高塩分濃度汽水域における浮島型緑化の可能性

The Possibility of Water Surface Greening by the Floating Plant Box System at the Sea Mingled with Fresh Water Region where Salt Concentration is High

山田 宏之* 野中 昭枝 中島 敦司* 中尾 史郎* 養父志乃夫*

Hiroyuki YAMADA Akie NONAKA Atsushi NAKASHIMA Shirou NAKAO
Shinobu YABU

Abstract : The planting experiment was conducted using two kinds of floating plant boxes at the down stream region of Wakagawa-river where the average river water salt concentration should set 2.0% or more. The structure of one type of floating plant box “using river water type” was as follows; The soil layer undersurface receives moisture supply in contact with the river water surface. The next type of floating plant box “using rain water type” was made to dissociate from the water surface and let only rain be the source of water supply of water.

The results of the investigation for 22 months from April, 2003 to January, 2005 were follows;

- 1) On the “using river water type” plant box, *Cyperus alternifolius* was the most well adapted plant.
- 2) On the “using rain water type” plant box, *Eurya emarginata* was the most well adapted plant.
- 3) It was judged that they were not suitable for planting in such an environment since nine sorts of other plants (*Phragmites australis*, *Aster tripolium*, *Dendranthema pacificum*, *Nipponanthemum nipponicum*, *Aster spathulifolius*, *Delosperma cooperi*, *Arundo danax*, *Pittosporum Tobira* and *Rhaphiolepis indica*) withered and died within 22 months.

Keywords: water surface greening, sea mingled with fresh water region, floating plant box, salt concentration

キーワード: 水面緑化, 汽水域, 浮島, 塩分濃度

1. はじめに

都市内河川や水路等における水辺環境の親水整備にあたっては、コンクリートや矢板護岸の景観的な劣悪さが問題になることが多い。景観向上のためには、護岸構造や表面材を変更するといった根本的な改善がはかられることが理想であるが、現実にはそのような事例は稀である。そこで、それら護岸の目隠しをしつつ、河道内の景観を少しでも向上させるために、浮島型の植栽基盤を用いた緑化を行いたいという要望も増えてきている。湖沼などの淡水かつ静止水面においては、こういった工法で緑化を行うことは比較的容易であり、旧建設省の技術審査証明を受けた工法なども見受けられ¹⁾、実地の施工事例も多い^{1), 2)}。

河川のような動水面においては、河口近くの流速の遅い場所で試験的に施工された事例を見るが、広く使われている技術とはいえない。また、淡水で使用することが前提であるため、あまり河口に近い汽水域では使われないのが普通である。

和歌山市内を流れる和歌川下流の和歌川緑地周辺においても、矢板護岸部分での修景緑化を行いたいという要望がある。しかしながら、この場所は上流部に水門があるため、水位の変動や波浪の影響が少ない代わりに、平均塩分濃度が2.0%という極めて塩分濃度の高い汽水域となっている。従来の知見からすれば、このような高塩分濃度の水を利用した緑化はほぼ不可能である³⁾。

そこで、植物種と植栽基盤構造に工夫を凝らした緑化装置を作成し、実地の緑化試験を行うこととした。本論は、2年間に渡る試験結果をまとめ、高塩分濃度汽水域という特殊な環境下でも行える新しい護岸修景緑化技術開発にあたっての基礎的知見を示すことを目的としている。

2. 調査方法

(1) 試験場所

和歌山市内を流れる和歌川の下流域に実験区を設けた。小雑賀橋と和歌川大橋にはさまれた和歌川緑地内の実験区は河口から約2 km上流に位置し、上流部に水門があり、水位の変動や波浪の影響の少ない比較的穏やかな所である。和歌山県の通年測定結果によると、当該地域の塩分濃度は約2.0%である。

