

森林の水源かん養性

東 三郎

はじめに

森林とは一体何かという定義づけは百人百様で、時代ごとにもまた場所ごとに千差万別である。辞書によると、樹木の密生したところとされ、林学の規定するところでは土地を含めたその上の立木竹という概念であるが、言葉の意味は山・海・水・土・空気・人間という総称的な名称にすぎない。しかし、その構成要素・構造・規模・成立の由来などは多様であり、どの地方のどの地区の森林も唯一無二の存在である。これは人間に独自の個性があり、それぞれの体形が異なることと共通している。

このように厳密にはとらえようのない森林を、これまでの社会は生産対象として見るだけで、空間的な広がりに対しては無頓着であった。しかし、人間にとって衣・食・住の原材料とともに、「水」は絶対に不可欠な物質であり、

その供給源は森林であることを忘れてはならない。もちろん、森林の中の樹木や各種の生物集団も人間同様に水無しに生活することはできない。したがって人間が開発の名において生態系を抹殺するか、野生動物と競合を避けるような空間選択を意識して森林管理の方法を編みだすかは今後の重要な課題である。つまり、有史以前から存在している森林に人間が入り込み、地域的に独特の文化を築き、やがて機械文明が熟して、生活様式の画一化が進み、濃密な人工空間が形成されるにつれて、森林の効用は見直されざるを得なくなつたのである。

強い雨が降り続けると川の水が溢れて洪水災害となり、日照りが続くと川の水は干上り渇水災害となる。人間にとつてこのような水の過不足現象は常に深刻な社会問題であり、時代とともに様々の工夫によって克服されてきたが、地球規模の異常気象に対しては、今

日の科学技術の及ばないところであり、人口の密集している都市のコントロールにも限界が見えてきた。かねてから水を巡る問題は行政的に議論され、洪水に対しては強大な堤防で抵抗し、洪水に膨れあがる流量を安全に通過させて市街地や農地を守り、渇水に対しては大規模なダムによって年間の流量を調節し、諸産業や市民の生活に過不足のない水供給に努めてきた。しかし、これらの手段には限界があり、自然は常に人間の利用対象であるとするという考えかたは通用しなくなつてきた。

洪水制御の限界

北海道は原生林に覆われていた時代にも大雨による洪水騒ぎがあつた。これは森林の有無と直接結びつけて量的関係を明確にできるほど簡単な問題ではなく、異常な降雨に支配された破壊的な現象である。石狩川を始めとして天塩川や十勝川の氾濫地形がそれを物

語っており、川岸の木立がその歴史を如実に示している。つまり、世間で高く評価しているような自然林の洪水制御の能力には限界があるとしなければならぬ。人工林の場合のそれははるかに低いレベルにあるといわざるを得ないのである。

昨今のように人工空間の多い大河流域では、水の集まりかたが速く、市街地は大雨の度に水浸しになり、当然のように悲惨な災害に見舞われることになる。この問題を土地利用上の水処理の面から見ると、開発された空間からは絶えず強制的に排水され、隣接空間に流し込まれていることがわかる。したがって上流部の開発が進めば、一時的に排水量が増大し、既に開発されている下流部は水の受入れ場となり、必然的に水害危険地帯となる。高度に開発された都市が、周辺に水浸しになる原因を作り、自ら悲劇的な被災者となつている。これを現代的宿命であると諦めるわけにはいかないし、住民の認識を高めて愚かな結末にならないようにしなければならぬ。

その具体的な事例は、昭和五七年の長崎市の大水害である。この時は一時間最大雨量一二七・五ミリで、一日降雨量が四四八ミリという異常な豪雨であつた。しかも梅雨期間の総降雨量が一二八ミリで北海道の一年分の降水量を僅かに一カ月半で受止めたのであ

る。坂の多い長崎市は郊外の低山帯に住宅地が広がり、石だたみに象徴されているように道路が完全に舗装され、雨水の浸透するような場所はない。強い雨が強制的に排除されると、低い部分の沖積地に滞留し、満潮時には主河川が逆流し、中小河川が氾濫することになり、市街地は最も危険な水害地帯にならざるをえないのである。

このような豪雨の時、もともと排水行為を必要としない森林が広く存在すると、ある程度雨水の集中時間を引伸すことができるが、一方、土壌の厚い斜面では一時的に大量の水を吸込み、持ち応えられなくなって地すべりを引き起こす。森林の功罪が問われるのもこのような時であるが、周辺にうっ蒼とした森林が有っても無くても、異常な豪雨の場合には水の集まる現象に変わりはないものとしなければならぬ。

