

B-6 陸上生態系における炭素循環機構の解明に関する研究

(3) 暖温帯森林生態系における炭素循環系の定量的解析に関する研究

研究代表者 広島大学総合科学部 中根 周歩

広島大学総合科学部

自然環境研究講座

環境生態学研究室

微生物学研究室

中根周歩・安橋恒明・河野貴宏

堀越孝雄・井上尚子・三島慎一郎

平成2-4年度合計予算額 10,469千円

【要旨】 暖温帯落葉広葉樹林において、土壌炭素のフロー（落葉枝速度、分解速度など）とリザーバー（ A_0 層量、土壌腐植量など）を年間を通して測定し、それら季節変動を把握するとともに、年間量の循環をコンパートメントモデルで解析した。その結果、その循環速度、循環量は暖温帯常緑広葉樹林と冷温帯落葉樹林のほぼ中間の値を示すことが明きらかとなった。また、伐採直後の循環量は大きく低下するが、ただ土壌腐植の分解は土壌温度の上昇によって促進される傾向が見られた。また、伐採前の炭素収支はほぼ均衡していたが、伐採後は大きくマイナスとなり CO_2 のソースとなった。伐採前の成熟した林分の根の呼吸速度は、全土壌呼吸速度の約50%であることが確認された。土壌炭素循環のシミュレーションモデルを構成し、その季節変動、伐採から再生に至る循環、収支動態を予測した。季節変動は他の温帯林でのそれとよく類似していた。伐採から森林再生に至る過程での土壌炭素の循環動態を解析したところは、伐採直後 A_0 層量は急激に減少し、約10年後最小となり、その後回復し、伐採後40～50年でほぼ伐採前の状態にもどった。一方、土壌炭素量は伐採初期にやや増大し、その後30～40年にわたって減少が続き、もとの蓄積量にもどるのは80～100年を要することがわかった。一方、伐採から森林再生過程における炭素収支は、伐採直後大きくマイナスとなるが、伐採後ほぼ11年で収支はプラスへと転換し、約20年で失った炭素を取り戻した。さらに、70～80年後には伐採によって持ち出された材が蓄積していた炭素量をも回復することが推定できた。この温帯林の CO_2 のシンクの可能性とそのシンク量の評価を試みたところ、過去30年間で土壌炭素総量は約8%、すなわち約 $9tC\ ha^{-1}$ の増加となっていることが判明した。同様なことが各種タイプの森林でも予測できたことから、陸上生態系によるグローバルなシンク量を推定したところ、 $57 \times 10^9 tC\ 30y^{-1}$ ($1.9 \times 10^9 tC\ y^{-1}$)となり、ミッシングシンクの約半分を陸上生態系が担っていることが推測された。

【キーワード】 暖温帯落葉広葉樹林、炭素循環、炭素収支、シミュレーション、 CO_2 シンク

1. 序

地球温暖化の主要因である大気中の二酸化炭素濃度の上昇は化石燃料の消費や熱帯林の破壊による放出の約40%に留まっている。残り60%は海洋や温帯、亜寒帯の森林が吸収している可能性が指摘されている。しかし、これらの森林における炭素循環や収支の実態は必ずしも研究も十分明らかにされていない。特に、暖温帯落葉広葉樹林については全く炭素循環に関するデータは蓄積されていない。また、予測される気候の温暖化がこれらの森林生態系における炭素循環にどのような影響を及ぼすかといったフィードバック効果の評価が求められている。

2. 目的

従来、総合的な炭素循環の研究がなされていない暖温帯落葉広葉樹林において、その発達過程における炭素（主に土壌炭素）の循環動態を定量的に解明し、また、その炭素収支を明らかにするとともに、大気中CO₂のシンクとしての評価を数理モデルを用いて定量的に行う。具体的には、暖温帯落葉広葉樹林の成熟林と伐採跡地における炭素循環を、土壌環境要因（温度、湿度）との関連で定量的に把握する。これに、植生の成長過程の解析と合わせて、炭素循環、収支の動態をシミュレーションモデルを構成し予測する。また、以上の解析を進めるにあたって、地下部（根系）の呼吸速度の測定を試み、炭素循環解析の精度を高める。

一方、構成されたモデルを用いてある仮定の下で、暖温帯落葉広葉樹林が果たす大気中CO₂のシンクとしての役割を定量的に評価する。

3. 調査地及び方法

調査地は、広島県吉和村の暖温帯落葉広葉樹林（コナラ林）と隣接するその伐採跡地とした。調査は1990年10月から1993年8月まで行った。

土壌環境要因として、土壌温度、含水率を土壌呼吸測定時に調査した。林床への炭素供給量として、小型落葉枝（ $\phi \leq 1\text{cm}$ ）量を月1回リタートラップで測定し、中・大型落枝（ $1\text{cm} \leq \phi$ ）量は一年間に林床へ落ちた量を測定した。蓄積量として、A₀（落ち葉）層の蓄積量を2ヶ月に一度測定し、土壌炭素量、生根量、細根量を年一回測定した。

