

B-1 地球温暖化に係わる二酸化炭素・炭素循環に関する研究

(7) 土壌生態系における微生物群集をめぐる炭素循環の定量的解析

① 温帯域における土壌圏微生物群集をめぐる炭素循環の定量的解析

研究代表者 国立環境研究所生物圏環境部環境微生物研究室 広木幹也

環境庁 国立環境研究所

生物圏環境部 環境微生物研究室 広木幹也・渡辺 信

平成5-7年度合計予算額 14,101千円
(平成7年度予算額 4,705千円)

〔要旨〕 土壌中の有機物分解活性の変動とその要因について野外で解析するために、土壌からの二酸化炭素(CO₂)発生量を簡便かつ正確に測定し得るシステムを開発する必要がある。本研究において小型軽量の携帯型赤外線式CO₂濃度測定器を用いたCO₂発生量測定システムを検討した結果、一定流量で通気したチャンバー内のCO₂濃度変化からCO₂発生速度を求めることができた。

福島県南会津郡南郷村、伝上山中腹(落葉広葉樹林、凝灰岩を母材とした褐色森林土壌)の尾根上から沢に向けて4地点(S1~4)において、土壌表面からのCO₂発生速度を測定し、各地点の0~30または40cm層までの土壌を3層位に分けて採取、室内(22℃)で培養し、CO₂生成速度、土壌中の炭素含量、窒素含量および微生物バイオマスの関係を解析した。比較的平坦な落葉広葉樹林内の5地点(M1~5)で土壌表面からのCO₂発生量およびリター分解量を経時的に調べ、リターおよび表層土壌を室内で培養し、CO₂生成速度、土壌中の炭素・窒素含量および微生物バイオマスの関係を解析した。M1~5のリターフォールは485 gm⁻²y⁻¹であり、これらのリターは6~11月の間に31%分解した。夏季のCO₂発生量(33~220 mgCm⁻²h⁻¹)と土壌水分含量との間に負の相関関係が認められた。室内培養実験では、リター(51~83 mgC/kg/hr)および表層10cm以内の土壌(0.3~4.4 mgCkg⁻¹h⁻¹)からはCO₂の発生が認められたが、それ以下の層(0.2 mgC kg⁻¹h⁻¹以下)ではCO₂発生はわずかであった。S1~4の土壌からのCO₂発生速度は微生物バイオマスとの間に相関が高く、また、微生物バイオマスおよびCO₂発生速度は土壌中の炭素含量よりも窒素含量と相関が高かった。微生物バイオマス当たりの呼吸活性はリター(6.8mgCgC⁻¹h⁻¹)よりも土壌中(1.1mgCgC⁻¹h⁻¹)の方が高かった。野外での実測値と室内培養実験における層位ごとのCO₂発生速度から、土壌中の微生物によるCO₂の生成は大部分がリター層および表層10cm以内の土壌において行なわれていると推察された。

〔キーワード〕 土壌呼吸、土壌有機物、二酸化炭素、バイオマス、微生物

1. 序

温室効果気体の濃度変化およびその変動機構を予測するには、二酸化炭素 (CO_2)、メタン等の主要な温室効果気体の構成元素である炭素の大気、海洋、土壌および生物圏での動態を明らかにする必要がある。このうち、陸上生態系において土壌有機物および植物体等の形で存在する炭素は大気中に存在する炭素の3倍に達すると言われ¹⁾、植物により固定された大気中の CO_2 は、その大部分が、植物体の枯死した後、最終的には土壌中で微生物により分解され、大気圏へ戻る。温帯域の安定な生態系では通常、植物による大気中の CO_2 の固定量と土壌中の有機物の分解量のバランスが保たれていたと考えられる。しかしながら、気候変動あるいは人為的な攪乱により、植物による CO_2 の固定量および土壌中での有機物の分解量が変動し、植物による生産量が土壌中での有機物の分解量を上回ると土壌中の有機炭素の蓄積量は増加し、また、分解量が生産量を上回ると、土壌中に蓄積されていた有機炭素は減少し、 CO_2 あるいはメタンとして大気中に放出される。一方、土壌中での有機物分解は土壌からの CO_2 の放出速度などで測られてきたが、場所的変動が大きく、また、温度や水分条件にも大きく依存する事が知られている²⁾。これは土壌有機物の分解を担う土壌微生物群の土壌中での存在量と活性が偏在し、その変動が大きいためであると考えられる。そのため、土壌中に蓄積されている有機物量の変動とその機構を明らかにしていく上で、土壌に供給される植物遺体あるいは土壌に蓄積された有機物の土壌中での分解に係わっている微生物量およびその分解活性とそれらに影響を及ぼす環境要因との関係を明らかにする事は、主要な温室効果気体である CO_2 の動態を明らかにするために重要である。本章では主として、温帯域の森林土壌における有機物分解活性の変動とその変動要因について土壌微生物群集および環境条件との係わりにおいて明らかにする事を目的とし、以下の研究を行った。1) 実験設備のない自然状態の森林において土壌からの CO_2 発生量を簡便かつ正確に測定するためのシステムの検討、2) 野外において土壌からの CO_2 発生速度および土壌中の炭素量、微生物量などを実測し、 CO_2 発生量とその変動要因を明らかにする、3) 野外より採取した試料を室内培養実験することにより微生物バイオマスの呼吸活性を明らかにする。

