

早明浦ダム周辺の降水量とダム貯水量の変動特性

藤 部 文 昭^{*1}・村 上 正 隆^{*2}・越 田 智 喜^{*3}・吉 田 一 全^{*3}

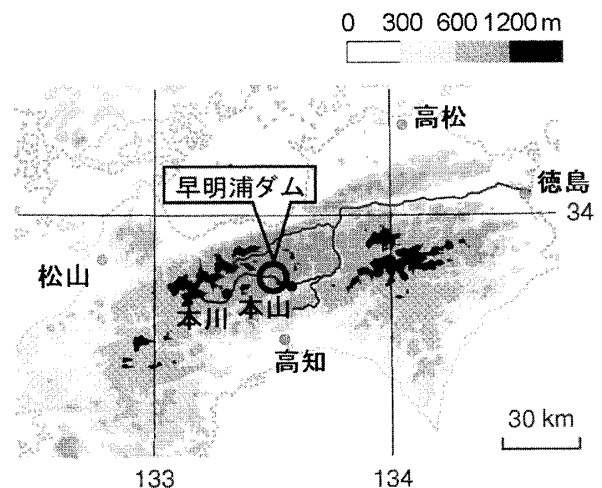
要 旨

12年間のダム貯水量等のデータと27年間のアメダス資料を使って、早明浦ダム周辺の降水量変動の特徴と、ダム貯水量変動との関連を調べた。早明浦ダムにおける渇水頻発の背景要因として、①早明浦ダムの周辺は夏季の降水量が累年の平均値としては多いが、その年々変動率や日単位の集中度も大きく、この意味で降水の定常性に乏しいこと、②早明浦ダムは、貯水量を維持するために多く降水が必要であり、少雨時の貯水量の減少が急であること、の2点が認められた。

1. はじめに

近年、四国の吉野川水系では、早明浦ダム（高知県；第1図）の貯水量低下による取水制限や給水制限がしばしば起きている。2005年には2回にわたってダムの貯水率が0%になり（国土交通省 2006）、2007年にも7月初めに貯水率が一時23.5%まで下がり吉野川水系で第3次取水制限が行われた。2005年の渇水を1つの契機として、科学技術振興調整費による「渇水対策のための人工降雨・降雪に関する総合的研究」が2006年度から5年計画で始まった。

渇水という視点から日本の降水量の変動特性を調べた研究として、葛葉ほか（2001）がある。これは、降水量の年々変動の変動係数（標準偏差÷平均値）をアメダス資料を使って求めたものである。その結果、変動係数が大きく「渇水災害生起のポテンシャル」が高い地域の1つとして香川県が挙げられたが、早明浦ダムのある高知県はそれには該当しない。この評価は年降水量あるいは地域平均降水量（主に都府県内の平均）に基づくものであるが、ダムの貯水量の変動を論ずるためには、その周辺の局地的な降水特性を把握す



第1図 四国の地形、および本文で参照するアメダス地点と早明浦ダムの位置。

ることが望まれる。

本研究では、12年間のダム貯水量等のデータと27年間のアメダス資料を使って、早明浦ダム周辺域の降水量の変動特性を調べるとともに、降水量と貯水量変動との関連を調べた。これらを国内の他の地域と比べることにより、早明浦ダムの渇水多発に関わる気候特性を検討した。

2. 資料

ダム貯水量の解析のため、東北～沖縄の各地域の中

*1 気象研究所予報研究部。ffujibe@mri-jma.go.jp

*2 気象研究所物理気象研究部。

*3 いであ株式会社。

—2007年12月10日受領—

—2008年3月12日受理—

からそれぞれ1個～数個のダムの日別データを1994～2005年の12年間について収集した。要素は貯水量・貯水位、流入量、放流量、流域平均降水量などであるが、ダムによって一部の要素・期間が欠けている。流域平均降水量とは、各ダムの管理部局がダム周辺に観測点を設けて求めたものである。本研究では、貯水量と流域平均降水量の欠測が少なく、ダムの規模が比較的大きいことを条件として、次の4つのダム・ダム群を解析対象にした。

