

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2009～2013

課題番号：21241002

研究課題名(和文)人工林における間伐が土壌有機物の動態および森林による炭素吸収に及ぼす影響

研究課題名(英文) Effects of thinning on soil organic matter dynamics and carbon budget of artificial forests

研究代表者

東 照雄 (HIGASHI, Teruo)

筑波大学・

・副学長

研究者番号：20094170

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 22,900,000円、(間接経費) 6,870,000円

研究成果の概要(和文)：わが国の代表的人工林であるカラマツ、ヒノキおよびスギ人工林において、間伐が森林の炭素吸収および炭素収支に及ぼす影響について研究した。その結果、林野庁が温暖化対策として進める間伐は、間伐前1年から間伐後2年までの3年間の炭素収支(主に立木による炭素固定量から土壌呼吸量としての炭素放出量を差し引いた量、本研究ではリターフォール量も考慮)のデータに基づき、本研究で当初懸念されていた顕著な悪影響(炭素固定量に対する放出量の増大)を及ぼさないことが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：On the representative artificial forests in Japan including *Larix kaempferi*, *Chamaecyparis obtusa* and *Cryptomeria japonica* the effects of thinning on the carbon fixation and budget of these forests were investigated. As the results obtained thinning of artificial forests, as promoted by the Ministry of forestry and Fisheries, Japan, for the sake of the prevention of global warming, had no apparent negative effects on the carbon budget that was determined by the subtraction of the amounts of carbon release from those of carbon fixation by the relevant forests. that is, little increase in carbon release relative to carbon fixation was observed.

研究分野：土壌環境化学

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：人工林の間伐 土壌有機物 土壌呼吸量 森林の炭素収支 地球温暖化

## 1. 研究開始当初の背景

京都議定書の第一約束期間(2008~2012年)に入り、わが国の森林による炭素吸収を評価するため、森林の炭素吸収量算定に必要な各炭素ストック量(枝葉、幹、根、枯死木、地上に落ちた枝葉、土壌)の正確な算定方法と把握が求められ、森林総合研究所を中心として実施されている。わが国は、IPCCに対して、蓄積変化法による2005・2006年度の森林の炭素吸収量を報告したばかりであるが、それによれば、排出量削減目標に組み込み可能な森林による炭素吸収量は、上限である4767万トン(CO<sub>2</sub>換算)に対して、3722万トンしか達成されていない。この現状に鑑み、農林水産省は、排出量削減目標の対象となる森林経営が行われている森林面積を増加させるため、2007年度より6年間に、330万haにも及ぶ人工林における大規模な間伐を実施する計画である(森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法、2008)。しなしながら、森林の各炭素ストック量の内、とくに土壌には、地上部の約3~4倍の炭素量が土壌有機物として蓄積されており(IPCC、2008)、間伐に伴う地温上昇などの様々な環境要因の変化が、土壌有機物の動態に大きく影響を及ぼすことが想定される。現在、わが国で実施され始めた大規模な人工林の間伐は、地温の上昇や植生変化など様々な環境要因の変化を引き起こし、人工林による炭素吸収量の増加よりむしろ炭素排出量を大きく増加させる可能性があり、人工林の正味の排出量削減に繋がるのかどうか懸念される。

## 2. 研究の目的

本研究では、日本の代表的な3つの人工林(スギ、ヒノキおよびカラマツ林)において、間伐が、人工林全体の炭素収支に及ぼす影響を明らかにし、森林による炭素吸収に基づく排出量削減に対するわが国の施策である間伐の是非について提言することを目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) 研究地点の選定と研究対象コドラートの設定

カラマツ林は、筑波大学農林技術センター川上演習林内に、スギ・ヒノキ人工林は、福島県いわき市湯の岳に研究地点を選定した。土壌型は、林野土壌分類(1975)では、すべて適潤性褐色森林土である。カラマツ、ヒノキおよびスギ人工林に、それぞれ、70m×20m、40m×30m および 30m×30m

