

英国メナイ海峡におけるヨーロッパイガイ (*Mytilus edulis*) の餌料環境に関する研究

2009年3月 自然環境学専攻 076744 森岡 裕詞

指導教員 教授 木村伸吾

キーワード; ヨーロッパイガイ、餌料環境、懸濁態有機物、底生珪藻、安定同位体比

1. 緒言

環境収容力は限定される空間内における個体群成長に関する概念であり、持続的な生物資源利用の議論の鍵とされる。二枚貝の養殖生産はここ数十年で大きく増加したが、一方で海域の環境収容力を無視した過密養殖より、海域の環境悪化や大量斃死がしばしば報告されるようになった。持続的な養殖生産のためには現場の環境収容力に基づく適切な管理が必要である。環境収容力の評価には、物質循環の定量的な把握が必要とされるが、無給餌養殖である二枚貝養殖では、現場の環境下における餌料供給が環境収容力に大きな影響を与える。ゆえに、餌料環境の調査が、環境収容力の評価に必要不可欠である。また、二枚貝は移動能力に乏しいため、その餌の供給を海水流動に伴う移流や乱流に依存している。このことから餌の種類や濃度だけでなく、生息域の流動構造も餌料環境の評価には重要である。ヨーロッパイガイは北大西洋沿岸に分布し、各地で盛んに養殖されている水産上の重要種である。北ウェールズ・メナイ海峡の干潟域は、イギリスにおける本種の主要な生産海域であり、イガイ養殖が重要な産業となっている。一方で、養殖管理に必要な本海域におけるヨーロッパイガイの餌料環境に関する知見は不足している。そこで、本研究ではヨーロッパイガイの摂餌生態と餌料環境を明らかにすることを目的とし、メナイ海峡内の流動構造を観測し、海水中のクロロフィル a 濃度 (Chl.a) や懸濁態有機炭素・窒素濃度 (POC・PON)、炭素・窒素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$) の測定を行った。

2. 試料と方法

メナイ海峡における観測・試料採集を、2007年5月16~23日および2008年7月24~28日に行った。2007年では海峡内に5つの観測線を設定し、それぞれの測線上を観測船で周回しながら、船底に設置した音響ドップラー流速計 (ADCP) で1測線あたり連続13時間の流動観測を行った。また、各測線では1~1.5時間ごとにCTD観測およびバケツによる表層採水も行った。2008年では、海峡内の憩流時刻が場所によってずれてゆくことを利用して1日2回の憩流時にCTD観測および表層と底層の2層の採水を行った。採集した海水からは、懸濁態有機物 (POM) の採取と Chl.a の抽出を行った。ヨーロッパイガイは、2007年は海峡内の15点から、2008年は14点から採集し、閉殻肉を切離して CHN コーダ - 安定同位体比測定用質量分析計による安定同位体比分析へ供試した。底生珪藻は2008年は養殖場1か所を含む海峡内の干潟4か所から採集した。採取した POM と底生珪藻からは、POC・PON およびその $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ を測定した。Chl.a の分析について、2007年の試料は、海水200mlを濾過後、全球海洋フラックス合同研究計画 (JGOFS) にて公定された手法に準拠して行い、2008年は、ジメチルホルムアミドを用いて色素を抽出し、Welschmeyer 法にて濃度を測定した。

3. 結果と考察

海峡内の最大流速は $0.6\sim 1.2\text{ms}^{-1}$ であった。また、残差流は海峡北部で北向き、南部で南向きと流向が異なっており、中央部を境に流出していくように見受けられた。この流出分は、おそらく干潟域から補給されていると考えられる。2007年の観測の結果、海峡北部では、海峡中央部からの水塊の流入と同時に POC や PON、Chl.a が低下した。一方で、海峡中央部の観測結果は POC や Chl.a などが北部と比較して低濃度ではなく、むしろ高濃度であった。これらの現象には、北部に大きく広がる干潟が大きく関わっていると考えられるが、底生珪藻などによる干潟域の一次生産と、そこに生息する二枚貝などの濾過食性生物による消費の懸濁態有機物濃度に与える影響が、非常に複雑であることを示している。

5月の POC、PON、Chl.a の平均値は、海峡中央部の養殖場付近で最も高い値が観測され、海峡南部で最も低い値が観測された。一方、7月では海峡南部で高い濃度が観測された。このことは、メナイ海峡では季節によって卓越する一次生産機構が異なる可能性を示している。

夏季の POM の安定同位体比は春季と比較して低い $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ を示した。低い $\delta^{13}\text{C}$ は夏季の栄養塩の枯渇に伴い、植物プランクトンの光合成速度が低下したことに起因すると考えられる。一方、低い $\delta^{15}\text{N}$ は、硝酸の枯渇に伴って動物プランクトンから排泄された低い $\delta^{15}\text{N}$ を持つアンモニアを窒素源として利用しているためであると考えられる。また、養殖場で採集した底生珪藻の同位体比は、他から採集されたものよりも高い $\delta^{13}\text{C}$ と低い $\delta^{15}\text{N}$ を示し、このことは底生珪藻の活発な光合成とヨーロッパイガイから排泄されるアンモニアの利用によるものと考えられた。

栄養段階毎の同位体濃縮率から推定したイガイの餌の安定同位体比は、底生珪藻と POM のほぼ中間の値であった。これはメナイ海峡のヨーロッパイガイは底生珪藻と POM を主要な餌資源として利用していることを意味している。しかし、POM には懸濁された底生珪藻も含まれているはずであることから、このことはメナイ海峡における POM 成分と、イガイの餌資源が一致しないことを表している。メナイ海峡の POM の大半はデトライタスで占められることから、イガイが POM を摂食しても、その中のデトライタスは餌資源として利用されていないものと考えられた。