(2) 植栽基盤

実験用の植栽基盤として、河川水利用型浮島と雨水利用型浮島の2種の浮島型植栽基盤を作成した(図-1)。河川水利用型浮島とは、植栽基盤の下部が水面に浸かり水分供給を行う方式で、湖沼などで一般的に用いられている浮島と同じ構造である。雨水利用型浮島とは、植栽基盤全体が水面上に浮くように浮力設計し、河川からの水分供給を止め、雨水のみの水分供給によって植物の生育を維持していく構造である。河川水利用型浮島は外枠 L2000×W960×H270mm、土壌部分 L700×W700×H150mmであり、雨水利用型浮島は L2000×W960×H470mm、土壌部分 L700×W700×H150mmである。

土壌は屋上緑化等に一般的に用いられている、火山噴出物に有機質改良材を混合した人工軽量土壌を用い、排水層は設けていない。また、マルチング等も一切行っていない。

試験区には河川水利用型浮島を4基、雨水利用型浮島を4基、計8基を設置した。全試験基盤はロープで連結し、錨を沈めて水面に係留した。

(3) 植栽植物

河川水利用型浮島、雨水利用型浮島それぞれに植栽した植物を表-1に示す。河川水利用型浮島については、汽水域や海岸など塩分濃度の高い場所に本来自生している湿生植物類から、修景緑化用に使えと考えられるものを選んだ。シュロガヤツリはアフリカ原産の園芸用植物であるが、当該地域で事前に行われた予備実験の結果、唯一、生存し続けた種である。

*和歌山大学システム工学部

雨水利用型浮島は、無灌水のコンテナ緑化と同等であると考え、乾燥に強く、海岸部への植栽が可能と考えられる植物種の中から選択した。

(4) 調査期間

実験基盤は2003年4月29日に設置した。最終調査は2005年1月8日であり、調査期間は約22ヶ月である。調査期間中、剪定などの作業は行わず、年2回程度の除草作業のみ行った。

(5) 調査方法

(i) 塩分濃度の測定

河川水および河川水利用型浮島、雨水利用型浮島それぞれの表層、下層の土壌を採取し、塩分濃度計（島津製作所製：SALTY）を用いて測定した。河川水、河川水利用型浮島の下層土壌はそのまま測定を行い、他の土壌は乾燥させた後、重量比9倍の純水を加えて測定し、数値を10倍にした結果を土壌塩分濃度とした。測定は月1回の割合で行った。

(ii) 枯死率の測定

毎月ごとに枯死数の測定を行った。見かけ上、地上部に葉が無くなったものは、仮に枯死としてカウントしておき、後に再発芽が認められた時点で枯死数から外し、最終的に枯死率の推移を確定した。

(iii) 生育量と活力度の測定

毎月ごとに植物の生育活力の指標としてSPAD値を測定した。植物の生育量の指標としては株高、被覆面積の測定を行った。測定は生存している全株について行い平均値を求めた。

SPAD値は、MINOLTA製SPADメーターを用いて1株あたり9箇所測定し平均を求めた。

ヨシについては別途水鉢を用意し、近隣地区において淡水栽培を行って比較対照とした。

図-1 浮島緑化工法基盤断面概念図 (寸法mm)

表-1 植栽植物名と植栽株数、植栽時株高

植物種	学名	河川水	雨水	平均株高(cm)
シュロガヤツリ	<i>Cyperus alternifolius</i>	12	—	29.6
ヨシ	<i>Phragmites australis</i>	24	—	23.7
ウラギク	<i>Aster tripolium</i>	12	—	13.4
インギク	<i>Dendranthema pacificum</i>	12	12	17.6
ハマギク	<i>Nipponanthemum nipponicum</i>	12	12	12.7
ダルマギク	<i>Aster spathulifolius</i>	—	12	6.1
マツバギク	<i>Delosperma cooperi</i>	—	12	—
ダンチク	<i>Arundo danax</i>	—	6	72.9
トベラ	<i>Pittosporum Tobira</i>	—	6	43.4
ハマヒサカキ	<i>Eurya emarginata</i>	—	6	41.2
シャリンバイ	<i>Raphiolepis indica</i>	—	6	43.8

