

山地流域における渇水量と表層地質・ 傾斜・植生との関係

志 水 俊 夫⁽¹⁾

Toshio SHIMIZU: Relation between Scanty Runoff from Mountainous
Watershed and Geology, Slope and Vegetation

要 旨：水源山地流域からの渇水量と流域条件との関係を把握することは、水資源対策上きわめて重要な課題である。既存資料から求められた渇水量（流況曲線における355日流量）と流域の地質、地形、植生との関係について考察を行った。その結果、第三・四紀火山岩類、花崗岩類からなる流域は、中・古生層、第三紀層からなる流域に比べて、渇水量が豊富であることがわかった。また地質別の減水曲線および豊水—渇水比の検討から、前者の地質地帯は後者の地質地帯に比べて、その水源涵養機能が良好であることがわかった。緩傾斜斜面の多い流域は、急傾斜斜面の多い流域に比較して、渇水量の値は大きい傾向にあった。大流域を対象としたこの検討では、流域の植生区分と渇水量との間には明確な関係が認められなかった。

I ま え が き

渇水時の流出は洪水時の流出と同様に、地質、地形、植生（土地利用）等の流域特性の影響を強く受けるように考えられる。一方、渇水流出は流域からの地下水流出の集まったものであり、渇水時に、定常的に利用しうる最低限の水流出と考えられる。したがってこの渇水流出と流域の地質、地形、植生との関係を把握することは、水資源対策上きわめて重要であると考えられる。

従来から洪水流出と降雨特性および流域特性との関連、また降雨—直接流出過程の解析については数多くの報告がなされているが、渇水流出についての研究はまだまだ少なく、2・3の報告¹⁾³⁾があるが、局所的な検討にとどまっていると言ってしまうとよからう。本報告は次節で述べるような既存の各種資料を用い、渇水流出と流域の地質、地形、植生との関係について、全国的な観点からマクロ的に考察を行ったものである。

なお、本報告のとりまとめにあたっては、防災部長 中野秀章、理水第一研究室長 河野良治、主任研究官 菊谷昭雄の各氏から種々ご教示を得た。ここに謝意を表する次第である。また多数の調査資料を利用させていただいた関係者の方々に深くお礼申しあげる。

II 調 査 資 料

本報告で対象とした流域は Fig. 1 の位置図に示したように、全国にわたる70流域である。以下、順を追って資料の出所と調査方法について述べる。なお、Fig. 1 中の流域番号は Table 1 の流域番号に対応している。

1. 流 量

流量の資料としては、建設省河川局が編集した全国の多目的ダム管理年報および流量年表を利用した。

これらの資料における流量の算出は次のように行われている。多目的ダムにおいては、放流量と貯水池の水位変化とからダムへの流入量、すなわちその流域からの流出量を算出している。一方、河川流量観測所では測定された水位をあらかじめ求めてある水位—流量式へ代入して、その測水点での流量、すなわち流域からの流出量を算出している。この両資料による流量は、その測定精度の点からみれば問題がなくもないが、本報告で対象とした流域面積の広さ、ならびに比較論的考察を目的としていることなどを考慮すれば、利用してさしつかえないものと考えた。

なお、流量の資料年数は昭和 43～49 年までの 7 年間である。Table 1 の流況欄には流況曲線から求められた豊水・平水・低水・渇水各量 (Table 1 の注参照) について、それぞれ資料期間 7 年間の平均値が示してある。

2. 降 水 量

降水量が渇水流出におよぼす影響は、洪水流出に対するほど敏感ではないと思われる。しかし、渇水流出がそれ以前に降った雨による地下水流出成分であることを考えれば、当然、年間を通じて多雨の地域と少雨の地域とでは、渇水量に差があらわれることは予想されることである。したがって本報告では降水因子のうち年降水量との関係について検討した。

各調査対象地の降水量の取り方は次のように行った。多目的ダムについてはその管理事務所で測定され

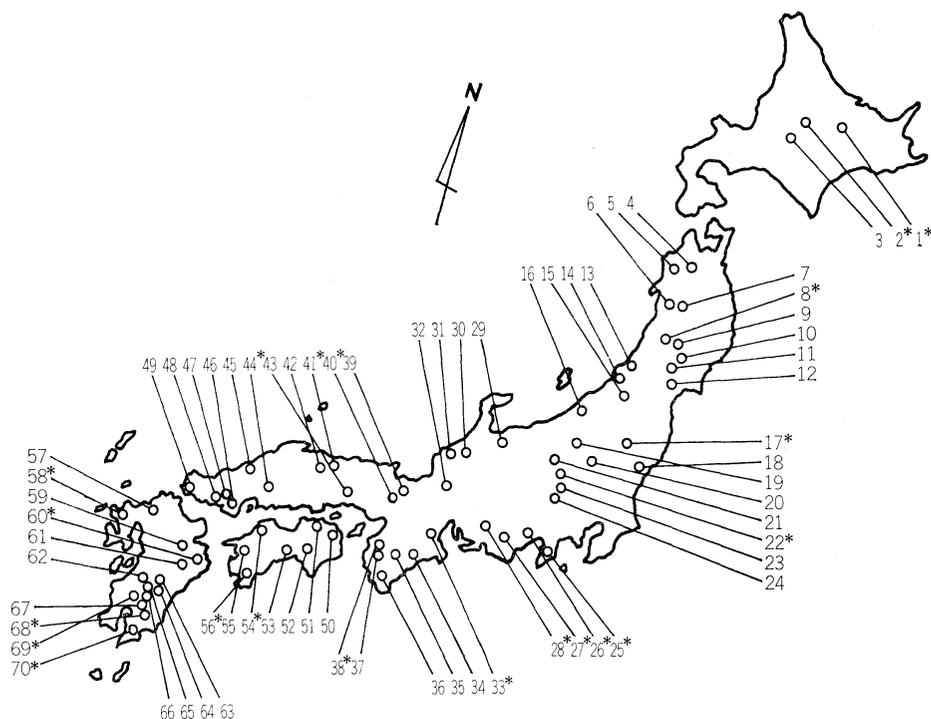


Fig. 1 調査対象とした多目的ダムおよび河川流量観測所の位置図
Location map of the multiple purpose dam and the gauging station of river investigated.

*印は流量観測所、その他は多目的ダム
Sites with * mark are gauging stations of river and the others multiple purpose dams.

た降水量を、河川流量観測所では、その地点に一番近い所にある気象観測所の降水量を採用した。厳密に言えば、流域内の平均降水量を求める方がより妥当性があると思われるが、雨量観測所が対象流域内に多数存在することはほとんどなく、流域平均降水量を算出することはきわめて困難である。したがってここでは上記の地点降水量をその流域の代表降水量とみなして用いることにした。

なお、年降水量についても流量と同様に、その資料年数は昭和43～49年の7年間であり、Table 1には資料期間7年間の平均値が示してある。また参考までに年平均降水日数も記載してある。

3. 地 質

流域の地質の判読については、経済企画庁総合開発局（現在の国土庁土地局）が編集した20万分の1の都道府県別表層地質図を用いた。この地質図は1km²を基本単位面積として調査が行われ作製されたものである。

本報告では地質を第四紀火山岩類（火山砕屑物、火山礫、火山灰等）、第三紀火山岩類（安山岩、流紋岩、凝灰岩等）、花崗岩類、中生層（砂岩、頁岩等）、古生層（砂岩、頁岩等）、第三紀層（砂岩、泥岩等）の5種類に区分して流域の地質を判読した。流域内で同一地質地帯が面積で8割以上占めるものを、その流域の代表地質として採用した。なお、各種の地質が錯綜した流域については、比較が困難であるため、そのような流域は対象流域として取り上げていない。

4. 地 形

一般的に緩傾斜の斜面では、地質にもよるが雨水は地下へ浸入しやすく、かつ地下滞水層の傾斜もゆるやかであると推定され、結果として、そのような緩傾斜の占める面積が多い流域ほど、保水量が豊富であり、また渇水流出も長期化されやすいと考えられる。したがって本報告では流域の地形因子のうち傾斜との関係について検討した。

