

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¹・矢島良紀²・佐貫方城³・三輪準二⁴
Mayumi OOOYORI, Yoshinori YAJIMA, Shigeki SANUKI and Junji MIWA

¹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)

²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葉19-4)

³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2-5-35)

⁴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. To promote growth of submerged vegetation, the waves must be weak, bottom sediment must be fine, and easily penetrated by roots, and enough sunlight is necessary for photosynthesis to occur. Based on these necessary condition, we established three monitoring sites as candidates for the restoration of submerged vegetation. We revealed that settlement and growth of submerged vegetation are possible behind wave breaking structures even for the present environmental status of 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¹⁾、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²⁾。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³⁾、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、

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⁴⁾や、シミュレーション解析を用いた沈水植物群落の修復候補地の抽出¹⁾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、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⁵⁾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、沈水植物群落復元を実施する候補地として抽出している¹⁾。

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、風波により発生す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地点とした。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⁶⁾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（図-1）。玉造地区は、消波構造物が単列配置、麻生地区は千鳥配置となっている。船子地区は消波構造物が設置されていない（図-2）。

(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、湖水の透明度の低下に対して比較的耐性がある⁷⁾。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、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。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左）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に湖底面を掘って埋め込んだ。



図-1 解析及び現地踏査により選定した移植実験地



図-2 各実験地の消波構造物設置状況

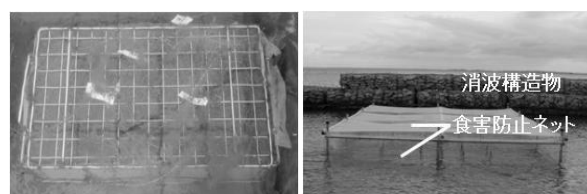


図-3 蛇籠（左）と実験施設外観（右）

表-1 移植した沈水植物の種類と移植方法毎の本数

	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

各地点で植え付けた沈水植物の本数を表-1に示す。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区画の外周と上部に食害防止ネットを設置した（図-3右）。

3. モニタリング調査

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量（5月調査時）等を記録した。沈水植物の定着状況を表-2に示す。

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、蛇籠に根無しの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

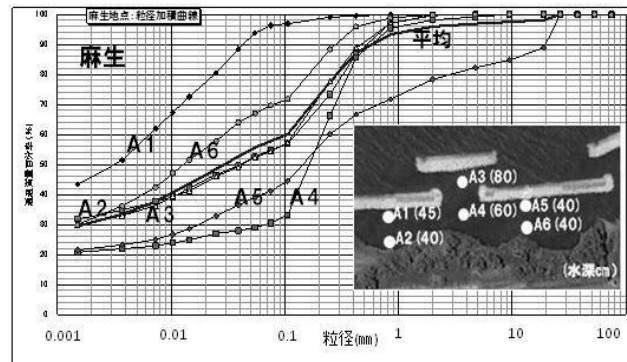
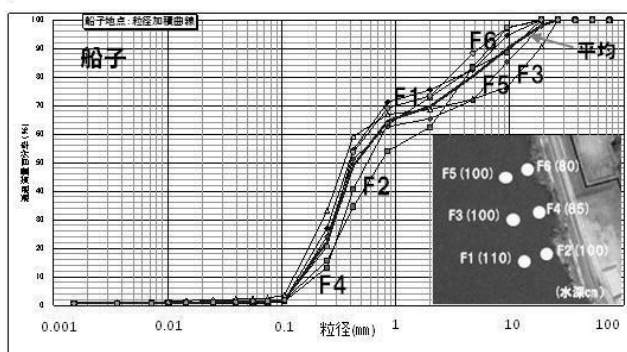
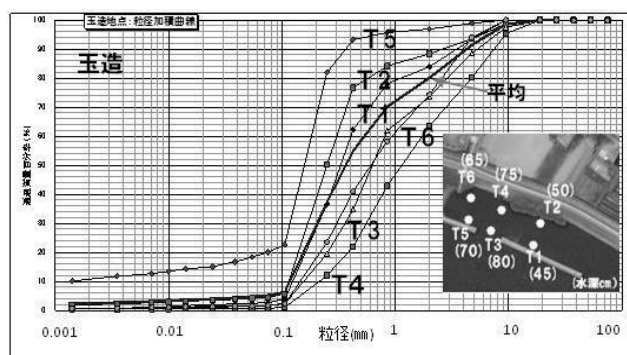


