

B-1 地球温暖化に係る二酸化炭素・炭素循環に関する研究

(3) 農業生態系における炭素循環・収支の定量的解析

③ 農用林における炭素循環・収支の定量的解析

研究代表者 農林水産省 農業環境技術研究所
環境管理部 資源・環境動態研究室 松本成夫

農林水産省 農業環境技術研究所
環境管理部 資源・環境動態研究室 松本成夫・三島慎一郎・織田健次郎
地球環境研究チーム 袴田共之

平成5-7年度合計予算額 11,650千円
(平成7年度予算額 4,397千円)

[要旨] 二酸化炭素の地球規模での動態を明らかにするため、様々な生態系において炭素循環の測定が行われている。本研究は、陸上生態系の一つである農用林における炭素循環を定量的に解析し、その収支を明らかにすることを目的とする。

調査地は茨城県北浦村にある20年生コナラ林であり、下草刈り、落葉掻きが行われている林分(管理区)と放置され、林床がアズマネザサで覆われている林分(放置区)に調査区を設定した。また、自然林との比較のため、栃木県塩原町の50年以上人為攪乱が加えられていないクリコナラ林にも調査区(自然区)を設定した。測定は1991年から1994年まで行った。

植物体の炭素蓄積量は管理区、放置区、自然区でそれぞれ43, 45, 108 tC/ha、土壌炭素の蓄積量はそれぞれ80, 88, 224 tC/haであり、土壌にかなりの炭素が蓄積していた。しかし、炭素の増加量は植物体へはそれぞれ3.7, 3.5, 2.2 tC/ha/yr、土壌へは-0.8, 1.3, 1.5 tC/ha/yrであり、植物体への炭素シンク量が多かった。管理区で土壌炭素が減少しているのは、落葉掻きにより落葉落枝の大半が持ち出され、土壌への炭素供給量がかなり低下するためである。放置区と自然区は炭素蓄積量に違いが見られるだけで、炭素循環量には大きな違いが見られず、林齢による炭素蓄積量の違いだけで説明できるものと思われる。地球規模での炭素収支の見積もりは、森林の林齢がわかると、かなり精度よく行うことができると考えられる。

下草刈りにより持ち出される炭素量はあまり多くないが、落葉掻きとともに、林床の覆いを除去するため、林外環境の影響を強く受けるようになり、土壌からの炭素放出量を促進すると考えられる。

[キーワード] 農用林, 炭素循環, シンク, 下草刈り, 落葉掻き

1. 序

地球温暖化の主要因ガスである二酸化炭素の地球規模での動態を明らかにするため、陸上生態系、海洋などにおける二酸化炭素の放出量、吸収量、そして、その機構を解明する研究が行われている。陸上生態系においては、温帯林や亜寒帯林など様々な生態系において、植物-土壌系での炭素循環量を測定し、そのメカニズムを明らかにする研究が行われている。

農業生態系は、自然生態系と異なり、植物-土壌系の炭素循環量が人間の管理により大きく影

響を受ける。農業生態系には水田や畑などの農耕地の他に、放牧草地や農用林がある。農耕地では作付される作物、施肥、耕起などの生育管理などのかなり強い影響を受け、放牧草地では播種、施肥などの影響を受ける。本研究で対象とする農用林は樹木伐採、下草刈り、落葉掻きなどの影響を受けている。

地球規模での二酸化炭素の収支を解明するため、生態系の構成要素である農用林の炭素循環を明らかにすることは重要である。そして、樹木伐採、下草刈り、落葉掻きなどの人為攪乱の炭素循環への影響を解析する必要がある。

2. 研究目的

本研究の目的は、農用林における植物-土壌系での炭素循環量を定量的に明らかにすることである。そのため、農用林における炭素循環モデルを組み立て、そのモデルに基づき、炭素循環量を測定していく。特に、農用林としての炭素のシンク量がどれだけなのかを把握することを目的とし、炭素がどの部分に、どれだけ蓄積するのかを明らかにするための炭素循環モデルの構築および測定を行う。

また、樹木伐採、下草刈り、落葉掻きなどの人為攪乱の炭素循環への影響を明らかにすることも目的とする。農用林は樹木伐採により、常に若い森林であり続ける。そこで、伐採などの人為攪乱を受けていない林齢の長い森林と、若い森林における炭素循環を比較する。農用林は農地への堆肥供給のため落ち葉が採取され、同時にその作業のための下草刈りも行われる。そこで、下草刈り、落葉掻きが行われている森林と、放置され林床植生が繁茂している森林における炭素循環を比較する。そして、これらの炭素循環の比較により、人為攪乱の炭素循環への影響を解析する。

3. 研究方法

(1) 調査地

調査地は茨城県北浦村にある茨城県林業試験場の北浦試験地内の20年生のコナラ林である。標高は約30m、台地と低地の境の斜面林であり、斜面方位は北西、傾斜は10~15度である。土壌は褐色森林土である。林冠を構成する樹木の高さはおよそ12m、胸高直径はおよそ10cmである。その森林内で毎年2月~3月に、下草刈りと落葉掻きが行われている林分を選び、調査区を設定し、管理区とした。下草刈りが行われているため、林床植物はアズマネザサが毎年高さ50cm程度にまで成長する程度である。また、落葉掻きが行われているため、落葉掻きが行われる2月~3月から落葉時期の11月まで、落葉はほとんどない。

下草刈りと落葉掻きの影響を明らかにするため、同じコナラ林内で、林床が約1.5mのアズマネザサで覆われている林分を選び、調査区を設定し、放置区とした。放置区は1986年にアズマネザサが伐採されただけで、その後は伐採などの人為攪乱は受けていない。伐採されたアズマネザサはその場に放置され、腐食の進んだ竿が落葉層の最下層に残っている。林床植物にはアズマネザサの他、高さ1m程のヤマツツジなどの木本種も入っており、また、林冠に達しない、細いコナラも存在する。

