

# 吉野川流域の河川開発における 水文気候学的考察

小笠原 洋 一

## I はじめに

わが国の河川開発は古来より河川をいかにして管理するべきか、としてかかわってきた。洪水を抑制し、一方では流水客土として洪水が上流からもたらす肥沃な土壌も利用してきた。明治期以降、各河川で洪水抑止と折からの電力充需要の高まりから、政府が中心となって河川開発が積極的に行われた。第二次大戦後、全国的に大規模な洪水が頻発したことから国土復興の重要課題として河川開発が促進された。現在、全国の7水系で水資源開発促進法に基づき水資源開発基本計画が策定されており、河川開発の重要性が依然として高い。

河川開発は水資源の有効利用と災害防止である。近年、中小河川での内水氾濫は目立ってきているものの、本川破堤による大規模な洪水被害は減少している。一方、瀬戸内地域などの寡雨地域では数年おきに渇水が発生している。そのためこの地域では河川開発は渇水対策の水資源開発に重点が置かれる傾向が強い。そこで筆者は河川開発を渇水の視点に立って考察する。1980年代後半以降、全国的に降水量に大きな変動が見られ降水量が減少傾向にある。河川開発において経年の平均降水量の減少や、変動幅の拡大といった気候変動も河川の水資源開発の観点から無視はできない。

## II 研究の目的

渇水は洪水のように数日単位の降水量や降水強度に左右される表面流出に

起因するものではない。数ヶ月単位の降水量、流域内での貯留水分量、蒸発散などによる自然損失量に左右される。仮に降水量が少なくても自然損失量が少なければ相対的に水過剰になるし、降水量が多くても自然損失量が多ければ相対的に水不足になる。渇水では主に降水量を重視する傾向があるが「降水－流出－蒸発」と一連の水収支の活用が有効である。

本研究は、大規模な河川開発が行われている吉野川流域の水収支の経年および季節的な傾向を分析する。そして、水源を吉野川流域に依存する地域での渇水原因を探る。吉野川流域では瀬戸内地域にあたる香川県讃岐平野、愛媛県宇摩地方と大規模な流域外水利用が行われている。吉野川流域に水源を依存する瀬戸内地域では工業化や生活水準の向上などによって水不足災害が発生しやすい。この地域の渇水原因を考える上で、水源にあたる吉野川流域の水収支を算出することは意義がある。

### Ⅲ 研究方法と調査資料

本研究での水収支式は以下を用いる。

$$P = D + E + \Delta S$$

$P$  : 降水量  $D$  : 流出量 (賦存量)  $E$  : 損失量 (蒸発散量)

$\Delta S$  : その流域の水分保有量の変化 (地中水分)

このうち、降水量は比較的多く観測されているが、自然損失にあたる蒸発散量の観測は少ない。気候学的推定法のThornthwaite法を用いて蒸発散量を求める。この手法は最大蒸発散量となる可能蒸発散量が、月平均気温との関数として以下の式が与えられている。

$$Et = 16(10T/I)^a$$

$$I = \sum_{i=1}^{12} (Ti/5)^{1.514}$$

$$a = (492390 + 17920I - 77.1I^2 + 0.675I^3) \times 10^{-6}$$

$Et$  : 月可能蒸発散量  $Ti$  : 月平均気温  $I$  : 熱示数  $a$  : 定数

またThornthwaite法によれば $\Delta S$ は経験則から100mmであるとしている。



図1 吉野川流域概観図およびティーセン分割

但しThornthwaite法では余剰水分が該当月にすべて流出することとしており、流域内に積雪として降水を一時的に貯留する積雪地域では適さない。しかし吉野川流域では積雪はあるものの流出に大きな差が出ないと判断した。

降水量データは気象データベース・アメダスVer1.40の日別データ（1976-2002）を使用した。欠測は周辺の観測点と比較し内挿した。算出箇所は吉野川流域内の5地点、流域外の4地点、吉野川流域外水利用地域で、特に渇水の厳しい高松、松山の2地点を加えた11地点の観測点で可能蒸発散量を算出し水収支を求めた。また吉野川流域での降水量は上流域と下流域では多くの差があるため、算術平均法による流域代表値の設定は適さない。そこで各観測点の及ぼす範囲を決定する必要がある、等値線を描き交点を読み取るのが最適ではあるが、個人差による誤差を排除する為にティーセン法を用いた（図1）。

