

B-4 森林の二酸化炭素吸収の評価手法確立のための大気・森林相互作用に関する研究

(1) 樹林地内の炭素貯留の調査と変動推定

森林総合研究所

北海道支所土壌研究室

松浦陽次郎

北海道大学 農学部演習林

笹 賀一郎

平成11～12年度合計予算額 8,831千円

(平成12年度予算額 4,390千円)

[要旨]

北海道南西部、苫小牧のフラックスタワー観測サイトのカラマツ林において地上部及び地下部樹体中の炭素量および土層1mまでに貯留された有機炭素量を推定した。その結果、1ヘクタールあたりの炭素貯留量は、カラマツの地上部に33 ton、地下部に9 ton、土層1mまでの土壌に26 tonと推定された。他に北海道東部の黒色土分布域と、札幌近郊と道北の褐色森林土分布域のカラマツ人工林における土壌有機炭素集積量を推定した結果、黒色土のカラマツ林では1ヘクタール当たり188 tonの有機炭素が土壌に集積していた。褐色森林土では1ヘクタール当たりおよそ87～181 tonと開きがあった。火山灰放出以降の経過年数と土壌有機炭素集積量から推定した集積速度は、0.09, 0.10 tonC/ha/yrとなった。天然生針広混交林からカラマツへの樹種転換が、二酸化炭素フラックスにどのような影響を与えるのか検証するために、北海道北部の北海道大学天塩演習林で観測サイトの整備を行った。

[キーワード] カラマツ林生態系、黒色土、褐色森林土、土壌有機炭素、集積速度、

1. はじめに

森林生態系の二酸化炭素吸収が地球規模での関心事となっており、森林のバイオマス増加による炭素固定能力、土壌有機物の形で集積する炭素プールの規模と土壌炭素の滞留時間等、生態系レベルの諸機能を把握することが急務となっている。面積では熱帯林に次ぐ広さをもつ北方林には、常緑針葉樹林帯と落葉針葉樹林帯の2タイプがある。とりわけ北東ユーラシア地域には、生育期（着葉期）の高い光合成能力と生育休止期間（落葉期）を繰り返すカラマツ林地帯が広域に成立している。日本を含めた北東アジア地域の二酸化炭素濃度の変動パターンと炭素固定速度の推定、および二酸化炭素収支の広域評価を進める上で、カラマツ林生態系の総合研究は重要である。

北東ユーラシア南部とつながる北海道において、カラマツは主要な造林樹種として戦後大規模植林が行われた。しかしながらカラマツ林生態系における炭素固定速度、炭素収支についてはほとんど研究例が無い場合、広域評価には至っていないのが現状である。一方では気象学的手法によるフラックス観測の進歩と普及はめざましく、これらの成果と林学的、生態学的手法のクロスチェックが重要となってきた。前述のように北海道の国有林には、1950年代以降

に広大なカラマツ人工林が造成され、その後の樹種転換などを経た後も北海道には当時の造林地が数多く残っている。これらの造林地は多くの場合平地に造成されており、当時の大面積造林施業方針のために人工林の一区画が500mとなっている。植生境界や傾斜の問題からみて、このような森林はフラックス観測にこの上ない適地である。そこで、北東ユーラシアのカラマツ林の評価にも将来つながる長期観測体制の一つとして、北海道の平地カラマツ林におけるフラックス観測が計画され、国立環境研究所と林野庁の共同事業としてタワー観測体制が立ち上げられた。並行して、天然生落葉広葉樹林からカラマツへの樹種転換が行われた場合の森林群落発達の長期追跡モニタリングサイト整備が、北海道大学天塩演習林で開始された。

2. 研究目的

本サブテーマでは上述の研究背景を受け、北海道胆振東部の苫小牧国有林に設定された苫小牧フラックスリサーチサイトの通称エコサイト周辺で、樹体現存量として貯留される炭素、土壌有機物として存在する炭素量を明らかにし、カラマツ林生態系における炭素貯留量の推定を目的とした。また、北海道の主要な土壌タイプに成立したカラマツ造林地の炭素集積量レジムを明らかにすることを目的とした。

本サブテーマでは、カラマツ林生態系の総合的長期観測サイトの整備を北海道大学演習林に委託して行ってきた。これはカラマツ林生態系の炭素収支を高精度で推定するために、長期観測に適した拠点の整備が急務であることによる。

3. 研究方法

(1) カラマツ林地上部・地下部現存量、土壌有機炭素集積量の推定

北海道森林管理局・胆振東部森林管理署・苫小牧事務所所管の苫小牧国有林196・197・198林班をフラックスリサーチサイトに選定した。1999年11月からタワー敷設工事が開始され、2000年3月完成の運びとなり、2000年5月以降観測システム整備が行われた。本サブテーマの目的である樹林地の炭素貯留量推定のため、198林班のサブタワー建設前に土壌調査を行い、196・197・198林班と植栽時期が同じで隣接する199・200林班において現存量調査を行った。1997年秋に発生した風倒木を用いて、様々な胸高直径サイズにつき幹重量、枝重量の測定を行った。根返りした風倒木の地際以下を地下部として測定した。これらの測定値から地上部（幹＋枝＋葉量）と地下部の関係を相対成長式 $y = ax^b$ に当てはめて推定した値と197及び198林班の立木密度から、カラマツ林の現存量を推定した。

苫小牧フラックスリサーチサイト198林班の中で土壌調査を行い、持ち帰った各層の試料を風乾後に2mm篩で篩別し、2mm以下の細土を用いて炭素の定量を行った。炭素の定量には酸素循環式窒素炭素分析装置（NC-800, SUMICA）を用いた。定量した炭素濃度、各層位の層厚と仮比重、細土率、石礫含有率などから単位面積あたりの有機炭素集積量を求め、深さ1mまでの有機炭素集積量を推定した。

