

# 溪畔林の機能と生態

～林業と生物多様性を両立させるキープレイヤー～

溪畔林から溶け出す有機物が川や海の生物を育てる

溪畔林と溪流の昆虫とのつながり

溪流へ落葉を供給している溪畔林の範囲を推定する

溪流の自然な攪乱が樹木の多様性のもととなる

はじめに



正木 隆  
森林植生研究領域  
群落動態研究室長

今年の一〇月、日本において、生物多様性条約第一〇回締約国会議、いわゆるCOP10が開催されます。今年は一〇〇二年にオランダハーグで開催されたCOP6において採択された「二〇一〇年目標」の目標年にあたり、「国際生物多様性年」と定められている節目の年です。その目標として、「生物多様性の損失速度を顕著に減少させることが掲げられています。今や、生物多様性を保全することは、国際的に合意された政策目標となっています。

そこで、木材生産を一義的な目的とする林業においても、生物多様性に配慮した施業をおこなう必要があります。しかし、生物多様性の保全は木材を生産する生業と相反するものではありません。生物多様性は結果的に良好な環境を保ち、長期的にはむしろ持続的な木材生産を可能にするものと考えられます。

溪畔林の適切な管理は、それを実現するための有力な力ぎの一つです。溪畔林が保全されることで、陸域、水域の両方の生物多様性が保

たれ、さらには海域の生物の保全にもつながると期待されます(図1)。

この特集では、次の四つの視点からの研究成果をご紹介します。第一に、溪畔林が溪流に溶存有機物を供給することで、水質を調整する機能をもつことを示す研究結果です。第二は、森林管理によって溪畔林から川に供給される落葉の質が左右され、それが魚類の餌にもなる水生昆虫の多様性に影響する、という報告です。第三には、溪流への落葉の供給源となる溪畔林の範囲を推定した結果についてご紹介いたします。以上は水域の生物多様性にかかわる研究成果ですが、第四は、溪畔林が陸域の森林の種多様性の保全にも重要であることを示し



図1 溪畔林のもつさまざまな機能。崎尾・山本(編)「水辺林の生態学」(東大出版会)から引用

た研究結果です。

ここで紹介する成果は、溪畔林の機能と生態のほんの一端にすぎません。溪畔林の機能と生態は十分に解明されたわけではなく、林業の技術として活かすための研究はまだ途上にあります。しかし、本特集で紹介する研究成果には、林業と生物多様性の保全を両立させるためのヒントがあると思います。ご一読いただければ幸いです。

## 溪畔林から溶け出す有機物が川や海の生物を育てる



金子真司

立地環境研究領域長

山あいを流れる溪流の水はとも澄んでいません。けれども、その水を両手ですくうと、わずかにこげ茶色の細かなものが浮遊していることがあります。これは落葉や木屑が細かくなったもので、粒子状有機物(POM)と呼ばれます。溪流には水に溶けている有機物も含まれており、こちらは溶存有機物(DOM)といえます。これらの有機物は、普通1tの水に1g程度しか含まれていません。ただPOMは大雨後の溪流では普段の100倍以上にも増加します。また湿原から流れてくる水ではかすかに色がついていることがあり、その場合は1tに100g以上のDOMが含まれていることがあります。

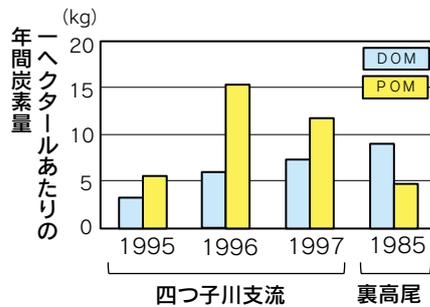


図2 滋賀県四つ子川支流の3年間の溶存有機物(DOM)と粒子状有機物(POM)の年流出量(裏高尾は安田ら(1989)の報告からの引用)

