

様式 (二)

論文の内容の要旨

農学国際専攻
平成19年度博士課程 入学
氏名 酒井 寿夫
指導教員名 田内 裕之

論文題目 人間活動が森林の土壌炭素動態に及ぼす影響に関する研究

森林生態系は地球上で巨大な炭素プールの一つであり、そこでの人間活動が大気に及ぼす影響は無視できないと考えられている。IPCC（気候変動に関する政府間パネル）は大気中のCO₂濃度予測シナリオにもとづいて、気候変動の予測を行っている。そのため森林における炭素収支の推定精度の向上は、IPCCの温暖化予測に貢献する。森林における人間活動は、将来の経済の状況によっても変化するので、こうした状況に対応するにはモデルの開発が最適と考えられる。一方、既に始まっている京都議定書の第一約束期間（2008～2012）では、森林による炭素吸収量を計上するために、IPCCのガイドラインに基づいた報告書を作成する必要があり、森林は地上部・地下部のバイオマスだけでなく、土壌、リター、枯死木の炭素プールについても報告する必要がある。しかもこの枠組みは今後も継続していくと予想される。そこで本研究では、気候変動枠組み条約にも対応可能な森林の炭素収支モデルを構築すること、そして現在情報が不足している人間活動（森林施業）が土壌、リター、枯死木の炭素ストック量に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。

本研究では、日本の森林における人間活動が土壌炭素動態に及ぼす影響について

て、モデルアプローチにより明らかにすることを目標とし、5つの章で構成した。第1章では、人間活動が森林のバイオマス以外の炭素収支に及ぼす影響を調べる意義について述べた。第2章では、森林における人間活動が土壌炭素収支に及ぼす影響の実態について、既往の文献とスギ、ヒノキの新規植林地を対象にした野外調査により明らかにした。第3章では、生態系の炭素動態モデルとして世界で広く用いられている CENTURY (Parton et al. 1987) をベースに、日本の森林に対応したモデル CENTURY-jfos を開発した。第4章では、CENTURY-jfos により森林施業が枯死木、リター、土壌の炭素ストック量の短期的変動に及ぼす影響を明らかにした。さらに、短伐期化、長伐期化の影響、林地の枝葉残渣の扱い、気象条件や樹種特性の影響について明らかにした。第5章では、温暖化が森林生態系に及ぼす影響について、想定されるシナリオをもとに、その影響規模を予測した。

モデルは CENTURY をベースに、生産量を再現しやすいように森林モデルを変更した。全国的な統計データである収穫予想表の成長量を参考に、森林モデルのパラメータを決定した。この CENTURY-jfos が実際に計算している森林の成長量は、林齢 0-80 年における平均の NPP (純一次生産量) はスギ林で $7.36-8.68 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 、ヒノキ林で $6.98-7.79 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 、カラマツ林で $4.91-5.17 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 、トドマツ林で $5.96 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 、アカエゾマツ林で $5.94 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 、マツ林で $6.46 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 、そして落葉広葉樹で $5.54 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ であった。只木・蜂屋(1968)は日本を代表する森林についての NPP (支持根を含む) を整理しているが、それぞれの NPP の平均値 (n は調査地点数) はスギ林で $9.1 \pm 2.8 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ (n = 92)、ヒノキを含む常緑針葉樹林で $6.8 \pm 2.1 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ (n = 46)、カラマツ林で $5.1 \pm 2.2 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ (n = 44)、マツ林で $7.4 \pm 2.1 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ (n = 52)、そして温帯と亜寒帯の落葉広葉樹林で $4.4 \pm 1.5 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ (n = 64) であった。ヒノキと落葉広葉樹林でやや異なっていたものの、只木らが示した各森林の NPP は CENTURY-jfos の計算値とほぼ同等であった。

