

森林の公益的機能

高知大学農学部 ○細田 豊（会員）・日浦啓全

1. はじめに

昨年の6～8月には降雨量が少なく、香川用水の水源である早明浦ダムからの取水が困難となり、高松市民は生活用水に苦労された。当時の降雨量について、早明浦ダム上流水源地、本川観測所（气象台）の1991～1994年の6～8月の降雨記録を比較したのが表-1である。昨年度の梅雨時期にいか降雨量が少なかったかが分かる。当時、森林の荒廃が林地の保水機能を低下させたとの憶測がなされた。推測ではあるが、人手不足のために森林の手入れが十分になされない森林があることを、森林の荒廃と意識されたようである。手入れが十分になされた優良な森林ほど森林土壌の発達が良好で、森林の水土保持機能は高いことが、多くの研究成果から指摘されている。

表 - 1 1991-1994 年の 6-8 月の降雨量

年	月	降雨量(mm)	年	月	降雨量(mm)
1991	6	353	1993	6	582
	7	518		7	1269
	8	583		8	725
1992	6	322	1994	6	147
	7	100		7	328
	8	1509		8	337

2. 森林の水源かん養機能

森林が多様な機能を有していることはいうまでもない。それらは森林の公益的機能といわれるが、その主なものは森林の水保全機能（水源かん養）、土保全機能（荒廃防止）、防潮、防風、水質浄化、落石防止、雪崩防止などである。とくに山地においては水源かん養機能と土砂崩壊防止機能がその主なものとなろう。森林の水源かん養機能についての多くの研究成果¹⁾を要約すれば以下のようなになるう；

- 1) 森林の水源かん養機能は森林土壌の存在に依る。森林土壌には水の浸透しやすい粗大孔隙網と貯留機能をもつ粗孔隙網が発達している。
- 2) 森林の落葉・腐植の供給は土壌の孔隙構造を保護育成し、その根系群は土壌体を保持している。
- 3) 森林土壌形成による浸透の増加がもっとも重要であり、浸透性が高ければ高いほど多くの雨を貯留することができる。
- 4) 洪水のピーク流量を低減し、渇水流量を緩和し、流量を平準化する。

森林土壌の水分貯留機構とは、降雨によりもたらされた水を林地表面から速やかに浸透させ、土壌中の細孔隙や粗孔隙が浸透した水によつて滴たされることによって、土壌中に水分が貯留される過程をいう。森林土壌の水保全機能は、土壌層、とくに地表面近くの土壌の物理性に影響されることになる。

森林は一方では降雨の一部を遮断し、蒸発散によつて土壌水分を消失するが、これらを考慮しても森林の水保全機能は高いことが指摘されている。森林土壌は、層位によつてA層、B層、C層に区分される。

A層：落葉、落枝など植物遺体の破碎、腐朽、腐植物が多量に含まれ、鉍物質も含む。

B層：A層より腐植の含有量が少ない層

C層：母材料が風化したもの腐植を含まない

表-2には地被区分別の浸透能についての村井ら²⁾の研究成果を引用するが、この浸透能の数値によつて林地の浸透能が高いことがわかる。

表-2 地被区分別の浸透能

地被	林 地		伐 採 跡 地		草 生 地		裸 地			
区分	天然林	人工林	天然林	軽度攪乱	重度攪乱	自然草地	人工草地	崩壊地	歩道	畑地
浸透能	211.4	260.2	271.6	212.2	49.6	143	107.3	102.3	12.7	99.3
地区数	5	14	15	10	5	8	6	6	3	2
平均値	林地	258.2		伐採跡地	158	草生地	127.7	裸地	79.2	

*: 浸透能の単位: mm/hr

3. 調査流域の概要

調査を実施したのは早明浦ダム上流の小流域である境谷、芥川であるが1981~1993年の間の降雨量と流出量の資料をもとに降雨と流出量の関係について検討した。以下に流域の概要と森林土壌の物理性について述べる。境谷流域: 流域面積は34.6haであり、地質は三波川帯の黒色片岩が主体である。流域の森林土壌は褐色森林土である。主な土壌型の分布割合はB D型土壌40%, B D (d) 型土壌35%である。地表の落葉層(A o層)の乾物量は100g/m²から820g/m²の範囲である。

