

B-18 風蓮湖への流入負荷抑制対策の効果算定手法

○渡辺光弘^{1*}・山本 潤¹・林田健志²・峰 寛明²・大橋正臣³・田畑真一³

¹ (独) 土木研究所寒地土木研究所 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34)

² 株式会社エコニクス 環境事業部 (〒004-0015 札幌市厚別区下野幌テクノパーク1丁目2番14号)

³ パブリックコンサルタント株式会社 技術部 (〒060-0005 札幌市中央区北5条西6丁目1-23)

* E-mail: watanabe-m22ag@ceri.go.jp

1. はじめに

風蓮川の末端に位置する風蓮湖では、陸域からの過剰な栄養塩類等の流入による水質・底質の悪化が懸念されており¹⁾、流入負荷を抑制する対策が検討されている。今後、それらの施策を推進するためには、対象とする水域において現地観測を行い、現在生じている流動・水質変動機構を解明した上で、将来の事業効果を事前に予測し、評価しておく必要がある。

著者らは2006年より風蓮湖において水質・底質・流動等の現地観測を行い、それらを再現する数値モデルを構築した²⁾。また、現地において植物プランクトンの培養実験を行い、水域の基礎生産量を見積もるために必要な各種生物パラメータを得ると共に、低次生態系モデルでの計算を行い、再現性を向上させた³⁾。これを用い、陸域からの汚濁負荷を低減する対策を講じた場合の水質変動を予測し、現況との比較から、対策の効果を評価した。以下、現地観測および数値計算に基づく検討の概要を示す。

2. 現地観測

現地観測は2006、2007年の夏から秋にかけて風蓮湖において実施した。図-1に示す風蓮川からの陸水が風蓮湖を経由して根室湾に出る経路上に水質等の観測地点を設定し、流況、水質、底質、動植物プランクトン分類、植物プランクトンの現地培養実験等を行った。紙面の都合上、観測結果の詳細は省略したので、別報²⁾³⁾等を参照されたい。

観測結果では、風蓮湖の湖口付近は清浄な外海水との海水交換によって水質が良好に保たれるが、奥部では外海水の影響が届かず、陸域から流入する水質負荷によって水質悪化を引き起こしている可能性が示唆された。こ

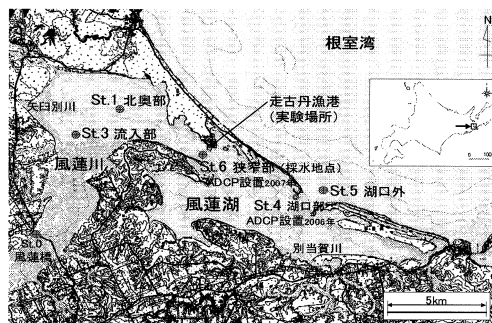


図-1 調査位置図 (風蓮湖及び風蓮川下流)

のような風蓮湖の水質の状況は窒素・リン等の負荷の高い陸水と清浄な外海水との割合として塩分を用いて概ね説明することが可能である。

一方、閉鎖性海域の水質変動を高度に再現・予測する手法として、3次元の密度流モデルに加え、低次生態系をモデル化した計算が広く用いられている。この中で使用される生物パラメータは実際に現地に生息している低温域を好む生物に合わせて適切に設定し直す必要がある。著者らは、生態系の中で基礎生産を担っている植物プランクトンの培養実験を現地において行い、細胞内に取り込んだ安定同位体¹³Cの分析結果からその成長式を算定した。これを用いて計算したところ、従来より良好な再現結果を得た³⁾。

3. 水質負荷低減対策の効果予測

陸水と外海水の混合に加え、湖内での植物プランクトンによる消費等を考慮した計算を行い、風蓮湖の水質の現況再現、出水時の状況予測、対策を講じた場合の効果予測を行った。風蓮湖を水平方向50m×50m、鉛直方向1mの格子に切り、マルチレベルモデルで現象を再現し

た．基本方程式として，N.S.の運動方程式は水平方向のみを陽解法で解き，鉛直方向は静水圧近似とし，鉛直流速は連続式より求めた．潮位は根室港における推算値を沖側の開境界に逐次入力した．水温，塩分は，それぞれの移流拡散式で解いた．表層熱収支は各ステップ毎に算出し，その効果を取り入れた．あらかじめ再現計算開始日時の予備計算を実施し，安定した時点における水温，塩分，流速等を本計算の初期値として用いた．計算方法の詳細は山本ら²⁾³⁾等を参照されたい．

