

陸域からの汚濁負荷流入が東京湾高次生態系に与える影響

2011年3月 自然環境学専攻 47-096615 坂本 絢香
指導教員 教授 白木原國雄

キーワード；東京湾,生態系モデル,富栄養化,貧酸素,ベントス

はじめに

東京湾のような都市部を背景に持つ閉鎖性内湾域では、高度経済成長期の人口・産業の集中により、河川などを通して陸域からの汚濁物の流入が増加し、赤潮や貧酸素水塊の発生、漁業被害、悪臭など様々な公害問題が発生した。昭和45年に水質汚濁防止法が制定され、化学的酸素要求量（COD）を対象項目とした濃度規制が始まった。しかし、水質の改善が不十分であること、赤潮被害が頻発したことから、平成5年に環境省は海洋の富栄養化を防止するために窒素及び燐に係る排水基準を設定した。それにも関わらず、東京湾での全窒素・全燐濃度は依然高水準で推移している（環境省 2009）。

東京湾を対象にした生態系モデルの研究例は数多くある（例えば *Sohma et al.* 2008）。しかし、これらの多くが動物プランクトンを最上位とした低次栄養段階をめぐる物質循環に関するモデルであり、魚類などの高次栄養段階も考慮に入れた生態系動態のシミュレーションは今のところ公表されていない。湾内の環境悪化が高次栄養段階の生物に与える影響についての定量的な評価はいまだに行われていない。

そこで、本研究では、東京湾に生息する高次栄養段階生物の生物量の長期的な変動を解析し、陸域からの汚濁負荷流入量が高次栄養段階生物に及ぼす影響を評価することを目的とする。

方法

本研究では、高次栄養段階を考慮する生態系モデルの1つである **Ecopath with EcoSim**（以下、EwE）を用いた。このモデルを用いることで、捕食の影響などを介した複数種相互変動を考慮することができる。**Ecopath** は、**mass-balance model** とも言われ、平衡状態の生態系や構成種の栄養段階を記述する。生態系動態の分析のためには **Ecosim** を使用する。

本モデルの東京湾への適用にあたり、清水(1993)に従い、東京湾に生息する生物を植物プランクトン、動物プランクトン、植物プランクトン食性ベントス、その他ベントス、小型浮魚類、小型底魚類、魚(あるいはエビ・カニ)食性魚類の8グループに分け、そこにデトリタスを加えた9つのグループから成り立つ生態系を考えた。また、清水(1993)が1960年および1990年の各生物グループの生物量を報告していることを考慮して、初年度を1960年、季節変動を表現するために計算間隔を1カ月、計算期間を1960年から2009年として、東京湾における各生物グループの生物量の時間変動を算出した。モデルを動かすのに必要な生産量/生物量比、消費量/生物量比などのパラメーターおよび各生物グループの食性に関する

データは文献や魚類データベース FishBase (<http://www.fishbase.org.search.php>) を参照して与え、その他のパラメーターは 1990 年の生物量を基に推定を行った。溶存酸素量の減少、それに伴う貧酸素水塊の発生により、移動能力の弱い生物を多く含むベントス 2 グループの死亡率が上昇するプロセスをモデルに取り込んだ。東京湾における年々の平均溶存酸素量は東京都、千葉県、神奈川県が発行資料(例えば東京都内湾赤潮調査報告書 1991)から算出した。

清水 (1997) が報告した、甲殻類の 1 曳網あたり採集重量(1977-95 年)を東京湾における『その他ベントス』の生物量指数とみなし、モデル出力の検証を行った。実測値・モデル出力値それぞれの年変化の傾向が一致していれば、検証されたとみなした。

結果と考察

Ecopath で食物網解析を行った結果、東京湾における『その他ベントス』、『小型浮魚類』、『魚(エビ・カニ)食性魚類』の栄養段階はそれぞれ 2.0, 2.3, 3.1 と推定された。

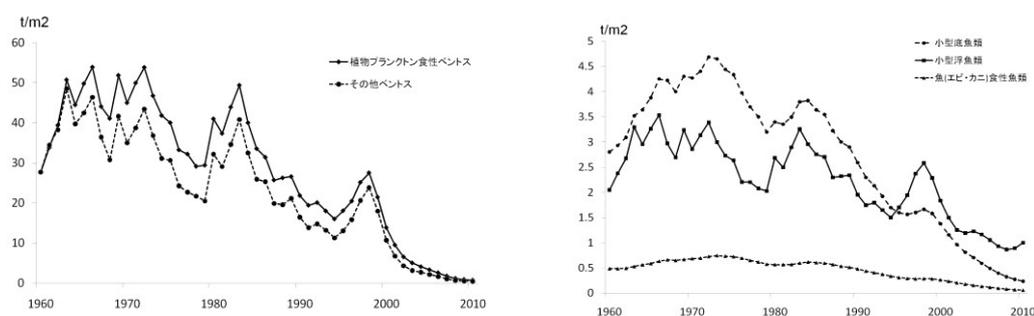


Fig.1 ベントス 2 グループ (植物プランクトン食性ベントスとその他ベントス) と魚類 3 グループ (小型浮魚類, 小型底魚類, 魚(エビ・カニ)食性魚類) 生物量変動の推定

回帰分析の結果、実測値の減少傾向は有意ではなかったが、90 年代において実測値、計算値ともに生物量は減少しており、ある程度の一致がみられた。1960 年からの各生物グループの生物量の変動シミュレーションの結果、東京湾に生息している全ての生物グループで生物量が減少していると推定された(Fig. 1)。

最近年におけるベントスの生物量急減は溶存酸素量の低位持続による死亡率の増大を反映している。

参考文献

Sohma, A., Y. Sekiguchi, T. Kuwae and Y. Nakamura (2008) : A benthic-pelagic coupled ecosystem model to estimate the hypoxic estuary including tidal flats -Model description and validation of seasonal/daily dynamics. *Ecological Modeling*, 215, 10-39.

