

流域物質循環における河畔植生の役割の定量的評価

佐々木晶子

広島大学大学院生物圏科学研究科

Estimation of the contribution of riparian vegetation to the matter flow in a river basin ecosystem

Akiko SASAKI

*Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima 739-8521, Japan*

要 旨

第 1 章 序 論

「流域」とは、ある特定の河川によって降水が排出される範囲を示す。近年、有機物や栄養塩をはじめとする多くの物質が河川を通じて上流から下流へと運ばれていることが明らかになってきた。しかし、物質の起源やその供給プロセスを含む流域全体の物質循環のメカニズムについては未知の部分が多く残されており、流域環境の保全や管理のためにも、更なる情報の蓄積が必要である。流域における物質供給源の一つとして、河畔植生が考えられる。河畔植生は、陸域生態系と水域生態系が相互に作用を及ぼしている河畔域において様々な機能を持ち、周辺の生物や無機的環境に影響を与えている。物質循環という点では、炭素や栄養塩を獲得して有機物を生産し、それらの一部を落葉として還元するという一次生産者としての働きを通して、河畔域の物質の流れに深く関わっている。河畔植生は河川に沿って連続的に分布しており、そこでつくりだされた有機物の一部は河川を通じて下流へと輸送される。したがって、河畔植生の影響は群落周辺に限らず、流域全体に及ぶと考えられるが、流域の物質循環に対する影響については、その寄与の大きさやメカニズムを含めてほとんど分かっていない。そこで本研究では、河畔植生の役割を定量的に評価する目的で、広島県を流れる一級河川太田川とそこでの優占種であるネコヤナギを対象とし、群落における一次生産から有機物分解にかけての物質の動態を群落レベルで定量した。その結果をもとに、流域全体の河畔植生から供給される物質質量を示すことを通して、流域の物質循環における役割について評価した。

第 2 章 河畔ネコヤナギ群落のバイオマスと一次生産量

河畔植生の一次生産者としての働きを定量的に評価するためには、年間につくりだす有機物質量を知る必要がある。そこでまずネコヤナギ群落の地上部バイオマスと一次生産量を明らかにした。太田川

中流域の砂州に調査地を設け、1999年5月から10月の間の各月と12月に試料を採取し、シュートの地際直径と各器官重量の間の相対成長関係を求めた。また毎月調査シュートの地際直径を測定して肥大成長量を求めた。その結果、5月から10月にかけて著しいシュートの肥大成長が認められ、地際直径の太さは30%増加した。生育期間終了時の12月に、群落内に設定したコドラート中の全シュートの地際直径を測定した。さらにシュートの肥大成長と毎月の相対成長関係の結果をもとに、各月の群落1 m²あたりの地上部バイオマスを推定した。その結果、5月に0.9 kg m⁻²であった地上部バイオマスは6月以降増加して9月に最大(2.2 kg m⁻²)となった。9月における群落1 m²あたりの葉のバイオマスは0.6 kgであった。生育期間終了後(2月)に群落内の一部を掘削して求めた地下部バイオマスは1.6 kg m⁻²であった。5月から12月にかけての旧年枝・幹のバイオマスの増加と、9月における葉、当年枝、当年生シュートのバイオマスから、ネコヤナギ群落の地上部純一次生産量は1.3 kg m⁻² yr⁻¹と推定された。この値は他の先駆性木本や温帯林の生産量に匹敵する値であった。以上の結果から、河畔ネコヤナギ群落は比較的小さい地上部バイオマスにもかかわらず、潜在的に高い生産力を持つことが明らかになった。

第3章 ネコヤナギの栄養塩経済

3-1 群落内の窒素・リン動態

植物は一次生産の過程で獲得した炭素や栄養塩の一部を落葉として再び環境へ戻す。河畔植生はこのような働きを通して河川周辺の炭素や栄養塩の動態に深く関わっていると考えられる。そこで第3章では、季節を通じた河畔ネコヤナギ群落内の窒素(N)、リン(P)動態を明らかにした。また、秋に落葉として還元される炭素(C)量の推定も行った。太田川中流域の調査地でサンプリングを行い、植物体器官中のC、N、P含有量の季節変化を調べた。サンプリングは、2001年4月から10月の毎月と、落葉が進行し冬芽をつけ始めた12月、花芽が現れた2002年3月の各月に行った。採取したサンプルはそれぞれ器官別(葉、当年枝、2年枝、冬芽、花芽)に分けて乾燥し、炭素と窒素の含有量は微量元素分析システム、リン含有量は灰化後モリブデン酸アンモニウムによる比色定量によって求めた。さらに群落面積あたりのN、P量とその器官別の分布を、第2章で求めた群落の地上部バイオマスをもとに、1999年12月、2000年5月、9月、12月について推定した。その結果、群落が毎年新たに多量の栄養塩を獲得し(10 g N, 0.94 g P m⁻² yr⁻¹)、その5割に相当する量を落葉として環境中へ戻していることが示された。同時に、落葉を通じた炭素のリリース量も非常に大きい(280 g C m⁻² yr⁻¹)ことが明らかになった。ネコヤナギが生育地として好む場所は河川による攪乱の影響が大きいいため、森林と比べて栄養条件が悪い。それにもかかわらず、河畔ネコヤナギ群落が一次生産の過程で獲得し、また落葉として還元している物質量は、遷移後期の森林を含む他の広葉樹林に匹敵する値であった。

