

平成 22 年 5 月 17 日現在

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2007～2009

課題番号：19580174

研究課題名 (和文) 河川生物群集に対する人工林の生態学的機能

研究課題名 (英文) Ecological functions of conifer plantation for stream communities

研究代表者

井上 幹生 (INOUE MIKIO)

愛媛大学・大学院・理工学研究科・准教授

研究者番号：10294787

研究成果の概要 (和文)：日本の森林面積の約 4 割は人工林となっているが、それらが河川生態系に及ぼす影響についての知見は、これまでのところ極めて乏しい。本研究は、森林から河川へと供給される落葉や陸生昆虫 (ともに河川生物の餌となる) の動態を観測することにより、河川生物に対する人工林の物質供給機能を長所 (水生昆虫に対する餌の安定供給) と短所 (水生昆虫の餌としての質の悪さ、魚類への餌供給機能の低さ) の両側面から明らかにした。

研究成果の概要 (英文)：In Japan, 40 % of the total forested areas is covered by plantation forests. However, knowledge of ecological effects of plantation forestry on stream ecosystems is still largely lacking. This study monitored dynamics of allochthonous inputs (fallen leaves, terrestrial insects: i.e., food resources for aquatic insects and fish) from riparian forests to streams, and revealed both negative (low quality and quantity of food for aquatic insects and fish, respectively) and positive (high stability of food for aquatic insects) aspects of conifer plantation for stream biota.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2008 年度	500,000	150,000	650,000
2009 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

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：人工林, 溪畔林, スギ, アマゴ, リター, 粒状有機物

1. 研究開始当初の背景

日本の国土の約7割は森林に覆われているが、そのうちの4割は人工林（主にスギ、ヒノキといった常緑針葉樹林）である。つまり、平均的には、人工林は私たちが目にする景観の3割弱をも占めることになる。戦後の植林と拡大造林を経て築かれた広大な人工林は、現在、大きな問題に直面しており、今後の維持、管理手法が模索されている。森林には、木材・林産物生産のみならず、水源涵養、土砂流失防備および環境保全（二酸化炭素固定、野生動植物の生息場所）等といった多面的な機能が求められる。人工林においても、天然林と比較することによってその水源涵養機能や土砂流失緩和機能がしばしば評価されてきた。しかしながら、意外なことに、河川生態系における役割という観点から人工林の機能を明らかにしようとする試みは、これまでほとんど為されてこなかった（Inoue & Nakamura 2004）。

1980年代頃より北アメリカでは森林-河川相互作用に関する研究が盛んに行われるようになり、河川生態系における森林の様々な役割が明らかにされてきた（Meehan 1991）。日本においても90年代頃より同様な研究成果があげられるようになり、河川生物や河畔植生自体の健全性に配慮した森林管理および河川管理の指針が提言されるまでに至っている（砂防学会 2000; 溪畔林研究会 2001）。しかしながら、それらの基礎となっている研究成果のほとんどが自然度の高い北海道の落葉広葉樹林帯（天然林）もしくは海外で行われたものであり、人工林が優占する我が国の森林管理を考えるうえでは、今のところ、「片手落ち」と言わざるを得ない現状にある。河川生態系の健全性に配慮した河川管理、森林管理を行う上で、現に広大な面積を占める人工林と河川との生態的つながりを明らかにすることは不可欠である。

Inoue M & Nakamura F (2004) Freshwater fishes and forests in Japan. In: "Fishes and forestry: Worldwide watershed interactions and management (Eds. Northcote TG & Hartman GF)" pp. 560-580. Blackwell.

Meehan WR (1991) Influences of forest and rangeland management on salmonid fishes and their habitats. American Fisheries Society Special Publication 19.