清水誠(1993):東京湾. 吉田陽一(編), 水域の窒素:リン比と水産生物, 恒星社厚生閣, pp.73-83

清水誠(1997):東京湾の漁業. 海洋と生物,109, 98-102.

Impacts of eutrophication on high trophic levels of the ecosystem in Tokyo Bay

Mar. 2011, Department of Natural Environmental Studies, 47096615

Ayaka SAKAMOTO

Supervisor prof. Kunio SHIRAKHARA

Key words ; Tokyo Bay, ecosystem model, eutrophication, hypoxia, benthic animal

Introduction

Tokyo Bay is an enclosed bay, surrounded by Boso Peninsula to the east and the Miura Peninsula to the west. During the Japanese post-war economic miracle, economic growth following World War II, a large number of people, industries and government offices were concentrated in Tokyo. With the increase in population, the pollution loading amount from land has increased. That brought many problems such as, eutrophication, red tide, hypoxia, offensive odor and landscape.

The law for the prevention of water pollution was enforced in 1970. This law aimed to control displacement of chemical oxygen demand (COD) concentration. However, no clear improvement of water quality has not been observed against the expectations. From 1993, Ministry of the Environment introduced a new system to control displacement measured by phosphorus and nitrogen to depress eutrophication.

There are several modeling studies on the ecosystem in Tokyo Bay. Sohma *et al.* (2008) focuses on oxygen consumption, to estimate estuary's role to depress hypoxia using benthic-pelagic coupled ecosystem model, and considers material flows on lower trophic levels (up to zooplankton) .

The objectives of this study were to clarify the trophic structure and analyze the biomass changes of organisms with high trophic levels (up to fish) in Tokyo Bay.

Method

The trophic model of Tokyo Bay was constructed using Ecopath with EcoSim (EwE) software system of Christensen and Pauly (1992), Christensen et al. (2004). EwE has two main components. - Ecopath is a static, mass-balance snapshot of the system. EcoSim is a time dynamic simulation module for policy exploration. There are many species in Tokyo Bay, which were classified into functional groups (algae, phytoplankton, zooplankton, herbivore benthos, other benthos, small demersal fish, small pelagic fish and carnivore fish) according to Shimizu (1993). For each group, the input parameters

were biomass in the initial year for simulation, production-biomass ratio, consumption-biomass ratio and the diet composition of all consumers. Biomass data of all groups in 1960 were given from Shimizu(1993). Other data of all groups were obtained from many published documents or Fishbase (<http://www.fishbase.org.search.php>). The model calculated dynamics of the Tokyo Bay ecosystem from 1960 to 2010.

Results and discussion

Food web analysis by Ecopath showed that trophic levels of herbivore benthos, other benthos, small pelagic fish and carnivore fish were 2.0, 2.3, 3.1, respectively. From 1960, all groups were estimated to decrease their biomass (Fig.1). A rapid decrease in benthos biomass is likely to be related with a high level of mortality caused by eutrophication

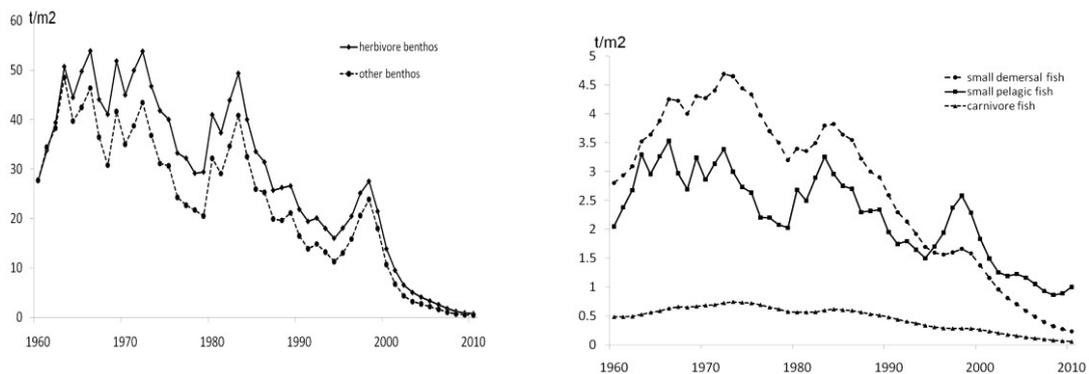


Fig.1 Simulated changes in biomass of benthos and fish from 1960 to 2010

Reference

- Christensen, V. and Pauly, D. (1992): ECOPATH II a software for balancing steady state ecosystem models and calculating network characteristics. *Ecological Modeling*, 61, 169-185.
- Sohma, A., Y. Sekiguchi, T. Kuwae and Y. Nakamura (2008) : A benthic-pelagic coupled ecosystem model to estimate the hypoxic estuary including tidal flats -Model description and validation of seasonal/daily dynamics. *Ecological Modeling*, 215, 10-39.
- Shimizu Makoto (1993): Tokyo Bay. Yoshida Y. (Eds.). N:P ratio in the aquatic environment and aquatic organisms, Kouseisha-Kouseikaku, pp.73-83. (in Japanese)