

GISによる湖沼の水質環境評価システムのための汚濁物質拡散解析

温根沼における解析結果について

北海道東海大学 正会員 畑中勝守*

北海道東海大学 鈴木充夫*

1. はじめに

道東の大規模酪農地帯では、酪農により発生する大量の廃棄物（糞尿等）が周辺河川などの水系に流出し湖沼などの水質環境を悪化させることが懸念されている。このため、水質調査をはじめとする環境調査を実施し水系の環境変化を把握する必要があるが、例えばサロマ湖や風蓮湖のような広大な湖全域で水質調査を実施することは労力、費用、時間の観点から難しいのが現状である。また、水質環境変化を調査し評価するためには「農業」「環境」「漁業」といった連関を総合的に判断するための学際的な研究が必要であり、筆者らはGIS（地理情報システム）を利用した評価システムを開発するための研究を実施している¹⁾。本報告はそれらのうち、調査が困難な湖沼内の水質変化の基礎データを有限要素法による数値解析手法を用いて予測する研究と位置付けられ、昨年はサロマ湖周辺地域を解析対象として酪農に起因する窒素排出量の推計とサロマ湖における汚濁物質拡散の数値解析を実施した^{1,2)}。その結果、サロマ湖の水質環境が悪化している原因は河川から流入する汚濁物質によるものではない可能性が高いのではないかと結論を得た。そこで今年度は、道東地域において酪農が盛んなもう一つの地域である風蓮湖周辺水域について同様の研究を実施し、先に得た結論との比較を試みることにした。

風蓮湖はサロマ湖と同様海跡湖でありオホーツク海に面している。このため、湖内の流れは潮汐に影響されること、汚濁物質は河川から流入し海に面した境界で希釈されることなどが類似している。一方、風蓮湖に近い温根沼は、他の二つの湖と同様オホーツク海に面しているが、その規模はサロマ湖や風蓮湖に比べて小さく潮汐による海水の流入が流れや水質環境の変化への影響は他の二つの湖に比べて大きいと考えられる。温根沼も漁業が盛んであり湖の水質は環境基準を

大きく上回るほど悪化していることから、本研究では風蓮湖に先立ち温根沼における解析を実施することとした。以下に、その結果について示す。

2. 数値解析結果と考察

2.1. 湖内の定常流れ数値解析

汚濁物質の移流拡散解析に先立ち、湖内の定常的な流れを計算した。温根沼は流量規模がそれほど大きくない河川とオホーツク海に面する境界を持ち、ほぼ南北に5km、幅1.5kmほどの広さを持つ湖である。水深は、河川の跡である流路で最深5mほど、流路以外ではほぼ水深1m以下と非常に浅い湖である。図1に温根沼の解析領域図（有限要素分割図）と境界条件を示す。ここで、河川からの流入は一定流量の流入境界を仮定し、海に面した境界では潮汐による水位変動量を境界条件として与えた。一方、支配方程式は非定常浅水長波方程式を用い、数値解析手法に有限要素法をもとにした手法^{1,2)}を用いて解析を行った。なお、解析手法の詳細は紙面の都合上割愛する。

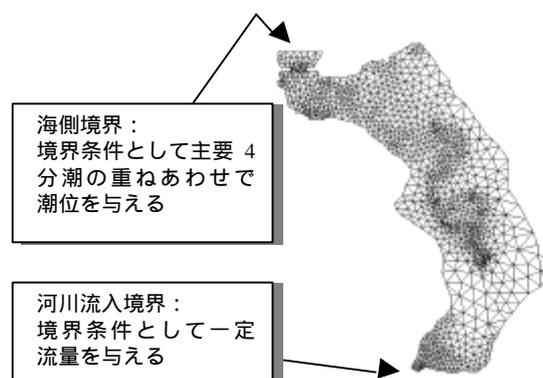


図1 温根沼の流れ解析領域図と境界条件

流れ解析では、実時間で4日分の計算を行い、最後の2日分の解析結果を平均して定常的な流れ場を求めた。図2に計算から得られた平均流れ場の流線を示す。この結果からわかるように、温根沼ではオホーツク海に

* 教育開発研究センター総合教育系

キーワード：水系環境評価，汚濁物質拡散，数値解析，有限要素法，GIS

連絡先：〒005-8601 札幌市南区南沢5条1丁目1-1 電話：011-571-5111、FAX：011-571-7879

面する境界と河川入口付近に二つの大きな循環が見られるものの、河川の流れへの影響は小さいと考えられる。なお、海側での比較的強い渦はこの場所に橋脚があり流路が狭められているためである。以上の結果は、観測データとは直接比較検証できないものの、現地の観察から定性的に良い一致を示していると考えられる。

