

生物圏における水の動態①「森林と水」

富村 周平

(株式会社 富村環境事務所)

摘 要

人は水なくして生きられないが、森なくしても生きられるのである。ただ、森の存在は多くの降水がその土地を潤していることの証明であり、必ずしも森の存在が人の生存を規定してはいない。森があることにより、当然豊かな水の文化、木の文化、森林環境文化が育まれるが、森は人の生活にとって必須条件ではない。人が水に頼って生きているように、森も同じく水で育まれているのである。人と森との接近は、水の存在、さらに森と水によって育まれた他の生命体の存在で結びつきあっているのである。そして、森のあるところでは、森の存在が人の長い生活の歴史を培ってきたのである。

わが国の森は、国土の約70%を覆い、山地部上流の水源域にあって、都市民に送る豊かな水の源、清冽な水の供給源としての役目を担わされるようになった。そして今は、科学的裏付けがないまま、また国民の意識の成熟をみないまま、森のもつ社会的機能が強調される時代になった。

森林水文学での知見からは、森林の働きに関する普遍的なデータが得られていない。地質条件、地形条件、植生条件、気候条件など無数のパラメーターが作用し、そのメカニズムを明らかにすることは難しいし、それだけの人的・経済的投資がなされていないことも理由の一つである。また、日本の複雑な自然条件がバイオマスや生態学の計量化を阻んでいるように、森林水文学もこの例外ではない。特に、森林のもつ水源かん養機能については、地質条件や土壌・土質条件を勘案して評価することが求められる。また、水源かん養機能は水量と無機的水質の循環という観点だけでなく、多くの生命を育む生態的な意味合いを含めることが大切である。

キーワード：生命を伝える水の流れ、生命を育む森、森は水の消費者、豊かな水が形成する森

1. 豊かな水が形成する森

1.1 森は豊かな水で育まれる

気温条件などにもよるが、世界ではおよそ500 mmの年降水量があり、年間の降水較差が少なければ森は形成される¹⁾。人間は、砂漠から北極までおよそ森とは縁のない地域にも多数住んでおり、陸上の哺乳類の中では地球上に最も隈なく住んでいる唯一とも言える数少ない種である。年間降水量が50 mmに満たないところでも、伏流水の恵みで暮らしていける。古代文明が森の破壊により崩壊した理由は定かでないが、人為的、自然的に関わらず大規模な森林破壊が気候変動を生み、乾燥化した社会から市民が離れていったものとも言われている。それでも、その土地の古代文明の繁栄が失われたとしても、多くの人々が今もなおそこに暮らしているのである。

人は水なくして生きられないが、森なくしても

生きられるのである。ただ、森の存在は多くの降水がその土地を潤していることの証明であり、必ずしも森の存在が人の生存を規定してはいない。森があることにより、当然豊かな水の文化、木の文化、森林環境文化が育まれるが、森は人の生活にとって必須条件ではない。人が水に頼って生きているように、森も同じく水で育まれているのである。人と森との接近は、水の存在、さらに森と水によって育まれた他の生命体の存在で結びつきあっているのである。そして、森のあるところでは、森の存在が人の長い生活の歴史を培ってきたのである。

1.2 アジアモンスーンにおける森の分布

ヒマラヤ山脈に代表される高山体を有し、インド洋から湿った季節風が吹き上げ、多くの雨をもたらすアジアモンスーン地域は、世界の中でも最も水量に恵まれた地域の一つである。和辻によると、その典型がインドに見られるという。比較的

涼しい乾燥期と、暑い乾燥期、雨期との3つに分かれ、6月から8月の南からのモンスーン襲来期に多量の雨を降らす。モンスーン地域の特徴は、この時期に生育期間を迎える米の栽培であり、生産性の高い米が多くの人を養っている点である。

