

流域の気候・地理条件と渴水比流量の関係*

福島大学共生システム理工学類 佐藤 雄一
福島大学共生システム理工学類 横尾 善之

1. はじめに

どのような流域条件下にある流域で渴水流量が大きいのか未だに特定されていない。渴水流量が大きい流域は地下水をその起源としている可能性が高いため、渴水流量が大きい地域に共通する流域条件を理解しなければ、地下水の利用を促進しても良い地域と控えるべき地域を明確に見分けることができない現状にある。この問題に対して志水(1980)は、渴水流量と流域の地質・地形・植生との関係について検討することで、5種類の地質(第四紀火山岩類、第三紀火山岩類、花崗岩類、中・古生層、第三紀層)から渴水流量がより豊富である流域を把握して、その流域を水源涵養機能の良好な流域であると考察した。また、虫明ら(1981)は太平洋側の山地河川を対象とした気候区分・地質区分別に流量との要因分析を検証することで、地質区分に対応して流域の地下水貯留能ならびに流出調節機能に有意な相違があると考察した。

これらの先行研究を踏まえて、日本全国の地下水涵養地として最適な条件の組み合わせを見出しができれば、水源地の特定ができる可能性が高いと考察する。

そこで横尾ら(2011)にならい、流域条件を満たす流域を水源涵養ポテンシャルが大きい流域であると仮定し、地図上に表示した日本全国の水源涵養ポテンシャルマップとして作成することを目指す。特に本研究では、ダム・堰・観測所の渴水流量とその流域内の気候・地理条件との関係を調べ、より多くの渴水流量が安定している流域の条件を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

2.1 対象流域の選定

本研究は、図-1に示す日本全国の計145か所のダム・堰・観測所を対象とした。これらの流域は、河川上流にあり、人の影響をほとんど受けておらず、データの欠測が少ない流域を選んだ。なお、流域面積が小さい流域は、気候変動や集中豪雨の影響を強く受けると考えられるため、流域面積 10km^2 以下 のダム・堰・観測所を対象外とした。

2.2 渴水流量の算出

対象流域の流量は、国土交通省が所

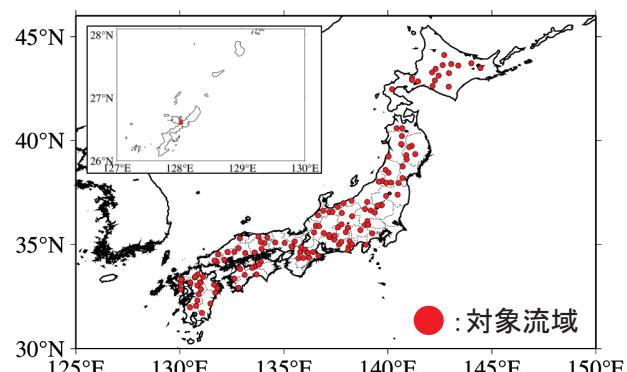


図-1 対象流域の位置

*Exploring the relationships between low-flows and physiographic watershed characteristics by Yuuichi Sato and Yoshiyuki Yokoo

管する水文水質データベースにおける日流量データから取得した。図-2は日流量から算出できる流況曲線を示していて、渴水流量は流況曲線上で355番目にあたる流量である。また、渴水流量は2005年から2007年までの日流量データ3年分の平均値を用いた。欠測がある流域については、うるう年を除く他年のデータで補った3年分の平均値を用いた。

2.3 地理条件の算出

流域の地理条件を抽出するため、地理情報システム(Geographical Information Systems: GIS)を用いて対象流域のみを抜き出す作業を行った。この作業には、国土地理院発行の50mメッシュの標高データを使用し、①標高ポイントデータのラスタデータへの変換、②流向の計算、③累積流量の計算、④累積流量の値を用いた支流への分割、⑤集水域データの作成、⑥作成した流域内の地形条件を算出するため、マスクによって定義した標高データから集水域の標高データを抽出の順に作業を進めた。

2.4 豪雪地帯の流域と非豪雪地帯の流域の分類

夏期の降水と冬期の降水では流出過程が異なる。特に積雪地帯において冬期の降水のほとんどはすぐに流出することなく積雪として長期間貯留され、流量に影響を及ぼしていると考えられる。そのため豪雪地帯と非豪雪地帯とで区別しておく必要がある。

