

物部川の支流における 地理的特性と河川流量の関係

堀内 彩乃

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

森林と河川流量の関係性については、これまで主に豊水期に着目した研究が多く行われてきた一方で、渇水期における関係性を詳細に検討した研究は限られている。本研究は渇水期に着目し、地形勾配および落葉樹林・常緑樹林といった森林タイプの違いが河川流量にどのような影響を及ぼすのかを明らかにすることを目的とした。国土地理院発行の地盤標高データを用いて地理的特徴を抽出し、JAXA 発行の地層標高データを用いて樹高マップを作成した。また、樹種ごとの代表的な 14 の流域について流量観測も行った。その結果、流路勾配と平均樹高は比流量に対して低い相関を示すことが確認できた。今回、樹高マップの空間分解能が 30m と低かったため、高精度な情報を十分に取得できなかったことが一因であると考えられる。今後は観測地点を増やし、より高い空間分解能の樹高マップを用いて、立木密度を考慮するとともに、流量観測地点も増やすことが必要である。

Key Words : 森林管理, 渇水期, 流量, 地理的特性

1. はじめに

森林は、降雨遮断、蒸発散、土壌への水の浸透や地下水涵養に関する過程を通じて、流域の水循環に多大な影響を及ぼすことが、国内の流域試験や観測研究により明らかにされてきた[1]。そのため、森林と河川流量の関係については長年にわたり多くの知見が蓄積されている。特に、間伐や植林などの森林被覆変化が流量に及ぼす影響については、降水量が多く流出変動が顕在化しやすい豊水期や出水時を対象とした研究が中心であった[2]。一方、降水量が少なく、河川流量が地下水流出に大きく依存する渇水期における森林の影響について、森林状態を考慮して検討した国内の研究は限られている。渇水期流量は、水資源の安定供給や河川生態系の維持において重要な役割を果たしており、その緩和機能に関する研究は報告されている[3]。しかし、森林状態と河川流量との関係を直接的に検討した研究は依然として少ない。

川添[4]はスギ・ヒノキの人工林が分布する地域を対象に、森林密度と渇水期の河川流量の関係性について調査を行った。その結果、立木密度が渇水期の流量に大きく関与していることが示された。

そこで本研究では、川添の研究で示された人工林における知見が、落葉樹を含む他の森林タイプや地域においても適用可能であるかを検討するため、渇水期に着目し、地理的特性と河川流量との関係を実測に基づいて整理する。

2. 流量観測点の選定と地理的特性

2.1 流量観測点の選定

観測点の選定にあたっては、流域内の植生タイプに着目し、常緑樹林および落葉樹林を主な基準とした。植生分布の把握には Google Satellite を使い、落葉樹が比較的多く分布する地域と、常緑樹と落葉樹の混交林である地域を流量観測地点として 14 点選定した (図 1)。

落葉樹が多く分布する物部町久保和久保、物部町久保影周辺、落葉樹と常緑樹の混交林である物部町笹、常緑樹が多く分布する藤ヶ谷を流量観測地点として選定した。

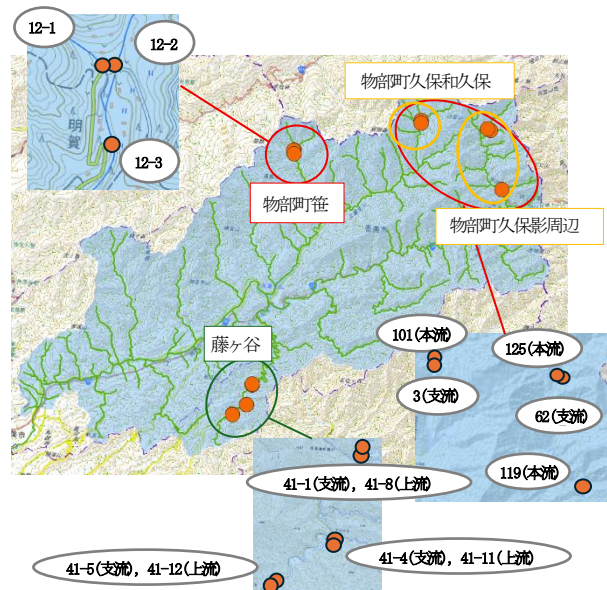


図 1 物部川流域と観測点

2. 2 流域面積の算出

各観測地点における流域面積は、国土地理院が公開している地盤標高データ(以下 DEM)を基にフリーウェアの地理情報システムである QGIS の r.watershed と自作したプログラムを用いて算出した。DEM は、10m×10m タイルのものを使用し、タイルごとに標高の値が入力されている。流域面積の算出手順は以下の通りである。