インドから中国、東南アジア、日本がこの同じモンスーン気候に属す米作地帯であるが、メコン川の上流域の森林やインドネシアに代表される熱帯降雨林、また台風の影響や冬の季節風が降雪を見舞う日本とは森林の佇まいや分布状況が異なる。インドからネパール、ブータンのヒマラヤ山脈南部のガンジス川流域一帯では、モンスーン時の降雨以外は比較的乾燥しており、熱帯降雨林地帯や日本ほどの森林が分布しない。そこは、森林限界を超えることもあって、必ずしも森林がその水源域をカバーしていない。

モンスーン地域といっても、ところによって森は季節的に訪れる水を頼って形成しているに過ぎず、そこでは森に代わって疎らな灌木林や草原、岩壁が水源域を構成しており、森が人の暮らしを支える決定条件とはなっていない。

1.3 日本の森の特徴

日本は水の豊かな国である。少なくともかつてはそうであった。沖縄地域から北海道に至るまで、川の氾濫原などの湿地帯や特殊な地質条件地帯を除けば、日本の国土全体が森に覆われていた。これは、モンスーンによる梅雨のほか、夏から秋にかけての台風と、冬の降雪が多量の年間降水量を生み、また降水量の年間の平準化によるところが大きい。冬の太平洋側の晴天続きも、気温が低いために森の形成に何の障害もない。こうして、全土が森林に覆われていた。また、南北に長い列島が、様々な気温条件を有して、常緑広葉樹林、落葉広葉樹林、亜寒帯針葉樹林を形成している。この点、他のモンスーン地域とは異なる熱帯的・寒帯的な独自の森林環境を有し、四季が明瞭で特殊な森林文化が生活に深く根付いた国である。

一方、山地には様々な風がもたらす多量の雨が降り、森林の形成以上の水を下流部に排出するのである。急峻で短い河川が豪雨で水を集めて一気に駆け下る洪水の頻発する国でもある。恵みと災害をもたらす雨が交互に繰り返す国なのである。

さて、森林国日本では、江戸時代までですでに都建設のために多量の材を近隣の森から調達し、平野部を都市へと換え、近くの山の森の多くが切り払われていた。そして、明治以降の都市化の波は、平野部の氾濫原や海岸埋め立てにより、肥大

化し、戦後の経済発展の過程で、平野部や丘陵は住宅地・商業地・工業地となり、森は次第に川の上流へと追いやられてきた。

氾濫原などは避けて生活してきた人々が、治水・治山を必要としたのはこのような平野部の開発によるものであった。こうして、森は急峻な山地部に残り、災害からの供えや利水の観点からその公益的な性格が増すことになった。豊かな水が形成した森に、水源かん養や水質浄化、防災的な機能をと市民が求め出したのである。森は、国土の約70%を覆い、山地部上流の水源域にあって、都市部に送る豊かな水の源、清冽な水の供給源としての役目を担わされるようになった。そして今は、科学的裏付けがないまま、また国民の意識の成熟をみないまま、森のもつ社会的な機能が強調される時代になったのである。

2. 森の水源かん養機能とは

2.1 一般に言われる水源かん養機能

一般には、森のもつ水源かん養機能とは以下のように整理されている。

- ・落葉・落枝、森林土壌の働きにより降水を効果的に地中に浸透させて長期にわたり貯留・流下させ、河川の流量を安定化させる。
- ・森林土壌の高い浸透性、雨水の樹冠遮断能で短時間で河川に到達する水の量は少なくなり、洪水が防止される。
- ・雨水に含まれている塵や窒素、リンを濾過・吸収し水質を浄化する。
- ・このように森林は渇水の緩和と水質の浄化を通じて水資源をかん養する機能がある。森林が「緑のダム」などと喩えられる所以である。
- ・また、森林は地球環境の重要な構成要素であり、地球規模での気候の安定化への寄与は計り知れない。

このような森の公益的機能は慣用句のように使われているが、果たして森だけがこのような機能を有しているのだろうか、また科学的な裏付けはあるのだろうか？

2.2 森は水の消費者(利用者)

