果、化学成分は風速に対して濃度が高くなる成分、低くなる成分、風速と無関係の成分という3つのタイプに分けられた。降水のpHと酸指標成分および塩基指標成分の関係から、沖縄島における降水中の酸成分は硝酸と硫酸で、塩基成分はアンモニアと炭酸カルシウムイオンであり、pH値はこれらの差で決定されることが示唆された。

次に、沖縄島における降水の化学的特徴を明らかにするため、2003年3月から2005年2月の2年間、沖縄島中部にある琉球大学において降水を採集し、化学分析を行った。その結果、降水の平均化学組成は、当量濃度で  $\text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Ca}^{2+} > \text{H}^+ > \text{NH}_4^+ > \text{NO}_3^-$  の順であった。年間湿性沈着量の77%が台風によってもたらされることがわかった。降水のpHは、3.89から7.61の範囲にあり、一般に酸性雨とされるpH5.6未満の雨は72%を占めており、沖縄島でもかなりの頻度で酸性雨が降っていることが明らかになった。主成分分析によって、降水中の成分は、ローカルな発生起源をもつ海塩起源成分、ローカルな発生起源をもつ土壌起源成分、アジア大陸から長距離輸送される非海塩起源成分に分けられた。

3番目に、全降下物と浮遊粒子状物質に着目して、森林への物質の流入量および季節変動を把握するとともに、亜熱帯森林生態系に対する大気降下物のフラックスと物質捕集能を明らかにすることを目的とした。そのため、2004年11月から2006年12月の26ヵ月間、沖縄島中部にある琉球大学(林外)および琉球大学亜熱帯フィールド科学教育センター千原フィールド都市林研究園(林内)において浮遊粒子状物質と全降下物を採集し、分析した。林外と林内におけるSPM濃度の関係から、森林によってSPMの17%が捕集されることがわかった。森林によるSPMの捕集量を算出した結果、 $\text{NH}_4^+$ は森林から放出されるという結果になった。このことから研究対象地の森林は、 $\text{NH}_4^+$ の供給源になることがわかった。林外と林内の全降下物から算出した樹冠における物質の正味のフラックスを通して、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ および $\text{PO}_4^{3-}$ は、1年を通してほぼ常に樹冠から流出していることがわかった。 $\text{H}^+$ は樹冠に取り込まれていた。この森林は酸緩衝能を持っているといえる。 $\text{NH}_4^+$ と $\text{NO}_3^-$ は、樹冠に取り込まれる量が多かった。そこで、本研究対象森林地に沈着する窒素化合物( $\text{NH}_4^+-\text{N} + \text{NO}_3^--\text{N}$ )の量を見積もった。その結果は、約  $7.6 \text{ kg-N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  であり、窒素飽和が起こる値 ( $10 \text{ kg-N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ ) よりも低かった。この森林は、窒素飽和には達していないといえる。

2008年2月13日

琉球大学大学院  
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏名	渡久山 章
副査 氏名	大森 保
副査 氏名	大出 茂
副査 氏名	新垣 雄光



学位（博士）論文審査及び最終試験の終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	専攻名 海洋環境学 氏名 崎濱 秀明 学籍番号 <span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span>	
指導教員名	渡久山 章	
成績評価	学位論文 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格	最終試験 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格
論文題目	亜熱帯森林生態系に流入する大気降下物に関する研究	
<p>審査要旨（2000字以内）</p> <p>本研究の目的は、1) 台風は降水の化学組成にどんな影響を及ぼしているかを明らかにすること、2) 年間を通して沖縄における降水の化学的特徴を明らかにすること、3) 大気中の浮遊粒子状物質(Suspended Particulate Matter, SPM)の挙動に森林はどんな働きをしているかを明らかにすることである。</p> <p>1. 降水の化学組成に対する台風の影響：申請者は沖縄島北部において、2002年8月から9月にかけて2度の台風時と、その間の非台風時に降水を採集し分析を行った。その結果、化学成分の挙動は3つのタイプに分けられた。1つは、風速と共に濃度が増加する成分 (Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>)、1つは風速と共に濃度が減少する成分 (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)、あと1つは風速と濃度</p>		

(次頁へ続く)

