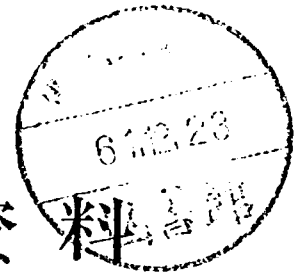


土木研究所資料



環境からみた植生湖岸とその評価 —植生湖岸計画指針作成に向けて—

昭和61年7月

建設省土木研究所
河川部都市河川研究室

Copyright © (1986) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはいない。

環境からみた植生湖岸とその評価 —植生湖岸計画指針作成に向けて—

都市河川研究室 室 長 松 浦 茂 樹

研究員 谷 本 光 司

神 庭 治 司

要 旨

人々の親水活動から湖沼環境をみると、水生植物を中心にした植生は重要な役割を有している。魚の産卵・成長にとって重要な藻場として魚釣りになくてはならぬ場であり、鳥の営巣地となりバードウォッチングの格好の場となっている。また散策にとって重要な景観の要素となっている。その他波浪の抑制にも効果があるといわれている。

水生植生のこのような多面的な効果は近年注目され、琵琶湖等の湖沼の計画に取り入れられた事例も若干ながら見受けられる。しかしまだ端緒についたばかりであり、その効果について調査・研究中であるというのが実態である。本研究はこのような状況に鑑み、環境面における植生湖岸の機能についてデータの収集、新たな実験を加えながら、計画へ向け考察したものである。また資料として湖岸植生の生理的・生態的特徴、それらの立地条件を整理・分析している。

キーワード：植生，植生湖岸，景観，藻場，営巣地，波浪抑制

は　じ　め　に

昭和59年7月の湖沼法の国会成立に象徴されるように、湖沼への関心が近年とみに高まっている。流域の生活・生産活動の活発化による汚濁負荷の流入、その蓄積による水質悪化が社会に深刻な影響を与えているためである。水質悪化が悪臭等により周辺環境に悪影響を与えるとともに、川水源としての不安となっているのである。また社会のニーズが物の充足から生活のうるおい、心の豊かさへと移っていくとともに、親水面より湖沼空間が注目を浴びていることにもようろう。

湖沼法成立後、湖沼法に基づく湖沼保全基本方針は昭和59年12月に閣議決定された。現在指定湖沼での湖沼水質保全計画の策定が進められている。一方建設省では湖沼法成立に先立ち、昭和56年12月河川審議会より「河川環境管理のあり方について」の答申が出された。この答申により「河川環境の保全と創造」を適正に行う管理が強く打ち出された。湖沼もその対象であり、各湖沼で環境管理基本計画の検討が始まっている。

人々の親水活動から湖沼環境をみると、水生植物を中心にした植生は重要な役割を有している。魚の産卵・成長にとって重要な藻場として魚釣りになくてはならぬ場であり、鳥の営巣地となりバードウォッチングの格好の場となっている。また散策にとって重要な景観の要素となっている。その他波浪の抑制にも効果があるといわれている。

水生植物のこのような多面的な効果は近年注目され、琵琶湖等の湖沼の計画に取り入れられた事例も若干ながら見受けられる。しかしまだ端緒についたばかりであり、その効果について調査・研究中であるというのが実態である。本研究はこのような現況に鑑み、環境面における植生湖岸の機能についてデータの収集、新たな実験も加えながら、計画へ向けて考察したものである。その考察の中には水生植物が果たしている水質浄化効果も含まれている。また資料として湖岸植生の生理的・生態的特徴、それらの立地条件を整理・分析するとともに、近年行われている植生の再生の試みの事例を紹介している。

本研究の最終目標は植生湖岸計画指針の作成である。だが作成には現在の我々の知識は不十分であり、そこまでには残念ながら到っていない。さらに知識の収集が必要であるが、本報告は今後の研究に対し、重要な一歩になるものと評価している。

目 次

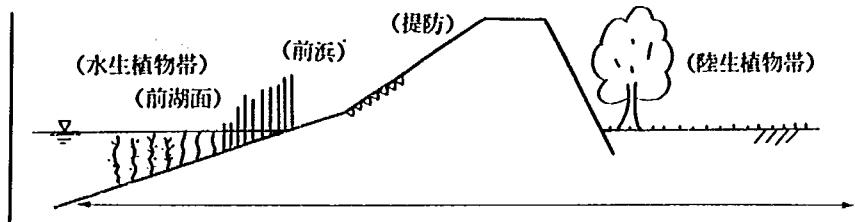
は じ め に

1. 植生湖岸の定義	1
2. 植生湖岸の事例とその機能	3
2-1 植生湖岸の事例	3
2-2 植生湖岸の機能と評価	4
— 霞ヶ浦を中心として —	
(1) 景観の構成	5
(2) 藻 場	11
(3) 鳥の営巣地	21
(4) 波浪の抑制	24
(5) そ の 他	30
1) 栄養塩類の蓄積	30
2) 重金属類の蓄積	32
3) 有機物浄化	34
4) 底泥の巻き上げ防止	36
5) 酸素生産	38
3. 生育状況からみた湖岸植生の特徴	41
3-1 代表的水生植物の生理的・生態的特徴	41
3-2 水生植物の立地条件 — 主に霞ヶ浦について	60
4. 植生再生の試みの事例とその課題	78
4-1 琵琶湖における事例	78
4-2 霞ヶ浦における事例	81
4-3 西ドイツでの事例	85
5. 湖沼環境管理基本計画と植生湖岸	97
6. おわりに	99
7. 参考文献	100

1. 植生湖岸の定義

「湖岸」とは、湖の岸であり、狭義には「湖岸堤前面の汀線を中心とする帯状の区域」として定義されよう。しかし本研究においては、湖岸周辺に生育する植物の保全、それら植物の持つ機能の積極的活用をも含めて「湖岸」を認識する必要がある。この意味から、広義の「湖岸」に含まれるべき空間として以下のようなものがある（図－1.1）。

- ・湖岸堤
- ・背後地
- ・前 浜
- ・前湖面



図－1.1 湖岸の空間的広がり

これらのうち、「湖岸堤」と背後地は陸上植物の生育の場、

「前浜」と「前湖面」は水生植物の生育の場と位置付けられる。ここでいう「前浜」とは、砂浜などのように、「湖岸堤」と「前湖面」との間に存在し、平時は冠水していない区域を指している。

つぎに「湖岸」の空間としての広がりについて考える。これは、その空間に存在する植生の現存状況、立地条件、および植生の持つ機能と関連して検討されるべきである。

「植物」を「水生植物」と「陸生植物」に分類し、それぞれの機能と「湖岸」の場所との関連を整理したのが表1－1である。これより「湖

岸」に含まれる「前湖面」とは、「水生植物の生育し得る範囲」と定義できる。「水生植物」は生活型により、一般に「抽水」、「浮葉」、「沈水」に分類される。機能との関連でみると、「景観の構成」の面では「抽水」、「浮葉」が重要である。「藻場」はすべての種類がそれぞれ機能をもっているが、「沈水」、「浮葉」の果たす役割が大きいと考えられる。「鳥の営巣地」としての役割は「抽水」が中心となる。また「波浪抑制」については、「抽水」

表1－1 湖岸の場所と植物の機能

	機 能	場 所			
		前湖面	前 浜	湖岸堤	背後地
水生植物	景観の構成	○	○	△	
	藻 地	○		△	
	鳥の営巣地		○	△	
	波浪抑制	○	△	△	
	そ の 他	○	○		
陸生植物	景観の構成			○	○
	鳥の営巣地			○	○
	緑陰形成			○	○
	そ の 他			○	○

○：関係がある。

△：関係がある場合もある。

の役割が大きい、「沈水」、「浮葉」の効果も無視し得ない。生育範囲についてみると、3つの生活型では「沈水」が最も沖合に生育する。その生育範囲は、地理的条件等により大きく変化するが、霞ヶ浦の場合100～300m程度と見られる。

「陸生植物」は、「樹木」と「草類」に分類される。機能との関係でみると、「樹木」は「景観の構成」

「鳥の営巣地」，「緑陰形成」のすべてに重要な役割を果たす。「草類」は「緑陰形成」の機能はもっていない。「陸生植物」は「湖岸」以外にも生育するので，「湖岸」に含まれる「背後地」を「陸生植物の生育する範囲」と定義することはできない。ここでは「湖岸に含まれる背後地とは，主として景観の面から，湖岸堤と一体となっている範囲」と概念的に定義付けておく。実際には，個々の場に応じて判断が必要であろう。

以上より，植生湖岸は次のように定義される。

「植物を保全し，その機能を積極的に活用する湖岸」

なお本研究では，主として水生植物を対象に，その機能，生育条件等を調査する。

2. 植生湖岸の事例とその機能

本章では、人工的に整備されたあるいは整備中の植生湖岸の事例を収集して現況を考察する。

2-1 植生湖岸の事例

主な湖沼における植生湖岸の事例としては表-2.1に示すものがあげられる。

表-2.1でみるように植生湖岸の件数は現在のところ少なく、琵琶湖で景観の構成要素として位置づけられているのみである。

○景観の構成要素としての琵琶湖の植生湖岸

植生湖岸は植物を用いた湖岸であることから、植物のもつ緑が潤いを与え、より良い景観を生み出す構成

要素となっている。この景観を重視した湖岸の例として、湖岸緑地があり、琵琶湖でみられる（写真-2.1、写真-2.2、写真-2.3）。ここでは湖辺に自然公園を整備し、植物を含めた湖辺の風致形成に資するよう事業化が進められている。新たな環境創造として植生湖岸が期待されているのである。

表-2.1 主な湖沼における植生（環境）湖岸の事例

湖 沼	事 例	内 容
霞ヶ浦	○植生湖岸試験	
琵琶湖	○湖岸緑地 ○自然公園 ○ヨシ再生試験	景観に重点を置いた植生保全
中網湖	○湖岸緑地	3～10m幅



写真-2.1 琵琶湖の湖岸堤・管理用道路



写真－ 2. 2 琵琶湖の湖岸緑地



写真－ 2. 3 琵琶湖の自然公園

2－2 植生湖岸の機能と評価 ― 霞ヶ浦を中心として ―

事例では、植生湖岸の環境機能として「景観の構成要素」「自然環境の保全」があげられていたが、湖岸植生にはそれ以外にも種々の機能が考えられている。ここでは植生湖岸の重要な要素である水生植物に注目し、水生植物がもつ機能についてその具体的内容を霞ヶ浦の事例を中心に述べる。それとともに

何らかの方法で定量化できるものは定量化の試みを行った。水生植物のもつ機能とその評価のための基本方針は、表－2.3に示す。なお湖沼水質に果たす水生植物の役割はそれ程大きくないため、その他としてまとめている。

表－2.3 水草のもつ機能とその評価手法

機 能	評 価 の た め の 基 本 方 針
景 観 の 構 成	詩歌、小説および絵画に取り扱われている状況の把握
藻場、水生昆虫の幼性 両生類などの生育の場	産卵場、稚仔魚・成魚の生育場・餌場としての利用状況の把握
鳥 の 営 巣 地	営巣の有無と鳥の種類、必要な群落の大きさの把握
波 浪 の 抑 制	波高を指標として植物群落内外の差を把握
そ の 他	
栄 養 塩 類 の 蓄 積	種類別現存量とNP成分量より算定
重 金 属 類 の 蓄 積	種類別現存量と重金属類含有量より算定
有 機 物 浄 化	既往調査研究事例による
底泥の巻き上げ防止 浮遊物の沈降促進	植物群落内外の濁度の差を指標とする
酸 素 の 生 産	種数別現存量と生産量換算表より算定

(1) 景観の構成

イ) 概説 (湖沼景観の特徴)

湖沼景観の第一の特徴は、広大な水面である。湖水面は水平であり、縦横に広がりをもっている。水の表情と言う点からみれば、河川では“流れ”が中心となるのに対し、湖沼は河川との対比でみれば淀みのイメージとなる。

第二の特徴は空間の有限性、いかえれば、どちらの方向に視線を移しても対岸が存在するという点である。この点で海の景観とは異なっている。両者の違いは、水面積の相違によるものである。このことを水の表情でいえば、打ち寄せる波のスケールの違いということになる。

このように、同じ水を中心とした空間であっても、湖沼景観は河川や海の景観と区別される。ただしこれは、非常に大まかな区別である。例えば、河川でも川幅が広く淀んだ部分や、海の入江・内湾部の景観は湖沼に近いだろう。また細長い形状で流入量の多い湖沼の景観は河川に近く、逆に湖面積が大きくなれば海に近い景観となろう。

一方、水生生物について見ると、淡水湖には河川と共通の種が多く見られ、汽水湖では海域と共通点がみられる。すなわち、生物を中心とする水空間の景観という見方をすれば、湖沼は河川・海域と多くの共通点をもっているといえることができる。

ロ) 湖沼景観の素材としての湖岸植生

湖沼景観における素材およびそれらの役割は何であろうか。このことについて霞ヶ浦を対象として検討する。

霞ヶ浦はわが国第二位の面積をもち、海がすぐそばにある海跡湖である。湖の周辺には標高約40m程度の台地がみられるが、高い山はない。遠くに紫峰筑波山を、はるかに遠くに富士山が望まれるのみである。このような湖が景観としてどのように評価されているのか、また水生植物がどのような役割を有しているのか、歴史的に取り扱われた詩歌・小説および絵画に基づいて考察しよう。

表2-4は、霞ヶ浦を題材とした和歌11首、俳句14句、短歌68首、小説・随筆5編、民謡13曲をもとに、その中に詠まれている景観の素材の出現回数を調べたものである。これより、霞ヶ浦の景観を構成する素材で最も多く取り上げられているのは湖面に浮かぶ舟であり、それに続くのが葦を中心とした湖岸植生であることがわかる。湖岸植生が霞ヶ浦の景観の中で大きな位置を占めていることがこれより理解される。

表- 2.4 霞ヶ浦の風景を構成する素材

項	目	短歌・俳句	短歌	小説・随筆	民謡	合計
水	上					
	舟	6	11	5	13	35
湖岸植生	葦	1	5	4		10
	ガ マ	2		1	1	4
	真 菰	2		1		3
	ハ ス	2				2
	ヒ シ	2				2
	ウ キ ク サ	2				2
並	木					
	松	1		1	4	6
	ボ ブ ラ		1			1
魚	白 魚		1		5	6
	公 魚		1	1	4	6
	山 女				1	1
水	鳥					
	白 鷺		5			5
	鴨		5			5
	よしきり		1	2	1	4
	鳩 鳥	1	1	1	1	4
色	紫		1	3	1	5
	青		1	2		3
地	点					
	筑 波	2		2	4	8
	浮 島	1		2	3	6
	麻 生			2		2
	天 王 崎			1	1	2
	潮 来				1	1
	高 須				1	1

絵画としては江戸時代中期に描かれた葛飾北斎の「富嶽36景」の一つ、「常洲牛堀」で検討しよう（絵-2.1）。この絵は、36景の中でも最も西にあたる霞ヶ浦の牛堀からの展望である。牛堀は茨城百景の一つ、「水郷牛堀」として選ばれた景勝地であり、湖上遥かに筑波山や富士山が眺められる。北斎は霞ヶ浦を航行する苦舟と湖岸の松を大胆な構図で前景に置き、中景には水鳥が飛び、芦が茂り、民家の屋根が望める水辺風景を配し、そして遠景にはデフォルメされた富士を描いている。なお、前景の苦舟はその構造や積荷、船頭達の生活の様子などが細かく描かれており、米のとぎ汁を湖面に捨てている姿は当時の水上生活者と霞ヶ浦の関係を示している点で注目される。米をといだり炊事や飲用の水は霞ヶ浦の水が使われたのであろう。

このように広々とした霞ヶ浦を描くには、茫漠感をなくす素材が重要な役割を占めており、それが富士であり、湖岸植生であり、舟である。表-2.4をみると、これら以外にも水鳥、筑波山が取り上げられている。また取り扱われている地点は浮島、麻生、天王崎のように地形が変化したり奥行きを感じさせるところである。

北斎の絵では湖岸植生は中景に描かれているが、その位置からして近景としても重要であろう。高須敬二の天王崎公園（絵-2.2）によると、松ノ木、舟とともに湖岸植生は近景として取り扱われている。

このように湖岸植生は、近景、中景として景観において役割を有している。

ハ) 霞ヶ浦における植生の景観

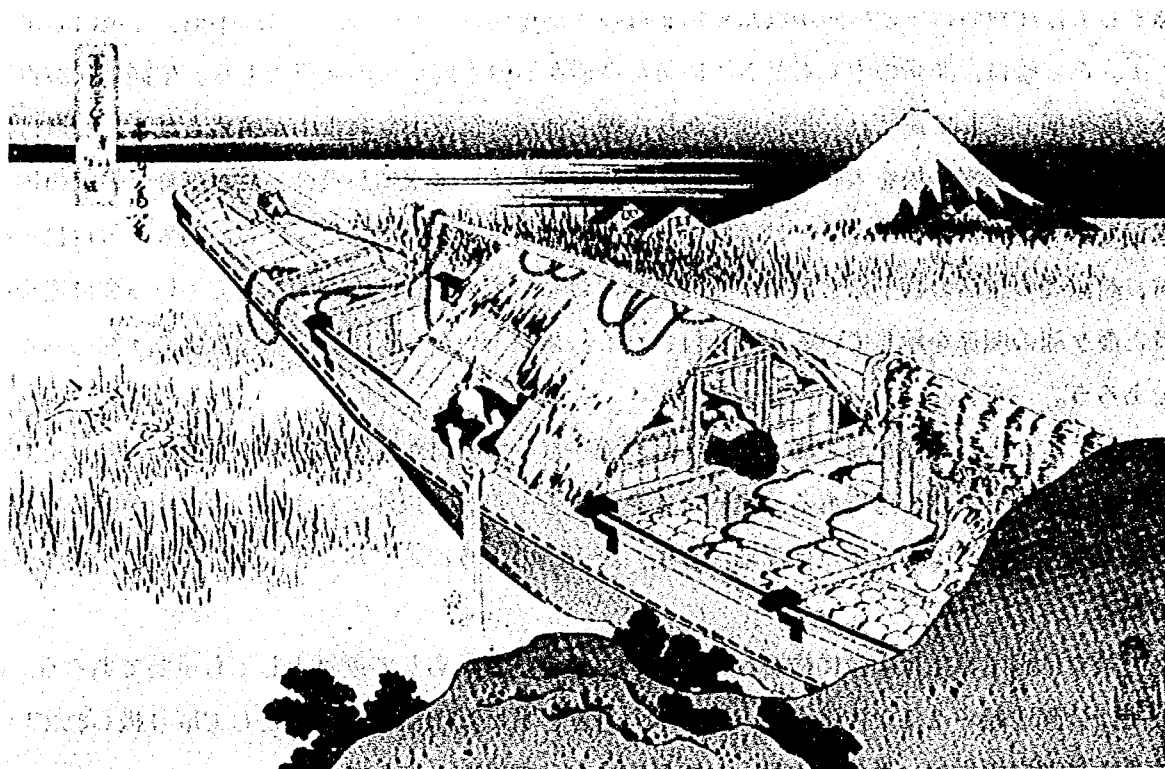
写真-2.4は、西浦右岸13.8km付近である。対岸までの距離は約5kmと比較的長く、写真撮影時のように薄曇りの天候のもとでは、対岸はよく見えない。またこの付近は西の州干拓と呼ばれる干拓地のため、湖岸線形状に凹凸がなく、きわめて単調な景観を呈するところである。その中で、写真左手に見えるヒメガマの群落は、景観に一つのアクセントを与えている。湖岸堤法面の植栽とも相まって、豊富な緑を提供していることも、景観上評価できよう。

写真-2.5は、和田岬の下流側である。岬の陰の波のない部分であり、なめらかな水面をヒシ、ガガブタなどの浮葉植物が彩っている。写真では、ヒシの濃い緑とガガブタの淡い緑の対比がみてとれるが、さらに水面に付近くとガガブタの白く小さい花を見ることができる。

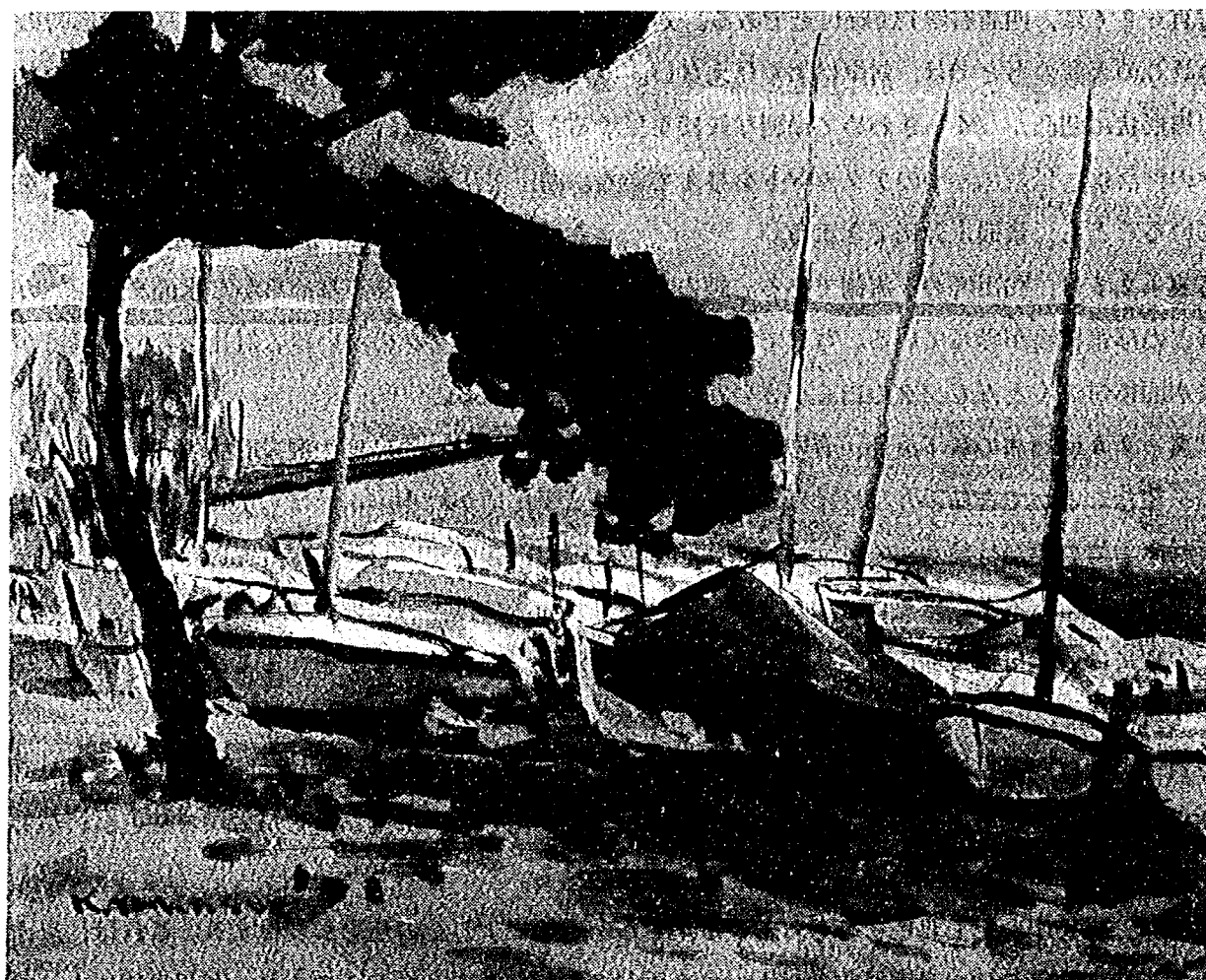
写真-2.6は西浦の最下流部、右岸0.5km付近の状況である。右手には牛堀、麻生の湖岸線が続き、天王崎を望むことができる。左手は本新島干拓と呼ばれる干拓地が続く。正面はちょうど湖心に向かっている。対岸までの距離は霞ヶ浦では最も長く10kmを越え、奥行きの深い景観となっている。ここはまた、水生植物の宝庫でもある。とくに沖のアサザ群落は、9月前後には、黄色の花をつけ、湖面を鮮やかに彩る。また夕刻には、陽は霞ヶ浦の方角に沈み、水生植物は鮮やかなシルエットとなって浮かび上がる（写真-2.7）。

写真-2.8は西浦左岸10km付近である。水面に薄く影のように見えているのは、ホザキノフサモである。沈水植物の群落があると、沖の方に見られるさざ波が打ち消され、水面が滑らかになることがわかる。このように、沈水植物には水の表情を変化させる機能がある。

植生は、緑を中心とした色彩をもっている。しかも季節によりその色彩が変化する。これは、舟、魚、鳥、人工構造物等の他の景観構成素材と大きく異なる特徴である。またこの点が、湖沼景観にとって植



絵-2.1 常州牛掘（葛飾北斎） 出典：北斎富嶽 36景



絵-2.2 天王崎公園（高須敬司） 出典：茨城観光 100選

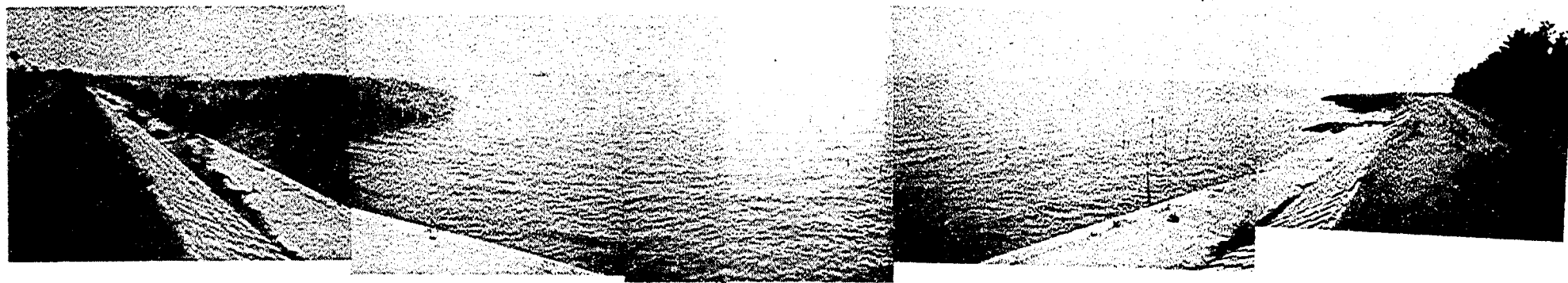


写真-2.4 西浦右岸 13.8km 付近



写真-2.5 和田岬の内側

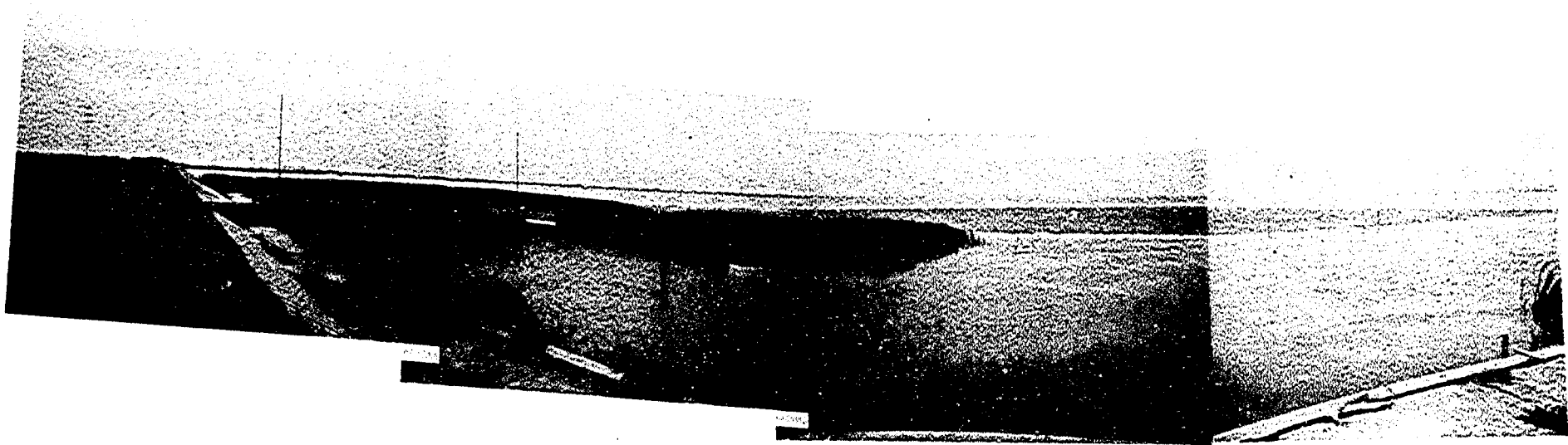


写真-2.6 西浦右岸0.5km付近



写真-2.7 西浦右岸0.5km付近



写真-2.8 西浦左岸10km付近

生が欠くことのできない素材と認識されている理由であろう。

建設省霞ヶ浦工事事務所でも、植生の景観構成機能を十分認識しており、現在外浪逆浦の徳島地区において植生再生の試験工事を実施している。

(2) 藻 場

藻場は、魚類や小動物が産卵場あるいは稚仔魚・成魚の生育場・餌場として水生植物帯が利用される場であり、水生植物のもつ機能の一つである。ここではその役割を霞ヶ浦を例にとって評価した。評価は既存文献と現地調査を基に行った。

① 霞ヶ浦に出現する魚類と水生植物との係わりの整理

1) 既存文献による整理

霞ヶ浦に出現する魚類のうち1973年～1977年に漁獲高に示され、主要と考えられる種類について既存文献を用い水生植物との係わりを整理した。表-2.5に、水生植物と係わりをもつ種類と産卵、仔稚魚、成魚別の生活形態を示した。このうち、水生植物と密接な関係をもつ場合には◎印、関係をもつ場合には○印を付した。

なお、既存文献からみて水生植物といずれの時間にも係わりがあまりないと考えられる種類は次のとおりである。

ボウズハゼ、シマハゼ、ウロハゼ、ゴクラクハゼ、アシシロハゼ、ウキゴリ、ビリンゴ、
ジュズカケハゼ、スズキ、ボラ、チチブ、ニゴイ、ウグイ、ハクレン、コクレン、アオ
ウオ、シロウオ、ウナギ

