

気候変動による降水量変化に対する河川流量の応答に関する考察

国土技術政策総合研究所
国土技術政策総合研究所

土屋 修一
服部 敦

1. はじめに：IPCC 第4次評価報告書¹⁾によると、今後、無降雨日数の増加、積雪量の減少、融雪時期の早期化などの気候変動の影響は不可避であり、高まる渇水リスクへの適応策が必要不可欠であることが報告されている。個別流域での具体的な適応策の検討に先だって、まず全国的に流域ごとに渇水リスクを評価する必要がある。それには、気候変動の影響を考慮して現状から変化させた降水量および気温を入力として流量を推定するために、流出モデルを用いる。その際、各流域の流出特性の差異が流量の推定に適切に反映されるように、既往の観測データに基づいて客観的にモデル係数が設定できることが望まれる。本研究では、渇水が数ヶ月以上に及ぶ現象であることを考慮して、月単位の流出計算法として、降水量、流量、気温の実測データの相関関係を用いた流出モデルを提案した。さらに、積雪・融雪の有無で異なる2流域において気候変動に伴う流量変化を試算し、降水量の変化率(=(将来値)/(現在値))の大きさと同等の流量変化が生じない理由について、提案したモデルで表現される流出特性に基づいて考察した結果を示す。

2. 流出モデルの概要：積雪・融雪地域に位置するKダム流域における月平均の降水量とダム流入比流量の関係を図-1に示す。融雪期(3~5月)を除いて、図中に実線で示したように線形近似することが可能である。日平均気温0以上の積算気温と融雪比流量(=(実測比流量)-(図-1の実線から算定した比流量))の関係を図-2に示す。積算気温は融雪比流量とほぼ線形関係にあることがわかる。図-1、2に示した関係式を用いてKダム流入量の再現計算を行った結果を図-3に示す。簡易なモデルであるが、十分に低水流量を再現することが可能である。

3. 気候変動による積雪地域における流量変化：Kダムの将来の降水量と気温は、気象庁気象研究所が開発した気候モデルGCM20(シナリオ:A1B)の計算結果に基づいて設定した。すなわち、降水量については計算結果から現在と将来の月別降水量の20年平均値を算定し、各月の降水量変化率を実測の月別降水量に乘じることにより設定した。同様に気温は月別平均気温の20年平均値を算定し、各月ごとの将来

と現在の差分を実測の日平均気温に加えることにより設定した。将来の気温と降水量の変化を考慮したKダム流域の月別平均比流量と現在との比較を図-4に示す。積雪期(12月~2月)は気温上昇により降雪が降雨に変わるため流量が増加する反面、融雪期(3月~5月)は積雪量の減少及び融雪の早期化のため流量が減少する傾向となった。降水量と流量の変化率を比較すると、積雪期の降水量はほぼ変わらないが、流量は大幅に増加している。また、融雪期の前半の3月は気温上昇に伴う融雪の早期化のため降水量が1割程度減少するにも係わらず流量は大きく増加している。それに対して、後半の4、5月は降水量の減少以上に流量は減少している。積雪・融雪期以外では、

