

干潟におけるアオサの消長が生物生息環境に及ぼす影響

工藤教勇*・児玉真史**・徳永貴久***・松永信博****

アオサ現存量の季節変化とそれに伴う底質の変化について現地調査を行い、気象要素とアオサ現存量の関係について調べた。アオサ現存量は夏季に増加し最大で 4.4 kgwet/m^2 に達した。アオサ現存量は日射量と気温の影響を強く受けており、また、干潟上へのアオサの堆積には風向および風速が強く影響していることが明らかとなった。さらに、酸化還元電位、pH および酸揮発性硫化物を指標としてアオサの堆積による底質への影響を室内実験により調べた。底質環境は実験開始 48 時間後から急激に悪化し、アオサの堆積と腐敗が底質に悪影響を与えていることが示唆された。

1. 緒 論

干潟上には多種多様な生物が生息しており、その生物活動によって物質循環が活発に行われている。干潟外から流入してきた海水中の栄養塩や有機物は干潟域の生物活動により固定され、さらには系外に持ち出される。このため干潟は沿岸水域の水質改善に大きな役割を果たしていると考えられている(細川, 1999)。しかし、多くの干潟では環境悪化に伴う水質浄化機能の低下が指摘されている(鈴木, 2000)。日本各地の閉鎖性内湾に存在する多くの干潟では、アオサの異常増殖とそれに伴う堆積と腐敗により干潟やその周辺海域環境の悪化が深刻な問題となっている(能登谷ら, 2001)。例えば、アオサの異常増殖により干潟の水質浄化機能は損なわれていると考えられるが、その影響評価はほとんどなされていない。

本研究では過栄養水域である博多湾奥部に位置する和白干潟を対象に、アオサ現存量の季節変化とそれに伴う底質の変化について現地調査を行った。また、干潟上のアオサの現存量に影響する要素として気温、日射、風向・風速に着目し、これらの気象要素と現存量の関係について調べた。同時に、マクロベントスおよび底生微細藻類の現存量調査を行い、アオサの消長がこれらに及ぼす影響を明らかにした。さらに、酸化還元電位 (ORP)、pH および酸揮発性硫化物 (AVS) を指標として、アオサの堆積と腐敗による底質への影響を室内実験により調べた。

2. 現地調査

(1) 調査概要

干潟における生物量の季節変化を把握するため、現存量調査を 2002 年 5 月から 2003 年 2 月まで約 1 ヶ月間隔で実施した。調査対象はアオサ、マクロベントスおよび底生微細藻類とした。なお、アオサ現存量調査はアオサが発生し始めた 8 月上旬からほとんど消失した 11 月下

旬まで約 2 週間間隔で行われた。また、ORP センサー(東興化学研究所製, TPX-90 Si)を用いて干潟表層の ORP を計測し、アオサの堆積と腐敗が干潟底泥に与える影響を調べた。調査地点の概要を図-1 に示す。アオサ現存量調査および底泥 ORP 調査では、汀線最大遡上点を 0 m 地点として沖方向に 100 m 間隔で測点を 4 点設定した。また、マクロベントスおよび底生微細藻類の現存量調査では、汀線最大遡上点を 0 m 地点として沖方向に 50 m 間隔で測点を 3 点設定した。なお、アオサ現存量は干潮時に干潟上に存在する単位面積あたりのアオサ湿重量を測定することで算出した。いずれの項目も測定は 3 回行い、平均値をその測点における現存量とした。

(2) 調査結果および考察

a) アオサと ORP

図-2 にアオサ現存量の岸沖方向の分布を示す。調査開始時の 8 月 12 日では、沖側で現存量は最大となり岸に向かって減少している。沖側での現存量は、8 月 27 日に最大値を取り、その後減少していく。干潟上のアオサは増殖と腐敗を行いながら、潮流や風の作用で岸方向に輸送される。11 月 4 日には沖側の測点では現存量は激減しているのに対し、汀線最大遡上付近では 11.5 kg/m^2 に達し、大量のアオサが岸に堆積していることが分かる。しかしながら、岸沖分布の季節変化については明瞭な傾向は見られなかった。