四方の研究対象コドラートを設定し、その中に、56、42 および 36ヶ所のサブコドラート(5m×5m)を設けた。

斜面の方位は、カラマツ、ヒノキおよびスギ人工林で、それぞれ、西、南東および南西であり、研究対象コドラートとの斜面上部半分、西側半分および東側半部分を間伐区とした(反対側を、非間伐区とした)。

### (2) 研究地点の地形測量、毎木調査および土壌調査

上記3つの研究対象コドラートにおいて、地形測量、毎木調査および土壌調査を行なった。土壌試料として、コドラートの斜面上部と下部に土壌断面を試抗し、層別土壌試料を採取し、土壌試料の分析により、土壌型を同定した。

### (3) 土壌温度計の埋設と土壌呼吸量測定

各人工林の間伐後における間伐区と非間伐区を想定し、上記(1)のように、大きく2分割し、両区に、それぞれ、10ヶ所ずつ合計20ヶ所のサブコドラートを選び、土壌温度計(おんどとり Jr、5cm 深)を埋設した。土壌呼吸測定装置(ACEステーション、Bioscientific Co., LTD)により、カラマツ林では、2009年10月から、スギ・ヒノキ林では、2010年7月から、定期的に土壌呼吸量の測定を行った。現場におけるACEステーションによる測定には、選定したサブコドラート10ヶ所(土壌温度計を埋設したサブコドラートと同一で、間伐区と非間伐区で、それぞれ5ヶ所)において、土壌表面からほぼ3cmの高さになるよう恒常的に現場に固定された円形のカラー(ステンレス製、内径23cm、高さ10cm)を用いた。

### (4) 間伐の方法

2011年9月にカラマツ林、10月にスギ林およびヒノキ林の間伐を行った(カラマツ林では材積の40%、他の2つの人工林では約25%とした)。間伐材は、幹・枝と葉部を分けて現場に野積みした(野積み材からの炭素放出は無視できた)。間伐後も、各人工林において、間伐前と同様に、サブコドラート定点(カラー設置場所)において土壌呼吸量・地温の測定を行った。

### (5) その他の測定

ほぼ毎月のリターフォール量測定と毎年の毎木調査(胸高直径と樹高測定)を行い、人工林の炭素収支算出の基礎データとした。

#### 4. 研究成果

##### (1) 間伐が地温および土壤呼吸速度に及ぼす影響

本節以降における地温とは、ほぼ月1回の頻度で測定したACEステーション附属温度センサーによる現場測定値と土壤表層5cmの深さに埋設した土壤温度計(データロガー付き)による1時間毎の計測値(土壤呼吸量の現場測定の日時に対応する地温)との間の関係式を用いて、ACE測定値を補正した地温である。

カラマツ人工林では、地温および土壤呼吸速度とともに、月平均値で比較した場合、間伐前1年、間伐後1年および2年の期間で、間伐区と非間伐区との間に統計的有意差は認められなかった。林床に、ミヤコザサが一面に繁茂し、この植生被覆が、間伐による土壤表面への光環境への影響を抑制したためと考えた。ヒノキ人工林では、とくに夏季の土壤呼吸速度において、非間伐区と比較した場合、間伐区で高くなる傾向が認められた。間伐前の森林管理がほとんど行われず、林内照度が極めて低く、間伐によって、とくに夏季の林内の光環境が顕著に影響を受けた結果と考えた。そして、スギ人工林では、ほぼヒノキ人工林と同様な傾向となった。ヒノキ人工林に比較して、地温への間伐の影響は相対的に低かった。しかし、土壤呼吸速度は、同様に夏季に高い傾向を示した。