森を有する世界の多くの地域で、水資源として人間に利用されている水のほとんどは、地下水も含め、上流の森林域から流れ出てきたものである。このことは、森林の取り扱いが、水量の減少や水質の悪化などを通じて、下流域の人間社会や生態系に、致命的な影響を及ぼす可能性のあることを意味している。世界中の大多数の人は、森林が生長するにつれて、そこから流れ出す川の

水量も増えると思っているが、それは誤りであることが、世界中の森林水文学者により実証されてきた。森林は蒸散という形で水を消費して生きている生物であり、もともと水が豊富にある地域しか、存在しないことを考えれば、当然といえば当然である。加えて、日本の場合、戦後の精力的な植林の結果、広葉樹よりも水を消費する針葉樹の面積割合が増加してきている。これらのことは、水資源にとって、マイナスの作用をもたらしているはずである。

森林からは約30~35%の蒸散、蒸発量があるといわれ、降水の3分の1は林地から再び大気へと還元されている。主に枝葉についた雨滴や林地からの蒸発が多いと考えられており、枝葉が多い発達した森林ほど蒸発量の比が増すようである。森林で蒸発散が大きい理由は樹木の蒸散が活発だからではなくて、雨で濡れているときの樹木の葉に着いた水の蒸発が活発だからであり、一般の理解と違った事実が判明してきている。伐採後のバイオマス成長にしたがって降水からの吸収量と蒸発散量が増えるのである。この点、森は水の消費者であり、極相林など成長と枯死のバランスのとれた森には約500トン/ha以上の水が地上部に蓄えられ、森林からは盛んに蒸発散しているのである。もっとも、森林からの蒸発散は大気に還元され、やがてまた林地に降り注ぐのであるから、水資源を循環的に利用していると解釈すべきであろう。

それにしても、森林伐採すると土壌浸透能が減るばかりか、森林が消費していた水が流れ出すという方向に定説が現在変わりつつあるのだが、森林は水を消費する存在であるという認識がないところに、森林そのものが水資源であるような錯覚を生んでいる。

2.3 解明が遅れている森林水文

河川の流量は、降雨や降雪の季節変化に対応して季節変化していると同時に、大雨時には大量に流れ、雨が降らない期間は渇水になる。防災の観点からは、大雨時にできるだけ河川流出量を少なくすることが必要であり、水資源や溪流の生態系、内水漁業の観点からは、渇水時にできるだけ河川流出量を多くすることが重要となる。森林をできるだけ水を消費しないような状態に変えることで、年間の総量を増加させることはできるが、大雨時や渇水時だけを取り出した場合、気候条件、地形条件、地質条件の違いの影響を強く受けることがわかっており、水量の増減の場合とは対照的に、科学的に普遍的な知見は未だ見出されていない。研究が進んでいない一つの理由は、電力

会社が、河川最上流域の発電ダムで観測されている流入量のデータを公開しないこともある。

森林と水質の関係については、まだ研究されはじめたばかりである。水環境の分野では、汚染の原因を主に畜産業、産業廃棄物処理場、ゴルフ場などの点源に求めてきたが、手入れ不足の荒れた森林は、面源として富栄養化原因物質の流出負荷量に少なからぬ影響を及ぼす可能性が指摘されている。また日本では、欧米並の酸性雨が観測されているにも関わらず、河川水や湖沼水の水質には欧米ほどの影響が及んでいないが、将来、欧米のように酸性雨によって森林が深刻な被害を受ける可能性がないとはいえない。被害が発生した場合、森林から流出する水が酸性化、富栄養化し、河川・湖沼生態系に深刻な影響が及ぶ可能性も考えられる。

このように、森林水文学での知見からは、森林の働きに関する普遍的なデータが得られていない。地質条件、地形条件、植生条件、気候条件など無数のパラメーターが作用し、そのメカニズムを明らかにすることは難しいし、それだけの人的・経済的投資がなされていないことも理由の一つである。また、日本の複雑な自然条件がバイオマスや生態学の計量化を阻んでいるように、森林水文学もこの例外ではない。

