

屋久島土面川流域の降雨・流出特性

地頭 蘭 隆¹⁾・下川 悦郎¹⁾・寺本 行芳¹⁾

1) 鹿児島大学農学部生物環境学科

Rainfall and Runoff of the Domen River in Yakushima Island

JITOUSONO Takashi¹⁾, SHIMOKAWA Etsuro¹⁾ and TERAMOTO Yukiyo¹⁾

1) Department of Environmental Sciences and Technology, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, 1-21-24, Korimoto, Kagoshima 890-0065

(平成12年10月23日 受理)

Yakushima Island, located in the southern sea of Kyushu, Japan, is characterized by much rain. The experimental basin was established in the Domen River in order to clarify the hydrologic phenomena of Yakushima Island. The experimental basin is 4.52 km² in area and consists mainly of granitic rocks.

In this paper, some rainfall and runoff characteristics in the Domen River basin have been analyzed using the hydrologic data gathered in the eight years between 1991 and 1998. The results are summarized as follows:

- (1) Most of the rivers in Yakushima Island are less than 20 km in length and the gradient of river channel is steep. The Domen River is the steepest in Yakushima Island.
- (2) Monthly rainfall of over 1000 mm has occurred every year in the Domen River basin. The maximum hourly rainfall observed during the period from 1991 to 1998 was 98.0 mm, the maximum daily rainfall was 1178.0 mm, and the maximum monthly rainfall was 2198.5 mm. Rainfall at 430 m above sea level in the Domen River basin is about 1.4 times greater than that at 25 m.
- (3) The relationships between rainfall and runoff in the floods have been analyzed. The duration of the direct runoff is short because of the steepness of the river channel. The ratios of direct runoff are between 4 % and 62 % in the value-range and 23 % in the mean value.
- (4) Some factors of flow-regime of the Domen River basin have been compared with those of other mountainous basins consisting of granitic rocks in Japan. It can be said with confidence that uniformity of streamflow is low in the Domen River basin because of the large difference between the plentiful water discharge and scanty water discharge.

Key words: Yakushima Island, Domen River, Rainfall, Runoff

キーワード：屋久島，土面川，降雨，流出

はじめに

島の中央部には1000mを超える高峰が連なり、急峻な地形をなす屋久島は、これまでの年降雨量のほとんどが3000 mmを超える多雨地域である。このような自然環境下での水文現象は他の地域とは異なる特性をもつと予想される。

屋久島の自然環境に関しては、環境庁による屋久島原生自然環境保全地域の総合調査（環境庁，1984）をはじめとして、気象、地形、地質、土壌、植物、動物などさまざまな分野で調査研究が行われている。屋久島の水文を扱った研究としては、屋久島の水力開発に関連した調査（鹿児島

県，1967）がある。この調査では水力開発用の資料を得ることを目的として2年余り降雨量・河川流量が観測されている。ある地域の水文特性を明らかにするには長期間の水文気象データを必要とする。著者らは、南九州地域の水文特性の解明を目的とした試験流域を各地に設定し、水文気象観測を継続している（地頭蘭・下川，1990）。1991年に開始した屋久島土面川流域における降雨量・河川流量の観測もそのひとつである。

屋久島における水文研究は、島の水文特性が解明されるだけでなく、島における土砂災害発生メカニズム、多雨

地域における降雨量と山地崩壊の関係などの研究を進めるうえで意義があり、また、屋久島の生態系保全を考える上で重要な資料を提供すると考える。

屋久島では豪雨に伴う山くずれ・土石流による土砂災害がしばしば発生している。最近の大きな例としては、1979年9月の台風16号に伴う上屋久町永田における土面川土石流災害がある（下川・岩松，1982；1983）。土面川流域ではその災害から18年後の1997年9月にも台風19号に伴う大雨によって規模の大きな崩壊が発生している。1965年には同町吉田でも土石流災害が発生している。

さらに、屋久島は1993年に世界自然遺産地域に登録されたことにより、その後入山者が急激に増大し（熊本営林局，1998；宮川，1998），登山道の侵食やこれに起因する斜面崩壊，酸性雨（熊本営林局，1998）など新たな問題も発生している。

本論は、屋久島土面川流域で得られた1991～1998年の水文気象観測結果に基づき、土面川流域の降雨・流出特性について検討したものである。

屋久島の概況と試験流域の位置

屋久島は、九州本土最南端佐多岬の南方約60kmに位置し、南北約24km、東西約28km、面積約500km²のほぼ円形をした島である（Fig. 1）。島の中央部は、九州最高峰の宮之浦岳（1935m）をはじめ、永田岳（1886m）、栗生岳（1860m）などの1000mを超える高峰が連なり、急峻な山岳地形となっている。

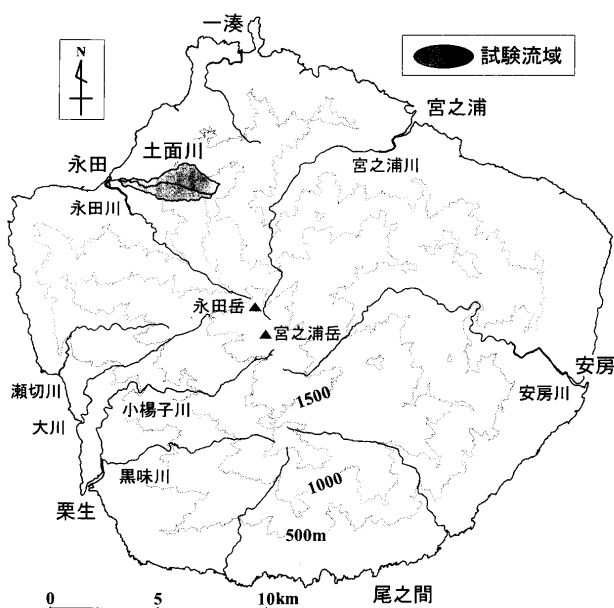


Fig. 1 Topography of Yakushima Island and location of study area.

図1 屋久島の地形と試験流域の位置

Fig. 2は屋久島の地質図（鹿児島県地学会，1991）である。屋久島の古第三系と考えられる基盤岩とそれを貫く花崗岩体からなる。基盤岩は、砂岩・頁岩互層からなる堆積岩類で、島の北西側を除いた海岸線沿いに花崗岩体を取り囲むように分布している。基盤岩のほとんどは接触変成作用を受けている。花崗岩体には、NEおよびNW系の節理系が発達しており、空中写真においても明瞭な2方向のリニアメントが認められる（下川・岩松，1982）。

水文観測を行っている試験流域は、屋久島北西部の永田地区に位置する土面川流域である（Fig. 1）。

土面川流域の地形・地質・植生

土面川流域の地形を把握するために25,000分の1地形図、数値地図50mメッシュおよび空中写真を用いて流域の地形計測を行った（地頭蘭ら，1992）。

土面川流域の地形図をFig. 3に、25,000分の1地形図から作成した流域の水系図をFig. 4に示す。屋久島の花崗岩体にはNEおよびNW系の節理系が発達しており、土面川流域の水系もこの節理に沿って発達している。土面川流域は、標高25～1180mの高度域に位置し、流域面積は4.52km²である。流域の標高350m以下はなだらかな丘陵斜面や台地、350～700mは丘陵地と急傾斜地が混在、700m以上は急傾斜の山岳部となっている。

Fig. 5は、25,000分の1地形図から作成した屋久島の代表的な河川の縦断形状を示したものである。屋久島の河川は、流路延長20km未満、流路平均勾配5～13度（9～23

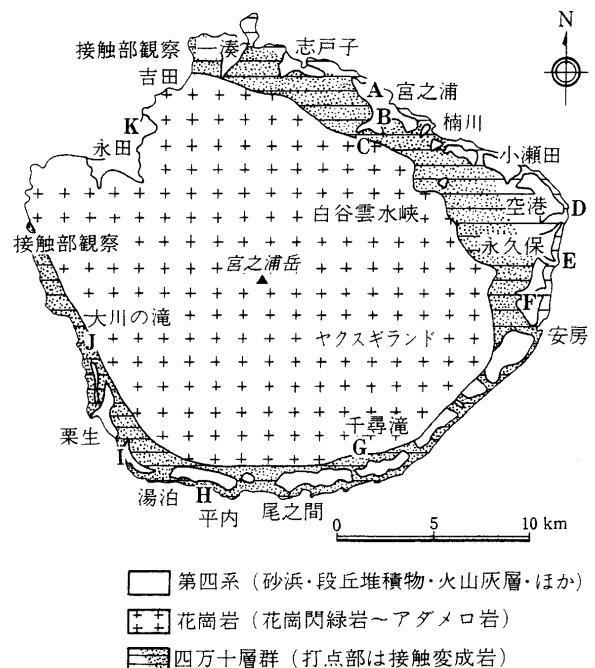


Fig. 2 Geology of Yakushima Island.

