

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*

地頭蘭 隆・竹下敬司**
(砂防工学研究室)

Relations between Flow Regime and Basin Conditions in Mountainous Areas

II. Effects of Basin Geology on Flow Regime*

Takashi JITOUSONO and Keiji TAKESHITA**
(Laboratory of Erosion Control)

まえがき

流域からの流出特性は、流域条件、すなわち降水量・蒸発散量などの流域の気象に関する条件、および地形・地質・土壌・植生などの流域の地文に関する条件に影響され流域ごとに異なる。したがって、水源地である山地流域のもつ水源涵養機能の評価あるいは比較を行う場合、流域からの流出状況、すなわち流況と上記の流域条件との関係を提示しておく必要がある。水源山地においては流域の水源涵養機能が十分に発揮され、高水位流量は減少し、低水位流量が増加する一様性のある流出ほど望ましい。第1報¹⁾においては、この流出の一様性の程度を表す指標値として流況曲線から得られる情報を利用する方法を取り上げ、その中の1因子である非調節流出量の特徴、有効性などについて検討した。ここでは、全国にわたって分布している163山地河川の資料を用い、流況曲線から得られる流況因子を地質分類ごとに求め、流域地質が流況に及ぼす影響について検討した。

資 料

1. 流量

流量の資料は1975年から1979年までの多目的ダム管理年報^{2,3,4,5,6)}を使用した。多目的ダム管理年報には9時を日界とした日単位の貯水位、流入量、放流量などが記載されている。各値は日平均値であるが、観測回数はダムにより異なり、毎時観測から1日1～4回の観測とさまざまである。したがって、ダムにより観測資料の精度が異なるが、この問題は流域地質の流況に及ぼす影響をマクロ的に把握する目的からすれば無視され得ると考える。流入量は貯水池の水位変化量と貯水池からの直接放流

* 本文の一部は昭和61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

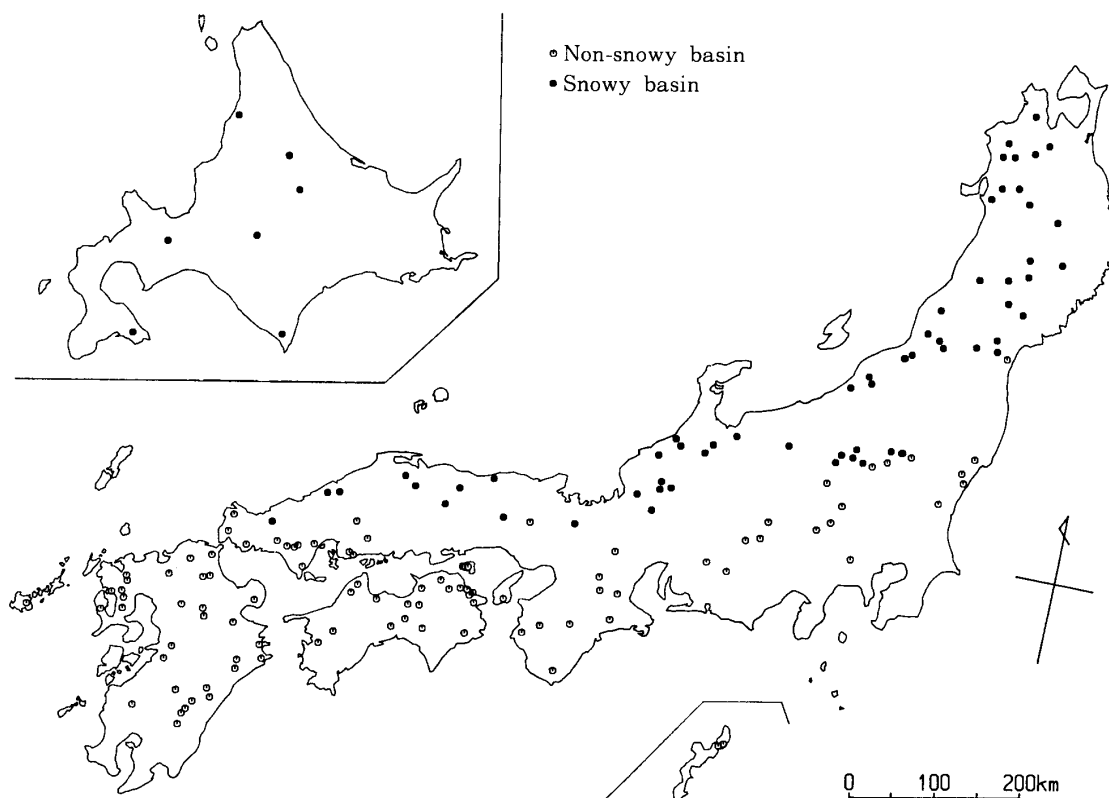


Fig.1. Location of multiple-purpose dam investigated.

図-1 解析に用いた多目的ダムの位置

量や発電の取水量からなる放流量により算出され、この流入量をダム地点における流量として解析に用いた。解析に用いたダムは163基であり、Fig. 1 に示されるように全国に分布している。

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. 地質

流域地質の判読は、日本全国にわたり同一の基準で作成されている50万分の1表層地質図⁷⁾、および日本地方地質誌^{8,9,10,11,12,13)}によった。

方 法

1. 解析因子

多目的ダム管理年報に記載されている日平均流量（日平均流入量）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、Fig. 1 に示される163ダムについて求めた。

- (a) 豊水流量（95日流量）：Fig. 2 に示される流況曲線上で95番目の日平均流量。
- (b) 渇水流量（355日流量）：流況曲線上で355番目の日平均流量。
- (c) （豊水流量－渇水流量）：豊水流量と渇水流量の差。
- (d) （豊水流量／渇水流量）：豊水流量と渇水流量の比。
- (e) 年流出量：年間の総流出量（mm）。

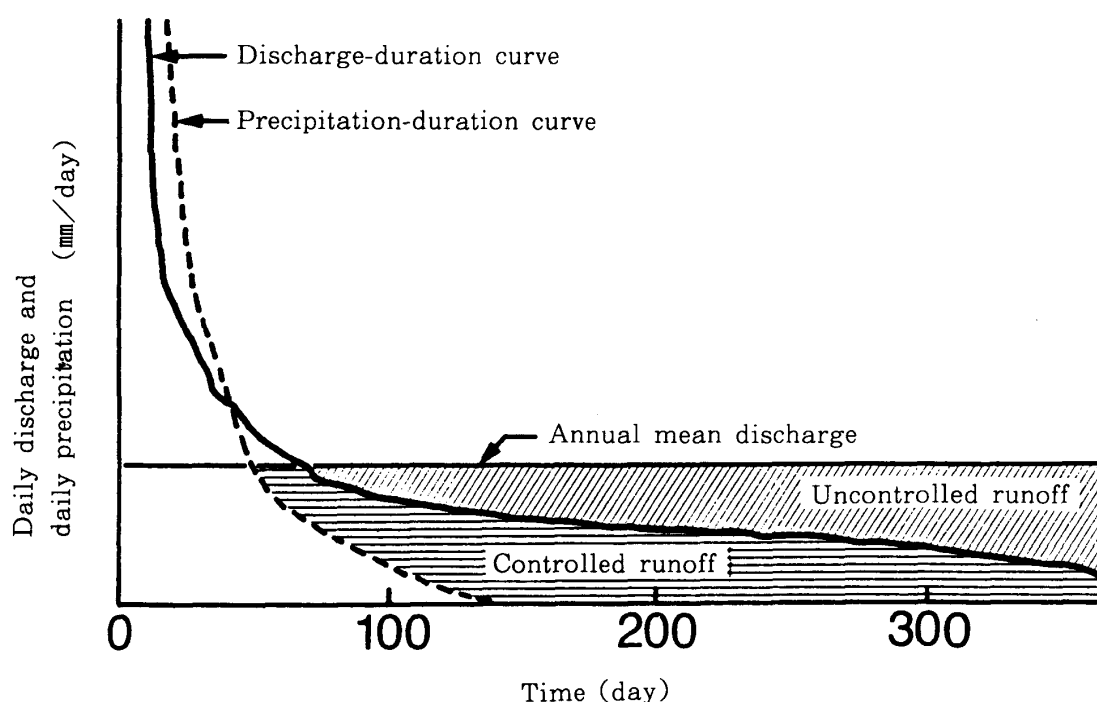


Fig.2. Uncontrolled runoff and controlled runoff.

図-2 非調節流出量と調節流出量

- (f) 年降水量：年間の総降水量（mm）。
- (g) 非調節流出量：流況曲線と年平均流量の直線で囲まれる部分（Fig. 2 において斜線部分）を非調節流出量（mm）と定義し¹⁴⁾流域の水源涵養機能で調節されなかった流出量を意味するものとする。したがって、非調節流出量が少ないほど、すなわち流況曲線が年平均流量の直線に近いほど流域の水源涵養機能は高いと評価され、逆に非調節流出量が多いほど水源涵養機能は低いと判断される。
- (h) 調節流出量：降水量がその日のうちにすべて流出する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. 2 において横線部分）を調節流出量（mm）と定義し¹⁴⁾、流域の水源涵養機能により調節された流出量を指標するものとする。したがって、調節流出量が多いほど、流域の水源涵養機能は高いと評価される。
- (i) （非調節流出量／年流出量）：非調節流出量を年流出量で除した値（％）。
- (j) （調節流出量／年流出量）：調節流出量を年流出量で除した値（％）。
- (k) （非調節流出量／年降水量）：非調節流出量を年降水量で除した値（％）。
- (l) （調節流出量／年降水量）：調節流出量を年降水量で除した値（％）。

ここで、(e)～(l)の因子については年間のデータの代わりに6月から10月までの5ヶ月間のデータを使用した場合の値についても求めた。なお、(a)～(c)の因子の単位には流域面積100 km²あたりに換算した比流量の単位（m³/s/100km²）および（mm/day）を用いている。

解析期間は1975年から1979年までの5年間であるが、豊水流量、渇水流量、年流出量、年降水量の因子については1979年の多目的ダム管理年報に記載されている観測開始から1979年までの平均値も参考に使用した。

2. 非積雪地帯の流域と積雪地帯の流域の区別

積雪地帯の流域においては、冬期の降水のほとんどはすぐに流出することなく流域内に積雪として貯留され、融雪時期に融雪洪水として流出される。流域の積雪が流出に影響を及ぼしていることを考えると、非積雪地帯の流域と積雪地帯の流域を区別しておく必要がある。非積雪地帯と積雪地帯の区別は、夏期の6月から10月までの5ヶ月間の流出量と降雪および融雪時期にあたる11月から5月までの7ヶ月間の流出量の大小で判断した。ここでは、夏期の6月～10月間の流出量が年流出量の約4割以下である流域を積雪地帯の流域とした。同時に1975年から1979年までの5年間の日平均流量を用いて年間ハイドログラフを作成し、融雪流出の有無から上記の非積雪地帯と積雪地帯の区分をチェックした。

3. 流域地質の判読

流域地質の判読には、日本全国にわたり同一の基準で作成されている50万分の1表層地質図⁷⁾を用いて行い、また、日本地方地質誌^{8,9,10,11,12,13)}も参考に使用した。流域地質の判読後、地質分類ごとの面積と面積割合を求め、流域の代表地質を決定した。流域の地質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が、本論では、流況と流域条件との関係をマクロ的に明らかにする立場から細かな地質分類は行わず、50万分の1表層地質図の中に凡例として記載されている分類を参考にして流域の地質分類を行った。すなわち、地質分類は以下の通りである。