分解量として、桐田(1971)²⁾のアルカリ吸収法を用いて、土壌からのCO₂発生量を、A₀層を含めた全土壌呼吸量、及びA₀層を除いた無機土壌呼吸量を月2回測定した。これとは別に、A₀層及び枯死根消失率をリターバッグ法で求めた。以上の調査結果をコンパートメントモデルで解析するとともに、Nakane et al. (1987)⁷⁾の土壌炭素のシミュレーションモデルに基づき、シミュレーションモデルを構成した。その際用いた、植生の成長過程、現存量の推移を調査区周辺の林齢のことなるコナラ林の毎木調査から求めた。

一方、伐採前後における根の呼吸量を測定するためコナラ林と、隣接する伐採跡地にそれぞれ、森林区と伐採区を設定した。その際伐採区の土壌環境要因（温度と含水率）を森林区とほぼ同様に制御するために白色の寒冷紗2〜3枚でおおったボックス（10×5×1.5 m height）を2カ所設置し、これを寒冷紗区A、Bとした。なお、寒冷紗区Aでは、伐採後生き残った根の切り株に除草剤を十分に塗り、生き残った根を枯死させた。これらの各実験区において、1992年6月から1993年8月にかけて毎月二回上旬と下旬に分けて定期的に土壌呼吸量を測定し、かつその時の土壌温度および土壌含水率を測定した。

4. 結果及び考察

(1) 土壌炭素の循環の季節、年変動調査

① 土壌表層温度は、森林区では冬期の積雪下ではほぼ 0°C であったが、融雪後 3~4月に急上昇し、葉の展開後は徐々に上昇し 8月に最高の 23.3°C となり、その後低下した。伐採区は、森林区よりも高温になった。土壌含水率は、森林区では 10~11月を除いて年中高く (A_0 層平均で 225 %)、伐採区ではかなり乾燥した (A_0 層平均で 119 %)。

② 落葉枝の量 (L) は 11、12月に集中しそれぞれ 1.33 tC ha^{-1} 、 0.86 tC ha^{-1} であった。特に落葉の場合 85%を占めた。その後減少し他の月は $0.01\text{--}0.2 \text{ tC ha}^{-1}$ で推移し、中・大型落枝を含め年間量は 3.5 tC ha^{-1} となった。また、1991年 9月の大型台風で大半の葉が落ち、年間小型落枝量も通年の 2倍近い値となった。そこで落葉枝量を補正したところ、照葉樹林の尾根部の 3.5 tC ha^{-1} と同じで、ブナ林の 2.0 tC ha^{-1} より大きかった^{3)・4)}。

③ A_0 層の蓄積量 (M_0) は 森林区で 12月が 6.9 tC ha^{-1} と一番大きかったが春から初秋にかけて、特に夏期に急速に減少した。そして、落葉前の 9月に 3.6 tC ha^{-1} と最低になったが、晩秋の落葉で回復した。年平均蓄積量は 5.8 tC ha^{-1} となった。コナラ林はブナ林よりも暖かいので分解が早く、ブナ林の 7.3 tC ha^{-1} に比べ小さくなり、照葉樹林の尾根部の 5.9 tC ha^{-1} に近い値となった^{3)・4)}。伐採跡地は 2.3 tC ha^{-1} になった。土壌炭素量 (M) は、森林区で 113.1 でブナ林の 140 tC ha^{-1} より小さく、照葉樹林の尾根部の 109 tC ha^{-1} に近い値となった^{3)・4)}。また、伐採跡地では 129.9 tC ha^{-1} であった。細根量 (B_R) は 森林区で 5.7、ブナ林では 4.6、照葉樹林尾根部では

