

落葉分解過程に着目した森林生態系による

土壌有機物の集積機能評価

Soil Organic Matter Storage in Forest Ecosystem with Reference to Decomposition Processes of Leaves

大園享司

京大大学生態学研究センター 准教授

Takashi OSONO

Associate Professor, Center for Ecological Research, Kyoto University

研究の大要

森林生態系は大気中の CO₂ を光合成により有機物に変換し、樹体や落葉などの植物遺体、土壌有機物として集積することにより、大気中の CO₂ 削減に寄与している。しかし、土壌における落葉の分解過程については不明点が多く、森林の CO₂ 削減機能を評価する上での不確定要素となっている。本研究では亜熱帯林を対象として、落葉の分解過程と、それともなう有機物の無機化（CO₂ への還元）と土壌有機物の生成とを実証的・定量的に明らかにする。これら実験データを分解モデルに当てはめることにより、森林生態系の CO₂ 削減機能に果たす土壌有機物の役割を定量的に明らかにする。

Abstract

Forest ecosystems transform carbon dioxide in the atmosphere into organic matters and sequester them as trees, dead leaves, and soil organic matter. Forest ecosystems thus can contribute to the reduction of carbon dioxide in the atmosphere. Much remains to be unknown, however, regarding the decomposition and accumulation processes of dead leaves on the soil. This leads to an uncertainty in the evaluation of the role of forest ecosystems in carbon sequestration. The present study examines decomposition process of dead leaves in a subtropical forest in southern Japan and demonstrates the evolution of carbon dioxide and the formation of soil organic matter. Models are applied to the results of this field experiment to estimate carbon sequestration in the soil and evaluate the role of belowground part in the reduction of carbon dioxide in the atmosphere.

1. 研究目的

森林生態系は大気中の CO_2 を光合成により有機物に変換し、樹体、落葉などの植物遺体、および土壌有機物として集積することにより、大気中の CO_2 削減に寄与している。地上部での樹体による有機物集積は、樹木群落の現存量と生長量の測定により詳しく検討されている。その一方で、地下部については、土壌有機物の現存量、および地上部からの落葉供給量がくりかえし測定されているものの、落葉の分解・消失量については測定例が少なく、森林の CO_2 削減機能を評価する上での不確定要素となっている。本研究では、この落葉の分解の過程を実証的に明らかし、森林生態系の土壌有機物集積による CO_2 削減メカニズムの評価精度の向上を目指すことを目的とする。

土壌に供給された落葉は、菌類や土壌動物といった土壌生物による定着と分解を受ける。土壌生物により代謝された落葉中の有機物は CO_2 として大気中に還元される。落葉の残渣も最終的には分解を受けて CO_2 へと変化するが、一部は土壌有機物として長期的に滞留する。このように落葉の分解の過程は、土壌有機物の集積に寄与するのみならず、土壌からの CO_2 放出をコントロールし、樹木の光合成にとって不可欠の窒素などの養分物質を供給する機能を担っている。土壌有機物

の集積量は、落葉の供給量と分解者生物の代謝による無機化量 (CO_2 発生量) とのバランスで決定される。このうち分解・代謝のプロセスやその律速要因については不明点が多い。特に熱帯・亜熱帯地域では一般に分解が速いことが知られているが、分解速度や分解にともなう落葉の消失量、有機物集積プロセス、および分解の律速要因についての研究例が少ない。本研究では、本邦の南西部に位置する亜熱帯林を研究対象として、落葉の分解プロセスを実証的に明らかにした。

2. 研究経過

リターバッグ法 (図 1) を用いた野外での落葉の分解実験を 2008 年 4 月に開始した。調査地は沖縄本島の北部に位置する、通称「やんばる」とよばれる亜熱帯常緑広葉樹林である。材料として 12 種の植物葉を用いた。2009 年 3 月までの 1 年間にわたり、3 ヶ月おきに 4 回、落葉の重量変化を調べた。