(1)計算ケース

計算は，流入負荷の大きい夏季出水時に着目し，表-1のように①平水時の現況を現地観測結果に基づいて再現したもの（平水時現況再現），②平水時の現況において流量を出水時のものに変更したもの（出水時対策なし），③出水時において栄養塩類等の負荷量を低減する対策を行ったもの（出水時対策あり）の3ケース行うこととした．平水時現況再現および出水時の流量を図-2に示す．

ケース①では，2007年9月20日に水質調査と培養試験を行ったため，それに合わせて再現計算期間をその前後の2007年9月18日正午から9月22日正午まで（4日間）とした．各種栄養塩負荷はその時の観測値を用いた．ケース②③では，出水時として①と同時期で降水量が多い9月7日正午から9月15日正午までの8日間の河川流量を使用した．河川からの流入負荷量は，2006～2009年に風蓮川で行われた，現地観測を基に得られたL-Q式にこれらの流量を代入して算出し，L-Q式の無い水質項目については，観測結果の統計量から得られる比率を用いて配分し，上流側の境界に与えた．ケース③では，出水時の河川流量を用いたまま，河川からの流入負荷量を低減させることとした．負荷量低減率は，対策が進んだ場合の風蓮湖への流入負荷量について検討を行っ

表-1 計算ケース

計算ケース	対象期間	最大流量	負荷量低減率
①平水時現況再現	2007. 09. 18 ～09. 22	32. 41m ³ /s	1
②出水時対策なし	2007. 09. 07 ～09. 15	132. 91m ³ /s	1
③出水時対策あり	2007. 09. 07 ～09. 15	132. 91m ³ /s	0. 5

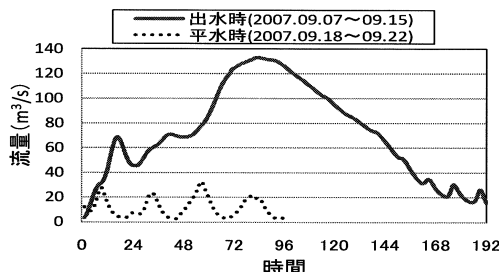


図-2 河川流量変化図

た結果より，整備前後のL-Q式の切片の低下量から0.5を用いた．

(2)計算結果

平水時における風蓮湖内の塩分と硝酸態窒素の平面分布（表層）の現況再現結果（ケース①）を図-3と図-4に示す．塩分の高い風蓮湖の湖口付近は清浄な外海水との海水交換によって硝酸態窒素は低い値を示し，塩分の低い奥部では外海水の影響が届かず，硝酸態窒素が高い値を示している．塩分と硝酸態窒素は負の相関が高く，このような風蓮湖の水質の状況は窒素・リン等の負荷の高い陸水と清浄な外海水との割合として概ね説明することが可能である．

風蓮湖は環境基準の類型指定水域であり，COD=5.0mg/Lと設定されている．しかし，これを大幅に超過して問題となっている¹⁾．そこで，風蓮湖内のCODについて，現況の再現（ケース①），および出水時における対策の有無（ケース②③）の計算結果を比較する．図-5に平面分布（表層），図-6には湖内各地点の経時変化を示す．①と②を比較すると，風蓮湖の水質の悪化傾向は出水時に見られ，河川流入付近のSt.3ではその影響を特に強く受け，当水域の環境基準値5mg/Lを大幅に上回っていることがわかる．また，図-6において，St.3では河川流量の経時変化と同様の変動傾向を示しているのに対し，その他の地点は時間的に周期的な変動を

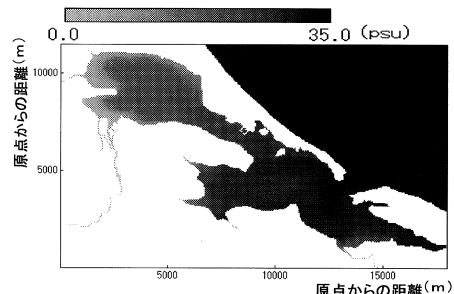


図-3 塩分平面分布図（平水時現況再現）
（計算開始24時間後9月19日11:00）

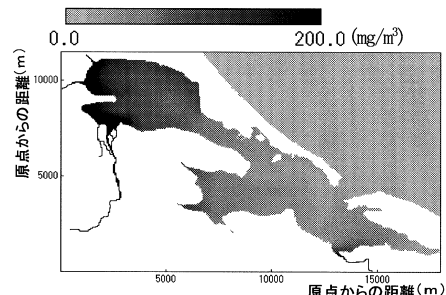


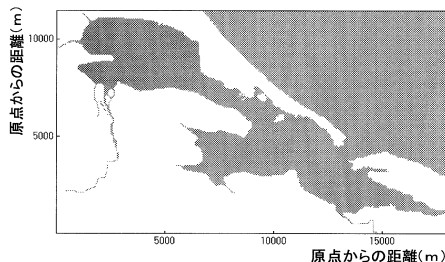
図-4 硝酸態窒素濃度平面分布図（平水時現況再現）
（計算開始24時間後9月19日11:00）

