

学 位 論 文 題 名

Priming effect and mixing effect on decomposition
of leaf litter in cool - temperate forests.

（冷温帯林の落葉分解における加速効果と混合効果に関する研究）

学位論文内容の要旨

生態系における栄養分の起源は土壌、大気及び有機物であり、N、P、Kなどさまざまな栄養素はこの間を循環している。食物連鎖の底辺にあり、生産者といわれる植物も、栄養分を大気中（光合成、窒素固定）や動物の体（糞や死骸）、リターなどから得ている。このように、重要なリターの分解速度は生態系の安定性に関係しており、分解の遅速は生態系における栄養分の利用効率に関係する。例えば、生態遷移上での先駆植物はかなり大量の窒素を葉に含み、極相種ではむしろ栄養分の利用効率がより高いことが示されている。

従来のリターの分解に関する研究は、個別の植物種について行われ、分解速度を推定し、針葉樹と広葉樹について比較するなどの試みが多い。しかし、森林は一般に多くの植物種から構成され、個々の植物の分解は同一種のみならず異種の植物の影響をも受けている。冷温帯林では個々の種は秋あるいは冬など一定の季節に落葉し、多くの植物種は毎年ほとんど同時期に落葉し、林床に堆積する。

個々の葉の分解に際して、他の葉が及ぼす影響は二つのタイプに分けられる。その一つは混合効果（mixing effect）で、同時期に異なった植物種から落下した葉が互いの分解に影響し合うことである。他の一つは加速効果（priming effect）で、これは先に落下した葉の分解にその後新たに落下した葉が影響することで、同じ種であるか否かにかかわらない。もし、これらの効果が葉の分解を加速するならば、多くの研究者によってこれまで行われてきた個々の種に関する実験結果は、そのまま実際の森林内にあてはめれば、分解速度を過小に見積もっていることになる。しかし、その一方で混合効果や加速効果の有無そのものも議論の余地があるとされてきた。これまでの研究でも針葉樹に広葉樹の葉を混合すると相対的に分解は早まったが、加速効果といえるほどではないとの報告や、逆に加速効果がみられたとの報告など、用いた種によっても異なる。このように混合効果と加速効果の重要性に注意が払われるようになってきたにもかかわらず、1980年代以降研究は停滞していた。このことは、重量減少など分解面ばかりに力点がおかれ、炭素（C）、窒素（N）、リン（P）などさまざまな養分面からのアプローチが少なかったことが理由の一つとして考えられる。

本論文では以上の観点から、多様な針葉樹や広葉樹が普遍的にみられる北海道の冷温帯林を対象にして、（１）混合効果および加速効果が見出されるか否か、（２）この中で、

特に加速効果が確認されれば、この効果の効率をコントロールする要因がどんなものであるかを明らかにすることを目的とした。さらには、葉の落下時期のインターバルが葉の分解にどのように影響を及ぼすかについても研究し検討した。

調査は北海道南部狩場山のブナ林、札幌市内の落葉広葉樹林、北海道中央部の北海道大学農学部附属雨竜地方演習林の落葉広葉樹林、北海道北部の北海道大学農学部附属天塩地方演習林の針葉樹林および落葉広葉樹林の構成種の葉を対象として、分解の異なった段階における重量減少と炭素、窒素、および燐の量を調べ解析した。

1. 分解の早い草本植物であるオハナウドとクサヨシで、分解初期や後期ではみられなかったが、分解中期段階で混合効果の存在が示唆された。
2. オハナウドとクサヨシで分解の進んだ葉に新たな葉を加えると、分解の中期段階ではオハナウドでは既存の葉の重量減少が促進され、クサヨシでは遅延された。すなわち、オハナウドではポジティブ加速効果が、クサヨシでは加速効果がネガティブであることを示した。
3. 混合効果では、シマザサの葉の分解はダケカンバの葉を加えることによって促進される効果を示したが、アカリマツの葉を加えても促進されず混合効果はみられなかった。このことは、分解しにくい植物種（シマザサなど）と分解し易い植物種（ダケカンバなど）を混合すれば、分解しにくい植物種の分解速度を高めることを示唆している。
4. 室内での分解実験によって四種の植物（オハナウド、ケマハンノキ、ダケカンバ、ブナ）の加速効果を調べた。グルコース（炭素の栄養分）と硝酸イオン（窒素の栄養分）を与えると、初期C/N比が高いオハナウドとケマハンノキでは分解速度は有意に増加したが、初期C/N比が低いダケカンバとブナでは、分解速度は減少した。このことから、加速効果は分解しやすい植物種間でポジティブとなり、分解速度の遅い植物種間ではネガティブになると考えられる。
5. 加速効果の野外実験をブナの葉について行った結果、分解の進んだ葉の分解速度は1年後に新たな葉を加えることによって促進されることが示された。また、加速効果の大きさの比較では2ヵ月後や5ヵ月後よりも1年後に加えたものが最も大きかった。このことはブナが毎年秋の同時期に葉を落とすことと符合している。
6. 以上から、リターの分解における混合効果及び加速効果の存在が示され、またその重要性が明らかになった。生態系の中での分解と栄養物質循環に関する今後の研究は、この点を考慮して行われるべきであると考察された。

