

山地河川の流況と流域条件との関係解析

III. 流域の地形・地質と流況の関係*

地頭菌 隆 ・ 竹下 敬司**

(砂防工学研究室)

Relations between Flow-Regime and Basin-Conditions in Mountainous Areas

III. Effects of Basin-Topography and -Geology on Flow-Regime*

Takashi JITOUSONO and Keiji TAKESHITA**

(Laboratory of Erosion Control)

ま え が き

山地河川の流況特性は、降水量・地形・地質・土壌・植生などの流域条件によって流域ごとに異なっている。山地河川の流況特性と流域条件との関係を明らかにしておくことは水源地である山地流域の公益的機能などの評価を行う場合に役立つ。第1報¹⁾および第2報²⁾において流況を表す指標値に流況曲線から得られる情報を用いる方法を取り上げ、全国にわたって分布している山地流域の資料から流域地質が流況に及ぼしている影響について検討した。ここでは、さらに流域条件に流域の地形に関する因子を加えて、流域の地形・地質と流況の関係について検討を行った。その結果について報告する。

資 料

1. 流量

流量の資料は建設省河川局が編集した多目的ダム管理年報(1975~1979年)を使用した。多目的ダ

* 本文の一部は昭和62年度日本林学会九州支部研究発表大会で報告した。

**九州大学農学部

ム管理年報には日単位の貯水位、流入量、放流量などが記載されている。流入量は貯水池の水位変化量と放流量(貯水池からの直接放流量や発電の取水量)により算出される。この流入量を対象河川のダム地点における流量とした。

2. 降水量

降水量の資料も多目的ダム管理年報に記載されている日降水量を用いた。多目的ダム管理年報には原則として流域全体の降水状態を代表する観測所のデータが記載されている。

3. 流域地形

流域の地形を表す因子としては流域の斜面傾斜を取り上げ、傾斜区分ごとの面積および流域内に占める面積率を求めた。資料には経済企画庁総合開発局(一部、国土庁土地局)が日本全国にわたり同一の基準で作成し、都道府県別に編集した縮尺20万分の1土地分類図内の傾斜区分図を利用した。

4. 流域地質

流域地質の判読には、前報²⁾においては50万分の1地質図を用いたが、今回は地形因子と精度を同じにするために前項で示した縮尺20万分の1土地分類図内の表層地質図を利用した。

解析方法

1. 水文因子の算出

解析に用いた流域数(ダム数)は118個であり、流域面積は10~494 km²の範囲(平均128km²)にある。前報²⁾で示した非積雪地帯と積雪地帯の区分に従うと、非積雪地帯の流域が70個、積雪地帯の流域が48個である。

多目的ダム管理年報に記載されている日平均流入量(日平均流量)および日降水量から以下の流出状況および降水状況を表す因子を1975~1979年について求め、5年間の平均値を算出した。

①1日流量(最大流量) D_1 (mm/day): Fig. 1 に示される流況曲線上で1番目の日平均流量。

②35日流量 D_{35} (mm/day): 流況曲線上で35番目の日平均流量。

③95日流量(豊水流量) D_{95} (mm/day): 流況曲線上で95番目の日平均流量。

④185日流量(平水流量) D_{185} (mm/day): 流況曲線上で185番目の日平均流量。

⑤275日流量(低水流量) D_{275} (mm/day): 流況曲線上で275番目の日平均流量。

⑥355日流量(渴水流量) D_{355} (mm/day): 流況曲線上で355番目の日平均流量。

⑦年平均流量 D_M (mm/day): 年間の日平均流量。

⑧豊水・渴水流量差 D_{95-355} (mm/day): 豊水流量と渴水流量の差。

⑨豊水・渴水流量比 $D_{95/355}$: 豊水流量と渴水流量の比。

⑩年流出量 Q (mm): 年間の総流出量。

⑪年降水量 P (mm): 年間の総降水量。

⑫年流出率 $R_{Q/P}$ (%): 年流出量と年降水量の比。

⑬非調節流出量 U (mm): 流況曲線と年平均流量の直線で囲まれる部分(Fig. 1において斜線部分)で表される流出量⁶⁾。

⑭調節流出量 C (mm):降水量がその日のうちにすべて流出したと仮定して日平均流量を求め、それから得られる流況曲線と実際の流況曲線で囲まれる部分の年平均流量の直線以下の部分 (Fig. 1 において横線部分) で表される流出量⁶⁾。

⑮(非調節流出量/年流出量) $R_{U/Q}$ (%):非調節流出量を年流出量で除した値。

⑯(調節流出量/年流出量) $R_{C/Q}$ (%):調節流出量を年流出量で除した値。

⑰(非調節流出量/年降水量) $R_{U/P}$ (%):非調節流出量を年降水量で除した値。

⑱(調節流出量/年降水量) $R_{C/P}$ (%):調節流出量を年降水量で除した値。

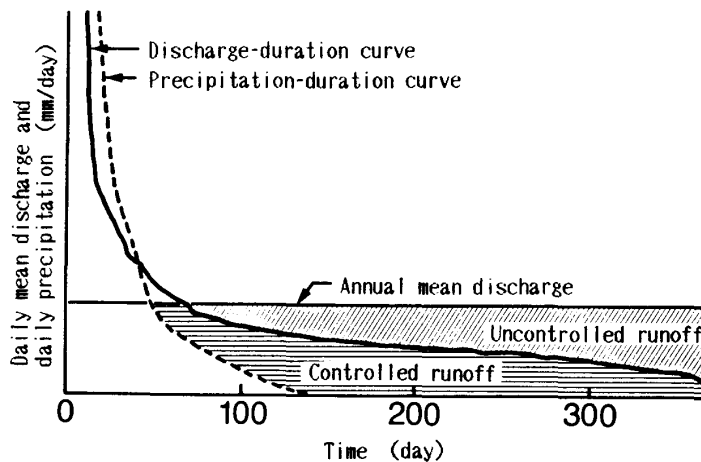


Fig.1. Uncontrolled runoff and controlled runoff.

図-1 非調節流出量と調節流出量

2. 流域の地形因子の算出

流域の地形を表す因子としては、流出現象に最も大きな影響を与えると思われる斜面傾斜を取り上げた。縮尺20万分の1土地分類図内の傾斜区分図においては0~3度 (S_1)、3~8度 (S_2)、8~15度 (S_3)、15~20度 (S_4)、20~30度 (S_5)、30~40度 (S_6)、および40度以上 (S_7)の7つに区分されている。本論では0~20度 ($S_1 \sim S_4$)、20~40度 ($S_5 \sim S_6$)、および40度以上 (S_7)の3つに区分し、それぞれの傾斜区分ごとの面積と流域内に占める面積率を求めた。傾斜0~20度の斜面が流域内に占める面積の割合を緩傾斜面積率とし、流域の地形を表す因子とした。

3. 流域の地質の判読

流域地質の判読は縮尺20万分の1土地分類図内の表層地質図で行い、地質分類ごとの面積と流域内に占める面積率を求め、流域の代表地質を決定した。流域地質の違いによる流況の違いは、表層地質のみで説明されるものでなく、地層の形成年代に関係する地質構造の違い、風化の度合の違いなども考慮されなければならない。本論では前報²⁾と同様に以下の地質分類で行った。

①第四紀火山岩類：第四紀の火山活動により噴出した火山碎屑物・安山岩などである。

②第三紀火山岩類：第三紀(一部、中生代)の火山活動により噴出した安山岩・流紋岩・凝灰岩な

どからなる火山岩である。

③花崗岩類：花崗岩質の岩石のすべてを含み、貫入時代も中生代以前のものから新第三紀のものまで広い時代にわたり、日本各地に分布している。

④第三紀層：砂岩・泥岩などからなる新第三紀の堆積岩である。

⑤中生層：砂岩・頁岩・泥岩・礫岩などからなる中生代(一部、古第三紀)の堆積岩である。

⑥古生層：砂岩・泥岩・粘板岩・チャート・石灰岩などからなる古生代の堆積岩である。

⑦変成岩類：結晶片岩・片麻岩・千枚岩などであり、大きな構造線に沿って分布している。

結果および考察

1. 流域の地形と地質

解析に用いた流域(ダム)118個の地質分類別の内訳数をTable 1に示す。また、ダム地点の位置を流域地質(流域に占める面積率は50%以上)で記号分類してFig. 2に示す。図中の破線は前報²⁾で示した非積雪地帯の流域と積雪地帯の流域の区分線である。第四紀火山岩類および第三紀火山岩類に分類された流域は各地の火山地帯に位置している。東北日本を中心に広く分布している緑色凝灰

Table 1. Number of basins according to the geological classification

Basin geology	Non-snowy basin	Snowy basin	Total
Quaternary volcanic rocks	4	3	7
Tertiary volcanic rocks	14	25	39
Granitic rocks	14	8	22
Tertiary strata	0	3	3
Mesozoic formations	18	0	18
Paleozoic formations	10	6	16
Metamorphic rocks	10	3	13
Total	70	48	118

岩は堆積岩であるが、その材料の大部分が火山岩であることから、この緑色凝灰岩からなる流域は第三紀火山岩類の流域に分類した。花崗岩類に分類された流域は日本各地に分布しているが、岩石の貫入時代が異なるため地層の風化の度合は各地によりさまざまである。第三紀層に分類された流域は少なく、積雪地帯にある3流域のみであった。中生層に分類された流域はほとんど外帯に分布しており、すべて非積雪地帯の流域である。古生層に分類された流域は古生層の非変成帯(秩父帯・丹波帯・足尾帯など)に分布している。変成岩類に分類された流域は古生層の変成帯(三郡帯・領家帯・三波川帯・飛驒帯など)に分布しており、地質構造がとくに複雑で過去に大規模な地殻変動のあったところである。

