

平成 21 年 6 月 2 日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2005～2008
 課題番号：17580132
 研究課題名（和文） カラマツ人工林の植物の多様性が分解者群集の多様性および機能に与える影響の解明
 研究課題名（英文） A study of the effects of plant diversity in birch plantation on the diversity and function of decomposer communities
 研究代表者
 長谷川 元洋（HASEGAWA MOTOHIRO）
 独立行政法人森林総合研究所・木曾試験地・主任研究員
 研究者番号：70343811

研究成果の概要：

カラマツ人工林における広葉樹の混交は林冠だけでなく下層植生にも影響を与えていた。しかし、ササラダニや分解過程に与える林冠植生の違いの影響は比較的軽微であった。これは、過去における草地としての利用の影響が強く残っていることが原因と考えられた。一方で、林床植生の管理が分解者にとって重要であると示唆された。広葉樹がカラマツの針葉より速やかに分解されることを通して今後、分解系に与える植生の影響が強まる可能性もある。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005 年度	1,100,000	0	1,100,000
2006 年度	800,000	0	800,000
2007 年度	800,000	240,000	1,040,000
2008 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
総計	3,400,000	450,000	3,850,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：林学 林学・森林工学

キーワード：生態学、林学、群集、多様性、分解者

1. 研究開始当初の背景

近年、カラマツ人工林においては、生物多様性の向上など森林の多面的機能を発揮する目的で、強度の間伐を行った上で、針広混交林に誘導するような施業が行われている。針葉樹人工林におけるこうした施業が、生態系に与える影響を把握し、施業技術の指針に役立てていくことが必要とされるが、土壌の分解系に与える影響についての知見はこれまでの所不足している。

2. 研究の目的

そこでこの研究では、カラマツ人工林化に

おける樹木の混交が、樹木、土壌、分解者、分解過程にどのような影響を与えるかを多点調査と、実験的アプローチを用いて把握することを目的とした。

具体的には、広葉樹の侵入をある程度許容した場合に、どのような植物群集構造になるかを調査し、その混交が土壌の化学性に与える影響を把握した (1)。上記の混交による環境変化と関連づけて、土壌動物のうち優占する物の一つであるササラダニ群集の変化を調査した (2)。また、栄養塩利用特性の異なる他樹種との混交は、カラマツの葉の栄養塩的性

質に影響を与えることが予想される。またその結果、生産された葉リターの分解過程も混交化の影響を受けるかもしれない。

そこで、カラマツ人工林における混交のリターの質に与える影響を調査した(3)。さらに、複数の広葉樹を混合させて封入したリターケースを用いて、落葉の分解過程に混交がどのような影響を与えるのかを実験的に検証した(4)。

3. 研究の方法

(1) カラマツ人工林への混交林化にともなう樹木群集と土壌特性の変化

上記12林分のうち10地点を選定し、それぞれに30m*30mの固定プロットを設定した。胸高以上の樹木については、樹種を同定したうえで胸高周囲長の測定を行った。胸高以下の植物については、各調査プロットにつき9か所で50cm²の面積で刈り取り、刈り取りエリア毎に生育型ごとの種数を数えた後、乾燥重量を測定した。

土壌の化学分析用試料として、地表の堆積有機物層を取り除いた後、0~5cmまでの深さの土壌を各プロットで5点ずつ採取した。採取時には標準土色帖を用いて土色を確認した。孔径2mmの円孔篩を通過した細土について、生土のpH(H₂O)と電気伝導率(EC)を採取後速やかに1:5水浸出法によって測定した。試料中に含まれる炭素・窒素含有率は、風乾した細土を播潰機で10分間微粉碎した後、NCアナライザーによる乾式燃焼法を用いて測定した。C/N比は測定した炭素・窒素含有率を用いて算出した。

(2) カラマツ人工林における混交がササラダニ群集に与える影響

上記10林分の各サイトにおいて、春(5-6月)、秋(10月)に9つのサブプロットから一つずつサンプルを採取した。採取にあたり土壌コア(深さ5cm、開口部面積25cm²)をもちいて、A0層および、土壌層(0-5cm)を採取し、マクファーデン装置を用いて土壌動物を抽出した。土壌動物のうちササラダニについて、種レベルの同定を行った。ササラダニ群集の個体数、種数及び種組成と、植生、土壌の各環境要因との関係をスペアマン順位相関係数、主成分分析、冗長分析を用いて解析した。

