大阪湾阪南2区人工干潟に生育する ヨシ群落と土壤環境

杉本 匡章¹・矢持 進²

¹学生会員 大阪市立大学大学院 工学研究科都市系専攻 (〒558-8585 大阪府大阪市住吉区杉本三丁目3-138)

E-mail:ocu42.t10@gmail.com

²正会員 大阪市立大学教授 工学部都市学科 (〒558-8585 大阪府大阪市住吉区杉本三丁目3-138)

E-mail: yamochi@urban.eng.osaka-cu.ac.jp

2004年、大阪湾の沖合約1kmに位置する阪南2区人工干潟に、雨水貯留技術を用いてヨシが移植された。ヨシは一般的に、汽水・淡水域で多く生育する植物であり、海水域では生育できないとされてきたが、本干潟では移植後も、その分布域を拡大し、自生している。そこで、ヨシの生育状況とその生長に重要な環境因子の関係を明らかにするため、2013年5月から2014年11月に現地調査を行った。その結果、ヨシ草体の炭素・窒素含有率は比較的高い値（炭素：35-45%、窒素：0.2-2.4%）となり、養分に関する不足はなかった。土壤塩分は、台風上陸後の短期間を除き、21psu未満を示した。また、土壤保水力が高い地点で、ヨシ草体の現存量は高い値を示した。これらより、土壤含水率が高く保たれる場合、ヨシは海水域でも生育可能であることが明らかになった。

Key Words : reed, artificial tidal flat, soil moisture content, soil salinity

1. 背景・目的

近年、干潟生態系の重要性が注目されており、人工干潟の造成が多く行われている。大阪湾でも、大阪府が2004年に阪南2区人工干潟を造成した。本干潟については、地形安定化に関する研究¹⁾や、ミナミアオサによるグリーンタイドに関する研究²⁾が行われた。

また、沿岸域における自然再生技術の確立を目指し、生物生息場を創造する一手法として、海水域でのヨシの移植実験³⁾が行われた。ヨシ原は、オオヨシキリなどの野鳥や、昆虫の生息場としての役割を担っており、今後の多様な生物の生息場を創出するにあたり、重要な環境であると考えられる。しかし、ヨシは汽水・淡水域で多く生育する植物である。阪南2区人工干潟は、大阪府岸和田市の沖合約1kmに位置し、周囲には河口が無い場合、淡水の供給源は雨水のみで、ヨシが生育するには厳しい環境である。そこで、ヨシ移植に際し、遮水シートや止水矢板、保水材などの淡水貯留技術が用いられた。結果は、遮水シート区、止水矢板区、保水材区、そして何も施していない対照区の順にヨシが多く生育した³⁾。移植後、1年9ヶ月間観察されたが、その後の追跡調査は行われていない。現在では、波浪による影響から土砂が流出し、遮水シート区は潮間帯となり、ヨシは生育していな

い。しかし、ヨシの分布域は淡水貯留技術が用いられていない干潟上部に拡大し、自生している。

本研究では、阪南2区人工干潟において、2013年5月から2014年11月にわたって現地調査を行い、ヨシの生育環境について検討した。

2. 調査の概要および方法

本研究では、図-1に示す阪南2区人工干潟において、ヨシの生育状況とその生育環境を把握するため、現地調査を行った。調査は、2013年5月28日、7月29日、9月26日、12月11日、2014年3月31日、6月13日、8月14日、11月19日の計8回実施した。また、土壤の採取および分析を2013年9月26日以降の計6回行った。

