

湖沼水質浄化手法の検討について(湖内湖浄化施設)

解析事業部 環境解析部 水圏解析課

加藤 伸悟

迫田 祥哉

1. はじめに

公共用水域(海域・河川・湖沼)における閉鎖性水域の中で、特に湖沼の富栄養化が著しく、環境基準の達成率については、湖沼は海域や河川と比較して非常に低い水準にある(COD あるいは BOD;河川 91.2%、海域 74.5%、湖沼 55.6%;平成 18 年環境省報告)。湖沼の水質浄化に対しては、下水道整備や底泥浚渫といった対策事業が実施されてきたが、近年の水質の推移は横ばい状態であり、水質改善が急務となっている。水質改善が進まない一因として考えられるのが農地や市街地などの面源負荷の影響であるが、面源負荷に対しては、そのコントロールが難しく、有効な対策が少ないことが問題として挙げられる。

本稿では面源負荷への対策として期待されている人工内湖(湖内湖)による水質浄化について、湖内湖による水質浄化を詳細に表現しうる予測モデルを構築し、数値シミュレーションを用いて、その効果を検討することを目的とする。

2. 湖内湖による水質浄化

2.1 浄化のメカニズム

湖内湖は流入河川の河口部から湖内にかけて一時貯留施設を整備し、河川から流下してきた粒状汚濁負荷を沈降・除去するものであり、その負荷削減効果については霞ヶ浦等において実証実

験が行われ、実験施設における観測結果を用いた効果の定量的把握及び湖内湖設計条件が検討されている¹⁾。

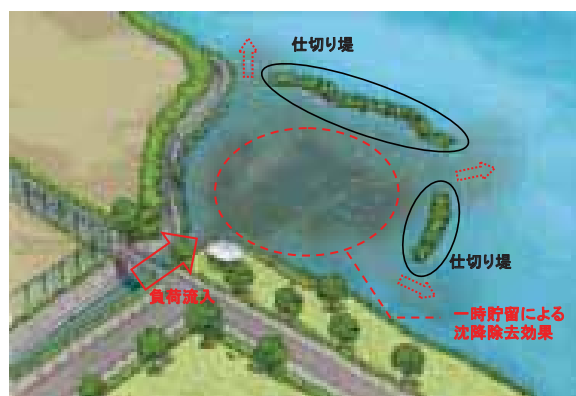


図1 湖内湖水質浄化効果イメージ²⁾

3. 湖山池における湖内湖による水質浄化検討

湖沼における湖内湖による水質浄化効果を予測検討するに当たり、鳥取県湖山池をモデル水域としたシミュレーションモデルを構築した。

3.1 湖山池の水質の現状

湖山池は鳥取県鳥取市の市街地西部に位置し、周囲 16km、面積 6.96km²、平均水深 3.0m(水深最大 7.5m)の汽水湖である。

生活排水等の流入により従来から水質汚濁が進行しており、浄化対策として下水道整備や底泥浚渫等の事業が進められてきたものの、平成 18 年における COD(75%値)は 4.1mg/L となっており、環

境基準(A 類型)を超過している状況である。その一因としては、農業排水に代表される面源負荷への対策が進んでいないことが挙げられ、面源負荷への対策が必要とされている。



図2 湖山池全体図(出典:国土地理院 HP)

3.2 検討方針

以上のような環境の湖山池において、湖内湖による水質浄化効果のうち「粒状態負荷の沈殿除去効果」に着目し、湖沼水質に与える湖内湖設置の効果を考察する。

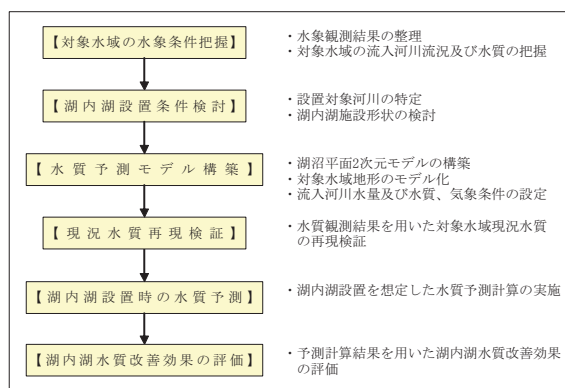


図3 検討フロー

3.3 湖内湖施設条件の検討

湖内湖施設の検討においては、以下に示す手順により、設置場所及びその諸元を決定する。

- ① 流入河川における水量・水質調査結果より、流入負荷量及び流域面積の大きい河川を浄化対象河川として設定する。
- ② 浄化対象河川の水質・水質特性から浄化対象流量及び目標除去粒径を設定、それらをもとに沈降除去に必要な施設容量を決定する。

