

【原著論文】

## 球磨川水系川辺川における過去 95 年間の豊水，平水，低水， 渇水比流量の長期変動

蔵治 光一郎\*

東京大学大学院・農学生命科学研究科・附属演習林生態水文学研究所

e-mail: kuraji\_koichiro@uf.a.u-tokyo.ac.jp

### 概 要

球磨川水系川辺川で観測された河川比流量の 1919 年から現在に至るまでの変動を明らかにすることを目的として，中流から下流にかけての 3 地点で観測され公開されている豊水，平水，低水，渇水流量データを収集して解析した。四浦の 1980～2013 年の各比流量は水力発電のための取水により 1927～43 年と比べて小さかった。流域の森林の約 3 分の 1 が広葉樹林から針葉樹林に転換された 1955～70 年ごろを境に栗鶴・五木宮園の比流量に長期的な増加あるいは減少する傾向はみられなかった。水力発電の取水による四浦地点の比流量の減少幅に比べれば，森林の変化による比流量の増加あるいは減少の幅はわずかであると考えられた。

キーワード：球磨川水系川辺川，比流量，長期変動，森林の変化

(受付：2014 年 2 月 4 日，受理：2015 年 4 月 14 日)

### I はじめに

球磨川水系川辺川は，1966 年に球磨川水系工  
事実施基本計画が策定されて以降，50 年近くに  
わたって川辺川ダム計画やダムによらない治水を  
巡る議論が続けられてきたことで知られている。  
その議論の一つとして流域の森林の変化と川辺川  
の洪水ピーク流量との関係を巡る議論があった。  
川辺川流域の約 3 分の 1 の面積が，拡大造林期と  
呼ばれる 1960～1970 年代のわずか 15 年間に，  
広葉樹林からスギ・ヒノキ人工林に転換された。  
1970 年代後半には流域の約 3 分の 2 を占めるに  
至った人工林が，その後適切な管理がされずに放  
置されたことにより，森林の水源涵養機能が劣化  
し，洪水ピーク流量が低下したという仮説が提示  
され，仮説を検証するための試みも行われた<sup>1)</sup>。

このような流域の森林の大規模な変化は，洪水  
ピーク流量だけではなく，平常時や渇水時の流量  
にも影響を与える可能性があるが，川辺川におい  
て，洪水ピーク流量以外の流量，例えば豊水，平  
水，低水，渇水の各流量が森林の変化に伴って変  
化したかどうかを，実測された流量データを用い  
て検討した研究は著者の知る限り見当たらない。

そこで，本研究では，川辺川の観測流量が初め  
て公開された 1919 年から現在に至るまで，川辺  
川の流量がどのように変化してきたのかを知る  
ことを目的とした。

### II 使用したデータ

本研究において対象とする流量は，豊水，平水，  
低水，渇水の各比流量とする。豊水比流量とは 1

表 1 研究に用いた流量観測地点, 流域面積, 使用したデータの年

地点名	流域面積 (km <sup>2</sup> )	使用したデータの年
柳瀬	521	1952～2013年 (1954, 61年記載なし)
四浦・寄木	492 (四浦・流量要覧) 491 (四浦・水文水質データベース) 501 (寄木)	四浦: 1919～21年 (豊水記載なし), 1925～34, 1980～2013年 (1980年低水, 渇水記載なし, 2007年記載なし) 寄木: 1935～43年
粟鶴・五木宮園	242 (粟鶴) 227 (五木宮園)	粟鶴: 1919～73年 (1925～26, 65年記載なし) 五木宮園: 1980～2013年 (1980年低水, 渇水記載なし, 1981・95～96年渇水記載なし, 1998・2006～08年記載なし)

年を通じて95日はこれを下回らない比流量, 平水比流量とは1年を通じて185日はこれを下回らない比流量, 低水比流量とは1年を通じて275日はこれを下回らない比流量, 渇水比流量とは1年を通じて355日はこれを下回らない比流量である。

川辺川で観測された豊水, 平水, 低水, 渇水流量を報告している文献<sup>2)～6)</sup>, および水文水質データベース<sup>7)</sup>からデータを収集し, 比流量に換算した。さらに流量年報をデジタル化した雨量・流量年表データベースDVD<sup>8)</sup>から日流量を抽出し, 豊水, 平水, 低水, 渇水流量を求め, 比流量に換算した。比流量とは単位流域面積あたりの流量で, 河川の分野では単位に通常[m<sup>3</sup>/s/100 km<sup>2</sup>]が使われるが, 本研究では単位に[mm/day]を用いた。1 [mm/day]=1.157 [m<sup>3</sup>/s/100 km<sup>2</sup>]である。比流量を用いることで, 異なる流域面積の流量を直接比較することが可能となる。