図-4 各地点の底質採取地点とふるい試験結果

4. 消波構造物の配置と沈水植物復元適地

(1) 消波構造物の背後水域の底質環境

3. のモニタリング結果から、玉造、麻生地区のように消波構造物のある地点では、移植した沈水植物の定着が可能であり、船子地区のような消波構造物のない地点では、定着が困難であると考えられた。

そこで、消波構造物の有無、配置の違いによる底質環境の違いを調査し、沈水植物の生育適地となる場の条件を把握するために、玉造、船子、麻生の各地区において、底質粒径のふるい試験を行った。

玉造、船子、麻生地区における底質採取地点及びふるい試験結果を図-4に示す。移植実験地は、玉造ではT5、船子ではF4、麻生ではA4である。各地区の粒径分布の特徴を、6地点の平均値と比較すると、玉造と船子では、傾向が類似しているものの、玉造地区の方が砂質（2mm以下）の割合が大きかった。また、6調査地点の粒径分布からは、船子地区ではばらつきが小さいのに対して、玉造地区では、地点毎のばらつきが大きかった。移植実験地であるT5は、玉造地区の6調査地点の中では、最も粒径が細かいという結果になった。T3、T4は消波構造物の開口部から入る波浪の影響を受け、細かい粒径がとど

まりにくいいため、粗い粒径の底質の割合が高いと推察される。またT5は、構造物の真裏であるため、細かい底質の土砂が溜まりやすいと推察される。

船子地区は消波構造物がないため、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。

麻生地区は、6地点共に細かい粒径の割合が大きく、0.075mm以下のシルトの割合が、平均で60%、A1では90%以上を占めていた。A1は、千鳥配置の消波構造物の最奥部であり、波浪の影響による土砂の移動が少ないため、6地点の中で最もシルト分が堆積しやすいと考えられる。移植地点であるA4は、6地点の中で最も粒径が粗いという結果であった。A3、A4は、千鳥配置の消波構造物の開口部に近く、6地点の中では、波浪の影響を受けると考えられるが、A3は前列の構造物により波浪の影響が緩和され、A4より細かい粒径が堆積するものと考えられる。A4は開口部から入る波浪の影響を受け、細かい粒径が堆積しにくいいため、他地点よりも粗い粒径の割合が多いと推察される。

以上の結果から、消波構造物の配置により、背後水域の底質粒径は異なっており、また同一の構造物の背後水域であっても、開口部からの距離等により、底質粒径は異なっていることが明らかになった。

(2) 沈水植物の復元適地と今後の可能性

移植した沈水植物のモニタリング調査結果から、現在の霞ヶ浦において、沈水植物を移植し、再生を図る際には、波浪の影響が緩和された消波構造物の背後地が適していることが分かった。また、玉造地区では他地区と比較してササバモの生育が良好であり、麻生地区では、ホザキノフサモの生育が良好であったことから、場の条件毎に適する種が異なると考えられた。沈水植物を移植する際には、底質条件とその場での生育に適した種を的確に選定する必要がある。

5. 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、平成22年9月に3種類の植え方でクロモ、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、消波構造物のある地点においては、現在の霞ヶ浦の諸条件下でも、移植

した沈水植物の生育、定着が可能であるが、消波構造物のない地点においては、定着が困難であることが明らかになった。

消波構造物の配置の違いによる背後水域の底質環境を、底質のふるい試験により比較した結果、構造物が単列配置である方が、背後水域の粒径分布が粗く、千鳥配置ではシルト分のような細かい粒径が多くなることが明らかになった。移植した沈水植物のうち、ササバモは玉造地区で、ホザキノフサモは麻生地区での生育が良好であったことから、沈水植物の種類により、好む底質環境が異なると推察され、今後実湖沼における復元を検討する際には、底質環境に適した種を的確に選定する必要があると考えられる。また、同一の消波構造物の背後水域においても、場所によって、底質粒径の特徴が異なっていたことから、今後は、各地区での波浪データを取得し、消波構造物の配置と波浪の低減状況を把握すると共に、玉造地区、麻生地区内の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。加えて、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ことから、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) 大島巖、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)