##### (2) 土壤呼吸速度と地温との関係

既往の多くの研究成果によれば、土壤温度(地温)と土壤呼吸速度の間には、統計学的に有意な指数関数的関係があり、これを用いて、年間の土壤呼吸量を算出することが一般的である。本研究でも、(1)で示した各人工林の土壤呼吸速度と地温(ACE補正温度)の両測定値を用いて解析した。カラマツ人、ヒノキおよびスギ人工林の間伐区と非間伐区において、間伐前と間伐後に分けて地温と土壤呼吸速度の相関分析を行った結果、すべての場合で、高い正の有意な指数関数的相関が得られた(1%水準で有意)。そして、ヒノキ人工林では間伐後の温度依存性が上昇した。

##### (3) 間伐が年間の土壤呼吸量(炭素放出量)に及ぼす影響

各人工林とも同じ算出方法により、年間の土壤呼吸量(炭素放出量)を求めた。つまり、本研究では、1ヶ月の土壤呼吸速度に対して、1日を24時間、1ヶ月を30.5日とし、C/CO<sub>2</sub>の重量換算のため、分子比

12/44を乗じて1ヶ月の炭素放出量の計算を行った。その式を次に示した。

$$1\text{ヶ月の炭素放出量} = 1\text{ヶ月の土壤呼吸速度} \times 24 \times 30.5 \times 12/44$$

炭素放出量はt-C/ha/月で表し、土壤呼吸速度はmgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/hを単位とした。なお、1ヶ月の土壤呼吸速度は、(2)で示した土壤呼吸速度と地温との指数関数的関係式に地温を代入して求めた。地温としては、日毎の平均地温より求められる月毎の平均地温を使用した。そして、間伐を行った月を考慮して、毎月炭素放出量を12ヶ月分合計して、年間の炭素放出量とした。

カラマツ人工林では、間伐区および非間伐区において、それぞれ、間伐1年前では、3.54±0.61および4.25±0.70、間伐後1年で、4.45±0.78および5.16±0.79、間伐後2年で、4.54±0.73および5.01±0.81(単位は、すべてt-C/ha/yr)であった。どの期間も、間伐区と非間伐区との間に、統計学的な有意差は認められなかった。間伐が年間の炭素放出量に対して顕著な影響を与えたとは考え難く、おそらく林床のミヤコザサの植生被覆が大きく影響しているものと考えた。ヒノキ人工林では、カラマツ人工林と同様に示すと、間伐区および非間伐区において、それぞれ、間伐1年前では、5.76±0.55および5.25±0.45、間伐後1年で、5.93±0.57および4.95±0.45、間伐後2年で、5.72±0.58および4.85±0.40(単位は、すべてt-C/ha/yr)であった。両区ともに、間伐後1年で土壤炭素放出量が増加した(非間伐区と5%の有意差あり)。この要因は、間伐区における間伐直後の地温の急激な上昇によるものと考えた。次に、スギ人工林についてみると、炭素放出量は、間伐区および非間伐区において、それぞれ、間伐1年前では、4.88±0.55および5.31±0.45、間伐後1年で、4.88±0.57および5.31±0.41、間伐後2年で、3.77±0.58および4.20±0.43(単位は、すべてt-C/ha/yr)であった。結果的に、間伐の影響は認められなかったが、これは、本地点では、過去の軽微な森林管理のためと考えた。

ヒノキ人工林以外の2つの人工林では、間伐前でも、間伐区で非間伐区よりも土壤呼吸速度が高い傾向にあったが、それを考慮した期間別の年次経過を解析しても、上記に述べたヒノキ人工林の間伐後1年の期間以外では、間伐の炭素放出に対する明らかな正の影響は認められなかった。

(4) 毎木調査に基づく立木の炭素固定量  
 毎木調査を、カラマツ人工林では、間伐前の2009年5月と2011年7月に行い、間伐後の2012年7月と2013年7月に行った。ヒノキ人工林では、2010年8月と2011年8月(間伐前)および2012年9月と2013年12月(間伐後)に行った。スギ人工林では、2010年8月と2011年8月(間伐前)および2012年9月と2013年8月(間伐後)に行った。周囲長を Engineer Pocket (Tajima (株) 製) で測定し、胸高直径に換算した。また、樹高を超音波樹高測定器 (Vertex III, Sweden HAGLOF 社製) を用いて測定した。そして、下記に示すバイオマス推定式 (Hosoda and Iehara, 2010) に従って、調査地内の立木の地上部バイオマス量の算出を行った。例えば、カラマツの場合の算出式の例を以下に示す。