収集したデータを概観し, 比較的長期のデータが得られる以下の3地点の流量を解析対象として選定した(表1)。四浦と寄木, 粟鶴と五木宮園は流域面積がそれぞれ10 km<sup>2</sup>, 15 km<sup>2</sup>異なっているが, その違いはそれぞれの流域面積の5%未満であるため, 本研究では同じ地点とみなして検討することにした。

### III 結果

3地点で観測された豊水比流量, 平水比流量, 低水比流量, 渇水比流量を図1に示す。3地点のうち最下流の柳瀬と最上流の粟鶴・五木宮園では, いずれの比流量も横ばいで, 顕著な増加・減少の傾向はみられないのに対して, その中間に位置する四浦・寄木では, 1919～1943年の比流量に比べて1980～2013年の比流量が著しく小さくなっていることがわかる。

3地点の値がすべて揃っていて比較可能な年は1980～2013年(一部記載のない年あり), 3地点のうち2地点の値が比較可能な年は1927～1943年および1952～1973年(一部記載のない年あり)である。そこでこれら3つの期間で各比流量の平均値を求め, 比較した。結果を表2に示す。1927～1943年では, 四浦・寄木の豊水・平水比流量は, 粟鶴・五木宮園の豊水比流量と平水比流量に比べて有意に大きかったが, 低水・渇水比流量は四浦・寄木と粟鶴・五木宮園の間に有意な差はなかった。1952～1973年では, 柳瀬と粟鶴・五木宮園の比流量に有意な差はなかった。1980～2013年では, 四浦・寄木の4つの比流量はすべて, 柳瀬および粟鶴・五木宮園の比流量より有意に小さかった。柳瀬と粟鶴・五木宮園との間に有意な差はなかった。柳瀬の4つの比流量はいずれも1952～1973年と1980