2. 土壌からの CO_2 発生量の測定法の検討^{3,4)}

土壌からの CO_2 発生量はアルカリ吸収法、密閉チャンバー法、あるいは通気法などいくつかの方法で測定されてきた。このうち、通気法は、自然状態に近い条件での CO_2 発生量を求めることができる点で他の方法より有利であると考えられるが、一般に通気法で CO_2 発生量を精度良く測定するには測定システムは大形となり、施設の整った実験ほ場等で測定を行なう場合は別として、森林や原野での測定は装置の重量や電源供給の制約のため、困難である場合が多く、より広範な地域、地点において測定する事が求められている。そのためには、軽量で、電源等の制約を受けずに任意の地点で短い時間で測定が可能な CO_2 発生量測定システムが必要であり、この様なシステムとして携帯型の光合成測定装置を利用して土壌からの CO_2 発生量を短時間で簡便に測定する方法を検討した。

2.1 装置、方法

土壤に被せた底面積 a 、高さ h のチャンバーに一定の流量 F で CO_2 濃度 Co の外気を流し込んだ時、土壤からの CO_2 の発生速度を V 、チャンバー内の CO_2 濃度を C 、実験開始時のチャンバー内の CO_2 濃度を Ci とすると、チャンバーの内部の CO_2 濃度 C の変化は時間 t に対して指数関数を含む式

$$C - \text{Co} = (aV/F) + (\text{Ci} - \text{Co} - aV/F) \exp((-F/ah)t)$$

のように表される。即ち、経時的にチャンバー内部の CO_2 の濃度を測定し、これを式($C - \text{Co} = k_1 + k_2 \exp(k_3 t)$)で近似すると、近似式の係数 k_1 から CO_2 発生速度($V = k_1 F/a$)が求められる。実際の測定においては、赤外線式 CO_2 濃度測定器、マスフローメーター、定流量ポンプ、データロガーなどを本体内に内蔵した携帯型光合成測定装置(島津製作所SPB-H3型、総重量約6.6kg)をベースとして、土壤表面に被せた円筒形のチャンバー(内径10.7 cm、高さ5 cm、底面積89.87 cm^2)に一定量(120-400ml/min)の通気を行ない、チャンバー内外の CO_2 濃度の差を30秒おきに測定した。

2.2 土壤間のバラツキについて

茨城県つくば市内の松林の林床の2 m以上離れた5地点において CO_2 発生量を各地点毎に2回繰り返し測定し、繰り返し誤差および地点間の変動を調べた。その結果、5地点の平均で CO_2 発生速度は256mgC/ m^2hr 、変動係数は13.8%であった。同一地点における2回の繰り返し測定の間差は0.3~26mgC/ m^2hr であり、同一地点での繰り返し測定のバラツキは地点間の変動に比較して十分小さかった。

2.3 通気量の影響について

松林林床の同一地点において、チャンバーの通気量を変えて(200ml/minおよび400ml/min) CO_2 発生速度を測定し、通気量の影響を調べた。その結果、チャンバーに200ml/min通気した時の方が400ml/minの通気を行なった時よりも9ないし13%高い値を示した。 CO_2 濃度の測定のためにチャンバーから100ml/minを採気されるために、チャンバー内に200ないし400 ml/minの外気を送り込んだ時はそれぞれ、100ないし300ml/minの空気がチャンバーから外へ排出される。本法ではチャンバーは土壤表面に置くだけであり、土壤とチャンバーの隙間からも排気されると思われるが、チャンバーから土壤へ若干のマスフローが生じて、発生量は低く見積もられたのかもしれない。マスフローと CO_2 発生速度の減少量が比例すると仮定したならば、チャンバーに200ml/minの通気を行った時の CO_2 発生速度はマスフローによって4~6%低く見積もられていると推測される。

この様に、本測定システムでは、チャンバーへの通気流量の増加と共に CO_2 発生量はやや低下する傾向にあった。しかし、チャンバーへの通気量を200ml/minとした時、低下量は数%程度であると推定され、本測定システムは任意の場所で測定地点の制約を受けずに土壤からの CO_2 発生速度を短時間で容易に測定できる点で有効であった。

3. 落葉広葉樹林土壌からのCO₂発生量の変動とその変動要因⁵⁾

温帯域の森林土壌におけるCO₂発生量の変動とその変動要因について土壌微生物群集および環境条件との係わりにおいて明らかにするため、土壌中の有機物量、微生物量などを測定し、土壌からのCO₂発生速度に影響を及ぼす要因を解析した。

1994年には森林土壌A層における有機物の蓄積状況と土壌呼吸量との関係を調べる目的で土壌中の有機物蓄積状況の異なる4地点において調査および実験を行った。1995年は土壌へのリターの供給量と分解速度、土壌呼吸量に影響を及ぼす要因および有機物の分解過程における微生物バイオマスの変化をあきらかにすることなどを目的とし、落葉広葉樹林内に設定した調査区で、リターフォール、リター分解率、土壌呼吸量および微生物数などの季節変動を測定した。

