

CS-126

東京湾における水質改善効果予測モデル

国土総合建設

茨城大学広域水圏環境科学教育研究センター

コンピュータ・テクノロジー・インテグレイタ

正員 ○ 鈴木 雅晴

正員 三村 信男

塚田 光博

1. まえがき

東京湾における代表的な水質汚濁問題として、貧酸素水塊(ここでは、DO 濃度 3mg/l 以下を示す)が挙げられる。貧酸素水塊は、毎年初夏から秋にかけて湾奥底層を覆い、海底の無生物化を引き起こし、更に風等の気象擾乱に伴って沿岸部に湧昇し、魚介類を斃死させるなど、深刻な問題となっている。水質浄化対策確立へ向けては、数値シミュレーションによる水質の将来予測が重要なツールとなりうる。そこで本研究では、塚田(1997)¹⁾により開発されたモデルを用いて、1993年1月1日～12月31日の1年間を対象に、①現地観測結果との比較検証、②流入負荷削減50%を想定したときの貧酸素水塊発生規模の予測を行った。

2. モデルの概要及び境界条件

モデルは、流動場、密度場、生態系モデルの3つのサブモデルから構成されている。支配方程式は、流動場では Navier-Stokes の式、連続の式、密度場では塩分収支・熱収支を考慮した拡散方程式、塩分濃度と水温による海水密度の状態方程式である。生態系モデルは中田(1993)²⁾に従い、植物プランクトン、動物プランクトン、懸濁態有機物、溶存態有機物、全無機態窒素、リン酸塩、溶存酸素、COD の8つの要素で構成され、支配方程式は拡散方程式にこれらの要素に関する生物化学変化項を加えた形である。解析領域は、図-1に示すように、湾全域とし、水域を水平方向には $1\text{km} \times 1\text{km}$ の格子で、鉛直方向は20層(第1～11層目: 2m , 12層目: 3m , 13～15層目: 5m , 16層目: 20m , 17～20層目: 30m)に分割し、時間ステップは240秒とした。

計算では、時々刻々の潮汐データ(日本海洋データセンター)、気象データ(気象庁「SDP・気象官署の地上気象観測データ」)、河川流量(建設省河川局編、1995)³⁾、河川水質(日本河川協会編、1996)⁴⁾を入力し、シミュレーションを試みた。

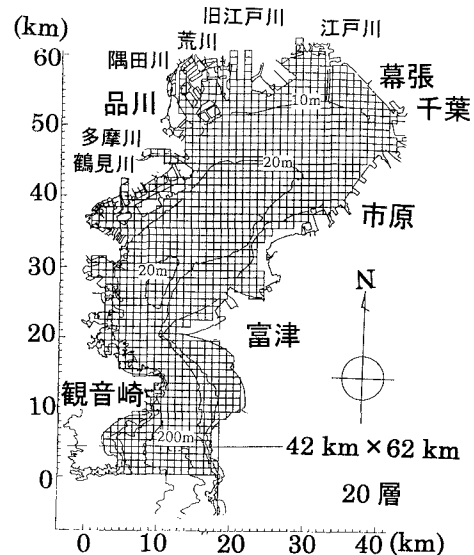


図-1 解析領域

3. モデルの検証

(1) 解析開始時間の影響

図-2に、解析開始時間による違いを示す。研究当初は、4月1日～12月31日の9ヶ月を対象にしていた。その結果、夏場の無酸素状態が60日近く続くなど、無酸素化を過大評価する傾向が見られた。計算初期の水温や塩分濃度も現地観測結果より高めの値を示した。その後、境界条件データを補充し、海象条件がより安定した冬季(1月1日)からの解析を試みた。その結果、無酸素状態は緩和され、現地観測結果に近い傾向を示すようになった。本モデルでは、計算開始直後に貧酸素化が過大に進む傾向を示すためであるが、その理由は明らかではない。

(2) 現地観測との比較

東京湾では、49の公共用水域水質調査地点があり、月1回程度水質観測が行われている(1993年度)。本研究では千葉県環境部編(1994)⁵⁾及び東京都環境保全局編(1994)⁶⁾を参照し、内湾域19地点における水温、塩分濃度、溶存酸素の年間変化の再現性を検証した。ここでは紙面の都合上、市川・船橋沖での検証

Key Words: 東京湾, 貧酸素水塊, シミュレーション

〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1 茨城大学工学部都市システム工学科 Phone: 0294-38-5169 Fax: 0294-38-5249

結果を示す（図-3）。水温、塩分を見ると、夏季へ向けて成層化し、その後、秋、冬に成層が崩壊し均一化している。また溶存酸素では、5月から急激に貧酸素化が始まり、10月頃から貧酸素化が解消されている。塩分成層の解消と、底層の貧酸素化解消の再現性がやや不十分であるが、全体的には現地観測結果とほぼ同様の傾向を示しており、本研究のモデルが季節的変動を十分再現できることを示している。