図2 屋久島の地質概略図（鹿児島県地学会，1991）

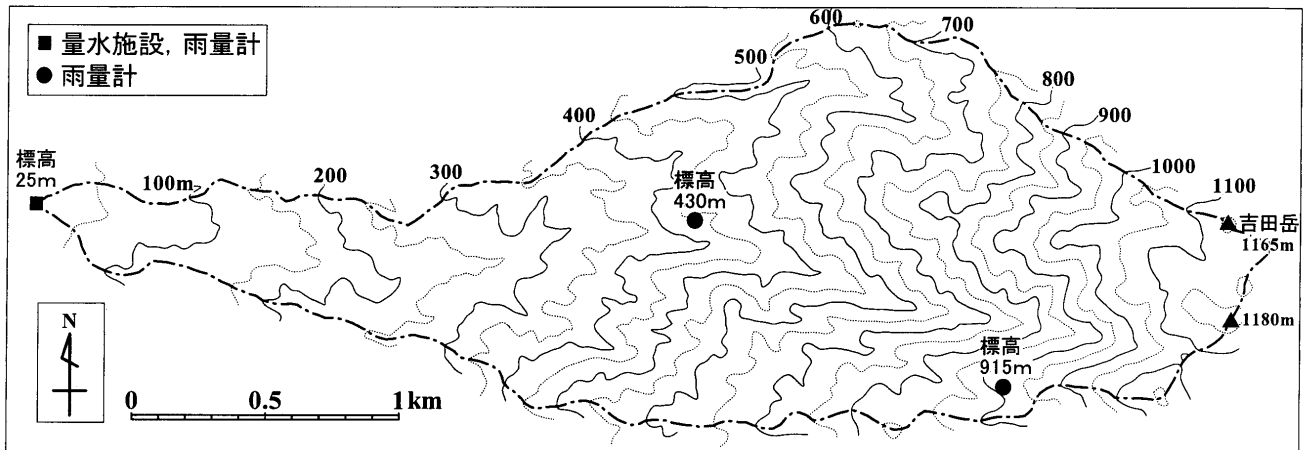


Fig. 3 Topography of the Domen River basin.

図3 土面川流域の地形

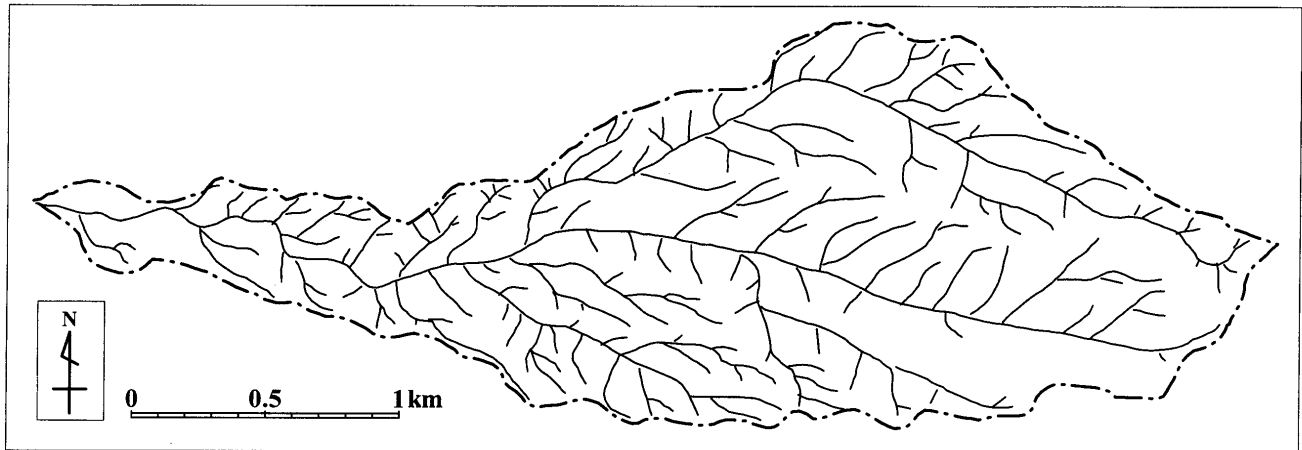


Fig. 4 Drainage system map of the Domen River basin.

図4 土面川流域の水系図

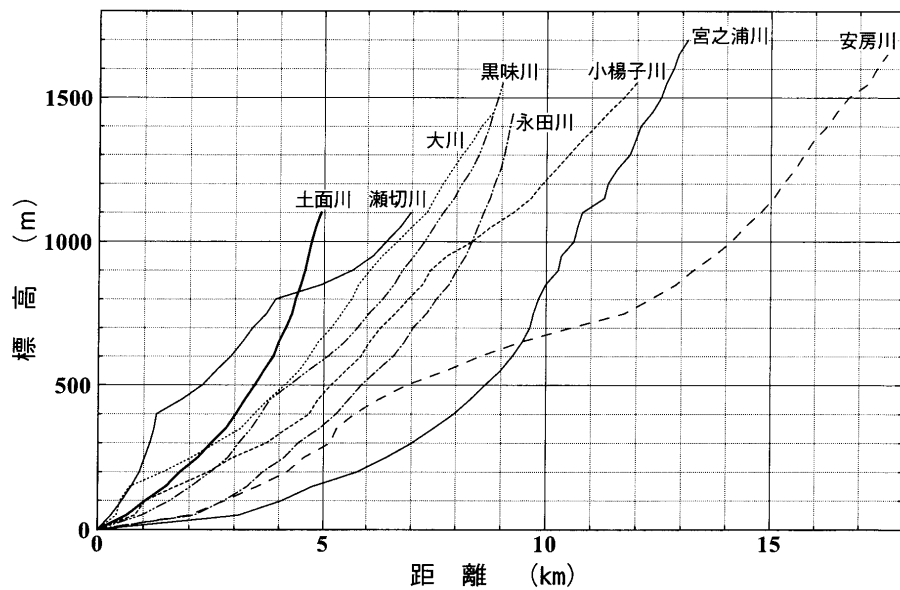


Fig. 5 Examples of longitudinal profiles of the rivers in Yakushima Island.

