

■研究調査レビュー

屋久島の水文研究
— 土面川流域の降雨・流出特性 —
地頭蘭 隆 (鹿児島大学農学部生物環境学科)

1. はじめに

屋久島は、長寿の屋久杉で知られるほか、雨の多いことでも有名である。地形・地質的には急峻な山岳地形を示し、山岳部は花崗岩から構成されている。多雨地域、かつ急峻な地形を有する屋久島の花崗岩流域における水文現象は、他地域の花崗岩流域と比較して特異なものと予想される。

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きた(環境庁, 1999)。屋久島の水文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)があるぐらいで少ない。

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)、登山道の侵食やこれに起因する斜面崩壊、酸性雨など新たな問題も発生している。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のメカニズム、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、屋久島の自然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。

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。屋久島の降雨・流出特性の解明を目的とした水文観測が屋久島北西部の土面川で行われている(地頭蘭ら, 1992)。ここでは、土面川流域の水文研究について紹介する。

2. 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。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(写真-1, 図-1)。

図-2は屋久島の地質図(鹿児島県地学会, 1991)である。屋久島は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、屋久島北西部の土面川流域である(図-1)。



写真-1 花崗岩からなる山々(永田岳)

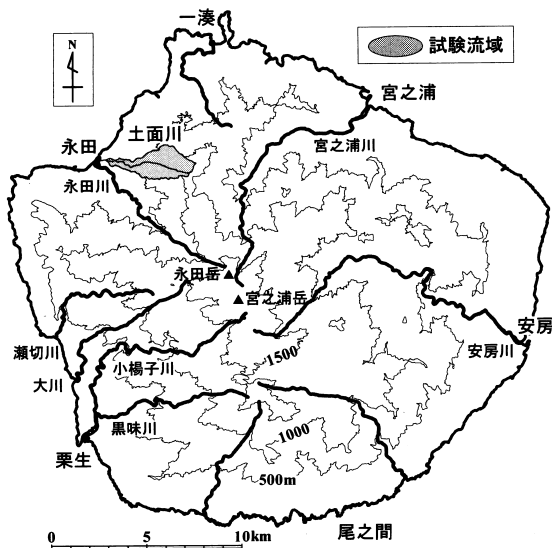


図-1 屋久島の地形と試験流域の位置

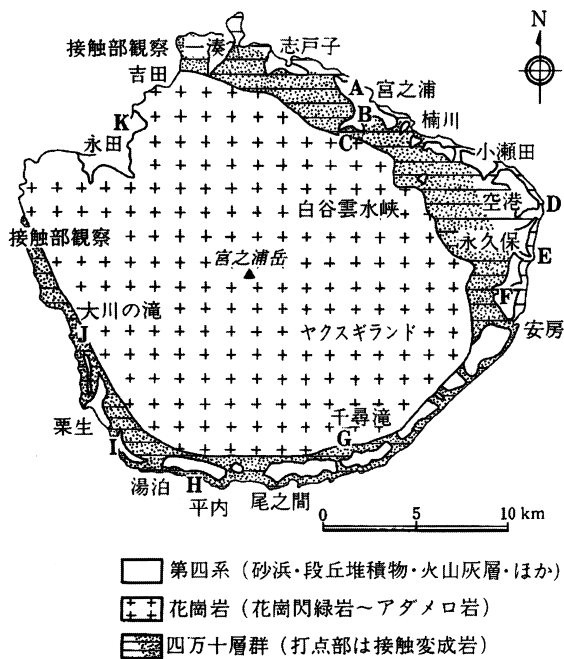


図-2 屋久島の地質概略図
(鹿児島県地学会, 1991)

3. 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)。

図-3は, 土面川流域の地形図と25,000分

の1地形図から作成した流域の水系図であり, 写真-2は下流から撮影した流域の全景である。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。

図-4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(地頭蘭ら, 2000)。屋久島の河川は, 流路延長20km未滿, 流路平均勾配5~13度の範囲にあり, 短くて勾配が急なものが多い。試験流域である土面川は屋久島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。

試験流域に数値地図50mメッシュをかけ, メッシュ単位での斜面傾斜角を算出した。試験流域の斜面傾斜10度ごとの面積率を求めると, 0~10度0.9%, 10~20度6.6%, 20~30度36.5%, 30~40度44.3%, および40度以上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。

流域の植生は, 上流部にはイス・タブ・ウラジロガシなどからなる壮齢~高齢の広葉樹

林が分布し、中流部には上記の広葉樹林が皆抜された後のスギの植林や広葉樹の天然更新による幼齢～壮齢の針葉樹林・広葉樹林がみられる。中流部から下流部にかけては壮齢～高齢のスギ人工林が主体である。最下流部はポンカン・タンカンなどの果樹園や耕地となっている。

