

氏 名(本籍) 鈴 木 輝 明

学位の種類 博 士 (農 学)

学位記番号 農 第 4 9 9 号

学位授与年月日 平 成 6 年 4 月 14 日

学位授与の要件 学位規則第4条第2項該当

学位論文題目 内湾域の環境管理に関連する物質循環と
生物生産機構に関する研究

論文審査委員(主査) 教 授 大 方 昭 弘

教 授 谷 口 旭

教 授 竹 内 昌 昭

論文内容要旨

第I章 緒言

内湾域においては富栄養化による赤潮や貧酸素水塊の発生、有害物質の流入による水産物の汚染、重要資源の水準低下や魚種組成の変化など、環境管理及び資源管理の上で様々な解決すべき課題を抱えている。これらの現象は内湾生態系の中では互いに密接に結び付いており、いずれの課題を解決する場合でも内湾水域という物質循環系における生物生産の構造的把握に基づく定量化が必要である。

第II章 有害物質の生物濃縮機構に関する研究

【目的】

高次生物への有害物質の生物濃縮の機構を解明する。

【方法】

対象とする魚種の食物連鎖構造とその生産過程の定量的知見を基礎とし、骨格的食物連鎖を飼育実験によって再現した上で、そこにおける有害物質の転移率を求め、食物連鎖による取り込みと環境水からの取り込みとの相対的比率を明確にする。

【結果】

飼育実験により、仙台湾魚類群集におけるエネルギーフローの主たる経路であるカタクチイワシ (*Engraulis japonica*) - プリ幼魚 (*Seriola quinqueradiata*) と、副次的ではあるが重要な経路であるマアジ (*Trachurus japonicus*) - プリ幼魚という2つの食物連鎖における水銀の転移率を求めたところ、それぞれ67%、88%という従来報告値よりもかなり高い転移率が得られた。

カタクチイワシ - プリ幼魚における水銀の転移率と仙台湾におけるプリ幼魚の成長と食物消費量に関する知見に基づき、海水中からの直接の取り込みを零と仮定して、種々の水銀濃度のカタクチイワシを捕食することによるプリ幼魚の水銀蓄積曲線 (Fig. 1) を作成した。これに仙台湾で採捕されたプリ幼魚の水銀濃度を挿入し、プリ幼魚に捕食されているカタクチイワシの理論的水銀濃度を推定した。この理論値と仙台湾におけるカタクチイワシの実際の水銀濃度

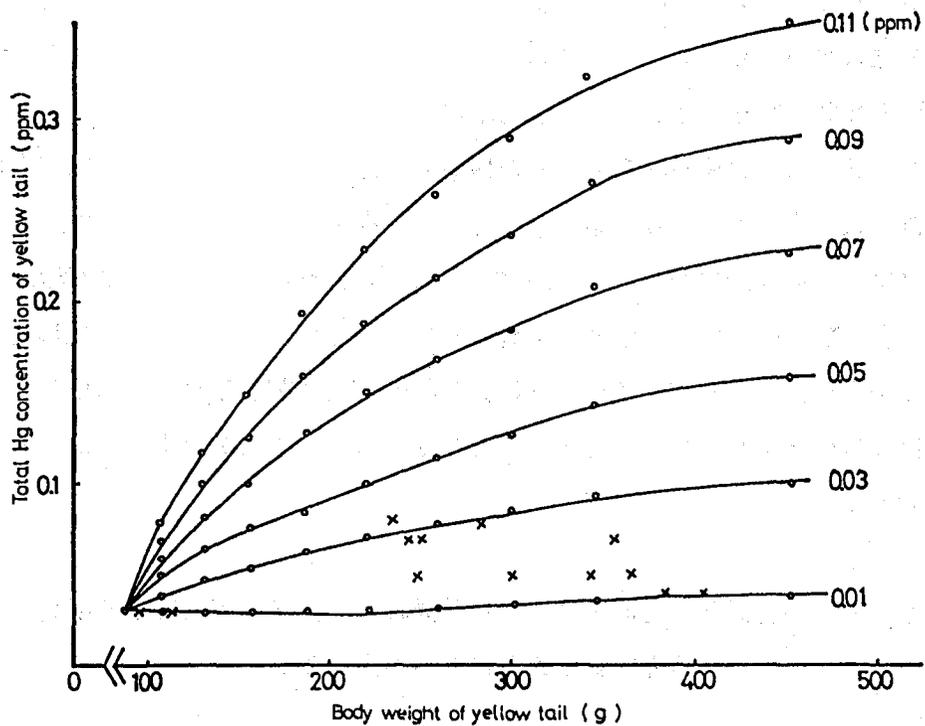


Fig.1 The accumulation curve of mercury during growth of the yellowtail fed on anchovy containing various known amounts of mercury. (calculated)

