

よみがえる水辺の自然～土壌シードバンクを活用した湖岸植生の再生～

注: 無断での転載・転用は御容赦ください。

2002年10月6日

東京大学農学生命科学研究科保全生態学研究室

西廣 淳

1. 湖の生態系における湖岸植生の役割

2. 霞ヶ浦の湖岸植生

3. 自然再生事業が始まる

4. 自然再生のための検討

5. 「霞ヶ浦の湖岸植生帯の再生」の成果と将来

1. 湖の生態系における湖岸植生の役割

湖沼を含む淡水生態系は、過去 30 年間に地球上で最も急激な野生生物個体群の減少が生じている生態系とされている(WWF 2002)。日本でも河川や湖沼は絶滅危惧種が集中する、生物多様性の保全上特に重要な場所となっている。

湖沼の水域と陸域をつなぐ「水辺」は、本来、地形の勾配や水位の季節的変動がもたらす緩やかな環境勾配によって特徴づけられる。このような環境勾配のある水辺には、沈水植物、浮葉植物、抽水植物などを含む多くの植物種によって構成される植生帯が成立する。このような植生帯は、様々な動物の生息適地やエサ資源を供給し、限られた範囲の中で生物多様性の高い生態系を成立させ、水質浄化などの「生態系の機能」を発揮させる基盤となっている(Engelhardt & Ritchie 2001)。



水辺生態系を構成する植物は、他の生物や物理環境とそれぞれ特有の関係性をもちながら、生態系の機能を支えている。個々の植物種が生態系の中で果たしている役割についての研究はそれほど多くはないが、その中で、アサザプロジェクトのシンボル種アサザ *Nymphaea peltata* は、オランダの van der Velde らの研究によって比較的理解が進んでいる種である。アサザが多くの動物に生息場所を与えていることは、アサザ群落内／外に生息する動物を比較した調査から明らかにされている(Brock & van der Velde 1996)。それによると、アサザ群落内では二枚貝などの動物の種数

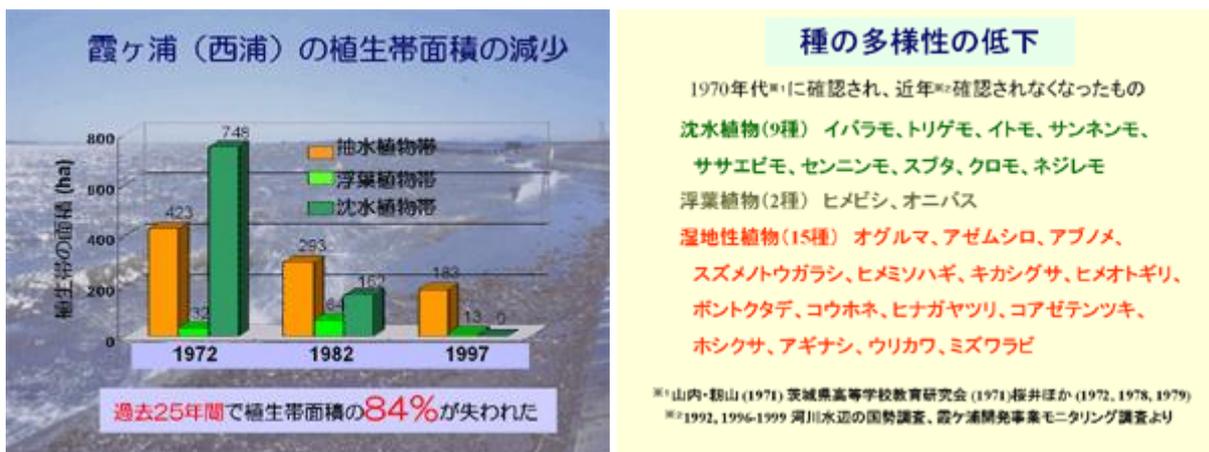
は約5倍、量(バイオマス)は約12倍あり、特にアサザが生えている場所の土壤中に動物が多いことが示されている。この理由として、アサザの根や地下茎からの酸素の供給、湖底の安定化、盛んな枯死分解による影響供給などがあげられている。ここで酸素の供給とは、新しい葉が空気を取り込み、地下茎や根へと送られる過程で土壤中に酸素が放出される作用であり(Gross 1996)、アサザのような浮葉植物がもつ重要な機能である(Smits et al. 1990)。この他にも、アサザの葉は多くの昆虫や水鳥の餌となり(van der Velde et al. 1979)、その過程で土壤中の無機窒素や無機リンを吸い上げる(Brock et al. 1983)ことを通して、生態系の水質浄化機能の一端を担っていることが示されている。