農用林と自然状態に近い森林との比較を行うため、栃木県西那須野町の農林水産省草地試験場内の藤荷田山の50年生のクリ-コナラ林も対象とし、そこに、自然区を設定した。標高は約310m、丘陵斜面の下部にあり、斜面方位は北東、傾斜は5~10度である。土壌は黒ボク土である。この森林の林冠を構成している樹木の高さは20mを越し、胸高直径も30cm以上である。林内には

樹高10mほどの中木層，樹高1mほどの低木層があるが，その密度は疎である．また，ササもなく，移動が容易である．

(2) 炭素循環モデル

農用林における炭素循環を測定するためのフレームワークとなる炭素循環モデルを図1に示した．このモデルは植物体，落葉層，土壌，細根の4つのコンパートメントとそれらを出入りするフローから構成されている．

植物体のコンパートメントは樹木と林床植物の現存量である．落葉層のコンパートメントは鉾質土壌層の上の落葉落枝が堆積した層の現存量である．土壌のコンパートメントは土壌中の炭素蓄積量であり，細根のコンパートメントは細根およびササの地下茎の現存量である．

植物体に入るフローは吸収された炭素量であるが，ここではこれらを測定せず，その他のフローから推定する．すなわち，植物体の増加量，落葉落枝量（植物体から落葉層へのフロー），下草刈りによる林床植物の搬出量，細根の呼吸量（植物体から細根へのフロー）の合計である．落葉落枝は落葉，小型落枝，中型落枝，倒木で構成され，落葉層に供給される．管理区の落葉層は落葉掻きにより林外へ持ち出される．落葉層からは分解により二酸化炭素となり大気へ放出されるフローと土壌へ供給されるフローがある．土壌へ供給されるフローには落葉層からと細根の枯死によるものがあり，土壌中の炭素は分解により大気へ放出される．細根からも呼吸により二酸化炭素が放出される．

(3) 調査方法

各コンパートメントおよびフローの炭素量の測定方法を以下に示す．

植物体は樹木と林床植物の現存量である．樹木は樹高1.5m以上の樹木を対象とし，林床植物は樹高1.5m未満の樹木，草本，ササである．樹木の現存量は20m×20mのコドラートで毎木調査を行い，樹高，胸高直径から推定式¹⁾を用いて見積もった．管理区，放置区の毎木調査は1991年4月と1993年4月に行い，自然区は1990年3月，1992年3月，1994年3月に行った．林床植物の現存量は1m×1mの区画5ヶ所の刈り取り調査により測定した．管理区の刈り取り調査は下草刈りを行う直前に行い，その量を下草刈りによる搬出量とした．樹木の地下部の現存量は幹の現存量の30%として見積もった．林床植物の地下部の現存量は深さ20cmまでの土を採取し，その中に含まれる地下茎の重量を測定して求めた．

落葉量，小型落枝量はリタートラップを用いて，1～2ヶ月ごとに，落葉期は2週間ごとに測定した．小型落枝は直径1cm以下の落枝である．その他に種子，花なども測定した．中型落枝は1～5cmの落枝であり，10m×10mのコドラートに落下した枝を年に1度回収し，その重量を測定した．倒木は毎木調査の結果より推定した．具体的には，1992年に生存しており，1994年に枯死した樹木の1992年時点の現存量を1992年から1994年の間に倒木した量とした．

落葉層はおよそ2ヶ月ごとに30cm×30cmの区画3ヶ所で採取し，蓄積量と含水比を測定した．

土壌炭素蓄積量を明らかにするため，管理区と放置区の土壌断面調査を1992年5月28日に行った．調査は農業環境技術研究所環境資源部土壌管理科土壌調査分類研究室の小原 洋氏と加藤邦

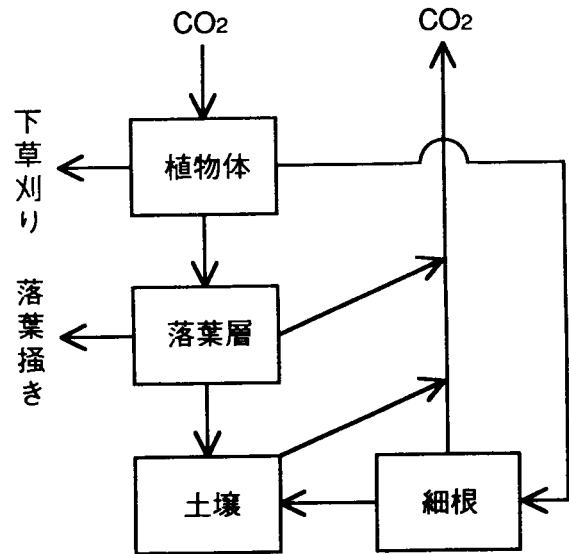


図1. 農用林における炭素循環のモデル

彦氏，土壤生成研究室の草場 敬氏（現，北海道農業試験場）に依頼した．そして，1 m深までの各土壌層の物理性，化学性を測定した．自然区の土壌データは倉島ら²⁾から引用した．

細根の現存量は広さ30cm×30cm，深さ20cmの土を管理区，放置区は3ヶ所，自然区は5ヶ所の土を各調査区20ヶ所採取し，水洗いにより根を集め，重量を測定して求めた．また，林床からの二酸化炭素放出量測定のためのチャンバー下の土も深さ20cmまで採取し，それに含まれる根の重量を測定し，細根の現存量の見積りに使用した．