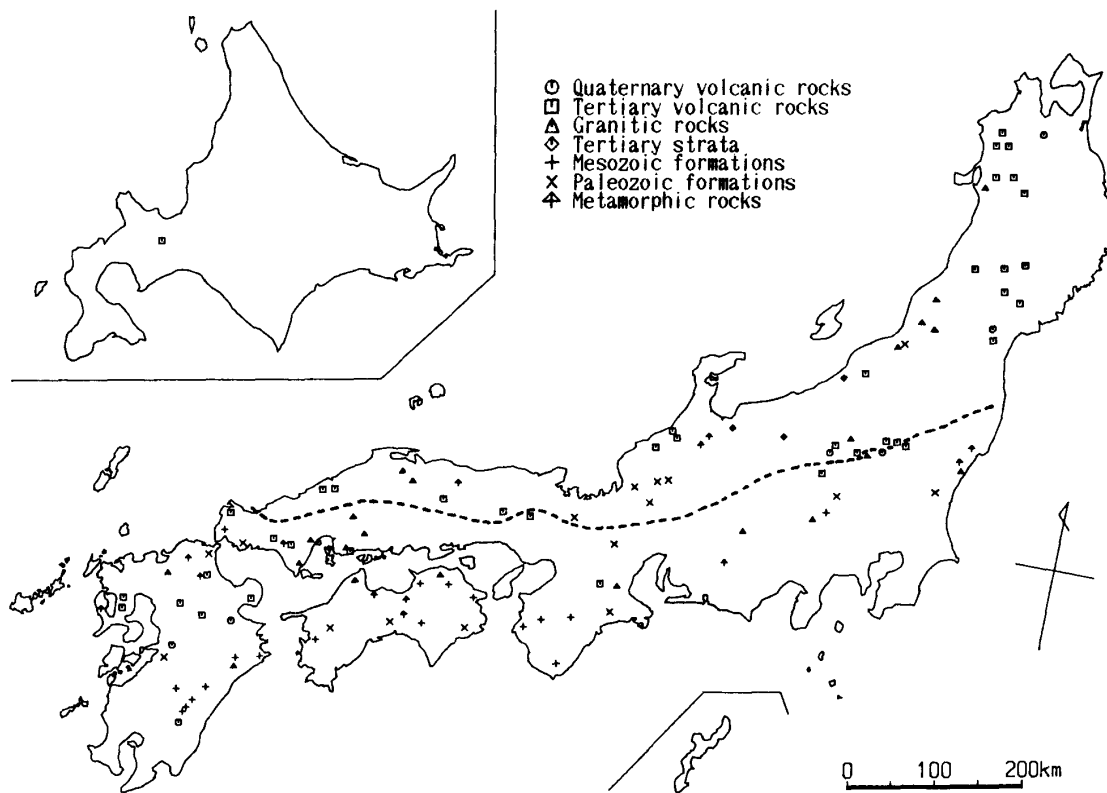


Fig.2. Location and main geology in the upper reaches of multiple-purpose dam investigated.

-----Line of demarcation between non-snowy basin and snowy basin.

図-2 解析に用いた多目的ダムの位置とダム上流域の主な地質

-----非積雪地帯の流域と積雪地帯の流域の区分線

一般に地質構造と侵食地形は密接に関係している⁸⁾。Fig. 3は、地質分類ごとの緩傾斜面積率を年流出量2000mmで区分してプロットしたものである。ここで、年流出量は年降水量の代用因子として用いたものである。すなわち、積雪地帯においては冬期の降水量が正確に観測されない場合が多いことから、年降水量と相関が高い年流出量を年降水量の代用因子とした。なお、118流域の年流出量の平均値は1879mmである。図中の数字はそれぞれの流域の緩傾斜面積率の平均値と流域数を示す。第四紀火山岩類の流域には緩傾斜面積率の大きい流域が多く、緩傾斜面積率の平均値は7地質分類中最も大きい。第三紀火山岩類・花崗岩類および変成岩類の流域は緩傾斜面積率の小さい流域から大きい流域までさまざまであるが、平均値は第四紀火山岩類に次いで大きい。古生層・第三紀層および中生層の流域の緩傾斜面積率は小さい流域が多く、平均値も他の地質に比べて小さい。年流出量2000mm未満と2000mm以上で緩傾斜面積率の分布状況をみると、年流出量の多い、すなわち年降水量の多い流域には緩傾斜面積率の小さい流域が多い傾向がみられる。降水量が多い流域ほど侵食も激しく行われ、急斜面の多い流域となるからであろう。

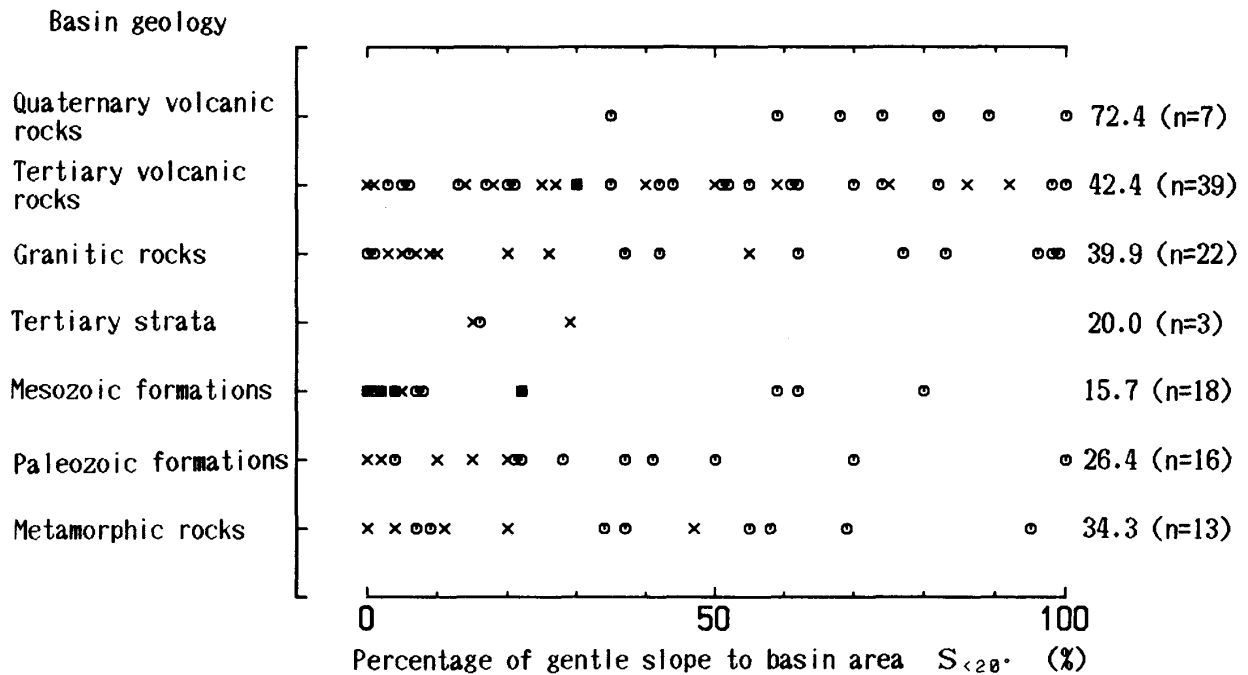


Fig.3. Percentage of gentle slope ($<20^\circ$) to basin area according to the geological classification.

○ Basin of annual runoff under 2000mm.

× Basin of annual runoff above 2000mm.

図-3. 地質分類ごとの各流域の緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$

○ 年流出量2000mm未満の流域

× 年流出量2000mm以上の流域

以上のように、流域の地形と地質と降水量は密接に関係し合っていることがわかる。

2. 水文因子と流域の地形・地質

積雪地帯の流域では積雪により冬期の降水量が正確に観測されない場合が多いため、積雪地帯と非積雪地帯の流況を同等に比較検討することはできない。ここでは、非積雪地帯の70流域の資料を用いて水文因子と流域の地形(緩傾斜面積率)・地質の関係について解析した。非積雪地帯の70流域の流域面積は10~494km²の範囲にあり、平均121km²である。

Table 2は諸水文因子と流域の緩傾斜面積率の関係を相関係数表としてまとめたものである。以下、この表の関係について考察する。

(1) 1日・35日・95日・185日・275日・355日流量と緩傾斜面積率

1日流量 D_1 ・35日流量 D_{35} ・95日流量 D_{95} および185日流量 D_{185} と緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$ の間には高度の負の相関関係が認められ、緩傾斜面積率が大きい流域ほど1日・35日・95日・185日流量は小さくなる傾向にある(Table 2)。しかも、この傾向は高水位の流量ほど明瞭である。これは流域内に占める緩傾斜面の割合が特に洪水性の流出に影響を及ぼしていることを意味している。上記の関

Table 2. Coefficients of correlation between hydrological factors and percentage of gentle slope ($<20^\circ$) to basin area

	D_1	D_{35}	D_{95}	D_{185}	D_{275}	D_{355}	D_M	D_{95-355}	$D_{95/355}$
$S_{<20^\circ}$	-0.48***	-0.39***	-0.34***	-0.24***	-0.11	-0.02	-0.40***	-0.39***	-0.16
	Q	P	$R_{Q/P}$	U	C	$R_{U/Q}$	$R_{C/Q}$	$R_{U/P}$	$R_{C/P}$
	-0.40***	-0.30*	-0.37**	-0.49***	-0.20	-0.32**	0.33**	-0.56***	0.01

***0.1% level of significance, **1% level of significance, *5% level of significance.

$S_{<20^\circ}$:Percentage of gentle slope ($<20^\circ$) to basin area, %.

D_1 :1-day discharge (Annual flood), mm/day.

D_{35} :35-day discharge, mm/day.

D_{95} :95-day discharge (Plentiful-water discharge), mm/day.

D_{185} :185-day discharge (Ordinary-water discharge), mm/day.

D_{275} :275-day discharge (Low-water discharge), mm/day.

D_{355} :355-day discharge (Scanty-water discharge), mm/day.

D_M :Annual mean water discharge, mm/day.

D_{95-355} :Value subtracted 355-day discharge from 95-day discharge, mm/day.

$D_{95/355}$:Ratio of 95-day discharge to 355-day discharge.

Q :Annual runoff, mm.

P :Annual precipitation, mm.

$R_{Q/P}$:Annual runoff ratio, %.

U :Uncontrolled runoff, mm.

C :Controlled runoff, mm.

$R_{U/Q}$:Ratio of uncontrolled runoff to annual runoff, %.

$R_{C/Q}$:Ratio of controlled runoff to annual runoff, %.

$R_{U/P}$:Ratio of uncontrolled runoff to annual precipitation, %.

$R_{C/P}$:Ratio of controlled runoff to annual precipitation, %.