## 審査要旨

との間に定まった関係が見られない成分 ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) であった。降水のpHであるが、それはD値 [ $\Sigma$ 酸性分( $\text{NO}_3^- + \text{nss-SO}_4^{2-}$ ) -  $\Sigma$ 塩基成分( $\text{NH}_4^+ + \text{nss-Ca}^{2+}$ )] と  $-0.964$  という高い相関関係をもって示されることがわかった。なお台風は $\text{NO}_3^-$ と $\text{nss-SO}_4^{2-}$ のような汚染物質を除去する働きがあることもわかった。

**2. 年間を通しての降水の化学組成**：降水の採集は、2003年3月から2005年2月までの2年間、琉大の屋上で行われた。台風時、陽イオンの組成は $\text{Na}^+$  77%、 $\text{Mg}^{2+}$  17%、 $\text{Ca}^{2+}$  4.6%、陰イオンの組成は $\text{Cl}^-$  89%、 $\text{SO}_4^{2-}$  10%であったのに対して、通常時の陽イオンは $\text{H}^+$  3%、 $\text{NH}_4^+$  29%、 $\text{Ca}^{2+}$  20%、 $\text{Na}^+$  6.5%、陰イオンの組成は $\text{SO}_4^{2-}$  79%、 $\text{NO}_3^-$  12%、 $\text{Cl}^-$  は8.9%であった。 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{ss-SO}_4^{2-}$ の濃度は夏から秋にかけて上昇し、冬から春にかけて減少した。逆に $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ の濃度は夏に低く、冬に高くなった。pHは3.89-7.61にあり、酸性雨の出現頻度は72%であった。主成分分析の結果、(1) 周辺海域から供給されている成分として、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{ss-Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{ss-SO}_4^{2-}$ 、(2) 周辺土壌に由来する成分として、 $\text{nss-Ca}^{2+}$ とD- $\text{SiO}_2$ (溶存ケイ酸)、(3) アジア大陸から供給される人為起源成分、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ の3タイプに分けられることもわかった。

**3. 森林は浮遊粒子状物質の挙動のどのような影響を及ぼしているか?**：試料は降水+乾性降下物とSPMであった。採集場所は林外(琉大理学部南棟屋上)と林内(琉大の千原フィールド都市林研究園)、採集期間は2004年11月から2006年12月までであった。結果は(1) SPMの体積加重平均濃度は林外で $17.4 \mu\text{g m}^{-3}$ 、林内で $16.7 \mu\text{g m}^{-3}$ であった。春と秋にはSPM濃度のピークが見られた。これは、黄砂や煙霧の影響によると思われる。(2) 年間を通してのSPM量は林内で17%少なく、それだけ林内で捕集されていることがわかった。(3) SPMの水溶性成分の林外、林内における濃度( $\mu\text{g m}^{-3}$ )から、 $\text{PO}_4^{3-}$ を除く他の成分では林内の方が低かった。中でも $\text{NO}_3^-$ と $\text{Ca}^{2+}$ が森林によって最も捕集されていた。(4) 林外雨と林内雨の組成比較から、林内雨で割合が高かったのは、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ であった。逆に低かった成分は、 $\text{H}^+$ 、 $\text{NH}_4^+$ 及び $\text{NO}_3^-$ であった。 $\text{K}^+$ 及び $\text{PO}_4^{3-}$ は、樹冠からの溶出が、 $\text{Ca}^{2+}$ は樹冠からの溶出に加え、乾性降下物の影響も考えられる。 $\text{H}^+$ 、 $\text{NH}_4^+$ 及び $\text{NO}_3^-$ は、樹冠に取り込まれるためと思われる。この森林は酸緩衝能を持っていることがわかった。

以上、本論文によって年間を通して降水の化学組成とそれを規定している因子が明らかになり、さらに物質(SPM、雨に含まれている物)の挙動に森林がどのように関与しているかが明らかになった。

審査委員会では、研究方法、研究内容、参考論文はもとより、資料のまとめ方、論文作成などについても慎重に審議を進めてきた。それらの判断も含めて、博士学位主論文の審査、口頭発表(平成20年2月5日(火)実施)による試験結果から、博士学位の授与に相当するものと判断し、合格と認定した。