これらの有機物は、溪畔林から、一年間にどのくらい流出するのでしょうか。滋賀県の森林で測定した例では、DOMの年流出量は1haあたり三、三〜七、四kg、またPOMは五、六〜一五、三kgでした(図2)。同様の調査が東京都裏高尾の森林でも行われており、DOM、POMの年流出量はhaあたりそれぞれ九、〇kg、四、七kgでした。有機物の流出量が年によって変動する理由は、降水量や大雨の頻度などの違いによるものと考えられます。また森林による流出量の差は、森林を構成する樹木の種類や流域の地形などが関係しているものと推定

されます。

森林では毎年1haあたり炭素に換算して数千kgの落葉や落枝があります。これらの有機物は林床において微生物やその他の生物の働きで分解されます。ほとんどは二酸化炭素となりますが、一部は分解されずに土壌に入っていきます。この有機物量は年間1haあたりの炭素に換算して五〇〜二〇〇kg程度です。年間一〇kgにも満たない溪流への有機物の流出量は、年間の落葉量数千kgに比べればその一%以下ですが、森林の土壌中にとどまる炭素量に比べると決して少なくありません。

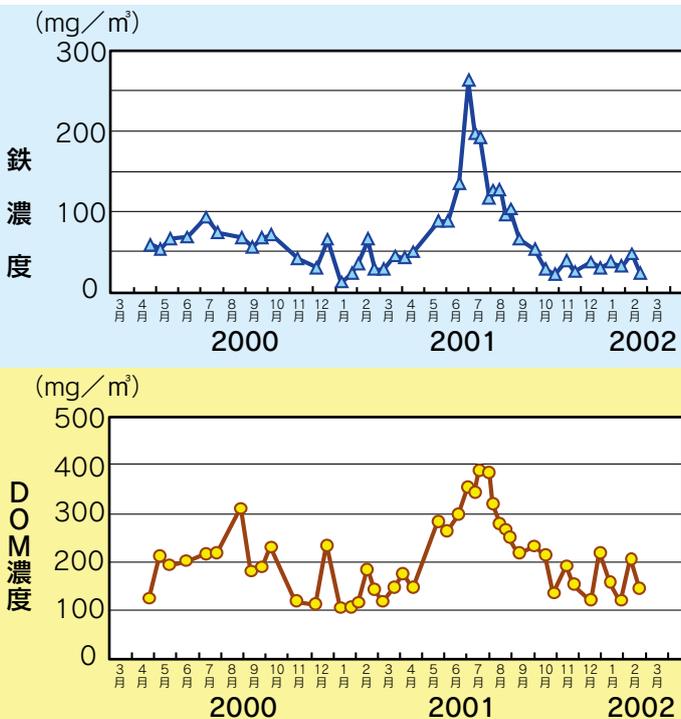
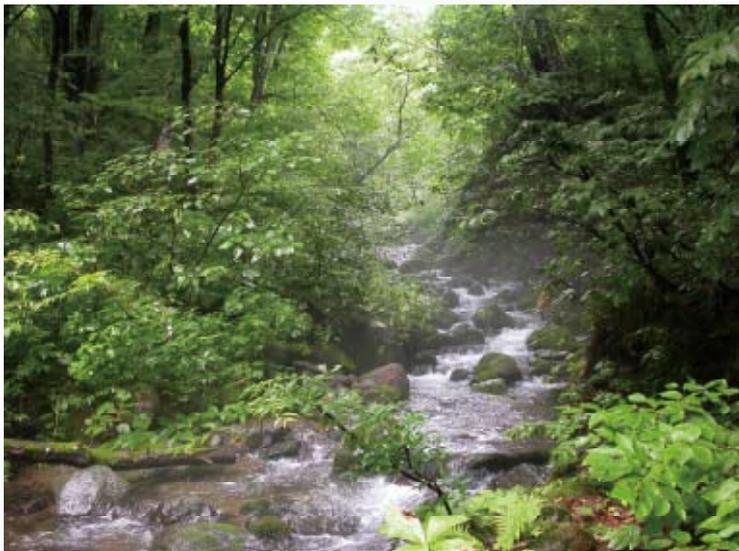


