

(論文内容の要旨)

タイの主要な森林タイプである熱帯乾燥落葉林 (DDF) では、恒常的に乾季に野火が発生し、リターや林床の植生が灰化され可給態養分が土壤に供給される。一方で DDF の野火は周辺森林への延焼をもたらす緑化事業に対する障害の一つとされ、これを防止するため防火帯設置などの対策が広範に講じられてきた。しかし、DDF の成立・維持に密接な関わりを持つと考えられている野火と、それに対する対策としての防火措置が、DDF 生態系における物質循環に対してどのような影響をもたらすかは、未解明の課題として残されている。

本論文は、タイ東北部の DDF を対象に、防火が行なわれず現在も野火が発生する林分 (F0)、防火措置後 10 年および 35 年を経過した林分 (それぞれ F10、F35) に設けた 3 調査区において、樹木-土壤系における窒素動態の主要な経路を 2 年間にわたって詳細に比較し、DDF における野火と、野火の停止が窒素循環系にもたらす影響を解析したものである。本研究で得られた主な知見は以下の通りである。

(1) 3 林分における樹木リターフォール量を 2 年間にわたり測定し、各林地への年間窒素還元量を推定した結果、いずれの林分でも樹木リターフォールの多くが葉で占められ、その量は F0、F10、F35 でそれぞれ 3.9 、 7.1 、 $8.8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ であり、防火措置に伴う森林の発達がリター量の増加をもたらすことを明らかにした。また樹木リターの窒素含有率はいずれの林分でも雨季に高く乾季に低い年変動を示す一方、樹木リターによる年間の窒素還元量は F0、F10、F35 でそれぞれ 33 、 75 、 $123 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ であり、防火措置が樹木リターを通じた窒素の土壤への還元量も増加させることを明らかにした。

(2) バッグ埋設法によって現地土壤における窒素無機化量とその季節変動の解析を行なった結果、いずれの林分でも無機化された窒素は主にアンモニア態で存在し、年間の土壤窒素無機化量は F0、F10、F35 でそれぞれ 205 、 80 、 $120 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ と推定された。F0 における高い窒素無機化速度には、F0 林床に優占するイネ科草本 (*Arundinaria pusilla*) の地下部が重要な役割を演じていることを推論した。さらに無機態窒素量は 3 林分とも共通した季節変動を示し、それら変動を植物体による窒素吸収の季節性と関連づけて説明した。

(3) 地下部バイオマス量と窒素含有率を測定し、地下部リターを介した土壤への窒素還元量を推定した。F10 および F35 の樹木根バイオマスはそれぞれ 9.4 、 15.7 Mg ha^{-1} であったが、F0 では樹木根は 2.4 Mg ha^{-1} に過ぎずイネ科草本地下部バイオマスが 14.0 Mg ha^{-1} に達し、野火の恒常的影響下に成立する DDF 生態系においては林床に優占するイネ科草本の地下部が窒素循環の主要なコンパートメントを構成していることを明らかにした。また地下部バイオマスのうち細根の土壤内での垂直分布様式と窒素蓄積量ならびに窒素無機化速度を比較し、細根の分布が窒素養分の分布と可給化に強く関わっていることを示した。地下部バイオマスとして存在する窒素量は F0、F10、F35 でそれぞれ 54 、 64 、 131 kg N ha^{-1} であり、既往研究の地下部回転率を用いて推定した地下部リターを介した土壤への年間窒素還元量はそれぞれ 72 、 24 、 $49 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ であった。このことから F0 における高い窒素無機化速度が、草本地下部の速い回転速度によることを論考した。

(4) 恒常的な野火の影響下にある DDF である F0 において、イネ科草本の地上部バイオマスは雨季前半から中盤へ増加した後、乾期中に野火によって焼失した。一方、草本地上部バイオマス中の窒素含有率は雨期初期に最大となり、乾期の野火発生前には最大値の $1/4$ まで低下して年間最小値を示したことから、草本地上部バイオマス窒素の 60%程度が雨期か

ら乾期にかけて地下部バイオマスへ転流している可能性を指摘した。更に、草本地上部の燃焼によって大気中へ放出する窒素量を測定した結果、燃焼前の林床における窒素存在量の90%以上が系外へ失われている一方で、野火の発生する乾期がイネ科草本地上部の窒素蓄積量が最少となる時期に一致することで、野火による生態系からの窒素損失量が最少化されていることを明らかにした。このように、野火のタイミングと林床イネ科草本における窒素の季節的転流は系内の窒素保全に寄与しており、DDFの窒素循環を規定する極めて重要な要因であることを指摘した。