(3) カラマツ人工林における混交のリターの質に与える影響

各プロットに0.5 m²のリタートラップを9個ずつ設置し、通年でリターを回収した。2005年~2007年の落葉期に各トラップから回収されたカラマツ・リターにおいて、リターの窒素濃度を定量した。また落葉分解過程追跡のために、カラマツ・ミズナラ・シラカンバ

の落葉を異なる混合パターンで封入したリターケースを用意した。2006年11月に混交度の異なる6つのプロット(カラマツ純林3箇所、混交林3箇所)にそれぞれ5つのケースを設置し、ケース内リターの重量減少を2年間追跡した。

(4) カラマツ人工林における混交が分解過程に与える影響

上記10林分から6林分を選び、複数の樹種を組み合わせたリターケースを設置した。6つのサイトのうち、胸高断面面積において95%以上をカラマツが占めるものが3林分、それ以下を3林分とした(サイトの効果)。リターの組み合わせは、以下の6通りである(リタータイプの効果)。1種(カラマツのみ、シラカバのみ、ミズナラのみ)、2種(カラマツ+シラカバ、カラマツ+ミズナラ)、3種(カラマツ+ミズナラ+シラカバ)

設置後0.5、1、2年目にリターケースを回収し、ツルグレン装置を用いて土壌動物を抽出した後、リターの乾燥重量を測定した。抽出された土壌動物のうち優占するトビムシ、ササラダニの個体数をカウントした。

4. 研究成果

(1) カラマツ人工林への混交林化にともなう樹木群集の変化

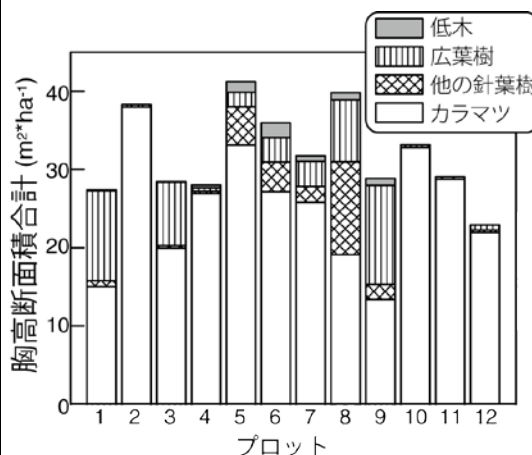


図1. 樹木タイプ毎の胸高断面面積合計

各プロットに占めるカラマツの比率は、個体数割合で21~100%、胸高断面面積率で46~100%であった。個体数割合で12プロット中3プロット、胸高断面面積割合で12プロット中5プロットにおいて、カラマツの優占率が95%を越えていたのに対して、残りの9(7)プロットは混交林とみなすことができた(図1)。代表的な混交要素として、シラカンバ・ミズナラ・コナラ・アカマツが挙げられた。中・低木層では、サワフタギ・ズミ・マメザクラの優占が目立った。基本的にカラマツの立木

密度の低いプロットで混交率が高く、間伐等に伴うカラマツ密度の低下が混交化につながったと考えられる。

下層植生としては、バイオマスの多寡はあるものの全てのプロットでササ(ミヤコザサ)が確認された。そのほか、シダ類・単子葉草本・双子葉草本・木本が1～16種ほど確認できた。

重回帰分析の結果、下層植生の平均種数は、胸高断面積合計の低下(=上層木密度の低下)・混交林化が進むと、下層植生の平均出現種数が増加する傾向にあり、ササ・バイオマス増加は、林床植物の出現種数を抑制する傾向にあることが明らかになった。以上から、調査地としたカラマツ人工林においては、間伐などでカラマツの立木密度が適当な範囲に抑えられると針広混交林化が進むようである。また針広混交化は、上層木だけでなく林床植生の種多様性の上昇を促すことが示唆された。

土壌特性の調査において、土色の明度・彩度が2以下を示す黒色土に相当する黒味の強いA層を持つ地点が多く認められた。同一のプロット内においても黒味の強い場所と黒味の弱い場所が混在している地点もあった。また、大きさ1～2mm程度の炭小片を多く含む地点があった。各プロットのpH(H₂O)、ECの平均値はそれぞれ4.70～5.14、1.30～3.02 mS/mを示した。各プロットの炭素含有率の平均値は13.6～23.9%を示した。とくに土色の明度・彩度が2/1以下であった試料は高い炭素含有率を示した。一方、窒素含有率の平均値は0.8～1.2%であり、窒素含有率と炭素含有率の間には正の相関が認められた。C/N比の平均値は16.6～20.1であり、炭素含有率の高い地点で高い値を示す傾向が認められた。