図3 木津川市山城試験地の溪流中の鉄と溶存有機物(DOM)の濃度の変化



溪畔林から溪流を通して有機物を始めとする様々の養分が下流へ運ばれる  
(岩手県奥州市に位置する森林総合研究所カヌマ沢溪畔林試験地)

さて、溪流に含まれる有機物は、どのような役割を担っているのでしょうか。POMは水中に生育するさまざまな生物に摂食されエネルギー源として利用されます。DOMは金属とキレート結合し、金属の溶解を助ける機能もあります。たとえば、鉄は溪流水にほとんど溶けませんが、DOMとのキレート結合で溶解度が高まります。京都府南部の木津川市に位置する森林総合研究所山城試験地を流れる溪流は他の溪流に比べて鉄濃度が高く、DOMと鉄の変動パターンは一致していません(図3)。鉄は植物の必須栄養素ですが、海水に溶けている量は少ないために、川からDOMとともに海に運ばれ

た鉄が藻類の生育を支えていると言われています。このように、溪流に含まれる有機物はごくわずかですが、森林の炭素の収支、川や海の中の生命の維持にとって重要な役割を担っています。

## 溪畔林と溪流の昆虫とのつながり



吉村 真由美

(関西支所 主任研究員)

森林を流れる溪流には、カゲロウ・カワゲラ・トビケラなど多くの水生昆虫が生息しています。これら水生昆虫群集は溪流魚の餌にもなり、溪流の生態系全体の食物連鎖にかかわってくる存在です。ここでは、溪畔林を含む森林管理が水生昆虫群集に及ぼす影響を分析し、水生昆虫の多様性を保つという観点からの森林生態系管理について考察してみます。

水生昆虫は幼虫期を溪流中で過ごしますが、溪流中の様々な場所(例えば直射日光の当たらない石の上面、落葉と落葉の間、石の隙間など)をそれぞれ独自の生息場所として利用し、溪流中の落葉などさまざまな物質から栄養分を得て成長します。しかし、溪流の周りの森林が伐採されると、落葉の量は減少し、森林土壌(特に砂)が溪流に流れ込むため、溪流中の砂粒の量は増加します。その

結果、生息場所の環境が変わり、溪流に降り注ぐ日射量も変化するため、伐採される前と後の水生昆虫群集は異なったものになります。

さらに広く見ると、森林・農地・牧草地など流域の土地利用によっても、溪流への養分の流入状況が変化し、水生昆虫の生息場所の環境に影響が及びます。たとえば、森林域では水生昆虫の個体数が多いが、農地が多い流域では少ない、といった変化がみられます。

そもそも、森林そのものが落葉広葉樹常緑広葉樹針葉樹など、多様な種類の樹木によって構成されており、一口に森林流域といっても、そのタイプは様々です。人工針葉樹林流域・天然の広葉樹林流域・両者の混在する流域のそれぞれに生息する水生昆虫群集を比較すると、科数個体数・多様性(注)に大きな違いはないものの、広葉樹林流域の群集と人工針葉樹林流域の群集は大きく異なり、混在流域の水生昆虫群集はそれらの中間的な組成になります(図4)。

また、各森林タイプには、それぞれ特異な科が生息します。シタカワゲラ科やナガリアブ科(写真1)の個体は広葉樹林流域に多く、人工針葉樹林流域では見つかりません。逆にヒゲナガカワトビケラ科(写真1)の個体は、人工針葉樹林流域に多く広葉樹林流域では見つかりません。このように、同じ森林域でもこれだけの違いが生じます。この原因は、森林タイプによって、溪流中の落葉の量や質、水温、水質、樹冠の開空率やそれと関連した日光の入射量が異なるためです。これらの環境要因が互いに影響を及ぼしあい、溪流中の水生昆虫や羽化後の成虫のための生息環境を変え、それが水生昆虫の群集構造に