流域の傾斜区分は経済企画庁総合開発局、現在の国土庁土地局が編集した20万分の1の都道府県別傾斜区分図を利用した。これは表層地質図と同様に1km²を基本単位面積として、S₁: 0～3°、S₂: 3～8°、S₃: 8～15°、S₄: 15～20°、S₅: 20～30°、S₆: 30～40°、S₇: 40°以上の7区分により地域の斜面について傾斜分類を行ったものである。

本報告では流域内で同一の傾斜区分が面積で7割以上を占める場合は、その傾斜区分を流域の代表傾斜とした。またこれ以外の場合は、Table 1に示したように主要な傾斜区分を記載することとした。

5. 植 生

流域の植生判読には、文化庁が空中写真等により編集した各県別の20万分の1の植生図を利用して、本報告では植生の種類との関係について検討した。植生の判読基準は次のとおりである。流域内で同一植生が面積で8割以上を占める場合は、その植生を流域の代表植生とした。これ以外の場合は、Table 1に示したように流域内の主要植生を列記することにした。またTable 1中の常緑針葉樹植林の内容はスギ、ヒノキの植林がほとんどである。なお、林齢・蓄積・疎密度等の植生因子については、現時点では資料収集が困難であるため、本報告では取り上げていない。

植生因子は経時的に変化するものであるが、上記の植生図が作製された時期は昭和43～47年にかけてであり、流量・降水量の資料期間の間に調査が行われたものであること、また植生がたとえば伐採などによって変化していたとしても、その面積は対象流域面積に比較して、非常に小面積であることなどを考慮すれば、上記の植生図は調査資料として用いる上で、問題はないものと考えられる。

Table 1. 対象流域の
Flow regime and features of

流域番号 Water-shed No.	ダムおよび観測所名 Name of dam and gauging station	流域面積 Drain- age area (km ²)	流 況 Flow regime*2							
			豊水量 Plentiful water discharge		平水量 Ordinary water discharge		低水量 Low water discharge		渇水量 Scanty water discharge	
			(m ³ /s)	($\frac{m^3/s \cdot}{100}$ km ²)	(m ³ /s)	($\frac{m^3/s \cdot}{100}$ km ²)	(m ³ /s)	($\frac{m^3/s \cdot}{100}$ km ²)	(m ³ /s)	($\frac{m^3/s \cdot}{100}$ km ²)
1	常呂川・置戸 Tokoro	403.1	11.88	2.95	8.48	2.10	5.54	1.37	3.25	0.81
2	石狩川・眺橋 Ishikari	298.0	16.92	5.68	11.92	4.00	8.17	2.74	5.92	1.99
3	石狩川・金山 Ishikari	470.0	22.60	4.80	14.52	3.09	9.04	1.93	5.40	1.15
4	岩木川・沖浦 Iwaki	200.8	11.56	5.75	6.71	3.34	5.29	2.64	3.97	1.98
5	岩木川・目屋 Iwaki	171.6	16.77	9.77	7.03	4.09	3.72	2.17	2.00	1.16
6	米代川・萩形 Yoneshiro	86.7	7.59	8.75	4.46	5.14	3.16	3.65	2.04	2.35
7	雄物川・鎧畑 Omono	320.3	26.67	8.33	12.77	3.99	8.11	2.53	5.12	1.60
8	雄物川・横手 Omono	216.2	15.16	7.01	7.93	3.67	4.40	2.03	1.74	0.81
9	北上川・石淵 Kitakami	154.0	13.77	8.94	6.91	4.49	4.21	2.73	2.53	1.64
10	北上川・花山 Kitakami	126.9	7.20	5.67	4.48	3.53	3.33	2.62	2.33	1.84
11	北上川・鳴子 Kitakami	210.1	14.25	6.78	8.61	4.10	6.43	3.06	4.22	2.00
12	名取川・大倉 Natori	88.5	4.96	5.60	2.70	3.04	1.94	2.19	1.10	1.24
13	赤川・荒沢 Aka	162.0	26.79	16.54	11.75	7.25	6.74	4.16	3.70	2.28
14	三面川・三面 Miomote	305.7	45.82	14.98	22.99	7.52	13.76	4.50	7.91	2.59
15	最上川・管野 Mogami	98.0	11.55	11.79	6.41	6.54	4.53	4.62	2.69	2.74
16	信濃川・笠堀 Shinano	70.0	14.14	20.20	6.78	9.69	3.68	5.25	1.71	2.44
17	阿武隈川・白河 Abukuma	172.4	6.97	4.04	4.71	2.73	3.32	1.92	2.46	1.43
18	花園川・水沼 Hanazono	37.0	1.74	4.70	1.18	3.19	0.93	2.52	0.75	2.02
19	利根川・矢木沢 Tone	167.4	19.20	11.47	7.55	4.51	4.89	2.93	3.17	1.89

流 況 と 流 域 特 性*1

the investigated watershed

年平均 降水量 Mean annual precipitation (mm)	年平均 降水日数 Annual mean of number of days with precipitation (day)	地 質*3 Water- shed geology	傾斜区分*4 Slope classifi- cation of water- shed	植 生 Vegetation
837	95	Vt	S ₄ ・S ₅	トドマツ林 <i>Abies mayriana</i> forest
1,486	166	Vq	S ₃	トドマツ-エゾマツ林 <i>Abies mayriana-Picea jezoensis</i> forest
1,497	181	Vq	S ₄ ・S ₅	トドマツ-エゾマツ林 <i>Abies mayriana-Picea jezoensis</i> forest
1,390	166	Vq	S ₃	常緑針葉樹植林 ミズナラ林 Evergreen conifer plantation <i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i> forest
1,319	166	Vt	S ₄ ・S ₅	ブナ林 <i>Fagus crenata</i> forest
2,240	207	Vt	S ₄ ・S ₅	常緑針葉樹植林 ブナ林 Evergreen conifer plantation <i>Fagus crenata</i> forest
2,426	204	Vt	S ₃ ・S ₄	常緑針葉樹植林 ブナ-ミズナラ林 Evergreen conifer plantation <i>Fagus crenata-Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i> forest
2,050	191	Tr	S ₃ ・S ₄	ブナ林 水田 <i>Fagus crenata</i> forest Paddy field
1,846	184	Vt	S ₅	ブナ林 <i>Fagus crenata</i> forest
2,039	189	Vt	S ₄	ブナ林 <i>Fagus crenata</i> forest
2,178	194	Vt	S ₅	ブナ林 <i>Fagus crenata</i> forest
1,644	176	Vt	S ₄ ・S ₅	ブナ林 コナラ-クリ林 <i>Fagus crenata</i> forest <i>Quercus serrata-Castanea crenata</i> forest
3,255	222	Gr	S ₅ ・S ₆	ブナ林 <i>Fagus crenata</i> forest
2,730	201	Gr	S ₆	ブナ林 <i>Fagus crenata</i> forest
2,493	202	Gr	S ₅ ・S ₆	ブナ林 <i>Fagus crenata</i> forest
3,264	207	Vq	S ₆	ブナ-ミズナラ林 <i>Fagus crenata-Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i> forest
1,603	166	Vq	S ₂	ブナ-ミズナラ林 畑 <i>Fagus crenata-Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i> forest Field
1,563	107	Gr	S ₃	ミズナラ-イタヤカエデ林 <i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata-Acer pictum</i> forest
1,584	181	Gr	S ₅ ・S ₆	ブナ林 チシマザサ <i>Fagus crenata</i> forest <i>Sasa kurilensis</i>

Table 1. (つづき) (Continued)