土壌有機物分解サブモデルについては、既往の文献を参考に枯死木、リター、土壌 (0-30cm) の分解パラメータを決定した。CENTURY-jfos により 60 年伐期を繰り返して定常状態に保った場合における土壌炭素収支バランスについて検討すると、土壌炭素の定常値の範囲は沖縄の $39.1 \text{ Mg C ha}^{-1}$ から北海道の $94.3 \text{ Mg C ha}^{-1}$ であった。これらの値は日本の褐色森林土の 0-30cm に蓄積されている炭素量とほぼ同等であり (Morisada et al., 2004)、CENTURY-jfos によって予測される土壌炭素量は、0-30cm のそれに適用可能と判断された。一方、鉍質土層から放出される土壌有機物分解呼吸については、モデルでは $1.8-4.7 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ であった。スギ、ヒノキ人工林を含む 26 の調査地で調べられた土壌呼吸量の範囲は $2.0-10.0 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ と報告されているが (Ishizuka et al, 2006)、一般的には野外で観測される土壌呼吸

の半分が土壌有機物分解呼吸と考えられていることから (Luo and Zhou, 2006)、CENTURY の土壌有機物分解モデルにより計算される土壌呼吸量は現実の値と比較してもほぼ適正な範囲にあると考えられた。以上から CENTURY-jfos の土壌炭素収支は適正なレベルであると考えられた。

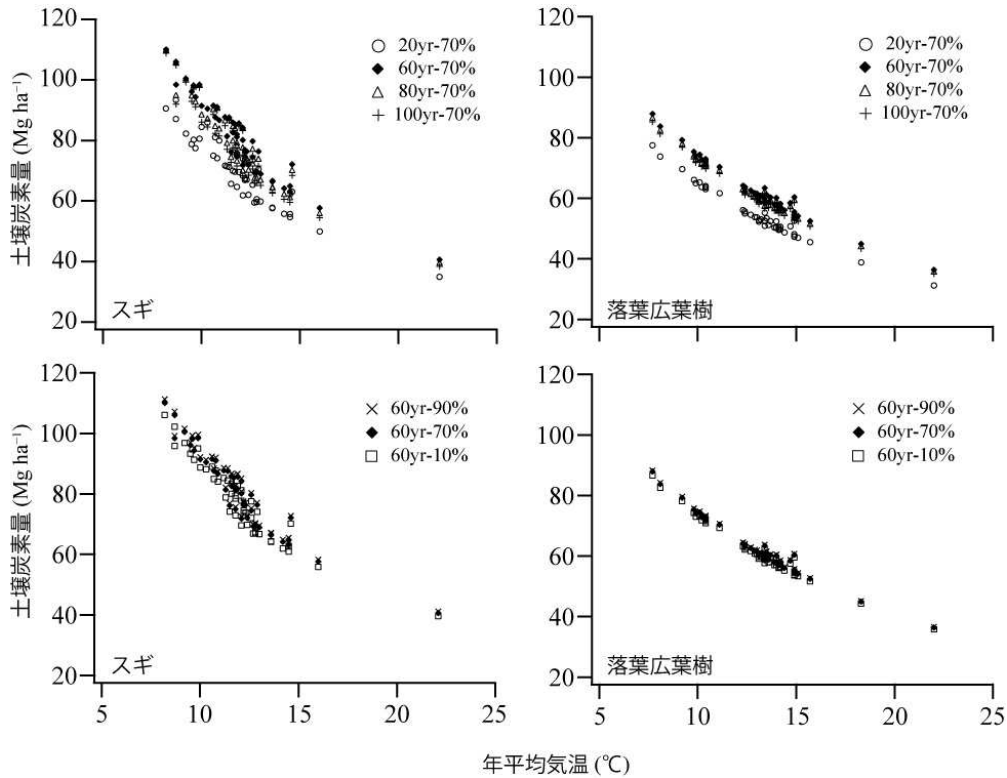


図1 皆伐周期 (20, 60, 80, 100yr) と林地枝葉残渣の量 (10%, 70%, 90%) が土壌炭素貯留量 (Mg C ha^{-1}) に及ぼす影響について