3. 調査結果および考察

(1) 気象条件の比較

2003年、2004年の和歌山市における気温、降水量は図-2のようになった。また和歌山市が強風域に入り、実験基盤に影響を及ぼしたと考えられる台風の数には表-2に示すとおりである。

気温は全般に2004年の方が高く、特に7月の平均気温は3.3℃上回った。平年値よりも1.9℃高い。降水量は6月から8月にかけて2004年が少なく、特に7月は少雨となり平年値の24%に留まった。和歌山市内に影響が及んだと考えられる台風は、2003年は1個のみであったが、2004年は5個と非常に多かった。

以上をまとめると、2003年は冷夏で夏の降水量も多く、台風被害は少ない、2004年は猛暑で早夏の夏であり、かつ台風被害も頻発したということになる。本試験のような無灌水のコンテナ型緑化方式にとっては、2003年は比較的好条件、2004年は極めて悪条件の年であったといえるだろう。

図-2 2003年と2004年の気象条件比較

表-2 和歌山市に影響を及ぼした台風の数

年	6月	7月	8月	9月	10月
2004	2	—	1	1	1
2003	—	—	1	—	—

(2) 塩分濃度の測定結果

河川水利用型浮島の土壌塩分濃度と河川水塩分濃度の比較グラフを図-3に、雨水利用型浮島の土壌塩分濃度と河川水塩分濃度の比較グラフを図-4に示す。

河川水の塩分濃度は最大3.7%、平均2.3%、最小1.2%の範囲で変動した。最大濃度時には海水と同等の塩分濃度となる。

河川水利用型浮島は、浮島基盤の下部が河川に浸かっている構造となっているため、下層土壌と河川水の塩分濃度は、ほぼ同じ数値を示していた。若干のずれが生じている部分は、直前の降雨による影響と考えられる。なお2004年は植物の根茎の発達により下層部の土壌採取が困難になったため、測定を行っていない。河川水利用型浮島の表層土壌の塩分濃度は、夏季の気温が上昇している期間と少雨の期間に高くなる傾向を示し、最大で1.9%となった。

雨水利用型浮島は、表層、下層ともにほぼ一定の低い値を示し、河川水の影響はあまり受けていないという事がわかる。しかし、季節によっては最大で0.5%程度の濃度となり、耐塩性の高い植物以外では影響を受ける可能性が高い³⁾。

図-3 河川水利用型浮島土壌塩分濃度と河川水塩分濃度

図-4 雨水利用型浮島土壌塩分濃度と河川水塩分濃度

(3) 枯死率の測定結果

河川水利用型浮島に植栽した植物5種の年度毎の枯死率を図-5に示す。ウラギク、ハマギクの2種は全て枯死した。ウラギクは植栽直後に33%が枯死し、他の個体は2003年中は生存を続けていたが、2004年9月に全て枯死が確認された。ハマギクは2003年6月に33%が枯死したが、その他は比較的順調に生育を続けていた。しかし、2004年夏季に急速に枯損が広がり、9月には全て枯死が確認された。イソギクは25%の枯死に留まったが、残存した株の生育状況は著しく不良であった。2003年は台風も少なく夏季の降水量も平年並みであり、生存する株も多かったが、2004年夏季の少雨、高温により河川水塩分濃度、土壌塩分濃度ともに上昇して衰弱した上に、台風に伴う地上部の塩害などが重なった結果と考えられる。

