

貯留関数式の減水定数に影響する要因についての考察

明星大学	正会員	○藤村 和正	カリフォルニア大学デービス校	正会員	井芹 慶彦
高知工科大学	フェロー会員	村上 雅博	明星大学	正会員	柳川 亜季
高知工業高等専門学校	正会員	岡田 将治	東京工業大学大学院	正会員	鼎 信次郎

1. 研究の背景と目的

低水流出の減水特性を明らかにすることは、ダム流入量を精度良く算定でき、的確な貯留量管理、そして確実なダム運用を可能とする。低水流出の特徴は流域の地質や気候に起因することが流況から説明されている^{1), 2)} など。一方、流出を非定常現象として扱う流出解析では、モデルパラメータと地質や気候など流域条件との関係について研究^{3), 4)} などが進められている。筆者ら⁵⁾ はこれまで貯留関数式の特長の一環として、いくつかの流域において最適パラメータを特定した。しかし、パラメータと流域諸条件との関係は分かっていない。そこで本研究では、低水流出の貯留関数パラメータ、つまり減水定数と流況曲線、流域の地質、土壌との関係について考察することを目的とする。

2. 流域の概要および流況曲線

対象流域は北海道地方、東北地方、四国地方の合計5つのダム流域であり、そのうち4流域は積雪地域に位置する（図1）。ダム諸量データベースからダム流入量を取得し流出高に変換し、流況曲線を対象期間の経過日数割合（パーセンタイル値）で表し図2に示す。この図には利水計画で指標となる豊水流量（95日流量）、平水流量（185日流量）、低水流量（275日流量）、渇水流量（355日流量）に相当する位置も記しており、これらの指標値から平常時流量が多いのは寒河江ダム流域、少ないのは岩尾内ダム流域である。通常の流況曲線は、降水量、気温、蒸発散、地質、土壌、あるいは外部領域との流出入など多くの流域要因が流出に集約された結果を表しており、特に降水量の多寡は流況の高さを決定している。本研究では流域条件として、地質と土壌に着目して検討するため、流出高を基準流出高で除して基準化した流況曲線を作成した（図3）。基準値には、渇水流量から豊水流量まで幅広い区間を評価するため、15パーセンタイル流出高 Q_{15} を用いた。この図によると流況は、大雪ダム流域は高く、早明浦ダム流域は低い。

3. 減水定数 A_u の影響要因

対象流域の水循環解析を Diskin-Nazimov の雨水浸透モデルと貯留関数式を組み合わせたモデルによっ

て1時間単位で行い、低水流出を算定する貯留関数式（1）式の減水定数 A_u の最適値を求めた（表1）。なお、指数値 N は既往の研究⁵⁾ に基づき100を適用した。