図-3 にアオサ現存量、日平均気温および全天日射量の季節変化を示す。ここで、アオサ現存量は 4 地点で得られた値の平均値を示しており、日平均気温および全天日射量は各調査日の間の平均値である。また、各気象データは福岡管区気象台の観測値を用いた。アオサ現存量は 8 月に急激に増加し、8 月下旬から 9 月上旬にかけて最大となり 4.4 kgwet/m^2 に達した。これを、乾重量に換算すると約 440 gdry/m^2 となる。この量は高知県浦ノ内湾の約 1 kgwet/m^2 (能登谷, 2001) や愛知県三河湾の 100 gdry/m^2 (Matskawa ら, 1988) と比較すると約 4 倍の値となっており、和白干潟に堆積するアオサが如何に大量であるかが推察される。また、佐々木 (1995) によればアオサ乾重量あたりの窒素含量は 4% であり、この値を

* 学生会員 九州大学大学院総合理工学府修士課程
** 正 会 員 工博 中央水産研究所 日本学術振興会特別研究員
*** 学生会員 工修 九州大学大学院総合理工学府博士後期課程
**** 正 会 員 工博 九州大学教授大学院総合理工学研究院

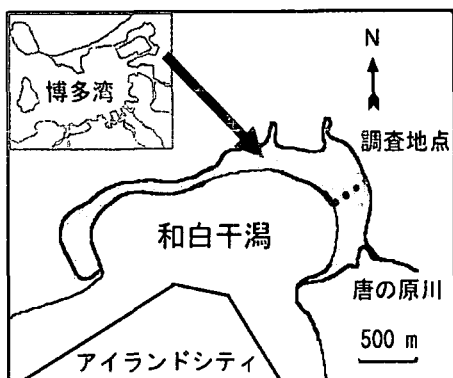


図-1 調査対象地点

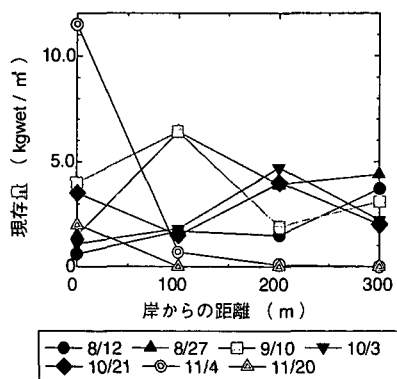


図-2 アオサの岸沖方向分布

用いとアオサの増殖によりは約 17 gN/m^2 という膨大な量の窒素が一時的に固定されたことになる。日平均気温および全日射量が低下し始める9月以降は緩やかに減少し、11月に現存量は激減し 0.3 kg/m^2 となった。このことから、アオサの消長には気温と日射量が大きく影響していると思われる。8月上旬から9月上旬の平均気温は 25.0°C 以上と高く、アオサの生育に適した条件であったと考えられる。平均気温は8月上旬から10月下旬まで漸減していき、10月中旬から11月上旬にかけて急激に低下している。そこでアオサ現存量の減少が見られる9月以降に着目し、日平均気温と現存量の相関を調べた結果、相関係数 0.9 という高い値が得られた。また、全日射量 (MJ/m^2) と現存量の関係から両者の相関係数は 0.8 となった。このように、現存量と日平均気温および全日射量との相関は非常に高いことが明らかになった。また、和臼周辺海域では夏季の T-N 濃度の低下が確認されており(児玉ら, 2002)、アオサの消長がそれに大きく影響していると思われる。

