

気象トレンドを考慮した北海道の渇水比流量

*上原弘之, 阪田義隆, 知北和久(北大・理), 中津川誠(室工大・工), 山田朋人(北大・工), 工藤啓介, 小池明夫(ドーコン), 濱原能成(福田水文セ), 木村峰樹(北開水工), 定塚 徹(環境コンサルタント), 臼谷友秀(日本気象協会)

1. はじめに

渇水比流量(日平均流量の1年間降べき順の355番目以降を渇水流量とし,これを流域面積で除した値)は,流域の水資源・水環境の保全や管理の指標となる重要な水量である.渇水比流量は,流域の様々な水文条件に依存し,特に地質条件に支配的とされる(虫明 1961).この場合,気候変動の進行に伴う渇水流量への影響も小さいと予想されるが,一方で河川の渇水流量は21世紀末に東北・北海道で10~40%増え,西日本では20~50%減少するという試算もある(立川 2011).

本研究では,北海道を対象に,流域内での様々な水文条件への依存性を定量的に示す渇水比流量のモデルを作成し,それに気象トレンドを与えることで,将来的な渇水リスクの評価を行うことを目的とする.北海道は多様な地質・地形・気候条件を有し,かつ半世紀以上に及ぶ流量データも広く入手可能である.特に全道を網羅するGIS地質データが編纂されており,渇水比流量の広域解析を行う条件が整っている.現段階では,全道の渇水比流量が整理され,現状マップを概ね再現する暫定モデルが得られている.本発表では,既存気象データからそのトレンド分析を行うとともに,トレンドを暫定モデルに入力することで北海道における渇水比流量の将来予測を行った.

2. 渇水比流量モデル

北海道の1,2級河川の流量観測所の内,流域内でダムや取排水の影響のない140流域を選定し,次に,各流域内で降水量,気温,地形,地質,土壌,植生,土地利用成分をGISにて抽出した(表1).それらを説明因子とする渇水比流量モデル(線形回帰モデル)を仮定し,部分最小二乗法によりパラメータ推定を行い,最後に誤差項 ϵ_i をクリギング推定した.

$$Y_i = b_0 + \sum_j b_j X_{ij} + \epsilon_i \quad (1)$$

図2に渇水比流量モデルマッピングの結果を示す.

3. 北海道の気象とトレンド分析

北海道はわが国の北端(北緯41.4°~45.6°東経139.8°~148.9°)に位置し,面積は8万3千km²で国土の20%を占める.降水量と気温の平年値の分布を図1に示す.北海道の気候を5つに大別すると,1)比較的温暖で降雪の少ない平洋側西部,2)温暖だが冬季に比較的強い風雪のある日本海側,3)夏冬ともに少雨で乾燥し冬季に厳しく冷え込むオホーツク海側,4)季節風がもたらす霧により夏は気温が上がりやすく冬に厳しい冷え込みの太平洋側東部,5)盆

表1. 説明因子 X の一覧

項目	参照元	解析用区分	区分数	
降水量	解析雨量 気象庁 気象官署・アメダス(カキツグ推定)	・年降水量 P_{yr} , ・4旬毎降水量(P_{Apr} :12-2月, P_{May} :3-5月, P_{Jun} :6-8月, P_{Aut} :9-11月) ・年平均 T_{yr} , ・季別平均気温(T_{Apr} :12-2月, T_{May} :3-5月, T_{Jun} :6-8月, T_{Aut} :9-11月)	2001-2010年平均 2001-2010年最小	10
気温	国土地理院10mメッシュ	・最大標高ME, ・標高差DE, ・標高変動Slope ・平均勾配AS, ・最大流路長ML, ・流路長の総和SL	2001-2010年平均	5
地形	北海道 土木地質図	・G1第四紀層, ・G2火山噴出物, ・G3火山岩, ・G4新第三紀層, ・G5古第三紀層以前, G6付加帯		6
地質	土壌図 国土交通省	・S1褐色森林土, S2黒ボク土, S3赤黄色土, S4ボドゾル, S5褐色低地土, S6火山灰未熟土等, S7岩屑土		7
土壌	2.5万植生図 環境省	・V1乾~適湿性の広葉樹林, V2湿性の広葉樹林, V3乾~適湿性の針葉樹林, V4湿性の針葉樹林, V5乾~適湿性の草原, V6湿性の草原, V7乾~適湿性の無植生地・非植生地, V8湿性の無植生地・非植生地		7
植生	土地利用細分 メッシュ 国土交通省	L1畑, L2森林, L3荒地, L4都市		4

