

博士論文(要約)

アサリの摂餌生態と消化機構に関する研究

伯耆 匠二

本博士論文の内容は、学術論文誌として出版する計画があるため公表できない。5年以内に出版予定。「論文の内容の要旨」を論文の要約に代える。

## 論文の内容の要旨

### 第1章 緒言

日本におけるアサリ *Ruditapes philippinarum* の資源量は1980年代以降激減し、近年では極めて低い水準にある。アサリ資源量の回復のためには、本種が自然に増えることのできる環境の保全や造成が必要と考えられ、そのためには本種の成育に適した環境特性の理解が不可欠である。また、天然海域におけるアサリ資源の減耗要因の1つとして餌料不足が挙げられており、成育場における餌料環境の把握が課題となっているが、本種の食性や摂餌生態に関する基礎的な知見は少なく、科学的な根拠に基づく餌料環境の正確な評価は難しい状況にある。そこで本研究では、室内実験において、成長段階ごとに消化管内における餌料の分解・消化機構を解明することにより、アサリの食性とその成長に伴う変化を具体的に明らかにした（第2章）。また、止水飼育条件下および天然海域において、本種の摂餌行動と消化活性がいつ活発化するのかを検討した（第3章）。さらに、これらの実験、観察によって得られた知見を踏まえ、天然海域におけるアサリ個体群の生残と成長に及ぼす餌料環境の影響について検討した（第4章）。第5章の総合考察では、本研究で明らかになったアサリの成長に伴う消化能力の変化および摂餌周期から、アサリにとって好適な餌料環境とはどういったものなのかを論議した。

### 第2章 餌料の分解・消化機構に基づく成長に伴う食性の変化

アサリの主要餌料は海水中に浮遊する珪藻類を主体とする微細藻類と考えられているが、

具体的にどのような微細藻種を栄養源として利用しているかは明らかにされていない。本研究では、アサリが消化管内で堅い細胞殻を持つ珪藻類をどの程度分解・消化できるのか、それが成長に伴って変化するかを調べるため、給餌実験および消化管の組織学的観察を行った。まず、殻長 10 mm のアサリに対する、生活型、堅さ（物理的強度）、大きさの異なる 4 種の珪藻（*Chaetoceros salsugineum*、*Cylindrotheca closterium*、*Navicula ramosissima*、*Navicula* sp.）の餌料価値を検討するため、これらの珪藻をアサリに単一種給餌し、摂食した珪藻細胞数に対する分解された珪藻細胞数の割合（細胞殻分解率）を求めた。細胞殻分解率は、細胞殻の脆い種（*Ch. salsugineum*、*Cy. closterium*）では 99% 以上、細胞殻の堅い種でも 90% 程度と高く、殻長 10 mm のアサリは、堅い底生珪藻も餌料として利用できることが明らかになった。殻長 300~500  $\mu\text{m}$  の着底初期稚貝に対して、生活型、堅さ、大きさの異なる 5 種の珪藻（*Ch. gracilis*、*Ch. affinis*、*Cy. closterium*、*N. ramosissima*、*Navicula* sp.）を 31 日間にわたり単一種給餌したところ、細胞殻の脆い小型の浮遊珪藻 *Ch. gracilis* を給餌した区で他の給餌区よりも成長速度が有意に高かった。各珪藻種を給餌中の着底初期稚貝を固定して薄切切片を作成し、消化管断面を走査型電子顕微鏡で観察したところ、着底初期稚貝は大型の珪藻種（*Ch. affinis*、*Cy. closterium*、*N. ramosissima*）を消化管内にほとんど取り込めないことがわかった。一方、小型で細胞殻の堅い *Navicula* sp. については、消化管内に取り込めるものの細胞殻を分解できないことが明らかとなった。アサリが堅い底生珪藻を分解できるようになる殻長を調べるため、殻長 3 mm および 5 mm のアサリに *Navicula* sp. を単一種給餌し、消化管内における細胞殻の状態を走査型電子顕微鏡で観察した。その結果、殻長 3 mm 以上のアサリは堅い底生珪藻を分解・消化して細胞質を栄養源として利用可能なことが明らかとなった。第 4 章で行った安定同位体分析の結果を加味すると、このような消化能力の向上に基づく食性の変化は、殻長 1 mm までに生じていると考えられた。

アサリが摂食した珪藻細胞を消化管内のどこで、どのように分解するかを調べるため、殻長 10 mm のアサリを用いた給餌実験を行い、消化管の組織学的観察を行った。細胞殻の

脆い *Ch. gracilis* と細胞殻の堅い *Navicula* sp. を摂食中のアサリをそれぞれ固定して薄切切片を作成し、消化管の縦断面を走査型電子顕微鏡で観察した。*Ch. gracilis* を給餌した場合には、食道内に破壊された珪藻の細胞殻や刺毛が認められた。組織学的観察の結果、食道部を取り巻く発達した筋繊維が認められ、この筋肉の働きによって珪藻細胞が嚥下される際、刺毛などの脆い構造は破壊されると推察された。一方、*Navicula* sp. は食道内では分解されていなかった。*Ch. gracilis*、*Navicula* sp. いずれを給餌した場合にも、胃内部には粘液に覆われた珪藻細胞殻が広範囲かつ高密度に認められ、その多くは破壊されて小片化していた。腸内部には、胃から輸送されたと考えられる細胞殻の断片が高密度に認められた。このことから、取り込まれた珪藻は、主に胃の内部で高密度な状態で攪拌されることにより、珪藻細胞同士の摩擦によって破壊されると考えられた。排泄される糞中の珪藻細胞の変化を給餌開始から経時的に調べたところ、給餌開始から 2 時間後までは未分解の細胞が多く排泄されたことから、胃内が餌料で満たされていない状態では、珪藻の細胞殻は効率的に破壊されないと考えられた。