係の一例として95日流量(豊水流量) D_{95} と緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$ の関係をFig. 4に示す。

Fig. 4 (A)は、両者の関係を年降水量2000mm(非積雪地帯70流域の年降水量の平均値)で区分してプロットしたものである。全体的な傾向として緩傾斜面積率が大きい流域ほど豊水流量は小さくなっている。緩傾斜面では雨水が地下へ浸透しやすいことから、緩傾斜面の多い流域ほど豊水流量などの高水位流量は減少させられることになる。年降水量2000mmで区分した両者の関係をみると、緩傾斜面積率が同じ程度の流域でも降水量の大小により豊水流量は異なっており、流域内の緩傾斜面が豊水流量に及ぼしている影響は小雨地域より多雨地域で大きくなっている。

Fig. 4 (B)は上記の関係を流域地質分類に従いプロットしたものである。流域地質ごとの両者の関係をみると、散らばりは大きいだが、緩傾斜面積率が大きい流域ほど豊水流量は小さくなる傾向がみられる。また、両者の関係を地質間で比較すると、豊水流量の値は、同じ程度の緩傾斜面積率でも流域地質により異なり、年降水量2000mm未満においては第四紀火山岩類・第三紀火山岩類・変成

岩類の流域で大きく、花崗岩類・中生層・古生層の流域で小さい傾向がみられ、年降水量2000mm以上においては逆の関係にあり、第四紀火山岩類・第三紀火山岩類・変成岩類の流域で小さく、花崗岩類・中生層・古生層の流域で大きい傾向がみられる。

一方、275日流量 D_{275} および355日流量 D_{355} と緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$ の間には有意な相関関係は認められなかった (Table 2)。355日流量 (渴水流量) D_{355} と緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$ の関係を Fig. 5 に示す。

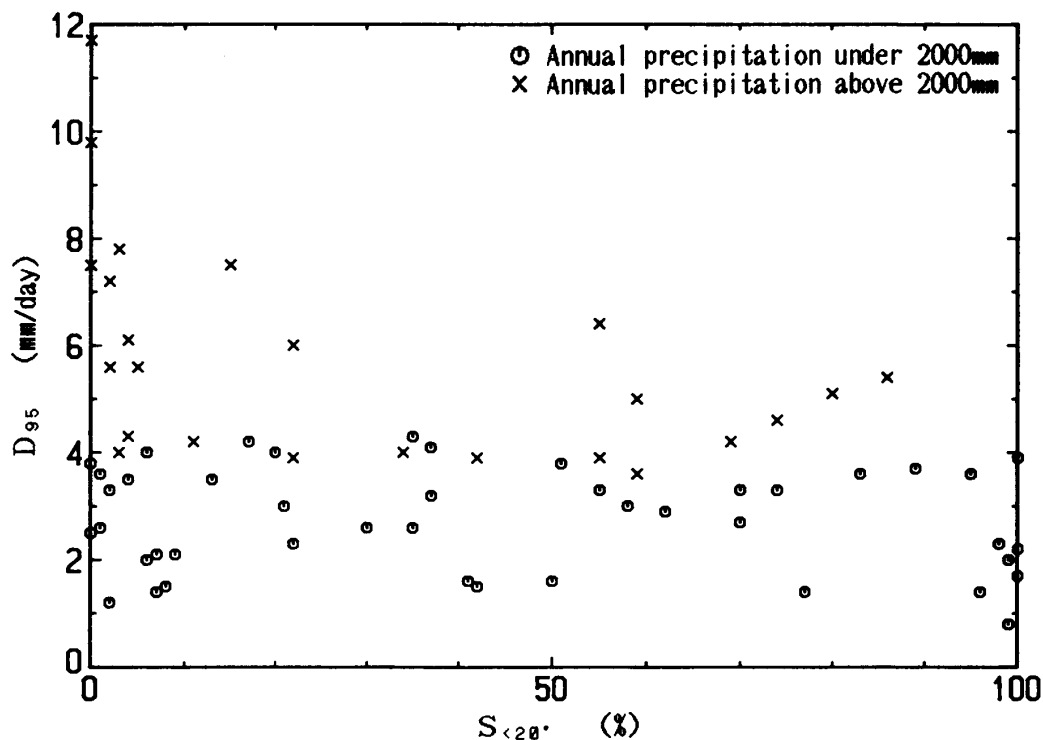
Fig. 5 (A) は、両者の関係を年降水量2000mmで区分してプロットしたものである。渴水流量は豊水流量ほど年降水量の影響を受けないことから²⁾、Fig. 5 (A) は Fig. 4 (A) ほど明確に年降水量の大小により区分されていない。緩傾斜面では雨水が地下へ浸透しやすく、また一般に土壤層が厚いことから高い貯留機能が期待でき⁵⁾、その結果、高水位流量は減少、低水位流量は増加して流況は均等化されることになる。Fig. 5 (A) によると、年降水量2000mm以上および2000mm未満の場合とも、有意性は認められないが、緩傾斜面積率の増加に伴い渴水流量は大きくなる傾向にあり、Fig. 4 (A) の場合とは逆の関係にある。

Fig. 5 (B) は上記の関係を流域地質分類に従いプロットしたものである。流域地質ごとの両者の関係においても緩傾斜面積率が大きい流域ほど渴水流量が大きくなる傾向がみられる。また、両者の関係を地質間で比較すると、渴水流量の値は、同じ程度の緩傾斜面積率でも流域地質により異なり、第四紀火山岩類・第三紀火山岩類・変成岩類の流域で大きく、中生層・古生層の流域で小さい傾向がみられる。花崗岩類の流域は散らばりが大きく明確でない。これは、日本各地に分布し、貫入時代も中生代以前から新第三紀まで広い時代にわたっている花崗岩類を一括して取り扱ったことに関係していると思われる。

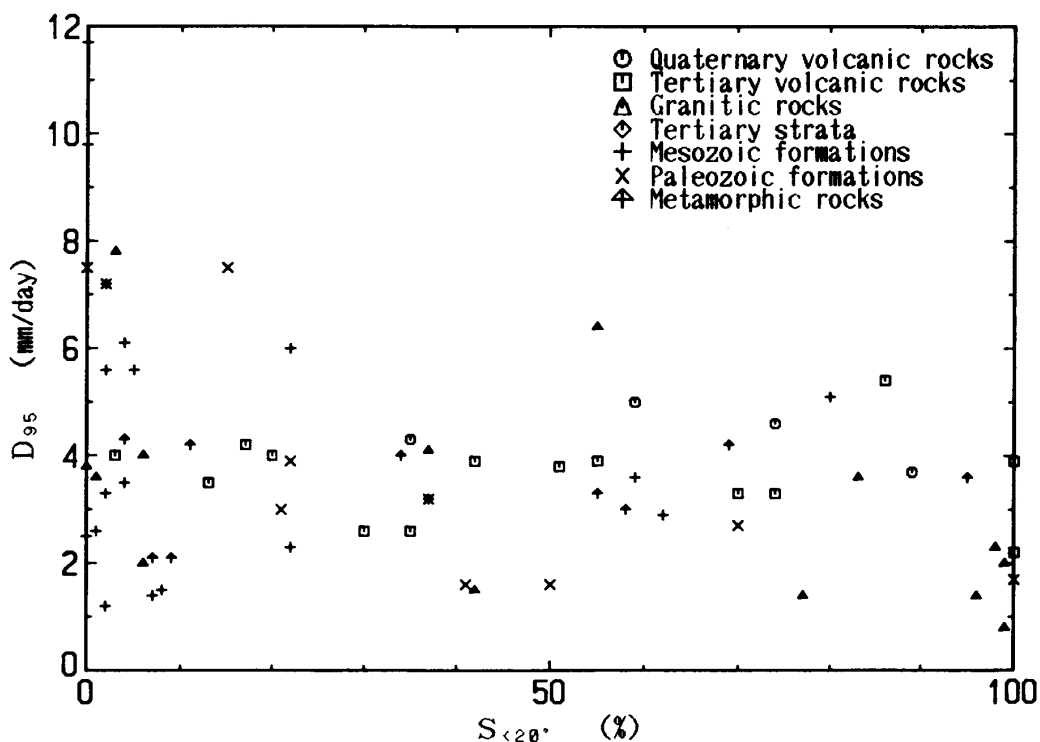
(2) 豊水・渴水流量差および豊水・渴水流量比と緩傾斜面積率

Fig. 6 (A) は豊水・渴水流量差 D_{95-355} と緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$ の関係を年降水量2000mmで区分してプロットしたものである。豊水・渴水流量差と緩傾斜面積率の間には高度の負の相関関係がみられ、緩傾斜面積率が大きい流域ほど豊水・渴水流量差は小さくなる傾向が認められる。豊水・渴水流量差は流域の水源涵養機能の程度を表す指標値に用いられている^{2,7)}。すなわち、豊水・渴水流量差の値が小さいほど流域からの流出は均等化しており、流域の水源涵養機能は高いと評価される。逆に豊水・渴水流量差の値が大きいと流域からの流出が安定しているとはいえず、流域の水源涵養機能は低いと評価される。ただし、豊水・渴水流量差は降水量に影響されているため、豊水・渴水流量差を用いて流域間の流況を比較する場合には降水条件を同一にする必要がある²⁾。Fig. 6 は、流域内に緩傾斜面が多いほど地下へ浸透する雨水が増し、高水位流量は減少、低水位流量は増加していることを証明している。流域間の地質・降水条件などが同じであれば緩傾斜面の多い流域ほど豊水・渴水流量差は小さく、流域の水源涵養機能は高くなる。また、緩傾斜面積率が大きい流域ほど豊水・渴水流量差が小さくなるという傾向は年降水量の少ない地域より多い地域において顕著に表れている。

Fig. 6 (B) は両者の関係を流域地質分類に従いプロットしたものである。流域地質ごとの両者の関係をみると、散らばりは大きいですが、緩傾斜面積率が大きい流域ほど豊水・渴水流量差は小さくな