昭和三十七年の夏北海道大学農学部天塩地方演習林の一角で、筆者は洪水観測を行い、九〇年振りという雨続きのおかげで、貴重な洪水データを手にすることができた。一九三ヘクタールの試験流域はトドマツ・エゾマツを主とする針広混交林で覆われた北斜面と、明治から大正にかけて発生した山火事跡のササ生地となった南斜面からなり三つの小沢に別れている。七月中旬から一〇月上旬にかけて日雨量三〇ミリから一三〇ミリの雨が一三回も繰り返

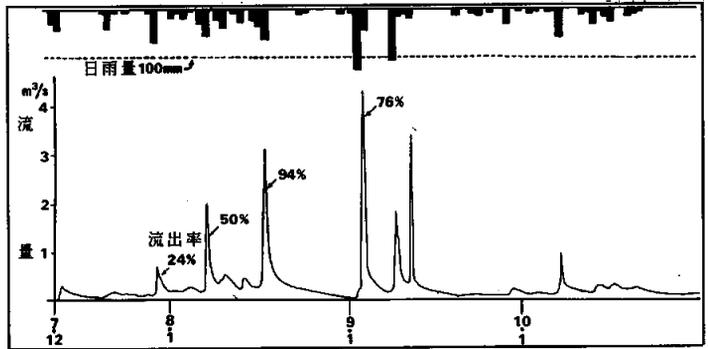


図1 降雨期の増水現象（北大天塩地方演習林試験流域、1962年）

され、流出量には図1のような洪水流量が見られた。水の流れは時時刻刻と変るが、この図では平均的な流量に換算してあるために、瞬間的な変動は表われていない。しかし降雨量と照らし合わせてみると、強い雨の後にはいち早く増水現象が現れており、一応自然林に覆われている流域であるとはいえ、樹木によって雨水が何時までも引止められたという状況は認められない。もつとも、三度目の顕著な降雨量との比較で算出した流出率は二四パーセ

ントで小さいが、これは森林が乾いていたためであり、その後降雨が重なるごとに流出率は五〇パーセント、九四パーセントと高くなっている。この段階ではもはや森林に水を引止める能力に限界があったと見なければならぬ。なお、九月初めの大雨の際の流出率は七六パーセントに低下しているが、流出量そのものは大きくなっている。四回目と五回目とはやや時間間隔が多目になっており、それまでに湿った山体に特別の水みちが発達し、表面流出が制御されたのではないかと想像される。しかし、地下の透水現象には不明な点が多く、乾いた土にいきなり雨水が浸透しないのは、乾ききった植木鉢に散水しても、湿りにくいのと同じようなことである。いずれにしても乾いた山地からの雨水流出と湿った山地からの流出とは大きな違いがあり、長雨や異常豪雨の際に森林が一時的に引止める水量には限界があるとしなければならぬ。

また、異常豪雨に際して浸食された土砂はきわめて不規則に流出し、著しい土砂害を引き起こす。これは樹木に覆われた林地と、粗放な土地利用の結果荒地になったところでは大きな違いがあるが、水の引止め作用が極端に大きくなると、山崩れや地すべりの発生につながることもある。もともと地質条件によって自然林の成立過程は異

なっており、樹木は水の運動に対応しながら生長したのである。したがって、森林に洪水制御の能力があるとしても、降雨量との関係では逆転する場合もあり、根系の緊縛力や浸透促進を過大視することは禁物であるといわなければならない。

渇水期の流量

森林には渇水暖和の働きがあるとして一般に信じ込まれているが、それを具体的に示した例は少ない。我が国で森林を媒体として降雨と流出の関係を明らかにしようとした研究は、明治三十九年（一九〇六）茨城県太田の試験地で始められた。この試験地は火山岩地帯で、面積一五・六七ヘクタール、スギ・ヒノキと広葉樹の林で、森林の伐採前後の流出率を比較することにより、森林の影響を引出そうとした。大正八年（一九一九）までの一四年間の観測結果について、玉手三乘寿（一九二三）は有林地と無林地の概念のもとに、それらの水源かん養性を比較している。森林とは樹木ばかりでなく、それを育てている土地を含む概念であるから、「林」の有無という表現は正しくないが、この場合は伐採前後の森林の外観を意味しているとみなければならぬ。このことは地質条件が強く反映する水問題にとって論理的に重要な点である。後日、荻原貞夫（一九五三）は、玉

表1 豊平峡ダムの流入量 (本流のみ。m³/s)
(北海道開発局資料より作成)