2.4 森のもつ水源かん養機能の研究例

それでは、森林の水源かん養機能の研究例²⁾⁻⁵⁾をいくつか紹介してみよう。

(1) 林地の雨水浸透能

- 林地に達した雨水は、孔隙に富み大きな透水係数を示す森林土壌の働きによって、ほとんど地中に浸透する。
- この浸透の程度は大きく、半日~1日程度で森林土壌層(A層)を通過する降水量は、百数十mm程度であるとされている。
- そして、日本における通常の降雨強度を遥かに超える高い浸透能を森林土壌の表層を占めるA層は持っている。
- このため降雨強度が浸透能を超えて地表に表面流が発生するのは、皆伐面等に生じた裸地や林道などごく一部にとどまるといわれている。

(2) 洪水緩和機能

- 森林は洪水緩和をする平準化作用を持つが、森林の有無による総流出量はどうかについて、森林を伐採した場合の流出量変化から様々な研究が行われてきた。
- 結果は、森林(植生面積率)の減少に伴い年流出量は増加し、森林減少の割合に流出量はほ

ほぼ比例すること、また年流出量の増加はほぼ降水量に比例する。

(3) 渇水緩和機能

- ・森林の渇水緩和機能には二つの側面がある。一つは洪水緩和機能と裏表の関係にあるもので、流量平準化によって洪水時のピーク流量を減少させて貯留し、それを遅らせて河道に流出させることによって、洪水流量として無駄に流下させる水量を利用可能な水量に変える働きである。
- ・これに対してもう一つは低水流量そのものを増加させる働きである。低水流量は地中の深いところを通して流出する水量であるため、これに関する森林の働き(機能のメカニズム)は、主に森林が地下水のかん養にどのように関係しているかにある。この面での森林の関与は、根系の作用や土中の小動物の活動によって土壌の孔隙性が良好であると土壌中の雨水の貯留量が増加して、地下水かん養量を増加させることにある。
- ・この場合、森林の蒸発散(年間を通してみるとかなり大きな量である)は、土層中の水分を減少させる作用をするので、貯留は蒸発散の機会が少ない深い土層中に行われることが望ましい。このため土壌孔隙の発達在地中深くまで及ぶことが望まれる。

(4) 水質浄化機能

- ・森林の水質浄化機能は、雨水が森林生態系(森林内に共存的に生活しているすべての生物及びそれをとりまく無機的、有機的環境によって構成される全体システム)を通過するときに汚濁物質を低下させる働きをいう。森林地帯の渓流水の窒素、リン含有量は一般に降水の含有量より少ないことが知られているが、これは森林の水質浄化機能によるものである。
- ・pHが4.0から5.5の酸性の雨が降っているのに、森林から流れる水はpH 6.5前後の中性に近い状態で安定している。土壌の緩衝作用の他に、土壌中の二酸化炭素濃度、土壌鉱物の風化、そして土壌中の水移動と多くのプロセスの複合として成り立っている。森林の下の土壌中二酸化炭素濃度は、根の呼吸や有機物の分解のために大気中に較べて数百倍高い濃度で、これが渓流水の酸性化防止に働いていた。
- ・森が酸性雨を緩和する機能は、スギ・ヒノキの人工針葉樹林より、広葉樹であるコジイ林にその効果が高いとしている。

- ・上流の畑地やゴルフ場等から流出する濁水を森林帯が捕捉し、浄化する機能も認められる。水質浄化機能の面でも孔隙に富む森林土壌が大きな作用を果たしている。

(5) 表面侵食防止機能

- ・滋賀県南東部の花崗岩山地の田上山で測定された林地(山腹植栽地)と裸地からの土砂流出量を26年間調査した結果、 $10,000 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{年}$ (この値は1年で1 cmの侵食があったことに相当する)の土砂流出がある裸地に対し、植栽地からの土砂量が1/100から1/1,000程度で劇的に少ないことがわかる。
- ・また植栽地の中で、土砂流出量は植生が貧弱であった1960年代での $15 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{年}$ から、植生が回復していくに従って次第に減少し、1980年代後半には、30分の1程度に減少している。
- ・これよりこの地域では、裸地、山腹植栽、森林化という植生の回復に従って、土砂生産量が $5,000 \sim 10,000 \rightarrow 15 \sim 3$ 以下(単位は $\text{m}^3/\text{km}^2/\text{年}$)と変化するといえる。