砂防学会（2000）水辺域管理—その理論・技術と実践．古今書院．

溪畔林研究会（2001）水辺林管理の手引き．日本林業調査会．

2. 研究の目的

日本では、一部の山岳地帯を除いて、落葉もしくは常緑の広葉樹が潜在植生として優占する。よって、人工林の造成は、広葉樹林から常緑針葉樹林への転換ということになる。森林から河川へ供給される物質（リター：落葉・落枝、倒木など）が、河川生物に対して生息場所形成や食物供給の点から大きな影響を与えることがこれまでに明らかにされているが、人工林（常緑針葉樹）と天然林、特に落葉広葉樹林とでは、リターの質、量およびその季節的動態が大きく異なる。よって、河川生物群集に及ぼす影響も大きく異なるであろう。本研究では、河川内の食物網に着目し、河川生物群集（魚類および底生無脊椎動物）に対する食物資源の供給という点から人工林の機能を明らかにする。

具体的には、スギ人工林（伐採地を含む）を流れる河川と天然性林（落葉広葉樹林）を流れる河川とを比較し、以下6点についての違いを明らかにする。それらをもとに、人工林の生態学的機能に関する特徴を抽出する。

- (1) 河川に供給されるリター（主に落葉：底生無脊椎動物の餌資源）の量、質、およびその季節的動態
- (2) 河川内におけるリター現存量の季節的動態（餌資源の安定性）
- (3) 河川内におけるリターの破碎速度、および底生無脊椎動物のリターに対する選好性
- (4) 河川に供給される陸生無脊椎動物（魚類の餌資源）量の季節的動態
- (5) 魚類の森林由来の餌に対する依存度
- (6) 魚類および底生無脊椎動物の生息量（樹冠特性との対応関係）

3. 研究の方法

本研究は、愛媛県松山市近郊の愛媛大学農学部演習林内およびその近接地域（石手川源流域）において行った。研究方法は2つに大別される。1つは、比較的少数の調査地を設定し、河川における森林由来物質の諸要素（図1）の動態を継続的に観測するものであり（以下、継続観測と呼ぶ）、もう一つは、人工林と天然性林とでの物質動態の違いが河川の魚類および底生無脊椎動物の個体数や群集構成に反映されているかを検討するための多数の調査地を用いた広域調査である。

(1) 継続観測

河畔が天然林（落葉広葉樹）、人工林（スギ）、伐採地である河川区間を2カ所ずつ計6区間設定し、各区間で物質動態（図1）に関する定量を行い、3つの河畔タイプ間で比較した。調査・計測項目の概要は以下のとおり。括弧内の記号(A-F)は図1中に示された記号に対応する。

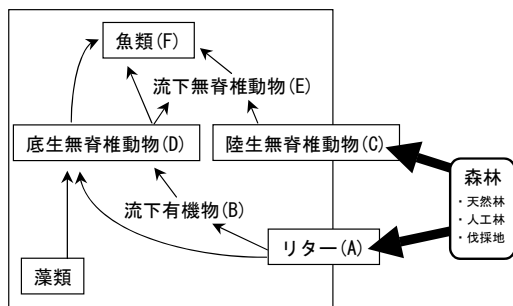


図1. 河川における物質動態の概念図
太い矢印は森林からの供給を示す。
細い矢印は、物質の流れを示す。

①河川へのリターの落下量(A)： リタートラップを使用し、13ヶ月間にわたり観測した。

②河床のリター堆積物の安定性(A)： 河床のリター堆積物のタイプ分けを行うとともに、河床面積に対するそれらの面積割合を計測。この作業を毎月行うことによって、河川内におけるリター滞留量の安定性を13ヶ月間にわたり調査した。また、季節的に年4回河川内のリターを採取し、その構成を調査した。

③リターの破碎速度および底生無脊椎動物のリターに対する選好性(A→B, A→D)： メッシュバッグ法により夏と冬に1度ずつ測定し、広葉と針葉(スギ)とで破碎速度を比較した。また、バッグ内の無脊椎動物密度から、広葉と針葉に対する選好性を検討した。

④流下有機物量(B)： ドリフトネットを使用

し、年4回採取した（春、初夏、秋、冬）。

⑤林内の飛翔性無脊椎動物量(C)： マレーゼトラップを使用し、2ヶ月に一度採取。

⑥河川への陸生無脊椎動物の供給量(C)： パントラップを使用し、2ヶ月に1度採取。

⑦流下無脊椎動物量(E)： 上記(5)と同じ

⑧リター底生無脊椎動物の生息密度(D)： 夏と冬に1回ずつ採取。

⑨魚類の生息量および胃内容物(F; C, D, E→F)： 年4回調査（春、初夏、秋、冬）

(2) 広域調査

調査地域である石手川源流域において、67の調査地を設定し、各調査地において、優占種であるアマゴの生息密度、現存量およびサイズ分布を調査するとともに、河畔林特性、河川の構造的特性（河床勾配、底質、カバー）といった環境要因を定量し、アマゴの生息量と河畔特性との間に何らかの対応関係があるかどうかを解析した。

調査地域から5つの支流を選び、それぞれにおいて天然林と人工林の調査地点を設定し（計10地点）リターに生息する底生無脊椎動物を採取し、その密度を天然林と人工林とで比較した。

4. 研究成果

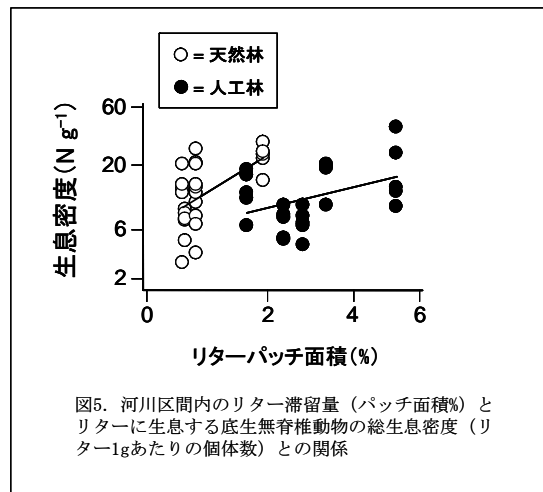
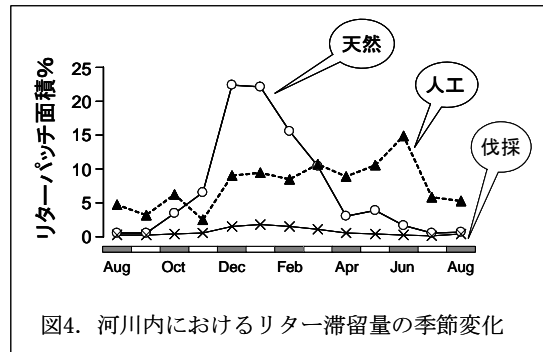
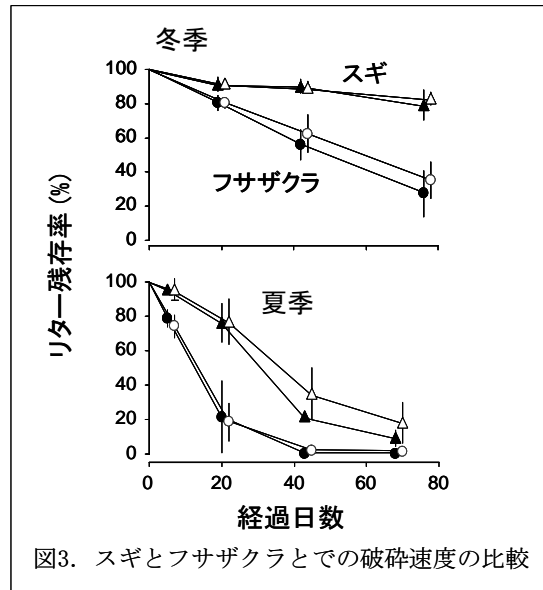
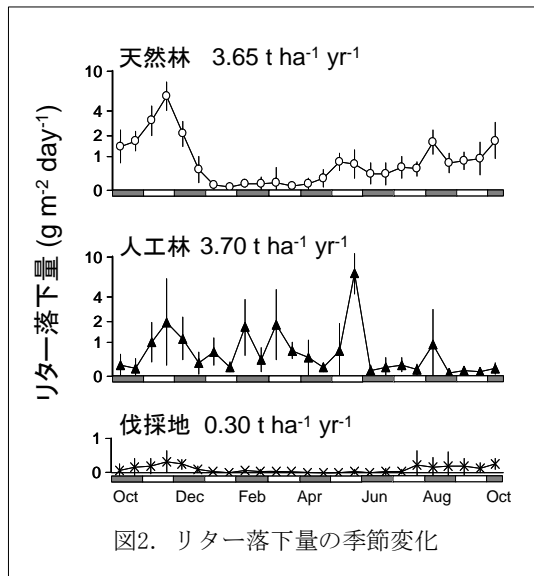
(1) 森林から河川へ供給されるリターの動態および底生無脊椎動物に及ぼす影響

