

# 霞ヶ浦における沈水植物移植生育実験

## TRANSPLANT EXPERIMENT OF SUBMERGED VEGETATION IN LAKE KASUMIGAURA

大寄真弓<sup>1</sup>・矢島良紀<sup>2</sup>・佐貫方城<sup>3</sup>・三輪準二<sup>4</sup>  
Mayumi OOOYORI, Yoshinori YAJIMA, Shigeki SANUKI and Junji MIWA

<sup>1</sup>非会員 独立行政法人土木研究所 (〒305-0032 茨城県つくば市南原1番地6)

<sup>2</sup>非会員 国土交通省北海道開発局 室蘭開発建設部沙流川ダム建設事業所  
(〒055-0106 北海道沙流川群平取町字荷菜)

<sup>3</sup>非会員 株式会社ウエスコ (〒700-0033 岡山県岡山市北区島田本町)

<sup>4</sup>正会員 独立行政法人土木研究所 (〒305-0032 茨城県つくば市南原1番地6)

We have conducted a study to restore the natural environment of Lake Kasumigaura, and have in particular been conducting a study to develop a method of restoring the submerged vegetation. Previous researches have revealed that the restoration of submerged vegetation communities can contribute greatly to the improvement of lake environment in a variety of ways. Based on these findings, in 2010, we have conducted field experiments in Lake Kasumigaura to restore submerged vegetation. We established three study sites in Lake Kasumigaura.

**Key Words** : restoration of submerged vegetation, transplant, offshore wave breaking structures,

### 1. はじめに

我が国の多くの湖沼は、流域の開発に伴う水質悪化や治水、利水目的の水位管理、湖岸堤築造等の人為的インパクトを受けてきた。このような湖沼では、沿岸植生帯が衰退した場所も見られ、特に植物体の全ての部分が水中に存在する沈水植物は、減少の度合いが著しい。霞ヶ浦においては、1972年に748ha見られた沈水植物群落は、1980年代半ば以降に消失したと考えられており<sup>1)</sup>、現在も群落は確認されていない。

近年、沈水植物が湖沼の生態系や水質改善に重要であることが明らかになり、各地で沈水植物復元の取り組みが行われている。霞ヶ浦においては、湖岸植生帯修復の目的で、2000年に緊急保全対策工が実施され、植生面積は施工5年で7haから16haに増加した。沈水植物はワンド内で一時的に再生したものの、抽水植物に被陰されて衰退した<sup>2)</sup>。また、国土交通省霞ヶ浦河川事務所が、浚渫土砂に含まれる埋土種子由来の沈水植物を隔離水界内で再生させる実験を行い<sup>3)</sup>、成果をあげつつある。しかし実湖沼内での沈水植物再生のための実験施工例は少なく、群落復元には未だ課題も多い。

土木研究所では、沈水植物再生のために様々な試みを実施してきている。これまでに、発芽可能性の高い埋土

種子が多く存在する場所の推定<sup>4)</sup>や、シミュレーション解析を用いた実湖沼における沈水植物群落の修復候補地の抽出<sup>1)</sup>などを行っている。

本稿では、シミュレーション解析により抽出した地点において実施した、沈水植物移植実験及びモニタリング調査結果について報告し、実湖沼における沈水植物群落復元の可能性について考察する。

### 2. 霞ヶ浦における沈水植物移植生育実験

#### (1) 移植実験地の選定

実湖沼において沈水植物群落を復元するためには、現在の実湖沼の諸条件下で生育適地となる場所を把握する必要がある。しかし、例えば霞ヶ浦のように、沈水植物が消失した湖沼においては、地形、水質、水位変動パターン等の諸条件が、沈水植物群落が繁茂していた時代とは異なっているため、どのような場所が生育適地となり得るのか、現地踏査によって抽出することは難しい。

沈水植物の生育を制限する要因としては、透明度(光)、底質、波浪が重要であると指摘されている<sup>5)</sup>ことから、天野らは、過去に沈水植物群落が繁茂していた場所における物理環境条件(透明度から見た光条件、波浪による底面せん断応力)を定量的に推定し、現在の環境下で類