$$W_b = 0.017872D^{1.801722}H^{1.71699}$$

$$W_b = 0.092742D^{2.905918}H^{-1.288063}$$

$$W_f = 0.039307D^{3.696649}H^{-2.213657}$$

ここで、 $W_s$ 、 $W_b$  および  $W_f$  は、それぞれ、幹、枝および葉のバイオマス量であり、 $D$  は胸高直径 (cm)、 $H$  は樹高 (m) である。上記式から得られる地上部バイオマス総量 ( $W_s+W_b+W_f$ ) に加え、地上部と地下部のバイオマス相対比 ( $R$ )、地下根部の容積密度 ( $d: t/m^3$ ) および炭素含有率を用いて、下記式により、立木の総炭素現存量を求めた。

$$\text{立木の総炭素現存量} = (W_s+W_b+W_f) \times (1+R) \times d \times (\text{炭素含有率})$$

ここで、カラマツの場合、 $R$  は 0.25、 $d$  は 0.314、そして、炭素含有率は樹種に関係なく 0.5 とした。このようにして求めた各人工林の間伐区、非間伐区の立木の総炭素現存量の時系列的比較により、立木による年間の炭素固定量の算出を行った。

カラマツ人工林の年間の正味の炭素固定量を算出すると、非間伐区での年平均値は 0.96t-C/ha/yr となった (間伐前1年間で 1.45、間伐後1年間で 0.60、間伐後2年目で 0.84t-C/ha であり、気候条件による年々変動と考えた)。一方、間伐区では、間伐前1年間で 1.32、間伐後1年間で 0.35、間伐後2年目で 0.81t-C/ha となり、非間伐区と同レベルの炭素固定量が認められ、間伐の立木の成長への著しい効果と考えた。ヒノキ人工林の各年のバイオマス総炭素現存量を用いて算出すると、間伐区の間伐前1年で 1.41、間伐後1年間で 2.39、

間伐後2年目で 3.78t-C/ha/yr となった。非間伐区の間伐前で、2.03、間伐後1年で 2.62、間伐後2年目で 3.16t-C/ha/yr となった。もともと間伐区に比べ、非間伐で立木の炭素現存量、固定量が高い傾向が認められたが、間伐後2年目には、逆に間区の方が上回った。ヒノキ林での間伐は、立木の成長に極めて大きな影響があることが明らかとなった。スギ人工林についても、同様に示すと、間伐区の間伐前1年で 3.93、間伐後1年間で 0.72、間伐後2年目で 1.74t-C/ha/yr となった。非間伐区の間伐前1年で、2.45、間伐後1年間で 1.3、間伐後2年目で 1.71t-C/ha/yr となった。このように、スギ人工林では、間伐後、年間の成長量が、間伐区と非間伐区の両区で明らかに減少したが、間伐後2年目では、間伐区で年間の炭素固定量が非間伐区を若干上回った。なお、ヒノキ人工林に比較すると、カラマツ人工林と同様に、間伐が立木の年間の炭素固定量に及ぼす影響は低かった。

#### (5) リターフォール、林床植生および土壌中の炭素現存量

リターフォール量の測定は、プラスチック製のかご (幅 230mm × 奥行 300mm × 高さ 105mm) の底に寒冷紗を敷き、各人工林の全サブコドラートあたり 1 個ずつ、その中央に水平に設置した。ほぼ毎月 1 回程度、かごの中のリターを回収し、実験室に持ち帰り、70 °C で 72 時間乾燥後、乾燥重量を測定した。なお、リターの炭素含有率は、乾燥リターをミキサーで粉末試料とした後、NC アナライザー (SUMIGRAPH NC-900、住化分析センター社製) によって (乾式燃焼法、試料量約 10mg) 定量した。