林床からの二酸化炭素放出量はクローズドチャンバー法³⁾により測定した．測定は各調査区それぞれで20ヶ所で行われ，冬は月1回，春，夏，秋は月2回の頻度で測定を行った．この方法は直径21cm，高さ14cmのチャンバーを用いる．測定時に蓋をかぶせ，1分後，2分後，3分後，4分後にチャンバー内の空気を5 ml真空バイアル瓶で採取した．冬は二酸化炭素放出量が少ないため，空気の採取間隔を2分後，4分後，6分後，8分後とした．バイアル瓶内の空気の二酸化炭素濃度は赤外線分析計を用いて測定した．そして，二酸化炭素濃度の上昇率から二酸化炭素放出量を見積もった．

環境要因として，林床の地表面温度，土壌の含水比を測定した．

4. 結果

樹木の現存量は管理区，放置区，自然区それぞれ40，39，108 tC/haであり，その増加量はそれぞれ3.7，3.5，2.2 tC/ha/yrであった（表1）．樹木の現存量は管理区，放置区は自然区に比べて

表1. 樹木の現存量，増加量，林床植物の現存量および下草刈り量

	測定時期	管理区	放置区	自然区
樹木の現存量 (t C / ha)	平均	40.31	38.86	108.38
	1990年	—	—	103.42
	1991年	36.58	35.38	—
	1992年	—	—	109.50
	1993年	44.05	42.33	—
	1994年	—	—	112.22
樹木の増加量 (t C / ha / yr)	平均	3.74	3.47	2.20
	90-92年	—	—	3.04
	91-93年	3.74	3.47	—
	92-94年	—	—	1.36
林床植物の現存量 (t C / ha)	平均	3.01	5.86	—
	1991年	—	5.86	—
	1992年	3.20	—	—
	1993年	2.96	—	—
	1994年	2.88	—	—
下草刈り量 (t C / ha)	平均	0.38	—	—
	1992年	0.56	—	—
	1993年	0.32	—	—
	1994年	0.24	—	—

かなり少ない。増加量は自然区では2回見積もられており、そのいずれの値と比べても、管理区、放置区増加量は大きかった。また、自然区における2つの期間の増加量はかなり異なっていた。樹木の増加量は年ごとの差が大きいと予想され、より長期の測定が望まれる。林床植物の現存量は管理区、放置区それぞれで3.0, 5.9 tC/haであり(表1)、管理区は放置区の約半分であり、下草刈りをしたわりにはあまり大きな違いにはなっていない。自然区にはアズマネザサが進入しておらず、これらの値よりかなり小さいと思われる。林床植物の現存量は年ごとの変動があまり認められなかった。下草刈り量は0.38 tC/ha/yrであり、かなり少ない量であるが、その年変動は大きかった(表1)。

倒木量は管理区、放置区、自然区それぞれ0.76, 0.33, 0.19 tC/ha/yrであった(表2)。管理区は下草刈りの際に細い樹木が伐採されるため、放置区の2倍以上になった。放置区は自然区より多いが、これはコナラの密度が高く、林冠に達することができない個体が枯死してしまうためである。自然区では、このような競争過程は通過してしまったものと思われる。自然区の倒木量は2回見積もられ、期間ごとの差は大きかった。また、倒木量が多い期間と樹木の増加量が多い期間が同じであった。中型落枝は管理区、放置区、自然区それぞれ0.16, 0.24, 0.50 tC/ha/yr、小型落枝はそれぞれ0.37, 0.56, 0.82 tC/ha/yrであり(表2)、自然区で落枝量が多かった。自然区では落枝による落葉層への炭素供給量がかなり多いことがわかる。落枝量の年変動は大きかった。落葉量は管理区、放置区、自然区それぞれ2.1, 2.4, 2.1 tC/ha/yrであり(表2)、植物体から落葉

表2. 倒木量および落葉落枝量 (kg C / ha / year)

	測定時期	管理区	放置区	自然区
倒木量	平均	757	330	186
	90-92	—	—	282
	91-93	757	330	—
	92-94	—	—	91
中型落枝量	91-94	159	244	499
	91-92	140	226	495
	92-93	95	125	305
	93-94	217	388	828
小型落枝量	91-94	373	562	817
	91-92	541	748	862
	92-93	196	374	622
	93-94	387	569	965
落葉量	91-94	2,078	2,366	2141
	91-92	2,285	2,508	2045
	92-93	1,958	2,222	2152
	93-94	2,000	2,375	2233
種子・花など	91-94	44	16	278
	91-92	57	37	413
	92-93	1	3	83
	93-94	73	8	332