3.1 方法

3.1.1 野外調査

調査を行った福島県南会津郡南郷村、伝上山（標高1,000m；図1）一帯は年間の平均気温は約10度、冬季には数十cmの積雪に覆われる落葉広葉樹林で、凝灰岩を母材とした褐色森林土壌である。1994年は伝上山西側の、緩やかな尾根上から沢に向けて4ヵ所（S1～4）において調査を行なった（表1）。

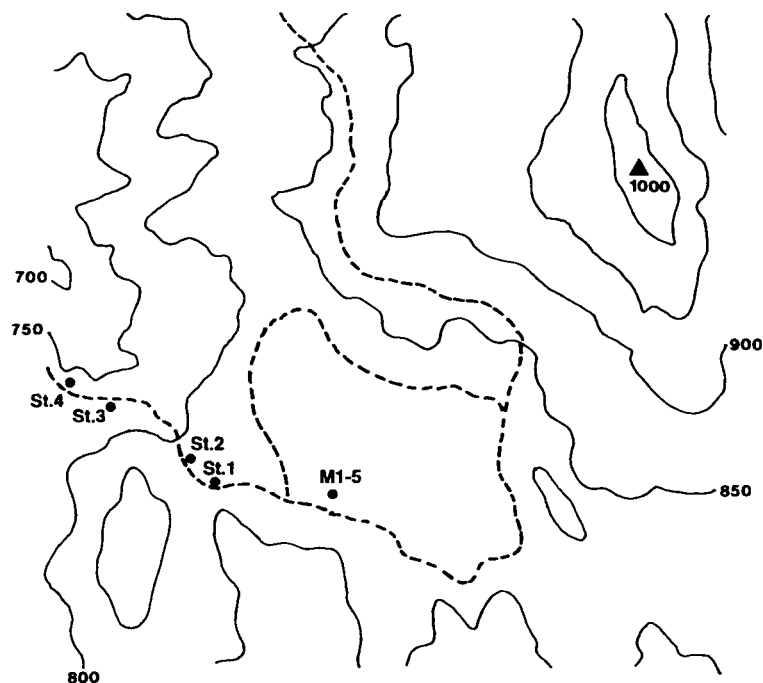


図1 調査地域概要

表1 調査地点の概要（1994年）

	標高	地形	傾斜	地温（5cm）	植生
S1	840m	緩い尾根上	6°	21.0℃	コナラ、リョウブ、ヤマウルシ、ササ
S2	820m	尾根下の斜面	19	21.6	コナラ、リョウブ、ヤマウルシ、ササ（少ない）
S3	785m	斜面	30	20.9	コナラ、クロモジ、ヤマウルシ
S4	770m	斜面	22	19.5	コナラ、ヤマウルシ、コシアブラ、ホノキ、サクラsp.、クロモジ、イタヤカエデ

S1およびS2では、ほぼ原型をとどめるリター（L層）の下に、細かく砕けたリター層（FH層）が認められたが、S3およびS4ではL層のみで、FH層は明確には認められなかった。1994年8月に、リター層表面からおよびリター層を取除いた土壌表面からのCO₂発生速度を前節で記した方法で測定した。各層位のリター層より下位の土壌（0～30または40cm層まで）を土色によって3層位に分け、各土層中央から容量100mlのステンレスコアを用いて土壌試料を採取し、土壌三相計を用いて仮比重を測定した。各層位の土壌の土色および理化学的性質を表2に示した。S1およびS2ではリター層の下10または12cmまでは黒色または黒褐色の土層が見られたが、それ以深は30cm以深まで暗褐色の土層が続いた。S3ではリター層の下20cmまでは黒褐色の土層であったが、それ以深では35cm以下まで黒色の土層が見られた。また、S4では黒褐色の土層はリター層の下4cmまでで、それ以深はS3の下層に見られたのと同様の黒色の土層が見られた。

土壌中の炭素含量はS1では6cm層までは17.9%であったが、それ以下の層では炭素含量は急激に減少していた。S2においても5cm層までは15.9%の炭素が含まれていたが、5cm以下の層では炭素含量は6%以下であった。一方、S3では8cm層まで炭素含量は10.5%あったのに対し、8～19cm層では5.8%に減少したものの、19cm以下の層では再び炭素含量は高く、17%に達した。また、S4では0～4cm層までは28.8%と高い炭素含量を示し、それ以深の層でも20cmまでは16.7%の炭素含量を示した。また、20～45cm層でも10.1%の炭素が含まれていた。

窒素含量は0.16～1.5%の間で変動したが、炭素含量との比（C/N）はS3の19～34cm層が31.8、S4の20～45cm層が25.0と高かったことを除くと、各土壌とも19.6～23.0で大きな差はなかった。

これら各地点、各層位から土壌試料をビニール袋に入れて採取し、室内培養実験に用いた。

1995年には伝上山南側の宮床湿原西側、落葉広葉樹林内に20m x 40mの調査区を設定した（図2）。調査区でのリターフォール（485 g/m² yr、C含量 46%）による土壌への炭素の供給量は約 223 g/m² yrであった。リターの約50%をコナラ、27%をミズナラの落葉が占めていた。