(6) 水源かん養機能

- ・森林は、洪水流出を減少させ、雨水を一時的に土壌に貯えてゆっくりと時間をかけて流出させる流量の平準化作用を持つが、一方で森林の存在は水を消費することにより総流出量を減少させる。
- ・ゴルフ場やコンクリート被覆流域(降水量)に比べて、森林流域からの流出は、流出量の大きな日数が少なく、流出量が比較的小さい日数が長く続くなだらかな曲線を示し、平準化作用があることがわかる。
- ・また、どのような水需要量があったときに、どの程度水不足量が発生するのかを調べたものでは、森林流域の年流出量は、蒸発散量が多いため、ゴルフ場流域やコンクリート被覆流域に比べて少ないが、降水量の10%程度(水利用水準0.1)を使おうとするとほとんど水不足が発生せず、平準化作用が効果のあることがわかる。ただし、水利用水準を上げると森林といえども水不足が発生する。
- ・このように流況曲線の解析から、蒸発散量の多さにも関わらず森林流域の水源かん養機能が明確にあることが示される。また水利用率が低い場合には森林の平準化機能により水不足が発生せず、低コストでの水源かん養機能が期待できる。しかし水利用率が高くなると、貯水ダムなど高コストの貯水システムが必要となる。

- ・森林土壌の消失したはげ山に山腹植栽工を行った場合、どのように流出量に変化するかを、山腹工施工後の経過年数が様々な流域での流出量のデータを基に、流出モデルを用いて計算した。結果は、洪水流出量が植栽直後に急激に減少すること、蒸発散量がはげ山時に比べて増加するものの、無降雨時の基底流出がはげ山時よりも増加することがわかる。降雨に対する洪水流出量がどのように変化したのかでは、ピーク流量が小さくなり、洪水緩和機能が経過年数とともに増加していることがわかる。特に山腹工施工後の変化が大きい。
- ・アカマツとヒノキからなる森林の蒸発散量の季節変化を調査した。森林からの蒸発散量には、晴天時に蒸散作用により葉の気孔から水分が失われる蒸散と、降雨時に葉面に付着した雨水がそのまま大気に戻っていく降雨遮断蒸発とがある。森林流域で蒸発散が多いのは、後者の降雨遮断蒸発が多いためであることがわかってきている。この流域における年蒸発散量は750 mmであるが、蒸散量が400 mm、遮断蒸発量が350 mmで、遮断蒸発量が蒸発散量の半分近くを占めている。また蒸発散量が生物活動に対応した明確な季節変化を持つのに対し、遮断蒸発量の季節変化は小さいことがわかる。
- ・林冠に達した降水の行方をもう少し詳しく見ると、一部は葉に貯留されたりしながら、直接地表に到達するもの(通過雨量)、樹幹を伝って地表に到達するもの(樹幹流下量)、そのまま大気に戻っていくもの(遮断蒸発量)に分類される。結果は、遮断蒸発量が10%~20%あること、樹種により各成分への分配が異なることがわかる。世界各地における樹冠遮断量の割合は、13%~51%とかなり幅が広いが、いずれにしる降水のうち、かなりの部分が遮断蒸発として地面に到達することなく、大気へ戻っていく。
- ・森林における蒸発散量、特に降雨中の遮断蒸発量が多いことは、森林の樹高が他の植生と比べて大きいこと、葉面積が多いこと、さらに樹冠面の凹凸が他の植生に比べて大きく蒸発を活発にする大気の乱れが大きくなることがあげられる。森林からの蒸発散量が多いことは、高度な水資源確保のためにはマイナスとなるが、熱帯降雨林での例のように大気中へ戻って降水の源泉になっていることなど、得失を単純に評価することはできない。