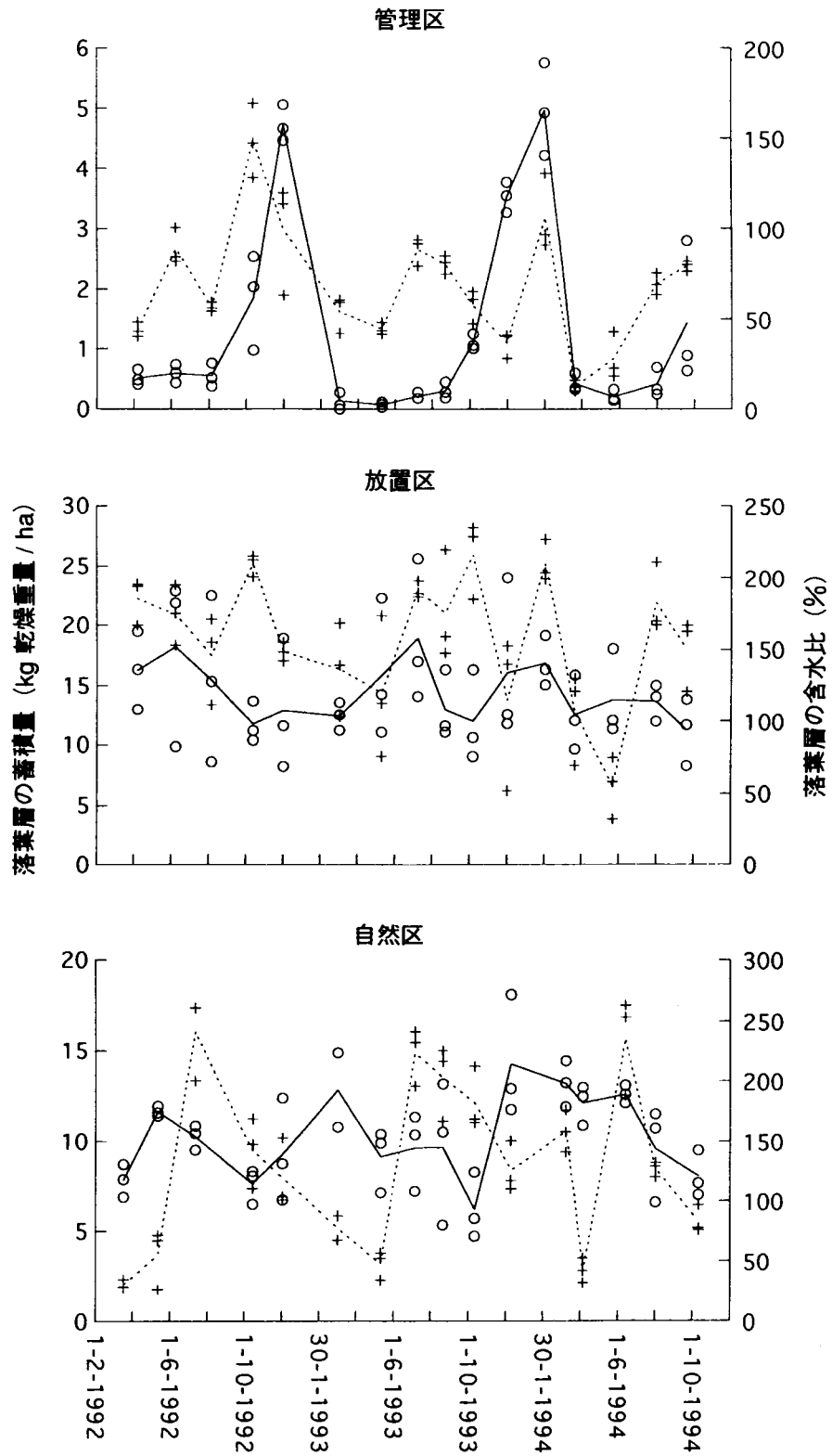


図2. 落葉層の蓄積量と含水比の変動

○ 落葉層の蓄積量 + 落葉層の含水比

表3. 土壌に蓄積されている炭素量

	層位	層の深さ cm	炭素含有率 %	容積重 g/100cc	炭素蓄積量 (t C / ha)	
					各層	合計
管理区	A	0 - 9	3.5	84	26.505	
	AB	9 - 19	1.6	122	19.460	
	B	19 - 35	0.6	144	13.815	
	BC	35 - 45	0.3	144 *	4.317	
	C	45 - 100	0.2	144 *	15.830	79.928
放置区	A1	0 - 8	3.8	87	26.305	
	A3, AB	8 - 19	2.0	98	21.569	
	B21	19 - 35	0.2	136	4.362	
	B22	35 - 68	0.6	136 *	26.989	
	C	68 - 100	0.2	136 *	8.724	87.948
自然区	A11	0 - 7	17.2	44	52.976	
	A12	7 - 18	12.4	40	54.560	
	2A13	18 - 35	9.1	38	58.786	
	2B	35 - 52	3.2	52	28.288	
	3B	52 - 75	1.1	53	13.409	
	4B	75 - 100	0.9	70	15.750	223.769

* この土壌層の容積重は測定していないため、上層の容積重を用いた。

層への炭素供給量の大半を占めていた。落葉量は調査区ごとおよび年変動において大きな差が認められず、安定した多量の炭素を供給することがわかる。

落葉層の蓄積量は管理区、放置区、自然区それぞれ0.1, 6.1, 5.0 tC/haであった。管理区では0.5 tDW/ha以下であった落葉層の蓄積量（乾燥重量）が落葉時期を過ぎると約4～5 tDW/haまで増加し、春の落葉掻きにより再び0.5 tDW/ha以下に低下した（図2）。落葉掻きにより持ち出される量は4.5 tDW/ha、炭素量では1.9 tC/haであった。放置区、自然区における落葉層の蓄積量（乾燥重量）はそれぞれ12～18 tDW/ha, 7～15 tDW/haで変動していた。含水比は管理区、放置区、自然区でそれぞれ40～90%, 120～200%, 50～240%と変動しており、管理区の含水比はかなり低い値を示した。

土壌に蓄積している炭素量は管理区、放置区、自然区それぞれ80, 88, 224 tC/haであった（表3）。炭素含有率が1%を越えているのは管理区、放置区では深さ20cmまで、自然区では深さ75cmまでである。