調査区内に10m間隔で設けた5地点（M1、M2、M3、M4、M5）で1995年6月、9月、10月および11月に調査を行い、リターバックに入れたリターの分解率、土壌呼吸量（通気法）を測定した。各地点でA0層およびA層の土壌を採取し、微生物量（平板法による細菌数、糸状菌数、直接検鏡法による菌糸長）、炭素、窒素含量などを測定した。調査期間中（6-11月）の平均地温（0-20cm）は14℃で、7月下旬から8月上旬に最も高く、表層の温度は21℃（日平均）に達したが、11月の下旬には降雪した。土壌含水率はM2で低くM5で高い傾向にあった。また、土壌含水率は6、11月には高く、9月には低かった。

表2 各調査地点の層位、土色および理化学性

St.	層位(cm)	土色	W.C.	pH(H ₂ O)	C(%)	N(%)	C/N
S1	1	0-6 黒褐色 (7.5YR2/2)	0.60	4.77	17.9	0.82	21.8
	2	6-12 黒褐色 (7.5YR3/2)	0.58	5.06	9.5	0.46	20.7
	3	12-30 暗褐色 (7.5YR3/3)	0.60	5.08	5.8	0.29	19.6
S2	1	0-5 黒色 (7.5YR2/1)	0.54	4.72	15.9	0.74	21.5
	2	5-12 黒褐色 (7.5YR2/2)	0.42	5.16	6.2	0.28	22.3
	3	12-30 暗褐色 (7.5YR3/3)	0.43	5.10	3.7	0.16	23.0
S3	1	0-8 黒褐色 (7.5YR2/2)	0.51	5.23	10.5	0.49	21.6
	2	8-19 黒褐色 (7.5YR3/2)	0.42	5.02	5.8	0.27	21.5
	3	19-34 黒色 (7.5YR1.7/1)	0.69	4.84	17.0	0.54	31.8
S4	1	0-4 黒褐色 (7.5YR2/2)	0.57	4.42	28.8	1.50	19.2
	2	4-20 黒色 (7.5YR1.7/1)	0.55	3.62	16.7	0.83	20.0
	3	20-45 黒色 (7.5YR1.7/1)	0.50	4.42	10.1	0.40	25.0

3.1.2 室内培養実験

S1 - 4 各地点の3層位から採取された土壌を2mmの篩を通して礫や植物体を除いた後、その50~100g乾土相当量を、50 x 70 x 100 mmのプラスチックケースに入れ、室内(22℃)で培養した。培養に当たっては、土壌水分状態を採取時のままとした。培養容器の2ヵ所に穴を明け、その一方から湿潤空気を送り込み、常に新鮮な空気に晒すと共に土壌の乾燥を抑えた。1~2週間前培養し、土壌からのCO₂発生速度がほぼ安定した後、土壌からのCO₂発生速度および土壌微生物バイオマスを測定した。土壌からのCO₂発生速度は土壌表面からのCO₂発生速度の測定に準じ、円筒形の測定用チャンバーに代えて培養容器を接続し、容器内のCO₂濃度の変化から発生速度を算出した。微生物バイオマスはクロロホルムくん蒸抽出法⁶⁾により測定し、抽出効率を2.04として算出した。

1995年6月に採取したM1 - 5 各地点のA0層の試料から明確な形体を保っているリターを目視で分離し(未分解リター)、リターを分離した残りのA0層(分解の進んだリター)および2mmのふるいを通したA層の土壌をそれぞれプラスチックのケースに入れ、室内(22℃)で培養し、呼吸量および微生物バイオマス量を測定した。また、9、10、11月に回収したリターバックをプラスチックケースに入れて室内で培養し、呼吸量および炭素、窒素含量などを測定した。

3.2 結果および考察

3.2.1 CO₂発生量の地点間差

土壌表面からのCO₂発生速度は数10cm離れた場所の間でも大きな差が見られたが、1994年の調査では尾根上および沢ぞいにおいて小さい傾向にあった。また、リター層上において測定したCO₂発生速度(70~240 mgC/m²/h)よりもリターを排除して測定したCO₂発生速度(160~360 mgC/m²/h)の方が大きい傾向にあった(表3)。これは、土壌中に蓄積されていたCO₂がリターを排除する事により一時的に放出されるためと思われる。このため、1995年はリター上

からCO₂発生量を測定した。その結果、M1 - 5 の5地点の土壌呼吸量は 63.2 mgC/m²hr（6、9、10、11月の4回の調査の平均）で、各時期ともM2において他の4地点より高かった。夏季（6月および9月）は、土壌中の水分含量と土壌呼吸量の間を負の相関関係（5%有意）が認められ、含水率の上昇が土壌呼吸量を抑制していると思われた（図2）。

表3. リター層表面およびリターを排除した土壌表面からのCO₂発生速度

	リター層表面	リターを排除した土壌表面
S1	84 - 160 mgCm ⁻² h ⁻¹	192 - 208 mgCm ⁻² h ⁻¹
S2	150 - 240	166 - 360
S3	106 - 150	190 - 220
S4	71 - 91	160 - 190

