

平成 21 年 5 月 29 日現在

研究種目：基盤研究 (C)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18580181
 研究課題名 (和文) 貧酸素化に伴うクラゲの増加が沿岸域の生態系に及ぼす影響の解明
 研究課題名 (英文) Effect of increase of jerry fish on coastal ecosystem accompanied by hypoxia
 研究代表者
 笠井 亮秀 (KASAI AKIHIDE)
 京都大学・大学院農学研究科・准教授
 研究者番号：80263127

研究成果の概要：フィールド調査の結果、ミズクラゲ重量と底層の溶存酸素濃度の間に負の相関が認められた。またミズクラゲの分布域と、魚卵稚仔や動物プランクトンの分布域は、一致していなかった。安定同位体比分析より、ミズクラゲは魚卵稚仔を含む動物プランクトンを主な餌とする雑食性であると推定された。ミズクラゲは強い貧酸素耐性を有しており、沿岸域の貧酸素化にともない、ミズクラゲへの栄養フローが増大していると推定される。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,200,000	0	1,200,000
2007 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2008 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	660,000	4,060,000

研究分野：水産海洋学

科研費の分科・細目：水産学・水産学一般

キーワード：海洋生態系・海洋保全・環境変動・貧酸素

1. 研究開始当初の背景

1960 年代の高度成長期以来、日本中の内湾に河川を通じて多量の有機物や栄養塩が流れ込むようになった。その結果、特に春季から夏季にかけて赤潮や貧酸素水塊が発生するなど、湾内の環境悪化は著しい。特に、移動能力に乏しく貧酸素水塊から自発的に脱出できないプランクトンや個体発生初期の魚類等は、それらの影響を強く受ける。

一方、近年日本各地の沿岸域でクラゲ類の大量発生が報告されている。このクラゲ類の大発生は漁網に大量に入り込む

ことで有用魚類の捕獲を困難にするなど深刻な被害を引き起こすとともに、プランクトンに対する捕食を通じて沿岸生態系の食物連鎖構造を大きく変化させつつあるとも言われている。しかしながら現在のところ、一体どのような環境要因がクラゲ類の大発生を引き起こしたのか、という点については科学的な証拠が得られておらず、水産生物の減少要因も未だに不明のままである。

申請者らはこれまでの研究で、ミズクラゲの行動、捕食量および餌料生物との食う一食われる関係を実験生物学的手法

により解析した。その結果、ミズクラゲは貧酸素環境に対して極めて高い耐性を備えており、溶存酸素濃度が 2mg/L 以下に低下した環境下でも活発にプランクトンを捕食することが分かった。一方クラゲとは対照的に、魚類の貧酸素環境に対する耐性は低く、その捕食能力は 4mg/L 以下で急激に低下した。また、通常的环境下ではミズクラゲから逃避できる稚魚が、貧酸素環境下ではミズクラゲから逃避できなくなり捕食される可能性が高まることも明らかにした。これらの結果は、実際の海域においても、貧酸素化の進行に伴い、プランクトン→魚類の栄養フローに代わってプランクトン→ミズクラゲの栄養フローが増大していることを示唆している。

2. 研究の目的

本研究では、実験結果にもとづく「貧酸素化にともない、ミズクラゲへの栄養フローが増大する」という仮説を野外フィールドで検証することを目的とする。まずミズクラゲの餌料を調べ、沿岸域の食物連鎖網においてどのような栄養段階を占めているのかを明らかにする。そのために、従来より行われている胃内容物調査に加え、炭素・窒素の安定同位体比による解析を行う。沿岸海域でクラゲ類を含む様々な生物をサンプリングし、同位体比を測定することで、実際の海域でのクラゲ類の主要な餌生物を推定する。そしてその結果を基に、沿岸域における基礎生産者から高次生物に至る炭素、窒素の流れを見積もる。

次に、高頻度でのフィールド調査を行うことにより、貧酸素水塊とクラゲ類、動物プランクトン、および稚仔魚の詳細な分布の対応を調べる。貧酸素水塊が発生する海域と発生しない海域の両方で調査を行い、各生物群集の分布パターンの時空間変動を明らかにするとともに、クラゲ類に捕食される稚仔魚やプランクトンの生物量を定量化する。

