

都市型塩性湿地生態系における緑藻類の分布と変遷について

Distribution and Succession of Chlorophyceae at an Ecosystem of Urban Salt Marsh

矢持 進¹・神保幸代²・武田尚大³

Susumu YAMOCHI, Sachiyo JIMBO, Syota TAKEDA

Field studies were carried out at the north and south ponds of Osaka Nanko Bird Sanctuary in October 2005 and in June, July and August 2006 to clarify the distribution and transition of Chlorophycean seaweeds. Indoor experiments were also conducted to examine the tolerance to exposure to the air and low salinity. A green alga *Ulva pertusa* was abundant at the north pond, while *Chaetomorpha* sp. was densely populated at the south pond of Osaka Nanko Bird Sanctuary. Coexistences of *Ulva pertusa* and *Chaetomorpha* sp. were not observed at any areas of the two ponds until July 2006. These phenomena could partly be explained by the difference of exposure time to the air between the two ponds, along with a high tolerance to dry conditions in *Ulva pertusa* compared with *Chaetomorpha* sp.

1. はじめに

港湾海域の整備や都市の拡大に伴う沿岸開発によって、都市では干潟などの浅場の多くが消失した。例えば大阪湾では海岸線の94.3%が人工海岸となり、しかもそのほとんどが物流・工業用地などの、極めて親水性の低い土地利用となっている。また埋立地造成による海岸線の複雑化や護岸の鉛直化は、潮流を停滞させ、浅場における生物生産および物質循環の系を劣化させてきた。さらに、陸域から流入する有機汚濁物質により富栄養化が進み、藻類の大量繁殖や底層部における貧酸素水塊の発生などの様々な問題が生じている。富栄養化による諸問題の一つとして、浅海域における海藻類の大量発生が挙げられ、緑藻類が潮間帯に繁茂し、緑色の絨毯を敷き詰めたように見えることがある。この現象は、「赤潮 (red tide)」と対比され、「グリーントイド」と呼ばれている。グリーントイドは一般に水温の高くなる夏季に生じることが多く、これらの枯死体が海底に堆積して底質悪化や貧酸素水塊の発生の原因となったり、海岸に打ち上げられ景観を害したり、悪臭を発するなど、大きな環境問題及び社会問題となっている (能登谷, 1999)。緑藻類が沿岸域の物質循環に対してどのように影響を及ぼしているか、またその発生がどのような環境因子により制限されているのかを明らかにすることは、グリーントイドの抑制とこれを利用した環境浄化を進める上で重要であると考えられる。

そこで本研究では、大阪湾奥に位置する大阪南港野鳥園人工塩性湿地をモデルケースとして、緑藻類の分布と変遷に関して現地観測と実験を行い、園内で発生しているグリーントイドと様々な環境因子との関係を解析する。

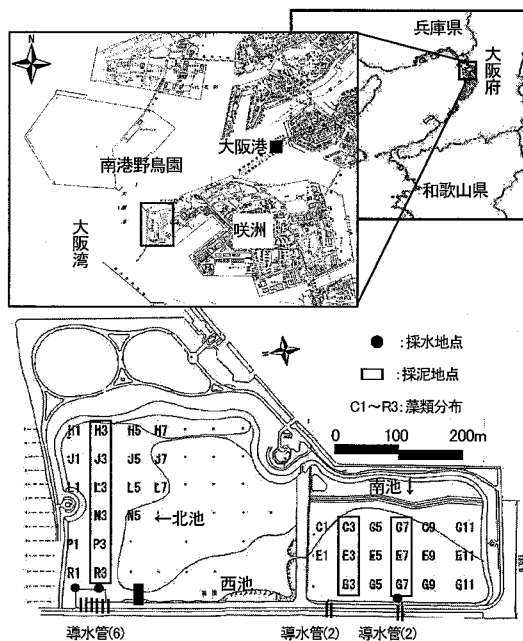


図-1 大阪南港野鳥園の位置と調査地点図

2. 大阪南港野鳥園湿地の概要

大阪南港野鳥園は、1983年に大阪南港北埠頭の西端に開園されたバードサンクチュアリであり、園内には北池 (4.0 ha)・西池 (1.4 ha)・南池 (3.8 ha) の3つの塩性湿地がある (図-1)。開園当初、北池および南池は雨水を貯めた淡水池であったが、北池では1995年、南池では2004年に、堤防下に海水導入管が敷設され海水池となった。また、この時期を追うようにして、北池では1995年、南池では2005年春より緑藻類が異常発生し、湿地の底質および生物相への影響が懸念されている。ただし、この2つの湿地は、隣接するにも拘わらず異なる緑藻類が発生し、北池ではアナオサが、南池ではジュ