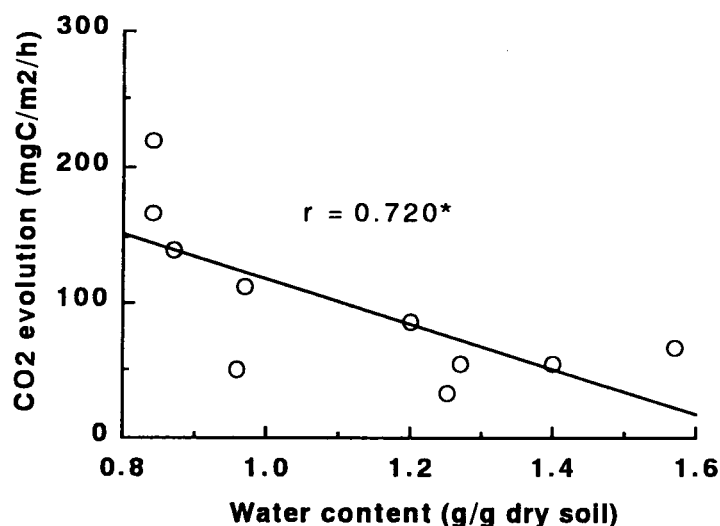


図2 土壌中の水分含量と土壌呼吸量の関係（夏季）

3.2.2 リター分解および微生物数の季節変動

1995年6月に M1 - 5 では平均621 g/m²（264 gC/m²）のリターが蓄積しており、これは年間のリターフォールの1.28倍の量であった。これらのリターはリターバック中で6月から11月の間（166日間）に乾燥重量で31%減少した。

実験を開始時（0日目）のリターバックの重量を1とした時のリターバックの分解率は式

$$\text{分解率} = 1 + 0.374 * (\exp(-0.0115 * \text{日数}) - 1)$$

でよく近似でき（図3）、この分解式から求めた比分解速度（0日目、75 mgC/kg hr、96日目、25 mgC/kg hr、142日目、14 mgC/kg hr）は、リターの分解が進むに連れて低下した。

土壌呼吸量は9月に最も高く（51-220 mgC/m²hr）、11月には低かった（0.75-25 mgC/m²hr）

(図4)。6月より9月の方が呼吸量が高かったのは、9月の方が土壌含水率が低く(図5)、通気性が高くなったためと思われる。一方、11月に呼吸量が低下したのは温度の低下によるものと思われるが、温度と呼吸量の関係は、明確には求められなかった。

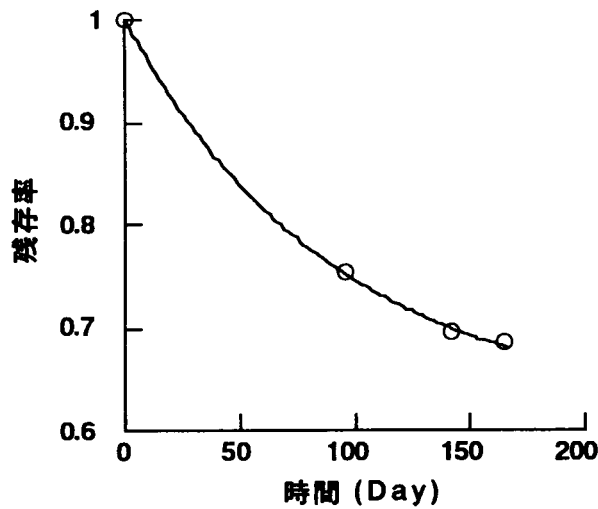


図3 リター分解率の経時変化

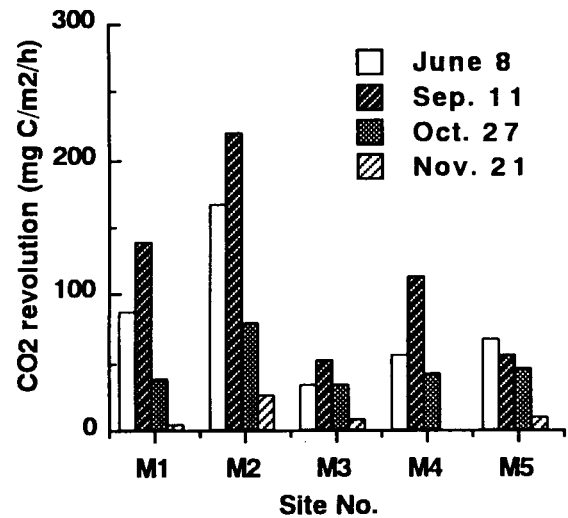


図4 土壌呼吸量の季節変化

A層土壌中の微生物は、細菌数は6月に高く9、10月に低く、水分の変動に対応した季節変動をした。しかし、地点間では、含水率の高かったM5でむしろ微生物数は低い傾向にあるなど、水分含量と逆の関係が認められた。一方、菌糸長と水分量との間には正の相関関係(1%有意)が認められた(図6)。これらA層での細菌数、糸状菌数および菌糸長さとの間に有意な相関関係は認められなかった。