図 1：リターバッグ分解実験。

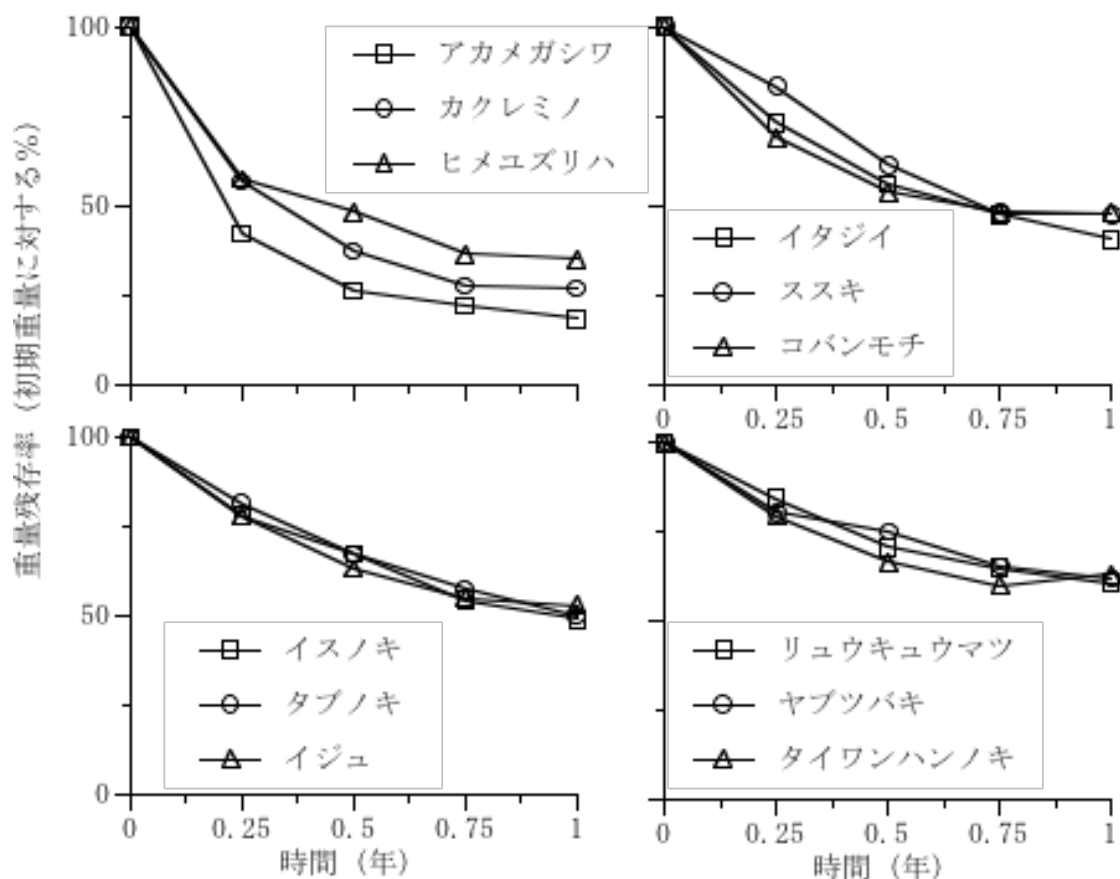


図2：分解にともなう12植物種の落葉の重量変化。値は9くりかえしの平均値。

3. 研究成果

落葉の分解速度は植物種間で大きく異なった（図2）。分解1年目の落葉の重量残存率（初期重量に対する%）は、アカメガシワの18%からタイワンハンノキの63%まで植物種間で大きな差が認められた。

この1年間にわたる残存重量のデータに指数関数モデル $[y = \exp^{-kt}]$ ； y は重量残存率、 t は時間（年）、 k は分解速度定数（/年）を当てはめることで分解速度を推定した。モデルを当てはめたときの決定係数は0.87～0.99（ $n=5$ ）となった。分解速度定数は植物種間での落葉の分解しやすさの違

