

# 1)

## 広島湾奥部入江におけるリン収支と貧酸素化のメカニズム

\*浅岡 聡 (広大院理), 山本民次, 山本裕規 (広大院生物圏)

【結論】 閉鎖性水域への陸域からの栄養塩の流入負荷は植物プランクトンの増殖をもたらし、やがて増殖した植物プランクトンは枯死・沈降する。沈降した植物プランクトンの分解によって水柱の溶存酸素が消費され、貧酸素水塊の発生をもたらす。底層が還元になると硫化水素が発生し、底生生態系は壊滅的な打撃を受ける。また、底泥中のリンが溶出し、富栄養化を助長する。これまで、富栄養化の原因は主として陸域からの栄養塩の流入負荷であると言われてきたが、淡水と海水が混合する沿岸域ではエスチュアリー循環が栄養塩の輸送に関与すること<sup>1)</sup>、湾奥部の底泥は一般的に有機物や栄養塩含有量が多く、底泥からの栄養塩の溶出<sup>2)</sup>の寄与が大きいことがわかってきた。これらを定量的に把握することは富栄養化対策を講じる際に重要である。

本研究の目的は広島湾奥部に位置する閉鎖性が強く、かつ背後に大都市を抱える小海域について、現場観測データから数値モデルを作成し、リンの物質収支および貧酸素化のメカニズムを明らかにすることである。

【方法】 対象海域は広島湾奥部に位置する大河入江 (34° 21'N, 132° 28' E, 0.047 km<sup>2</sup>, 平均水深 4 m) である (Fig. 1)。大河入江への陸からの主たる流入負荷はポンプ場から排水される合流式下水道からの越流水と雨水である。また、隣接する海田湾は瀬野川からの負荷を強く受け、湾口部には工業地帯が広がっており、有機物含量の多いヘドロが堆積しており、夏には貧酸素水塊が発生する。大河入江には、隣接する海田湾との間で潮汐による海水流入、流出があることが別に行った流動シミュレーションによって分かっている。

数値計算には STELLA 9.0.3 (isee systems) を用いてリン収支モデルを作成し 2005 年 11 月から 2006 年 10 月までのリン収支を計算した。リン収支モデルにおいて、溶存態無機リン (DIP) は、ポンプ場からの流入負荷、入江に堆積した底泥からの溶出、海田湾からの海水交換による流入、および、溶存有機態リン (DOP)、デトライタスリン (Det-P) の分解によって供給される。分解速度は溶存酸素と水温に依存することとした。一方、DIP は浮遊性微細藻類、底生微細藻

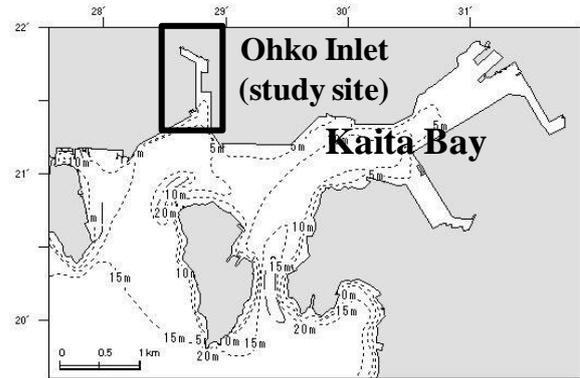


Fig. 1 Location map of Ohko Inlet

類にミカエリスメンテンの式<sup>3)</sup>に従って、それぞれ、PMP-P, BMA-P として取り込まれる。

DOP は DIP と同様の経路で輸送され、DIP に分解あるいは、海水交換によって入江から流出する。粒子態リン (PP ; PMA-P, Det-P) についても同様に海水交換によって輸送されることとした。

溶存酸素 (DO) の供給は海田湾からの海水交換による流入と、海水表層での再ばっ気<sup>4)</sup>とした。一方、DO 消費はポンプ場排水の浮遊物質 (SS)、入江内の浮遊粒子状有機物 (デトライタス、死滅した浮遊性微細藻類) の沈降ひいては底泥表面での酸化的分解、および枯死した底生微細藻類の酸化的分解とした。

リン収支モデルで用いたパラメータは紙面の都合上省略するが、Wang らのモデルを参考にした<sup>5,6)</sup>。入江内の平均海水交換率はポンプ場排水量<sup>7)</sup>、海田湾の海水交換の流量収支から 0.1 d<sup>-1</sup> とした。水質データは現場観測データを用いた<sup>8,9)</sup>。

【結果と考察】 本モデルの DTP (DIP+DOP) 濃度の計算値は観測値を良く再現した (Fig. 2)。大河入江のリン収支を Fig. 3 に示す。海田湾からの DIP の流入はポンプ場 (陸) からの 5 倍であった。流入した DIP の大半が PMA-P、即ち浮遊性植物プランクトンの増殖で消費され、PMA-P は流入時の 2 倍の負荷で海田湾や広島湾へ流出すると計算された。これが海田湾の富栄養化の一因となっていると考えられた。一方、DOP の負荷は底泥からの溶出、ポンプ場からの流入、植物プランクトンの枯死・分解などによる内部循環の順に大きかった。前述のとおり DIP が入江内で一次生産に使われ、底泥は枯死した植物プランクトンの沈降フラックスを顕著に受け、ひいては植物プランクトンの死細胞が DOP へ分解され底泥から溶出する。し