(1) ヨシ生育調査

a) ヨシ現存量

各地点におけるヨシの生育量を把握するため、草体及び地下茎を採取した。30cm四方のコドラートの範囲内に生育している全ての草体と地下茎を採取し、湿・乾重量を測定し、単位m²あたりの重量を現存量とした。

b) 光合成活性

ヨシの健全度を把握するため、ヨシの光合成活性を測

図-1 阪南2区人工干潟位置図

図-2 時期別・地点別の草体現存量

図-3 時期別・地点別の地下茎現存量

定した。植物の葉に光を当てると、吸収された光エネルギーの一部は電子伝達に使われ、他は蛍光や熱として放出される。この蛍光の強度を計測することにより、植物の健全度を推測できる。採取したヨシ草体を1時間暗置し、JUNIOR-PAM クロロフィル蛍光測定器 (Walz製) を用いて光合成に使われるエネルギー量を表す最大量子収率 F_v/F_m を計測した。ここで、 F_0 は、暗順応によって完全に酸化された光化学系2に含まれる電子受容体 Q_A が放出する蛍光である。 F_v は、 F_0 と F_m との差であり、 F_m は飽和閃光を照射することにより、 Q_A が完全に還元された時に放出する最大蛍光強度である⁴⁾。なお、2014年6月13日については測定出来ていなかった。

c) 炭素・窒素含有率

ヨシの栄養状態を把握するため、CHNコーダー MT-6 型 (ヤナコテクニカルサイエンス社) を用いて、乾燥させたヨシ草体の炭素及び窒素含有率を測定した。

(2) 土壌環境調査

a) 土壌含水率

本干潟のヨシは、潮上帯で生育し、地下茎は地下水位まで達していないと推察された。そのため、土壌中の水分を利用して生育していると考えられた。そこで、ヨシが生育している各地点の土壌含水率を測定した。なお、土壌の採取は、各地点における地下茎の最深部で行なった。土壌含水率 $u(\%)$ は以下の式(1)を用いて算出した。

$$u = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad (1)$$

ここで、 W_1 は土壌の湿重量(g-wet)、 W_2 は乾燥させた土壌の重量(g-dry)である。

b) 土壌塩分

ヨシは高塩分環境では生育できず、21.7psuで生育不良を起こす⁵⁾と言われていることから、土壌中の塩分を測定した。測定は、土壌に蒸留水を加え、6時間静置後、希釈した水の塩分を測定した。そして、以下に示す陣野ら⁶⁾の式(2)(3)に準じ土壌塩分を算出した。

$$D = \frac{d + W_3 \times u}{W_3 \times u} \quad (2)$$

$$S_s = S_w \times D \quad (3)$$

ここで、 D は土壌水の希釈度、 S_s は土壌塩分(psu)、 S_w は抽出水の塩分(psu)、 d は加える蒸留水の重さ(g)、 W_3 は用いた土壌の重さ(g-wet)、 u は土壌含水率(%)を示す。

c) 粒度組成

ふるい法により、土壌粒径を調べた。ふるいは目の大きい順に2mm、0.850mm、0.425mm、0.075mmの4つを用いた。

d) 地盤高

水準測量により、各地点の地盤高を調べた。測量は2013年12月11日、2014年8月14日、11月19日に行った。

図-4 時期別・地点別の光合成活性

図-5 炭素・窒素含有率の分布

3. 結果と考察

(1) ヨシ生育調査

a) ヨシ現存量

図-2と3にヨシの草体現存量と地下茎現存量の季節変化を示す。なお、調査日以前の降水による影響を排除するため、乾燥重量について検討する。通常、ヨシは春季に芽生え、夏季から秋季にかけて栄養を地下茎に蓄え、生長し、冬季には地上部のみが枯死し、翌春には蓄えた養分を用いて再び地上部を生長させる。草体現存量では、このようなヨシの季節変動と同様に、2013年では晩夏の9月26日に最大となり、その後、枯死期に当たる12月11日に地上部が枯死し、現存量が低下した。しかし、2014年では6月13日に最大となり、夏季の8月14日の地点3で消失するなど、この年は夏季に各点で大きく現存量を落とした。これは、2014年8月10日に関西地方に上陸した台風11号の影響であると考えられる。また、地点1は、2014年3月31日の178g-dry/m²を除いて草体現存量が最も少なかった。地点5は、ほとんどの時期で最も現存量が多く、最大は2014年11月19日の903g-dry/m²であった。