1 正会員 農博 大阪市立大学大学院工学研究科 教授
2 工修 日本ミクニヤ(株)
3 大阪市立大学大学院工学研究科都市専攻

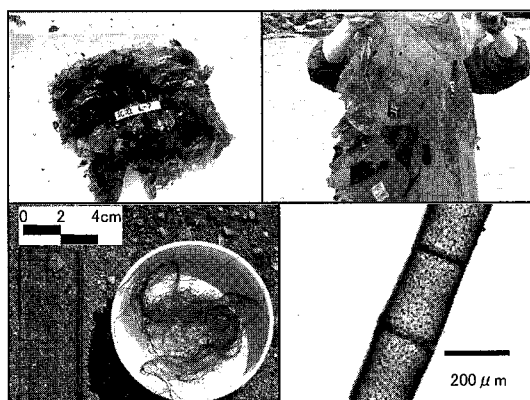


図-2 アナアオサ(上)とジュズモ属の1種

ズモ属の1種が優占している(図-2)。北池では、対策の1つとしてNPOによる「アオサ採りボランティア」が定期的に行なわれ、発生したアオサの一部が除去されている。一方、南池のジュズモ属の1種については、現時点で対策は講じられていない。

3. 調査および実験概要

調査・実験項目および方法の概略を以下に列記する。

- ・地盤高測量：北池及び南池緑辺部に設けた5～10m間隔の観測地点において水準測量により地盤高を求めた。また、池内部は大阪市港湾局による測量データを使用した。
- ・水位、光子束密度：水位計(Star oddi製 DST-milli型)、小型メモリー式光子計(ALEC電子製 Compact-LW型)を用いて水位および光子束密度を10分間隔で2006年7月26日～8月8日までの約2週間連続測定した。
- ・強熱減量：両池の12地点で採取した水底堆積物を、実験室にて乾燥し、乾燥重量を測定した後、磁器性るつぼに入れ、電気炉を用い $600 \pm 25^\circ\text{C}$ で約2時間強熱し、強熱後の重量を測定した。乾燥重量に対する強熱前後の減量の百分率を強熱減量とした。
- ・底生微細藻類の現存量：両池の35地点において小型コアサンプラー(直径約2cm)にて採取した堆積物の表層5mmについて、微細藻類現存量の指標となるクロロフィルa量を蛍光法により測定した。
- ・緑藻類の分布：両池の35地点で一片0.5mのコドラート方形枠内(採集面積 0.25m^2)に採取された緑藻類を類別化し湿重量を測定した。
- ・緑藻類の低塩分耐性：0, 5, 10, 15, 20, 25, 29psuに塩分を調整した栄養補強培地にて、1～2時間毎に馴致した藻体を、それぞれの塩分の培地で満たした酸素瓶に入れ、卓上型人工気象器(日本医科器械製作所

製 LH-55型)にて 20°C 、明条件(光子束密度：約 $100\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)で6時間静置し、光合成活性を測定した。各条件につき5サンプルずつ培養した。

- ・緑藻類の乾燥耐性：温度 20°C 、湿度90%に保った暗条件の容器中で、0, 15, 30, 60, 120分間乾燥させた藻体を、栄養補強培地(塩分：29psu)で満たした酸素瓶に入れ、低塩分耐性実験と同様に、人工気象機内で静置して光合成活性を測定した。各条件につき5サンプルずつ培養した。ただし、ジュズモ60分、120分はそれぞれ3サンプル、1サンプルである。