The numbers of right side in the figure show the total mercury in the body of anchovy.

Crosses show the natural mercury concentrations found in the body of yellowtail collected in Onagawa Bay.

を比較すると、両者はほぼ等しい値を示しており、ブリ幼魚中の水銀の由来に関しては海水中からの直接の取り込みに比べて食物連鎖による取り込みの方が非常に重要な役割を果たしていることが明らかにされた。

また、2つの食物連鎖間における転移率の相違から、水銀の転移率は餌生物中の総水銀に占めるメチル水銀の割合によって変化することがわかった。

一般に、環境変動の激しい内湾海域で、水銀のように海水中の濃度が極めて微量な有害物質の魚体中の濃度を予測する場合には、まず対象魚類の食物連鎖構造を明らかにし、対象魚類に至る物質の移行過程に関する定量的な情報と、有害物質の転移率を求める飼育実験とを組み合わせることが有効な手法であることを示した。

第三章 内湾の富栄養化と底層における貧酸素化の機構解明に関する研究

— 溶存態総窒素及び溶存酸素の収支 —

【目的】

内湾の富栄養化、特に貧酸素化の機構を解明する。

【方法】

温度、塩分、溶存態総窒素 (DTN) 及び溶存酸素 (DO) の1年間の観測結果からボックスモデルによりDTN、DOの収支を計算し、成層期の上層における基礎生産速度、酸素生成速度及び下層における有機物分解速度、酸素消失速度を定量化する。

【結果】

対象海域を貧酸素化の進行している三河湾とし、観測、計算を行なったところ、湾奥は湧昇と生産の場、湾口は沈降と分解及びDO消費の場という物質循環の様相 (Fig. 2, 3) が明らかになった。また、三河湾には衣浦湾系と渥美湾系の2つのN循環系が存在するが、北西部の衣浦湾に流入する有機物、あるいはその水域の上層で生産された有機物が東部の渥美湾側に流入して、渥美湾寄りの湾口域で沈降、分解するために、渥美湾への下層からのDTN供給が増大し、反対にDO供給が著しく減少するという2つの系相互の関連が解明され