一方、地下茎現存量は、草体現存量のような季節的な変動は見られなかった。ただし、草体現存量が大きく減少した2014年8月14日に、地点3の地下茎現存量が大幅に減少した。これは、地点3が最も汀線に近い地点であり、波浪により流出したためであった。その他の地点では、大きな減少は見られず、干潟上部では地下茎は流出していなかった。

これらより、草体は台風などの攪乱の影響を強く受け、その現存量を減少させるが、攪乱による干潟上部の地下茎現存量の減少は少ないことがわかる。台風通過後、ヨシは再び草体を生長させ、ヨシ群落を形成する。ただし、汀線付近では地下茎が多く流失するため、ヨシ群落は形成されない。阪南2区人工干潟のヨシ群落は、造成から約9年をかけ、徐々に干潟上部に拡大したと考えられる。

b) 光合成活性

採取したヨシの光合成活性を図-4に示す。一般的に、陸上植物ではFv/Fmが0.8以上で健康な状態とされている⁷⁾。図から、2013年9月26日、12月11日と2014年8月14日、11月19日以外では多くが0.8以上となっていたことがわかる。2013年9月26日、12月11日は、ヨシ草体の枯死期にあたり、ヨシが枯れている地点が目立ち、光合成活性の減少が見られた。2014年8月14日は、台風の影響で地点3の草体が消失し、光合成活性を測定出来ず、その他の地点でも光合成活性が大きく低下した。その後、2014年11月19日には、光合成活性が回復していた点が見られた。ヨシ草体は台風通過後に再び、その活性を上昇させた。

これより、台風のような攪乱が発生した場合も、消失せずに残った草体は、再び生長を続けることが出来ると考えられる。

c) 炭素・窒素含有率

図-5にヨシ草体の炭素及び窒素含有率を示す。淡水で生育し、健全に生長していると考えられる琵琶湖のヨシは、炭素が約45%、窒素は約0.5%で、生育初期に限り、窒素は約1.3%とされている⁸⁾。また、高玉ら⁹⁾は生育初期のヨシ草体の窒素含有率は約5%であると報告している。

本干潟に生育するヨシは、炭素含有率は、大凡35-45%であったが、琵琶湖のヨシの約80-100%と、上記の値と大差が無かった。窒素含有率については0.2-2.4%と、ほとんどが0.5%よりも高い値を示した。また、生育初期のヨシ草体の窒素含有率は1.3-3.8%の範囲であり、淡水域で生育するヨシと同等の値であった。これらより、本干潟のヨシは炭素・窒素ともに不足しておらず、他の地域のヨシと同等の栄養状態で生育していると考えられる。

(2) 土壌環境調査

a) 土壌含水率

採取した土壌の含水率を図-6に示す。ほとんどの地点

図-6 時期別・地点別の土壌含水率

表-1 調査前5日間の合計降水量	
調査日	調査前5日間の合計降水量(mm)
9月26日	0
12月11日	19.5
3月31日	53
6月13日	8.5
8月14日	59.5
11月19日	0

で、9月26日の含水率が最も低かった。これは、表-1に示すように調査前5日間の合計降水量の影響であると考えられる。地点6は、他の地点よりも全般的に含水率が高く、調査前5日間の降雨が少なかったか全くなかった2014年の6月13日や11月19日でも、最も値が高かった。

また、2014年8月14日の地点2では、他の地点と比較して、顕著に含水率が高かったが、採砂深度である地下茎の最大深度に、造成時に敷設されたと考えられる木の板があり、雨水が溜まりやすくなっていたため、含水率が高くなったと考えられる。

また、調査日前5日間に降雨が無かった2013年9月26日と2014年11月19日では、前者では調査前の5日間には最高気温が約30℃、後者では調査前の5日間では約15℃と、大きな差があったため、後者はより乾燥が進んでいた。

