

## 早明浦ダム流域周辺の降水量の年々変動と循環場

\* 寺尾 徹 (香川大学教育学部)

### 1 はじめに

香川県は日本のなかでも降水量の少ない地域であり、しかも有力な河川を持たないため、歴史的に渇水に悩まされてきた。利水のため、県内には、満濃池をはじめとする2万個にも及ぶため池が築造された。また、隣接する徳島県の吉野川水系からの分水も早くから構想され、1905年には香川県の委嘱により吉野川分水計画実地測量が行われた。戦後になって、吉野川総合開発計画のもとで、吉野川水系の水資源の愛媛県や香川県への導水が具体化された。1968年には、讃岐山脈をつらぬく全長8kmの阿讃トンネルを経て徳島県側から香川県側へ導水する香川用水が着工された。水源となる早明浦ダムも1973年に完成し、1974年には香川用水の通水に至った(香川ら, 1975; 香川用水事業推進協議会, 2007)。

しかし、その後も香川県はしばしば深刻な渇水に見舞われている。1994年夏季の全国的猛暑・渇水の際には、高松市等において67日間に及ぶ給水制限が実施された。また、高松市等でも近年しばしば30日を超える給水制限が行われる事例がみられる(2005, 2007, 2008年)。これらの顕著な渇水の年には、水源となる早明浦ダム貯水量の顕著な減少がみられる(国土交通省, 2009)。

亀田(2007)は、1994年と2005年の高松市における渇水の構造を調査し、1994年については高松市付近と早明浦ダム双方の水資源の不足が影響していること。2005年については早明浦ダムの水資源の不足のみが要因となっていることを明らかにした。高松市の渇水に対して、周辺の水資源の状況について無視することはできないが、早明浦ダムの相対的な重要性は高いことが示されている。

したがって、早明浦ダムの貯水量の変動メカニズムを解明することは重要である。特に、香川用水の水源地となっている早明浦ダム周辺における、降水量変動の実態とそのメカニズムを明らかにす

ることが求められる。地球温暖化に伴う降水量変動幅の増大傾向が指摘されている中で、降水量変動の特性の研究の重要性は、更に増大しているといえる(亀田, 2007)。

葛葉ら(2001)は、各地域ごとの降水量の変動係数を調べ、香川県は都道府県の中で2番目に大きな降水量の変動係数を持ち、しかも本来大きな降水量が期待される8-10月の降水量変動が大きく、渇水災害ポテンシャルが高い地域であるとしている。

一方藤部ら(2008)は、早明浦ダム水源域の降水量とダムの性質について調べ、以下のことを明らかにしている。周辺の降水量は多いが、その年々変動率や日単位の集中度が大きく、降水の定常性が乏しい。また、ダムの特性として少雨時の貯水量の減少が急である。

この研究では、早明浦ダム流域における、近年の月降水量変動の時系列に見られる特徴を整理する。早明浦ダム流域の降水量に焦点を当てつつ、それと香川県付近の降水量との関係も合わせて解析する。早明浦ダム流域の降水量変動に影響を与える大気循環場の特徴について解析する。

### 2 用いたデータ

早明浦ダム流域を代表する降水量としてアメダス観測点本川の月雨量(1979-2009)を、讃岐平野を代表する降水量として気象官署多度津の月降水量(1892-2009)を、それぞれ解析に用いた。いずれも特に重大な欠測はなかった。本川の月雨量は、早明浦ダムの流域平均降水量と相関係数0.98でよく対応している(藤部ら, 2008)。

上空の大気状態を解析するために、潮岬と鹿児島島の850hPaにおける高層気象観測月統計値を用いた(1988-2009)。特に重大な欠測はなかった。1987年以前のデータを補うために、月平均の850hPaのNCEP/NCAR再解析データ(Kalnay et al., 1996)

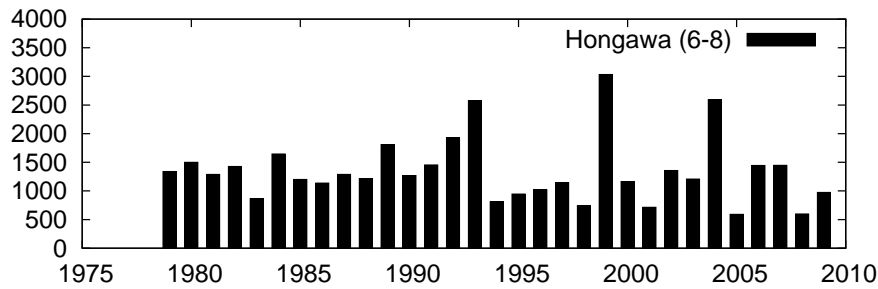


図 1: 本川アメダスにおける 6-8 月積算降水量の年々変動. 単位は mm.