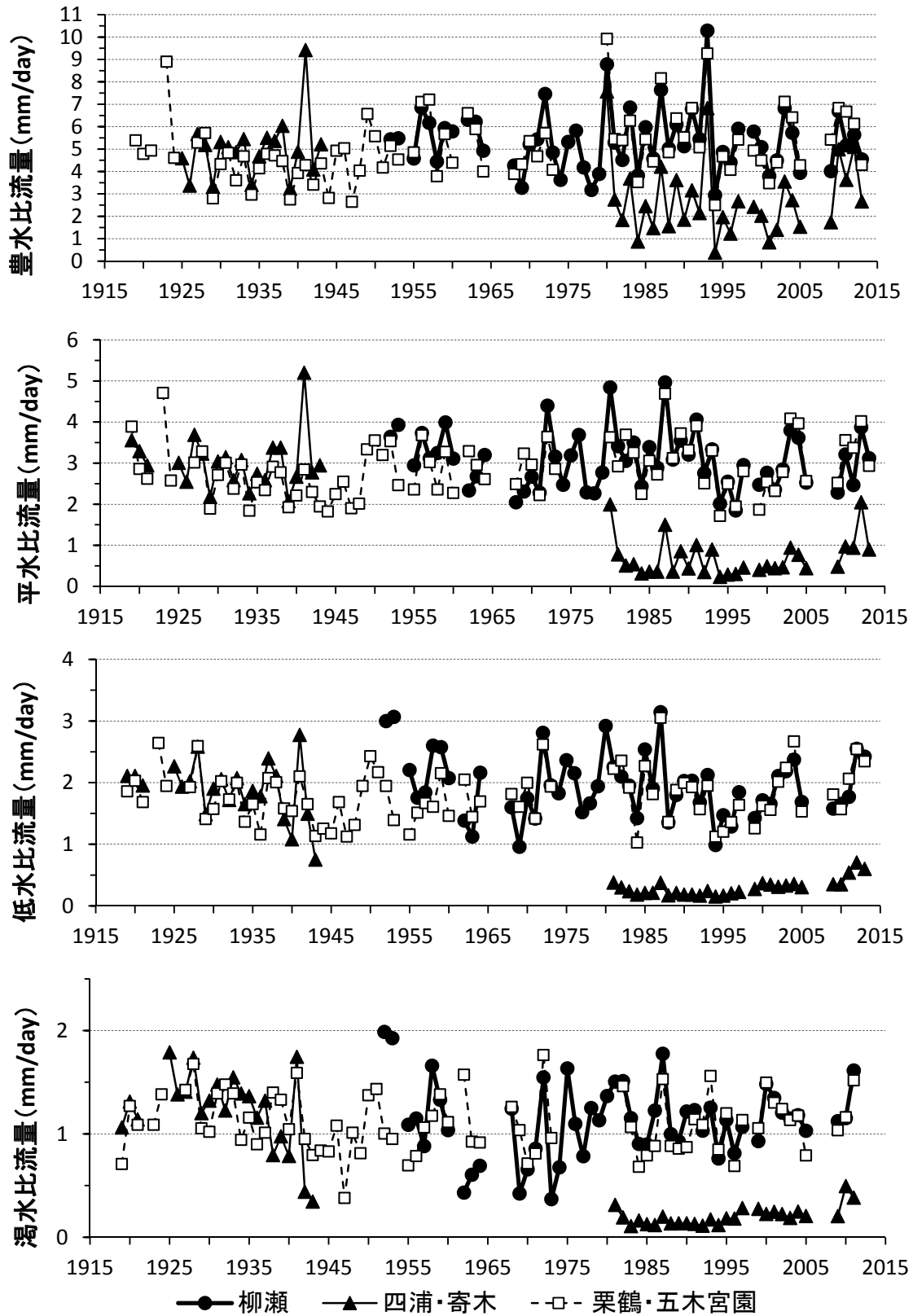


図1 3地点で観測された豊水比流量，平水比流量，低水比流量，渇水比流量の経年変化

表2 比流量の地点間比較が可能な期間における期間内平均各比流量

年		1927-43	1952-73	1980-2013
欠測年			1954, 61, 65-67	1998, 2006-08 1980(低水, 渇水) 1981, 95-96(渇水)
豊水比流量 [mm/day]	柳瀬	—	5.4	5.5
	四浦・寄木	5.1*	—	2.8**
	栗鶴・五木宮園	4.2*	5.1	5.6
平水比流量 [mm/day]	柳瀬	—	3.1	3.1
	四浦・寄木	3.0*	—	0.7**
	栗鶴・五木宮園	2.5*	2.9	3.1
低水比流量 [mm/day]	柳瀬	—	2.0	1.9
	四浦・寄木	1.8	—	0.3**
	栗鶴・五木宮園	1.7	1.7	1.9
渇水比流量 [mm/day]	柳瀬	—	1.1	1.2
	四浦・寄木	1.2	—	0.2**
	栗鶴・五木宮園	1.2	1.1	1.1

\*P < 0.05 で同じ期間で互いに有意差あり。

\*\*P < 0.05 で同じ期間の他の2地点との間に、ともに有意差あり。

～2013年との間で有意な差はなく、栗鶴・五木宮園の4つの比流量はいずれも1927～1943年、1952～1973年、1980～2013年の間で有意な差はなかった。

#### IV 考察

##### 1. 四浦・寄木の比流量

図1より、四浦・寄木の1980～2013年の各比流量は1927～43年と比べて明らかに小さくなっている。これは四浦・寄木の流量観測所が、JNC株式会社が所有する川辺川第二発電所の水力発電のための水利権による取水によって生じた減水区間に位置するためである。川辺川第二発電所は出力8,200 kWで、1926年1月23日に水利権が許可され、1935年5月から稼働している。取水口は五木村野々脇地区にある川辺川第二堰堤で、水利権量は17.25 m<sup>3</sup>/sである。取水さ

れた発電用水は、導水路を通って相良村六藤にある川辺川第二発電所に導水され、水車を通過した後、河川に戻されている。

水力発電は1935年から開始されたにもかかわらず、図1から、1934年までの比流量と1935～1943年の比流量に大きな差はみられない。表1に示すように、流量観測点は1934年まで四浦、1935～1943年は寄木に位置している。寄木は四浦よりも流域面積が10 km<sup>2</sup>大きいことから、四浦より下流に位置していることになる。発電開始により、減水区間よりも下流に観測地点を変更したために、発電開始後の1935～1943年にも比流量減少がみられない可能性がある。それに対して1980年以降は、減水区間において流量が観測されているため、図1でみられるような明瞭な比流量の変化が現れたものと考えられる。