河川に供給されるリターの年間での総量は人工林と天然林とではほぼ同じだったが、季節的変動は大きく異なり、天然林では落葉期である11月に顕著なピークが見られるのに対して、人工林でのピークは天然林ほど明瞭ではなかった（図2）。リターの破碎速度はスギ（人工林樹種）よりもフサザクラ（天然性広葉樹）のほうが高く（図3）、天然林河川に供給された落葉は速やかに破碎され、流下することが示唆された。流下有機物量の比較からは、これと整合する結果が得られ、流下有機物量は、人工林河川よりも天然林河川で多かった。また、河川内における滞留量の季節変化については、天然林では、落下量と同調するように晩秋から冬に明瞭なピークを示し、夏にはほぼ枯渇した（図4）。一方、人工林では、滞

留量の季節変動は小さく、夏においても一定規模での滞留が見られた。

これらより、天然林では秋に大量のリターが供給されるが、それらは速やかに破碎・分解され（または、直接）流下し、翌夏には河川内のリターが枯渇してしまうのに対して、人工林では、リター落下量の季節変動が小さいことと破碎速度の遅さから、河川内には安定的にリターが保持されている状況が描き出された。このことは陸上由来のリターを主食とする底生無脊椎動物にとっては、人工林のほうが餌条件がよいことを示している。

しかし一方で、スギの破碎速度の遅さは、底生無脊椎動物の餌としての質の悪さを示唆するものである。スギとフサザクラとで底生無脊椎動物密度を比較した結果より、底生無脊椎動物は、概して、スギよりもフサザクラを好む傾向が明らかとなった。つまり、人工林は餌の季節的安定性という点では優るものの、餌の質では劣ることが示された。リターが欠乏しがちな夏季における広域調査からは、これと整合する結果が得られた（図5）。底生無脊椎動物密度は、河川全体におけるリター現存量が多い区間ほど高くなる傾向があり、リター現存量が同程度の区間で比べると人工林よりも天然林のほうが高いが、人工林のほうがリター現存量が高い傾向にあるため、全体としては差がみられにくくなるような結果となった。以上より、人工林河川では天然林河川に比べて有機物が貯留されやすくなることと、人工林化が底生無脊椎動物に及ぼす影響については相反する影響が同時に作用することが示された。



(2) 森林から河川へと供給される陸生無脊椎動物および魚類への影響

落下無脊椎動物量は、どの季節においても人工林よりも天然林で高くなる傾向が見られた(図6)。流下無脊椎動物量も同様の傾向を示した。また、アマゴの胃内容物における陸生無脊椎動物の割合は、天然林、人工林、伐採地間で大きな差は見られず、冬以外の時期では70-80%にのぼり、アマゴの森林由来の餌に対する依存度の高さが示された。広域調査のデータからアマゴの現存量を比較した結果、人工林は天然林に比べて低くなる傾向が認められた(図7)。これらのことより、人工林での陸生無脊椎動物の落下供給量の低さがアマゴ現存量を低下させていることが示唆された。