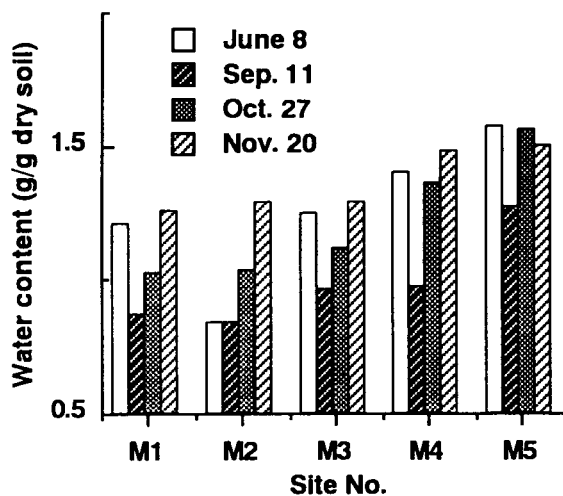


図5 含水率の変動

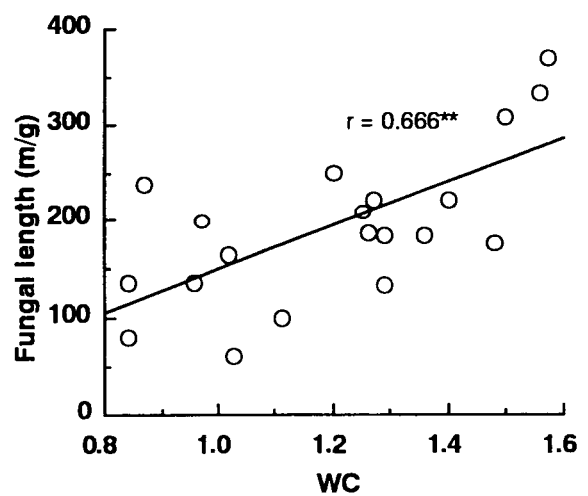


図6 水分含量と菌糸長さの関係

3.2.3 土壌の各層位の呼吸活性

S1 - 4 の A 層の各層位から採取した土壌を室内で培養した時のCO₂発生速度を図7に示した。S1~3の第1層からのCO₂発生速度（1.2~2.0 mgC/kg/h）に比較して第2層以下からの発生速度は非常に小さかった（<0.2 mgC/kg/h）。S4では第2層までCO₂の発生が認められた（>2.1 mgC/kg/h）が、第3層では殆ど

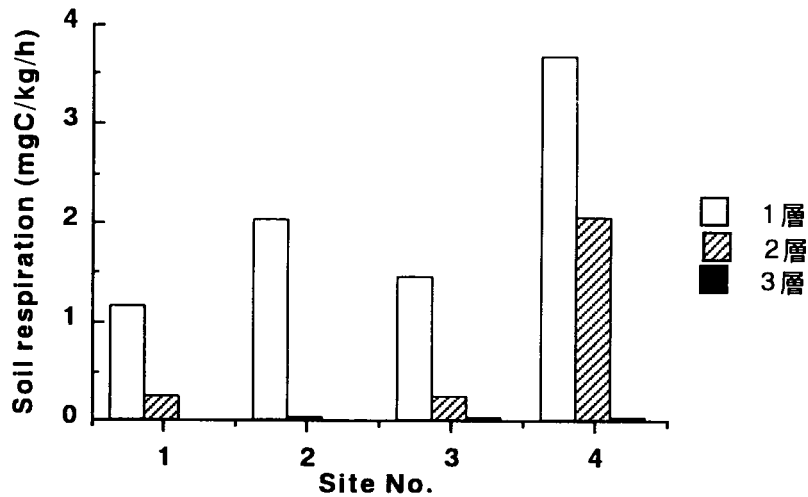


図7. 各層位の土壌からの二酸化炭素発生速度（室内培養実験）

発生が認められなかった。各土壌からのCO₂発生速度は同時に測定した微生物バイオマスとの間に相関が高かった（図8）。また、土壌微生物バイオマスおよびCO₂発生速度は土壌中の炭素含量よりも窒素含量との相関が高かった（図9）。