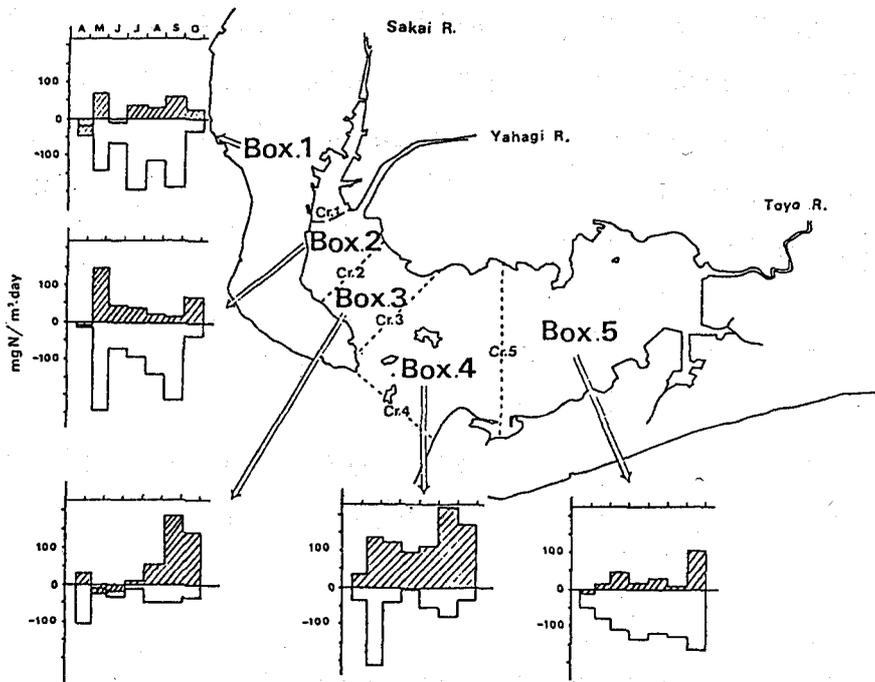


Fig. 2 Monthly variation of DTN consumption (blank) in the upper layer and DTN production (shaded) in the lower layer, calculated in each box.

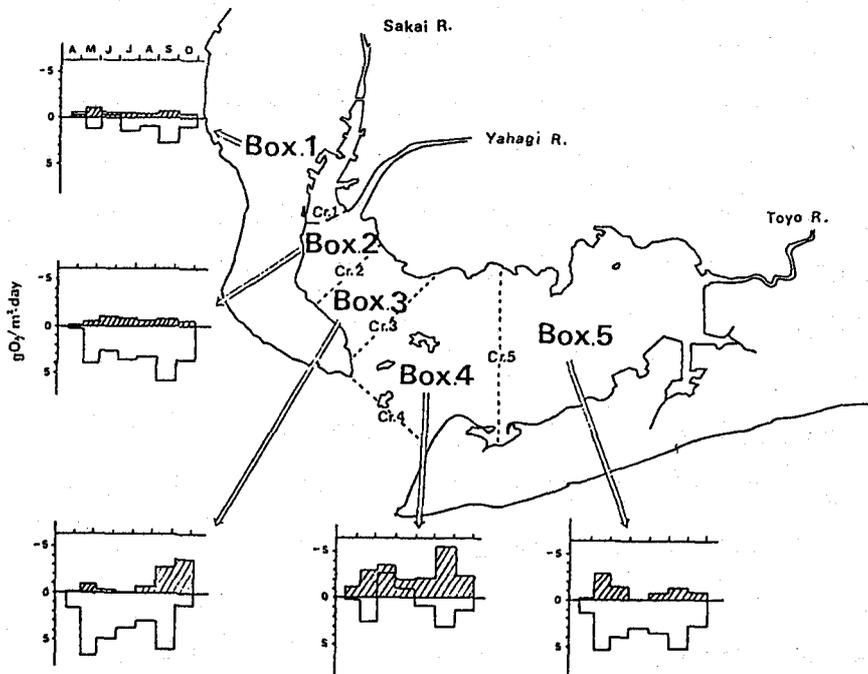


Fig. 3 Monthly variation of DO production (blank) in the upper layer and DO consumption (shaded) in the lower layer.

た。この流れの場に起因する現象は流動場の数値模擬実験によっても同様な結果を得た。これらの結果から、単位体積あたりの流入負荷は衣浦湾の方が大きいにもかかわらず、赤潮や貧酸素化が渥美湾において著しくなると考えられる。さらに、三河湾内の富栄養化については、隣接する伊勢湾下層水が大きく影響していることが確認された。

第IV章 赤潮発生と低次生物生産機構及びマイワシ生産との関連に関する研究

【目的】

内湾域における植物プランクトン現存量の変動要因のうち、特に動物プランクトンによる摂食圧の時空間的な変化を定量化し、低次生物生産機構とマイワシ生産との関連を明らかにする。

【方法】

三河湾の東部に位置する渥美湾を対象水域とし、赤潮が多発するとともに、マイワシ漁場が形成される夏期（6月～7月）に潮流計による流向・流測の連続自動観測を行なった。また温度、塩分、DO、DTN、PON、植物プランクトン、動物プランクトンについては2～7日間隔で計13回の観測を行なった。これらの結果を基にボックスモデルにより実質的な光合成速度、見かけの植物プランクトン増殖速度を計算し、植物プランクトンに対する全摂食圧を算出した。次に動物プランクトン現存量及び標本船の調査結果から得られたマイワシの群成長速度を基に算出した動物プランクトン量によって摂食圧を求め両者を比較検討した。