Thornthwaite法による水収支が実測流量と一致するか、支川の分流や不明

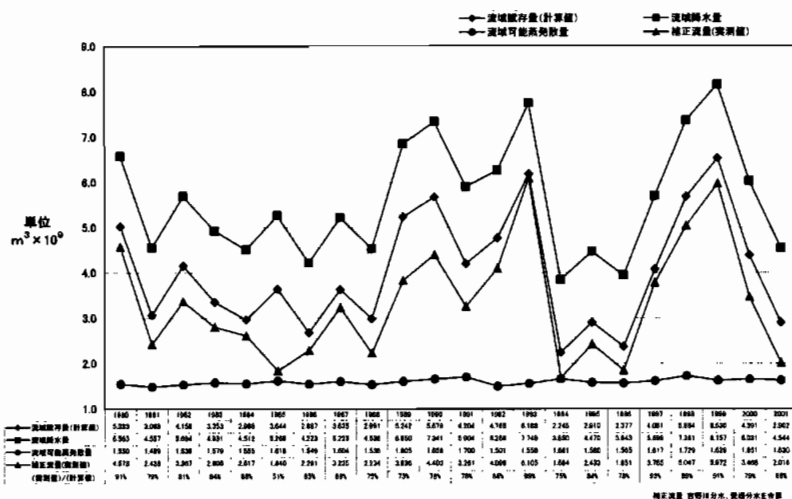


図2 計算値と実測値の誤差(池田流域)

確な取水の影響を受けにくいと推定できる池田で比較検討した。誤差は概ね20%と比較的大きなものとなったが水収支の算出結果と実測流量の傾向がほぼ一致しているため、許容範囲とした(図2)。

#### IV 考察及び結論

本研究では吉野川流域での水収支で中長期的な傾向を分析した結果、以下の傾向が明らかになった。

1、全観測地点で年平均気温が上昇傾向にあり、気温の関数である可能蒸発量も増加傾向にある。吉野川流域では、上流域で降水量は増加傾向にあるが、下流域で減少傾向にある。吉野川流域全体での水資源賦存量は上流域の降水量が下流域の降水量を上回る為に、水資源賦存量としては増加傾向である。この水資源賦存量の経年変化をみると、数年単位で平均値を上下するサイクルがみられる。流出率は微小ながら増加傾向であるが、可能蒸発量との