また、水生植物と係わりをもつ種類についてその係わり方を図-2.1に示した。

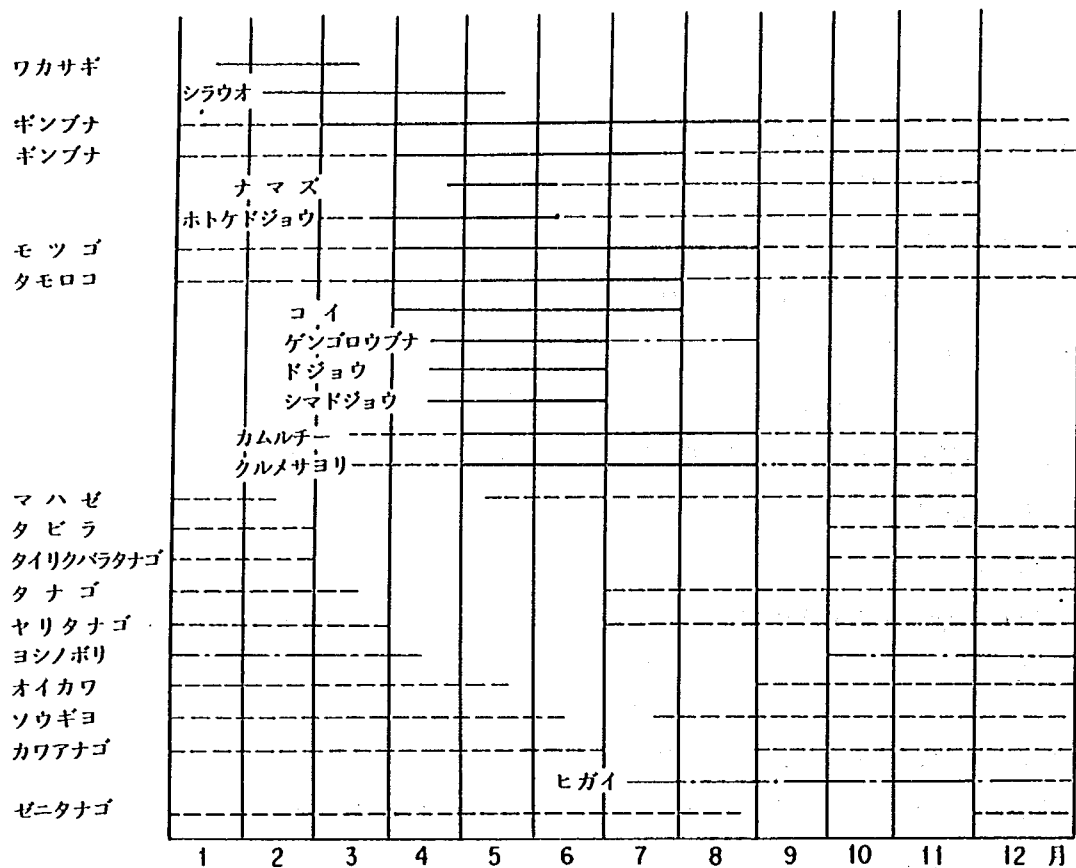


図-2.1 霞ヶ浦における魚類、甲カク類と水生植物との係わり（既存資料）
（産卵、仔稚魚、成魚について水生植物と係わりのある時期を示す）

（凡 例） ——— 産卵 - - - - - 成魚 - · - · - 仔稚魚

太線は水生植物と密接に関係

表-2.5 霞ヶ浦における魚類と水生植物との係わり（既存文献）

◎印は水生植物と密接に関係
○印は水生植物と関係
△印は水生植物との関係が不明確
×印は水生植物とほぼ紙関係
無印の文献は（N15）

（産卵・仔稚魚・成魚において水生生物と係わりをもつ魚種）

魚 種	産 卵		仔 稚 魚		成 魚		備 考
	時 期	内 容	時 期	内 容	時 期	内 容	
カ ム ル チ ー （ライギョ）	◎ 5～8月 (20～30℃)	・水草の茂った池沼の沿岸部 ・水深0.2～1m ・水草の茎・葉で浮巣を作る ・代替あり（J48）	◎	・単内の表層で水草のお るところ ・食性（浮遊動物）	◎	・池沼の水の濁った泥底の止水 ・水深1mの水草の茂ったと ころ ・食性（カエル・魚）	冬：深い部分
ク ル メ サ ヨ リ	◎ 5～8月	・水草の小枝、アマモ、ガラモ	○	・藻場、沿岸、河岸の表層	○ 春～秋	・食性（付着動植物→浮遊植物）	冬：汽水域
モ ツ ゴ	◎（4月上旬）	・水辺のヨシの茎、竹類、石面 貝殻面 ・ヨシ・マコモの枯茎（N7） （J48） ・石の表面・下面、岩の割れ目 石垣の間	○ 7月下旬 ～10月中旬	・ヨシ場、藻場（J38）	○ 7月下旬 ～10月中旬	・沿岸の泥底部、水深2～3m ・食性（水草、大型藻類に付着 する動植物、浮遊動物、底生 動物） ・ヨシ場、藻場	冬：ヨシの枯れ た中
キ ン ブ ナ	◎ 3～6月上 旬 ～8月 3～6月	・池や川の岸にあるヨシ、フサ モなどの葉や茎に産卵 ・降雨後、水藻、ヨシ、マコモ の枯茎などに産着（N7） ・代替あり（J48）	◎	・水生植物帯を餌場 （N7、J2） ・食性（Chydorus, Alonaなどの甲殻類） （J2）	◎	・主に泥底、砂泥底にも多く、 泥質の止水域で水草の繁茂し た水域に多い（N7） ・フナの中では最も底生的 ・食性（底生昆虫、半底生動物 プランクトン、小型貝類、底 生藻類とその半分解物）	冬：水草、そだ の中に潜る （N7）
ギ ン ブ ナ	◎ 3月下旬 ～4月 ～6月下旬 （琵琶湖）	・内湖などの表面に浮んだ水草 やゴミ、ヨシの茎などに産着 ・代替あり（J48）	◎	・水生植物帯を餌場 （N7、J2） ・食性（Chydorus, Alonaなどの甲殻類） （J2）	◎ 年 中	・内湖のヨシ周辺 ・他魚の産卵期盛時にはヨシの 周辺から姿を消す	冬にも深みへは 下らぬ

魚 種	産 卵		仔 稚 魚		成 魚		備 考
	時 期	内 容	時 期	内 容	時 期	内 容	
タモロコ	○ 4～7月	・川の砂底、ヤナギの根や浮いている水草 ・沈水植物(J48) ・砂底(J48)	△		◎	・川の沿岸の水のゆるやかな所 ・内湖などの水草・藻の中 ・漁港などに多く、あまり移動しない ・食性(水生昆虫、半底性浮遊動物、クロモなどの水草)	
マナマズ	◎ 3月下旬～6月上旬	・池沼の沿岸などにある水面に浮いている藻・水草	◎	・小川・田などの浅い水草の生えた泥底 ・食性(底生動物・半底生浮遊動物)	○	・川・湖・池沼の比較的深くない泥底部、砂泥底部 ・水草の茂った所、岩の間 ・食性(魚、甲殻類、貝類) ・湾奥部の水草地帯など(N7)	冬:泥上, 泥中

(産卵および仔稚魚あるいは成魚の時期に水生植物との係わりをもつ魚種)

ホトケドジョウ	○ 3月下旬～6月上旬	・流水のある浅い砂泥底の水草などの生えているところ	×	・小川の流れのゆるい場所の表層から底層 ・食性(浮遊植物・小型浮遊植物)	○	・水の冷たく澄んだ浅い砂礫底 ・泥底のゆるやかに流れる小川 ・小溝の水草の間や石の下 ・食性(浮遊動物・底生動物)	冬:泥底 実用的価値なし(N21)
ゲンゴロウブラ	◎ 4月下旬～6月下旬(霞ヶ浦)	・大雨で増水した直後の夜明け前 ・水面に浮いた水草に産着 ・水草のないところでは増水で浸水した陸上植物やゴミに産着 ・深い所では決して産まない	○	・内湖の浮き藻の周辺やヨシの中 ・食性(動物プランクトン→付着藻類: Chydorus, Alonaなどの甲殻類(J2)) ・水生植物帯(J2) ・2～7cmになると外湖へ移動(J2)	×	・沖合の表層部を大群をなして遊泳 ・食性(植物プランクトン、産卵期には付着藻類)	
コイ	◎ 4～6(～7)月(関東以西) 水温18～22℃ 5～6月(N7)	・浅い池の沿岸、水の停滞した川岸などで、ヨシ、マコモ、キンギョモなどの水面近い部分に産着 ・日の出～正午ごろ	○	・水草の多く生えた止水を好む ・食性(浮遊動物・付着生物→ユスリカ類)	×	・湖では沿岸部に生息 ・食性(底生動物、泥上の底生付着藻類とその分解物、貝類)	冬:やや深い部分 水温7℃以下で活動を停止

魚 種	産 卵		仔 稚 魚		成 魚		備 考
	時 期	内 容	時 期	内 容	時 期	内 容	
シ ラ ウ オ	○ 2月上旬 ～5月上旬 水温5～17℃ 盛期:3月中旬 ～4月中旬	・水深2～3m以浅の砂礫底や ・水草・水藻 ・川の砂底	△	・産卵場付近～沿岸	×	・汽水湖・海の沿岸 ・食性(浮遊動物)	霞ヶ浦では陸封型(N16)

(産卵の時期のみ水生植物と係わりをもつ魚種)

ド ジ ョ ウ	◎ 4月下旬 ～6月下旬 ◎ 4～5月	・水溝の水草, イネ株など ・沈水植物, 浮いた水草, 沈水した陸上植物(J48) ・水草など(N7)	×	・他物に吸着, 泥底 ・食性(底生藻類, 小型の半底生浮遊動物)	×	・泥底上・泥底中 ・食性(底生藻類, ユスリカ, イトミミズなど)	冬: 泥底に潜る
シマドジョウ	◎ 4月下旬 ～6月下旬	・砂礫底に生える水生植物の根や茎	×	・浅い砂泥底 ・食性(原生動物, 底生藻類)	×	・川の砂底部 ・池, 湖, 沿岸の砂底・砂泥底部 ・食性(底生藻類, 小型水生昆虫)	冬: 砂中
ワ カ サ ギ	○ 1～3月 盛期の水温6℃(J45) ○ 1月中旬 ～3月中旬 (霞ヶ浦)	・川の20～40cm水深の砂礫底 ・風の吹きあたる3m以浅の砂礫底の湖岸 ・アマモなどの水草・夜間 ・水深1～2mの砂礫質が適地で湖辺の水藻にも産卵する(霞ヶ浦)	× 春	・ふ化後1カ月は岸に極めて近い部分 ・その後沿岸一帯 ・食性(藻類, ワムシ)	× 8～9月 夏	・沿岸一帯 ・食性(動物プランクトン, ユスリカ) ・表層近く	冬: 底層に移り 12月頃から 岸近くに来遊

(産卵期以外の時期に水生植物と係わりをもつ魚種)

オ イ カ フ	× 5月下旬 (18～20℃) ～8月下旬	・5～10cm水深の流れのゆるい平瀬の砂礫底	○	・産卵床内→浅く開けた(10cm以浅)の流れの遅い(10cm/sec以下)淵の内側や平瀬→やや広い場所 ・水性植物帯(J2) ・食性(底生藻類, 水生昆虫: ワムシノープリウス Cladocera)(J2)	○	・浅く開けた場所 ・岩場, 砂底, 泥場, 密に生えていない藻場 ・食性(極めて幅広い)	
---------	-----------------------------	------------------------	---	---	---	--	--

魚 種	産 卵		仔 稚 魚		成 魚		備 考
	時 期	内 容	時 期	内 容	時 期	内 容	
ソ ウ ギ ョ	× 6月下旬 ～7月中旬	・利根川, 熊谷市妻沼～羽生市 川俣	○	・ふ化まで流下 ・食性(ワムシ類→藻類, 小動物→水草・植物) (N16)	◎	・中層を遊泳 ・食性(ヨシ, マコモ, 沿岸陸 上植物, 沈水植物)(N7,15) (あらゆる水草)(N24)	適温15～30℃ (N24)
タイリクバラ タナゴ	× 3～10月	・イシガイ類の鰓の内側	△	・貝内→岸近くの浅い場 所 ・水生植物帯(J2) ・食性(小型浮遊植物: ワムシ類(J2))	○	・藻の多い, 流れのほとんどな い川の下流のよどみ ・浅い池の沿岸部・藻場(N7) ・食性(半底生・付着性動植物)	
ヤリタナゴ	× 4～6月	・セタイシガイ, マツカサガイ などの鰓の中	○	・貝内→沿岸表層→ヨシ の生えた岸近く ・食性(浮遊性小型動植 物:ワムシ類(J2)) ・漁港などに多い	◎	・10m以浅の湖岸, 内湖, 川の ヒシの下, コウガイモの間な どの中層 ・食性(水草に付着する動植物 付着藻類, 水草の破片)	
ゼニタナゴ	× 9月下旬 ～11月下旬	・マツカサガイ, アツヌマガイ タガイ, ドブガイなどの鰓内	△	・貝内→下層部 ・水生植物帯(J2) ・食性(小型浮遊動物: ワムシ類(J2))	◎	・平野部の浅い池沼 ・泥底, 砂泥底の水草の密に生 えた流れの極めてゆるい, ま たは全くない場所 ・底層, 下層 ・食性(柔らかい水草, 付着藻類)	
タ ナ ゴ	× 3月下旬 ～6月	・カラスガイ, タガイの鰓内	△	・貝内→岸近くの浅所の 表層→中層 ・水生植物帯(J2) ・食性(浮遊動物:ワム シ(J2))	×	・平野部の浅い池沼 ・止水域 ・食性(底生動物, 付着底生藻 類)	
ヒ ガ イ	× 4月上旬 ～7月上旬 (10～20℃)	・殻長2～5cmのメンカラス ガイ, マルドブガイなどイ シガイ類の外殻膜	◎	・沿岸部の水草, 藻の表 面近くに群遊→体長3 cm以上で岩礁部にも進 出	×	・河川, 湖, 池 ・水のきれいな砂底, 砂礫底 ・夏は10m以浅 ・食性(付着小動物)	冬は20～30m

魚 種	産 卵		仔 稚 魚		成 魚		備 考
	時 期	内 容	時 期	内 容	時 期	内 容	
ヨシノボリ	× 4月下旬 ～9月下旬	・平瀬の深さ20～80cm流速10～50 cm/sec の水底の石の下 ・石の表面, 下面, 岩の割れ目 石垣の間 (J48)	○	・海・湖に降下, 表層 ・水生植物体 (J2) ・食性 (浮遊動物: 大型 のCopepoda, Cladocera, ユスリカ の幼生 (J2))	×	・川の平瀬 ・食性 (水生昆虫, 付着藻類)	
マハゼ	× 2月下旬 ～5月上旬	・水深2～7 mの泥底・砂泥底 ・Cl-15%程度	×	・泥場・藻場 (沿海・汽水 水域) で浮遊生活 ・食性 (浮遊動物) ・一部は川へ遡上, 底生	○	・河口付近の砂泥底, 泥底 ・食性 (底生動物, 水草, 大型 藻類)	
カワアナゴ	× 7～8月	・石の下面	×	・遊泳→底生	○	・水の流れのゆるい砂泥底の淀み ・石の下, 水草の茂み ・食性 (小魚, エビ, カニ)	
タビラ	× 3～9月	・タテボシ, マツカサガイ, セ タイシガイ	×	・貝→割り合い開けた水 域 ・食性 (小型浮遊生物)	○	・比較的開けた場所 ・岩・石・杭などのある場所 ・内湖, 沿岸部のヒシ・コウガ イモなどの間の中層 ・食性 (付着藻類, 半底生浮遊 動物)	

- J 2 平井賢一 (1971) びわ湖内湾の水生植物帯における仔稚魚の生態Ⅱ, 水生植物帯にすむ仔稚魚の食性について, 金沢大学教育学部紀要 20: 59～71
- J 29 桜井善雄他 4 名 (1973) 水生植物, 霞ヶ浦生物調査報告書 78～148
- J 38 牧岩男 (1964) びわ湖の内湾における魚類と餌生物の関係, 生理生態 12 (1, 2): 259～271
- J 45 白石芳一 (1961) ワカサギの水産生物学的並びに資源学的研究, 淡水区水産研究所研究報告 10 (3): 1～263

- N 7 建設省関東地方建設局霞ヶ浦工事々務所, 水資源開発公団霞ヶ浦開発事業建設部 (1980) 霞ヶ浦の生物
- N 15 宮地伝三郎, 川那部浩哉, 水野信彦 (1976) 原色日本淡水魚類図鑑, 保育社, 東京
- N 16 松原喜代松, 落合明 (1969) 魚類学 (下) 恒星社厚生閣, 東京
- N 21 大島正壽 (1940) 魚 三省堂, 東京
- N 24 代田昭彦 (1975) 水産餌科生物学, 恒星社厚生閣, 東京

ロ) 現地調査結果による整理

昭和58年8月に霞ヶ浦工事事務所において実施された藻場調査結果を整理し、水生植物と生息していた生物を示すと表-2.6となる。表よりテナガエビ、タイリクバラタナゴ、ギンブナの他、既存文献では水生植物とあまり係わりがないとされていたチチブ、ウキゴリ、ジュズカケハゼも水生植物帯に多数生息していることがわかる。

表-2.6 霞ヶ浦の水生植物帯に出現した生物

(昭和58年8月調査)

水生植物		出現生物										その他
		モツゴ	コイ	ギンブナ	タイリクバラタナゴ	クルマサヨリ	メダカ	チチブ	ウキゴリ	ジュズカケハゼ	テナガエビ	
抽水植物	ヒメガマ											・オオタニシ サカマキガイ
												・オオタニシ
	ヨシ							○			○	
						○		○	○		●	
浮葉植物	アサザ											オオタニシ イシガイ
			○	○	○							
	ヒシ、ガガブナ	○			○				○	○		
沈水植物	オオカナダモ			○				●	●	○	●	オオタニシ モノアラガイ
				○				●	○		○	オオタニシ モノアラガイ他
	ササバモリ リュウノヒゲモ	○		○	○			●				マシジミ イシガイ
		○		○	○			●	○		○	モノアラガイ
	リュウノヒゲノ	○		○	○							
	ホザキノフサモ クロモ	○			○		○	●	○	○		
	ササバモ、ホザキノ フサモ、セキシウモ								○		○	

● 多数出現

○ 出現

水生植物機能報告書より引用、加筆(1983)

② 霞ヶ浦における水生植物の藻場としての機能概略評価

イ) 藻場としての概略評価

水生植物が藻場として重要であることは、一般的に次のとおり言及されている。

水生植物群落内の水界は、湖に生活する魚族の産卵場、及びふ化した仔稚魚の発育の場としてきわめて重要である。すなわち水草の密林の中に産卵され、ふ化した仔魚は豊かなプランクトンとベリファイトンによって餌料が保証され、かつ捕食生活から保護される（J 29, N 7, J 2）。また、仔稚魚だけでなく、成魚にとっても生育の場、餌場として重要である。

水生植物帯の中でも、入江になっていて波の静かな場所にある3生活型から成る立地、すなわち抽水植物帯と沈水植物帯の間にアサザ、ヒシ類の浮葉植物の群落が見られる水域が最も成熟した立地であり、湖水中の小生物群も豊かで、魚類の餌場、産卵場としても面積がわずかであっても重要である。

桜井 (1973)

霞ヶ浦に出現する生物のうち主要な水産資源に限定し、既存文献及び現地調査結果より水生植物との係わりを整理する図-2.2のとおりとなり、霞ヶ浦における水産資源のほとんどが水生植物との係わりをもっていることがわかる。

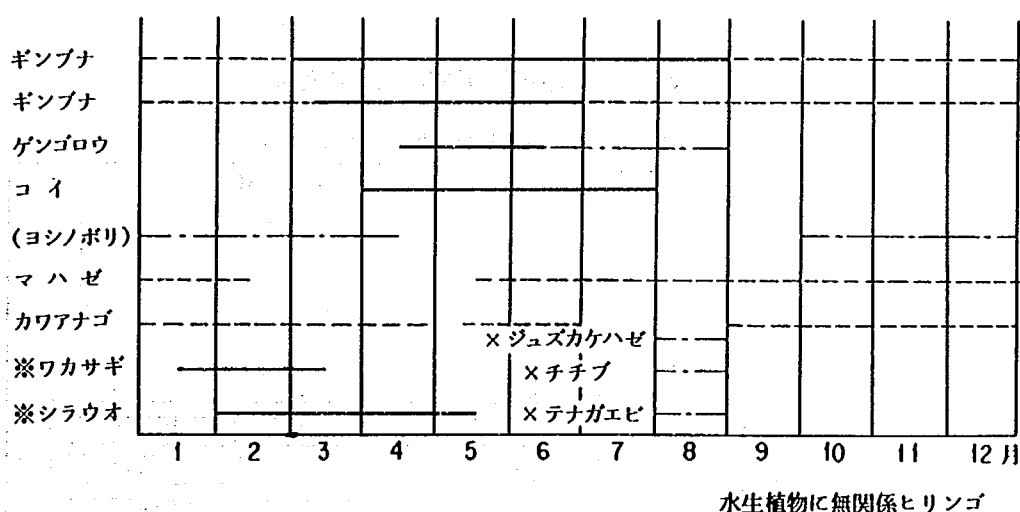


図-2.2 霞ヶ浦における主要水産資源（魚類）の水生植物との係わり

注) ・年間 1000 t 以上の漁獲のある魚種
 ・但し、※印については参考として付記した
 ・×印は現地調査に基づく

凡 例
 ——— 産卵 - - - - 成魚 - · - · 仔稚魚
 太線は密接に関係

また、産卵場に限定してその代替性を検討したのが表－2.7である。コイ、フナ類等代替が少ない水産資源生物も多く、水生植物の藻場としての機能の大きさを示している。

表－2.7 水生植物に対する魚類の産卵場の代替性

代 替 性	魚 種 (天然に生息するもの)
1. 代替性はあまりない	ドジョウ, ○コイ, マナマズ, シマドジョウ
2. 代替性が少しある	クルマサヨリ, モツゴ, ○ゲンゴロウブナ, カムルチー, ○キンブナ, ○ギンブナ
3. 代替性がある	タモロコ, ホトケドジョウ, シラウオ, ワカサギ

- (注) 1. に属する魚種は水生植物が刈りとられた場合、水生植物の代わりとなる産卵場があまりなく、影響が大きいと考えられる。
 2. に属する魚種は水生植物の他に産卵場が少しではあるが存在し、水生植物の刈り取りによる影響は1に属する魚種に比べて小さいと考えられる。
 3. に属する魚種は水生植物の他にも産卵場とする場が存在し、水生植物の刈り取りによる影響は大きくはないと考えられる。

○は、主要水産資源生物

ロ) 生活型別の藻場機能

水生植物の種類数と出現魚種を現地調査結果（昭和58年8月）をもとに整理したのが表－2.8である。一般的に言われるように水生植物の種類数が多く、種々の生活型を有するほど魚類相が豊かである傾向がみられる。

表－2.8 水生植物の種類と出現魚種

■ 出現したことを（E：抽水植物、S：沈水植物、F：浮葉植物）示す。

地 点	水生植物の種類数			出 現 魚 種							
	E	S	F	モ ツ ゴ	コ イ ナ	ギ ン ブ ナ	タイ リ ク バラ ク ナ ゴ	ク ル メ サ ヨ リ	メ ダ カ	チ チ ブ	ウ キ ゴ リ ジ ュ ス カ ケ ハ セ
A	1		2								
B	1	3									
C	2	3	1								
D	1										
E	1	2									
F	3	7	2								
G	2										
H	1	1									
I	2										
J	2	2									

水生植物機能調査報告書（1983）

以上の検討をもとに、生物種、水生植物種ごとに藻場機能の評価を試みたのが表-2.9である。なお本検討で用いた現地調査はただ1回実施されただけであり、今後季節や調査地点を変えてさらに現地調査を行い、種類と概略の個体数を把握することにより藻場機能の評価の精度を高める必要がある。

表-2.9 霞ヶ浦における藻場機能の評価

水生植物 \ 魚類他	遊泳性魚類	底生性魚類	甲 殻 類	貝 類
抽水植物	1	2	3	3
浮葉植物	2	1	1	1
沈水植物	2	3	2	1
出現生物の例	コイ・フナ	ハゼ類	テナガエビ	タニシ

凡 例

- 3：藻場機能が大きい
2：藻場機能がある
1：藻場機能が少ない

(3) 鳥の営巣地

鳥の営巣地については、水生植物との係わりの深い鳥について繁殖地と生息地、餌としての利用に分けて示す。また、水生植物との係わりが強く、希少な種についてその生息湖沼とともに記した。なお、霞ヶ浦を例に鳥類と水生植物との係わりを示すと表-2.10のとおりになる。

① 繁殖地、生息地、餌として水生植物を利用する主な種

カルガモ、オカヨシガモ、ホシハジロ、バン、オオバン

② 繁殖地、生息地として水生植物を利用する主な種

コジュリン、オオヨシキリ、ヨシゴイ、オオヨシゴイ、リュウキュウヨシゴイ、キンクロハジロ、カイツブリ、アカエリカイツブリ、タマシギ、タゲリ、クイナ、ヒメクイナ、ヒクイナ、オオセッカ

③ 生息地、餌として水生植物を利用する主な種

オオハクチョウ、コハクチョウ、マガン、カリガネ、ヒシクイ、コクガン、シジュウカラガン、マガモ、ヨシガモ、オカヨシガモ、コガモ、オナガガモ、ヒドリガモ

④ 生息地として水生植物を利用する主な種

オオジュリン、コヨシキリ、セッカ、アオサギ、ムラサキサギ、ダイサギ、コサギ、ササゴイ、ゴイサギ、ハシビロガモ、シマアジ、クサシギ、タカブシキ、ケリ

⑤ 水生植物と係わりが強く、希少な種

コジュリン（霞ヶ浦、霧ヶ峰）、オオヨシゴイ（霞ヶ浦）、リュウキュウヨシゴイ（南西諸島）、オオハクチョウ（霞ヶ浦、風蓮湖、瓢湖）、マガン（伊豆沼）、カリガネ（伊豆沼）、ヒシクイ（風蓮湖、伊豆沼）、コクガン（伊豆沼）、シジュウカラガン（伊豆沼）

このように鳥類は水生植物と係わりをもつが、霞ヶ浦で特に密接な係わりをもつものについて整理したのが図-2.3である。カイツブリ、ヨシゴイ、オオバンは1年中係わり、繁殖の場としての利用は4～8月にかけて行われることがわかる。なお密接な係わりをもつ鳥類は特にヨシ、マコモなどの抽水植物を利用しており、浮葉植物、沈水植物の利用は少ないようである。この傾向は他の鳥類についても言え、またエビ

表- 2.10 霞ヶ浦における鳥類と水生植物との係わり

(凡例) ◎印は水生植物と密接に関係
○印は水生植物と関係
×印は水生植物と無関係
(注) 文献番号のない文献は(N14)

(密接に関係のある鳥種)

種 類	繁 殖 ()内は産卵期	生 息	備 考
カイツブリ	◎水の潜む水面にマコモ、ヨシ、ハス等の葉・茎を利用して浮き果を作る。(5~7月) マコモの果作りへの利用は霞ヶ浦でも確認(N7)	◎ 平地の湖沼、湿地、堀、河川、ヨシの多く生える水上生活する。 食性(ドジョウ、フナ、貝、水生昆虫)	霞ヶ浦で多い
ヨシゴイ	◎ 水辺のヨシ、マコモの草原 ヨシ、マコモの水面から0.3~1m位の茎上、茎間の地上に、ヨシ等の十数本の茎の上に生えたままの藻や茎を束ねて果を作る。 (5月下旬~8月上旬)	◎ 低湿地のヨシ原、沼沢、水田、湿地の草原、湖畔・河畔の草原 常にヨシ原、稲田、湿地の草原等の丈高い草の中に潜む	付近のヨシとの識別が困難 霞ヶ浦周辺のヨシ原休耕田が我国最大規模の生息地
オオヨシキリ	◎ ヨシ原の茎の間で、イネ科の枯葉・茎・穂・根などを用いて果を作る。(5~8月)	◎ 4月下旬~9月(夏鳥) 湿地・湖沼の周辺のヨシ原、河川沿いのヨシ原 食性(昆虫類、カエル)	ヨシ原にのみ生息する。
カルガモ	◎ 海岸近くの池畔、河口の三角州などの低い草むら、オギ、ヨシなどの間の枯草・綿もで果を作る。 (4月~7月上旬)	◎ 淡水性。川、池、沼、湖などの水辺 水田、ヨシ原など 食性(雑食性:種子、葉など)	冬は海上で生息する。
オオバン	◎ ヨシ、マコモ、イネの中に常果し、ヨシ、マコモ等を高く積み上げた果を水面に作る。 食性(エビモ、ヒルムシロ、草の老葉等、昆虫類、小魚類) (5~7月)	◎ 同 左	

(繁殖期およびそれ以外の時期にも関係のある鳥類)

タマシギ	○ 蓮沼、水田、沼沢、ヨシ原 水辺の草むら、イネ株のくぼみ等にイネ科の葉・茎で果を作る。 (4~7月)	○ 水田、休耕田、蓮田、湿地の留鳥 食性(イネ科の種子、ミミズ、昆虫)	関東では冬季ほとんど見られぬ
セツカ	○ イネ科の葉を用いて果を作る。	○ 平野部のヨシ原、草地。山間部の川原、高原 食性(昆虫類、クモ)	留鳥

(繁殖期に関係のある鳥類)

コジュリン	○ 大平洋岸の海岸、湖、大河川に近い広い湿原、草原など 草木のやぶの中の地上近くにある茎の間、地上でイネ科の葉、茎で果を作る。(6~8月)		本州中部以西で越冬する 霞ヶ浦で766.7羽/km ²
-------	--	--	---

種 類	繁 殖 ()内は産卵期	生 息	備 考
(繁殖期以外の時期に関係のある鳥類)			
コ サ ギ	× 竹の枝上, マツ, ヤシ等の枝に 巣を作る。 (4月下旬~8月上旬)	○ 水田, 沼沢, 湖沼, ヨシ原, 浅瀬, 干潟, 河川が採餌地 食性(魚類, カエル, アメリカザリ ガニ, 昆虫類)	
ダ イ サ ギ	× マツ林, 落葉広葉樹林の梢の枝 で巣を作る。 (4月下旬~6月下旬)	○ 海浜, 干潟, 水田, 沼沢, ヨシ原, 河川などが採餌地 見通しのよい場所が多く, ヨシ原の 茂みに潜むことはまれ 食性(魚類, カエル, オクマジャク シ, ザリガニ, エビ, ノネズミ)	
マ ガ モ	× 海拔の高い所を好む 水辺, 水からかなり離れた地上 に小枝, 枯葉などで巣を作る。 (4~7月)	○ 淡水域~河口, 湾, 海。主に淡水を 好む, 広々としたヨシなどの茂ってい る場所に集まる。 食性(雑食性)	警戒心が強い
ク イ ナ		○ ヨシの茂み(N7)	
ヒ ク イ ナ		○ ヨシの茂み(N7)	
コ ガ モ	× 池, 流れ, 沼等の畔, 林の中の 深い茂みの中の地上部 枯草, 枯葉などで巣を作る。	○ 小さな池~大きな湖, 湿地, 浅瀬で 水面下数cmに種子, 動物類の餌の多い 干潟状の層があるところ 食性(冬: ヒルムシロ, イネなどの 種子, 夏: カタツムリ, 昆虫の幼虫)	
オ ナ ガ ガ モ	地上, 丈の低い草地, やぶで草や 葉に綿毛を用いて巣を作る。	○ 沼地, 池, 湿地, 草地, 草原など 食性(秋~冬: 種子, 茎, 地下, エビモ, スゲ, タデ, ギンギシ, アマ モなど植物質, 春~夏: 昆虫とその幼 虫など動物質)	
キンクロハジロ		○ 淡水域0.75~1.1m水深 食性(雑食性: 軟体類, 甲殻類, 昆 虫類とその幼虫, 小魚, 魚卵, カエル 貝, エビモ, ギンギシ, アオウキクサ)	日本は越冬地

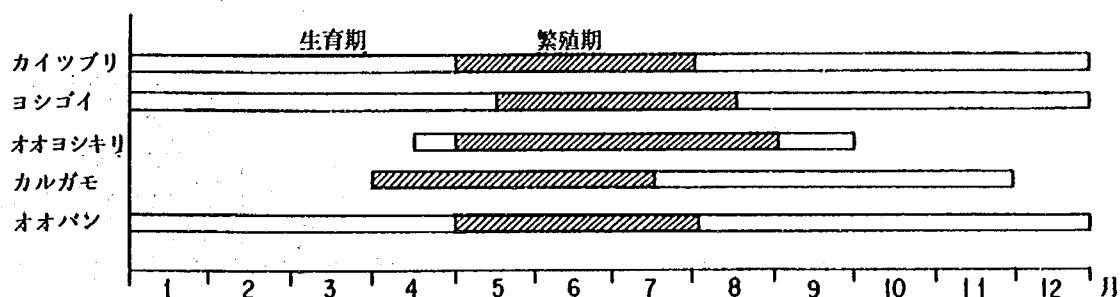


図-2.3 霞ヶ浦における鳥類と水生植物の係わり

(凡例) 生育期に密接な関係がある
 繁殖期に密接な関係がある

モ、ヒルムシロなど水生植物を食物とする場合にもその代替のものはあると考えられることなどから、水生植物のうちでも抽水植物の刈り取りが特に鳥類には影響し、浮葉植物、沈水植物の場合には、その影響は比較的少ないと考えられる。

また貴重な鳥類についてみると、浮島において生息するコジュリンがあげられる。コジュリンは高原で繁殖する種として知られていた鳥で、ほとんど0 m地帯の浮島の草原で生息・繁殖することが確かめられたことから注目されているものである（N7）。

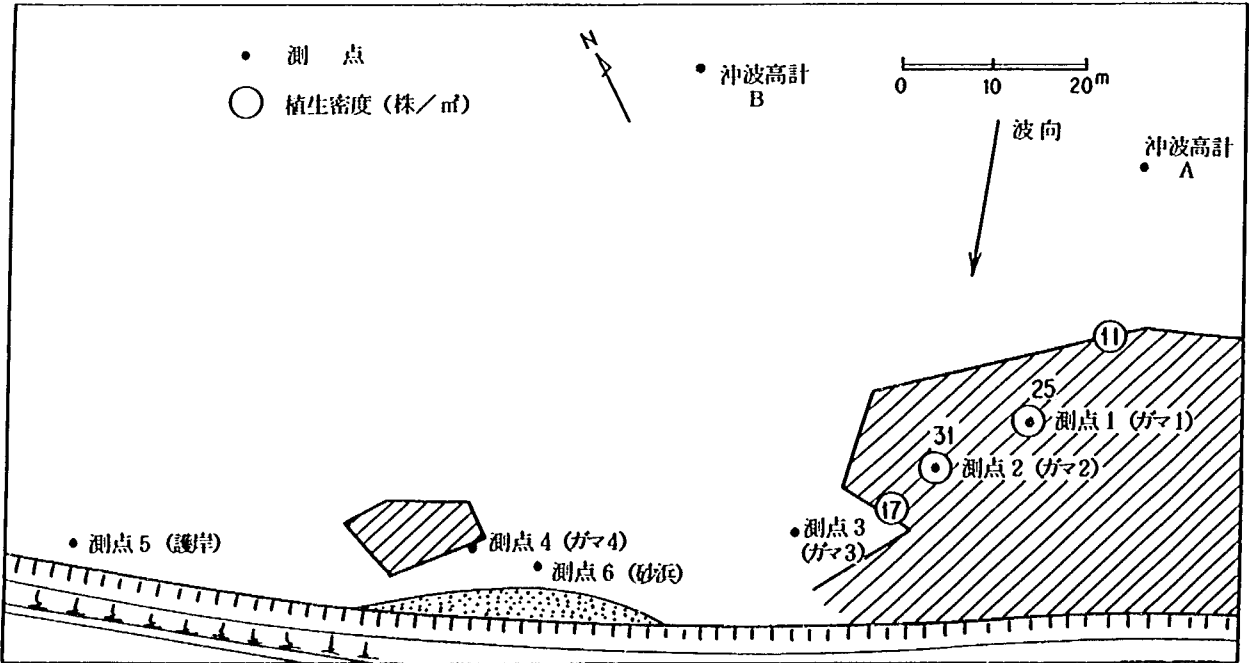
(4) 波浪抑制

水生植物が波浪抑制効果をもつことは、従来から言われている。例えば、大型抽水植物を伐採すると湖沼沿岸で波しぶきが生じたり、微風により湖面にさざ波が発生しても沈水植物の生息域では鏡のように滑らかな水面が観測されること等である。ここでは建設省土木研究所が霞ヶ浦で実施した現地調査結果に基づき、水生植物がもつ波浪抑制効果の定量的考察を行う。