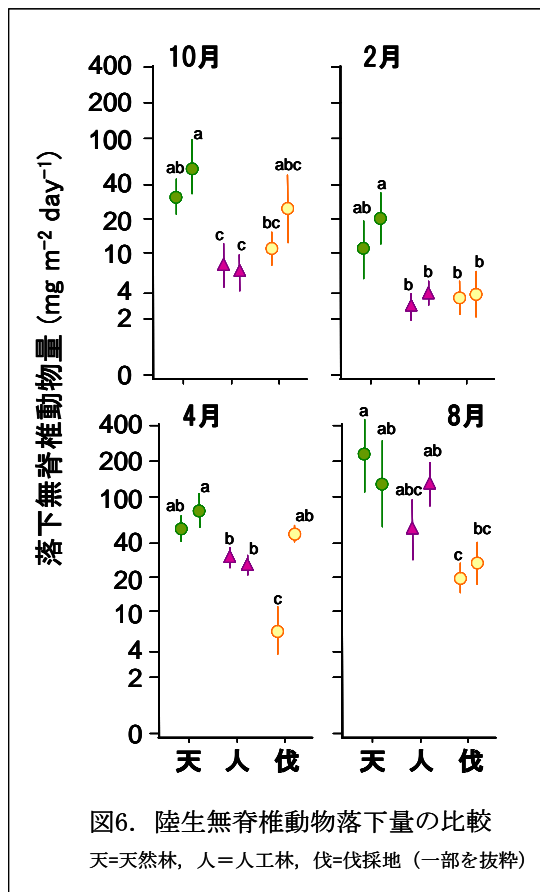


図6. 陸生無脊椎動物落下量の比較
天=天然林, 人=人工林, 伐=伐採地 (一部を抜粋)

人工林のほうが天然林よりも落下無脊椎動物量が低いことが明らかになったが、既存データを整理することにより、この結果の位置付けを行った。世界中で得られている河川への陸生無脊椎動物落下量のデータ(そのようなデータはさほど多くないのだが)を整理した結果、落下量は、低緯度地域ほど高くなる傾向が見られた(図8)。暖温帯に位置する本調査地(愛媛)は、潜在的な陸生無脊椎動物の落下量が多い地域に位置するが(つまり、魚類の陸生餌に対する依存度は高い)、人工林