(2) 北海道の主要土壌に成立したカラマツ林土壌の炭素集積レジム

北海道に分布する主要な土壌である、黒色土、褐色森林土に成立したカラマツ人工林において、土壌有機炭素集積量を推定するために、次の地点で土壌調査と試料採取を行った。

黒色土：北海道東部，標茶町と厚岸町にまたがる根釧西部森林管理署管内，
標茶パイロットフォレスト営林事務所内の230林班。

褐色森林土：札幌市南部に位置する森林総合研究所北海道支羊ヶ丘所実験林。

褐色森林土（重粘土質）：北海道北部，幌延町の北海道大学天塩演習林151林班。

採取した土壌試料は前述の方法にしたがって，有機炭素，全窒素を定量した後，土層ごとの集積量から深さ1mまでの集積量を推定した。

（3）森林群落発達の長期追跡モニタリングサイト整備

北海道大学天塩演習林内の針広混交林に，カラマツ人工林への樹種転換が炭素固定機能に与える影響を長期にわたってモニタリングするための観測体制を整備した。1999年度と2000年度にかけて，伐採予定地の測量，林内気象観測，溪流流出水量測定などを行った。

4. 結果・考察

（1）カラマツ林地上部・地下部現存量，土壌有機炭素集積量の推定

モニタリングサイトとなっている197林班（1958年植栽）及び198林班（1959年植栽）にはカラマツの他に，前生稚樹から成木となったエゾマツや更新した広葉樹がかなり生育しており，それらを合わせた林分の立木密度は197林班が900本/ha，198林班では1100本/haで，40年生のカラマツ人工林としてはやや低い立木密度であった。どちらの植林地も初期植栽密度は2500本/haである。植栽後40年余りを経る間に下刈りと除伐，1985年には列状間伐を行っている。

同じ生育立地条件の200林班で得られたカラマツのみの地上部・地下部現存量は，それぞれ1ヘクタールあたり52.9 ton，13.8 tonであった。林分密度の補正を行って197及び198林班のカラマツのみの現存量は，地上部65.3 ton，地下部17.0 tonと推定された。樹体の炭素含有率を50%と仮定すると，1ヘクタールあたり地上部バイオマスに約33 ton，地下部バイオマスに9 ton，合計42 tonの炭素が貯留されていると推定できる。他の広葉樹などの林分構成個体をすべて合わせると，この値はさらに大きくなる。

土壌に集積した有機炭素推定のために行った土壌調査の結果は表1の通りである。

表1. 苫小牧モニタリングサイトの土壌断面

層位	深さ (cm)	土色 (moist)	記載事項
O1	5-3	—	L層，広葉樹落葉混入
O2	3-0	下部は10YR 1/1.7	FH層
A	0-9	10YR 2/3	細根が発達，弱度の細粒状構造
BC	9-25	10YR 6/4	A層との境界部分に5YR 4/3の斑状部
C1	25-55	10YR 7/2	軽石層
C2	55-100+	10YR 7/2	軽石層

立木の根系のほとんどはA層とBC層上部に集中していたが、大径木の根系は深さ50～60cmのC1層下部まで達していた。有機物を含む黒色の表層土壌は10cm程度で、典型的な火山放出物起源の未熟土壌である。

土壌の仮比重、有機炭素濃度と炭素集積量は以下の通りである。

表2. 苫小牧モニタリングサイトの土壌有機炭素集積量

層位	深さ (cm)	仮比重 (g/ml)	炭素濃度 (g/kg)	炭素貯留量 (kgC/m ²)
A	0-9	0.68	58.8	2.49
BC	9-25	0.90	2.8	0.11
C1	25-55	0.80	0.6	0.02
C2	55-100+	0.74	0.7	0.01

表2から土層1mまでに貯留された有機炭素量は、2.63 kgC/m³と推定された。これは1ヘクタールあたり26.3 tonの炭素量である。また、土層の表層から10cmまでに約95%が集中していることになる。なお、土層1mまでの全窒素集積量は0.20 kgN/m³で、表層のA層には90%が集積していた。

生物活動がもっとも活発と考えられるA層のC/N比は13.8であり、北海道内の針葉樹人工林土壌のA層としてはやや低目のC/N比である。これは水はけの良い立地環境のために、カラマツ針葉等の落葉分解が比較的速いこと、オシダなどC/N比が比較的低い林床植生のリターが供給されているためと考えられる。

モニタリングサイトとなっている苫小牧国有林には、1739年に噴出した樽前山の火山放出物 (Ta-a) が20～30cmの厚さで堆積している。本課題で調査した土壌断面においても、BC層までにあたる深さ25cmまでが1739年のTa-a堆積層に相当する。BC層以深のC1及びC2層は、1667年の火山放出物 (Ta-b) とみられる (北海道火山灰命名委員会 1982)。調査した林分から数百m離れた地点で、林道の排水のために掘削された深さ2m余りの側溝の断面を観察したところ、1.5m以深も調査断面と同様の粗粒質な火山放出物が堆積しており、明瞭な埋没腐植層は見られなかった。樽前山については、有史以前のおよそ9000年前 (8940±160) とされる噴火が過去10000年間では最大とされ、軽石等の粗粒な火山放出物が数mの厚さで堆積していると考えられる。

1739年のTa-a放出物より深い土層には埋没腐植層は見られず、集積した有機炭素量はほとんど無い。降灰以降の植生の成立、最近の植林等の人為改変による炭素蓄積の影響は、表層から25cm以浅のA層-BC層までとみなしてよさそうである。1739年の噴火以後、およそ260年間に2.6 kgC/m²の土壌有機炭素が集積したと仮定すると、年間の土壌有機炭素の集積速度は10.0 gC/m²/yr (0.10 tonC/ha/yr) となる。この土壌有機炭素集積速度は、伊豆大島の降灰後の植生遷移－土壌発達、北米西海岸Shasta山の泥流跡における植生遷移－土壌発達の研究例で推定された値とほぼ一致した集積速度である (Schlesinger 1991)

(2) 北海道の主要土壌に成立したカラマツ林土壌の炭素集積レジム

① 黒色土

北海道の中央部から東部には、火山灰母材の黒色土壌が広域に存在している。この地域の平野部は畑作地帯または酪農地帯であるが、水分条件が過湿でどちらにも適さない地域は生産力の低い落葉広葉樹林であった。第二次大戦以後、緑資源倍增の国策の一環として、このような場所の林地への転換が図られ、道東南部にあるパイロットフォレストも、カラマツ一斉林として造成された。泥炭湿地では排水工事などが並行して行われ、現在カラマツが成林している地域には一部湿地が残っているに過ぎない。