一般に、多様な生物から構成される生態系は、多少の水質の悪化のような生態系に対する攪乱に対して自ら回復する能力を備えているが、回復できる範囲を越えた強さの攪乱が生じると、生態系を支えていた生物が消失し、もとの安定した状態にはもどらなくなる。このような現象は生態系のカタストロフと呼ばれる。浅い湖沼での水質悪化による植生(特に沈水植物)の消失は、生態系のカタストロフの典型的な例である(Scheffer et al. 2001)。

2. 霞ヶ浦の湖岸植生

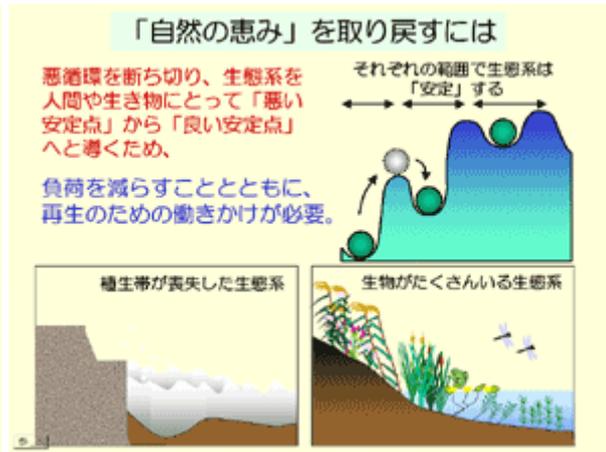
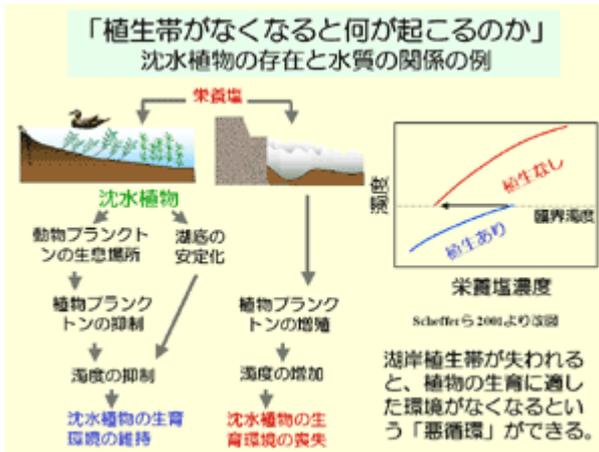
1970年代初頭の霞ヶ浦には広大な湖岸植生が存在した。1972年には西浦(約170km²)だけでも、12km²の植生帯が確認されている(桜井ほか 1973)。特に沈水植物帯の面積は植生帯全体の60%以上を占めていた。当時の霞ヶ浦が、一部ではアオコの発生などが見られつつも、漁業も盛んで、また湖で泳いだりして遊ぶこともできるなど「自然の恵み」に満ちた湖であった。その背景には、豊かな植生帯が重要な役割を果たしていたと考えられる。

しかし、霞ヶ浦の植生帯は1970年代、1980年代に急速に衰退し、1990年代後半には、沈水植物がほぼ完全に姿を消し、ヨシ原と僅かの浮葉植物が断片的に残存するのみとなった(中村ほか 2000)。1997年における西浦の植生帯の総面積はおおよそ2km²とされている(西廣・藤原 2000)。もともと広い面積をもっていたヨシ原の分断化は、そこに生育する植物の個体群の存続性をも危うくすること(西廣ほか 1998)なども作用し、沈水植物だけではなく多くの湿地性の植物が姿を消した。



現在の霞ヶ浦では、貝や小魚が生息して子供達の遊び場となる水辺は姿を消し、また漁業も、在来魚の生息環境の悪化に外来魚の卓越が追い討ちをかけ、大変厳しい状況に追い込まれている。

霞ヶ浦の生態系は、すでにカタストロフ的な変化を遂げ、かつてとは異なる安定点に達してしまったと考えられる。この状況を打開し、「自然の恵み」に満ちた霞ヶ浦を取り戻すには、何らかの新しい働きかけによって豊かな植生帯が存在する湖に戻す必要がある。