(A) Parameter: Annual precipitation
 (A) 年降水量2000mmで区分して表示



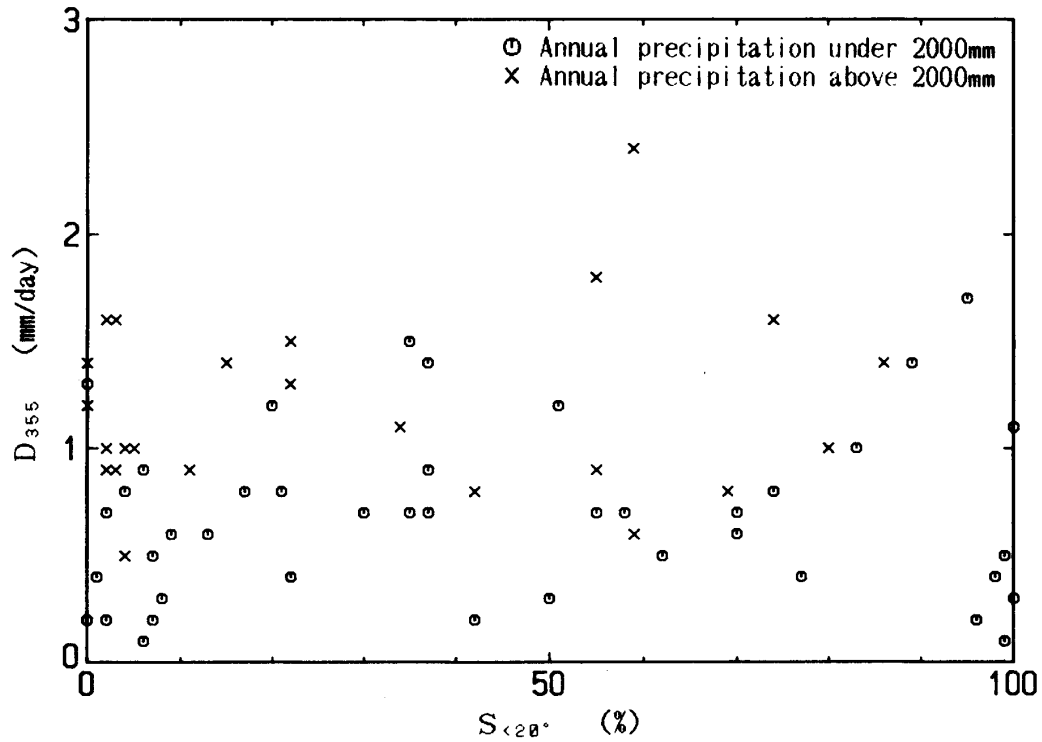
(B) Parameter: Basin geology
 (B) 流域地質で分類して表示

Fig.4. Relationship between D_{95} and $S_{<20^\circ}$

D_{95} : 95-day discharge (Plentiful-water discharge), mm/day.

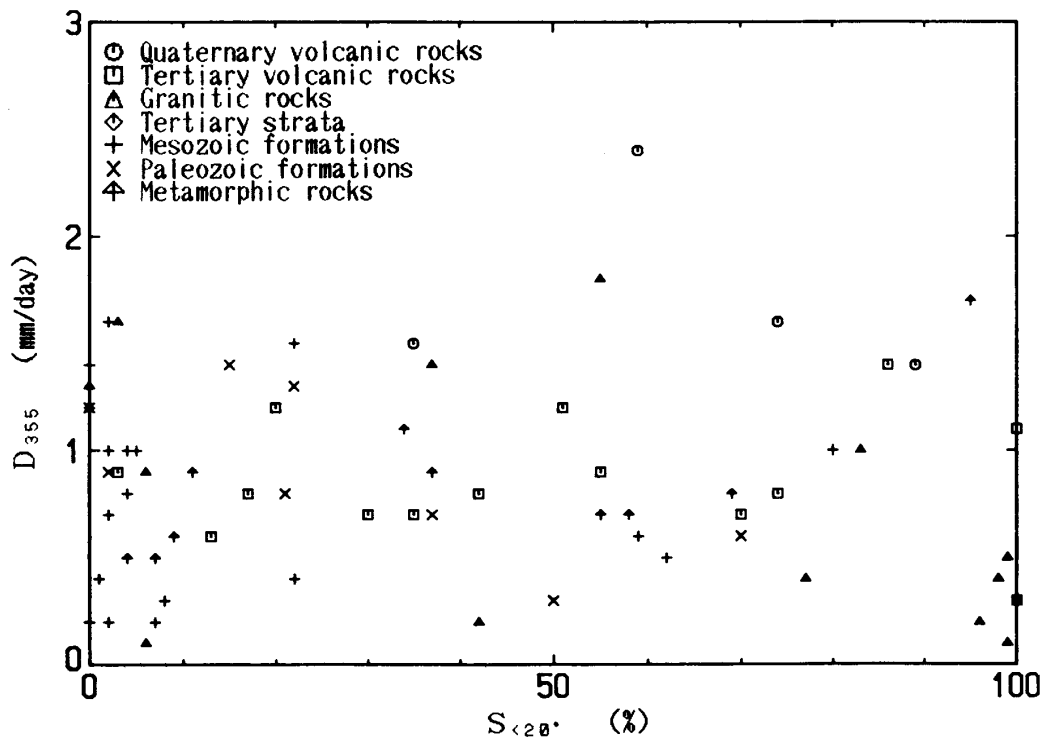
$S_{<20^\circ}$: Percentage of gentle slope ($<20^\circ$) to basin area, %.

図-4. 95日流量(豊水流量) D_{95} と緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$ の関係



(A) Parameter: Annual precipitation

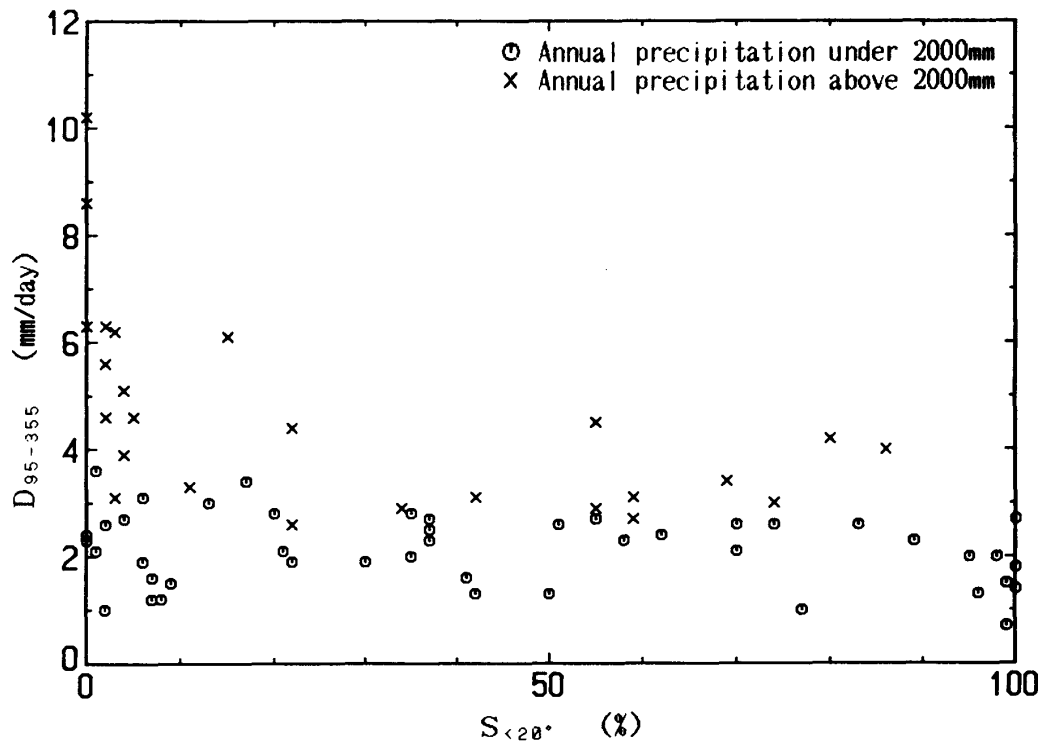
(A) 年降水量2000mmで区分して表示



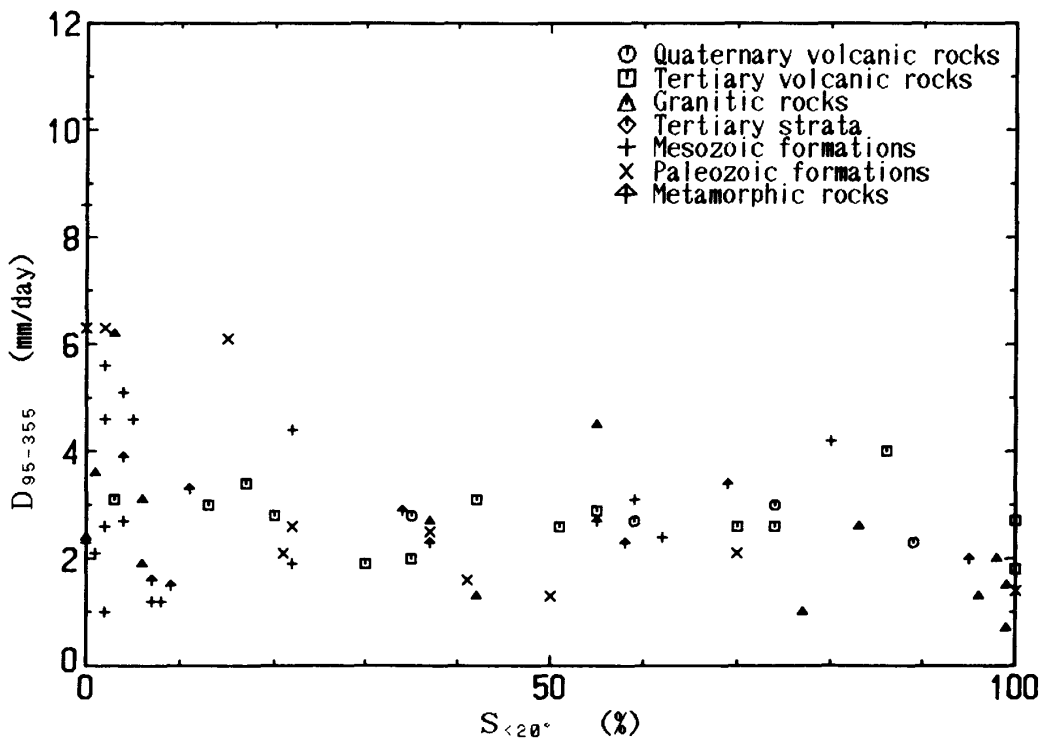
(B) Parameter: Basin geology

(B) 流域地質で分類して表示

Fig.5. Relationship between D_{355} and $S_{<20^\circ}$ D_{355} : 355-day discharge (Scanty-water discharge), mm/day. $S_{<20^\circ}$: Percentage of gentle slope ($<20^\circ$) to basin area, %.図-5. 355日流量(湧水流量) D_{355} と緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$ の関係