以上のシミュレーション事前検討により、理論的に求められる負荷削減に必要な施設容量を決定する。

決定された施設容量について、施設の形状及び開口部の位置と規模等を設定した数値シミュレーションを実施し、湖内湖設置による湖沼水質改善効果の予測評価を行う。

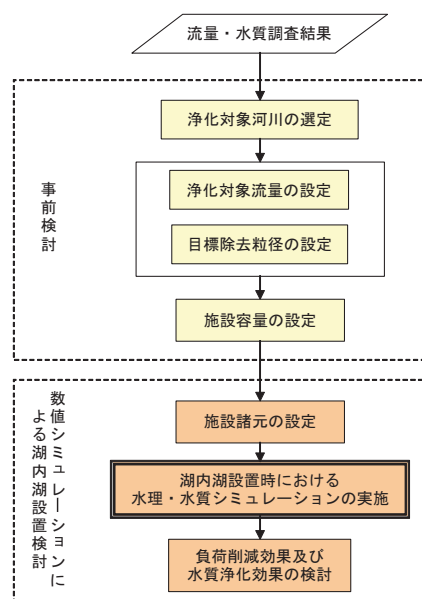


図4 湖内湖施設の検討フロー

3.4 水質予測モデルの構築

湖内湖による湖沼水質改善効果の予測においては、以下のように予測モデルを構築する。

モデル地形について、湖内湖及び湖沼全域を水平方向 45m格子により空間分割した。また予測

対象湖沼が汽水湖であることから、特に河口部周辺における密度流を考慮するため、鉛直方向に3層(水面～水深 1m、水深 1m～2m、水深 2m～湖底)に分割した。

主要流入河川における流量、湖沼下流端の流況に影響する海域潮位を境界条件として近傍気象台の風速・風向を考慮した湖流を解析し、河川より流入した粒状態負荷の移流拡散及び沈降過程をモデル化、3ヶ月間を対象期間として予測計算を実施した。

粒状態負荷は、シルト以下3粒径(粘土 $2.5\mu\text{m}$ 、シルト小粒径 $12\mu\text{m}$ 、シルト中央粒径 $37.5\mu\text{m}$)について計算することとし、湖内初期濃度及び下流端濃度はゼロとして扱い、流入負荷の湖沼水質への寄与濃度を予測することとした。

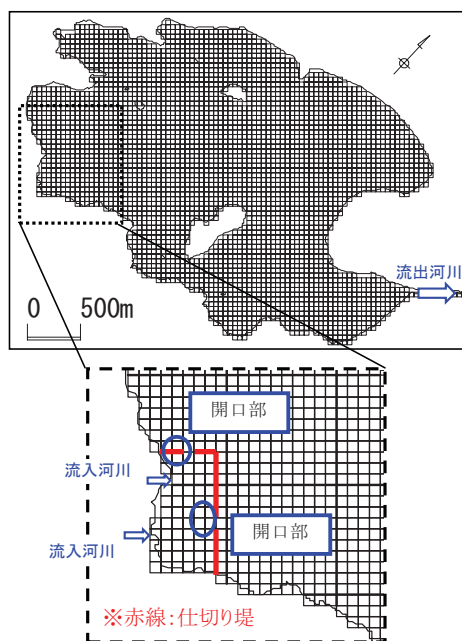


図5 予測モデル(格子分割・流入出河川)

湖内湖施設について、本検討では、湖山池に流入する主要2河川を浄化対象とし、両河口部付近において、短辺 200m×長辺 500mの長方形状、計2ヵ所の開口部を配置する施設を設定した。

3.5 検討ケース

構築された湖沼水質予測モデルにより、以下に示す2ケースについて予測計算を実施し、湖内湖設置による水質浄化効果の検討を行った。

- 現況ケース(湖内湖設置なし)
- 対策ケース(湖内湖設置あり)

3.6 予測結果

1)流況

現況・対策各ケースの流況計算結果(河川流入量ピーク時、西風)を図6～図7、両ケースの流速差について湖内湖周辺拡大図を図8に示す。

湖内の流れは、西風による吹送流が卓越している。負荷削減対象河川が流入する水域は、湾状地形内部に位置しているため、他水域と比較して滞留性が高い停滞水域であり、河川汚濁負荷の流入により、水質汚濁が進行しやすい状態にあると考えられる。