イ) 調査地点と調査方法

調査は、60年7月30日～7月31日に、西浦右岸13.8km付近のヒメガマの群落を対象に行った。調査地点の概要を図－2.4に示す。調査地点の下流部には、幅約30mのヒメガマ群落が形成されている。中央部には小さいながらも砂浜があり、そのすぐ沖にはまばらなヒメガマの小群落がある（写真－2.9～12）。

図－2.4には波高の調査地点も記入してある。波高測定地点の状況を表－2.11に示す。測定No 1, 2はヒメガマ群落内、No 3, 4はヒメガマの裏側、No 5は矢板護岸の前面、No 6は砂浜である。波高測定地点の水深は30cm程度を予定したが、実際には表に示すように23.5～32.8cmの範囲であった。測点A, Bは、観測時の調査地点付近の波の状況を知る目安として設置したもので、水深約60cmの地点を選んだ。便宜上、



図－2.4 調査地点の概要

写真 - 2. 9
ヒメガマ群落

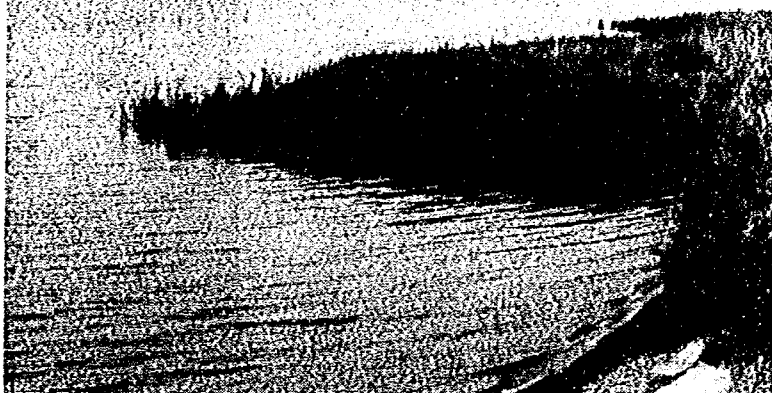


写真 - 2. 10
ヒメガマ小群落

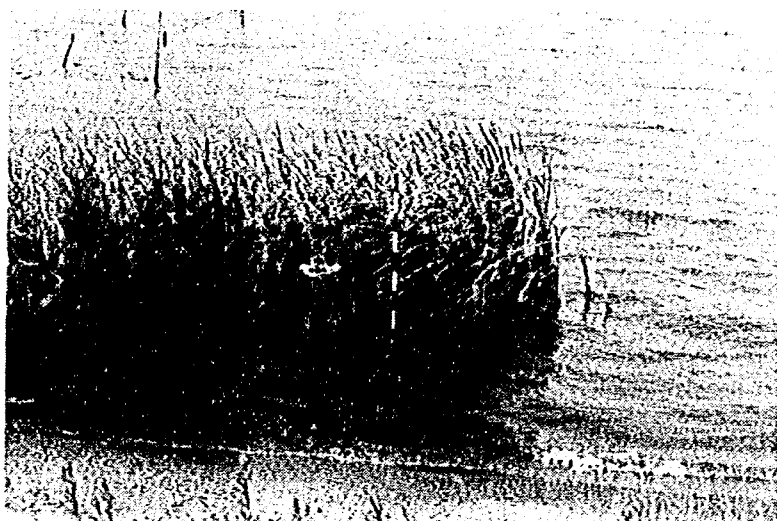


写真 - 2. 11
砂 浜

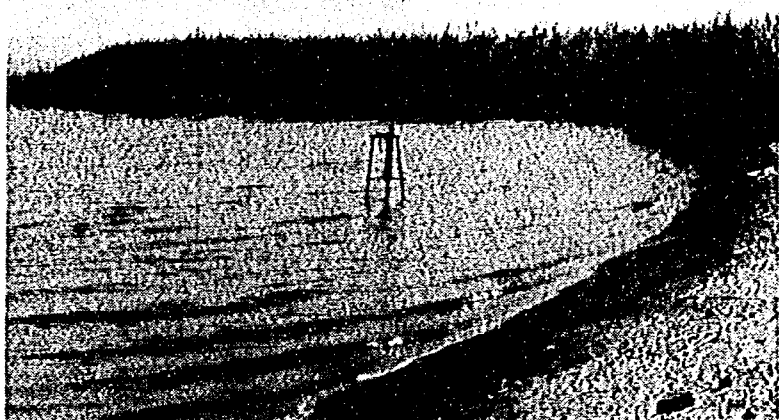


写真 - 2. 12
護 岸 前 面

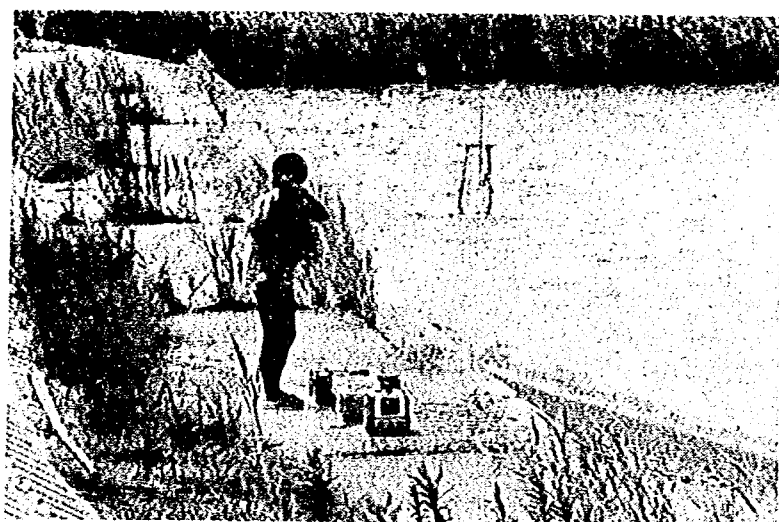


写真 - 2. 13
沖波観測地点

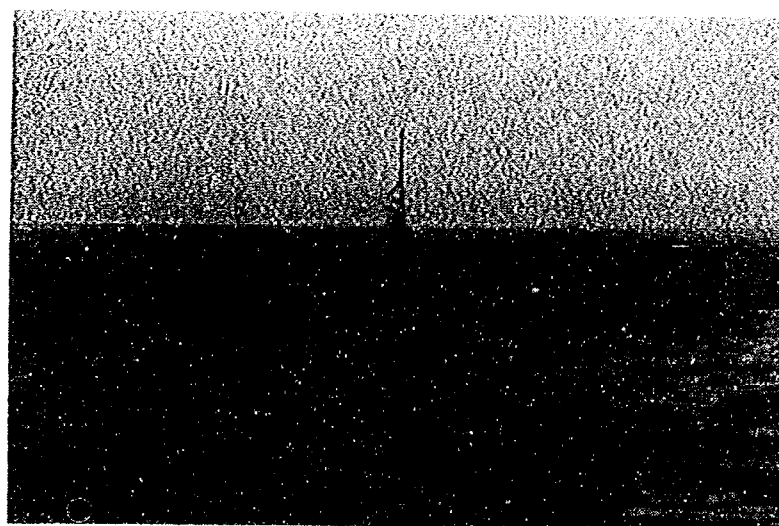


表 - 2. 11 測 点 の 状 況

測 点	水深 (cm)	状 況	備 考
No 1	25.1	ヒメガマ群落の中	ヒメガマ密度 25 株/m ²
No 2	23.8	"	" 31 株/m ²
No 3	28.2	ヒメガマ群落の外側	" 11 株/m ²
No 4	28.5	"	
No 5	30.1	矢板護岸前面	
No 6	32.8	砂浜の前面	
A	63.6	沖	
B	60.0	沖	

以下ではこの2測点のデータを沖波と呼ぶことにする。当初、沖波の調査地点を2ヶ所にしたのは、7月30日の夜に調査地点付近に定置網が仕掛けられたため、やむをえず調査地点を変更したためである。なお30日は風があったため、31日に比べて波高はやや大きくなっている。波向は、2日とも変化なく、図-2.4に示す通りである。

測定方法の概要を図-2.5に示す。岸波は四脚と容量式波高計により、また沖波は測定架台を設置して大型容量式波高計により測定した(写真-2.12, 13)。測定結果はペンレコードにより記録した。ペンレコードは同時に4測点の記録ができる。このため、7月30日には測点AとNo.1~3を、31日には測点BとNo.4~6をそれぞれ約2時間ずつ同時に測定した。

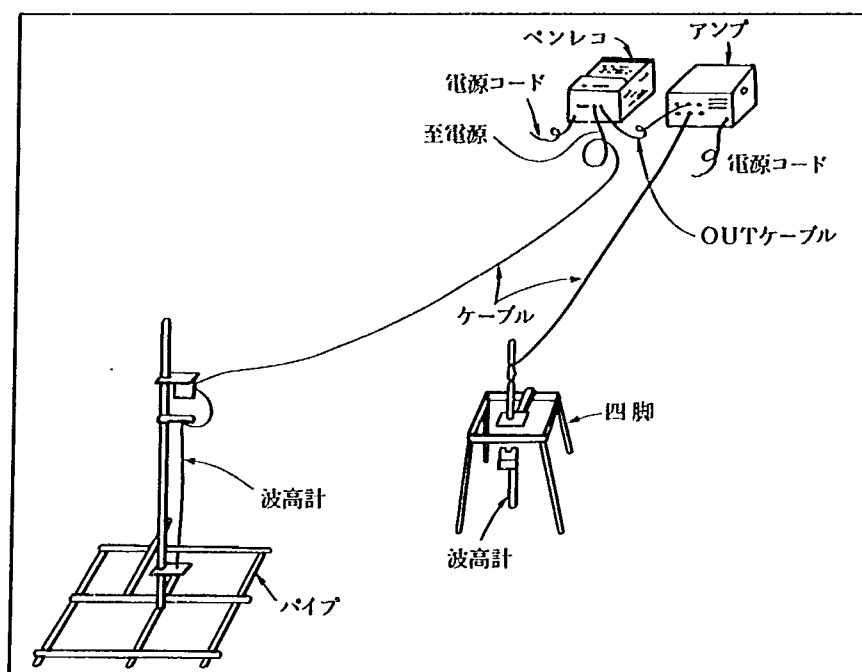


図-2.5 測定方法

ロ) 調査結果の整理

波高の記録を約2~3分程度に分割し、波高の比較的大きいものを3~4組選んで解析の対象とした。一つのデータセットには、同時刻における一つの沖波と三つの岸波のデータが含まれている。つぎに、このデータセットをディジタイザを用いて読み取り、ゼロアップクロス法により波数、波高、周期を求めた。さらに、各測点の有義波などについて、波高、周期を整理した(表-2.12)。

ハ) 解析

深水波が浅い湖岸に接近すると、水深変化、湖底の地形勾配、障害物、遮蔽物等の影響を受け、波高、波長が変化する。1波長間のエネルギー伝達量が湖底摩擦等に消費されず保存されると仮定すれば、

$$C_0 H_0^2 / 2 = C n H^2 \quad (1)$$

が成立し、

$$H/H_0 = \sqrt{1/2 n \cdot C_0 / C} \quad (2)$$

表-2.12 波の整理

測点 No	グループ	水深 h (m)	沖波波高 H_2 (cm)	岸波波高 H_1 (cm)	同期 T (s)	$k = \sqrt{\frac{n_2 c_2}{n_1 c_1}}$	計算 岸波波高 $H_1 = k \times H_2$	H_1/H_1'
1 (ガマ 1)	1	0.25	9.29	3.69	1.87	1.06	9.85	0.37
	2	"	11.15	2.83	2.11	1.01	11.26	0.25
	3	"	7.19	1.92	1.21	0.89	6.40	0.30
2 (ガマ 2)	1	0.24	9.29	3.17	1.99	1.06	9.85	0.37
	2	"	11.15	4.51	2.04	1.03	11.47	0.39
	3	"	7.19	2.05	1.42	0.85	6.11	0.33
3 (ガマ 3)	1	0.28	9.29	5.60	2.05	1.02	9.48	0.59
	2	"	11.15	3.04	2.31	0.97	10.82	0.28
	3	"	7.19	2.98	1.28	0.85	6.11	0.49
4 (ガマ 4)	1'	0.29	2.76	1.90	1.78	1.08	2.98	0.64
	2'	"	4.07	2.96	1.70	1.16	4.72	0.63
	3'	"	6.96	5.24	1.03	1.13	7.86	0.67
	4'	"	4.25	2.78	1.16	1.17	4.97	0.56
5 (護 岸)	1'	0.30	2.76	3.13	1.86	1.06	2.93	1.07
	2'	"	4.07	6.03	1.88	1.12	4.56	1.32
	3'	"	6.96	6.36	1.03	1.13	7.86	0.81
	4'	"	4.25	5.30	1.05	1.19	5.06	1.05
6 (砂 浜)	1'	0.33	2.76	2.18	1.82	1.06	2.93	0.74
	2'	"	4.07	3.82	1.46	1.18	4.80	0.80
	3'	"	6.96	5.95	0.98	1.15	8.00	0.74
	4'	"	4.25	4.18	1.02	1.21	5.14	0.81

注) 沖波水深 No 1 ~ 3 0.64 m

No 4 ~ 5 0.60 m

より波高の変化が求められる。ここに,

$$n = 1/2 \cdot (1 + 4\pi h/L \sinh(4\pi h/L)) \quad (3)$$

$$C_0/C = \tanh(2\pi h/L) \quad (4)$$

 C_0 : 深水波の波速, C : 岸波の波速, H_0 : 深水波の波高, H : 岸波の波高, h : 岸波の水深, L : 岸波の波長(2)式に基づいて沖波(波高 H_2 , 波速 C_2), 岸波(波高 H_1 , 波速 C_1)の関係を求めてみると次の(5)式となる。

$$H_1 = \sqrt{\frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{C_2}{C_1}} H_2 \quad (5)$$

調査地点付近の湖底は滑らかな細砂面であり, 湖底摩擦は無視し得ると考えると, (5)式で求めた岸波波高の理論値は水生植物がなかった場合の波高と考えられる。この理論値とNo 1 ~ No 6の平均値は観測値との比較で水生植物の波浪抑制の効果を評価する。No 1 ~ No 6の理論値と観測値との比較を整理したのが表

— 2.13である。

表— 2.13 岸波における理論値と観測値の比較

測 点 Na	理 論 値 H_1' (cm)	観 測 値 H_1 (cm)	H_1 / H_1'
1 (ガマ 1)	9.17	2.81	0.31
2 (ガマ 2)	9.14	3.23	0.35
3 (ガマ 3)	8.80	3.87	0.44
4 (ガマ 4)	5.13	3.22	0.63
5 (護 岸)	5.10	5.21	1.02
6 (砂 浜)	5.22	4.03	0.77

表— 2.13 にみるように、水生植物の中では波高が理論値の 0.30~0.45 となっている。一方砂浜の前面では 0.77 であり、理論値と比べて水生植物群落の中での波高の減少が砂浜前面より大きい。これによって水生植物による波浪抑制の効果が確認された。なお砂浜前面での観測値が理論値に比べて小さいのは、理論値の前提である、湖底摩擦の無視し得る等の条件が現実とあわなかったためと推定される。また水生植物中のうち植生幅の大きい Na 3 (ガマ 3) が植生幅の小さい Na 1, Na 2 と比べてその減少率が小さくなっているのは、沖波の回折が生じたためと推定される。Na 4 (ガマ 4) の減少率が Na 1 ~ Na 3 に比べて小さかったのは、植生の影響が少なかったためと考察される。

二) 考 察

今回の調査により、霞が浦ではヒメガマ群落内で波浪が抑制され、波高が理論値に比べ 1/3 程度にまで減衰されることが明らかとなった。しかしデータ数がまだ少ないこともあって、波浪抑制に寄与する要因とその効果についての定量的な解析は不十分である。ここでは、定量化のための今後の課題と、本調査の位置付けを検討して考察とする。

植生の波浪抑制効果に関係する要因としては、植生の密度、群落の幅、植生の強度等が考えられる。まず密度と群落の幅について考察する。

波が岸に向かって進行し植物の群落にさしかかると、まず群落の始点でエネルギーがある程度減殺され、さらに群落内を進行するにつれて徐々にエネルギーを失っていくと考えられる。前者には、植生の密度が大きく関係し、後者は距離と密度分布の関数となろう。今回の調査では、群落内の距離を種々変えた測定は行えなかった。また密度も群落内の面的な分布までは調査しておらず、波高測定地点を中心とする 1 m² を対象に点的な調査を行っただけである。しかし今回の調査だけでみると、Na 1 ~ 4 の結果から、植生の密度がかなり重要な要因となっていることが十分推察される。密度は種固有の条件の他、湖の栄養条件、外力の条件等によって変化すると考えられ、今後は生態的な観点からも調査を行う必要があろう。なお密度の単位としてここでは株/m²を用いているが、他の植物との比較考察のためには、水面積に対する植生の面積率も有効な指標となろう。今回の調査の場合、測点 Na 1, 2 で面積率は約 1% である。

植生の強度については、現状ではデータが少なく、定量的な議論はできない。アシはヒメガマよりも強

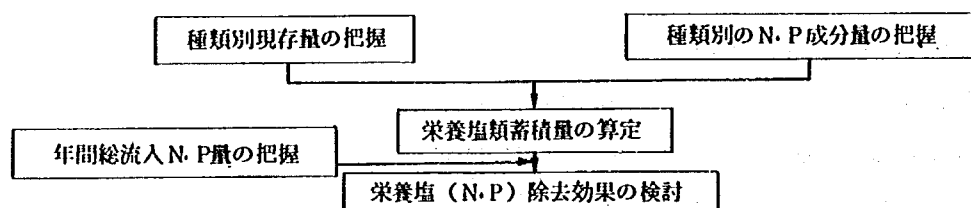
度が大きいと言われており、今回の調査結果より大きな効果が期待される。また浮葉植物や沈水植物も波浪抑制の機能を持っていることが、定性的には確認されている。これらについては、今後の調査データの集積に期待したい。

(5) その他

以下に述べる水生植物の機能の程度については、現在明確でなく実験等により検討中のものもあるが、その概要を述べる。

1) 栄養塩類の蓄積

水生植物による栄養塩類の蓄積について霞ヶ浦を例に蓄積量を算定し、栄養塩除去効果を検討した。図－2.6に植物による栄養塩類の除去効果検討のためのフローを示す。



図－2.6 栄養塩類の蓄積量の把握のためのフロー

① 霞ヶ浦に於ける水生植物の現存量

霞ヶ浦に分布する水生植物の現存量及び植被面積は表－2.14に示した。

（「霞ヶ浦水生植物調査報告書，建設省霞ヶ浦工事事務所，1982」による）

表－2.14 水深別植被面積と現存量*

種類 \ 植被水素	霞ヶ浦全域	0～0.5 m水深	1.0 m水深まで
抽水植物 (E)	4,343,400	1,635,400	4,343,400
	5,016.6	1,889.9	5,016.6
沈水植物 (S)	1,926,100	104,300	1,063,200
	207.1	11.2	114.3
浮葉植物 (F)	774,100	42,600	239,000
	63.9	3.5	19.7

注) 上段：植被面積 (㎡)

下段：現存量 (t)

* 単位量は単位面積あたりの (g/㎡) から算出した。

E : 115.5 S : 107.5 F : 82.6

② 水生植物のN, P成分量

霞ヶ浦の水生植物のN, P成分量は表－2.15に示す（「霞ヶ浦生物調査報告書，建設省霞ヶ浦工事事務所，水資源開発公団霞ヶ浦開発建設所，1973」による）。なお霞ヶ浦の水生植物の生活形別のN, P成

分は表-2.16に示す通りである。

表-2.15 水生植物のVSおよびC, N, P含量(刈乾物)

種 名		V.S. (%)	C (%)	C/V.S. (%)	N (%)	C/N	N/V.S. (%)	P (%)	C/P	N/P	P/V.S. (%)
沈 水 植 物	マ ツ モ	52.6	26.9	51.1	2.03	13.3	3.9	0.05	538.0	40.6	0.10
	リュウノヒゲ	75.0	34.7	46.3	2.97	11.7	4.0	0.18	192.8	16.5	0.24
	ク ロ モ	80.5	41.1	51.1	3.97	10.4	4.9	0.58	70.9	6.9	0.72
	カ ナ ダ モ	68.7	34.7	50.5	3.59	9.7	5.2	0.54	64.3	6.7	0.78
	オオカナダモ	83.5	39.2	46.9	3.11	12.6	3.7	0.46	85.2	6.8	0.56
	エ ビ モ	79.8	39.5	49.5	2.08	19.0	2.6	0.24	164.6	8.7	0.30
	フサジュンサイ	80.2	40.2	50.1	3.27	12.3	4.1	0.30	134.0	10.9	0.38
	サ サ バ モ	82.5	42.1	51.0	3.55	11.9	4.3	0.58	72.6	6.1	0.70
	サ サ バ モ	85.7	41.6	48.5	3.18	13.1	3.7	0.28	148.6	11.4	0.33
	ホザキノフサモ	62.5	34.2	54.7	2.53	13.5	4.1	0.30	114.0	8.5	0.48
浮 葉 植 物	セキショウモ	50.7	25.7	50.7	1.89	13.6	3.7	0.28	91.8	6.8	0.56
	コウガイモ	66.9	32.1	48.0	2.47	13.0	3.7	0.26	123.5	9.5	0.38
	ガ ガ ブ タ	91.0	43.9	48.2	2.28	19.3	2.5	0.34	129.1	6.7	0.38
	オ ニ バ ス	85.0	38.5	45.3	3.64	10.6	4.3	0.64	60.2	5.7	0.76
	ア サ ザ	84.9	40.0	47.1	3.90	10.3	4.6	0.42	95.2	9.3	0.50
	ヒ シ	84.5	41.3	48.9	2.05	20.1	2.4	0.26	158.8	7.9	0.31
	ヒ シ	91.8	46.0	50.1	1.68	27.4	1.8	0.13	353.8	12.9	0.14
抽 水 植 物	ヒ メ ビ シ	89.7	43.8	48.8	2.52	17.3	2.8	0.32	136.9	7.9	0.36
	オ ニ ビ シ	82.6	40.4	48.9	2.84	14.2	3.4	0.30	134.7	9.5	0.36
	ヨ シ	89.6	43.4	48.4	1.46	29.7	1.6	0.17	252.3	8.6	0.19
	マ コ モ	87.3	40.7	46.6	1.55	26.3	1.8	0.21	193.8	8.2	0.24
	ガ マ	87.2	45.0	51.6	1.23	36.6	1.4	0.16	281.3	7.7	0.18

表-2.16 霞ヶ浦水生植物の生活形別のVSおよびC, N, P組成

種 名	V.S. (%)	C (%)	C/V.S. (%)	N (%)	C/N	N/V.S. (%)	P (%)	P/V.S. (%)
抽水植物	88.0	43.0	48.9	1.41	30.5	1.6	0.18	0.20
浮葉植物	87.1	42.0	48.2	2.70	15.6	3.1	0.34	0.39
沈水植物	72.4	36.0	49.7	2.89	12.5	4.0	0.34	0.47
浮葉+沈水植物	79.8	39.0	48.9	2.80	13.9	5.5	0.34	0.43

③ 水生植物による栄養塩類の蓄積量の算定

表-2.14, 15より, 霞ヶ浦における水生植物中の栄養塩類の蓄積量を算定した結果が表-2.18である。

表－2.17 霞ヶ浦の水生植物中のC, N, P 蓄積量

種 類	項 目	蓄 積 量 (t)*	単位植被面積当りの蓄 積 量 (g/m ²)
抽水植物	C	2,157.1	496.6
	N	70.73	16.28
	P	9.03	2.08
沈水植物	C	74.6	38.73
	N	5.99	3.11
	P	0.70	0.36
浮葉植物	C	26.8	34.6
	N	1.73	2.23
	P	0.22	0.28
計	C	2,258.5	—
	N	78.45	—
	P	9.95	—

* 霞ヶ浦全域での値

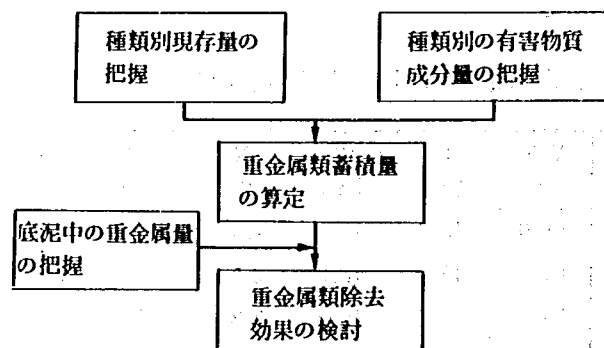
④ 栄養塩類除去効果の算定

霞ヶ浦では、水生植物によるN.Pの年間の蓄積量は年間流入量のそれぞれ約2%, 3%に過ぎない。しかしこの割合について水生植物の吸収する時期がプランクトンの増殖時期と重なっているというプラス面も考慮して評価する必要がある。なお、水生植物によるN.Pの除去効果の検討には植物体内への摂取量の問題以外にさらに、秋から冬にかけての刈り取り等の維持管理の問題がある。

2) 重金属類の蓄積

水生植物による重金属類の蓄積について霞ヶ浦を例に蓄積量を算定し、重金属の除去効果を検討した。

図－2.7 に植物による重金属類の除去効果検討のためのフローを示す。



図－2.7 重金属類の蓄積量の把握のためのフロー

① 霞ヶ浦における水生植物の現存量

(1) 栄養塩類の蓄積の項と同じ。

② 霞ヶ浦水生植物のZn, Cu含量は表－2.18に示す。（「霞ヶ浦生物調査報告書，建設省霞ヶ浦工

事事務所」, 1974)。

表- 2. 18 霞ヶ浦水生植物のZn, Cu含量

水生植物の種類		Zn (mg/kg)		Cu (mg/kg)		Zn/Cu
		乾重当たり	生重当たり	乾重当たり	生重当たり	
沈水植物	エビモ	60.5	3.6	9.9	0.6	6.1
	ササバモ	33.7	3.8	9.5	1.1	3.5
	セキシウモ	163.1	11.2	18.5	1.3	8.8
	ホザキノフサモ	32.4	2.0	8.0	0.5	4.1
	リュウノヒゲモ	63.2	6.3	6.6	0.7	9.6
	オオカナダモ	196.7	17.3	18.8	1.6	10.5
	平均 *1	81.5		10.7		
浮葉植物	アサザ	30.2	2.3	0.3	0.02	100.7
	ヒシ(根)	240.0	—	8.6	—	7.9
	(葉茎)	51.8	6.2	7.9	0.9	6.6
	平均 *2	42.0		4.1		
抽水植物	ヨシ	18.2	9.1	0.3	0.15	60.7
	マコモ	21.8	5.0	2.6	0.6	8.4
	平均	20.0		1.5		

*1 エビモ, セキシウモを除く。

*2 ヒシ(根)を除く。

③ 水生植物のZn, Cu成分量

表- 2. 14, 18より, 霞ヶ浦における水生植物中のZn, Cuの蓄積量を算定したのが表- 2. 19である。

表- 2. 19 霞ヶ浦の水生植物中のZn, Cu蓄積量

種類	項目	蓄積量 kg*	単位植被面積当りの蓄積量 (mg/m ²)
抽水植物	Zn	100.33	23.10
	Cu	7.52	1.73
沈水植物	Zn	16.88	8.76
	Cu	2.22	1.15
浮葉植物	Zn	2.68	3.46
	Cu	0.26	0.34
計	Zn	119.89	—
	Cu	10.00	—

④ 重金属除去効果の検討

霞ヶ浦底泥中のZn, Cuは表- 2. 20のとおりであり, 水生植物中のZn, Cu蓄積量は底泥中の0.004

%, 0.0006%に過ぎない。

表－ 2. 20 霞ヶ浦の底泥中の Zn, Cu 堆積量

項 目	Zn	Cu
含 有 量	50 mg/kg	25 mg/kg
ヘドロ堆積量	$52.06 \times 10^6 \text{ m}^3$ $62.47 \times 10^9 \text{ kg}$	
重金属堆積量	$3.12 \times 10^6 \text{ kg}$	$1.56 \times 10^6 \text{ kg}$

3) 有機物浄化

水生植物による水中の有機物浄化には次に示す事項が働く (J 29)。

- I) 水生植物の群落内を水がゆっくり通過することにより、固形物の沈澱が促進。
- II) 水中の植物体表面の細菌、カビ、藻類などの着生微生物群集による接触慮床の効果

このような浄化機能が有効に働くかどうかは、有機物の湖沼への流入、あるいは湖沼内での移動状況を考慮して評価する必要がある。また悪臭等の環境保全上の課題が生じないかどうか十分考慮する必要がある。なお水生植物法による下水処理として、表－ 2. 21に示すような実例があり、その際滞留時間が10日以上で良好な効果が得られた (J 41)。

表－ 2. 21 水生植物による下水処理の除去率 (%)

処 理 方 式	BOD	T-N	T-P
水 生 植 物 法	79.8	95	93

以下、有機浄化の実験を千葉県手賀沼の流入支川で行っているので述べる。この流入支川でのデータが手賀沼全体には適用できないのは有機物の湖沼への流入あるいは湖沼内での移動状況からみて当然のことである。

① 有機物浄化の実験例 (J 49)

千葉県手賀沼への流入支川の水質を、ホテイアオイを利用して浄化しようとした実験例がある。図－ 2. 8、表－ 2. 22 に実験水路の概要を示す。なお、ホテイアオイは被度が 100 % になった後、水路 1 m 当りのホテイアオイの重量が 1 kg になるように刈り取る場合 (水路 4, 5) と放置する場合 (水路 6) の 2 ケース行った。

流入水質を図－ 2. 9 に、流入水量を表－ 2. 23 に示す。

N, P の除去率は表－ 2. 24 に示すとおりである。また図－ 2. 10 からみて、BOD も除去されるが SS 分についてのみ除去されると考えられる。

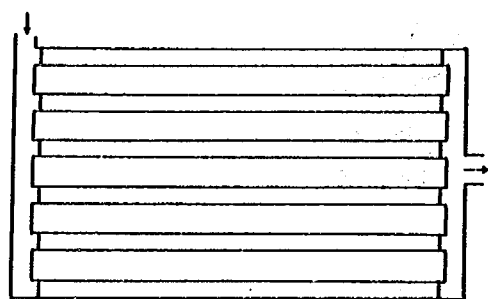


図-2.8 実験場

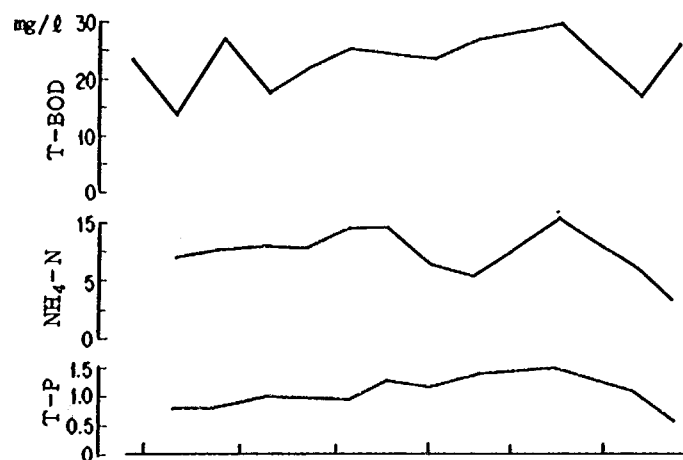


図-2.23 水路流入水の水質変化

表-2.22 実験水路の構造

水路 No	長さ	構造 幅	深さ	設置物
1	50 m	0.4 m	0.4 m	なし
2	"	"	0.2	"
3	"	"	0.4	プラスチック接触3材
4	"	"	0.4	ホテイアオイ 制限
5	"	"	0.2	"
6	"	"	0.2	ホテイアオイ 無制限