(A) Parameter: Annual precipitation
 (A) 年降水量2000mmで区分して表示



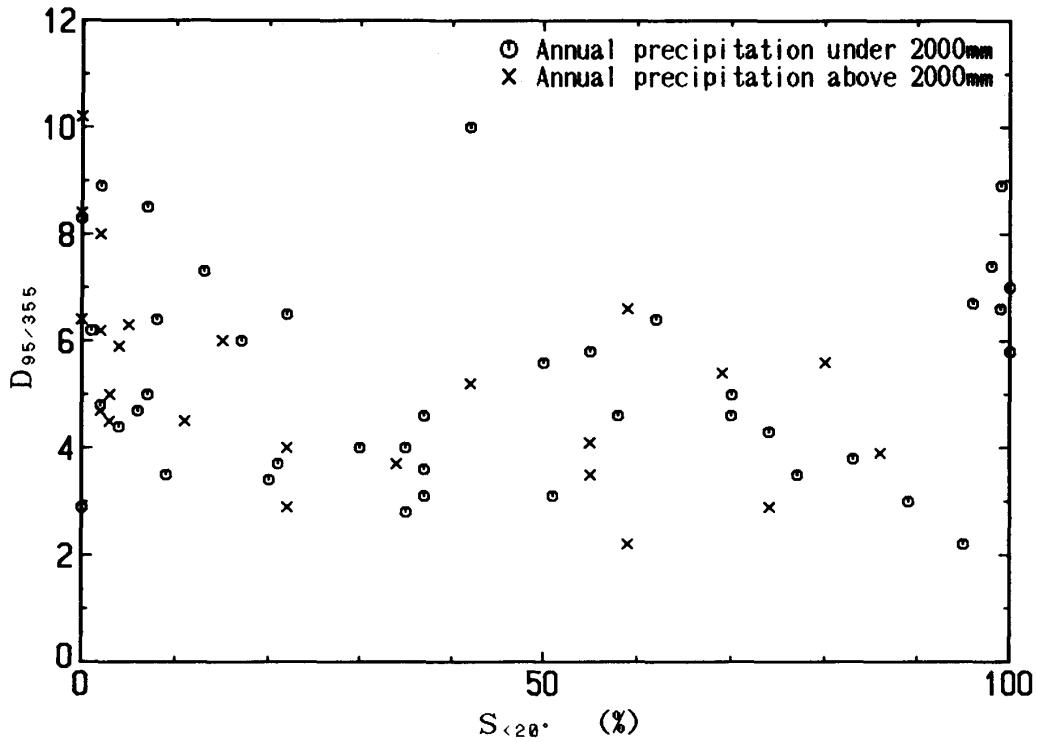
(B) Parameter: Basin geology
 (B) 流域地質で分類して表示

Fig.6. Relationship between D_{95-355} and $S_{<20^\circ}$

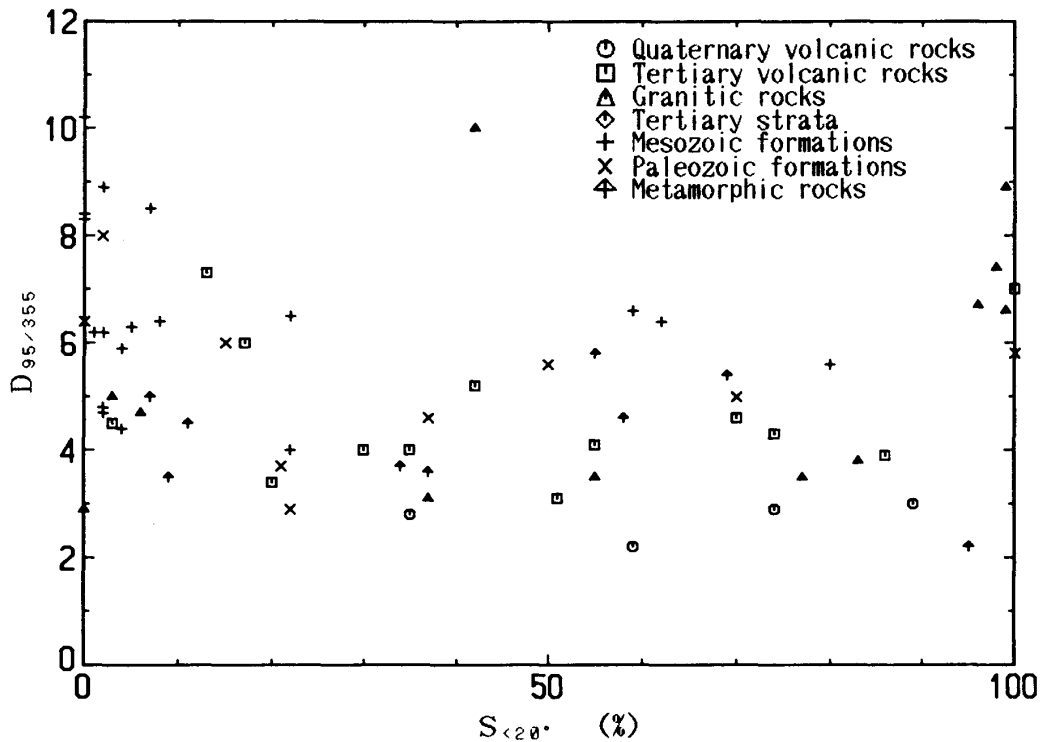
D_{95-355} : Value subtracted 355-day discharge from 95-day discharge, mm/day.

$S_{<20^\circ}$: Percentage of gentle slope ($<20^\circ$) to basin area, %.

図-6. (豊水流量-渇水流量) D_{95-355} と緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$ の関係



(A) Parameter: Annual precipitation
 (A) 年降水量2000mmで区分して表示



(B) Parameter: Basin geology
 (B) 流域地質で分類して表示

Fig. 7. Relationship between $D_{95/355}$ and $S_{<20^\circ}$.

$D_{95/355}$: Ratio of 95-day discharge to 355-day discharge.

$S_{<20^\circ}$: Percentage of gentle slope ($<20^\circ$) to basin area, %.

図-7. (豊水流量/濁水流量) $D_{95/355}$ と緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$ の関係

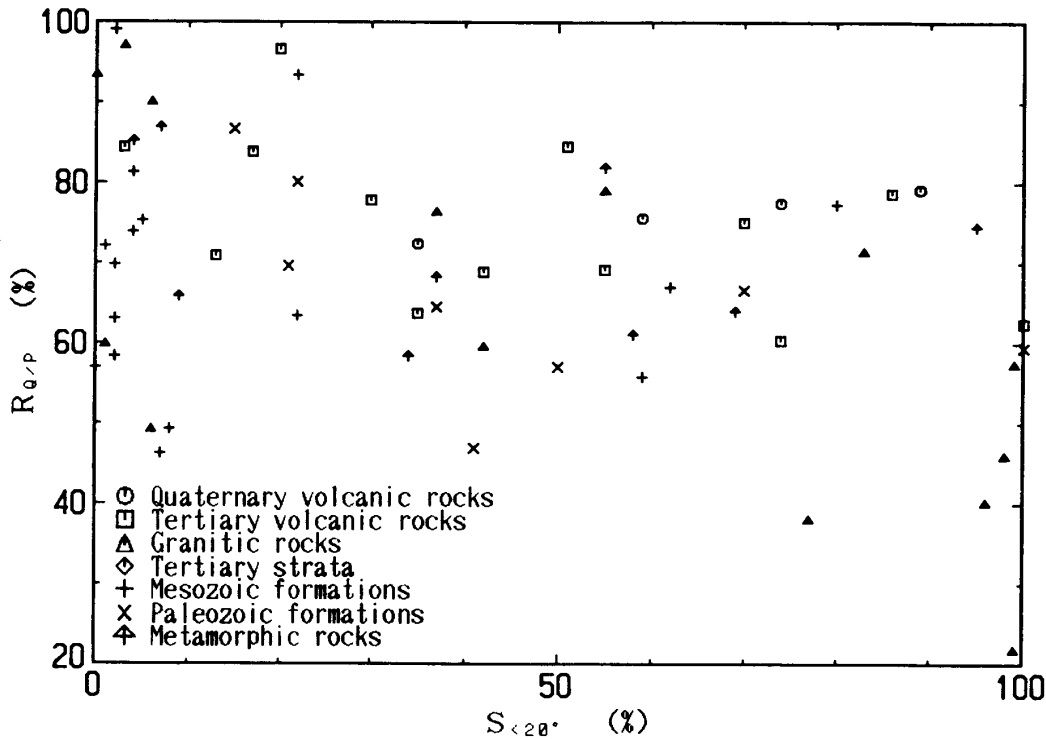


Fig.8. Relationship between $R_{Q/P}$ and $S_{<20^\circ}$.

$R_{Q/P}$: Annual runoff ratio, %.

$S_{<20^\circ}$: Percentage of gentle slope ($<20^\circ$) to basin area, %.

Parameter: Basin geology

図-8. 年流出率 $R_{Q/P}$ と緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$ の関係(流域地質で分類して表示)

る傾向がみられる。また、両者の関係を地質間で比較すると、豊水・渇水流量差の値は、同じ程度の緩傾斜面積率でも流域地質により異なり、年降水量2000mm未満においては第四紀火山岩類・第三紀火山岩類・変成岩類の流域で大きく、中生層・古生層の流域で小さい傾向がみられる。花崗岩類の流域は散らばりが大きい。年降水量2000mm以上においては逆の関係にあり、第四紀火山岩類・第三紀火山岩類・変成岩類の流域で小さく、花崗岩類・中生層・古生層の流域で大きい傾向がみられる。

豊水・渇水流量比も流域からの流出状況を表す指標値として用いられている^{2,3,4,5)}。すなわち、豊水・渇水流量比の値が小さいほど流域からの流出は均等化しており、流域の水源涵養機能は高いと評価され、逆に豊水・渇水流量比の値が大きいと流域からの流出が安定しているとはいえず、流域の水源涵養機能は低いと評価される。Fig. 7 (A)は豊水・渇水流量比 D_{95-355} と緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$ の関係を年降水量2000mmで区分してプロットしたものである。豊水・渇水流量比は年降水量の影響を受けない因子である²⁾ことから年降水量の大小により区分されていない。豊水・渇水流量比と緩傾斜面積率の間には有意な相関関係は認められないが、緩傾斜面積率が大きい流域ほど豊水・渇水流量比は小さくなる傾向にある。したがって、流域間の地質・植生などの条件が同じであれば緩傾斜面の多い流域ほど豊水・渇水流量比は小さくなり、流域の水源涵養機能は高くなる。

Fig. 7 (B)は両者の関係を流域地質分類に従いプロットしたものである。流域地質ごとの両者の関係においても緩傾斜面積率が大きい流域ほど豊水・渇水流量比が小さくなる傾向が認められる。また、両者の関係を地質間で比較すると、豊水・渇水流量比の値は、同じ程度の緩傾斜面積率でも流域地質により異なり、第四紀火山岩類の流域で特に小さく、次いで第三紀火山岩類・変成岩類の流域で小さく、中生層・古生層の流域で大きい傾向がみられる。花崗岩類の流域は散らばりが大きい。