いを反映して、ヤブツバキの0.55/年からアカメガシワの2.56/年までの範囲にあった。12植物種の分解速度定数の平均は1.05/年であった。これらの分解速度定数から求めた落葉重量の半減期は、0.3～1.3年、12植物種の半減期の平均は0.8年と推定された。

12植物種の落葉の分解速度定数と、落葉のさまざまな性質との関連性を解析した。その結果、初期リグニン濃度と分解速度定数とのあいだに有意な負の相関関係が認められた（ $R=0.69$ 、 $n=12$ 、 $P<0.05$ ）（図3）。

本調査地では、年間の落葉供給量がヘクタールあたり5.1トンと推定され

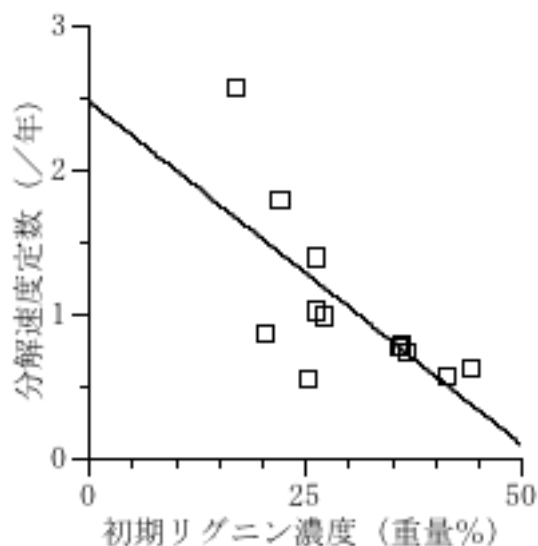


図3：初期リグニン濃度と分解速度定数との相関関係。

ている。今回得られた分解速度定数の平均値を用いて計算すると、1年間で初期重量の61%にあたる3.1トンが分解により失われ、39%にあたる2.0トンが残存する。分解により失われた落葉中の炭素は、その大部分が大気中にCO₂として排出される。分解速度と初期リグニン濃度とのあいだに有意な負の相関関係が認められたことから、リグニン濃度の高い植物種、今回の実験対象植物でいうとタイワンハンノキ、リュウキュウマツ、タブノキ、イスノキといった樹種の相対量が森林内で増加すれば、土壌に集積する落葉量を増加させ、分解にともなうCO₂排出を抑制できる可能性がある。例えば、タイワンハンノキ（リグニン濃度44.1%）が年間落葉供給量の100%を占めると仮定した場合、1年間に分解で消失する落葉量は2.4トン、残存す

る落葉量は2.7トンとなる。これにより、先ほどの平均値に基づく計算値3.1トンに比べて約24%のCO₂排出削減が可能という計算となる。

4. 今後の課題と発展

今回は1年間の分解データに基づく推定を行った。しかし分解は長期的なプロセスであり、1年間の短期的なデータに基づく推定では不確実性が高い。特に亜熱帯林の落葉分解菌類は土壌有機物を活発に分解することがわかっている（Osono et al. 2008）。今後も継続して分解実験を実施し、長期的なデータに基づいて森林土壌の担う大気中のCO₂削減メカニズムの評価精度を向上させる必要がある。養分物質の定量分析を行い、土壌有機物の集積量の増加が落葉からの養分放出に及ぼす影響を検討する必要がある。

本研究は、これまであまり注目されてこなかった土壌分解系によるCO₂削減メカニズムを検討したモデルケースとして、今後さまざまな森林生態系の機能評価に際して有用な手法を提供するものと期待できる。

5. 発表論文リスト（印刷中も含む）

Osono, T., Ishii, Y., Hirose, D. (2008) Fungal colonization and decomposition of *Castanopsis sieboldii* leaves in a subtropical forest. *Ecological Research* 23: 909-917.