

題目 : Significance of soil organic phosphorus for the maintenance of tropical rain forest ecosystems

氏名 : 横山 大稀

要約

リンは生物の必須元素で、不足すると森林の生産を制限しうる。風化の進んだ土壌では、可給態無機態リンが少なく、土壌リンの大半を吸蔵態リン（生物利用不可）と有機態リンが占める。熱帯土壌は概して温帯の土壌に比べ風化が進んでおり、可給態無機態リンが少ない。熱帯林は一般に高い生産性を示すが、なぜ可給態無機態リンが少ない土壌上にそのような生産性の高い熱帯林が成立できるのか、そのメカニズムの解明は生態系生態学の大きな課題である。これまで、森林生態系を構成する植物や微生物のリン獲得に関する議論は、これらの生物の主要な獲得源が土壌中の無機態リンであることを前提としていた。一方、植物や微生物は土壌有機態リンを直接分解できるので、有機態リンからもリン獲得が可能である。風化の進んだ土壌中には有機態リンが蓄積することから、熱帯林の植物・微生物のリン獲得における土壌有機態リンの重要性が近年示唆されてきている。

第 1 章では、土壌有機態リンの研究に関する既往研究を整理し、土壌有機態リンが多様な化学形態（画分）で存在することを指摘した。一方で、リン欠乏下にある植物や微生物が土壌有機態リンからリンを獲得しているのか、もしそうであればどの画分に強く依存しているのかは未解明であることを指摘した。

第 2 章では、ボルネオ島の堆積岩・蛇紋岩母岩上に成立する熱帯低地林において、土壌のリン化学組成を液体 $^{31}\text{P-NMR}$ を用いて明らかにした。両土壌において有機態リン（縮合型無機態リンを含む）の画分として、モノエステル態リン（易分解性モノエステル態リン・フィチン酸を含む）、ジエステル態リン、ピロリン酸が検出された。両土壌で、モノエステル態リンが最も多く、抽出された全リンの約 50% を占めていた。蛇紋岩ではピロリン酸、scyllo-イノシトール六リン酸（フィチン酸の一種）の濃度が高かった。ピロリン酸やフィチン酸は土壌への吸着能が高いこと、蛇紋岩土壌ではリンを強く吸着する鉄酸化物量が多いことから、これらの画分のリンは鉄酸化物に吸着し、土壌に蓄積していると考えられた。

第 3 章では、第 2 章で分画された有機態リン 4 種（易分解性モノエステル態リン、ジエステル態リン、ピロリン酸、フィチン酸）に着目し、植物や微生物の上記 4 種の有機態リン分解能がリン欠乏に応じてどのように変化するのかを明らかにした。ボルネオ島熱帯低地林における窒素・リン施肥区から細根・土壌を採取し、4 種のホスファターゼ（ホスホモノエステラーゼ、ホスホジエステラーゼ、ピロホスファターゼ、フィターゼ）の活性を測定した。リン施肥によって、細根のホスホモノエステラーゼ、ピロホスファターゼ、フィターゼ活性は減少したが、ホスホジエステラーゼ活性には変化がなかった。同じく、リン施肥によって土壌のホスホモノエステラーゼ、ピロホスファターゼ活性は減少したが、ジエステラー

ぜ、フィターゼ活性には変化がなかった。このことから植物や微生物はリン欠乏度の高まりに応じて、易分解性モノエステル態リン、ピロリン酸（、およびフィチン酸）といった特定の有機態リンの分解能を高めていることが示された。

第4章では、第3章と同様に、リン欠乏度の高まりに応じて植物や微生物の上記4種の有機態リン分解能がどう変化するのか、ボルネオ島キナバル山のリン欠乏度の異なる9つの原生林を比較することによって明らかにした。リン利用効率が高くリン欠乏度の高い森林ほど、細根のホスホモノエステラーゼ、ピロホスファターゼ、フィターゼ活性が増大したが、ホスホジエステラーゼ活性は変化しなかった。同じく、リン欠乏度の高い森林ほど、土壌のホスホモノエステラーゼ、ピロホスファターゼ活性は増大したが、ホスホジエステラーゼ活性は変化しなかった（フィターゼ活性については測定上の問題から解析せず）。これらの結果は第3章で示された結果と同様に、リン欠乏度の高い森林では、植物や微生物は易分解性モノエステル態リン、ピロリン酸（、およびフィチン酸）といった特定の有機態リンの分解能を高めることを示唆した。

第5章では、ボルネオ島キナバル山の9つの熱帯林のリン循環をリン収支モデルによって評価し、植物・微生物の土壌有機態リン依存度を推定した。各森林の土壌リンプールに、リター・細根・微生物を通して年間に供給される有機態リン・無機態リンの量を評価し、さらに土壌リン現存量が動的平衡状態にあることを仮定することで土壌有機態リンの分解速度を推定した。植物・微生物による年間リン吸収量に占める、土壌有機態リン起源のリン量の比率を植物・微生物の土壌有機態リン依存度とした。9つの全ての森林で、微生物によるリン供給量は全リン供給量の94-97%を占めており、リター・細根によるリン供給量に比べて圧倒的に多かった。このことから、植物や微生物のリン獲得源は主に微生物に由来すると考えられた。また、全リン供給量を有機態リンと無機態リンの供給量に分けると、全ての森林で有機態リン供給量は全リン供給量の86-92%を占めていた。動的平衡状態のもとでは、この比率は植物・微生物の有機態リン依存度に一致するため、これらの森林において植物や微生物のリン獲得は土壌有機態リンの分解に強く依存することが示された。また、リン収支モデルから推定された土壌有機態リン分解速度は低地林の調査地において非常に速く、熱帯低地林では土壌有機態リンが大量に分解され可給化されていることが示された。

第6章では、以上の結果を総合的に考察した。可給態無機態リンの量が少ない風化土壌上で熱帯林が高い生産性を維持するメカニズムの一つとして、微生物を通じて大量の有機態リンが土壌に供給され、それが分解・可給化されることで、樹木の高いリン獲得が達成されている可能性を提示した。この土壌有機態リンの分解速度の速さは、植物や微生物によるホスファターゼへの投資と関係していることを指摘した。