図5 屋久島の河川縦断形状の例

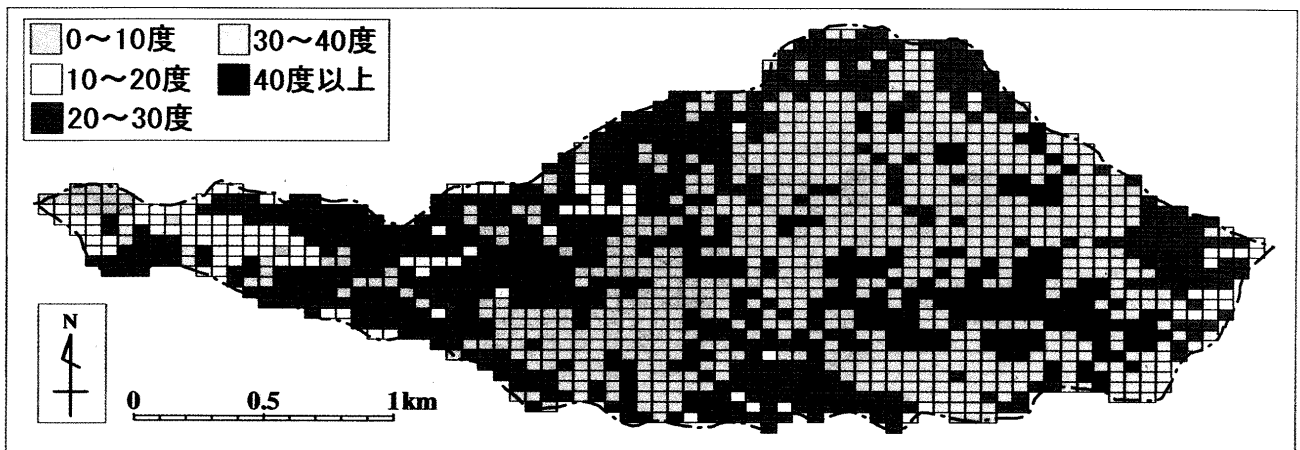


Fig. 6 Slope classification map of the Domen River basin.

図6 土面川流域の傾斜区分図



Fig. 7 Forest conditions of the Domen River basin.

図7 土面川流域の林況

%)の範囲にあり、短くて勾配が急なものが多い。土面川は屋久島の河川の中で最も勾配の急な河川である。土面川の縦断曲線から標高25～350m区間、350～700m区間、700～1180m区間の流路平均勾配を求めると、それぞれ約7度(約12%)、約15度(約27%)、約27度(約51%)であり、流路平均勾配は約13度(約23%)である。

土面川流域に国土地理院刊行の数値地図50mメッシュ(調査区域では東西方向約60m、南北方向約46m)をかけ、メッシュ中央の標高からメッシュ単位での斜面傾斜角を算出した。メッシュ中央の標高から斜面の傾斜角を求める方法は国土地理院が採用している方法(国土庁, 1987; 高崎, 1988)に従った。Fig. 6は流域の傾斜区分図である。斜面傾斜は、相対的に流域の上流部で大きく、下流部で小さくなっている。傾斜分布図において斜面傾斜10度ごとの面積と流域に占める面積率を求めると、0～10度0.04km²(0.9%)、10～20度0.30km²(6.6%)、20～30度1.65km²(36.5%)、30～

40度2.00km²(44.3%)、および40度以上0.53km²(11.7%)であり、30～40度の斜面が最も多い。流域平均勾配は30.4度である。

流域の地質は、流域面積の99.1%が花崗岩質の岩石であり、残りの0.9%は流域の下流部にみられる砂・礫などの未固結の扇状地・段丘堆積物である。流域の中・上流部の急傾斜面は侵食作用が活発でマサ土は発達していないが、尾根部などの緩傾斜面には一部マサ土が堆積している。

Fig. 7は、流域の森林の状況を示したものである(地頭蘭ら, 1992)。上流部で広い面積を占めている壮齢～高齢の広葉樹林(面積2.59km²、流域に占める面積率57.2%)は、付近一帯の自然林を構成する林であり、イス、タブ、ウラジロガシなどからなる。中流部に多くみられる幼齢の針葉樹林・広葉樹林(面積1.20km²、面積率26.5%)は、上記の自然林が皆抜かれた後のスギの植林、あるいは広葉樹の天然更新によるものである。中流部から下流部にかけてみら

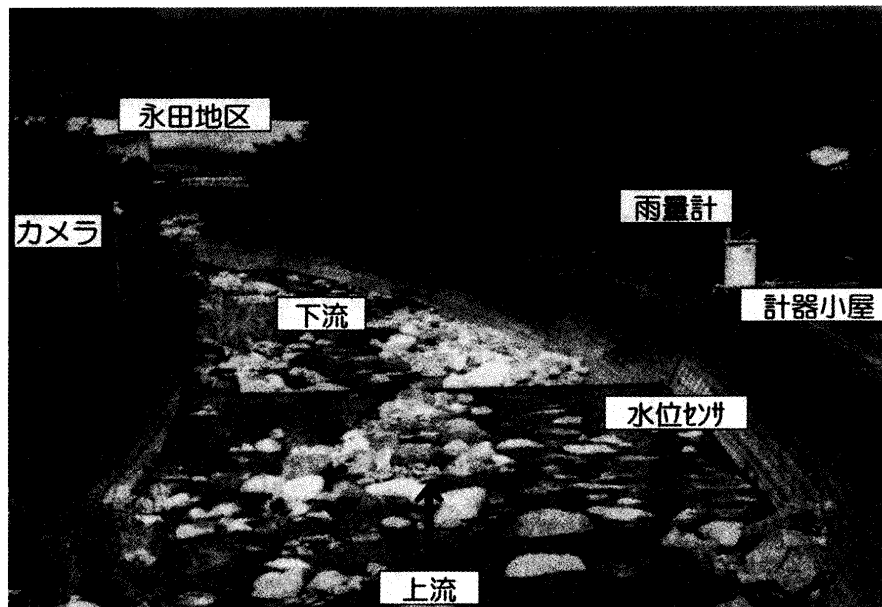


Photo. 1 Hydrologic observations in the Domen River basin.

写真1 土面川水文観測施設

れる壮齢～高齢の針葉樹林（面積 0.70km^2 ，面積率 15.4% ）はスギの人工林が主体である。最下流部の果樹園・耕地（面積 0.04km^2 ，面積率 0.9% ）ではボンカン，タンカンなどの果樹が栽培されてる。

水文観測方法

水文観測は，河川の水位観測と流域内の雨量観測からなる（地頭蘭ら，1992）。

水位は，標高 25m 地点の砂防ダム（Photo. 1）の放水路において，越流水深を水压式水位計で測定している。放水路の天端長は 17m ，側壁は 5 分勾配である。砂防ダム右岸袖部の天端に計器小屋を置き，小屋の屋根に雨量計と太陽電池パネルを設置した。水位検出器は，破損を防ぐため塩化ビニル管に挿入して砂防ダム上流側に沈めている。

量水地点の水位・流量関係を求めるためにビデオカメラにより河川の流出状況を撮影した。ビデオカメラは雨量計と連動しており，雨量計が設定雨量を記録した時に撮影がはじまる。設定雨量は， 60 分間あたり 30 ， 40 ， 50mm に切り替えられる。得られた映像を再生して目標物（木，枝など）が一定距離を通過する所要時間から河川の流速を求める。

降雨量は，量水地点（標高 25m ）のほかに流域内の標高 430m と 915m 地点で観測している（Fig. 3）。

降雨特性

Fig. 8は，土面川流域の標高 25m 地点と鹿児島市（鹿児島地方気象台）の月降雨量を比較したものである。欠測の

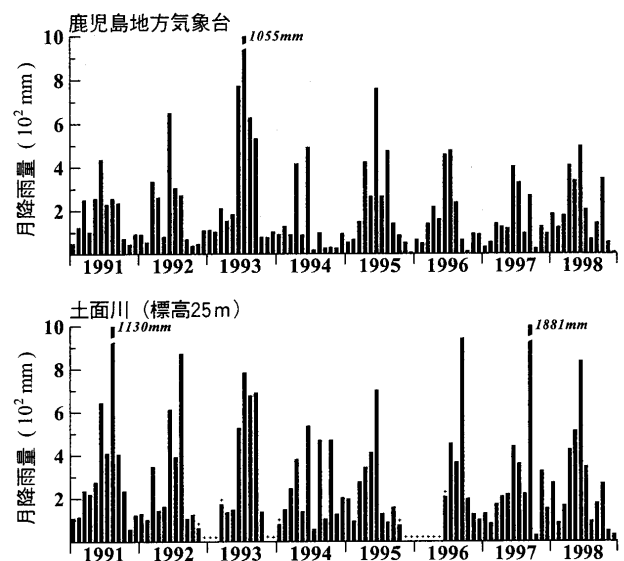


Fig. 8 Comparison of the monthly rainfalls between the Domen River basin and Kagoshima City.