そこで本研究では、地頭菌ら(1987)にならい、夏期の6月から10月までの5ヶ月間の流量と降雪および融雪時期にあたる11月から5月までの7ヶ月間の流量の大小で非豪雪地帯と豪雪地帯の区別をした。ここでは、夏期の6月から10月までの流量の合計が年間流量の合計の4割以下である流域を豪雪地帯の流域とした。

なお、豪雪地帯において積雪量が正確に観測されない場合が多いことから、年降水量と相関が高い年流量($=Q$)を代わりとして用いた(図-3)。豪雪地帯と非豪雪地帯の分類は、図-4に示すとおりである。

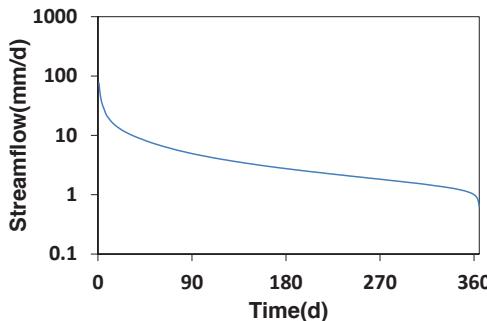


図-2 流況曲線

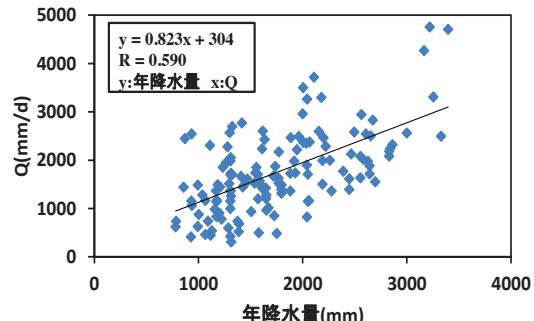


図-3 年流量と年降水量との相関関係

2.5 相関解析

流域の気候・地理条件に関する特性値が渴水流量に与える影響を調べるために、両方の相関を調べた。相関の有無を判断するため有意水準5%を基準に無相関検定を行った。有意水準5%以

内に相関係数 R が収まる場合は相関あり、超えた場合は相関なしと判断して、それぞれ得られた関係に基づき考察した。

3. 結果

3.1 豪雪地帯の流域と非豪雪地帯の流域

対象 145 流域のうち、豪雪地帯に分類した流域の数は 29 流域、非豪雪地帯に分類した流域の数は 116 流域となった。図-4 から、豪雪地帯に分類した流域は日本海側、特に東北地方から北陸地方にかけての日本海側に集中していると判断できる。一方、非豪雪地帯に分類した流域は太平洋側と西日本に集中していると判断できる。これは、地頭菌ら(1987)の研究結果と整合する。

3.2 豪雪地帯

図-5 は、豪雪地帯にある流域の渴水比流量と山体の高さの相関を示している。相関係数 R が有意水準 5%以下に収まることから渴水比流量と山体の高さは相関があるとわかる。また、この図から山体の高いところにある流域ほど渴水比流量が増加する傾向が読み取れる。

図-6 は、豪雪地帯にある流域の渴水比流量と土地起伏の相関を示している。この図から、土地起伏が大きい流域ほど渴水比流量が増加する傾向が読み取れる。ただし、渴水比流量と土地起伏は正の相間にあるが、渴水流量が約 0.41mm/day、土地起伏が約 452m である大沢野大橋観測所(富山県)は他の対象流域と比較すると、土地起伏は大きい値を示すが、渴水流量は小さい値を示す。そのため、大沢野大橋観測所は近似曲線から大きく外れる結果となった。この原因について、その流域の特徴を調べ解明する必要がある。