流域番号 Water-shed No.	ダムおよび観測所名 Name of dam and gauging station	流域面積 Drain- age area (km ²)	流 況 Flow regime*2							
			豊水量 Plentiful water discharge		平水量 Ordinary water discharge		低水量 Low water discharge		渇水量 Scanty water discharge	
			(m ³ /s)	$\left(\frac{\text{m}^3/\text{s}}{100 \text{ km}^2}\right)$	(m ³ /s)	$\left(\frac{\text{m}^3/\text{s}}{100 \text{ km}^2}\right)$	(m ³ /s)	$\left(\frac{\text{m}^3/\text{s}}{100 \text{ km}^2}\right)$	(m ³ /s)	$\left(\frac{\text{m}^3/\text{s}}{100 \text{ km}^2}\right)$
20	利根川・中禅寺 Tone	125.0	6.48	5.18	4.68	3.74	3.62	2.89	2.21	1.76
21	利根川・相俣 Tone	110.8	6.58	5.93	3.54	3.19	2.11	1.91	1.37	1.23
22	利根川・上里見 Tone	156.6	6.49	4.14	4.60	2.94	3.45	2.20	2.80	1.79
23	利根川・下久保 Tone	322.9	5.75	1.78	3.13	0.97	1.97	0.61	1.17	0.36
24	荒川・二瀬 Ara	170.0	3.98	2.34	2.02	1.19	1.27	0.74	0.70	0.41
25	狩野川・大仁 Kano	322.0	24.21	7.51	16.60	5.15	12.19	3.78	8.63	2.68
26	安部川・奈良間 Abe	112.2	10.98	9.78	5.21	4.65	2.60	2.32	0.80	0.71
27	天竜川・犬居 Tenryū	317.0	22.42	7.07	11.25	3.55	6.09	1.92	2.98	0.94
28	豊川・布里 Toyo	248.8	16.05	6.45	9.66	3.88	6.11	2.46	3.73	1.50
29	上市川・上市川 Kamichi	44.7	5.17	11.56	3.09	6.91	1.98	4.43	1.38	3.08
30	犀川・犀川 Sai	57.8	8.84	15.29	4.68	8.09	2.88	4.97	1.60	2.76
31	大聖寺川・我谷 Daishōji	86.1	9.67	11.23	5.16	5.99	3.37	3.91	1.82	2.11
32	木曾川・横山 Kiso	471.0	32.59	6.92	15.12	3.21	8.95	1.89	5.94	1.26
33	雲出川・大仰 Kumozu	304.2	14.69	4.83	8.41	2.76	5.66	1.86	3.59	1.18
34	宮川・宮川 Miya	125.6	11.82	9.41	6.57	5.23	4.17	3.32	1.68	1.33
35	新宮川・猿谷 Shingū	215.2	9.06	4.21	5.01	2.33	3.45	1.60	1.53	0.71
36	古座川・七川 Kozu	102.0	8.68	8.51	4.19	4.11	2.35	2.30	1.02	1.00
37	有田川・二川 Arita	228.8	11.03	4.82	6.32	2.76	4.03	1.76	1.98	0.86
38	紀の川・貴志 Kino	260.0	7.83	3.01	4.29	1.65	2.64	1.01	0.99	0.38
39	由良川・大野 Yura	354.0	18.30	5.17	10.58	2.99	6.57	1.85	3.72	1.05

年平均 降水量 Mean annual precipitation (mm)	年平均 降水日数 Annual mean of number of days with precipitation (day)	地質*3 Water- shed geology	傾斜区分*4 Slope classifi- cation of water- shed	植 生 Vegetation
2,140	145	Vt	S ₆	ブナ-ミズナラ林 <i>Fagus crenata-Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i> forest コメツガー-シラビソ林 <i>Tsuga diversifolia-Abies veitchii</i> forest
1,303	144	Vt	S ₂ ・S ₃	コナラ-クリ林 <i>Quercus serrata-Castanea crenata</i> forest カラマツ林 <i>Larix leptolepis</i> forest
1,521	139	Vq	S ₃	ブナ林 <i>Fagus crenata</i> forest チシマザサ <i>Sasa kurilensts</i>
975	94	P	S ₅	常緑針葉樹植林 Evergreen conifer plantation
1,274	122	P	S ₆	常緑針葉樹植林 Evergreen conifer plantation
2,595	116	Vq	S ₄ ・S ₅	常緑針葉樹植林 Evergreen conifer plantation ブナ-ミズナラ林 <i>Fagus crenata-Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i> forest
3,347	127	P	S ₅	常緑針葉樹植林 Evergreen conifer plantation
3,157	145	P	S ₅	常緑針葉樹植林 Evergreen conifer plantation コナラ-クリ林 <i>Quercus serrata-Castanea crenata</i> forest
2,567	134	Gr	S ₄	常緑針葉樹植林 Evergreen conifer plantation コナラ-クリ林 <i>Quercus serrata-Castanea crenata</i> forest
2,644	185	Gr	S ₅	ミズナラ-イタヤカエデ林 <i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata-Acer pictum</i> forest
3,939	198	Vt	S ₅ ・S ₆	コナラ-クリ林 <i>Quercus serrata-Castanea crenata</i> forest ブナ林 <i>Fagus crenata</i> forest
3,064	185	Vt	S ₆	コナラ-クリ林 <i>Quercus serrata-Castanea crenata</i> forest ブナ林 <i>Fagus crenata</i> forest
2,979	169	P	S ₆	ブナ-ミズナラ林 <i>Fagus crenata-Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i> forest
2,060	146	Gr	S ₅	常緑針葉樹植林 Evergreen conifer plantation コナラ-クリ林 <i>Quercus serrata-Castanea crenata</i> forest
3,284	136	P	S ₆ ・S ₇	モミ-ツガ林 <i>Abies firma-Tsuga sieboldii</i> forest ブナ林 <i>Fagus crenata</i> forest
1,994	149	P	S ₇	常緑針葉樹植林 Evergreen conifer plantation
3,742	120	M	S ₇	常緑針葉樹植林 Evergreen conifer plantation
2,019	126	M	S ₇	常緑針葉樹植林 Evergreen conifer plantation
1,901	132	P	S ₆ ・S ₇	アカマツ林 <i>Pinus densiflora</i> forest 常緑針葉樹植林 Evergreen conifer plantation
1,575	148	P	S ₄ ・S ₅	アカマツ林 <i>Pinus densiflora</i> forest 常緑針葉樹植林 Evergreen conifer plantation

Table 1. (つづき) (Continued)

流域番号 Water-shed No.	ダムおよび観測所名 Name of dam and gauging station	流域面積 Drain- age area (km ²)	流 況 Flow regime*2							
			豊水量 Plentiful water discharge		平水量 Ordinary water discharge		低水量 Low water discharge		渇水量 Scanty water discharge	
			(m ³ /s)	($\frac{m^3/s}{100 km^2}$)	(m ³ /s)	($\frac{m^3/s}{100 km^2}$)	(m ³ /s)	($\frac{m^3/s}{100 km^2}$)	(m ³ /s)	($\frac{m^3/s}{100 km^2}$)
40	由良川・岩間 Yura	380.5	12.77	3.36	7.22	1.90	3.67	0.96	0.92	0.24
41	天神川・小田 Tenjin	464.0	28.75	6.20	19.70	4.25	13.49	2.91	6.11	1.32
42	旭川・湯原 Asahi	255.0	13.92	5.46	8.87	3.48	6.12	2.40	4.11	1.61
43	揖保川・引原 Ibo	48.2	4.15	8.61	2.35	4.87	1.50	3.11	0.90	1.87
44	江の川・吉田 Gōno	400.3	16.20	4.05	9.99	2.49	7.12	1.78	4.52	1.13
45	浜田川・浜田 Hamada	33.8	1.38	4.08	0.84	2.47	0.55	1.61	0.26	0.77
46	錦川・管野 Nishiki	225.0	6.06	2.70	2.33	1.03	1.18	0.52	0.45	0.20
47	錦川・向道 Nishiki	152.2	7.26	4.77	3.56	2.34	2.16	1.42	1.12	0.74
48	富田川・川上 Tomita	22.2	1.00	4.50	0.57	2.57	0.40	1.81	0.28	1.26
49	木屋川・木屋川 Kiya	84.1	3.21	3.82	1.64	1.95	1.01	1.20	0.48	0.57
50	吉野川・宮川内 Yoshino	23.1	0.37	1.60	0.19	0.81	0.11	0.47	0.04	0.17
51	香東川・内場 Gōtō	28.0	0.55	1.96	0.30	1.08	0.18	0.64	0.08	0.29
52	物部川・永瀬 Monobe	295.2	25.98	8.80	14.55	4.93	8.34	2.83	5.05	1.71
53	鏡川・鏡 Kagami	80.8	5.24	6.49	2.81	3.48	1.69	2.09	0.93	1.15
54	重信川・表川 Shigenobu	67.1	2.39	3.56	1.48	2.20	0.78	1.17	0.14	0.20
55	肱川・鹿野川 Hiji	455.6	20.64	4.53	9.29	2.04	5.25	1.15	3.19	0.70
56	渡川・磯ノ川 Watari	93.9	3.99	4.25	1.96	2.09	1.12	1.19	0.52	0.55
57	那珂川・南畑 Naka	27.5	2.10	7.64	1.31	4.75	0.91	3.31	0.64	2.33
58	松浦川・牟田部 Matsuura	275.0	10.58	3.85	5.85	2.13	3.77	1.37	2.22	0.81
59	大分川・芹川 Ōita	118.0	5.10	4.32	3.67	3.11	2.95	2.50	1.63	1.38