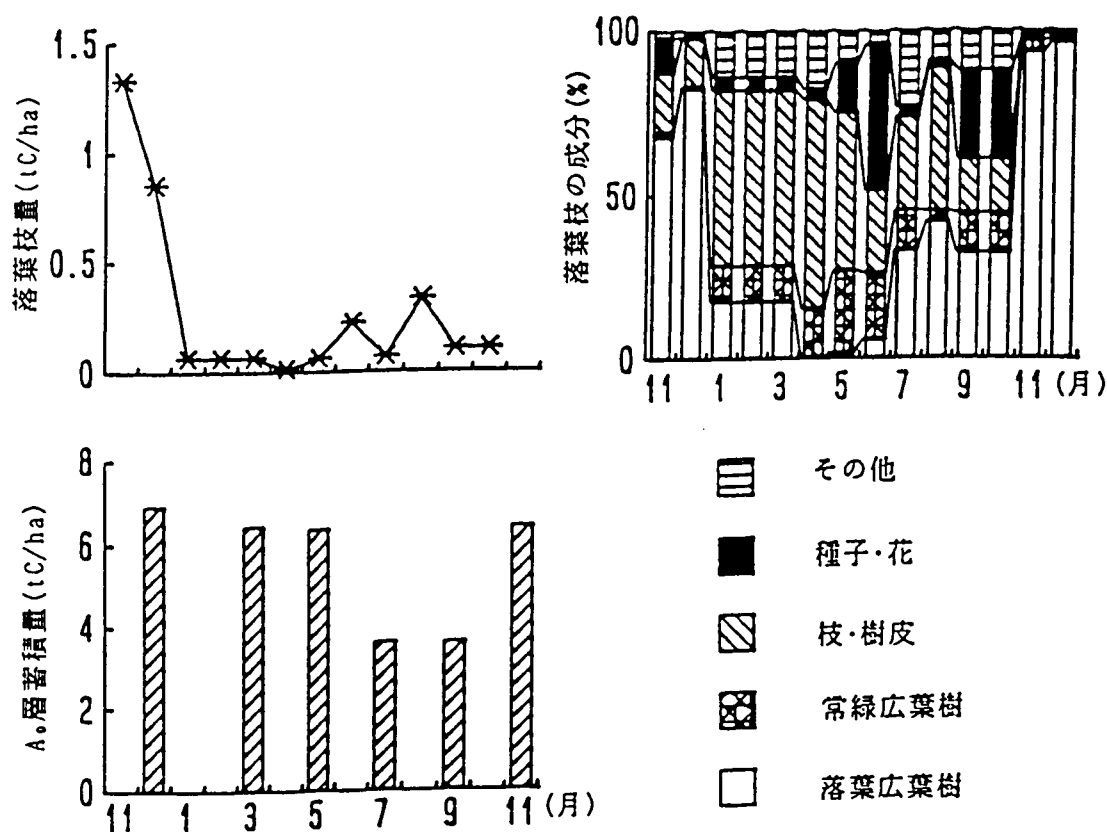


図 1 落葉枝量と A_0 層蓄積量の季節変化、及び落葉枝の成分

6.0 tC ha⁻¹ ^{3), 4)}、伐採区では6.6 tC ha⁻¹となった。以上、図1に示す。

④ 土壌呼吸速度は土壌温度と高い相関がみられ、その指数関数として表現できた。しかし、融雪後の土壌温度急上昇期

よりも、葉が展開した後

の上昇の緩慢期の方が土

壌呼吸速度の増大は著し

く、これは生産開始によ

る根の活性化の影響と思

われた(図2)。年間全

土壌呼吸量(S_R)は、森林

区で9.2となりブナ林の

4.9より大きく、照葉樹

林尾根部の9.9tC ha⁻¹

y⁻¹に近い値となった^{3), 4)}。

伐採区は6.9tC ha⁻¹ y⁻¹

となった。また、全土壌

呼吸量から無機土壌呼吸

量(S_{RM})を引いたA₀層呼

吸量は、森林区で 2.1、ブナ林で1.3、照葉樹林尾根部で2.4 tC ha⁻¹ y⁻¹となり、照葉樹林尾根

部に近い値になった^{3), 4)}。伐採区は 0.63 tC ha⁻¹ y⁻¹となった。リターバック法から求めた森

林区A₀層の消失率($\nu_A + \kappa_A$)は0.58 y⁻¹と、伐採区より大きく、またブナ林の 0.26 y⁻¹よりも大

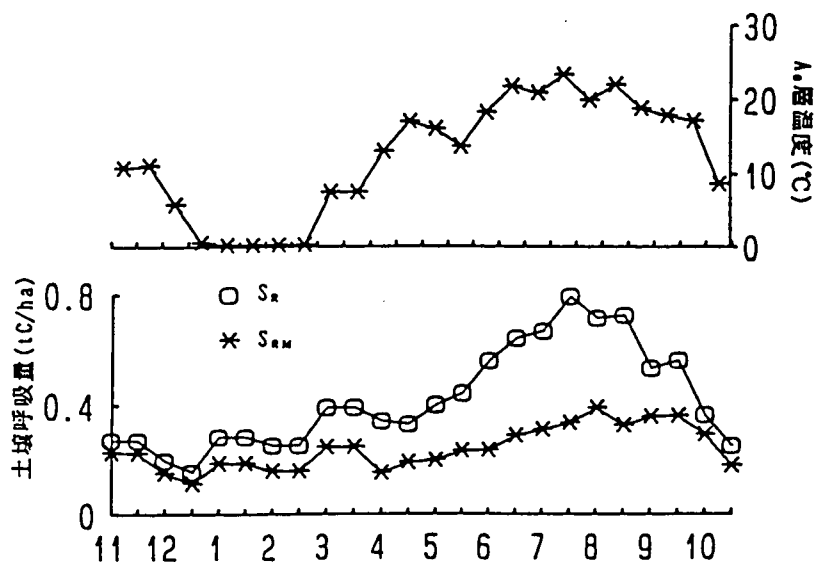


図2 森林区における全土壌呼吸量(S_R)と無機土壌呼吸量(S_{RM})及びA₀層温度の季節変化

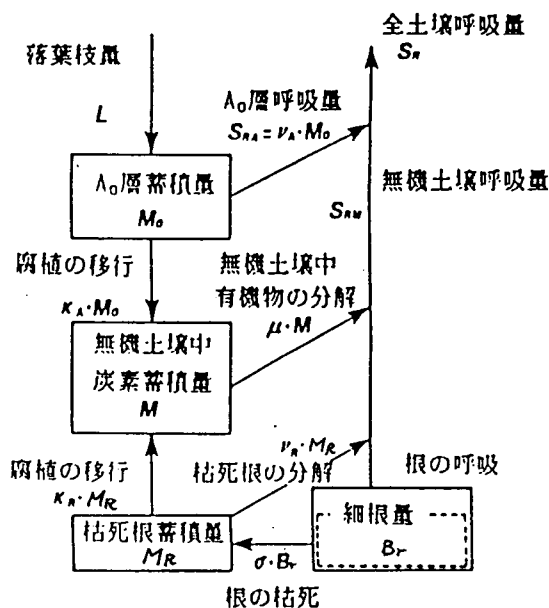


図3 土壌炭素循環のコンパートメントモデル(中根, 1980)