図8 土面川流域と鹿児島市の月降雨量の比較（+欠側含む）

なかった1997年および1998年の土面川流域の年降雨量は 4233.5mm および 3281.5mm あり，鹿児島市のそれは 1826.0mm および 2559.5mm である。1997年の土面川の年降雨量は鹿児島市の約 2.3 倍，1998年は約 1.3 倍を示している。

屋久島の降雨量は，海岸部では，東側で最も多く，北側と南側がそれに続き，西側で最も少ないことが報告されている（江口，1984）。これによると，屋久島の北西部に位置する土面川流域は屋久島の中では降雨量が少ない地域に

属する。

Fig. 9は、土面川流域内の標高25m地点、430m地点および915m地点の月降雨量を比較したものである。土面川流域では1000mm以上の月降雨量が毎年のように発生している。1991～1998年において土面川流域で観測された最大時間降雨量は98.0mm、最大日降雨量は1178.0mm、最大月降雨量は2198.5mmである。3地点ともに欠測のなかった

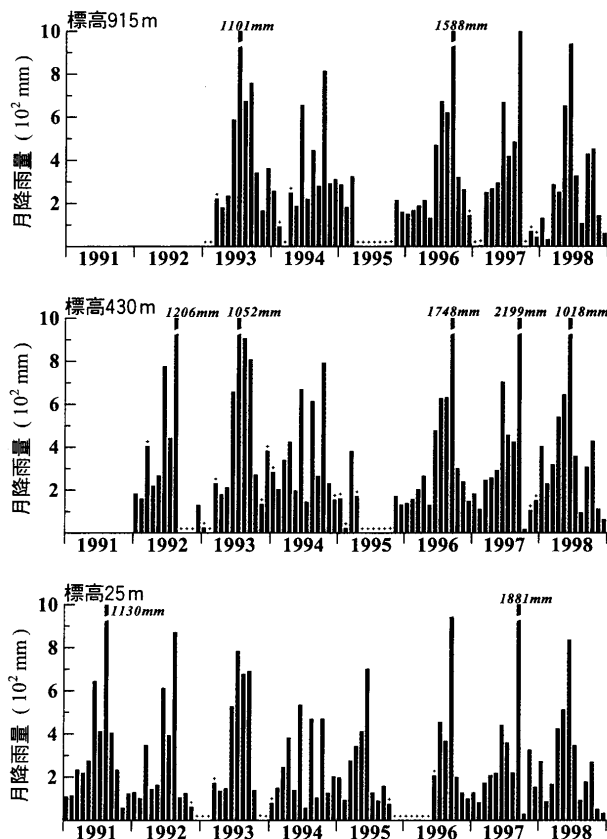


Fig. 9 Comparison of the monthly rainfalls between three stations in the Domen River basin.

図9 土面川流域内の3地点の月降雨量の比較
(+欠測含む)

1998年の年降雨量は、標高25m、430m、915mの順序で3281.5mm、4524.5mm、3814.5mmであり、430m地点が最も多い。430m地点の降雨量は25m地点の約1.4倍である。一般に山地の降雨量は平地より多く、高度とともに多くなる（中野、1976）。土面川流域の観測では430mより915mの降雨量が少ない結果となった。915m地点の雨量計は急傾斜面に設置されており、また風の影響を受けやすく、降雨量を少な目に測定している可能性がある。

江口（1984）は、屋久島の降雨特性として、山岳地域の降雨量は海岸部より多く、これは海岸に面した200～1000m前後の急斜面による強制上昇の影響が大きいことを明らかにしている。土面川流域における降雨量の高度分布もこれと同様の結果であった。

流域平均雨量の算出

流出解析を行う場合、流域の平均的な雨量の把握が重要である。地点雨量から流域平均雨量を推定する方法には、算術平均法、Thiessen法、等雨量線法、支配圏法などが提案されている（水文・水資源学会、1997）。土面川流域における雨量観測は標高25m、430mおよび915mの3地点で行っているが、915m地点の雨量は前述した理由から流出解析には使えない。標高25mと430mの雨量から高度補正法（佐藤、1982）によって流域の平均的な雨量を推定する。

Table 1は、標高25mおよび430m地点における1991～1999年の欠測のない期間の雨量を比較したものである。430m地点と25m地点との雨量比は平均1.4である。この値から標高ごとの雨量の補正係数を求め、流域にかぶせた50mメッシュ中央の標高データと基準地点（標高25mあるいは430mの観測地点）の雨量から流域の平均的な雨量を求めた。

水位流量関係

水位は標高25m地点の砂防ダムの放水路で測定している。

Table 1 Comparison of the rainfalls between the point of 25m and 430m above the sea level in the Domen River basin.

表1 土面川流域における標高25mと430m地点の雨量の比較

観測地点	観測期間						(mm)
	1992年 1～8月	1993年 3～10月	1994年 2～11月	1997年 1～10月	1998年 1～12月	1999年 1～10月	平均
25m地点	2772	3280	2686	3753	3282	3465	3206
430m地点	3662	4320	3885	4894	4525	4844	4355
雨量比	1.3	1.3	1.4	1.3	1.4	1.4	1.4

水位から流量の計算は砂防ダムを長方形せきとして計算する。長方形せきの流量計算にはGovinda-Raoの式（土木学会, 1985）を適用した。すなわち,

$$Q = C B h^{3/2} \quad (1)$$

$$0 < h/L \leq 0.1 \quad C = 1.642 (h/L)^{0.022}$$

$$0.1 < h/L \leq 0.4 \quad C = 1.552 + 0.083 (h/L)$$

$$0.4 < h/L \leq (1.5 \sim 1.9) \quad C = 1.444 + 0.352 (h/L)$$

ここで, Q : 越流量 (m^3/s), B : せき幅 (m), h : 越流水深 (m), C : 流量係数 ($\text{m}^{1/2}/\text{s}$), L : せき長

(m) である。なお, せき幅 B (放水路の天端長) は 17m, せき長 L は 1.5m である。

量水地点の流出状況を雨量計連動型のビデオカメラで撮影し, 得られた映像を再生して流速を求めた。Fig. 10は, これまで得られた映像から求めた流速を基に, 水位と流量の関係をプロットしたものである。図中の実線は上述したGovinda-Raoの流量算出式 (1) を描いたものであり, 実測値とよく一致している。

流出特性

1. 短期流出

土面川流域の短期流出（洪水流出）特性を把握するために一雨ごとのハイトグラフとハイドログラフを作成した。ハイトグラフおよびハイドログラフ作成の時間間隔は 1 時間である。Fig. 11はその 1 例である。土面川は標高1180 mから約 5 kmで海岸に達する急河川であるために, ハイドログラフは鋭く, 河川の増水, 減水ともに速い。

Fig. 12は, 短期流出のハイドログラフを模式的に示したものである。短期流出のハイドログラフは, 表面流出, 中間流出および地下水流出の 3 つの成分から構成される。表面流出と中間流出は直接流出と呼ばれ, その成分を直接流出量と呼ぶ。直接流出量の算定には種々の方法が提案されているが, ここでは, Fig. 12に示されるように, ハイドログラフの立ち上がり点のA点とG点を直線で結び, その直線とハイドログラフで囲まれる斜線部分を直接流出成分と

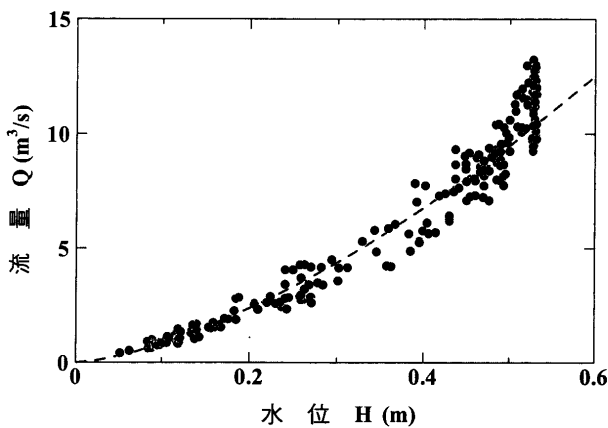


Fig. 10 Stage-discharge relation at the gauging station of the Domen River.