示し、河川流よりも潮流の影響を強く受けていることがわかる。一方、②と③を比較すると、特にSt.3においてCODの大幅な低下が見られ、また、出水の最大流量時にその差が最大となっており、対策の効果が顕著に現れていることがわかる。

4. おわりに

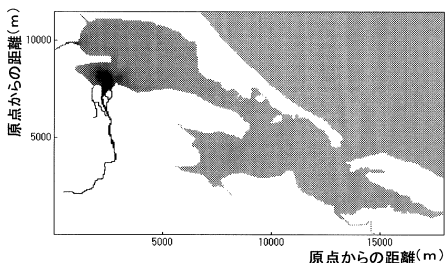
本研究では、風蓮湖の流域をフィールドに、上流域において水質負荷物質の流入対策が行われた場合の影響について対策の効果を評価した。その結果、水質保全対策が進捗した場合、河川流入部付近の水質(COD)が大幅に低下するという結果が得られた。また、降雨流出時に対策の効果が顕著に現れていることがわかった。

今回の研究における効果予測では、流量および流入負



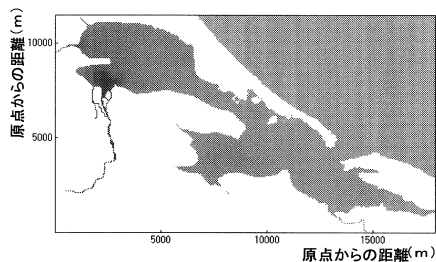
① 平水時現況再現

(計算開始 24 時間後 9 月 19 日 11:00)



② 出水時 (最大流量時) ・対策なし

(計算開始 84 時間後 9 月 10 日 23:00)

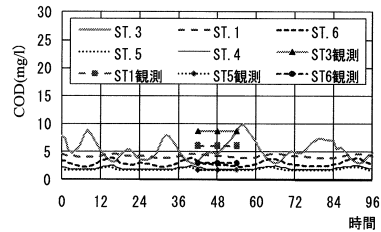


③ 出水時 (最大流量時) ・対策あり

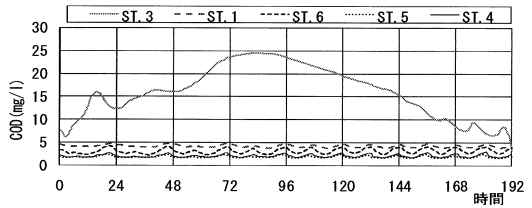
(計算開始 84 時間後 9 月 10 日 23:00)



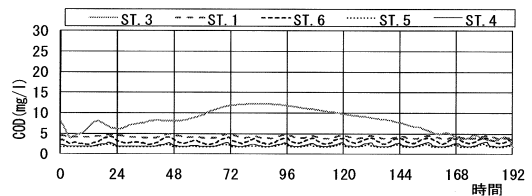
図-5 COD 平面分布図



① 平水時 (H19. 09. 18~H19. 09. 22)



② 出水時対策なし (H19. 09. 07~H19. 09. 15)



③ 出水時対策あり (H19. 09. 07~H19. 09. 15)

図-6 湖内各地点の水質経時変化

荷量以外は同条件としたが、実際に対策を講じた場合には、時間の経過とともに植生や堆積物等に変化が生じ、出水時の流量や栄養塩の溶出、底質等に影響が生じることも期待される。しかし、これらの効果についてモデル化に至るだけの観測及び分析を実施していないことから、現在のところモデル化せず、対策の効果を流入負荷量の低減率として反映させている。これらのモデル化していない効果を考慮すれば、より水質の改善効果が期待できると考えられる。この他に、計算を行う上で様々な条件を仮定しているため、結果の解釈に際しては注意が必要である。

今後、検証の精度を向上させるためには、周辺環境の変化にも考慮しながら現地データを多く取得し、計算条件と計算結果を検証し続けていく必要がある。

参考文献

- 1) 北海道環境科学研究センター：北海道の湖沼（改訂版），pp.46-51，2005.
- 2) 山本潤，牧田佳巳，山下彰司，田中仁：風蓮湖に陸域からの汚濁負荷が及ぼす影響に関する現地観測，海岸工学論文集，第54巻，pp.1006-1010，2007.
- 3) 山本潤，林田健志，峰寛明，牧田佳巳，山下彰司，田中仁：北方の閉鎖性海域に適した低次生態系モデル構築に向けた現地実験，海岸工学論文集，第55巻，pp.1196-1200，2008.