

北極大河川の氷厚と水温環境の変化

朴昊澤¹、吉川泰弘²、大島和裕¹
 海洋研究開発機構、北見工業大学

はじめに

北極域における気温上昇及び海氷減少、凍土衰退、河川流出量の増加などの著しい変化が、近年報告されている。その中で、蒸発散量と河川流出量の増加による水収支の変化は、陸面プロセスに影響し、さらに大気にフィードバックされて陸域-大気間の相互作用が強まっていることが確認された。また、河川水の増加は栄養物と熱の輸送を増加させ、北極海の生物学的・物理的環境に影響を及ぼす。北極の河川水は冬期に結氷して春に解氷する季節性を持つ。近年の気温上昇により河川氷の季節変化、及び夏期の河川水の温度に影響が現れると考えられる。ロシアの大河川の観測データの解析から最大氷厚の減少と河川氷の早期解氷の変化が報告された (Shiklomanov and Lammers 2014)。しかし、観測データの不足などにより河川氷と水温環境の変化に関する研究はまだ十分ではない。本研究ではこれらのプロセスを再現するため、陸面過程モデル CHANGE と観測データを用いて、20 世紀における北極大河川の氷厚と水温環境の変化を評価した。

観測データと水文モデル

ロシアの大河川の多くの地点では 1930 年代から河川水の温度と氷厚の観測が 10 日間隔でルーティンワークとして行われており、一部のデータは公開されている (<http://data.eol.ucar.edu/codiac/dss/id=106.233>)。河川流出量は ArcticRIMS で提供されている過去 70 年間 (1936-2009) の河口の月平均データを使用した。これらのデータはモデルの計算結果の検証に使用した。

陸面過程モデル CHANGE は、大気-植生-土壌間の物理・生理生態・水文学的プロセスを統合したことによって、プロセスまたコンポーネントの変化による陸域システム内の相互作用及びフィードバックが定量的に評価できる特徴を持っている。特に、CHANGE は河川網の影響を考慮した分布型流出モデルを組み込んでおり、全球スケールでの河川流出量の計算が可能である。流出モデルは、気温データに基づいて氷厚と水温の変動を計算するモデル (吉川ら、2013) を含んでいる。CHANGE は $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ の空間スケールで 45° 以北の地域を対象に、1901 年から 2009 年までの計算を行った。モデルの計算には EU のプロジェクトである WATCH が提供する気象データセットを用いた。

観測値と計算値の比較

分布型水文モデルは、陸面モデルが計算した土壌か

らの流出量を入力値として河川流出量が計算され、八田ら (2010) ではレナ川の長期流出量を精度よく再現できることが確認されている。CHANGE が計算した河川流出量と観測データを比較した結果、一部の流域 (Ob, Mackenzie) ではモデルの計算値が過大評価であったが、凍土域の流域 (Lena, Kolyma) の河川流出量は、計算値と観測値の間で高い相関を示した。また、CHANGE は河川の氷厚とその結氷・解氷の時期、また水温の季節・経年変化を概ね再現できていることを限られた観測データとの比較を通して確認した。

氷厚及び河川水温の長期変動

モデルは、従来の報告と同様にロシアの河川流出量が年々増加トレンドにあることを再現した。北極の河川では顕著な変化が見られなかった。20 世紀に北極陸域の気温は 1.4°C 上昇した (Bekryaev et al. 2010)。その影響により多くの河川において冬期の氷厚が減少し、河川氷の解氷時期は早まった。河川氷の結氷時期は、気温上昇の影響により多くの河川で遅れがみられたが、顕著な変化がみられない河川も一部あった。図 1 は、レナ川の中流の Tabaga における河川流出量及び、冬期の氷厚、解氷日の経年変化を示す。前述したように冬期の氷厚は明らかな減少トレンドを示す。109 年間で約 10cm の減少がみられた。また、河川氷の解氷日も同期間で約 10 日早まった。これらの変化は気温上昇による影響である。多くの河川で気温上昇に伴い水温が上昇していたことを確認した。この河川水温の上昇は北極海の熱収支に影響していたことが示唆される。

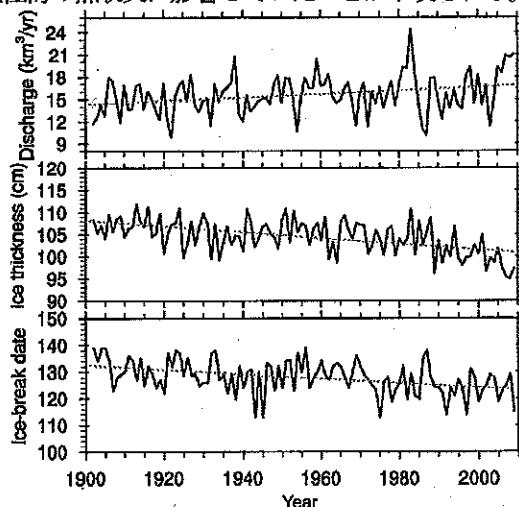


図 1. レナ川の中流に位置する Tabaga における河川流出量、冬期の氷厚、及び河川氷の解氷日の経年変動