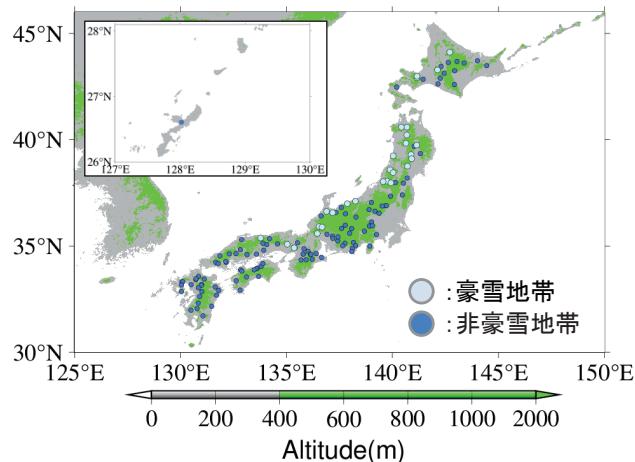


図-4 豪雪地帯と非豪雪地帯の分類

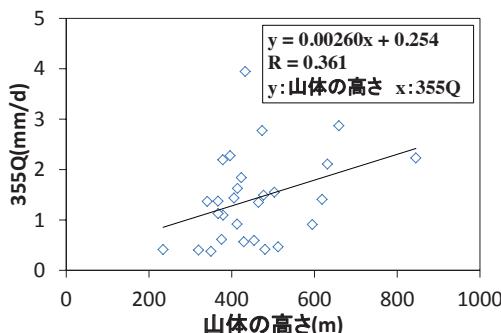


図-5 条件：山体の高さ（豪雪地帯）

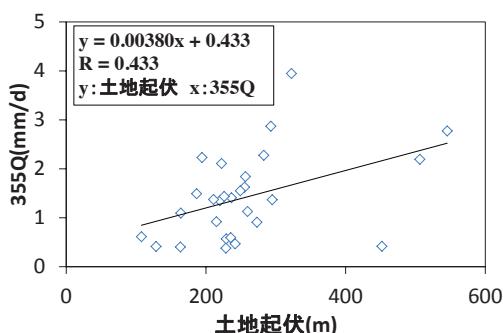


図-6 条件：土地起伏（豪雪地帯）

図-7は、豪雪地帯にある流域の渴水比流量と冬期の降水量の相関を示している。この図から、渴水比流量と冬期の降水量は正の相関があり、冬期の降水量が大きい流域ほど渴水比流量が増加する傾向が読み取れる。冬期の降水のほとんどはすぐに流出することなく流域内に積雪として貯留されることから、積雪量の増加に強く影響すると判断できる。そのため寒冷の湿潤気候で、積雪量が多く持続性が良い地域ほど渴水流量が大きくなり、水源涵養ポテンシャルが大きい流域であると言える。

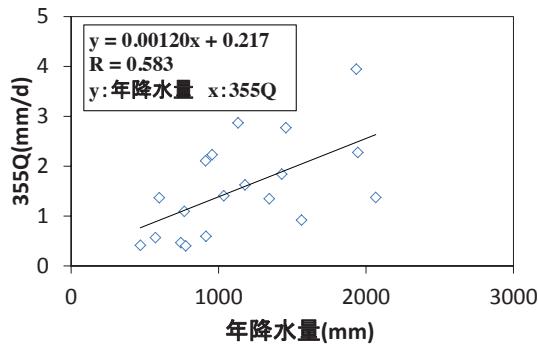


図-7 条件：冬期の降水量

3.3 非豪雪地帯

図-8は非豪雪地帯にある流域の渴水比流量と山体の高さの相関を示しているが、無相関検定の結果、相関係数Rが有意水準5%を超えたため相関がないと判断した。同様に、図-9の非豪雪地帯にある流域の渴水比流量と土地起伏の関係も解析の結果、相関がなかった。

のことから、非豪雪地帯にある流域の渴水流量は今回の条件に影響されないことがわかつた。

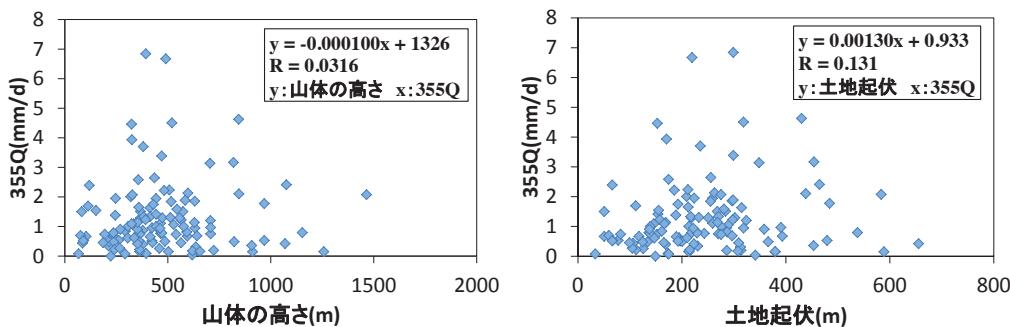


図-8 条件：山体の高さ（非豪雪地帯）

図-9 条件：土地起伏（非豪雪地帯）

4. 考察

本研究は、渴水流量が安定している流域の条件を明らかにすることを目的とし、豪雪地帯と非豪雪地帯に分類した各ダム・堰・観測所の渴水流量とその流域内の気候・地理条件の関係を調べ、相関解析を行った。