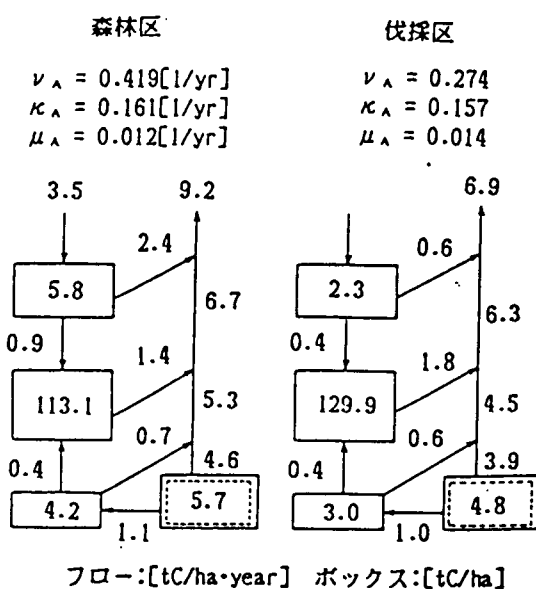


図4 森林区及び伐採区のコンパートメントモデル

きく、照葉樹林尾根部のとはほぼ同程度であった^{2), 3)}。

⑤ 以上の森林区と伐採区の年平均的循環を図3のコンパートメントモデルで解析したのが図4である。伐採区では森林区よりも温度が高いが乾燥のためにA₀層の分解率が0.274と森林区(0.419y⁻¹)よりも低かった。無期土壤中腐植の分解率(μ)については逆に伐採区の方が森林区よりも高かった。枯死根の分解率についても同じ様な傾向がみられた。

一方、このコナラ林(年平均土壌表層温度、12.2)はブナ林(7.1)より暖かく、照葉樹林(13.1℃)よりも寒い位置に分布しているので、有機物の供給、蓄積、分解は両者の中間に位置する事が予想されるが、この調査結果はそれをよく裏付けている。特に斜面の特性上から、活性が低くなった尾根部の照葉樹林の値と比較的近いものであった²⁾。しかし、測定した年が平年より暖かかった事も影響していると思われる。また伐採区は伐採によって相当なダメージを受け、森林本来の機能を果たさず、蓄えられた有機物が大気中へCO₂として放出されている事も分かった。

(2) 根の呼吸速度の測定

森林区とそれに隣接する伐採区の寒冷紗区A、B区における深さ10cm土壌温度と土壌含水率の比較を行ったところ、両要素とも良い相関を示し、かつその相対誤差も小さいという結果が得られ、寒冷紗区における土壌温度と含水率については、寒冷紗を用いることにより森林区とほぼ同程度に制御することができたと判断された。寒冷紗区A、B間についても、土壌環境の有意差はなかった。

このようにして測定された伐採前後の全土壌呼吸量(森林区 8.8 tC ha⁻¹ y⁻¹、寒冷紗区A 5.3 tC ha⁻¹ y⁻¹)の比較からコナラ林(森林区)における根の呼吸量を推定する際に、寒冷紗区Aの全土壌呼吸量について、森林区との土壌環境要因(温度と含水率)の差や伐採によるA₀層量の減少、薬剤により枯死した根の分解により生じたCO₂量等を考慮して補正しなければならない。そこで、各要因毎に考察したところ、土壌環境要因に有意な差はなく、A₀層量の減少分は0.6 tC ha⁻¹ y⁻¹、枯死根の分解によるCO₂発生量は1.0~1.7 tC ha⁻¹ y⁻¹で、これらを総合して根の呼吸量を推定したところ、4.0~4.7 tC ha⁻¹ y⁻¹となり、Nakane et al. (1983)⁶⁾や Behera et al. (1990)¹⁾が指摘しているように、全土壌呼吸量中に占める割合は45~53%となった(表1)。

表1 伐採前後の土壌呼吸から求めた根の呼吸量の推定

森林区の 全土壌呼吸量 (I)	寒冷紗区Aの 全土壌呼吸量 (II)	枯死根の分解 によるCO ₂ 量	伐採により減少した A ₀ 層の分解	補正後の 寒冷紗区Aの 全土壌呼吸量 (III)	根の呼吸量 (I) - (III)
8.8	5.3	- 1.0 ※	+ 0.6	= 4.8	4.0 (45%) *
8.8	5.3	- 1.7 #	+ 0.6	= 4.1	4.7 (53%) *