(3) 年降水量、年流出量および年流出率と緩傾斜面積率

年降水量 P および年流出量 Q と緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$ の間には負の相関関係が認められ、年降水量あるいは年流出量が多い流域ほど緩傾斜面積率は減少することを示している (Table 2)。これは、前述したように流域の地形の発達と降水量が密接に関係していることに原因している。すなわち、降水量の多い(結果的に流出量も多い)流域ほど流域内には急傾斜面が形成され、緩傾斜面の面積は減少することになる。

Fig. 8 は、年流出率 $R_{Q/P}$ と緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$ の関係を地質分類に従いプロットしたものである。緩傾斜面積率の小さい流域と大きい流域には流出率の極端に高い流域と極端に低い流域があるが、他の流域の流出率は70%前後の値を示している。極端な流出率を示す流域には花崗岩類の流域が多くみられる。

(4) 非調節流出量および調節流出量と緩傾斜面積率

Fig. 9 (A)は非調節流出量 U と緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$ の関係を年降水量2000mmで区分してプロットしたものである。非調節流出量と緩傾斜面積率の間には高度の負の相関関係が認められ、緩傾斜面積率が高い流域ほど非調節流出量が小さくなることがわかる。非調節流出量は流域の水源涵養機能で調節されなかった流出量を指標するものとして定義されたものである⁶⁾。すなわち、非調節流出量の値が小さいほど流域からの流出は均等化しており、流域の水源涵養機能は高いと評価され、逆に非調節流出量の値が大きいと流域からの流出が安定しているとはいえ、流域の水源涵養機能は低いと評価される。Fig. 9 は、流域内に緩傾斜面が多いほど地下へ浸透する雨水が増して低水位流量は増加、高水位流量は減少し、流況は均等化することを証明している。流域間の地質・降水条件などが同じであれば緩傾斜面の多い流域ほど非調節流出量は少なく、流域の水源涵養機能は高くなる。また、緩傾斜面積率が大きい流域ほど非調節流出量が少なくなるという傾向は小雨地域より多雨地域において顕著に表れている。

Fig. 9 (B)は両者の関係を流域地質分類に従いプロットしたものである。流域地質ごとの両者の関係をみると、緩傾斜面積率が大きい流域ほど非調節流出量は小さくなる傾向がみられる。また、両者の関係を地質間で比較すると、非調節流出量の値は、同じ程度の緩傾斜面積率でも流域地質により異なり、第四紀火山岩類・第三紀火山岩類・花崗岩類の流域で小さく、中生層・古生層・変成岩類の流域でやや大きい傾向がみられる。

Fig. 10 (A)は調節流出量 C と緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$ の関係を年降水量2000mmで区分してプロットしたものである。調節流出量は水源涵養機能で調節された流出量を指標するものとして定義されたものである⁶⁾。すなわち、非調節流出量とは逆に調節流出量が多い流域ほど流域からの流出は均等

化しており、流域の水源涵養機能は高いと判断される。Fig. 1 0 (A)によると、年降水量2000mmで区分した両方の関係とも相関係数に有意性は認められないが、緩傾斜面積率が大きい流域ほど調節流出量は多くなる傾向がみられる。

Fig. 1 0 (B)は上記の関係を流域地質分類に従いプロットしたものである。流域地質ごとの両者の関係をみると、緩傾斜面積率が大きい流域ほど調節流出量は大きくなる傾向はみられるが、明確ではない。また、地質間の両者の関係を比較すると、調節流出量の値は、同じ程度の緩傾斜面積率でも流域地質により異なり、特に第四紀火山岩類の流域が他の地質の流域に比べて大きな値を示している。

(5) (非調節流出量/年流出量)および(調節流出量/年流出量)と緩傾斜面積率

Fig. 1 1は(非調節流出量/年流出量) $R_{U/Q}$ と緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$ の関係を流域地質分類に従いプロットしたものである。両者の間には高度の負の相関関係が認められる(Table 2)。流域地質ごとの両者の関係をみると、緩傾斜面積率が大きい流域ほど(非調節流出量/年流出量)は小さくなる傾向がみられる。また、両者の関係を地質間で比較すると、(非調節流出量/年流出量)は、同じ程度の緩傾斜面積率でも流域地質により異なり、特に第四紀火山岩類の流域で小さく、次いで第三紀火山岩類・花崗岩類・変成岩類の流域で小さく、中生層・古生層の流域でやや大きい傾向がみられる。

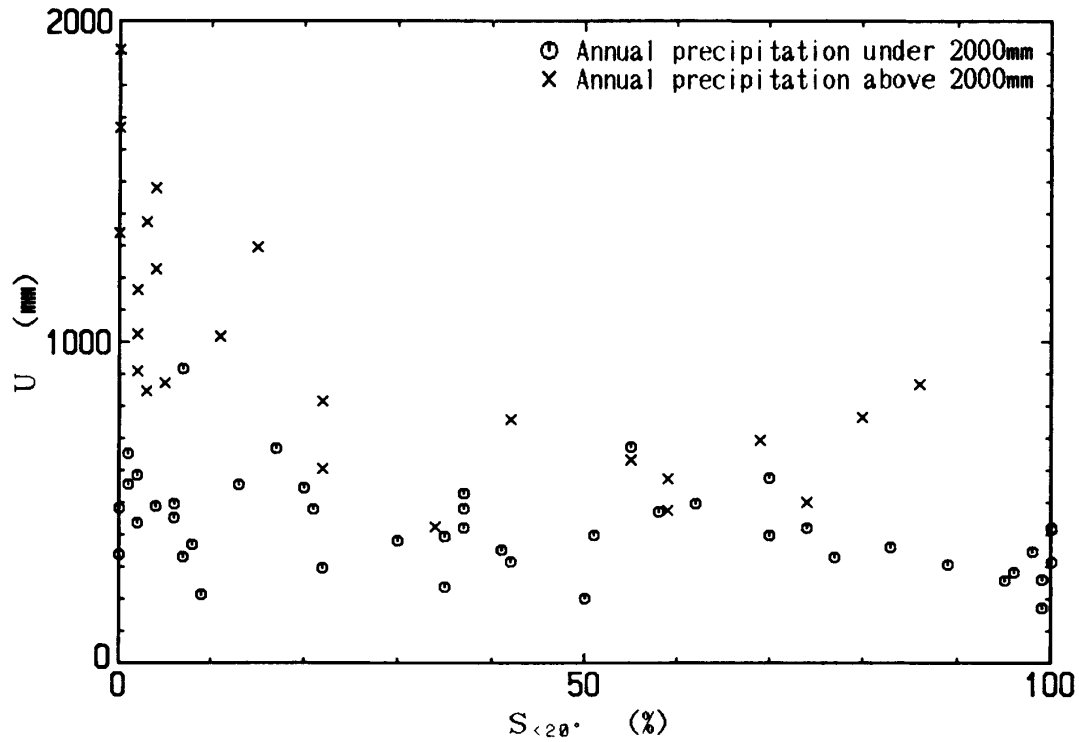
Fig. 1 2は(調節流出量/年流出量) $R_{C/Q}$ と緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$ の関係を流域地質分類に従いプロットしたものである。両者の間には高度の正の相関関係が認められ、Fig. 1 1とは逆の関係にある(Table 2)。流域地質ごとの両者の関係をみると、緩傾斜面積率が大きい流域ほど(調節流出量/年流出量)は大きくなる傾向がみられる。また、両者の関係を地質間で比較すると、(調節流出量/年流出量)の値は、同じ程度の緩傾斜面積率でも流域地質により異なり、特に第四紀火山岩類の流域で大きく、次いで第三紀火山岩類・変成岩類の流域で大きく、花崗岩類・中生層・古生層の流域でやや小さい傾向がみられる。

Fig. 1 1およびFig. 1 2の関係において年降水量2000mmで区分した場合について検討した結果、両関係は降水量では分類されなかった。これは、(非調節流出量/年流出量)および(調節流出量/年流出量)が非調節流出量および調節流出量を降水量と高度の相関関係にある流出量で除した値であることから降水量の影響が排除されているからである。

(6) (非調節流出量/年降水量)および(調節流出量/年降水量)と緩傾斜面積率

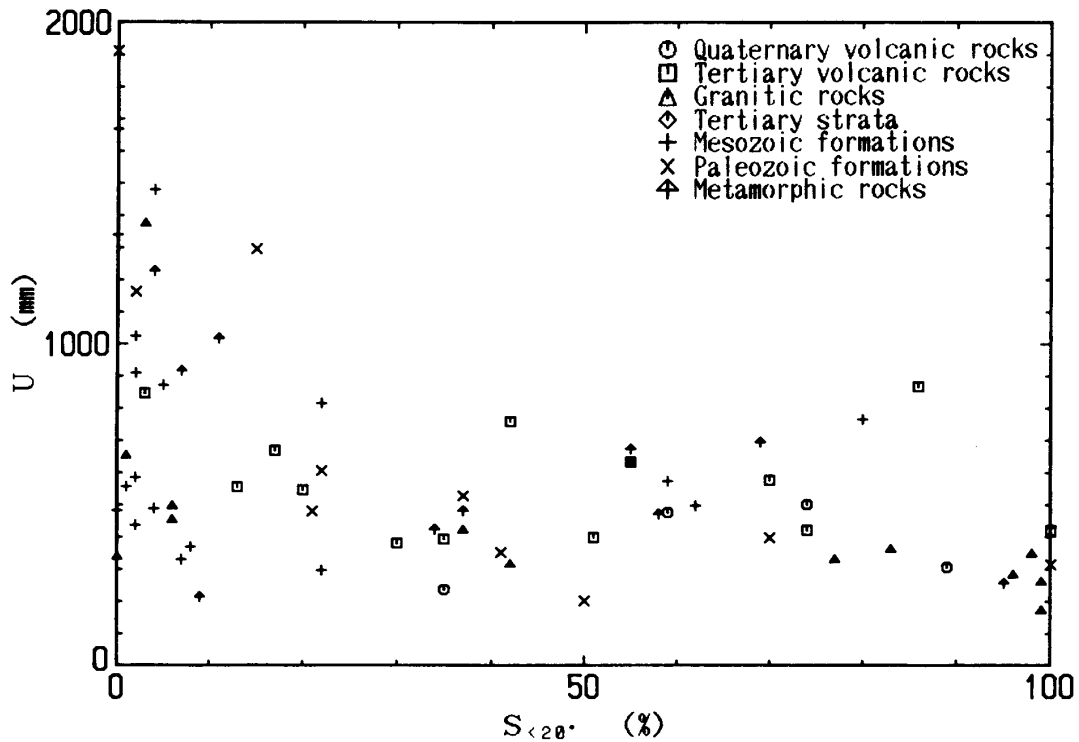
Fig. 1 3は、(非調節流出量/年降水量) $R_{U/P}$ と緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$ の関係を流域地質分類に従いプロットしたものである。両者の間には高度の負の相関関係が認められる(Table 2)。流域地質ごとの両者の関係をみると、緩傾斜面積率が大きい流域ほど(非調節流出量/年降水量)は小さくなる傾向がみられる。また、両者の関係を地質間で比較すると、(非調節流出量/年降水量)の値は、同じ程度の緩傾斜面積率でも流域地質により異なっており、特に第四紀火山岩類の流域で小さい傾向がみられる。