- (a) 第四紀火山岩類：第四紀の火山活動により噴出した火山砕屑物で、各地の火山地帯に分布している。
- (b) 第三紀火山岩類：第三紀（一部は中生代）に噴出した安山岩類・玄武岩類・流紋岩類で、各地の火山地帯に分布している。
- (c) 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。
- (d) 第三紀層：砂岩・頁岩・礫岩・凝灰岩などからなり、とくに東北日本を中心に新第三紀の地層が広く分布している。
- (e) 中生層：砂岩・頁岩・礫岩などからなり、古生層にくらべ分布域は狭いが全国的に分布している。
- (f) 古生層：粘板岩・砂岩・チャートなどからなり、古生層の非変成帯で、全国的に分布している。
- (g) 変成岩類：おもに結晶片岩類であり、大きな構造線に沿って帯状に分布している。

結果および考察

1. 非積雪地帯の流域と積雪地帯の流域

夏期の6月から10月までの5ヶ月間の流出量と降雪・融雪時期にあたる11月から5月までの7ヶ月間の流出量の大小から、および年間ハイドログラフにおける融雪流出の有無から積雪がほとんどみられない流域と積雪がみられる流域を分類した。その結果はFig. 1に示され、非積雪地帯の流域が○印で、積雪地帯の流域が●印でプロットされている。

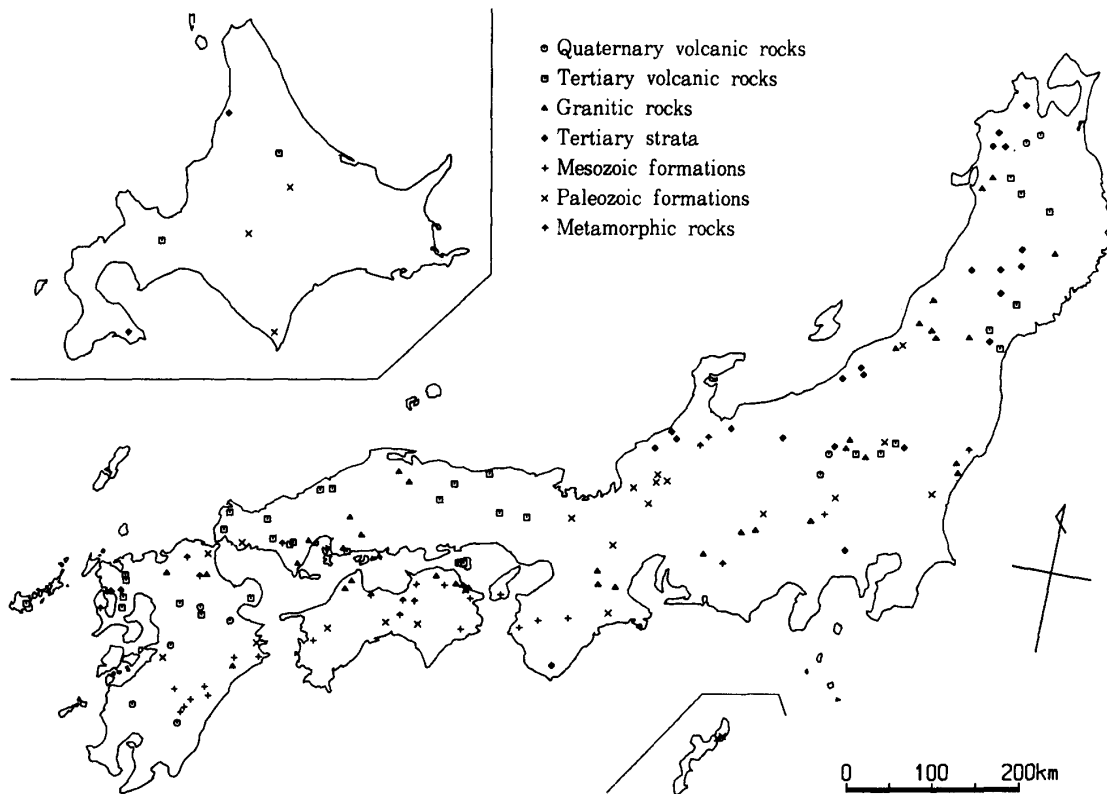


Fig.3. Main geology in the upper reaches of multiple-purpose dam investigated.

図-3 多目的ダム上流域の主な地質

2. 流域地質の分類

Fig. 3 は、流域地質の判読から決定した流域の代表地質を記号で分類してプロットしたものである。流域面積に占める代表地質の面積割合は約50%以上となっている。第四紀火山岩類および第三紀火山岩類からなる流域は各地の火山地帯に位置している。花崗岩類からなる流域も日本各地に分布しているが、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と考えられる。第三紀層からなる流域は、グリーンタフ地域に集中し、火山砕屑物からなる流域がほとんどである。中生層からなる流域はほとんど外帯に分布している。古生層からなる流域は、古生層の非変成帯、すなわち秩父帯・丹波帯・足尾帯に分布している。変成岩類からなる流域は、三郡帯・領家帯・三波川帯・飛騨帯などの変成帯に分布している。おもに結晶片岩類からなる流域であり、結晶片岩の分布地域の地質構造はとくに複雑で、過去に大規模な地殻変動のあったこと示している¹⁵⁾。

3. 流況因子の検討

山地河川の流況は流域条件に影響され流域ごとに異なるため、流域の水源涵養機能の評価あるいは比較を行う場合、流況と流域条件の関係を提示しておく必要がある。水源山地においては流域の水源涵養機能により、高水位流量が減少し、低水位流量が増加する一様性のある流出ほど望ましい。流出の一様性の程度を表す指標値としては、従来、日流量や日降水量の統計値を用いる方法、流況曲線から得られる情報を利用する方法など多数考案されている。ここでは、流況曲線から得られる流況因子を取り上げ、地質分類ごとに検討した。なお、小さい流域では流況因子の年変動が大きいため、流域面積10km²未満の流域は排除して解析を行った。

(1) 豊水流量および渇水流量

流況を表す指標値として従来よく用いられている渇水流量、(豊水流量－渇水流量) および (豊水流量／渇水流量) の流況因子と年降水量の関係を地質分類ごとに検討した。雪が流況に及ぼす影響を排除するために非積雪地帯の流域を対象とし、また、因子の値には1975年から1979年までの5年間の平均値を用いた。各流域ごとに、流量および降雨観測の開始から1979年までの各因子の平均値と1975年から1979年までの5年間の平均値を比較した結果、(豊水流量／渇水流量) 以外はほとんどの流域において同じ程度の値が与えられた。(豊水流量／渇水流量) は流況曲線における2点の比で表されることから年変動が大きく、特に分母にあたる渇水流量の値によっては大きく変動することが考えられる。他の因子については年変動が小さいと思われるため、5年間の平均値から得られる解析結果が、平年の傾向をほぼ表していると考えてよい。

(a) 豊水流量と年降水量

豊水流量と年降水量の関係を地質分類ごとにFig. 4に○印で示す。実線は両者の関係の平均線を示したものである。ただし、第三紀層の流域については資料が少ないため平均線は示していない。豊水流量は全地質において年降水量の多い流域ほど大きい値を示している。地質ごとに豊水流量の平均線を比較すると、第四紀火山岩類と第三紀火山岩類、花崗岩類と中生層、古生層と変成岩類はそれぞれ類似した曲線形を示している。また、降水量に対する豊水流量の変化は、中生層と花崗岩類の流域で最も大きく、次いで古生層、変成岩類、第三紀火山岩類の流域の順であり、第四紀火山岩類の流域で最も小さい。したがって、地質間の豊水流量の大小関係は年降水量に影響されている。すなわち、豊水流量は、年降水量2000mm付近以下では第四紀火山岩類、第三紀火山岩類、古生層、変成岩類、花崗岩類、中生層の順に大きいが、年降水量2000mm付近以上では花崗岩類、中生層、第四紀火山岩類、第三紀火山岩類、古生層、変成岩類の順に大きい。

Table 1は、年降水量1500mm・2000mm・2500mmおよび3000mmに対する豊水流量を平均線から地質ごとに求めたものである。

Table 1. Mean 95-day discharge

Annual precipitation		95-day discharge $\text{m}^3/\text{s}/100\text{km}^2$ (mm/day)			
		1500mm	2000mm	2500mm	3000mm
	Quaternary volcanic rocks	4.4 (3.8)	4.9 (4.2)	5.6 (4.8)	—
	Tertiary volcanic rocks	3.5 (3.0)	4.2 (3.6)	5.2 (4.5)	—
Basin geology	Granitic rocks	2.5 (2.2)	3.8 (3.3)	5.7 (4.9)	8.2 (7.1)
	Mesozoic formations	2.2 (1.9)	3.7 (3.2)	5.5 (4.8)	8.1 (7.0)
	Paleozoic formations	2.9 (2.5)	3.9 (3.4)	5.1 (4.4)	6.3 (5.4)
	Metamorphic rocks	2.8 (2.4)	3.7 (3.2)	4.6 (4.0)	—

(b) 渇水流量と年降水量

渇水流量と年降水量の関係を地質分類ごとにFig. 4に×印で示す。破線は両者の関係の平均線を示したものである。ただし、第三紀層については資料が少ないため平均線は示していない。渇水流量

