

論文の内容の要旨

論文題目 砂浜性二枚貝の分布生態に関する研究

氏名 日向野 純也

チョウセンハマグリ *Meretrix lamarckii* Deshayes, 1853 及びコタマガイ *Gomphina melanaegis* Römer, 1861 は外海性砂浜域における漁業生産対象種として最も重要な二枚貝である。しかしながら、これら砂浜性二枚貝の生態は厳しい波浪条件等による調査の困難さから解明が遅れ、資源増殖の方法論を構築するには至っていなかった。本研究では、チョウセンハマグリとコタマガイの分布に関する現地調査と生態に関する室内実験の結果から、殻長 1mm 以上の稚貝期以降の分布に対する物理環境要因と潜砂行動等との関係から分布を規定する要因について検討を加え、また力学モデルにより波浪条件下での二枚貝の移動と集積について解析を試みた。

茨城県鹿島郡波崎町の波崎漁港建設区域内外にて二枚貝及び底質の採集調査を実施した。港外では泥分が 6%と比較的高い集積域にもチョウセンハマグリ及びコタマガイ稚貝(殻長 10mm 以下)の分布が多く見られたのに対し、静穏度の高い港内では両種とも採集個体数は少なく、泥分7%以下の底質にのみ出現が認められた事から、泥分が分布に与える影響について調べた。泥分率や粒径を調整した底質におけるチョウセンハマグリ稚貝(殻長 4~15mm)の潜砂実験から泥分が 11%以上、底質粒径が $53\ \mu\text{m}$ 以下で潜砂率が急激に低下し、さらに有機物を分解した泥に対しても嫌忌性が認められた事から、チョウセンハマグリは潜砂行動に底質粒径が制限要因になっていると考えられた。一方、泥を含んだ底質でのチョウセンハマグリ稚貝(殻長 10mm 以下)の生残実験では泥分 60%程度まで斃死は認められなかったが、 $210\ \mu\text{m}$ 以下の砂泥を5段階に分画してチョウセンハマグリ稚貝(殻長 1.2~2.6mm)を静置及び振盪条件下で飼育したところ、5日後に他の実験区では生残率が 100%であったのに対し、 $44\ \mu\text{m}$ 以下の画分と共に振盪した区では粘土シルト粒子が懸濁状態となり、生残率は 35%と著しく低く 27 日後には全て斃死した。これに対し、 $44\ \mu\text{m}$ 以上の画分と共に振盪した場合は静置条件よりも生残率の高くなる傾向が見られ、チョウセンハマグリ稚貝は振盪に著しい耐性を示す事が明らかとなった。泥の存在は懸濁状態になることでチョウセンハマグリに致命的な影響をもたらす事及びチョウセンハマグリ稚貝は泥を忌避する行動を示す事を通して、底質泥分がチョウセンハマグリやコタマガイの分布制限要因になっていると推察された。一方、振動流場での揺動はチョウセンハマグリ稚貝の斃死要因とはならず、むしろ砂浜性二枚貝には「砂が動く」事が必要な環境要因の一つと考えられた。

次に、茨城県鹿島灘の砂浜海岸に全長 427m の観測栈橋を有する独立行政法人港湾空港技術研究所波崎海洋研究施設 (Hasaki Oceanographical Research Station, 以下 HORS) において Smith-McIntyre 採泥器を用いて底質を採集し、海底地形と底質粒径及び砂浜性二枚貝の出現個体数との関係を調べた。殻長 10mm 以上のチョウセンハマグリはバー(砂堆)の沖側に分布し、同様にコタマガイはバーの岸側やトラフ(淵)内に分布する傾向が見出された。静穏な波浪条件が続くと徐々に海底地形が変化し、また二枚貝の分布傾向は不明瞭となるが、波高 2m 以上の高波浪に伴い海底地形が大きく変化した時に再び上記のような分布様式が認められた。一方、殻長 10mm 以下の稚貝はやや沖側に分布する傾向があるが、海底地形と分布位置の関係は明確ではなかった。1987 年は高波浪に伴い海底地形の大きな変化が 3 回観測されたが、6 月 20~21 日の時化前後に最も顕著な地形変化と二枚貝の分布変化を示した。6 月 17 日にはコタマガイは汀線付近に置かれた HORS 基準点の沖合 210~280m 点に位置するトラフからバーの岸側斜面にかけて分布していたが、23 日には同域の海底面が大きく侵食され、底質が粗粒化すると共に多くのコタマガイはトラフの最深部(200m 点)とバーの岸側上端部(280m 点)付近に集積していた。これに対し、海底地形が大きく変化しても二枚貝の生息域が激しい侵食を受けない場合は、二枚貝の分布様式に殆ど変化が見られなかった。

