

平成 21 年 4 月 30 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2008

課題番号：18510007

研究課題名（和文）環境変化とクラゲ類の大量発生メカニズムとの関連

研究課題名（英文）Relationship between jellyfish blooms and environmental changes

研究代表者

石井 晴人（ISHII HARUTO）

東京海洋大学・海洋科学部・助教

研究者番号：30251680

研究成果の概要： ミズクラゲの大量発生と環境変動との関連性を調べた結果、海域の富栄養化とそれに伴う貧酸素水域の拡大および餌生物の小型が大きく影響していることが判明した。また、人工構造物の増加もポリプの生育に大きく貢献していることが明らかとなった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	2,000,000	0	2,000,000
2007 年度	900,000	270,000	1,170,000
2008 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	480,000	4,080,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：クラゲ・環境変動・東京湾・ポリプ・食物連鎖・大発生・貧酸素水塊・付着生物

1. 研究開始当初の背景

最近、世界の様々な海域においてクラゲ類をはじめとするゼラチン質プランクトンの大量出現が大きな問題となっている。特に、東京湾のような内湾域では、水質環境の変化に伴い、魚類や底生動物の多くが、その現存量を減少させてきたのに対し、クラゲ類の一種であるミズクラゲの出現量のみは増大してきている。

2. 研究の目的

クラゲ類の中でも特にミズクラゲを中心に、東京湾等の内湾環境の変化がどのように影響してクラゲ類の増大をもたらしたのかを解明し、特に、未解明な部分が多い、ポリプ期について、環境変化との関わりについて明らかにすることである。同時に繫留船舶等の人工構造物の増大と、ポリプ個体数の増加との関連性についても、飼育による付着実験と天然海域における観察から解明を試みる。

3. 研究の方法

(1) 現場海域におけるミズクラゲポリプの調査及び環境測定は、東京湾奥部において従来より実施している観測点（東京都品川区船の科学館内の岸壁及びその周辺）で月 1~2 回の頻度で行う。ミズクラゲポリプ採集に先立ち、CTD、現場式DO測定装置、水中光量子計や採水によって各観測水深における水温、塩分、溶存酸素濃度、クロロフィル濃度、小型動物プランクトン現存量等のデータを得る。ミズクラゲポリプの調査は、観測点における潜水調査によって実施する。

(2) 現場海域における成体クラゲ類の採集は、東京湾奥部における環境調査と同時に東京海洋大学練習船”ひよどり”を用いて、東京湾内の海域で月 1~2 回の頻度で行う。クラゲ類の採集は、特別に作成したクラゲ用大型ネット、またはたも網によって行う。同時に水中ビデオによる観察も行う。

4. 研究成果

(1) ミズクラゲポリプ世代

東京湾における代表的な付着生物は、フジツボ類、カキ・イガイ類、ホヤ類等であるが、これらの付着生物は底層付近の貧酸素水塊にさらされる層には生息できず、実際に潜水によっても観察することができない。一方、クラゲ類の浮遊幼生期であるプラヌラ幼生は、イガイ類等に覆われた表面にはそれらの膨大なる水能力によって付着が困難であり、ポリプにおいてもそれらとの空間的競争に打ち負かされてしまう。すなわち、クラゲ類はクラゲ世代になれば大いなる優占種となりうるが、ポリプ世代においては現存量等の側面において非常にマイナーな存在なのである。

しかしながら、本研究で、潜水観察によって唯一ポリプを観察できた場所は、海底付近の貧酸素水塊内であり、このような他の付着生物が存在できない面を主な生息場所に行っていることが示唆された。クラゲ類のポリプは、他の付着生物と比較して貧酸素に対する耐性が高く、 $2\mu\text{l/l}$ の貧酸素水内でも、十分に成長し、出芽により子ポリプの増殖も可能であることが示されている。貧酸素水塊は主に夏季において形成され、この時期は、産卵・プラヌラ放出期と一致する。すなわち、貧酸素水塊の形成に伴う、他の付着生物の乏しい付着基質の出現が、プラヌラ幼生に付着場所を提供し、ポリプの増殖に大きく寄与しているのではないだろうか。

やがて秋から冬にかけて貧酸素水塊が消失した後も、東京湾では、イガイ類等の生物活動の活性も落ちるため新たな他の付着生物の大規模な侵入は観察されない。一方、こ

のような貧酸素水塊内に付着したポリプは貧酸素水塊が消失した秋から冬にかけてストロビレーションを起こして、春には大量のエフィラを遊離させるのである。

一方、高度経済成長期以降進行した沿岸域の埋め立ては、干潟などの海岸線を次々と人工護岸に変えていき、ポリプが付着可能な基質の面積も同時に増加していった。この期間、干潟や浅瀬が埋め立てによってどんどん失われていったことは明らかである。ポリプの付着基盤としては、容易に流されてしまう砂泥上よりしっかりとした人工構造物の方が適していることは明らかであり、特にある程度年月がたつて有機溶剤が消失したコンクリートのような堅い構造物の表面は、ポリプにとって好適な付着基質の一つである（石井未発表）。また、ポリプの付着率が基盤の上面よりも側面や下面の方が高いことから、沿岸部に人工構造物、特に浮き桟橋や係留してある船舶等が増えたことがポリプの付着面積の増加に大きく寄与しているものと思われる。

さらに、このような人工構造物上の付着生物群で最も優占しているムラサキイガイ等が夏の終わりから秋にかけて脱落した後に残る貝殻の隙間などは、ポリプが最も好んで付着するところである。すなわち、ポリプの生育環境は付着基質の面からも、東京湾内湾域では好適化しているものと推察される。また、この傾向は、最近のさらなる埋め立て地の増加やメガフロート等の建設によりさらに強まるものと考えられた。以上のことから、東京湾の富栄養化とそれに伴う貧酸素水塊の形成、また沿岸域の埋め立てという環境変化はポリプの生育にとって好適な環境をもたらす、結果的にクラゲの増大にも大きく寄与しているものと推測された。