年平均 降水量 Mean annual precipitation (mm)	年平均 降水日数 Annual mean of number of days with precipitation (day)	地質*3 Water- shed geology	傾斜区分*4 Slope classifi- cation of water- shed	植 生 Vegetation
1,694	199	P	S ₃ ・S ₄	アカマツ林 常緑針葉樹植林 <i>Pinus densiflora</i> forest Evergreen conifer plantation
1,942	161	Gr	S ₅	アカマツ林 常緑針葉樹植林 <i>Pinus densiflora</i> forest Evergreen conifer plantation
1,630	146	Gr	S ₅	常緑針葉樹植林 コナラ・クリ林 Evergreen conifer plantation <i>Quercus serrata-Castanea crenata</i> forest
2,319	168	Vt	S ₄ ・S ₅	アカマツ林 <i>Pinus densiflora</i> forest
1,853	139	Vt	S ₄	アカマツ林 <i>Pinus densiflora</i> forest
1,787	140	Vt	S ₅	コナラ・クリ林 <i>Quercus serrata-Castanea crenata</i> forest
2,006	106	P	S ₅ ・S ₆	アカマツ・クロマツ林 <i>Pinus densiflora-Pinus thunbergii</i> forest
2,041	115	P	S ₅	アカマツ・クロマツ林 <i>Pinus densiflora-Pinus thunbergii</i> forest
1,903	109	Gr	S ₅	アカマツ・クロマツ林 <i>Pinus densiflora-Pinus thunbergii</i> forest
1,972	136	M	S ₄ ・S ₅	アカマツ・クロマツ林 <i>Pinus densiflora-Pinus thunbergii</i> forest
1,333	106	M	S ₅ ・S ₆	アカマツ林 <i>Pinus densiflora</i> forest
1,432	121	M	S ₅ ・S ₆	アカマツ林 コナラ・クリ林 <i>Pinus densiflora</i> forest <i>Quercus serrata-Castanea crenata</i> forest
2,706	117	M	S ₆ ・S ₇	常緑針葉樹植林 Evergreen conifer plantation
2,664	121	P	S ₅ ・S ₆	常緑針葉樹植林 Evergreen conifer plantation
1,510	128	M	S ₅	アカマツ林 常緑針葉樹植林 <i>Pinus densiflora</i> forest Evergreen conifer plantation
1,668	139	P	S ₄ ・S ₅	常緑針葉樹植林 畑 Evergreen conifer plantation Field
2,841	135	M	S ₄ ・S ₅	シイ林 常緑針葉樹植林 <i>Castanopsis cuspidata</i> forest Evergreen conifer plantation
2,853	144	Gr	S ₃ ・S ₄	コジイ・クロバイ林 <i>Symploco-Shiitum cuspidatae</i> forest
1,981	171	Tr	S ₂ ・S ₃	コナラ・クリ林 <i>Quercus serrata-Castanea crenata</i> forest
1,705	104	Vq	S ₃	常緑針葉樹植林 コナラ・クヌギ林 Evergreen conifer plantation <i>Quercus serrata-Quercus acutissima</i> forest

Table 1. (つづき) (Continued)

流域番号 Water- shed No.	ダムおよび観測所名 Name of dam and gauging station	流域面積 Drain- age area (km ²)	流 況 Flow regime*2							
			豊水量 Plentiful water discharge		平水量 Ordinary water discharge		低水量 Low water discharge		渇水量 Scanty water discharge	
			(m ³ /s)	($\frac{m^3}{s \cdot 100 km^2}$)	(m ³ /s)	($\frac{m^3}{s \cdot 100 km^2}$)	(m ³ /s)	($\frac{m^3}{s \cdot 100 km^2}$)	(m ³ /s)	($\frac{m^3}{s \cdot 100 km^2}$)
60	番匠川・番匠橋 Banshō	278.0	7.47	2.69	3.19	1.15	1.48	0.53	0.59	0.21
61	五ヶ瀬川・北川 Gokase	178.0	8.10	4.55	4.13	2.32	2.83	1.58	1.56	0.87
62	球磨川・市房 Kuma	157.8	11.97	7.58	6.57	4.16	4.38	2.77	2.66	1.68
63	小丸川・渡川 Omaru	81.0	8.93	11.02	4.16	5.13	2.15	2.66	0.89	1.10
64	一ツ瀬川・立花 Hitotsuse	41.1	6.07	14.77	2.21	5.37	1.24	3.02	0.64	1.55
65	大淀川・綾北 Ōyodo	148.3	9.30	6.27	4.43	2.99	2.55	1.72	1.31	0.88
66	大淀川・綾南 Ōyodo	101.0	5.29	5.24	2.64	2.61	1.38	1.37	0.62	0.62
67	大淀川・岩瀬 Ōyodo	354.0	21.10	5.96	14.94	4.22	11.55	3.26	8.59	2.43
68	大淀川・乙房 Ōyodo	359.0	18.74	5.22	13.00	3.62	9.88	2.75	7.51	2.09
69	川内川・吉松 Sendai	284.0	18.21	6.41	12.22	4.30	9.17	3.23	6.89	2.43
70	肝属川・高良橋 Kimotsuki	244.0	17.20	7.05	13.10	5.37	10.88	4.46	8.70	3.57

*1 資料年数は昭和 43~49 年の 7 年間であり、上表の値は 7 年間の平均値である。

*2 豊水量：年間を通じて 95 日を下らない程度の流量値。

平水量：年間を通じて 185 日を下らない程度の流量値。

低水量：年間を通じて 275 日を下らない程度の流量値。

渇水量：年間を通じて 355 日を下らない程度の流量値。

以下の図表では、比流量の単位は $1m^3/s \cdot 100km^2 = 0.864mm/day$ で換算して示してある。

*3 流域の地質区分

Vq：第四紀火山岩類

Vt：第三紀火山岩類

Gr：花崗岩類

M：中生層

P：古生層

Tr：第三紀層

*4 流域斜面の傾斜区分

S₁：0~3°、S₂：3~8°、S₃：8~15°、S₄：15~20°、S₅：20~30°、S₆：30~40°、S₇：40°≤。

年平均 降水量 Mean annual precipi- tation (mm)	年平均 降水日数 Annual mean of number of days with precipi- tation (day)	地 質*3 Water- shed geology	傾斜区分*4 Slope classifi- cation of water- shed	植 生 Vegetation
1,911	128	M	S ₄	コジークロバイ林 <i>Symploco-Shiitum cuspidatae</i> forest
1,877	109	M	S ₃ ・S ₇	コナラークリ林 <i>Quercus serrata-Castanea crenata</i> forest 常緑針葉樹植林 Evergreen conifer plantation
2,777	136	M	S ₄ ・S ₅	常緑針葉樹植林 Evergreen conifer plantation
3,100	128	M	S ₆	コナラークリ林 <i>Quercus serrata-Castanea crenata</i> forest 常緑広葉樹林 Evergreen broad leaf forest
3,025	126	M	S ₆	コナラークリ林 <i>Quercus serrata-Castanea crenata</i> forest 常緑広葉樹林 Evergreen broad leaf forest
3,397	128	M	S ₆ ・S ₇	常緑針葉樹植林 Evergreen conifer plantation
2,851	116	M	S ₆	常緑針葉樹植林 Evergreen conifer plantation
2,710	128	Vq	S ₁	常緑針葉樹植林 畑 Evergreen conifer plantation Field
2,749	127	Vq	S ₁ ・S ₂	コナラークリ林 <i>Quercus serrata-Castanea crenata</i> forest 常緑針葉樹植林 Evergreen conifer plantation
3,536	160	Vq	S ₁ ・S ₂	常緑針葉樹植林 畑 Evergreen conifer plantation Field
2,498	134	Vq	S ₁	常緑針葉樹植林 畑 Evergreen conifer plantation Field

*1 Data period are 7 years from 1968 to 1974, the value in the table is the mean of 7 years.

*2 Plentiful water discharge : The flow available within 95 days a year.

Ordinary water discharge : The flow available within 185 days a year.

Low water discharge : The flow available within 275 days a year.

Scanty water discharge : The flow available within 355 days a year.

Unit of specific runoff m³/s・100km² is converted into mm/day in the following figure and table.

*3 Watershed geology

Vq : Quaternary volcanic rocks.

Vt : Tertiary volcanic rocks.

Gr : Granitic rocks.

M : Mesozoic formations.

P : Paleozoic formations.

Tr : Tertiary formations.

*4 Slope classification of watershed.

S₁ : 0~3°, S₂ : 3~8°, S₃ : 8~15°, S₄ : 15~20°, S₅ : 20~30°, S₆ : 30~40°, S₇ : 40°≤.

III 流域特性と湧水量

前節では資料の出所と調査方法について述べた。本節ではその調査資料をもとに、湧水量と表層地質、傾斜、植生との関連について考察を行う。なお、流量と降水量については、先にも述べたように資料年数7年間の平均値を用いる。また以下の考察ならびに図表において、比流量の単位は $1 \text{ m}^3/\text{S} \cdot 100 \text{ km}^2 = 0.864 \text{ mm}/\text{日}$ で換算して使用している。

1. 表層地質と湧水量

Fig. 2 は年平均降水量と湧水比流量（年間を通じて355日はこれを下らない流量の1日当りの水高値）との関係プロットしたものである。同図よりまず地質により湧水比流量が異なることがわかる。個々の地質ごとに回帰式を求めるには、それぞれデータ数が少ないので、ここでは第三・四紀火山岩類、花崗岩類からなる流域と、中・古生層、第三紀層からなる流域とに2分類して回帰式を求めると次式のとおりである。

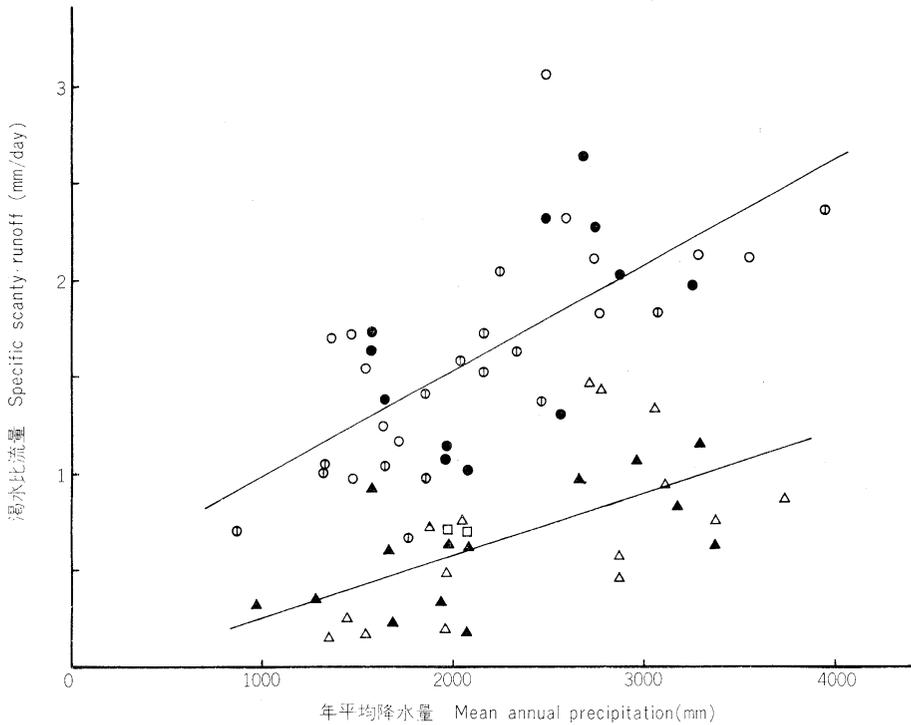


Fig. 2 地質別の湧水比流量と年平均降水量との関係

Relation between specific scanty runoff and mean annual precipitation on each geology.

- : 第四紀火山岩類流域 Watersheds underlain chiefly by Quaternary volcanic rocks.
- ⊙ : 第三紀火山岩類流域 Watersheds underlain chiefly by Tertiary volcanic rocks.
- : 花崗岩類流域 Watersheds underlain chiefly by Granitic rocks.
- △ : 中生層流域 Watersheds underlain chiefly by Mesozoic formations.
- ▲ : 古生層流域 Watersheds underlain chiefly by Paleozoic formations.
- : 第三紀層流域 Watersheds underlain chiefly by Tertiary formations.

第三・四紀火山岩類，花崗岩類流域

$$Y = 0.4538 + 0.0005X \quad r = 0.6747^{***} \quad \dots\dots\dots(1)$$

中・古生層，第三紀層流域

$$Y = -0.0665 + 0.0003X \quad r = 0.6274^{***} \quad \dots\dots\dots(2)$$

ここで、Y：滲水比流量（mm/日）、X：年平均降水量（mm）である。これらの式は検定を行うといずれも危険率1%で有意であった。すなわち第三・四紀火山岩類，花崗岩類からなる流域，中・古生層，第三紀層からなる流域のいずれも同じように、年平均降水量が多い所は少ない所に比べて、滲水比流量が多くなる事が理解される。無降雨期間の滲水流出がそれ以前の降雨の地下水流出に起因していることを考えれば、年平均降水量の大小により滲水量に大小が生ずることは当然のことと理解される。

一方、(1)式と(2)式の回帰式の間有意な差があるかどうか検定を行うと、回帰係数に有意差は認められなかったが、回帰定数には危険率1%で有意差が認められた。すなわち、保水性に富んだ地質構造を持つ第三・四紀火山岩類，花崗岩類からなる流域は、比較的保水性の劣った地質構造からなる中・古生層，第三紀層流域に比較して、滲水時の河川流出量は豊富であることが理解される。

いま便宜上、年平均降水量を2,000mmで区切り、各地質ごとの滲水比流量の平均値を求めるとTable 2 のようになる。年平均降水量2,000mm未満の地域では、滲水比流量は第四紀火山岩類流域1.4mm/日、第三紀火山岩類流域1.0mm/日、花崗岩類流域1.3mm/日、中生層流域0.4mm/日、古生層流域0.5mm/日となる。一方、年平均降水量2,000mm以上の地域では、滲水比流量は第四紀火山岩類流域2.3mm/日、第三紀火山岩類流域1.8mm/日、花崗岩類流域2.0mm/日、中生層流域0.9mm/日、古生層流域0.8mm/日となる。また同表には、地質ごとの全体の平均値も示しておいた。これらの値は従来の研究⁹⁾と同程度の値である。なお、第三紀層流域についてはデータ数が少ないので滲水比流量の平均値は示していないが、その値は中・古生層流域での値に近いと考えられる。

滲水期の地質別減水曲線の一例を示したものがFig. 3である。同図より第四紀火山岩類流域が他の地質地帯に比べ、減水がゆるやかであり、保水力がきわめて良好で流出の持続性がすぐれていることがわかる。ついで第三紀火山岩類流域，花崗岩類流域において保水力が良好である。しかし中生層，古生層，第