図-4に底質のORPの季節変化を示す。9月中旬以降、底質のORPは低下し始める。10月上旬から下旬にかけてORPはさらに低下し、最も低い200m地点で -400

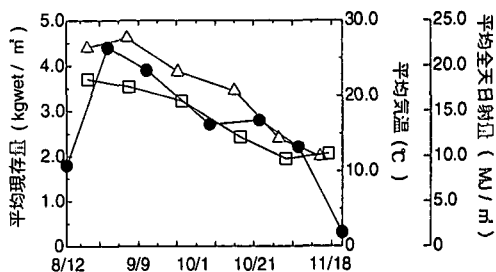


図-3 アオサ現存量(●-), 日平均気温(△-), 全日射量(□-)の経時変化

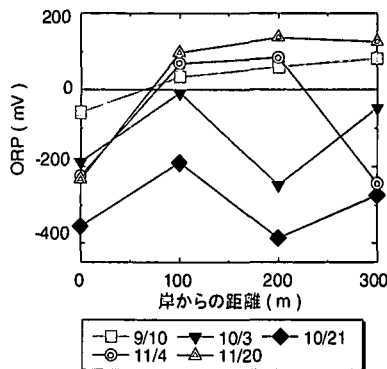


図-4 ORPの岸沖方向分布

mV 程度となっている。10月下旬には全域にわたって負の値を取った後ORPは回復し始めるが、11月下旬においても汀線最大遡上付近では -200 mV の値を保っている。図-2, 3, 4から、7月下旬から増殖し始めたアオサは8月上旬以降干潟上に堆積し始めることが分かる。また、8月は高水温のためアオサの枯死量は比較的少なく、9月中旬から腐敗が始まったと考えられるORPの岸沖分布はアオサ現存量分布と負の相関を示しており、アオサの堆積と腐敗が底質の生物生息環境を悪化させていることが分かる。11月上旬から下旬にかけてORPは上昇し、汀線最大遡上付近を除いてORPは正の値をとる。これは、腐敗したアオサが細菌により分解され干潟上から消失したためだと考えられる。

干潟におけるアオサの堆積過程には冠水時の風向および風速が影響していると考えられる。そこで、和臼干潟の位置関係に基づいて、南西から時計回りに北西に至る範囲の風を岸向きの風、北東から時計回りに南東に至る範囲の風を沖向きの風と定義し、調査日3日前から調査日前日までの冠水時の岸向きおよび沖向きの平均風速 (m/s) と各測点における平均現存量との関係を調べた。図-5に調査日前3日間の冠水時の岸向きおよび沖向き平均風速と各測点におけるアオサ現存量の関係を示す。岸向きの平均風速が増大すると0m地点では現存量が

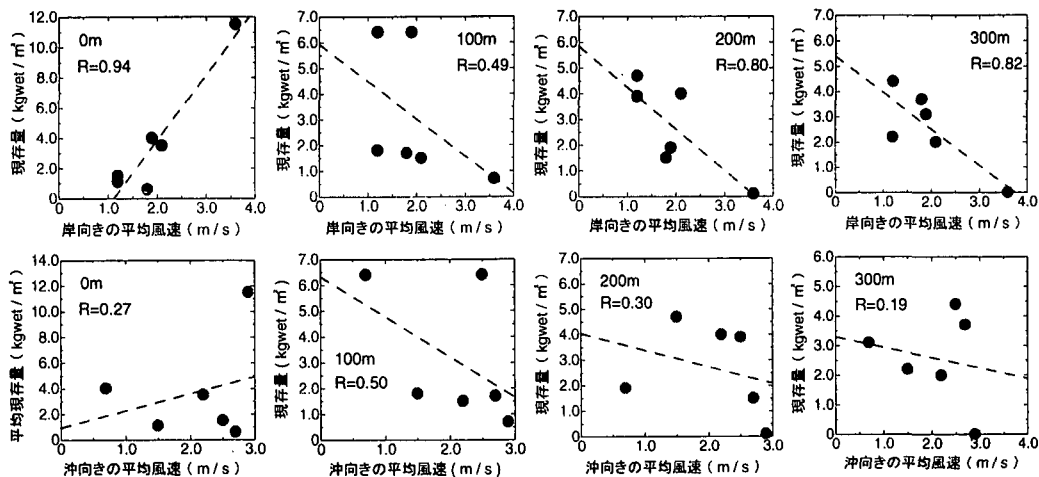


図-5 アオサ現存量と風速の関係

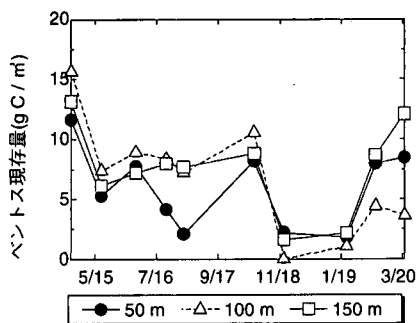


図-6 マクロベントス現存量の経時変化

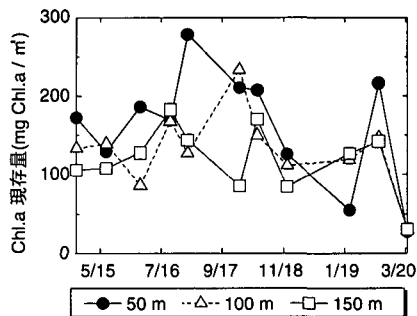


図-7 底生微細藻類の現存量の経時変化

増加しているのに対し、沖側の測点では現存量が減少している。このことから、岸向きの風によりアオサが岸へ輸送されることがわかる。また、沖向きの風とアオサ現存量の間には明確な関係が見られなかった。前述のように、アオサが堆積している場所では底質のORPの値は他の場所に比べ明らかに低い値を示しており、干潟上へのアオサの堆積が底質の生物生息環境を悪化させている要因であることを考慮すると、風によるアオサの輸送は干潟の生物生息環境ならびに物質循環機構を考える上で重要な要素であると考えられる。

