

湖沼水質保全に係る政策評価のための汚濁解析モデルに関する検討

(株) 日水コン 下水道事業部西部マネジメント部 非会員 安藤 哲也・永松 由有・木村 誠
 (株) 日水コン 下水道事業部西部マネジメント部 正会員 ○久保 朱里
 (株) 日水コン 環境・資源部 正会員 川口 智哉

1. はじめに

湖沼水質保全特別措置法によって指定された湖沼では、5 年毎に策定する湖沼水質保全計画(以下、湖沼計画)に基づいて様々な対策が実施されている。しかしながら、湖沼における COD 環境基準の達成率は依然として低いままであり、指定湖沼を管理する府県および環境省などの長年の行政課題となっていることから、湖沼の内部で生産される汚濁負荷など水質汚濁機構の解明が指摘^[1]されている。一方、湖沼計画は、行政が主体となり政策としての汚濁負荷削減対策の内容とそのレベルを決定するものであり、政策評価のツールとしての汚濁解析モデルには、行政が継続的に利用することが課題^[2]となっており、解析モデルの運用(操作性、維持管理)が容易であることが要請されている。本研究では、これらの課題に対応するため、難分解性有機物の影響^[3]が考えられる琵琶湖を対象に汚濁解析モデルを構築し、ケーススタディーを通してその有用性を示した。

2. 汚濁解析モデル

湖沼の汚濁解析モデルは、沿岸域の局所的な影響を受けての平面方向の濃度分布や、季節変化を受けての温度成層による鉛直方向の濃度分布など空間的不均質な特徴を把握するため、非定常の 3 次元汚濁解析モデルが構築されている。しかしながら、琵琶湖のような規模の大きな湖沼を対象に非定常の 3 次元モデルを 10 年以上の長期間にかけて解析するのは、境界条件の精緻な設定が難しいうえ計算時間を要することから現状の計算機環境にあっても容易ではない。本研究では、琵琶湖では湖内にて明確なホットスポットは存在しないため、平面方向の空間的不均質な特徴は湖内平均水質と地点毎の水質との相関式により表現できるとし、非定常解析の下に鉛直 1 次元モデルをプラットフォームとした生態系モデルを用いて、北湖と南湖の湖内平均水質の現況を含む過去の履歴を再現する(図-1 参照)。既往の研究成果^[4]を参考に、物質収支式にある S には水質指標 8 つの湖沼生態系モデル(図-2 参照)を組み込んだ。対流過程では、静力学的に安定な成層の時は分子拡散係数 α と渦動拡散係数 D に従い($\delta = 1$)、静力学的に不安定な成層の時は上下の湖水が瞬時に混合($\delta = 0$)とした。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{B}{A}(u_i T_i - u_o T) - \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial y}(vAC) + \frac{(\alpha + D)}{\delta A} \frac{\partial}{\partial y} \left(A \frac{\partial C}{\partial y} \right) + S$$

ここに、 C : 物質濃度 g m^{-3} 、 v : 鉛直方向流速 m s^{-1} 、 u_i : 流入水の水平方向流速 m s^{-1} 、 u_o : 流出水の水平方向流速 m s^{-1} 、 A : 貯水池面積 m^2 、 B : 貯水池幅 m 、 S : 物質反応項 $\text{g m}^{-3} \text{s}^{-1}$ 、である。