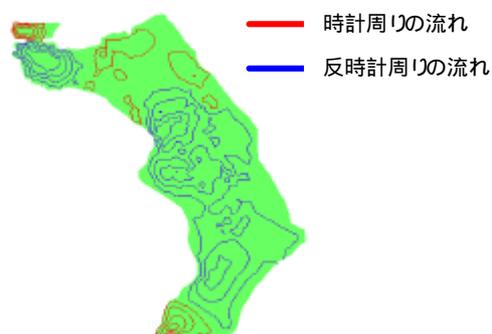
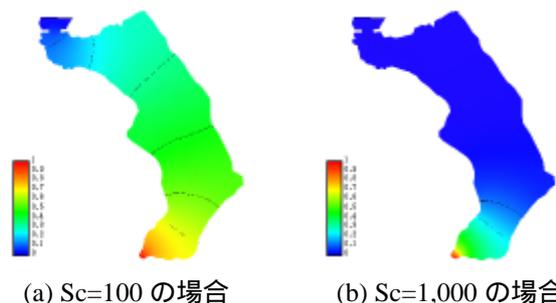


図2 温根沼の平均的流れ場の流線図

2.2. 汚濁物質移流拡散解析

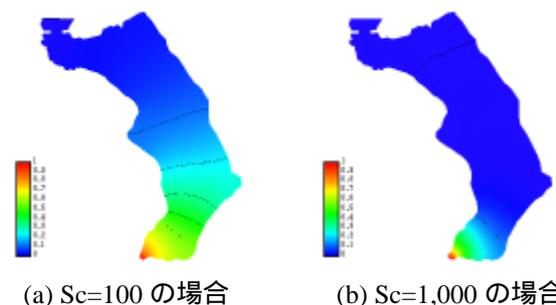
先に求めた温根沼の平均的な流れ場をもとに、汚濁物質の移流拡散解析を実施した。解析の詳細は割愛するが、2次元非定常移流拡散方程式を有限要素法で計算し、解析は移流拡散が収束するまで行った。また、基礎方程式はシュミット数 (Sc : Schmidt number) をパラメータとする無次元化を行っている。ここに Sc は物質の拡散係数と流体の動粘性係数の比で定義される無次元パラメータであり、本報告では100と1,000の二つの場合 ($Sc=1,000$ は、例えば窒素などと同程度の条件、 $Sc=100$ はそれよりも拡散しやすい条件) の結果を示す。また、境界条件として海側境界では汚濁物質濃度をゼロとし、河川において無次元濃度を定常的に1として与える場合 (Case 1: 生活廃水の流入のような定常的な汚濁物質の流入を想定した場合) と河川からの流入物質濃度が時間的に変化する場合 (Case 2: 降雨時に一時的に流入濃度が変化することを想定した場合) の二つのケースの解析をそれぞれ行った。図3および4にそれぞれのケースにおける汚濁物質濃度分布図を示す。図3から、生活廃水のように汚濁物質が定常的に流入する場合には、 $Sc=100$ の場合は湖内に汚濁物質が広がるが $Sc=1,000$ の場合には河口付近を除き湖内には汚濁物質が広まらないことが解る。また図4から、降雨により汚濁物質濃度が一時的に増加しやがてゼロになる場合には、拡散が最大の場合でもおおむね物質は河口近傍にとどまり湖内全域には拡散しないことが解る。以上の結果から、非常に拡散しやすい

物質が生活廃水のように定常的に湖に流れ込んでこないかぎり、河川から供給される拡散物質が湖全体に広がるとは考えにくく、温根沼の水質環境悪化の原因は、河川から流入した汚濁物質によるものではない可能性が高いと予想される。



(a) $Sc=100$ の場合 (b) $Sc=1,000$ の場合

図3 Case 1の結果 (収束状態の濃度分布図)



(a) $Sc=100$ の場合 (b) $Sc=1,000$ の場合

図4 Case 2の結果 (拡散が最大の時の濃度分布図)

3. おわりに

GISを利用した水系環境評価のための流れの数値解析について温根沼における解析結果について報告した。数値解析結果から、温根沼でもサロマ湖同様、河川から流入する汚濁物質だけでは湖の水質環境悪化の説明が難しく、原因は他にあるのではないかと予想された。今後は風蓮湖についても解析を実施し、解析のGISへの移行と水系環境評価システムの開発などを行っていきたいと考えている。

謝辞

本研究に対し根室市水産課より資料の提供と温根沼の現状に対する有益な情報提供を頂いた。ここに記して感謝の意を表す。また、本研究の一部は、平成13年度文部科学省科学研究費(萌芽的研究)の支援を受けた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 畑中・鈴木, 道東大規模酪農地域における湖内の汚濁物質移流拡散有限要素解析, 北海道東海大学紀要・理工系, 第14号, pp23-29 (2001)
- 2) 畑中・鈴木・谷野, GISによる水系環境評価への流れの数値解析の応用, 平成13年度・第56回土木学会年次学術講演会講演概要集, 第VII, pp.132-133 (2001)