- ① 実際の観測地点と流路が一番長くなる源流の地点に手動でポイントを設定した(図 2)。



図 2 ポイント位置

- ② 源流ポイントから QGIS の機能である r.watershed の排水方向で観測ポイントまでたどって流路を作成するプログラムを構築した(図 3)。排水方向とは、タイルが周囲 8 方向に対してどれに排水しているかを数値で示したものである。

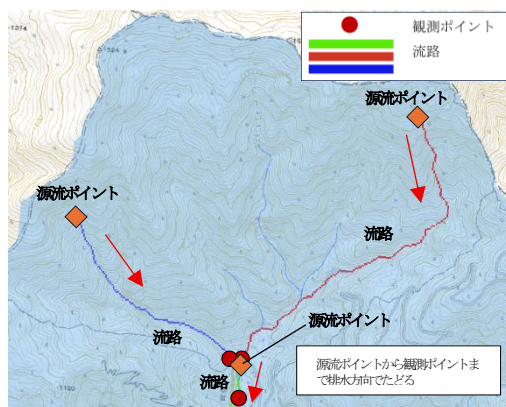


図 3 流路作成

- ③ 排水方向情報を用いて流域を作成するプログラムを構築した。すべてのタイルを対象に、排水方向を追跡することで、最終的にどの流路に流入するかを判定する原理を用いた。まず流路を起点とし、そ

の周囲 8 方向の排水方向を確認し、流路に向かって排水されるタイルを同一流域として判定した(図 4)。その後、ゾーン統計(ラスタ)を用いて流量観測地点における流域面積を求めた(表 1)。

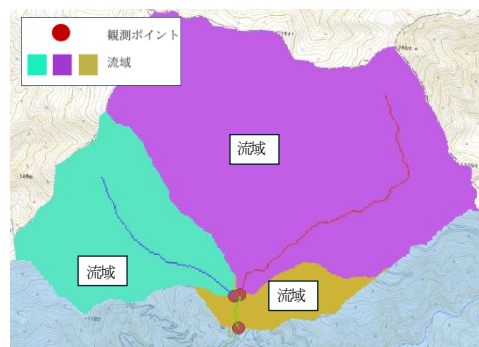


図 4 流域作成

2. 3 流路勾配の算出

流路勾配は、高低差を流路長(水平距離)で除した値として定義し、排水方向情報に基づいて抽出した単一の河川流路をベクタ化して算出した流路長、および DEM の地盤標高から高低差を算出することで求めた(表 1)。

2. 4 樹高計測

樹高計測は、JAXA が提供する衛星の一つである ALOS の観測データを基に作成された、第 3 版 AW3D30 の DSM (建物高・樹高を含む表層標高データ)から DEM(地盤標高データ)を差し引いて算出した。負の値が算出されたが、この値は 0m に置き換えた。加えて、データ取得時から年数が経過しており、現在は伐採されている箇所については目視で確認した後、樹高を 0m として扱った(表 1)。-10m などの数値が出た点、田畑が 9m となる箇所などがあつた点から全体の DSM の精度が低いことが考えられる。また、今回の DSM の空間分解能が 30m であつたことから、立木密度を作成することはできなかった。

2. 5 落葉樹割合の算出

落葉樹割合は流域面積と畔地が LANDSAT データから作成した落葉樹分布マップ[5]を用いた(表 1)。図 5 は、落葉樹割合と平均樹高の相関図を示しており、落葉樹の割合が低いほど平均樹高が高い傾向になっていることが分かる。よって、対象地域の常緑樹は針葉樹であることから平均樹高が高くなったと言える。