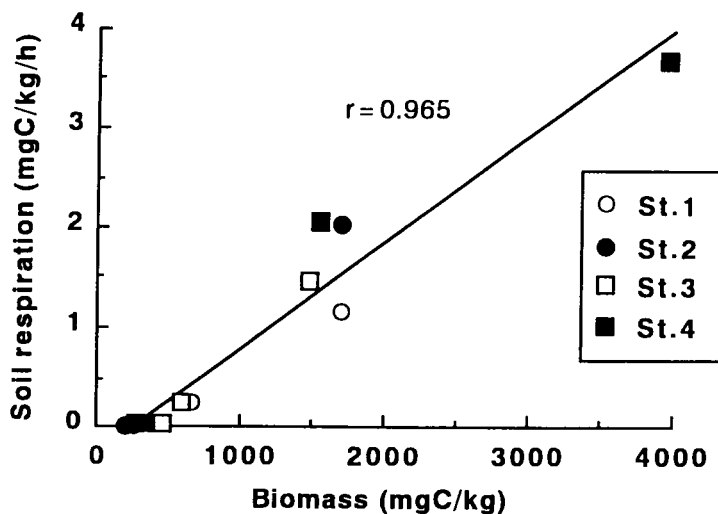


図8 土壌中の微生物バイオマスと土壌呼吸量の関係（室内培養実験）

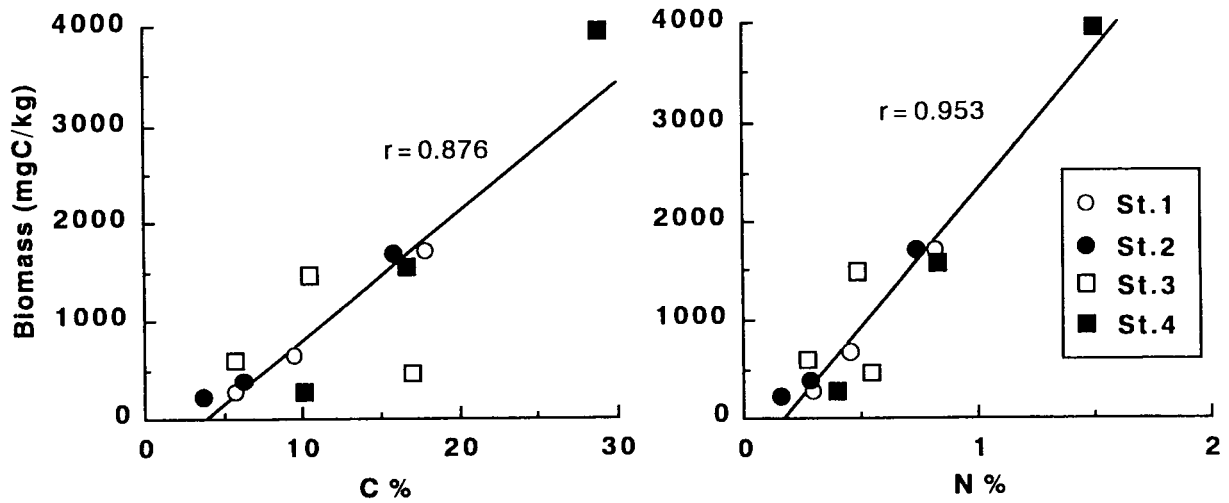


図9 土壤中の炭素および窒素含量と微生物バイオマスの関係（室内培養実験）

M1 - 5 で採取したリター及び土壌を室内で培養した結果、未分解リターの呼吸量が高く、分解の進んだリター、A層土壌の順で下層の分解が進んだもの程、呼吸速度は低下していた(図10)。

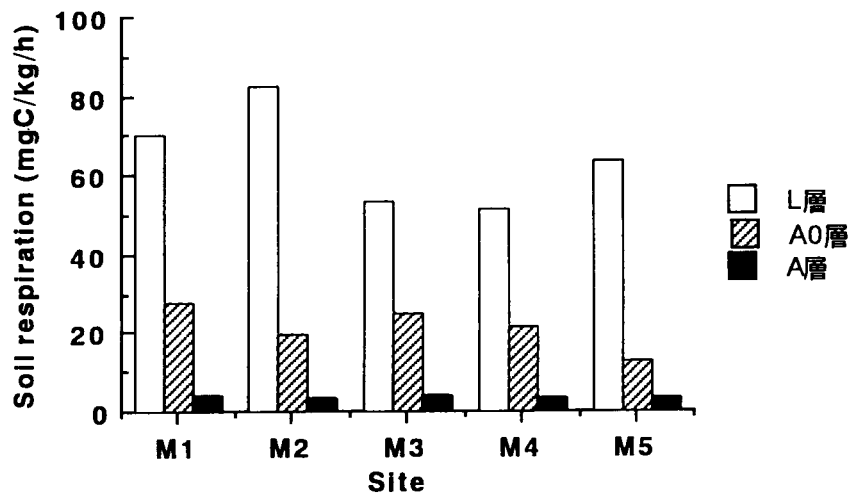


図10. 各層位の土壌からの二酸化炭素発生速度（室内培養実験）

この様な、室内培養実験における層位ごとのCO₂発生量を積算した値と野外での土壌表面からのCO₂発生量の実測値を比較すると、S1~3では野外での実測値は室内実験の積算値の数倍となったが、S4では野外実測値の方が室内実験の積算値よりも低かった(表4)。これは、野外の測定値では土壌微生物の呼吸量の他に植物根の呼吸や粗大有機物の分解に伴う呼吸量が含まれる事、およびS4の室内培養実験では第2層からのCO₂発生量を自然条件よりも高く評価したためと解釈される。また、M1 - M5 のリター等を室内で培養した結果、リターおよびA層土壌の積

算値は野外での放出量にほぼ匹敵し、未分解のリターからは40-75 mgC/m²hr、分解の進んだリターからは19-37 mgC/m²hr、10cmまでの表層土(A層)からは54 mgC/m²hr以下のCが放出していると推定され、リターからの発生量は、A層からの発生量をやや上回っていた(表5)。