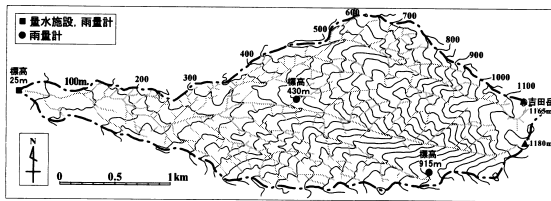


図-3 土面川流域の地形と水系



写真-2 土面川流域の全景

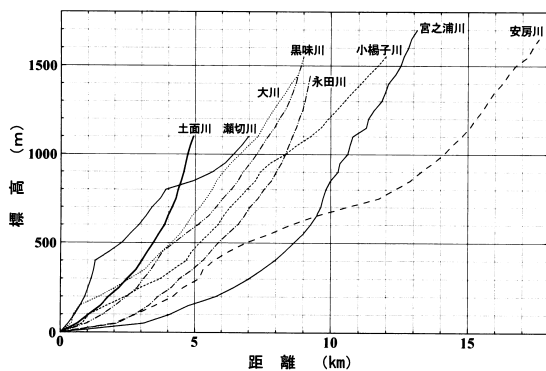


図-4 屋久島の河川縦断形状の例 (地頭菌ら, 2000)

4. 水文観測

水文観測は、河川水位観測と降水量観測からなる(地頭菌ら, 1992)。水位は、標高25m

地点の砂防ダムの放水路において、越流水深を水圧式水位計で測定している(写真-3)。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を設置している。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。

また、流域内の標高430mと915m地点でも降水量を観測している(写真-4)。



写真-3 土面川水文観測施設 (地頭菌ら, 1992)



写真-4 土面川流域における雨量観測 (標高430m)

5. 降雨特性

図-5は、試験流域の標高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。欠測のなかった1997～2003年の試験流域の平均年降雨量は3330mm、鹿児島市のそれは2232mm であり、試験流域の年降雨量は鹿児島市の約1.5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。

図-6は、試験流域内の標高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。試験流域では1000mm以上の月降雨量が毎年のように発生している。1991～2003年において試験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24時間降雨量は1250.5mm，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か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。

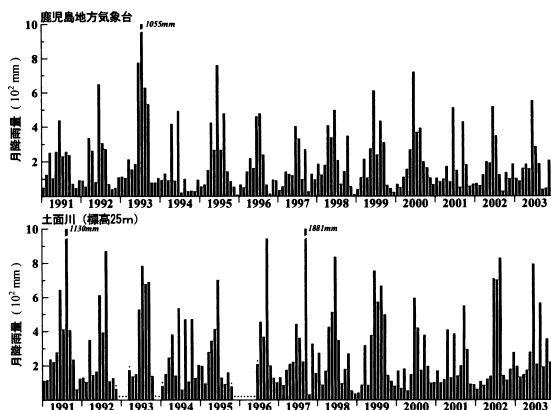


図-5 土面川流域と鹿児島市の月降雨量の比較（+欠側含む）

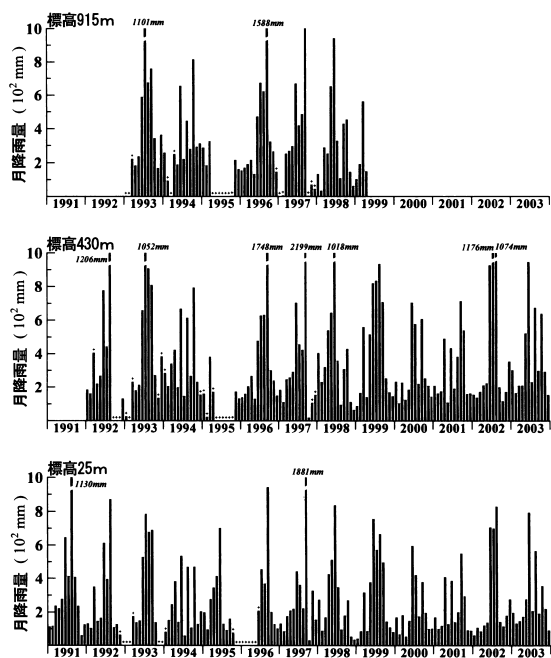


図-6 土面川流域3地点の月降雨量の比較（+欠側含む）

6. 流出特性

試験流域の短期流出（洪水流出）特性を把握するために一雨ごとのハイエトグラフとハイドログラフを作成した（図-7）。土面川は標高1180mから約5km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。

図-8は、1991～2003年の日単位のハイ

エトグラフとハイドログラフである。試験流域では500mmを越す日降雨量を数年に1度は記録している。試験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(図-9)。年平均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。流況曲線と年平均日流出量の直線で囲まれる部分(図-9において斜線部分)が小さいほど年平均日流出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 U (mm)と呼ばれ、流出の均等化の程度を表す指標値となる(竹下, 1980)。図-9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、図-9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、図-9において横線部分は調節流出量 C (mm)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)。