図10 土面川量水地点の水位流量関係

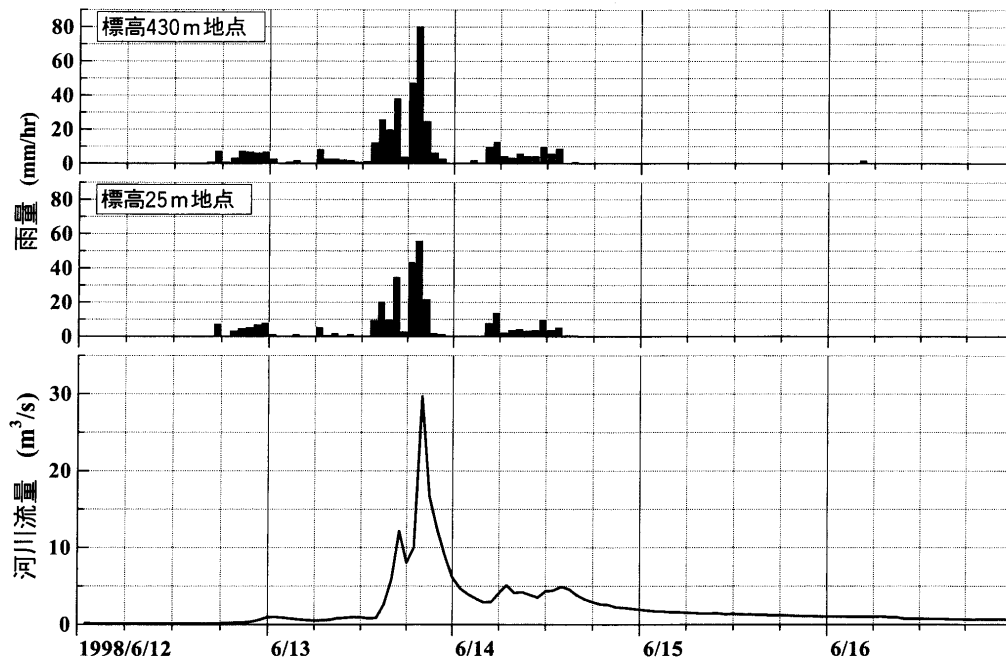


Fig. 11 Example of flood hydrograph.

図11 ハイドログラフの例

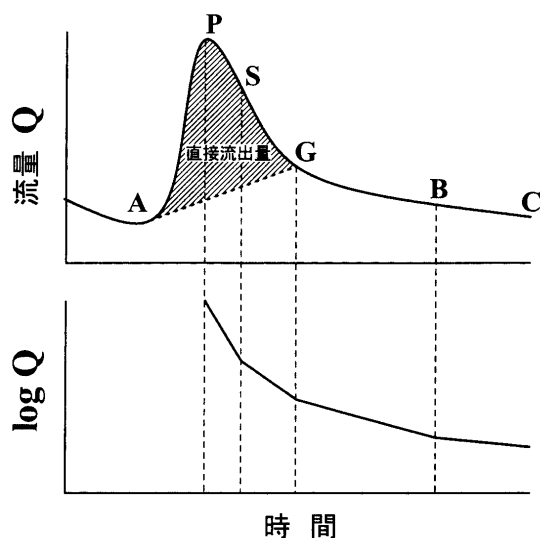


Fig. 12 Hydrograph separation.
図12 ハイドログラフの分離

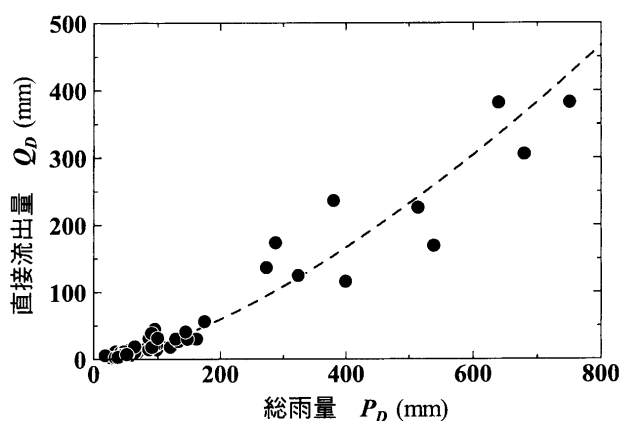


Fig. 13 Relationship between total rainfall and direct runoff.
図13 総雨量と直接流出量の関係

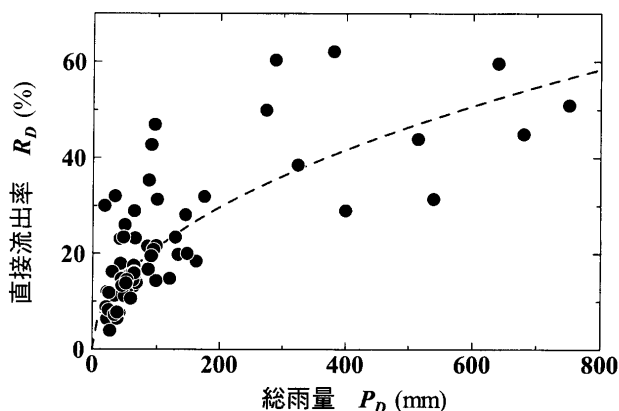


Fig. 14 Relationship between total rainfall and ratio of direct runoff.
図14 総雨量と直接流出率の関係

する方法（金丸・高棹，1975）を採用した。G点の決定方法は次のようである。流量を対数目盛，時間を普通目盛とした片対数方眼紙上にハイドログラフをプロットすると，その減水部は一般にいくつかの直線からなる折線に近似される（Fig. 12）。その第2の折れ点をG点とした。

Fig. 13は，総雨量 P_D と直接流出量 Q_D の関係をプロットしたものである。 Q_D は P_D の増加に伴い指数曲線的に増加しており，回帰曲線を求めると，

$$Q_D = 2.25 \times 10^{-2} P_D^{1.487} \quad (2)$$

で表された（図中破線）。

直接流出量 Q_D と総雨量 P_D の比として定義される直接流出率 R_D は，3.9～62.1%の範囲にあり，平均は22.6%であった。Fig. 14は P_D と R_D の関係をプロットしたものである。 R_D は P_D とともに増加するが，しだいに増加率は小さくなる。回帰曲線を求めると，

$$R_D = 2.25 P_D^{0.4872} \quad (3)$$

で表された（図中破線）。

2. 長期流出

Fig. 15は，1991～1998年の日単位の高エトグラフとハイドログラフである。土面川流域では500mmを越す日降雨量を毎年のように記録している。降雨量および流出量は，夏期に多く，冬期に少ないことから，1水年は1月から12月までと定めるものとする。土面川流域の日流出量の変動は非常に大きい。

1水年の日降雨量および日流出量を順序統計量の形に整理してプロットすると雨量継続時間曲線および流量継続時間曲線（流況曲線）が得られる（Fig. 16）。流況曲線上の1，35，95，185，275，355番目の日流出量（ D_1 ， D_{35} ， D_{95} ， D_{185} ， D_{275} ， D_{355} ）を求めた（Table 2）。95，185，275，355番目の日流出量はそれぞれ豊水量，平水量，低水量，渇水量と呼ばれ，流域の流出特性を表す指標に使われる（水文・水資源学会，1997）。また，豊水量と渇水量の差（竹下，1981）および豊水量と渇水量の比（岸原・田中，1975；竹下・高木，1977）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ている。すなわち，豊水量と渇水量の差あるいは比が小さいほど高水時と低水時の流量差が小さくなり年間を通して流量が均等化していると評価される。Table 2には豊水量と渇水量の差 D_{95-355} および豊水量と渇水量の比 $D_{95/355}$ も示した。

