

アカマツ林火災跡地の土壤微生物バイオマスの測定*

立石 貴浩**

京都大学農学部

Estimation of microbial biomass in the soils of burned and unburned japanese red pine forests

Takahiro TATEISHI

Faculty of Agriculture, Kyoto University, Kyoto 606, Japan

要 旨

広島県南部の瀬戸内海沿岸では、風化花崗岩地帯のアカマツ林を中心に、毎年のように大規模な山林火災が発生している。この地域のアカマツ林火災跡地では、山林火災が生態系の諸生物相や水・養分物質の収支に及ぼす影響やこれらの二次遷移における変化について総合的な調査が行われてきた。しかし、一連の研究の中で、森林生態系において分解者の位置にある微生物群集に関する調査はほとんど行われていなかった。生態系の物質循環において、土壤中の微生物群集は物質の化学的変換や生物遺体の分解の担い手という役割に加えて、最近の研究では、微生物細胞の代謝回転が早く、しかも細胞内の養分物質の濃度が高いという特徴のため、植物に対する可動性の養分物質のシンクおよびソースとしての機能も有していることが示された。この土壤微生物群集の働きは、土壤中への有機物や養分物質の供給が大きく減少したような山林火災跡地での植生の回復に対して非常に重要であると考えられる。微生物による物質の化学的変換や分解の程度および養分物質の微生物細胞内の保持量は、該当する系内に存在する微生物の種類、量および活性に依存している。したがって、物質循環の観点から土壤微生物群集の役割を評価するには、微生物の現存量（微生物バイオマス）および微生物の代謝回転速度の2点を測定することが必要である。そこで本研究では、火災跡地における土壤微生物群集の役割を解明するための第一段階として、火災跡地の土壤微生物バイオマスの測定を試みることにした。

ところで、土壤中の微生物は微細であり、しかも土壤という非常に不均一な環境に生息しているため、その数や量を正確に測定することは困難とされてきた。しかし、1976年以降生化学的または生理学的手法を利用した測定法が開発され、土壤中の微生物バイオマスは比較的容易に測定できるようになった。ただし、これらの新しい測定法は、必ずしも全ての土壤について正確な値を与えるとは限らないため、あらかじめ供試する土壤に対して最適な測定条件を検討しておく必要がある。

広島大学総合科学部紀要Ⅳ理系編、第22巻（1996）

* 広島大学審査学位論文

口頭発表日：1995年10月16日、学位取得日 1995年12月21日

** 現在の所属：京都市左京区北白川西町 京都大学生態学研究センター

本研究では、火災跡地という特殊な環境にある土壌を分析に使用するため、土壌中の微生物バイオマス測定にあたって、供試する土壌に対するバイオマス測定法の適用性をまず検討しなければならない。本研究は、アカマツ林火災跡地の土壌に適した微生物バイオマス測定法の検討およびその方法を用いた微生物バイオマスの測定を行い、微生物バイオマスを構成する微生物の組成を明らかにした上で、火災跡地の二次遷移における土壌微生物群集の役割を解明することを目的とするものである。

調査地として、広島県南部の瀬戸内海沿岸に位置する焼失後の経過年数の異なる7カ所の元アカマツ林、および2カ所の非焼失アカマツ林を選んだ。

火災跡地の土壌中の微生物バイオマスの測定には、Jenkinson and Powlson (1976)により開発されたクロロホルムくん蒸-培養法を使用することにした。土壌をクロロホルム殺菌し、この土壌に少量の新鮮土壌を微生物源として接種し、そののちに土壌を培養すると、接種した微生物が死滅微生物体を基質として利用する結果、死滅微生物体の無機化に由来するCO₂の突発的発生が見られる。本法はこの発生CO₂より微生物バイオマスを求めるというものであり、微生物バイオマス測定値は炭素重量で表示される。ただし、本法は必ずしも全ての土壌に対して妥当なバイオマス値を与えるとは限らず、酸性土壌ではバイオマスを過小評価し、有機物を投与した直後の様な富栄養的な状態にある土壌や石灰質土壌などでは、バイオマスを過大評価する傾向にある。本研究で扱う土壌はすべて酸性である。さらに焼失直後の土壌は地表の灰から溶脱・流入した養分物質や易分解性の有機物などを含んでおり、富栄養的な状態にあると考えられる。この地域のアカマツ林火災跡地での土壌の化学的および微生物学的性質の調査結果によると、火災直後の土壌の富栄養的な状態はおよそ6カ月継続するということである。そこで、富栄養な状態が治まるといわれる火災後6カ月以上を経過した土壌と非焼失地土壌、および焼失直後の土壌とを区別して、それぞれの土壌についてくん蒸-培養法の適用性を検討した。

まず前者に該当する火災後3年を経過した地点の土壌および非焼失地の土壌について検討した。これらの土壌に、Jenkinson and Powlson (1976)のバイオマス算出法をそのまま適用すると、微生物バイオマス(B)を過小評価するので、 $B = \{F(\text{クロロホルム処理土壌からの0-10日目の間のCO}_2\text{発生量}) - UF'(\text{無処理土壌からの10-20日目の間のCO}_2\text{発生量})\} / k_c$ の代わりに、 $B = \{F - F'(\text{処理土壌からの10-20日目の間のCO}_2\text{発生量})\} / k_c$ を使用することにした。k_c値は培養期間中に無機化した死滅微生物体炭素の割合を示しているが、土壌中に一般的に存在する菌類および細菌のそれぞれ3種ずつの培養菌体を内部標準として用いた実験により、0.30と決定した。