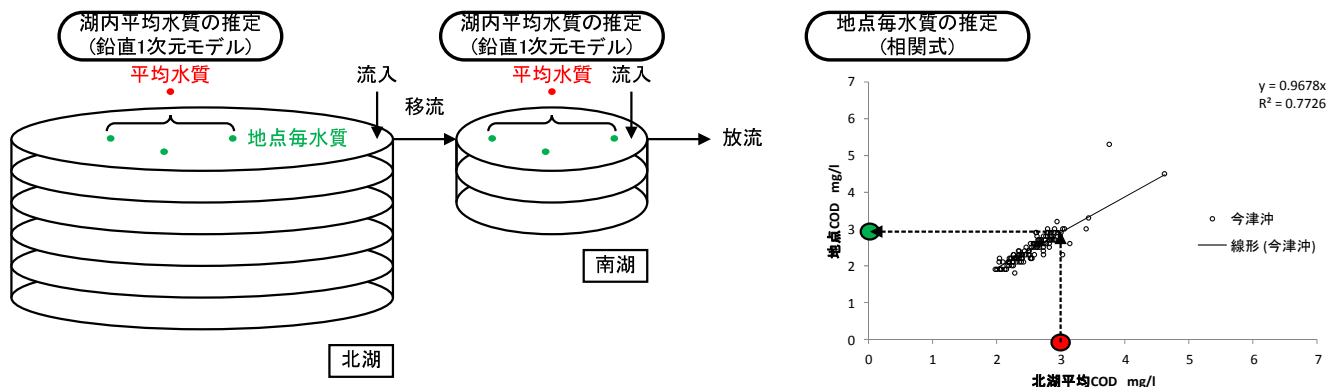


図-1 琵琶湖を対象にした汚濁解析モデルの構成

キーワード 湖沼水質保全、政策評価、汚濁解析モデル、モデル運用、琵琶湖

連絡先〒564-0063 大阪府吹田市江坂町 1-23-101(大同生命江坂ビル)

TEL 06-6339-7300 FAX 06-6385-3910 E-mail : kubo_a@nissuicon.co.jp

3. ケーススタディー

2000 年～2014 年までの 15 年間を対象に、気象条件と水文条件は実績値を用い、月単位の水収支から諸元を設定した。年度毎の流入負荷量は湖沼計画の 5 年毎の流入負荷量を 1 年度毎に線形補間して使用した。北湖と南湖の層分割は平均水深(北湖 40 m、南湖 5 m)まで水質予測できるよう設定した。

汚濁解析に係るモデル定数は、北湖と南湖共通に設定した条件下、10 年以上の長期間であっても僅かな計算時間により、図-3 に示すように湖内平均水質を再現できたと考える。モデル定数のキャリブレーション結果から、PCOD の分解速度は 0.03 (1/d)、DCOD の分解速度は 0.001 (1/d) となり、DCOD は難分解性有機物に相当することが示された。湖内 COD に関して、植物プランクトンが存在しない(P_i なし)場合、それが存在する場合の約半分程度と推定され、湖内 COD は陸域からの流入負荷と湖内起因(生産、細胞外分泌、枯死)とが同程度であることが示唆された。植物プランクトンとその死滅や細胞外分泌による COD への回帰が無くなるに伴って COD も小さくなると考えられる。

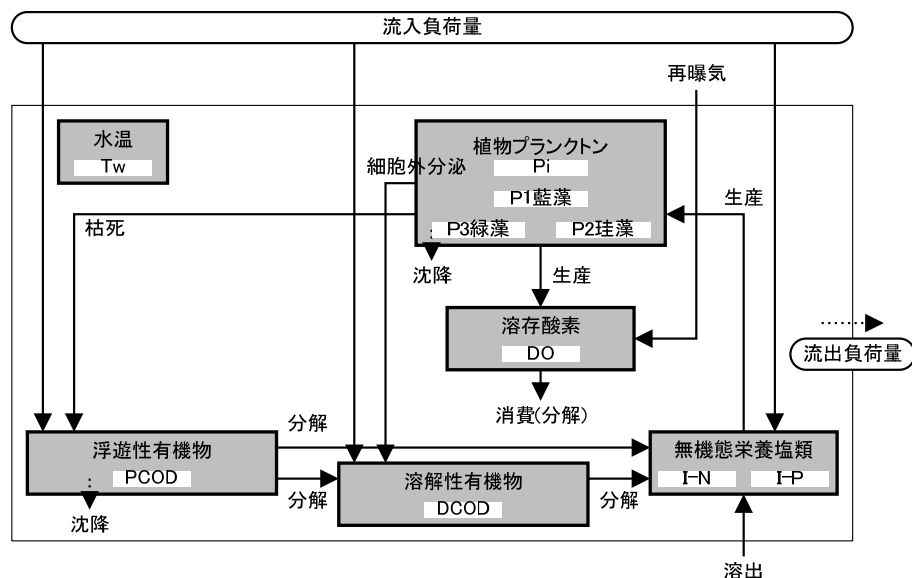


図-2 湖沼の汚濁解析モデルに適用した生態系モデルの概念図

うに湖内平均水質を再現できたと考える。モデル定数のキャリブレーション結果から、PCOD の分解速度は 0.03 (1/d)、DCOD の分解速度は 0.001 (1/d) となり、DCOD は難分解性有機物に相当することが示された。湖内 COD に関して、植物プランクトンが存在しない(P_i なし)場合、それが存在する場合の約半分程度と推定され、湖内 COD は陸域からの流入負荷と湖内起因(生産、細胞外分泌、枯死)とが同程度であることが示唆された。植物プランクトンとその死滅や細胞外分泌による COD への回帰が無くなるに伴って COD も小さくなると考えられる。