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した。図-10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 の関係である(地頭菌, 1992)。 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年にわたって一様に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から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。

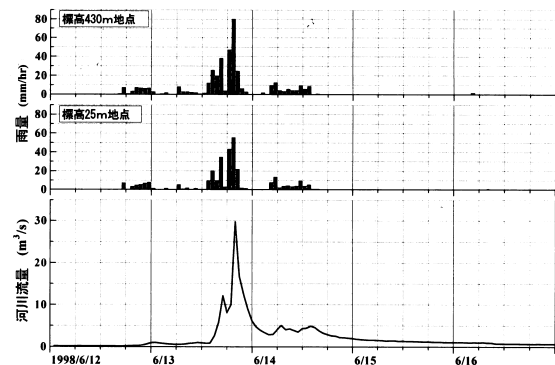


図-7 ハイドログラフの例(地頭菌ら, 2000)

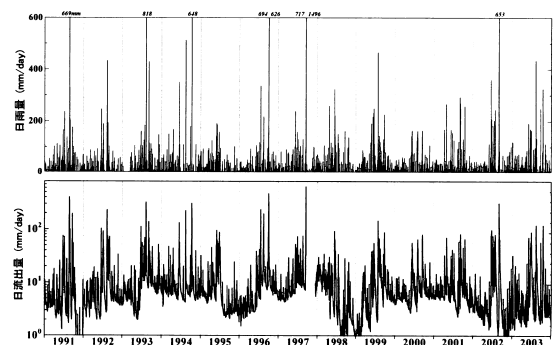


図-8 年間のハイエトグラフとハイドログラフ

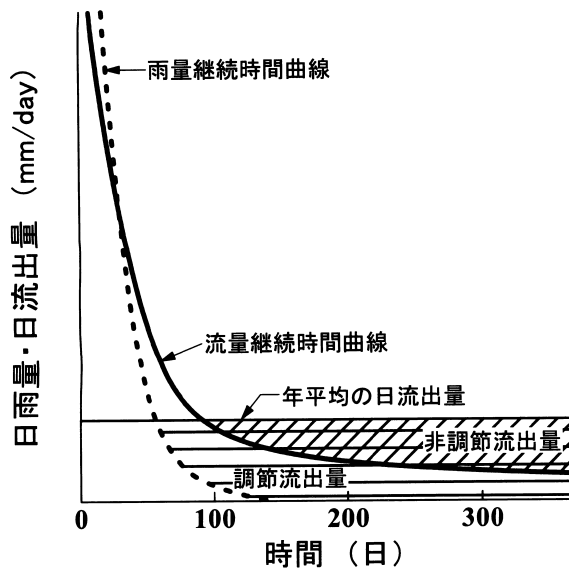


図-9 雨量継続時間曲線および流量継続時間曲線 (地頭蘭ら, 2000)

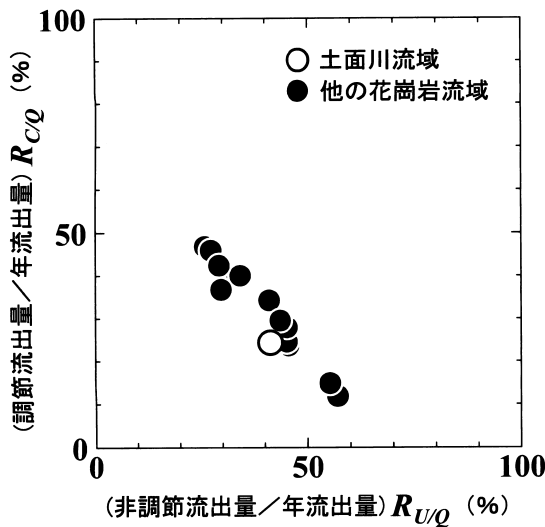


図-10 花崗岩流域の流況の比較 (地頭蘭ら, 2000)

7. おわりに

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の雨水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未滿と短く、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。1991～2003年において試験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24時間降雨量は1250.5mm、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。

引用文献

江口 卓 (1984) :
屋久島の気候—特に降水量分布の地域性について—, 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 (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

地頭蘭隆・下川悦郎・寺本行芳 (2000) :
屋久島土面川流域の降雨・流出特性, 鹿児島大学農学部演習林研究報告, 28, p.13-25

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

環境庁 (1984) :

屋久島原生自然環境保全地域調査報告書,
714pp.

環境庁 (1999) :

屋久島における島嶼生態系の保全に関する
調査

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.

中野秀章 (1976) :

森林水文学, 共立出版, 228pp.

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

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