- ・早明浦ダム（高知県、吉野川水系）
- ・利根川上流域の8つのダム（矢木沢、奈良俣、藤原、相俣、菌原、下久保、草木ダムと渡良瀬貯水池；以下「利根8ダム」）
- ・七ヶ宿ダム（宮城県、阿武隈川水系；貯水量は2004年まで）
- ・牧尾ダム（長野県、木曾川水系）

一般に、日本のダムは利水だけでなく洪水調節の役割を持っていて、その貯水能力の一部を洪水調節用に空けておくよう運用されている。満水時の容量（有効貯水容量＝総貯水容量から土砂や死水の分を引いたもの）から、洪水調節容量と発電容量を引いたものが、利水のための貯水容量すなわち利水確保容量である。後出の第1表に示すように、早明浦ダムは洪水調節容量が多めに設定されていて、その分、利水容量は少なく、特に梅雨期と台風期には利水確保容量が有効貯水容量の約半分にまで下がる。

また、降水の変動と地域特性の解析のため、全国のアメダスによる毎時降水量を使った。アメダスは1979年初めに全国展開が完了したので、対象期間を1979年4月～2006年3月の27年間とした。このうち、早明浦ダム周辺に近い地点として、ダムの上流側（ダムの西約10 km）にある本川と、下流側（東約5 km）にある本山を使った。早明浦ダムの流域平均降水量データと本川の日降水量を比べると、累年平均値（1994～2005年）は1：1.03、相関係数は0.98であり、よく一致する。本山については、累年平均値は1：0.89、相関は0.89である。これに対し、流域平均降水量と高知の日降水量との相関は0.66であり、本川や本山はダム周辺の降水の変動をより良く代表することが分かる。

3. 早明浦ダム周辺の降水量の変動特性

第2図は本川の降水量の年変化（27年間の平均値と、下位1～3位値の平均値）を示す。降水量は日別に集計し（従って下位1～3位値に該当する年は日々入れ替わる）、その後平滑化のため11日移動平均を2回施したものである。本川の年降水量は3229 mm（上記27年間の平均値）であり、高松（1102 mm、同）の3倍弱である。また、7月後半から8月にかけての盛夏期は、高松では前後の期間よりも降水が少ないのに対し、本川は年間で一番雨が多い。一方、下位1～3位値は本川・高松ともに盛夏期に極小になり、夏の本川は降水の年々変動が大きいことが分かる。

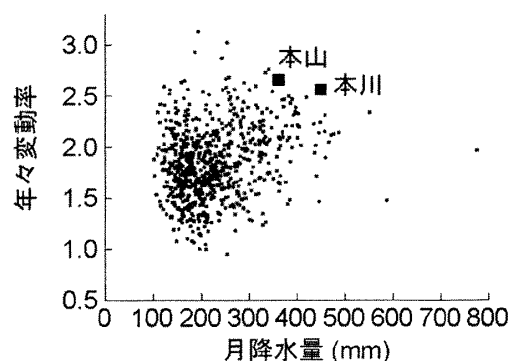
降水量の変動特性を表す尺度として、年々変動率を

$$\text{年々変動率} = \frac{\text{上位1～3位値の平均} - \text{下位1～3位値の平均}}{27\text{年平均値}}$$

で定義した。第3図は、本州～九州各地点を対象にして7月の月降水量とその年々変動率をプロットしたものである。本川や本山では変動率が2.5を超え、同程



第2図 本川と高松の降水量の年変化。27年間（1979年4月～2006年3月）の平均値と最小値で、いずれも日々の統計値を平滑化したもの。



第3図 本州～九州の各アメダス地点の7月の月降水量とその年々変動率。

度の降水量の地点に比べて大きい。変動率が大きい地点の多くは西日本にあり、変動率2.5以上の26地点中、22地点が四国と九州にある。

第4図は、日単位で見た降水量の偏りの尺度として、7月の27年間の日降水量のうち大きい方から27位まで、すなわち月1回程度の強さの降水が月降水量に占める比率を縦軸に取り、月降水量を横軸に取って本州～九州各地点の値をプロットしたものである。本川・本山は月降水量が大きい割に、上位27位までの比率が高い。

