

鉛直プロファイル観測と双方向モデル解析による大気－森林間 アンモニア交換の実態解明

17536007 鈴木 景太
(指導教員: 松田 和秀)

【はじめに】

反応性窒素 (Nr) の過剰な大気沈着は、森林の窒素飽和や土壌の酸性化、河川や海域の富栄養化などを引き起こす要因となる。Nr の一つであるアンモニア (NH₃) は、その乾性沈着が Nr の大気沈着において寄与が大きいと指摘されているものの、大気から地表面に沈着するだけでなく、植物からの放出や土壌からの揮散といった双方向交換性が報告されており、他の Nr と比べて動態が複雑であり、そのメカニズムは十分に解明されていない。特に、大気－森林間に関しては、NH₃ の双方向交換について実測した研究例は世界的に少なく、東アジアにおいてはほとんどない。しかしながら、アジアでは過剰な窒素沈着による生態系影響のリスクが顕著であることが指摘されており、森林における NH₃ の双方向交換の知見を深めることは重要な課題であるといえる。そこで本研究では、研究例の少ない大気－森林間における NH₃ の双方向交換に関する実態を解明することを目的として、遠隔域 (北海道北部) および都市域 (東京郊外) にある森林において、フィルターパック法およびデニューダ・フィルターパック法を用いた NH₃ の鉛直濃度プロファイル観測を行った。また、NH₃ の双方向交換モデルを用いて観測結果を解析し、再現性を評価するとともに、その結果から日本の森林における NH₃ 動態の特徴について考察した。

【方法】

北海道大学天塩研究林において、2017年7月21日から8月7日にかけて、NH₃ の鉛直濃度プロファイル観測を実施した。鉄塔の 16, 8, 2, 0.1 m の 4 高度と鉄塔付近の下層植生内 1 地点で、大気成分濃度測定を行った。次に、東京農工大学 FM 多摩丘陵において、2018年7月24日から8月12日にかけて、鉄塔 30, 20, 6, 1 m の 4 高度で大気成分濃度測定を行った。天塩研究林ではフィルターパック法、FM 多摩丘陵ではフィルターパック法およびデニューダ・フィルターパック法を用いて NH₃ を含むガス・粒子成分を捕集した。また、双方向交換モデルに、それぞれの観測のデータを入力して NH₃ 交換フラックスを推計し、当該モデルの評価および観測地点における特徴の考察を行った。フラックス F は以下の式より求めた。

$$F = -\frac{(x_a - x_c)}{R_a + R_b}$$

ここで、 x_a および x_c はそれぞれリファレンス高度およびキャノピー補償点における NH₃ 濃度、 R_a は空気力学的抵抗、 R_b は準層流抵抗を示す。 F が負の値のときに沈着フラックス、正の値のときに放出フラックスとなる。

【結果と考察】

天塩研究林および FM 多摩丘陵における NH_3 濃度の鉛直プロファイルの測定結果から、両地点で NH_3 双方向フラックスが確認された。どちらの地点でも、降水が観測された期間に樹冠上の濃度が高く（沈着フラックス）、降水が終了すると樹冠下の濃度が上昇しており（放出フラックス）、降水が NH_3 フラックス双方向交換性の変動要因の一つである可能性が示唆された。そのメカニズムとして、大気中の NH_3 が降水中に NH_4^+ として取り込まれることで沈着傾向を示し、降水後、沈着面からの水分の蒸発に伴い NH_3 として揮散したことで、放出傾向を示したと考えられる。

双方向交換モデルにより天塩研究林および FM 多摩丘陵におけるフラックスを算出した。鉛直プロファイル観測の結果から NH_3 の沈着・放出傾向を判定し、モデル計算において、気孔および土壌からの

NH_3 放出のしやすさを示す放出ポテンシャル（気孔： Γ_{st} 、土壌： Γ_g ）の値を変化させ、モデルによる観測の再現を試みた。図 1 および図 2 は、それぞれ天塩研究林と FM 多摩丘陵における当該モデル計算結果である。天塩では $\Gamma_{st}=100$ 、 $\Gamma_g=150$ に設定したとき、鉛直プロファイルから判定した沈着または放出のタイミングをほぼ再現することができた

（図 1）。多摩丘陵で実測を最もよく再現できた値は $\Gamma_{st}=550$ 、 $\Gamma_g=500$ であった（図 2）。モデルと観測結果が一致しない期間もあり、モデルに組み込まれていないパラメータがあると考えられ、今後改良が必要である。モデルにより得られた Γ_{st} および Γ_g とともに、FM 多摩丘陵における値が天塩研究林における値より高く、窒素負荷が大きいキャノピーほど Γ の値が高いことを検証することができた。

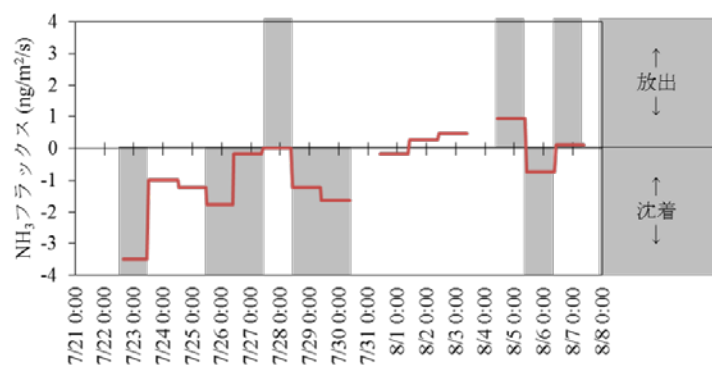


図 1. 天塩における NH_3 フラックスの双方向交換モデル計算結果（実線）と観測から得られた沈着・放出のタイミング（灰色ボックス:沈着（負側）、放出（正））（2017年7月21日～8月8日）

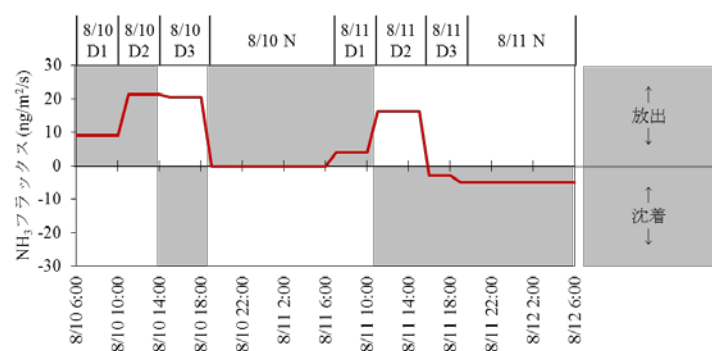


図 2. 多摩丘陵における NH_3 フラックスの双方向交換モデル計算結果（実線）と観測から得られた沈着・放出のタイミング（灰色ボックス:沈着（負側）、放出（正））（2018年8月10日～8月12日、D1: 06:00-10:00, D2: 10:00-14:00, D3: 14:00-18:00, N: 18:00-06:00）