火山灰起源の黒色土の特徴として、埋没層の存在があげられる。過去に成立繁茂していた植生の上に降灰が起こり、それが繰り返し起こるため有機炭素含有率の高い物質を含む層位が埋没している。調査したパイロットフォレストの230林班（1958年植栽）においても、噴出・堆積時期の異なる火山放出物が6段階認められ、埋没A層が4層存在していた。断面の特徴は以下の通りである。

表3. 道東パイロットフォレストにおける土壌断面

層位	深さ (cm)	土色 (moist)	記載事項
O1	12-8	—	L層, ササ落葉混入
O2	8-0		FH層, ササ根茎が密生
IA	0-8	10YR 2/3	粒状構造, 細根が多い
IIB	8-11	10YR 6/4	亜角塊状構造が発達
IIIA	11-28	10YR 2/2	層位境界が波状
IIIB	28-42	10YR 5/4	構造無し, 細根が急激に減少
IVA	42-60	10YR 3/3	砂質
IVB1	60-80	10YR 4/3	砂質
IVB2	80-95	2.5Y 3/3	ローム質
VC	95-103	10YR 6/4	粗流な軽石層
VIA	103-113	10YR 3/3	粘土質, 構造無し
VIB	113-137+	10YR 4/6	粘土質, 構造無し

ローマ数字I, II, III, IV…は、異なる母材（火山放出物）であることを示す。

埋没A層は最表層のIA層, IIIA層, IVA層, VIA層の4層で、いずれも土色は黒みが強かった。植物根はIVA層下部およそ60cmまで分布し、特に表層部にはササの根茎が密生していた。ササに林床が覆われているにもかかわらず、表層付近の層位には乾性傾向を示す粒状構造、亜角塊状構造が見られ、春先から夏にかけて土壌水分が乾燥傾向にあると考えられた。

この地域に堆積した火山放出物は、表層部が雌阿寒岳の火山放出物（Me-a）、その下はカムイヌプリ火山放出物（Km-2a～Km-2fなど）が1～1.5mの厚さで堆積していると考えられる。

Kmシリーズの編年研究は不完全ではあるが、最下層部付近のdatingの結果は、1850±90年B.P.および2280±90年B.P.とされている（北海道火山灰命名委員会 1982）。

各土層ごとの仮比重、有機炭素含有率、炭素集積量は次表の通りである。

表4. 道東パイロットフォレストにおける土壌有機炭素集積量

層位	深さ (cm)	仮比重 (g/ml)	炭素濃度 (g/kg)	炭素貯留量 (kgC/m ²)
IA	0-8	0.50	60.2	2.20
IIB	8-11	0.58	54.4	0.95
IIIA	11-28	0.59	60.4	6.00
IIB	28-42	0.68	20.0	1.90
VA	42-60	0.58	39.7	4.06
VB1	60-80	0.74	19.8	2.76
VB2	80-95	0.87	7.1	0.87
VC	95-103	0.58	12.7	0.05
VIA	103-113	0.60	38.6	2.32
VIB	113-137+	0.67	30.5	4.90

この結果を土層1m (VC層の途中) までについて土壌有機炭素集積量を推定すると、18.8 kgC/m³ (188 tonC/ha) となった。埋没A層は、上記の表に示すように炭素含有率が高く、深さ1m以深でも30 gC/kgを越える層位が存在していた。北海道の黒色土あるいは黒ボク土では、土壌有機炭素集積量が20 kgC/m³ (200 tonC/ha) を越える場合が多いが（高橋・真田 1998）、火山放出物の降灰頻度や粒径によって黒色土あるいは黒ボク土にはかなり幅が生じると考えられる。

カムイヌプリ火山群の降灰時期は確定できないが、前述した二つのdating値の間をとって2065年として土壌有機炭素集積速度を計算すると、9.10 gC/m²/yr (0.091 tonC/ha/yr) となる。この値は、苫小牧のモニタリングサイトで推定した土壌有機炭素集積速度とほぼ等しい結果となった。

土層1mまでの全窒素集積量は1.43 kgN/m³となった。土層全体のCN比は13.1となり、苫小牧のモニタリングサイトのCN比13.7よりやや低かった。

② 褐色森林土

北海道では褐色森林土は広く低山帯に分布している。火山灰起源で土色の黒味が強い表層を伴う場合もあり、以前には黒色土または黒ボク土壌の分布域とされていた地域も、最近のFAOが策定した土壌分類基準ではAndisol（黒色土）の場合、黒色の層位厚が30cm以上とされるので（FAO 1998）、黒色土分布域と褐色森林土分布域との再検討が必要である。

この黒味の強い層位の厚さと、層位の仮比重の大きさが土壌有機炭素の集積量に大きく影響するので、褐色森林土の土壌有機炭素集積量には大きな幅があることが予想された。本サブテーマでは、札幌市近郊の羊ヶ丘に成立したカラマツ人工林（1974年植栽）で土壌調査を行った。次表

に羊ヶ丘実験林内のカラマツ林土壌の断面概要を示す。

表 5. 札幌市近郊羊ヶ丘実験林の土壌断面

層位	深さ (cm)	土色 (moist)	記載事項
O1	5-3	—	L層, カラマツ新鮮落葉
O2	3-0		F層, 枝打ちによる大枝混入
A1	0-11	10YR 2/2	粒状構造, 細根が多い
A2	11-26	10YR 2/3	亜角塊状構造が発達。非常に硬い。
B1	26-48	7.5YR 4/6	腐植物質の下方浸透が所々あり。
B2	48-78	10YR 4/6	粘土質, 構造無し, 非常に硬い。
B3	78-100+	10YR 4/4	砂壤土, 構造無し, 非常に硬い。

この土壌断面における黒味の強い層位はA1及びA2層で、合計の層厚は26cmであった。次の表に示すように、A1層とA2層の仮比重の値がともに 0.9 g/cm^3 を越えるので、層厚と仮比重の二つの基準でFAOのAndisols（黒色土または黒ボク土）基準を満たさない。この地域の土壌には、広域に降灰をもたらした樽前山の1739年の細粒放出物が表層付近に含まれることもあり、また下層の堅密な土層の母材は輪厚砂礫層で透水性が低い。