Fig. 1 4は、(調節流出量/年降水量) $R_{C/P}$ と緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$ の関係を流域地質分類に従いプ



(A) Parameter: Annual precipitation

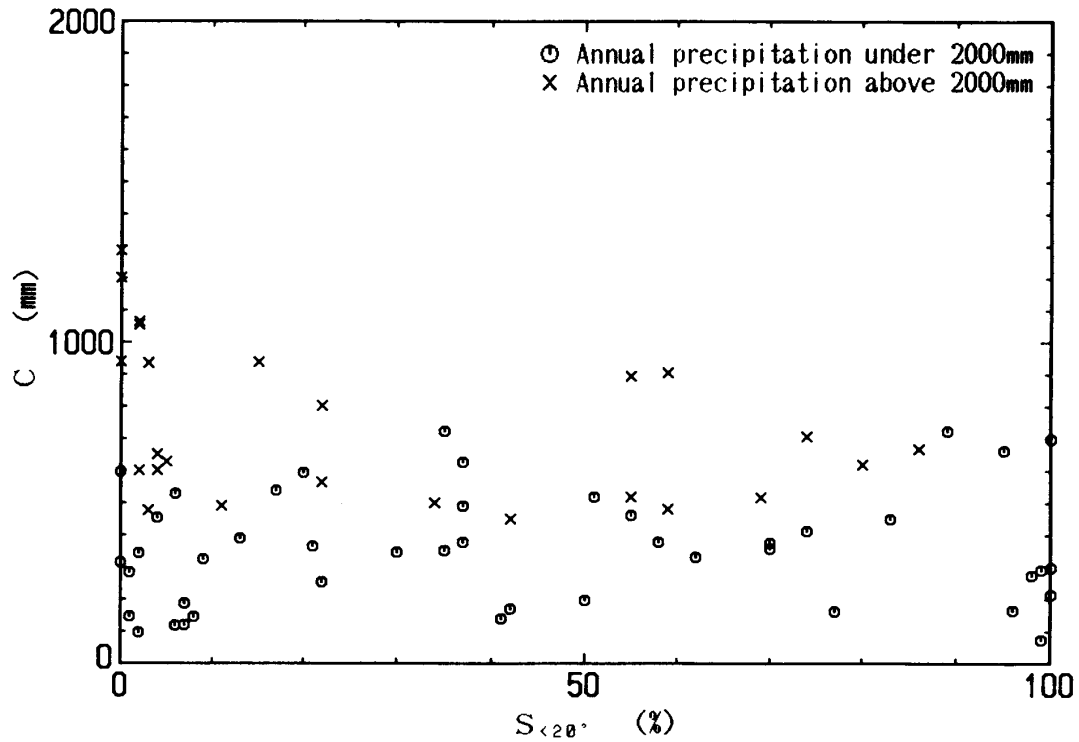
(A) 年降水量2000mmで区分して表示



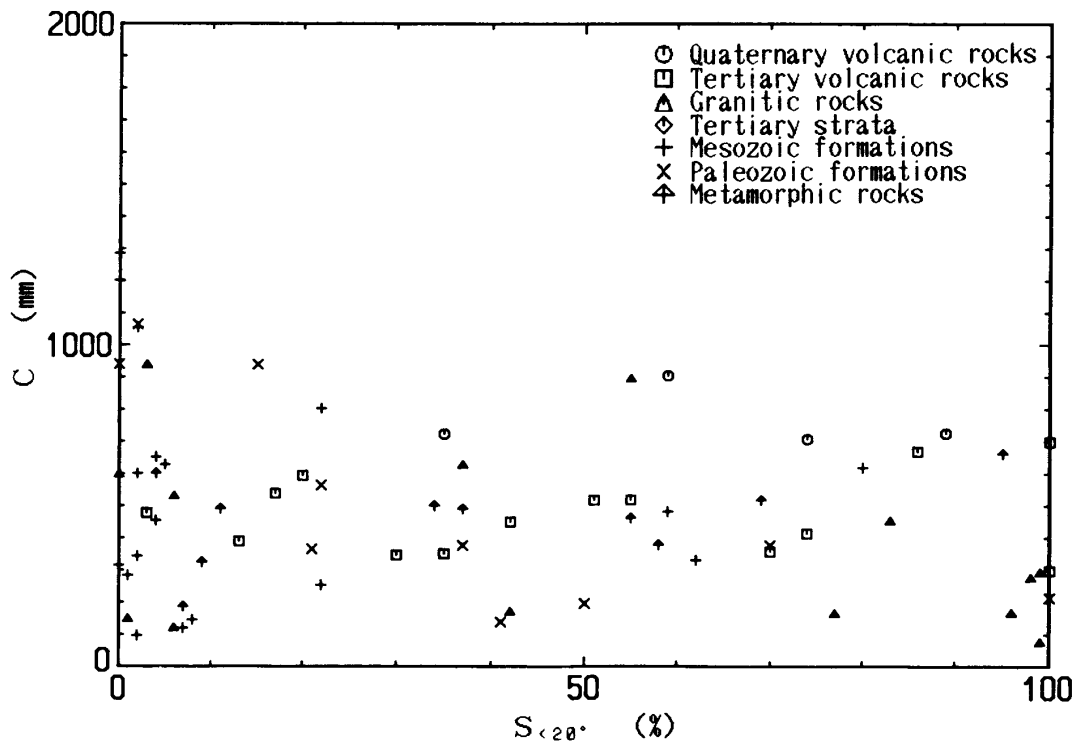
(B) Parameter: Basin geology

(B) 流域地質で分類して表示

Fig.9. Relationship between U and $S_{<20^\circ}$. U : Uncontrolled runoff, mm. $S_{<20^\circ}$: Percentage of gentle slope ($<20^\circ$) to basin area, %.図-9. 非調節流出量 U と緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$ の関係



(A) Parameter: Annual precipitation
 (A) 年降水量2000mmで区分して表示



(B) Parameter: Basin geology
 (B) 流域地質で分類して表示

Fig.10. Relationship between C and $S_{<20^\circ}$.

C : Controlled runoff, mm.

$S_{<20^\circ}$: Percentage of gentle slope ($<20^\circ$) to basin area, %.

図-10. 調節流出量 C と緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$ の関係

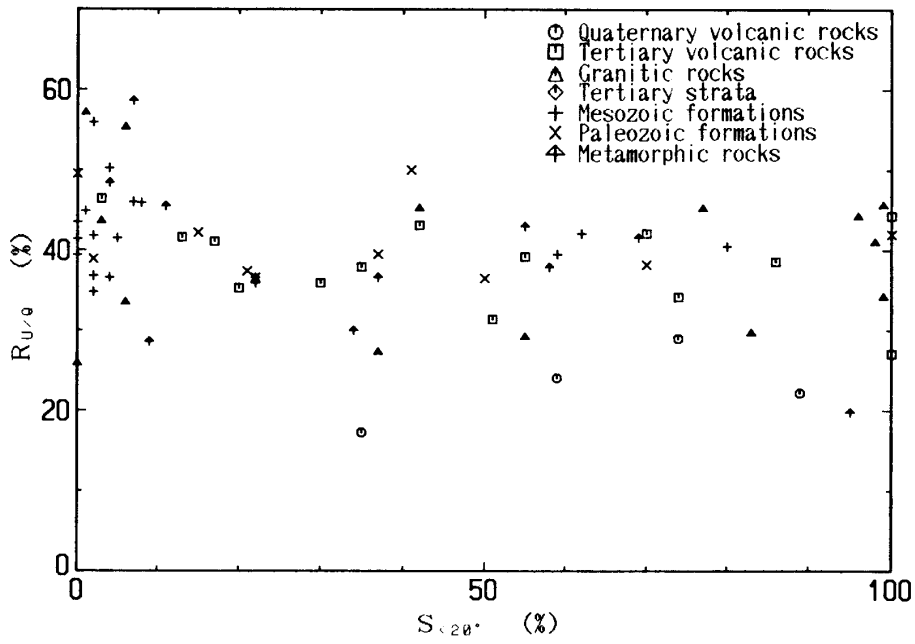


Fig.11. Relationship between $R_{U/Q}$ and $S_{<20^\circ}$.

$R_{U/Q}$: Ratio of uncontrolled runoff to annual runoff, %.

$S_{<20^\circ}$: Percentage of gentle slope ($<20^\circ$) to basin area, %.

Parameter: Basin geology

図-11. (非調節流出量/年流出量) $R_{U/Q}$ と緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$ の関係 (流域地質で分類して表示)

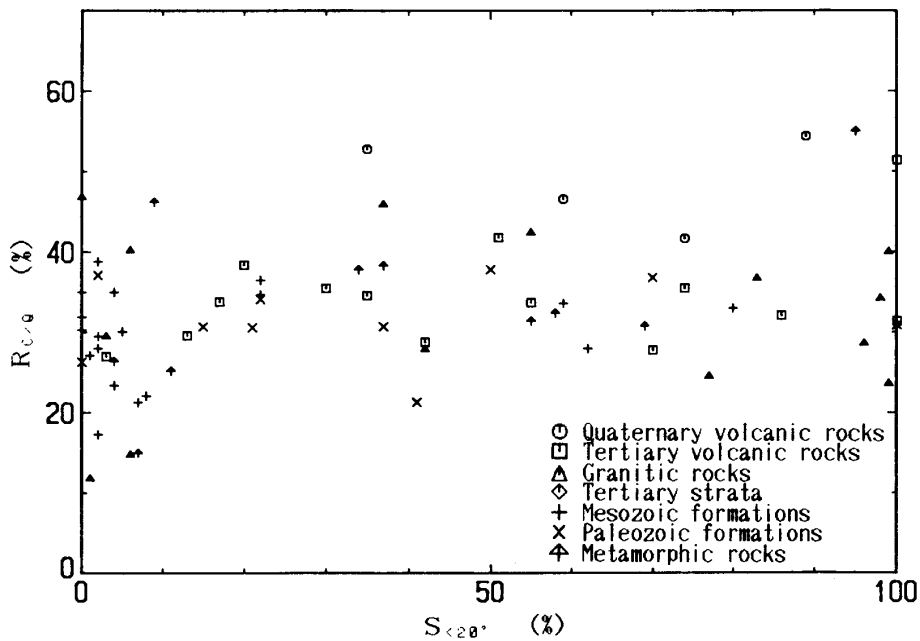


Fig.12. Relationship between $R_{C/Q}$ and $S_{<20^\circ}$.