その結果、豪雪地帯に分類した流域は渴水比流量と地形条件の間で相関がみられた。このこ

とから、渴水流量の増大に積雪が影響していると考えられる。山体の高いところにある流域ほど渴水流量が増加する傾向にみられたのは、上空ほど気温が低く雪の状態を長期間維持できるため、水を貯留し河川へ流出する水量が管理され流量が安定したと考えられる。同様に、土地起伏が大きい流域ほど渴水流量が増加する傾向にみられたことも積雪の涵養機能がはたらいたためだと考えられる。これは、土地起伏が小さい地域に比べて土地起伏が大きい地域に窪地が多く存在し、そこに発生した雪だまりが要因となった可能性が高い。

一方、非豪雪地帯に分類した流域では渴水比流量と地形条件との関係において相関はなかった。豪雪地帯のように積雪による保水力や涵養機能がなかったことを要因に挙げられる。しかし、非豪雪地帯に分類した流域のうち、豪雪地帯に分類した流域より渴水流量が大きい流域がみられた。ほとんど同じ地形条件でも気候・地質・土壤などの条件によって流出状況が異なるためだと考えられる。この原因を解明するためにも、積雪や地表面の形にのみ議論するのではなく、Musiake ら(1975)の地質・土壤分類、同じく虫明ら(1981)の気温・降水・日照率・乾湿の4つの気候要素を組み合わせて区分した気候区分といった既存研究を用い、さまざまな気候・地理条件の組み合わせを検討して最適な条件の組み合わせを特定する必要がある。

5. 結論

本研究は、渴水流量が安定している流域の条件を明らかにすることを目的とし、豪雪地帯と非豪雪地帯に分類した各流域の渴水流量とその流域内の気候・地理条件との関係を調べ、相関解析を行った。得られた結果を以下にまとめる。

- (1) 豪雪地帯に分類した流域のほとんどは、東北・北陸地方の日本海側に集中した。
- (2) 豪雪地帯に分布する流域では、山体の高さが高い流域や土地の起伏が大きい流域ほど渴水流量が増加する。
- (3) 積雪量の大きい流域ほど渴水量を増加させる傾向がある。
- (4) 積雪量には涵養機能がある。
- (5) 非豪雪地帯に分布する流域では、渴水比流量と山体の高さ、および渴水比流量と土地起伏との関係性はみられなかった。

今後は、豪雪地帯での渴水流量と土地起伏との相関解析の結果で近似曲線から大きく外れた流域や、非豪雪地帯に分類した流域のうち渴水流量が大きい値を示した流域の原因解明をする必要がある。積雪による涵養機能の影響を受けにくい非豪雪地帯に限定し、渴水比流量と気候・地質・地形条件との相関を解析するとともに水源涵養地の特定を検討することが課題である。

謝辞

本研究は、国土交通省の水文水質データベース、国土地理院の数値地図情報を活用した。ここに謝意を記す。

参考文献

志水俊夫 (1980), 山地流域における渴水量と表層地質・傾斜・植生との関係, 林業試験場研究報告, Vol.301, pp.109-128.

- 虫明功臣・高橋裕・安藤義久 (1981), 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, Vol.309, pp.51-62.
- 横尾善之, 沖大幹, 川崎雅俊, 坂田加奈子 (2011), 渴水比流量の増加要因に着目した全日本地下水涵養ポテンシャルマップの作成, 水工学論文集, 第 55 卷, pp.385-390.
- 地頭菌隆・竹下敬司 (1987), 山地河川の流況と流域条件の関係Ⅱ. 流域地質が流況に及ぼす影響, 鹿児島大学農学部演習林報告, Vol.15, pp.15-38.
- Musiake Katumi, Syohei Inokuti, Yutaka Takahashi (1975), Dependence of low flow characteristics on basin geology in mountainous areas of Japan, IAHS Publication, 117, pp.147-156.