- ・表土が乾燥しつづけると植物もまた地下水を吸い上げる活動を自ら抑制し、吸い上げる水の量はほとんどゼロに近い状態にまで減少すること、一方その程度に乾燥した土壌は、地下水面から水の供給を得る機能も持たなくなることで、従って地下水が土壌へ、土壌から植物または地表へという土壌中の水分の運動は、ほとんど停止された状態になる。

いずれにしても、日本の山地のような雨の多い地域では、森林による水の消費があるにせよ、残る水が表流水、地下水としてかん養され、流量を安定化させて下流域を潤していることは間違いない。ただ、このような機能を森林と土壌に特化していることには問題があり、土質や地質など山体の浸透能、濾過機能などとの組み合わせで考える必要がある。例えば、花崗岩のマサ風化した地域や、石灰岩地域、そして崖錐を積み上げたような山体では、雨水が地下深く浸透し、降雨期や渇水期にかかわらず定常流を供給し、かなりの強度の雨量でも河川は濁らない。反対に、粘土質で被われた土質を有するところでは、少雨でも地表面が侵食され濁水となる。また、山地から発する流れは降水よりも浄化された清冽な水が流れるが、ミネラル分を多く含んでいて、森からの水というより、岩盤を経由してきた地下からの水と解釈すべき点も指摘できる。

森林のもつ水源かん養機能については、このように地質条件や土壌・土質条件を勘案して評価することが求められる。また、水源かん養機能は水量と無機的水質の循環という観点だけでなく、多くの生命を育む生態的な意味合いを含めることが大切である。

3. 日本の森における今日的課題

3.1 治水・治山に隠れる森の恵み

古代より災害は何十年、何百年というサイクルでやってくるものだという認識は、そこに住み、自然の脅威を経験する生活の中で培われたものであった。人はもともと災害の起こりやすいところを避け、安全な地で暮らしていた。そこには、村の古老から若い世代へと語り継がれてきた何百年も昔の災害の教訓があった。今、それを受け継ぐべき若い世代が、また科学的な検証が十分にされないままに、無警戒な土地利用が行われ、それが災害を頻発させ、規模を大きくさせている。

明治後期から昭和20年代まで続けられた森林治水事業(現在の治山事業)の歴史を振りかえってみても、洪水時の出水を一時貯溜するため、上流

の水源地帯に天然の地形を利用して遊水林を設けようとしたが、河川当局からきびしく排斥されている。また、河川敷内の水害防備林も、高水工事の目的に反するとの理由から認められず、堤防に木を植えることさえ禁じられた。

治水・治山事業がすすんで下流平野部の開発密度が高まるにつれ、洪水流量は増大した。すなわち貴重な水資源を足元から追い出したのである。そのように土地の経済的価値を高めていくことは、水需要を増大させることでもあった。その結果、周辺の土地利用を優先した開発は、防災と利水のみを川や森に負わせ、川の自然の流れ奪い、森林のもつ恵みを奪ってしまっている。

土地利用を高め、足元から水を捨ててしまった都市には資源とすべき原水はなく、水はいきおいより遠くへダムを築くことで求めていかざるをえない。こうして大規模なダムが都市に注ぐ川の上流に作られた時点から、森林のもつ公益的機能を唱えながらも、森が発揮すべき機能を失わせ、特に水循環・水資源に関わる森の役目が無視されてきた。

3.2 日本の林業がもたらせたもの

同じ地質や土壌条件下では、森林の構造が水循環に及ぼす決定的な要因となる場合がある。丹沢山地の札掛を中心とした中津川上流域では、森林、特にスギ・ヒノキの人工林が長年月放置され、ところによっては植えたまま50年余りも除間伐がなされず、真っ暗な森を形成し、林床には草木がなく、すべてが裸地となっているところが目立つ。土壌流亡という観点からも整備の遅れた森林が問題を引き起こし、溪流や河川を濁らせている原因となっている。

