

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月25日現在

機関番号：37601

研究種目：基盤C

研究期間：2009～2011

課題番号：21580186

研究課題名（和文）

低ダム群施工区間におけるリター動態と物質移動過程の評価

研究課題名（英文）

Analysis of mass transfer processes derived from leaf litter among sabo r eaches in mountain streams.

研究代表者

北村 泰一（HIROKAZU KITAMURA）

南九州大学・環境園芸学部・教授

研究者番号：90214816

研究成果の概要（和文）：土砂流出抑制を目的として砂防ダムおよび低ダム群が設置されている溪流を対象に、陸域から渓流水中に供給されるリターの分解が、渓流水質に及ぼす影響を砂防施設立地環境の違いに関連づけて考察した。溪流ではリター堆積を支配する諸要因（砂防施設立地環境、リター滞留時間、底質、水生昆虫の生息環境など）を満たす地点においてリターの堆積と分解が進行し、その分解の過程で溶存酸素の消費が進む可能性が高いこと、リターの初期分解過程である溶出段階において放出される $K^+$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ が溪流生態系における重要な供給であり、渓流水中のイオン組成を規定する重要な因子となる。

研究成果の概要（英文）：The amount of allochthonous material is estimated to be considerable, and substances derived from the decomposition of leaf litter are thought to have an important impact on stream water quality. The purpose of the present study is to clarify the leaching characteristics of leaf litter of the evergreen species that are dominant in the riparian zone of the investigated stream and to examine the influence of leachates on mountain stream water ionic composition by laboratory leaching experiments and field measurements. It was inferred that not all of the litter deposited at a sample site was decomposed in the site, as most litter input from riparian forests into lotic systems is transported downstream while being decomposed and that the marked decrease in the DO saturations in relation to the litter decomposition should occur in a site satisfying the conditions for promoting litter retention such channel configuration, the area of the riparian zone, the hydrological and substrate characteristics along the stream margin, the discharge characteristics of the stream, biological conditions such as shredder density, and so on. It was also indicated that the primarily source of ions is rock weathering in the spring and simultaneous ion loading from multiple sources occurs in the riffle, pool and side-pool and that leaf litter is one of the primary sources of  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  and  $Ca^{2+}$  in the stream water.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
総計	2,400,000	720,000	3,120,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：渓流水質 砂防構造物 リター動態 溶出 イオン 全窒素 全炭素 糖類

## 1. 研究開始当初の背景

河畔域から溪流に供給されるリターは膨大な量にのぼると推測されリターの分解の進行に伴って放出される諸成分は流水水質に重要な影響を及ぼすと思われるが、河畔域から溪流に供給されるリターの流水水質への影響は注目されてはこなかった。流水水質はリター動態・リター分解を媒介として砂防施設立地環境にも影響を受けている可能性が高いが、この点についてはほとんど解明されていない。

## 2. 研究の目的

本研究では砂防施設立地環境が異なる2つの溪流区間(低ダム群施工区間(大淀川水系綾北川上流支流袋谷川;宮崎県小林市)、不透過型砂防ダム区間(一ツ瀬川支流竹尾川;宮崎県西都市))を対象として砂防施設立地環境の違いが溪流生態系におけるリター動態と分解に伴う成分溶出過程、並びに物質移動に及ぼす影響を評価類推することを目的とした。

## 3. 研究の方法

(1) 室内実験によるリター分解に伴う成分溶出量・溶出速度の測定

### ① 照葉樹リーフリターの溶出特性比較

宮崎県中央部を東流する一ツ瀬川河畔域を対象に河口から約10km間隔で6箇所採取地点を設定し、そこに生育するシイとアラカシの落葉(落葉直後のものと落葉後数日を経たもの)を30枚ずつ採取し、十分な洗浄と乾燥の後、各5枚ずつ1000mlの蒸留水中に投入し、a)自然状態、b)水温を10、18、25°Cに維持した状態、c)水温を10、25°Cに維持しメタン sulfon 酸滴下によりpHを3~4に調整した状態、にそれぞれ30日間置いた。投入から1日後および5日間隔で30日後まで水中の電気伝導度(EC)とpHを測定した。さらに投入から30日後にイオン濃度を測定した。実験は2009年5、8月、2010年5月に行った。