以上の結果から、今回使用した植物種のうち、河川水利用型浮島で生育が見込めるものはシュロガヤツリとヨシの2種のみと考えられる。

図-5 河川水利用型浮島基盤における植物の枯死率

雨水利用型浮島に植栽した植物の年度毎の枯死率を図-6に示す。イソギク、ダルマガク、ダンチクの3種は全て枯死した。これら3種は、2003年中は比較的順調に生育を続けていて、利用可能かとも思われたが、2004年の夏季から急激に枯損が進み、8月に全ての枯死が確認された。ハマギクは83%が枯死し、生き残った株も衰弱、マツバギク、トベラは2004年夏季以降に全株とも、ほとんど落葉してしまい枯死寸前の状態であった。雨水利用型の場合、河川水塩分濃度の上昇は土壌塩分濃度にほとんど影響しないが、2004年夏季の頻発する台風の影響により、地上部が塩害を受けることは避けられず、これにより枯死に至ったものと考えられる。2004年8月の塩分濃度は3.1%と海水とほぼ同等であり、これを直接浴びることは致命的な悪影響となる可能性が高い³⁾。シャリンバイも2004年9月以降、全ての葉が褐変し

てしまい、落葉こそしないものの生育が危ぶまれる状態となった。

以上のような生育状況から見て、この環境下で健全な生育が見込めるのはハマヒサカキのみであった。

図-6 雨水利用型浮島基盤における植物の枯死率

(4) 生育量の測定結果

河川水利用型浮島に植栽した植物のうち、シュロガヤツリの草丈とSPAD値の変化を図-7、図-8に示す。シュロガヤツリは植栽してから2003年8月までの期間大きな伸長量を見せ、その後は微増となり、2004年はほぼ一定の草丈を維持していった。

SPAD値は、冬季は低、夏季は高という季節変化を示し、概ね安定していた。

調査終了後に掘取り調査を行った際の根茎調査の結果、根は下層の河川水位以下の部分までしっかりと張っており、掘削が困難なほどの非常に頑健な根株を形成していた。今回の試験に用いた全ての植物種の中でシュロガヤツリの生育が最も良好で、河川水利用型浮島基盤には最も適しているものと考えられる。

ヨシの生育経過についても図-7、図-8に示す。ヨシの草丈は秋季に目立って低下するが、これは、夏季にアブラムシが大量発生し、株の一部が枯れてしまうことの影響と思われる。

SPAD値は、春季から秋季までほとんど一定値を示し、冬季は冬枯れのために0となる。同時に淡水水鉢に植栽したヨシと比べると2003年8月時点において草丈が半分以下で、生育状態は明らかに劣っていた。ヨシは当該環境下で生存し続ける可能性はあるが、修景緑化用としては十分な草姿を保てない可能性が高く、植栽に適しているとは言い難い。

植栽株のうち75%が残存したイソギクは、2003年中は草丈、被覆面積ともに増加し続けたが、2004年夏季からは衰退に転じ、草丈、被覆面積ともに急激に低下した。修景緑化用としては明らかに不適である。

図-7 シュロガヤツリとヨシの草丈変化

図-8 シュロガヤツリとヨシの平均 SPAD 値の変化

図-9 トベラとハマヒサカキの株高変化

図-10 トベラとハマヒサカキの平均 SPAD 値の変化

雨水利用型浮島に植栽した植物のうち、最後まで比較的健全に生育を続けたのはハマヒサカキのみであった。

ハマヒサカキは、2003 年 8 月からは樹高伸長はほぼ停止している (図-9)。SPAD 値は 2003 年 4 月の調査開始から 5 月までの間、急激に低下した (図-10)。その後も SPAD 値は低下し続け、2003 年段階ではあまり植栽には適しないと考えられたのだが、2004 年からは順調に生育を続け、最終的な生育状況は雨水利用型浮島の中で最も良好と判断された。

植栽初期と比べ、樹高はほとんど同じであり、SPAD 値も低いままだが、目視による生育状態は雨水利用型浮島の中で最も良好であり、最終調査後に掘取りを行った際の根茎調査の結果では、根は広範囲にしっかりと張っており、健全な生育状態を示していた。株高や SPAD 値などの数値データ上だけでは明確にはならなかったが、今回の試験の中で雨水利用型浮島基盤には最も適している種と考えられる。ハマヒサカキは地上部が台風による直接

