

アムール川における溶存鉄生成メカニズムと水文現象 Hydrological properties and dissolved iron production mechanism in the Amur River

○大西健夫*, 楊宗興, 白岩孝行, 長尾誠也
○Takeo Onishi*, M. Yoh**, T. Shiraiwa***, S. Nagao****

1. はじめに

外洋の湧昇域などにおいては植物プランクトンの生育を鉄が律速していることが多く、オホーツク海もその一例である。オホーツク海の場合、この海域における鉄の供給メカニズムを巡っては議論が続いているが、アムール川も主要な起源のひとつとして重要な役割を果たしていることが明らかになっている。アムール川流域の中で高濃度の溶存鉄が生成されるのが湿地であり、この湿地から供給される溶存鉄には複数の水文現象が深く関与している。本報告では、湿地における溶存鉄生成に関わる水文現象と研究課題を総括し、リモートセンシングによる新たな観測がこの現象解明に寄与しうる可能性を議論してみたい。

2. 流域と観測体制の概要

アムール川流域の概要と本報告で主として使用するデータの観測点を Fig.1 に示す。流域の面積は約 200 万 km²、河道長は 4,300km と世界有数の大河である。流域は本流を隔ててロシアと中国にまたがっており、流域のロシア領域内には、HYDROMET（ロシアの気象庁に相当する現業機関）による地上気象観測点が約 200 地点存在し、同時に流量観測が毎日実施されている。また流域の中国領域内にも中国水利部（ロシア同様中国の現業機関）による観測網がある。両国の観測網および観測の歴史は古く、相応の観測体制もあり、観測点の密度も決して低くない。しかし、データの一般公開に対する態度は両国ともに極度に保守的であるため、特別な場合を除いては通常入手可能な地上観測データは非常に粗な領域と言える。

3. 流量および溶存鉄生成量の再現と課題

本流域における溶存鉄生成量の再現と予測を目的として、溶存鉄の生成メカニズムを組み込んだ流域の水文モデルを構築した。モデルの構造を Fig.2 に示す。水文モデルの流出プロセスは TOPMODEL を基本構造として用いており、主要な水文素過程が考慮されている。また溶存