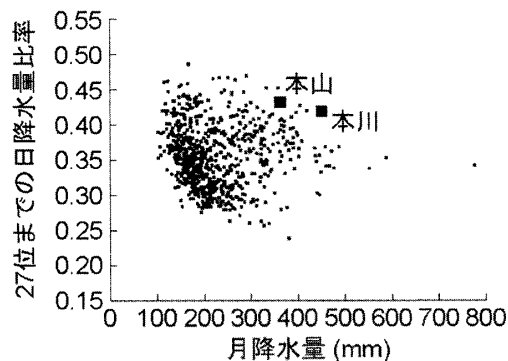
このように、早明浦ダム周辺は本州～九州の多くの地点に比べ、盛夏期を中心として降水量が多く、かつその年々変動率や月1回程度の大雨の寄与が大きいと

いう気候特性がある。こうした変動の大きさ、言い替えると定常性の乏しさが、早明浦ダムにおける渇水頻発の背景の1つになっていると考えられる。

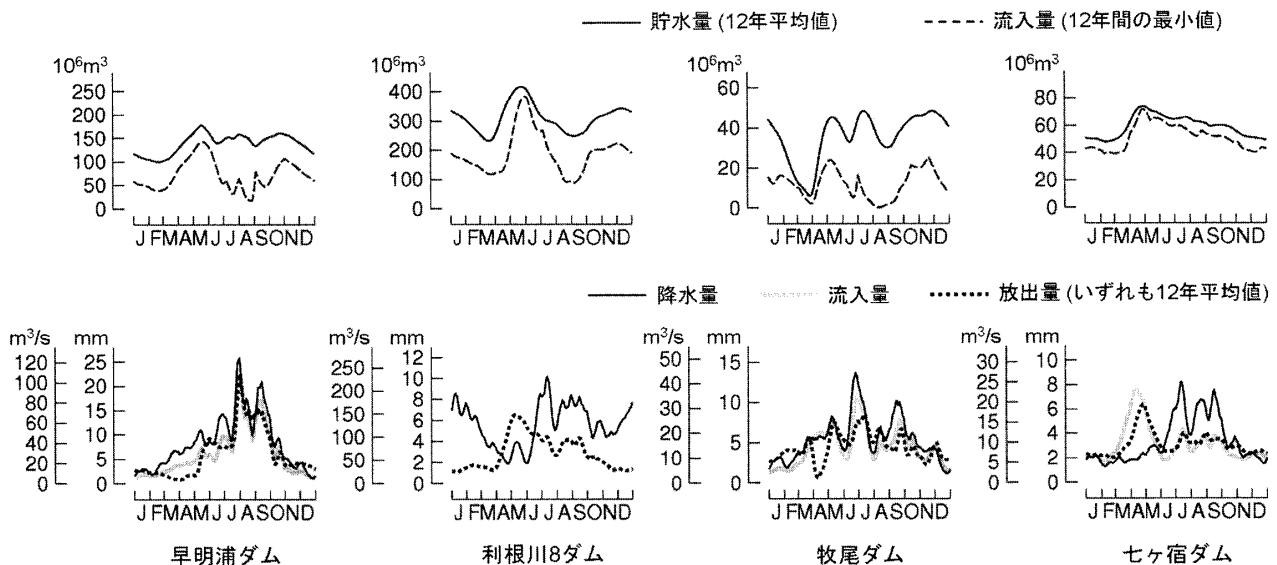
4. 降水量とダム貯水量との関係

ダム貯水量の変動は、降水量のほか、ダムの運用状況に依存する。日本の多くのダムでは、冬から春にかけては放流を少なくして貯水量を増やし、夏の需要期に備えている。また、大雨で流入量が増えるときには、下流の洪水を防ぐため放流量が一定値以内になるよう調節され（洪水調節）、ダムの水が減って渇水のおそれがある場合には、放流量を絞るという対応がなされる。このように、ダム貯水量は人為的操作が関わるため自然変動とは異なるが、それらの操作は降水の状況に応じて行われるので、貯水量は大まかには降水量の関数と見なすことができる。以下この見方に基づいて降水量と貯水量との関係を概観する。

第5図の上段は各ダム・ダム群の貯水量（1994～2005年の累年平均値と最小値）を、下段は流域平均降水量、流入量、放流量（累年平均値）を示す。各要素とも、日別に集計した後に平滑化のため11日移動平均を2回施したものである。早明浦ダムでは5月下旬に農業用水向けの供給が始まるとともに、放流量が急増する。この時期は梅雨入り前の少雨期（藤部 2006）に当たり、貯水量はいったん減少するが、その後6月中旬から9月までは変動しつつも平均的にはほぼ一定の値を