【結果】

内湾において植物プランクトン現存量の変動要因には(1) 陸域及び湾内の湧昇による栄養塩供給、(2) 反時計廻りの水平循環を伴う流れの2層循環構造及び数日周期の風による物理的な移送、(3) 動物プランクトンによる摂食などがある。

上層において生産される植物プランクトンの大部分は生産されるやいなや動物プランクトンによって摂食されるが、その摂食は植物プランクトン群集の消

失を引き起こすほどは持続しない (Fig. 4)。さらに、動物プランクトン群集に対しても、マイワシ個体群による捕食圧が大きいかかっており、マイワシ群によって摂食された動物プランクトンの植物プランクトンに対する摂食圧は観測によって採集された動物プランクトンによる摂食圧とほぼ同じ水準であると考えられる (Fig. 5)。

観測期間中の40日間におけるマイワシ個体群の増重量は7,830tonにのぼるが、その生産を支えたのは、 $70 \mu\text{gN l}^{-1}\text{day}^{-1}$ にも及ぶ植物プランクトンの高い光合成速度と、その殆どを摂食する活発な動物プランクトンの生産である。

水深6m付近に存在する密度躍層の下層においても植物プランクトンの生産は認められるが、貧酸素化の進行によって、その生産はより高次の生産にはつながらない。そのことが湾全体の生態効率の低下をもたらしていると考えられる。

植物プランクトン及び原生動物の種組成は数日周期で変化し続けているが、この現象にも動物プランクトンによる摂食圧が関与している可能性があり、今後検証すべき課題であると考えられる。