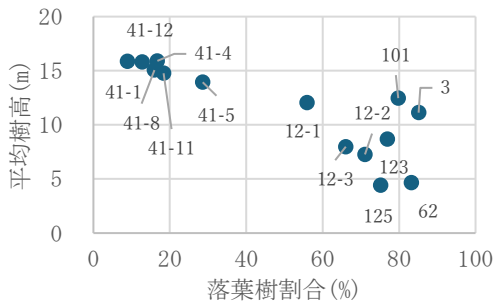


図5 落葉樹割合と平均樹高

表1 流域情報

流域ID	流域面積 (km ²)	流路勾配	平均樹高 (m)	落葉樹割合 (%)
41-1	1.32	0.1213	15.87	8.9
41-4	2.02	0.0778	15.91	16.7
41-5	1.72	0.0663	13.93	28.6
41-8	13.10	0.0369	15.06	16.0
41-11	6.21	0.0509	14.77	18.4
41-12	3.14	0.0642	15.80	12.8
3	4.05	0.2032	11.13	85.1
101	6.09	0.1313	12.47	79.8
125	3.52	0.5377	4.42	75.2
62	0.71	0.1067	4.66	83.2
119	21.82	0.1652	8.69	72.6
12-1	1.46	0.2802	12.04	55.9
12-2	4.03	0.2756	7.27	71.1
12-3	5.87	0.2565	7.98	66.0

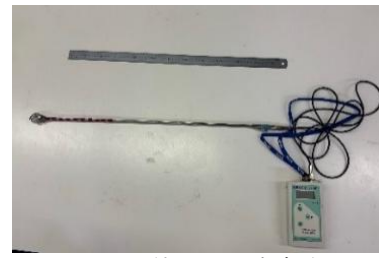


図7 使用した流速計

表2 に各観測地点における流量観測結果を示す。藤ヶ谷の結果には川添の計測結果を使用した[4]。

表2 観測結果

観測日	地域	流域ID	川幅 (m)	平均水深 (m)	流量 (m ³ /s)
2025/1/13	藤ヶ谷	41-1	1.85	0.08	0.0068
		41-4	1.51	0.05	0.0146
		41-5	5.56	0.11	0.0193
		41-8	2.76	0.17	0.0958
		41-11	6.05	0.07	0.0453
		41-12	2.33	0.12	0.0253
		2025/12/2	物部町 久保和久保	3	4.70
101	1.80			0.15	0.0765
物部町 久保影周辺	125		2.35	0.25	0.0581
	62		0.32	0.04	0.0028
	119		7.60	0.31	0.5831
2026/1/9	物部町笹	12-1	0.80	0.07	0.0098
		12-2	0.75	0.14	0.0448
		12-3	2.05	0.23	0.0950

3. 流量観測

流量観測は、河川断面を複数区分に分割し、各区分において水深の6割の位置で流速を測定することで実施した(図6)。今回用いた流速計を図7に示す。このとき、川に渦が発生していたらうまく流速が測れないため、渦が発生していない測線で測定した。得られた水深および流速データを基に、区分求積法を用いて流量を算出した。