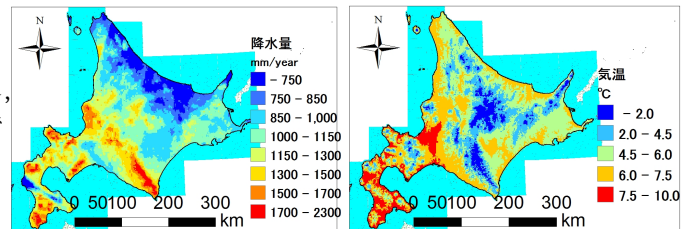


図1. 降水量と気温の10年平年値

地であり夏と冬の寒暖差が激しい内陸部となる(気象庁 2010).年降水量は,天塩や日高の山脈を境に東西で明瞭に分かれており,道央・道南の山地や海岸沿いで1700~

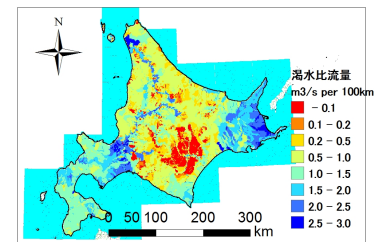


図2. 渇水比流量モデルによる全道マップ

2300mmと多く,道北オホーツク海沿岸で750mm以下と少ない.年平均気温は道央・道南で7.5~10.0°Cと比較的温暖で,石狩・日高の山地で2.0°C以下,それ以外の海岸沿いおよび内陸部で4.5~7.5°Cとなっている.このように北海道の降水量・気温は,地形や偏西風などの影響により多様な分布を示す特徴を持つ.

気象トレンドの解析は,総合地球環境学研究所のAphroditeデータ

(<http://www.chikyu.ac.jp/precip/jp/index.html>)を用いて,次式の単回帰分析によるトレンド評価を行った.

$$y_i = \beta_1 + \beta_2 x_i + \epsilon_i \quad (2)$$

気象要素 y に対し各年 x を説明変数とし, β は回帰係数, ϵ は誤差項を表す.降水量は積算値,気温は平均値をそれぞれ年間および季別(冬12-2月,春3-5月,夏6-8月,秋9-11月)の値計5パターンで解析し,F検定により勾配 β_2 が有意水準5%を満たす場

合のみ抽出した。

4. 結果と考察

4.1. 気象トレンド

気象トレンドのうち、渇水比流量への寄与が大きい年降水量・夏の気温・冬の気温のトレンドを、それぞれ図 3(A),(B),(C)に示す。年降水量はオホーツク海側から十勝地方にかけ減少、日本海側から日高にかけ帯状に増加傾向がみられた。また夏の気温は道北からオホーツク海側にかけて気温増加がみられ、冬の気温は道北および日高・十勝で低下、内陸部と知床方面で上昇する傾向がみられた。

気象庁のアメダス観測所データを用いて同一方法で行ったトレンド分析結果(図 4(B)(C) ○で示す)との比較では、夏の気温トレンドは概ね合致するが、冬は互いに背反な空間に有意トレンドが出ている。気象庁は観測点のローカルなデータであるのに対し、Aphrodite は広域メッシュデータであり、気温の高度補正にメッシュ内平均標高を用いている。加えて空間解像度が荒く、このことが両者の差に影響していると考えられる。

4.2. 渇水比流量

気象トレンドを入力したモデルによる、渇水比流量の 50 年後の全道マップを図 4 に示す。現在と比べた渇水比流量は、道東の根室付近で若干の増加を示すものの、道北および道東の上川・宗谷・網走あたりで $0.1\text{m}^3/\text{s}/100\text{km}^2$ 以下となる領域が広範囲にみられる結果となった。

暫定モデルから、渇水比流量に対する重み((1)式の b_j)が、年降水量および冬の気温は正、夏の気温は負であったため、道東は気温が夏冬ともに増加傾向であることから、モデルに入れた際に打ち消しあい、年降水量の増加傾向が反映され渇水比流量が微増している。次にオホーツク海沿岸では、年降水量の減少傾向が渇水比流量の減少を引き起こす結果となった。この地域は北海道の中でも降水量が比較的少なく、年降水量の減少が渇水比流量に強く影響する可能性がある。加えて夏の気温上昇も渇水比流量を減少させていると考えられる。最後に道北内陸部および日高・十勝地域は、冬の気温低下傾向が渇水比流量の減少に強く影響していると考えられる。北海道の将来渇水比流量は全体に減る傾向にあると言える。