Table 2. 降水量区分からみた地質別平均滲水比流量
Mean of specific scanty runoff on each geology in
division of precipitation

地 質 区 分 Watershed geology	滲 水 比 流 量 (mm/day) Specific scanty runoff		
	年平均降水量 (mm) Mean annual precipitation		全平均 Mean of all
	< 2,000	2,000 ≤	
第四紀火山岩類流域 Quaternary volcanic rocks	1.4	2.3	1.9
第三紀火山岩類流域 Tertiary volcanic rocks	1.0	1.8	1.4
花崗岩類流域 Granitic rocks	1.3	2.0	1.7
中生層流域 Mesozoic formations	0.4	0.9	0.7
古生層流域 Paleozoic formations	0.5	0.8	0.6

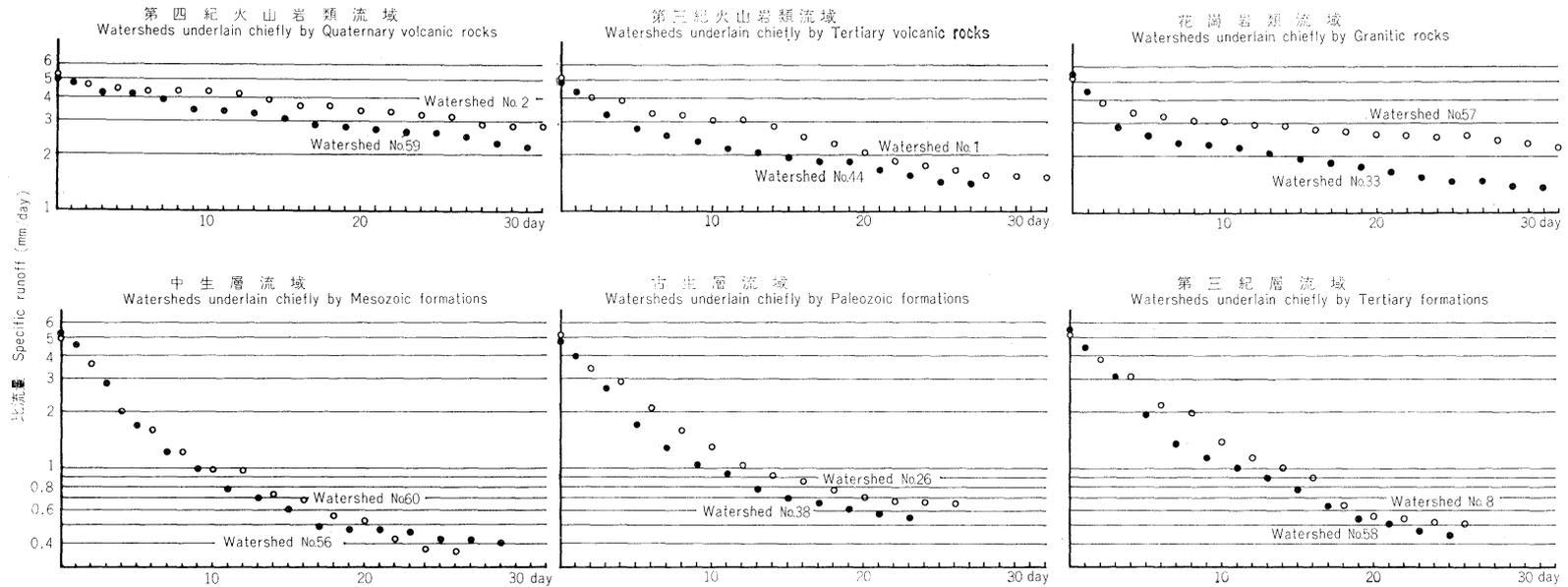


Fig. 3 地質別減水曲線の一例
A few examples of recession curves by watershed geology.

三紀層流域では、減水が急であり、保水力、流出の持続性が劣っている。この点からも地質により湧水流に差異が現れることが理解できよう。

次に豊水比流量 (年間を通じて 95 日はこれを下らない流量の 1 日当りの水高値) について、湧水比流量と同様に年平均降水量との関係を示したものが Fig. 4 である。ここでも第三・四紀火山岩類、花崗岩類からなる流域と中・古生層、第三紀層からなる流域とに区分して回帰式を求めると次式のようなになる。

第三・四紀火山岩類, 花崗岩類流域

$$Y = -0.2114 + 0.0031X \quad r = 0.6395^{***} \quad \dots\dots\dots(3)$$

中・古生層, 第三紀層流域

$$Y = -1.5603 + 0.0028X \quad r = 0.7792^{***} \quad \dots\dots\dots(4)$$

ここで、Y : 豊水比流量 (mm/日), X : 年平均降水量 (mm) である。これらの式について検定を行うと、いずれも危険率 1% で有意であった。すなわち上記いずれの地質地帯においても、年平均降水量が多い所では、年平均降水量が少ない所に比較して、豊水比流量の値は大きいことがわかる。一方、(3)

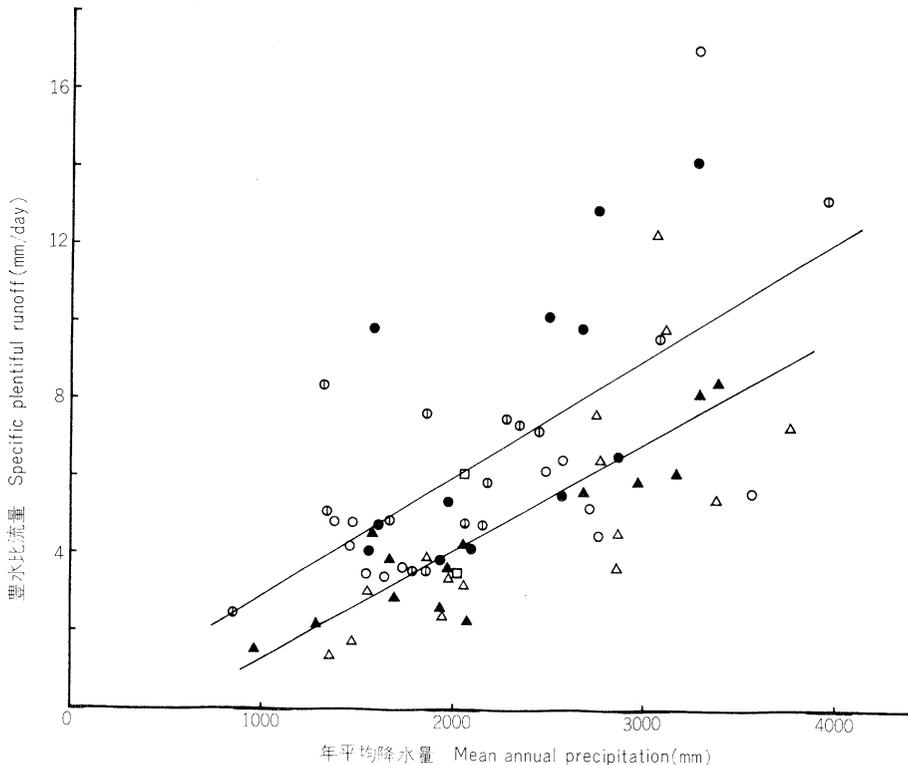


Fig. 4 地質別の豊水比流量と年平均降水量との関係

Relation between specific plentiful runoff and mean annual precipitation on each geology.

- : 第四紀火山岩類流域 Watersheds underlain chiefly by Quaternary volcanic rocks.
- ◻ : 第三紀火山岩類流域 Watersheds underlain chiefly by Tertiary volcanic rocks.
- : 花崗岩類流域 Watersheds underlain chiefly by Granitic rocks.
- △ : 中生層流域 Watersheds underlain chiefly by Mesozoic formations.
- ▲ : 古生層流域 Watersheds underlain chiefly by Paleozoic formations.
- ◻ : 第三紀層流域 Watersheds underlain chiefly by Tertiary formations.