ヨーロッパイガイの餌として推定された同位体比が、POM に含まれる底生珪藻と浮遊型植物プランクトンの安定同位体比と一致すると仮定し、植物プランクトンバイオマス比を用いてデトライタスの炭素同位体比を計算したところ、 $-23\pm 0.1\text{‰}$ と各測点で似通った値となった。デトライタスが難分解性であること、海峡内の水の滞留時間が数日であることから、デトライタスの同位体比は海峡内では変化しにくいと考えられ、上記の推察は妥当であると思われる。底生珪藻の同位体比と既往研究により得られた浮遊性植物プランクトンの同位体比を用い、イガイ餌の同位体比から各採集点の植物プランクトン群集の構成を推定すると、群集に対する底生珪藻の寄与率が海峡中央部で増加していることが示された。

以上より、本研究からメナイ海峡におけるヨーロッパイガイの餌料は、既往研究において想定されている海峡外部からの浮遊性植物プランクトンの移流に依存しているのみならず、干潟域よりもたらされる底生珪藻を主とする海峡内部の生産も、餌料として大きな役割を果たすことが明らかになった。

Studies on the Food Environment of Blue Mussel (*Mytilus edulis*) in the Menai Strait, UK

Mar. 2009, Department of Natural Environmental Studies,
076744, MORIOKA Hiroshi
Supervisor; Professor, KIMURA Shingo

Keywords; *Mytilus edulis*, Food Environment, Particulate Organic Matter, Benthic Diatom, Stable Isotope Ratio

1. Introduction

Carrying capacity is a notion for population dynamics, which are considered as an important key word for sustainable development and use of bio-resource. The productions of bivalves aquaculture are largely increasing in recent years. However, the environmental deteriorations and mass-death have led by overcrowding cultivation of the bivalves. Therefore, some suitable management based on the carrying capacity are needed for the sustainable aquaculture.

For the evaluation of the carrying capacity, quantitative understanding of material cycle is important. In bivalve cultivation, food environments affect on the carrying capacity, because cultivated bivalves were depend on foods in the natural environment. Therefore, the investigation of the food environment is necessary for evaluate the carrying capacity. In particular the food supply for bivalves is depends on advection and diffusion as their mobility is poor.

Blue mussel is one of the important aquaculture species in north Atlantic coastal regions. In the United Kingdom, the Menai Strait is the main cultivated area of the species. A commercial mussel bed is located on the south part of northern large tidal flats north of the strait, where the annual production is almost 7,000~12,000t.

In the present study, in order to clarify the grazing behavior of the blue mussel and their food environment, we carried out current observation in the strait and measurement of chlorophyll-a (Chl.a), particulate organic carbon (POC) and nitrogen (PON) and stable isotope ratio ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$).

2. Materials and Methods

We carried out the observation and sampling in the Menai Strait on 16-23, May, 2007 and on 24-28 July, 2008. Continuous current observations using a vessel equipped Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) was conducted along 5 observation lines over 13 hours for each line. For CTD (Conductivity, temperature, depth) casting was also carried out along each line every 1~1.5 hours. Seawater was sampled and collecting POM and Chl.a. In 2008, CTD observation and water sampling from the sea surface and bottom during slack water. Methods for Chl.a analysis in 2007 and 2008 were followed by JGOFS analytical method and Welschmeyer's fluorometric analysis, respectively.

For separating POM 1500~2000ml of seawater were filtered by precombusted GF/F filter. Three species of benthic large algae and benthic diatom were corrected from four sampling sites. POM, benthic large algae and benthic diatoms were used for POC, PON and stable isotope ratio analysis. For the stable isotope analysis, blue mussels were collected from 15 sites and 14 sites in the strait in 2007 and 2008, respectively.

3. Results & Discussion

The maximum current speed in the strait ranged $0.6\sim 1.2\text{ms}^{-1}$ and the direction of residual flow was in opposite directions between north and south regions. In the north region, POC, PON and Chl.a decreased when sea water inflow occurred from the central region, while those in the central region were not in low range at anytime. This suggests that relationship between primary production and consumption on the tidal flats is much complicated.

The stable isotope ratios of POM of the summer indicated lower values in $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ compared to those of spring. The lower values in $\delta^{13}\text{C}$ is probably due to the decrease in the photosynthesis rate because of the lack of nutrients, while the decrease in $\delta^{15}\text{N}$ is probably originated from ammonia excreted from zooplankton. Benthic diatom collected from the mussel bed showed relatively higher $\delta^{13}\text{C}$ and lower $\delta^{15}\text{N}$ comparing to other region. The higher $\delta^{13}\text{C}$ and lower $\delta^{15}\text{N}$ suggest high photosynthesis rate and their use of ammonium excreted from mussel, respectively. The predicted isotope ratios of food resource for mussels showed values between those of POM and benthic diatoms. This suggests that their food resource in the Menai Strait is also composed of POM and benthic diatoms.

Considering about sampling sites with strong tidal mixing, however, it is suggested that POM which includes suspended benthic diatom is the dominant food resource for mussels, but that mussels cannot use detritus as a food resource in spite of one of the main components of POM in the Menai Strait. This is supported by carbon isotopic ratio of detritus estimated from those of mussels and rate of phytoplankton biomass. Estimation of phytoplankton compositions indicates that rate of suspended benthic diatom in POC increased in the central region of the Menai Strait.

In conclusion, it was clarified in the present study that as food resource for mussel in the Menai Strait, the primary production in interior of the strait due to benthic diatom plays an important role in addition to phytoplankton advected from outer waters.