$R_{C/Q}$: Ratio of controlled runoff to annual runoff, %.

$S_{<20^\circ}$: Percentage of gentle slope ($<20^\circ$) to basin area, %.

Parameter: Basin geology

図-12. (調節流出量/年流出量) $R_{C/Q}$ と緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$ の関係 (流域地質で分類して表示)

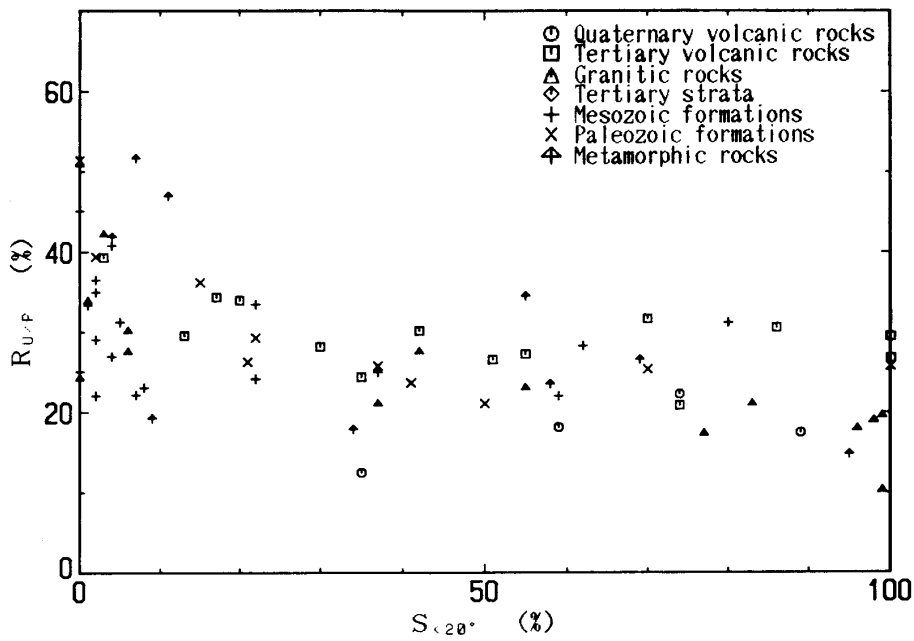


Fig. 13. Relationship between $R_{U/P}$ and $S_{<20^\circ}$.
 $R_{U/P}$: Ratio of uncontrolled runoff to annual precipitation, %.
 $S_{<20^\circ}$: Percentage of gentle slope ($<20^\circ$) to basin area, %.
 Parameter: Basin geology

図-13. (非調節流出量/年降水量) $R_{U/P}$ と緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$ の関係 (流域地質で分類して表示)

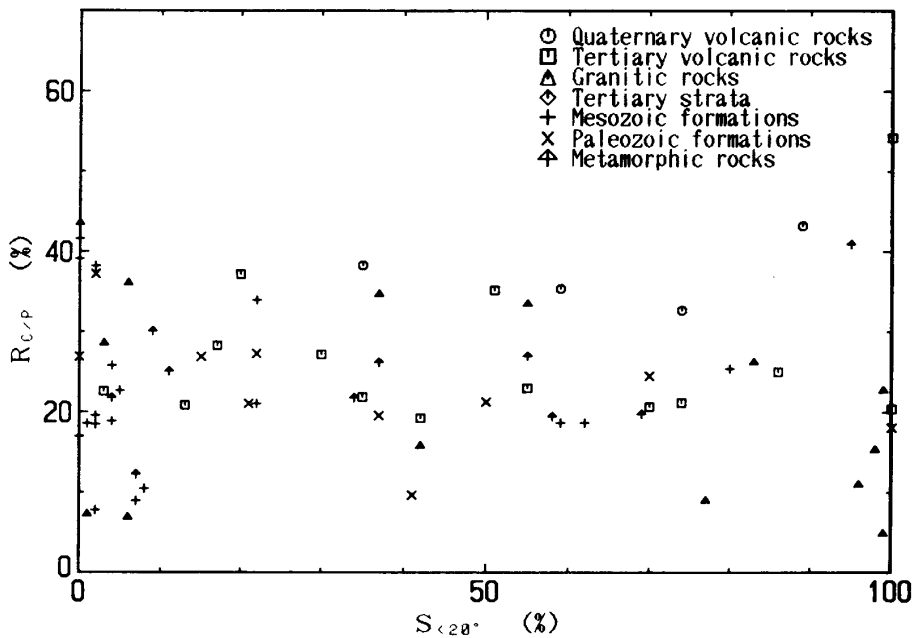


Fig. 14. Relationship between $R_{C/P}$ and $S_{<20^\circ}$.
 $R_{C/P}$: Ratio of controlled runoff to annual precipitation, %.
 $S_{<20^\circ}$: Percentage of gentle slope ($<20^\circ$) to basin area, %.
 Parameter: Basin geology

図-14. (調節流出量/年降水量) $R_{C/P}$ と緩傾斜面積率 $S_{<20^\circ}$ の関係 (流域地質で分類して表示)

ロットしたものである。両者の間には有意な相関関係を認めることはできないが、緩傾斜面積率が大きい流域ほど(調節流出量/年降水量)はやや大きくなる傾向がみられる。流域地質ごとの両者の関係をみると、緩傾斜面積率が大きい流域ほど(調節流出量/年降水量)は大きくなる傾向はみられるが、明確ではない。また、両者の関係を地質間で比較すると、(調節流出量/年降水量)の値は、同じ程度の緩傾斜面積率でも流域地質により異なっており、特に第四紀火山岩類の流域で大きい傾向がみられる。

Fig. 1 3 および Fig. 1 4 の関係において年降水量2000mmで区分した場合について検討した結果、両関係は降水量では分類されなかった。これは、(非調節流出量/年降水量)および(調節流出量/年降水量)が非調節流出量および調節流出量を降水量で除した値であることから降水量の影響が排除されているからである。

要 約

山地河川の流況と流域条件との関係を明らかにする目的で、山地流域の水文資料を用いて流域の地形・地質が流況に及ぼす影響について検討した。流域地質の分類は第四紀火山岩類・第三紀火山岩類・花崗岩類・第三紀層・中生層・古生層および変成岩類の7分類で行った。流域の地形を表す因子には流域内に占める緩傾斜面(20度未満の斜面)の面積率を取り上げた。山地河川の流況を表す因子には流況曲線から求められた諸因子を用いた。得られた結果をまとめると次のようである。

- 1) 流域の地形と地質は密接に関係している。すなわち、第四紀火山岩類の流域では緩傾斜面積率が大きく、次いで第三紀火山岩類・花崗岩類および変成岩類の流域で大きく、古生層および第三紀層の流域がこれらに次ぎ、中生層の流域では緩傾斜面積率が小さい。
- 2) また、流域の地形は降水量にも影響されている。すなわち、一般に降水量の多い流域には緩傾斜面積率の小さい流域が多い傾向がみられる。
- 3) 流域の水源涵養機能は流域内に緩傾斜面が多いほど増大する。
- 4) 第四紀火山岩類の流域は、他の地質の流域に比べ、流域の水源涵養機能が非常に高い。

参 考 文 献

- 1) 地頭菌隆・竹下敬司：山地河川の流況と流域条件との関係解析Ⅰ．非調節量による流況の比較．日本林学会九州支部研究論文集，No. 39，279-280 (1986)
- 2) 地頭菌隆・竹下敬司：山地河川の流況と流域条件との関係解析Ⅱ．流域地質が流況に及ぼす影響．鹿児島大学農学部演習林報告，No. 15，15-38 (1987)
- 3) 岸原信義・石井正典：日本列島の山地流域からの流出に関する研究(Ⅱ)流況の表示法と地質区分に関する研究．日本林学会誌，Vol. 65，No. 1，1-8 (1983)
- 4) 志水俊夫：山地流域における湯水量と表層地質・傾斜・植生との関係．林業試験場研究報告，No. 301，109-128 (1980)
- 5) 竹下敬司・高木潤治：暖帯林地の水保全環境に関する土壌及び地形的研究，福岡県林業試験場時報．No. 26，1-51 (1977)
- 6) 竹下敬司：流域の土地利用状況の変化と流域の変化．日本林学会九州支部研究論文集，No. 33，317-318 (1980)

- 7) 竹下敬司：森林土壌の水源保全機能に関する解析と評価．第17回国際林業研究機関連合世界大会論文集，53-57 (1981)
- 8) 吉川虎雄・杉村新・貝塚爽平・太田陽子・阪口豊：日本地形論．415p.，東京大学出版会，東京 (1973)

Summary

With a view of clarifying the relationships between the flow-regime and the basin-conditions in mountainous areas, effects of the basin-topography and -geology on the flow-regime were studied, using the hydrological data obtained at the mountainous basins in Japan. Basing on a geological viewpoint, the investigated basins were classified into the following seven groups: basins which have been mainly underlain by Quaternary volcanic rocks, those by Tertiary volcanic rocks, those by granitic rocks, those by Tertiary strata, those by Mesozoic formations, those by Paleozoic formations, and those by metamorphic rocks. Percentage of gentle slope ($<20^\circ$) to the basin area was adopted as a factor to represent basin-topography. Factors representing the flow-regime of mountainous basins were obtained from the duration-curve of the basins. The results are summarized as follows:

- 1) Basin-topography is closely related with Basin-geology. Percentage of gentle slope ($<20^\circ$) to the basin area becomes more inferior in the following order, namely: basins which are underlain by Quaternary volcanic rocks, those by Tertiary volcanic rocks, granitic rocks and metamorphic rocks, those by Paleozoic formations and Tertiary strata, and those by Mesozoic formations.
- 2) On the other hand, basin-topography is closely related with precipitation. Basins of heavy rain have a general tendency to make small gentle slopes.
- 3) The function of the headwater-recharge increases with the increasing of the percentage of gentle slope to the basin area.
- 4) Basins which are underlain by Quaternary volcanic rocks are superior to those by other geologies concerning the function of the headwater-recharge.