### ② アラカシリーフリターの溶出特性

2010年5月、一ツ瀬川支流竹尾川下流(宮崎県西都市)の河畔域に生育する

アラカシの新葉(2010年春以降に形成された葉)を採取し、十分な洗浄・乾燥と重量測定の後、1,000(CC)の現地溪流を満たした50個のビーカーに5枚ずつ投入してサブサンプルとし、温度調整をしない実験室に置いた。このうち25個のビーカーには市販ポンプにより酸素を供給し続けた。同時に、アラカシ古葉(2009年以前に形成された葉)に対しても、同様な処理を行った。葉を投入してから1、5、10、20、30日後に、各実験区から無作為にサブサンプルを5個ずつ回収し、葉の乾燥重量を計測し、投入水に含まれる主要成分濃度を測定した。

### ③ アラカシリーフリターのC、N含有量と糖類溶出特性の解明

2010年5月、一ツ瀬川支流竹尾川下流(宮崎県西都市)の河畔域に生育するアラカシの当年葉(2010年春以降に形成された葉)と一年葉の陰葉と陽葉を採取し、十分な洗浄・乾燥と重量測定の後、各グループの葉10枚を無作為に選定し、葉中央の主脈脇から2mgの破片に含まれる炭素および窒素の含有量を測定した。この測定と並行して1,000(CC)の現地溪流を満たした50個のビーカーに5枚ずつ投入してサブサンプルとし、温度調整をしない実験室に置いた。このうち25個のビーカーには市販ポンプにより酸素を供給し続けた。葉を投入してから1、5、10、20、30日後に、各実験区から無作為にサブサンプルを5個ずつ回収し、葉の乾燥重量を計測し投入水に含まれる糖類濃度を測定した。

### ④ 底生生物の摂食・営巣行為による機械的分解に伴う成分放出量の測定

対象区間河畔域に優占するアラカシとシイのリターのうち、2年葉陽葉10枚を0.45μmメッシュの布に包んで現地溪流の止水域に5日間投入しリター表面に微生物を定着させた後、リターを回収し現地流水1000ccの入った容器中

## 様式 C-19

に投入した。さらに、対象区間に広く分布しリターに摂食・営巣活動を強く依存する水生昆虫幼虫(コバントビケラ属 (*Anisocentropus*)、コカクツツトビケラ属 (*Goerodes*))を投入し、水生昆虫幼虫の摂食・営巣行為によるリター分解に伴うその後の水溶液中の成分濃度を測定した。

(2) 現地溪流におけるリター分解と成分溶出の実態解明

①リター分解に関わる河床環境の類型化とリター分解過程の実態把握

リター分解に関わる要因である河床型 (spring、riffle、pool、side-pool)、流速、水深、底質を複合的に組み合わせた指標をもとに河床環境のパッチ構造を類型化し、類型化された河床環境を単位にリター滞留場所、樹種、分解度、滞留量を調査した。

②水生昆虫群集調査

河床環境に成立する水生昆虫群集の摂食と溶存成分濃度との現地溪流での関連を知るため、水生昆虫群集の種・密度を調べた。採取種は可能な限り種まで同定し摂食機能群毎に分類した。

③成分濃度の測定とリターからの溶出量の推定

対象流域の河畔域に優占する常緑広葉樹 (10種) の落葉 (落葉直後のものと落葉後数日を経たもの) を採取し、十分な洗浄と乾燥の後、各5枚ずつ500ml の蒸留水中に投入し、投入から1日および30日後の水中の電気伝導度 (EC)、pH、陽イオンと陰イオン濃度を測定した。さらに、2006年4月~2007年3月の毎月1回、対象溪流のspring、riffle、pool、side-pool各3箇所から採水し同様の項目を測定した。