4. 結果および考察

(1) 緑藻類の池別平均現存量

2005年9月、2006年6月、7月、8月の各調査日における両池の平均海藻現存量を図-3に示す。現存量は北池で $0\sim 7.1\text{kg}/\text{m}^2$ 、南池で $0\sim 9.2\text{kg}/\text{m}^2$ の範囲を推移し、導水管から離れた地点において現存量の高い傾向が見られた。もっとも多かったのは2006年6月で、平均現存量は北池で $2.6\text{kg}/\text{m}^2$ 、南池で $3.6\text{kg}/\text{m}^2$ に達した。優占種として北池ではアナアオサ、南池ではジュズモ属の1種が卓越した。目視観察によれば、導水管近傍の藻類は比較的新鮮であったが、導水管から離れた地点では枯死して白色や橙色に変色したものが見られた。このことから、導水管近傍では流入・流出する海水により、枯死体が外海に流失するなど常に変化を受けているのに対し、導水管から離れた地点では、流れが停滞しているため枯死体とその場に蓄積し、腐敗しているものと推察された。また、2006年7月以前の調査では北池のアナアオサと南池のジュズモ属の1種が混在することはなかったが、2006年8月には北池でジュズモ属の1種が、南池でアナアオサが確認され、さらに数地点では優占種が逆転している現象も認められた。

(2) 地盤高および乾燥と緑藻類分布との関係

a) 潮位変動

図-4に北池、南池および大阪港における2006年7月

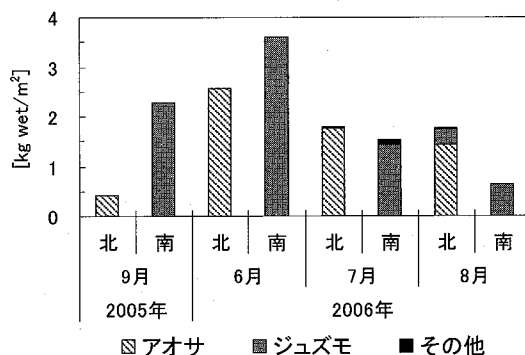


図-3 北池、南池の単位面積あたりの緑藻類現存量

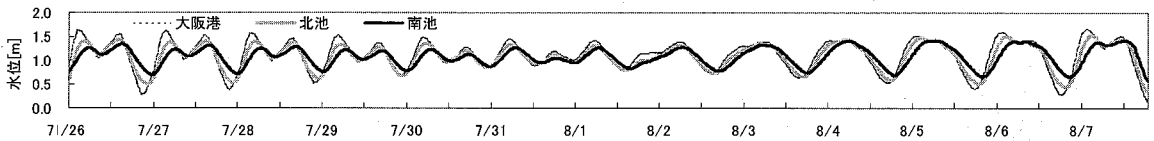


図-4 北池、南池、大阪港における潮位の日変動 (2006年7月26日～8月8日)

26日～8月8日の潮位を示した。外海の潮位差に比べ、両池の潮位差は小さく、潮位振幅が増すほど外海と池との振幅の差が増していることがわかる。例えば、大潮(2006年7月26日)の大阪港、北池、南池の潮位差はそれぞれ1.3 m, 0.94 m, 0.65 mであった。さらに干潮・満潮の時刻も異なり、大阪港に比べ北池では約1時間、南池では約3時間干潮・満潮時刻が遅れていた。それぞれの池の海水交換経路である導水管は、北池には6本(直径約70 cm)、南池には4本(直径約80 cm)設置されている。また管底の高さは北池でDL+15 cm、南池でDL+60 cmであり、導水管の全断面積や、設置本数、設置高さの違いから、潮位変動が外海に比べて小さく、それぞれの池で干潮・満潮時刻が遅れたものと考えられる。

b) 地盤高と底面干出率

北池、南池の平均地盤高はDL+0.67 m, DL+0.68 mであった(図-5)。先に述べた2006年7月26日～8月8日の水位連続観測の結果より、北池および南池の干出率の分布を求めた(図-6)。ここで、干出率は大潮か