3. 研究の方法

(1) 飼育実験によるミズクラゲの同位体濃縮係数の推定

実海域より捕獲したミズクラゲを水槽内で 24・48 時間馴致し、同位体比の分かっている餌を 3 ヶ月間与え続ける。1 週間毎に 3 個体ずつクラゲを取り出し、乾燥させた後、粉末化し、窒素・炭素安定同位体比を測定する。クラゲと餌生物の同位体比を比較することにより、同位体濃縮係数を求める。

(2) 瀬戸内海におけるクラゲ類の栄養段

階の推定と貧酸素水塊との対応

燧灘や広島湾など貧酸素水塊の発生しやすい海域において約 10カ所観測点を設け、以下の観測を行う。まずクロロテックによる水温、塩分、クロロフィル蛍光値を測定する。また採水を行い、研究室に持ち帰った後、クロロフィル濃度を測定する。これにより対象海域の物理構造および一次生産構造を把握する。さらに、DOメーターによる酸素濃度の測定もを行い、貧酸素水塊の分布を調べる。

上記の環境調査と同時に、食物網の基礎である植物プランクトンと底生珪藻、1 次消費者である小型動物プランクトン、2 次消費者と考えられる大型動物プランクトンや稚仔魚類、そしてミズクラゲを採集する。そして得られたサンプルの窒素・炭素安定同位体比を測定し、各々の生物についてその値を比較する。(1)の実験により得られた同位体濃縮係数を元に、実際の海域においてクラゲが何を餌としているかを推定する。

また各種生物量とその分布を酸素濃度などの環境条件と対応させることにより、酸素濃度の低下が燧灘東部の生態系に与える影響、特にミズクラゲと動物プランクトンや稚仔魚との対応を検討する。

4. 研究成果

(1) 飼育実験によるミズクラゲの同位体濃縮係数の推定

飼育実験の結果、ミズクラゲの窒素・炭素安定同位体比の濃縮率について、成体では $\Delta\delta^{13}\text{C} = 2.0\text{‰}$ 、 $\Delta\delta^{15}\text{N} = 0.8\text{‰}$ 、一方エフィラ幼生～未成体では $\Delta\delta^{13}\text{C} = 1.4\text{‰}$ 、 $\Delta\delta^{15}\text{N} = 1.1\text{‰}$ と推定された。

(2) 瀬戸内海におけるクラゲ類の栄養段階の推定と貧酸素水塊との対応

① 広島湾奥部において、ミズクラゲ重量と底層の溶存酸素濃度の間には負の相関が認められた。またミズクラゲは湾北部で多く湾南部で少なかった。一方、魚類プランクトンの主要構成種であるカタクチイワシの主分布域は湾南部であり、クラゲの主分布域とは水平的分離が認められた。そして植物プランクトン濃度が高い海域はクラゲの密度が高い海域と一致していたが、動物プランクトンの密度が高い海域とは一致していなかった。これは植物プランクトンから動物プランクトンへ流れるはずのエネルギーフローの一部がクラゲに流れていることを意味しており、クラゲが沿岸生態系に影響を及ぼしていることを示唆している。

2006 年と 2007 年の結果を比較したところ、海面水温、塩分ともに 2006 年のほうが 2007 年よりも有意に低かった。クラゲ類の中ではミズクラゲが最も多く、質量で

89.7%を占めた。またミズクラゲの密度は2006年の方が高かった。一方、魚類仔魚の中ではカタクチイワシの仔魚が優先しており全仔魚個体数の58%を占めた。2007年よりも2006年の方が降水量が多かったため、広島湾奥部に注ぐ太田川の流量も多く、栄養塩や有機物の流入量も2006年の方が多かったと推定される。それにより2006年の方が海域の生産が高く、餌生物が増加することによりミズクラゲも増加したと考えられる。

② 燧灘東部では2008年は平年に比べ溶存酸素濃度が高く、貧酸素化していなかった。そしてミズクラゲの現存量が非常に少なく、ほとんど採集されなかった。これは貧酸素水塊付近にはミズクラゲが多いとう2006年、2007年の結果と矛盾しない。すなわち、溶存酸素濃度の低い海域では仔魚は生残しにくい、低酸素耐性の強いミズクラゲは弱った動物プランクトンや仔魚を捕食することで、貧酸素水域でも生残できると考えられる。そのため、近年のミズクラゲが増加は、沿岸域の貧酸素化等の環境悪化に起因している可能性が大きい。