表 6. 札幌市近郊羊ヶ丘実験林の土壌有機炭素集積量

層位	深さ (cm)	仮比重 (g/ml)	炭素濃度 (g/kg)	炭素貯留量 (kgC/m^2)
A1	0-11	0.91	41.4	4.10
A2	11-26	0.99	44.2	6.57
B1	26-48	1.31	13.1	3.76
B2	48-78	1.25	7.6	2.84
B3	78-100+	1.74	2.7	0.88

土層1mまでの土壌有機炭素集積量を推定した結果、 18.1 kgC/m^3 (181 tonC/ha) となった。これは、北海道に分布する褐色森林土としては平均的な土壌有機炭素集積量の範囲と考えられる（高橋・真田 1998）。火山灰起源の土壌では下層土に達しても仮比重が小さいが、砂礫層を母材とする羊ヶ丘実験林の土壌では仮比重が下層土では1.2を越えている。表層でも1.0前後と高く、有機炭素含有率がある程度高くかつ仮比重が大きいために、推定される土壌有機炭素集積量は大きな値となっている。

土層1mまでの全窒素集積量は 1.36 kgN/m^3 となった。この結果CN比は13.4となり、苫小牧モニ

タリングサイトと道東パイロットフォレストの中間の値となった。

③ 褐色森林土（重粘土質）

北海道の道南，道央，十勝を含めた道東には広範に火山灰の降灰が認められ，土壌には何らかの影響が認められる。道北部においても利尻火山からの放出物の堆積が見られるが，新生代新第三紀の砂岩・泥岩を主とする地域が広く分布している。いわゆる重粘土質土壌とされる地域のカラマツ人工林について調査を行った。なお，このカラマツ人工林は森林群落発達の長期追跡モニタリングサイトとして選定した針広混交林に隣接した立地にある。土壌断面の特徴は以下の表に示すとおりである。

表 7. 北海道大学天塩演習林，カラマツ人工林の土壌断面

層位	深さ (cm)	土色 (moist)	記載事項
O1	9-7	—	L層，ササ落葉混入
O2	7-0		F層，多量のササ桿混入
A	0-9	10YR 2/2	亜角塊状構造，粘土質，細根が多い
B1	9-22	10YR 2/3	亜角塊状構造，粘土質。
B2g	22-50	7.5YR 4/6	構造無し，粘土質，グライ班。
Cg	50-60+	10YR 4/6	構造無し，粘土質，明瞭なグライ班，非常に硬い，地下水の湧出。

下層土の粘土含有量が高いために透水性が低く，停滞水の影響と見られる明瞭なグライ班が認められ，わずか60cm程度の深さの土層で，粗孔隙（マクロポア）からの地下水湧出が発生していた。一方，表層では乾燥傾向を示すはっきりした亜角塊状構造が現れており，ササ根茎が表層部分の水移動に与える影響が示唆された。表層から下層まで，どの層位も粘土含量の高さを示す可塑性を示した。土壌有機炭素集積量の推定結果を次表に示す。

表 8. 北海道大学天塩演習林，カラマツ人工林の土壌有機炭素集積量

層位	深さ (cm)	仮比重 (g/ml)	炭素濃度 (g/kg)	炭素貯留量 (kgC/m ²)
A	0-9	0.44	72.7	2.79
B1	9-22	1.02	18.7	2.35
B2g	22-50	1.20	5.7	1.70
Cg	50-60+	1.29	3.3	1.88

このカラマツ人工林は植栽20年余りを経過しており，林冠はほぼ閉鎖状態に達し，林床にはサ

サが密生している。しかしながら、表層のA層厚は9cmと薄い。カラマツの人工林に林種転換した後に表土流亡等が発生したため、養分物質を多量に含む表層土の厚さは人工林成立後20年余りでは天然林のレベルまで回復していないことを示している可能性がある。

A層厚が薄い結果、土層1mまでの土壤有機炭素集積量は、 8.72 kgC/m^3 (87.2 tonC/ha) となった。これは褐色森林土としては低い値である。全窒素集積量は 0.74 kgN/m^3 、CN比は11.7となり、他のカラマツ人工林の土壤より低い値になった。

(3) 森林群落発達の長期追跡モニタリングサイト整備

おおよそ北緯45度ー東経142度に位置する観測サイトは、平坦な尾根部といくつかの小沢を含む山地小流域である。対象となる森林は、北海道に広く分布する針広混交林であり、トドマツ、エゾマツ、ミズナラ、シラカンバ、ダケカンバ、イタヤカエデなどが主要な林冠構成樹種である (Koike et al. 2001)。その中に設定されたカラマツの新植予定地は13.7haで、2001年度に天然林伐採・植栽のはこびとなる予定である。

① 天然生針広混交林の土壤有機炭素集積量

伐採前の状態を把握するため、林内環境測定、溪流水流出状況の観測などの他に、天然生の針広混交林下における土壤有機炭素集積量の推定を行った。土壤断面の特徴は以下の表に記すとおりである。

表 9. 北海道大学天塩演習林、針広混交林の土壤断面

層位	深さ (cm)	土色 (moist)	記載事項
O1	7-5	—	L層, ササ落葉混入
O2	5-0		F層, 多量のササ桿混入
A	0-14	10YR 2/3	亜角塊状構造, 細根が多い
B1	14-30	10YR 6/4	亜角塊状構造, 粘土質。
B2	30-46	2.5Y 6/3	構造無し, 粘土質, 多少グライ班あり。
BCg	46-75	2.5Y 6/2	構造無し, 粘土質, グライ班あり。
C	75+	2.5Y6/4	地下水の湧出。

天然生針広混交林下の土壤断面は、隣接する20年生カラマツ人工林よりもA層が厚く、B1層からBCg層にかけて、有機物混入を示す暗色部分 (5YR 3/3) が認められた。これらは枯死した大径根が腐朽・分解したもの、あるいは土壤動物の攪拌作用によるものと考えられる。B1層下部の深さ30cmまで亜角塊状の土壤構造が発達していた。いずれの層位も粘土含有率の高さを示す可塑性を持っていた。B2層とBCg層に見られたグライ班は、どちらの層位でも周囲と明瞭な色調差を持ち、班紋 (mottling) の部位は明るい黄褐色 (10YR 6/8) を呈していた。土壤の粗孔隙からの地下水湧出は、土層75cmの深さで発生していた。