ら次の大潮までの約15日間に、干潟底面が干出する時間の割合とする。池の最大冠水面積に対する、常時冠水する部分の面積の割合は、北池で16%であったのに対して、南池では38%となった。北池と比べ南池では潮位の変化が小さいために、このような差が生じたと推察された。

c) 緑藻類の乾燥耐性

図-7は、アナアオサおよびジュズモ属の1種の乾燥耐性実験の結果である。乾燥時間0分のアナアオサおよびジュズモ属の1種の光合成活性は、それぞれ2.2 mg O₂/g wet/h, 3.4 mg O₂/g wet/hであった。それぞれの藻体で、乾燥時間0分の活性度を100%とすると、アナアオサは、15, 30分で33%, 17%に低下し、60分で失活して0.41 mg O₂/g wet/hの速度で酸素を消費した。一方ジュズモ属の1種は、乾燥時間15分以上で失活し、約1.0 mg O₂/g wet/hの速度で酸素を消費した。この実験結果より、アナアオサに比べジュズモ属の1種の方が、葉体の乾燥に対する耐性が弱いことが推察できた。

阿部ら(1996)によれば、潮間帯に生育する海藻は乾燥を遅らせる「乾燥抵抗性」と水分が失われても光合成などの生理機能を維持し脱水に耐える「脱水耐性」によって乾燥障害を防いでいるとされる。今回の実験結果に加えて、アナアオサは、藻体が折り重なることで、個体群全体として乾燥への抵抗性を強めているのに対して、ジュズモ属の1種は縮れた糸状の形態をしていることから、個体群全体として水分保持能力がアナアオサより劣っていると考えられる。以上より、ジュズモ属の1種は、干出率の小さいことが一因として働き、南池で選択的に分布するようになったものと考えられる。

(3) 日積算光量の分布

図-8は、2006年7月26日～8月8日の北池および南池の水底面における光量子束密度の日積算量(日積算光量)の分布である。別途観測した消散係数 α を1.49とし、地盤高より池内の各地点の水底面における日積算光量を算出した。2つの池の平均地盤高の底面における日積算光量子量は、北池で37.6 mol/m²/day(平均地盤高: DL+0.68 m)、南池で30.8 mol/m²/day(平均地盤高: DL+0.67 m)であった。南池では、水位変動が小さく、日平均水位が高いため、底面に到達する光量が池水によって減衰していると考えられる。

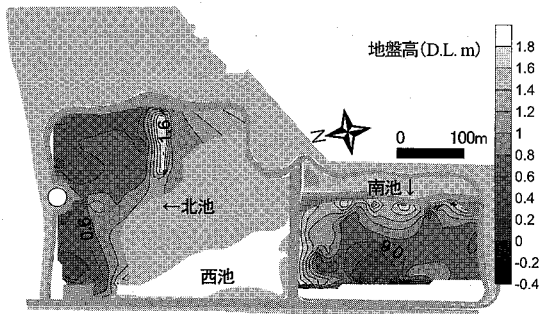


図-5 北池・南池の地盤高

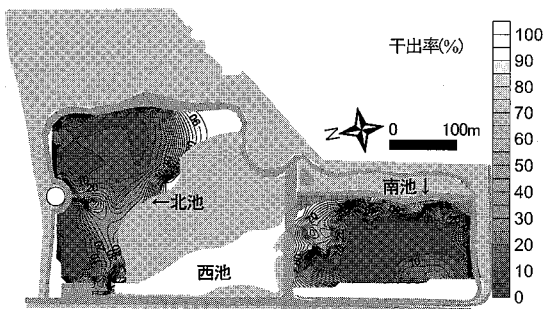
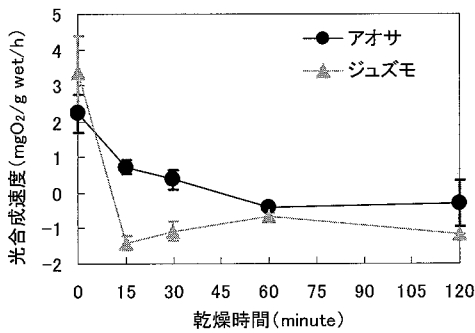