(3) ドリフトの要因の検証

隣接する河床型においてリター分解

状況に明確な違いが認められたパッチ間でのドリフトによる流下量および流下傾向を調査し、リター分解の進行に伴う餌資源の質的変異等が水生昆虫のドリフトに及ぼす影響を考察した。本研究では、特徴的な行動パターンによって引き起こされるbehavioral-driftを対象とした。調査方法は、サーバーネット (CPOMもあわせて採取するため編み目は0.1mmとする) を設置し、24時間にわたり採取を行った。採取時期は、春期 (4月)、夏期 (7月)、秋期 (10月)、冬期 (1月) の平水時とした。

4. 研究成果

(1) 室内実験によるリター分解に伴う成分溶出量・溶出速度の測定結果

①照葉樹リーフリターの溶出特性比較

常緑樹ではクチン質表皮が分解に伴うイオン溶出と重量損失を遅らせ、相対的に高い水温と低い pH がクチン質の分解とその後の溶出促進に大きく影響していることが推測された。さらに陽イオンのなかでは、自然状態では  $K^+$  が温度や pH への依存性が低くもっとも溶出されやすいのに対し、水温を一定にした状態では  $Ca^{2+}$  が溶出されやすくその度合いは水温が高いほど促進され、さらに相対的に低い pH が温度以上に  $Ca^{2+}$  の溶出を促進する因子であることが解った。  $Mg^{2+}$  もこれに準じた溶出特性を示した。以上の結果から、常緑広葉樹が優占する山地溪流では、河畔域から溪流に供給されるリターの初期分解過程である溶出段階において放出される陽イオン、とりわけ  $K^+$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$  が溪流生態系における重要な供給源であり、渓流水中のイオン組成を規定する重要な因子となり、それは水温と pH に強く

影響されることが示唆された。

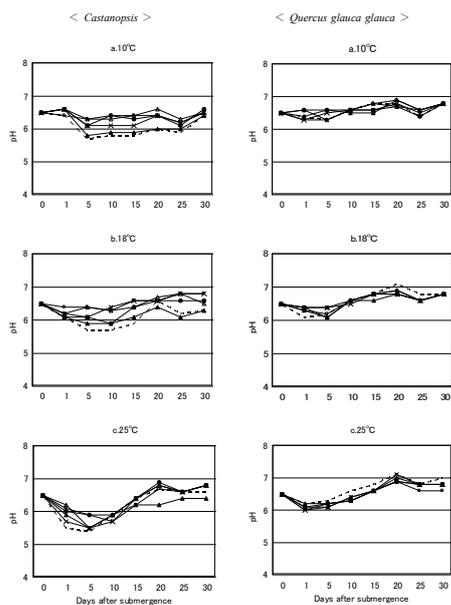


Fig.1 . Change in pH of water containing submerged leaves in the measurement in 2009.

図-1

②アラカシリーフリターの溶出特性

投入から1日後の重量損失は4~7%で、これは広葉樹リーフリターの約1/4であり、常緑樹リーフリターでは表面を覆うクチン質が葉の重量損失を遅らせ、酸素を供給することによりクチン質の分解は促進されると類推した。イオンは、重量損失の進行・酸素供給の有無とは無関係に溶出し、30日後では $K^+$ が全陽イオンの70%を占めた。また、 $NH_4^+$ 、 $K^+$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Cl^-$ 濃度が倍増し、 $Ca^{2+}$ は古葉で、 $PO_4^{3-}$ は新葉で溶出が進んだ。以上の結果から、河畔域から溪流に供給される常緑樹リーフリターの溶出段階において放出されるイオン成分は、溪流水中のイオン組成を規定する重要な因子となりうるということが示唆された。

③アラカシリーフリターのC、N含有量と糖類溶出特性の解明

炭素含有量は45.75~46.86 (%)、窒素含有量は1.83~2.16(%)で、これらは落葉樹リーフリターでの既往報告値よりも高い数値であった。葉の炭素および窒素含有量の多寡は、葉からの炭素