b) マクロベントス

和白干潟で確認されるマクロベントスはアサリ、ウミニナ、ホトギスガイなどであり、年間を通じてホソウミナ (*Batillaria cumingii*) が支配的である。図-6にマクロベントスの現存量の季節変化を示す。マクロベントスの平均現存量は5月下旬から10月下旬にかけて8 gC/m²前後で推移しておりほぼ一定であるが、11月下旬に急激に低下しており、2 gC/m²前後まで減少している。その状態は1月下旬まで続き、1月下旬から2月中旬に

かけて再び回復している。これは水温の低下と底生微細藻類の現存量減少の影響によるものと考えられる。また、夏季においては50m地点での現存量が急激に減少しているが、これは50m地点では高温・乾燥状態によりホソウミナナの生息に不適当な環境になるためだと思われる。

c) 底生微細藻類

図-7に底生微細藻類 (Chl. a) の現存量の季節変化を示す。底生微細藻類の平均現存量は5月下旬から8月上旬にかけてゆるやかに増加しており 200 mg Chl. a/m²に達しているが、10月下旬から急激に減少し、11月下旬には 100 mg Chl. a/m²前後まで急激に減少している。夏季には岸側で現存量が増大しているが、これは沖側と比較して水温および日射量の点で生育に有利な環境であること、捕食者であるマクロベントスの現存量が減少していることが影響しているものと考えられる。

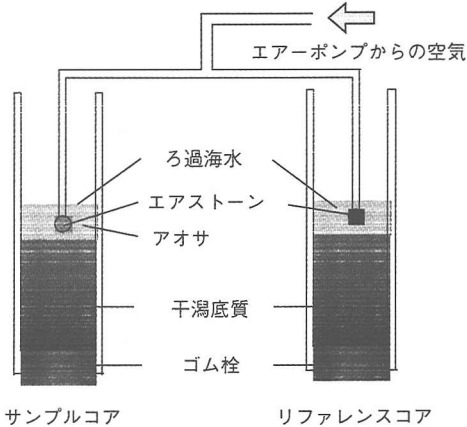
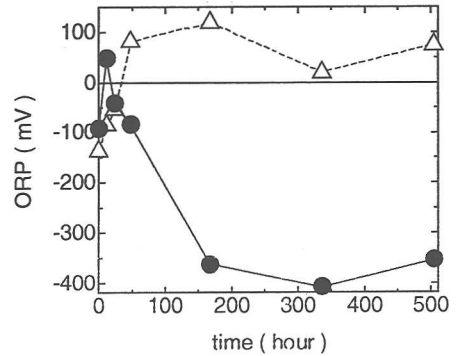
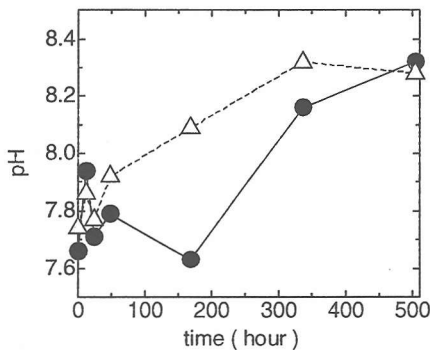