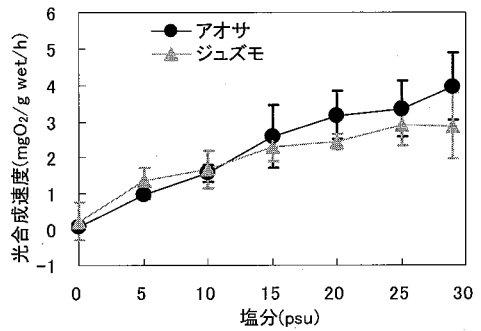
図-6 北池・南池の干出率(2006年7月26日～8月8日)



※バーは偏差を表す

※マイナスの値は呼吸や分解による酸素消費が光合成による酸素生成を上回ったことを示す。

図-7 乾燥時間と緑藻類の光合成活性の関係



※バーは偏差を表す

※マイナスの値は呼吸や分解による酸素消費が光合成による酸素生成を上回ったことを示す。

図-9 塩分と緑藻類の光合成活性の関係

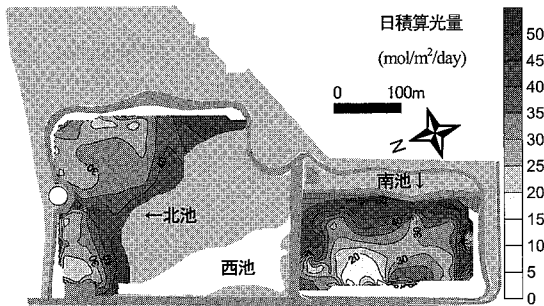


図-8 北池・南池の水底面の日積算光量
(2006年7月26日～8月8日の平均値)

(4) 緑藻類の低塩分耐性実験

図-9はアナアオサおよびジュズモ属の1種の低塩分耐性実験の結果である。現地海水と同じ塩分(29 psu)の光合成活性は、それぞれ $2.9 \text{ mg O}_2/\text{g wet/h}$ 、 $4.0 \text{ mg O}_2/\text{g wet/h}$ であり、それぞれの藻類で、この光合成活性に対する各塩分での光合成活性の比を求め、光合成活性度とした。両藻類とも、塩分が低いほど活性が低下した。アナアオサの方がやや活性度の低下がやや大きかったものの、両藻に統計学的に有意な差は見られなかった ($\alpha < 0.01$)。

(5) 底質の強熱減量の比較

図-10に2006年6月、7月、8月、10月の強熱減量の地点別平均値を示した。4回の観測の池別平均値は、南池で6.8%、北池で1.2%と南池の方が2～3倍高い値となっており、また両池ともに池の東側(導水管より離れた側)で高い値を示した。導水管より離れた池の奥部では、流れが停滞し、水中の有機物が沈積しやすい傾向にあったと推測された。

(6) 底生微細藻類と緑藻類の分布の関係

図-11は2005年10月、2006年7月、8月の両池の堆

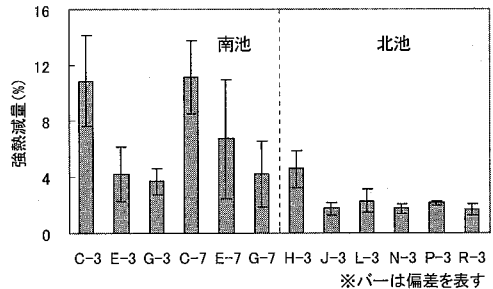


図-10 北池・南池の地点別の強熱減量平均値

積物表層におけるクロロフィル a の平均現存量である。堆積物表層における単位面積当たりのクロロフィル a 量はばらつきが大きいものの、いずれの観測日も南池でやや高い傾向を示した。各観測日の平均値は北池で $72 \sim 142 \text{ mg chl. a/m}^2$ 、南池で $128 \sim 194 \text{ mg chl. a/m}^2$ であった。