流速差について、施設内の流速は現況と比較して最大 1cm/s 程度小さくなっており、現況において河口部付近に見られる $2\sim 5\text{cm/s}$ の流速帯は、施設を設置することにより減勢・滞留させられていることがわかる。施設を設置することにより施設内部に停滞域が形成され、河口部付近における汚濁負荷の沈降が促進されるものと考えられる。

また、北西側開口部からの流出により、現況において見られなかった流れが形成され、それが湾状停滞域の流動を促進させている傾向が見られる。

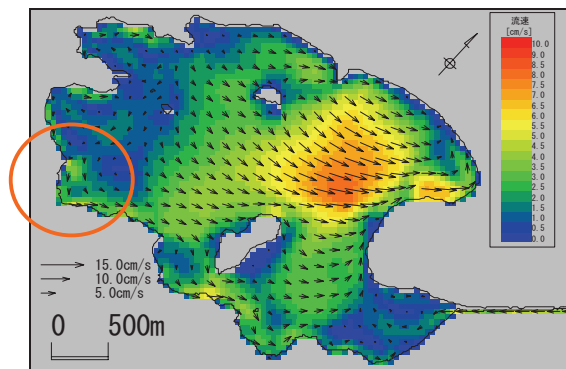


図6 現況ケース流況(湖内湖なし)

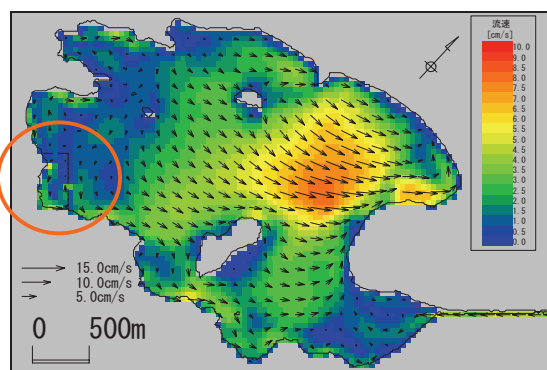


図7 対策ケース流況(湖内湖あり)

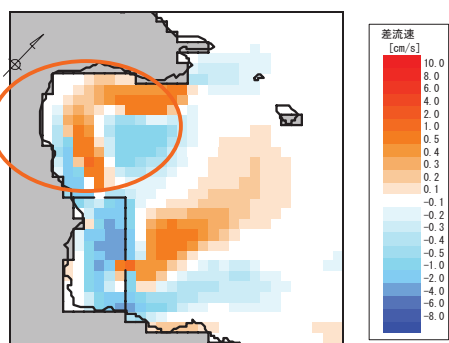


図8 流速差拡大図(対策ケースー現況ケース)

2)濃度分布

現況・対策各ケースについて、湖水中の粒状態負荷濃度計算結果(計算期間の最大包絡)を図9～図11に示す。

現況ケースにおいて、河川から流入してきた粒状態負荷は河口部周辺を中心に高濃度に分布、湖流によって東方向に拡散していく傾向が見られる。一方で施設設置ケースにおいては、施設内に高い濃度が一様に分布し、特に粗粒子が流入部

直近に堆積しているのに対し、微細粒子($2.5\mu\text{m}$)は開口部を通して湖内へと拡散している(図11)。

湖内湖は粒状態物質の沈降作用を利用して負荷削減を目論んだものであることから、粘土($2.5\mu\text{m}$)のような沈降作用が小さい微細粒子に対しては、その効果が大きくないと考えられる。

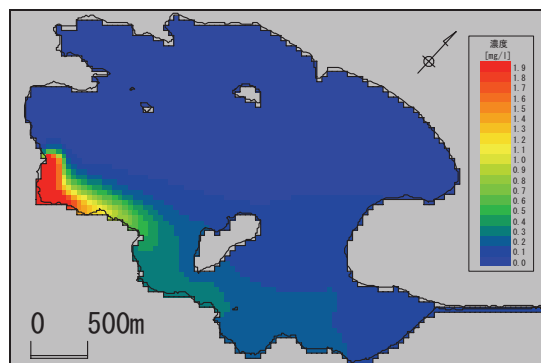


図9 現況ケース濃度分布(湖内湖なし)