第4図 本州～九州の各アメダス地点の7月の月降水量と、それに対する日降水量の上位27位までの寄与率。



第5図 各ダム・ダム群の貯水量の年変化（上段）と、流域平均降水量・流入量、放流量（下段）。1994～2005年（七ヶ宿ダムは1994～2004年）の平均値を示し、貯水量については累年最小値も示す。いずれも日々の統計値を平滑化したもの。なお、利根8ダムの流入量はデータがないため揭示しない。

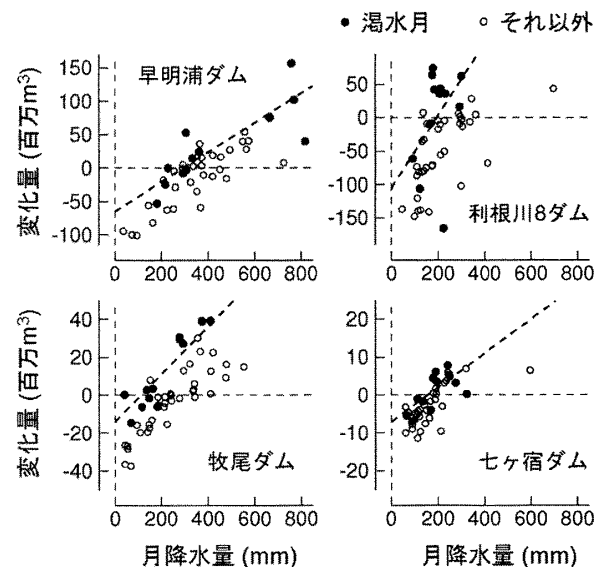
保つ。注目されるのは、この間、降水量・流入量と放流量がほぼ同期した変動をしていることである。これは、大雨時にしばしば洪水調節が行われてその後の放流量が増えることを反映しており、大雨時の対応がダム管理の重要な要素になっていることを示している。その一方、年々の変動が大きく、年によっては貯水量が著しく少なくなる。

他のダム・ダム群は夏季の降水量が早明浦ダムほど多くなく、貯水量は平均的にも夏季を通じて減っていく。このうち利根8ダムと牧尾ダムでは、貯水量の最小値が累年平均よりも大幅に少なくなる。実際、これらのダムでも早明浦ダム同様、近年しばしば深刻な渇水が起きている。一方、七ヶ宿ダムは貯水量の最小値が平均と大差なく、下流域の取水制限を伴う渇水は起きていない。

第6図は降水量と貯水量の変動関係をより詳しく見るため、流域の月降水量をx軸に、貯水量の月間変化量（翌月1日の値－当月1日の値）をy軸に取って、12年間の6～9月、計48ヶ月の値をプロットしたものである（七ヶ宿ダムの貯水量は11年間の44ヶ月）。ダムからの放流量は貯水量の多寡によって調節され、それによって貯水量の変化量が変わることから、当月1日の貯水量がその下位四分位以下だった月（以下「渇水月」とそれ以外の月とを区別し、渇水月について回帰直線を求めた。この回帰直線のx切片は、渇水時に貯水量が維持されるのに要する降水量（以下「平衡降水量」）に対応する。また、y切片は降水がないときの貯水量の減少量を与える。その値で貯水量を割ったものは、降水がないときにダムの水がなくなるまでの時間になる。第1表は各ダム・ダム群の貯水量に加え、平衡降水量と、貯水率が50%から0になるまでの月数を示す。早明浦ダムの平衡降水量は295 mmで、4つのダム・ダム群の中で最も多い。このことは、早明浦ダムが他のダムに比べ、貯水量の維持に多くの降水を必要とすることを示すものであり、この地域の雨の多さを反映して多くの水を供給していることを表している。一方、貯水率が0になるまでの時間は