似の物理環境を有する場所を求め、沈水植物群落修復を実施する候補地として抽出している<sup>1)</sup>。

そこで、この方法により抽出した地点において現地踏査を行い、前述の沈水植物の生育を制限する要因（透明度、底質、波浪）を考慮し移植実験地を選定した。霞ヶ浦は、吹送距離が長く、風波による波浪の影響が季節によっては卓越している。波浪により発生する底面せん断応力が、沈水植物が根を張るのに必要な土砂を攪乱し、沈水植物の生育を制限することから、移植実験地は、波浪の影響が小さいと考えられる消波構造物の背後水域の2地点と、対照地として消波構造物のない1地点を選定した。また、沈水植物の生育限界水域が透明度のおよそ2倍の水深である<sup>6)</sup>ことから、現在の霞ヶ浦の透明度を考慮し、移植地は、水深100cm未満程度の地点とした。

## (2) 実験地

移植実験地は、左岸側の玉造地区、船子地区、麻生地区の3地点とした。玉造地区は、消波構造物が単列配置であり、麻生地区は千鳥配置となっている。また船子地区は消波構造物が設置されていない。選定した実験地を図-1に、消波構造物の設置状況を図-2に示す。

## (3) 移植方法

沈水植物の移植は平成22年9月21日から24日にかけて行った。実験に用いた沈水植物は、かつて霞ヶ浦で出現頻度が高かったクロモ、ササバモ、ホザキノフサモの3種とした。ササバモ及びホザキノフサモは、湖水の透明度低下に対して比較的耐久性がある<sup>7)</sup>。クロモ、ササバモは、霞ヶ浦左岸の天王崎地区の水溜まりで自生していたものを採取し、土木研究所構内の実験池で培養したものをを用いた。またホザキノフサモは、霞ヶ浦の流入河川内で採取したものをを用いた。

玉造、船子、麻生の各地区に縦4m×横5.5mの区画を設置し、区画内にクロモ区、ササバモ区、ホザキノフサモ区を設けた。実験では、魚類、鳥類等による食害の影響を排除するために周囲と上部に食害防止ネットを設置した。沈水植物の定着には、底質粒径が攪乱されないことが望ましいため、土砂が持ち去られにくい生育基盤として蛇籠（縦50cm×横25cm×高さ15cmのステンレス製、図-3右）を用いた。移植は3通りの方法（蛇籠に根付きの植物体を植え付け、蛇籠に根無しの植物体を植え付け、湖底に根無しの植物体を植え付け）で行った。蛇籠には、霞ヶ浦の浚渫土砂（粒径2mm程度）を充填後、根付き、根無しのそれぞれの植物体を手で植え付け、表面をヤシ繊維のマットで覆った。蛇籠は、表面と湖底面との高さが同じになるよう、湖底面を掘って埋め込んだ。各地点で植え付けた沈水植物の本数を表-1に示す。

## (4) 消波構造物の形状の違いによる背後水域の底質環境

形状の異なる消波構造物の背後水域において、底質粒



図-1 解析及び現地踏査により選定した実験地



図-2 各実験地の消波構造物設置状況

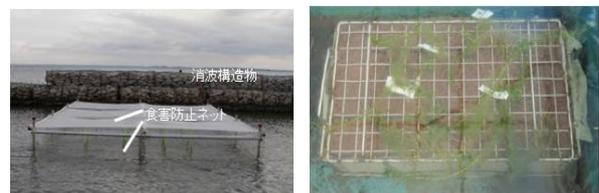


図-3 実験施設外観(左)と蛇籠(右)

表-1 沈水植物の種類及び移植方法毎の本数

	移植方法	クロモ (本)	ササバモ (本)	ホザキノフ サモ (本)
玉造	蛇籠根付き	30	30	20
	蛇籠根無し	30	30	20
	湖底根無し	30	30	20
船子	蛇籠根付き	30	30	20
	蛇籠根無し	30	30	20
	湖底根無し	30	30	20
麻生	蛇籠根付き	30	30	20
	蛇籠根無し	30	30	20
	湖底根無し	30	30	20