年 月	1983		1984		1985	
	最 大	最 小	最 大	最 小	最 大	最 小
1	2.84	0.38	2.66	1.13	2.64	1.29
2	2.03	0.60	1.92	0.27	2.03	1.17
3	2.76	1.25	1.75	0.81	2.22	0.91
4	40.70	3.52	13.67	1.17	42.42	1.43
5	91.90	4.94	63.20	7.71	42.00	6.43
6	77.30	3.22	16.64	3.51	6.45	1.77
7	13.22	2.47	10.38	2.20	10.52	1.56
8	143.70	1.55	6.60	2.00	9.01	1.41
9	17.44	4.54	251.00	1.66	127.80	2.40
10	11.60	4.10	63.30	1.30	119.70	3.89
11	53.00	3.27	6.82	2.32	6.71	2.88
12	5.01	1.44	4.49	0.66	—	—

手の見解をつぎのように要約している。年間の流出率を比較したところによると、伐採後の流量は僅かに増大しているが、これは樹冠に遮断される降雨量に相当する程度で、森林の強力な影響とまではいかない。また、降雨直後の増水量は伐採後に増大しているが、三〇ミリ以下の降雨の場合には一・五〜二倍(これ以上の降雨については資料不足につき省略)である。つぎに、九日以上の無降雨期の日流量を平均し、八日間の漸減状態をみると、伐採前よりも伐採後は環境が悪化し、減水状態が激しいとしている(筆者の計算によると、前者はマイナス二四パーセントであり、後者はマイナス二八パーセントで、大差があるとはみえない)。いずれにしてもこの三つの項目から森林の効

用を高く評価することは難しいと思われる。

荻原は玉手と同じように、伐採前六年間、伐採後三年間の平均値を用いて比較しているが、筆者は渇水期の流況から流域の特性を引出すために、観測期間の極値である最小流量に着目し、それを「比流量」に換算して指標にした。この指標を用いて比較すると、伐採前は一〇〇ヘクタール当り毎秒一〇・五四リットルであり、伐採後は一〇〇ヘクタール当り毎秒一〇・二〇リットルで殆ど差はみられなかった。これは試験地が透水性の高い火山岩地帯であったために、極限状態の流量が樹木の影響を上回ったものと解釈される。

指標としてみたこの一〇〇ヘクタール毎秒一〇リットルという値は、わが国の標準的な値であるということができる。一見少ないこの値は、一昼夜貯えると八六四トンと膨大な水量になる。さらに一年間の降水量に換算すると三一五ミリになり、それは北海道の年間降水量の三分の一か四分の一に相当する。

渇水期に一〇リットルの比流量があるところは、北海道でも第三紀の火山岩地帯である。その代表地として札幌市の豊平川上流の森林地帯をあげることができ、北海道開発局の資料によると、集水面積一三四平方キロメートルの豊平峡ダムの月別流入量のうち最

大と最小は表1に示されたとおりである。これによると、夏の最小流入量は日照りの続いた一九八四年一〇月の毎秒一・三〇トンである。これを指標的に比流量でみると九・七リットルとなり、さきの一〇リットルに近いことがわかる。雪解け水の影響が薄れる六月から台風期の九月までの四月の平均最小流入量は、毎秒二・三四トンであるから、一日約二〇万トン流入したことになる。札幌市の夏の水消費量を約五〇万トンとすれば、常に補給される二〇万トンは何物にも替え難い価値をもっている。これは「透水性」の高い山地が社会にとつて貴重な存在であり、他の土地利用に供するよりも森林状態に保つほうが賢明であることを示している。

玉手(前出)は前述の報告書の冒頭に、水文試験の難しさについて次のように述べている。「森林ノ水源かん養作用ニ関スル問題ニ就テハ従来実証セラレタル事項無キニアラサルモ元来水源かん養ナル事実ハ複雑多岐ナル關係ヲ有シ水源地ヨリ流出スル水量ハ降水其ノ他ノ気候ノ外地質地形等ニ関スルコト多ク而モ以上ノ諸因子ノ影響ハ遙ニ森林ノ影響ヨリモ大ナルヲ以テ此等ノ諸因子ノ作用ヲ除去シ単純ニ森林トノ関係ノミヲ求メントスルコトハ頗ル困難ナルコトニ屬シ試験ノ方法亦最細密ナルト共ニ相当永年月ヲ要スヘク短期間