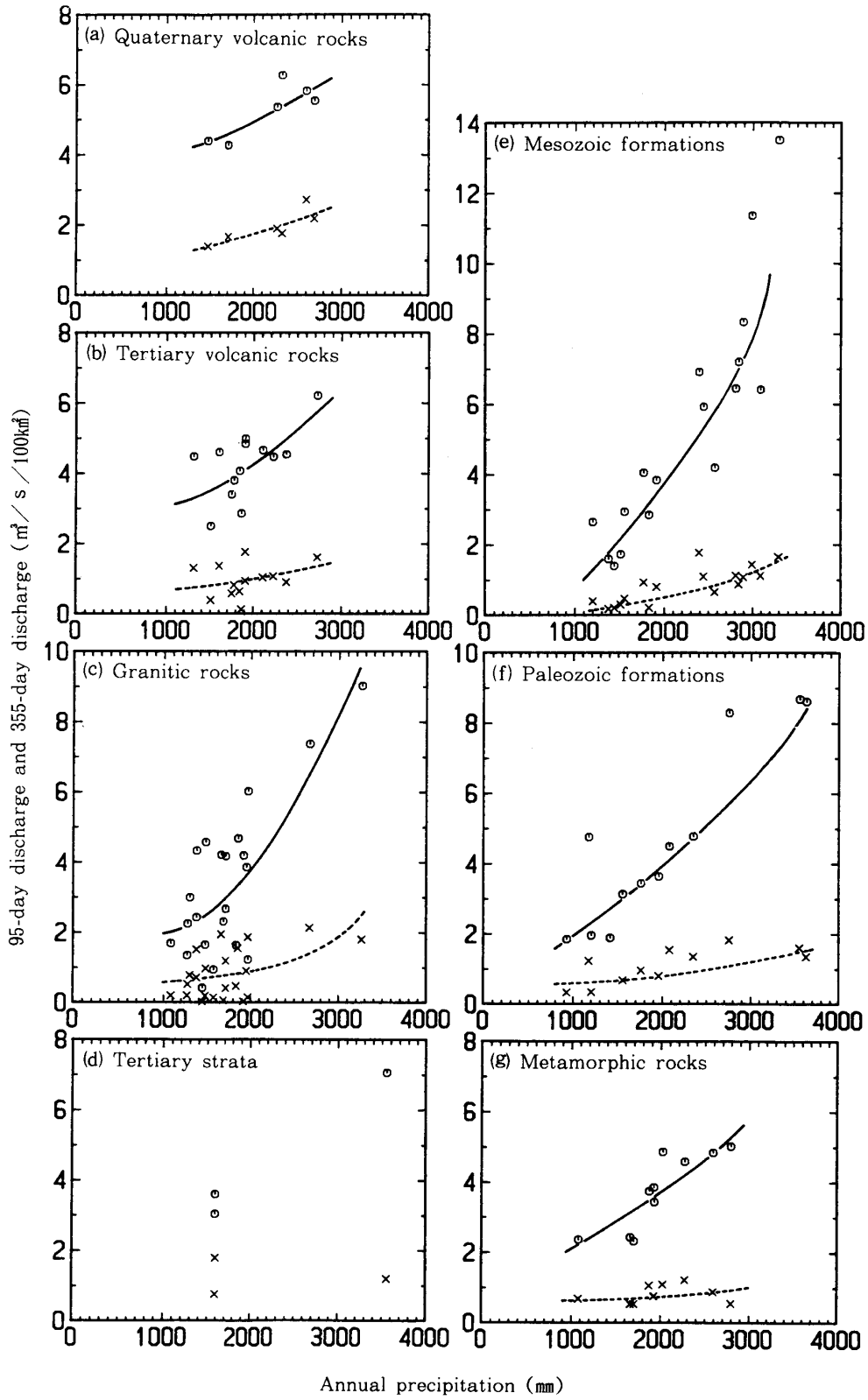


Fig.4. Relationships of 95-day discharge and 355-day discharge to annual precipitation.

—○— 95-day discharge --×-- 355-day discharge

図-4 豊水流量および渇水流量と年降水量の関係

—○— 豊水流量 --×-- 渇水流量

も、豊水流量の場合ほど顕著ではないが、全地質において年降水量の多い流域ほど大きい値を示している。したがって、渇水流量を流出の一様性を表す指標値として用いる場合には降水量による補正が必要となる。地質間の渇水流量の大小を平均線で比較すると、第四紀火山岩類の流域が最も大きい値を示し、次いで第三紀火山岩類と花崗岩類の流域が大きく、古生層と変成岩類の流域がこれらに次ぎ、中生層の流域は小さい値を示している。花崗岩類の流域は他の地質の流域に比べばらつきが大きい。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扱ったことに関係していると思われる。また、ここで扱った古生層の流域は、11流域中7流域が中央構造線・糸魚川-静岡線などの構造線上に位置しており、流域の地層は破碎されている場合が多いと考えられる。

年降水量1500mm・2000mm・2500mmおよび3000mmに対する渇水流量を平均線から地質ごとに求めるとTable 2に示されるとおりであり、従来の研究の値^{16,17,18)} とほぼ同じ傾向を示している。

Table 2. Mean 355-day discharge

Annual precipitation		355-day discharge $\text{m}^3/\text{s}/100\text{km}^2$ (mm/day)			
		1500mm	2000mm	2500mm	3000mm
	Quaternary volcanic rocks	1.4 (1.2)	1.7 (1.5)	2.1 (1.8)	—
	Tertiary volcanic rocks	0.8 (0.7)	1.0 (0.9)	1.2 (1.0)	—
Basin	Granitic rocks	0.7 (0.6)	0.9 (0.8)	1.2 (1.0)	1.9 (1.6)
geology	Mesozoic formations	0.3 (0.3)	0.5 (0.4)	0.8 (0.7)	1.2 (1.0)
	Paleozoic formations	0.7 (0.6)	0.8 (0.8)	1.0 (0.9)	1.2 (1.0)
	Metamorphic rocks	0.8 (0.7)	0.8 (0.7)	0.9 (0.8)	—

(c) (豊水流量-渇水流量)と年降水量

Fig. 5は、(豊水流量-渇水流量)と年降水量の関係を地質分類ごとに示し、両者の関係の平均線をFig. 4における豊水流量と渇水流量の平均線の差から求めたものである。

(豊水流量-渇水流量)は全地質において年降水量の多い流域ほど大きい値を示している。地質ごとの平均線の曲線形は、Fig. 4に示される豊水流量と年降水量の関係と同様に、第四紀火山岩類と第三紀火山岩類、花崗岩類と中生層、古生層と変成岩類はそれぞれ類似している。また、降水量に対する(豊水流量-渇水流量)の変化も中生層と花崗岩類の流域で最も大きく、次いで古生層、変成岩類、第三紀火山岩類、第四紀火山岩類の流域の順である。したがって、地質間の(豊水流量-渇水流量)の大小関係は年降水量により異なっている。すなわち、(豊水流量-渇水流量)は、年降水量1500mmでは第四紀火山岩類、第三紀火山岩類、古生層、変成岩類、中生層、花崗岩類の順に大きく、年降水量2000mmでは全地質ともほぼ同じ値を示し、年降水量2500mmでは中生層、花崗岩類、古生層、第三紀火山岩類、変成岩類、第四紀火山岩類の順に大きい。このように、多雨地域と小雨地域では地質が(豊水流量-渇水流量)の値に及ぼす影響は異なっている。

(豊水流量-渇水流量)は流域からの流出の一様性を表す指標値として用いられる。すなわち、(豊

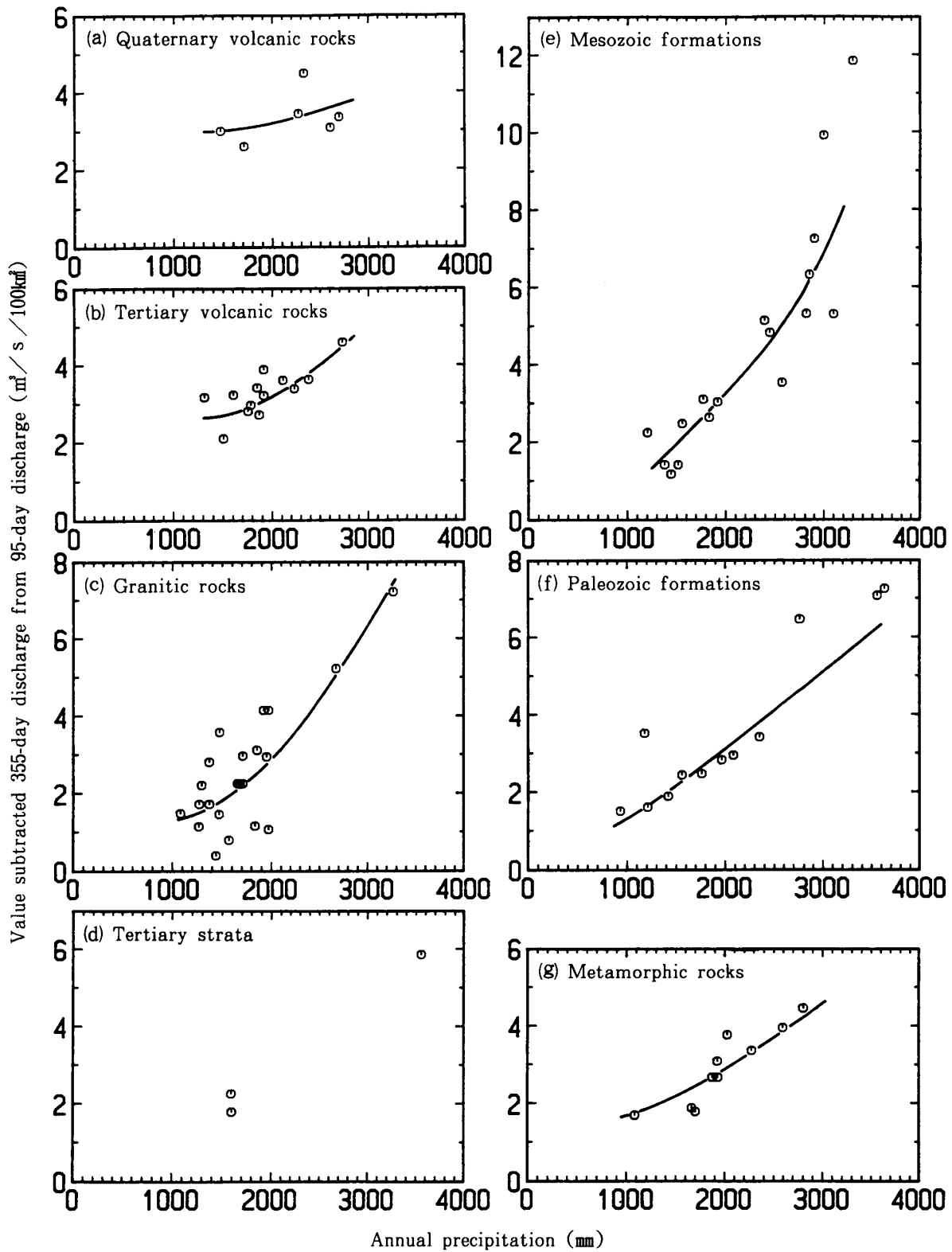


Fig.5. Relationship between value subtracted 355-day discharge from 95-day discharge and annual precipitation.