径に違いが見られるかを確認するために、3地区において底質粒径のふるい試験を行った。また、波浪による底質の巻き上げ状況を把握するために、濁度の連続観測を行った。ふるい試験は、各地区において、移植実験地点を含む6地点を選定し、湖底表層土砂を採取して行った。濁度の連続観測は、玉造、船子、麻生の移植実験施設に濁度計を設置して行った。

ふるい試験結果を図-4に示す。移植実験地点は、玉造ではT5、船子ではF4、麻生ではA4である。消波構造物が単列配置の玉造地区では、5地点で粒径0.075mm以下のシルトの割合が5%未満であり、細かい粒径の底質が少なかった。移植実験地点であるT5は、玉造地区の6つの調査地の中では最も粒径が細かい場所であった。これは、T6が消波構造物の真裏であるため、波浪の影響が他地点より小さく、細かい粒径が堆積しやすいと考えられ

る。消波構造物が千鳥配置の麻生地区では、6地点すべてで細かい粒径の底質の割合が高かった。移植実験地点は、麻生地区の6つの調査地の中では、粒径が粗い場所であった。A1、A6はいずれも消波構造物の真裏であるため、波浪の影響がより小さく粒径が細かいと考えられる。特にA1は、千鳥配置の水域の最奥部であるため、波浪の影響による底質の移動が少なく、他地点と比較して細かい粒径がより堆積しやすい環境であると考えられる。A3は、千鳥配置前列の消波構造物の真裏であるため、後列の消波構造物によって反射された波浪の影響があり、A1、A6程は粒径が細くないと考えられる。移植実験地点であるA4、A5は、消波構造物の開口部に近く、他地点より波浪の影響があり、6地点の中では粒径が大きいものと考えられる。

消波構造物のない船子地区では、調査した6地点すべてで底質粒径区分の傾向が類似しており、シルトの割合は1%未満であった。船子地区は消波構造物が設置されていないため、波当たりが強く、細かい粒径が堆積しない環境であると考えられる。

濁度は実験施設内に濁度計を設置し、平成23年1月20日から2月2日までの14日間、連続観測を行った。観測結果を図-5に示す。風波が平穏な時期には、3地区のいずれも、濁度は約5~7NTUで推移し、消波構造物の形状、設置の有無による値の違いはほとんど見られなかった。しかし、風波の影響により底質の巻き上げが生じた際には、消波構造物のない船子地区において濁度の急激な上昇が見られた。また、玉造地区と麻生地区を比較すると、麻生地区の方がより濁度の上昇が起こりやすいことが明らかになった。ふるい試験結果で示したとおり、移植実験地点は、玉造ではT5、船子ではF4、麻生ではA4であり、濁度観測結果はこれらの地点のものである。麻生地区は細かい粒径の底質の割合が多いため、風波による巻き上げが生じやすいと考えられるが、観測地点が消波構造物の開口部に近いため、より波浪の影響を受けやすく、巻き上げが生じやすいと考えられる。玉造の濁度観測地点はT5であり、消波構造物の真裏であるため、波浪の影響は比較的小さく、麻生地区のA4地点よりも巻き上げが生じにくかったと考えられる。

以上の結果から消波構造物の形状によって、背後水域の底質粒径は異なっていたが、同じ消波構造物の背後水域の中でも地点によって底質粒径や巻き上げの傾向が異なることが明らかになった。

### 3. モニタリング調査結果

移植後のモニタリング調査は、平成22年10月、11月、12月、平成23年1月、2月、5月の計6回行った。調査は潜水して行い、沈水植物の長さ区分、健全度を記録した。また、水深、水温、透明度、湖面直上及び湖底の光量子