ノ簡單ナル試験ニ依リテ之ヲ解決シ得ヘキニアラサルナリ」。

この一文にも表されているように、森林の概念に土地条件を入れなければならぬことは早くから指摘されてきたことであつたが、我が国では降雨量が多いために、その後の森林水文学の発達過程を見ても、短期間の雨水流出に目を向けるだけで、長期間の流況に對しては、中野秀章(一九八五)の見解に代表されるように「流出の平準化」という表現で総括され、際立った意義づけはなされていぬ。これは森林水文学の研究が、主に樹木を対象にしているだけで、土地利用の違いによる影響を明確にしようとする点に目を向けていかなかったこと、地形・地質的条件と同じレベルで植生効果を表そうとしてきたこと、さらに瞬間的な最大流量のみに幻惑され、正確に捕らえることのできない雨量を基に、量的に解釈しようとしてきたために、解明の糸口に至らなかつたのであると思われる。

離島の水源

ここで研究の発想を転換し、毎年のように生活用水に困っている離島の水事情と、干害防備林の造成を巡り、事業の真意と可能性について述べてみたい。大洋の島は砂漠のオアシス(緑州)に似て水の出るところに集落ができる。また小さい島は船のように水の貯えが

ないと、人間の行動を妨げる。三宅島のように天水に頼っていた村の生活をみるまでもなく、降雨と森林と社会が水の運動によって結ばれていることを考えるのに、離島は都合のよい対象である。それにふさわしいのは、北海道留萌支庁管内羽幌町にあるオロロン島で有名な天売島とオンコ（イチイ）の天然林で知られている焼尻島である。両島は指呼の間にあり、共に面積約五〇〇ヘクタールの小島で、第三紀の火山島である。

かつて犬飼哲夫（一九七六）が森林と水の問題を、両島の樹木群の有無に関連していると紹介している。その論拠については松前郡の小島には天然の湧水箇所が三カ所あり、大島は無水島であったが、二〇年振りで訪れてみると、大島は植生の繁茂により、かつて滴下している程度の水が一〇倍量となり細く筋状に流れていたと述べている。つまり森林という樹木集団は地下水をかん養する働きをもっているというのである。

天売島の森林造成も文字どおり水源かん養を目標にしているわけであるから、森林環境が造られた暁には、沢水や地下水が今よりも豊富にならなければならぬのである。そのことを実証するには数十年の時間を要するわけであるが、なんらかの方法で論理的に明確にしておく必要があるように思われ



写真1 天売島鶴田の沢の量水観測所。流量毎秒0.035リットル (1984.7.16)

る。そこで筆者は島内の人工林の近くの住民がその恩恵に浴しているか否かを確かめることにした。聞き取り調査によると、神社のあるキハダの沢付近では、自家用井戸を使用している二軒と湧水利用が三軒あり、過去一〇年間日常の生活用水として、不自由なことはなかったとの情報を得ることができた。この事実は水源に森林の存在することが、水の供給源として有効であることを示唆するものであるが、さらに強力な証拠を得るために、天然林の残されている焼尻島の状態について吟味した。一九八四年七月一六日の天売島鶴田の沢の流量は毎秒〇・〇五三リットルで、これに対して焼尻島のカネシメの沢の流量は毎秒〇・三四九リットルで



写真2 焼尻第一遺跡の沢（山本の沢）の流況。毎秒2.730リットル (1984.8.4)

あった。この流量を比較すると、天然林のある焼尻島のほうが六・六倍の大きくなる。集水面積は前者が五六・八一ヘクタール、後者が一一・九一ヘクタールで約五倍の違いがあるから、前述のように一〇〇ヘクタール当りの比流量に換算して比較すると三一・五倍の大きな開きになる。八月上旬にはさらに減水し、鶴田の沢では毎秒〇・〇二七リットル、カネシメの沢では毎秒〇・二七八リットルに下り、比流量で比較すると四八・六倍と大きく開き、湯水になればなるほど、森林状態の沢が草地や裸地よりも多い流量になることがわかった。

天売島の他の沢で流量がゼロの時、焼尻島の先住民の遺跡とされている山

本の沢では毎秒二・七三〇リットルの流量があり、湯水期とは思われないような状態であった。この流量を比流量にすると一二・二三七リットルとなり、豊平川流域の指標に近い値になる。しかし、焼尻島の西部は草地として畜産用に供され、そこに発達している沢はいずれも乾き、天売島と同じ状態になっていた。

一九八四年は全国的にみても台風が

表2 林況別の湯水期流量 (1984)

島	観測月日	流	集水面積合計 (ha)	森 林		流 量		比 流 量	
				面 積	率 (%)	ℓ/sec	比	ℓ/sec/100ha	比
天 売 島	8・7	鶴田の沢 キハダの沢 三吉の沢	112.20	(ha) 15.98	(%) 14.2	0.027	1	0.024	1
焼 尻 島	8・4	カネシメの沢 山本の沢 西田小学校の沢 自然の沢	110.35	77.63	70.3	6.824	253	6.184	258