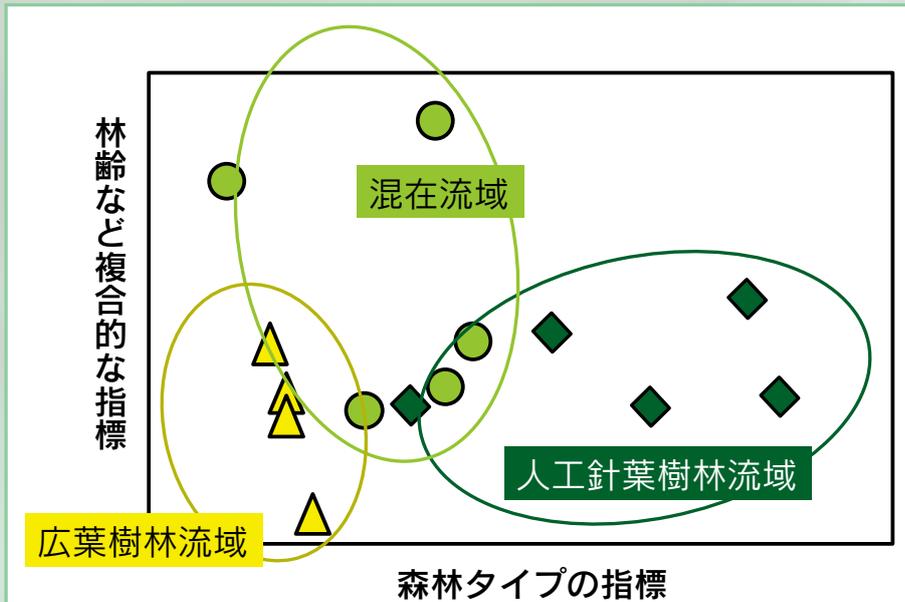


図4 3タイプの流域をカバーする14カ所の調査地について、主成分分析という統計学的解析を水生昆虫のデータにもとづいておこない、相互の関係を示した



シタカワゲラ科



ナガレアブ科



ヒゲナガカワトビケラ科

写真1 色々な水生昆虫

反映されていると考えられます。  
以上の結果から、水生昆虫からみた生態系管理と森林施業の関係について、二つの示唆が得られます。第一に、人工林は樹木の種数が少なくても単調ですが、溪流の水生昆虫の多様性に貢献し、溪流魚への餌供給源として機能していることです。第二に、溪流中に多様な水生昆虫を残すためには、景観(ランドスケープ)レベルで多様な

タイプの森林が配置されるような計画が必要である、ということとです。逆の見方をすれば、水生昆虫群集の組成や多様性は、その流域の森林の状況をあらわす指標のよいものであると言えるかもしれません。  
(注)局所的な種多様性(α多様性)と、複数の環境間での種の入れ替わり(β多様性)の両方を総合した種多様性の指標

## 溪流へ落葉を供給している 溪畔林の範囲を推定する



阿部 俊夫

(北海道支所 主任研究員)

森林は溪流に対してさまざまな役割を果たしていますが、その一つに落葉の供給があげられます。前節で述べられているように、落葉は、川底にすむ水生昆虫などの食べ物として重要です。彼らを捕食するイワナ、ヤマメなど溪流魚の生息にも間接的に役立つこととなります。溪流の生き物へのエサ供給を持続するためにも、落葉の供給源となる溪畔林を保全する必要があります。

それでは、溪流への落葉供給源となる森林はどの範囲でしょうか？これは落葉の移動距離によります。川岸から少し離れた樹木でも、風で落葉が運ばれば、供給源になる可能性はあります。落葉の移動には二つのプロセスがあり、一つは葉が枝から落ちる際の移動、もう一つは林床に落ちた後の移動です(図5)。