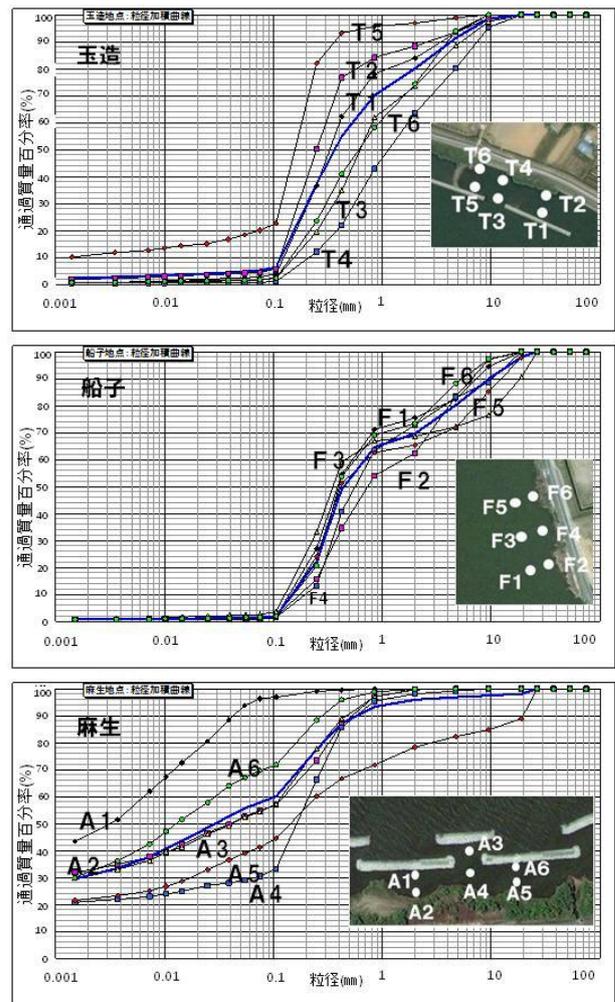


図-4 各地点の粒径区分

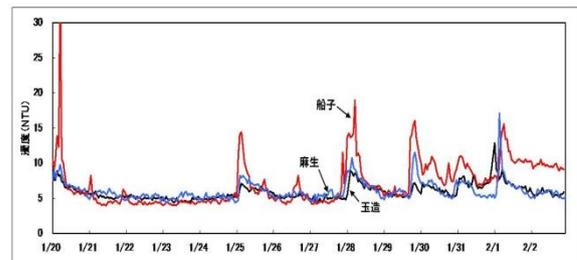


図-5 各地点の濁度連続観測結果

量（5月調査時）等を記録した。

クロモは地下部に越冬殖芽を形成する種であるため、玉造地区では12月、船子地区では11月、麻生地区では10月に、いずれの植え方でも地上部は消失した。

玉造地区では、ササバモ、ホザキノフサモはいずれの植え方でも定着した。植え方による定着率に大きな差は見られなかったが、蛇籠に根無し植物体を植え付ける移植方法での定着率が、ササバモ、ホザキノフサモ共に比較的高かった。平成23年2月調査時には、ササバモ、ホザキノフサモ共に、元の移植本数より数が減った状態であったが、5月調査時には、ササバモ、ホザキノフサモ共に群落を形成し、本数の計測が困難となった。また

玉造地区では、5月調査時に移植していないエビモが多数出現した。エビモの出現理由は不明であるが、移植した植物体あるいは土砂に殖芽等が混在していた可能性が考えられる。

麻生地区では、植え方による定着率に大きな差はないものの、玉造地区と同様に、蛇籠に根無しの植物体を植え付ける移植方法で定着率が比較的高かった。ササバモは、2月調査時には元の移植本数より数が減った状態であったが、5月調査時には本数の計測が困難な群落を形成した。ホザキノフサモは、平成22年11月調査時に、すべての植え方で、移植株の識別が困難なほど密生した群落となった。また11月調査時に移植区画外に、数本の切れ藻の定着が確認されたが、12月には100本を超える群落となり、切れ藻の定着により形成された群落は、モニタリング調査の回を重ねる毎に拡大していた。一方で、消波構造物のない船子地区では、ササバモ、ホザキノフサモは1月調査時にほぼ消失し、5月調査時にも萌芽等は全く確認できなかった。