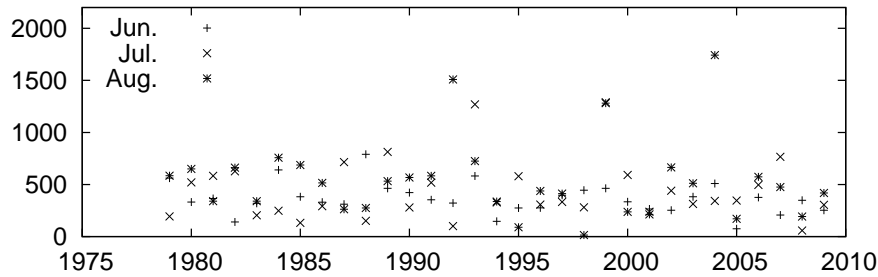


図 2: 本川アメダスにおける 6, 7, 8 月の月降水量の年々変動. 単位は mm.

を用いた (1948-2008). 日本の南海上, 30-35°N, 130-140°E で平均した.

全球的な海面水温, 降水量, 大気循環の指標としてそれぞれ, 英国気象局ハドレーセンターによる海面水温海水データセット (HadISST, Rayner et al., 2003), CMAP (Xie and Arkin, 1997), NCEP/NCAR 再解析 (Raynar et al, 1996) のそれぞれ月平均データを用いた.

台風の位置については, デジタル台風プロジェクトによる台風データベース (北本, 2005) を利用した.

### 3 早明浦ダム上流域の降水量変動

国土交通省 (2009) に示されるダムの貯水量の季節変動を見る限り, 5 月中~下旬に向けて貯水量は増加し, 主要な渇水はその後の貯水量の減少と関連して起こっている. そこで今回の研究では, 6 月から 8 月の降水量に着目して解析を行っている. なお, 一方で, 2007 年のケースなど, なかには 5 月中~下旬にすでに平均的な貯水量を大きく割り込み (国土交通省, 2008), それが渇水につながるケースもある. 5 月以前の水不足による渇水のケー

スについては, 将来独自の解析をする意義がある.

早明浦ダム上流域の代表として本川アメダスの月降水量を解析した. 図 1 は, 本川の 6-8 月積算降水量の年々変動である. 明確なのは, 1993, 1999, 2004 年の 3 回にわたり, 降水量が 2000mm を超える顕著な多雨年が見られることである. 一方で, 1994, 2005, 2008 年は確かに降水量が少ない. 2007 年の降水量はそれほど少なくはなく, 2007 年の渇水の原因を 6 月以降の雨に求めることができないことを示している. 本川の 3ヶ月降水量が, 平衡降水量 (藤部ら, 2008) である 295mm/月の 3 倍 (885mm) を下回るケースは 1983, 1994, 1998, 2001, 2005, 2008 の 6 回あり, 1983 年を除きいずれも高松市等で給水制限が行われている (国土交通省, 2009).

顕著な多雨年を除くと, 前半 (1979-1993) に比べて後半 (1995-2009) の方が降水量が少ないように見える. また, 平衡降水量を下回るケースも前半には 1 回, 後半には 4 回と, 後半の方が多くなっている. この点については, 以下で改めて検討する. 顕著な多雨年は 1992 年以前には見られず, 近年増加しているようにも見えるが, 1978 年以前のデータがないので, 偶然である可能性は排除できない.

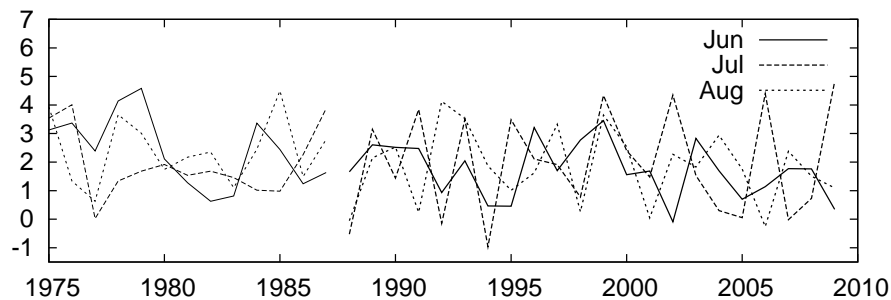


図 3: 鹿児島と潮岬の 9 時の高層気象観測の 850hPa 月平均南風成分 (1988 年-2009 年, 太線). 1975 年-1987 年については, NCEP/NCAR 再解析の 30-35°N, 130-135°E 平均の月平均南風成分 (細線). いずれも単位は  $\text{ms}^{-1}$ .