※：安橋が測定した根の現存量，

#：根の現存量を地上部現存量の20%と仮定

*：伐採以前の全土壌呼吸に占める割合

一方、本調査地で土壌呼吸測定に用いた測定容器単位の呼吸量の差異とその地下部の重みづけ（直径別の呼吸速度を考慮）を行った根量との関係は、一次の直線として良く近似できた。この直線から、全土壌呼吸量中に占める根の呼吸量の推定を行ったところ、30% という結果が得られた。しかしこの推定においては、サンプル数が 8個と少なかったために、幾分過小評価されていると判断した。また、寒冷紗区Bの全土壌呼吸量 ($6.8 \text{ tC ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$) と、補正後の寒冷紗区Aの全土壌呼吸量の差からコナラ林の伐採直後の根の呼吸量を推定したところ、 $2.5 \sim 3.2 \text{ tC ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ となった。これは伐採前の根の呼吸量の約 2/3に相当した。

(3) シミュレーションモデルによる循環、収支動態解析

シミュレーションモデルによる季節変動及び森林発達に伴う循環、収支の動態解析を図3のコンパートメントモデルに基づき、Nakane et al. (1987)⁷⁾ が提出した土壌炭素循環モデルを用いて、コナラ成熟林における循環の季節変動とその経年変化を予測した。

① まず、土壌炭素の循環を表現する以下の連立微分方程式の係数、分解率 (ν, μ) を土壌温度と土壌含水率の関数とし、この土壌温度、含水率を日平均気温と日降水量から経験的に導くことによって、林分の最寄りの気象観測所での日平均気温と日降水量を与えることによって、土壌炭素の動態を日レベルで計算した。その際、落葉枝量 (L)、根の更新率 (σ)、分解率 (ν) と輸送係数 (κ) の比 (δ) は野外での実測値にもとづき推定した値を用いた。

$$dM_0/dt = L - (\nu_A + \kappa_A) M_0 = L - \nu_A (1 + 1/\delta_A) M_0 \quad (1)$$

$$dM_R/dt = \sigma B_r - (\nu_R + \kappa_R) M_R = \sigma B_r - \nu_R (1 + 1/\delta_R) M_R \quad (2)$$

$$dM/dt = \kappa_A M_0 + \kappa_R M_R - \mu M = \nu_A (1/\delta_A) + \nu_R (1/\delta_R) - \mu M \quad (3)$$

ここで、 M_0 、 M_R 、 M は A_0 層量、枯死根量、土壌炭素量で、 B_r は細根量である。

② 1989～1991年の3年間の季節変動の計算結果を示したのが図5である。また、1990年の場合は

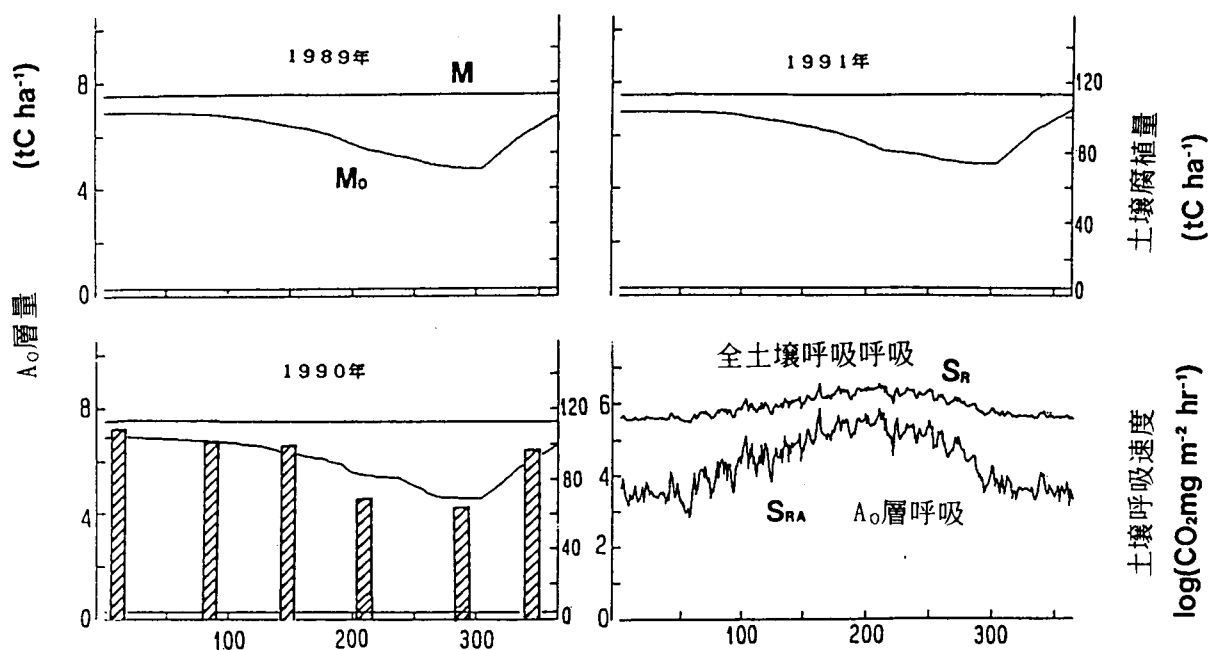


図5 暖温帯落葉広葉樹林における土壌炭素の循環の季節、年変動

実測値と対比してあるが、シミュレーションの結果の信憑性を示唆している。

A_0 層量は春から夏にかけて分解速度の増大に伴って減少するが、秋の落葉で一気に回復し、冬期は供給（落葉）と分解の低下でほぼそのまま安定する、といった傾向が見られる。一方、土壤炭素量は、分解と供給量とともにその蓄積量と比較して小さいので季節変動が見られない。

これらの炭素のリザーバーやフローの季節変動はその年々の気象条件によって、かなりの振幅が生じていることが判明した。

(4) コナラ林の伐採から森林再生にいたる土壤炭素の循環、収支の動態解析

上記のモデルにおいて、伐採から再生に至る土壤炭素の循環、収支の動態解析を、土壤環境要因が伐採直後から伐採以前の状況に、また落葉枝量も植生の再生に応じて回復するとして計算した (Nakane et al. 1987⁷⁾, Nakane 1994⁵⁾)。

その結果、伐採から森林再生に至る過程での土壤炭素の循環動態は、他の森林と基本的に同様なパターンを示した。すなわち、 A_0 層量はリターの供給停止によって急激に減少し、その後植生が再生しリターの供給が再び開始されても、減少を続け約10年後最小となり、その後回復傾向を示し、伐採後40～50年では伐採前の状態にもどる。一方、土壤炭素量は伐採初期は一部の根の枯死による有機物の供給により、やや増大し、その後30～40年にわたって減少が続く。もとの蓄積量にもどるのは80～100年を要するが、変動の幅は10～15 $tC\ ha^{-1}$ でけして大きくはない。それだけに、コナラ林における伐採が土壤炭素量に及ぼす影響は比較的小さいと考えられる。

一方、伐採から森林再生過程における炭素収支は、土壤炭素の総量と植物体中炭素量の和の変動として表現できるが、これを求めたのが図6である。ここでは、伐採直後の材を持ち出した状態を基準に収支が計算されている。

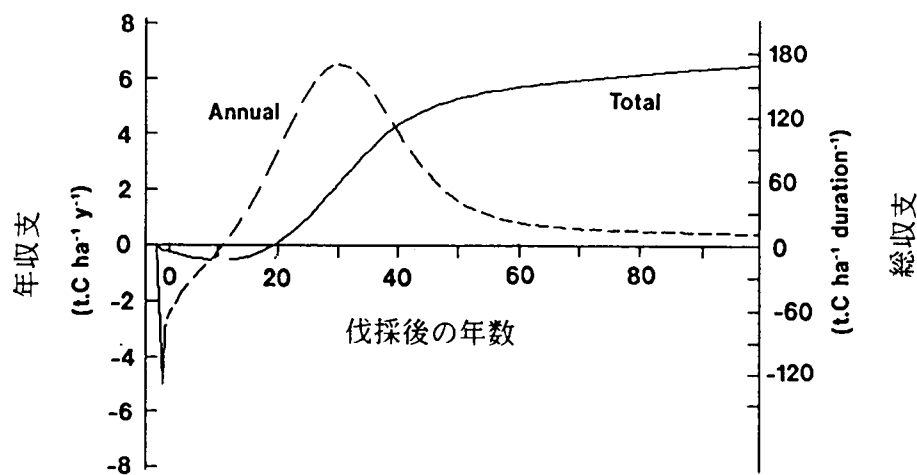


図6 暖温帯落葉広葉樹林の伐採から再生過程における炭素収支

これによれば、伐採直後炭素収支は大きくマイナスとなるが、これは従来土壤に蓄積していた炭素が、植生からの有機物の供給が途絶え、分解によって CO_2 として大気中に一方的に放出するからである。しかし、その後の植生の自然再生にともなって、植生自身による炭素の固定と落葉枝の再供給によって、伐採後ほぼ15年で収支はマイナスからプラスへと転換し、約30年で失った炭素

を取り戻す。さらに、70～80年後には伐採によって持ち出された材が蓄積していた炭素量をも回復する。すなわち、この間持ち出された材が分解や焼失せず、建築資材として保持されていれば、この伐採跡地は材の炭素量の分だけ新たに炭素を取り込んだことになる。少なくとも、元の森林が再生する限り、伐採が大気中に CO_2 の新たな負荷を与えることはない。逆に、大気中に CO_2 負荷を与えないクリーンで、リサイクル可能な生物資源、エネルギー資源として評価できる。以上の森林の再生に伴う炭素収支のパターンは他の温帯林とほぼ同様であった。

(5) 大気中 CO_2 のミッシング・シンクの解明

大気中の CO_2 の大きなシンクが北半球の中緯度にあるとの指摘がなされている⁸⁾が、現在までそれを具体的に確定するには至っていない。そこで、この暖温帯落葉樹林を例に温帯林の CO_2 のシンクの可能性とそのシンク量の評価を試みた。