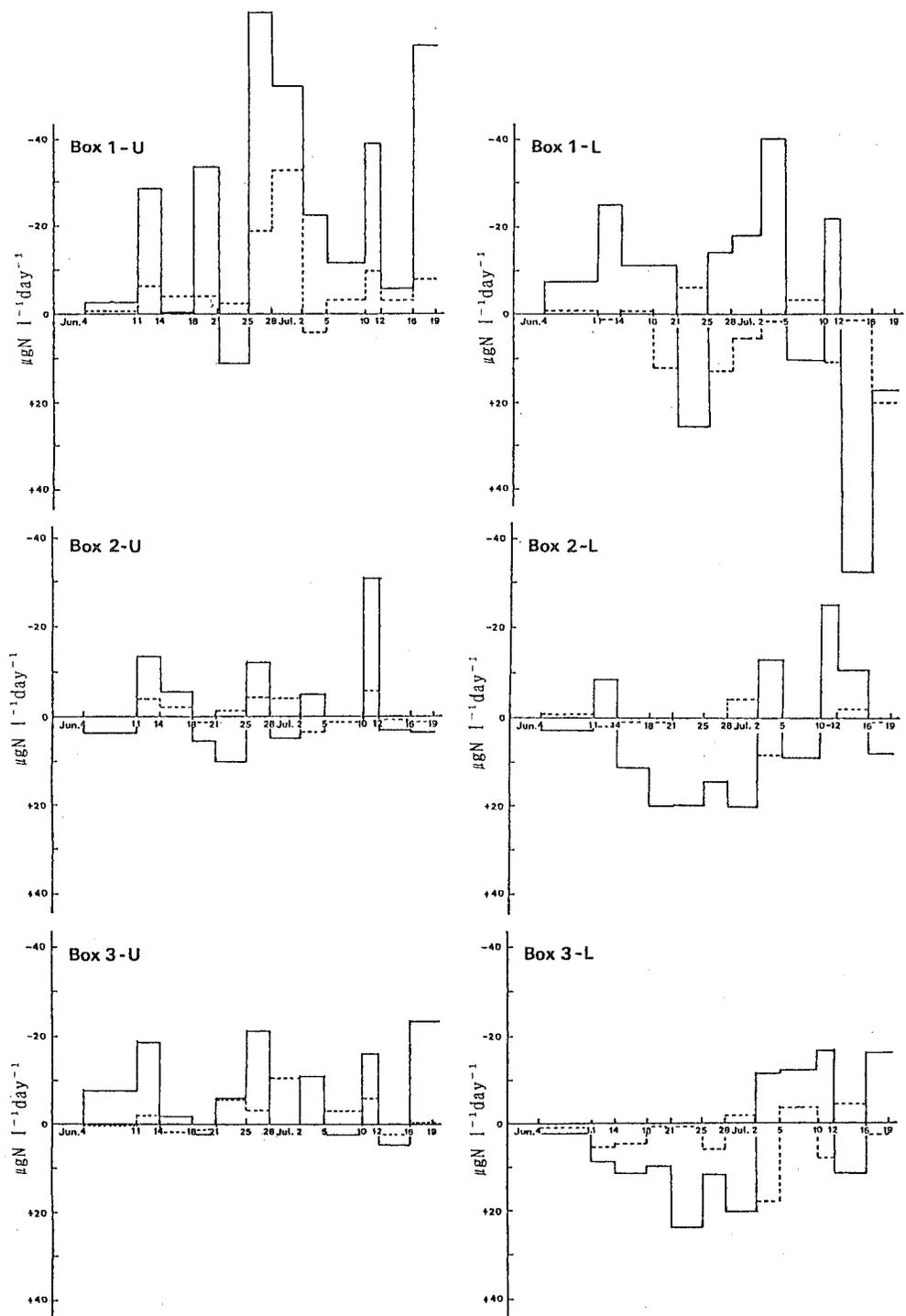


Fig. 4 Net photosynthetic rate (solid line) and community primary production (dotted line) both calculated in the upper (U) and lower (L) layers.

