

気候変動によるダム流入量の変化に関する研究

国土技術政策総合研究所

正会員 ○土屋 修一

国土技術政策総合研究所

正会員 服部 敦

1. はじめに: IPCC の第 4 次評価報告書によると、地球温暖化は今後も進行し、その影響は避けることはできず、適応策の必要性が報告されている。また、水資源に与える影響として渇水被害が増大する可能性が指摘されている。渇水に対する適応策を実際に検討する上では、時空間的に詳細な流出過程、水運用を考慮できる流出モデルが必要となる。しかし、その前段階として全国の流域を対象に渇水に対しての脆弱性を評価し、適応策を施す必要性の高い地域を抽出することが不可欠である。そのためには、詳細なモデルである必要はなく、流域の流出特性を踏まえつつ、渇水を表現するのに十分な分解能を持ち、あらゆる流域において構築可能な流出モデルが必要となる。また、全国を同一の指標で評価するためにも、客観的に係数設定が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から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上記要件を満たす流出モデルを提案する。さらに、ダム流域を対象とした流出計算を行い、流出モデルの精度を検証した上で、気候変動による将来のダム流入量の変化について述べる。

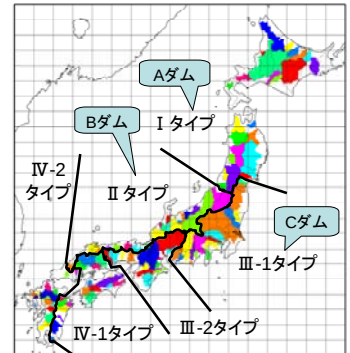


図-1 季節降水量変化率の増減傾向によるタイプ分け

表-1 各タイプの平均的な季節降水量変化率

タイプ	年	冬	春	夏	秋
I	1.08	1.09	1.15	1.10	1.01
II	1.00	1.02	0.99	1.07	0.90
III-1	0.99	1.04	0.94	1.00	0.98
III-2	0.98	1.02	0.96	1.01	0.91
IV-1	1.00	1.14	1.03	0.98	0.87
IV-2	1.07	1.22	1.03	1.14	0.84

2. 対象ダム流域の概要: 気象研究所によって開発された気候モデル GCM20 (A1B

シナリオ)のシミュレーションによる現在と将来の季節降水量の20年間平均値を用い、全国109水系について変化率(=将来値/現在値)を算定し、季節別の増減傾向が類似する6タイプに分類した。各タイプの季節降水量変化率を表-1に、また各水系のタイプ分けの結果を図-1に示す。融雪出水の影響を受けるI~III-1タイプに属する地域内に位置するダムを各一つ選定し、本研究での対象流域とした。以下では、対象流域をA~Cダム流域と呼ぶ。

3. 流出モデル: C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-2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。月平均降水量4.5[mm/day]を閾値として勾配を変化させたが、これは渇水に係する低水流量を算定する上では流量が小さい範囲での精度が特に重要となることを考慮したためである。本研究ではこれら近似式を用いて流量を算定するモデルとした。長期流出や低水流量についての流出モデルにタンクモデルが広く用いられているが、タンクの設定やパラメータ同定など流域に応じて、試行錯誤的に決定していかなければならない。それに比較すると図-2に示したように実測データから直接導かれる関係式を用いることにより、非常に簡易にデータのばらつきの範囲の精度で現況の流量を再現することが可能となる。なお、A,B流域においても勾配と閾値が異なるが、同様な関係式を導出できた。

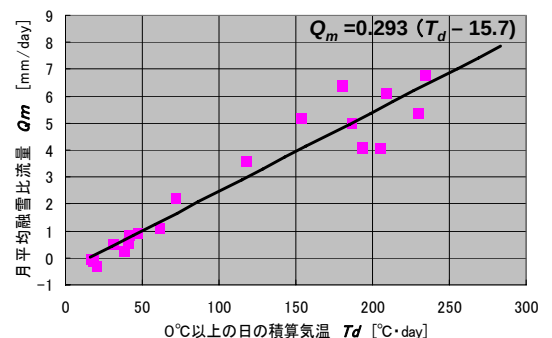
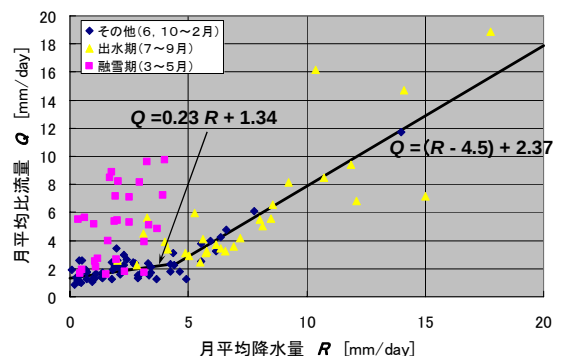