芥川流域: 流域面積28.6haであり、本流域は境谷の南側に隣接する。地質は境谷と同じである。本流域の森林土壌は褐色森林土である。主な土壌型の分布面積は、B D型土壌が46%, B B型土壌が26%, B D (d) 型土壌が22%である。A o層の乾物量は300~1600g/m²とバラつきが大きい。両流域の森林土壌A~B層の粗大孔隙率、粗孔隙率、細孔隙率を表-3に、また粗大孔隙量、粗孔隙量および有効貯留容量を表-4に示す³⁾。

表-3 森林土壌の孔隙率

物 理 量	境 谷	芥 川
粗大孔隙率(%)	30.4~7.3 28.8~3.9	21.8~8.4 12.8~4.0
粗孔隙率(%)	27.5~17.4 28.8~18.2	29.7~20.0 32.5~21.2
細孔隙率(%)	53.1~18.5 55.5~17.5	55.0~28.3 53.3~19.1

表-4 粗大孔隙量、粗孔隙量、有効貯留容量

物 理 量	境 谷	芥 川
粗大孔隙量(mm)	81.3	80.7
粗孔隙量(mm)	215.1	213.7
有効貯留容量(mm)	191.4	190.8

両流域の森林土壌は褐色森林土壌であるが、土壌型には若干の差異がある。一方、土壌の孔隙率にはそれほどの差は認められない。粗大孔隙量、粗孔隙量から算定される有効貯留容量は両流域とも同じである。有効貯留容量の数値からみて、両流域の林地の保水能の高いことが推測される。

両流域の森林状態は、森林土壌調査時点では、境谷流域6~30年生のスギ、ヒノキの人工林である。現在では当時の森林構成に変化はなく、スギ、ヒノキの樹齢が増加したに過ぎない。

4. 降雨量と流出量の関係

両流域の1981~1993年間の月別の平均降雨量と流出高および流出率の観測値ならびに計算値を表-5に示す。ただし、観測期間中に芥川流域においては治山工事、観測計器類の故障などにより一部欠測期間があったため、その期間については補正を行ってある。表-5をもとに降雨量と流出高の関係を描いたのが図-1である。両流域の森林土壌の理学的性に差異はなく、降雨量と流出高の関係は類似する。直線回帰式を求めたのが次式である。

$$\text{境谷: } Y = 1.80 + 0.70 R \quad r = 0.98$$

$$\text{芥川: } Y = 7.61 + 0.63 R \quad r = 0.97$$

ここで、Y: 流出高 (mm), R: 降雨量 (mm), r: 相関係数であり降雨量と流出量との間には有意な関係がある。

表-5 1981-1993年の間の月別の平均降水量・流出高・流出率

月	降水量(mm)	境谷 流出高(mm)	流出率	芥川 流出高(mm)	流出率
1	51.7	47.33	0.92	45.16	0.87
2	95.0	52.65	0.55	53.67	0.56
3	220.6	156.34	0.71	133.91	0.61
4	239.2	156.25	0.65	142.04	0.59
5	259.0	204.81	0.79	181.8	0.70
6	389.0	220.89	0.57	216.68	0.56
7	451.0	368.1	0.82	354.32	0.79
8	589.0	399.52	0.68	373.32	0.63
9	418.5	302.59	0.72	255.69	0.61
10	150.2	131.49	0.86	132.23	0.88
11	104.0	64.98	0.62	80.69	0.77
12	54.6	33.84	0.62	38.68	0.71

森林の水保全機能の評価は降雨量に対してどれだけの流出量があるかを表す流出率の大小の比較によっておこなうことができる。図-2には降雨量と流出率の関係を示す。この図からは流出率は降雨量によつて非常にバラツキがあることがわかる。その変動の幅は降雨量が少ないときに大きいようである。そこで次に1991~1993年の各月の最小降雨量10mm以上とその月の最大降雨量とについて流出高、流出率の関係を検討した。図-3は降雨量と流出高の関係を表したものである。

図-3から降雨量と流出高の直線回帰式を求めたのが次式である。

$$\text{境谷: } Y = -22.5 + 0.84 R \quad r = 0.98$$

$$\text{芥川: } Y = -20.9 + 0.72 R \quad r = 0.98$$

この両式において $R=0$ と置くことにより欠損雨量が計算できるが、その結果両流域の欠損雨量は21~23mm程度となることがわかる。

降雨量と流出率の関係を描いたのが図-4である。両流域とも降雨量が200mm以下の場合に流出率の変動幅は大きい、この変動の原因は基底流量の増減の影響のためによるものと思われる。以上述べてきたことより両流域の水の流出過程にはあまり差のないことがわかる。また、両流域とも森林の状態もほぼ似通っており、将来において皆伐されるような事態に至らない限り、現段階で森林の影響について議論することはできない。