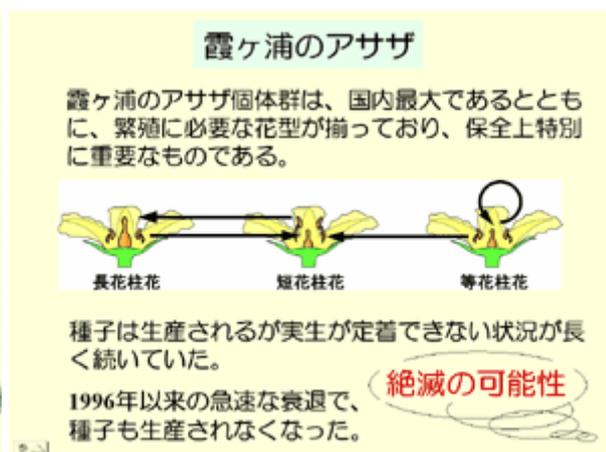
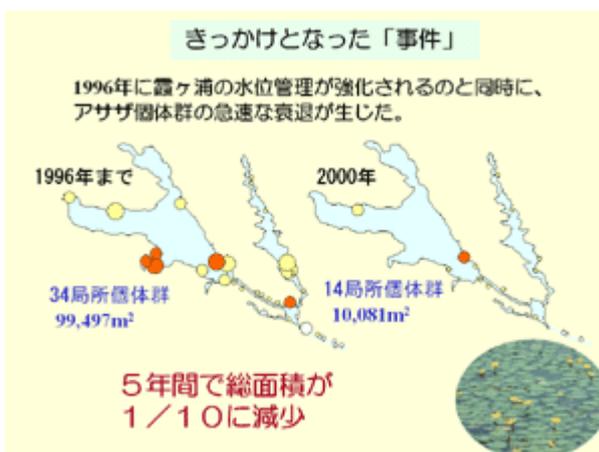


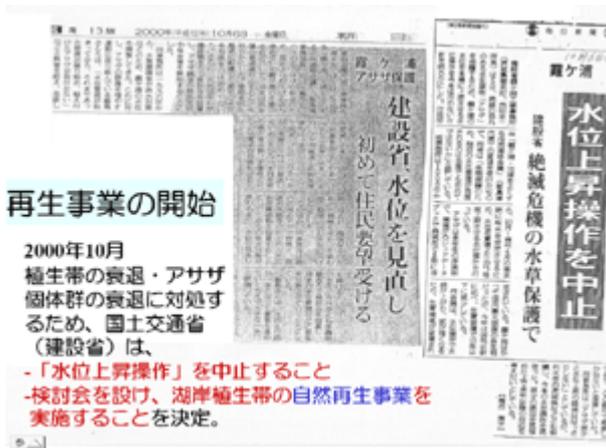
3. 自然再生事業が始まる

湖岸植生の危機的状況とその保全の重要性が世界的にも指摘される中、現在の霞ヶ浦では、湖岸植生帯の「再生」のための先駆的な取り組みが開始されている。

そのきっかけとなったのは、アサザの衰退である。全国の湖沼やため池からアサザが次第に姿を消してきた中、霞ヶ浦のアサザ個体群は、面積として国内最大であるだけでなく、種子繁殖に必要な遺伝的多様性(長花柱型・短花柱型など花型の多様性)が残されているものとして、その重要性が指摘されていた(丸井・鷺谷 1993)。ところが霞ヶ浦のアサザは1996年に霞ヶ浦総合開発の計画に基づく水位上昇管理が開始されると同時に急速に衰退した。霞ヶ浦では、水位管理の影響や発芽適地となる湖岸の侵食のため種子の発芽・定着が生じない状態が長く続いており、さらに開花・種子生産を行っていた個体が急速に減少したことにより、新たな種子が生産されることもなくなったのである(西廣ほか 2001)。これらは、霞ヶ浦のアサザ個体群は、放置すれば確実に絶滅する状況にあることを示すものである。

霞ヶ浦のアサザ個体群の状況は、日本におけるアサザの種としての存続性に関わる重大な事態である。2000年10月、国土交通省(当時建設省)は、1996年から開始された水位上昇管理を暫定的に停止すること、および湖岸植生帯を保全・復元するための検討会を設けて、「自然再生事業」に取り組むことを発表した。





4. 自然再生のための検討

霞ヶ浦の湖岸植生帯の自然再生事業の検討会(「霞ヶ浦の湖岸植生帯の保全に係る検討会」)は、行政、研究者、NPO 代表者(飯島氏)をメンバーとして、

- (1) 霞ヶ浦における湖岸植生の衰退原因を明らかにすること
- (2) 湖岸植生帯の保全・復元のための具体的な措置を明らかにすること

の二点を使命として組織された。

霞ヶ浦の湖岸植生帯保全に係る検討会

メンバー

- 行政 (国土交通省・水資源開発公団)
- NPO (アサザ基金)
- 研究者 (生態学・河川/海岸工学・土木工学)
- 2000年11月-2002年5月に約20回の検討会・ワークショップ

二つの使命

- 湖岸植生の衰退原因を明らかにすること
- 湖岸植生帯の再生のための具体的な措置を明らかにすること



(1) 湖岸植生の衰退原因

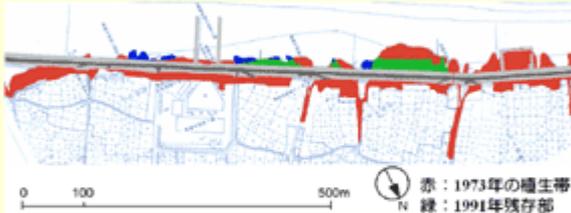
霞ヶ浦における湖岸植生の衰退原因については、過去から現在までの霞ヶ浦の植生帯やその環境の変遷の分析、既往の研究の整理、新たな研究の実施を通して検討された。その結果、霞ヶ浦の湖岸植生の衰退を招いた主要な原因として次の点が挙げられた。

① 垂直護岸の築堤

霞ヶ浦ではほぼ全ての湖岸がコンクリートの垂直護岸(堤防)に囲まれている。この堤防は、ほとんどの場合、ヨシ原などの植生の上に建設された。堤防の建設は、直接植生を破壊したばかりでなく、波の反射エネルギーを高めることによって湖岸の地形を浸食し、植物の生育場所を失わせたと考えられる。

湖岸植生の衰退原因

1. 堤防の築造



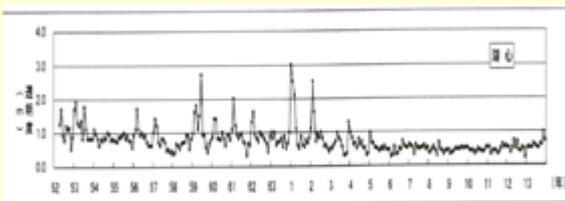
- ・堤防建設による直接的な破壊
- ・堤防からの反射波・「沿い波」の影響、それに伴う地形の変化
- ・1996年には99%の湖岸で築堤完了

②水質の悪化

流入負荷量の増加に伴う富栄養化の進行は、透明度の低下を招き、特に沈水植物帯の消失の原因となったと考えられる。また湖の底質の悪化は浮葉植物も含め湖底に根を張る植物の生育を悪化させた可能性がある。

湖岸植生の衰退原因

2. 水質の悪化



透明度：平均値の低下
季節変動の減少

透明度の低下など水質の悪化、底質の悪化は、
沈水植物や浮葉植物の生育に強く影響

③水位の改変

霞ヶ浦の水位は、治水と利水を目的とした下流の河川の改修や水門の建設・運用によって、本来存在した「冬から春にかけて低下し、夏から秋にかけて上昇する」パターンが失われ、水位は安定化するとともに、高いレベルに維持されるようになった(西廣 2002)。水位の季節変動パターンの変化は、自然の水位変動に適応した発芽・成長特性をもつ水辺の植物の更新や成長を阻害する。また水位の安定化は、緩やかな勾配をもった湖岸地形を変化させ、侵食を促進するとも考えられている。

3. 水位の改変

水位の改変 → 植物の発芽適地の減少 → 植物の多様性の喪失

霞ヶ浦の湖岸の39種の水生植物の発芽特性

● 発芽季節選択

- 春に発芽する性質（低温で休眠解除・高温で休眠誘発）：23種

アゼナルコ、イ、ハンゲショウ、ゴキツム、マツカサスキ、ミクリなど

- 秋に発芽する性質（高温で休眠解除・低温で休眠誘発）：0種

● ギャップ検出（変温による発芽促進）：16種

オキ、ヨシ、ヒメガマ、エゾミソハキ、チョウシタデ、タカサブロウなど

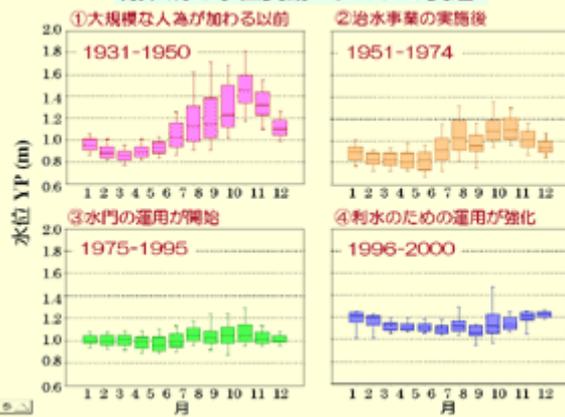
● 冠水の影響

- 水中での発芽抑制：32種

オギ、シロネ、ミスオトギリ、ドクゼリ、カモノハシ、アサザ、ササバモなど

多くの種が春に冠水しない地表面で発芽

霞ヶ浦の水位変動パターンの変遷



これらの他にも、

- ④植生帯の衰退に伴う植物による消波効果の喪失
 - ⑤堤防に付随する鋼矢板による地下水の遮断
 - ⑥垂直護岸による沿岸流の変化
 - ⑦砂・砂利の採取
 - ⑧漂流物(ゴミ)による攪乱
- などの原因が指摘された。

(2) 湖岸植生帯再生の方法の検討

湖岸植生帯再生のための措置の検討

3つの主要な特徴

1. 多様な主体の参画

- 行政（国土交通省・水資源開発公団）、NPO（アサザ基金）、研究者（陸水学、河川工学、海岸工学、保全生態学）

2. 生物多様性の保全を主目的 地域固有性にも配慮

- 霞ヶ浦由来の土壌シードバンクを活用して、沈水植物など霞ヶ浦から消失した植物も含めた多様な植物を再生させる
- 絶滅危惧植物（アサザ）の生態を踏まえた「個体群の再生事業」も実施

- 明治時代（迅速図を利用）以降の湖岸地形の変化を検討
- 過去の植生図（1973・1982）を参考に復元目標を検討

- 消波等で用いる礫や木材に流域産のものを利用

「霞ヶ浦の湖岸植生帯の保全に係る検討会」では、具体的な検討に先立って、

- ①霞ヶ浦だけでなく流域全体の環境保全を目指す
- ②霞ヶ浦固有の健全な生態系の復元を目指す
- ③持続性のある生態系の保全・復元を目指す
- ④順応的な対策が可能な提案を目指す
- ⑤科学的な立場からの保全対策の提案を行う

という、基本理念が議論を経て明文化された。これらの基本理念は、この自然再生事業が、生物多様性の保全と霞ヶ浦の健全な生態系機能の回復を目指すものであることを具体的に示すものであり、以後の検討過程で提案されたアイディアが、この理念に反していないかチェックするための規範として活用された。

次に、再生事業を実施する箇所を選定する議論が行われた。その結果、基本的には、アサザが

急速に衰退・消失した場所を実施箇所として選び、アサザ群落を含む植生帯の復元を目指すこととされた。これは霞ヶ浦のアサザを保全することは、種の保全にも関わる重要な事項であることに基づく判断である。最終的には、アサザだけでなく沈水植物・浮葉植物・抽水植物を含む植生帯を大規模に再生させる場所を6箇所、アサザが消失した場所の実生定着適地を復元し、個体群の再生を図る場所を2箇所、主に系統維持しておいたアサザ株の再導入によって復元を図る場所として1箇所が、それぞれの場所の状況や過去の条件に基づいて選定された。

植生帯が失われた湖沼での「湖岸植生帯の再生」は世界的にもほとんど前例のない取り組みである。そのため霞ヶ浦の湖岸植生帯の再生事業では、これまでにわかっている科学的知見を踏まえて仮説をたて、それに則った設計・事業を行い、その後のモニタリングによって仮説の妥当性を検証し、必要な管理や新たな事業を施すという「順応的管理」の手法によって行われることで合意された。順応的管理は、生態系のように挙動の予測が困難な対象を管理する上で有用な手法である(鷺谷 1998)。

3. 順応的管理

- 生態系の挙動は予測可能性が低い
- 湖岸植生帯の再生事業：世界初の試みを多く含む

たとえば

- 土壌シードバンクを活用した大規模な湖岸植生復元
- 消失した沈水植物の復元
- アサザの定着適地の復元

⇒最新の科学を活用するとともに「実行を通して学ぶ」取り組み(=順応的管理)の手法が有効

仮説

再生目標の設定
再生手法の立案

↓

実験

再生事業の実施

↓

検証

モニタリング・評価

←

順応的管理を行うためには...

仮説とその根拠を明確にすることが重要

たとえば

- 多様な植物からなる植生帯を復元するには
⇒比高に多様性のある場にシードバンクを含む土砂をまきだすことによって多様な植物が再生できる
- 沈水植物を再生させるには
⇒浅く、波浪の弱い場所が必要
- アサザの実生を定着させるには
⇒冠水せず他の植物に被隠されない場所が必要

具体的な検討の手順

- 1. 事業箇所の選定**
近年にアサザが消失したところ、急速に衰退しつつある場所を優先(種の保全への配慮)
- 2. 箇所ごとの目標設定**
過去の植生図を基礎資料とした検討
- 3. 目標を実現するための方法の議論**
「仮説」についての議論→具体的な設計(様々な制約があり、多くの議論が交わされた)
- 4. モニタリング方法の議論**
「仮説」を検証できるモニタリングを議論

(3) 土壌シードバンクを活用した湖岸植生帯の再生

この自然再生事業で行われた試みの主要なものの一つが、沈水植物を含めた湖岸植生帯の再生における土壌シードバンクの活用である。土壌シードバンクとは、土壌中に存在する種子の集団のことである。霞ヶ浦では、様々な種の植物が姿を消しているが、湖底の土砂中には霞ヶ浦から消失した植物を含めて多様な植物の種子や胞子が存在することがいくつかの事例から示唆されていた(たとえば春日 1995, 池田ほか 1999, 大村ほか 1999)。

湖岸植生帯を再生させるための「適切な働きかけ」とは

人間は自然を「デザイン」できるほど自然を知っていない。自然がもつ「回復力」を引き出す働きかけが重要。

最も重要な「回復力」の一つ：

土壌シードバンク（土の中で生きているタネ）

- 湖から姿を消した植物も再生できる。
- 霞ヶ浦本来の系統（血筋）を維持した個体が再生できる。
- 多くの種、多くの個体を再生できる。

3. 水位の改変

水位の改変 → 植物の発芽適地の減少 → 植物の多様性の喪失

霞ヶ浦の湖岸の39種の水生植物の発芽特性

●発芽季節選択

-春に発芽する性質（低温で休眠解除・高温で休眠誘発）：23種
アゼナルコ、イ、ハンゲショウ、ゴキツル、マツカサススキ、ミクリなど

-秋に発芽する性質（高温で休眠解除・低温で休眠誘発）：0種

●ギャップ検出（変温による発芽促進）：16種

オキ、ヨシ、ヒメガマ、エゾミソハキ、チヨウシタテ、タカサプロウなど

●冠水の影響

-水中での発芽抑制：32種

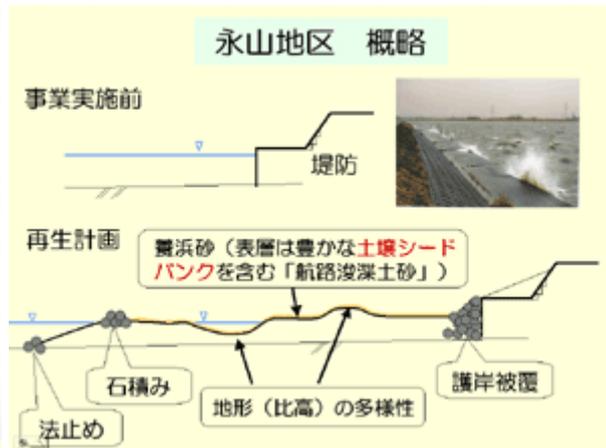
オキ、シロネ、ミスオトギリ、ドクゼリ、カモノハシ、アサザ、ササハモなど

多くの種が **春** に **冠水しない地表面** で発芽

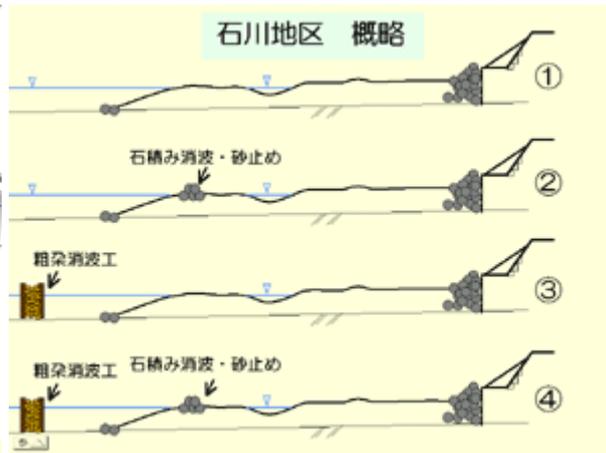
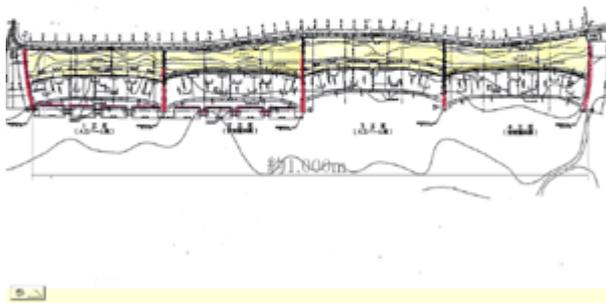
湖岸植生帯の再生手法の検討では、まず霞ヶ浦の湖底には豊富な土壌シードバンクがありながらもそれらの植物が再生しない原因について仮説がたてられた。

たとえば沈水植物の再生条件に関する仮説の概略は次のとおりである。現在の霞ヶ浦は透明度が低いため、水中を透過した光を利用して成長する沈水植物の生育には適さない環境となっている。また透明度が低くても水深が浅い場所であれば光が湖底に到達できるが、垂直護岸の存在による波浪の強化や水位操作で湖岸が侵食されているため、そのような浅い場所は存在しない。また仮に水深が浅い場所があっても、波が強い場所では底質の砂が不安定になるため種子の発芽や実生の定着には適さない場所となる。したがって土壌シードバンクからの沈水植物の再生のためには「強い波浪を受けない浅い場所」が必要であると予測された。

再生事業では、そのような沈水植物の生育場所となる浅瀬や、湿地性の植物の生育場所として相応しい比高をもつ地表面を造成し、そこに土壌シードバンクを含む土砂（航路浚渫土砂：霞ヶ浦内の漁港周辺などを浚渫した土砂）をまきだし、そこからの植物の発芽によって多様な植物から構成される植生帯を復元させることが計画された。具体的な設計では、それぞれの植物種や種群の生育に適した環境条件について植物生態学の立場からの提案を踏まえ、そのような条件を造成、維持するための物理的条件や必要な工法が河川・海岸工学や土木工学の観点から提案され、最終的には関係者全員で、提案された工法の長所・短所、予測される効果や、危惧される問題点などが議論され、設計図が作成された。



石川地区（工種の比較）



5. 「霞ヶ浦の湖岸植生帯の再生」の成果と将来

現在、霞ヶ浦では湖岸植生帯の再生事業の成果が確実に現われてきている。沈水植物帯を含む大規模な湖岸植生帯の復元を目標とした「永山地区」の事業箇所では、2002年3月に工事が完了した後、まきだした土壤中に地下茎が含まれていたエゾウキヤガラがすぐに出芽し、湿潤な地表面の部分を被った。そして6月頃には事業箇所の全域が植生で覆われ、事業地域内に造成した浅い水域では、シャジクモ、セキショウモ、リュウノヒゲモ、ササバモ、エビモ、オオササエビモ、ヒロハノエビモなどの沈水植物が確認された。かつて霞ヶ浦に存在し、消失したと考えられていた多くの種が文字通り「再生」してきたのだ。これらの他にも、レッドデータブック記載種であるアサザ、ミズアオイ、カンエンガヤツリなどが湿地的な土壌の場所や浅い水域で確認されている。

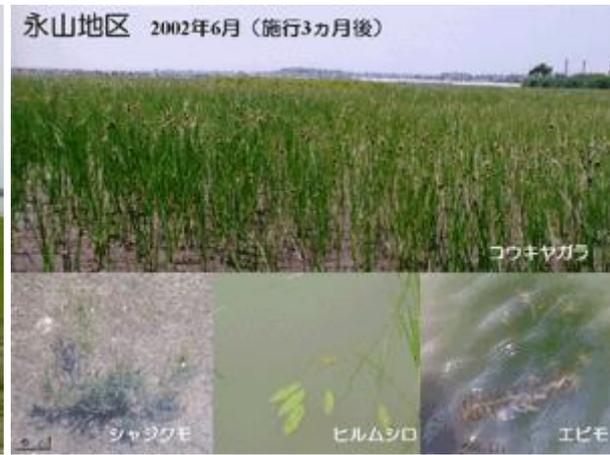
再生事業で確認された沈水植物と西浦での近年の出現状況

| 種名 | 1992 | 1998 | 1971 | 1972 | 1978 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| シャジクモ ^{※1} | ○ | ○ | | ○ | | | | | |
| オオササエビモ | | | ○ | ○ | | | | | |
| キクモ | ○ | | | ○ | | | | | |
| コウガイモ | | | ○ | ○ | | | | | |
| ササバモ | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | | | |
| ヒロハノエビモ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | ○ | | |
| セキショウモ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | |
| ササバモ | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | | | |
| エビモ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | ○ | | |
| リュウノヒゲモ ^{※2} | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | ○ | |



※1・調査地(1999)千葉～埼玉間の湖沼群(霞ヶ浦) 44, 51-53
 ※2・調査地(1999)千葉～埼玉間の湖沼群(霞ヶ浦) 44, 51-53
 ※3・調査地(1999)千葉～埼玉間の湖沼群(霞ヶ浦) 44, 51-53
 ※4・調査地(1999)千葉～埼玉間の湖沼群(霞ヶ浦) 44, 51-53
 ※5・調査地(1999)千葉～埼玉間の湖沼群(霞ヶ浦) 44, 51-53
 ※6・調査地(1999)千葉～埼玉間の湖沼群(霞ヶ浦) 44, 51-53
 ※7・調査地(1999)千葉～埼玉間の湖沼群(霞ヶ浦) 44, 51-53
 ※8・調査地(1999)千葉～埼玉間の湖沼群(霞ヶ浦) 44, 51-53
 ※9・調査地(1999)千葉～埼玉間の湖沼群(霞ヶ浦) 44, 51-53
 ※10・調査地(1999)千葉～埼玉間の湖沼群(霞ヶ浦) 44, 51-53



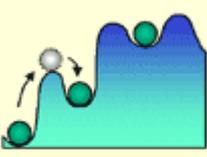


この他、アサザが消失した場所の近傍に、種子発芽・実生定着適地を造成した箇所では、早くもアサザが定着し、一部には開花した株も確認された。発芽・実生定着という生活環の「欠損部分」を補う措置によって、個体群が再生しつつあるのだ。



霞ヶ浦の自然再生事業は、工事の完成からまだ一年も経過しておらず、今後様々な問題が生じてくることが予測される。たとえば、植生の遷移が進んだときに浅い水域に生育する沈水植物は消失するのではないか、設置した消波構造物が動物の移動を妨げたり水質の悪化を招いたりするのではないか、外来植物が侵入・繁茂するのではないか、などの問題が懸念される。これらの問題には、植生に攪乱を与えることや、一旦設置した構造物を撤去するなど、順応的管理の手法で望む必要がある。そのためには、どのような根拠でその措置をするのか、その措置によってどのような結果が予測されるのかということ、事前に明瞭にしておくとともに、その予測を検証できるようなモニタリングを継続する必要がある。そのような管理を通して、私たちは湖の生態系の復元手法や、生態系の基本的な仕組みについての理解を一步一步深めていくことができるだろう。合言葉は

“Learning by doing, together” (実行を通して共に学ぶ)である。

| | |
|---|--|
| <p>霞ヶ浦における自然再生の成果と課題</p> <p>成果</p> <ul style="list-style-type: none"> - 適切な地形・波浪条件を備えた場をつくれば、霞ヶ浦の湖底の土壌シードバンクから、植物の再生が可能であることが示された。 - 霞ヶ浦からほぼ消滅していた沈水植物を含む湖岸植生帯が約145,000㎡の範囲で再生しつつある。 - 土壌シードバンクから個体が再生し一部は結実した。(「土壌シードバンクの保全」への寄与) - 絶滅に瀕していたアサザ個体群に再生の兆しがみられる。 | <p>課題-1/3</p> <p>再生事業実施箇所の管理</p> <p>たとえば</p> <ul style="list-style-type: none"> - 再生してきた植物には、存続が危ぶまれる種がある(たとえばシャジクモ類)。どのように系統を維持するか。 - 侵入してきた外来種をどのように管理するか。 - 消波工などの悪影響はないか。 <p>事業・管理の実施 ↔ 順応的管理 Learning by doing! ↔ モニタリング調査と解析</p> |
| <p>課題-2/3</p> <p>過去に行った「自然環境のための事業」の見直し</p> <ul style="list-style-type: none"> - 霞ヶ浦では過去にも様々な「自然環境保全のための事業」を行っているが、それらには問題がありそうなものも多い。 - 新しい事業や研究を通して明らかにされたことに基づいて、過去の事業を評価し、適切な「管理」(構造の変更や撤去など)を検討すべきだろう。 | <p>課題-3/3 (大きな課題)</p>  <p>最終的なゴール: 「人や生き物にとって良い生態系」という安定点に導くこと</p> <ul style="list-style-type: none"> - 悪化の原因を取り除くこと(水質や水位の改善)と適切な外力を加えること(湖岸植生帯の再生)の両方が必要。 - どのような生態系が「良い」か。一人一人の意見が重要であるとともに、生物多様性、生態系の健全性という観点から自然を評価する研究が今後さらに重要。 |

◆引用文献

Brock, T.C.M. & van der Velde, G. (1996) Netherlands Journal of Aquatic Ecology, 30: 151-163.

Brock, T.C.M., Bongaerts, M.C.M., Heijnen, G.J.M.A. & Heijthuisen, J.H.F.G. (1983) Aquatic Botany 17: 189-214.

Engelhardt, K.A.M. & Ritchie, M.E. (2001) Nature, 411: 687-689.

Gross, W. (1996) Aquatic Botany, 54: 137-150.

Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J.A., Folke, C. & Walker, B. Nature, 413: 591-596.

Smits, A.J.M., van Ruremonde, R. & van der Velde, G. (1990) Freshwater Biology 24: 315-326.

Van der Velde, G., Giesen, T.G. & van der Heijden, L. (1979) Aquatic Botany 7: 279-300.

WWF (2002) Living Planet Report 2002. <http://www.panda.org/livingplanet/lpr02/>

池田佳子・荒木佐智子・村中孝司・鷺谷いづみ(1999)保全生態学研究, 4: 21-31.

大村理恵子・村中孝司・路川宗夫・鷺谷いづみ(1999)保全生態学研究, 4: 1-19.

春日清一(1995)筑波の友, 113号.

桜井善雄・林一六・渡辺義人・天白精子・大橋通成(1973)霞ヶ浦生物調査報告書 水生植物. 建設省霞ヶ浦工事事務所・水資源開発公団霞ヶ浦開発建設所.

中村圭吾・西廣淳・島谷幸宏(2000)第28回環境システム研究論文発表会講演集, 307-312.

丸井英幹・鷺谷いづみ(1993)種生物研究, 17: 59-63.

西廣淳(2002)科学, 72: 84-85.

西廣淳・藤原宣夫(2000)土木技術資料, 42: 34-39.

西廣淳・友部恭子・鷺谷いづみ(1998)保全生態学研究, 3: 97-110.

西廣淳・川口浩範・飯島博・藤原宣夫・鷺谷いつみ(2001)応用生態工学, 4: 39-48.

鷺谷いつみ(1998)保全生態学研究, 3: 145-166.

[\[研究成果に戻る\]](#)

[\[HOME\]](#)