Fig. 16において，年平均の日流出量の直線は流域からの流出が完全に均等化された場合の流況曲線と考えることができ，利水の面からは非常に都合がよく理想的な流況曲線である。流況曲線と年平均の日流出量の直線で囲まれる部分（Fig. 16において斜線部分）が小さいほど年平均日流出

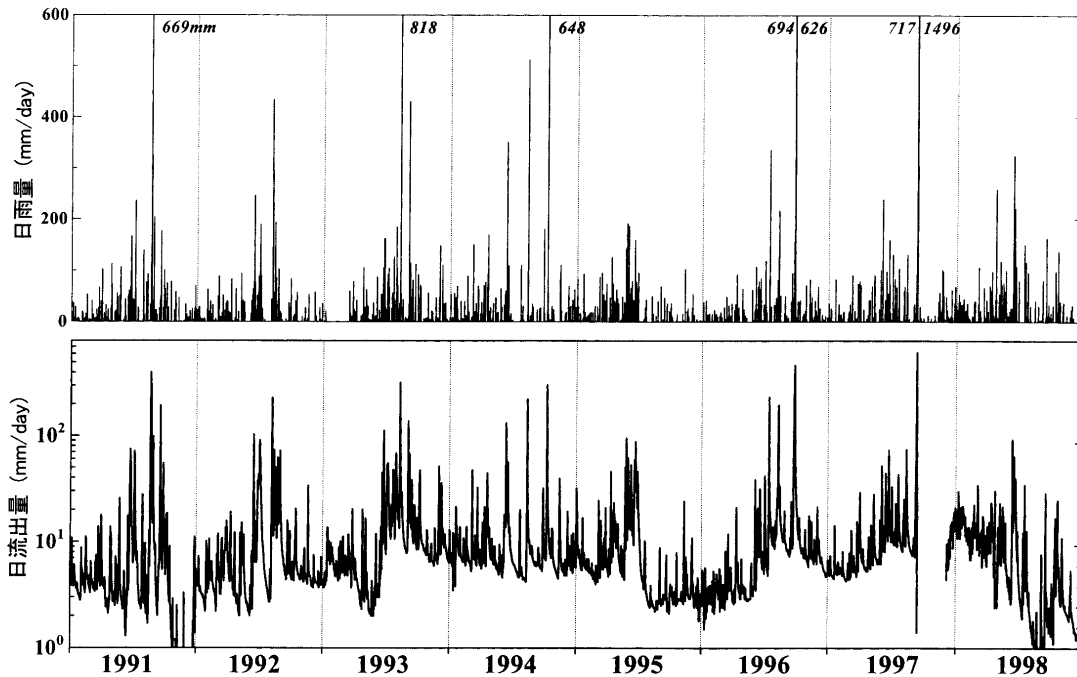


Fig. 15 Annual hydrograph and hyetograph.

図15 年間のハイトグラフとハイドログラフ

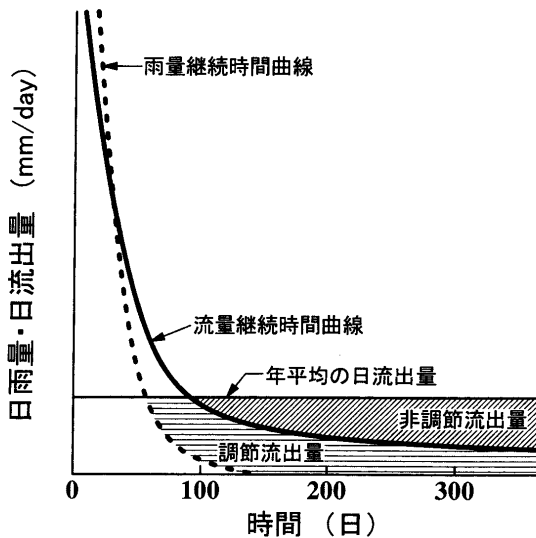


Fig. 16 Depth- and flow-duration curves.

図16 雨量継続時間曲線および流量継続時間曲線

量の直線で表される流出状態に近づく。この斜線部分は流域の流出均等化作用により調節されなかった流出成分であるという意味から非調節流出量と呼ばれ、流出の均等化の程度を表す指標値として提案された（竹下，1980）。Fig. 16において破線で示される雨量継続時間曲線は、流域がモルタルなどの不透水性物質に覆われ地中への浸透が全く行われず、降雨はその日のうちにすべて流出すると仮定した場合の流況曲線と考えることができる。現実には流域で地

下への雨水浸透が行われるため流出は時間的な遅れを伴い、Fig.16の実線で示されるような流況曲線の形をとる。したがって、流域の流出均等化作用により破線から実線に流況が変化させられたことになる。また、Fig.16において横線部分は調節流出量と呼ばれ、非調節流出量と同様に流出の均等化の程度を表す指標値に用いられる（竹下，1980）。Table 2には非調節流出量 U (mm) および調節流出量 C (mm) も示した。非調節流出量および調節流出量は年降雨量の増加とともに増大する（地頭菌，1992）。 U および C を流域間の流出の一様性の比較に用いるには雨量条件を同一にする必要がある。 U および C を年降雨量および年流出量で割ることにより雨量の影響を排除した（非調節流出量／年降雨量） $R_{U/P}$ ，（調節流出量／年降雨量） $R_{C/P}$ ，（非調節流出量／年流出量） $R_{U/Q}$ ，（調節流出量／年流出量） $R_{C/Q}$ も算出した（Table 2）。

3. 水収支

山地流域では一定期間について次の水収支式が成立する（中野，1976）。

$$P = Q + L + \Delta S \quad (4)$$

ここで、 P は降雨量、 Q は流出量、 L は消失量、 ΔS は貯留量の変化量である。1水年を対象期間にとれば $\Delta S = 0$ とみなせるため、(4)式は次のようになる。

$$P = Q + L \quad (5)$$

1水年の降雨量 P と流出量 Q を実測すれば1水年の消失量

Table 2 Hydrologic characteristics of the Domen River basin.

表2 土面川の流況因子

年	D_1	D_{35}	D_{95}	D_{185}	D_{275}	D_{355}	D_M	D_{95-355}	$D_{95/355}$	Q	P	U	C	$R_{U/Q}$	$R_{C/Q}$	$R_{U/P}$	$R_{C/P}$
1991	401.8	15.0	6.3	3.8	2.5	0.2	9.3	6.1	33.4	3396	5968	1784	407	52.5	12.0	29.9	6.8
1992	228.6	19.1	7.9	4.9	3.9	2.3	9.7	5.6	3.4	3557	5127	1446	924	40.6	26.0	28.2	18.0
1993	321.3	25.6	12.4	7.7	5.1	2.3	13.1	10.1	5.4	4773	5937	1786	1524	37.4	31.9	30.1	25.7
1994	304.5	14.8	9.1	6.7	5.8	4.4	10.9	4.7	2.1	3973	5325	1294	1431	32.6	36.0	24.3	26.9
1995	95.1	17.1	7.6	4.8	2.9	2.3	8.3	5.3	3.3	3030	4116	1141	916	37.6	30.2	27.7	22.2
1996	469.8	18.0	9.6	6.2	3.5	2.4	12.7	7.2	4.0	4663	5825	2132	960	45.7	20.6	36.6	16.5
1997	619.1	15.5	9.5	6.1	4.4	-	10.2	-	-	3736	6939	1586	924	42.5	24.7	22.9	13.3
1998	92.4	18.6	12.2	4.9	2.0	0.8	8.2	11.4	15.1	3006	5663	1169	631	38.9	21.0	20.6	11.1

$D_1, D_{35}, D_{95}, D_{185}, D_{275}, D_{355}$: 流況曲線における1, 35, 95, 185, 275, 355番目の日流出量(mm/day)

D_M : 年平均の日流出量(mm/day)

$D_{95-355}, D_{95/355}$: 豊水量と渇水量の差, 比

Q : 年流出量(mm) P : 年降水量(mm) U : 非調節流出量(mm) C : 調節流出量(mm)