表-2.23 水路の流量

水路No	I	II	III
1	43 m ³ /日	24 m ³ /日	60 m ³ /日
2	"	60	24
3	"	24	60
4	"	24	60
5	"	60	24
6	"	60	24

表-2.24 水路4, 5, 6の減衰率

流入水田 m ³ /日	水路	NH ₄ -N		PO ₄ -P		T - P	
		減衰率%	自浄係数	減衰率%	自浄係数	減衰率%	自浄係数
60	4	30	1.2	55	2.6	55	2.6
	5	-20	-1.2	24	1.8	44	3.5
	6	24	1.8	52	4.8	52	4.5
43	4	60	2.2	78	3.6	78	3.6
	5	4.2	2.6	51	3.4	80	7.6
	6	-	-	-	-	-	-
24	4	86	2.6	90	3.0	85	2.5
	5	64	3.3	84	6.0	74	4.4
	6	98	12.9	98	13.7	82	5.6

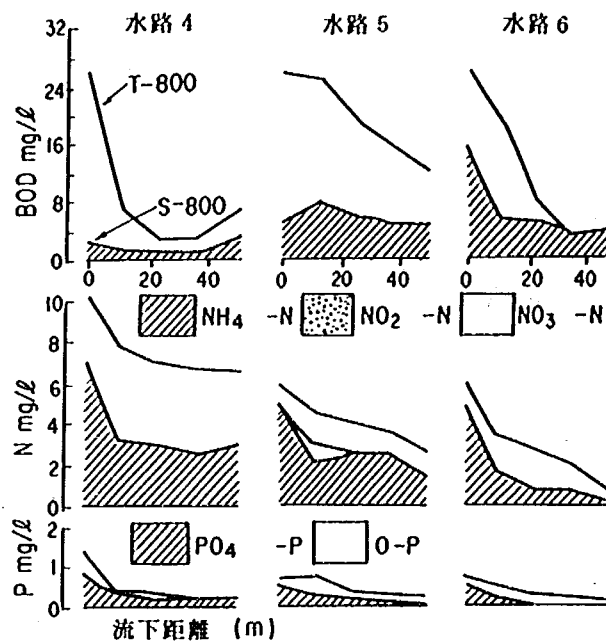


図-2.10 水路中の流下距離と水質変動

4) 底泥の巻き上げ防止

底泥が波浪等により巻き上がることによって、底泥からの栄養塩類等の回帰による悪化及び湖底の削掘が生じることがある。この底泥の巻き上げに多い水生植物によって防止することが考えられる。ここでは霞ヶ浦（西浦）において実施した現地調査に基づき、湖岸植生がもつ底泥の巻き上げ防止効果を検討する。

① 現地調査

調査地点は、波浪抑制効果検討と同じ地点付近であり、幅約30mのヒメガマ群落と、砂浜とが形成されている（図-2.11）。図には、濁度の測定位置も記入している。

調査を実施したのは、昭和60年8月1日である。調査では、携帯型濁度計を用い、表層（表面下5～10cm）を測定した。なお、調査地点の状況は表-2.25に示すとおりであり、調査時アオコはみられなかった。

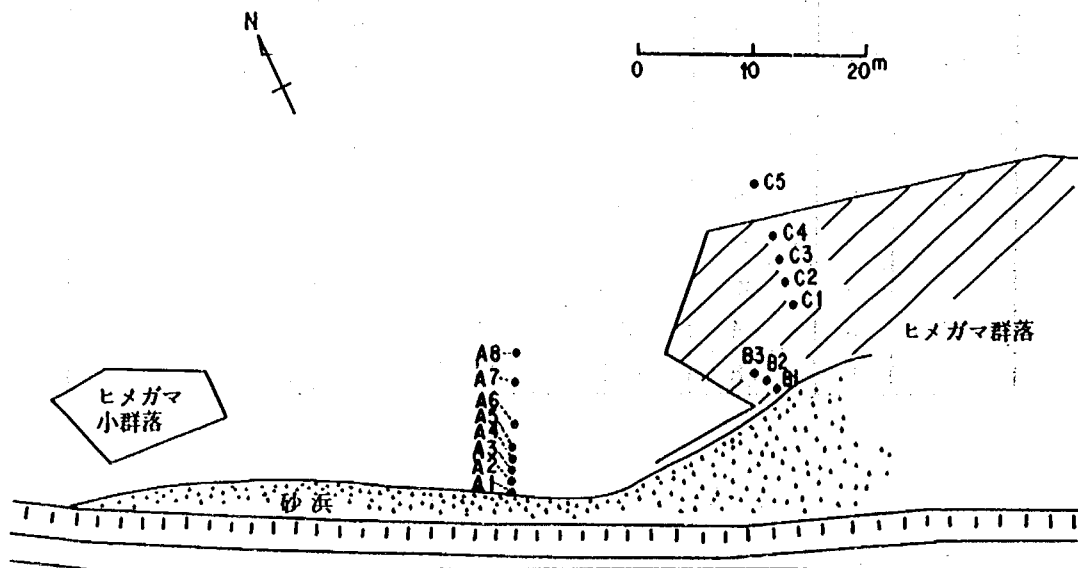


図-2.11 調査地点の概要

表- 2. 25 測点の状況

測点	水深 (cm)	状 況	測点	水深 (cm)	状 況
A 1	10	砂浜の前面	B 1	10	ヒメガマ群落内
A 2	20		B 2	10	
A 3	30		B 3	25	
A 4	35		C 1	20	
A 5	40		C 2	25	
A 6	45		C 3	30	
A 7	45		C 4	40	ヒメガマ群落の外側
A 8	45		C 5	60	

② 調査結果

水深と濁度の関係をヒメガマ群落内 (B, C 系列) と無植性水域 (A 系列) を比較して整理し, 図- 2. 12 に示した。

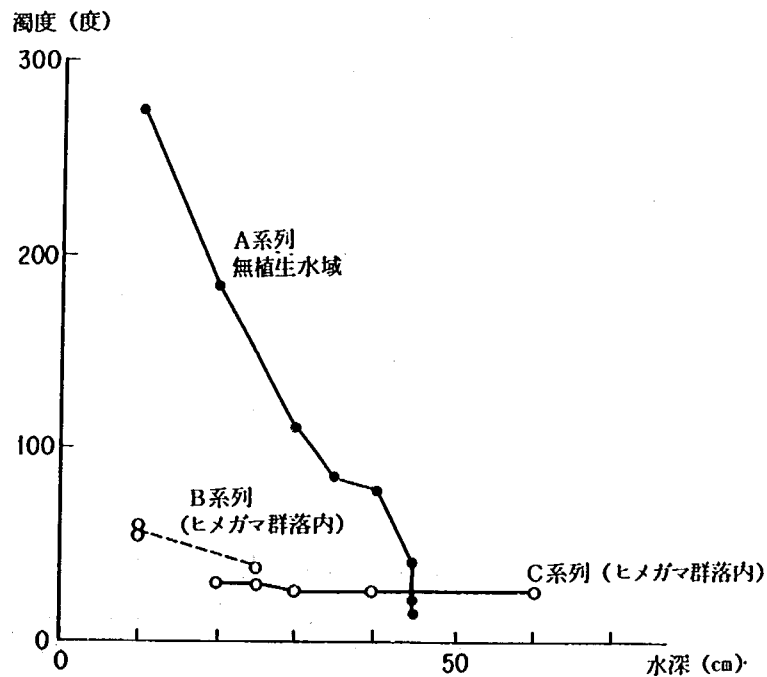


図- 2. 12 水深と濁度の関係

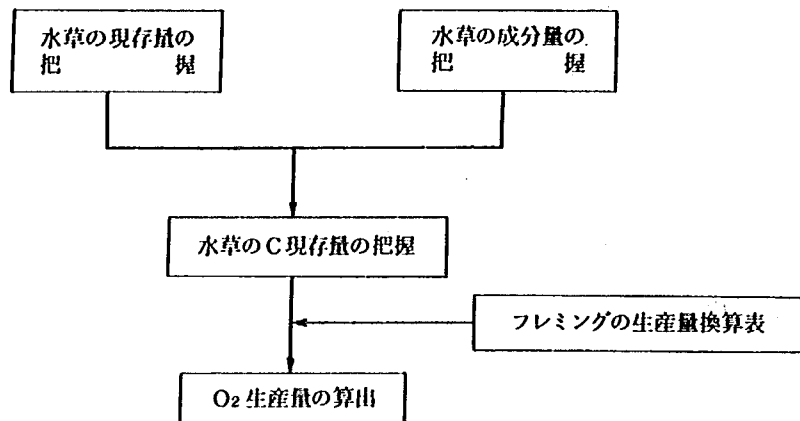
図より40cm以下の浅い水域においては植生のある水域の方が無植性水域よりも濁度が低く, 水生植物の生育によって底泥の巻き上げが抑制されていることを示唆している。

③ 考 察

霞ヶ浦では植生のある水域と無植性水域との間には, 濁度の差が明瞭に表われており, 水生植物の生育による底泥の巻き上げ抑制が示唆されるが, 調査地点が少なく, 種々の状況について今後も調査する必要がある。

5) 酸素生産

水生植物の酸素生産について、霞ヶ浦を例に酸素生産量を算出した。算出のためのフローを図－2.13に示す。



図－2.13 水生植物によるO₂生産量算出のためのフロー

① 水草のC現存量

水草の現存量および成分量については、栄養塩類の蓄積の項で、表－2.14, 16 に整理している。またそれから求められる水生植物体内のC現存量も表－2.17に示してある。表より水生植物体内のC現存量は、霞ヶ浦全体で約2260 t, 沈水植物のみでは約75 tである。

② 酸素生産量

イ) フレミング (Fleming : 1940) の生産量換算表

表－2.26にフレミングの生産量換算表を示す。この表は海洋の植物性プランクトンの量を同化作用、呼吸作用に伴って変化する水中の種々な化学成分と換算するための数値をまとめたものであり、矢印の方向に換算する。この表は海洋プランクトンについてのものであるが、湖沼についてもだいたいの概念を得ることができる。

表－2.26 Fleming (1940) の生産量換算表

		C (mg)	plankton		O ₂ 当 量	
			wet (mg)	dry (mg)	(cc)	(mg)
C (mg)		1	0.027	0.44	0.536	0.375
plankton	wet (mg)	37	1	16	20	14
	dry (mg)	23	0.06	1	1.23	0.86
O ₂ 当 量	(cc)	1.87	0.05	0.8	1	0.7
	(mg)	2.668	0.0715	1.144	1.43	1

ロ) 酸素生産量

フレミングの生産量換算表より霞ヶ浦の酸素生産量を算出したのが表－2.27である。

表-2.27 霞ヶ浦における酸素生産量

種 類	炭素蓄積量 (t)	酸 素 当 量	
		$O_2^{10^3} \text{ m}^3/\text{年}$	$O_2 \text{ t} / \text{年}$
抽水植物	2,157.1	4,033.8	5,755.1
沈水植物	74.6	139.5	199.0
浮葉植物	26.8	50.1	71.5
計	2,258.5	4,223.4	6,025.6

植物の生長に伴って生産される O_2 の量

③ 植物プランクトンによる酸素生産 (参考)

表-2.28 に、植物プランクトンの純生産速度、表-2.32 に水中葉の総光合成速度と呼吸速度を示す。

表-2.28 日本の湖沼における植物プランクトンの純生産速度

湖 沼	時 期	純 生 産 ($\text{gC}/\text{m}^2/\text{day}$)	湖 沼	時 期	純 生 産 ($\text{gC}/\text{m}^2/\text{day}$)
富栄養湖 霞ヶ浦	1月	0.075	中栄養湖 震生湖	6月	0.260
	4月	0.371	木崎湖	6月	0.196
	9月	0.720		11月	0.230
	11月	0.219	榛名湖	6月	0.117
諏訪湖	2月	0.256	赤城湖	6月	0.151
	3月	0.180	貧栄養湖 本栖湖	3月	0.043
	4月	1.378			
	6月	0.413			
	8月	0.428			

有賀祐勝(1973) 水界植物群落の物質生産Ⅱ 共立出版 生態学講座 6

表-2.28 をもとに霞ヶ浦における植物プランクトンの O_2 生産量を算出すると表-2.29のとおりとなる。水生植物のうち水中の溶存酸素に関係すると考えられる沈水植物に限って O_2 生産量を比較すると、霞ヶ浦全体からみて0.3%とその割合はかなり少ない。また水生植物全体をみても、植物プランクトンの O_2 生産量の8%とその割合は少ない。

表-2.29 霞ヶ浦における水生植物酸素生産量

対象時期	炭素生産量 (t)	酸 素 当 量	
		$O_2^{10^3} \text{ m}^3/\text{年}$	$O_2 \text{ t} / \text{年}$
1月	6,023	11,263	16,069
4月	29,791	55,709	79,482
9月	57,816	108,116	154,253
11月	17,586	32,886	46,919
1~12月*	27,804	51,993	74,181

* 1月, 4月, 9月, 11月の平均

(参考) 沈水植物 $140 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{年}$ 199 t/年
水生植物 $4,233 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{年}$ 6,026 t/年

表- 2.30 水中葉の総光合成速度と呼吸速度

種 類	水 温 (°C)	(2.2) 式の定数 a h (1/kix) (mgO ₂ /g/ hr/kix)		光飽和の光 合 成 速 度 (mgO ₂ /g/hr)	呼 吸 速 度 (mgO ₂ /g/hr)	補 償 点 (2.3) 式 Ic (kix)	測 定 年 月 (湖)
コカナダモ <i>Elodea Nuttallii</i> (先端部)	10 ± 1	0.872	6.46	7.4	0.8	0.140	1964年4月 (琵琶湖)
ク ロ モ <i>Hudrilla verticillata</i> (先端部)	27 ± 2	0.189	1.72	9.1	1.9	1.40	1964年7月 (琵琶湖)
ネ ジ レ モ <i>Vallisneria asiatica</i> var. <i>brwaensis</i> (葉)		0.189	1.72	9.1	1.3	0.88	
コカナダモ <i>Elodea Nuttallii</i> (先端部)		0.189	1.72	9.1	1.4	0.96	
(基 部)		1.00	1.72	1.7	0.8	0.87	
コウガイモ <i>Vallisneria denseserrurata</i> (先端部)	26	0.157	2.07	13.2	0.97	0.51	1964年7月 東 京 (小合溜)
(中央部)		0.112	1.19	10.6	0.44	0.39	
(基 部)		0.241	0.926	3.8	0.35	0.42	
コカナダモ <i>Elodea Nuttallii</i> (先端部)	7 ± 1	0.872	6.46	7.4	0.5	0.08	1965年1月 (琵琶湖)
コカナダモ <i>Elodea Nuttallii</i> (先端部)	24.0 ± 0.5	0.164	2.18	13.3	1.8	0.96	1966年7月 (琵琶湖)
(基 部)		0.481	2.69	5.6	1.5	0.76	
ク ロ モ <i>Hudrilla verticillata</i> (先端部)	27.8 ± 0.6	0.325	5.19	16.0	1.4	0.30	1969年7月 (琵琶湖)
サ サ バ モ <i>Potamogeton malaianus</i> (葉)	25 ± 2	0.240	4.34	18.1	1.4	0.32	1969年8月 (諏訪湖)
セキシウモ <i>Vallisneria asiatica</i> (葉)	24.5 ± 1.5	0.393	6.23	16.0	0.94	0.16	
コカナダモ <i>Elodea Nuttallii</i> (先端部)	25 ± 2	0.249	6.41	26.3	0.86	0.14	

3. 生育状況からみた湖岸植生の特徴

本章では、初めに我国の湖沼でみられる代表的水生植物を抽出してその生理的・生態的特徴を述べる。これにより、植生湖岸を計画する際その基本となる水生植物の基礎知識が得られる。この生理的・生態的特徴に基づいて植生の立地条件が定まるが、その生育幅はかなり広いものである。また水深、土質等湖沼の条件は多様を極めている。このため具体的な立地条件を明確に決めるのはかなり困難であるが、霞ヶ浦での実態調査に基づいて立地条件を分析した。

3-1 代表的水生植物の生理的、生態的特徴

(1) 代表的水生植物の抽出

日本の湖沼に見られる代表的植物を以下に示す。これらの種は、日本水生植物図鑑（大滝・石戸：1980）を参考として、全国の湖沼で多く出現するものを抽出したものである。

抽水植物：ハス、ヨシ、マコモ、ヒメガマ

浮葉植物：ヒシ、ジュンサイ、トチカガミ、ヒルムシロ、*アサザ

沈水植物：ホザキノフサモ、セキシウモ、コカナダモ、リュウノヒゲモ、イトモ、エビモ、ササバモ、

*クロモ

*霞ヶ浦で多い。

(2) 水生植物の生理的、生態的特徴

日本における代表的水生植物の生理的・生態的特徴を述べる。生理的特徴としては、越冬・発芽・生長・開花・結実・枯死の形態を整理した。なお、記述中右肩の(k)は「水生植物調査（昭和57年1月）建設省霞ヶ浦工事事務所」による霞ヶ浦での現地調査結果に基づくものである。

これらの特徴を整理して表-3.1に示した。

① ハ ス

無印の文献は(N6)

越冬：種子、根茎(N6, k)

発芽：4～5月ごろ根茎（蓮根）の先から径1～2cmの根茎がでる。

生長：根茎→根茎（蓮根）の先から径1～2cmの根茎が深さ10～30cmの泥中を横走。10～20cm。8月ごろ蓮根を形成。

根 → 根茎の節から多数のひげ根

葉 → 根茎の節より長さ1～2m，径1.5～3cmの葉柄。浮葉と気中葉。

開花：6～9月。両生花。つぼみができて約20日間で開花。開閉運動は4日間。9月上旬(k)

結実：花後*花托*は肥大して半球状の果托**，約50日後に子房はどんぐり状の堅果。果実の成熟後花

* 花托 花柄の一端で、花葉の付着する部分

** 果托 花托が発達してできた果実

托は枯死し、水中に垂れ下がり、果実が放出。果実は堅い。9月上旬～10月上旬 (k)
枯死：10月上旬～11月上旬 (k)

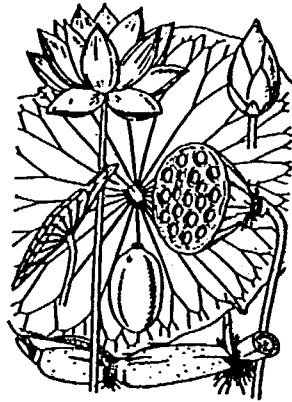
11月上旬にはほとんど枯死し、姿を消している (k)

生態：一部の池沼・河川で野生化

1本のたね蓮根から1,500～2,000本の蓮根ができる。

実生は翌年開花。果実の寿命は非常に長い。泥質 (N3)

1株からふつう20～30本の蓮根ができる (N3)



② ヨ シ

越冬：種子、根茎

無印の文献は (N6)

発芽：5月初めに湿気のある碎場に播種すると6日目に発芽。

生長：地水茎→地中1m位まで深く匍匐する。この節から地上をほう地下茎が出る。地下20～60cmに集中する。

地上茎→地上をほう地下茎から出る。高さ1～3m、径5～20mm

約100日で3mを越える草丈となることもある。

葉 → 長さ20～50cm、幅2～4cm

開花：8～10月。両性花。9月上旬～10月上旬 (k)

複総状花序*。最下位は雄花。その他は両性花。

結実：蒴果** 長さ1.2～1.4mm、胚乳種子。9月上旬～11月上旬 (k)

枯死：11月上旬～ (k)

11月上旬に葉の多くは枯れているが、茎はまだ枯れていないものが多い (k)

生態：全国各地 池沼・河川の岸、水湿地に大群生

抽水性の大形多年草

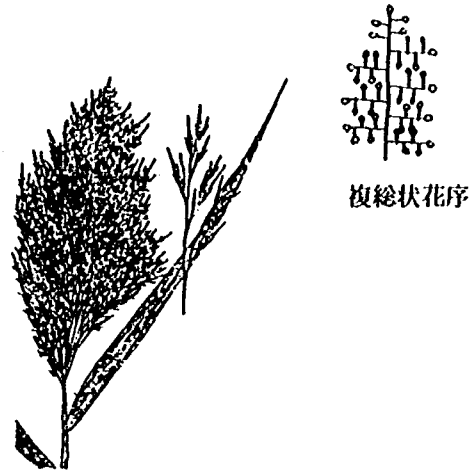
水源1m以内に生育、水深60cmまで (N2)

海岸の塩分濃度の高い潟湖、かなり強酸性の湖沼沿岸にも生育できる。

* 複総状花序：花が明瞭に有柄である総穂花序の一 (図参照)

** 蒴果：果皮が成熟後、乾燥して種子に密着する果実

消波効果は高く、折れにくい。また、枯死前に体内の栄養分は地下茎に移動貯留される。



栄養繁殖が主で、種子繁殖はほとんどみられない。種子繁殖を試験した結果は次のとおりである。

ヨシの種子は、大きさが0.7mm内外できわめて小さい。琵琶湖周辺で10～11月の間に採取する。ヨシの種子は、5月始めに湿気のある砂場に播種すると、6日目に発芽する。その後、2ヶ月で草丈が最高80cm程度に達し、5本以上の芽が出る。5ヶ月後には30本以上の地上茎が立ち、直径も4mmに達する。2年目には草丈、直径とも変わらないが、茎数は200～300本と飛躍的に増加する。ヨシは多年性であるが、一般の多年性草と異なり、個体としての一般のサイズに達するには、2～3年要する。

ヨシの折れにくさについては、A. Szczepanski (1970) によるヨシのそのの調査結果(F 15)がみられる。茎が太いほど「そり」の程度は小さくなり(図-3.1(a))、折れるに必要な力は大きくなる(図-3.1(b))。例えば、8mmの茎の場合4kg以上の力が必要である。また節のある場合の方が強度は強くなる(図-3.1(c))。

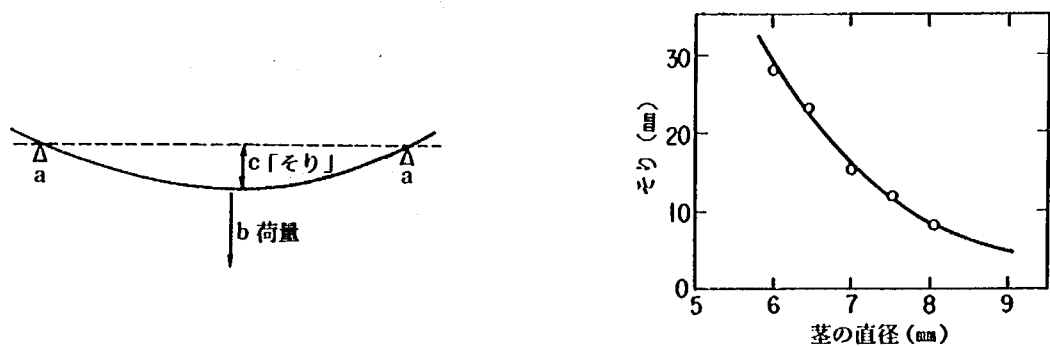


図-3.1(a) そりと茎の直径の関係

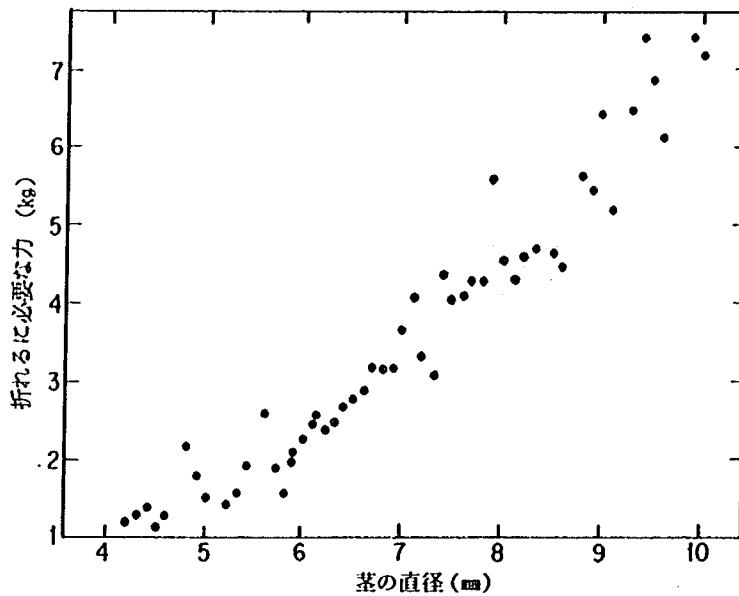


図- 3. 1 (b) 折れるに必要な力と茎の直径の関係

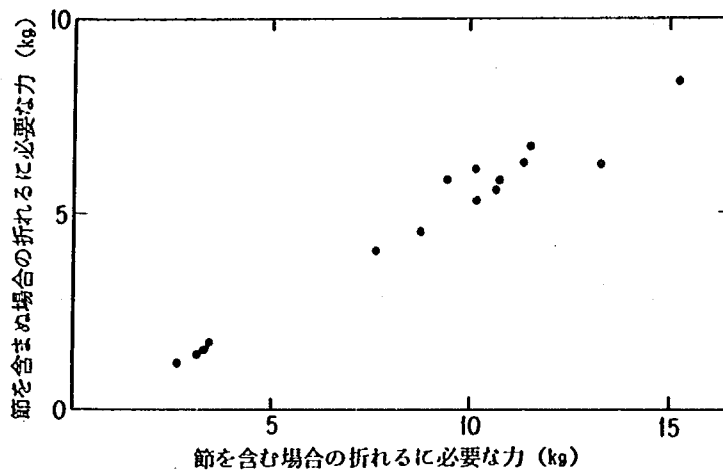


図- 3. 1 (c) 節を含まぬ場合の折れるに必要な力と節を含む場合の折れるに必要な力の関係

③ マ コ モ

無印の文献は (N6)

越冬：種子，根茎

発芽：5～6月ごろ根茎の先端の越冬芽から新芽*を出す。

生長：根茎→径 1.5～2cm 泥中に横走。

根 → 節ごとに約 10cm のひげ根。

茎 → 高さ 1～3 m，径は下方で 0.8～1.5cm 上方で 3～5mm。1～2 m (N3)

葉 → 長さ 40～100cm，幅 2～3 cm

開花：8～10月。雌雄同株。9月上旬～10月上旬 (k)

雌性先熟。雄性小穂は花粉を出すと脱落。

結実：雌性小穂は結実すると瘦果をつくり，まもなく脱落。瘦果は長さ 1 cm。9月上旬～10月上旬 (k)

枯死：11月上旬～ (k)

11月上旬に穂はなくなり、葉の多くは枯死、茎はまだ枯れていないものが多い(k)

生態：全国各地。池沼、河川の岸・溝、水路などの浅水中に群生。

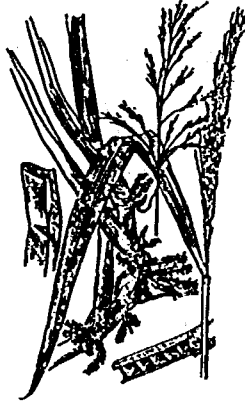
抽水性の多年草

泥質に発達するが、砂質ではあまり発達しない(N2)

水深80cmまで(N2)

消波効果は高い。

* 瘦果：小形で乾燥し、果皮が強く裂開せず、1種子を有する果実。



④ ヒメガマ

無印の文献は(N6)

越冬：種子 or 根茎

発芽：5～6月ごろ

生長：根茎→径5～10mm、泥中を横走

根 → 各節より多数のひげ根

葉 → 剣状、水面より上、長さ1.5～2m、幅6～15mm、堅い。

花茎→6～7月ごろ高さ2～3m、径4～5mm、直立。

開花：7～8月(ガマよりやや遅い)、雌雄同株、

9月上旬～下旬(k)

雄花は花粉放出後離脱

結実：9～10月ごろ種子が成熟。長さ1～1.3mm、幅0.3mm。

花穂の上方から逐次、風によって冠毛のついた種子が遠方へ飛散。風媒花。9月上旬～11月上旬(k)

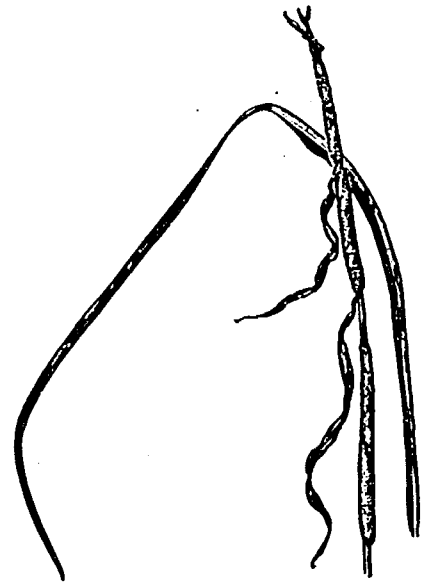
枯死：11月上旬～(k)

11月上旬に穂の多くは倒れているが、ヨシ、マコモより緑色を呈す(k)

生態：全国各地。平地の池沼、河川の岸などの浅水中に大群生。

大形の抽水性の多年草。

消波効果は高い。茎はヨシよりは折れやすい。



⑤ ヒ シ

無印の文献は (N6)

越冬：果実 (N6, k)

発芽：4～5月ごろ。泥中の果房から発芽。4月下旬～5月上旬 (J31, E)

生長：水中茎→径2～3mm, 長さ1～2m。分枝しない。

根 → 系状, 泥中に多数。細長く貧弱。水中根は水中茎の各節から1対の長さ5～10cm, 羽状, 葉緑素を有す。水中根は浮水と根の働きをする。

葉 → 水面に放射状に叢生し, 葉柄の中央より上方が浮のうとなる。葉身は長さ2.5～5cm, 幅3～8cm。1日1葉展開させる (J3, E)

開花：7～10月。夏～秋 (N4) 7～8月頃 (N3) 水面上に1日花。両性花。8～9月上旬 (k)

結実：虫媒花。花後, 花が水中に垂れ下がり結実したのち脱離し, 水流によって移動しながら沈下。9月上旬～10月上旬 (k)

果実は1株に10数個。骨質の堅果。宿存がくは2片。子葉にデンプン (67%) (N3), タンパク質 (14%) (N3) などを含む。

枯死：11月初旬 (J31, E) 9月上旬～11月上旬 (k)

11月上旬にはほとんど姿を消した (k)。

生態：全国各地。池沼, ため池の浅水中に群生

水深2m以下。浮葉性の1年草。

泥質 (N3)

花茎は風で倒れにくい。 (N3)

- ・匍匐枝は葉柄状の途中から, つぎつぎに出て無性繁殖する (N3)。
- ・最適生息水深0.5～2m (J31, E)
- ・発芽後, 数日中に葉部を水面に出すことができる。この際のエネルギー源はすべて果実に蓄えられている。 (J31, E)
- ・高浜入湖岸帯において, 前年に蓄えられる果中の物質量は, 湖底1㎡当たりの有機炭素量として54gCである。 (J31, E)
- ・前年度に生産されたヒシ果実は, 発芽後の生物活動で消費されるが, 7月中旬には同程度の生物量まで回復する。 (J31, E)
- ・すべてのヒシ個体は5月中旬までには葉面が著しく生長し, 水面全体に葉を拡げた後, 水中根を伸長させる。 (J31, E)
- ・6月の梅雨期に, 根部の生長がほぼ停止し, 葉柄が急速な生長を開始する。 (J31, E)
- ・8月下旬頃, 最高現存量72gC (有機炭素量)/㎡ (湖表面) となった。 (J31, E)
- ・栄養塩摂取様式は, 根と水中根での差や同日変化は認められない。 (J31, E)
- ・I-N, I-Pが水中濃度で500μg/l以上になることが稀なヒシ生長期の湖岸帯湖水中環境にあっては, ヒシの主要な栄養源は湖底堆積物であると言わざるを得ない。 (J31, E)
- ・入江になって波の静かな場所の抽水植物と沈水植物の間に生育。 (J29)



⑥ ジュンサイ

無印の文献は (N6)

越冬：種子，根茎

発芽：4～5月頃

生長：茎→細長く円柱形。径2～5mm。下方の節から小数の茎を分枝。

葉→浮葉は水面まで長い紅紫色の葉柄を伸ばす。楕形葉，広楕円形，全縁*，長さ6～12cm，幅4～6cm

開花：5～8月，葉柄から紅紫色の花柄を水面上にのぼし，径1～2cmの花を1個頂生。

結実：花が2日間水上で匍匐した後，水中で結実。果実内部に3mm×2mmの楕円形種子が1～2個で
きる。

枯死：

生態：北海道，本州，四国，九州に普通に見られる多年草。

湖沼や古いため池の水深1～2mの水域に群生。

水質汚濁に弱いことなどで近年めっきり減少している。

*全縁：縁に切れ込みのない葉



⑦ トチカガミ

無印の文献は (N6)

越冬：種子、殖芽。実生芽はふつう2年目に成長開花。

発芽：4～5月ごろ殖芽が発芽。4月ごろより種子が発芽。

生長：発芽後、急速に成長。

根→径3mm、長さ40cmの太い3本の根と、長さ40～50cmにも達する多数のひげ根。

茎→水中を横走。径2～4mm、長さ30cm以上

葉→成長するにつれて、裏面中央下部に六角柱状の気室が多数でき泡沫状にふくれ、浮袋の役割を果す。浮葉が密生して水面より抽出すると浮袋は退化消失する。

開花：7～10月。雌雄同株ときに異株。9月上旬 (k)

8～10月 (N3)

花柄は長さ3～6cm、水面上にのびる。1日花。

結実：果実は長さ5～15mm、幅4～8mm。種子は果実内に多数生じ、長さ1～1.5mm、幅約1mm

9月上旬～下旬 (k)

枯死：10月上旬～11月上旬 (k)

11月上旬には全く姿を消した。(k)

生態：本州以西。平地の池沼、小川の水面に群生、浮葉性の多年草。

種子は動物体内散布。地下茎で繁殖 (N3)

* 殖芽：水生植物が、鱗片葉や葉身の一部などを変化させ、生育環境の不利な時期を耐える適応形態の一つ。



⑧ ヒルムシロ

無印の文献は (N6)

越冬：種子、殖芽*

発芽：3月頃

生長：根茎→発達して泥中を横走

根 → 節から白色糸状の根

茎 → 黄褐色円柱形、細長い、径2mm、長さは浅水中で10～60cm

葉 → 水中葉は長さ10~18cm, 幅1~3cm, 膜質ひ針形。浮葉は楕円または狭長楕円形, 長さ5~12cm, 幅2~4cm。

開花: 5~10月 (E 27) 浮葉の葉腋から花茎をだし, 長さ2~6cmの穂状花序を水面上にだす。両性花。

結実: 堅花 3~4 × 2 × 1.5 mm

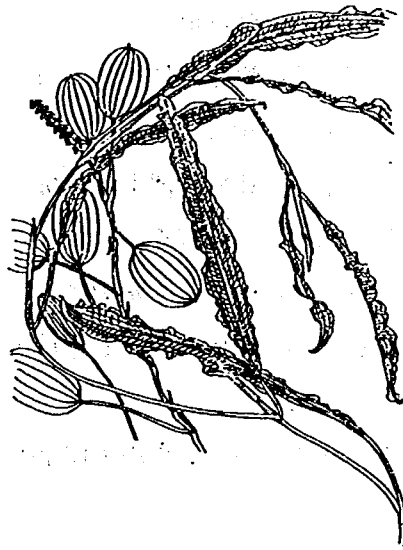
枯死: 秋から初冬にかけて殖芽形成, 12月中旬までに枯死 (E 27)

生態: 全国各地に普通な浮葉性の多年草。

ふつう水深1m以内の浅水中に群生。

夏から秋に水位が低下すると陸生葉をつくる。

* 殖芽: 水生植物が, 鱗片葉や葉身の一部などを変化させ, 生育環境の不利な時期を耐える適応形態の一つ。



⑨ ホザキノフサモ

無印の文献は (N6)

越冬: 種子, 根茎, そのまま

発芽: ?