細根の現存量は管理区、放置区、自然区それぞれ2.6, 3.4, 1.3 tC/haであった。自然区ではアズマネザサが進入しておら

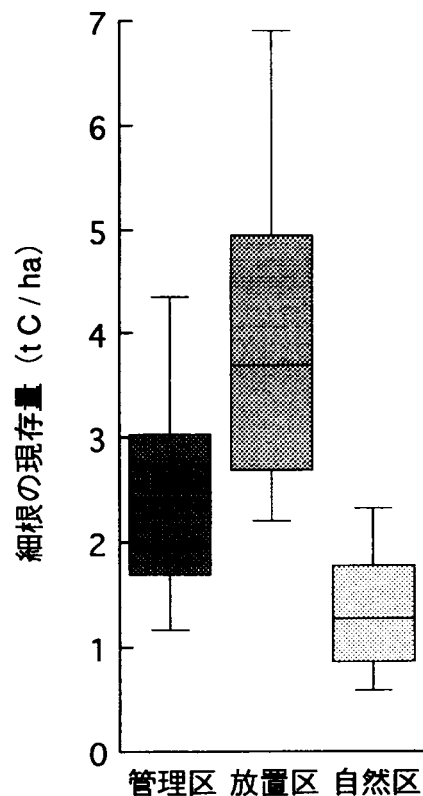


図3. 細根の現存量

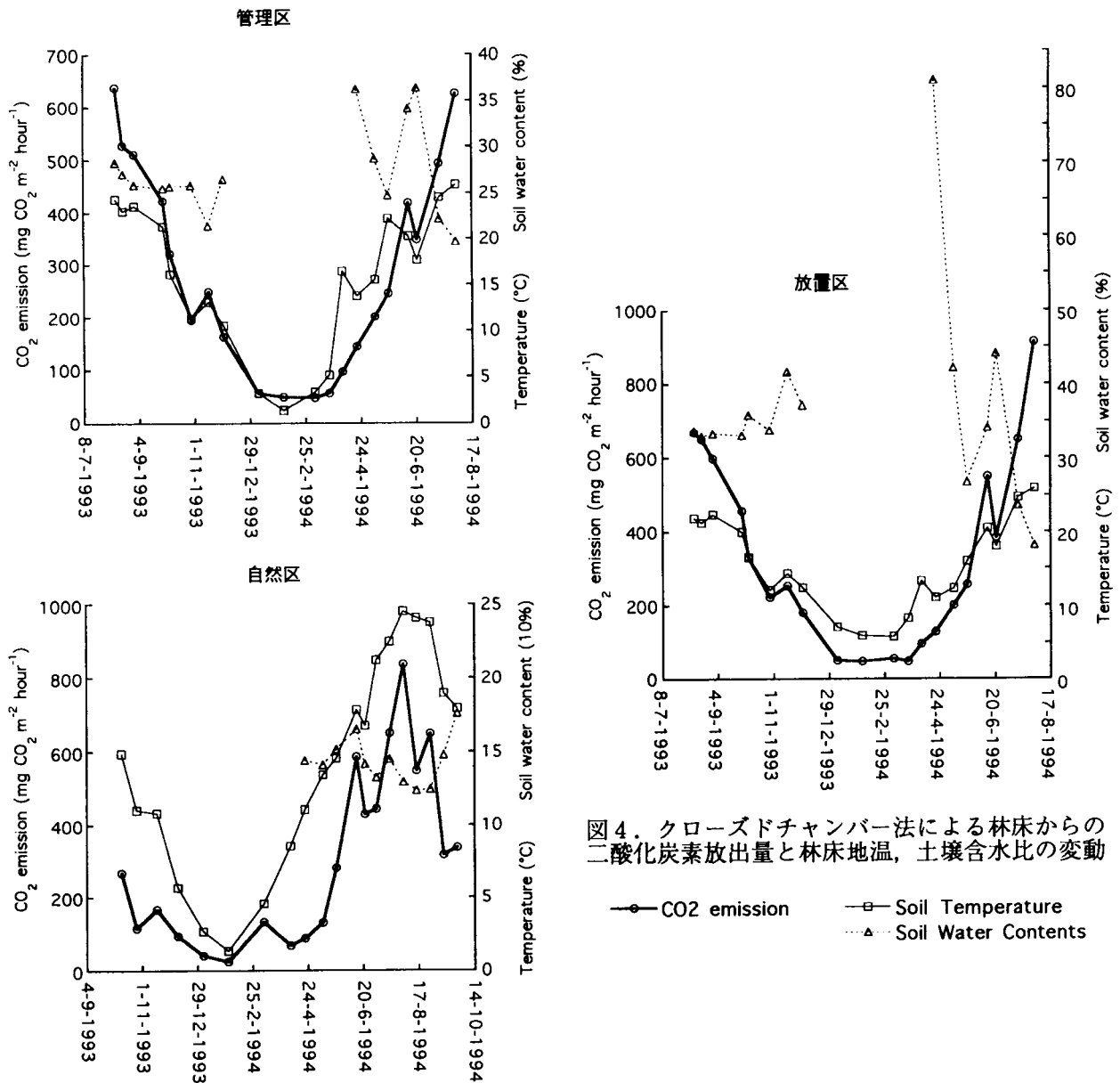


図4. クローズドチャンバー法による林床からの二酸化炭素放出量と林床地温，土壌含水比の変動

ず，管理区，放置区より少ない（図3）。管理区では下草刈りにより地上部の現存量が少なくなっており（放置区の2.42 tC/haに対し，管理区は0.38 tC/ha），それに伴い，地下部の現存量も少ないが，地下部そのものは除去されていないため，地上部ほど少なくなっていない。