各プロットの表層土壌の化学分析値とカラマツと広葉樹との混交率との間には、現段階では明瞭な関係は認められなかった。一方、多くの地点で高い炭素含有率を示す黒色土が認められたことは、現在の表層土壌の性質に対して過去の土地利用が影響していると考えられた。八ヶ岳南麓の大正から昭和初期にかけて、調査プロットの位置する標高1100～1400m付近は入会地である草地(刈敷場)として利用されていた。これらの地域は少なくとも江戸時代半ばには草地となっており、この植生景観は第二次世界大戦後まで続いていたようである。また、A層中に多く認められた炭片は、草地を維持するための火入れの痕跡である可能性が高い。

調査地域に分布するカラマツが植林されてから60年あまりしか経過しておらず、広葉樹との混交が生じたのはそれ以降である。過去における草地としての利用の影響が強く残っているため、数十年程度の経過年数ではカラマツと広葉樹との混交林化の影響が表層土壌

の化学的特性の違いとして把握することができなかったと考えられた。

(2) カラマツ人工林における混交がササラダニ群集に与える影響

カラマツの胸高断面積割合が95%以上のサイトと、それ以下のサイトで比較した結果、ササラダニの個体数及び種数に大きな差は見られなかった(図2a,b)。ササラダニの個体数と有意な相関を示す環境要因は無かった。一方、コアあたりの平均種数は林床植物の双子葉草本のバイオマスと正の相関があり($\rho=0.758$)、ササの旧棹の量と負の相関があった($\rho=-0.745$)。また、プロットあたりの総種数は林床植物の木本の葉の量($\rho=0.677$)と林齢($\rho=0.780$)と正の相関を持っていた。また、ササラダニの群集組成と環境要因の関係を冗長分析(RDA)で解析したところ、土壌のC/N比と単子葉草本のバイオマスが、説明する要因として選択された(図3)。ただし、単子葉草本量については、特異的に多い2地点を代表するために変数に組み込まれたと考えられる。

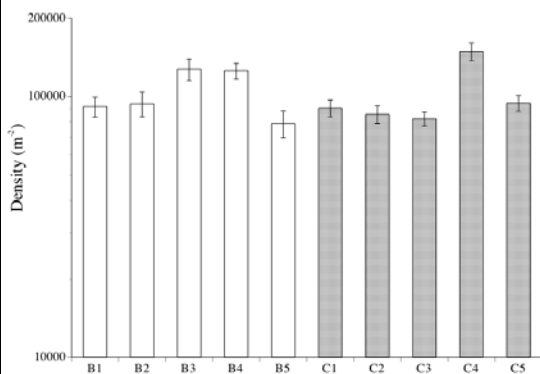


図2a. 各サイトにおけるササラダニ密度
春と秋の値をサブプロット毎に平均した値、エラーバーは標準誤差、広葉樹混交区(B1～B5)、カラマツ優占区(C1～C5)

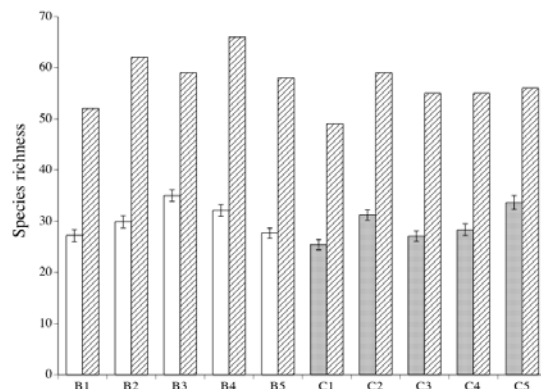


図2b. 各サイトにおけるササラダニ種数
春と秋の値をサブプロット毎に平均した値、白抜き: 広葉樹混交区(コア毎)、黒塗り: カラマツ優占区(コア毎)、斜線: プロット内合計、エラーバーは標準誤差