式と(4)式の回帰式間の有意差を検定すると、渇水比流量の場合と同様に、回帰係数に有意差は認められなかったが、回帰定数には危険率1%で有意差が認められた。したがって第三・四紀火山岩類、花崗岩類からなる流域は、中・古生層、第三紀層からなる流域に比べて、豊水比流量についても全体として多いことが理解される。

流域の理水特性を表す一つの方法として、豊水量を渇水量で除した値の大小で検討する方法がある。この豊水一渇水比は一般に水流出の一様性を表すのに適していると言われている²⁾。この豊水一渇水比と渇水量との関係を図に示したものが Fig. 5 である。なお、この場合の渇水量は降水量の影響をなくするため、渇水比流量(mm/日)を年平均降水量(mm)で除した値、すなわち単位降水量当りの渇水比流量を用いた。資料の範囲内で回帰式を求めれば次のようになる。

$$Y = 2.8409 + \frac{10.7808}{X} \quad r = 0.8233*** \quad \dots\dots\dots(5)$$

ここで、Y：豊水一渇水比、X：渇水比流量(mm/日)を年平均降水量(mm)で除したもの(単位降水量当りの渇水比流量)である。なお、この回帰式の検定を行うと危険率1%で有意であった。

同図より全体の傾向としては、渇水量が多い所ほど豊水一渇水比は小さい傾向にある。また地質別には

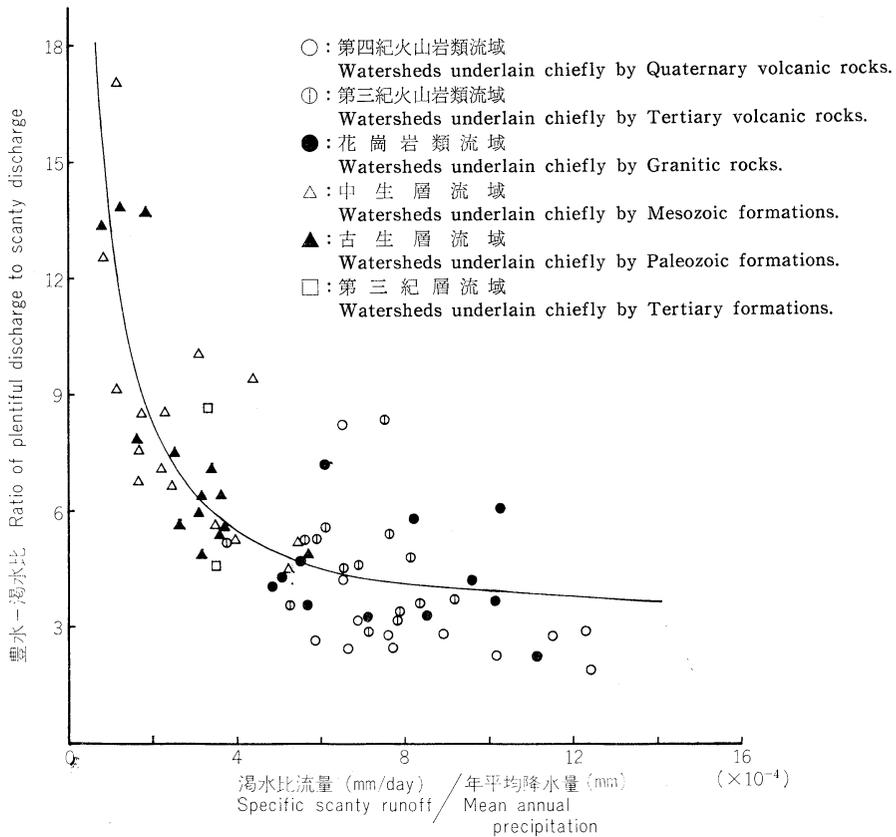


Fig. 5 豊水一渇水比と単位降水量当りの渇水比流量との関係
Relation between ratio of plentiful discharge to scanty discharge and specific scanty runoff per unit precipitation.

次のことがわかる。すなわち第三・四紀火山岩類、花崗岩類からなる流域は保水力および流出の持続性が良好であることから、渇水量は比較的多く、しかも豊水—渇水比が小さく、これらの流域は地質的に水源涵養機能がすぐれていると言える。一方、中・古生層、第三紀層からなる流域は保水性および流出の持続性が劣るため、渇水量は比較的少なくしかも豊水—渇水比が大きくなり、これらの流域は地質的に水源涵養機能が劣った流域であると言えよう。

2. 傾斜と渇水量

流域の地形の発達には流域の地質により異なることが通例であり、地形と地質はきわめて密接な関係にあると言えよう。また流域内で緩傾斜面の占める割合が大きい流域は、地質にもよるが、雨水の地中への浸入のしやすさ、地下滞水層の傾斜等を考慮すれば、保水力ならびに流出の持続性が良いと考えられ、結果として、そのような流域は渇水量が多くなると予想される。そこで本報告では流域の傾斜区分と渇水量との関係を検討した。

傾斜区分と渇水量との関係を図に示したものが Fig. 6 である。なお、同図において渇水量は降水量の大小の影響をなくするため、渇水比流量 (mm/日) を年平均降水量 (mm) で除した値、すなわち単位降水量当りの渇水比流量で示してある。また流域の傾斜区分が2つの区分にまたがる場合、その表示方法は便宜上その中間の表示を行った。たとえば、 $S_4 \cdot S_5$ の流域は $S_{4.5}$ として図に表示してある。

Fig. 6 を見ると分布のパラツキは大きいのが、全体の傾向としては、流域の斜面傾斜がゆるやかであるほど渇水量は多いことがわかる。また同図より、上述したように地形と地質がきわめて深い関係にあるこ

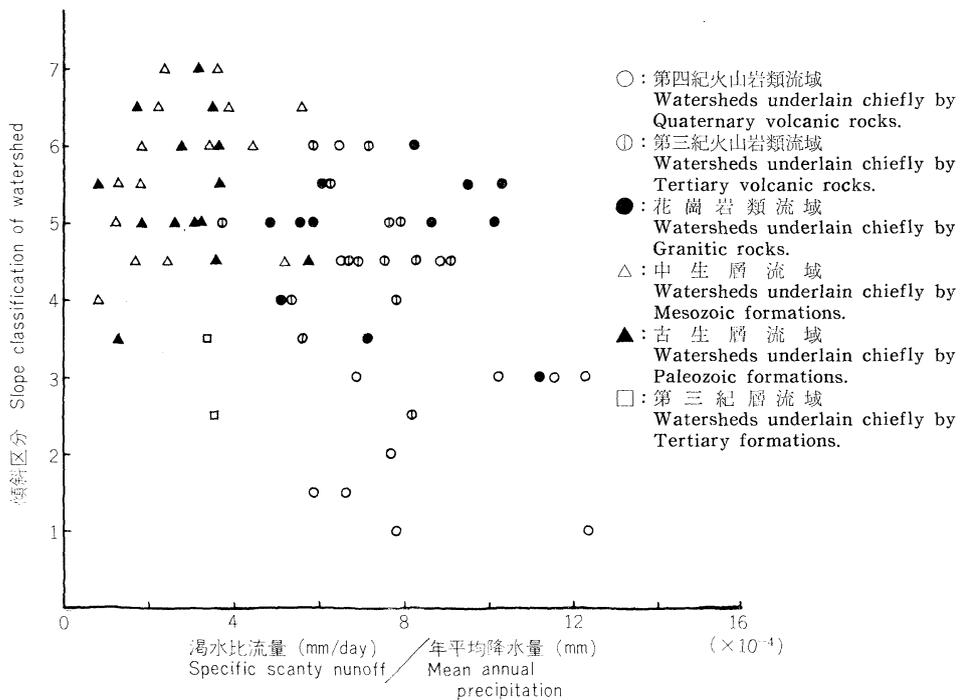


Fig. 6 傾斜区分と単位降水量当りの渇水比流量との関係
Relation between slope classification of watershed and specific scanty runoff per unit precipitation.