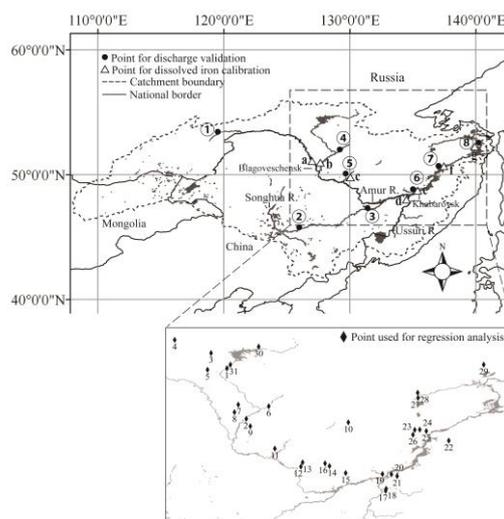


Fig.1 流域の概要

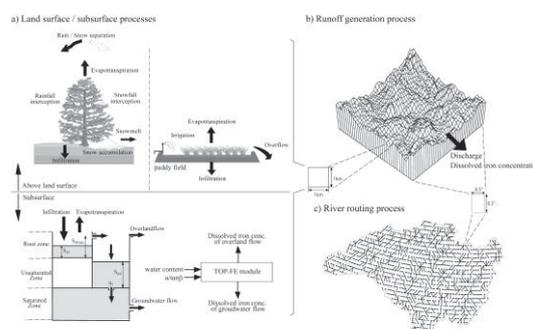


Fig.2 水文化学モデルの概要

*岐阜大学応用生物科学部 Faculty of Applied Biological Sciences, Gifu University

**東京農工大学農学部 Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

***北海道大学低温科学研究所 Low Temperature Institute, Hokkaido University

****金沢大学 Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University

キーワード：溶存鉄，融雪，凍土

鉄生成のメカニズムは TOPMODEL で用いられる地形指標の関数として溶存鉄濃度が計算される構造となっている。このモデルを用いて流域の流出量および溶存鉄濃度の再現を試みた。その結果、月流量に関して Nash Sutcliffe 値で 0.6~0.8 程度、溶存鉄濃度に関しては統計的な傾向が概ね観測値と一致する程度にはよい結果を得ている。しかし、より詳細な検討を行うと、融雪期の流出量の再現精度が悪く、気温データの空間分布が十分でないことが原因のひとつと考えられた。そこでモデルの再現性を高めるために、3つの異なる気温の空間内挿法（IDW：距離に逆比例した重み付き補間法、IDWEle：標高を考慮した距離に逆比例した重み付き補間法、LST：MODIS Terra/Aquaの取得データから算出された地表面温度から推定した気温）を用いて空間的に密な気温データを作成し、SWATモデルを用いて融雪期の流量再現を試みた。得られた結果を Fig.3 に示す。この結果より、MODIS データは有効であることが示唆される。以上より、地表面の温度を詳細に推定することのできるリモートセンシングデータは非常に有効であることがわかる。また上記研究を進める際に、検証データとして詳細な積雪域の時系列データが検証のために存在すれば非常に有効であろうことが示唆された。

4. 凍結融解プロセスの重要性

次に、アムール川流域における長期の溶存鉄濃度の変動特性を検討すると、流域の広い範囲に渡って、1990年代後半に大きなピークが観測されることがわかってきた (Fig.4 の実線) あり得る2つのシナリオ (水田灌漑のための地下水揚水、大きな洪水氾濫) を考慮して前述のモデルに組み込んだシミュレーションを実施したが、よい再現性は得られなかった。Fig.4 に点線で示した流域平均気温の変動解析や土壌温度の解析より、流域に広く分布している永久凍土の凍結融解による活動層の季節的変動が、溶存鉄生成に重要な役割を果たしているという仮説に至った。現在、現地での観測を進めているが、一例として Fig.5 のような結果を得ている。凍土の活動層は9月8日付近でピークを迎えるが、同時期に土壌中の溶存鉄濃度も最大値をとっており、関係性が深いことが推察される。Widhalmら(2017)は、X-band SARの後方散乱強度が活動層の深度と関係性があることが指摘しており、興味深い。

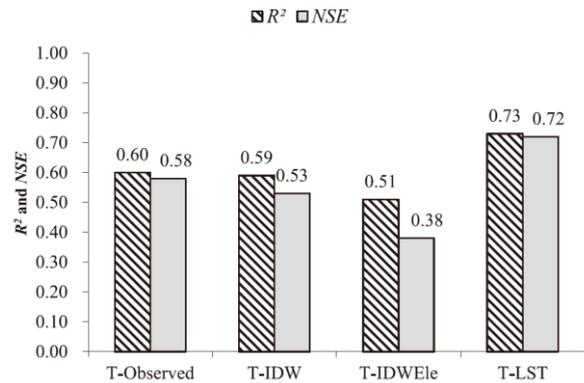


Fig.3 気温データの内挿補間法の相違による融雪期の流出再現精度

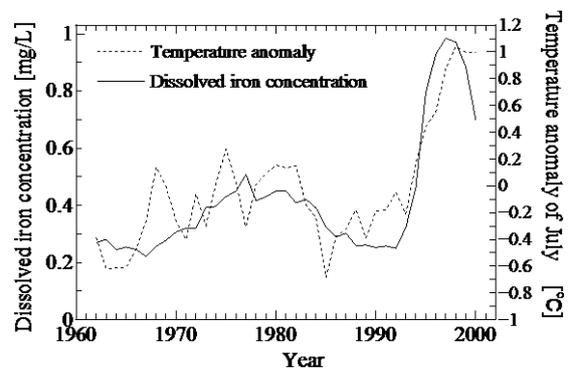


Fig.4 溶存鉄濃度の長期変動および流域の年平均気温のアノマリー

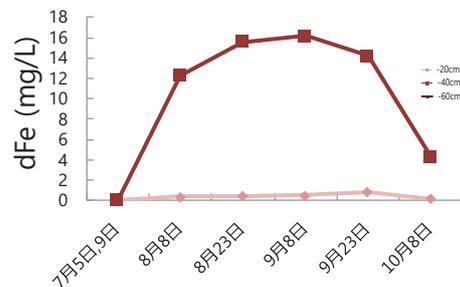


Fig.5 土壌中の溶存鉄濃度の季節変化

引用文献

Widhalm et al. (2017): Active-layer thickness estimation from X-band SAR backscatter intensity, The Cryosphere, 11, 483-496