以上から、ササラダニ群集の個体数に対し

て、カラマツ人工林における広葉樹の混交は大きな影響を与えていないことが示唆された。一方、種数の面では、林床植物の影響が示唆され、コアレベルのような小さな面積の多様性には双子葉草本が正の効果을及ぼし、一方ササの存在が負の効果を与えていると考えられた。プロットレベルの種数に対しては、林床植物の木本の葉量や、林齢が、正の効果を与えていることから、林床の木本が成長する程度の時間もしくは林床管理が、ササラダニ種数の増加に寄与することが推察された。また種組成に関しては土壌 C/N 比が影響していた。ここでは、土壌 C/N 比と、広葉樹との混交の影響は小さく、むしろ過去の土地利用の違いを反映していると考えられるので、土壌動物に関しても、その影響を受けたと考えられる。

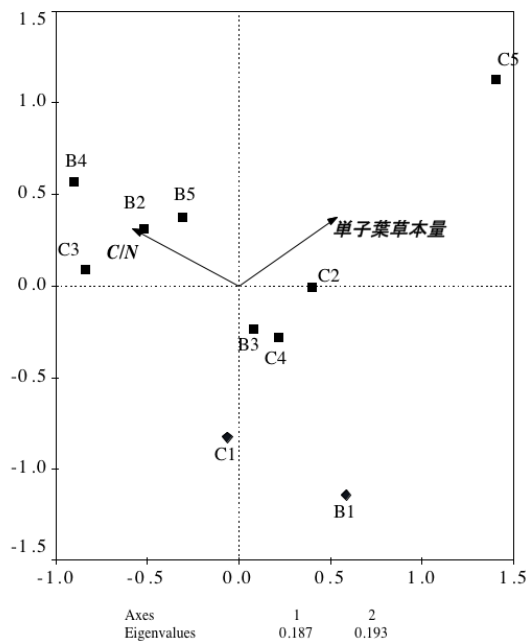


図 3. 冗長分析 (RDA)によるササラダニ群集と環境要因の座標付け

黒四角: 各サイトの群集の座標、矢印: forward selection、 $p < 0.05$ で群集組成の違いを説明する物として選択された環境要因

(3) カラマツ人工林における混交のリターの質に与える影響

カラマツ・リターの窒素濃度は、 $6.2 \text{ mg/g} \sim 9.3 \text{ mg/g}$ で、調査地間で有意に異なっていた。しかしそのバリエーションは、カラマツ・広葉樹の混交度合い(カラマツ断面積合計率・個体数割合)とは無関係であった。重回帰分析の結果、土壌栄養塩濃度が高く、海拔高度が低く、また林齢が若いほどリターの窒素濃度が高くなる傾向にあることが明らかとなっ

た(表 1)。

ケース設置 2 年後のリターの重量残存率は、カラマツ・リターの窒素濃度が高い調査区で大きかった (Spearman の順位相関: $\rho = -0.94$ ($p < 0.05$), 図 4)。この傾向は、広葉樹リターを封入したケースにおいて顕著であり(表 2)、広葉樹リターは、周辺リターの窒素濃度が高い環境でより迅速に分解されることが示唆された。

表 1. カラマツ・リターに対する重回帰分析の結果

	係数	標準誤差	t 値
切片	24.98	4.58	5.45***
土壌窒素濃度	0.45	0.128	3.49*
海拔	-0.01	0.003	-4.62***
林齢	-0.10	0.032	-3.12*
AIC		22.03	

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

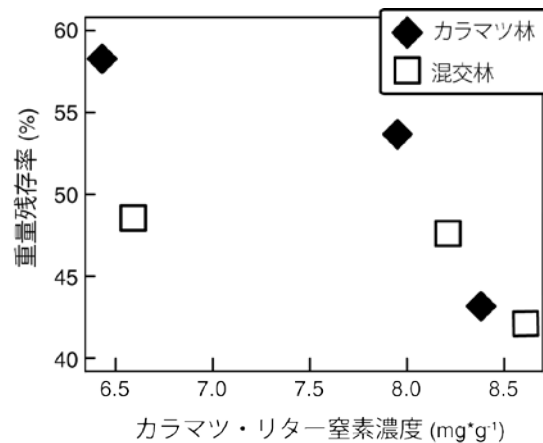


図 4. プロット毎のカラマツ・リター窒素濃度とリターケースの重量残存率との関係

各点は調査地ごとの平均値を表す。重量残存率は、すべての封入パターン(表 2 参照)の結果を平均した値。

表 2. 封入リタータイプ毎の重量残存率と各サイトにおけるカラマツ・リターの窒素濃度の関係 (Spearman の順位相関)

封入リタータイプは、各樹種のリターを単体で封入(1-3行目)、およびそれらを混合して封入(4-6行)の6通り。

	ρ	p 値
L (カラマツ)	-0.26	0.66
B ₁ (ミズナラ)	-0.94	0.02
B ₂ (シラカンバ)	-0.89	0.03
L+B ₁	-0.83	0.06
L+B ₂	-0.77	0.10
L+B ₁ +B ₂	-0.89	0.03

以上から、本調査地においては、林分の混交化は、現時点ではカラマツ・リターの栄養塩の性質に影響を与えるには至ってはいないようである。しかしながら、混交林化が進むことで、1) カラマツと比較して窒素濃度の高い広葉樹リターの生産、2) 迅速な分解に伴う土壌への栄養塩放出、3) 2)に伴う広葉樹リタ

一分解の正のフィードバック というプロセスが進行することが予想される。その結果、土壌の栄養塩的改善が進行し、将来的にはカラマツ・リターの栄養塩的性質が改善されると推察される。

(4) カラマツ人工林における混交が分解過程に与える影響

設置後2年目で42~58%程度の重量減少が見られ、カラマツのみの場合が、カラマツ+シラカバ以外の4通りの組み合わせと比べて有意に大きい残存重量を持つことが示された(図5)。また、複数種のリターを組み合わせることによる、単独での値から予測されるより、速いもしくは遅い分解速度を得るような相乗的な効果は有意でなかった。一方、プロット間での差も認められたが、広葉樹の混交度合とは対応しなかった。以上から、設置後2年目では、リタータイプの効果が分解速度に与える影響が示された。一方、サイトの効果である広葉樹の混交度合の影響は少ないと考えられた。以上から、カラマツ人工林の混交林化のもたらす効果として広葉樹のリターの混合割合に応じた分解速度の促進効果が示唆された。

設置後2年目のササラダニ、及びトビムシの個体数に対してカラマツが存在する4つのリタータイプにおいて個体数が増える傾向があった。また、トビムシにおいてはサイト間で有意な差が認められたが、広葉樹の混交度に対応した結果は見られなかった。従ってカラマツ人工林における広葉樹の混交は(初期定着者では)トビムシ、ササラダニの個体数の増大にはつながらない事が示唆された。今後、個体数のみならず、群集組成に与える影響を評価する必要がある。

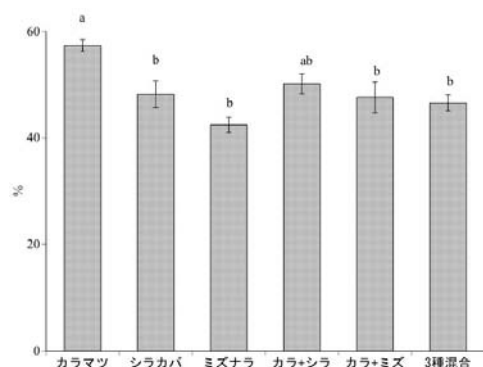


図5. 設置後2年目における各リタータイプの重量残存率

縦棒はプロットごとの平均値の標準誤差、異なるアルファベットは $p < 0.05$ における有意な差があることを示す。カラ+シラ: カラマツ、シラカバ混合、カラ+ミズ: カラマツ、ミズナラ混合。

まとめ

以上、4種の研究をまとめると、カラマツ

人工林における、広葉樹の混交は、胸高断面積率で50%にもものぼる林分もあり、下層植生にも影響を与えうる。しかし、土壌、及び土壌動物群集に与える植生の直接的影響は比較的軽微であると考えられた。調査地域に分布するカラマツは、植林されてから60年あまりしか経過しておらず、広葉樹との混交が生じたのはそれ以降でと考えられる。土壌では、それ以前の長期にわたる草地としての利用の影響が強く残っているため、森林化及び、そこでの広葉樹の侵入の分解者に対する影響が地上部に比して比較的緩やかになっているのではないかと推察された。一方で、林床植生を通じた、群集への影響が認められた事から、分解者群集にとっては、より地面に近い部分の植生の管理が重要であることが示唆された。また、分解過程の検証実験において、広葉樹の落葉はカラマツの針葉より速やかに分解されたことから、今後、土壌やその分解者群集にこのような分解作用を通じた樹木混交の影響が強まる可能性もあると考えられる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計2件)

- ① Aino Ota, A New Species of *Autognet* in Japan (Acari : Oribatida), *Journal of the Acarological Society of Japan*, 印刷中 (掲載確定)、査読有
- ② 長谷川元洋, 土壌動物群集の研究における座標付け手法の活用, *Edaphologia*, 80, 35-64, 2006、査読有

[学会発表] (計9件)

- ① 壁谷大介, カラマツ人工林の混交化はリターの質を変えるか? フレッシュリターの窒素濃度の場合, 日本森林学会, 2009年3月28日、京都大学
- ② 長谷川元洋, 八ヶ岳カラマツ人工林における広葉樹の混交が分解過程に与える影響, 日本森林学会, 2009年3月27日、京都大学
- ③ 岡本透, 八ヶ岳南麓における広葉樹との混交率が異なるカラマツ人工林下の表層土壌の特徴, 日本森林学会, 2009年3月27日、京都大学
- ④ Aino Ota, Effect of invasion of broad-leaved effect on Soil Oribatid mites in larch (*Larix kaempferi*) plantation, *Symposium on Mites & Whitefly*, 2008年10月10日、韓国 慶州市
- ⑤ 長谷川元洋, 八ヶ岳カラマツ人工林における広葉樹の混交が分解過程に与える影響-設置後1年の結果-, 生物地球化学研究会 2008年研究会, 2008年10月5日、横浜国立大学野外教育実習施設 (八ヶ岳)
- ⑥ 太田 藍乃, 針葉樹林への広葉樹の侵入

がササラダニ群集に与える影響、第 55 回日本生態学会大会、2008 年 3 月 17 日、福岡国際会議場

⑦ 太田 藍乃、カラマツ人工林への広葉樹の侵入がササラダニ群集に与える影響、第 28 回生態学関係修士論文発表会、2008 年 3 月 1 日、東邦大学

⑧ 太田 藍乃、針葉樹と広葉樹の混交がササラダニ群集に与える影響、第 16 回日本ダニ学会大会、2007 年 10 月 25 日、千葉大学

⑨ 太田 藍乃、カラマツ人工林における他樹種の混交がササラダニ群集に与える影響、日本土壤動物学会第 30 回記念大会、2007 年 5 月 19 日、横浜国立大学

[図書] (計 1 件)

① 長谷川元洋、東海大学出版会、14 章 土壤動物の多様性に関連する研究法、土壤動物学への招待、(編) 金子信博ほか、151-164、2007

[その他]

① 壁谷 大介、長谷川元洋、岡本透、斎藤智之、西山嘉彦、混交度合いの異なるカラマツ林における生物多様性について、技術情報、126、14-15、2006

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長谷川 元洋 (HASEGAWA MOTOHIRO)

独立行政法人森林総合研究所・木曾試験地・主任研究員

研究者番号：70343811

(2) 研究分担者

西山 嘉彦 (NISHIYAMA YOSHIHIKO)

独立行政法人森林総合研究所・木曾試験地・試験地長

研究者番号：50353800

壁谷 大介 (KABEYA DAISUKE)

独立行政法人森林総合研究所・木曾試験地・主任研究員

研究者番号：30353650

齋藤 智之 (SAITOH TOMOYUKI)

独立行政法人森林総合研究所・木曾試験地・研究員

研究者番号：00414483

溝口 岳男 (MIZOGUCHI TAKEO)

独立行政法人森林総合研究所・関西支所・チーム長

研究者番号：60353869

(2005～2007 年度)

岩本 宏二郎 (IWAMOTO KOJIRO)

独立行政法人森林総合研究所・多摩森林科学園・主任研究員

研究者番号：70353597

(2005～2007 年度)

(3) 連携研究者

溝口 岳男 (MIZOGUCHI TAKEO)

独立行政法人森林総合研究所・関西支所・チーム長

研究者番号：60353869

(2008 年度)

岩本 宏二郎 (IWAMOTO KOJIRO)

独立行政法人森林総合研究所・多摩森林科学園・主任研究員

研究者番号：70353597

(2008 年度)

(4) 研究協力者

太田 藍乃 (OTA AINO)

横浜国立大学大学院・環境情報学府・博士課程後期 2 年

研究者番号：なし

岡本 透 (OKAMOTO TOHRU)

独立行政法人森林総合研究所・木曾試験地・主任研究員

研究者番号：40353627