とが理解される。すなわち、中・古生層地帯では急傾斜の斜面を持つ流域が多く、第四紀火山岩類地帯では緩傾斜の斜面を持った流域が多く、第三紀火山岩類、花崗岩類地帯ではその中間の斜面傾斜を持った流域が多いことがわかる。

次に地質別に傾斜と渇水量との関係を考察する。第四紀火山岩類流域は地質的に保水力が良好であると同時に緩傾斜の斜面を持った流域が多く、地形的にも保水性および流出の持続性が良好と考えられ、その結果、渇水量が豊富であると思われる。一方、中・古生層流域は地質的に保水力が劣る上に、地形的にも急傾斜の斜面を持った流域が多く、保水性、流出の持続性が劣ると考えられ、その結果、渇水量は少ないものと思われる。また第三紀火山岩類、花崗岩類からなる流域は、地形的には中・古生層流域と同程度か、それよりやや傾斜がゆるい斜面を持った流域が多い。したがって、第三紀火山岩類、花崗岩類流域の渇水量は、地形的には中・古生層流域の渇水量と同程度かあるいは差があったとしても、それはさほど大きくはないと思われる。しかし地質的には、先にも述べたように第三紀火山岩類、花崗岩類流域は中・古生層流域よりも保水力、流出の持続性がすぐれているため、結果的に第三紀火山岩類、花崗岩類流域において、渇水量の豊富な流域が多いと考えられる。いずれにしても地形、地質は表裏一体のものであり、それらが相互にからみ合いながら地下水流出に関係していることが、これまでの考察で理解される。

3. 植生と渇水量

森林植生はその土地の水分状態および気象条件の影響を受けており、また森林土壌が母材としての地質に影響されることを考えれば、当然植生と地質、地形、気象因子との間には何らかの関連があると考えられる。また植生には現在までの人為作用も関係している。すなわち、植生には様々な要因が複雑に関連していると言える。したがってマクロ的考察において植生と渇水量との関係を検出することは、地質・地形と渇水量との関係を検討する場合に比べて困難が予想される。

Table 1 に示した各流域の植生区分を Fig. 2, 5, 6 におとして植生と渇水量等との関係をみたが、いずれも明確な関係は認められなかった。今回対象としたような比較的広い面積の流域について、しかも植生の種類別区分では渇水量との関係を見い出せないものと思われる。

地下水流出は降雨が一度地中へ浸透したあと時間的におくれて地表面へ流出して来る地下水流出成分であると考えられるならば、地下水流出におよぼす森林植生の影響は、その森林土壌を介在して雨水を地中へ浸入させる作用、蒸発散による土中水分消失作用の 2 点にあると言える。したがって植生と渇水量との関係は森林の有無、あるいは森林状態（林齢、蓄積等）との関係で検討することが重要と考えられる。このような検討は森林状態の数量的把握ができ、かつ地質・地形・気象因子などの条件を規制しやすい小試験流域の解析においては可能であると思われる。しかし本報告で対象としたような広い面積の流域においては、森林状態の数量的把握がきわめて困難であり、かつ実際には幼齢から老齢までのさまざまな状態の森林が、流域全体としてみれば、それぞれの流域において同様に存在するものと考えられ、流域内でその面積の大部分が裸地あるいは草地化している所はほとんどないと言ってよく、検討は不可能であろう。また森林の種類の違いの地下水流出への影響は必ずしも大きくないと考えられる上に、比較的影響の大きい地質・地形・気象などの条件が小流域試験ほどにコントロールできないことなどを考慮すれば、本報告で対象としたような大流域においては、植生の種類の渇水量への影響はほとんど検出され得ないと言えよう。

IV あとがき

山地流域の涵水量と流域の表層地質・傾斜・植生との関係について考察を行った。結果の要点は次のとおりである。

(1) 第三・四紀火山岩類、花崗岩類からなる流域は、中・古生層、第三紀層からなる流域に比較して、涵水量は豊富である。またいずれの地質地帯においても、年平均降水量の多い流域は年降水量の少ない流域に比べ、涵水量は豊富である。なお、涵水量についても同様な傾向を示すことがわかった。

(2) 地質別に見た平均涵水比流量の値（水高）は次のとおりである。第四紀火山岩類流域では1.9 mm/日前後、第三紀火山岩類流域では1.4 mm/日前後、花崗岩類流域では1.7 mm/日前後、中生層および古生層流域では同程度の値で0.6~0.7 mm/日前後であった。

(3) 涵水期の減水曲線の検討からも、流域の保水性および流出の持続性は、第四紀火山岩類流域がもっとも良好であり、中・古生層、第三紀層流域で劣っていることがわかった。また、第三紀火山岩類、花崗岩類からなる流域は前記両者の中間程度であった。

(4) 流域からの水流出の一様性を示す豊水一涵水比は中・古生層流域で値の大きいものが多く、第三・四紀火山岩類、花崗岩類流域でその値の小さいものが多かった。これらのことから、第三・四紀火山岩類、花崗岩類からなる流域は、中・古生層、第三紀層からなる流域に比較して、その水源涵養機能はすぐれていると考えられる。

(5) 流域内で緩傾斜の斜面が多い流域は、急傾斜の斜面が多い流域に比べて、涵水量の値は大きい傾向にあった。また流域の地形は地質と相互に関連しながら涵水量に影響をあたえており、傾斜区分は地質区分と密接な関係にあることがわかった。

(6) 流域の植生区分と涵水量との関係については、本報告で取り上げたような広い面積の流域を対象にした検討では明瞭な関連は認められなかった。

(7) 今後、森林状態と涵水量との関係を検討する必要がある。しかしこれは他の流域諸条件を規制しやすい小流域試験により検討するほかならう。また地質・地形などの違いによる減水曲線の相違についても、その物理的機構を把握することが必要であろう。これにより山地における理水工法、貯水ダムなどの水資源対策をより効果的に行うことができるものと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 科学技術庁資源局：わが国水源地帯の流況資料，資源局資料，26，1~61，(1959)
- 2) 岸原信義・田中洋二：流域の理水特性に関する研究（Ⅶ）—流況係数と流域の地形，地質との関連について—，日林誌，57，245~254，(1975)
- 3) MUSIAKE Katumi, Syōhei INOKUTI and Yutaka TAKAHASHI: Dependence of Low Flow Characteristics on Basin Geology in Mountainous Areas of Japan, IAHS Publication, 117, 147~156, (1975)

Relation between Scanty Runoff from Mountainous Watershed and Geology, Slope and Vegetation

Toshio SHIMIZU⁽¹⁾

Summary

In recent years, it has become very important on water resources research to understand the relation between scanty runoff and features of watershed, geology, topography and vegetation. In this paper, the author makes use of the discharge-duration data on multiple purpose dams and gauging stations of river, and the influences of features of watershed to scanty runoff is discussed for numbers of watersheds in mountain areas. A summary of the result is shown below.

(1) The specific scanty runoff on watersheds with much annual precipitation is plentiful in comparison with that on watersheds with a little annual precipitation.

(2) The value of specific scanty runoff on watersheds underlain by quaternary volcanic rocks is about 1.9 mm/day, tertiary volcanic rocks about 1.4 mm/day, granitic rocks about 1.7 mm/day, mesozoic or paleozoic formations lowest and ranging between about 0.6 to 0.7 mm/day.

(3) The slope of recession curves is gentle for quaternary volcanic rock watersheds. On mesozoic, paleozoic and tertiary formation watersheds, the recession curves is the steepest. On tertiary volcanic rock and granitic rock watersheds, the slope of recession curves is intermediate. This is due to the property that the capacity of groundwater storage is high in volcanic product and low in sandstone, shale and mud stone.

(4) It is assumed that the function of water recharge on watersheds underlain by quaternary, tertiary volcanic rocks and granitic rocks is superior to that on mesozoic, paleozoic and tertiary formation watersheds, by considering that the ratio of plentiful discharge to scanty discharge.

(5) The scanty runoff has the tendency to increasing on watersheds with gentle slope, while the scanty runoff on watersheds with steep slope is a little. Topography of watershed is closely related to watershed geology, these factors affect alike scanty runoff.

(6) The precise relation between vegetation of watershed and scanty runoff could not be obtained in this study. The relation might be recognized by examinations on small experimental drainage areas.

Received December 3, 1979

(1) Forest Influences Division