

論文

亜熱帯林の水源かん養機能に関する研究 (II)*1

一辺土名理水試験地の流出解析一

漢那 賢作*2

辺土名理水試験地の流出特性を把握するため、7水年の降雨・流量資料を用いて流域水収支、直接流出特性及び流況曲線による長期流出解析を行った。その結果、1) 年蒸発散量は1062.6mmで南九州における標準的な値900~1000mmに近い値を示す、2) 一降雨量の増加にともなう直接流出量の増加率は初期に小さく、ある降雨量を超えると増大し、その後次第に一定となる、3) 流量の平準化作用の程度を表す指標値の一つである非調節流出量は、年降雨量の増加にともない多くなることから、平準化作用により調節される雨量には限界があることが認められた。

I. はじめに

亜熱帯林の水源かん養機能を定量的に評価することを目的として、1987年より沖縄本島の重要な水源地域である国頭村辺土名の流域で森林水文試験を行っている。

本報では、流域水収支、直接流出特性、流況曲線による長期流出解析を行ったので、その結果について報告する。

II. 試験流域の概要と解析方法

試験流域は、沖縄本島国頭村の辺土名地内流域で、流域面積は40.63haである。この流域は中生代の粘板岩・千枚岩を母材とした黄色土が支配的に分布し、斜面の中腹部から山頂にかけて広く分布する弱乾性黄色土と、溪流沿いの緩斜面に分布する適潤性黄色土とに大別される(表-1)。

流量観測は、流域の末端部に幅1.5m、高さ1.0mの長方形堰を築堤し水研62型長期自記水位計を設置して行い、雨量観測は転倒ます型自記雨量計を流域内に2ヶ所設置して行い、その平均値を流域の雨量とした。

解析に用いた水文資料は、1時間単位で整理された雨量・流量データから作成された「日降雨量・日流出量表」より、年間を通じて欠測なく雨量・流量データの得られた7水年(1987, 1990~1991, 1993, 1996~1998年)である。なお、12月は各年とも流出量が少ない月であるので、水年は暦年と同じとした(図-2参照)。

直接流出量と基底流出量の分離は、日単位ハイドログラフにおいて日流出量の増加日の前日を起点として、この点とピーク日流出量発生後3日目の点を直線で結び、その線より上部を直接流出量とする簡易法を用いた。複数のピークを持つ複雑なハイドログラフについても同様に、最後のピーク日流出量発生後3日目を直

接流出の終了点として分離した。また、この期間の全日降雨量を一降雨量として、直接流出量に対応させた。

III. 結果と考察

(1) 流域水収支

年降雨量と年流出量・年蒸発散量の関係を示したのが図-1である。年蒸発散量は流域の水年を単位とする流域水収支式(1)により求めた(1)。

$$P = R + E_T \pm \Delta S \quad (1)$$

ただし、P:年降雨量(mm), R:年流出量(mm),

E_T :年蒸発散量(mm), ΔS :流域貯留量の変化

(1)式で $P - R$ は年損失量であるが、 $\Delta S = 0$ のとき $P - R$ は年蒸発散量に相当する。年降雨量の増加にともない年流出量、年蒸発散量とともに直線的に増加しており、その増加の割合は年流出量に比べ年蒸発散量は小さい。7水年の平均値を用いて流域水収支を計算した結果、年降雨量2745.7mm、年流出量1683.1mm、年蒸発散量1062.6mmで、年流出率は61.3%である。年蒸発散量は南九州における標準的な値とされる900~1000mmに近い値を示している(2)。

本流域の降雨-流出の応答を把握するため、年降雨量が最も少なく観測された年(1991年:年降雨量2,094.0mm)、最も多く観測された年(1998年:年降雨量4,914.3mm)のハイドログラフを作成した(図-2)。図-2を概観すると、①一降雨量に対する直接流出の応答が鋭敏で、急激な増水と減水を示す。②年降雨量が比較的少ない年(1991年)は、夏期や冬季に日流出量が1.0mmを下回る傾向を示す、ことがあげられる。

(2) 直接流出特性

一降雨量と直接流出量の関係を示したのが図-3である。両者の間には有意な相関が認められた。一降雨量の増加にともない直

*1 Kanna, K.: A study on water yield function of subtropical forest (II)

*2 沖縄県林業試験場 Okinawa Pref. Forest Exp. Stn., Nago, Okinawa 905-0017

接流出量は指数曲線的に増加しており、その増加率は初期に小さく、ある降雨量を超えると増大し、その後次第に一定となる。

(3) 流況曲線による長期流出解析

水源かん養機能の働きによる流量の平準化作用を把握するため、流況曲線より日最大流量、豊水流量（95日≧）、平水流量（185日≧）、低水流量（275日≧）、渇水流量（355日≧）、日最小流量を求めた（図-4）。直接流出量で大部分が占められる日最大流量は年降雨量の増加による影響は認められないが、豊水流量、平水流量、低水流量は年降雨量の増加にともない増加しており、降雨量に大きく影響されることが分かる。一方、無降雨期間の流量である渇水流量、日最小流量は2000mmから3000mmの間で年降雨量の大小に一定の関係は認められず、渇水状態を生じる連続して雨の降らない日数や、その季節等の影響を強く受けていると考えられる。