林床からの二酸化炭素放出量は夏に高く，管理区，放置区，自然区でそれぞれ最高約650，900，800 mgCO₂/m²/hrを示した（図4）。冬は低く，最低約50 mgCO₂/m²/hrであった。これらは林床の地表面温度の変化と一致していたが，土壌含水比との関係は認められなかった。含水比は管理区で20～35%，放置区で20～80%，自然区で120～170%で変動していた。pF1.5の含水比は管理区，放置区，自然区でそれぞれ55%，60%，200%であることから考えると，実際にはやや乾き気味で推移し，あまり大きく変動していないため，二酸化炭素放出量との関係がはっきりしなかったものと考えられる。林床からの二酸化炭素放出量と林床の地表面温度の関係をみると（図5），放置区と自然区は大きな違いがないが，管理区は二酸化炭素放出量が低い。20℃における二酸化炭素放出量では管理区は放置区，自然区のおよそ3/4程度である。林床の地表面温度は1時間ごとの年間にわたる測定値があり，この関係式を用いて，年間の二酸化炭素放出量を見積もったとこ

ろ、管理区、放置区、自然区でそれぞれ5.0, 5.7, 5.4 tC/ha/yrの炭素が大気へ放出されたと見積もられた。1991年から1994年までの3年間の温度データから年間変動を見積もると、管理区では4.8~5.2 tC/ha/yrと変動が小さかったが、放置区では5.2~6.2 tC/ha/yr, 自然区では4.6~5.9 tC/ha/yrと変動が大きかった。

5. 考察

(1) 森林生態系への炭素のシンク

測定してきた結果を農用林の炭素循環モデルに従い、整理したものを図6に示した。図中のゴチックの値は実測したものであり、イタリックは推定値である。特に、二酸化炭素放出量は落葉層、土壌、細根の3つのコンパートメントから来るが、それらを別々には測定しておらず、既存の研究成果をもとに見積もったものである。具体的には、二酸化炭素放出量の50%が細根の呼吸に由来し、25%が土壌炭素の分解、残りの25%が落葉層の分解に由来するものとして⁴⁾、二酸化炭素放出量の値を振り分けた。ただし、管理区では落葉層が極端に少ないため、落葉層に由来する二酸化炭素はわずかであろうと考え、図6のように値を振り分けた。また、細根から土壌への炭素供給量は細根の20%であるとして⁴⁾、推定した。残り的大気から植物体への炭素吸収量、植物体から細根への供給量、落葉層から土壌への供給量、土壌炭素の増加量は合計または差し引きで求めたものである。

大気からの二酸化炭素吸収量と大気への放出量を比べると、いずれの調査区とも炭素のシンクとして機能していることがわかる。その量は管理区、放置区、自然区でそれぞれ2.9, 4.9, 3.7 tC/haであり（管理区は下草刈りと落葉掻きにより持ち出される炭素があり、炭素のシンク量は2.9 tC/haとなる）、大半は生長途上の植物体にシンクされる。土壌へのシンク量は植物体ほど多くはなく、管理区では土壌炭素量が減少しているを見積もられる。一方、炭素の現存量を見ると、深さ1 mまでの土壌には植物体のおよそ2倍の蓄積がある。土壌へはかなり多くの炭素が蓄積できるが、その速度は遅く、このことは、二酸化炭素の変動を予測する際、土壌の炭素蓄積の速度と能力を考慮する必要があることを示している。

温帯の落葉広葉樹林の極相では、植物体の現存量は80~300 tC/ha, 土壌炭素蓄積量は60~240 tC/haである⁵⁾。従って、自然区における植物体、土壌とも、その炭素蓄積量はまだ増加するもの