表-2 各地区における沈水植物の定着状況

	移植方法	クロモ (移植時→ 2月→5月) (本)	ササバモ (移植時→ 2月→5月) (本)	ホザキノフ サモ (移植時→ 2月→5月) (本)
玉造	蛇籠根付き	30→0→0	30→14 →群落	20→11 →群落
	蛇籠根無し	30→0→0	30→16 →群落	20→18 →群落
	湖底根無し	30→0→0	30→13 →群落	20→11 →群落
船子	蛇籠根付き	30→0→0	30→0→0	20→0→0
	蛇籠根無し	30→0→0	30→0→0	20→0→0
	湖底根無し	30→0→0	30→0→0	20→0→0
麻生	蛇籠根付き	30→0→0	30→13 →群落	20→群落 →群落
	蛇籠根無し	30→0→0	30→21 →群落	20→群落 →群落
	湖底根無し	30→0→0	30→10 →群落	20→群落 →群落

#### 4. まとめ

現在の実湖沼の諸条件下で沈水植物を復元するために、霞ヶ浦を事例として、シミュレーション解析により抽出した生育適地と考えられる地点において、沈水植物の移植実験を行った。移植地点は、抽出された地点を現地踏査し、沈水植物の生育を制限する要因である透明度、底質、波浪の影響を考慮し、消波構造物のある2地点(玉造地区、麻生地区)及び消波構造物のない1地点(船子地区)を選定した。

選定した3地点において、底質粒径調査及び濁度の連続観測を行った結果、消波構造物の形状の違い、消波構造物の有無により、底質環境が異なっていることが明らかになった。しかし同一の背後水域内であっても、地点によって底質粒径の傾向が異なり、波浪による巻き上がり方に違いがあることが明らかになった。

消波構造物の形状、有無の異なる玉造、船子、麻生の3地点において、平成22年9月に3種類の方法でクロモ、ササバモ、ホザキノフサモの3種類の沈水植物の移植を行った。平成22年10月から平成23年5月までの計6回のモニタリングの結果から、玉造、麻生の今回移植を行った地点においては、底質粒径、波浪の低減状況が、沈水植物の生育定着に適していたと考えられる。しかし、地点によって底質粒径が異なることから、実湖沼の現在の条件下における、沈水植物の生育適地をさらに明らかにするためには、別な地点に移植した場合でも、生育定着が可能であるか、検証の必要がある。また沈水植物の種類によって生育適地となる場所が異なる場合は、場の環境条件ごとに適した種を把握する必要がある。今後は、魚類等からの食害影響がある自然状態での再生を視野に入れ検討を進める必要がある。一方で、消波構造物のない地区では、いずれの植え方でも沈水植物の定着は難しいと考えられた。消波構造物のない地点においては、沈水植物が定着するある一定期間に簡易な消波構造物を設置することで、生育定着が可能であるか検討する必要がある。

**謝辞:** 本研究の実施に当たり、霞ヶ浦河川事務所及び麻生出張所のご担当者の皆様に多大なるご理解とご協力をいただきました。この場を借りて御礼を申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 天野邦彦, 大石哲也: 霞ヶ浦における沈水植物の消長と環境変遷の関連性解析に基づく修復候補地の抽出, 水工学論文集, 第53号, pp. 1369-1374, 2009.
- 2) 関東地方整備局霞ヶ浦河川事務所: 霞ヶ浦湖岸植生帯の緊急保全対策評価検討会 中間報告, 2007.
- 3) 大嶋巖, 久保田一, 酒井憲司: 霞ヶ浦の隔離水界での沈水植物の再生実験結果: 河川技術論文集, 第15巻, pp. 115-118, 2009年.
- 4) 天野邦彦, 時岡利和: 沈水植物群落の再生による湖沼環境改善手法の提案, 土木技術資料, vol. 49(6), pp. 34-39, 2007.
- 5) 浜端悦治: 沈水植物の特性, 河川環境と水辺植生 (奥田重俊, 佐々木寧編), ソフトサイエンス社, 東京, 1996.
- 6) 生嶋功: 水界植物群落の物質生産Ⅱ, 水生植物, 生態学講座 7, pp. 2, 共立出版, 1972.
- 7) 建設省霞ヶ浦工事事務所: 霞ヶ浦の生物, pp. 78-79, 1980.

(2011. 5. 19受付)