表2から、1980～2013年の平均比流量は

1927～43年と比べて、豊水、平水で2.3 mm/day, 低水で1.5 mm/day, 渇水で1.0 mm/day, それぞれ小さい。一方、川辺川第二堰堤における水利権量17.25 m<sup>3</sup>/sを取水地点の比流量に換算すると3.26 mm/dayとなる。表2より、3.26 mm/dayは川辺川の平均的な平水比流量におおむね相当するので、仮に水利権者が水利権いっぱいまで取水をしてしまうと、川辺川は年におおむね180日間、流量ゼロとなってしまう計算になる。1926年の時点で、自然の河川流量に対して、かなり大きな水利権を民間企業に対して許可しており、それが約90年を経た今でも継続していることがわかる。現在の水利権は2011年9月30日に許可され、2021年3月31日が期限となっている。

JNC株式会社は、2014年1月24日に、既設水力発電所の主要設備を順次、高効率発電機等に更新することで、認可取水量は現状のままに、最大出力及び年間発電量をアップさせ、水力発電の増強と安定供給を実現すると発表した。川辺川第二発電所もその対象に含まれ、2014年2月に工事着工予定、2017年2月に工事完了予定である。この発電所は、川辺川ダムが完成すると、発電所自体は水没しないが取水口のある堰堤（川辺川第二堰堤）が水没するために、完成と同時に発電ができなくなり、稼働を終了すると言われていた発電所である。

## 2. 森林の変化に伴う流量の変化

森林の変化に伴い流量が変化したかどうかを知るためには、水力発電や農業用水の取水の影響が相対的に小さいと考えられる最上流の栗鶴・五木宮園の流量の変動について検討するのがよいと考えられる。図1および表2から、栗鶴・五木宮園の流量が長期的に増加あるいは減少する傾向はみられない。流域の森林の約3分の1が

広葉樹林から針葉樹林に転換されたのは1955～1970年ごろと推察されるが、この期間の前後で特段の変化はみられない。もちろん比流量は降水量によっても変化するため、例えば、この期間の前の期間よりも後の期間で降水量が大きく、それによる流量の増加に対して、森林の変化が、それを相殺するように流量を減少させた可能性も否定できないが、川辺川流域における降水量が長期的に増加あるいは減少の傾向にあることは、これまでどこにも報告されておらず、その可能性は低い。少なくとも、図1によれば、水力発電の取水による四浦・寄木地点の比流量の減少に比べれば、森林の変化による比流量増加あるいは減少はわずかであると考えられる。

## 3. 柳瀬の流量

柳瀬は、本研究で対象とした3地点の最下流に位置している。柳瀬の上流には複数の水力発電による取水があるが、取水された水はいずれも柳瀬の上流で河川に戻されている。また柳瀬の上流では複数の農業用水の取水があり、その中でも最も水利権量が多い川村飛行場水路（いわゆる六角水路）の水利権量は1.39 m<sup>3</sup>/sであるが、この用水を流れる水は柳瀬より上流で川辺川本流に戻されている。結果として川辺川では、流域面積に2倍以上の差がある上流の栗鶴・五木宮園と下流の柳瀬の比流量が、過去約50年間一貫してほぼ同じに保たれていることがわかった。多くの河川で、人為的な影響により上流と下流の流況は異なっているが、川辺川では中流のみが人為的に流量が減少しているものの、主要な取水が河川に戻されていることもあって、下流の流況が上流とほぼ同じになっていることがわかった。

### 謝 辞

本論文の執筆にあたり、国土交通省中部地方整備局川辺川ダム砂防事務所には電話での問い合わせに対して真摯なご対応をいただいた。また匿名の査読者の方からは有益なコメントをいただいた。ここに記して謝意を表する。

### 文 献

- 1) 蔵治光一郎・保屋野初子（編）2004. 緑のダム 森林, 河川, 水循環, 防災. 築地書館, 東京.
- 2) 逓信省電気局 1933. 流量要覧<sup>15)</sup>
- 3) 電気廳 1940. 流量要覧 第2回. 第一印刷所, 東京.
- 4) 資源廳電力局 1950. 流量要覧 第3回. (財) 商工會館出版部, 東京.
- 5) 通商産業省公益事業局 1960. 発電水力調査書 (第4次) 流量要覧. 発電水力協会, 東京.
- 6) 国土庁土地局国土調査課 1976. 熊本・八代地域主要水系調査書.
- 7) 国土交通省水文水質データベース. (<http://www1.river.go.jp/>, 2014年12月31日参照)
- 8) 社) 日本河川協会 2007. 雨量・流量年表データベース DVD. (社) 日本河川協会.