表-6には1993年の代表的な降雨量のときの両流域の降雨量に対する流出高と流出率の資料と計算結果を示す。流出高、流出率の値は降雨の始まりから、降雨の停止後10時間後までの間の総流出高と流出率である。降雨の継続時間の長短、流域の地表面の乾湿の条件などの影響のためと思われる変動が、降雨量の大きさに関わらずにみられる。つぎに、表-6中の降雨量507.0mmのときの流出過程についてタンクモデルによって検討し、ハイドログラフに描いたものが図-5⁴⁾である。タンクモデルの構造は鈴木ら⁵⁾によるものを基本として用いた。このモデルはもともとは花崗岩類の山地の小流域における流出特性のシミュレーションのために鈴木らによって、その構造が決定されたものであり、これを土砂災害の危険雨量の基準値の設定のために用いている。筆者らは

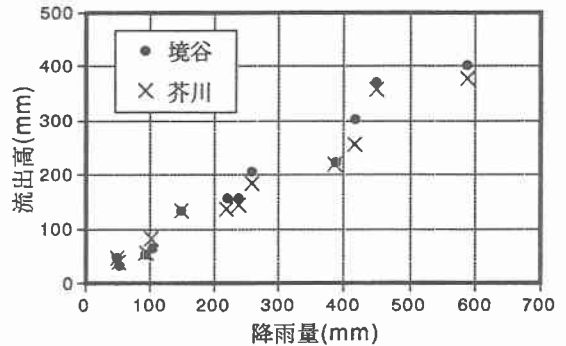


図-1 月別平均の降雨量と流出高の関係

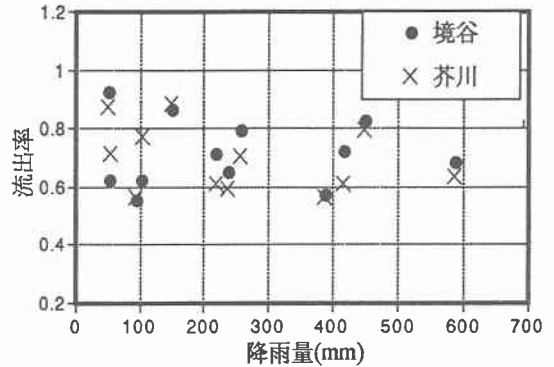


図-2 月別平均の降雨量と流出率の関係

筆者らの解析にあたっては、基本的にはこの構造のタンクモデルを用い、調査を実施した2つの流域の流出に適合するように、試行錯誤によって適宜係数を変化させた。適合度という点からみると必ずしも最良であるとはいえないが、洪水の流出過程を十分説明し得ていることがわかる。また、この2流域の地質が三波川帯の結晶片岩地帯であることより、山地の小流域からの流出現象の説明にあたっては地質による流出への影響をそれほど考慮する必要はなく、流出係数の大きさやその高さといった諸係数の値を適宜変化させていくことで十分に用いることのできることを証明したものとも考えられる⁶⁾。