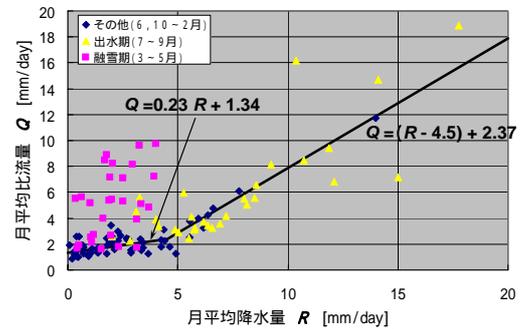


図-1 Kダム流域の降水量と比流量の関係

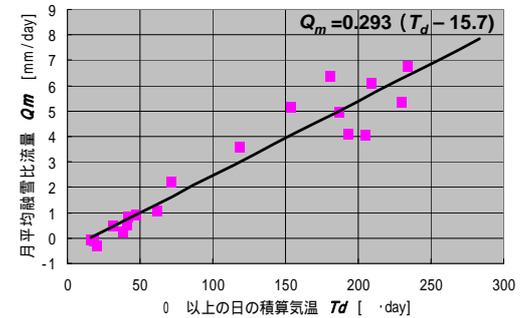


図-2 Kダム流域の積算気温と融雪比流量の関係

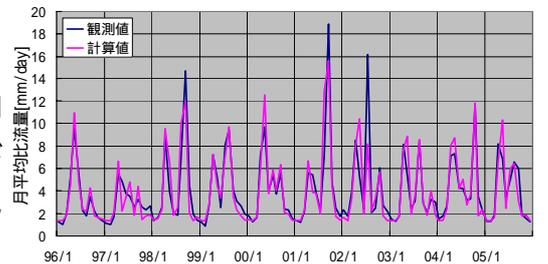


図-3 1996~2005年の月平均比流量の再現計算結果(Kダム流域)

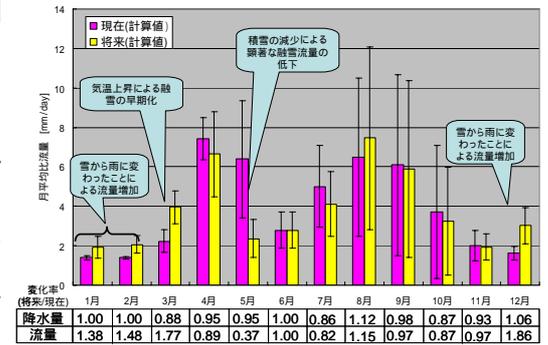


図-4 現在と将来の月別平均比流量の比較(Kダム流域)

降水量変化と流量変化はほぼ同値である。

4. 気候変動による非積雪地域における流量変化：降雪がない水系の A 流量観測点上流域を対象として、流域を3分割して図-1と同様に降雨-流量関係を求めた。その一つ S ダム流域について図-5に示す。ここで降水量が 5mm/day 以下の範囲に着目すると、6~9月の総降雨量に応じて、比流量が異なる傾向が認められた。この傾向は、分割した残りの2流域においても確認された。下限と中間のライン(赤と青)の差を流量に換算すると約 1.3m³/s であり、A 流量観測地点における正常流量(出水期 6~10月：37m³/s, 非出水期 10~6月：20m³/s)と比較して、低水管理の上で決して小さな差ではない。このような差が生じるのは、年スケールの流出現象として、出水期に相当する 6~9月の降雨量によって流域の保水量が変化し、その影響がその後 10~5月に渡って現れるためであると推察される。各流域の降雨-流量関係を用いた A 流量観測地点における流量の再現計算結果について、図-6に示す。図-5に示したように 6~9月の総降雨量に応じて降雨-流量関係式を使い分けることで、1994年の大渇水時の流量についても精度よく再現することができた。前記と同様に GCM20 の計算結果を用いて、A 流量観測地点の将来の月別平均流量を推定し、現在と比較した結果を図-7に示す。3~9月までの比較的流量が多い時期は、降水量変化率とほぼ同値の流量変化率を示した。10~2月の流量が少ない時期では、降水量の変化率に比べて流量の変化率が1に近い値、すなわち変化幅が小さくなる傾向が見られた。