生長: 茎 → 径2~3mm。フサモよりやや軟弱。上方はよく分枝し長さ1~2m。

根 → 茎の下部の節より長さ5~10cmの多数の糸状の根を泥中に出す。

葉 → 4輪生

開花: 5~10月。雌雄同株。9月上旬~10月上旬 (k)

穂状花序は水上に抽出し, 長さ3~8cm。負の屈地性が著しい。花序の上方に雄花が下方から上方に順次開花し, 下方に雌花がつく。

結実: 長さ1.5~2mmの果実 9月上旬~11月上旬 (k)

枯死: 11月上旬~ (k)

11月上旬には, ほぼあるいは完全に枯死しているものがほとんどであり, 表面は泥および細菌類が付着している。

生態：全国各地。池沼，ため池，河川，半かん水の水域に群生
 泥水性の多年草
 干上り（1カ月）に際し，気中葉をつけ，土中に確固たる根を伸ばした。（N9）

*穂状花序：花序が長く無柄の花を列生する花序形態



⑩ セキシウモ

無印の文献は（N6）

越冬：種子，根茎

発芽：？

生長：根茎→径2mm。泥中を横走。軟質。

根 → 根茎の節から泥中に多くのひげ根。

葉 → 根茎の節から10数個の葉を叢生。長さ50～80cm。幅5～8mm。軟質。

開花：8～10月。雌雄異株。9月下旬～10月上旬（k）

雄花は成熟後，水中に出て水面に花粉が浮上，花粉を水面に多数放出。雌花の花柄は長さ70～100cmの左巻きラセン状。水面に1個開く。

結実：水媒花。受粉後花柄はラセン状に短縮して水中に沈む。

果実は長さ15～20mm。径約3mm。水中で成熟し，長さ2～4mmの種子が多数できる。

枯死：11月上旬～（k）

生態：全国各地。湖沼，ため池，比較的清潔な小川の流水中に群生。

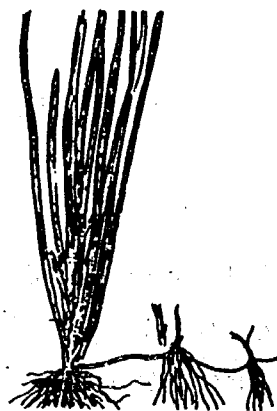
水底が砂泥質。

礫質（N3） 1.0m/sec以下の流水（N3）

水深1m内外（N3）

水がつりのような流れとなり，底質が砂質となるところで，純群落を形成する。（J29）

アサザ群落下，水深40cm（k）



⑪ コカナダモ

無印の文献は（N6）

越冬：成体のまま越冬

発芽：随時

生長：根→茎の節から白色糸状の根

茎→細く円柱形で堅い。径 1～2 mm。長さ 20～50 cm

葉→輪生。1～1.5 cm 間隔に 2～4 個、類形。長さ 6～15 mm，幅 0.5～2 mm。

開花：5～10月。日本では雄花のみが帰化しており，雄株は各葉腋に無柄の苞鞘を単生し，その内部に径 2～3 mm。無柄で球形の雄花を 1 個生ずる。

結実：雄株のみの帰化であるため結実しない。

枯死：

生態：関東以西の各地に普通に見られる沈水生の多年草。

河川及び水路に群生する。

低温や水流に耐え，富栄養湖にも生育するので，近年急速に分布を拡大しつつある。



⑫ リュウノヒゲモ

無印の文献は (N6)

越冬：種子，根茎，殖芽*

発芽：？

生長：根茎→径約 0.5 mm の糸状。泥中を横走。

根 → 節よりひげ根

水中茎→糸状。径 0.5～1.5 mm。下方はよく分枝。

葉 → 葉腋は叉状につぎつぎに分枝し，浅水中で草長 30～60 cm，水深の深いところで 1 m 以上。

葉は毛髪状，長さ 5～15 cm，幅 0.5～1 mm。浮葉はない。(N3)

開花：6～10月。水中茎の上方から長さ 5～20 cm の糸状の花茎を水面までのぼす。花穂 1～4 cm。両性花。9 月上旬 (k)

結実：水中でみられ，良好。堅果，3～4 mm × 2～3 mm × 2 mm。風媒花

9 月上旬～11 月上旬 (k)

枯死：秋ごろ根茎の先端に殖芽となる塊茎を形成

10 月上旬～ (k) 11 月上旬にはわずかに残っている (k)

生態：全国各地。淡水，汽水性の池沼，河川に群生。

沈水性の多年草

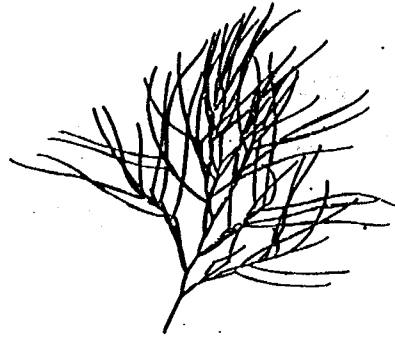
砂質（N3）

塊茎は水鳥の重要な餌となる（N6）

* 殖芽：水生植物が，鱗片葉や葉身の一部などを変化させ，生育環境の不利な時期を耐える適応形態の一つ。

** 葉腋：葉の向軸側の基部

*** 塊茎：地下茎の一部が肥大し，多量の貯蔵物質を蓄積した茎の特殊形態



⑬ イナモ

無印の文献は（N6）

越冬：種子，殖芽*

発芽：4月頃（E27）

生長：根茎→ほとんど発達しない。

根 → 茎の節から長さ20～30cmの白色糸状根をだす。

茎 → 糸状，やや偏円，草長20～70cm。

葉 → 浮葉はつくらず，線形葉，互生，長さ2～8cm，幅1～1.5mm。

開花：5～9月。茎の先端部の葉腋**から長さ2～4cmの花茎をだし，小花を密につけた穂状花序***をだす。

結実：果実は小さく広楕円形または卵円形，1.5～2mm×1mm，
背部に3稜あり。

枯死：晩秋～初冬（E27）

生態：全国各地に普通に見られる沈水性の多年草。

湖沼やため池，小川などの浅水中に群生。

* 殖芽：水生植物が，鱗片葉や葉身の一部などを変化させ，生育環境の不利な時期を耐える適応形態の一つ。

** 葉腋：葉の向軸側の基部

*** 穂状花序：花序の軸が長く，無柄の花を列生する花序形態。



⑭ エビモ

無印の文献は（N6）

越冬：種子，殖芽*，成長体のまま

発芽：殖芽は主に秋から翌春にかけて発芽（E27）

生長：根茎→円柱形，径約2mm

根 → 節より多数のひげ根

茎 → 扁円形、長径約 3 mm、短径約 1.3 mm

葉 → 互生、線状長楕円形または線状ひ針形、長さ 4～10mm、幅 4～10mm、縁上に微鋸歯、基部は無柄

開花：4～8月（E 27）、茎の葉腋から水面 花茎をのぼし、長さ 1～1.5 cmの穂状花序をだす。

両性花

結実：3～4 mm×2 mm、背面に 3 稜あり。

枯死：流水域では、1年中植物体が見られるが、静水域での植物体は夏に消失する。

静水域でも夏に成長を続けている。（E 27）

生態：南アメリカを除く世界各地に広く分布

湖沼では水深 2～5 m、河川では流速が 1 m/sec くらいの水域でも生育できる。

冷水中や富栄養化した水域でも大繁殖し、生活力は強い。

* 殖芽：水生植物が、鱗片葉や葉身の一部を変化させ、生育環境の不利な時期を耐える適応形態の一つ。

** 葉腋：葉の向軸側の基部

*** 穂状花序：花序の軸が長く、無柄の花を列生する花序形態。



⑮ ササバモ

無印の文献は（N 6）

越冬：種子、根茎、殖芽

発芽：4月頃（E 27）

生長：草長 2～3 m。全草鮮緑色。

根茎→径約 2 mmの糸状。泥中を横走。

根 → 節より多数の糸状のひげ根。

茎 → 少し分枝。

葉 → 長さ 8～20cm、幅 1～3 cmの広線形の水中葉。水位が下がると、しばしば浮葉をつくる。

完全に陸上に露出しても浮葉は地面に伏臥して容易に枯死せず、短期間なら湿地生活にも耐える。

開花：6～10月。両性花。9月上旬（k）

暗緑色の穂状花序を水面上にのぼす。花序は50～60個の小花が密について開花。

結実：花後水中に没して結実。結実は良好。1花序に20～50個の果実。果実は堅果、長さ約 3 mm、幅約 1.5 mm。風媒花。9月上旬～11月上旬（k）

枯死：晩秋に地下茎の先端に殖芽。

9月下旬～(k)，11月上旬には，ほぼあるいは完全に枯死しているものがほとんどである。

生態：本州の特に関東以西。湖沼，ため池，河川の浅水中に群生。

沈水性（まれに浮葉性）の多年草

湖沼では水深2～3 m。河川では流速1 m/secの水域でも生育が可能。0.5 m/sec以下(N3)

砂質(N3)

干上り（1カ月）に際し，気中葉をつけ，土中に確固たる根を伸ばした。また，結実している株もみられた。(N9)

入江の外側の動水域で，比較的水のきれいなところ。(J29)

湖岸から急に1 mから1.5 mの深さになり，かなり水の動きの激しいところ。(J29)

比較的遠浅のところでは，ホザキノフサモ，センニンモ，クロモ，ヒロハノエビモを混じえて生育(J29)

* 殖芽：水生植物が，鱗片葉や葉身の一部などを変化させ，生育環境の不利な時期を耐える適応形態の一つ。

** 葉腋：葉の向軸側の基部

*** 穂状花序：花序の軸が長く，無柄の花を列生する花序形態



⑩ アサザ(N6)

無印の文献は(N6)

越冬：種子 or 根茎

発芽：？

水中茎は分枝しながら伸びる。

生長：根茎→長く水底の砂泥上を横走

根 → ひげ状, 多数, 泥中

水中茎→径3~6mm, 長さ30~60(~100以上)cm, 分枝する。

葉 → 水面に浮く。長径8~14cm, 短径7~11cm, 中央部の厚さ約2mm。

長い葉柄を有す(N4)

開花: 5~9月。7~9月(N3)。水面上に直径2~4cmの日中のみ開花する1日花を開く。両性花。

9月上旬~10月上旬(k)

結実: 花後, 蒴果*を形成。蒴果1個に約3~4mmの扁楕円形の種子を20~60個形成。蒴果は成熟後裂開し, 種子は水面下に落下し, 浮上しながら移動する。結実は不良(N3) 10月上旬(k)

枯死: 11月上旬~(k)

11月上旬には葉が赤褐色を呈し, 相当枯死している。(k)

生態: 本州以西。平地の池沼・ため池の浅水中に群生。

浮葉性の多年草

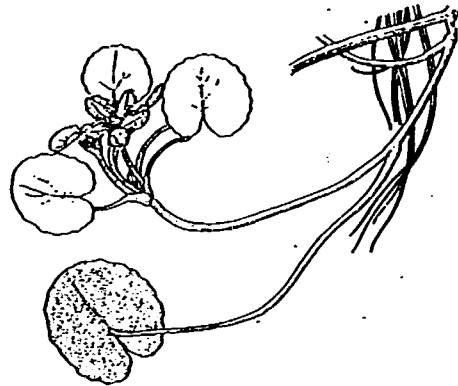
関東以西の池沼に多い(N3)

水底が泥土で水深1m以内(N3)

干上りに際し, 砂浜に根をおろし, 新芽の伸長もみられ, 少数ながら開花も認められた。(N9)

入江になって波の静かな場所の抽水植物と沈水植物の間に生育。(J29)

* 蒴果: 地下茎の一部が肥大し, 多量の貯蔵物質を蓄積した茎の特殊形態。



⑪ クロモ

無印の文献は(N6)

越冬: 種子, 殖芽

発芽: 殖芽は4~5月ごろに発芽

生長: 茎→径約2mm, 長さ30~60cm~2m。分枝。強く折れやすい。

根→分枝した節に糸状の根がまばらにつく。

葉→輪生葉

6月に開花し, 以後無性生殖。

開花: 6~10月。雌雄異株ときに同株。9月下旬(k)

雄花は水面に浮上し開花。花粉は水面を漂流。

雌花は水面までのびる。

結実：水媒花。果実に1～3個の種子。

枯死：晩秋に枝の先端の節間が短縮し、長さ3～5cmの筆状の殖芽となり、水底に沈む。

11月上旬～(k)

11月上旬にはわずかしが残っていない(k)

生態：全国各地。湖沼、ため池、河川などに群生。

- 沈水性の多年草。
- 茎の破片は再生力が強く、無性生殖。
- 近年コカナダモその他の帰化水草や汚染に負けて、急激に分布域が減少しつつある。
- 泥質(N3) 0.5m/sec以下の流水(N3)
- エアレーションにより20%(湿度)18%(乾重)生長が減少する(理由：水の酸化により、バブリングの物理的効果ではない)。(E24)
- 先端部のみのクロロフィル量は2.56～23.0mg/dry gであるが、クロモ全体では1.21～9.70mg/dry gを示し、6月に最高、12月に最低である(印旛沼)。(J13)



表-3.1 全国湖沼における主要な水生植物の生活史

植物名	生活型 生活期	越冬	発芽	生長	開花	結実	枯死	生態
ヨシ	抽水植物 多年草	種子(N6) 根茎 (N6, k)			8~10月(N6) 9月上旬 ~10月上旬(k)	9月上旬~11月上旬(k)	11月上旬~ (k)	水深1 m以内(N6) 40cmまでは生育(k)
マコモ	抽水植物 多年草	種子(N6) 根茎 (N6, k)	→ 5~6月頃 (N6)		8~10月(N6) 9月上旬 ~10月上旬(k)	9月上旬~10月上旬(k) 瘦果をつくとまもなく脱落(N6)	11月上旬~ (k)	水深80cm以内(N6) 40cmまでは生育(k) 泥質に発達(N2)
ヒメガマ	抽水植物 多年草	種子(N6) 根茎 (N6, k)	→ 5~6月頃 (N6)		7~8月(N6) 9月上旬 ~9月下旬(k)	9~10月ごろ(N6) 9月上旬~11月上旬(k)	11月上旬~ (k) ヨシ, マコモより枯死は遅い(k)	50cmまでは生育(k)
ハス	抽水植物 多年草	種子 (N6, k) 根茎	→ 4~5月頃 (N6)	8月頃蓮根を形成 (N6)	6~9月(N6) 9月上旬(k)	開花後50日後(N6) 9月上旬~10月上旬(k)	10月上旬~11月上旬(k) 11月上旬にはほとんど姿を消す(k)	泥質(N3) 実生は翌年開花(N6)
アサザ	浮葉植物 多年草	種子(N6) 根茎 (N6, k)		水中茎は分枝しながら伸びる	5~9月(N6) 7~9月(N3) 9月上旬 ~10月上旬(k)	花後萌花を形成し、萌果成熟後、種子放出(N6) 10月上旬(k) 結実は不良(N3)	11月上旬~ (k)	水深1 m以内(N3) 20~65cm(k) 泥質(N3) 入江で波の静かな場所(J29)
ヒシ	浮葉植物 一年草	果実 (N6, k)	→ 4~5月頃 (N6) 4月下旬 ~5月上旬 (J31)	発芽後、水面までは果実の栄養分のみで伸長(J31) 5月中旬までに葉面が著しく生長(J31) 8月下旬頃最大現存量(J31)	7~10月(N6) 9月上旬(k)	9月上旬~10月上旬(k)	11月上旬(J31) 9月上旬~11月上旬(k) 11月上旬にはほとんど姿を消す(k)	水深2 m以内(N3) 0.5~2 m(J31) 泥質(N3) 入江で波の静かな場所(J29)

植 物 名	生 活 型 生 活 期	越 冬	発 芽	生 長	開 花	結 実	枯 死	生 態
ジュンサイ	浮葉植物 多 年 草	種子 (N6, k) 根茎	→ 4～5月頃 (N6)		5～8月 (N6)			水深1～2m (N6) 湖沼, 古いため池 (N6) 水質汚濁に弱い (N6)
トチカガミ	浮葉植物 多 年 草	種子 (N6) → 4月頃 (N6) 殖芽 → 4～5月頃 地下茎 (N3)		発芽後急速に成長 (N6)	7～10月 (N6) 8～10月 (N3) 9月上旬 (k)	9月上旬～下旬 (k)	10月上旬～11月上旬(k) 11月上旬には全く姿を 消す (k)	実生芽は2年目に成長開 花 (N6) 種子は動物体内散布 (N6)
ヒルムシロ	浮葉植物 多 年 草	種子 (N6) 根茎 (N6) 殖芽 (N6)	3月頃 (N6)		5～10月 (E21)		12月中旬までに枯死 (E27) 秋から初冬にかけて殖 芽形成	水深1m以内の浅水中に 群生 (N6)。夏から秋に 水位が低下すると陸生葉 をつくる (N6, E27)
ホザキノ フサモ	沈水植物 多 年 草	種子 (N6) 根茎 そのまま			5～10月 (N6) 9月上旬 ～10月上旬(k)	9月上旬～11月上旬(k)	11月上旬～12月上旬(k) 11月上旬にはほぼ枯死 したものがほとんどで 表面を泥・細菌類がお おう(k)	15～90cm(k)
ク ロ モ	沈水植物 多 年 草	種子 (N6) 殖芽 → 4～5月頃		6月に最大現存量 (印旛沼) (J13)	6～10月 (N6) 9月下旬(k)		11月上旬～ (k) 11月上旬にはわずかし か残っていない(k) 晩秋に殖芽形成 (N6)	茎の破片の再生力は強く, 無性生殖 (N6) 泥質 (N3) 0.5m/sec 以下の流水 (N3)
リュウノ ヒゲモ	沈水植物 多 年 草	種子 (N6) 根茎 殖芽			6～10月 (N6) 9月上旬(k)	9月上旬～11月上旬(k) 結実は良好 (N6)	10月上旬～12月上旬(k) 11月上旬にはわずかに 残っている(k) 秋ごろ殖芽形成 (N6)	砂質 (N3)
セ キ ショウモ	沈水植物 多 年 草	種子 (N6) 根茎			8～10月 (N6) 9月下旬 ～10月上旬(k)	花後水中で結実 (N6)	11月上旬にはかなり少 なくなっている(k)	水深1m以内 (N3) 40cm(k) 砂泥質 (N6) 礫質 (N3) 砂質 (J29) 1.0m/sec 以下の流水 (N3)

植 物 名	生 活 型 生 活 期	越 冬	発 芽	生 長	開 花	結 実	枯 死	生 態
コカナダモ	沈水植物 多年草	そのまま (N6)	随時 (N6)	無性生殖で大繁殖 (N6)	5～10月 (N6)	結実しない		茎の破片の再生力は強い (N6) 水質汚濁・低温にかなり 強い (N6)
ササバモ	沈水・ 浮葉植物 多年草	種子 (N6) 根茎 (N6, k) 殖芽 (N6)			6～10月 (N6) 9月上旬 (k)	花後、水中で結実 (N6) 9月上旬～11月上旬 (k) 結実は良好 (N6)	9月上旬～ (k) 11月上旬にはほとんど 枯死したものがほとん ど (k) 1月上旬に、表面を泥 ・細菌類でおおわれた ものが存在 (k)	水深2～3 m (N6) 15～85 cm (k) 1 m/sec 流速でも生育 (N6) 0.5 m/sec 以下 (N3) 砂質 (N3) 入江の外側の動水域 (J29)
イトモ	沈水植物	種子 (N6) 殖芽	4月頃 (E27)		5～9月 (N6)		晩秋～初冬	湖沼、ため池、小川など の浅水中に群生 (N6)
エビモ	沈水植物	種子 (E27) 殖芽 そのまま	殖芽は秋から翌 春にかけて発芽 (E27)		4～8月 (E27)		静水域では夏に消失 (E27)	水深2～5 m, 流速1 m /sec で生育 富栄養化水域でも大繁殖 (N6)

3-2 水生植物の立地条件 — 主に霞ヶ浦について —

水生植物の立地条件を、主に霞ヶ浦に生育する水生植物を中心に整理した。

(1) 霞ヶ浦の水生植物の生育状況

霞ヶ浦における水生植物の生育面積は表-3.2に示すとおり704 haであり、湖面積の4.0%を占める。

表-3.2 霞ヶ浦に生育する水生植物

生活型	植被面積 (ha)	西浦の湖面積 (ha)	水生植物の占める割合 (%)
抽水	434	17,800	2.5
浮葉	193		1.1
沈水	77		0.4
水生植物全体	704		4.0

このような霞ヶ浦の湖岸を占める水生植物は多く、霞ヶ浦における水生植物の重要性を示している。とくに妙義ノ鼻のヨシ帯(図-3.2)、麻生沖のアサザ帯(図-3.3)、高浜入のハス・オニビシ帯(図-3.4)では、水生植物が多く、豊かな植生を示している。