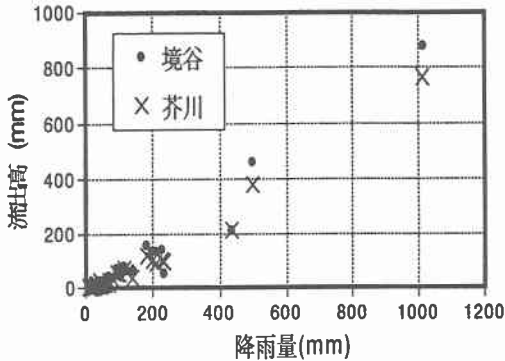


図-3 降雨量と流出高の関係

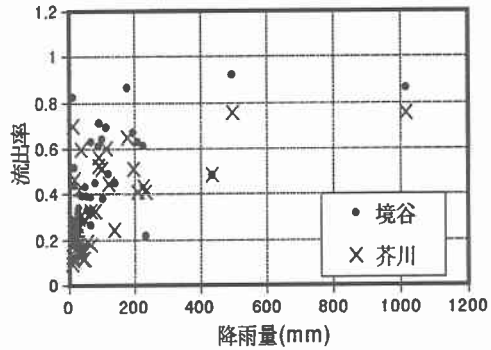


図-4 降雨量と流出率の関係

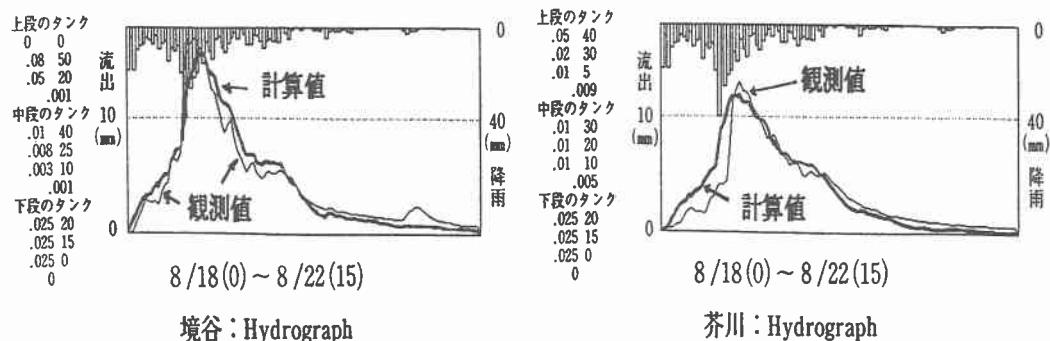
表-6 1993年の代表的な洪水期間中の降雨量・流出高・流出率

降雨量(mm)	境 谷		芥 川		洪水期間
	流出高(mm)	流出率	流出高(mm)	流出率	
27.5	2.96	0.11	2.62	0.10	2/29(21)~3/1 (17)
99.0	25.24	0.26	15.87	0.16	6/22(19)~6/24(8)
507.0	489.26	0.97	391.90	0.77	8/18(0)~8/22(15)
198.0	132.34	0.67	100.30	0.51	9/29(4)~9/30(3)
69.5	18.27	0.26	12.17	0.18	10/23(4)~10/24(17)
45.0	7.12	0.16	5.03	0.11	11/19(21)~11/19(3)

5. まとめ

森林の公益的機能のなかで主な機能として取り上げられるのは、森林の水土保持機能である。優良な森林地では森林土壌の発達が良好であり、A層の発達は粗大孔隙、粗孔隙の形成が促進され、その結果として林地表面からの雨水の浸透を促進し、地下水をかん養し、長時間にわたって徐々に溪流、河川に流出させる。境谷、芥川両流域の降雨量と流出高、流出率の関係を検討したところでは、森林構成の変化はなく、森林の水土保持機能を明らかにできないが、降雨量の大小によって流出率の変動幅が大きい。両流域とも森林土壌の物理的性質の中でも、とくに浸透水の貯留能に関係する粗孔隙の発達が良好であり、試算された有効貯留容量は191mmである。この数値から推測すれば、早明浦ダム周辺の黒色片岩分布地域の褐色森林土壌の雨水の貯留能の高いことが想像できる。

森林の水土保持機能を維持、増進させるためには森林土壌の物理性を高める森林施策が望まれる。最近導入が検討されている複層林施策はそのための一手法であるといえる。



図ー5 1993年8月の洪水時のハイドログラフ
(タンクモデルによるシミュレーション結果)

引用文献

- 1) 社団法人日本治山治水協会 (1988)：森林の公益機能に関する文献要約集
- 2) 同上 (1991)：森林と水資源
- 3) 高知県 (1980,1981)：重要水源山地整備治山事業調査報告書
- 4) 細田 豊・日浦啓全 (1994)：結晶片岩地帯の小流域から流出過程について，高知大学農学部演習林報告 Vol.21, p.33-36
- 5) 鈴木雅一ら (1979)：土砂災害発生の危険雨量，新砂防 Vol.31 No.3 p.1-7
- 6) HOSODA Y. and HIURA H. (1994)：On the run-off processes from small basins in the crystalline schist zone in Shikoku island, Japan Proc. Int. Symp. on Hydrology, Tokyo, Oct. 1994, p.375-382