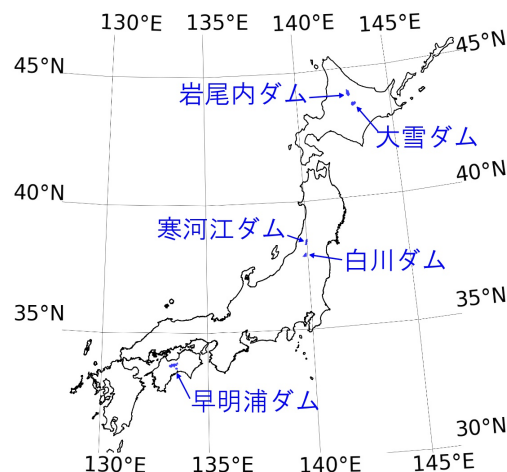


図1 対象流域の位置

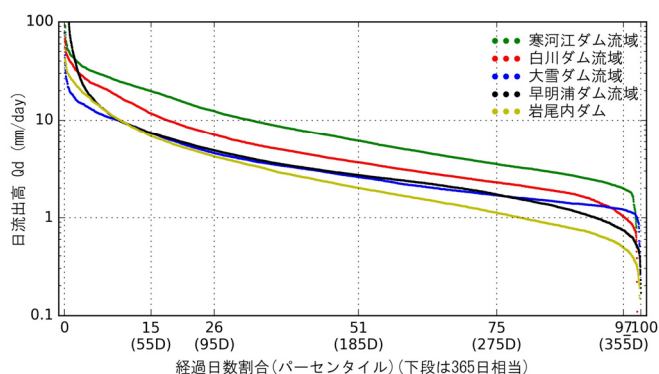
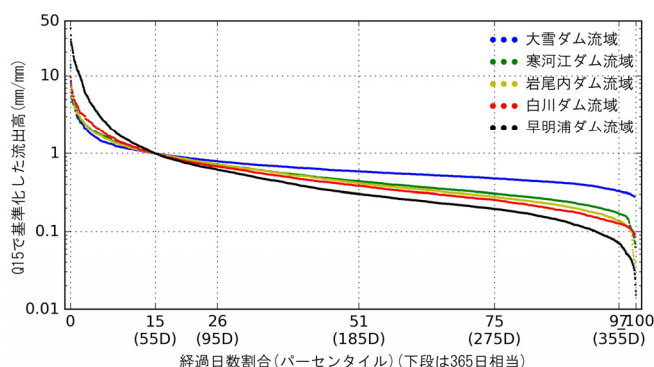


図2 対象流域の流況曲線

図3 Q_{15} で除して基準化した流況曲線

キーワード 低水流出、流況曲線、地質、土壌、貯留関数式、減水定数

連絡先 〒191-8506 東京都日野市程久保 2-1-1 明星大学理工学部 TEL 042-591-5111

$$Q_g = A_u^N \cdot S_g^N \cdots \quad (1)$$

ここに、 S_g ：地下水貯留高（mm）、 Q_g ：地下水流出高（mm）、 A_u ：減水定数、 N ：指数。

流出の減水特性は減水定数 A_u に現れるが、その影響要因は分かっていない。地表に到達した降水が河川に流出するプロセスは地質と土壌の影響が大きいと見なし、流域の地質年代、地質成分、土壌種類の割合から減水定数 A_u との関係性について以下の①から③に記す。なお、使用した地質と土壌の GIS データベースは、20 万分の 1 日本シームレス地質図と土壌インベントリーの縮尺 20 万分の 1 土壌図である。また、表 1 には解析期間、 A_u 値および解析誤差評価値である日流量相対誤差の平均値（ $ADRE$ ）を示す。

① 流況曲線と減水定数 A_u との関係

減水定数 A_u と基準化した流況曲線（図 3）を比較すると、 A_u 値が小さいほど低水流出は高くなる傾向がある。つまり、流況曲線と減水定数 A_u には関係性があることが示唆される。

② 地質と減水定数 A_u との関係

地質年代（図 4）と減水定数 A_u との関係性は明確ではないが、流域に第四紀層が多い場合、 A_u 値は小さくなる傾向が見られ、また、地質成分（図 5）との関係でも、火山性地質が多い場合も同様の傾向が見られる。早明浦ダム流域は、三波川変成岩類がほとんどであり、不透水性が高いと考えられる。

③ 土壌と減水定数 A_u との関係

土壌は流域の基盤岩の上部を覆っており、そのため、土壌の保水性、透水性が流出に影響することは自明である。図 6 に各流域の土壌種類の割合を示す。大雪ダム流域では黒ボク土の割合が他流域より多く、保水性が高く、 A_u 値に関係している可能性がある。しかし、他の流域では土壌と A_u 値との関係性は特に見られない。この理由の一つとして、土壌は上層部にあるため、低水流出よりむしろ短期の洪水流出に影響することが考えられる。

4. おわりに

本研究では、低水流出を対象として、貯留関数式の減水定数の影響要因について流域の地質と土壌との関係を定性的に考察した。流況曲線と減水定数は関係性があることが示唆された。しかし、減水定数の影響要因を特定できていないため、今後は、対象流域の数を増やしてさらに検討することが必要である。