5. まとめと考察：積雪・融雪地域では、降水量の増減のみならず、気温上昇による積雪量の減少、融雪期の早期化の影響を受け、積雪期から融雪期の河川流量が大きく変化する²⁾。そのため、気温と積雪、融雪の応答関係を踏まえなければ、気候変動による流量変化を評価する事は難しい。図-2が示す関係は、気温に対する融雪の応答を示しており、この関係を把握し、適切な融雪計算をする事が重要となる。また、非積雪地域では、降水量が少ない部分と多い部分とで降雨-流量関係の勾配が異なるため、図-8に示すように同じ降水量変化に対しても降水量が少ない範囲では流量の変化は小さくなる。つまり非出水期(10~5月)は出水期(6~9月)と比較して、降雨量の変化に対して流量は安定しており、気候変動の影響が現れにくい事を示している。ただし、図-5のように出水期の降水量により、その後の非出水期の降雨-流量関係が異なる場合には、非出水期にも大きな変化が現れる可能性がある。この場合、出水期の降雨量の増減が、年間を通じた低水流量の多寡に影響を及ぼすことになり、出水期の降雨量変化の把握が重要となる。

以上より、積算気温-流量関係及び降雨-流量関係を整理する事が気候変動による河川流量の変化を推定する上で重要であると言える。今後は、全国の流域に対してこの関係を整理し、気候変動によって渇水リスクが高まる地域を明らかにする。

参考文献：1)環境省：IPCC 第4次評価報告書第2作業部会，2007。2)川崎将生：気候変動が水資源に与える影響評価研究調査，水文・水資源学会，pp.64, 2004.

キーワード：気候変動、渇水、低水流量

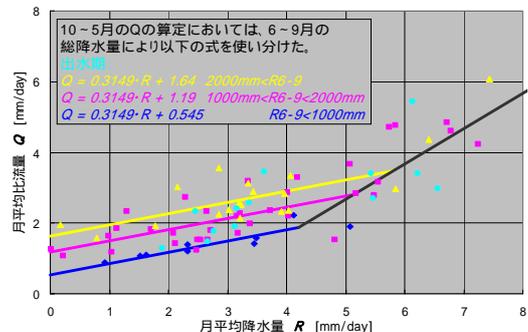


図-5 現在と将来の月別平均比流量の比較 (S ダム流域)

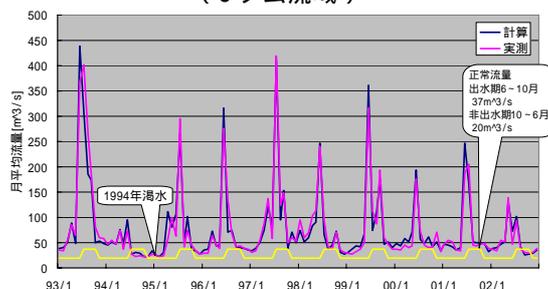


図-6 1993~2003年の月平均比流量の再現計算結果 (A 流量観測点:ダム操作なし)

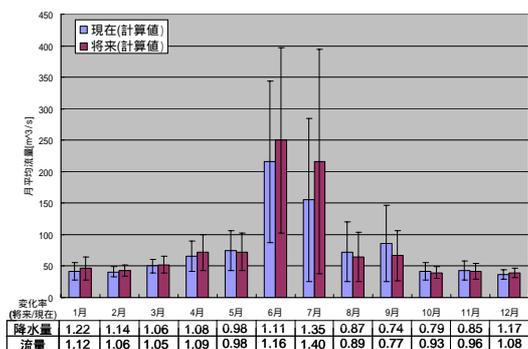


図-7 現在と将来の月別平均流量の比較 (A 流量観測点:ダム操作なし)

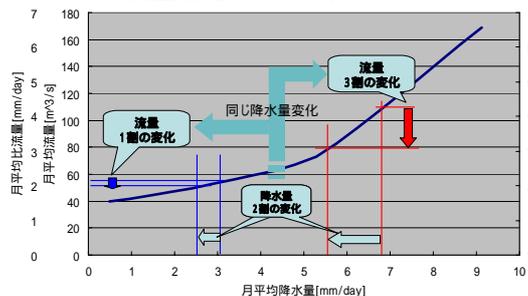


図-8 降雨-流量関係と降水量変化の関係