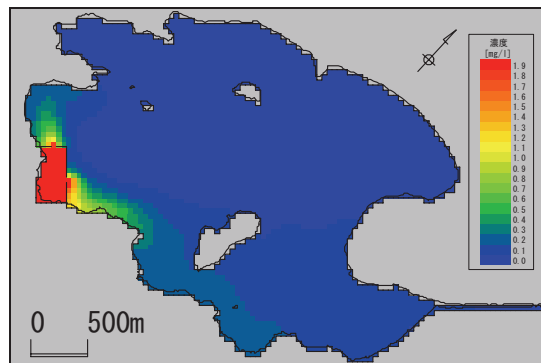


図10 対策ケース濃度分布(湖内湖あり:全粒径)

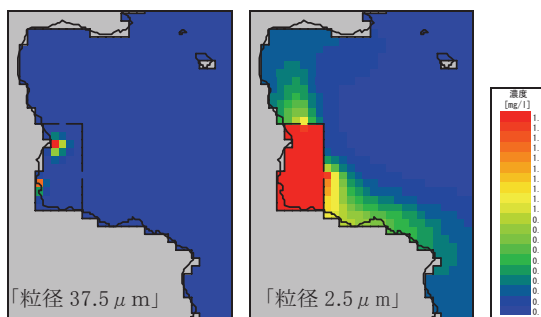


図11 対策ケース濃度分布拡大図(湖内湖あり:粒径別)

3)沈降堆積量分布

現況・対策各ケースについて、粒状態物質の沈降堆積量分布(計算期間積算)を図12～図13、両ケースの堆積量差を図14に示す。

現況ケースにおいて河口部付近から東方向に多く堆積していた負荷が、施設設置することで、施設内部に多く堆積する傾向が見られる。

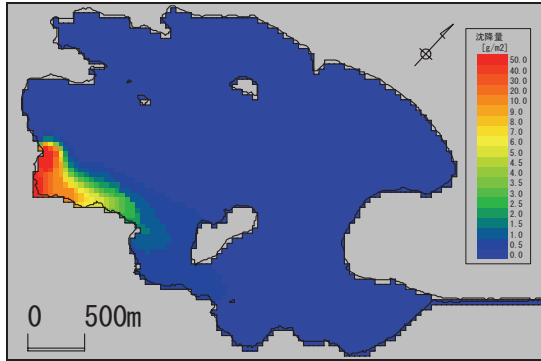


図 12 現況ケース堆積量分布(湖内湖なし)



図 13 対策ケース堆積量分布(湖内湖あり)

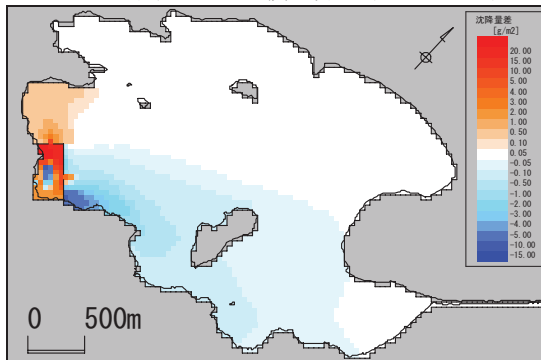


図 14 堆積量差(対策ケースー現況ケース)

堆積量差の施設周辺拡大図を図 15～図 17 に示す。各粒径とも、施設を設置することにより施設区域内の堆積量が増加、区域外が減少する傾向が見られる。

現況において湖内へ拡散流出し堆積していた粒状物質が、施設の設置によって施設内にトラップされており、湖沼水質に対する流入負荷の影響が軽減されている。

響が軽減されている。

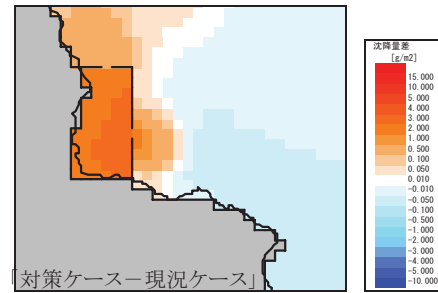


図 15 堆積量差(粒径 2.5 μ m)

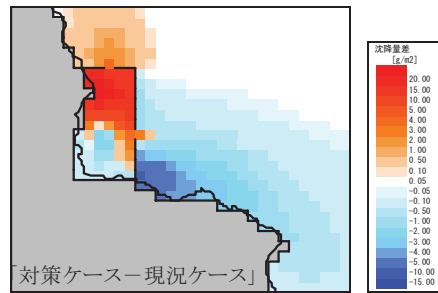


図 16 堆積量差(粒径 12 μ m)