3-2 栄養塩吸収に対するVA菌根の影響

以上のように、ネコヤナギは貧栄養な立地に生育しながら多量の栄養塩を得て高い一次生産量を保っている。しかし、ネコヤナギがより多くの栄養塩をどのように獲得しているのかは分かっていない。これまでに、ヤナギ類が植物の栄養塩吸収を促進する菌根を形成することが知られている。そこで、ネコヤナギの栄養塩吸収が菌根によって促進されている可能性を検証するために、野外調査と実生を用いた栽培実験を行った。太田川中流域の調査地で野外での菌根の形成状況を調べた結果、VA菌根の形成が成木、2年生実生、発芽後4ヶ月の当年生実生において認められた。それらの感染率は5-30%であった。また外生菌根の形成は発芽後2ヶ月の実生を含む多くの個体に認められ、その感染

率は15–100%であった。栽培実験ではVA菌根がリン吸収を促進している可能性が示唆されたものの、実生の生育に対する直接的な効果は認められなかった。また窒素施肥による大幅な生育促進とshoot:root比の増加が認められた。以上のことから、ネコヤナギ実生の成長に対するVA菌根の影響は小さく、むしろ土壌中の窒素が大きく影響していることが示唆された。

第4章 河畔域における落葉分解

第2章、第3章の結果から、ネコヤナギ群落が高い生産力を持ち、特に落葉の供給を通して流域の物質循環に影響を与えている可能性が示唆された。河畔域に供給された落葉は、陸上である程度分解された後、一部は増水によって河川水中に入り、今度は水中で分解が進むと予測される。物質循環に対する河畔植生の影響を評価するためには、落葉後の有機物の動態を知る必要がある。そこで河畔域におけるネコヤナギの落葉の分解過程を定量的に明らかにする目的で、陸上と河川水中における落葉の分解速度を調べた。

一次生産と栄養塩経済について調べた調査地で、落葉（リター）の重量減少をリターバッグ法によって調べた。その結果、重量減少は陸上、河川水中ともに緩やかで、実験開始から一年を経ても陸上で65%、河川水中では約40%の落葉が有機物として残っていた。有機物（落葉）の重量減少は微生物による無機化や溶存態・細粒有機物の流出によって起きる。そこで次に、調査地に一定期間設置したリターサンプルの無機化速度とその温度依存性を測定し、調査期間中の気象データをもとに、年間のリター無機化量を見積もった。陸上での無機化速度は赤外線ガス分析装置を用いたopen-flow法で、水中での無機化速度は、リターを入れた容器内の溶存酸素消費量を溶存酸素計で測定して求めた。その結果、陸上での推定無機化量は、野外での重量減少の結果を大きく上回った。陸上での無機化速度の測定は、サンプルに水分を十分に与えた状態で行ったことから、野外では主に乾燥によってリターの無機化が抑制されている可能性が示された。一方河川水中の推定無機化量は約4割で、重量減少の結果とほぼ一致した。以上の結果から、陸上では乾燥のために分解が進まずリターの大部分が粗粒有機物として残り、河川水中に入ったリターは一年を経ても4割が粗粒有機物として残ることが示唆された。

第5章 流域における有機物の動態

前章までの結果から、河畔ネコヤナギ群落は多くの落葉を供給し、その4割以上が一年を経ても粗粒有機物として残ることが示唆された。これらの粗粒有機物は一時的には群落周辺に貯留されるが、ひとたび大規模な増水が起きると下流へ流出すると予想される。そこで増水の規模と頻度を考慮した群落からの粗粒有機物流出モデルを作成し、長期間にわたる有機物の動態のシミュレーションを行った。モデルでは、落葉後陸上で分解が進み、年に一度（梅雨期）の増水によって残っている粗粒有機物の一部が河川水中に移動し（transport）、その後陸上と水中で分解が進み、翌年また落葉が供給されるという流れの繰り返しを考えて、河畔域に蓄積されていくネコヤナギ落葉由来の粗粒有機物量を見積もった。さらに数年に一度大規模な増水（wash out）が起き、群落周辺に蓄積されていた粗粒有機物の全てが下流へ流出するという流れを想定した。このモデルの中で、陸上から河川水中への有機物の移動（transport）の規模と大規模増水（wash out）が起きる頻度を変えてシミュレーションを行い、ネコヤナギ群落から供給される潜在的な粗粒有機物量を推定した。さらにこのプロセスを流域全体に拡張し、太田川での植生分布データをもとに流域全体のネコヤナギ群落から流出しうる粗粒有

機物量を推定した。その結果、数十tから百tを越す量の粗粒有機物が河川を通じて下流へと運ばれていると予測された。

以上のことから、ネコヤナギ群落に代表される河畔植生が、群落周辺だけではなく、河川の下流域や河口域に多量の有機物をもたらしている可能性が示され、河畔植生が流域における有機物供給源の一つとして重要な役割を果たしていることが示唆された。