次に、針広混交林下の土壌における有機炭素集積量の推定結果を示す。

表 1 0. 北海道大学天塩演習林、針広混交林の土壌有機炭素集積量

層位	深さ (cm)	仮比重 (g/ml)	炭素濃度 (g/kg)	炭素貯留量 (kgC/m ²)
A	0-14	0.61	87.2	6.87
B1	14-30	0.70	23.8	2.65
B2	30-46	0.85	25.5	3.43
BCg	46-75	1.02	10.0	2.97
C	75+	1.29	3.3	0.94

同じ流域のカラマツ人工林の土壌断面と比較してみると、天然生針広混交林下の土壌断面ではA層が厚く、仮比重1.0以下の層位がB1-B2と続いている。それとは対照的にカラマツ人工林では、A層の下から仮比重が1.0を越える土層となっている（前出の表 8 参照）。仮比重は1.0以下ではあるが、有機炭素含有率の比較的高い層位を持つ天然生針広混交林下の土壌の方が土壌有機炭素の集積量は多い結果となった。土層1mまでの集積量は15.9 kgC/m³ (159 tonC/ha) であり、全窒素集積量は1.03 kgN/m³となった。土層全体のCN比は15.5となり、火山灰母材のカラマツ人工林土壌、褐色森林土のカラマツ林土壌より高くなっていた。

② モニタリングサイトの環境測定結果

北海道大学天塩演習林における1999年4月から2000年3月までの年平均気温は5.9℃であった。この期間の最高気温は31.6℃、最低気温は-31.0℃で、日平均の温度較差は10.2℃となった。同期間の風速データによれば、日平均風速は2.0m/secであり、1月後半から2月前半に風速は最も強くなっていた。季節別の風向頻度は南西―北東の風が卓越していた。図1に日平均気温の変化、図2に平均風速の変化、図3に季節別の風向頻度分布を示した。天塩演習林の降水及び降雪を図4と図5に示す。総降雨量は1011mmで、7月後半に集中した降雨イベントが見られた。11月後半から根雪となり、消雪は4月下旬であった。最大積雪深は118cmで、北海道の他の内陸部と同程度の最大積雪深を記録した。モニタリングサイトの予定地となる試験域にある小流域で、1999年11月下旬から2000年7月にかけて行った流出水観測の結果を図6に示す。12月上旬には冬季の渇水時期に入り、3月下旬まで続いていた。4月上旬から融雪が本格的に始まり、溪流への流出量は著しく増加する。図7に示す融雪期のハイドログラフから明らかなように、好天が続くと日中の融雪水によるピークが明瞭に現れる。

モニタリングサイトの林内気象を2000年8月から11月にかけて観測し、その結果の一部を図8に示した。2000年の降水量1048mmのうち、約50%にあたる519mmの降雨がこの期間に集中していた。最大日射量の値は11.64MJ/m²/dayで、針広混交林の林内日射量は外部日射量のおよそ50%であった。林内の相対湿度は80%前後で推移していた。観測期間中の林内風速は、最高0.47m/secであった。10月下旬から落葉が始まり、林内空間が疎になるに従い林内風速は次第に増加していた。

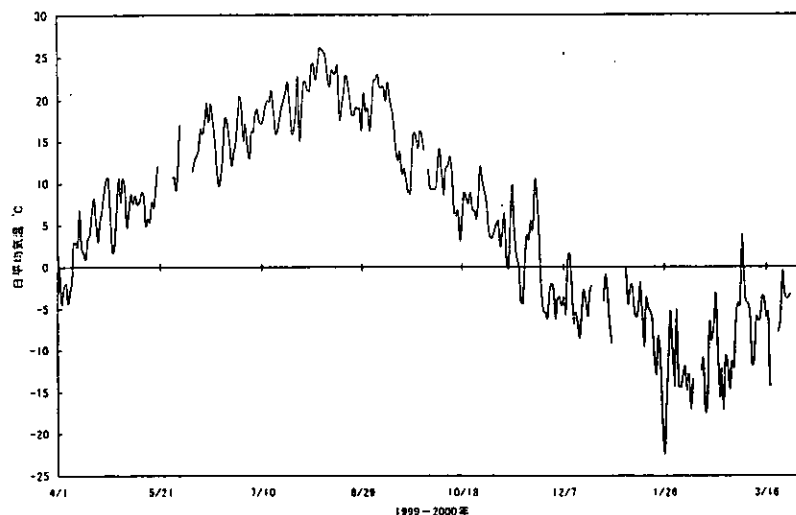


図 1. 北海道大学天塩演習林における日平均気温(1999.4~2000.3)

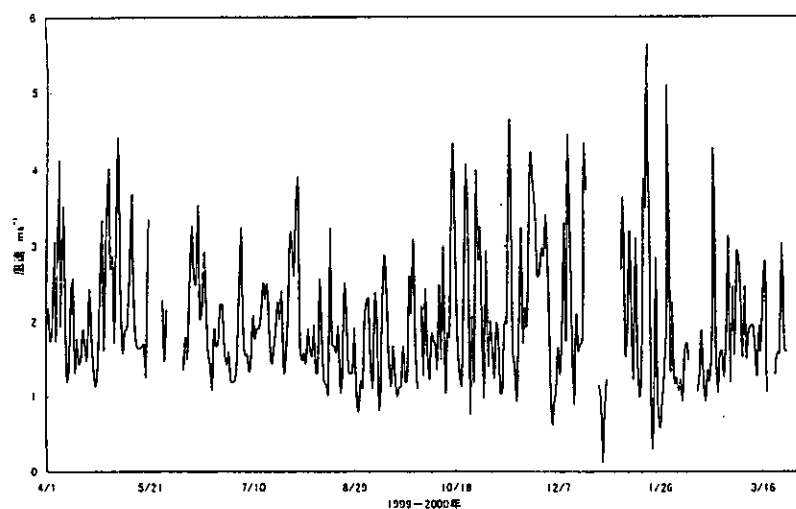


図 2. 北海道大学天塩演習林における日平均風速 (1999.4~2000.3)

