

千葉工業大学 学員 ○大東光太郎、石井裕一
千葉工業大学 正員 村上和仁、龍 和夫

1. はじめに

現在、東京湾の T-N および T-P は徐々に減少してきているが、依然として湾奥部を中心に富栄養化が進行しており、その改善が必要な海域とされている。富栄養化した海域ではアオサが大量発生し、これが干潟等の浅海域に堆積し、そこに棲息する底生生物や魚類の酸欠による大量斃死など、生態系に壊滅的な影響を与えている。堆積したアオサは腐敗してアオサ体内の窒素やリンの流出による水質汚染を引き起こすと同時に、悪臭発生などの社会的問題にもなっている。一方で、アオサは、腐敗する以前の増殖段階においては、栄養塩類 ($\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$) の吸収能力が高く、富栄養化海域における水質浄化の一助となっている。そこで本研究ではアオサの水質浄化能力に着目し、栄養塩類の吸収除去特性の解明を試みた。

2. 東京湾におけるアオサの分布

アオサは、関東以南の温暖海域の内湾や河口に繁殖する大型緑藻類で、1970 年代に九州、四国、瀬戸内海、三河湾、東京湾などで発生が確認された。東京湾では、表 1¹⁾ に示したように、アナアオサ (*Ulva pertusa*)、ボタンアオサ (*Ulva conglobata*)、リボンアオサ (*Ulva fasciata*)、ナガアオサ (*Ulva arasaki*)、ヤブレグサ (*Ulva japonica*) などが発生している。東京湾奥部のラムサール条約登録湿地である谷津干潟では、ここ数年のアオサの異常増殖により壊滅的な被害を受けている²⁾。

3. 実験方法

3.1 実験装置

19L 容の透明プラスチック容器 (幅 38cm×奥行 20cm×高さ 25 cm) に Hale の人工海水 10L を注入し、水温 20℃、2L/min の曝気条件で培養した。

3.2 実験系

本実験では、東京湾に生息するアオサの一種であるアナアオサ (*Ulva pertusa*) を用いた。これを培養容器に 1,520 cm^2 (7.5g-wt.) となるように投入した。また、栄養塩として、無機態窒素 (NH_4Cl)、無機態リン (K_2HPO_4) を、東京湾奥部の平均値 (T-N=1.2mg/l、T-P=0.097mg/l) を基準として、表 2 に示したように、0、1、5、10、20、50 倍の濃度となるように調整し、アオサによる水質浄化能 (栄養塩類の吸収除去特性) の検討を行った。分析項目は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{PO}_4\text{-P}$ とし、培養開始後 0、1、3、5、7、10 日目に測定を行った。

表 1: 東京湾に出現したアオサの特徴¹⁾

名称	形状、特徴	生息場所
アナアオサ (<i>Ulva pertusa</i>)	通常円形で湾口は縁辺に破裂片があり、30cmくらいに成長する。葉体1枚が多く見られる。	静かな内湾や河口域の岩に多く見られる。
ボタンアオサ (<i>Ulva conglobata</i>)	体の長さが2~4cmで多数の裂片となり縁辺は波打っている。アナアオサより小型である。	少し波の荒い潮間帯の中部に重なる八重の花のように繁茂する。
リボンアオサ (<i>Ulva fasciata</i>)	はじめ細長く伸長するが、成長すると基部近くから数片に分かれ、幅1~3cmの細長いリボン状の裂片を作り、長さは30cm以上、湾口は1mにもおよぶ。	波の静かな外海に面した内湾にみられ、よく繁殖体などに着生して繁茂する。
ナガアオサ (<i>Ulva arasaki</i>)	体は高さが80cmまでになり、細長い波打形で幅が15cmほどになる。仮根部は急に細くなって小さな附着盤をもつ。縁辺は平らなもので強く波打つてちぢれたものもある。古くなると不定形の孔が編みの目のようになる。	アナアオサが繁茂するような内湾域に繁茂する。
ヤブレグサ (<i>Ulva japonica</i>)	体は盤状の附着器から直立し、初めは円形から楕円形で縁辺は平坦である。成長とともに放射状に裂けて長さは12~20cmである。	水深10mくらいのところや浅くなっているところやどの岩場に見られる。

表 2: 実験系 (アオサ: 1520 cm^2 (7.5g-wt.))