図-5 (豊水流量-渇水流量)と年降水量の関係

水流量－渇水流量)の値が小さいほど流域からの流出が均等化していることが示され、流域の水源涵養機能は高いと評価される。逆に(豊水流量－渇水流量)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ず、流域の水源涵養機能は低いと判断される。ただし、Fig. 5 に示されたように、(豊水流量－渇水流量)は降水量に影響されていることから、(豊水流量－渇水流量)を用いて流域間の流出の一樣性を比較する場合には降雨条件を同一にする必要がある。

(d) (豊水流量／渇水流量)と年降水量

(豊水流量／渇水流量)も流域からの流出の一樣性を表す指標値として従来用いられてきている^{16,17,18)}。すなわち、(豊水流量／渇水流量)の値が小さいほど流域からの流出が均等化しており、流域の水源涵養機能は高いと評価される。逆に(豊水流量／渇水流量)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ず、流域の水源涵養機能は低いと判断される。Fig. 6 は、(豊水流量／渇水流量)と年降水量の関係を地質分類ごとに示したものである。(豊水流量／渇水流量)と年降水量の間には一定の関係は認められない。図中の実線は、Fig. 4 の豊水流量と渇水流量の平均線の比から求めた両者の関係の平均線である。地質分類ごとに平均線で(豊水流量／渇水流量)を比較すると、中生層の流域が最も大きい値を示し、次いで古生層と変成岩類の流域が大きく、花崗岩類と第三紀火山岩類の流域がこれらに次ぎ、第四紀火山岩類の流域は小さい値を示している。したがって、流域の水源涵養機能は、第四紀火山岩類の流域で最も高いと評価され、次いで花崗岩類と第三紀火山岩類の流域で高く、古生層と変成岩類の流域がこれらに次ぎ、中生層の流域で最も低いと判断される。

(2)非調節流出量および調節流出量

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非調節流出量、および流域の水源涵養機能により調節された流出量を指標する調節流出量について地質分類ごとに検討した。さらに、非調節流出量および調節流出量を流出量や降水量で除した値についても検討した。これらの因子の算出には、雪が流況に及ぼす影響を排除するために非積雪地帯のみの年間のデータを用いる場合と、積雪地帯と非積雪地帯を同等に検討し得るように降雪・融雪時期にあたる11月から5月間を除いた夏期の6月～10月間の全地帯のデータを用いる場合¹⁾の2つの方法で行った。また、因子の値には1975年から1979年までの5年間の平均値を採用した。

(a) 非調節流出量と降水量

Fig. 7 (A)は非積雪地帯の流域について年間のデータを用いて求めた非調節流出量と年降水量の関係を地質分類ごとに示したものであり、Fig. 7 (B)は積雪地帯と非積雪地帯を同等に検討し得るように6月～10月間のデータを用いて求めた非調節流出量と総降水量の関係を示したものである。また、図中の実線は両者の関係の平均線を示している。積雪が流況に及ぼす影響を排除するためにFig. 7 (A)においてはプロットされなかった流域のデータもFig. 7 (B)にはプロットされている。このように雪の影響を受けていない夏期のみから求めた非調節流出量を流況の指標値とする方法は全国の河川を一律に比較できる点で有効であると考えられる。

Fig. 7 にみられるように、降水量の多い流域ほど非調節流出量も多くなることがわかる。地質分類ごとの平均線で非調節流出量を比較すると、第四紀火山岩類および花崗岩類の流域は、第三紀火山岩類・第三紀層・中生層・古生層および変成岩類の流域より低い値を示している。したがって、第四紀火山岩類および花崗岩類の流域は他の地質の流域より水源涵養機能は高いと判断される。

(b) 調節流出量と降水量

Fig. 8 (A)および(B)は、非積雪地帯の流域の年間のデータを用いて求めた調節流出量と年降水量の関係、および積雪地帯と非積雪地帯の流域の6月～10月間のデータを用いて求めた調節流出量と総降

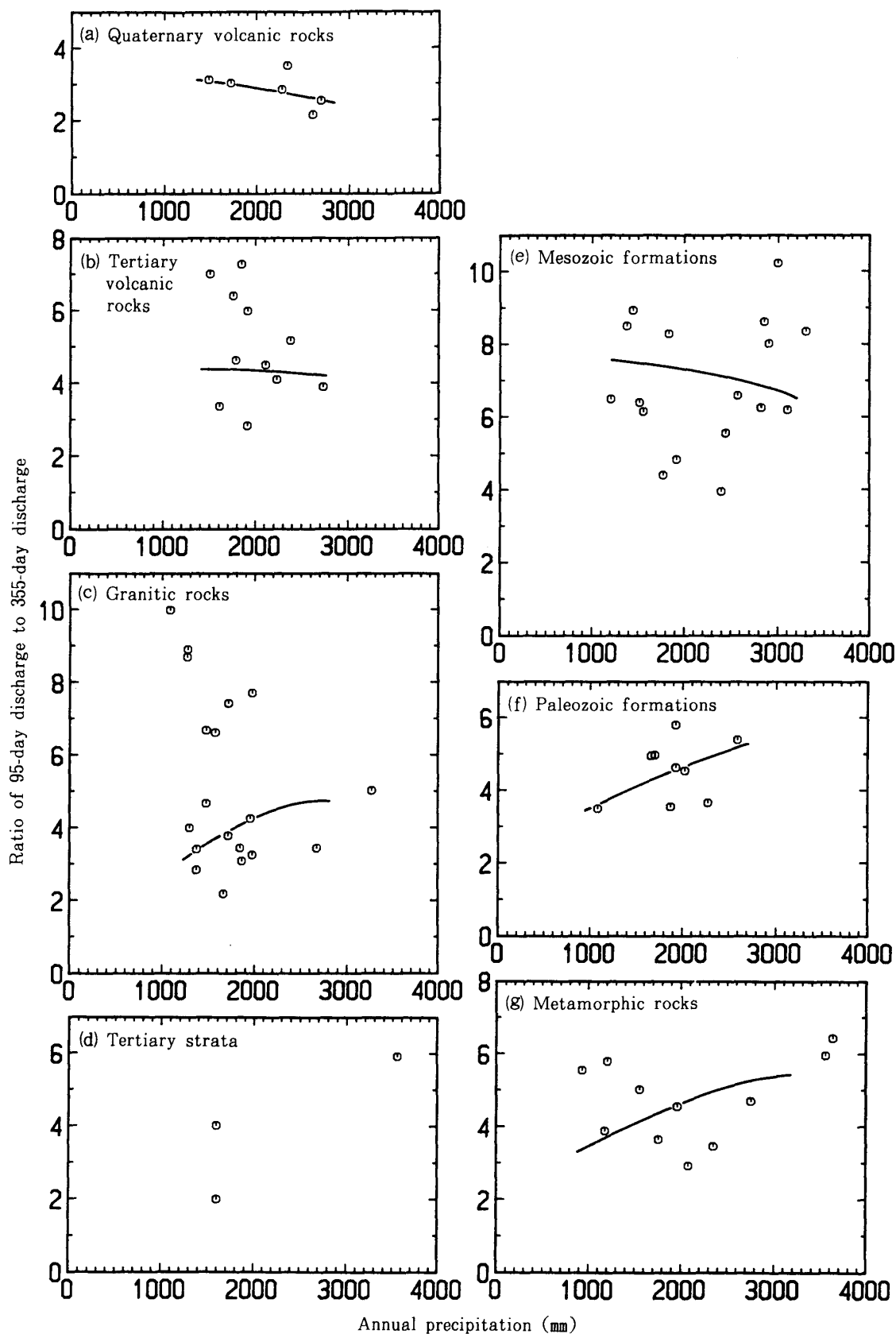


Fig.6. Relationship between ratio of 95-day discharge to 355-day discharge and annual precipitation

図-6 (豊水流量/渇水流量)と年降水量の関係

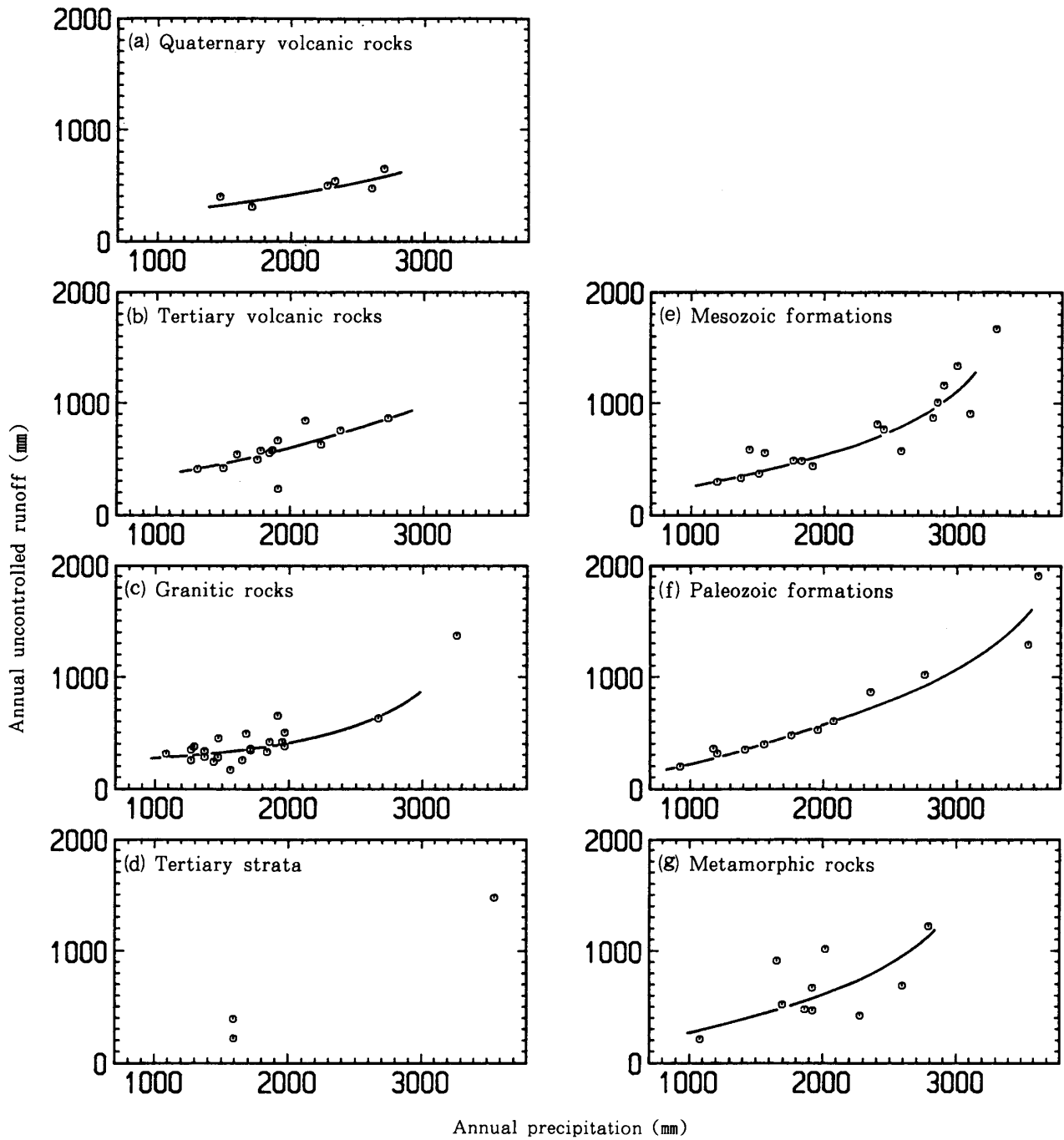


Fig.7(A). Relationship between uncontrolled runoff and precipitation by using annual data in non-snowy basins.