近年さらに、シカ等の野生哺乳類の被害が顕在化し、ヒノキ林は無論のことスギ林そして自然林であるモミ林や広葉樹林下も裸地化して、土壌侵食を受け、大径木が根上がりし、枯死木が多く観察される。このような現象が、林業をあきらめた日本各地で見られる。

全国各地に広がるシカ・サル・イノシシの害の発生は、このような戦後拡大造林した人工林が成林してきたための餌不足も影響しており、花粉症の増加も過密なスギ林が起こす現象ともいわれている。森の水源かん養機能はこれと同じように、日本全体で低下しており、洪水・濁水が起りやすく、また河川・溪流の生物生息に大きな影響を与えつつけている。今、各地で展開されている森林ボランティア活動や、また端緒についた国際標準の森林認証制度の普及によって、健全な森づくりに努力が傾注されているが、目に見える改善の

ためには、水源の森に対する抜本的な対策が望まれるところである。

清流を送りつつけている河川かどうか、濁水を起こしやすい河川かどうか、洪水・濁水を起こしやすい流域かどうか、地質や土壌条件も勘案して、健全な森林の回復を目指さなければ、森林構造の単純化と土壌侵食の悪循環を断つことができないであろう。やがて迎える無生物の水循環を回避するためにも、中下流域の水利用等とは別にして、水源域の森で今何が起きているかを、水問題として考えることが大切な時にきている。

4. 有機体としての森

4.1 生命を育む森

無機的な水循環を森林に求めた場合、上記のような森林と水の関係、今日的な課題があげられるが、森の存在は有機物を供給し、また循環して多くの生物を育むところにその価値が高い。水が森を育み、森が豊かな生命を育むのである。

特に、溪流沿い、河川沿いの森は水生昆虫にとり、その棲みかである落葉・落枝を提供し、餌を供給する。溪流・河川で育った昆虫はやがて森林に棲み、鳥やその他の森林動物を消費者とする食物連鎖を形成している。昆虫・鳥・哺乳類・その他の動物もまた森林社会のメンバーとして微妙なつりあいを保ち、食物、生活、環境、相互扶助といった目に見えない糸で互いに結ばれているのである。こうした多くの生物は単に森林を生活の場としているのではなく、溪流や河川とも結びついて、豊かな動物相を形成しているのである。このような有機物の物質循環、生命体同士の繋がりが豊かな命を育む源となっている。

河川流量の増減、平準化も下流の民の水利用にとって重要なことは違いないが、溪流から川、川から海に繋がる生物の生息環境を豊かにする有機物の供給という面から上流域の森林の果たす役割は大きい。

戦後植林された針葉樹の過密林はこの点においても問題があり、溪流・河川沿いは自然林で構成させるよう森林認証制度や地域森林計画では、その生物多様性維持・向上に向けた取り組みが始まり出している。

4.2 里山は水の利用、人と自然が出会う場

里山とは、人と自然が自給的な暮らしを通じて形成された地域固有の独特な風土で、人が自然に手を加えて整備し維持してきた水田や雑木林、草地などの景観要素がモザイク状に見られる場所である。そこには、谷戸(谷津田)と呼ばれる丘陵に入り込んで

いる浅い谷があり、谷に傾斜した集水域と谷頭から湧き出る清水によってかん養される湿地で構成されたところがある。集水域は雑木林として薪炭林等を生産する場所として管理され、谷戸は谷戸田として水田(棚田)利用されている。その好例は、琵琶湖の伏流水を利用した生活を営んでいる滋賀県新旭町の「川端文化」や、野菜洗い場などの生活水として利用するほか水田などの農用水としたかつての東京の国分寺崖線にみられる。

しかしながら、都市化による湧水の枯渇や人びとの生活様式の変化によって川端文化は現在消失しつつあり、わずかに自然体験の場として一部の活動家が利用しているにすぎない。人びとの関心は、森から湧水から離れ、生活の場近くの正常な水循環・水利用の源がなくなりつつある。

