

北方林および亜高山帯林の土壤炭素の動態におよぼす温度環境の影響

内田 雅己

Effects of temperature condition on soil carbon dynamics
in boreal and subalpine forests

Masaki UCHIDA

要 旨

第1章 序 論

北半球高緯度地方には、世界最大の森林帯（北方林）がある。北方林は、低温により分解速度が遅いため、土壤中に大量の有機炭素を蓄積しており、地球規模の炭素循環に重要な役割を果たしている。近年、地球の温暖化により、現在は炭素の吸収源であると考えられている北方林が、炭素の発生源になる可能性が懸念されている。しかし、北方林の土壤圏の炭素動態において、微生物のはたらきを量的に把握した研究は少なく、野外における分解の温度依存性に関する研究についても、ほとんどなされていないのが現状である。本論文では、北方林の土壤炭素のフローと、それに対する微生物の寄与を定量化し、温暖化による気候変動が、土壤有機物の分解におよぼす影響を明らかにすることを目的とした。

第2章 北方林における土壤微生物群集をめぐる炭素の動態

北方林における土壤炭素のフローと、それに対する微生物の寄与を定量化するため、カナダ、サスカチュワン州、キャンドルレイク(105°30'W, 53°50'N)付近のクロトウヒ *Picea mariana* 林内に調査区を設定し、有機物層から鉱質土壤層表面下50cmまでの各土壤層位毎の有機炭素量、微生物バイオマス炭素、土壤呼吸量、および根のバイオマスと呼吸量を調査した。コケ層から鉱質土壤層表面下50cmの深さまでの有機炭素量は、1平方メートルあたり7.2kgで、そのうちの47%が有機物層中に存在していた。土壤呼吸速度から植物根の呼吸速度を差し引いて微生物の呼吸速度を求めた。根の呼吸速度は、重量あたりの呼吸速度と根のバイオマスから求めた。その結果、全土壤呼吸速度にしめる微生物の呼吸速度の割合は46%になった。微生物の呼吸のうち、有機物層中の呼吸が約60%をしめた。L層、FH層、およびA層の微生物バイオマス炭素あたりの呼吸活性は、それぞれ1.35, 0.44, および0.94mgCO₂-C g⁻¹microbial C h⁻¹であった。FH層は他の層にくらべて呼吸活性が低く、FH層の微生物の活性自体が低いと考えられた。採取した土壤中の微生物の呼吸速度の温度依存性からQ₁₀を求めたところ、2.4であった。この値と無雪期間(6月~10月)の土壤温度(地表面下15cm)の変化から、L層~A層までに存在する微生物の年間総呼吸量を推定したところ、221gC m⁻²となった。Nakane *et al.*(1997)は、本調査地付近のクロトウヒ林の年間のリターフォール量が91~128g C m⁻²であると報告している。本調査地のL層の微生物の呼吸量(85g C m⁻² yr⁻¹)はリターの投入量に対してかなり大きい値となった。しかし、L層下部には菌根菌と思われる菌糸体が密に繁殖してい

広島大学総合科学部紀要IV理系編、第24巻(1998)

*広島大学審査学位論文

口頭発表日：1998年2月19日、学位取得日：1998年3月25日

たことから、外生菌根菌に由来する呼吸が、微生物の総呼吸量にかなり含まれている可能性も示唆された。

第3章 リター分解と温度環境

一般的に、リターの分解に対する温度の影響は、室内実験で調べられることが多い。しかし、自然環境における温度変化は、長期にわたって徐々に生じるため、実際の現象は短期間の室内実験では予測できないことが多い。そこで、北半球の高緯度地方を中心に、きわめて広範囲に分布している蘚類のイワダレゴケ *Hylocomium splendens* を用いて、実際にリターの消失率を推定し、温度環境との関係について調査した。イワダレゴケは、規則的な成長様式をもち、成長解析とリターの蓄積から年間のリターの生産量と消失率を容易に推定できる。サンプルは、上記調査地を含むサスカチュワン州のクロトウヒ林3地点、および富士山亜高山帯針葉樹林内の標高の異なる4地点(1,700~2,400m)で採取した。

富士山の調査地では、標高が高くなるほどリターの蓄積量は多くなり、消失率は低下する傾向が認められた。この際、各地点の年平均気温とリター消失率の対数との間には有意な直線関係が認められた。富士山の調査地の年平均気温とリター消失率との関係から求めた Q_{10} は8.7と大きな値となった。無雪期間の積算気温とリター消失率、およびリターの質との間に、統計的に有意な高い相関が認められた。野外におけるリター消失率は、わずかな温度の違いでも著しく変化することが推察され、そのことには、無雪期間の気温とリターの化学組成が影響している可能性が示唆された。

第4章 温度環境の変化と土壤微生物

第3章では、イワダレゴケのリターの消失率を広域に比較した結果、リターの消失率は温度に対して敏感に反応することが推察された。これは、長期的な温度環境の変化にともなう分解速度の変化が、実験室での短期間の微生物分解活性の温度依存性だけでは説明できないことを示唆している。本章では、野外における基質分解の温度依存性の実態を解明することを目的として、同質の分解基質(ろ紙とブナのチップ)を富士山の標高の異なる5地点(1,500~2,400m)に埋設し、現地における消失率を詳細に検討した。同時に、基質中の菌類バイオマスと微生物活性についても比較した。菌類バイオマスは、菌類に特有の膜成分であるエルゴステロール量を指標にして測定した。試料の消失率は、標高が高くなるにつれて減少する傾向が認められ、わずかな温度環境の違いにより、大きく変化した。7月の基質のエルゴステロール量は、標高が低くなるにつれ増加する傾向が認められた。しかしながら、エルゴステロール量あたりの呼吸活性は、標高との間には明瞭な関係は認められなかった。以上から、同質の分解基質を用いても、野外における消失率の温度依存性は高いことが示唆された。そのことには、融雪後の温度環境の違いによる菌類バイオマスの増加速度の違いが、間接的に分解速度に影響することが推察された。

第5章 有機物分解に対する温暖化の影響のモデル予測

第3章と第4章から、北方林などの寒冷な森林では、温暖化は微生物活性に直接影響するだけでなく、温度環境の変化にともなう間接的な要因が、分解速度に大きな影響を与える可能性が明らかとなった。間接的な要因として、リターの化学組成や、微生物バイオマスが確認された。従来、温暖化による分解速度の変化を予測するときには、短期間の室内実験から得られた微生物活性の温度依存性($Q_{10}=2\sim 3$)にもとづいて予測されてきた。しかし、この予測では、長期的な温度環境の変化にともなう間接的な要因が含まれていないために、温暖化にともなう分解速度の変化を過小評価

してしまうおそれがある。温暖化による分解速度の変化を予測するためには、野外での分解と温度との関係から求められた Q_{10} を用いる必要がある。ここでは、本研究において得られた値から、温暖化が現実のものとなったときの微生物の呼吸量をモデル式で予測した。その結果、現在、予測されている温度の上昇(4～5℃)では、本研究で示されたように、 Q_{10} が4以上であるとすると、温暖化による分解速度の増加率は生産量の増加率を大幅に上回ることが示唆された。このことは、温暖化により、北方林の炭素の収支バランスが著しく変化し、現在、炭素の吸収源と考えられている北方林が、炭素の発生源となる可能性を示唆している。

引用文献

- Nakane K., Kohno T., Horikoshi T. & Nakatsubo T. (1997) : Soil carbon cycling at a black spruce (*Picea mariana*) forest stand in Saskatchewan, Canada. *Journal of Geophysical Research* 102: 785-793.
-