4. 水質改善効果予測

水質浄化対策として、主要6河川（江戸川、旧江戸川、荒川、隅田川、多摩川、鶴見川）からの流入負荷の50%削減を想定した。このときの水質改善効果を定量化するために、湾全域に占める貧酸素水塊の規模を、貧酸素化率によって表した。

$$\text{貧酸素化率} = \frac{\text{貧酸素水塊の体積}}{\text{東京湾の容積}} \quad (1)$$

貧酸素水塊の体積は、計算セル全てにおいて溶存酸素濃度 3mg/l 以下のセルを合算したものである。貧酸素化率の時系列変化を図-4に示す。貧酸素水塊は、5月初旬から7月初旬にかけて急速に形成される。これは、この時期に降雨や河川からの淡水量が增大し、さらに気温の上昇などにより湾内の密度成層形成が活発になることが原因と考えられる。7月初旬に最大に達し、その後は徐々に減少する。流入負荷50%削減のケースも、現況（再現計算）と同じ変動傾向を示している。このことから、貧酸素水塊形成が、気象的な影響を強く受けることが推察される。浄化対策の効果は時期により様々である。比較的效果が少ない7月初旬のピーク時に、「浄化対策なし」では約30%が貧酸素化しているのに対し、「流入負荷50%削減」では約25%を示している。体積にすると1.3km³程度の減少であり、50%もの削減を想定したにも関わらず、流入負荷削減による貧酸素化抑制効果は少ないと考えられる。

5. 結論

本研究により、以下のことが明らかになった。

1. 本研究モデルは、年間を通して現地観測結果と同様の変動傾向を示しており、水質予測を行うためのツールとなりうる。
2. 解析開始時間の違いが、水質予測に大きな影響を与える。
3. 流入負荷削減による貧酸素水塊形成抑制効果は、単年的には期待できない。

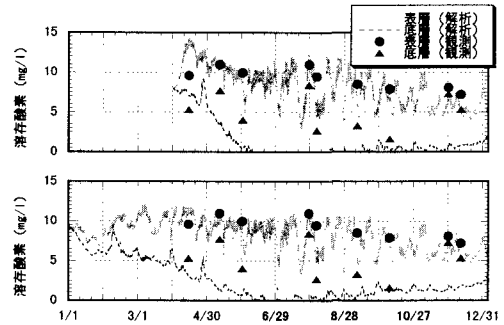


図-2 解析開始時間の影響

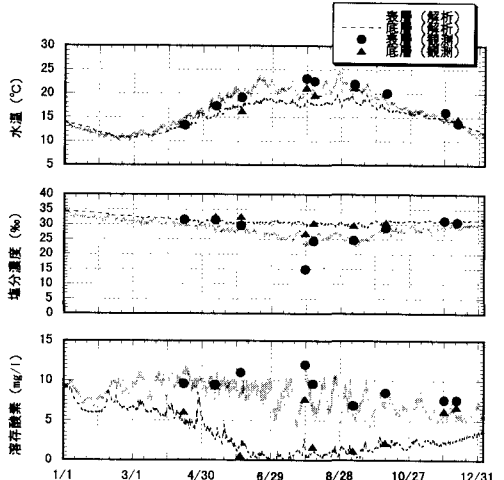


図-3 現地観測との比較（上：水温、中：塩分、下：DO）

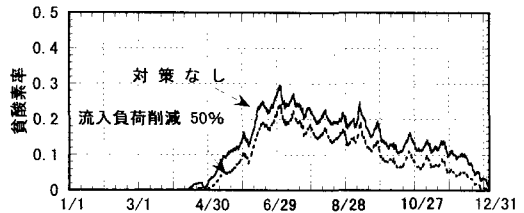


図-4 貧酸素化率の時系列変化

参考文献

- 1) 塚田光博 (1997)：東京湾における貧酸素水塊発生の予測モデル，茨城大学大学院理工学研究科修士論文，137p.
- 2) 中田喜三郎 (1993)：沿岸生態系モデル，環境流体汚染（松梨順三郎編著），森北出版，pp.165-231.
- 3) 建設省河川局編 (1995)：流量年表（平成5年），日本河川協会。
- 4) 日本河川協会編 (1996)：日本河川水質年鑑，山海堂。
- 5) 千葉県環境部編 (1994)：平成5年度公共用水域水質測定結果及び地下水の水質測定結果。
- 6) 東京都環境保全局編 (1994)：平成5年度公共用水域の水質測定結果（資料編）。