気温が高く、より土壌の乾燥が進んでいた9月26日では、地点1で2.1%、地点6で6.8%と、3倍以上の差が見られた。これは、降雨による淡水を土壌が保持する能力が両地点で異なったためであると考えられた。

以降、これを土壌保水力と表現する。この場合、土壌保水力とは、乾燥化が進んだ2013年9月26日の含水率を湿潤状態（2013年12月11日、2014年3月13日、6月13日、8月14日、11月19日）の含水率で除した値であり、両者間における含水率の減少率である。値が大きいということは、乾燥傾向の気象の時に、水分蒸発量が小さいということであり、土壌保水力が高い。そこで、土壌保水力について検討する。

図-7に草体現存量と土壌保水力の関係を示す。ただし、地点3、地点4、地点6は汀線に近く、波浪の影響で草体現存量が低下しており、草体現存量と土壌環境との関係

図-7 草体現存量と土壌保水力の関係

図-8 時期別・地点別の土壌塩分

を考察するにそぐわないため、除外した。また、2013年9月26日と2014年11月19日についても、草体の枯死期にあたるため割愛している。図から土壌保水力が小さい地点で草体現存量が少ないことがわかる。これらのことから、本干潟の潮上帯上部では春季から夏季にかけて、土壌の保水力がヨシの生育に影響を与えたと考えられる。

b) 土壌塩分

図-8に土壌塩分を示す。本干潟では、ほとんどの地点・時期で生育不良が起きる21.7psu⁴⁾より低く、生育可能な範囲であった。ただし、2014年8月14日の地点3と地

図-9 時期別・地点別の中央粒径

点6で21psuを超えた。これは、台風による高潮や波浪の影響を受け、土壤に塩分が残留したためである。しかし、11月19日には全地点で土壤塩分が低下していることから台風による土壤塩分の上昇は、長期間続くものではなく、降雨などによって低下すると考えられる。

c) 土壌粒径

図-9に土壌の中央粒径を示す。本来、ヨシは泥質土で多く生育すると言われているが、本干潟は、砂質画分が卓越する。これより、砂質が卓越する土壤でもヨシは生育可能であると考えられる。また、調査日によって粒径が大きく異なっている地点が見られる。これは、土壌採取深度を各地点の地下茎最大深度としていたためである。

d) 地盤高

表-2に各地点の地盤高を示す。地盤高は、東京湾平均海面を基準とした。2013年12月11日から2014年8月14日にかけて、地盤高は全地点で減少していた。これは、主に台風等による強風や波浪で、干潟の土壤が流出したためである。同様に、2014年8月14日から2014年11月19日にかけても、地点4と地点6で値の減少が見られた。

また、2014年8月14日から2014年11月19日にかけて、地点2と地点5で、前者は17.5cm、後者は16.5cmと、同程度の値の減少が見られた。両者共に汀線から遠く、波浪による浸食は受け難いことから、強風による浸食が原因であった。

これらより、本干潟では、波浪と風の両方の影響を受け、地盤高が減少していると考えられる。

また、地盤高が低下し、満潮時に海面下になる地点では、ヨシは生育しておらず、地盤高が一定以上に保たれることがヨシの生育に必要な不可欠である。

4. まとめ

・本干潟のヨシの炭素・窒素含有率は、淡水で生育している琵琶湖のヨシと比較して、炭素に関しては80%程

表-2 時期別・地点別の地盤高

地点	地盤高(cm)		
	2013年	2014年	
	12月11日	8月14日	11月19日
1	173	120	126
2	185.5	168.5	151
3	177	145	154
4	178.5	166	148
5	207	189	172.5
6	161	155	117.5