1960年から1990年までの30年間に大気中の CO_2 濃度は約40ppm上昇した。これは約12%の増加に当たる。これが森林や草地などの陸上生態系の一次純生産力を10%増大させたと仮定する。実際に、ハワイ・マウナロアで観測されている大気中 CO_2 濃度の振幅（季節変動）はこの間約15%増大しており、これがその可能性を裏付けている。

この純生産力の増加に比例して、落葉枝量及び根の更新が30年間で10%増加したとの仮定で、上記の土壌炭素の循環モデルで土壌炭素のリザーバーの動態を計算した結果が図7である。その際、温度はこの間 0.6°C 100y^{-1} 上昇したが、降水量には変化は無いとした。また、計算に先だって、1990年の日平均気温と日降水量を用いて150年間土壌炭素の循環を計算し、リザーバーの収束値を求め、これをもってその初期値とした。

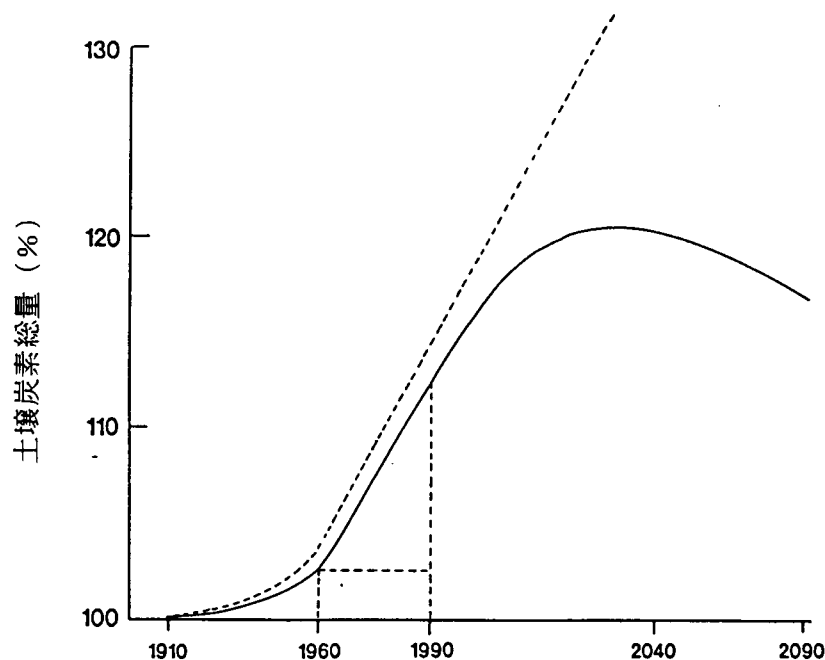


図7 土壌炭素量の変化。
実線はIPPCシナリオのケース。破線は気候変動が生じ無い場合。

図7が示すように、1960年から1990年までの30年間で土壌炭素総量は約8%、すなわち約9 tC ha^{-1} の増加となっている。この新たな土壌炭素の追加は先に述べた森林の発達、再生過程における炭素の取り込み（シンク）に加えて、生態系に蓄積（シンク）された炭素である。

同様な計算を熱帯多雨林、照葉樹（カシ・シイ）林、冷温帯落葉樹（ブナ）林についても行ったところ、気候帯、森林タイプに限らず広葉樹林ならばほぼ一定のシンク量（9.4 tC ha^{-1} 30 y^{-1} ）

となった。また、マツ林などの針葉樹林ではその値は約 $6.5 \text{ tC ha}^{-1} 30\text{y}^{-1}$ となった。一方、草原や疎林のシンク量を広葉樹林の半分とし、以上の生態系の面積を乗じて、全陸上生態系の過去30年間のシンク量を求めたのが、表2である。

これによれば、森林生態系で約 $42 \times 10^9 \text{ tC } 30\text{y}^{-1}$ ($1.4 \times 10^9 \text{ tC y}^{-1}$)、その他で $15 \times 10^9 \text{ tC } 30\text{y}^{-1}$ ($0.5 \times 10^9 \text{ tC y}^{-1}$) で合わせて、 $57 \times 10^9 \text{ tC } 30\text{y}^{-1}$ ($1.9 \times 10^9 \text{ tC y}^{-1}$)となり、ミッシングシンクの約半分以上を陸上生態系がになっていることが推測された。

今後、亜寒帯林、草地生態系や農耕地生態系で同様な研究成果が蓄積されることによってより精度高い推定が可能となろう。

表2 各種森林の面積及び土壌による炭素吸収量(1960-1990)の評価

	面積 (10 ⁶ ha) 小計	平均的吸収量 (tC/ha・30yrs)	総吸収量 (10 ⁹ tC/30yrs)
熱帯多雨林	1. 7 0	9. 4 (6. 5)	42. 11 (1.4x10 ⁹ tC/yr)
熱帯季節林	0. 7 5		
温帯常緑林	0. 5 0		
温帯落葉林	0. 7 0		
亜寒帯林	1. 2 0		
疎林・低木林	0. 8 0	4. 7	15. 04 (0.5x10 ⁹ tC/yr)
熱帯・亜熱帯草原	1. 5 0		
温帯草原	0. 9 0		
小計			1.91x10 ⁹ tC/yr
農耕地	1. 4 0		