この CENTURY-jfos を用いて、間伐を含む皆伐施業が枯死木、リター、土壌のそれぞれにおける炭素ストック量にどれくらい影響を及ぼすのかについて、モデル中の皆伐周期 (20, 40, 60, 80, 100 年) やその際に発生する林地残渣 (林地に残す枝葉) の量 (10%, 30%, 70%, 90%) を変え、皆伐周期を繰り返すことによって得られる定常状態における一皆伐周期の平均値によって検討した。この結果、皆伐周期の長さは枯死木、リター、土壌の炭素ストック量に大きく影響すると考えられた (図1)。特に、20年周期の短伐期施業は枯死木、リター、土壌の炭素ストック量を大きく減少させる原因となることが明らかとなった。一方、80年や100年周期の長伐期施業もまた、40年や60年周期の施業に比べて若干ではあるが枯死木、リター、土壌の炭素ストック量を減少させることがわかった。枝葉の処理方法もまたリターと土壌の炭素ストック量に影響するが、その影響はとても小さいと予測され

た（図1）。長伐期化は枯死木、リター、土壌の平均的な炭素ストック量の増加にほとんど寄与しなかったが、長伐期施業への変更は長期的には森林の炭素ストック量を増加する方向に作用することも明らかとなった。その理由は長伐期化により森林のバイオマスが増加するからである。また皆伐周期を60年から80年に変えることによって森林全体の炭素ストック量はスギ、ヒノキ、カラマツ林でそれぞれ8.4%、8.0%、6.9%増加すると予測された。長伐期化は森林の平均的な炭素ストック量を増加させるのに有効な方法と考えられた。

モデルシミュレーションの結果から、枯死木、リター、土壌における炭素ストック量の変動は間伐や皆伐の直後からはじまっており、特に伐採による枯死根の発生と分解による増減量が最も大きく、伐採後、少なくとも十数年間はこの部分が炭素の大きな放出源になっていることがわかった（ただし、バイオマス増加を加味すると、森林全体としてはそれほど大きな放出にはならない）。そして、これらの増減はスギやヒノキのように大きな葉量をもち、かつ成長量の大きい植林地で大きくなることがわかった。一方、土壌については、温度も炭素変動量の決める要因の一つであることがわかった。モデルでは気温の増加にともなって土壌炭素変動量が大きくなっていった。これは暖かい地域ほど土壌炭素の減少速度が速いことを示しており、温暖化により暖かい地域ほど土壌有機物の分解が加速される可能性があると考えられた。

気象庁（2005）が発表している日本の温暖化予測（RCM20, 2081～2100年の日本全体の平均気温が現在よりも2.9℃上昇するという予測）シナリオを用いて、地球温暖化が森林全体の炭素量に及ぼす影響について検討した。今のところ温暖化が森林生態系の純生産量に及ぼす影響については明らかにされていないので、温暖化により森林の純生産量が現在よりも+10%、0%、-10%、-20%変化するという仮定条件の下でCENTURY-jfosを用いて解析した。その結果、地球温暖化により森林の純生産量が10%増加するという条件であれば、森林全体としての炭素量の減少はほとんどないが、成長量がそれよりも少ない場合は、森林は炭素の大きな放出源となり、もし純生産量が20%減少した場合は森林全体の炭素量は現在と比べて最大35%くらい減少すると予測された。

主な結論として1) 森林が持続している場合は、森林施業が土壌の炭素収支に及ぼす影響は小さい。2) 伐出により林地に残される根の分解は炭素放出源として大きく作用する（ただし、バイオマス増加を加味すると、森林全体としてはそれほど大きな放出とはならない）。3) 長伐期化により土壌炭素はわずかに減少するが、バイオマス増加により森林全体としての炭素吸収量の増加が期待できる。本研究で構築したモデルCENTURY-jfosによる解析から以上のことが明らかとなった。