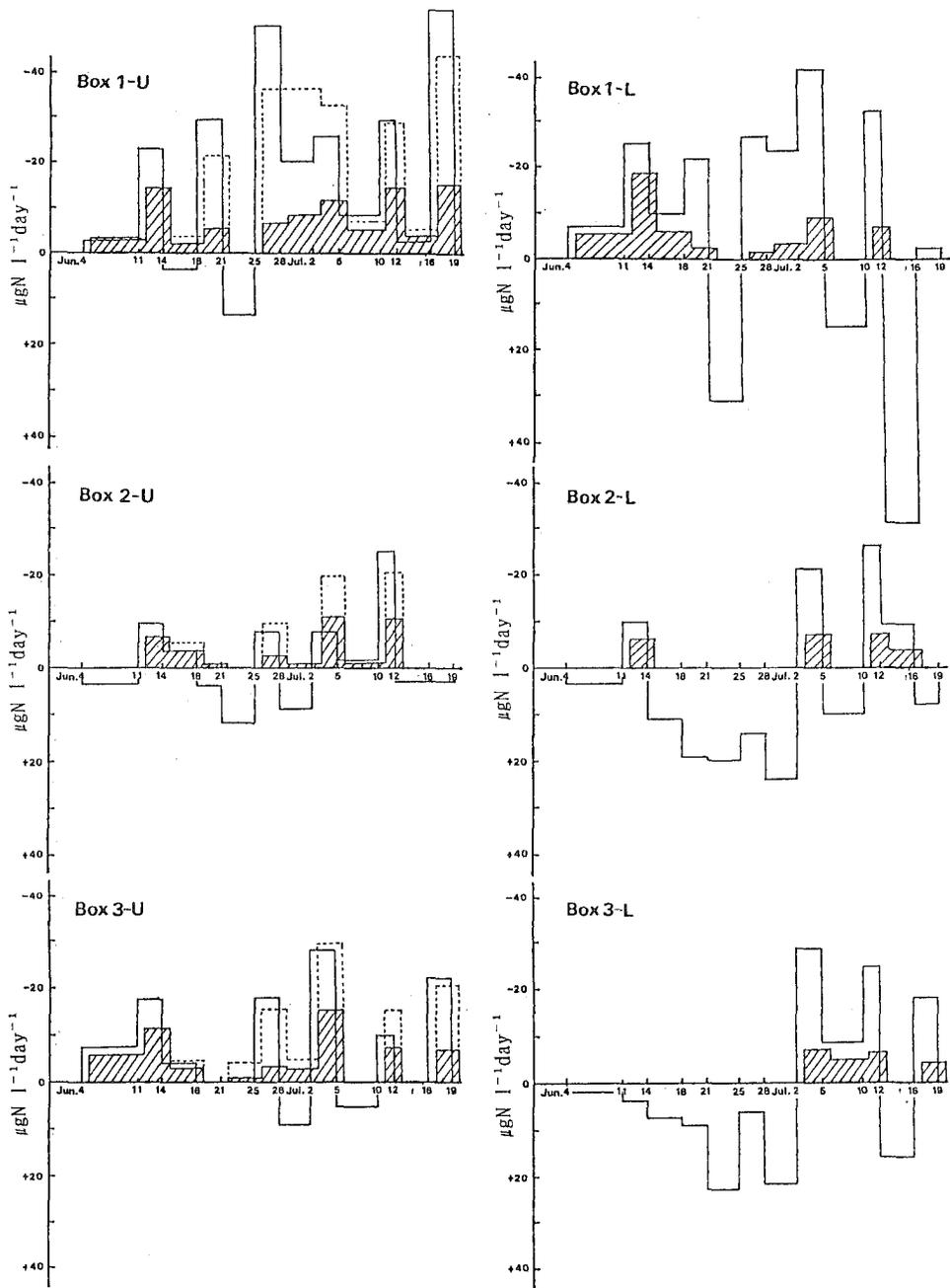


Fig.5 Comparison between grazing evaluated as the excess of the photosynthetic rate to the community primary production (open column with solid line), and grazing estimated from zooplankton biomass (shaded column), and grazing corrected by the growth rate of the sardine population (open column with dotted line).

論文審査の要旨

内湾域は生産力が高く、漁業生産上極めて重要な海域である。しかし、富栄養化による赤潮や貧酸素水塊の発生、有害物質の流入による水産生物の汚染、重要資源の水準低下や魚類組成の変化など、環境管理及び資源管理の上で様々な解決すべき問題を抱えている。これらの現象は内湾生態系の中では互いに密接に結び付いており、いずれの課題を解決する場合にも内湾水域という物質循環系における生物生産の構造的把握に基づく定量化が必要である。そこで本研究は内湾域の漁業生産にとって適切な環境の維持と改善に必要な定量的手法を確立するためになされたものである。

まず第一に、高次生産者である魚類への有害物質の濃縮機構を解明するために、ブリ幼魚を Terminal species とする食物連鎖のうち、カタクチイワシ→ブリ幼魚、マアジ→ブリ幼魚という骨格的食物連鎖における水銀の転移率を飼育実験によって求めた。その結果、それぞれ67%、88%という値が得られた。これは従来の報告値よりもかなり高い転移率であり、水銀の生物濃縮に関して不明確であった食物連鎖による取り込みの重要性を初めて定量的に明らかにした。

第二に、三河湾における貧酸素化の機構を解明するために窒素の循環及び酸素収支について全湾規模の定量的な観測を行なった。その結果をボックスモデルによって解析し、三河湾には衣浦湾系と渥美湾系の二つの窒素循環系が存在すること、また北西部の衣浦湾に流入する有機物およびこの水域で生産される有機物が東部の渥美湾に流入して、その湾口部で沈降、分解するために、下層からの渥美湾への窒素供給が増大し、酸素供給が著しく減少するという特異的な物質循環系が存在することを解明した。このような流れの場の現象は、流れの数値シミュレーションによっても裏付けられ、隣接する伊勢湾からの窒素供給の重要性が初めて明らかにされた。

第三に、赤潮の原因となる植物プランクトンの数量的変動要因について、従来物質循環の解析に用いられていたボックスモデル法を発展させることにより、定量的に解析した。その結果、赤潮発生の抑制要因として動物プランクトンの摂食圧の重要性を湾規模で時系列的かつ定量的に示した。また、内湾生態系モデルによる数値シミュレーションにおいて、マイワン等のプランクトン食魚類のモデルへの組み込みの重要性を明確にした。

以上の結果は、貧酸素化の進行が動物プランクトン群集への影響を通じて赤潮の長期化広域化に結び付いていること、海の低次生物生産機構の特異的性格が水銀等転移率の高い有害物質の高次生物への濃縮機構に効率的に働いていることを明らかにしている。このように本研究は内湾の環境管理手法を確立する上で、個別的な事象を如何に総合的にとらえるかという方法論を明確に示しており、応用性の高い研究である。よって審査員一同は著者が博士（農学）の学位を授与されるに十分な資格を有するものと判定した。