図6 計測している様子

4. 地理的特徴と流量の関係

4.1 流域面積と流量

各流域の流域面積と流量の関係を図8に示す。2025年1月に計測した藤ヶ谷に関しては、他と比較して傾きが緩やかな傾向がみられたが、相関は高い値を示した。

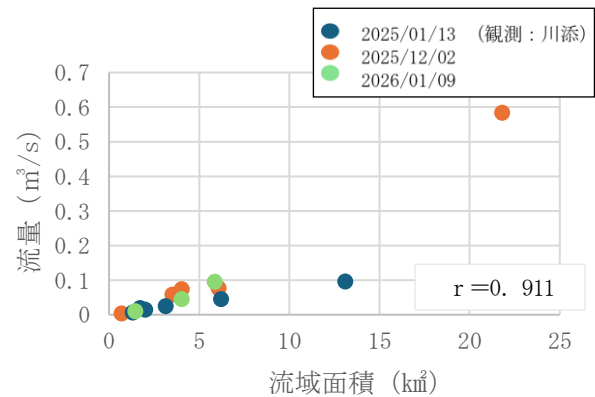


図8 流域面積と流量

4. 2 流路勾配と比流量

流域面積と流量に高い相関がみられたことから流量を流域面積で除した指標である比流量を使用して評価する。図9に流路勾配と比流量の関係を示す。

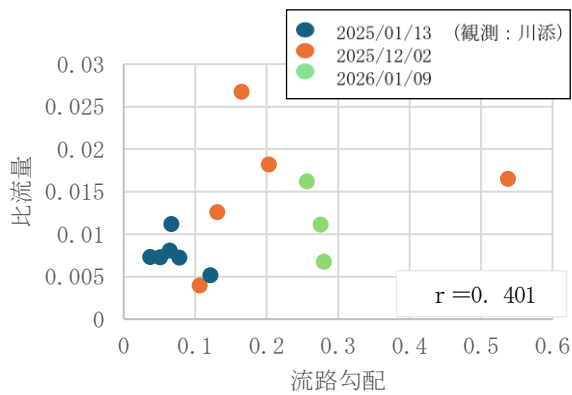


図9 流路勾配と比流量

流路勾配が小さい領域では比流量の値は比較的集中している一方で、流路勾配が大きくなるにつれてばらつきが増加する傾向がみられたが、相関は低い値を示した。

4. 3 平均樹高と比流量

図10に各流域の平均樹高と比流量の関係を示す。

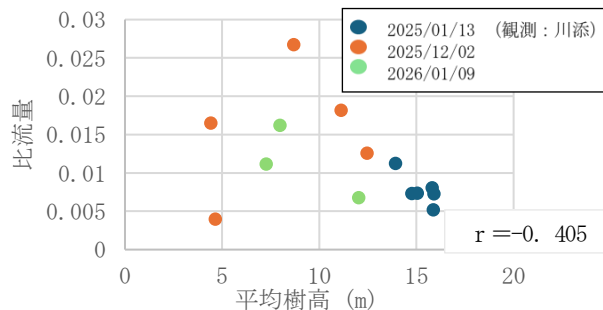


図10 平均樹高と比流量

平均樹高が低い地域では比流量のばらつきが増加する傾向がみられたが、相関は低い負の値を示した。

4. 4 流路勾配/平均樹高と比流量

流路勾配と比流量には弱い正の相関、平均樹高と比流量には弱い負の相関がみられたことから、流路勾配を平均樹高で除した指標を用いて散布図を作成した(図11)。

低い値の領域では比流量は比較的まとまって分布する一方で、値が大きくなるにつれてばらつきが増加する傾向がみられたが、全体として明瞭な相関関係は認められなかった。

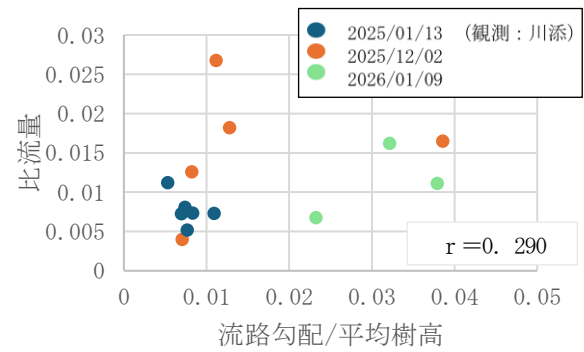


図11 流路勾配/平均樹高と比流量

5. 考察

本研究ではQGISとプログラミング、衛星情報をもとに地理的特性を抽出し、観測により得られた流量との関係性を整理した。その結果、流量と流域面積との間には高い相関を示した一方で、比流量と流路勾配および平均樹高との相関は低いことが明らかとなった。これは、使用したDSMの空間分解能が低かったことが一因であると考えられる。

一方で、流域内の植生条件が比流量に影響を与えている可能性も示唆される。特に、根系の発達や樹種の違いは土壌の保水性や地下水涵養に関与すると考えられる。しかし、本研究では広域を対象とした空間分解能30mの樹高マップを使用したため、立木密度を算出するには至らなかった。

今後は立木密度等の詳細な植生情報を把握したうえで流量との関係を検討することにより、渇水期における流況形成要因をより詳細に解明できると考えられる。さらに、観測地点を増やし、地質条件や土壌特性との相互作用を考慮した解析を行うことで、森林の水文機能に対する理解が一層深化すると期待される。

参考文献

- [1] 塚本良則, 1992, 森林水文学—森林の水源涵養機能と流域管理—
- [2] 森林総合研究所, 2014, 森林と水の謎を解く (2) 間伐と水流出
- [3] 農業環境技術研究所, 1999, 森林の渇水緩和機能についての研究 (2)
- [4] 高知工科大学 川添峻平, 2026, 藤ヶ谷流域における森林密度が河川流出量に及ぼす影響
- [5] 高知工科大学 畔地哲生, 2026, 高分解能落葉樹マップの作成と着葉・落葉マップの高精度化