【参考文献】

1) 虫明功臣・高橋 裕・安藤義久：日本の山地河川の流況に及ぼす流域の地質の効果、土木学会論文報告集、第 309 号、pp.51-62、1981。
2) 横尾善之・沖大幹：山地河川の流況曲線形状を説明するための表層地質の分類法に関する検討、水工学論文集、第 53 巻、pp.464-468、2009。

表 1 水循環解析で得た減水定数 A_u の最適値

対象流域 面積	対象期間	A_u	$ADRE$
大雪ダム 290 km ²	2002.10.1–2017.9.31	5.3×10^{-5}	21.3 %
寒河江ダム 233 km ²	2002.10.1–2017.9.31	7.2×10^{-5}	26.0 %
白川ダム 206 km ²	2003.10.1–2017.9.31	1.5×10^{-4}	30.3 %
岩尾内ダム 332 km ²	2002.10.1–2017.9.31	2.3×10^{-4}	30.9 %
早明浦ダム 471 km ²	1986.1.1–2015.12.31	2.7×10^{-4}	27.8 %

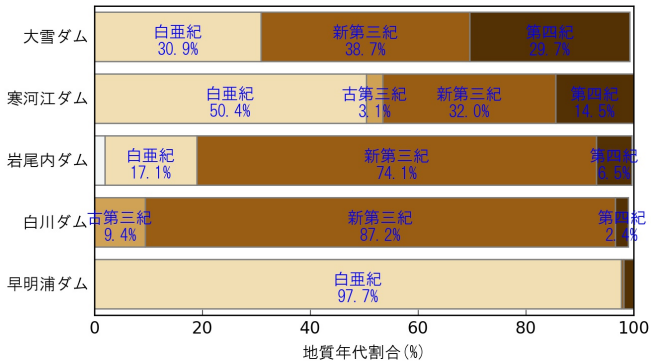


図 4 流域の地質年代の割合

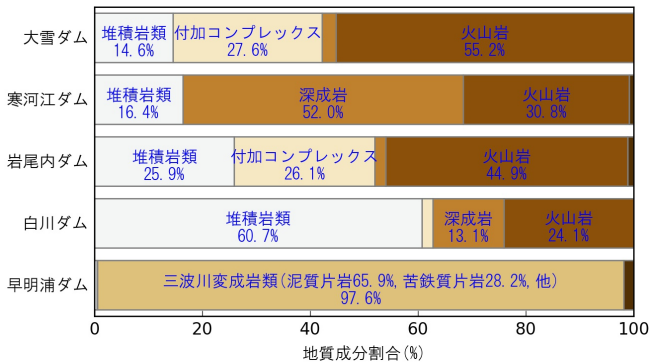


図 5 流域の地質成分の割合

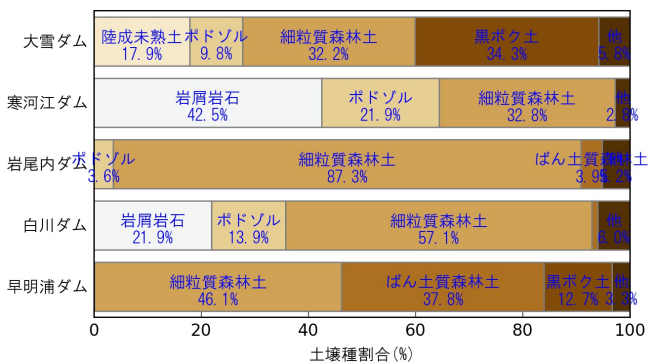


図 6 流域の土壌種類の割合

3) 安藤義久・高橋 裕・伊藤和央：低水流出の分数関数減水式の地質・季節要因による総合化、土木学会論文報告集、第 357 号、pp.149-157、1985。
4) 臼谷友秀・中津川 誠・松岡直基：流域貯留量推定のためのモデルパラメータの一般化に関する研究、土木学会論文集 B1(水工学)、Vol.70、No.4、I_355-I_360、2014。
5) 藤村和正・井芹慶彦・鼎 信次郎・村上雅博：低水流出に適用する貯留関数式の定数の特性、土木学会論文集 B1(水工学)、Vol.71、No.4、I_301-I_306、2015。