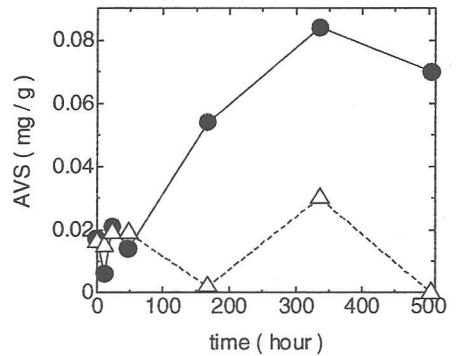
図-8 コア実験装置図



(a) ORP



(b) pH



(c) AVS

図-9 ORP, pH および AVS 濃度の経時変化

3. 実験概要

(1) 実験概要

アオサの堆積および腐敗に伴う底質の変化を調べるために、室内実験を行った。実験装置を図-8に示す。実験に用いたコアは、コア間の差異をなくすため1mmふるいを通過した和白干潟の底質をよく攪拌した後、アクリル製パイプ(内径8.5cm, 高さ25cm)に底質厚さが10cmになるように詰め、これに水深が4cmになるよう和白干潟直上のろ過海水を注いだものとした。これを14本作成し、暗条件、20°Cの下で恒温水槽内に2日間静置させた。表在性のマクロベントス(主にホソウミナナ)はピンセットを用いて取り除かれた。静置後、表層に湿重量で約30gのアオサを載せたサンプルコアおよび底質のみのリファレンスコアを各7本用意し、暗条件、20°C、曝気の下で培養した。一定時間経過後、各1本ずつを取り出し表層下1cmのORP, pHおよびAVS濃度を測定した。ORPおよびpHの測定はORPセンサー(東興化学

研究所製, TPX-90Si)を用いて測定した。また、AVS濃度はAVS測定キット(株式会社ガステック製, ヘドロテック-s No. 330)を用いて測定した。各項目とも測定は3回行い、平均値をその時刻における値とした。

(2) 実験結果および考察

図-9にコア実験によるORP, pHおよびAVS濃度の時間変化を示す。サンプルのORPは実験開始48時間後から急激に低下し、実験開始から168時間以降は-400mV程度にまで達し、底質は嫌氣的状態となった。また、サンプルのAVS濃度は実験開始48時間後に急激に上昇した。サンプルのpHは実験開始から168時間後に7.8近くまで低下し、その後増加しリファレンスとほぼ同じ値となった。これらの理由として、アオサの堆積および腐敗によりアオサが底質に蓋をしたような状態になったため、底質表層に水中の酸素が十分に供給されなくなった事が考えられる。実験結果より、アオサの堆積により底質の生物生息環境は短期間で急激に悪化することが確認された。

4. 結 論

本研究により得られた結果の要点を以下に示す。

- 1) 和白干潟においてアオサ現存量は夏季に増加し最大 4.4 kgwet/m^2 に達した。これは約 17 gN/m^2 の窒素を一時的に固定している計算になり、アオサの消長が干潟の物質循環に大きな影響を及ぼしている。
- 2) 干潟底質の ORP とアオサ現存量の間には負の相関が認められ、アオサの堆積および腐敗は底質の生物生息環境を悪化させている。また、室内実験によりアオサの堆積腐敗による ORP, pH および AVS 濃度の経時変化を調べた結果、腐敗が底質の生物生息環境に悪影響を及ぼすことが確認された。
- 3) アオサの消長には気温および日射量が大きく影響する。また、岸へのアオサの堆積量は岸方向の風の影響を強く受けており、風によるアオサの物理的輸送は干潟の生物生息環境ならびに物質循環機構を考える上で重要な要素である。

謝辞：本研究を行うにあたり、福岡市港湾局環境対策

部環境対策課の方々には貴重なご助言を頂いた。また、九州大学大学院工学府環境流体力学研究室には分析機器をお借りしました。ここに記して謝意を表す。

参 考 文 献

- 石井裕一・村上和仁・矢内栄二・石井俊夫・瀧 和夫 (2001): 東京湾奥部に位置する潟湖化干潟におけるアオサの栄養塩吸収特性, 海岸工学論文集, 第 48 巻, pp. 1136-1140.
- 児玉真史・松永信博・水田健太郎・徳永貴久 (2002): 和白干潟における水質の動態に関する研究, 土木学会論文集, No. 720/VII-25, pp. 53-61.
- 佐々木克之 (1995): 内湾および干潟における物質循環と生物生産, 海洋と生物 97, Vol. 17, No.2, pp. 127-133.
- 鈴木輝明 (2000): 三河湾の干潟域と水質浄化機能, 海洋と生物 129, Vol. 22, No. 4, pp. 315-322.
- 能登谷正浩編 (2001): アオサの利用と環境修復, 成山堂書店, pp. 7-15.
- 細川恭史 (1999): 干潟の水質浄化システムとその再生・造成の可能性, 沿岸海洋研究, 第 36 巻, 第 2 号, pp. 137-144.
- Matsukawa, Y. and Umebayashi, O. (1988): *Ulva pertusa* Biomass, Growth Rate and its Limiting Factors in an Intertidal flat, Bull. Tokai Reg Fish. Res. Lab., No. 126, pp. 25-34.