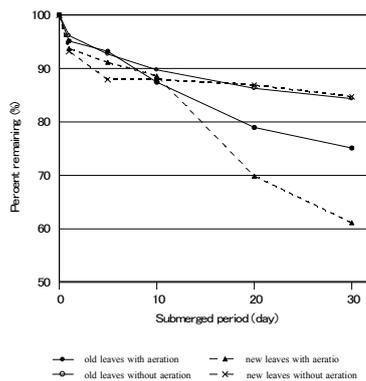


Fig.2 Weight loss of each treatment at each sample occasion

図-2

および窒素含有量の多寡は、葉からの炭素および窒素溶出量に影響しないことが推測された。糖類については、スクロース、グルコース、フルクトースが検出され、全糖類の60%はスクロースであった。全糖類濃度は投入から30日後に最大値26 (mg/l)を示し、アラカシリーフリターからの糖類溶出期間は、落葉樹の既往報告結果と比較して長いことが判明した。また、糖類の溶出とその後の分解は酸素供給により促進された。これらのことから、アラカシリーフリターと落葉樹リターとの違いは、葉の構造と組成の違い、とりわけアラカシリーフリターの表面を厚く覆うクチン質に起因する可能性があるとした。

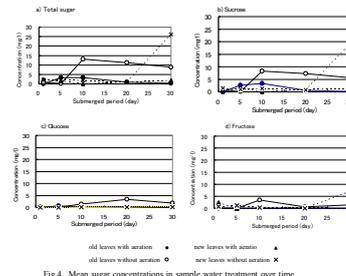


Fig.4 Mean sugar concentrations in sample water treatment over time.

図-3

④底生生物の摂食・営巣行為による機械的分解に伴う成分放出量の測定結果

今回の実験結果では、 $K^+$ は水生昆虫幼虫の摂食・営巣行為によって消費され、その傾向はシイよりもアラカシで著しいことが確認できた。その他の陽イオン、陰イオンの大部分は摂食・営巣行為によって徐々に濃度は増加する傾向が認められた。特に、 $Na^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$

## 様式 C-19

の増加が著しいものであった。さらに、従来の多くの研究では基岩風化に供給源を求められることが多かったSiO<sub>2</sub>も水生昆虫幼虫の摂食・営巣行為の継続とともに濃度が増加した。

(2) 現地溪流におけるリター分解と成分溶出の実態解明結果

①リター分解に関わる河床環境の類型化とリター分解過程の実態

河床型 (rapid、pool、side-pool) と季節を独立要因、溶存酸素飽和度を従属因子として分散分析を行った結果、河床型と季節に交互作用を伴わない有意な関係が認められ (ともに $P < 0.005$ )、Scheffe法による多重比較によりrapidとside-poolとの間に有意な差があることが確かめられた ( $P < 0.05$ )。さらにpoolとside-poolにおいては、リターが蓄積する季節に溶存酸素飽和度は著しく低下し、特定のpoolとside-poolにおいて溶存酸素飽和度とリターパックの分解指標との間に有意な相関関係があることが統計的に確かめられた。以上の結果から、溪流ではすべてのpool、side-poolにおいてリターが堆積し分解が進行するのではなく、リター堆積を支配する諸要因 (十分なリター滞留時間、底質、リターを摂食する水生昆虫の生息環境など) を満たす地点においてリターの堆積と分解が進行し、その分解の過程で溶存酸素の消費が進む可能性が高いことが示唆された。

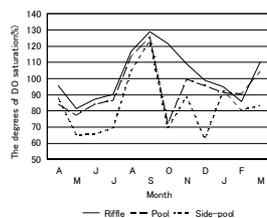


Fig.2 Monthly fluctuations in mean DO saturation levels relative to the environment of the site.

図-4

②水生昆虫群集調査

1) 竹尾川～不透過型砂防ダム施工区間～

11属のカゲロウが確認された。河床型についてみると、ヒラタカゲロウ属は平瀬・荒瀬に、フタスジモンカゲロウは淵・サイドプールに大部分が限定された。9属のカワゲラが確認されたが年間を通して確認されたのはカミムラカワゲラ属であった。トビケラ目は18属確認された。その大部分が袋谷川で出現したものと重複しているが、ムラサキトビケラ属が確認されたのは当該区間だけであった。