(5) 得られた個々の窒素動態を総合して3林分の窒素循環図を作成し3林分における窒素の年間収支を試算した結果、F0、F10、F35でそれぞれ約10、12、32 kg N ha⁻¹ yr⁻¹が不足する計算となった。一方で、各プロットには *Pterocarpus macrocarpus* や *Xylia xylocarpa* などマメ科の窒素固定樹木が主要な樹種として出現し、その優占度（胸高断面積割合）は F0 < F10 < F35 の順に高く、それらによる窒素の生物学的固定が上記不足分を補っていることを推論した。

以上より、DDFにおいて恒常的に発生する野火は、窒素循環の主体を樹木から草本に移行させ、より閉鎖的な循環系が形成されていることを明らかにした。一方で野火の停止は、窒素循環の主体を草本から樹木に移行させ、窒素循環系をより開放的なものとするが、並行して進むマメ科樹種の再生・参入による生物学的窒素固定の増加が窒素循環の拡大を支えていることを明らかにした。

氏 名

戸 田 哲 也

(論文審査の結果の要旨)

タイの熱帯乾燥落葉林(DDF)では恒常的な野火の発生が森林の成立に大きな役割を果たしている可能性を指摘されてきたが、野火がDDFの物質循環系へ与える影響は十分に解明されてこなかった。一方でまたDDFではこれまで広く防火措置が講じられてきたが、野火の停止が森林の物質循環へ与える影響も未知のまま残されて来た。本論文は、森林の成立・維持の基本要素である窒素に焦点を当て、タイの野火履歴の異なるDDF 3 林分を対象として、それぞれの生態系における窒素動態を詳細に解明し、野火と野火の停止がDDFの窒素循環系と森林動態へ及ぼす影響について論じたものである。評価できる点は次の4 点にまとめられる。

(1) 野火履歴の異なるDDF 3 林分において窒素動態の季節変動を包括的に理解するため、現地での長期観測に基づき年間を通じた森林地上部および地下部の窒素動態を解明した。明瞭な乾期と雨期の存在を特徴とする熱帯季節林地帯では、森林の物質循環もまた顕著な季節性を持つ事が予想されるが、その詳細は従来必ずしも十分に明らかにされてこなかった。本論文は野火履歴の異なる3 林分における窒素循環の季節変動の違いを実証的に明らかにした数少ない研究である。

(2) 恒常的野火の影響下に成立したDDF 生態系を特徴付ける耐火性樹木と下層草本からなる植生構造に着目し、草本を含めた林分全体での窒素循環系について解析を行ない、野火と野火の停止がDDF 生態系の窒素動態に及ぼすインパクトの具体的発現プロセスを解析した。このことから、恒常的野火の影響下で窒素循環の主体が樹木から草本へ移行していること、逆に野火の停止に伴う林床草本植生の減少と樹木特にマメ科樹種の回復によって窒素循環の主体が木本へ移行していることを実証的に明らかにした。

(3) 野火に伴う物質燃焼が物質循環に及ぼす影響を明らかにするため、野火の侵入前後において林床植生中ならびに灰化物中の窒素量を測定し野火による窒素ならびに炭素の大気への損失量を計測した。林床有機物の燃焼に伴うそれら元素の損失率は極めて高い一方、野火が発生する乾期における林床草本植生中の窒素濃度は年間を通じて最も低いレベルにあり、草本植物による季節的な窒素の引き戻しが系外への窒素損失の抑制に寄与していることを明らかにした。

(4) DDF における防火措置は樹木の回復および構成樹種の変化と物質生産の増大を促進し、加えてマメ科樹種の増加に伴って系内における窒素循環の拡大が進行することを指摘した。このことから防火措置に伴う森林構造の変化が窒素循環様式に及ぼす影響を統一的に説明する機構を提示することに成功した。

以上のように本論文は、恒常的野火の影響下に成立した熱帯乾燥落葉林における野火とその停止が、生態系内における窒素の循環ならびに保全に及ぼす影響を、森林の構造変化と関連づけて明らかにしたものであり、森林生態学、物質循環学、立地環境学の発展ならびに熱帯林の保全・管理に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士(農学)の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成21年1月19日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士(農学)の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。