図-12に、2005年10月および2006年7月、8月、10月のアナアオサおよびジュズモ属の1種の単位面積当たりの現存量と、底生微細藻類の現存量の指標となる堆積物表層のクロロフィル a 濃度の関係を示した。観測は4回、延べ140地点について行い、緑藻類の現存量帯 (500 g wet/m^2 刻み) ごとに平均海藻現存量と堆積物の平均クロロフィル a 濃度を比較した。緑藻類現存量が $0 \sim 2500 \text{ g wet/m}^2$ の範囲では、ジュズモ属の1種の分布域の方が底質クロロフィル a 濃度の高い傾向にあり、緑藻類現存量が約 3000 g wet/m^2 の地点では底質クロロフィル a 量に大きな差はなかった。アナアオサは干潟底面を完全に覆い隠して、底面への日射を遮断し、底生微細藻類が生長できず、クロロフィル a 量が低下したものと推察される。

底生微細藻類は、カニや巻貝などの堆積物食性の底生動物に摂取され、それらが鳥類の餌となり、系外に転送

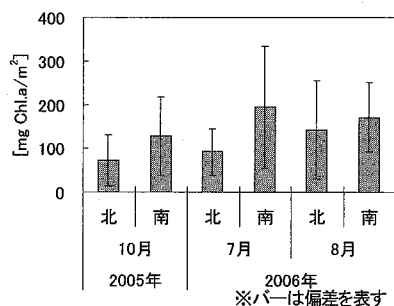


図-11 北池、南池の堆積物表層クロロフィル a 量

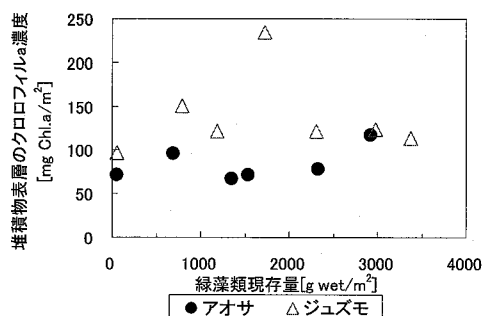


図-12 アナアオサおよびジズモ属の1種の現存量と堆積物表層のクロロフィル a 濃度との関係

されることで、長期的に海域の水質浄化に寄与していると考えられる。一方、アオサやジズモなど、グリーンタイドを引き起こす緑藻類は、生長が早く、栄養塩吸収能力が高いものの、枯死・分解すると再び栄養塩は海水中に回帰するため、緑藻類による水質浄化の効果は一時的なものに過ぎない。

野鳥園では、潮位変動特性や干出率が一因となって緑藻類が選択的に繁茂しており、現状において両池ともグリーンタイドが発生している。しかしながら、南池ではジズモ属の1種が卓越し、細い糸状の縮れた藻体が、ある程度空隙を残した状態でマットを形成しているため、光を透過し、底生微細藻類などその他の藻類や底生動物

の生息への影響が比較的小さく、物質転送の点において北池のアオサ濃密分布域より優れていると推察された。

5. ま と め

得られた調査・実験の結果から以下のようにまとめることができる。

- 2つの池は、導水管の設置条件の違い等から海水交換特性が異なり、北池の方が干出率が高い。
- 室内実験の結果から、アナアオサと比較して、ジズモ属の1種は乾燥耐性が弱いことが分かった。
- 両池の積算光量を比較すると、水位変動の振幅が小さい南池の方が、同じ地盤高の底面における日積算光量が小さいことがわかった。
- 低塩分耐性実験により、アナアオサとジズモ属の1種は、ともに塩分の低下に伴い活性が弱まったが、両者に有意な差は見られなかった。
- アナアオサの分布域では、比較的底生微細藻類の現存量が低い傾向があり、これはアナアオサが膜状の藻体であることから、堆積物表面を覆い、底面への日射を遮って、微細藻類の増殖を妨害しているものと考えられた。

謝辞：本研究を進めるにあたり、大阪南港野鳥園園長木村茂氏をはじめ野鳥園スタッフの方々、南港ウェットランドグループの皆様や、大阪市港湾局、(財)大阪港開発技術協会の方々に多くのご支援と貴重なご意見を賜りました。ここに謝意を表します。

参 考 文 献

- 阿部信一郎・田中次郎・横浜康継・有賀祐勝(1996)：潮間帯に成育する海藻の乾燥に対する防御戦略，藻類，第44巻，1号，p. 66.
- 能登谷正浩(1999)：アオサと大繁殖，アオサの利用と環境修復，成山堂書店，pp. 1-15.