図 2 に, 本川の 6-8 月の月降水量を示す. 月降水量 1000mm を超える顕著な多雨月は, 1992 年 8 月, 1993 年 7 月, 1999 年 7, 8 月, 2004 年 8 月の 5 回見られた. 顕著な多雨月を除いた前半 (1979-1993) と後半 (1995-2009) の月降水量の平均値は, それぞれ 445.0mm と 349.2mm であり, 95.8mm の差があることになる. 本川の 6-8 月の月降水量は互いにほぼ独立である (6 月と 7 月の月降水量の相関係数 0.03, 7 月と 8 月の月降水量の相関係数 0.16. 1979-2009 年のデータについて計算). そこで, 前半と後半のデータの自由度をそれぞれデータの個数と等しい 43, 42 として, それぞれの母平均の差を検定した. その結果, 両者の母平均に差がないとしたときの平均値の差の  $p$  値は 0.0079 となり, 危険率 1% で差は有意であることが示された. 平衡降水量 295mm (藤部ら, 2008) との差で見ると, 前半は 150mm, 後半はわずか 54mm となり, 近年, 顕著な多雨月を除いた月平均降水量が平衡降水量にかなり近づいている. 平衡降水量を下回る回数は, 前半の 11 回から後半の 16 回に増加している.

なお, 本川と多度津の降水量の相関係数 (1979-2009) は, 6 月:0.64, 7 月:0.50, 8 月:0.52 となっている. 本川における顕著な多雨年を除くと, 7 月:0.48, 8 月:0.33 に減少する. 特に 8 月についての減少が目立つ. このことは, 早明浦ダム流域で少雨であっても, 必ずしも讃岐平野が少雨とは限らないことを示している. 讃岐平野の水資源の活用により, 香川用水水源地の特性から生じる不安定性の一部を軽減できる可能性がある. 多度津でも前半に比べて後半の方が, 本川の顕著な多雨月を除いた場合に, 月降水量の平均値が減少する傾向があるが,  $p = 0.16$  と, 有意とはいえない.

## 4 循環場との関係

早明浦ダム水源地の降水特性について, 以下の 2 点が明らかにされた. まず第 1 に, 早明浦ダム水源地では, 時折顕著な多雨月が見られること. そして第 2 に, 顕著な多雨月を除くと, 前半 (1979-1993) に比べて後半 (1995-2009) の方が降水量が減少していること, である. これらの点に関連して, 循環場との関係を調べた. ここでは前者に関する解析結果に絞って述べる.

まず, 早明浦ダムの水源地上における 5 回の顕著な多雨月について分析した. その結果, 顕著な多雨月にはいずれも日降水量 200mm を超える日が複数みられた. これらの日の 9 時の高層気象観測データから, いずれも非常に強い南風偏差が見られることがわかった. 更に, それらの多降水日 12 ケースのうち 9 ケースについて, 日本付近又は東シナ海や朝鮮半島付近に, 台風またそれから変化した温帯低気圧または熱帯低気圧が存在していた.

図 3 に, 1979 年~2009 年の 850hPa 南風成分の月平均値について, 鹿児島と潮岬を平均した朝 9 時の高層気象観測結果と, NCEP/NCAR 再解析から求めた日本の南海上の平均値によって示した. 早明浦ダムの水源地上における 5 回の顕著な多雨月についてはいずれも, 南風成分が大きい月に対応している. 上述の 200mm 以上の多降水日の南風成分を見ても, これらの日の強い南風成分が, 月平均の南風偏差に大きく寄与していることがわかる. サンプル数が少ない (1988-2009 の 22 年分) もの, 6, 7, 8 月のそれぞれについて, 本川の降水量と図 3 に示した南風成分との相関係数は, 0.44, 0.51, 0.61 となり, よい相関を持っていることがわ