(2) ミズクラゲクラゲ世代

調査は、東京湾湾奥部の北東部の海域を中心にを行った。調査海域の面積は、 107.2 km^2 、平均水深は、 15 m であった。この海域において、ミズクラゲは夏季を中心に出現した。ミズクラゲの出現した夏季には、水温・塩分の顕著な躍層が観察され、底層付近には、溶存酸素濃度 3 mg l^{-1} 以下の貧酸素水塊が出現した。

ミズクラゲの鉛直分布構造については、以下のような傾向が観察された。ミズクラゲは表層から底層近くまで高い密度を保ちながら分布しており、本研究では、他の動物プランクトンで見られるような顕著な日周鉛直移動は観察されなかった。また、塩分躍層も、本種の鉛直分布を制限する要因とはなっていないかった。貧酸素水塊内にもミズクラゲの

分布は認められたものの、無酸素に近い状態の底層付近には生息は認められなかった。本研究におけるミズクラゲの最大個体数密度は 89 個体 m^{-3} であった。また、ミズクラゲの平均傘径は、 23.8 ± 2.5 cm であり、水深による違いは見られなかった。本研究において、ミズクラゲの顕著な鉛直移動が観察されなかったことは、主要な餌となっている *Oithona davisae* が水柱内に大量に、かつまんべんなく分布していることとも関連していると思われた。また、ミズクラゲが、摂餌行動等を目的とした積極的な鉛直移動によるエネルギー消費をできるだけ抑制しながら、高い個体数密度の群れを維持しつつ、獲得したエネルギーを成長や産卵に用いている可能性が示唆された。

ミズクラゲの傘径 (D : cm) と乾燥重量 (W : g) の関係は、以下の式によって求められた。

$$W = 0.0038 \times D^{2.67}$$

以上のデータから、調査海域における平均個体数密度は 0.053 inds m^{-3} 、平均現存量は 0.954 g m^{-3} 、であると推定された。

次に、東京湾における、富栄養化に伴う動物プランクトン相の小型化との関連性について代表的な高次捕食者である魚類とクラゲ類で比較して考えてみる。魚類は、基本的に餌生物を視覚で認知して捕食する視覚的捕食者である。一方、クラゲ類は、餌生物を自ら追跡して捕食するよりも、傘縁付近に近づいてきた餌を、その傘の運動で起こす水流によって体表面に接触させて刺胞によって殺して摂餌する接触捕食者である。このことは、一般的に餌生物の小型化は魚類のような視覚的捕食者にとっては不利であり、餌生物の小型化に伴う遊泳速度の低下はクラゲ類のような接触捕食者にとっては有利であると考えられる。すなわち、クラゲの傘径が大型化し傘の運動に伴って生じる流速が上昇するにつれて、遊泳速度の速い餌生物も捕食可能なことも示唆される。

また、魚類のように視覚によって捕食行動を行う生物は選択的に大型個体を摂餌しており、一方、接触して機会的に摂餌を行うクラゲ類の摂餌行動は餌の大きさにそれほど影響されていないことも示唆された。東京湾においても、かつては、*Acartia omorii* 等の中型橈脚類が優占しており、体サイズが大きいため魚類等の視覚的捕食者の好適な餌料となっていた。しかし、近年最優占種となった *O. davisae* の体サイズは視覚的捕食者には小さすぎ、餌料として利用しにくい結果となってしまうのではないだろうか。逆

に、ミズクラゲのような接触捕食者にとって、*O. davisae* の卓越は、何ら負の要因にはならず、そのまま利用可能な餌量の増加につながっているものと考えられる。実際に現場海域で採集したミズクラゲの胃腔内容物の主体は、ミズクラゲ現存量の低下する冬期を除いて *O. davisae* で占められており、特に 10 月は胃腔内容物の実に 94% が *O. davisae* であった。このことは現在の東京湾では、特に春～秋季にかけてミズクラゲが高次捕食者として重要であると同時に、微小鞭毛藻類～*O. davisae*～ミズクラゲと連なる食物連鎖が、東京湾生態系内では極めて卓越した食物連鎖となっていることを示唆している。

以上のことから、ミズクラゲは、その環境適応力という点で極めて優れた生物であり、東京湾では富栄養化と並行しておきた動物プランクトン個体数密度の増加と群集構造の変化が、ミズクラゲ群集の増大を引き起こした一因であると考えられた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

① H. Ishii, T. Ohba and T. Kobayashi. Effects of low dissolved oxygen on planula settlement and poly growth and asexual reproduction of *Aurelia aurita*. Plankton Benthos Res. 3. 107-113. 2008 査読有

② H. Ishii and F. Tanaka. Respiration rates and metabolic demands of *Aurelia aurita* in Tokyo Bay with special reference to large medusae. Plankton Benthos Res. 1. 64-67. 2006 査読有

[学会発表] (計 6 件)

H. Ishii, K. Katsukoshi. Seasonal changes on the density of *Aurelia aurita* polyps in the innermost part of Tokyo Bay. 2nd International Jellyfish Blooms Symposium, 2007.

[図書] (計 1 件)

石井晴人・秋保太郎・松田宗平 ゼラチン質プランクトン. 海洋プランクトン生態学—微小生物の海. 194-217. 2008.

[その他]
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石井 晴人 (ISHII HARUTO)
東京海洋大学・海洋科学部・助教
研究者番号: 30251680

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし