

◆ 河川生態特集 ◆

湖沼沿岸の植生帯の衰退と土壤シードバンクによる再生の可能性

— 霞ヶ浦を例に —

西廣 淳* 藤原宣夫**

1. はじめに

生物多様性の保全が社会的課題となっている近年において、河川や湖沼の周辺は生物の喪失が特に著しい場所となっている¹⁾。この現状を踏まえ、平成9年に改正された河川法では「自然環境の保全」が治水・利水と並ぶ目的の一つに加えられた。そのため、現在残されている自然をこれ以上失わないように保全するとともに、すでに失われてしまった自然を復元することが、現在の河川・湖沼管理における大きな課題となっている。

わが国で二番目に大きな湖沼である霞ヶ浦は、一般には「汚れた湖」「自然が失われた湖」というイメージがもたれている。これらのイメージは、霞ヶ浦において治水・利水を目的に開発事業を進めてきた最近30年ほどの間に築かれたものである。現在、霞ヶ浦では堤防の整備などが一通り完了し、改正河川法を踏まえて、自然環境の保全に配慮した管理の方法を検討すべき段階にある。

本論文では、湖沼における自然の保全・復元計画の策定に寄与するために、霞ヶ浦を例として、植生帯の衰退状況について整理し、その原因について考察する。次に植生帯の再生において重要な役割をもつ「土壤シードバンク」についての研究成果を説明し、植生の回復・復元の展望について述べる。

2. 霞ヶ浦の植生帯の衰退

2.1 霞ヶ浦総合開発と植生帯の衰退

霞ヶ浦では霞ヶ浦開発事業の一環として堤防と水門の整備が進められ、平成7年には湖岸線のほぼ100%で湖岸堤が完成し、平成8年からは常陸川水門(河口堰)の本格運用が開始された。霞ヶ浦開発事業は治水面で大きな恩恵をもたらしたが、その一方で、水辺のエコトーンの大きな損失を招いた。

Conservation and Restoration of Lakeshore Vegetation in Lake Kasumigaura

水辺のエコトーンとは水域生態系から陸域生態系へ移行する部分の生態系であり、岸辺から徐々に深くなる地形に応じて抽水植物、浮葉植物、沈水植物が、それぞれ湖岸線と平行に帶状に分布する植生帯によって特徴づけられる。水辺のエコトーンが発達すると、生物による栄養塩物質の固定が促進されるだけでなく、食物連鎖(被食-捕食関係による生物間のつながり)によって湖水中の栄養塩物質が湖の外に持ち出されるという物質の流れができる。これはエコトーンの水質浄化機能といわれる。このようにエコトーンの生態系は、生物多様性の維持だけでなく物質やエネルギーの流動の上で極めて重要な役割をもっている。

霞ヶ浦は、かつては植生が豊かな湖であったことがわかっており、豊かなエコトーンが発達していたと考えられる。たとえば1972年の植生調査では、霞ヶ浦(西浦:図-1参照)では1,203haに及ぶ広大な植生帯が広がっていたことが明らかにされている(図-2)。特に沈水植物帯の発達が顕著であり、霞ヶ浦の遠浅な地形を反映した豊かなエコトーンが存在していたことを示唆している。この1972年の調査結果を用いて、桜井らは西浦の全湖岸線の約90%が何らかの植生に



図-1 霞ヶ浦(広義)を構成する3つの湖(西浦・北浦・外浪逆浦)および浚渫土処分地である西ノ州干拓地の位置

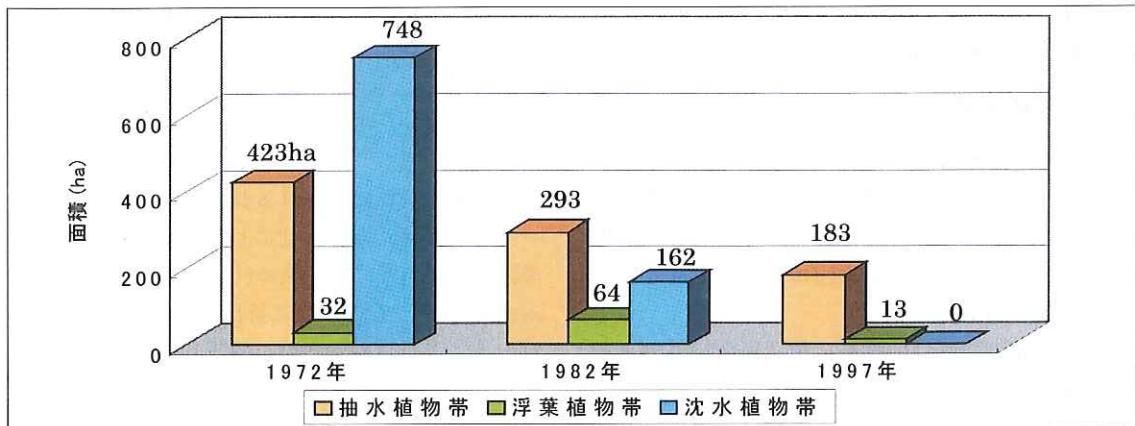


図-2 霞ヶ浦(西浦)における植生带面積の変遷 データは文献2), 3), 4)に基づく

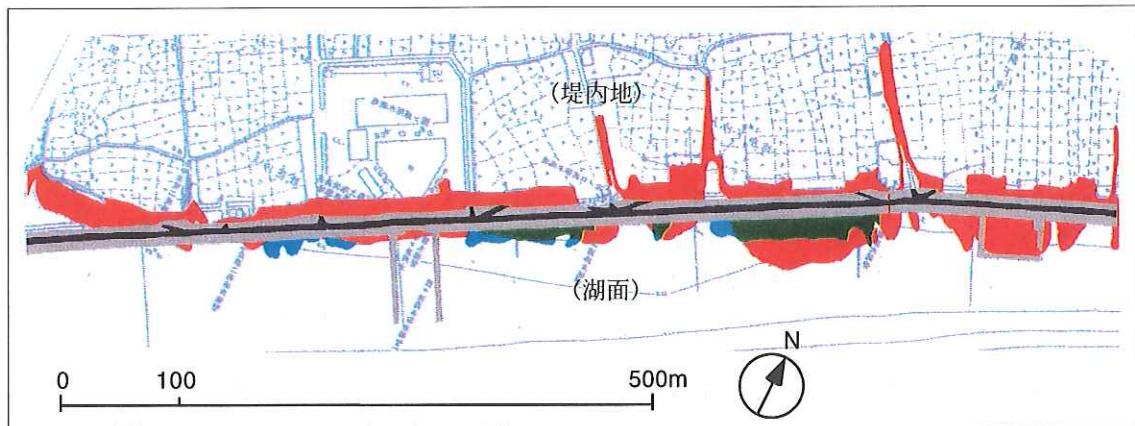


図-3 霞ヶ浦湖岸の植生带の衰退を示す例

赤色は1973年に植生帯があった場所、緑色は1991年まで植生が維持されていた部分、青色は1973年から1991年の間に新たに植生が生じた部分を示す。灰色の部分は堤防及び道路を示す。霞ヶ浦現存植生図¹⁵⁾より改図

被われていること、50%以上が沈水植物と抽水植物の両方を備えた植生帶に被われていることを記述している²⁾。

しかし、このように豊かだった霞ヶ浦の湖岸植生は、堤防建設の進行や周辺人口の増大に伴う水質の悪化と同調して大幅に失われた。堤防工事が完了(暫定的完了)した1997年には、西浦における植生帶の総面積は196haとなった(図-2)。霞ヶ浦全体(西浦・北浦・外浪逆浦合計)でも278haに過ぎず、1970・1980年代の植生帶面積には遠く及ばない。沈水植物帶は全くみられなくなり、ヨシ原と僅かの浮葉植物が、流入河川の河口部付近などに残存するのみになった(図-2)。

2.2 衰退の原因

植生帶の衰退には多くの原因が考えられるが、主要なものとして次のことが考えられる。

第一に、もともと植生帶があった場所に堤防を設置したことによって植生帶が直接的に破壊されたことが挙げられる。図-3は植生帶の上に堤防が設置されたことにより、もともと広かったヨシ原が断続・縮小化された例を示している。

二番目としては垂直護岸を設置したことにより、沖波よりも強い反射波が生じるようになり⁵⁾、湖底がえぐられた地形になったことが挙げられる。これによって植物が生育できる浅瀬が大幅に失われたと考えられる。三番目の原因としては水質の悪化が挙げられる。霞ヶ浦の水質は、1970年代の流域人口の増加と歩調を合わせるように悪化した。特に沈水植物の消滅に対しては、湖水の富栄養化に伴う透明度の低下が主要な原因であると考えられている⁶⁾。

以上のことが主要な原因と考えられるが、これ

らは互いに背反するものではなく、複合的に作用し、植生の衰退を招いたとみるべきであろう。

3. 再生の展望

3.1 植生復元の方法

失われた生態系を取り戻すことは、霞ヶ浦におけるもっとも重要な課題であり、そのためには生態系の基盤となる植生帯を回復・再生させることが不可欠である。

植生復元のための植物を、復元箇所以外の水系など地理的に離れた場所から導入することは、遺伝的攪乱を招くおそれがあるため、生物多様性の保全という全体的な目的に照らせば行うべきではない方法である⁷⁾。生物多様性の保全に配慮し、自然が改変された場所に「本来」成立する植生を復元するための手法としては、まず地形、土壤、水条件などの物理的な環境を整えて、外からの種子散布を待つ方法がある。しかし、この手法で復元が成功するのは、復元箇所の近くに種子の供給源が残されている場合に限られ、すでに現存植生からほとんど失われてしまった植物を復元することは難しい。また復元したい植物から種子などを採取して利用するという方法も考えられるが、この方法も復元する場所の近傍に十分に種子を生産している植物が残されていることが前提である。

過去から現在にかけて著しく減少した植物を復元する方法としては、次に説明する土壤シードバンクを活用する方法が注目されている。

3.2 土壤シードバンクとは

土壤シードバンクは埋土種子集団とも言い、土壤中で生存力を保っている種子の集団のことである。多くの植物では、地面に散布された種子の全てが翌年に発芽するわけではなく、一部分(あるいは大部分)は土壤中に残される。これらの種子は、発芽に適した条件、たとえば適度な水分がある条件や、他の植物に被陰されない条件などが満たされるまで「休眠」した状態で保存されるのである。したがって、現存の植生から消えてしまった植物でも、土壤シードバンクとして種子が残されているならば、物理的環境さえ良好に戻りさえすれば再生が可能になる。

多くの植物が土壤シードバンクを形成する能力をもっており、特に水辺に生育する植物は土壤シードバンクを形成しやすいことが知られて

る⁸⁾。霞ヶ浦でも豊かな土壤シードバンクの存在を示す事実が多く見出されている。ここではその一例として、霞ヶ浦から浚渫した湖底泥に含まれていた土壤シードバンクについての調査結果について説明する。

3.3 浚渫ヘドロに含まれるシードバンク

霞ヶ浦では、水質浄化の目的で底泥が大規模に浚渫されており、取り除かれた浚渫土(ヘドロ)は送泥管を通して処分地に排出されている(図-1)。処分地では排水が行われ、浚渫土は徐々に乾燥させられている。

浚渫土が撒かれた処分地からは、オニバス、ミズアオイなどの保護上重要な水生植物が出現することが報告されている⁹⁾(写真-1)。大村らはこの浚渫土処分地で植物相と植生の調査を行い、次の点を報告した¹⁰⁾。

- ① 8.1haの調査地内では182種の維管束植物が生育していた。
- ② ミズワラビ、マツモ、ヒルムシロ、ミズアオイ、クログワイなど水辺に特徴的な植物の生育が確認された。
- ③ 沈水植物や浮葉植物は処分地内に生じた止水域に生育していた。

この結果を踏まえて、1999年に浚渫土処分地内に90m²の止水域を実験的に設け、1999年6月から2000年7月まで、発生してくる植物を調査した。実験止水域内は地表面からの深さが50cmの場所と100cmの場所を階段状に設けた(それぞれ60m²と30m²)。調査期間中は、降雨などによる変動もあるが、概ね浅い部分では水深20cm、深い部分では水深70cm程度に冠水していた。



写真-1 ヘドロに含まれるシードバンクから発芽し、開花したミズアオイ(絶滅危惧植物)

調査の結果、実験止水域内の浅い部分に、2種の沈水植物を含む10種の水生植物が確認された(表-1)。なお、実験止水域内の深い部分では植物の発生はみられなかった。これは浚渫土の中にたまたま水は水質が悪く、特に透明度が低かったためと考えられる。

今回実験的に設けた止水域で生じた植物あるいは大村らの調査で確認された植物のうちの16種は、1997年に霞ヶ浦で行われた「河川水辺の国勢調査」¹¹⁾で見出されなかったものである(表-2)。これらは霞ヶ浦において近年著しく減少あるいは消滅してしまったものの、底泥中には土壤シードバンクとして残されていた植物であると

表-1 浚渫土処分地内に実験的に設けた止水域に生じた植物

科	和名	生活形	個体密度 (/m ²)
マツモ科	マツモ	沈水	0.05
アカバナ科	チョウジタデ	湿地性	0.93
ゴマノハグサ科	アゼナ	湿地性	1.50
キク科	アメリカセンダングサ	湿地性	0.07
オモダカ科	ヘラオモダカ	抽水	0.10
	オモダカ	抽水	0.07
ヒルムシロ科	ササバモ	沈水・浮葉	0.05
ミズアオイ科	ミズアオイ	抽水	0.20
イネ科	アシカキ	抽水	0.05
ガマ科	ヒメガマ	抽水	0.20

表-2 浚渫土処分地内で見られた植物のうち1997年の霞ヶ浦での植物相調査¹¹⁾では記録がない植物

科	和名
ヤナギ科	キヌヤナギ
タデ科	サナエタデ
	ママコノシリヌグイ
	ネバリタデ
	ノアズキ
ミソハギ科	キカシグサ
ゴマノハグサ科	アゼトウガラシ
オモダカ科	ヘラオモダカ
ヒルムシロ科	ヒロムシロ
イネ科	カズノコグサ
	ホッスガヤ
	アシカキ
カヤツリグサ科	モエギスゲ
	イガグサ
	タタラカンガレイ
	コウキヤガラ

考えられる。

したがって、底泥に含まれる土壤シードバンクは霞ヶ浦から急速に失われつつある植物を復元する上での資源として利用できる。水深20cm以内程度の浅い止水域を広範囲で設け、生じた植物から種子を採集し植生復元地に播種するなどの活用が考えられる。

3.4 土壤シードバンクの「浪費」の問題

豊かな土壤シードバンクの存在から示唆されるように、霞ヶ浦の自然は死滅してしまったわけではなく「眠っている」状態にあるともいえるだろう。

しかし、この「眠り」から覚めさせることには慎重にならなければならない。発芽した植物が無事に成長し新たな種子を生産することなく死亡してしまう場合には、シードバンクは「浪費」されることになるからである。

このような、土壤シードバンクの浪費は現に霞ヶ浦で生じている。レッドリストでは絶滅危惧Ⅱ類に分類されているアサザは、かつては霞ヶ浦に大群落を誇った植物である。霞ヶ浦の個体群は現在では急激に衰退してはいるが、今でも湖岸では土壤シードバンクから発芽した実生(双葉を開いた段階の幼植物体)が確認される。しかし1999年の調査では、発芽が完了した5月に約2,000個体の実生に標識し、追跡観察したところ、7月までに全ての実生が強い波浪によって流れてしまったのである(西廣 投稿準備中)。霞ヶ浦ではアサザの種子生産がほとんど行われなくなってしまっており(西廣 投稿準備中)、したがって土壤への新たな種子の供給は途絶えていると考えられる。このような状況が長く続ければ土壤中の種子は完全に失われてしまうだろう。

土壤シードバンクを浪費しないためには、発芽に適した条件だけでなく、個体が定着し新たな種子を生産することが可能な条件も満たされている必要がある。たとえばアサザの場合では、実生が定着するためには、早春から夏にかけて緩やかに上昇する水位条件、強い波浪が直接あたらない静穏域、陸域から水中にかけて緩やかな勾配を持つ地形が必要である¹²⁾。これらの内の一つだけ

を解決しても、全てが満たされなければ、「発芽はできても定着できない」状況を招き、長期的な保全にとってはむしろマイナスの効果をもつことさえあり得る。

3.5 保護・復元拠点としてのビオトープ

前節でアサザを例に説明したように、たとえ土壌シードバンクが残されているとしても、失われた植物を再生させるためには多くの問題を解決しなければならない。またアサザのように定着に必要な条件がある程度明らかにされている植物は希であり、たいていの場合、植生復元は生態学的研究と並行して取り組まなければならない。したがって植物の衰退を招いている原因の解決よりも、残存している個体群の消滅の方が先んじてしまう危険性がある。

では湖の物理的環境が良好な状態に戻り、植物が自立して個体群を維持できる状態になるまで土壌シードバンクの種子を発芽させずにおけば良いかというと、それにも限界がある。なぜなら、土壌シードバンクを形成する植物でも、土壌中の種子は時間とともに指數関数的に死亡してゆくからである¹³⁾。

ある地域の植物個体群が、その土壌シードバンクも含めていったん消えてしまったら、二度と取り戻すことはできない。このような絶滅を避けるために、残存している個体群に対して徹底的な保全をすべきであることは言うまでもないが、

それと並行して、環境が著しく悪化した湖においては、湖の外のより管理しやすい場所に保護施設を設け、湖に残存している個体や土壌シードバンクに含まれている植物を移植し、そこで新たな種子の生産が行える条件を整えて保護することが重要となるだろう。このように保護しておけば、湖の環境の改善が進んだ将来に、この保護地から植物を少しずつ湖に戻すことにより、植生を復元することが可能である(図-4)。

近年、ヒトが積極的に関与して整備した生物生息空間である「ビオトープ」が、様々な目的のもとに各地で整備されているが、「地域から絶滅する懼れがある生物の保護」および「環境が改善されてからの復元の拠点」という機能をもつビオトープこそ緊急な整備が必要であると考えられる。

建設省霞ヶ浦工事事務所と市民団体(NPO法人「アサザ基金」)とが共同して整備した「水郷トンボ公園」は、このような保護・復元拠点の機能をもつビオトープの好例である¹⁴⁾。ここで生育しているアサザ、オニバス、リュウノヒゲモ、コウガイモなどの植物は、霞ヶ浦に辛うじて残っていた個体に由来するものであり、霞ヶ浦以外からの植物は持ち込んでいない。このビオトープは堤外地にあり霞ヶ浦の水を循環させて利用しているが、水位変動や波浪の影響は受けないため、これらの水草の生育が可能なのである。将来、霞ヶ浦の水質・水位・地形などの環境が植物の生育に適した

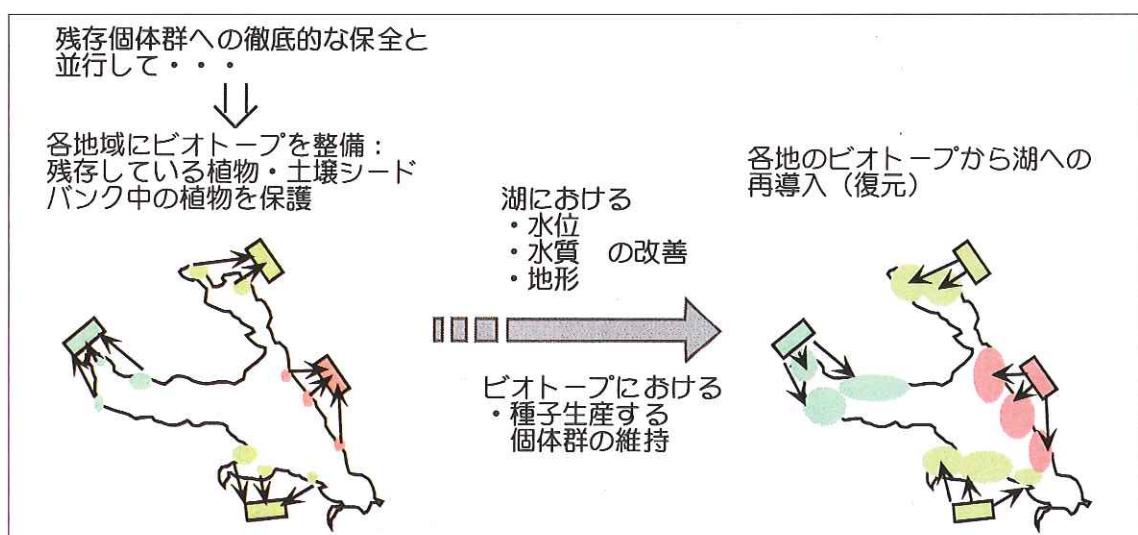


図-4 霞ヶ浦のように環境の悪化が著しい湖での保全戦略 保護拠点・復元拠点としての機能をもつビオトープを活用し、絶滅の危機を回避しつつ、保全に取り組む必要がある。

状態に戻れば、保護されていた水草は、ビオトープから湖に散布された種子を通して、湖に再び定着することができるだろう。

4. おわりに

以上で説明したように、霞ヶ浦の植生の現状は極めて厳しいものであるが、しかし土壌シードバンクの存在にみられるように、再生の可能性を示す事実もある。水質や水位、地形などの環境条件の改善を急ぎつつ、同時に隣接地において生物の保護を慎重に行い、環境が改善されたらそこを復元拠点として湖に生物を取り戻して行くことが必要である。これは治水のための事業が一段落した湖において最優先に取り組むべき課題といえるだろう。

参考文献

- 1) 我が国における保護上重要な植物種及び群落に関する研究委員会 種分科会：我が国における保護上重要な植物種の現状、(財)日本自然保護協会・世界自然保護基金日本委員会、1989.
- 2) 桜井善雄、林一六、渡辺義人、天白精子、大橋通成：水生植物、霞ヶ浦生物調査報告書、建設省霞ヶ浦工事事務所・水資源開発公団、1972.
- 3) 水資源開発公団霞ヶ浦開発事業建設部：霞ヶ浦水際線保全計画検討業務報告書、1993.
- 4) 建設省霞ヶ浦工事事務所：霞ヶ浦植物等調査報告書、1998.
- 5) 中村圭吾、門倉伸行、宗像義之、島谷幸宏、宇多高明：消波浮島による湖岸植生帶の復元に関する研究、環境システム研究、Vol.27, pp.305-314, 1999.
- 6) 桜井善雄：霞ヶ浦の水生植物のフローラ、植被面積および現存量-特に近年における富栄養化に伴う変化について-、国立公害研究所研究報告、Vol.22, pp.229-279, 1981.
- 7) 鷲谷いづみ、矢原徹一：保全生態学入門-遺伝子から景観まで、文一総合出版、1996.
- 8) Middleton, B. : Wetland restoration - Flood pulsing and disturbance dynamics, Wiley & Sons Inc., 1999.
- 9) 春日清一：霞ヶ浦その現状と課題、湖岸帯の役割、筑波の友、第113号。
- 10) 大村理恵子、村中孝司、路川宗夫、鷲谷いづみ：霞ヶ浦の浚渫土まきだし地に成立する植生、保全生態学研究、Vol.4, pp.1-19, 1999.
- 11) 霞ヶ浦工事事務所：平成9年度霞ヶ浦植物等調査報告書、1998.
- 12) 鷲谷いづみ：アザザと霞ヶ浦の植生帶の保全生態学、鷲谷いづみ・飯島博(編) よみがえれアザザ咲く水辺～霞ヶ浦からの挑戦、文一総合出版、1999.
- 13) Bewley, J.D. and Black, M. : Physiology and biochemistry of seeds, Springer - Verlag, 1982.
- 14) 鷲谷いづみ：水郷トンボ公園を訪ねて-ほんとのビオトープ、鷲谷いづみ・飯島博(編) よみがえれアザザ咲く水辺～霞ヶ浦からの挑戦、文一総合出版、1999.
- 15) 建設省霞ヶ浦工事事務所：霞ヶ浦現存植生図、1992.

西廣 淳*



藤原宣夫**



建設省土木研究所環境部
緑化生態研究室研究員、理博
Dr. Jun NISHIHIRO

同 緑化生態研究室長
Nobuo FUJIWARA