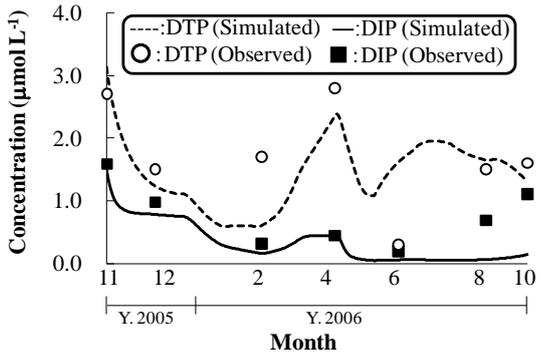


Fig. 2 The simulated and observed concentration of DTP or DIP in Ohko Inlet

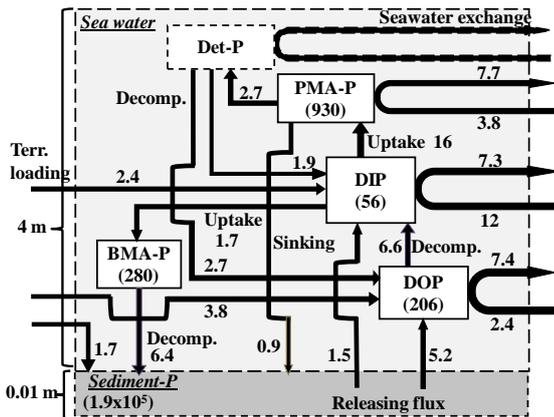


Fig. 3 Model framework and phosphorus budget of the Ohko Inlet

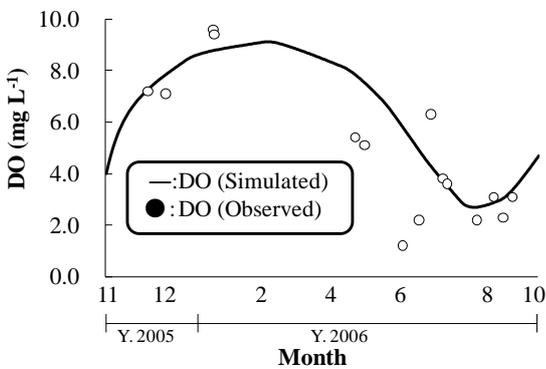


Fig. 4 The simulated and observed concentration of dissolved oxygen in Ohko Inlet

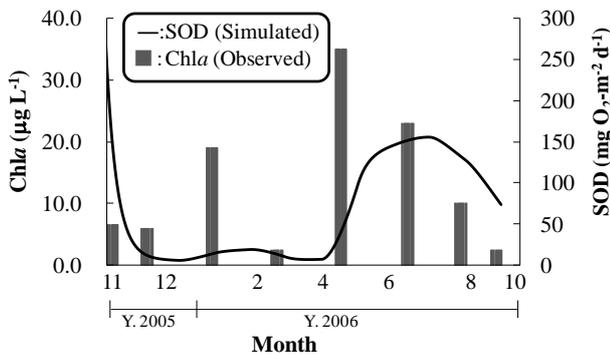


Fig. 5 The simulated SOD and observed Chlorophyll *a* concentrations

たがって、DOPについても流入時よりも高負荷となって海田湾や広島湾へ流出する。

DO 濃度も観測値を良く再現し (Fig. 4), 入江内の DO 消費の寄与率を計算したところ、97~99%が枯死した浮遊性植物プランクトンの分解によって消費されることが明らかになった。クロロフィル濃度の増加に遅れて、本モデルで計算した底泥酸素消費量(SOD)値が増大しており、夏の貧酸素化は春の植物プランクトンのブルームに起因すると推定された(Fig. 5)。また、本モデルで得られた SOD 値 5.8~270 mg O<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> は広島湾の底泥の 100~610 mg O<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> と調和的であった<sup>10)</sup>。感度解析によってポンプ場からの流入負荷、底泥からの溶出、海田湾からの負荷、それぞれを削減した際の入江内の夏季の DO の最低濃度を計算したところ、いずれを削減しても 2.9 mg L<sup>-1</sup> 以上にはならなかった。海田湾の定線観測<sup>8)</sup>によると海田湾の夏季の底層の DO は 2.4 mg L<sup>-1</sup>(2006 年)であり、海田湾の貧酸素水塊の発生が解消されない限り大河入江の貧酸素化も解消されないと考えられた。

**【結論と提案】** 大河入江のリンのフローと富栄養化のプロセスは次の通りである。海田湾からの DIP 流入負荷によって入江内の一次生産が増大し、続いて PMA-P の底泥への沈降フラックスの増大、有機態リンの分解に伴う SOD の増大と底泥からのリンの溶出によって富栄養化が助長されていることが明らかになった<sup>11)</sup>。したがって、海田湾から流入した DIP は入江内で有機態リンに変換されるため、DOP や PMA-P は海田湾からの流入時より流出時の方が大きい。また、海田湾の貧酸素水塊の発生が解消されない限り大河入江の貧酸素化も解消されない。つまり、大河入江の富栄養化の緩和、夏季の貧酸素化を抑制するためには、まず海田湾のリン濃度を低減するとともに、貧酸素水塊を解消させる必要がある。

**【参考文献】**

- 1)山本, 橋本(2007)沿岸海洋研究 44, 137-145
- 2)山本(2008)瀬戸内海の海底環境 (柳編), p.72
- 3)Dugdale(1967) Limnol. Oceanogr. 12, 685-695.
- 4)松梨(1993)環境流体汚染,p.225
- 5)Wang et al.(2003) Wat. Res. 37, 3928-3938.
- 6)Wang et al.(2003) Wat. Res. 37, 3939-3953.
- 7)広島市(2005, 2006)水質年報
- 8)広島県(2005, 2006)浅海定線海洋観測, St. 19.
- 9)鈴木(2008) 広大生物圏科学研究科博士論文
- 10)Seiki et al. (1999) Wat. Res. 28, 385-393
- 11)Asaoka, Yamamoto(submitted)Mar.Poll.Bull.