$R_{U/Q}$: 非調節流出量/年流出量(%) $R_{C/Q}$: 調節流出量/年流出量(%)

$R_{U/P}$: 非調節流出量/年降水量(%) $R_{C/P}$: 調節流出量/年降水量(%)

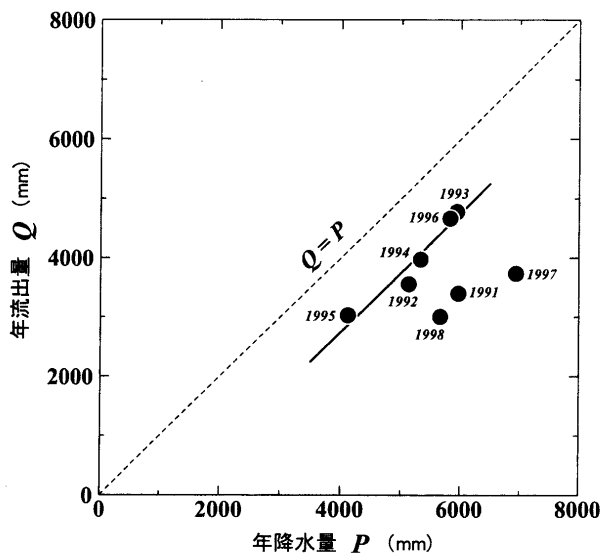


Fig. 17 Relationship between annual rainfall and annual runoff.
図17 土面川流域における年降雨量と年流出量の関係

L が算出される。

Fig. 17は、1991～1998年の年降雨量 P と年流出量 Q の関係をプロットしたものである。年降雨量の増加により年流出量は指数関数的に増加するが、年降雨量がある限界値を超えると、 $Q = P$ の線（図中の破線）にほぼ平行な関係になる（中野，1976）。すなわち、多雨流域の両者の関係は次式で表される。

$$Q = P - L \quad (6)$$

Fig. 17において、雨量あるいは流量に欠測が多かった

1997年、1998年を除いて(6)式を求めると、

$$Q = P - (1200 \sim 1300) \quad (7)$$

となり、図中の実線で示される。したがって、土面川流域の年消失量は1200～1300mm程度である。

土面川流域と全国の花崗岩流域との流況比較

花崗岩、花崗閃緑岩、石英閃緑岩、閃緑岩などの花崗岩質の岩石は日本各地に分布している。日本各地に分布する花崗岩流域と土面川流域の流況を比較する。Table 3は、採用した花崗岩流域の地形・地質因子（地頭蘭，1992）と土面川流域のそれらを整理したものである。採用した流域は積雪がほとんどない地域に位置している。また、Table 4は、同流域の流況因子（1975～1979年の平均値）と前述した土面川流域の流況因子（1991～1998年の欠測年を除く平均値）を示したものである。流況曲線上の1番目の日流出量 D_1 は土面川で非常に大きな値を示している。これは屋久島の降雨強度の大きさが関係している。流域からの流出の一様性を表す指標値として用いられている豊水量と渇水量の差 D_{95-355} および豊水量と渇水量の比 $D_{95/355}$ をみると、土面川は他の流域に比較して高い値を示しており、流量の均等化が低い流域といえる。

Fig. 18は、（調節流出量/年流出量） $R_{C/Q}$ と（非調節流出量/年流出量） $R_{U/Q}$ の関係をプロットしたものである。 U より C の割合が大きい流域と C より U の割合が大きい流域の両方がみられる。この分布傾向は、花崗岩の貫入時代の違いなどに伴う風化度合の違いに関係しているものと考え

Table 3 Topographic and geologic characteristics of study basins.

表3 解析流域の地形・地質

ダム名	河川名	流域面積 km ²	傾斜区分ごとの面積率(%)			地質(面積率%)
			0~20度	20~40度	40度以上	
花貫ダム	花貫川	44.0	99	1	0	花崗岩類(95%)
草木ダム	利根川	254.0	6	90	4	花崗岩類(53%), 砂岩・頁岩(23%)
広瀬ダム	富士川	76.6	0	98	2	花崗岩類(92%)
松川ダム	天竜川	60.0	1	97	2	花崗岩類(98%)
君ヶ野ダム	出雲川	80.0	6	90	4	花崗岩類(72%), 片麻岩(24%)
土師川ダム	江川	307.5	83	17	0	花崗岩類(50%), 流紋岩(30%)
棕梨ダム	沼田川	160.0	99	1	0	花崗岩類(50%), 流紋岩(22%)
二級ダム	黒瀬川	232.0	96	4	0	花崗岩類(50%), 流紋岩(12%)
小瀬川ダム	小瀬川	135.0	77	23	0	花崗岩類(80%)
黒杭川ダム	黒杭川	10.0	98	2	0	花崗岩類(67%), 片麻岩(33%)
長柄ダム	綾川	32.0	42	52	6	花崗岩類(55%), 砂岩・泥岩(36%)
玉川ダム	蒼社川	38.1	37	63	0	花崗岩類(100%)
南畑ダム	那珂川	27.5	55	45	0	花崗岩類(96%)
祝子ダム	五ヶ瀬川	45.2	3	71	26	花崗岩類(56%), 砂岩・頁岩(38%)
	土面川	4.5	7	81	12	花崗岩類(99%)

Table 4 Hydrologic characteristics of the basins consisted of granitic rocks.

表4 解析流域の流況因子

ダム・河川	D_1	D_{35}	D_{95}	D_{185}	D_{275}	D_{355}	D_M	D_{95-355}	$D_{95/355}$	Q	P	U	C	$R_{U/Q}$	$R_{C/Q}$	$R_{U/P}$	$R_{C/P}$
花貫ダム	24.5	1.9	0.8	0.4	0.3	0.1	1.0	0.7	6.6	352	1566	171	74	45.6	23.6	10.3	4.9
草木ダム	93.0	6.9	4.0	2.4	1.3	0.9	3.6	3.1	4.7	1331	1476	453	529	33.5	40.2	30.2	36.1
広瀬ダム	49.8	6.0	3.8	2.6	1.8	1.3	3.5	2.4	2.9	1284	1372	338	597	25.9	46.8	24.3	43.6
松川ダム	43.2	8.7	3.6	0.8	0.1	0.0	3.2	3.6	96.4	1159	1918	653	147	57.1	11.8	33.9	7.3
君ヶ野ダム	92.8	4.6	2.0	0.7	0.2	0.1	2.4	1.9	34.6	880	1682	496	119	55.3	14.8	27.6	6.9
土師川ダム	42.1	6.1	3.6	2.3	1.6	1.0	3.3	2.6	3.8	1223	1714	361	450	29.7	36.7	21.1	26.2
棕梨ダム	33.6	3.8	2.0	1.3	0.9	0.5	2.1	1.5	8.9	749	1271	260	292	34.2	40.0	19.6	22.7
二級ダム	48.4	3.2	1.4	0.8	0.5	0.2	1.7	1.3	6.7	621	1473	282	166	44.2	28.6	18.0	11.0
小瀬川ダム	45.9	3.6	1.4	0.8	0.6	0.4	1.9	1.0	3.5	712	1838	330	163	45.2	24.5	17.4	9.0
黒杭川ダム	36.1	5.0	2.3	1.1	0.7	0.4	2.3	2.0	7.4	834	1714	347	274	41.0	34.2	19.0	15.3
長柄ダム	88.8	3.0	1.5	0.8	0.5	0.2	1.8	1.3	10.0	672	1085	316	170	45.2	27.9	27.6	15.8
玉川ダム	69.7	6.2	4.1	2.7	1.9	1.4	4.0	2.7	3.1	1444	1858	421	626	27.3	45.9	21.1	34.7
南畑ダム	68.5	10.7	6.4	4.0	2.7	1.8	5.8	4.5	3.5	2132	2670	632	894	29.2	42.4	23.1	33.5
祝子ダム	161.3	17.5	7.8	4.1	2.7	1.6	8.7	6.2	5.0	3165	3263	1374	936	43.6	29.5	42.2	28.6
土面川	265.4	17.1	8.8	5.2	3.4	2.1	9.9	6.7	10.2	3604	5337	1494	878	41.3	24.3	27.9	16.9

 $D_1, D_{35}, D_{95}, D_{185}, D_{275}, D_{355}$: 流況曲線における1, 35, 95, 185, 275, 355番目の日流出量(mm/day) D_M : 年平均の日流出量(mm/day) $D_{95-355}, D_{95/355}$: 豊水量と渇水量の差, 比 Q : 年流出量(mm) P : 年降水量(mm) U : 非調節流出量(mm) C : 調節流出量(mm) $R_{U/Q}$: 非調節流出量/年流出量(%) $R_{C/Q}$: 調節流出量/年流出量(%) $R_{U/P}$: 非調節流出量/年降水量(%) $R_{C/P}$: 調節流出量/年降水量(%)

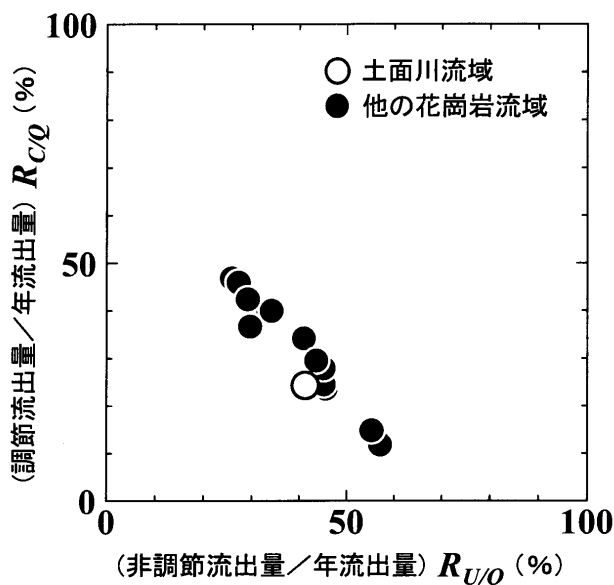


Fig. 18 Comparison of the flow-regimes of the basins consisted of granitic rocks.

図18 花崗岩流域の流況の比較

られる。 C と U の合計値が年流出量 Q に占める割合は約70%である。 C と U の定義から残りの約30%は降雨自体が時間的に分散して発生することによるものと考えられ、降雨特性による調節量ともいえる。土面川の C と U の合計値が Q に占める割合は65%と他の流域に比べてやや小さく、その分降雨の調節効果が大きくなっている。これは、屋久島の降雨がある期間に集中しているのではなく、1年にわたって切れ目なくもたらされることに起因していると考えられる。江口(1984)は、屋久島の降雨量を時間スケールごとの極値と大雨の頻度から検討し、屋久島の降雨量の多さが短時間の集中的な降雨によるものでなく、日レベル程度の降雨の多さとその頻度の高さに原因があるとしている。これは流況特性から得られた結果と調和している。

おわりに

雨が多く、地形が急峻で、花崗岩からなる屋久島の水文特性を解明する目的で、土面川において1991年から水文気象観測を行っている。現在9年が経過したが、雨の多い屋久島での水文気象観測は非常に困難であることがわかった。湿気による観測計器の故障、日照不足による太陽電池発電量の不足、落雷による計器の故障、動物や昆虫などによる計器への障害などさまざまなトラブルがある。

ある地域の水文特性を解明するには長期間にわたる水文気象データが必要であり、屋久島においてはまだ十分とはいえない。継続的な水文気象観測は屋久島の自然生態系の保全を考える上でも重要である。土面川における観測もで

きるだけ長く継続したいと考えている。

末筆ではあるが、本研究の実施にあたっては、九州森林管理局屋久島森林環境保全センター、鹿児島県屋久島土木出張所に多大なご協力を頂いている。また本研究の一部は1995～1999年に実施された環境庁の「屋久島における島嶼生態系の保全に関する調査」(代表者：大澤雅彦千葉大学教授)においてご支援頂いた。さらに水文観測では当時研究室に所属していた学生諸氏にご協力頂いた。ここに記して謝意を表します。

引用文献

- 土木学会(1985):水理公式集 一昭和60年版一, 土木学会, 625pp.
- 江口 卓(1984):屋久島の気候一特に降水量分布の地域性について一, 屋久島原生自然環境保全地域調査報告書, 環境庁, p.3-26
- 地頭蘭隆・下川悦郎(1990):南九州における火山碎屑物に覆われた森林流域の流出特性, 水文・水資源学会誌, 3(1), p.7-16
- 地頭蘭隆(1992)火山活動が流出現象に及ぼす影響に関する実証的研究, 鹿児島大学農学部演習林報告, 20, p.1-122
- 地頭蘭隆・下川悦郎・前迫俊一(1992):屋久島土面川における水文観測施設の設置と試験流域の地形・地質・植生, 鹿児島大学農学部演習林報告, 20, p.243-251
- 鹿児島県(1967):屋久島水文調査報告書, 136pp.
- 鹿児島県地学会(1991):鹿児島県 地学ガイド(下), コロナ社, p.74-79
- 金丸昭治・高樟琢馬(1975):水文学, 朝倉書店, 223p.
- 岸原信義・田中洋二(1975):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, p.245-254
- 環境庁(1984):屋久島原生自然環境保全地域調査報告書, 714pp.
- 国土庁(1987):国土数値情報, 大蔵省印刷局, p.41-42
- 熊本営林局(1998):平成9年度屋久島生態系モニタリング調査報告書, 135pp.
- 宮川 浩(1998):ツーリストと屋久島の自然一観光としての適切な自然利用のための情報提供に向けて一, 平成9年度屋久島における島嶼生態系の保全に関する調査研究報告書, (財)自然環境研究センター, p.201-211
- 中野秀章(1976):森林水文学, 共立出版, 228pp.
- 佐藤勝夫(1982):洪水流出計算法, 山海堂, p.84-85
- 下川悦郎・岩松 暉(1982):屋久島永田における山くずれ・土石流災害(その1), 砂防学会誌, 34(4), p.26-31

- 下川悦郎・岩松 暉 (1983): 屋久島永田における山くずれ・土石流災害 (その2), 砂防学会誌, 35(3), p.20-27
- 水文・水資源学会 (1997): 水文・水資源ハンドブック, 朝倉書店, 636pp.
- 竹下敬司・高木潤治 (1977): 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, 26, p.1-51
- 竹下敬司 (1980): 流域の土地利用状況の変化と流況の変化, 日林九支研論集, 33, p.317-318
- 竹下敬司 (1981): 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, p.53-57
- 高崎正義 (1988): 地図学, 朝倉書店, p.143-144

抄 録

九州南方海上に位置する屋久島は多雨地域として知られる。屋久島の水文現象を解明することを目的として土面川流域に試験流域を設置した。試験流域は面積4.52km²であり、流域地質は主に花崗岩である。

本論では、1991～1998年の8年間に得られた水文観測データを用いて、土面川流域の降雨・流出特性について検討した。得られた結果をまとめると以下の通りである。

- (1) 屋久島の河川は流路延長20km未満と短く、流路勾配が急なものが多い。土面川は屋久島の河川の中で最も急な河川である。
- (2) 土面川流域では1000mm以上の月降雨量が毎年のように発生している。1991～1998年に観測された最大時間降雨量は98.0mm, 最大日降雨量は1178.0mm, 最大月降雨量は2198.5mmである。土面川流域内の標高430m地点の雨量は25m地点の約1.4倍である。
- (3) 土面川の洪水時の流出を解析した。土面川は勾配が急なために直接流出時間が短い。直接流出率は4～62%の範囲にあり、平均は約23%である。
- (4) 土面川と全国に分布する花崗岩流域との流況を比較した。土面川は豊水時と渇水時の流量差が大きく、流出の一様性が低い。