

# 長期流出モデルを利用した森林生態系の水供給サービスの 定量評価に関する研究

Quantitative Evaluation Study of Forest Ecosystem's Water Provisioning Service Using a Long-term Run-off Model

指導教員 町村尚准教授・地球循環共生工学領域  
28H11066 早田格 (Itaru HAYATA)

**Abstract:** Human society is receiving various benefits from ecosystems called “ecosystem services”. Water provisioning service is a fundamental one from forest ecosystems. However, quantitative investigations of the consequence of water resources enrichment and forest ecosystems have not been carried out sufficiently. In this paper, water provisioning service is defined as the amount a river's ability to provide water is increased by forest coverage. This paper proposes “water provision volume”, an annual accumulated difference between flow- and rainfall- duration curves with suitable upper and lower limits as its indicator. I selected 24 dam free catchments in the upper reaches of snow free watersheds in Japan. Next, I simulated run-off with a long-term run-off model and calculated the water provisioning volume from observed run-off values and simulated run-off values. I performed multiple regression analysis on the water provisioning volume by the catchment attributes as explanatory variables. As a result, only the partial regression coefficient of forest coverage was significantly positive at the level of 5%. This showed that increment of forest coverage in a catchment causes equalization of river runoff, which raises the water provisioning volume.

**Keywords:** Long-term run-off model, Water provisioning service, Forest ecosystem, Ecosystem service

## 1. 背景と目的

森林のもつ水源かん養機能は人間社会が依存する生態系サービスのひとつとして、これを評価する必要があるが、定量的な研究は不足している。本研究では、森林生態系の水供給サービスの定量的方法を検討するため、流況曲線を利用して得られる、降雨に対する流出の平準化作用によって増加した水資源量を表す指標を水供給量と定義する。また、長期流出モデルを構築し、一定降雨量下での流出を再現することで、降雨流出過程を考慮した各流域の水供給量を算出する。水源涵養機能を考慮した森林マネジメントや政策提言へのアプローチとするため、水供給量と森林被覆率などの各流域の属性データとの分析を行うことを目的とする。

## 2. 流況曲線を利用した森林の水源かん養機能の指標と分析評価

### 2. 1 流況曲線を利用した水供給量の定義

流況曲線を利用して得られる流出の平準化作用によって増加した水資源量を表す指標を、図1のように流況曲線と1年の日雨量を降順に並べ替えた曲線（雨量特性曲線）を求め、豊水量（95日流量）と渇水量（355日流量）を上下限とする範囲内の2つの曲線の差の積算値を求め、これを流域の水供給量とした<sup>1)</sup>。

### 2. 2 研究対象流域及びデータ収集

本研究では、日本の非積雪地における一級河川の上流にダムを持たない24の流域を研究対象とした。各流域は流量観測所を末端とし、国土地理院基盤地図情報数値標高モデル 10m

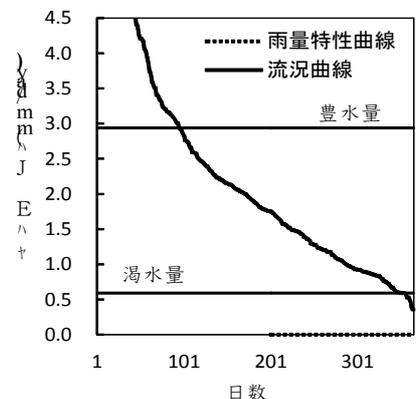


図1 流況曲線の例（鈴鹿川流域）

表 1 水供給量の重回帰分析の結果 (N=17)

	偏回帰係数	t値	p値
(定数)	-155	-0.78	0.45
森林被覆率	654	2.29	0.04 *
河床平均勾配	-2,942	-1.02	0.33
流域形状係数	38	0.36	0.73

メッシュ<sup>2)</sup>から、地理情報システム (ArcGIS 9.1) を用いて集水域を特定した。また、国土交通省水文水質データベース<sup>3)</sup>より、日流量と日雨量のデータを利用し、日雨量はティーセン法によって面積雨量に換算した。また、国土交通省国土数値情報<sup>4)</sup>から森林地域などのデータを利用して、森林被覆率などの各流域の属性データを算出した。