図-7(A) 非積雪地帯の流域における年間のデータによる非調節流出量と降水量の関係

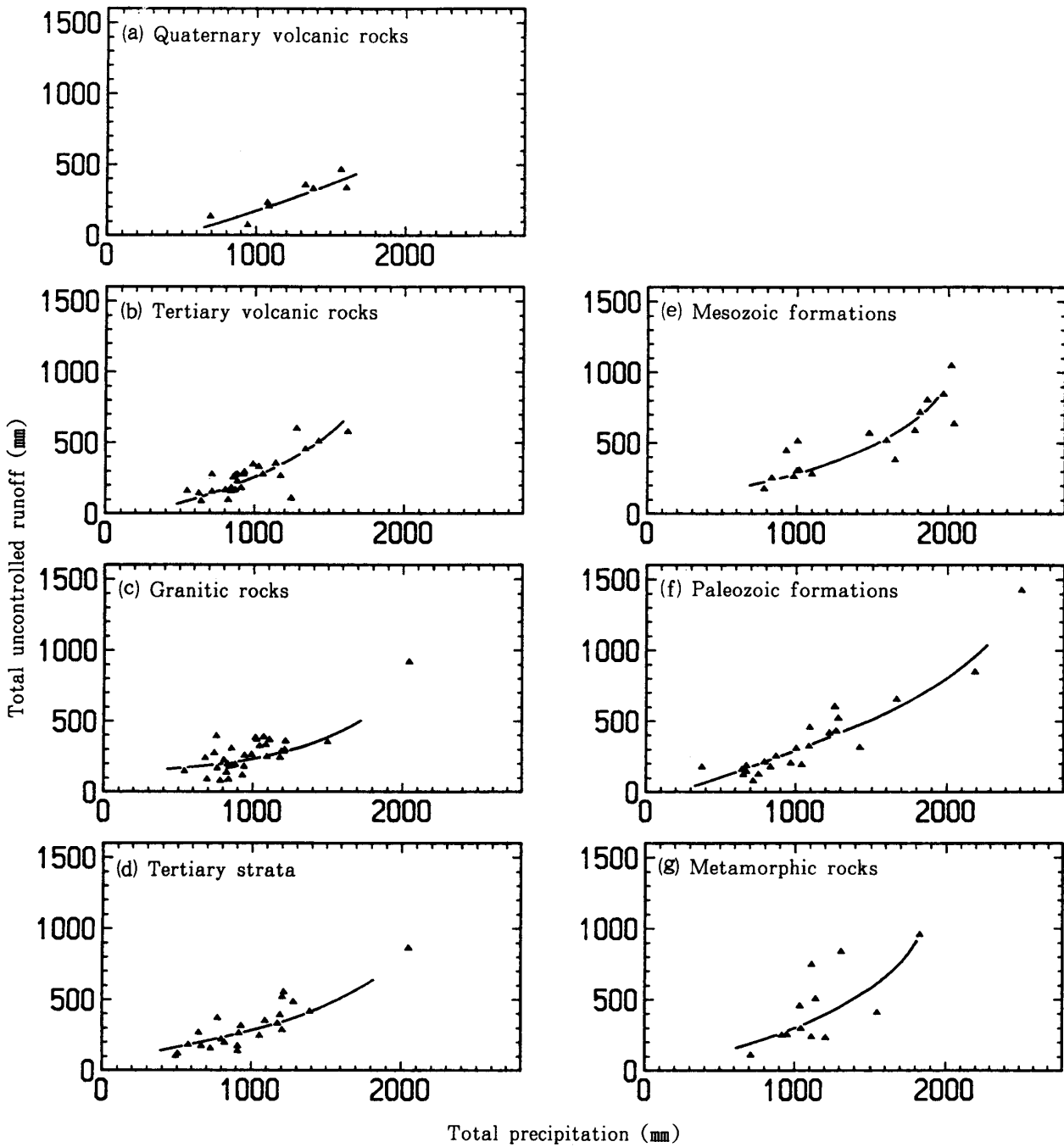


Fig.7(B). Relationship between uncontrolled runoff and precipitation by using data from June to October in all basins.

図-7(B) 非積雪地帯および積雪地帯の流域における6~10月間のデータによる非調節流出量と降水量の関係

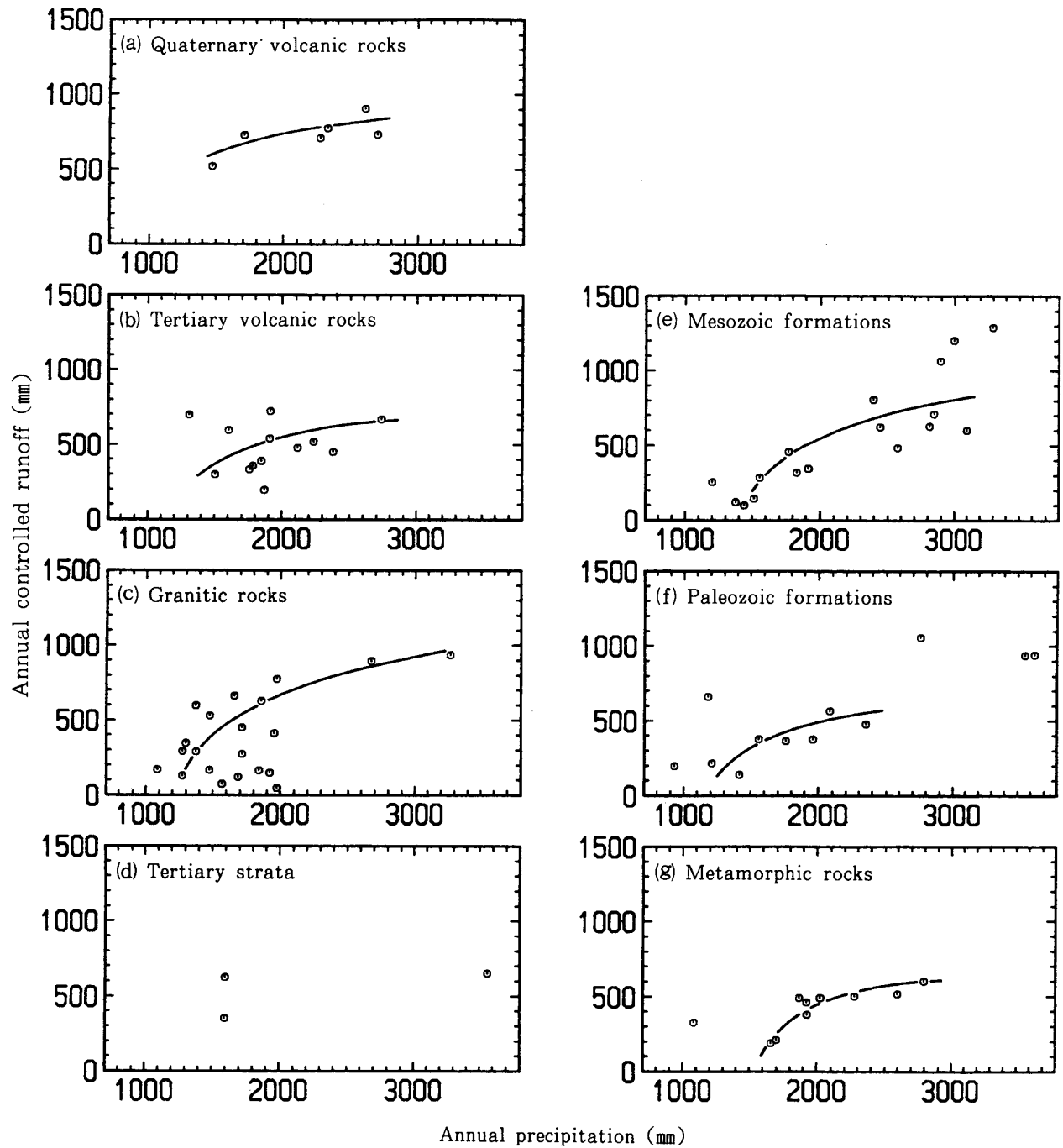


Fig.8(A). Relationship between controlled runoff and precipitation by using annual data in non-snowy basins.

図-8(A) 非積雪地帯の流域における年間のデータによる調節流出量と降水量の関係

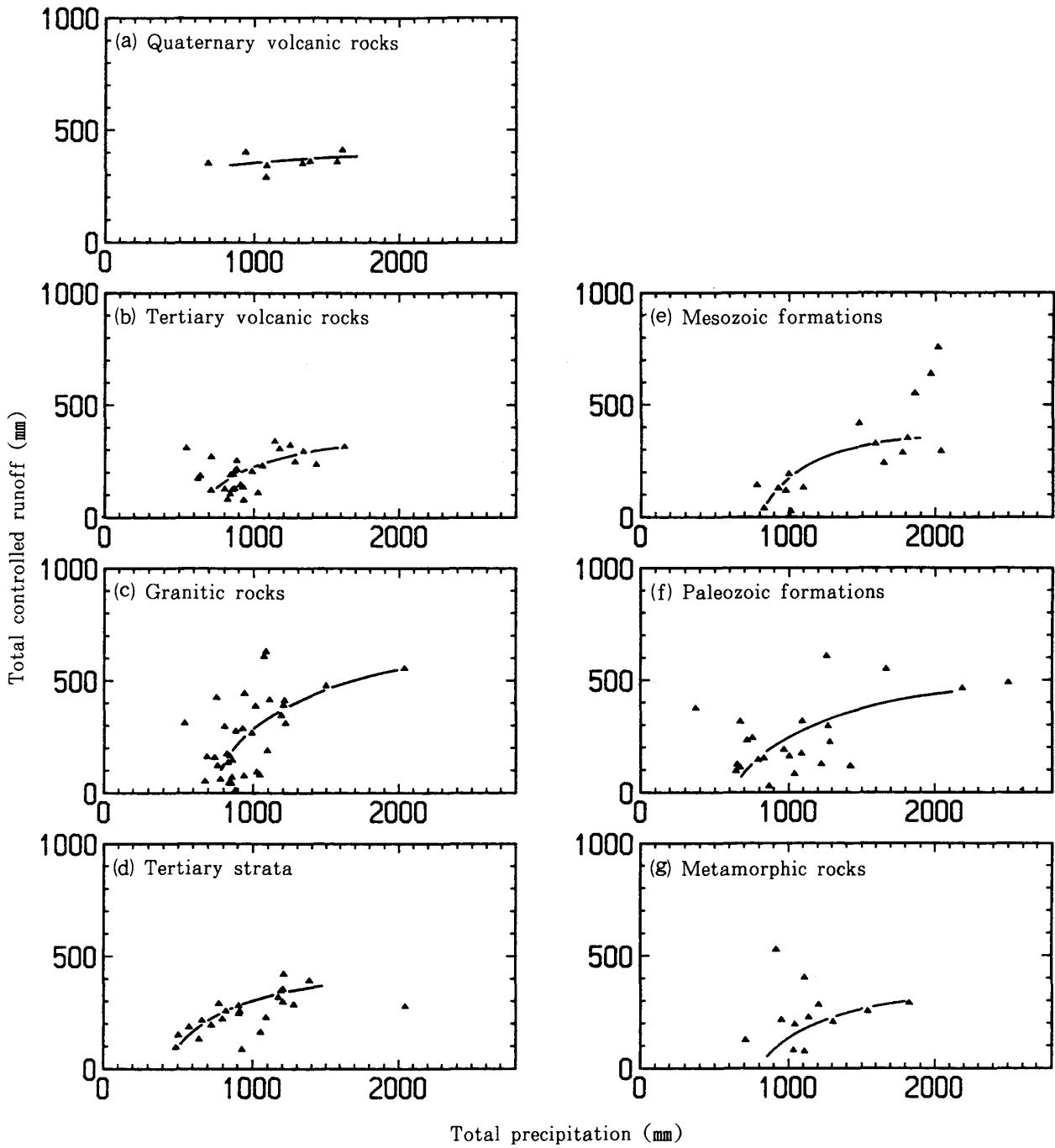


Fig.8(B). Relationship between controlled runoff and precipitation by using data from June to October in all basins.

図-8(B) 非積雪地帯および積雪地帯の流域における6~10月間のデータによる調節流出量と降水量の関係

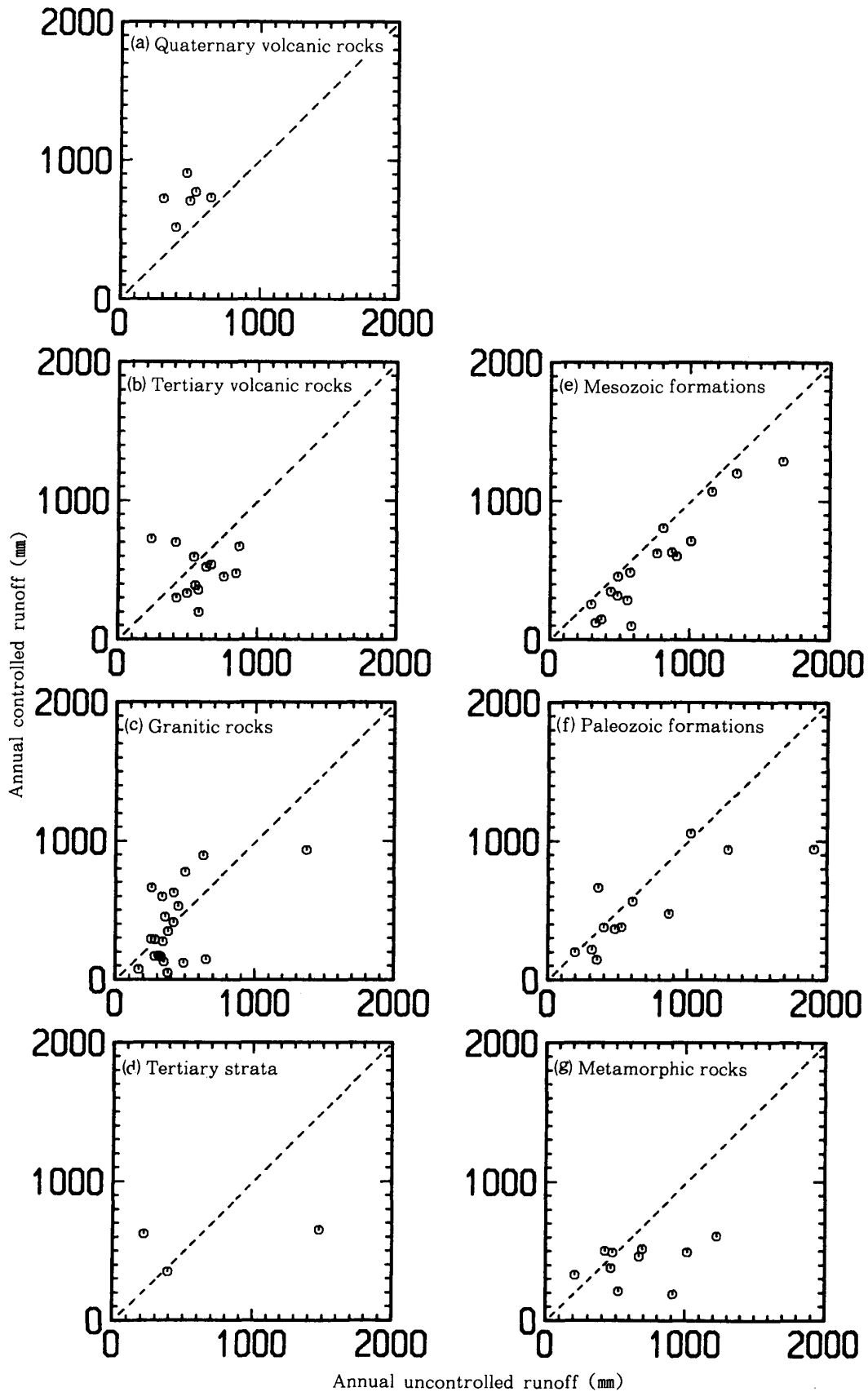


Fig.9(A). Relationship between controlled runoff and uncontrolled runoff by using annual data in non-snowy basins.

図-9(A) 非積雪地帯の流域における年間のデータによる調節流出量と非調節流出量の関係

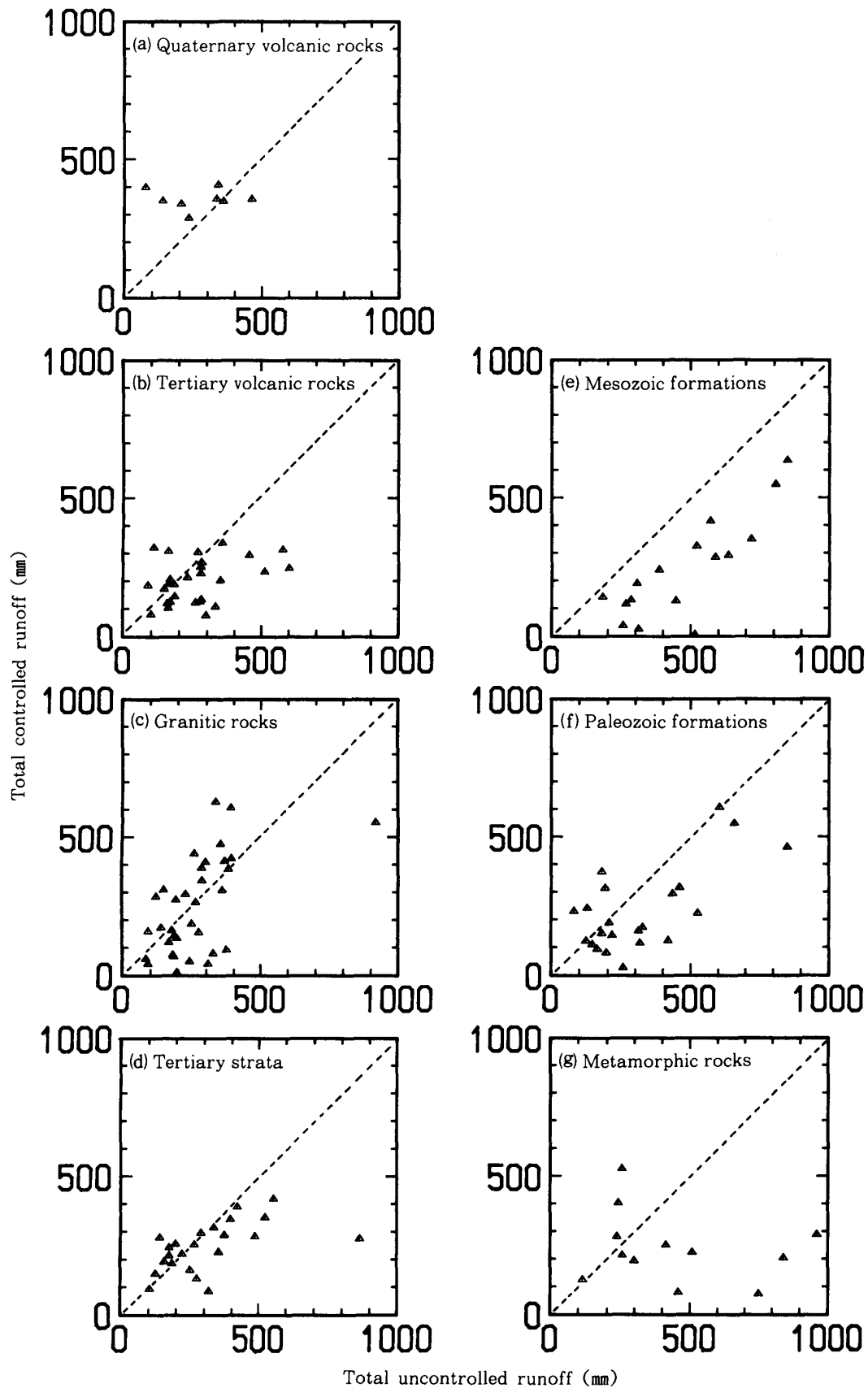


Fig.9(B). Relationship between controlled runoff and uncontrolled runoff by using data from June to October in all basins.

図-9(B) 非積雪地帯および積雪地帯の流域における6~10月間のデータによる調節流出量と非調節流出量の関係

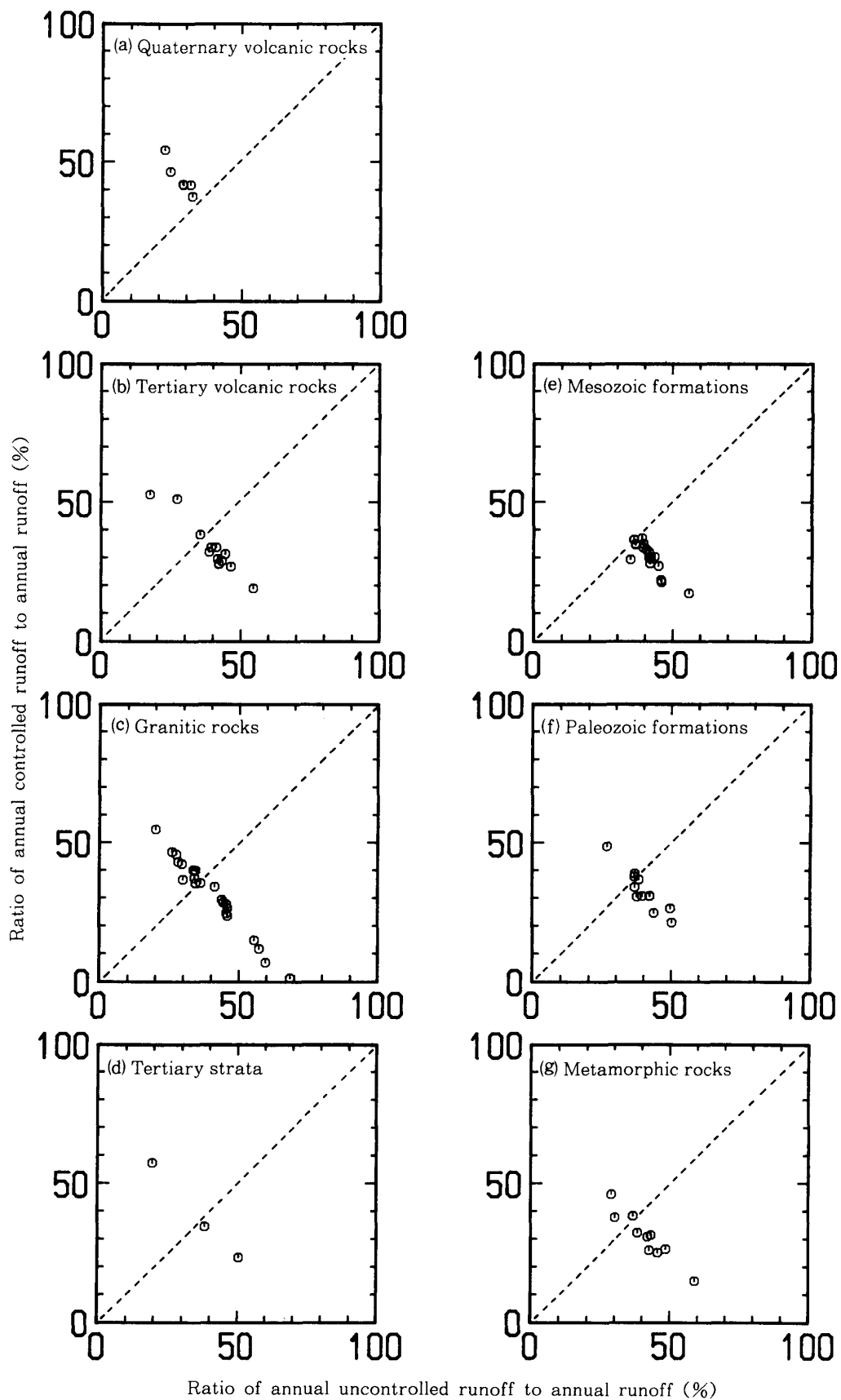


Fig.10(A). Relationship between ratio of controlled runoff to runoff and ratio of uncontrolled runoff to runoff by using annual data in non-snowy basins.

図-10(A) 非積雪地帯の流域における年間のデータによる（調節流出量／流出量）と（非調節流出量／流出量）の関係

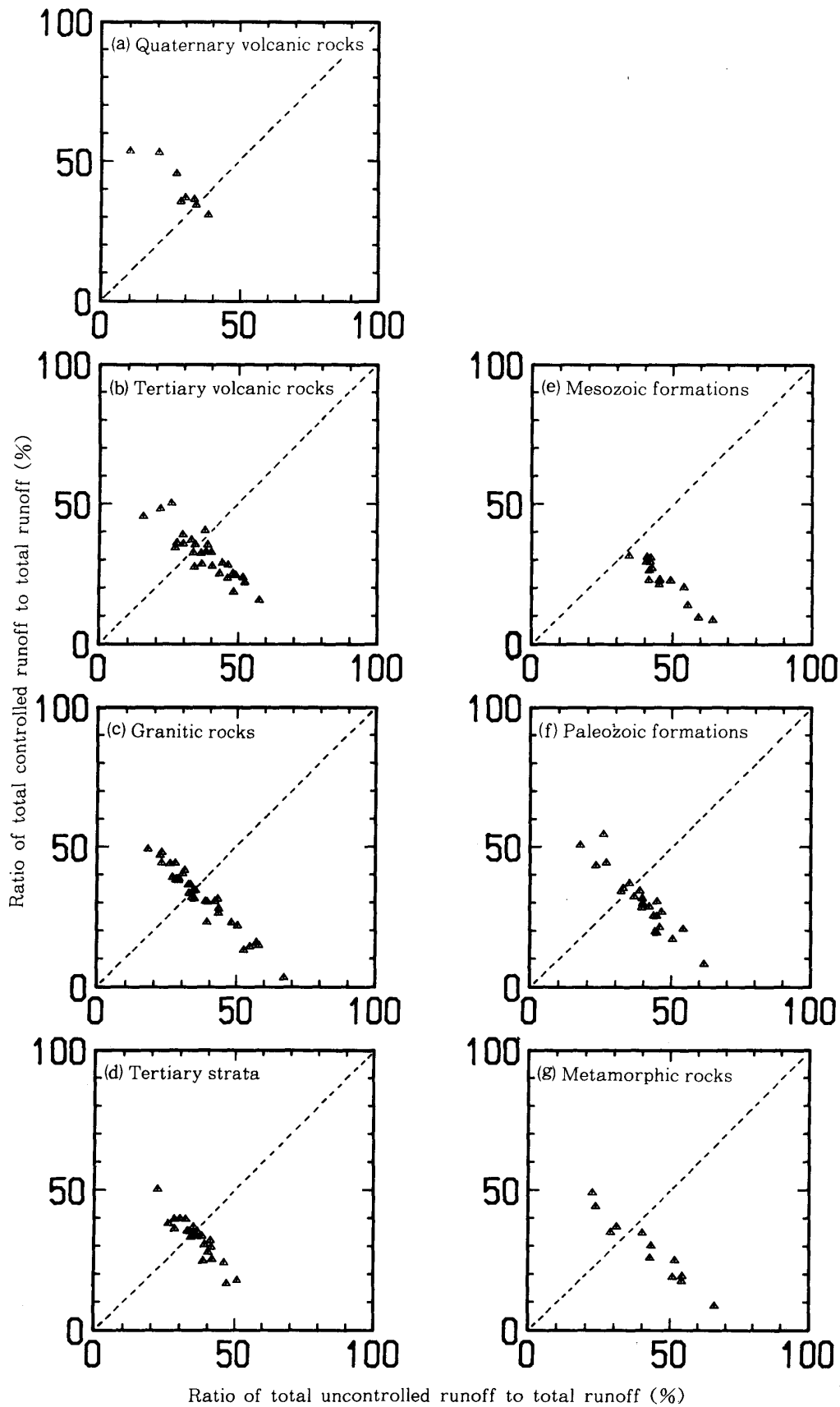


Fig.10(B). Relationship between ratio of controlled runoff to runoff and ratio of uncontrolled runoff to runoff by using data from June to October in all basins.

図-10(B) 非積雪地帯および積雪地帯の流域における6~10月間のデータによる(調節流出量/流出量)と(非調節流出量/流出量)の関係

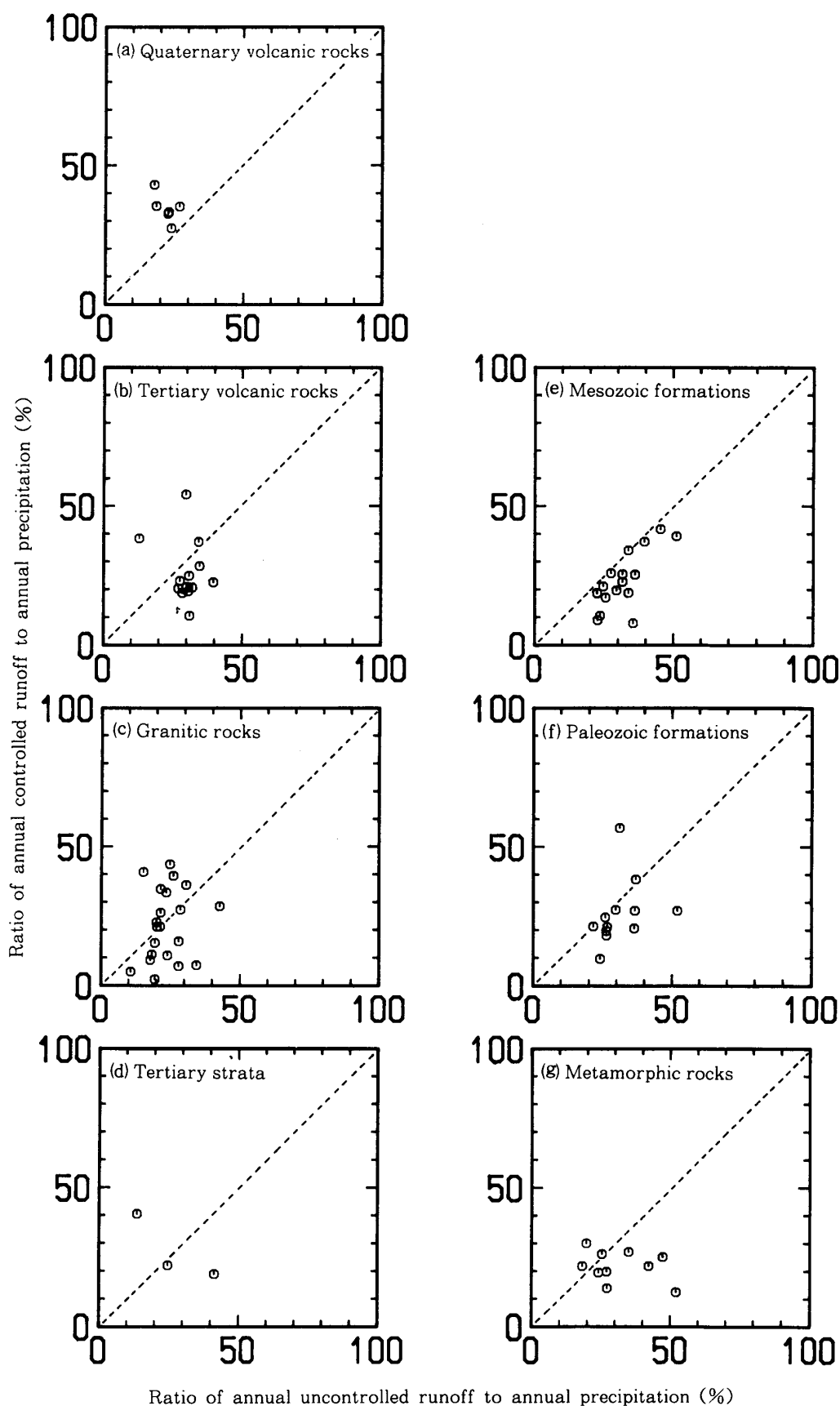


Fig.11(A). Relationship between ratio of controlled runoff to precipitation and ratio of uncontrolled runoff to precipitation by using annual data in non-snowy basins.
 図-11(A) 非積雪地帯の流域における年間のデータによる（調節流出量／降水量）と（非調節流出量／降水量）の関係

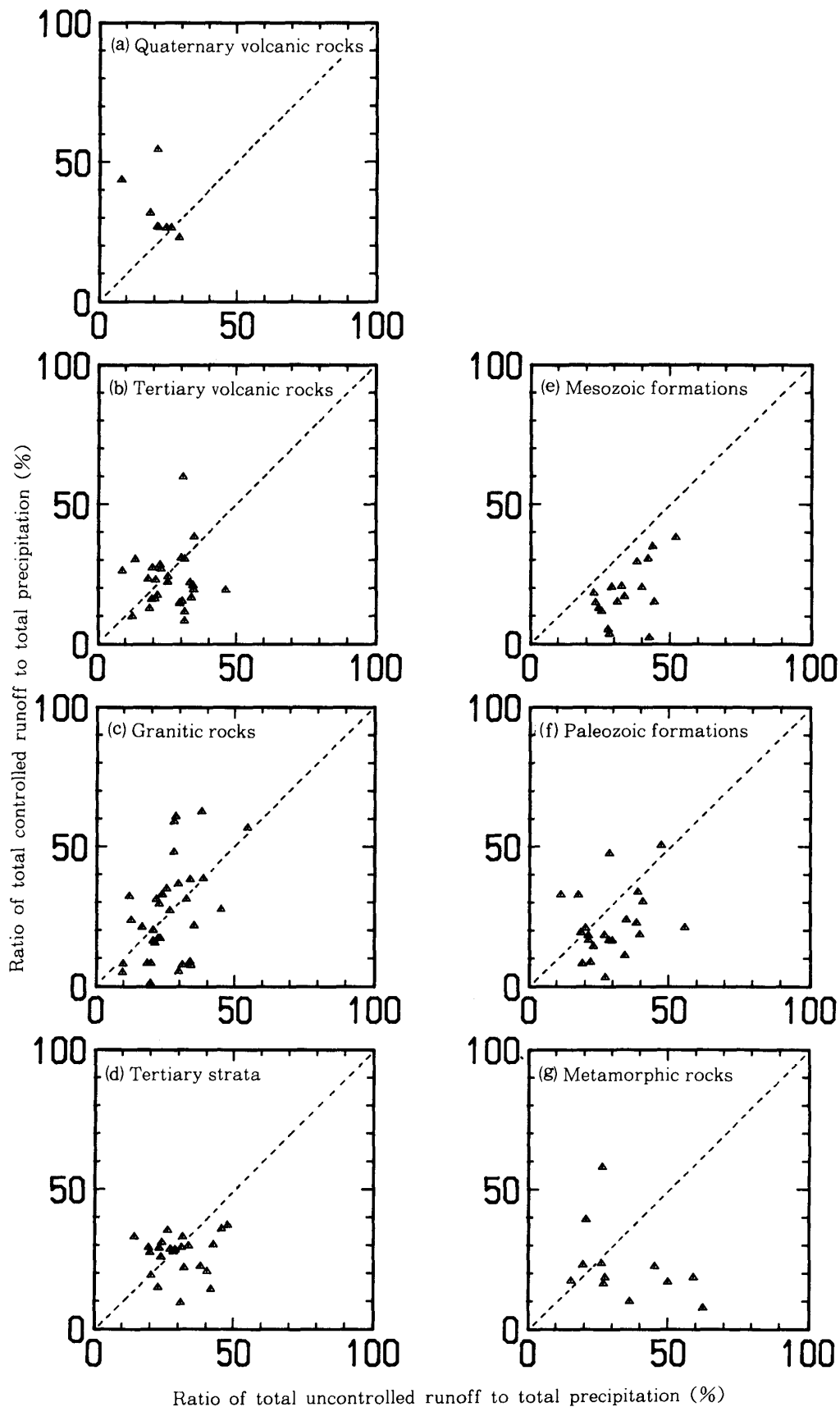


Fig.11(B). Relationship between ratio of controlled runoff to precipitation and ratio of uncontrolled runoff to precipitation by using data from June to October in all basins.