以上から、解析した気象トレンドが続く場合に、渇水リスクが懸念されるのは道北・日高・十勝地域である。特に十勝地域はもともと渇水流量が小さいため、特に利水や河川環境への影響が懸念される。

しかしながら、50 年後予測値では $0.1\text{m}^3/\text{s}/100\text{km}^2$ を下回る地域が広範囲になり、妥当性の検討が必要である。まず Aphrodite データと気象庁の実測データの差があることから、Aphrodite によるトレンドの補正が必要と考えられる。また現実には気象条件のみが独立に変化することは考えにくい。例えば、気候変動に伴う植生の変化や長期的な土地利用の変化も無視できない。また長期的には回帰係

数 b_j そのものが変化する可能性が考えられる。今回用いた暫定モデルは、ダムの影響のない既存観測所の流域のみのデータで推定しており、空間的に偏りがあることが、精度に影響している可能性がある。現在、北海道全体を網羅する補間観測や水位計の設置による重点観測を進めており、これらのデータを用いて渇水比流量モデルの精度向上を図るつもりである。

5. まとめ

Aphrodite 長期データのトレンドから、北海道における渇水比流量の将来予測を行った結果、全体に渇水比流量が減る傾向となり、 $0.1\text{m}^3/\text{s}/100\text{km}^2$ 以下の地域が道北・日高・十勝で増えることがわかった。しかし Aphrodite データによるトレンドの補正や、観測点の不足によるモデルの精度といった部分に課題が残る。今後、Aphrodite データの特徴を探っていくこと、およびモデル精度向上のための補完観測が重要となる。

6. 引用文献

- 虫明功臣, 高橋裕, 安藤義久 (1961) 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, p51-62.
立川康人, 滝野晶平, 藤岡優子, 萬和明, キム・スンミン, 椎葉充晴 (2011) 気候変化が日本の河川流量に及ぼす影響の予測, 土木学会論文集 B1 (水工学), 67 巻 1 号, 1-15.
阪田義隆ほか(2014) 水文・水資源学会研究グループ「北海道の渇水比流量分布の現在及び将来予測」活動報告, 水文・水資源学会 2014 年度研究発表会要旨集, p.98-99
気象庁 (2010) 北海道における気候と海洋の変動
Yasutomi N., Hamada A. and Yatagai, A. (2011):

Development of a long-term daily gridded temperature dataset and its application to rain/snow discrimination of daily precipitation. *Global Environmental Research*, 15, 165-172.

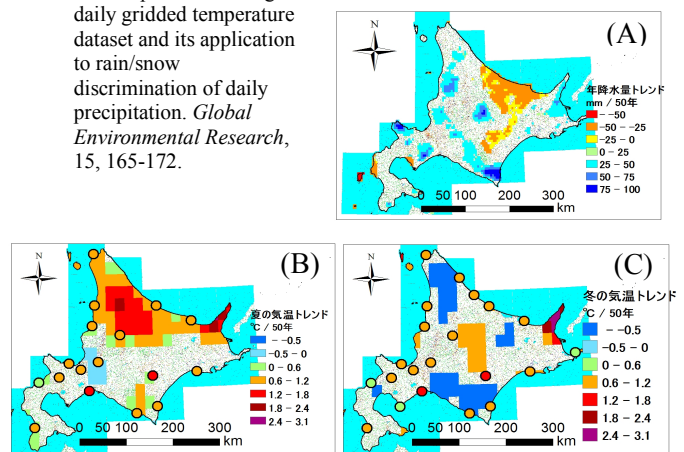


図 3. 気象トレンド(A)年降水量(B)夏の気温 (C)冬の気温
○: 気象庁データによる有意トレンド

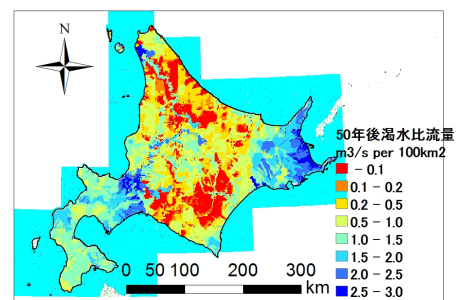


図 4. 渇水比流量の 50 年後予測値