森のなかにはたくさんの落葉がありますが、それらの移動距離を調べるのは困難です。同じ種類の樹木が何本もあり、手に取った落葉がどの木から落ちたものかわからないからです。そこで、森林のなかで周囲に一本しかない樹木を使って落葉の移動を調べることを考えまし

た。調査をおこなった茨城県の落葉広葉樹林では、クリがこの目的にピッタリの樹種だったので、クリの落葉の分布を調査しました。その結果、ほとんどの落葉が根元から一五〜二〇mの範囲に分布することが分かりました。次に、既存の物理モデルを改良し、この樹木の落葉分布を計算したところ、実際に観測された落葉の分布をほぼ再現することができました(図6)。このモデルは、樹種の違いは葉の落下速度に、場所や樹木サイズの違いは、風速分布や落下高に表現されており、任意の森林に適用することが可能です。

林床での移動については、防水紙で作成した落葉の模型を用いて野外実験をおこないました。林床での落葉移動は、積雪がなければ、林内の風が強い冬期に活発ですが、冬期の四ヶ月間の調査では、落葉模型の平均移動距離は〇〜二mでした。統計解析の結果、斜面が急で、傾斜方向の風が強く、林床植生(ササ)の少ない場所ほど移動距離が長いことが定量的に示され、これら三変量を用いて落葉模型の移動距離を推定する経験的モデルを作成しました。

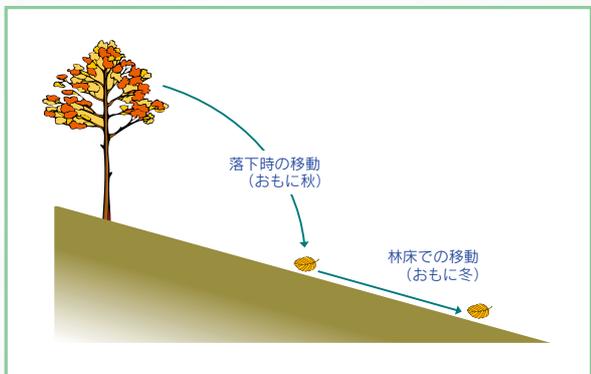


図5 落葉移動の2つのプロセス

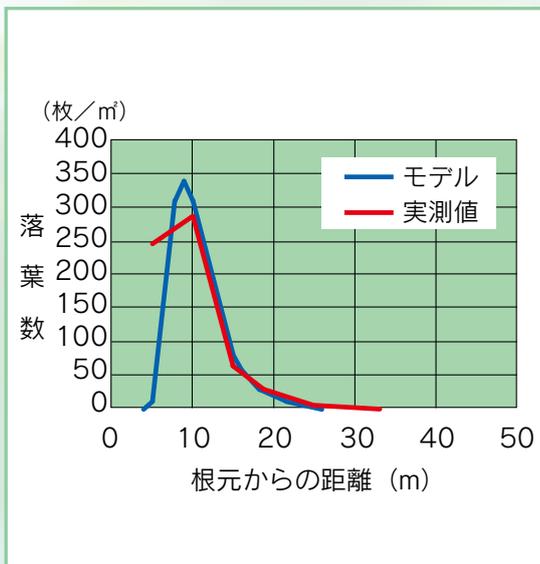


図6 モデルによる落葉分布推定の一例

このモデルで計算した移動距離は、実際よりやや長めとなる傾向はありますが、場所による移動距離の違いがうまく再現できました(図7)。このモデルで推定するのは「模型」の移動距離ですが、本物の落葉と模型の移動距離を同じ条件で比較することで、本物の落葉についてもおおまかな移動距離を算定することが可能です。