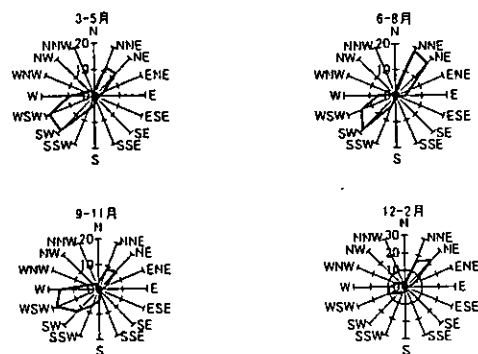


図 3. 北海道大学天塩演習林における季節別の風向

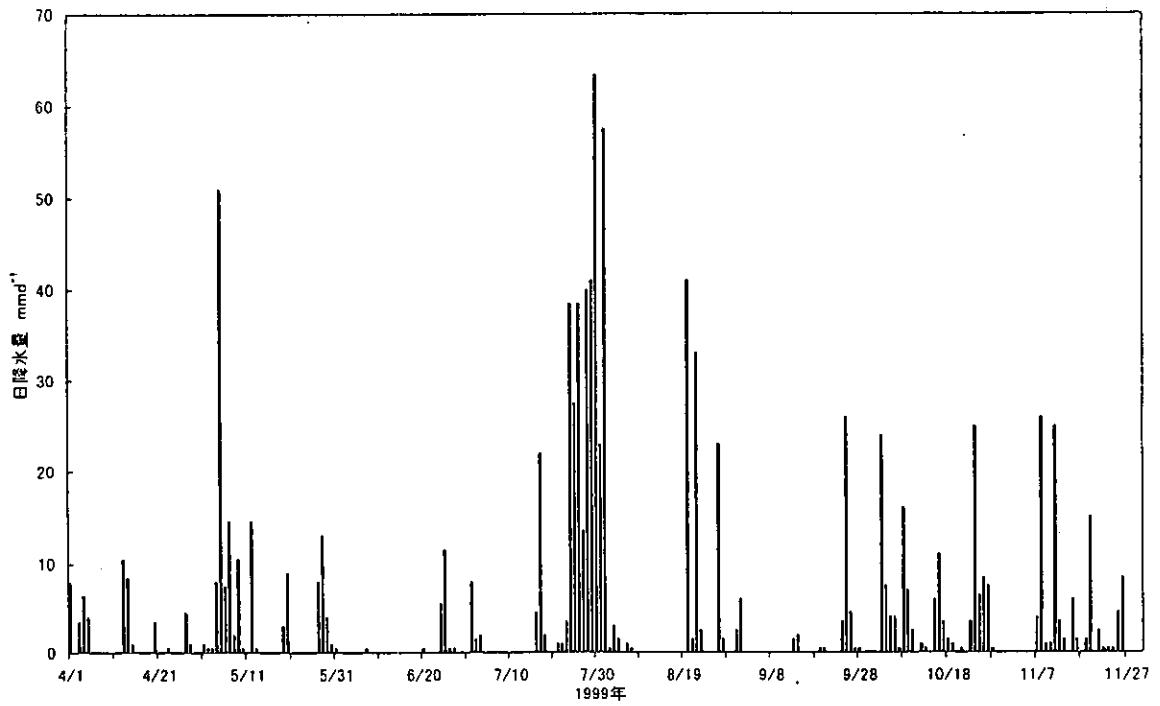


図 4. 北海道大学天塩演習林における降水量 (1999.4～1999.11)

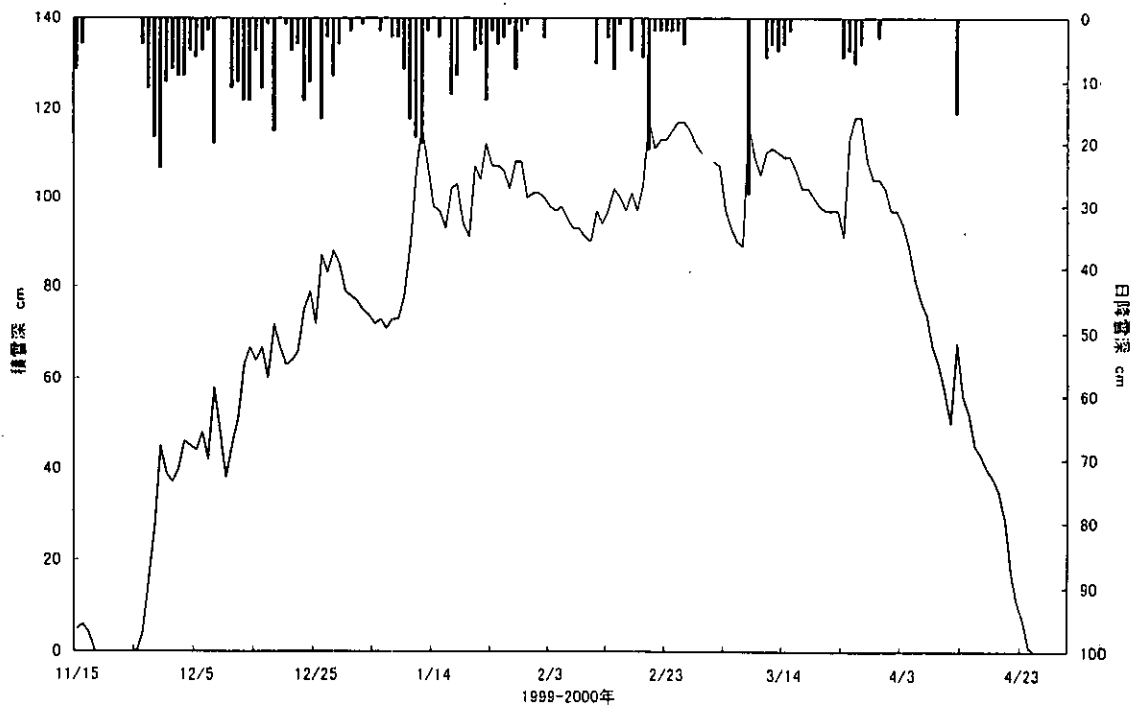


図 5. 北海道大学天塩演習林における降雪量と積雪深 (1999～2000)