早明浦ダムが1.1～1.3月で最も短い。これは、供給が多い分、少雨時には貯水率の減少が急であり、渇水になりやすいことを示している。

早明浦ダム周辺の大雨には、しばしば台風が関わる。2005年の渇水の際は、台風0514の大雨（本川で9月6日に713 mm）によって貯水率は0%から100%まで1日で回復した（国土交通省 2006）。2007年の渇水の際にも、台風0704の大雨（本山で7月14日に468 mm）によって40%台から100%になった。長期間の少雨傾向の後に台風の大雨で渇水が一気に解消した



第6図 各ダム・ダム群の月降水量とダム貯水量の変化量（当月1日～翌月1日）との関係。1994～2005年（七ヶ宿ダムは1994～2004年）の6～9月。点線は貯水量が下位四分位以下である月についての1次回帰。

第1表 各ダム・ダム群の貯水容量と、渇水時の変化特性。

	A	B	C	D	E
	有効貯水容量 (百万 m ³)	利水確保容量 (百万 m ³)	平衡降水量 ³⁾ (mm/月)	無降水時の 減水量 ⁴⁾ (百万 m ³ /月)	貯水率50%から 0になるまでの 月数 (B/2D)
早明浦ダム (高知)	289	173 (通常期) 147 (6, 9月)	295	65.1	1.3 1.1
利根川上流の8ダム ¹⁾	462	462 (通常期) 343 (7～9月)	195	105.6	2.2 1.6
牧尾ダム (長野)	68 ²⁾	68 ²⁾	112	14.0	2.4
七ヶ宿ダム (宮城)	99.5	64.5	158	7.1	4.5

1) 矢木沢, 奈良俣, 藤原, 相俣, 藺原, 下久保, 草木ダムと渡良瀬貯水池。

2) 地震による土砂流入のため実質64百万 m³。

3) 第6図のx切片。

4) 第6図のy切片。

ことは、この地域の雨の降り方の不安定さと水資源管理の難しさを象徴している。

5. まとめ

12年間のダム貯水量等のデータと27年間のアメダス資料に基づき、早明浦ダムの渇水多発の背景となる要因として、以下のことが見出された。

① 早明浦ダムの周辺は、本州～九州の多くの地域に比べ、夏の降水量が累年の平均値としては多い。しかし、その年々の変動率や日単位の集中度も大きく、この意味で降水の定常性に乏しい。

② 早明浦ダムの貯水量を維持するためには、他の地域のダムよりも多くの降水が必要である。これは、早明浦ダムが周辺地域の雨の多さを反映して多くの水を供給していることを表している。この結果、少雨時には貯水量が急激に減少する。

以上のように、降水量の多さとその変動の大きさ

が、早明浦ダムの水管理を難しくしていると言える。

謝 辞

ダムに関する諸データは国土交通省の各地方整備局、および各ダム管理事務所からご提供頂いた。ここに感謝します。本研究は文部科学省科学技術振興調整費による重要課題解決型研究「渇水対策のための人工降雨・降雪に関する総合的研究」（代表：村上正隆，平成18～22年度）の成果の一部である。

参 考 文 献

- 藤部文昭，2006：本州～九州の梅雨入りに先立つ5月末ごろの少雨期。天気，53，785-790。
 国土交通省土地・水資源局水資源部，2006：平成18年版日本の水資源。国立印刷局，260 pp。
 葛葉泰久，友杉邦雄，岸井徳雄，早野美智子，2001：少雨の空間分布に関する研究。水文・水資源学会誌，14，142-150。

Climatology of Precipitation Variability over the Sameura Dam Catchment and its Relation to the Dam Water Storage

Fumiaki FUJIBE*, Masataka MURAKAMI*,
 Tomoki KOSHIDA** and Kazumasa YOSHIDA**

* *Meteorological Research Institute, Tsukuba 305-0052, Japan.*

** *IDEA Consultants, Inc., Setagaya, Tokyo 154-8585, Japan.*

(Received 10 December 2007 ; Accepted 12 March 2008)

Abstract

A statistical study was made on the variabilities of precipitation and water storage of the Sameura Dam, which is located in central Shikoku and has often experienced severe water shortage in recent years. The summer precipitation over the dam catchment is characterized by more precipitation and larger temporal variability in comparison to many other regions of Japan. The water demand on the dam is higher than those of dams in other regions, so that larger amount of precipitation is required to maintain the water storage, resulting in rapid decrease of water storage in case of dry weather.