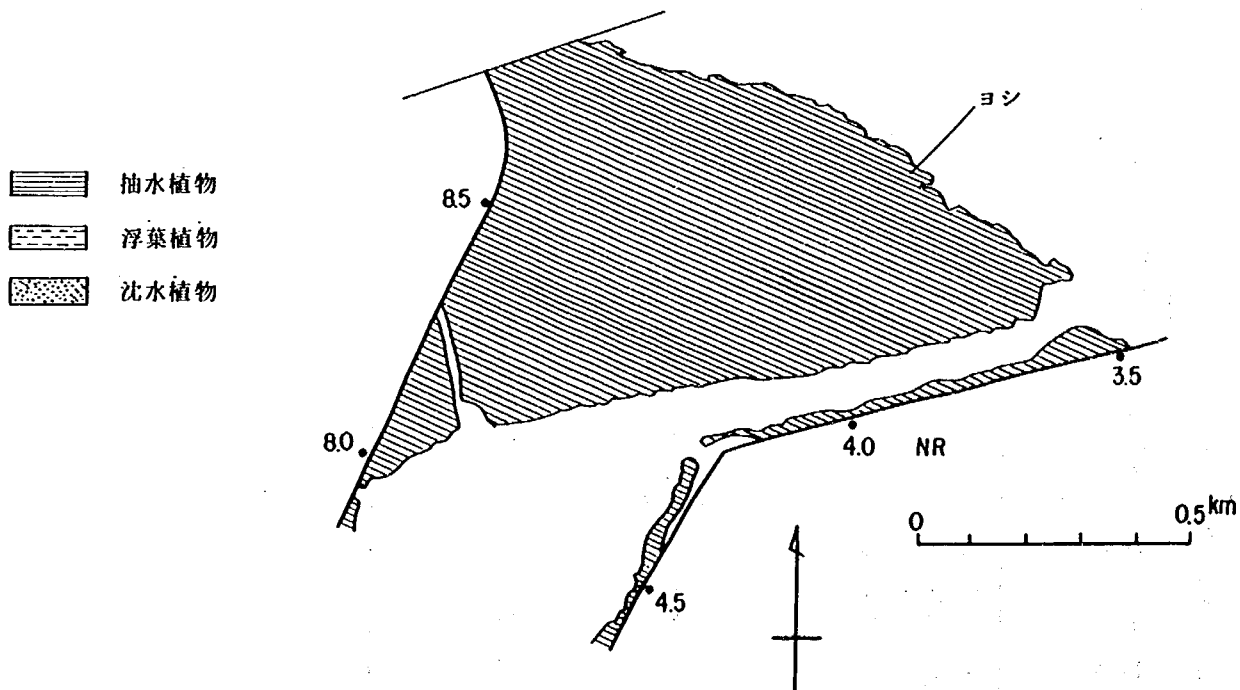


図-3.2 妙義ノ鼻のヨシ帯

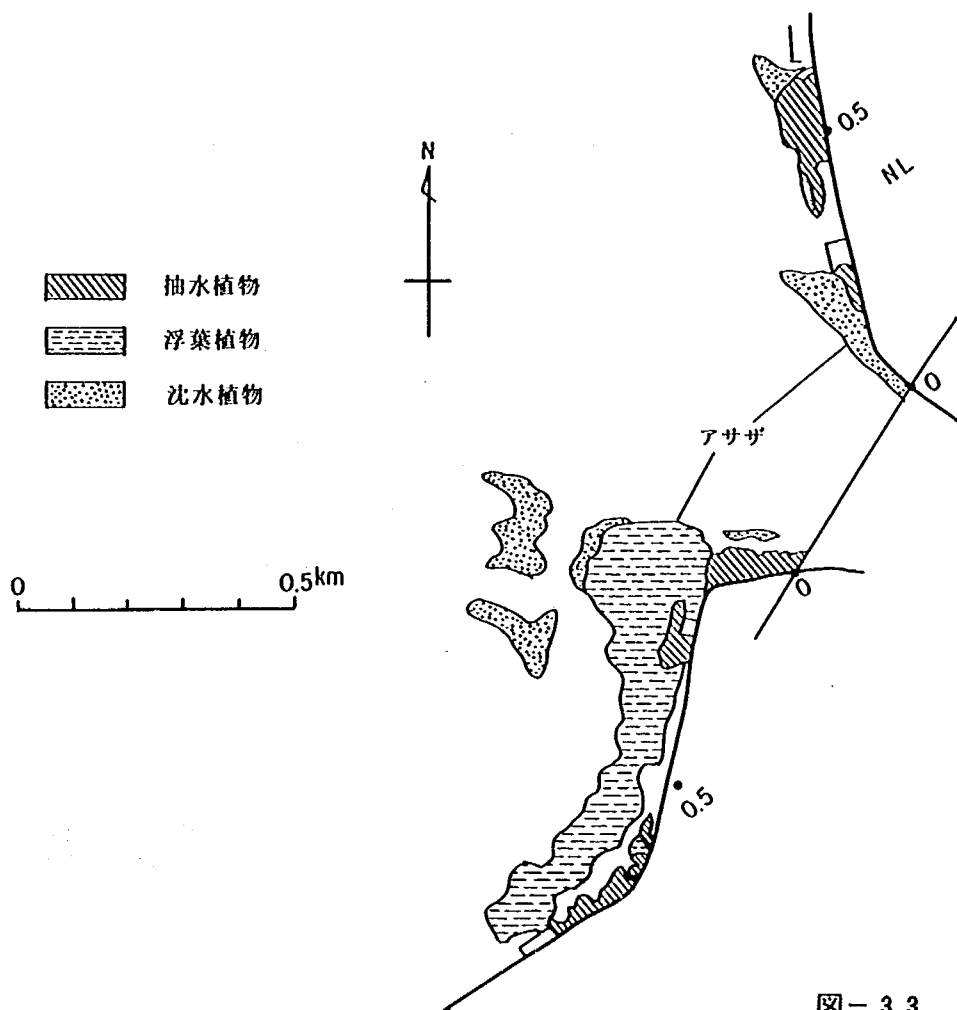


図- 3.3 麻生沖のアサザ帯

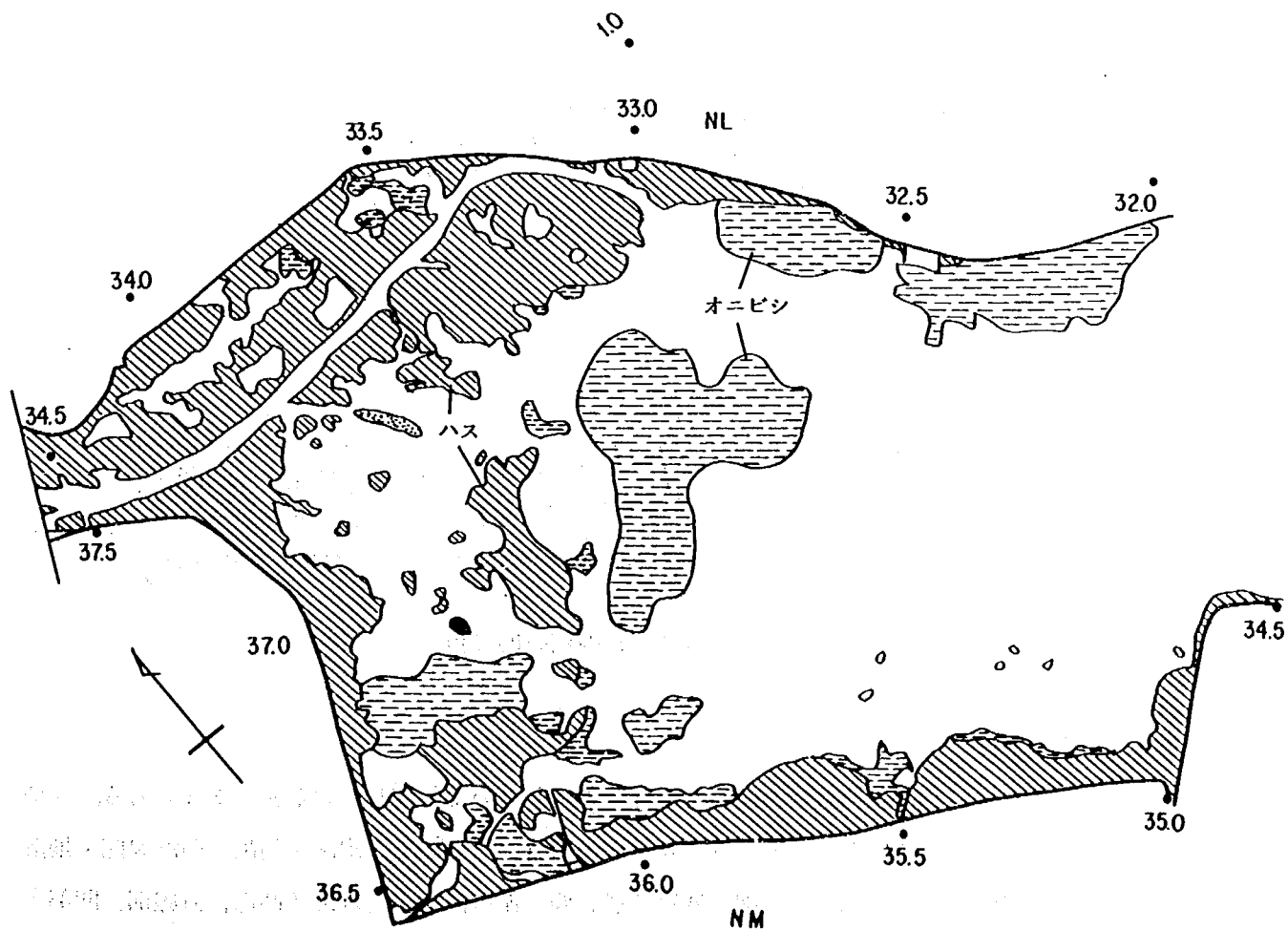


図- 3.4 高浜入のハス・オニビシ帯

なお霞ヶ浦での代表的な水生植物の縦断的な分布は、図-3.5に示すとおりである。霞ヶ浦では沖合300m以上にわたって分布しているところもある。

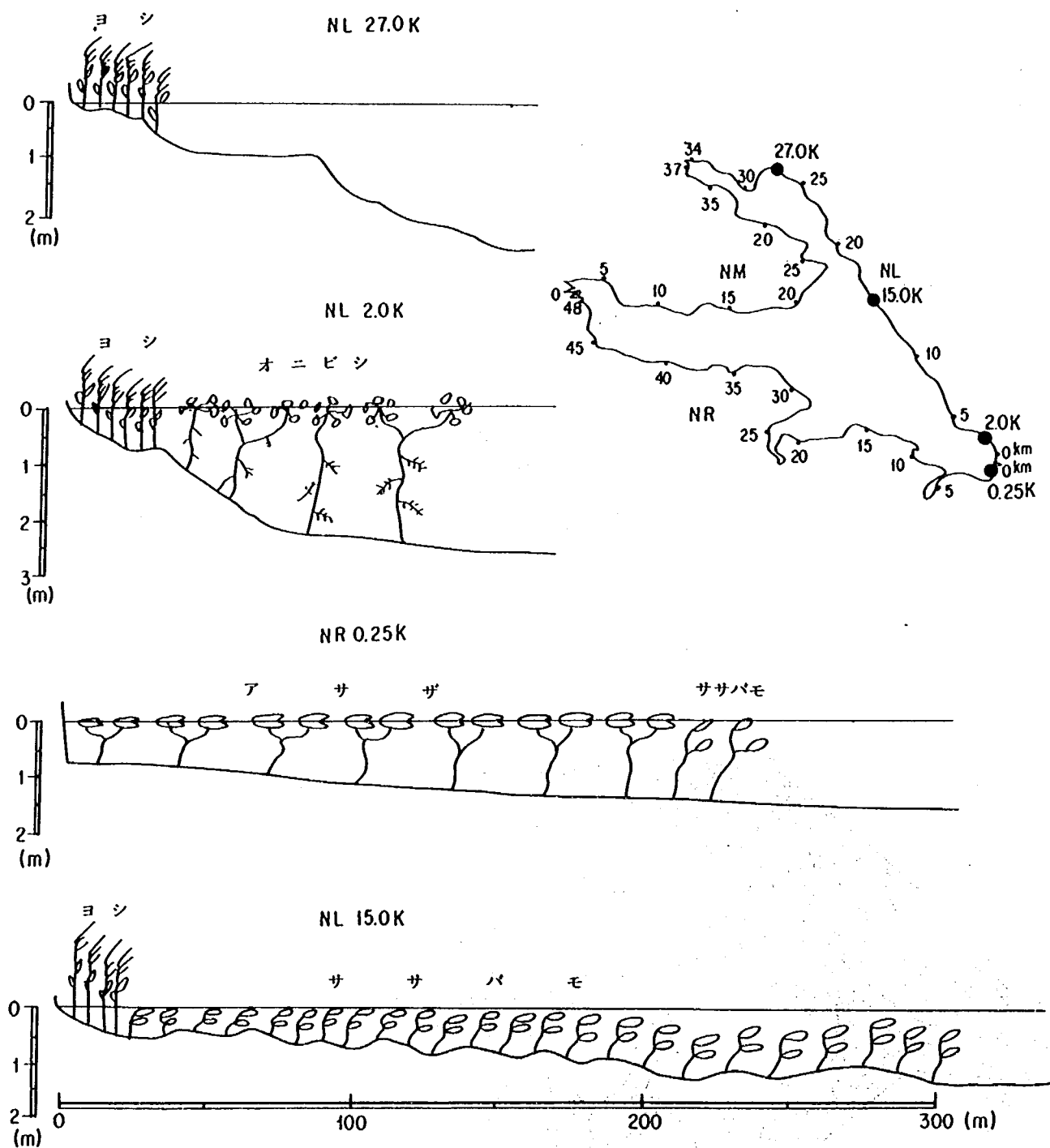


図-3.5 水生植物の縦断的分布

(2) 水生植物の立地条件

霞ヶ浦に生育する水生植物の立地条件の概略を実態調査に基づいて整理したのが表-3.3である。立地条件としては、波浪（強弱・波向）、底質（砂・礫・泥の区分、厚さ等）、水深・勾配、前浜勾配・地形としたが、そのうち事例数の多い水深・勾配、底質（砂、礫、泥の区分）、地形（凸部、直線部、凹部）

について水生植物の種類ごとに、その生育状況を示したのが図-3.7である。

それぞれの立地条件ごとに水生植物との係わりを次に示す。

1) 水 深

各群落が生育している最大及び最小の水深を各水生植物について平均すると図-3.6に示すとおりである。

図-3.6に示すとおり、最大水深でみるとヨシ、マコモ、ヒメガマの抽水植物も1 mを越す水深に生育することがあるが、平均すると浮葉沈水植物の方が抽水植物よりも水深の深い水域に生育していない。また浮葉植物と沈水植物は50cm以下の水域には生育していない。浮葉植物と沈水植物を比較すると、浮葉植物は2 mを越える水域でも生育しているのに対して、沈水植物の生育する水深は2 mまでである。

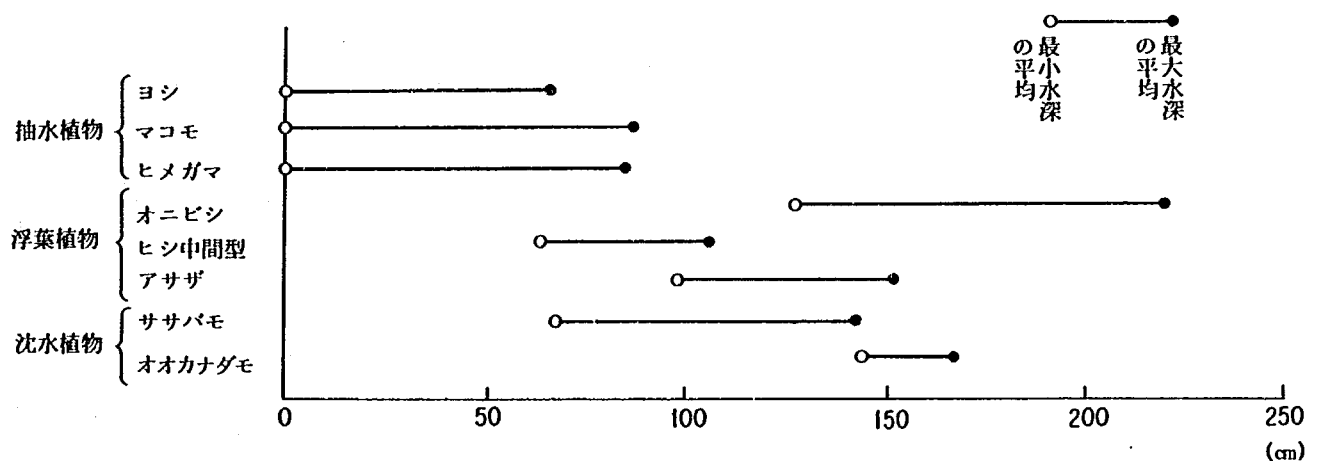


図-3.6 水生植物の生育水深

表-3.3 水生植物の立地条件

植物群落名	波 浪 底 質					水 深 (cm)	勾 配 (cm/m)	前浜勾配 (cm/m)	地 形	備 考	K	P
	強	弱	波 向	砂、礫、 泥の区分	厚さ(cm)	その他						
ヨ シ				砂			0-90	1.4	—	牛堀地先 直線部		NR-2.0
				砂			0-50	1.0	2.0	本新島干拓 やや凸部		NR-2.25
				泥			0-80	1.1	23.3	東 村 凹部		NR-5.5
				泥			0-100	2.0	0	東 村 凹部		NR-6.0
				泥			0-30	1.0	0.6	古渡地先 直線部		NR-20.05
				泥			0-40	0.7	1.0	古渡地先 直線部		NR-20.2
				泥			0-80	2.3	0	江戸崎 凹部		NR-21.5
				泥			0-70	2.3	4.5	江戸崎 凹部		NR-24.0
				泥			50-50	0	0.8	稲荷ノ鼻 凸部		NR-26.75
				砂, 泥			0-100	5.0	0.3	土浦入入口 やや凸部		NR-34.0
				砂, 泥			0-120	2.4	1.0	土浦入 直線部		NR-34.5
				砂, 泥			0-70	1.8	0.1	土浦入 直線部		NR-40.0
				砂			0-70	3.5	1.0	土浦入奥 直線部		NR-46.0
				砂			0-100	1.0	2.0	土浦入奥 直線部		NM-3.75
				砂			0-50	1.3	0.4	土浦入奥 直線部		NM-5.9
				砂			0-100	1.9	2.4	土浦入 直線部		NM-8.0
				砂			0-30	1.0	0.4	土浦入 直線部		NM-11.5
				砂			0-100	3.3	0	土浦入 直線部		NM-14.5
				泥			50-50	0	0	高浜入 やや凹部		NM-25.5
				泥			0-80	4.0	0	高浜入 凹部		NM-25.75
				砂			0-50	2.5	1.1	高浜入 直線部		NM-29.0
				砂			0-70	1.8	0	高浜入 凹部		NM-29.25
				砂			0-80	2.0	4.0	高浜入 直線部		NM-31.05
				砂			0-50	1.3	2.5	高浜入 直線部		NM-31.3
				—			0-50	1.7	4.0	高浜入 やや凸部		NM-33.0
				泥			0-80	0.5	0	高浜入奥 凹部		NM-36.5
				砂			0-90	1.8	0.7	高浜入 直線部		NL-27.0
				砂			0-70	1.8	0.7	高浜入 直線部		NL-25.0
				砂			0-50	2.5	1.0	高浜入 直線部		NL-23.5

植物群落名	波 浪			底 質		水 深 (cm)	勾 配 (cm/m)	前浜勾配 (cm/m)	地 形	備 考	K P
	強	弱	波 向	砂, 礫, 泥の区分	厚さ(cm)						
ヨ シ				砂		0-50	5.0	4.0	高浜入入口 直線部		NL - 19.0
				砂		0-50	0.8	0.2	手賀地先 直線部		NL - 15.5
				砂		0-70	2.8	0.	手賀地先 直線部		NL - 15.0
				砂		0-40	2.0	0.4	荒宿地先 直線部		NL - 13.0
				砂		0-50	0.8	0.3	荒宿地先 直線部		NL - 12.75
				砂		0-80	1.6	0.5	今宿地先 直線部		NL - 11.0
				砂		0-100	2.0	0.3	麻生地先 直線部		NL - 2.0
				砂		0-50	1.3	1.0	麻生地先 直線部		NL - 1.7
				砂		0-50	1.7	1.0	北 浦 やや凹部		KR - 7.5
				泥		0-100	5.0	5.0	北 浦 やや凹部		KR - 21.5
				泥		0-130	2.2	0.3	北浦西 凸部		KL - 24.5
				泥		0-100	2.5	10.0	北 浦 やや凸部		KL - 17.0
				砂		0-20	2.0	—	外浪逆浦 直線部		SR - 4.0
				砂, 泥		0-80	0.8	—	外浪逆浦 直線部		SL - 2.25
				砂, 泥		0-40	0.6	—	外浪逆浦 やや凹部		SL - 5.5
(ヨシの出現環境: T-N = 0.12 ~ 2.49 mg/l, T-P = 0.012 ~ 0.177 mg/l)											
マ コ モ				—		0-100	2.0	0	東 村 凹部		NR - 6.75
				—		0-80	1.0	7.2	東 村 凹部		NR - 7.0
				泥		0-100	3.3	0.4	浮 島 凹部		NR - 11.0
				泥		0-40	4.0	0.3	浮 島 直線部		NR - 14.5
				泥		0-70	1.4	1.0	浮 島 直線部		NR - 14.75
				泥		0-150	15.0	—	可戸崎 凹部		NR - 22.7
				砂, 泥		0-100	5.0	0.3	土浦入入口 直線部		NR - 31.0
				砂		0-50	1.0	0.6	土浦入 直線部		NR - 38.0
				砂		0-50	0.8	2.5	土浦入奥 直線部		NR - 43.35
				砂		0-15	1.5	2.0	土浦入奥 やや凹部		NM - 3.75
				砂		0-50	1.3	0.4	土浦入 直線部		NM - 5.9
				—		0-50	1.7	4.0	高浜入 凸部		NM - 33.0
				—		0-100	5.0	5.0	北浦奥 やや凸部		KR - 33.4
				—		0-130	2.2	0.3	北 浦 凸部		KL - 24.5

植物群落名	波 浪		底 質			水 深 (cm)	勾 配 (cm/m)	前浜勾配 (cm/m)	地 形	備 考	K P
	強 弱	波 向	砂、礫、 泥の区分	厚さ(cm)	そ の 他						
マ コ モ	(マコモの出現環境: T-N=0.22~2.39mg/l, T-P=0.012~0.142mg/l)										
ヒ メ ガ マ			砂			0-70	1.0	0	牛堀地先 凸部		NR - 0.25
			砂			0-30	0.8	0.6	西ノ浦 直線部		NR - 17.75
			砂			0-60	1.0	0.4	馬掛地先 やや凹部		NR - 31.5
			砂, 泥			0-50	1.0	0.3	土浦入入口 やや凸部		NR - 34.0
			砂, 泥			0-120	2.4	1.0	土浦入入口 直線部		NR - 34.5
			砂			0-150	1.5	2.0	土浦入奥 やや凹部		NM - 3.75
			砂			0-70	3.5	1.0	土浦入奥 やや凹部		NM - 5.9
			砂			0-50	1.7	1.9	高浜入 やや凸部		NL - 30.0
			泥			0-50	2.5	0	北 浦 凹部		KR - 10.75
			泥			0-100	5.0	5.0	北 浦 凹部		KR - 21.5
			—			0-100	10.0	0	北浦西 直線部		KL - 26.4
			—			0-130	2.2	0.3	北 浦 凸部		KL - 24.5
			砂			50-130	4.0	3.1	北 浦 やや凹部		KL - 12.0
			砂			0-50	2.5	5.6	北 浦 やや凹部		KL - 9.3
			砂			0-100	3.3	1.4	北 浦 凹部		KL - 3.5
			砂			0-150	3.8	0.5	北 浦 直線部		KL - 0.25
			砂, 泥			0-80	0.8	—	外浪逆浦 直線部		SL - 1.25
(ヒメガマの出現環境: T-N=0.19~2.39mg/l, T-P=0.012~0.124mg/l)											
ミ ク リ			—			0-50	1.3	2.5	高浜入奥 凸部		NM - 33.0
ハ ス			泥			0-80	0.5	0	高浜入奥 凹部		NM - 36.5
			泥			0-101	5.0	2.0	北 浦 凹部		KR - 25.25
ヒ シ			—			200	0	0	本新島 凹部		NR - 5.0
(ヒシの出現環境: T-N=0.31~9.31mg/l, T-P=0.019~1.150mg/l)											
オ ニ ビ シ			砂			140-150	0.1	0	牛堀地先 凸部		NR - 0.25
			泥			80-180	2.5	0	堂崎鼻 凸部		NR - 1.5
			泥			100	0	0	余郷入 やや凹部		NR - 25.0
			砂			100-220	1.7	0.3	麻生地先 直線部		NL - 2.0

植物群落名	波 浪			底 質			水 深 (cm)	勾 配 (cm/m)	前浜勾配 (cm/m)	地 形	備 考	K P
	強	弱	波 向	砂、礫、 泥の区分	厚さ(cm)	そ の 他						
オ ニ ビ シ				砂			150-230	1.0	1.0	麻生地先 直線部		NL - 1.7
ヒ シ 中 間 型				泥			50-100	1.0	1.4	高浜入入口 凹部		NM-25.5
				泥			80	0	0	高浜入入口 凹部		NM-25.75
				泥			80	0	0	高浜入奥 凹部		NM-36.5
				泥			80-190	1.6	0.5	高浜入 直線部		NL - 31.5
				泥			80-130	1.3	2.7	高浜入 直線部		NL - 30.5
				泥			0-50	1.7	1.4	高浜入 直線部		NL - 32.0
ア サ ザ				砂			140-150	0.1	0	牛堀地先 凸部		NR - 0.25
				砂			60-80	2.0	1.4	麻生地先 直線部		NL - 0.5
				泥			100	0	0	北 浦 凹部		KR-21.5
				砂			50-100	5.0	2.5	北 浦 やや凹部		KL - 6.2
				砂			150-100	2.5	1.4	北 浦 やや凹部		KL - 3.5
(アサザの出現環境: T-N = 0.22 ~ 1.65 mg/l, T-P = 0.012 ~ 0.037 mg/l)												
ガ ガ ブ タ				泥			80	0	0	高浜入奥 凹部		NM-36.5
サ サ バ モ				砂			50-100	0.6	2.5	土浦入 直線部		NR - 43.35
				砂			70-190	1.7	4.0	高浜入 直線部		NL - 25.0
				砂			50-120	1.4	1.0	高浜入 直線部		NL - 23.5
				砂			0-150	0.9	2.0	高浜入入口 凸部		NL - 21.0
				砂			0-150	0.9	4.0	高浜入入口 凸部		NL - 20.75
				砂			50-120	0.6	4.0	高浜入入口 直線部		NL - 19.0
				砂			50-150	1.7	1.6	高浜入入口 直線部		NL - 17.0
				砂			50-130	0.4	0.3	西 寺地先 直線部		NL - 15.5
				砂			70-140	0.2	0	西 寺地先 直線部		NL - 15.0
				砂			40-100	0.8	0.4	荒宿地先 直線部		NL - 13.0
				砂			50-100	0.5	0.3	荒宿地先 直線部		NL - 12.75
				砂			80-120	0.5	0.5	今宿地先 直線部		NL - 11.0

植物群落名	波 浪		底 質			水 深 (cm)	勾 配 (cm/m)	前浜勾配 (cm/m)	地 形	備 考	K P
	強	弱	波 向	砂、礫、 泥の区分	厚さ(cm)	そ の 他					
サ サ バ モ				砂			190	0	0	島逆地先 直線部	NL - 7.0
				砂			150-250	3.3	1.2	麻生地先 直線部	NL - 4.0
オオカナダモ				砂			130-180	0.8	1.5	北 浦 凹部	KR - 3.5
				泥			150-160	1.0	0.4	北 浦 凹部	KR - 17.5
				砂			150-160	0.5	0.5	北 浦 やや凹部	KL - 0.25

植物群落名	波 浪		底 質			水 深 (cm)	前 浜 勾 配	地 形	備 考	K P	
	強	弱	波 向	砂, 礫, 泥 区 分	厚 さ (cm)						そ の 他
ヨ シ				砂	>0.0		10 ~ 15	0.030	妙義ノ鼻 凸部		NR - 8.75
				砂	>0.0		15	0.015	土浦入口 凸部		NR - 32.5
				砂	>0.0		40	0.129	土浦入奥 やや凹部		NR - 48.0
				砂	>0.0		40	0.031	土浦入奥 直線部		NM - 8.25
				砂	>0.0		40	0.011	土浦入口 直線部		NM - 19.75
				礫			40	0.500	横利根川 凹部		YR - 3.15
				壤土, 砂	60, >0.0		15	0.107	外浪逆浦 やや凹部		SL - 5.65
				砂	>0.0		50	0.092	北 浦 凸部		KR - 4.55
				砂	>0.0		70	0.013	北 浦 凹部		KL - 10.32
マ コ モ				砂	>0.0		50	0.006	牛堀地先 凸部		NR - 0.75
				砂, 腐植	>0.0, 40		50	0.042	土浦入 直線部		NR - 39.25
				砂, 腐植	>0.0		75	0.024	高浜入口 直線部		NL - 23.0
ヒ メ ガ マ				砂	>0.0		40	0.091	西ノ洲岬 直線部		NR - 15.2
				砂	>0.0		50	0.050	凹部		NR - 22.25
				砂	>0.0		82	0.013	麻生地先 直線部		NL - 6.5
				砂, 腐植	>0.0, 40		50	0.012	玉造地先 直線部		NL - 14.5
				泥土	>2.0		90	0.200	北利根川 直線部		KR - 6.2
				砂	>0.0		60	0.000	外浪逆浦 直線部		SL - 1.90
				砂泥, 砂	90, <0.0		60	0.074	常陸利根川 直線部		HL - 6.5

植物群落名	波 浪		底 質			水 深 (cm)	前浜勾配	地 形	備 考	K P
	強 弱	波 向	砂、礫、泥の区 分	厚 さ (cm)	そ の 他					
ヒメガマ			砂	>0.0		10~80	0.083	鰐浦 凹部		WL-2.45
			砂	>0.0		120	0.031	北浦 直線部		KR-0.15
			砂	>0.0		90	0.043	北浦 凹部		KR-16.5
			砂	>0.0		65	0.020	北浦 凸部		KR-22.1
			砂	>0.0		110	0.025	北浦 奥 直線部		KR-32.6
			砂	>0.0		110	0.023	北浦 奥 やや凸部		KL-25.29
			砂	>0.0		90	0.035	北浦 やや凹部		KL-15.78
			砂	>0.0		70	0.021	北浦 凸部		KL-8.82
アサザ-ガガブタ			砂	>0.0		120	0.107	北浦 凹部		KR-16.5
			砂	>0.0		80	0.026	北浦 凹部		KL-10.32

植物群落名	波 浪		底 質			水 深 (cm)	前浜勾配	地 形	水 質	参考資料 番 号
	強 弱	波 向	砂、礫、泥の区 分	厚 さ (cm)	そ の 他					
抽水植物	ヨシ		砂	>0.0		10~15	0.030	凸部		N30
			砂	>0.0		15	0.015	凸部		N30
			砂	>0.0		40	0.129	やや凹部 (湾奥)		N30
			砂	>0.0		40	0.031	直線部 (湾奥)		N30
			砂	>0.0		40	0.011	直線部		N30
			礫			40	0.500	凹部 (河川)		N30
			壤土、砂	60,>0.0		15	0.107	やや凹部		N30
			砂	>0.0		50	0.092	凸部		N30
			砂	>0.0		70	0.013	凹部		N30
						60	緩やか			J49
						60				N2
						100				J48
			砂		2mmφ以下					N27
	マコモ		砂	>0.0		50	0.006	凸部		N30

植物群落名		波 浪		底 質		水 深 (cm)	前浜勾配	地 形	水 質	参考資料 番 号
		強 弱	波 向	砂、礫、泥 の 区 分	厚 さ (cm)					
抽水植物	マ コ モ			腐植, 砂	40, >0.0	50	0.042	直線部		N 30
				腐植, 砂	>0.0	75	0.024	直線部		N 30
				砂泥						N 29
						100~180				J 48
						100				N 2
	ヒメガマ			砂	>0.0	40	0.091	直線部		N 30
				砂	>0.0	50	0.050	凹部		N 30
				砂	>0.0	82	0.013	直線部		N 30
				腐植, 砂	40, >0.0	50	0.012	直線部		N 30
				泥	>2.0	90	0.200	直線部 (河川)		N 30
				砂	>0.0	60	0.000	直線部		N 30
				砂泥, 砂	90, >0.0	60	0.074	直線部 (河川)		N 30
				砂	>0.0	80	0.083	凹部 (河川)		N 30
				砂	>0.0	120	0.031	直線部		N 30
				砂	>0.0	90	0.043	凹部		N 30
				砂	>0.0	65	0.020	凸部		N 30
				砂	>0.0	110	0.025	直線部 (湾奥)		N 30
				砂	>0.0	110	0.023	やや凸部 (湾奥)		N 30
				砂	>0.0	90	0.035	やや凹部		N 30
				砂	>0.0	70	0.021	凸部		N 30
	コウホネ			泥						N 29
						350~450				J 48
	ミ ク リ			砂泥						N 29
浮葉植物	ア サ ザ			砂	>0.0	120	0.107	凹部		N 30
				砂	>0.0	80	0.026	凹部		N 30
				砂泥						N 29

植物群落名		波 浪		底 質		水 深 (cm)	前浜勾配	地 形	水 質	参考資料 番 号
		強 弱	波 向	砂, 礫, 泥 の 区 分	厚 さ (cm)					
浮 葉 植 物	ア サ ザ					90~280				J 48
	ガ ガ ブ タ			砂	>0.0	120	0.107	凹部		N 30
				砂	>0.0	80	0.026	凹部		N 30
						120			N.P濃度の幅は広い	N 2
	ヒ シ 類					150~450				J 48
						180			N.P濃度の幅は広い	N 2
	ヒ ル ム シ ロ			砂		70				N 29
						50~220 500~850			N0.25mg/l以下, P0.04mg/l以下	J 48
	トチカガミ								N0.15mg/l以下, P0.06mg/l以下	J 48
	ホ ソ バ ミズヒキモ								N0.2mg/l以下, P0.038mg/l以下	J 48
									N0.14mg/l以下, P0.037mg/l以下	J 48
	ジュンサイ								N0.14mg/l以下, P0.037mg/l以下	J 48
	ヒツジグサ								N0.14mg/l以下, P0.037mg/l以下	J 48
沈 水 植 物	ササバモ			砂		100				N 29
	ホザキノ フサモ					185~500				J 48
	ヒロハノ エビモ					120~320				J 28
	エビモ								N.P濃度の幅は広い	N 2
	マツモ					80~700				J 48

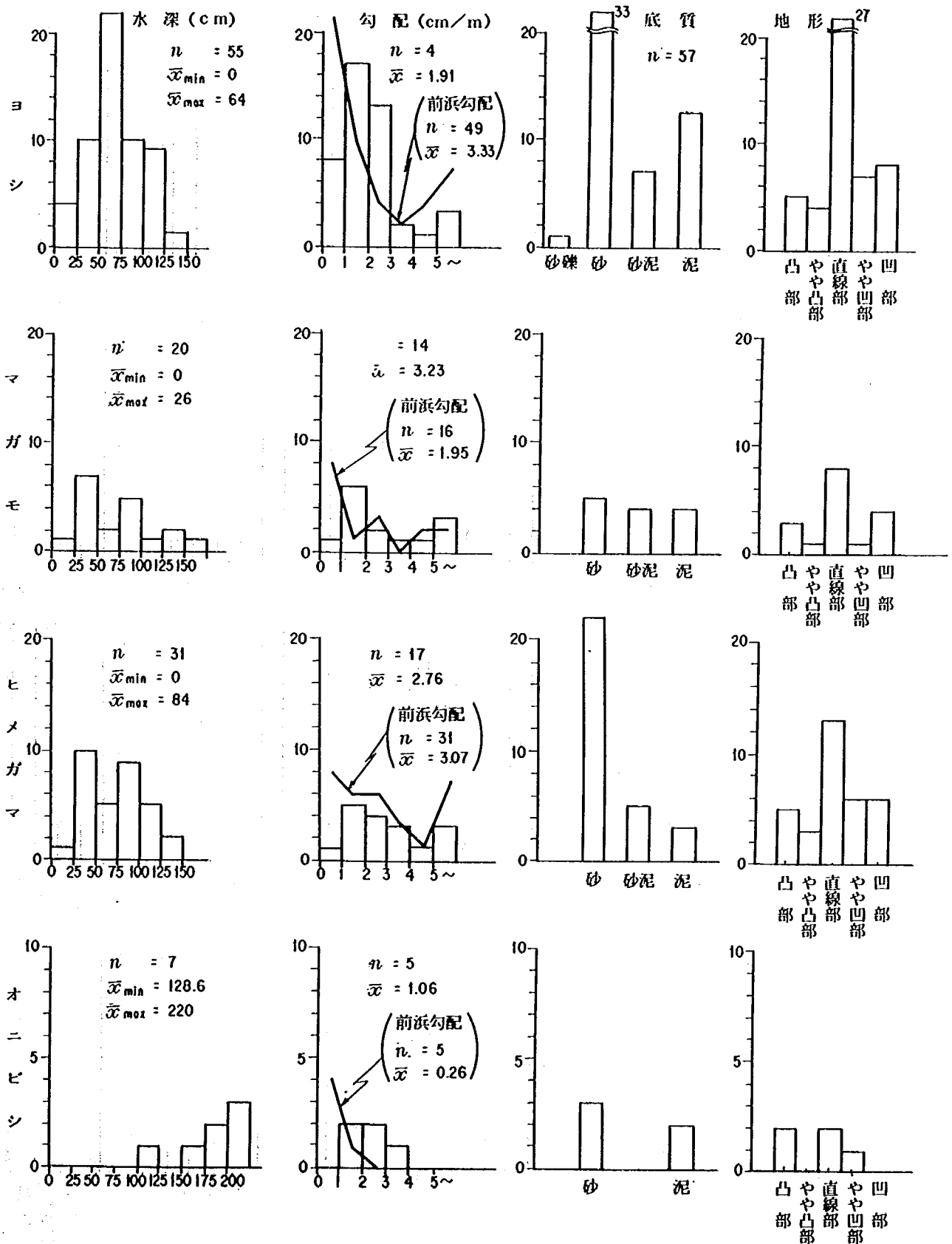


図-3.7 水生植物の立地条件(1)

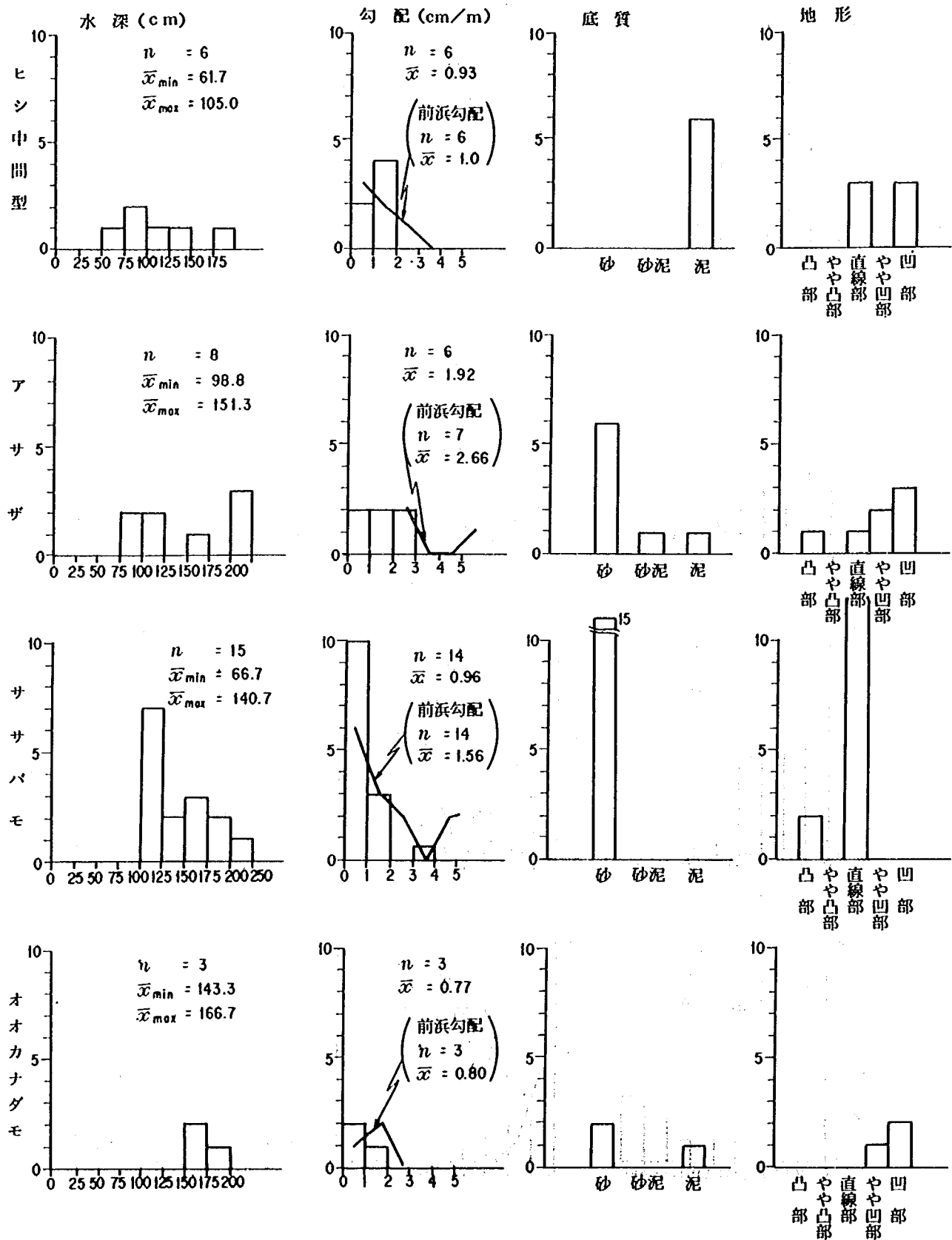


図-3.7 水生植物の立地条件(2)

2) 勾 配

各群落が生育している水域の勾配の平均と最小・最大は図-3.8に示すとおりである。なお単位は水平距離1m当たりの鉛直較差(cm)である。

全般的にマコモ、ヒメガマなどの抽水植物の方が急勾配にまで生育することができ、浮葉・沈水植物は平坦な地形を好むと言える。抽水植物の中ではヨシの方がマコモ、ヒメガマよりも緩勾配に生育しており、浮葉植物の中ではヒシ類よりもアサザの方が急勾配にも生育している。

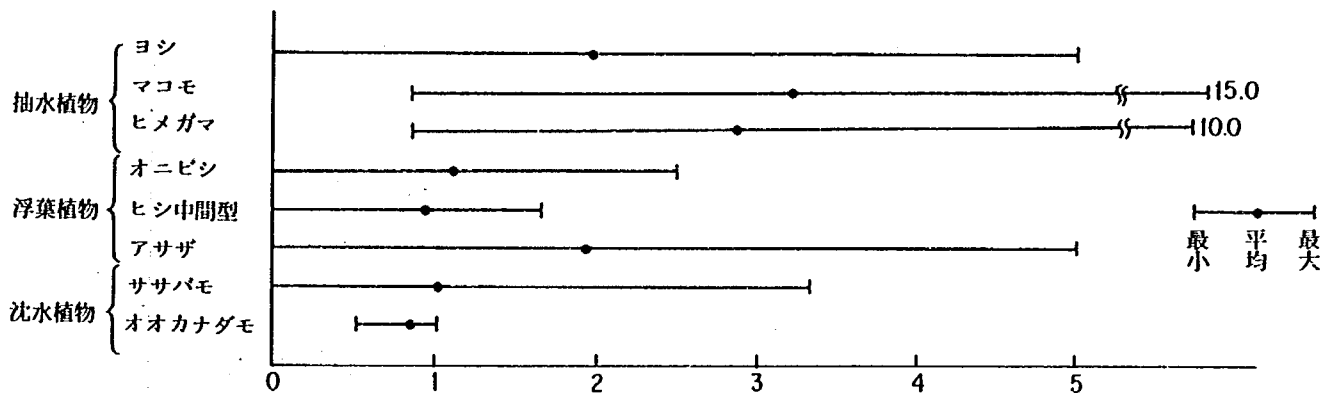


図-3.8 水生植物の生育勾配 (cm/m)

3) 前浜勾配

各群落が生育している水域の前浜勾配を平均すると、図-3.9に示すとおりである。なお、ここで前浜勾配とは各群落の生育水域の最先端から沖方向へ勾配が急に变化するまでの湖底の勾配を言い、水平距離1m当たりの鉛直較差(cm)で表現している。

水生植物が生育している水域の勾配と同様に抽水植物の方が浮葉・沈水植物よりも前浜が急勾配でも生育している。抽水植物の場合には、前浜が急な堀り込みになっているところまで生育していることが多い

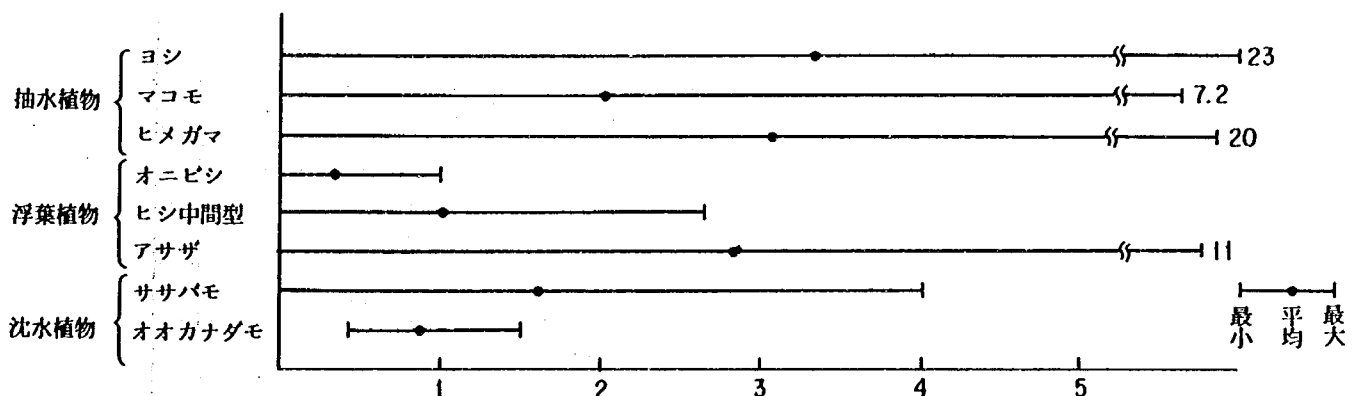


図-3.9 水生植物の生育前浜勾配 (cm/m)

ためである。これに対し浮葉・沈水植物の場合には、生育水域の勾配はあまり重要でなく、他の要因で生育の範囲が規定されていると考えられる。

4) 底 質

各水生植物が生育している水域の底質の比率を図－3.10に示す。

ヒシやオオカナダモ、マコモは泥にもよく生育するのに対し、ササバモは砂にしか生育していない。ヨシ、ヒメガマ、アサザなどは泥よりも砂の方が生育しやすい。

水生植物		0	50	100	(%)
抽水植物	ヨシ	砂礫	砂	砂泥	泥
	マコモ	砂	砂泥	泥	
	ヒメガマ	砂	砂泥	泥	
浮葉植物	オニビシ	砂	泥		
	ヒシ中間型	泥			
	アサザ	砂	砂泥	泥	
沈水植物	ササバモ	砂			
	オオカナダモ	砂	泥		

図－3.10 水生植物の生育底質

5) 地 形

水生植物の生育している水域の地形の比率を図－3.11に示す。ここで地形とは10m単位程度での湖辺の凹凸の状態を示す。

水生植物		0	50	100	(%)
抽水植物	ヨシ	凸	やや凸	直線	やや凹
	マコモ	凸	やや凸	直線	凹
	ヒメガマ	凸	やや凸	直線	凹
浮葉植物	オニビシ	凸	直線	やや凹	
	ヒシ中間型	直線	凹		
	アサザ	凸	直線	凹	
沈水植物	ササバモ	凸	直線		
	オオカナダモ	やや凹	凹		

図－3.11 水生植物の生育地形

抽水植物は直線部に多いが、凸部や凹部にも生育し、生育範囲は幅広い。ヒシ類も抽水植物と同様である。アサザ、オオカナダモは凹部に多く、逆にササバモは直線部と凸部に限られる。

4. 植生再生の試みの事例と課題

湖沼の沿岸部において水生植物を植え付ける試みは、西ドイツなど諸外国の他、日本でも琵琶湖・霞ヶ浦において行われている。本章では、これらの試みの事例を紹介し、植生再生を実施する上での課題を整理するものである。

4-1 琵琶湖における事例

琵琶湖においては、水資源開発公団琵琶湖開発事業建設部がヨシの再生を目的とした試験を行っている。

(1) 植生再生の目的

ヨシ群落は琵琶湖でも湖岸景観上重要な要素の一つになっている。また、湖岸ヨシ帯は、水産資源の保護成場、野鳥の営巣、休息の場ともなっている。従って、湖岸堤、管理用道路の建設にあたっては、自然生態系の保全、景観保全を考慮して、ヨシの生育に望ましいと考えられる場所については、ヨシの植付けを計画している。

以上の観点から、ヨシ群落の再生を考慮するために再生試験をおこなった。

(2) ヨシ再生試験結果

1) 琵琶湖におけるヨシの生育状況

琵琶湖におけるヨシの生育状況は次のとおりである。

1. ヨシ帯は、冬期の波浪によって物理的に持ち去られる。
2. ヨシの成育には、栄養条件よりも地形、波浪強度などの要因が大きく作用している。
3. 沿岸のヨシ帯は、水深1mが最も深く、他は50~60cmが水域ヨシ群落の先端となっている。
4. ヨシ群落の地形は、湖底勾配が緩やか（遠浅）であり、60cm以浅が20cm以上続いている地形でヨシ群落が発達している。
5. 土性は、粒径2mm以上、礫含量50%以上の地域（波浪の影響を受けている）では、ヨシ群落は存在しない。
6. ヨシ群落の組成については、均一ではないが、汀線よりも下位で水中生活が優先する帯域にはヨシの純群落（一部、ガマ、マコモの混入もある）が多い。汀線より上位の安定した帯域では、陸上の植物が混入している。一時的に滞水する地域では、アカメヤナギ等が混在している。排水のよい砂浜（地下水が50~60cm下にある所）には、ヨシと松が共存している地域もある。

2) ヨシの移植法

ヨシの移植法としては、表-4.1に示すものが考えられたが、(1)(2)(3)(6)についての試験がおこなわれた。

試験地は図-4.2に示すとおりであり、試験区と生産区に区分されている。

表-4.1 ヨシの移植法

(1) 大株移植

地下茎を適当な長さに刈取り、地下茎を付着させたまま、直径30cm以上の株を移植する。これは、いつでも移植が可能で、確実な移植法であるが、株の掘り取り、運搬、植込みに人力を伴う。また、掘り取りの際にヨシ群落がつぶされる。現場での移植は困難である。

(2) 小株移植

地上茎と地下茎を合せた小株移植法で、地上茎を50cm程度残して刈取ったあと、2～3本の地上根付茎を採取する。この方法も取扱い、運搬、植付が容易であり、また地下茎が付いている苗は、水深が-20cm程度の沿岸帯にも定植が可能である。但し、水中に定植する場合は、地上茎の上部を水面上に出しておく必要がある。移植は4月～6月の期間に行い、良好な苗の選択が必要である。

(3) 地下茎移植

冬期（休眠期）に地下茎を掘り取り、2月～3月に湿気のある地上に10cm程の土を覆って活着させる。これは、秋までの成長期間では短く、新しい地下茎は細く貧弱で群落の復活には4年～5年が必要となる。地下茎移植は、苗の採取、運搬、植付けが容易で、大規模な移植苗の生産が可能である。直接、現地に移植する場合は、冠水しない場所で、湿気のある所に移植することが必要である。但し、草丈が成長した後は、少々冠水は支障ない。

(4) 地上茎移植

地下茎についていない苗を移植する方法であり、植付時期は側芽地上茎を5月中に採取し、湿気のある場所に移植すると活着率はよいが、成長率はやや遅れるため、越冬中に枯死する恐れがあり、植栽本数を増やしておく必要がある。この方法も採取、運搬、植付等極めて容易であり、移植苗の生産法としては適している。

(5) 混茎土移植

工事等のためヨシ群落を伐開するとき、30～40cm程度の表土（地中に地下茎が混在している）を掘削運搬し、沿岸帯のヨシ再生地に巻き出し、栄養繁殖を期待する方法である。これは、水深20cm以浅の場所又は陸域に巻き出し、冠水させないことが必要である。現地の条件が良ければ、大規模な移植に適している。時期的には、11月～3月までがよい。

(6) 実生苗移植

秋に採取した種子を乾燥保存し、翌年5月～7月の間に湿気のある砂場に播種すると6日～10日で発芽する。約1ヶ月後、草丈が10cm程度に達したとき、良質の苗を選別して移植する方法で、秋までには茎数が30～50本に増加し、これに比例して地下茎も急速に伸長するので、定植苗の生産法として適している。

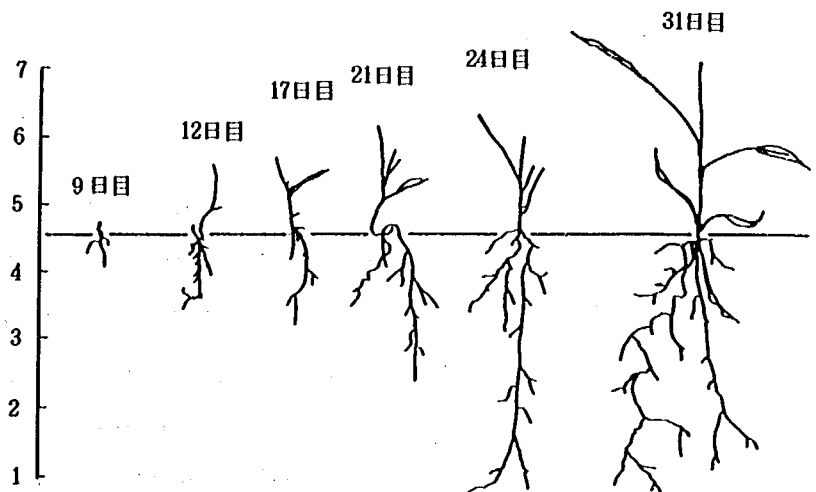


図-4.1

○試験区では、地下茎、株茎、実生苗による定植苗（移植後2～3年かけて地下茎を充分生育させた状態、定植はただちに栄養繁殖できる苗）を試験水域（水深を変えた環境水域）に植栽し、植付時期、植付方法、成育、増殖について観察する。

○生産区では、地下茎、株茎、実生苗を苗床（田地にビニールを敷き、20～30cm程度客土した苗床）に移植し、2年～3年かけて定植用のヨシ苗を生産する。

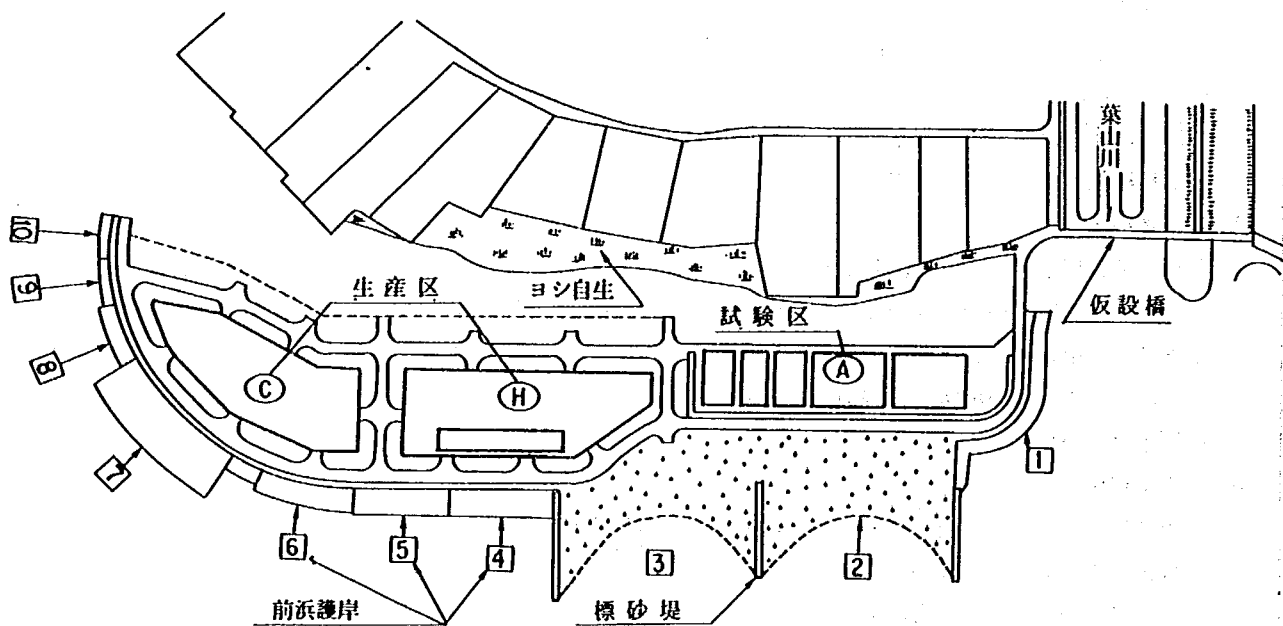


図-4.2 ヨシ再生試験地

3) 植栽工法

水域にヨシを植栽する工法としては、定植苗を育苗したのち、水域に植栽するものが考案された。

1. 定植苗の生産法、田地に苗床を作る。苗床はビニールマットを敷き20～30cm程度客土し、地下茎、株茎、実生苗を移植する。2年～3年で地下茎が発達し、群落を形成する。

2. 植栽

a) B.S.L. - 0.5～0.8mの先端部には、図-4.3に示す汀ブロック（コンクリート製）に定植苗を植栽し、栗石を詰めて水域に定置する。しかし、ヨシが活着するまでの期間（1年）は波浪によりヨシの周囲が浸蝕されるため栄養繁殖が期待できない。そのため、仮設矢板等消波施設を1年は施す必要がある。

同様にフトンカゴ（1.0m×1.2m×0.4m）に植栽して水域に定置した場合にも波浪対策が問題となる。

b) B.S.L. ±10m～0.3mまでの水域には、育成した定植苗を30cm角に切断して植栽する。

c) 陸域（B.S.L.+30cmより上位）には、直接移植が可能である。また、-0.2cmより上位では混茎工移植が可能である。

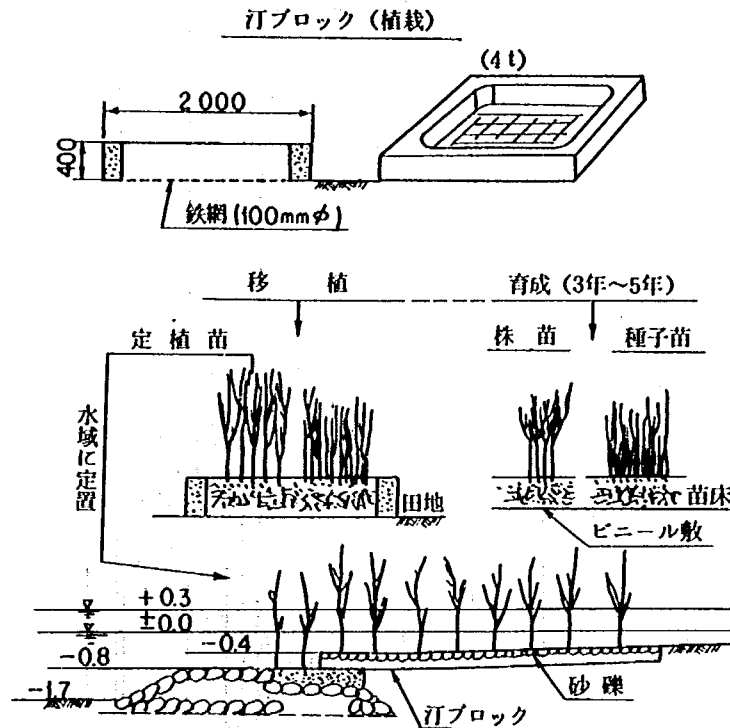


図-4.3 水域ヨシ群落の再生工法

4-2 霞ヶ浦における事例 (N31)

霞ヶ浦においては、建設省霞ヶ浦工事事務所がマコモ、ガマの再生を目的として試験をおこなっている。

(1) 植生再生の目的

霞ヶ浦の保全と利用を図るため、ガマ、マコ等自然植生を生かした護岸とするために、植生護岸を施工している。一例として低高水緑化護岸横断図を図-4.4に示す。

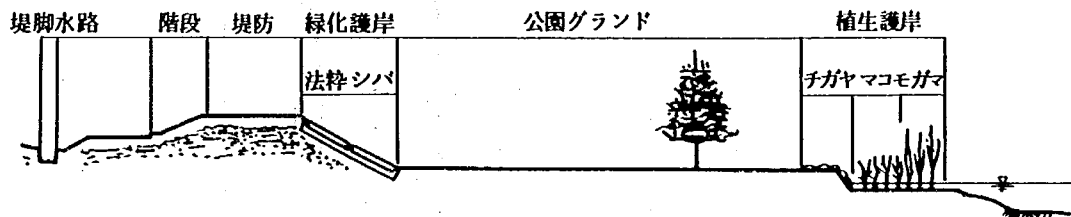


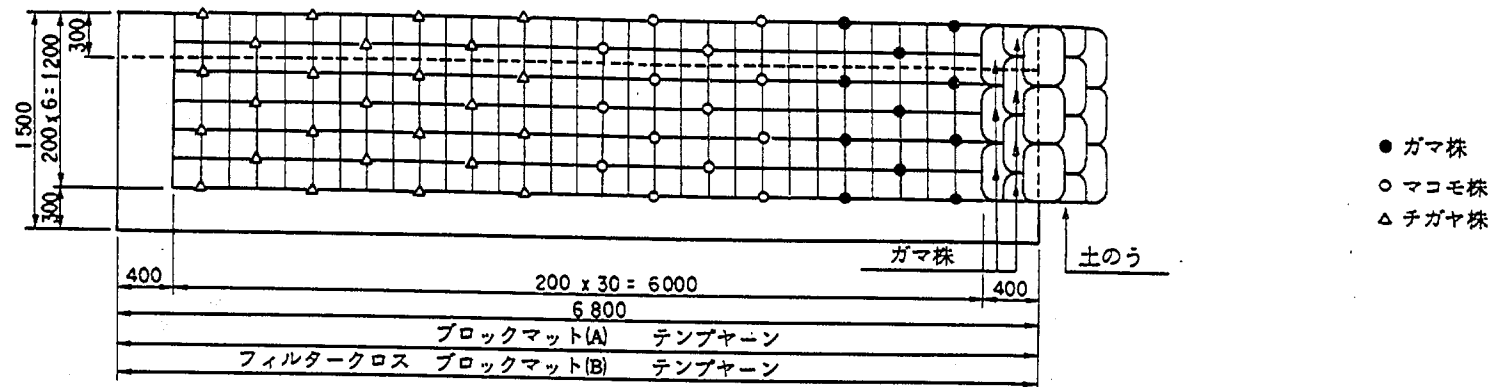
図-4.4 低高水緑化護岸横断図

(2) 植生護岸調査結果

霞ヶ浦における植生護岸調査は潮来町徳島地先で実施されている。工法はブロックマット張と土のう張である。ブロックマット張の平面図及び断面図は図-4.5に示すとおりであり、ブロックの下部にポリエチレン製の布が接着されている市販品である。

昭和56年度から58年度までの調査では試験工事を次のとおり実施している。

植栽配置図 1/40



標準断面図 1/40

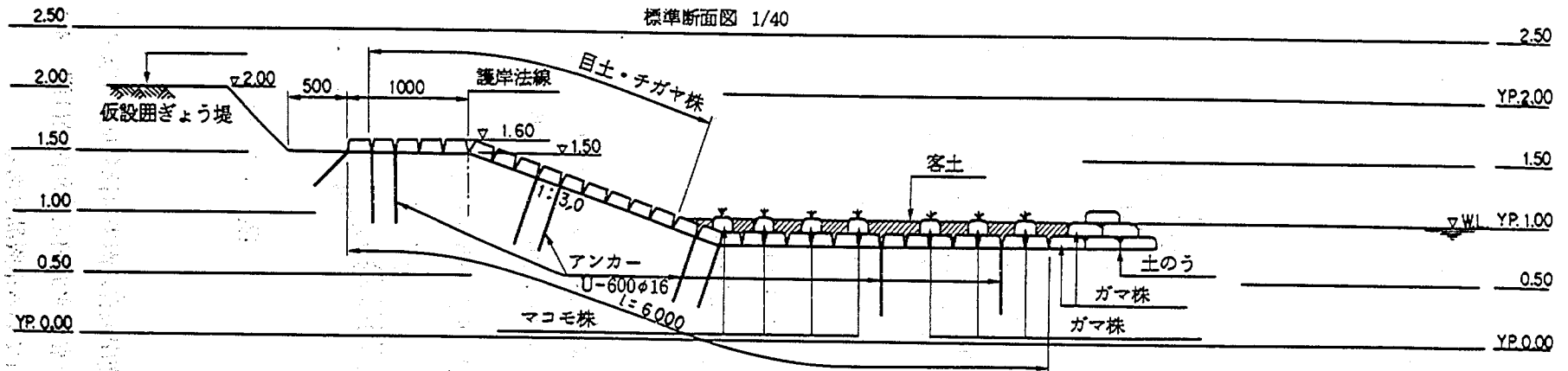


図-4.5 ブロックマット張の平面図及び断面図

1. 標準ブロックマット張 …… マコモ株, ガマ株をブロックマット下部に植え付け
全面張りつけ (6株/㎡)
2. 標準ブロックマット張 …… マコモ株, ガマ株をブロックマット上部にじか植し覆土(各4株/㎡) ……水部
全面張りつけ
○干ガヤ株をブロックマット上部にじか植し目土(4株/㎡) ……
陸上部
3. ブロックマスト(テー …… ○マコモ, ガマ株入土のう(各2株/袋)を配置
プヤーン)張 ○干ガヤ株をブロックマット上部にじか植し目土(4株/㎡) ……
全面張りつけ 陸上部
4. ブロックマット(テー …… ○マコモ株, ガマ株をブロックマット上部にじか植し覆土(各4株
プヤーン)張 /㎡) ……水部
上段3.2m全面張りつけ
下段平場1.8mは市松に ○干ガヤ株をブロックマット上部にじか植し目土(4株/㎡) ……
はりつけ(50%) 陸上部
5. ブロックマット(テー …… ○同上
プヤーン)張
全面張りつけ
6. 土のう張 …… ○マコモ株, ガマ株を混入(各2株/袋)

これらの試験工事の中では、ケース2の標準ブロック張りでマコモ株, ガマ株をブロックマット上部に各4株/㎡でじか植し、覆土した場合がもっとも成績が良かった。しかし本工法の場合でも1年目ではマコモ, ガマはブロックマットの下部まで根を張っていないものもあり、消波施設を前面に設置する必要がある。

(3) 植生護岸工法の留意点

植生護岸工法の留意点としては次の事項があげられる。

- 標準ブロックマット張りの場合、マット下部に植えつけると網目が細かく繊維が固いため発芽しない。そのため、マット上部にじか植し覆土する必要がある。
- ブロックマット(テープヤーン)張やコンクリートブロックの個数減少は次の点で標準ブロックマット張よりも劣るが、生育状況には差がみられない。
 - ① 侵食防止効果については、標準品は施工実績もあり満足のいく結果が出ている。
 - ② 対候性の面からは、標準品(ポリエチレン)の方が改良品(ポリプロピレン)より、一般的にすぐれているといわれている。
 - ③ 改良品は、特注品であり入手に時間を要する。
 - ④ コンクリートブロックの接着力が標準品より劣る。
 - ⑤ コンクリートブロックの貼りつけ作業を、現場で人力作業で行うため、施工に時間がかかる。
 - ⑥ ブロックマットの重量が軽くなり、波浪などによるマットのまくれ上がりの怖れがある。

⑦ コンクリートブロックの接着力が劣り、マットのまくれ上がりによるブロックのはくりの怖れがある。

○マコモ、ガマの生長度合は、法尻に植付けたものの方が法肩に近い部分に植付けたものよりもよいことから、水中部に植付けた方がよい。

4-3 西ドイツでの事例 (N32)

西ドイツでの事例としてエルンスト・ビットマン (1965) 生物学的護岸工法の基礎と方法の一部を引用する。

「生物学的護岸工法の基礎と方法」：エルシスト ビットマン(1965)〔抄訳：信州大学 桜井善雄助教授〕

3-2 植物の植栽による護岸 いわゆる生物被覆 (Lebendverbauung) の方法

生物学的護岸計画の手本は、自然の河岸の植生である。それは、水域の種類、岸の勾配、土壌やその他の環境により多様で、周期的に変る水位に対して、互いに分離された生育区に分かれている。すなわち、それらはすでに述べたように、年間通してほとんど水面下にあるヒルムシロ帯、最も重要なヨシ帯、しばしば水をかぶる軟木帯、ほんの少ししか水の影響を受けない硬木帯である。生物学的護岸工法の実際には、すべての水域に適用できる。これら各地帯の植生の造成手法が、根本的に大切である。(図53)

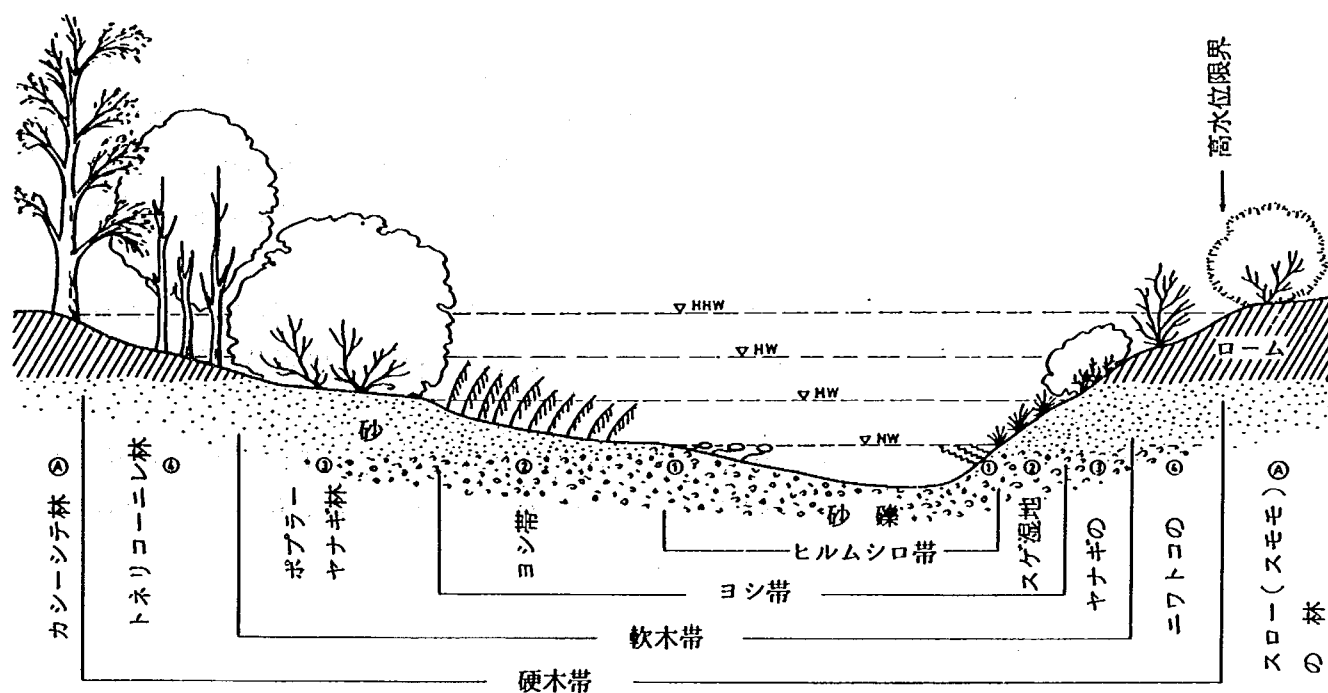


図 53 河岸植生のプロフィル(摂式図)

3.2.1 水中植物の存在は、漁業にとって必要なばかりでなく、水の浄化作用にも重要である。岸の勾配は緩いほどよいが、ほぼ1/3以下なら水中植物は生育可能であり、そのような立地を人工的に造成することもできる。これまで人工的に植えられた水中植物は、フトイ、スイレンなどで、ヒルムシロ類、バイカモ、ミズハコベ、ホザキノフサモ、等についてはまだ試験段階である。これまでの経験では、これらのような敏感な植物の植付けは、さまざまな困難があり、不適当である。しかし、ヨシが植えられた沿岸水域には、このような水中植物の群落が自然に成立することがある。それらの植物の伝播には、ヨシ群落に集まる水生動物も貢献している。

3.2.2 ヨシは、これに代る保護機能をもった河岸植物が少ないことから、その植栽は特に重要であり、植物栽培の技術が応用できる。ヨシに類するはたらきをもつ植物は、スゲ、水生のドジョウツナギ、フトイなどわず

かの植物で、このほか、沼地に生えるスゲの類、キショウブ、アヤメ、クサヨシもある面で役に立つ。

広い経験から、ヨシは航行可能水域、つまり、河川、運河、湖にとって最も良い生物護岸機能をもつ。ヨシ類だけが船のつくる波に抗して成長を続けることができ、また、波や流れの激しい侵食にさらされる河岸の汀線の下まで生育できる唯一の河岸植物である。水中や水際に生育するヨシのからみ合った根系は、固く土に固定されており、簡単に引き抜くことができない。そこから毎年2 m以上の密生した茎が伸び、波のエネルギーを吸収する。この茎は、秋には枯れるが、折れることなく冬を越して、翌年の茎が伸びるまで護岸の役を果たす。(図54) また茎の基部や地下茎には、沢山の芽と根をもち、植付けと増殖が容易なこともヨシの長所である。