に転換されることで、冷温帯地域と同程度までに落下量が引き下げられていることが示された(図8)。

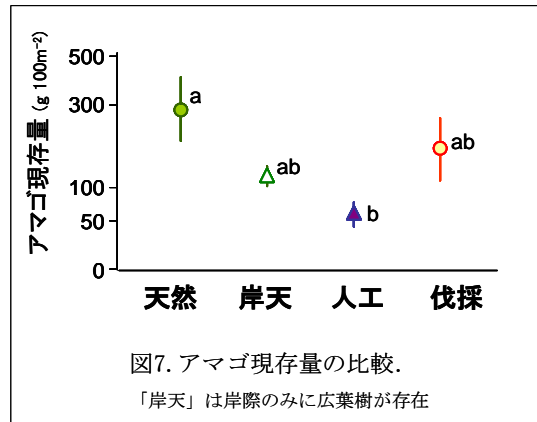


図7. アマゴ現存量の比較。
「岸天」は岸際のみを広葉樹が存在

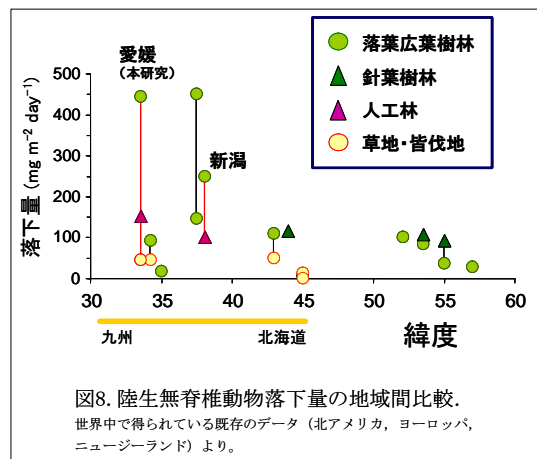


図8. 陸生無脊椎動物落下量の地域間比較。
世界中で得られている既存のデータ(北アメリカ, ヨーロッパ, ニュージーランド)より。

(3)まとめ

今回の一連の調査により、①人工林化は河川における物質循環を少なからず変更していること(有機物貯留型へ)、②アマゴのような溪流魚に対する餌供給機能を低下させること、および③底生無脊椎動物への餌供給という点では正負両方の側面を持つことが示唆された。このような、森林からの物質供給の違いを人工林と天然林とで総合的に比較した実証データは、これまでのところ極めて乏しい。河川生態系にも配慮した森林管理指針を構築していくうえで重要な基礎データをなすものと考えられる。

人工林が底生無脊椎動物に対して一方的な負の側面ばかりを持つわけではないということは、人工林の取り扱い方次第で水生生物にとっても良好な環境を維持できることを示唆している。一方、アマゴにとっては負の側面

のみが強調される結果となった。しかし、今回定量的に示すことはできなかったが、天然林の餌供給機能は、非常に小規模な林分（川岸沿いに進入している天然木）によっても発揮されるような印象を受けた。今後、天然林（緩衝帯）の規模による効果の違いを明らかにすることにより（つまり、「どの程度の規模の天然林分が存在すれば、餌供給機能が発揮されるのか？」）、より有用な情報を得ていきたい。

また、図8に示したように、河川への陸生無脊椎動物の落下供給に関する研究は、世界的に見てもさほど多くない。森林-河川相互作用に関する研究が活発に行われている地域（北アメリカ）が、落下無脊椎動物量が少ない冷温帯地域に多いために、それによる相互作用経路は過小評価されているのかもしれない。今回の結果は国内における森林管理という点のみならず、よりグローバルな視点で森林管理が河川生態系に及ぼす影響を統合的に理解する上でも有意義な知見となる。

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1件）

- ① 井上幹生、河川性魚類の生息環境における倒流木の役割。河川。査読無し、2008, No 241, pp. 76-78. 日本河川協会。

〔学会発表〕（計4件）

- ① 小寺信義, 井上幹生。アマゴの微生物息場所評価におけるバイオエナジェティックモデルの有用性の検討。応用生態工学会, 2009年9月25日, さいたま。
- ② 菊地修吾, 井上幹生。山地渓流域における環境変化がアマゴ個体群に与える影響。応用生態工学会, 2009年9月25日, さいたま。
- ③ 杉原達也, 中島 健吾, 三宅 洋。光環境勾配に対する河川性底生動物群集の反応。応用生態工学会, 2009年9月25日, さいたま。
- ④ 井上幹生, 坂本正吾, 篠藤誠一, 三宅洋。人工林流域における樹冠から河川生物への餌資源の供給。日本森林学会, 2009年3月28日, 京都。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井上 幹生 (INOUE MIKIO)
愛媛大学大学院理工学研究科・准教授
研究者番号: 10294787

(2) 研究分担者

中野 伸一 (NAKANO SHIN-ICHI)
愛媛大学農学部・教授
研究者番号: 50270723
(H20年度より連携研究者, H21年度から転出により研究組織から外れる)

三宅 洋 (MIYAKE YO)

愛媛大学大学院理工学研究科・講師
研究者番号: 90345801
(H20年度より連携研究者)

(3) 連携研究者 ()

研究者番号:

(4) 研究協力者

愛媛大学大学院理工学研究科
博士前期課程大学院生
坂本 正吾 (SAKAMOTO SHOGO)
篠藤 誠一 (SHINOTOU SEI-ICHI)
菊地 修吾 (KIKUCHI SHUGO)
小寺 信義 (KOTERA NOBUYOSHI)
中島 健吾 (NAKAJIMA KENGO)
杉原 達也 (SUGIHARA TATSUYA)

愛媛大学理学部学生

中元 勇気 (NAKAMOTO YUHKI)
丸尾 勇介 (MARUO YUHSUKE)
前田 康晴 (MAEDA YASUHARU)