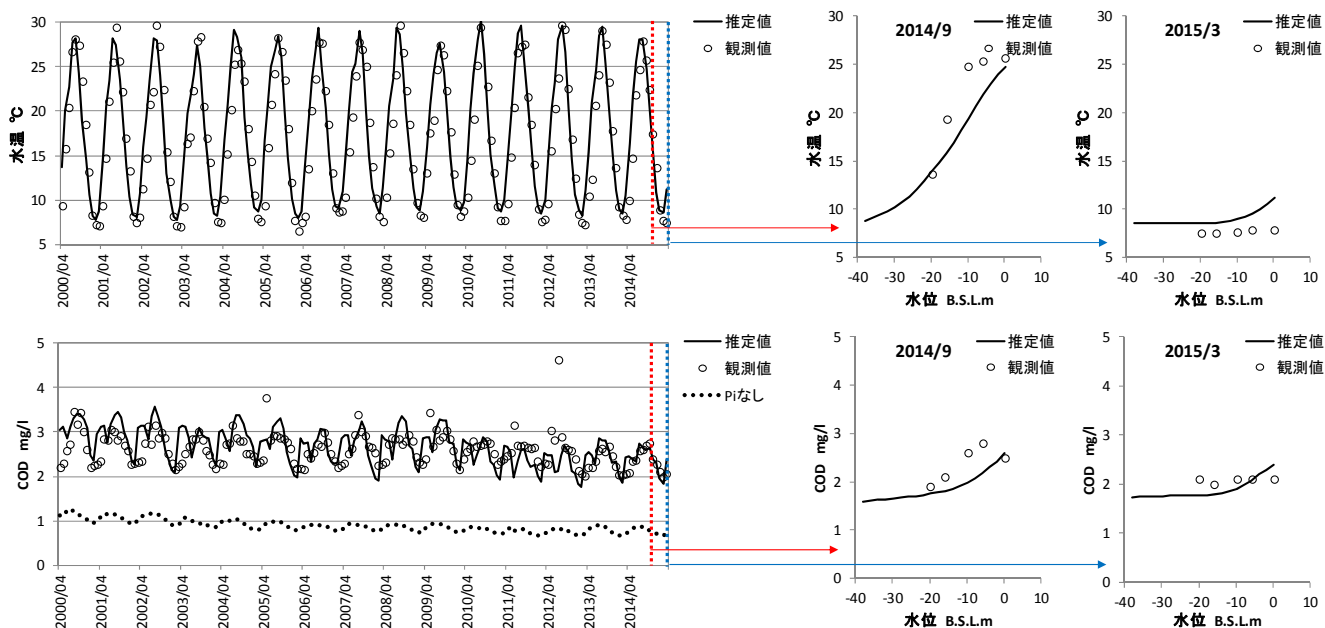


図-3 琵琶湖北湖を対象にした水温と COD の再現結果(左図：表層、右図：鉛直分布)

4. おわりに

鉛直 1 次元モデルに基づく汚濁解析モデルによる琵琶湖でのケーススタディーを通して、本モデルが僅かな計算時間で結果を得るなど操作性に富み、湖内の汚濁機構の解明にも資することが示された。今後は、データ同化手法によるモデル定数のキャリブレーションを加え、推定精度はもとより操作性を向上させる必要がある。

参考文献

- [1] 総務省：湖沼の水環境保全に関する政策評価書(2004) [2] 佐藤祐一：自治体における湖沼流域水質予測モデル構築の現状と課題、水環境学会誌 Vol. 37(A) No. 7(2014) [3] 滋賀県：琵琶湖ハンドブック改訂版(2017)
- [4] 中田喜三郎：生態系モデル、J. Adv. Mar. Tech. Conf. Vol. 8 pp. 99-138(1993)