以上、モデルによって落葉の移動距離を推定する試みについて紹介しました。最初の問いである「溪流への落葉供給源となる森林はどこまでか」に対する回答としては、少なくとも調査した森林では溪流の端から二〇〜三〇mの範囲である、となります。今後の研究では、方位による落葉散布量の違いや、地形や植生が林床での落葉移動におよぼす影響などを組み入れ、より汎用性の高いモデルに発展させる予定です。このモデルをさまざまな溪畔林に応用することで、その管理に有益な示唆が得られることが期待されます。

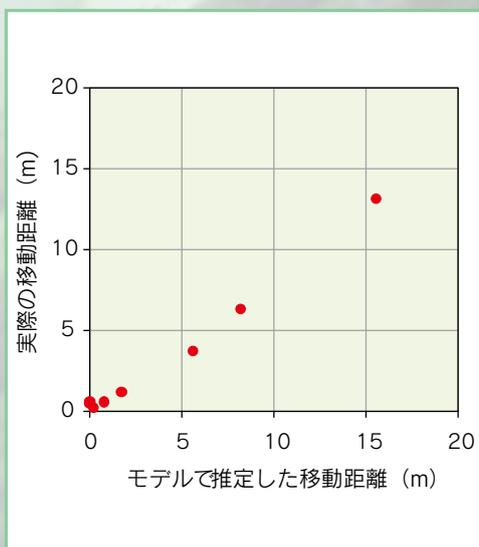


図7 林床での落葉模型の移動距離に関するモデル推定値と実測値との対応

溪流の自然な攪乱が樹木の多様性のもととなる



星野 大介  
東北支所 主任研究員



正木 隆  
森林植生研究領域 群落動態研究室長

ここまで紹介されているように、溪畔林は、溪流の微生物や昆虫、魚類など、さまざまな生物の多様性保全に重要な役目を果たしています。しかし、溪畔林という植

物群落は、本家本元の樹木の多様性も高い点に特徴があります。ここでは、それについて二つの研究結果を簡単に紹介いたします。調査地は岩手県奥州市に設定されているカヌマ沢溪畔林試験地です。

第一に、溪畔林は元来、樹木の種数が豊富で、地域々々の樹木種の多様性をパッキングしているような存在です。たとえば、東北地方の冷温帯林といえは、だれしもブナ林をすぐ思い浮かべることでしょう。しかし、ブナ林の種数と、同じ冷温帯の溪畔林の種数とを比べると、溪畔林の樹木の種数が上まわっています(図8)。

図9は、その理由を示すものです。山地斜面の上部にあるブナ林(図9右)は、その立地を基本的に好んで生育する種(ブナやミズナラ等)が大半で、1haの面積を調査したときの種数は二〇種弱です。一方の溪畔林(図9左)は、沢沿いを好む種の数が多いのに加え、山地斜面の上下部を好む種も(優占度は低いものの)分布しています。さらに全体的に出現頻度の低い稀な種の多くも、ブナ林ではなく溪畔林に点在し、以上をあわせると、溪畔林の種数は四〇種に迫ります。溪畔林は、落葉供給や水質などの環境調節機能だけでなく、その地域の樹木の種多様性の核となる森林である、といえるでしょう。

第二に、溪畔林を種の多様性の高い状態で保つにはどうすればよいか、という問題です。それには群集の構造を解析して、多様な種が溪畔域のどのような環境で更新しているかを明らかにし、それらの環境を保つように管理すればよいと考えられます。

溪畔域には多様な微地形の構造が成立しています。そこで、溪畔域の微地形と各樹種の稚樹の分布を解析して

みました。その結果、ケヤキのように流路沿いの不安定な立地でよく更新する樹種もあれば、トチノキのようにやや安定した立地で更新する樹種、ミズナラのように溪畔域内でも溪流からの比高が二〜四mで安定した堆積面できよく更新する樹種がありました。この結果が示すように、溪畔域では、不安定な立地から安定した立地まで、さまざまな微地形の構造がモザイクとなっており、本来ならば斜面上部を主な立地とするミズナラのような樹種も生育できる環境が含まれています。これが、溪畔林の種多様性が高い理由の一つです。