全く上陸しなかった年で、北海道も史上稀にみる渇水状態であった。このよ
うな時に森林の水源かん養性を具体的
に調査できたことは千載一遇であつた
といえるだろう。ちなみに天売島の三
つの沢の合計一一・二〇〇ヘクタール
と焼尻島の五つの沢の合計一一〇・三
五ヘクタールをとり、ほぼ同じような
集水面積のもとで渇水期の流量を比較
してみた。表2に示すように天売島
の場合は森林率一四・二パーセントで
疎林状態であり、焼尻島の場合は森林
率七〇・三パーセントで密林状態であ
る。観測日は天売島のほうが焼尻島よ
りも三日遅れたが、この間に雨は降つ
ていない。比流量で比較すると、森林
率の高い焼尻島が二五八倍の大きさに



写真3 焼尻島のイチイ天然林

なつた。両島の地質条件が同様である
とすると、この大差は森林率に起因す
るとみることができると。
しかし、森林は蒸散作用が旺盛で、
保水上不利であるとするもつともらし
い説がある。そこで筆者は、家庭用の
ビニール質スポンジで簡単な蒸発実験と
透水実験を行い「乾ききつたスポンジ
には吸水力がない」と、ササ生地
や草地は直射日光と風の影響で乾き易
いことを明らかにし、長年の間に地表
下に乾いた層が発達し、それが不透水
層となつて雨水の浸透を妨げているも
のと推論した。つまり、樹冠によつて
できる日陰が林床を絶えず湿つた状態
に保ち、雨水を吸込みやすくしている
と考えたのである。



写真4 天売島北東部の干害防備林。ヤナギ埋枝工による14年生の林

天売島の北東部にかつて植えられた
ヤナギ林やケヤマハンノキ林はその後
一四〇一八年たつた現在、ミミズの生
息できるような土壌になつている。こ
れは雨水の浸透に好都合であり、林外
の乾ききつた地表とは格段の違いをみ
せている。このように成林までには長
い年月をかけなければならぬが、水
源林造成には社会的な意義があり、技
術的にも可能性のあることが明らかに
なつてきたように思われる。ちなみに、
この島で毎年不足している五千トンの
水は、一〇〇ヘクタールの水源林がで
きた場合、僅かに五ミリの降水量でま
かなわれることになり、積雪を有効に
利用すればよいことになる。

おわりに

人口が増え森林が減少すると、水問
題が発生する。丹保憲仁(一九八三)
は戦後急速に膨張した札幌市を例にと
り、豊平川上流域五三〇平方キロメー
トルから一人当り三〇〇平方メートル、
一日三五〇リットルを使用すると一
七〇万人の水道サービスが可能である
としてゐる。現在既に一六〇万人にな
ろうとしているから、家庭の消費量を
これ以上増やすわけにはいかないとい
う段階にきている。この人口を養う水
量は年降水量に換算すると三八五ミリ
になる。さきに述べた比流量毎秒一〇
リットルを年降水量にすると三一五ミ

リになるから、この流域では降水量の
三〇〇〜四〇〇ミリが水源容量の限界
ということになる。なお、第三紀層地
帯の比流量は、樹林で三リットル、草
地では〇・三リットルとなり、放牧や
裸地状態が続くとしだいに悪化し、長
年の間に渇水期の流量はゼロとなる。
天売島の水不足はそのような歴史的経
過を示すものと推察される。

(北海道大学農学部教授)

参考文献

- 一 東 三郎・地表変動論 北大図書刊
行会 一九七九
- 二 犬飼哲夫・森林と水の問題 北方林
業 三二七 一〜六 一九七六
- 三 村井延雄ほか・問寒別流域の森林経
営と保全に関する基礎的研究 北大演
習林業務資料 九 一九六四
- 四 長崎市都市計画課・七・二三長崎豪
雨被災復旧状況調査報告書 一九八三
- 五 中野秀章・森林と水 水利科学
一六二 一〜三四 一九八五
- 六 荻原貞夫・森林理水・砂防 朝倉書
店 一九五三
- 七 玉手三葉寿・有林地と無林地と二於
ケル水源かん養比較試験 林業試験報
告 一三三 一六三〜九八
- 八 丹保憲仁・水と都市 さつぽろ文庫
二四 札幌と水 三〇四〜三一九 北
海道新聞社 一九八三