流域からの流出の一様性を表す指標値である豊水量と渇水量の差を求めた（図-5）。豊水量と渇水量の差が小さいほど年間を通しての流量の平準化作用が高いと評価できる。年降雨量2000mmから2200mm辺りまではその差は小さいが、年降雨量2334mm以上になるとその差は急激に開きその後徐々に大きくなる。

流量の平準化作用の程度を表す指標値に調節流出量と非調節流出量を用いた手法が提案されている。図-6はその模式図を示したものである。流況曲線は1年間の日流出量を大きい値から小さい値へ並べ替えたものであり、ここでは流出量継続曲線とした。また同様に日降雨量についても同様に並べ替え、降雨量継続曲線とした。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良く理想的な流況曲線である。年平均の日流出量の直線より小さく流出量継続曲線より大きい部分は平準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、小さいほど平準化作用は高いとみなすことができる。また雨量継続曲線は、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であり、現実には地下への浸透が行われるため流出は時間的な遅れをとらない流出量継続曲線の形をとる。したがって、流出の平準化作用により、降雨量継続曲線から流出量継続曲線に流況が変化させられたことになり、この部分は調節流出量とよばれ、大きいほど平準化作用は高いとみなせる(2)。

年降雨量に対する調節流出量・非調節流出量を示したのが図-7である。相対的には調節流出量より非調節流出量が多く、非調節流出量は年降雨量が多くなるほど多くなっており、平準化作用により調節される雨量には限界があることが示唆される。一方、調節流出量は2000mmから3000mmの年降雨量ではバラツキがあり、その最大値も大差はないが、5000mm付近になると急激に増加している。この調節流出量の増加は洪水緩和機能の発揮による

ものであると同時に、ある程度の年降雨量がないと調節流出量の増加は望めないと考えられる。

年流出量に対する調節流出量と非調節流出量の割合について示した（図-8）。調節流出量の割合は6%から26%の範囲内にあり、非調節流出量の34%から41%の範囲に比較して変動幅は大きい。このことより、流量の平準化作用により調節できる流出量は森林施業等の様々な因子の影響により変動しやすいが、逆に非調節流出量の変動は小さいことが示唆される。このため、流域面積が小さく、かつ降雨量の季節変動が激しいこと等により水不足を生じやすい水文環境にある沖縄本島においては、安定した水資源確保のため、水土保持を重視した森林施業技術の検討が重要と考えられる。

引用文献

- (1) 塚本良則 (1992) 森林水文学. p.74, 文永堂出版, 東京.
- (2) 地頭蘭隆・下川悦郎 (1991) 鹿大演報 19: 43-59.

表-1. 試験地の概況

流域面積	40.63ha
標高	187~399m
流域の平均勾配	27.9°
土壌	弱乾性黄色土 (中腹部~山頂) 適潤性黄色土 (溪流沿い)
森林植生	リュウキュウマツ, イジュ, エゴノキ 人工造林地 (IV~V 齢級)