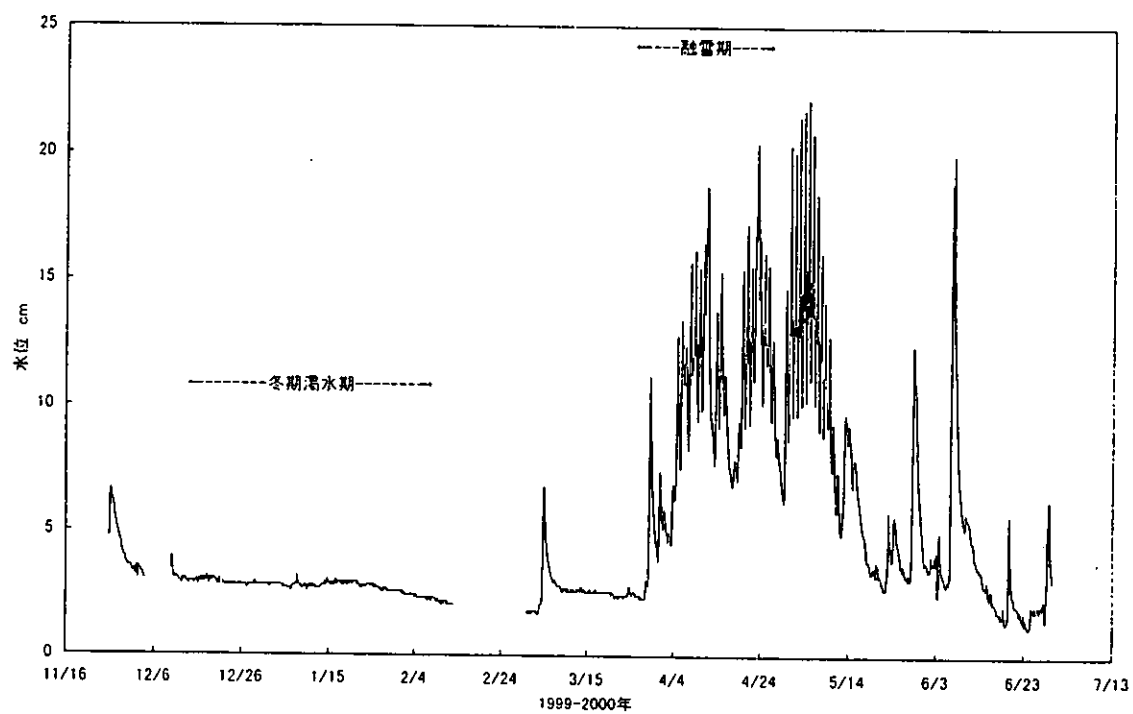


図 6. モニタリングサイト予定林分付近の溪流流出量

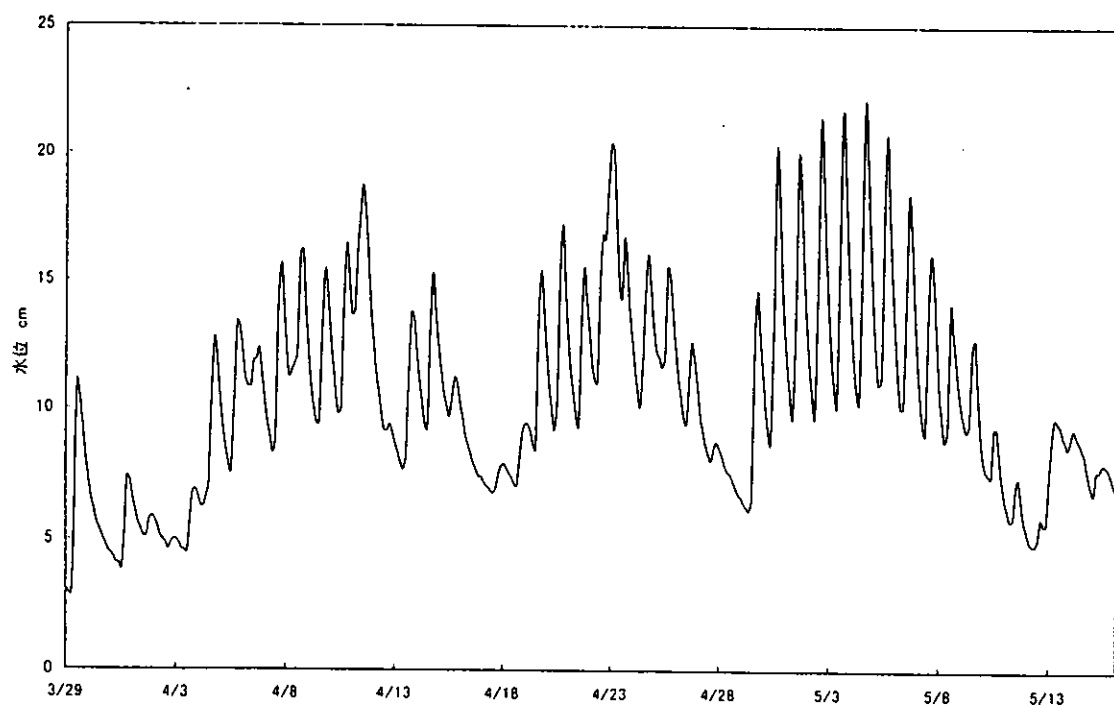


図 7. モニタリングサイト予定林分付近の融雪期ハイドログラフ

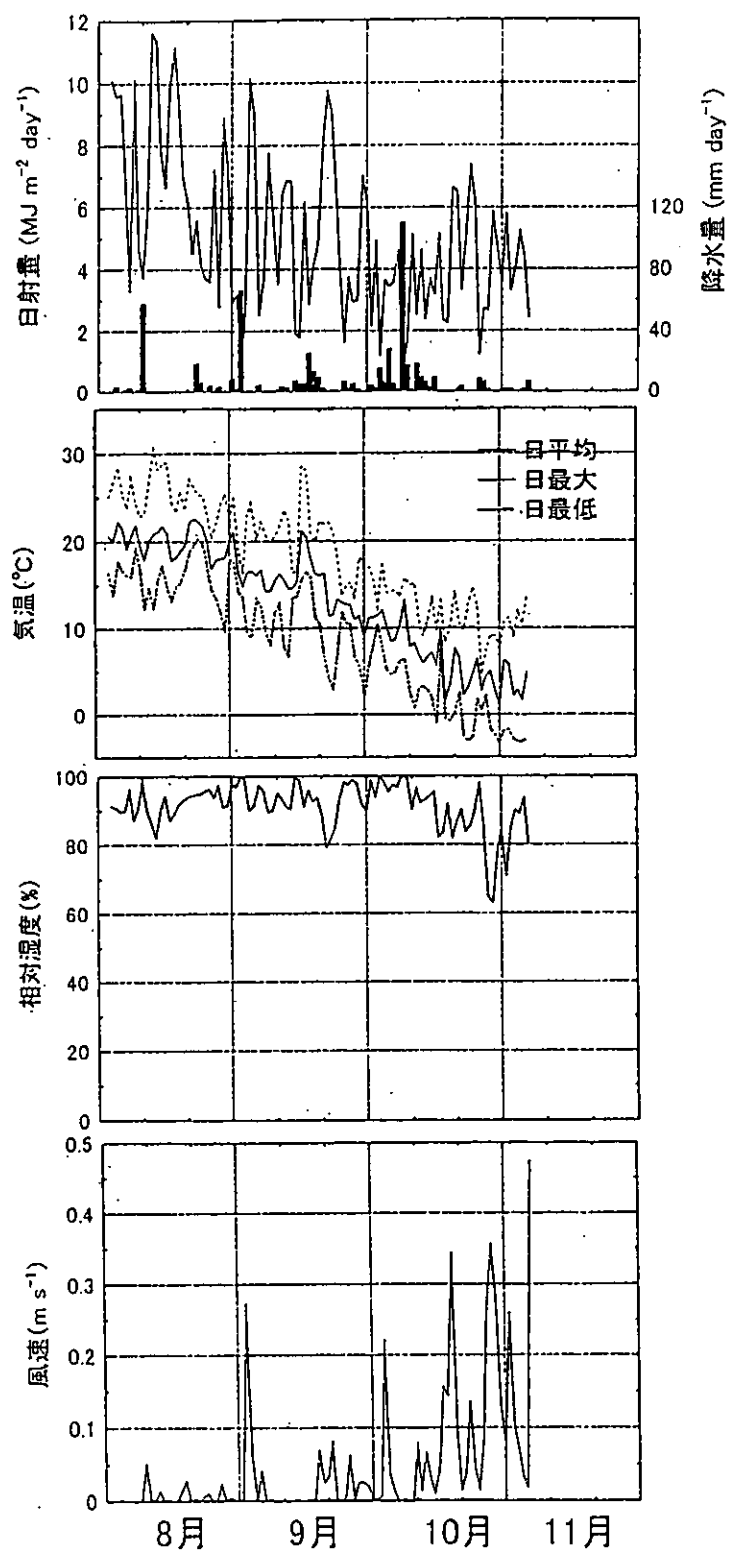


図8. 針広混交林の林内環境 (2000.8~2000.11)

日射量と降水量については日積算値, その他は日平均値をプロットした。

5. 本研究より得られた成果

北海道南西部の苫小牧周辺、火山放出物起源の未熟土壤に成林したカラマツ人工林1ヘクタールあたりの炭素貯留量は、カラマツの地上部に約33 ton, 地下部に9 ton, 土壤に有機炭素として26 tonと推定された。地上部現存量と地下部現存量における有機炭素分布比率はおよそ4:1で、土壤有機炭素を含めると、地上部と地下部の有機炭素存在比率はほぼ1:1となった。

6. 引用文献

FAO 1998. World Reference Base for Soil Resources. 88pp, FAO, Rome.

北海道火山灰命名委員会 1982. 北海道の火山灰.

Schlesinger WH 1991. Biogeochemistry. 443pp., Academic Press, Inc., San Diego.

高橋正通・真田悦子 1998. 地球の炭素分布と森林土壤の炭素量.

森林総合研究所北海道支所研究レポート No.46, 1-5.

[国際共同研究の情勢]

国際的な研究の潮流として、フラックス観測による炭素収支と、生態学的手法による成長量インベントリーデータから求めた生態系の収支とのクロスチェックが行われつつある。カナダで実施されたBOREAS研究計画ではこのことを受けて、タワーサイトの観測の他に大規模な森林伐倒調査が展開された。アメリカでは様々なタイプの森林に整備された長期生態学観測サイトを利用して、得られた純一次生産速度 (NPP) と土壤呼吸速度を差し引いた純生態系生産 (NEP) の関係が研究され、タワー観測によるフラックスからの計算値がうまく合うかどうかの検証が進められており、農耕地や放牧地、森林のそれぞれについての炭素収支計算が目標とされている。