Run.1	アオサ + 海水 + 栄養塩無し
Run.2	アオサ+海水+栄養塩 (東京湾の平均)
Run.3	アオサ+海水+栄養塩 (東京湾の平均の5倍)
Run.4	アオサ+海水+栄養塩 (東京湾の平均の10倍)
Run.5	アオサ+海水+栄養塩 (東京湾の平均の50倍)
Run.6	アオサ無し+海水+栄養塩無し
Run.7	アオサ無し+海水+栄養塩 (東京湾の平均)
Run.8	アオサ無し+海水+栄養塩 (東京湾の平均の5倍)
Run.9	アオサ無し+海水+栄養塩 (東京湾の平均の10倍)
Run.10	アオサ無し+海水+栄養塩 (東京湾の平均の50倍)

* (東京湾の平均T-N: 1.2mg/l、T-P: 0.1mg/l)

キーワード: 東京湾、富栄養化、アオサ、水質浄化、干潟

〒275-8588 千葉県習志野市津田沼 2-17-1 TEL: 047-478-0452 FAX: 047-478-0452

4. 結果および考察

4.1 $\text{NH}_4\text{-N}$ の吸収除去特性

図1は、各系の初期値で経日変化における値を除し、無次元化したものである。Run 2 (1 倍)、Run 3 (5 倍)、Run 4 (10 倍) では高い除去率を示しているが、Run 5 (50 倍) では低下した。これは $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が東京湾における年平均値の 10 倍で吸収除去が飽和状態になることを示唆している。 $\text{NH}_4\text{-N}$ の初期吸収除去量と $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の関係を図2に示す。その結果、酵素反応式である Michaelis-Menten 式に準じたグラフが得られた。これより、*Ulva pertusa* の $\text{NH}_4\text{-N}$ 最大吸収除去量 ($A_{\max}$) は $0.038\text{mg/l/day/cm}^2$ 、半飽和定数 (K_S) は 5.9 倍 ($=7.1\text{mg/l}$) となった。

4.2 $\text{PO}_4\text{-P}$ の吸収除去特性

図3は、各系の初期値で経日変化における値を除し、無次元化したものである。Run 3 (5 倍) が最大の $\text{PO}_4\text{-P}$ 除去率を示し、次いで Run 4 (10 倍) と Run 5 (50 倍) は同程度の除去率となり、Run 2 (2 倍) が最低となった。 $\text{PO}_4\text{-P}$ の吸収除去量と初期 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度の関係を図4に示す。その結果、 $\text{NH}_4\text{-N}$ と同様に酵素反応式である Michaelis-Menten 式に準じたグラフが得られた。これより、*Ulva pertusa* の $\text{PO}_4\text{-P}$ 最大吸収除去量 ($A_{\max}$) は $0.0042\text{mg/l/day/cm}^2$ 、半飽和定数 (K_S) は 16.7 倍 ($=1.67\text{mg/l}$) となった。

4.3 アオサの増殖における最適 N/P 比

$K_S (\text{NH}_4\text{-N}) = 7.1\text{mg/l}$ 、 $K_S (\text{PO}_4\text{-P}) = 1.67\text{mg/l}$ より、*Ulva pertusa* の吸収最適 N/P 比 ($\text{NH}_4\text{-N}/\text{PO}_4\text{-P}$ 比) は 4.2 となる。ここで、谷津干潟と東京湾を連絡している高瀬川と谷津川における $\text{NH}_4\text{-N}/\text{PO}_4\text{-P}$ 比は、それぞれ 3.6、4.1 であることから、谷津干潟におけるアオサの大量発生は、干潟の水質がアオサ (特に *Ulva pertusa*) の最適増殖条件に一致していることが原因のひとつであると考えられた。