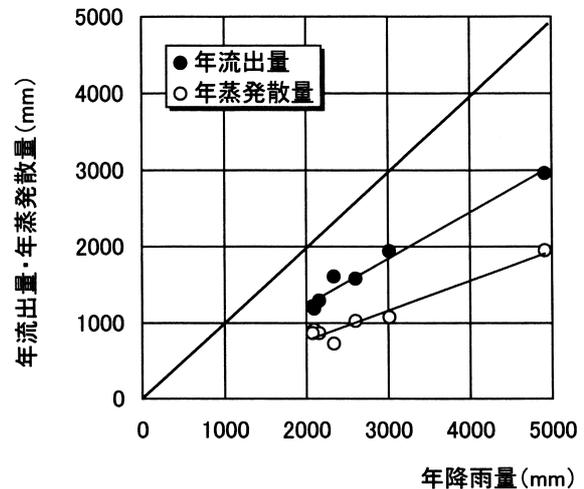


図-1. 年降雨量と年流出量・年蒸発散量の関係

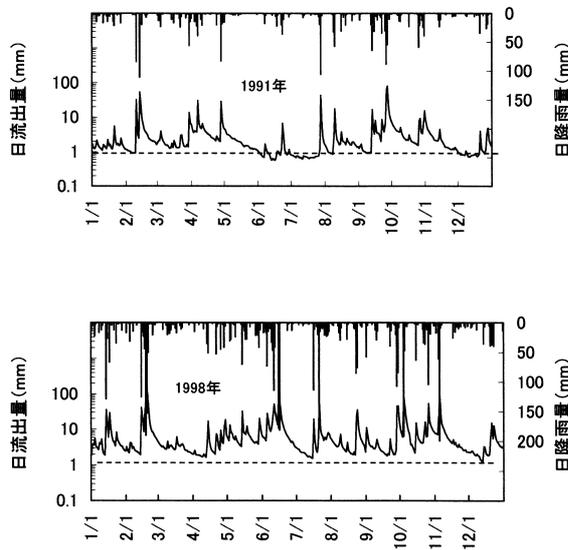


図-2. ハイドログラフ

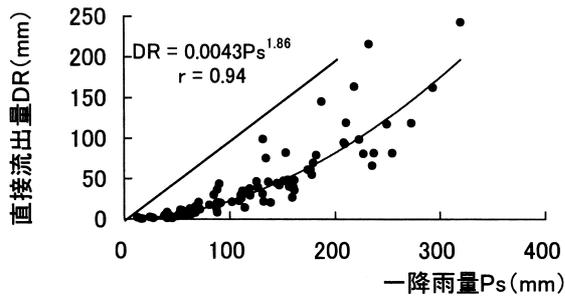


図-3. 一降雨量と直接流出量の関係

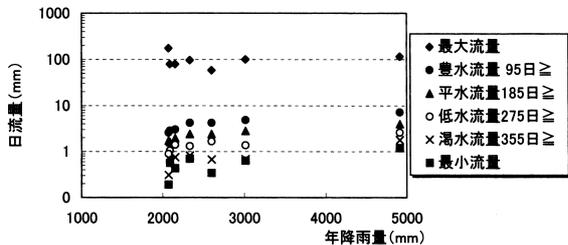


図-4. 年降雨量と流況区分値

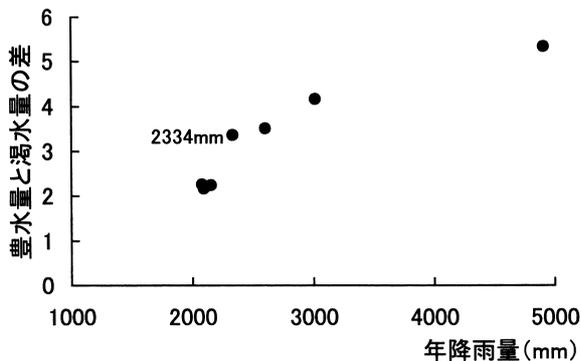


図-5. 年降雨量に対する豊水量と渇水量の差

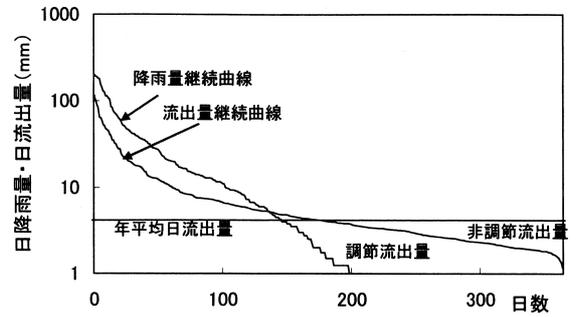


図-6. 非調節流出量と調節流出量

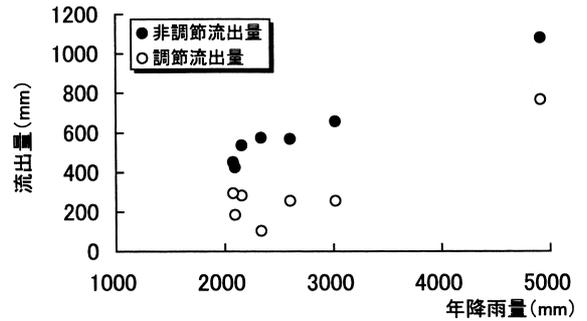


図-7. 年降雨量に対する非調節流出量・調節流出量

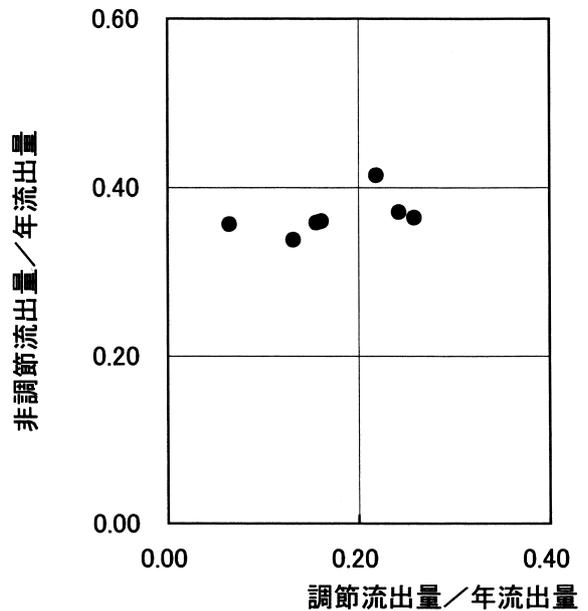


図-8. 年流出量に対する調節・非調節流出量