本課題においてもこのようなクロスチェックは重要であり、各サブテーマで得られた成果の総合化が大きな意味を持つと考えられる。しかしながら研究期間が2年度という制約があり、異なる時期における生態学的手法の推定値を得るには至らなかった。国際的な共同研究に発展させ、また気候帯間の比較を進めるために、長期観測を可能にする研究体制と研究期間を確保することが国際的に伍していく上で必要である。

[研究成果の発表状況]

(1) 誌上发表

- ①酒井佳美, 高橋正通: 日本林学会北海道支部論文集, 47:96-98, 1999. トドマツ・アカエゾマツ・カラマツの地下部バイオマス.
- ②Kitaoka S, Mori S, Matsuura Y, Abaimov AP, Sugishita Y, Satoh F, Sasa K, Koike T.; Proceedings of the 8th symposium on the joint Siberian permafrost studies between Japan and Russia in 1999, 49-54pp, (2000), "Comparison between the photosynthetic characteristics of larch species grown in northern Japan and central Siberia."
- ③石 福臣, 王 文杰, 北岡 哲, 松浦陽次郎, 笹 賀一郎, 小池孝良: 日本林学会北海道支

部論文集, 49:39-41,2001. カラマツとトドマツ人工林の土壌呼吸の比較.

- ④Koike T, Honjo H, Naniwa A, Ashiya D, Sugata S, Sugishita Y, Kobayashi M, Nomura M, Akibayashi Y, Nakajima J, Takagi K, Shibata H, Satoh F, Wang W, Takada M, Fujinuma Y, Shi F, Matsuura Y, Sasa K: Eurasian Journal of Forest Research, 2:65-79, (2001), “Basic data for CO₂ flux monitoring of a young larch plantation -Current status of a mature, mixed conifer-broadleaf forest stand.”

(2) 口頭発表

無し。

(3) 出願特許

無し。

(4) 受賞など

無し。

(5) 一般への公表・報道等

無し。