### 第 3 章 摂餌行動および消化活性の周期的変化

アサリの生息する潮間帯および潮下帯において、底生珪藻類や有機物粒子などの海底に堆積する餌料源は、潮汐流や波浪により巻き上げられて水塊中に供給される。それゆえ、アサリが濾過する水塊中の餌料密度は潮汐周期に伴って大きく周期的に変動し、それに対応してアサリも摂餌行動や消化の活性を周期的に変化させている可能性が考えられた。そこで、アサリの摂餌行動が 1 日のうちいつ活発になるのかを検討するため、室内の水槽内および野外の潮間帯と潮下帯において飼育実験を行った。水槽内における止水条件下で水管伸出行動を経時的に目視観察したところ、本種は夜間に活発に摂餌を行うことがわかり、さらに光周期を調整した実験区での結果から、その行動は 24 時間周期の体内リズム（概日リズム）に支配されていることが明らかとなった。また、消化管内の桿晶体の状態が摂餌

行動と同調して変化しており、摂餌中には桿晶体は硬い状態を保つが、貝殻を閉じている時には軟化あるいは消失することが明らかになった。

このような桿晶体の状態変化と摂餌行動の同調性を利用し、潮汐周期の存在する野外の潮間帯および潮下帯におけるアサリの摂餌周期を推定した。潮間帯および潮下帯に該当する水深帯に垂下したアサリを経時的に取り上げ、摘出した桿晶体を観察した結果、潮下帯では硬い桿晶体をもつ個体の割合が夜間に増加した。一方、潮間帯では桿晶体は干出時には軟化・消失し、干出前および冠水後には昼夜に関わりなく硬化した。潮下帯に生息する個体は、本来アサリが持つ夜行性の摂餌周期を示したが、この性質の生態学的な意義としては、水管を捕食する魚類などの昼行性の視覚捕食者からの被食回避が挙げられる。潮間帯に生息する個体は、底生珪藻などが巻き上げられやすい干潮前後に集中的に摂餌することで、干出による摂餌の中断を補償し、効率的に餌料を取り込んでいると考えられた。

#### 第4章 東京湾海の公園における生残・成長に及ぼす餌料環境の影響

天然海域における餌料環境がアサリ個体群の減耗に及ぼす影響を検討するため、第2章、第3章で明らかにした本種の摂餌生態と食性を踏まえた上で、東京湾海の公園において野外調査を行った。調査海域の潮間帯および潮下帯において、2013年1月から2014年9月にかけて着底稚貝期以降のアサリを定量的に採集し、殻長組成と生息密度の経月変化を調べた。また、海底直上水中に含まれる微細藻類の堅さ・生活型・サイズを推定・測定し、それらの組成と細胞数密度を調べた。調査期間中、アサリ幼生の着底には、2013年6、7月(2013年夏季着底群)、2013年11月～2014年1月(2013年冬季着底群)および2014年7、8月(2014年夏季着底群)の3回のピークが認められ、それぞれの減耗の程度は大きく異なっていた。2013年夏季着底群において、着底群の発生時期、浮遊珪藻が高密度に懸濁していたにも係らず、稚貝の多くは殻長0.4 mm以上に成長することなく減耗していた。この原因としては、稚貝の摂食に不適な大型粒子である、長さ10 μm以上の群体を形成する *Skeletonema* 属珪藻

や、大型の渦鞭毛藻 *Ceratium fruca* が高密度に懸濁していたことが挙げられる。2013 年冬季着底群の発生時期には、着底初期稚貝にとって好適な餌料は非常に低密度であり、稚貝の大部分は殻長 1 mm に成長するまでに減耗していた。2014 年夏季着底群の生残は他の 2 群と比べて良好で、8 月以降には殻長 1 mm 以上の稚貝が高密度に認められ、9 月には殻長数 mm 以上にまで成長して卓越年級群を形成した。着底時期の前半には好適な餌料が比較的高密度に認められたことから、7 月以前に着底した群がこれらの好適な餌料環境下で速やかに成長したものと考えられた。

## 第 5 章 総合考察

底生珪藻は干潟における一次生産の大部分を担うと考えられており、周年にわたって安定的に存在する。本研究では、飼育実験および野外調査により、潮間帯から潮下帯上部に生息するアサリが底生珪藻を餌料として効率的に利用していることを明らかにした。アサリは殻長 1 mm 程度から徐々に堅い細胞殻を持つ底生珪藻を消化管内で分解することができるようになり、天然海域においてもこれらの底生珪藻が重要な餌料となっていると考えられた。本来アサリは夜行性の摂餌周期を持つが、潮間帯に生息するアサリは潮汐周期にあわせて干出前後に摂餌行動や消化を活性化させることで、潮汐流によって高密度に懸濁した底生珪藻や堆積有機物を集中的かつ効率的に摂食すると考えられた。一方、着底初期の稚貝は消化管内で細胞殻の堅い底生珪藻を分解できず、小型で細胞殻の脆い浮遊珪藻などの微細藻類を主餌料にすると推察される。干潟においては、これらの小型で脆い浮遊珪藻の密度は底生珪藻に比べて非常に不安定である。浮遊幼生の着底期における好適餌料の多寡が着底初期稚貝の生残に大きく影響し、稚貝の着底時期に好適餌料が高密度に来遊した場合には、着底後の生残率が向上することで卓越年級群が形成されると考えられた。