### 2. 3 水供給量と流域の森林及び属性データとの統計的分析

データの信頼性を検証した 17 の流域における水供給量を目的変数とし、森林被覆率、河床平均勾配、流域形状係数を説明変数として、統計処理ソフト R を用いて重回帰分析を行った。結果を表

1 に示す。森林被覆率の偏回帰係数は正で、この係数のみ 5% の水準で有意となった。しかし、重回帰分析の自由度調節済決定係数は 0.176 であり、重回帰モデルとしての精度は低く、データのサンプル数を増やしてモデルの精度を上げる必要がある。

## 3. 長期流出モデルを利用した一定降雨下での流域水供給量の評価

### 3. 1 長期流出モデルの構築

森林の流出平準化作用は降雨特性によっても変化するため、同一降雨下での流域の河川の流出を再現したうえで流出の平準化作用を評価する必要があるため、菅原 (1972)<sup>5)</sup>の直列 4 段タンクモデルを基本とした長期流出モデルを構築し、同一降雨量下での流出を計算し、各流域における水供給量を算出した。鈴鹿川流域における長期流出モデルによる流出量の計算結果を図 2 に示す。

### 3. 2 同一降雨量下での流出のシミュレーション及び水供給量の評価と考察

形状係数や平均勾配の値が比較的近い、鈴鹿川亀山観測所流域、加古川万願寺観測所流域、天竜川犬居観測所流域の 3 流域について亀山観測所における降雨データを与えて長期流出モデルによる流出量の計算を行い、水供給量を算出した (図 3)。各流域の森林被覆率と水供給量と関係を見ると、森林被覆が多い流域で水供給量が大きく、ある一定以上の被覆率では変化が小さいという傾向が見られた。

## 4. 結論と今後の課題

本研究では、流出の平準化作用を表す指標として水供給量を提案し、長期流出モデルなどを利用して森林の水供給サービスの定量的な評価を試みた。結果、森林と水供給について正の相関が得られ、降雨特性などによる不確実性は大きいながら、森林による流出の平準化作用の定量的評価の可能性が示された。

### 参考文献

- 鈴木雅一：山地流域に与える森林の影響評価のための流況解析，日本林學會誌，Vol.70, No.6, pp.261-268, 1988.
- 国土地理院：基盤地図情報ダウンロードサービス，<http://fgd.gsi.go.jp/download/>, 2013/2 referred.
- 国土交通省：水文水質データベース，<http://www1.river.go.jp/>, 2013/2 referred.
- 国土交通省：国土数値情報ダウンロードサービス，<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>, 2013/2 referred.
- 菅原正己：流出解析法，水文学講座 7，共立出版，1972.

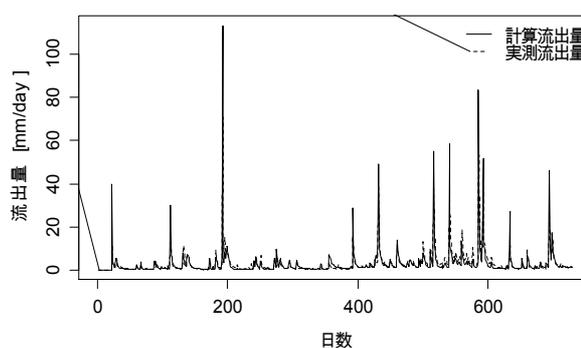


図 2 長期流出モデルによる流出量の計算結果

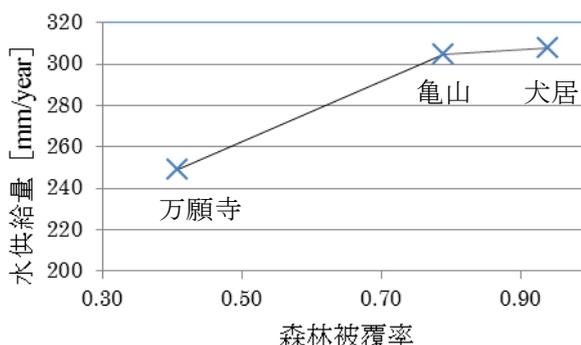


図 3 一定降雨下における水供給量と森林被覆の関係