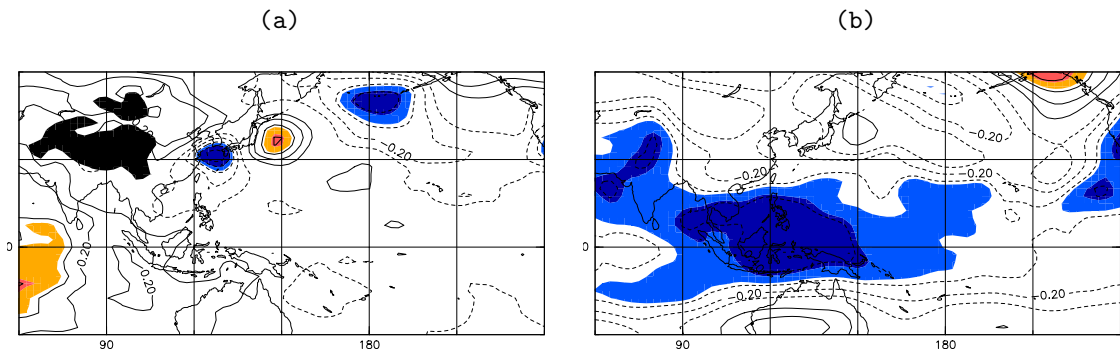


図 4: 本川の 6-8 月積算降水量と, (a)850hPa 高度および, (b)200hPa 高度との同時相関係数を示す. 波線は負の相関. 等値線間隔は 0.2. 危険率 10%, 5% で有意な相関を持つ領域にそれぞれ, 薄い影, 濃い影をつけた.

かる.

図 4 に, 図 1 に示した 3ヶ月降水量と, 6-8 月平均の 850hPa 高度, 200hPa 高度との同時相関を示す. 下層には, 東シナ海付近に負の強い相関が見られ, しばしば台風がみられることとも整合的である. 北東に向かって, 日本の東海上, アリューシャン列島の南へと波列が延びている. 東シナ海の負の偏差と日本の東海上の正の偏差との間に大きな東西高度偏差傾度があり, 南風アノマリーが生じていることを示している. インド洋に正の相関が見られる. 一方, 海洋大陸付近の 200hPa 高度には強い負の相関があり, 鉛直平均した南海上の気温が低くなっていることを示している.

## 5 まとめ

早明浦ダムの上流では, 1979 年~2009 年までの間に, 顕著な多降水月が 7 月と 8 月について 5 回あった. これらの多降水月はその多くが, 近辺を通った台風や熱帯低気圧の影響によってもたらされる 1 日程度の時間スケールで集中した多量の降水と関連している. また, 上記の多降水月を除くと, 月降水量は 1994 年を境に有意に減少し, 早明浦ダムの平衡降水量に近づく傾向がある. 顕著な多降水月を除外すると, 早明浦ダム流域と讃岐平野との降水量の相関係数は特に 8 月について小さくなる. このことは, 讃岐平野の水資源の活用を図ることで, 香川用水水源地の水資源供給の不安定性を軽減することができる可能性を示している.

早明浦ダム上流域における 6-8 月降水量は, 東シナ海から日本の東海上を通過してアリューシャン

列島の南に延びる波列と, 高い同時相関を持っている. 早明浦ダム上流域に雨が多いうとき, 海洋大陸付近では, 対流圏鉛直平均した気温が低くなる傾向がある.

### 参考文献

- 藤部文昭・村上正隆・越田智喜・吉田一全, 2008: 早明浦ダム周辺の降水量とダム貯水量の変動特性. 天気, 55, 469-473.
- 香川清美・長町博・佐戸政直・四国新聞社編集局, 1975: 讃岐のため池. 美巧社, 547pp.
- Kalnay, E. and co-authors, 1996: The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 437-471.
- 亀田千明, 2007: 香川県高松市における渇水リスクと水資源管理. 高知工科大学フロンティア工学コース, 修士論文.
- 北本朝展, 2005: 自然災害等の緊急時における情報集約のためのコンテンツ管理システム. 第 19 回人工知能学会全国大会, No. 3C3-02.
- 国土交通省水資源部, 2008: 日本の水資源平成 20 年版. 228pp.
- 国土交通省水資源部, 2009: 日本の水資源平成 21 年版. 279pp.
- 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.
- Rayner, N. A. and co-authors, 2003: Global analysis of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century. J. Geophys. Res., 108, 4407, doi: 10.1029/2002JD002670.
- Xie, P. and A. Arkin, 1997: Global precipitation: A 17-year monthly analysis based on gauge observations, satellite estimates and numerical outputs. Bull. Amer. Meteor. Soc., 78, 2539-2558.