5. まとめ

- ① 東京湾には 5 種類のアオサが生息しており、特に閉鎖性の高い湾奥部では生態系に壊滅的な影響を及ぼしていることが明らかとなった。
- ② アオサ (*Ulva pertusa*) の栄養塩類の吸収除去特性を検討した結果、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 最大吸収除去量 ($A_{\max}$) $=0.038\text{mg/l/day/cm}^2$ 、半飽和定数 (K_S) $=7.1\text{mg/l}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 最大吸収除去量 ($A_{\max}$) $=0.0042\text{mg/l/day/cm}^2$ 、半飽和定数 (K_S) $=1.67\text{mg/l}$ となった。
- ③ 谷津干潟におけるアオサの大量発生は、干潟の水質がアオサ (特に *Ulva pertusa*) の最適増殖条件に一致していることが原因のひとつであると考えられた。

謝 辞：本研究を遂行するにあたり、御指導を賜りました谷津干潟自然観察センター 長谷川昭仁所長ならびに千葉工業大学 石井俊夫助教授に心より厚くお礼申し上げます。

参考文献：1)能登谷正浩(編) (1999)、アオサの利用と環境修復、成山堂書店、171p.

2)村上ら(2000)東京湾奥部に位置する潟湖化干潟の遷移特性、海岸工学論文集、47 巻、pp.1121-1125.

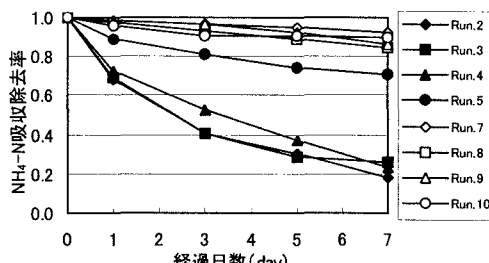


図1 各系における $\text{NH}_4\text{-N}$ 吸収除去率

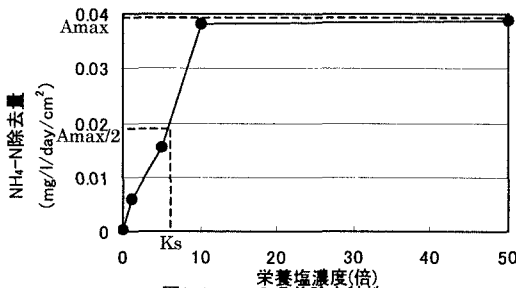


図2 $\text{NH}_4\text{-N}$ の吸着除去特性

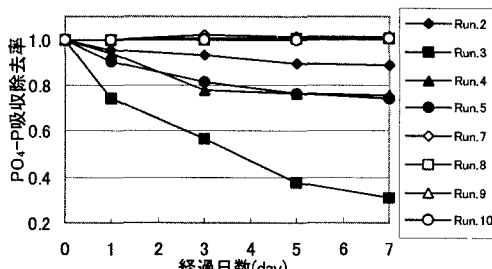


図3 各系における $\text{PO}_4\text{-P}$ 吸収除去率

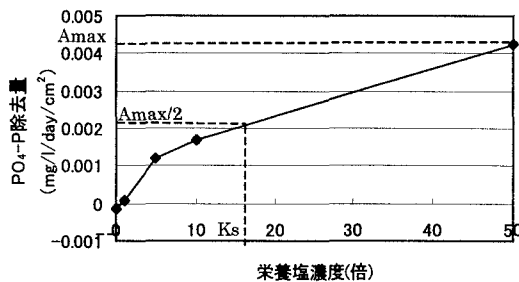


図4 $\text{PO}_4\text{-P}$ の吸着除去特性