図-11(B) 非積雪地帯および積雪地帯の流域における6~10月間のデータによる（調節流出量／降水量）と（非調節流出量／降水量）の関係

水量の関係を地質分類ごとに示したものである。図中の実線は両者の関係の平均線を示している。調節流出量は、降水量の多い流域ほど多くなっているが、ある限度以上の降水量になると一定値を示すようになる。地質分類ごとの平均線で調節流出量を比較すると、第四紀火山岩類および花崗岩類の流域で高い値を示し、変成岩類の流域で低い値を示し、第三紀火山岩類・第三紀層・中生層および古生層の流域はこれらの中間の値を示している。したがって、ここでも第四紀火山岩類および花崗岩類の流域は、第三紀火山岩類・第三紀層・中生層・古生層および変成岩類の流域より水源涵養機能が高いといえる。

(c) 調節流出量と非調節流出量

Fig. 9 (A)および(B)は、非積雪地帯の流域の年間のデータを用いて求めた調節流出量と非調節流出量の関係、および積雪地帯と非積雪地帯の流域の6月～10月間のデータを用いて求めた調節流出量と非調節流出量の関係を地質分類ごとに示したものである。図中の破線は調節流出量と非調節流出量が同量値を示す線であり、破線の上側にプロットされる流域は非調節流出量より調節流出量が多い流域、逆に破線の下側にプロットされる流域は調節流出量より非調節流出量が多い流域である。Fig. 9によると、第四紀火山岩類のほとんどの流域は破線の上側にプロットされ、第三紀火山岩類および第三紀層の流域は下側にプロットされる流域が多く、花崗岩類の流域は破線の上側と下側にプロットされる流域が同じ程度である。古生層および変成岩類のほとんどの流域は破線の下側にプロットされ、中生層の流域はすべて下側にプロットされている。

(d) (調節流出量/流出量)と(非調節流出量/流出量)

Fig.10(A)および(B)は、非積雪地帯の流域の年間のデータを用いて求めた(調節流出量/年流出量)と(非調節流出量/年流出量)の関係、および積雪地帯と非積雪地帯の流域の6月～10月間のデータを用いて求めた(調節流出量/総流出量)と(非調節流出量/総流出量)の関係を地質分類ごとに示したものである。両者の間には負の相関関係がみられ、調節流出量と非調節流出量の合計値が総流出量に占める割合は70%前後となっている。流域地質分類ごとに調節流出量および非調節流出量の総流出量に占める割合をみると、第四紀火山岩類のほとんどの流域は非調節流出量より調節流出量の割合が大きく、第三紀火山岩類および第三紀層の流域では調節流出量より非調節流出量の割合が大きい流域がやや多い。花崗岩類の流域では非調節流出量より調節流出量の割合が大きい流域と調節流出量より非調節流出量の割合が大きい流域の両方がみられる。古生層および変成岩類の流域のほとんどは調節流出量より非調節流出量の割合が大きく、中生層の流域はすべて調節流出量より非調節流出量の割合が大きくなっている。

(e) (調節流出量/降水量)と(非調節流出量/降水量)

Fig.11(A)および(B)は、非積雪地帯の流域の年間のデータを用いて求めた(調節流出量/年降水量)と(非調節流出量/年降水量)の関係、および積雪地帯と非積雪地帯の流域の6月～10月間のデータを用いて求めた(調節流出量/総降水量)と(非調節流出量/総降水量)の関係を地質分類ごとに示したものである。両者の間には一定の関係を認めることはできないが、流域地質分類ごとの分布傾向はFig.10と同様である。

(3)今後の検討

以上、流況曲線から得られた流況を表す諸因子と流域地質との関係について検討した。その結果、流域からの流出状況は流域地質に影響され、地質ごとに異なった特徴を示すことが確認された。しかし、流況因子と流域地質の関係において散らばりがみられるように、地質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。とくに、地質構造の違いや風化の度合の違いは流域の地下水流出に影響を及ぼしていると考えられる。流域の水源涵養機能の評価を行う場合、この地下水流出量を把握することが重要となる。流域の地下水流出については不明な点が多いが、地下水流出量が指標される流況因子の検討も必要である。また、同じ地質条件でも地形・土壌・植生などの条件の違いによって流出状況は異なると考えられる。今後、このような点について解析していく予定である。

要 約

全国にわたって分布する163山地河川の資料を用い、流況曲線から得られる流況因子を流域の地質分類ごとに求め、流域地質が流況に及ぼす影響について検討した。得られた結果をまとめると次のようである。

- 1) 流域の積雪が流出に影響を及ぼしていることを考慮し、夏期の6月～10月間の流出量と積雪・融雪時期の11月～5月間の流出量の比較、および融雪流出の有無から、非積雪地帯の流域と積雪地帯の流域を分類した (Fig. 1)。
- 2) 流域の地質分類は、表層地質に着眼し、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 (Fig. 3)。
- 3) 流況を表す指標値として用いられている渇水流量・(豊水流量－渇水流量) および(豊水流量／渇水流量) と年降水量の関係を非積雪地帯の流域について地質分類ごとに検討した (Fig. 4～6)。
- 4) 流況を表す指標値として提案された非調節流出量および調節流出量について非積雪地帯の流域について地質分類ごとに検討した。同時に、積雪地帯および非積雪地帯を同等に検討し得るように6月～10月間のデータから求めた非調節流出量および調節流出量についても検討した (Fig. 7～11)。
- 5) 流況と流域地質との関係が解析された。その結果、流域の水源涵養機能は、第四紀火山岩類の流域において非常に高く、次いで花崗岩類・第三紀火山岩類および第三紀層の流域が高く、古生層および変成岩類の流域がこれらに次ぎ、中生層の流域で低いという結果が得られた。
- 6) 今後、流況に及ぼす流域の地形・土壌・植生などの影響について検討が必要である。

参 考 文 献

- 1) 地頭蘭隆・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, 第39号, 279－280 (1986)
- 2) 建設省河川局開発課：多目的ダム管理年報50年度版, 1－1223 (1978)
- 3) 建設省河川局開発課：多目的ダム管理年報51年度版, 1－1321 (1979)
- 4) 建設省河川局開発課：多目的ダム管理年報52年度版, 1－1481 (1981)
- 5) 建設省河川局開発課：多目的ダム管理年報53年度版, 1－1561 (1982)
- 6) 建設省河川局開発課：多目的ダム管理年報54年度版, 1－453, 1－1241 (1983)
- 7) 経済企画庁国土調査課：50万分の1土地分類図 (表層地質図) (1967)
- 8) 猪郷久義・菅野三郎・新藤静夫・渡辺景隆：日本地方地質誌 関東地方, 1－493, 朝倉書店, 東京 (1984)
- 9) 榎山次郎・森下晶・糸魚川淳二：日本地方地質誌 中部地方, 1－451, 朝倉書店, 東京 (1975)
- 10) 松下進：日本地方地質誌 近畿地方, 1－379, 朝倉書店, 東京 (1974)
- 11) 今村外治・長谷晃・多井義郎・小島丈兒：日本地方地質誌 中国地方, 1－383, 朝倉書店, 東京 (1984)

- 12) 小林貞一：日本地方地質誌 四国地方，1 - 243，朝倉書店，東京（1950）
- 13) 松本達郎・野田光雄・宮久三千年：日本地方地質誌 九州地方，1 - 423，朝倉書店，東京（1962）
- 14) 竹下敬司：流域の土地利用状況の変化と流況の変化，日本林学会九州支部研究論文集，第33号，317 - 318（1980）
- 15) 藤本治義：新地質学汎論，1 - 310，地人書館，東京（1977）
- 16) 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，第26号，1 - 51（1977）
- 17) 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，第65巻，第1号，1 - 8（1983）
- 18) 志水俊夫：山地流域における渇水量と表層地質・傾斜・植生との関係，林業試験場研究報告，第301号，109 - 128（1980）

Summary

The relationships between the flow regime and the basin geology were studied by making use of the hydrological data obtained at the 163 mountainous basins in Japan. The results are summarized as follows:

1) Considering the effects of snow coming on the flow regime, and based on the comparison of the runoff from June to October with that from November to May as well as the presence of a flood by the melted snow, the investigated basins were classified into the non-snowy and the snowy basins (Fig.1).

2) On the other hand, basing on a geological viewpoint, the investigated basins were classified into the following seven groups: ① basins which have been mainly underlain by Quaternary volcanic rocks, ② those by Tertiary volcanic rocks, ③ those by granitic rocks, ④ those by Tertiary strata, ⑤ those by Mesozoic formations, ⑥ those by Paleozoic formations, and ⑦ those by metamorphic rocks (Fig.3).

3) According to the geological classification in the non-snowy basins, some analyses were carried out concerning the relationships of 95-day discharge, 355-day discharge, the value obtained by subtracting 355-day discharge from 95-day discharge, and the ratio of 95-day discharge against 355-day discharge, representing flow regime, to the annual precipitation (Fig. 4 to 6).

4) By making use of the annual data obtained, in the non-snowy basins, from the precipitation-duration curve and the discharge-duration curve some calculations were carried out on to the uncontrolled runoff and the controlled runoff, representing the flow regime. Adding to this, in order to compare the non-snowy basins with the snowy ones, by making use of the data obtained during the period from June to October in all the basins, calculations were executed on the uncontrolled runoff and the controlled one (Fig.7 to 11).

5) Effects of basin geology on the flow regime were analyzed, with the following result that the function of the headwater recharge became more inferior in the following order, namely: basins which have been underlain by Quaternary volcanic rocks, those by granitic rocks, Tertiary volcanic rocks and Tertiary strata, those by Paleozoic formations and metamorphic rocks, and those by Mesozoic formations.

6) In future, more studies about the effects of the topography, the soils and the vegetation of the basins on the flow regime will be required.