波浪を受けても生育できる耐塩性を備えているものと推察される。シャリンバイは 2003 年中は順調に伸長成長を続けていたが、2004 年はほとんど伸長せず、SPAD 値も低下していった。2004 年 9 月には、全ての株の全ての葉が褐変してしまい、景観性は著しく低下した。掘取り試験の結果でも、新しい根の伸長はほとんど認められなかった。このような結果から、修景用の植栽には適していないものと考えられる。

ハマギクは 2003 年中は良好な生育状態を示し、草丈、被覆面積ともに増大し続けたが、2004 年夏季の台風以降、激しい衰弱を見せ、83%が枯死した。残り 27%も衰弱が激しく枯死寸前である。マツバギクは 2003 年 4 月から 5 月までの間に被覆面積が倍増したが後は伸長せず、2004 年は縮小の一途を辿った。トベラは 2003 年 4 月から 8 月までは伸長成長が認められたが、後に衰退に転じ、2004 年 9 月以降は、ほとんど葉が無い状態にまで衰えた。以上の 3 種については、当然ながら修景緑化用としては不適である。

4. 結論

今回の植栽実験により、適切な植物種と植栽基盤の選定を行えば、平均塩分濃度 2.3%程度の汽水域においても浮島を用いた緑化が可能である事が示唆された。

底面が水面に接する河川水利用型浮島の場合、土壌塩分濃度は基盤中の表層でも上昇することがわかった。下層の土壌塩分濃度は河川水の塩分濃度とほぼ同等の値となるが、上層部の値は夏季に最も高い値を示した。最大値は 1.9%に達し、多くの植物で深刻な塩類障害が懸念される濃度である³⁾。雨水利用型浮島は、河川水利用型浮島と比べると影響は小さいが、それでも最大で 0.5%程度にまで上昇することもあり、塩類障害の危険性は残る。

河川水利用型浮島を用いる場合、シュロガヤツリを用いるのが最も適切と判断される。シュロガヤツリの塩分に対する耐性は極めて大きく、塩分濃度 1.0~2.0%の湖沼での生育が可能と報告されている⁴⁾。今回の実験では、これよりもはるかに高い塩分濃度環境であったが、比較的良好な生育を示していた。しかしながら、和歌山県のような温暖な地域においては緑化用に使える種であるが、関東以北においては、冬季の越冬温度 (5℃)⁵⁾ が不足するものと考えられ、利用できる地域は限定される。

ヨシの生育はあまり良好とは言えない結果であったが、枯死に至ることはなく、このような高塩分濃度汽水域においても生存は可能であると判断される。しかし、虫害などの影響で枯損する部分が全体的に目立っていた。薬剤散布等の管理を行わない限り、修景目的の緑化には向いていないと考えるべきであろう。

雨水利用型浮島を用いる場合、ハマヒサカキが最も適切と判断される。シャリンバイ、トベラ、マツバギクも生存を続けていたが、いずれも樹勢は著しく衰退しており、修景目的の緑化には向いていないと考えるべきであろう。

参考文献

- 1) 財団法人都市緑化技術開発機構 (1999) : 都市緑化技術・審査証明報告書「生態学的浮島 バイオコズモ」, 1-133
- 2) 県和一・榮祥甫 (2002) : 水面利用の植物生産 水質浄化と水辺の修景—無土壌水面栽培法による新しい展開: ソフトサイエンス社, 1-139
- 3) 亀山章・三沢彰・近藤三雄・奥水肇 (1989) : 最先端の緑化技術: ソフトサイエンス社, 172-177
- 4) 武内康博・県和一・青木則明 (2003) : 水面栽培法による水面緑化と水質浄化: ランドスケープ研究 67(1), 21-24
- 5) 山と溪谷社編 (1991) : 観葉植物, 532