この改くん蒸-培養法により、火災後6カ月以上を経過したいくつかの焼失地および非焼失地の土壌微生物バイオマスを測定した。焼失地における鉍質土壌の0~5cm層の微生物バイオマスは、100g乾土あたり31~79mgであり、非焼失地のそれとほぼ同じレベルか、またはそれよりも高かった。一方、非焼失地のFH層のバイオマスは、鉍質土壌の0~5cm層のそれと比べると圧倒的に大きかった。土壌中の全炭素含量に対する微生物バイオマス-Cの割合は、焼失地の方が非焼失地よりも有意に高かった。微生物バイオマスの季節変化を調べたところ、季節による顕著な増減は見られなかった。2カ所の焼失地および1カ所の非焼失地において、土壌中の全炭素含量、全窒素含量および含水比のそれぞれと微生物バイオマスとの相関を調べたところ、いずれの間にも0.1%の危険率で有意な相関が見られた。このことから、焼失地および非焼失地の土壌中に存在する微生物バイオマスの大きさは、少なくとも全炭素、全窒素、および水分含量に依存していることが示された。

後者に該当する火災直後の様な富栄養的な状態にある土壌についてくん蒸-培養法の適用性を検討した。このような土壌では、微生物にとって利用しやすい有機物(易分解性有機物)の無機化が

優先するため、正確に微生物バイオマスを測定することができない。そのため本研究では2つの改良法を試みた。第1の方法は土壤の前培養である。前培養の期間に易分解性有機物を消費させ、その後にくん蒸処理を行なうという方法であり、土壤の前培養を5～20日間行くと、易分解性有機物の無機化に由来するCO₂に妨害されることなくほぼ妥当なバイオマス値を測定できることが示された。第2の方法は、くん蒸処理した土壤への新鮮土壤の添加量を増やし、処理土壤中の微生物相の回復を促進させ、土壤の基礎呼吸量を高めてやるという方法である。最終濃度が50%になるように新鮮土壤を添加することにより、処理土壤の培養初期に見られたCO₂発生速度の増加のタイムラグや低い基礎呼吸は解消され、妥当なバイオマス値を測定できることが示された。

土壤中の微生物バイオマスは、様々な種類の微生物により構成されており、生態系の中で異なった機能を有している。従って、バイオマスを構成する微生物の組成を解明することは、土壤中の微生物群集の特徴や機能を把握する上で重要である。本研究では、土壤微生物群集の組成を選択的呼吸阻害法と希釈平板法により分析した。

前者の選択的呼吸阻害法は、菌類または細菌のそれぞれの同化プロセスを阻害する抗生物質を土壤に添加し、無添加区と抗生物質添加区との土壤呼吸量の差より、細菌と菌類のバイオマス比を求めるといものである。焼失後7年目の土壤を用いて選択的呼吸阻害法の最適条件を検討し、細菌と菌類のバイオマス比を求めたところ、この比は32:68となった。この比は直接検鏡法によって測定されたバイオマス比とほぼ一致しており、焼失地の土壤では菌類が優占していることが示された。

後者の希釈平板法は、特定の培地に生育した微生物のコロニーを計数する方法である。火災後3年目の焼失地および非焼失地において、全細菌、放線菌、グラム陰性細菌、細菌孢子、菌類孢子の菌数を測定した。焼失地、非焼失地ともに各種微生物数は表層から深くなるにしたがって減少した。季節変化については、焼失地および非焼失地ともに特に全細菌数で大きな変動が見られ、秋から初冬にかけて増加するという共通のパターンを示した。初冬全細菌数の増加は、リターに含まれる有機物および無機塩類が溶出し、これを微生物が利用し、増殖したためと考えられる。

これまで述べてきた改クロロホルムくん蒸-培養法によって測定された焼失地の土壤微生物バイオマス値と土壤微生物バイオマスを構成する微生物の組成に関する結果をもとに、この地方のアカマツ林において火災が土壤中の微生物群集に及ぼす影響と火災後の二次遷移において土壤微生物群集が果たす役割について論じ、総合考察とした。

火災直後から6年目までの火災後の経過時間に沿って土壤微生物バイオマスを比較したところ、焼失地の土壤微生物バイオマスは火災後の時間の経過に沿った一定の傾向を示さず、非焼失地のそれとほぼ同じか、それよりも高い値を示した。このことは、火災直後から火災後6年目までの期間では、土壤微生物バイオマスは火災や火災後の裸地化の影響を受けず、ある一定のレベル以上の量を常に維持していたことを示しており、この維持の機構について考察を加えた。火災跡地の土壤微生物バイオマスが養分物質のシンクおよびソースとしてどの程度火災後に再生する植物に対して寄与しているのかを評価するため、土壤微生物バイオマスに保持されている養分元素（窒素、リン、カリウム、カルシウム）の量を推定した。このうち、リンとカリウムに関して、焼失地に再生した植物の1年間の吸収量を既存のデータより推定し、土壤微生物バイオマスに保持された量と比較したところ、焼失地の土壤微生物バイオマスは火災後に再生する植物が必要とする量を十分賄うことができる量を保持していることが明らかとなった。以上の結果から、アカマツ林火災跡地の土壤微生物バイオマスは火災後の二次遷移の初期に再生する植物に対して、養分物質のシンクおよびソースとして大きく寄与していることが示され、火災後の土壤微生物バイオマスの量的レベルの維持と

そこに貯えられた養分物質の安定的な放出が火災後の二次遷移の初期に再生する植物の成長を保證しているものと考えられた。