4.3 望ましい森の形態

水源地帯の森林において望まれる機能は、まず、良質の水資源の確保に役立つ水源かん養機能であり、次に生態環境保全機能とあってよからう。ここでは、森林の蒸発散量を超える雨量を有する日本のような地域を対象とし、また土質や地質など水源かん養に大きく関わる条件などは除外している。森林に対する過度の役目の付与を排除するとしても、今までの論調とは異なり、やや観念的な意見となるが、望ましい森の形態を定性的に述べてみる。

森林の水源かん養機能は、洪水緩和機能、渇水緩和機能、水質浄化機能、生物多様性維持機能の四つのサブ機能から成り立っているとすれば、四つのサブ機能を総合的高度発揮しうる森がどのような状態であるのが望ましいかをまとめてみる。

四つのサブ機能を総合的高度発揮の上で基本的には重要なのは、サブ機能それぞれのメカニズムに共通している要素である「孔隙に富む森林土壌」と森林構成樹種の多様化と複層化である。その森林をやや具体的に示すと、次の要件を満たす森林であろう。

- ①根系の発達が良好な樹種から構成されていること。
- ②過老でない巨木を主体とする複層林であること。
- ③落葉等有機物の供給量が多いこと。すなわち物質生産量が多いこと。
- ④樹冠閉鎖度が適度に保たれていて、林内への照度が高まり、下床植生等の繁茂に適した条件であること。
- ⑤安定した森林生態系が維持されていること。そのためには、多くの種の広葉樹または郷土種で構成された森林のほうが好ましい。

- ⑥河川・溪流沿いでは自然林、里山では雑木林などの二次林が望ましい。

5. まとめ

まとめにかえて、環境と水に資する森林分野の今後の研究課題を以下に列挙する。

- ・清流を送りつづけている河川かどうか、濁水を起こしやすい河川かどうか、洪水・渇水を起こしやすい流域かどうか、地質や土壌条件も勘案して、健全な森林の回復を目指さなければ、森林構造の単純化と土壌侵食の悪循環を断つことができないであろう。
- ・このためには、水源域の森で今何が起きているかを、水問題として考えることが大切である。
- ・森林と水を考える場合、人の暮らしと里山の森、そして湧水・川との繋がりも考慮すべき視点である。
- ・日本では広大な面積をもつ森林の質が現在問題視され、乾燥地帯では水を消費する森の復元の是非が大きな課題である。雨がどのように森林で貯留・循環または蒸散するか、その水瓶となる位置にある森についてはアジアモンスーン地域全体の課題として考えるべきである。
- ・水源林の整備が必要であるが、観念的議論や思い込みに走らない。そのためには、実証が必要で、例えば土壌における水収支という点から農地レベルでの研究と連動することができないか。
- ・森林のタイプをパラメーターとした水収支や水質の連続・長期的な観測が必要で、この中で底生生物や魚などは有効な生物指標として使える。また、川の形態・自然度も同時に底生生物・魚類などが指標となりうる。水生生物の長期的な生息調査も重要である。
- ・環境感性工学との合体。例えば、人の目で快適と感じる川にはどのような生物が生息しているのか、その背後にある森との食物連鎖も検証する。人と水生生物、同じ生物同志の住み心地を研究の課題とすることも興味深い。また、下流側では河川工学に対する生物からの発言が大切である。
- ・モデル流域を設定し、農学・河川工学・地下水挙動分野・水利用分野・景観学・環境感性工学等と同時連携して、森林を水供給源とした水循環のあり方を考えることが必要である。

参考文献

- 1) Geiger, C. (1998) L' environnement, NATHAN, 160p.
- 2) 秋谷孝一 (1995) 森林の保全機能にもとづく流域管理論, 日本治山治水協会, 45p.
- 3) 川口武雄 (1987) 森林の土砂崩壊防止機能, 日本治山治水協会, 98p.
- 4) 有光一登 (1988) 森林の土壌保全機能, 日本治山治水協会, 47p.
- 5) 太田猛彦・窪田順平 (1996) グラフが語る森林の役割・機能, 林業技術, No.653, 7-18.

(受付2003年9月11日、受理2003年9月18日)