カラマツ林では、炭素量として計算したリターフォール量は、間伐区および非間伐区で、それぞれ、 $1.92 \pm 0.32$  および  $2.04 \pm 0.31$  t-C/ha (間伐前1年) であり、間伐後1年では、 $1.53 \pm 0.12$  および  $1.76 \pm 0.15$ 、間伐後2年では、 $1.41 \pm 0.25$  および  $1.47 \pm 0.20$  t-C/ha となり、他の研究例と極めてよく似た値を示した。ヒノキ人工林のリターフォール中の炭素量は、間伐区の間伐前で  $3.63 \pm 0.23$ 、間伐後1年で  $4.68 \pm 0.49$ 、間伐後2年で  $4.68 \pm 0.49$  t-C/ha/yr となった。非間伐区では、間伐前で  $3.68 \pm 0.28$ 、間伐後1年で  $4.65 \pm 0.44$ 、間伐後2年で  $4.65 \pm 0.44$  t-C/ha/yr となった。なお、ヒノキ林の 2013 年はデータを回収していないため、間伐区、非間伐区とも間伐後2年目のデータは間伐後1年のデータを用いた。

次に、スギ人工林については、毎年のデータが得られず、信頼性が高い間伐前のデータを間伐後も適用した。その値は、間伐区で  $6.24 \pm 0.58$  および非間伐区で  $5.13 \pm 0.43 \text{t-C/ha/yr}$  であった。

ところで、最終的に人工林全体の炭素収支を論議する場合、上記リターフォール量の取り扱いが重要である。リターフォール量は、人工林内での炭素のフローでありこのリターフォール量を各年度の炭素固定量として取り扱うには問題があるが、本研究では、上限の固定量として考慮した。

#### (6) 各人工林の炭素収支

炭素固定量から炭素放出量を差引いた炭素収支について、各人工林の間伐区と非間伐区における、間伐前1年、間伐後1年そして間伐後2年目の値を下表に示した。

カラマツ人工林は、間伐前、非間伐区より相対的に高い間伐区でも  $+0.85 \text{t-C/ha/yr}$  と、もともと炭素固定能が低い人工林であった。間伐後は、本研究で当初懸念されたように、炭素収支が間伐によってマイナスになり、放出量が固定量を上回った。ただし、非間伐区でも同様にマイナスになっており、当該年度の気候環境などの影響

がより強かったのかもしれない。間伐後2年目もマイナスであった(相対的に固定量は増加したものの)。ヒノキ人工林では、間伐前、森林管理が悪い人工林であったことを反映して、とくに間伐区ではマイナス  $0.72 \text{t-C/ha/yr}$  の炭素収支であった(非間伐区では、わずかにプラスではあるものの)。この人工林では、非間伐区は、もともと、炭素収支が間伐区より相対的に高く、この傾向は、間伐後も変化がなかった。注目すべきは、間伐区で、間伐後、炭素収支のマイナス値がさらに増加することは無く、約  $+1 \text{t-C/ha/yr}$  ( $+1.14$  と  $+0.94$ ) の値を示したことである。つまり、間伐により、炭素収支がさらに悪化するのではなく、間伐によって、森林の固定量が間伐前より相対的に増加したことである。スギ人工林では、間伐区の間伐前の炭素収支がとくに高くなったが、間伐後1年目に半減するものの(炭素放出量が固定量に対して相対的に増加するものの)間伐後2年目には早くも間伐前の炭素収支の値に近づく傾向を示した。非間伐区でも間伐後1年目は炭素収支が悪くなったが、2年目には間伐前と同等のレベルとなった。