度満足しており、明らかな不足はない。また、窒素含有率は生育初期を含め、琵琶湖のヨシよりも多く、本干潟の土壤養分はヨシの生育を制限するものではないと考えられた。

・土壌塩分は、台風によって一時的に上昇し、ヨシが生育不良を起こす値まで達するが、その後、降雨によって低下し、ヨシが生育可能な範囲となっていた。

・ヨシは、土壌の保水力が高い地点で多く生育しており、海水ではなく土壤中に蓄えられた淡水を利用して生育しているものと考えられた。

・光合成活性は、春季～夏季にかけて高く、台風による影響を受けて低下するが、その影響は一時的なものであった。

・地盤高は、台風などの攪乱によって大幅に減少していた。海面下となる地点ではヨシが生育しなかったことから、一定以上の地盤高を持つことがヨシの生育に不可欠と考えられた。

以上のことから、土壌塩分が低く、台風等によってヨシ地下茎が流失しない限り、阪南2区人工干潟のような前浜型干潟でヨシの生育は可能と考えられる。

謝辞：本研究は「科学研究費（基盤研究C）都市の人工塩生湿地におけるブルーカーボン機能の定量的評価に関する研究（課題番号：26340093）、代表 矢持進」により実施した。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 片倉徳男, 高山百合子, 上野成三, 藤井秀博, 林文慶, 田中昌宏, 新保裕美, 古川恵太, 岡田知也: 人工干潟の地形安定化工法に関する現地実験—阪南2区干潟創造実験—, 海岸工学論文集, 第53巻, pp.1216-1220, 2006.
- 2) 酒井大樹, 遠藤徹, 重松孝昌, 矢持進: 大阪湾阪南2区干潟創造実験場における流れとミナミアオサの分布, 土木学会論文集(海岸工学), 第68巻, pp.1186-1190, 2012.

- 3) 林文慶, 田中昌宏, 新保裕美, 高山百合子, 片倉徳男, 上野成三, 藤井秀博, 古川恵太, 岡田知也: 淡水供給が雨水のみの海岸におけるヨシ移植実験—阪南2区干潟創造実験—, 海岸工学論文集, 第53巻, pp.1186-1190, 2006.
 - 4) 遠藤 剛, PAMクロロフィル蛍光計による光合成測定の原因と応用, *Regulation of Plant Growth & Development*, Vol37, No1, pp.69-75, 2002.
 - 5) 港湾空間高度化センター 港湾・海域環境研究所: 港湾における干潟との共生マニュアル, 運輸省港湾局, 22p., 1998.
 - 6) 陣野信孝, 森久美子, 井手恭子, 村上仁美: 諫早湾小野島干潟におけるヨシ群生地, 長崎大学教育学部自然科学研究報告, 第52号, pp.25-32, 1995.
 - 7) 園池公毅: パルス変調クロロフィル蛍光測定におけるデータの解釈, 日本光合成学会会報, 第42号, pp.7-12, 2005.
 - 8) 滋賀県水産試験場赤潮対策技術開発試験報告書, pp.30-32, 1990.
 - 9) 高玉はるか, 北村立実, 根岸正美, 清木徹: 沢渡川における植物の植生浄化, 茨城県霞ヶ浦環境科学センター年報, 第5号, pp.82-92, 2009.
- (2015.3.18 受付)

Soil Environment and Reeds Growing at the Artificial Tidal Flat of Hannan Second District in Osaka Bay

Masaki SUGIMOTO and Susumu YAMACHI

Reeds were transplanted in 2004, together with some technologies to reserve rainwater, at the artificial tidal flat of Hannan Second District locating ca.1km away from the coastline of Osaka Bay. Reeds grew and increased their distributions at the salty tidal flat although they were known as a plant growing in brackish or freshwater areas. Some field surveys were conducted from May 2013 to January 2015 to examine the relationship between the growth of reeds and crucial environmental factors for their growth. The concentrations of carbon and nitrogen of the shoots were relatively high (Carbon:35-45%, Nitrogen:0.2-2.4%), suggesting that they were not nutrient deficient. Salinity of the sediment showed less than 21psu except for a short period after typhoon. Biomass of the shoots increased at stations where capacity for reserving rainwater into sediment was high. These results demonstrate that reeds can grow at the salty artificial tidal flats if they had high potential to reserve soil moisture.