このような微地形の構造は、溪流が稀に増水して砂礫

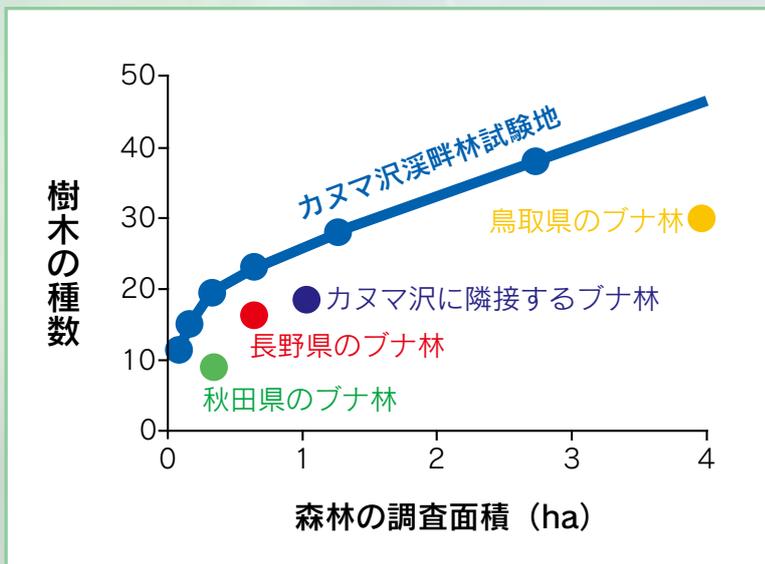


図8 溪畔林の樹木種の多様性はブナ林よりも高い

が掘られ、運ばれ、そして堆積するといった、地形学的な営みによって形成されています。したがって、溪畔林の種多様性を保ち、さまざまな機能を発揮させるためには、溪流をたまたに暴れさせること、すなわち自然な攪乱をある程度は許容することが必要になります。しかし、今までの溪流の管理は、むしろ土砂の移動を抑え、溪流を暴れさせないことに主眼がおかれてきました。下流の住民の安全を考えれば、それは当然のことでしょう。今後の研究を通じて、両方の目的がバランスよく調和するような溪畔林の管理技術を確立することが大切です。

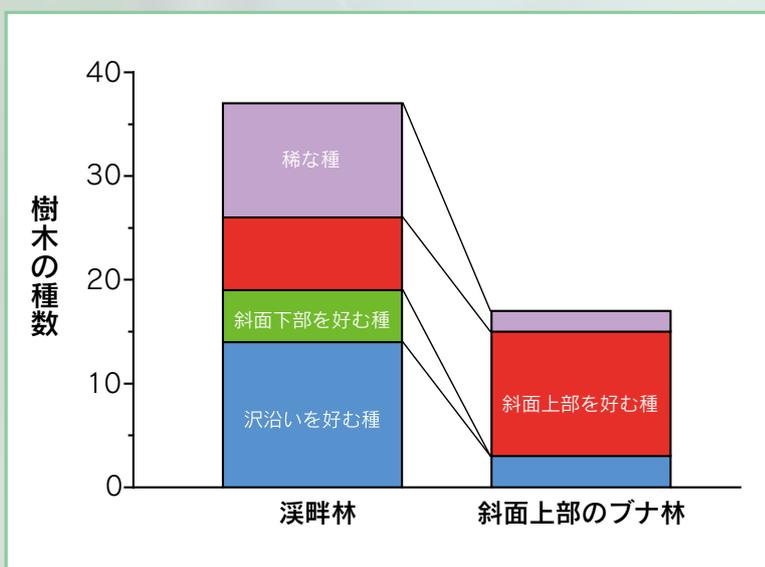


図9 溪畔林とブナ林の構成種を比べる