カラマツ人工林				ヒノキ人工林				スギ人工林						
間伐区		非間伐区		間伐区		非間伐区		間伐区		非間伐区				
期間	固定量および放出量	炭素収支	期間	固定量および放出量	炭素収支	期間	固定量および放出量	炭素収支	期間	固定量および放出量	炭素収支			
間伐前	立木による炭素固定量	1.32	$+0.85 \pm 0.24$	間伐前	立木による炭素固定量	1.45	$+0.39 \pm 0.35$	間伐前	立木による炭素固定量	2.03	$+0.46 \pm 0.17$			
	ササによる炭素固定量	$1.15 \pm 0.05$			ササによる炭素固定量	$1.15 \pm 0.05$			リターフォール	$3.68 \pm 0.28$				
	リターフォール	$1.92 \pm 0.32$			リターフォール	$2.04 \pm 0.31$			リターフォール	$5.13 \pm 0.43$				
	土壌からの炭素放出量	$3.54 \pm 0.61$			土壌からの炭素放出量	$4.25 \pm 0.70$			土壌からの炭素放出量	$5.31 \pm 0.45$				
間伐1年後	立木による炭素固定量	0.35	$-1.42 \pm 0.61$	間伐1年後	立木による炭素固定量	0.60	$-1.65 \pm 0.59$	間伐1年後	立木による炭素固定量	2.62	$+2.32 \pm 0.01$			
	ササによる炭素固定量	$1.15 \pm 0.05$			ササによる炭素固定量	$1.15 \pm 0.05$			リターフォール	$4.65 \pm 0.44$				
	リターフォール	$1.53 \pm 0.12$			リターフォール	$1.76 \pm 0.15$			リターフォール	$4.95 \pm 0.45$				
	土壌からの炭素放出量	$4.45 \pm 0.78$			土壌からの炭素放出量	$5.16 \pm 0.79$			土壌からの炭素放出量	$4.95 \pm 0.45$				
間伐2年後	立木による炭素固定量	0.81	$-1.17 \pm 0.43$	間伐2年後	立木による炭素固定量	0.84	$-1.55 \pm 0.56$	間伐2年後	立木による炭素固定量	3.16	$+2.96 \pm 0.04$			
	ササによる炭素固定量	$1.15 \pm 0.05$			ササによる炭素固定量	$1.15 \pm 0.05$			リターフォール	$4.65 \pm 0.44$				
	リターフォール	$1.41 \pm 0.25$			リターフォール	$1.47 \pm 0.20$			リターフォール	$4.85 \pm 0.40$				
	土壌からの炭素放出量	$4.54 \pm 0.73$			土壌からの炭素放出量	$5.01 \pm 0.81$			土壌からの炭素放出量	$4.85 \pm 0.40$				
間伐前	立木による炭素固定量	3.93	$+5.29 \pm 0.03$	間伐前	立木による炭素固定量	2.45	$+2.27 \pm 0.02$	間伐前	立木による炭素固定量	2.45	$+2.27 \pm 0.02$			
	リターフォール	$6.24 \pm 0.58$			リターフォール	$5.13 \pm 0.43$			リターフォール	$5.13 \pm 0.43$				
	土壌からの炭素放出量	$4.88 \pm 0.55$			土壌からの炭素放出量	$5.31 \pm 0.45$			土壌からの炭素放出量	$5.31 \pm 0.45$				
	間伐1年後	立木による炭素固定量			0.72	間伐1年後			立木による炭素固定量	1.31		間伐1年後	立木による炭素固定量	1.31
間伐1年後	リターフォール	$6.24 \pm 0.58$	$+2.08 \pm 0.01$	間伐1年後	リターフォール	$5.13 \pm 0.43$	$+1.13 \pm 0.02$	間伐1年後	リターフォール	$5.13 \pm 0.43$	$+1.13 \pm 0.02$			
	土壌からの炭素放出量	$4.88 \pm 0.57$			土壌からの炭素放出量	$5.31 \pm 0.41$			土壌からの炭素放出量	$5.31 \pm 0.41$				
	間伐2年後	立木による炭素固定量			1.74	間伐2年後			立木による炭素固定量	1.71		間伐2年後	立木による炭素固定量	1.71
	リターフォール	$6.24 \pm 0.58$			リターフォール	$5.13 \pm 0.43$			リターフォール	$5.13 \pm 0.43$				
間伐2年後	土壌からの炭素放出量	$3.77 \pm 0.58$	$+4.21 \pm 0.00$	間伐2年後	土壌からの炭素放出量	$4.20 \pm 0.43$	$+2.64 \pm 0.00$	間伐2年後	土壌からの炭素放出量	$4.20 \pm 0.43$	$+2.64 \pm 0.00$			