学位論文審査の要旨

主査	教授	東	正剛
副査	教授	五十嵐	恒夫（農学部）
副査	教授	甲山	隆司
副査	助教授	大原	雅（農学部）
副査	助教授	露崎	史朗

学位論文題名

Priming effect and mixing effect on decomposition of leaf litter in cool - temperate forests

（冷温帯林の落葉分解における加速効果と混合効果に関する研究）

森林生態系において落葉落枝の分解は極めて重要な課題であり、これまでもいくつかの研究がなされてきた。しかし、そのほとんどは単一種の落葉の分解速度に関するもので、野外生態系の実態を反映しておらず、実際の分解速度はそれらの研究によって示された値よりもかなり速いことが指摘されてきた。これは、森林内では様々な植物種の落葉がお互いに相互作用を起こしているためと考えられている。そこで申請者は、分解しにくい葉が分解しやすい葉と混合されることによって分解速度を速める Mixing Effect（以後、混合効果）と、早く落ちた落葉層の分解が新しい落葉の影響を受ける Priming Effect（加速効果）を取り上げ、野外と室内において詳細な研究を行った。これら2つの効果に関する研究は世界的にみても極めて少なく、わが国では全く研究例がない。

本論文の“Results”は4節からなっている。まず第一節では分解速度の速い草本植物 *材ナナ* と *クササ* を材料として3ヶ月にわたる野外実験を行い、混合効果と加速効果が実際にあるのかどうかをたしかめ、1) 混合効果は分解の中期で顕著に見られること、2) 加速効果は *材ナナ* では正であるのに対し、*クササ* では負、という結果を得ている。特に、新しい落葉からの溶脱物質がすでに落ちている葉の分解を遅延させることもあり得ることを示した点は、これからの加速効果研究の焦点の1つとなりうると考えられ、重要な知見である。

第二節では木本2種（*アカゾマツ*、*ダケカンバ*）と *シマザサ* の葉を用いて野外実験を行っている。その結果、*シマザサ* の分解は、*ダケカンバ* と混合すると促進されたが、*アカゾマツ* と混合すると効果は見られなかった。このことは、北海道の主な林床植物で、落葉層の主な成分であるササの葉の分解は、分解しにくい樹種の葉との混合によっては促進されないが、比較的分解しやすい樹種の葉と混ざることによって促進されることを示しており、特に造林などの応用分野にとって重要な知見と考えられる。

第三節では草本1種（*材ナナ*）と木本3種（*ケヤハシノキ*、*ダケカンバ*、*ブナ*）を使って、CとN

の供給が葉の分解に及ぼす影響を室内実験により明らかにした。グルコースとカゼインをこれらの植物の葉に撒いたところ、材付ドとヤマハシの分解は促進されたが、ダケカンバとブナの分解速度はむしろおそくなった。つまり、加速効果は比較的分解しやすい落葉では正であるのに対し、分解しにくい落葉では負となったのである。これより、第一節で野外実験によって示されたことが室内でも証明されたわけで、実験の意義は大きい。

第四節では、北海道南部の狩場山においてブナの落葉の分解過程を観察し、新しい葉が古い落葉の分解を最も促進するのは約1年後に付加される場合であることを見出している。ブナは年に一度一斉に落葉するが、今回の結果はブナのフェノロジーと見事に一致しており、自然界の落葉サイクルが加速効果を高めるように決まっていく可能性のあることを示した。今後、ブナ以外の樹種について検証を積み重ねていく必要があるが、落葉サイクルと分解の関係についてこのアイデアは非常に独創性が高い。

以上のように、本研究は綿密な実験計画のもとに野外と室内で進められ、その目的が見事に達成されている。特に、落葉の分解過程では混合効果や加速効果の現れやすい時期と現れにくい時期とがあること、加速効果には正と負の両方があることなどを明らかにした点は高く評価できる。

生態系生態学において、落葉落枝の分解に関する研究の重要性は認識されながらも、実際にはあまり行われてこなかった。しかし近年、二酸化炭素の増加に伴う気温の上昇が特に北方林内の落葉層の分解を促進し、そこで発生する多量の二酸化炭素が更に温室効果を高めるというドミノ現象の発生が懸念され、生態学においてもこの分野の研究が注目されつつある。申請者の研究はその先駆けともいえるものであり、研究の先進性と独創性は高く評価できる。特に、本研究結果により、分解過程における混合効果と加速効果が注目点の1つとなっていく可能性はかなり高いと思われる。

審査員一同は、これらの成果を高く評価し、また大学院過程における研鑽や取得単位など併せ、申請者が研究者として誠実かつ熱心であり、博士（地球環境科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するもとの判定した。