そこで、地形に変化を生じた際に潜砂している二枚貝が掘り出される可能性について検討を行った。HORS における海底地形の日変化から解析した海底地形変化速度の標準偏差は約 20cm/day であった。また、海底地形変化速度の頻度分布から 50cm/day 以上の侵食を生じた頻度は 1.1%、100cm/day 以上では 0.09% であり、このような侵食は任意の点において 100~1000 日に 1 回程度起こり得ることが示された。一方、水温 5~30℃におけるチョウセンハマグリ及びコタマガイの潜砂速度を実験的に調べたところ、チョウセンハマグリでは殻長の増加及び水温の上昇に伴う速度の増加傾向がコタマガイに比べ顕著であった。殻長 20~30mm で比較すると水温 25℃では前者が平均 1.51 ± 0.47 mm/sec ($p < 0.05$) であったのに対し、後者では 0.67 ± 0.19 mm/sec ($p < 0.05$) であり、チョウセンハマグリは潜砂能力が著しく勝っていた。一方 10℃においては、それぞれ 0.48 ± 0.13 mm/sec ($p < 0.05$)、 0.45 ± 0.07 mm/sec ($p < 0.05$) と大差なかった。波崎海岸の水温は概ね 10~25℃の範囲にあるため、冬季の低水温時でも上に述べた程度の潜砂能力を有していると考えられる。海底面の侵食速度と貝の潜砂速度を比較すると、20cm/day は 2.3×10^{-3} mm/sec、200cm/day としても 2.3×10^{-2} mm/sec に過ぎず、チョウセンハマグリやコタマガイの潜砂速度よりも遙かに小さいため、砂面の侵食にこれらの二枚貝は十分に対応できると考えられた。しかし、50cm/day の侵食速度であっても殻長 20mm の貝であれば 1 日に殻長の 25 倍の距離を潜砂しなければ侵食に追従出来ないため、潜砂に要するエネルギーの消耗が懸念される。さらに、砕波による渦が砂面を攪拌する場合や波の峰と谷との間の圧力変化による底砂の液化が生じるような場合には、短時間での侵食速度が二枚貝の潜砂速度を遙かに凌ぐ事も予想される。従って、時化による大波浪時に急激にまたは大きく海底が侵食された際に二枚貝が掘り出されると考えられる。なお、殻長 10mm 以下のチョウセンハマグリ稚貝では、潜砂速度は 10℃で 0.18 ± 0.04 mm/sec ($p < 0.05$) であり、底面の侵食速度を上回る。しかし、架台に殻長 4~6mm の稚貝を潜砂

させたバットを取り付けて水中で振動させた実験では、底面流速振幅が 20.9~34.3cm/sec の時に 30~40%の個体が掘り出されたことから、稚貝は静穏時にもかなり頻繁に波浪によって掘り起こされているのではないかと考えられる。

掘り出された二枚貝の移動は、波浪と貝の物理的特性によって決定されると予測される。貝の外部形態はチョウセンハマグリに比べコタマガイは扁平で殻表面は粗く、また水中での重力と底面摩擦に関与する比重はチョウセンハマグリが 1.56~1.70、コタマガイが 1.70~1.85 であったことから、コタマガイはより動かされにくい物理的性状を有して潜砂速度の劣位を補っていると考えられる。波浪による二枚貝の分布位置の変化を力学的に説明するために、二枚貝は海底面で波浪の流体力を受けて物理的に輸送されるという力学モデルを用いて検証を行った。本研究では HORS の海底断面を想定した任意の1次元地形(海底断面形状)に対して非定常緩勾配方程式を用いて波浪場の計算を行い、底面流速変動を求めた。これに基づき砂面上に配置した二枚貝が流体力を受けて移動する距離を波浪1周期当たりについて求め、これを繰り返して二枚貝の波浪による移動を計算した。波の場の計算に砕波に伴う戻り流れを取り入れることにより、1987年6月23日の調査時にコタマガイがトラフの底に集積していた状況を良く再現できた。さらに、波浪条件の変化を考慮することにより最大波高に設定した波高 $H_0=2.5\text{m}$ 、周期 $T=9.0\text{sec}$ での集積点が沖の 280m 点とほぼ一致し、この集積は時化がピークを迎えた時に形成された事が説明された。

以上のように、チョウセンハマグリやコタマガイの分布は泥の存在と波浪の作用の両面から規定されることが示された。砂浜性二枚貝の増殖や侵食対策等海岸保全の為に土木工法を用いる際に、海域が静穏になり過ぎて泥質化しないように、またバーやトラフを生ずる海底地形変化の動態を乱さないよう考慮する事が大切である。また、波浪場における二枚貝移動機構の数理解析手法は、地形と波浪条件及び貝の物性から二枚貝分布域の形成を予測することが可能なので、資源増殖手法として天然または人工種苗を移植する際に、貝の移植場所の選定及び移植後の分布変化を予測するのに有効であると思われる。