*面積: Whittaker & Likens(1973)による。

5. まとめ及び成果

暖温帯落葉広葉樹林において、土壌炭素のフロー（落葉枝速度、分解速度など）とリザーバー（ A_0 層量、土壌腐植量など）を年間を通して測定し、それら季節変動を把握するとともに、年間量の循環をコンパートメントモデルで解析した。その結果、その循環速度、循環量は暖温帯常緑広葉樹林と冷温帯落葉樹林のほぼ中間の値を示すことが明きらかとなった。また、伐採直後の循環量は大きく低下するが、ただ土壌腐植の分解は土壌温度の上昇によって促進される傾向が見られた。また、伐採前の炭素収支はほぼ均衡していたが、伐採後は大きくマイナスとなり CO_2 のソースとなった。

一方、伐採前の成熟した林分の根の呼吸速度は、全土壌呼吸速度の約50%であることが確認された。また、伐採直後の根の呼吸速度は、伐採前のほぼ2/3であることが今回はじめて明きらかとなった。

以上の実測されたデータに基づき、土壌炭素循環のシミュレーションモデルを構成し、その季節変動、伐採から再生に至る循環、収支動態を予測した。季節変動は他の温帯林でのそれとよく類似していた。しかし、炭素のリザーバーやフローの季節変動はその年々の気象条件によって、かなりの振幅が生じていることが判明した。

伐採から森林再生に至る過程での土壌炭素の循環動態は、 A_0 層量はリターの供給停止によって急激に減少し、その後植生が再生しリターの供給が再び開始されても、減少を続け約10年後最小となり、その後回復傾向を示し、伐採後40～50年では伐採前の状態にもどる。一方、土壌炭素

量は伐採初期は一部の根の枯死による有機物の供給により、やや増大し、その後30～40年にわたって減少が続く。もとの蓄積量にもどるのは80～100年を要することが予測できた。

一方、伐採から森林再生過程における炭素収支は、土壌炭素の総量と植物体中炭素量の和の変動として表現できるが、伐採直後炭素収支は大きくマイナスとなるが、伐採後ほぼ11年で収支はマイナスからプラスへと転換し、約20年で失った炭素を取り戻す。さらに、70～80年後には伐採によって持ち出された材が蓄積していた炭素量をも回復することが予測できた。

今回調査対象とした暖温帯落葉樹林を例に温帯林のCO₂のシンクの可能性とそのシンク量の評価を試みた。1960年から1990年までの30年間の大気中CO₂濃度の上昇が陸上生態系の一次純生産力を10%増大させたと仮定して、上記の土壌炭素の循環モデルで土壌炭素収支を計算したところ30年間で土壌炭素総量は約8%、すなわち約9tC ha⁻¹の増加となっていることが判明した。これが各種タイプの森林でも予測できたことから、陸上生態系によるグローバルなシンク量を推定したところ、57x10⁹tC 30y⁻¹ (1.9x10⁹tC y⁻¹)となり、ミッシングシンクの約半分を陸上生態系がになっていることが推測された。

5. 引用文献

- 1) Behera, N., Joshi, S.K. and Pati, D.P. 1990. Root contribution to total soil metabolism in atropical forest soil from Orissa, India. *For. Ecol. Manage.*, 36:125-134.
- 2) 桐田博充. 1971. 野外における土壌呼吸法の測定－密閉吸収法の検討 IV. スポンジを利用した密閉吸収法の開発. *日生態会誌* 21:119-127.
- 3) 中根周歩. 1975. 森林斜面における土壌有機物のダイナミックス. *日生態会誌*, 25:206-216.
- 4) 中根周歩. 1978. 大台が原ブナ-ウラジロモミ林における土壌有機物のダイナミックスとその季節変動. *日生態会誌*, 28:335-346.
- 5) Nakane, K. 1994. Modelling soil carbon cycle. *Ecological Bulletines*, 43 (in press).
- 6) Nakane, K. Yamamoto, M. and Tsubota H. 1983. Estimation of root respiration in a mature forest ecosystem. *Jpn. J. Ecol.*, 33:169-181.
- 7) Nakane, K., Yamamoto, M. and Tsubota, H. 1987. Simulation of soil carbon cycling following clear cutting in a Japanese red pine forest. *J. Jpn. For. Soc.*, 69:417-426.
- 8) Tans, P.P., Fung, I.Y. and Takahashi, T. 1990. Observation constraints on the global atmospheric CO₂ budget. *Science*, 247:1431-1438.

研究成果

安橋衡恒明・中根周歩・高橋史樹・坪田博行. 1992. 暖温帯林落葉広葉樹林における土壌炭素循環 (1) 諸量の季節変動とその解析. 日本生態学会第40回大会講演要旨集.

Nakane, K. 1993. Feedback effect of global warming on soil carbon cycling in forest ecosystems. *Proceeding of IGBP Symposium*, p502-511.

河野貴宏・中根周歩・堀越孝雄. 1993. 暖温帯落葉広葉樹林における根の呼吸量の推定. 日本生態学会第41回大会講演要旨集.

Nakane, K. 1994. Modelling soil carbon cycle. *Ecological Bulletines*, 43 (in press).