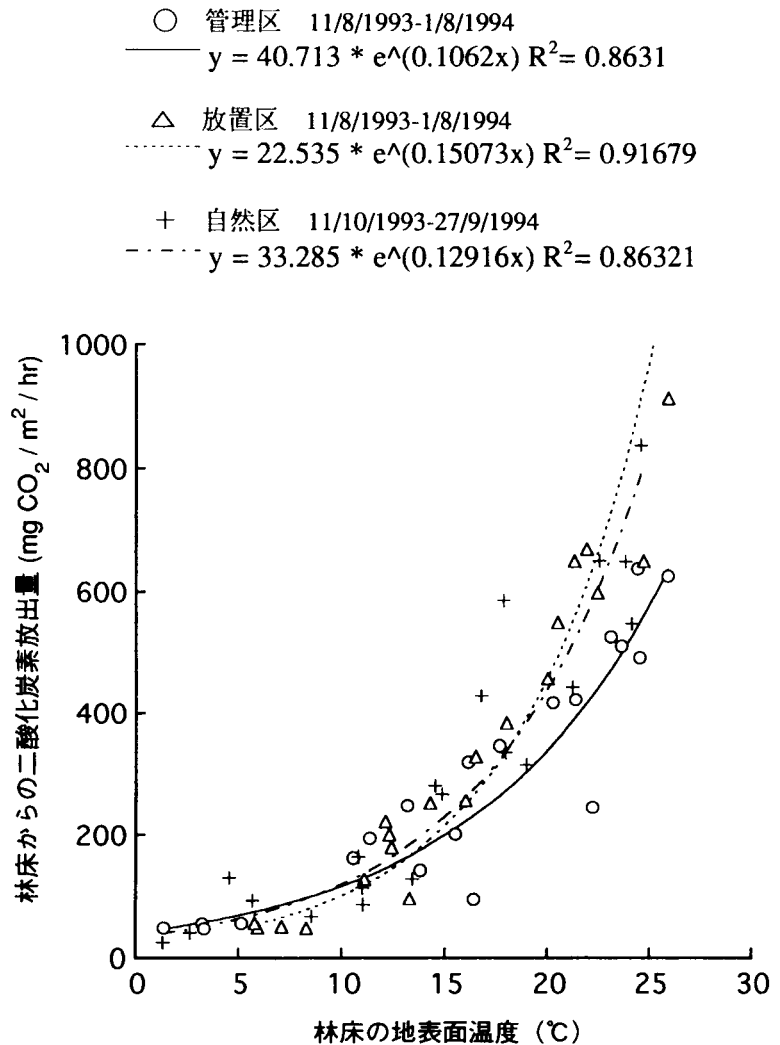


図5. クローズドチャンバー法による林床からの二酸化炭素放出量と林床の地表面温度の関係

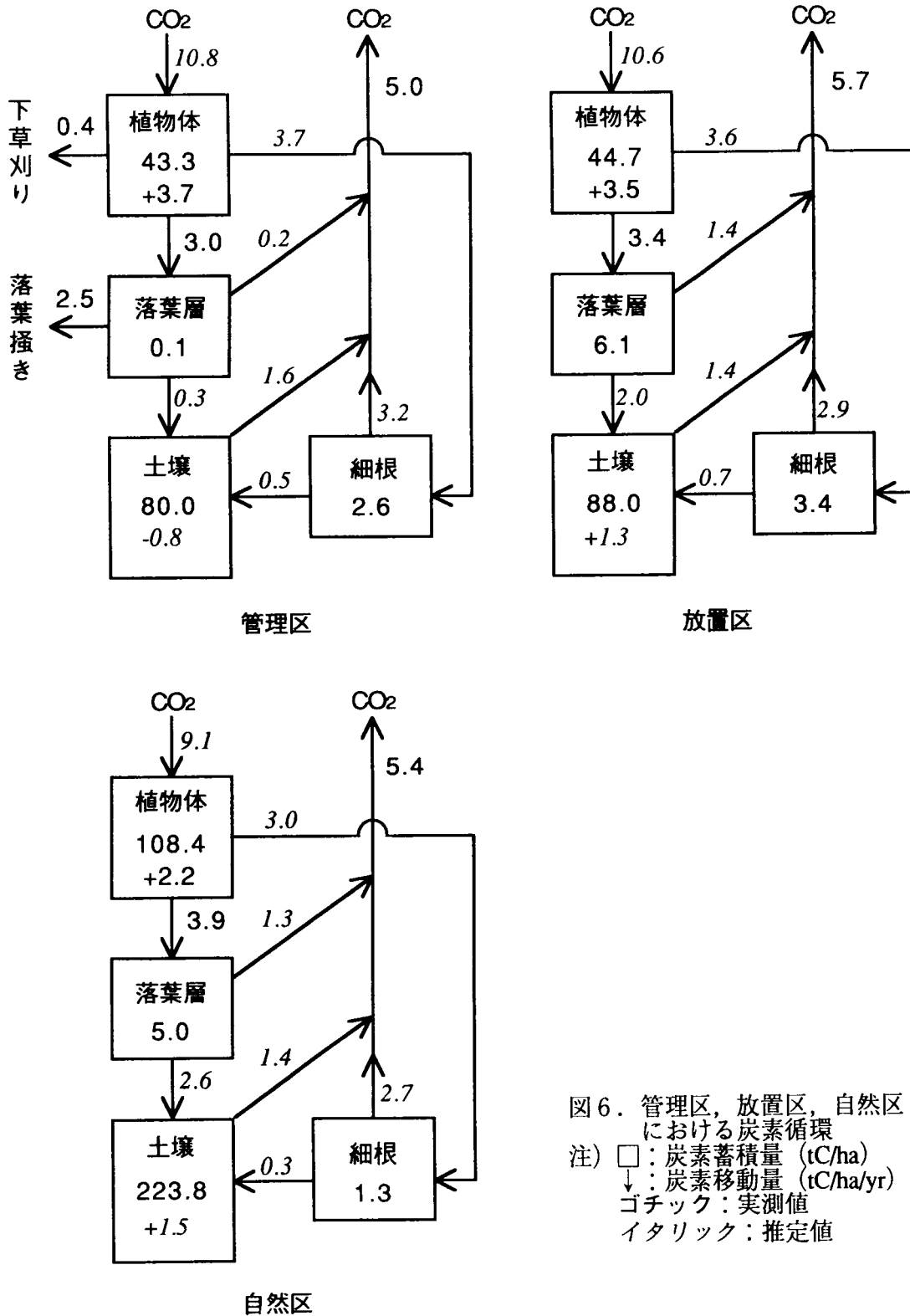


図6. 管理区, 放置区, 自然区
 における炭素循環
 注) □: 炭素蓄積量 (tC/ha)
 ↓: 炭素移動量 (tC/ha/yr)
 ゴチック: 実測値
 イタリック: 推定値

と予想される。自然区と放置区の炭素循環量を比べると大きな違いは認められず、植物体と土壌の炭素蓄積量が異なる程度である。このように見ると、放置区は20年生の森林であり、自然区は50年生の森林であるというシンプルな見方が可能であり、20年生と50年生の森林の炭素循環の違いは、植物体および土壌における炭素蓄積量が増加することと、炭素のシンクが漸次低下するであろうということである。地球規模で炭素収支を見積もる際、林齢がある程度わかれば、正確な見積もりができるとおもわれ、今後、リモートセンシングの技術が進むにつれ、炭素収支の見積もりはより精度よく行われると思われる。

(2) 下草刈りおよび落葉掻きの影響

下草刈りにより持ち出される炭素量は0.4 tC/ha/yrとかなり少なく、それは、植物体の現存量の違いにも反映せず、炭素循環に対する下草刈りの直接的な影響としては、細根の現存量が少なくなる程度である。下草刈りは林床植物の現存量を大きく減少させるが、ササの地下茎の現存量はあまり大きく低下させない。