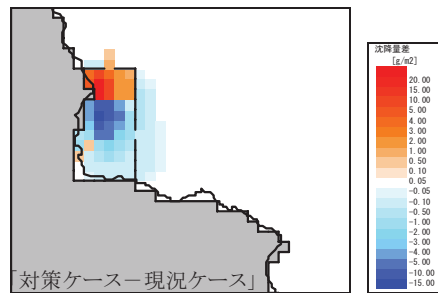


図 17 堆積量差(粒径 37.5 μ m)

4)湖内湖による水質改善効果の評価

湖内湖施設区域外に堆積する粒状態負荷について、対策ケースの現況比(100%以上は現況ケースより増加を意味する)を図 18 に示す。

なお、湖内湖施設内への堆積物は、数年に 1 回程度の維持浚渫による除去を前提としているために湖内水質への汚濁負荷としての寄与度は低く、湖内湖区域外に流出した負荷が湖内水質への直接的な汚濁原因となると考えられる。

湖内湖区域外への負荷流出は、湖内湖を設置することにより、沈降速度の大きな粒子(12 μ m、

35.7 μm)については7割減少、沈降速度の小さい粒子(2.5 μm)は2割程度の減少している。

施設設置によって、湖内への直接的な負荷は、施設を設置しなかった場合に比べて6割程度に減少しており、施設の負荷削減効果が表れている。

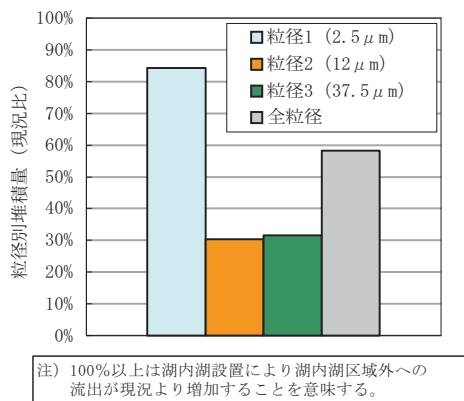


図 18 湖内湖区域外堆積量の現況比

3.7 予測結果からの考察

予測結果より、湖内湖施設の設置によって、河川から流入してくる粒状態負荷を削減できることがわかった。

湖沼への汚濁負荷物質であるリン及び窒素の一部は粒状態の形態で湖沼に流入、細菌による分解作用等により湖水中に溶解し、植物プランクトンの増殖(内部生産)に利用される。

粒状態汚濁物質を沈降作用により除去することが可能な湖内湖施設は、湖沼水質改善に効果を発揮すると考えられる。

4. 湖内湖施設の効果のまとめ

本稿では、数値シミュレーションを用いて、湖内湖設置による湖沼水質浄化について、粒状態負荷削減効果の検討を行った。

湖内湖を設置することによって、以下に示す予測効果が得られた。

ポイント

- 湖内湖施設の設置により、流動・滞留性が変化し、施設内部は流動が停滞、開口部付近は流動が促進される。
- 微細粒子(2.5 μm)については、その沈降作用が小さいために施設による沈降除去効率が比較的低い(2割削減)。全粒径負荷は4割削減される。
- 河川より流入する負荷について削減効果が見られ、湖内湖設置によって、粒状物に含有されるリン及び窒素負荷削減による湖沼水質改善効果が予測される。

5. 今後の課題

本稿では、粒状態物質のみに着目して湖内湖による負荷削減効果を予測した。今後は、低次生態系モデルへの拡張、粒状物の削減による底質変化を表現する底泥モデルの追加を行い、湖内湖による湖沼水質改善効果の検証を進める予定である。また詳細な設計条件検討に対応するため、局所的に細かな空間分割を可能にする「細分化可変格子モデル」への拡張を計画している。

謝辞

本モデルを構築するにあたり、ご助言を頂いた鳥取大学大学院工学研究科 増田准教授、観測データ等を提供頂いた鳥取大学工学部環境計画研究室の皆様、厚く御礼申し上げます。

<参考文献>

- 中村圭吾、天野邦彦：湖沼の面源負荷対策としての湖内湖の効果、土木技術資料 49-6(2007)
- 諏訪建設事務所ホームページより引用