2) 袋谷川～低ダム群施工区間～

確認されたカゲロウ目はヒラタカゲロウ属、タニガワカゲロウ属、コカゲロウ属、フタスジモンカゲロウ他10属であった。河床型別にみると、これら共通して認められたものは、多自然型区間においてはすべての河床型で確認されたが、砂防ダム区間においては出現する河床型は、荒瀬・平瀬 (ヒラタカゲロウ属、タニガワカゲロウ属、コカゲロウ属)、サイドプール (フタスジモンカゲロウ) に限定されていた。カワゲラ目ではコガタフタツメカワゲラ属、ミヤマノギカワゲラ属他7属が確認されたが、竹尾川で確認されたオオヤマカワゲラ属は、当該区間では確認されなかった。また14属のトビケラ目が確認されたが、タニガワトビケラ属、クロツツトビケラ属、ヒメトビケラ科が、当該区間のみで確認されたもので、竹尾川で確認されたオオシマトビケラ属、クロツツトビケラ属、アシエダトビケラ属は当該区間では確認されなかった。

③成分濃度の測定とリターからの溶出量の推定

室内実験においては、実験から30日

後では $K^+$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Na^+$ が主要陽イオンを構成しこのうち $K^+$ が70%以上を占めた。これに対して現地溪流では生物体への吸収や底質粘土粒子への吸着などによる消失のため、 $K^+$ は検出されたイオンのなかでは低い濃度を示した。さらに現地溪流では、リターが供給され滞留する傾向にあるpool、side-poolにおいて $K^+$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ 濃度がspringより高く、この傾向は $K^+$ で特に著しいものであった。以上の結果から、常緑広葉樹が優占する山地溪流では、河畔域から溪流に供給されるリターの初期分解過程である溶出段階において放出される $K^+$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ が溪流生態系における重要な供給であり、溪流水中のイオン組成を規定する重要な因子でありオン組成を規定する重要な因子となりうることを示唆された。

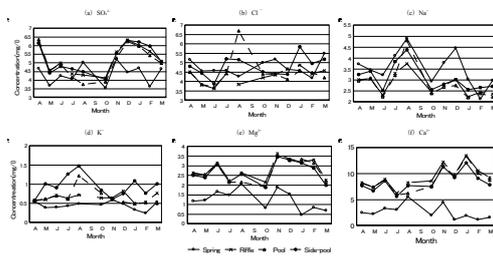


Fig.2 Monthly fluctuations in major ion concentrations of the site.

図-5

### (3) ドリフトの要因の検証

今回の採取では、カゲロウ目24種、カワゲラ目13種、トビケラ目23種を含む95種、12,497匹の個体を採取した。砂防構造物の河床に及ぼす影響度や各測線付近に生息する水生昆虫種の違いを加味して検討した結果、砂防構造物の影響によって浮き石の減少など底質環境が劣化した区間では、生息環境を底質に強く依存する匍匐型水生昆虫がより好ましい底質環境を求めて必然的に流下移動する可能性のあることが示唆された。

### (4) 総合解析

2009年、および2010年前半に実施した不透過型砂防ダム施工区間において

は、当初目的以上の成果が得られたが、2010年後半以降に頻発した長雨・豪雨のため、低ダム群施工区間、および現地溪流におけるリター動態実験については十分な成果が得られていない。このため、低ダム群施工区間においては今後とも調査を継続し、当初目的を達成したいと考えている。

### 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3件)

① Hirokazu Kitamura and Miki Ijuin: Experimental study on leaching characteristics of cations from ever green leaves submerged in water, Bulletin of Minamikyushu University, 40A, 45-54, 2010(査読有).

② Hirokazu Kitamura: A case study on Leaching characteristics of *Quercus glauca* leaves in Southern Kyusyu stream water, Bulletin of Minamikyushu University, 41A, 43-52, 2011(査読有).

③ Hirokazu Kitamura: Initial carbon and nitrogen contents and sugar release characteristics in stream water during initial leaching of *Quercus glauca* leaves, Bulletin of Minamikyushu University, 42A, 1-9, 2012(査読有).

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.nankyudai.ac.jp/library/kiyou/>

### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

北村 泰一 (Kitamura Hirokazu)

南九州大学・環境園芸学部・教授

研究者番号：90214816