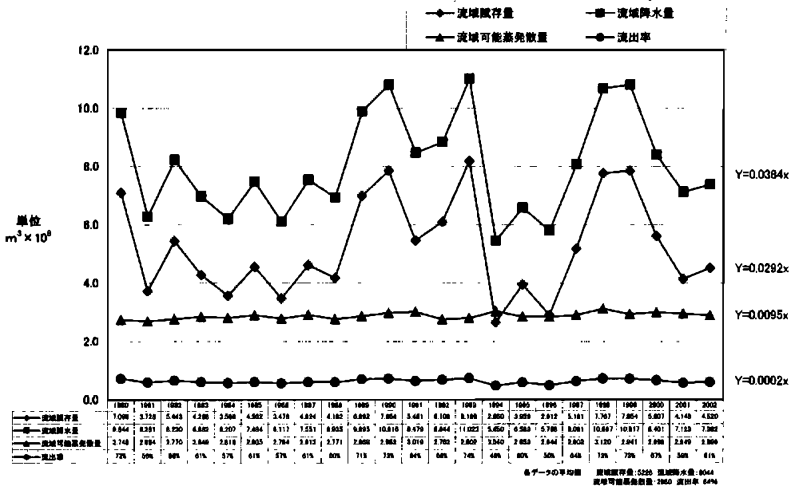


図3 吉野川流域水収支経年変化

上昇により今後、流出率の減少傾向が予想される（図3）。

2、四国瀬戸内地域は夏季に渇水が発生しやすい。水収支によっても平年値で夏季の流出量はマイナスとなる（表1）。特に、1980年代以降の急激な気温

表1 月別流出マイナス月出現回数 1980-2002

	1月	2月	3月	4月	5月	6月
高松	0	0	0	0	0	0
引田	0	0	0	0	0	0
徳島	0	0	0	0	0	0
京上	0	0	0	0	0	0
池田	0	0	0	0	0	0
木頭	0	0	0	0	0	0
高知	0	0	0	0	0	0
大槌	0	0	0	0	0	0
本山	0	0	0	0	0	0
本川	0	0	0	0	0	0
松山	0	0	0	0	0	0
	7月	8月	9月	10月	11月	12月
高松	7	17	9	4	2	0
引田	4	13	5	2	3	1
徳島	3	12	5	3	2	0
京上	0	0	0	0	0	0
池田	2	6	2	0	0	0
木頭	0	1	0	0	0	0
高知	0	1	0	0	0	0
大槌	0	0	0	0	0	0
本山	0	2	0	0	0	0
本川	0	1	0	0	0	0
松山	4	15	8	3	2	0

上昇による可能蒸発散量の増加と降水量の変動幅の拡大は、瀬戸内地域の用水確保に対して不安定な傾向が強くなっていることを示している。

3、吉野川流域での夏季の水資源の確保に重要な梅雨期間では、降水量と、降水時の平均雨量は減少傾向にある。逆に無降水日数は増加傾向にある。(図4表2)

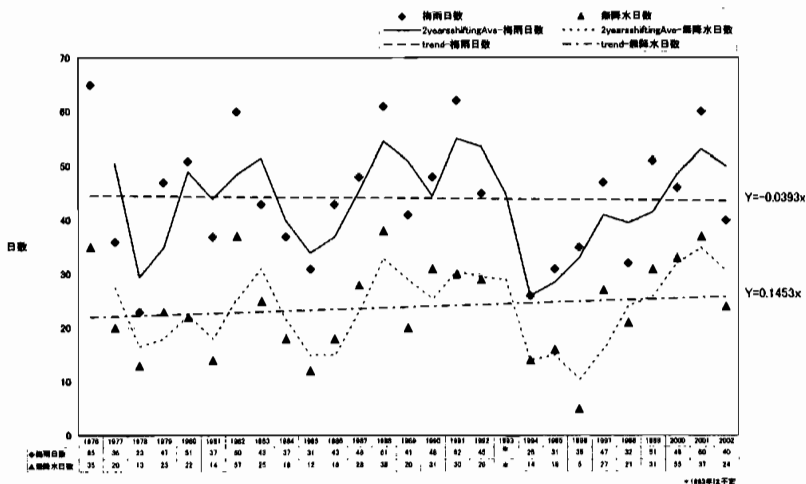


図4 四国地方梅雨期間経年変化

表2 梅雨期間降水量傾向

	高松(1976)	引田(1979)	徳島(1976)	京上(1979)	池田(1976)	木頭(1979)
Trend	-1.2171	-2.4432	-3.7578	-3.008	-1.6057	-4.9759
R <sup>2</sup>	0.0111	0.0268	0.0423	0.012	0.0143	0.0282
	高知(1976)	大橋(1979)	本山(1978)	本川(1979)	松山(1978)	
Trend	-4.776	-12.603	-1.7605	-12.448	-1.7202	
R <sup>2</sup>	0.0366	0.1936	0.0039	0.2028	0.0103	

( )内は観測開始年 各観測点とも観測開始年から2002年までの傾向

結論として、吉野川流域に水源を依存する四国瀬戸内地域での渇水の頻発原因は以下の通りであると考えられる。

- 1、吉野川流域での水資源となる賦存量は数年単位で増減するため渇水年が連続しやすい傾向にあること。
- 2、四国瀬戸内地域は、夏季に水収支の流出マイナス月の発生頻度が極めて高く、渇水が発生しやすい地域であること。
- 3、梅雨期間の降水量と降水日数の減少、及び無降水日数の増加によって、夏季の用水確保に必要な梅雨期の降水量が不安定な傾向にあること。

## V 課題

調査期間が限られているので、今後の動向に注意が必要である。本研究の本質的な問題は、水利用の社会的な需要に起因するものである。自然環境、社会的な水需要の両者の関係を考慮する必要がある。