落葉掻きは植物体からの落葉落枝量のほとんどを持ち出しており、そのため、土壌への炭素供給量が少なくなり、土壌への炭素のシンクが負の値になるほど強く影響している。落葉掻きによる土壌への炭素、養分供給量低下の影響に関する既存の研究^{6,7)}においても、落葉掻きの影響は大きいことが指摘されているが、本研究で示したように炭素循環を明らかにすると、その影響のかなり大きいことがはっきりとしてくる。

下草刈りや落葉掻きは林床を覆っていたものを取り除くことにもなり、そのため、林床は林外環境にさらされやすくなる。例えば、林冠を通過してきた日光、雨、林内に入ってきた風が直接土壌に影響を与える。そのため、温度変化が大きくなり、土壌水分の変化も大きくなる。この影響は土壌と細根からの二酸化炭素放出量に影響を与えると予想される。図5で示した管理区と放置区の違いは落葉層がなくなったことと環境が変化したことが絡み合った結果と考えられる。管理区では、落葉層という大きな二酸化炭素発生源がなく、細根量も少ないにもかかわらず、放置区の90%弱も二酸化炭素が放出していることを考えると、二酸化炭素が発生しやすい環境になったのではないかと考えられる。森林伐採により、林床が外環境にさらされ、土壌有機物の分解が促進されることが知られているが^{7,8)}、下草刈りや落葉掻きも同様の影響をかなりもたらすものと思われる。

6. まとめ

農用林における炭素シンクの特徴を定量的に把握するため、農用林の炭素循環モデルを構築し、それによって炭素循環の測定を行った。

農用林の特徴として、生長途上の森林であること、下草刈りおよび落葉掻きの管理作業が行われていることを挙げ、その特徴と炭素循環の関わりを明らかにした。

下草刈りおよび落葉掻きが行われず、放置されている農用林は若い森林であると、単純にみなすことができる。生長途上の森林と壮齢の森林では植物体および土壌に蓄積している炭素量が異なるものの、植物体および土壌への炭素のシンク量は大きく異なることはなく、極相林へ向かって漸次シンク量が低下していくものと予想された。森林の林齢がわかると、地球規模での炭素収支の見積もりはより精度よく行えると期待される。

下草刈りにより持ち出される炭素量はあまり多くなく、炭素循環に及ぼす直接的影響はあまり大きくない。一方、落葉掻きにより持ち出される炭素量はかなり多く、土壌への炭素供給量を大きく減らし、土壌への炭素のシンクが負になるほどであり、炭素循環への影響はかなり大きいこ

とがわかった。下草刈りおよび落葉掻きの影響は物理的な炭素の持ち出しだけでなく、林床の覆いの除去による林床環境の変化をもたらし、土壌からの炭素放出量を促進すると考えられた。

7. 本研究により得られた成果

- ・ 20年生のコナラ二次林では、植物体に約45 tC/ha、土壌に80~90 tC/haの炭素が蓄積しており、50年生のクリーコナラ林では、植物体に約110 tC/ha、土壌に約225 tC/haの炭素が蓄積していた。
- ・ 植物体に蓄積している炭素の増加量は、20年生のコナラ二次林では約3.5 tC/ha/yr、50年生のクリーコナラ林では2.2 tC/ha/yrであった。
- ・ 土壌に蓄積している炭素の増加量は、下草刈りおよび落葉掻きが行われていると-0.8 tC/ha/yrとなり、わずかではあるが、炭素のソースとなっていたが、これらの行為が行われていないと約1.5 tC/ha/yrの炭素が土壌に蓄積していた。
- ・ 下草刈りおよび落葉掻きは土壌への炭素供給量を減少させる。また、土壌からの炭素放出量も促進することが予想される。
- ・ 下草刈りや落葉掻きが行われていない森林では、20年生と50年生では、炭素蓄積量に違いがみられるものの、炭素循環量には大きな違いが認められなかった。

8. 参考文献

- 1) 農林水産省草地試験場生態部. 1980. 藤荷田山の生物相に関する基礎資料. 草地試験場生態部資料 第7号, 1-24.
- 2) 倉島健次・太田 健・草場 敬・天野洋司・山本克巳・木村 武・近藤 熙・斎藤元也. 1993. 草地試験場内土壌の分類とその特性. 草地試験場研究資料 第3号, 1-47.
- 3) Bekku, Y., Koizumi, H., Nakadai, T. and Iwaki, H. 1995. Measurement of soil respiration using closed chamber method: An IRGA technique. *Ecological Research* 10, 369-373.
- 4) 中根周歩. 1986. 森林生態系における炭素循環. *日本生態学会誌* 36. 29-39.
- 5) Rørgen, E. and Ulrich, B. 1991. *Temperate deciduous forests*. Elsevier, Amsterdam, 152.
- 6) Lindholm, T. and Nummelin, M. 1983. Changes in the community structure of forest floor vegetation after repeated litter disturbance by raking. *Silva Fennica* 17(4), 289-300.
- 7) Nakane, K. and Yamamoto, M. 1983. Simulation model of the cycling of soil organic carbon in forest ecosystems disturbed by human activities. I. Cutting undergrowths or raking litters. *Japanese Journal of Ecology* 33, 169-181.
- 8) Kawaguchi, H. and Yoda, K. 1986. Carbon-cycling changes during regeneration of a deciduous broadleaf forest after clear-cutting. *Japanese Journal of Ecology* 35, 551-563.

[研究発表]

- 松本成夫・織田健次郎. 1995. 林床からのCO₂ emission測定におけるスポンジアルカリ吸収法とクローズドチャンバー法の比較. *日本生態学会第42回大会講演要旨集*, p.151.
- 松本成夫・袴田共之. 1994. 農用林の炭素循環に対する下草刈りおよび落葉掻きの影響. *日本生態学会第41回大会講演要旨集*, p.150.