以上に述べたように、本研究で対象とした3つの人工林において、間伐による森林の炭素収支への影響に関して、本研究の背景として当初懸念したような課題、すなわち、“間伐によって森林の炭素放出が固定量に対して相対的に増加し森林の炭素収支が極端に悪化する”という現象は、各人工林で多少の差異はあるものの、本研究では認められなかった。このことは、わが国で2007年度より330万haにも及ぶ面積で展開されてきた間伐事業の正当性を裏付けるデータとして貴重なものであると考えられた。なお、研究成果の公表の準備が整ったので、今後、関連雑誌に投稿を予定している。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計9件)

(1) 風戸恵津子・上條隆志・田村憲司・東照雄、カラマツ人工林における間伐の土壤呼吸速度に及ぼす影響、日本土壤肥料学会関東支部大会(2013年12月07日、東京大学農学部)

(2) 中泉堯・上條隆志・五味高志・恩田裕一、福島・栃木サイトのスギ・ヒノキ人工林における間伐前後の下層植生の変化、第124回日本森林学会大会(2013年3月26日、岩手大学学生センター)

(3) 風戸恵津子・東照雄・茂木もも子・原田徹・田村憲司・上條隆志、カラマツ人工林の間伐による土壤呼吸量及の短期的変化、中部山岳地域環境変動研究機構 2012年次研究報告会(2012年12月13日、高山市民文化会館)

(4) 風戸恵津子・東照雄・茂木もも子・原田徹・田村憲司・上條隆志、カラマツ人工林の間伐による土壤呼吸量及び炭素収支の短期的変化、日本土壤肥料学会 2012年度鳥取大会 2012年9月6日、鳥取大学広報センター)

(5) 村松義昭・上條隆志・東照雄・清野達之、カラマツ林における切り捨て間伐材の細片化と分解速度、第123回日本森林学会大会(2012年3月27日、宇都宮大学農学部)

(6) Harada, T., Higashi, T., Mogi, M., Kami jyo, T., Soil respiration and carbon budget in poorly managed *Cryptomeria japonica* stand as compared with *Chamaecyparis obtusa* and *Larix*

*kaempferi* stand, The 5<sup>th</sup> EAFES International Congress (第5回東アジア生態学連合大会). (2012年3月20日、龍谷大学瀬田キャンパス)

(7) Mogi, M., Higashi, T., Tamura, K., Kami jyo, T., Effects of thinning on soil respiration in a hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa*) stand, The 5th EAFES International Congress (第5回東アジア生態学連合大会), (2012年3月19日、龍谷大学瀬田キャンパス)

(8) 中泉堯・上條隆志、福島県湯ノ岳のスギ・ヒノキ人工林における間伐・未間伐区間の下層植生の比較、植生学会第16回大会(2011年9月25日、神戸大学農学部)

(9) 森透・東照雄・上條隆志・田村憲司、カラマツ人工林下の土壤呼吸とその空間分布、日本土壤肥料学会。(2010年9月9日、北海道大学農学部)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

特になし

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

東 照雄 (HIGASHI Teruo)

筑波大学・副学長

研究者番号：20094170

(2) 研究分担者

上條 隆志 (KAMIJYO Takashi)

筑波大学・生命環境系・教授

研究者番号：10301079

(2) 研究分担者

田村 憲司 (TAMURA Kenji)

筑波大学・生命環境系・教授

研究者番号：70211373

(2) 研究分担者

和 頴 朗太 (WAGAI Rota)

(独) 農業環境技術研究所物質循環領域・任期付き研究員

研究者番号：80456748