表4 自然条件下と室内培養実験におけるCO₂発生量 (mgC/m²h) (1994)

	S1	S2	S3	S4
自然条件下におけるCO ₂ 発生量	84-160	150-240	106-150	71-91
室内培養実験におけるCO ₂ 発生量				
1層	19.8	51.0	34.8	49.8
2層	5.6	1.0	2.4	149.3
3層	0.0	0.0	2.5	17.8
1層から3層までの積算値	25.4	52.0	39.7	216.9

培養条件下におけるCO₂発生量 × 各層位の土壤量

表5 自然条件下と室内培養実験におけるCO₂発生量 (mgC/m²h) (1995)

	M1	M2	M3	M4	M5
自然条件下におけるCO ₂ 発生量	38-136	150-183	24-42	49-61	62-71
室内培養実験におけるCO ₂ 発生量					
未分解のリター	75.2	75.4	39.8	46.4	47.5
分解の進んだリター	27.4	19.1	19.0	37.6	20.6
A層土壤	54.0	51.8	28.3	32.0	21.8
リターおよび土壤からの積算値	156.7	146.3	87.0	116.0	89.8

培養条件下におけるCO₂発生量 × 各層位の土壤量

3.2.4 リターおよびA層土壤の微生物バイオマスの活性

リターおよびA層の土壤を室内で培養した時の呼吸速度は先に示したように、より分解が進んだ物ほど低下した(表6)。また、炭素含量および微生物バイオマス量当たりの呼吸速度も減少した。先に、野外におけるリターバックの分解率の経時的な変化から、リターの比分解速度は、リターの分解が進むに連れて低下していることを記した。これは夏から秋に向けて温度が下がることが主要な理由と思われるが、これらのリターバックを室内で同一の温度条件(22℃)で培養した時もリターバックの呼吸速度は分解が進むに連れて低下する傾向にあり(0日目, 64 mgC/kg hr、96日目, 46 mgC/kg hr、142日目, 27 mgC/kg hr)、分解に伴う質的变化によってもリターの分解速度が低下すると思われる。

表6 各層位の微生物バイオマスの呼吸活性

呼吸速度	乾物当り mgC/kg/hr	炭素含量当り mgC/kgC/hr	バイオマス当り mgC/kgC/hr
未分解リター	64.3 (12.9)	151.9 (31.3)	6838 (4224)
分解の進んだリター	21.2 (5.8)	56.1 (18.4)	2059 (994)
A層土壤	3.7 (0.46)	18.5 (2.3)	1075 (171)

()内は標準偏差

4. 本研究により得られた成果

落葉広葉樹林では土壤中の微生物によるCO₂の生成は大部分がリターと表層10cm以内の土壌において行なわれている事が推察された。室内培養実験の結果から、A層の土壌からのCO₂発生速度は土壌中の微生物バイオマス量に比例し、土壌中の微生物バイオマスは窒素量が制限となっている事が示された。野外調査では、土壌呼吸量の変動要因として温度条件と共に水分条件の差が考えられ、水分含量と土壌呼吸量の間には負の相関関係が認められた。しかし、水分含量と微生物量の間にはむしろ正の相関関係が認められる傾向にあり、水分含量の増加は微生物量を増加させるものの、単位バイオマス当りの活性を抑制していると思われた。

5. 文献

- 1) 及川武久 1993 ; 大気中の炭酸ガスII - 生物圏の変遷 - . 気象研究ノート, 181, 91 - 109
- 2) 竹中明夫 1994 ; 陸上生態系における炭素循環気候の解明に関する研究. 自然陸域生態系における炭素循環系の定量的解析に関する研究. 地球環境研究総合推進費平成4年度終了研究成果報告集(II), 124-133
- 3) 広木幹也、渡辺 信 (1994) ; 携帯型二酸化炭素測定器による土壌からの二酸化炭素発生量の測定. 日本土壌肥料学会関東支部会 (甲府) 講演要旨集
- 4) Hiroki, M. and Watanabe, M.M. ; Field measurement of carbon dioxide evolution from soil by a flow-through chamber method using a portable photosynthesis meter. Soil Sci. Plant Nutr. (印刷中)
- 5) 広木幹也、渡辺 信 (1995) ; 落葉広葉樹林土壌での二酸化炭素生成と微生物バイオマス. 日本土壌肥料学会講演要旨集、第41集、210
- 6) 土壌微生物研究会 1992 ; 土壌微生物実験法, 181 - 183

[国際共同研究等の状況] なし

[研究発表の状況]

(論文)

○ Hiroki, M. and Watanabe, M.M. ; Field measurement of carbon dioxide evolution from soil by a flow-through chamber method using a portable photosynthesis meter. Soil Sci. Plant Nutr. (in press)

(学会発表)

広木幹也、渡辺 信 (1994) ; 携帯型二酸化炭素測定器による土壌からの二酸化炭素発生量の測定. 日本土壌肥料学会関東支部会 (甲府) 講演要旨集

広木幹也、渡辺 信 (1995) ; 落葉広葉樹林土壌での二酸化炭素生成と微生物バイオマス. 日本土壌肥料学会講演要旨集、第41集、210