③ 安定同位体比分析の結果、ミズクラゲは動物プランクトンを主な餌とする雑食性であると推定された。しかしながら、湾内の生態系を概観した場合、外洋でよく見られるような「植物プランクトン→動物プランクトン→クラゲや小型魚類」といった単純な構造にはなっておらず、途中で系が途切れたり複雑に入り組んでいたりすることが分かった。

ミズクラゲの窒素・炭素安定同位体比は6-7月に比べて9月に高くなった。9月はカニ類の幼生が産まれてくる時期であるが、クラゲの多い海域は少ない海域に比べて、カニ類の密度の増加量が少なかった。これらより、ミズクラゲはカニ類の幼生を数多く捕食していると推定され、浮遊生態系だけでなく底生生態系にも大きな影響を及ぼしている可能性がある。

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5件)

- ① Jun Shoji, Takaya Kudoh, Hideyuki Takatsuji, Osamu Kawaguchi and Akihide Kasai: Distribution of moon jellyfish *Aurelia aurita* in relation to summer hypoxia in Hiroshima Bay, Seto Inland Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2009 (印刷中). 査読有
- ② Jun Shoji and Akihide Kasai: Increase in moon jellyfish populations in the Seto Inland

Sea, Japan: Possible effect on predator-prey interactions under summer hypoxia. *Book of abstracts of 8th EMECS*, 38-39, 2008. 査読無

- ③ Akihide Kasai, Tatsuo Yamada and Hiroshi Takeda: Flow structure and hypoxia in Hiuchi-Nada, Seto Inland Sea, Japan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 71, 210-217, 2007. 査読有
- ④ 笠井亮秀・杉本亮・赤嶺里美: 内湾域における中層クロロフィル極大の形成機構. *海と空*, 82, 53-60, 2007. 査読有
- ⑤ Akihide Kasai, Yoshiro Kurikawa, Masahiro Ueno and Yoh Yamashita: Formation mechanism of hypoxia in estuaries and coastal seas. *Book of abstracts of International Symposium on Integrated Coastal Zone Management*. 117, 2007. 査読無

[学会発表] (計5件)

- ① Jun Shoji and Akihide Kasai: Increase in moon jellyfish populations in the Seto Inland Sea, Japan: Possible effect on predator-prey interactions under summer hypoxia. 8th EMECS (Environmental Management of Enclosed Coastal Seas) conference, 2008年10月28日, Shanghai, China.
- ② 加藤希望・笠井亮秀・川井仁・山口仁士: 閉鎖性海域における食物網解析. 2008年度水産学会近畿支部例会, 2008年11月29日、近畿大学(奈良)
- ③ Akihide Kasai, Yoshiro Kurikawa, Masahiro Ueno and Yoh Yamashita: Formation mechanism of hypoxia in estuaries and coastal seas. *International Symposium on Integrated Coastal Zone Management*, 2007年6月12日 Arendal, Norway.
- ④ 小路淳・笠井亮秀・小林洋介・川口修・高辻英之・工藤孝也: 夏期の広島湾におけるミズクラゲ、魚卵稚仔の時空間分布: 2006年と2007年の対比. 2007年度水産海洋学会研究発表大会, 2007年11月23日、静岡県産業経済会館(静岡)
- ⑤ 小路淳・笠井亮秀・川口修・高辻英之: 2005年夏期の広島湾におけるミズクラゲ・魚卵稚仔の水平分布と物理環境の関連. 2006年度水産海洋学会研究発表大会, 2006年11月27日、中央水産研究所(横浜)

[図書] (計1件)

- ① 笠井亮秀: 安定同位体比を用いた餌料源の推定モデル. 安定同位体スコープで覗く海洋生物の生態, 恒星社厚生閣, 46-57, 2008.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

笠井 亮秀 (KASAI AKIHIDE)

京都大学・大学院農学研究科・准教授

研究者番号：80263127

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

小路 淳 (SHOUJI JUN)

広島大学・大学院生物圏科学研究科・准

教授

研究者番号：10397565