図-3 Cダム流域の積算気温と融雪比流量の関係

4. 積雪・融雪計算: 冬季の積雪地域の降水量は、風による降雪の補足率の低下¹⁾や積雪分布の標高依存性²⁾と雨量

キーワード 気候変動, 融雪

連絡先 〒305-0804 茨城県つくば市旭1 国土技術政策総合研究所河川研究部水資源研究室 TEL 029-864-4969

計の配置の関係などにより、雨量計で観測される降水量はかなり過少となることが報告されている。A～C ダム流域でも同様であったため、冬期間の降水量を全体的に増加させ、降雪時の降水量に応じて各月に配分するという補正を行った。本研究では、降水の雨雪判別は日平均気温 0°C とし、夏期(6～11月)と冬期(12～5月)の流出率が同一になるように冬期降水量を増加させた。積雪量は、上記補正後の降水量データのうち、日平均気温 0°C 以下の日降水量の積算値として算定した。C ダム流域における日平均気温 0°C 以上の積算気温と融雪比流量(=実測比流量-図-2による降雨流出量)の関係を図-3に示す。なお、積雪・融雪計算に用いた気温データは、対象流域に最近のアメダスデータにダムサイトとの標高差に応じた温度補正を加えたものである。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。ただし $180[^{\circ}\text{C}\cdot\text{day}]$ 以上の範囲では、ばらつきがやや大きくなる傾向が認められる。この範囲では融雪末期の5月のデータが多くを占めていることから、 $180[^{\circ}\text{C}\cdot\text{day}]$ 以下の範囲と異なり高標高部や北側斜面部などの残雪からの融雪が卓越したためと推察される。

図-3に示した線形式を用いて融雪流量を算定し、積雪量よりも融雪流量が多い場合には積雪量を融雪流量とした。この方法はDegree-Day法と類似しているが、融雪量のみでなく、積雪層の貯留、浸透³⁾といった融雪から流出に到るまでの複雑な過程の影響まで含んだ流量実測データから導いた線形式となっているところが異なる。A, B ダム流域についても、勾配が異なるものの同様に線形関係式を導くことができた。

5. 流出の再現計算：上記の流出モデルによる川俣ダム流域の再現計算結果について図-4に示す。計算結果は、出水期の再現性が劣っているものの低水流量、融雪出水を精度よく再現できていることがわかる。

6. 気候変動による将来の低水流量変化：気候変動による将来の気温は、GCM20の計算結果による現在と将来の各月の20年平均値の差分を各月ごとに実測の日平均気温に加えることにより、また降水量は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。将来の気温と降水量の変化を考慮したCダム流域の月別平均ダム流入比流量と現在との比較を図-5に示す。冬季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、春季は積雪量の減少および融雪の早期化のため流量が減少する傾向となった。この傾向はA～Cダム流域に共通した特徴であるが、その程度が流域ごとに異なった。各流域の将来の季別降水量と季別流量の変化率について整理した結果を表-2に示す。Aダム流域では、Cダム流域と較べて冬～春季にかけて降水量の変化率が大きく増加するが、それにもかかわらず春季流量の変化率が減少する。また、A, Cダム流域では現在と同様に春季に融雪出水のピークが生じるが、Bダム流域では図-6に示すように春季の融雪流量が大きく減少し、冬季に流量のピークが生じるようになる結果となった。

7. まとめ：気候変動による将来のダム流入量の変化について、冬季の流量は降水量の増加以上に増加しており、春季については、降水量が増加しようとも流量は減少し、降水量が減少であったとしてもそれ以上に減少した。積雪地域の河川流量については、降水量の単純な増減が流量にそのまま反映されるとは限らず、積雪・融雪を適切に考慮する必要がある。今後、このような流況変化予測を全国的に行い、渇水のリスクが高まる流域を明らかにする。

謝辞：本研究は、環境省地球環境研究総合推進費S-4によって実施された。ここに記し、謝意を評する。

参考文献：1) 横山宏太郎, 大野弘之, 小南靖弘, 井上聡, 川方俊和(2003): 冬期における降水量計の捕捉特性, 雪氷, 65, pp. 303-316.
2) 塚本良則(1992): 森林水文学, 文永堂出版, pp. 196-199. 3) 小林大二(1981): 融雪流出の遅れI, 低温科学物理編, 40, pp. 61-66.

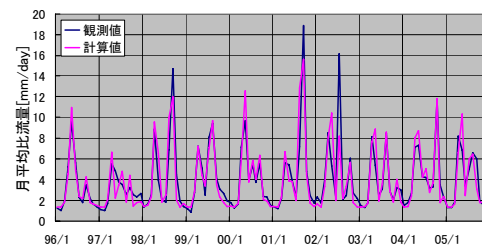


図-4 1996～2005年の月平均比流量の再現計算結果(Cダム流域)

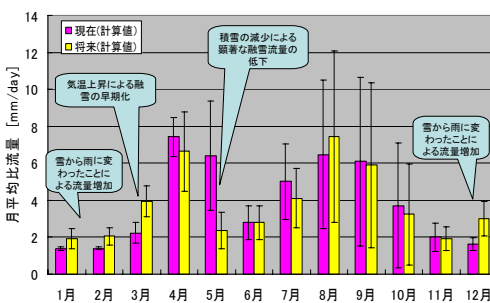


図-5 現在と将来の月別平均比流量の比較(Cダム流域)

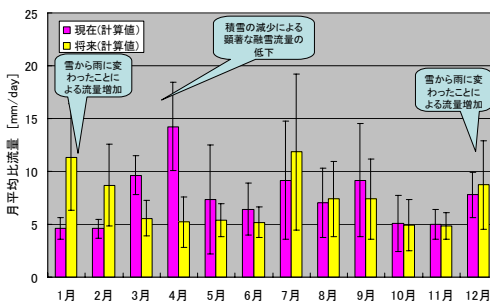


図-6 現在と将来の月別平均比流量の比較(Bダム流域)

表-2 降水量と流量の季別変化率

ダム名	種類	冬	春	夏	秋
Aダム	降雨量	1.10	1.14	1.05	1.04
	流量	2.30	0.79	1.01	1.03
Bダム	降雨量	1.06	0.99	1.01	0.90
	流量	1.68	0.52	1.08	0.89
Cダム	降雨量	1.02	0.93	0.98	0.94
	流量	1.64	0.81	1.01	0.94