

## 要約

### 七尾湾浅海域の海底環境とアカガイのへい死に関する研究

仙北屋 圭

#### 第1章 序論

アカガイ *Scapharca broughtonii* は七尾湾における重要な漁業資源生物であり、内湾の底生生態系を構成する鍵種である。近年、七尾南湾から西湾では毎年夏から秋の高水温期にアカガイのへい死が確認され漁獲量が激減している。アカガイのへい死する海域は水深 10 m 以浅の浅海域であり、従来の日中の鉛直観測ではアカガイが生息する海底付近の環境、特に貧酸素化の様子を捉えることができなかった。近年の詳細な調査から、海底における溶存酸素 (DO) 濃度が夜間に繰返し低下する様子が観測された。本研究では、まず七尾湾における水温の長期的な上昇傾向と近年の貧酸素水塊の発生について実態を調べた。次に、七尾南湾における主要なアカガイ漁場であった浅海域の海底に試験区を設定し、海底付近の環境、特に DO 濃度の変化に着目した連続観測を実施するとともに、野外および室内の飼育試験によりアカガイのへい死要因を検討した。さらに、七尾湾におけるアカガイのへい死に至る機構と対策について考察した。

#### 第2章 七尾湾における水温の長期変化と貧酸素水塊

七尾湾において、過去 40 年間に水温は 9 月～2 月 (西湾の 2 月を除く) に有意に上昇し、6, 7 月 (西湾および南湾の 7 月を除く) にはやや低下する傾向があり、3 月～5 月には有意な変化はみられなかった。40 年間の年間上昇率は北湾、西湾ならびに南湾において、それぞれ、0.016, 0.024 ならびに 0.027°C であった。水温の上昇は七尾市の長期的な気温の上昇と比較的一致するとともに、水温が低下する秋～冬季に外海水の流入による上昇が示唆された。また七尾西湾においては、2013 年 8 月～9 月に大雨に由来する陸水が表層に滞留して長期間成

層を形成し、底層において貧酸素水塊が発生し広範囲に拡大したが、台風による鉛直混合により解消した。2014 年においても降雨に由来する成層が形成され、貧酸素化した海域が確認された。しかし、この年は南西風が卓越したため成層は継続せず、貧酸素水塊は拡大しなかった。夏季の降雨と南西風の弱まりが重なると、流入した大量の陸水が攪乱を受けないまま七尾西湾の表層に滞留し、成層化することで貧酸素水塊が発生するメカニズムが考えられた。

### 第3章 アカガイのへい死と浅海域の海底環境

2013 年 7 月～8 月にかけて、水深 4 m の海底表面から海底上 30 cm で実施した DO 連続観測により、日没から夜明けにかけて海底に近いほど貧酸素化し、日中に増加する DO の日周変化が観測された。2015 年も海底上 2 cm において同様の变化が観測され、光量子量の変化とよく一致した。調査海域の海底堆積物の表面には珪藻を主体とする微細藻類が高密度に分布し、クロロフィル a 濃度は干潟の表層で観測される値と同等であった。DO 濃度の日周変化は、高密度の微細藻類による日中の光合成と、夜間の海底有機物の分解および微細藻類の呼吸によることが推察される。2013 年および 2015 年に、七尾南湾のアカガイへい死海域で実施した野外飼育実験において、いずれの年も夏～秋季に上げ底区のアカガイの生残率は埋在区よりも有意に上昇した。2015 年は 2013 年に比較して急激なへい死がみられ、2013 年と 2015 年の LT50 は、埋在区では 255.7 日から 71.8 日に、上げ底区では 281.1 日から 106.8 日にそれぞれ低下し、海底上 15 cm においても厳しい DO 環境であったことが推察される。一方、2015 年には上記の試験区に隣接して、粒径 1～2 cm に砕いたカキ殻を 8 m × 8 m に敷設した。カキ殻中にアカガイが潜れるように設置したカキ殻敷設区の生残率は、埋在区と上げ底区よりも有意に高く、夏～秋におけるアカガイのへい死を防ぐ効果が認められた。

### 第4章 水槽実験によるアカガイの生残率と生理状態

水温および DO 濃度を変化させてアカガイの生残率と生理状態を調べた。貧酸素環境下のアカガイの LT50 は飼育水温の上昇にともない短期化し、水温 30°C では 7 日～11 日でへい死した。血リンパ液中の有機酸濃度は酢酸とプロピオン酸が急増し、嫌気代謝が確認された。七尾南湾の海底で観測された DO 日周変化を模して、8 時間の貧酸素 (DO 濃度 < 1.0 mg/l) と 16 時間の酸素飽和 (DO 濃度 > 6.0 mg/l) を繰り返した 8 時間貧酸素区では、29°C を超えると徐々にへい死し、30°C で 40 日以内に全ての個体がへい死した。高水温の飼育環境下で毎日繰り返し貧酸素状態に暴露することにより、アカガイは徐々にへい死することが分かった。8 時間貧酸素区のアカガイ血リンパ液中にはコハク酸が断続的にみられ、飼育水温の上昇に伴い濃度が上昇する傾向にあった。DO 濃度の増減に対応して嫌気／好気代謝を繰り返し、次第に消耗しへい死に至ると考えられる。

## 第5章 総合考察

アカガイのへい死を防ぐには、海底で夜間に繰り返し発生する貧酸素をどのように防止するかが重要と考えられる。具体的なへい死対策として、養殖カゴを海底から鉛直方向に一定間隔離す底上げ、およびカキ殻敷設による海底基質の改善を検討した。通常のアカガイが生息する海底堆積物中(埋在区)と比較し、いずれの方法も生残率が有意に上昇し、へい死を防止する効果が認められた。しかし、2015 年は上げ底区においても生残率が低く、LT50 は半分以下に短期化した。年によって水温や海底の DO 環境は異なり、海底上 15 cm においても貧酸素の影響を受けることが示唆された。カキ殻敷設区はそうした環境においても有意に高い生残率であり、LT50 は他の区の 1.5～2 倍であった。カキ殻敷設区-2 cm の DO 濃度は、直上水とカキ殻中の間隙水との間に海水交換があることを示唆したが、そのメカニズムの解明は今後の課題である。