ヨシの茎の成長は4月末に始まり、7月末まで続く、それ以後10月まで開花と結実、ならびに地下茎の新芽の形成がおこなわれる。11月から1月の間に茎が乾き、子実が成熟し、2月から4月の間、冬の休眠をはさんで地下の組織で芽や根の形成がゆっくりおこなわれる。すなわち5月から10月までの物質生産の時期と、11月から4月までの代謝と消費の時期があることを知らなければならない。したがって、地中組織は成長休止期の1月~4月に植えるのが一番よいし、地上の緑の茎による植付けは春だけ可能で、夏には根の成長を阻害するので不可能である。

静かな水域では、ヨシの生育水深は2 mに及ぶが、川や運河の岸では、水の運動と岸の勾配のため、生育ができる水深は0.5~1.0 mである。根付いたヨシの乾燥抵抗力はかなり大きく、運河の堰の前地などでの植付けにも有利である。これに反し、成長期における長期の深い冠水は、ヨシ群落を傷め、時には壊滅させる。

ヨシの植付けにはバレン(Ballen、土つきの新芽、地下茎および根のかたまり)、地下茎、新芽、茎が使われる。種子による苗の育成も多少は効果がある。

バレン植えは昔からおこなわれている方法である。バレンは古いヨシ群落からサイコロ状に掘り取ったもので、ヨシ以外の植物の新芽や根も含んでいる。バレンは河岸の植え穴に、その下端が夏の平均水位の高さになるように据える。(図55)

植付け時期は、早春に新芽が地表にわずかに出た頃がよい。芽が伸びた場合は、それを折らないよう気を付けられ、6月末まで植えられる。伸び過ぎた茎が傷められれば、もう芽は残っていないので、夏のバレン植えはできない。11月以降は再び植付け可能になる。

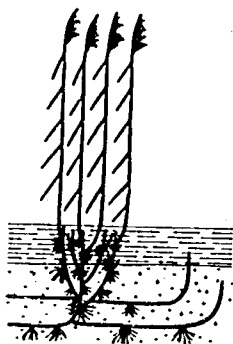


図54 ヨシの成長(模式図)

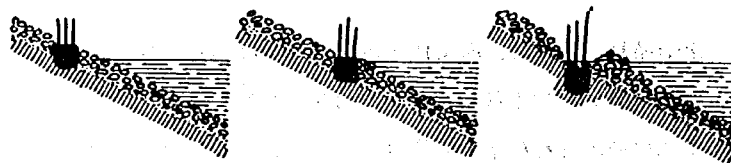


図55 ヨシのバレン植え(模式図)

バレン植えの場合、初期の良好な成長のあと、成長の停滞をみることがある。これは、バレンから出たヨシの根が、まわりの不良環境をさきうからである。バレン植えの場合には、それを直接砂利などの中におかないで、バレンを採った場所の土でまわりを埋めるのがよい。バレン植えは輸送費が高くつき、苗の生産がむづかしく、植付けが面倒なので、次第に他の方法にかわりつつある。

地下茎や新芽の苗は、あらゆるヨシ群落から入手でき、機械を使えば特に大量の苗がえられる。苗はシャベルなどで汀線に植える。バレン植えに似るが土壌についてはうるさくない。時期もバレン植えと同様である。根づきと根の伸びはバレン植えより良好である。しかし、最初の一年は、洪水、家畜の食害、雑草などから守ってやることが大切である。(図56)

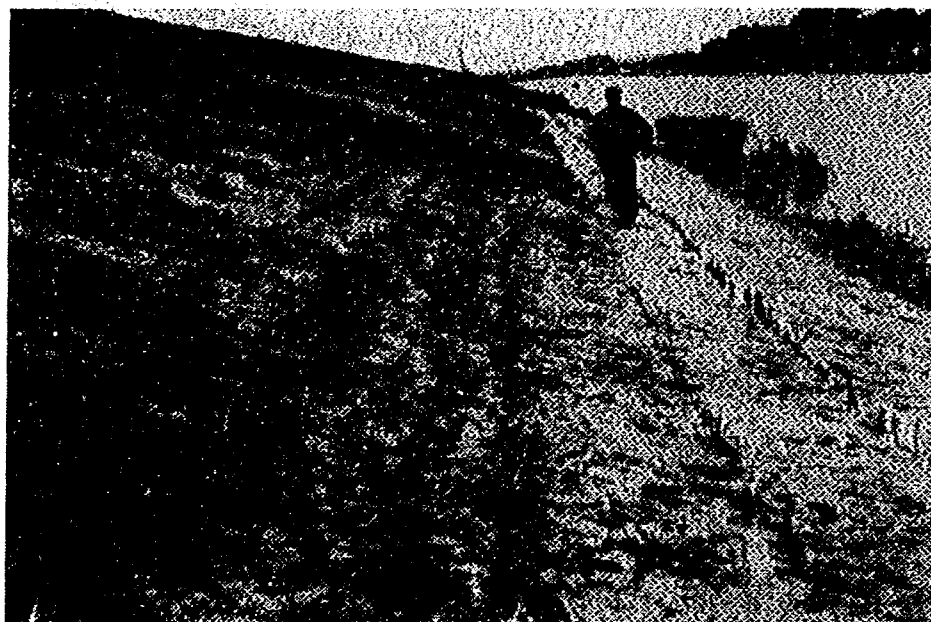


図56 新芽と地下茎によるヨシの植付け

ヨシの茎植えは最新かつ迅速な方法で、成長も早い。本法は著者が開発したもので、地中の根茎から若いヨシの茎を切り取って苗にする。この根のない若い茎を水面下の土かあるいは水分の多い土に挿すと、1週間で発根し、1カ月以内に新しい茎を生じ、3カ月以内に根茎が形成される。成長期の終わりには芽の数は3~5倍に増え、根張りも拡大し、永続する植分をつくる。(図57)

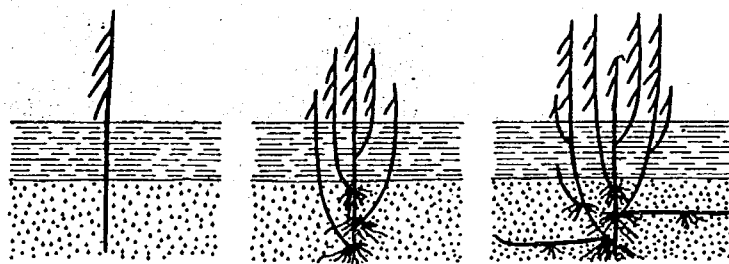


図57 ヨシの茎植えによる成長状態(模式図)

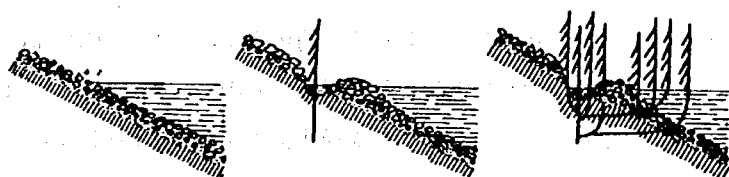


図58 護岸工事におけるヨシの茎植えによる成長順序(模式図)



図 59 淀んだ流れの無防備の河岸におけるヨシの茎植えの方法



図 60 ヨシの茎植えの実施状況

本法の欠点は植え時が短いことである。適期は若いヨシの茎が1 mの高さに伸びた時、およそ5月の前半に始まり、1.5 mに伸び5枚以上の葉が開く6月中旬頃に終わる。苗の採取に当たっては、地面のすぐ下にある。ヨシの茎の基部の節が細かくつまった部分を特に大切にする。これが発芽と根づきを良くする部分である。採取した苗は、折損、押し潰し、乾燥から保護する。切り口を十分に水中に浸し、日陰に置く。植付けは採苗直後が好ましいが、遅くとも1日以内とする。河岸における植付けは、水中、汀線、および水面より上におこなうことができる。大量の植付けには、その為に考案された“ヨシ植え器”を使うと便利である。(図58, 59, 60, 61)

“ヨシ植え器”を図62に示す。植付けの際には、棒とさやと一緒にし、岸の土に斜に鉄板のにぎりまでさしこみ、さやを残し棒を引き抜く。3～5本の若くて丈夫な葉の少ない100～120 cmのヨシの茎を、切り口がさや

の底の土に届くようゆるく挿こむ。それからさやのにぎりをもち、ゆっくり回しながら、土から引き抜く。その時、ヨシの茎と土がなじむように、片足でさやの手前を踏みつける。岸の土が粗いか、石張りの場合は、打ち込みにハンマーを用いる。それでも入りにくいようなところでは、ヨシの植えつけの意味がない。湿地の岸などでは、さやなしで植付けができる。この植付け器は取扱い簡単で便利である。

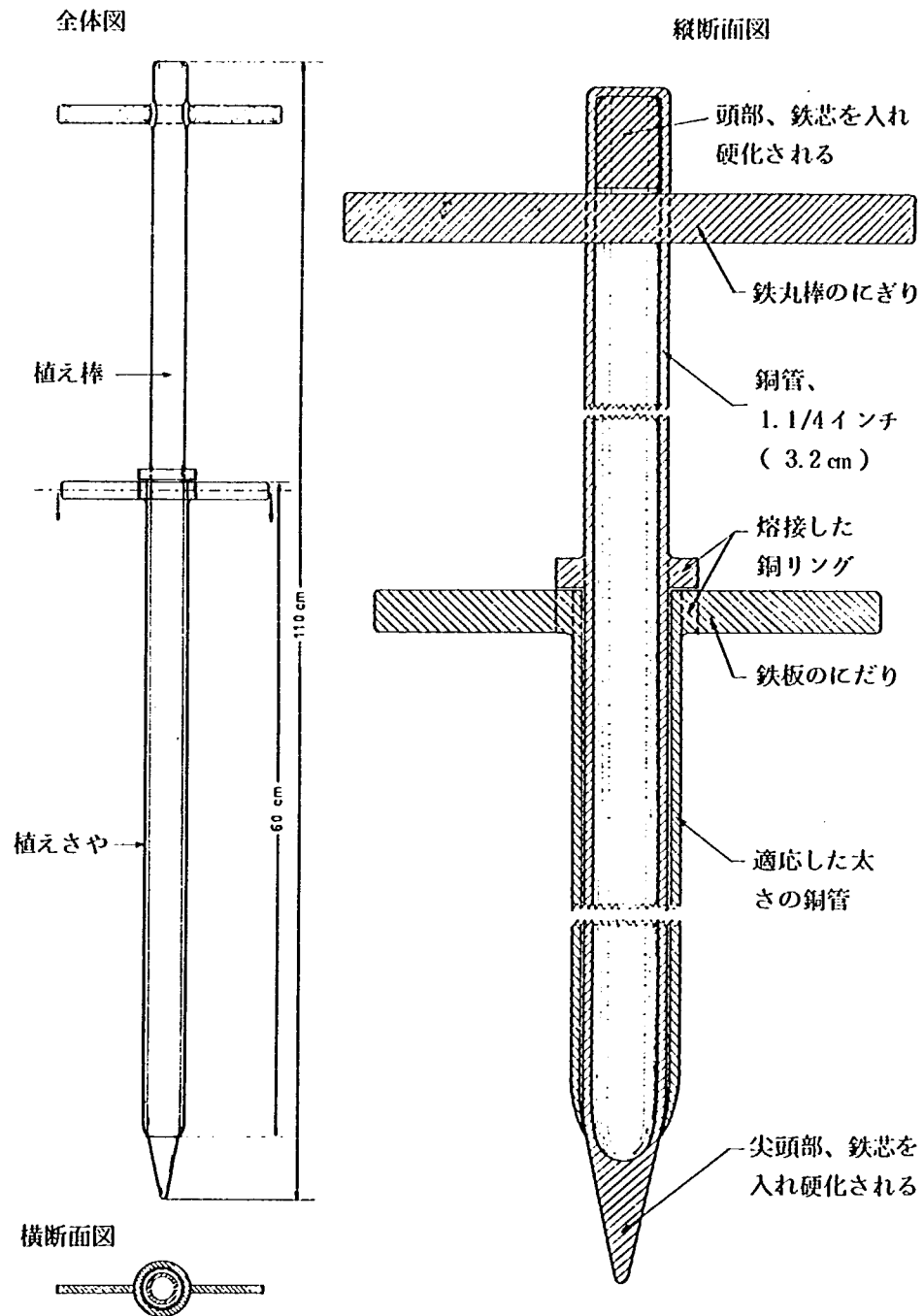


図 62 ビットマンのヨシ植付器

ヨシによる河岸の保護

I. 茎挿しによるヨシの植付け

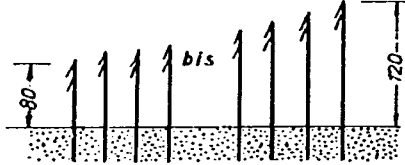
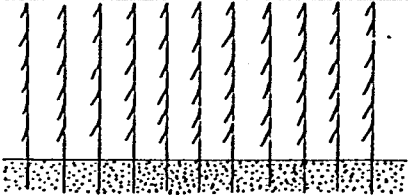
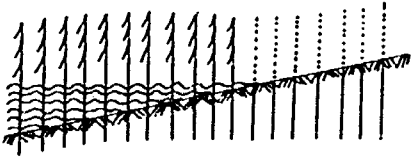
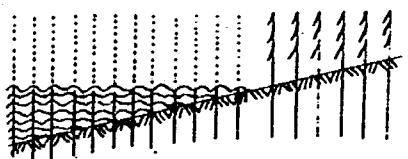
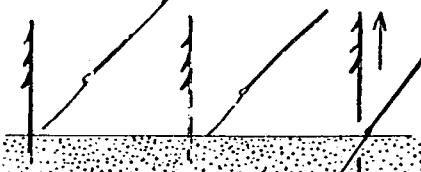
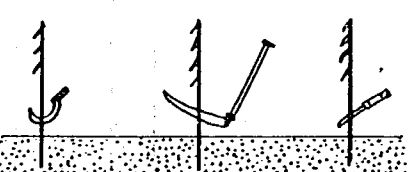
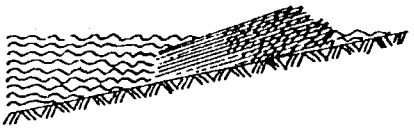
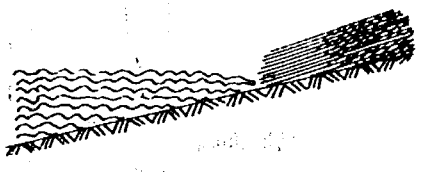
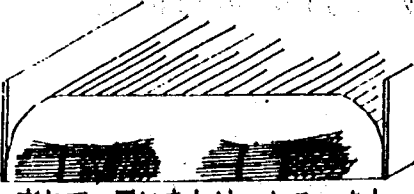
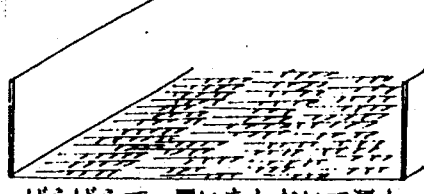
	正しい	誤り
植付けの時期	 1. Mai bis 15. Juni	 15. April bis 30. Juni
どんな季節に	春、リンゴの開花から冬ライムギの開花まで	ドイツ北東部では早過ぎる ドイツ西南部では遅過ぎる
苗の入手	 若く、葉が少なく茎が強いものだけを使う	 成長した、葉の多い、弱々しいものはさける
どんな苗を	 ヨシ帯の陸上に生じたものを使う	 水中に生じたものは使わない
どこから	 踏み鎌のようなもので茎を地面下から切り取る	 鎌などで地上部かり切り取らないこと
どのようにして		
貯蔵	 24時間以内、水中、日陰におく	 水から出し、日光に当ててはならない
必要上止むをえない時に限る		
輸送	 束ねて、覆いをかけ、トラックかボートで運ぶ	 ばらばらで、覆いをしないで運んではならない
どのようにして		

図 63 ヨシの茎苗の植付け上の注意

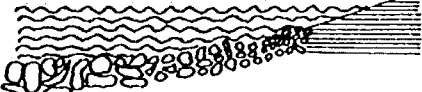
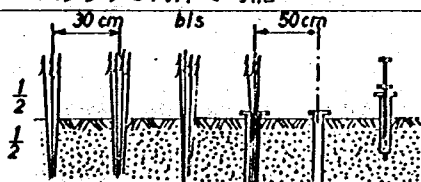
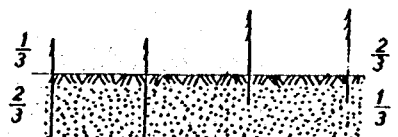
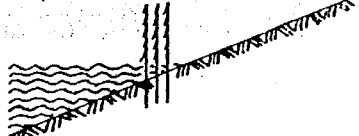
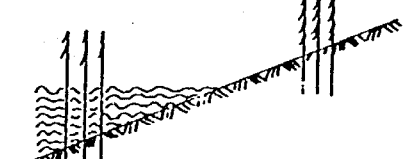
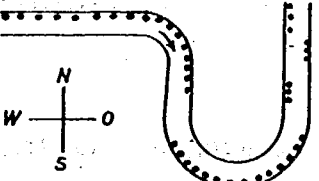
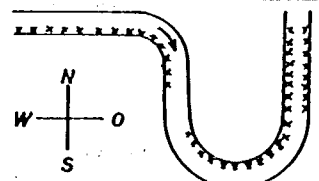
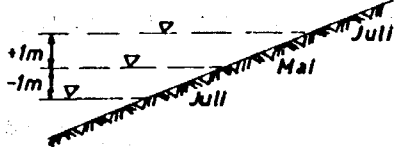
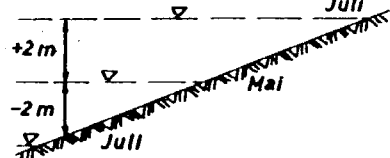
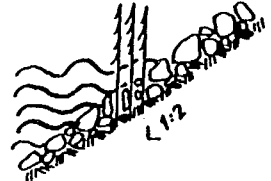
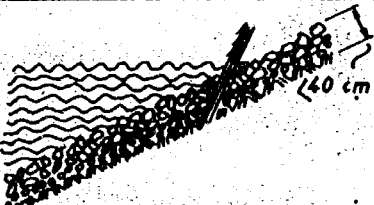
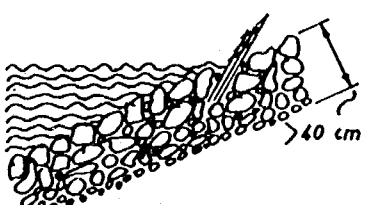
	正しい	誤り
植付け		
一般に	 細礫、砂、砂質粘土、泥土、などのあらゆる河岸で可能	 河原石、硬い土塊、大石、粘土の河岸は不可
原則	 ヨシ植付け器を用い、3-5本づつ、長さの1/2を植え込む	 1本植、まばら植、深植、浅植、不適当な道具による植付は不可
湖沼、池、貯水池	 くるぶし位の水深の河岸線上に、しっかり植える	 平水位より高く、或いは低く植えてはならない
小川、溪流、河川	 湾曲部では流れが突き当たる側の岸に植え、内側の岸には植えない 直線部では、特に北岸を密に、東西岸はまばらに、南岸は修景程度に植える	
河川、溪流、ダム等における長期にわたる水位上昇時	 5月1日~7月31日の間、水位変動が±1m以内の時期に植える	 水位変動幅が±1mを越えると、失敗する
運河などで、船舶による波が打ち寄せる場所	 河岸線上に傾けて植えるとヨシの苗は動かされない	 垂直に植えないこと、水中に植えることも、不可
護岸のある河川	 捨て石護岸のような、隙間のある護岸はヨシの植付けに適する	 石が密に厚く積まれている護岸や、特に補護護岸ではヨシの植付けは不可



図61 植付けが終った状況

上記のようなヨシの植付けは、運河以外の河岸、石の法面、池、沼にも適用できる。フトイ、クサヨシ、スゲ等の河岸植分にヨシを混植する時にも、この道具は有効である。ヨシは既存の植物に負けることなく、やがて優勢になる。

3.2.3 フトイ（図64、65）は補充用、あるいは特別の場合ヨシとの代替物として護岸に用いられる。ヨシより深い水中で育ち、それは2m以上に及ぶ。水中の岸の土中に根の多い地下茎を急速に伸ばし、固着する。一見葉のない丸い茎が早春から9月まで水面上に出て、秋に枯れる。フトイは、静かな水域では風や波に耐えるが、運河の波の衝撃には弱く、ヨシに代ることはできない。しかし静かな水域では、水中の砂や泥のゆるい斜面を速



図64 フトイの苗

やかに固定し、また沖積作用にも耐える。(図66)
 苗としては地下茎だけが使える。常に水中から汀線に密接して植えれば、一年中植付けができる。泥や細土の岸では、石張りの中でも、1年後には成長が盛んになり、苗の3～5倍に達する。フトイは肥料、飼料、編み物材料などにも用いられる。

3.2.4 クサヨシ、ドジョウツナギ、ショウブ、キショウブの植付けも、苗作りが困難な場合があるにせよ、きわめて容易である。これらも護岸作用をもってはいるが、ヨシやスゲには及ばない。これらの植物の価値は、水位変動帯の地面を急速に固定することである。波には弱いので、航路沿いには向かない。何かの理由でヨシが好ましくない場所とか、小川、溝、小池などにすすめられる。これらの植物は、匍匐根、地下茎、茎、葉を一緒に掘り取り、注意して小片に分けて植え込む。採取直後に植える限り、一年中移植できるが、春秋および冬の植付けが望ましい。



図65 植付け直後のイグサ

3.2.5 スゲ(図67)はすぐれた護岸の機能をもっている。研究の成果によれば、スゲ類は、粗い基盤(砂利、岩石など)、流れ、水位変動、船による波、家畜の食害などによって、ヨシの植栽が不可能な水域の河岸で、その理想的な代用となる。強健で成長速く、根つきや発芽性がよく、場所を選ばない。今後利用が拡大しよう。



図66 植付けたイグサの成長しつつある植分



図 67 コブレンツのモーゼル河岸の堤におけるスゲの植付け (1961)

植付けは簡単である。手近なスゲの湿地からシャベルやくわで握りこぶしほどの苗を切り取り、それをシャベルかツルハシで、石や砂利の岸の土の中に挿し込む。また金てこを用いて石張りの継目の間に挿し込む。その際、継目は屑土や砂で埋める。一年中植えられるが、5月から7月が最も良い。

3.3 ヤナギの河岸植樹

わが国（西ドイツ）のヤナギの多くの種の中で、いわゆる岸の柳（Uferveide）は枝がしなやかで成長が速く、籠の材料、その他多くの用途につかわれてきた。しかし、損傷を受けた岸辺の土地の回復に生きたヤナギを利用することは、あまり知られていない。水域の緑化にヤナギが優れている理由は、その枝や幹からの比類なき発根性と、不定芽の発芽能力にある。これは樹木ではごく稀にみられる特性である。

ヤナギの植付けは、苗床で発根させた挿し木苗を植えるか、あるいは発根していない植物体による挿し木、小枝挿し、幹挿し、または大枝や小枝を地表をおおうように並べ挿して発根させるか、いずれかによる。束植えやからみ合わせた全面植え（べた植え）もおこなわれる。また生きたヤナギの枝を粗朶束にし、針金などで結び合わせ、岸の決壊した場所に固定することもある。

このような植物工法には、速やかに沢山の不定根を出す種類のヤナギが役立つ。著者の経験によれば、水域の植栽には、次のような種類のヤナギが有効である。

Purpurveide	Schmidtveide
Hanfveide	WeiBveide
Mandelveide	Dotterveide
Knackveide	Filzveide
Silberveide	Blutveide
Reifveide	Lederveide
Lavendelveide	Lorbeerveide

（それぞれに数行の解説がつけられているが、日本のヤナギと種類がちがうので、省略する）

河川の岸の法面の強化と緑化には、灌木のヤナギと大木に育つヤナギが適している。しかし、その土地の水分

や土質により適した種類を選ばねばならない。(さまざまな立地に適した西ドイツのヤナギの種類があげられている。省略)

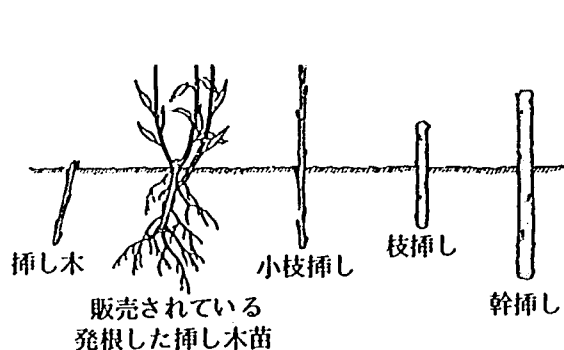


図 68 ヤナギの苗木

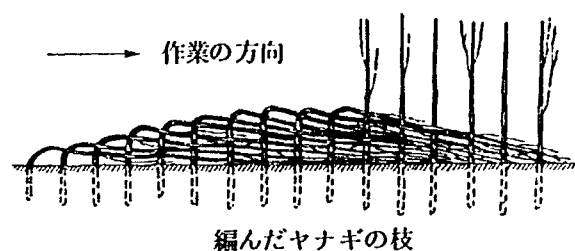


図 69 ヤナギの編み植え

平らな岸の法面では、ふつうの挿し木、小枝挿し、べた植え(図 68, 72)の方法が、険しい法面では編み植え、組み垣植え(図 69, 70, 73), 藪植えや粗朶束植え(図 71)の方法がよい。

水路、運河、ダムの法面では平らに広がる編み植か、険しい岸の斜面では対角編みや粗朶束植えがふつうで、いずれも丈夫な挿し枝が使われる。地滑りあとのような斜面では階段(テラス)状の藪植えとする。河縁の盛土には梯状またはブラシ状に植え、藪層をつくるのが経済的で自然の植生の発達にも適している。ボタ山では埋ってしまうおそれがあるので、幹挿しの方法による。

ヤナギの種類や植え方の選択と同様に、良い苗を選ぶことも大切である。販売されている苗床で生産される発根した挿し苗は、あらゆる目的に使える。そのほかは野外に生育しているヤナギから採取する。

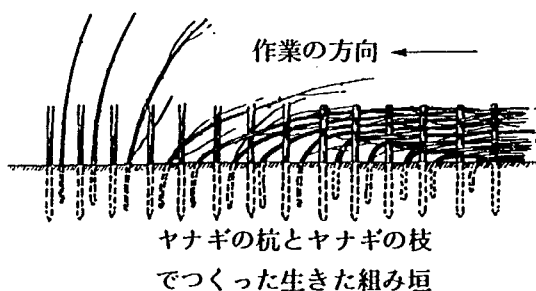


図 70 ヤナギの組み垣植え

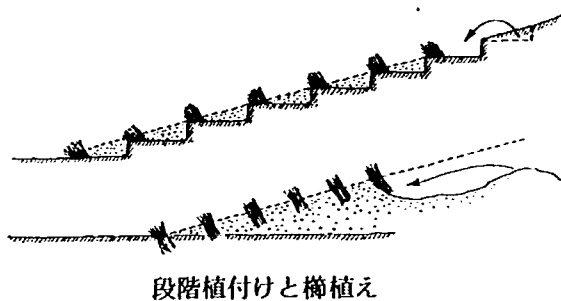


図 71 斜面とその縁でのヤナギの灌木列の植付け



図 72 ヤナギの挿木をした河岸の平らな法面

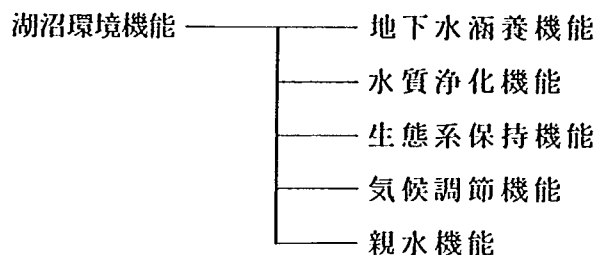


図 73 ヤナギの編み植え

5. 湖沼環境管理基本計画と植生湖岸

昭和56年12月の河川審議会からの答申「河川環境管理のあり方について」で、「河川環境の保全と創造」を適正に行う管理の方針が強く打ち出された。湖沼もその対象であり、各湖沼で環境管理基本計画の検討が始まっている。植生湖岸も湖沼環境の一要素であり、本報告書は環境管理基本計画に資するものとして位置付けられる。

「河川環境管理のあり方について」によると、河川環境は水を主体とする水環境と河川空間を主体とする空間環境に区分され、水環境は水量と水質より構成されるとなっている。湖沼環境は水環境と空間環境が合わさって形成されるが、その機能はおおよそ以下のように考えられるであろう。



植生湖岸はこのような湖沼環境のうち、親水機能、生態系保持機能、水質浄化機能に影響を及ぼすと考えられる。このうち水質浄化機能に対しては、霞ヶ浦における検討では次のような結果が出ている。

イ) 年間に湖内の水生植物の体内に取り込まれるN、P量は年間流入量のそれぞれ高々約2、3%に過ぎない。

ロ) 水生植物によるN、Pの除去効果の検討には、植物体内への摂取量以外にさらに冬場の刈り取り等の維持管理上の問題点が残されている。

霞ヶ浦では維持管理も含めた以上の考察により、湖岸植生の水質浄化効果は環境管理計画上、積極的に評価し得ないとの考えの下で論を進める。この結果、対象となる湖沼環境機能は生態系保持機能と親水機能であり、これらが湖岸植生の持っている機能とどのように関わっているのかを考察する。湖岸植生の機能とは、景観の構成要素、藻場、鳥の営巣地、波浪の抑制が考えられる。

考察の方法としては、人々が行う親水活動と湖岸植生の関わりを明らかにすることにより行う。つまり湖沼の親水機能とは、人々の親水活動を展開させる湖沼の機能と捉えられ、湖岸植生の機能が親水活動に影響しているかどうかを評価することから、これらの関係が明らかにされる。その関連を表わしたのが表－5.1である。

表－5.1の親水活動には自然鑑賞が含まれている。この自然鑑賞には貴種、めずらしい生態系の鑑賞も含まれており、この結果、自然鑑賞の評価には生態系保持機能の評価も含まれていると考察される。このことより、表－5.1は湖岸植生の機能と生態系保持・親水機能との関連を評価したものと判断してよい。

湖沼環境管理基本計画の策定には湖岸植生のもつこのような機能を十分に評価し、治水、利水との調和を図りながら各湖沼の個性に基づいて策定することが重要である。

表-5.1 親水活動と湖岸植生の機能との関連(案)

親水活動	湖岸植生の機能	景観の構成	藻場	鳥の営巣地	波浪の抑制
水浴	○				○
水遊び	△		○	△	○
魚釣り			◎		△
ローボート	○		△		
モーターボート	○				
遊覧船	◎			△	
ヨット	○				
貝取り	△		△		○
キャンプ	◎		△	○	△
散策	◎		○	○	△
サイクリング	◎			○	△
湖上祭り	◎				△
自然鑑賞	◎		○	◎	△

6. お わ り に

植生湖岸の事例を収集し機能の評価をおこなうことによって、植生湖岸としては、景観の構成・藻場・鳥の営巣地・波浪の抑制に果たす役割が高いことがわかった。植生湖岸を用いた湖沼管理を行う上に、これらの機能を有効に活かしていく必要があり、より定量的な評価が重要となる。そのためには今後、波浪の抑制や藻場について水生植物の種類との関係等を含めたより詳細な調査が必要になると考えられる。また、水位変動が人為的に起きる場合における植生への影響についても調査する必要があるだろう。

なお本研究は、昭和57年度より始まった総合技術開発プロジェクト「湖沼の総合的水管理技術の開発に関する研究」の中で、湖岸分科会を設置して進めていったものである。分科会の中で中央大学服部昌太郎教授、信州大学桜井善雄助教授をはじめ、委員各位の助言があったことを付記するとともに謝意を表します。また資料の提供を受けた建設省霞ヶ浦工事事務所、分科会運営に尽力頂いた国土開発技術研究センター、そして資料収集等で世話になった株式会社環境調査技術研究所渡辺氏に謝意を表します。

7. 参考文献 水生植物に関する文献 一覧表

邦文雑誌 (J)

1. 平井賢一 (1970) : びわ湖内湾の水生植物帯における仔稚魚の生態.
Ⅰ. 仔稚魚の生活場所について. 金沢大学教育学部紀要 19:93~105.
2. 平井賢一 (1971) : びわ湖内湾の水生植物帯における仔稚魚の生態.
Ⅱ. 水生植物帯にすむ仔稚魚の食性について. 金沢大学教育学部紀要 20:59~71.
3. 平井賢一 (1972) : びわ湖内湾の水生植物帯における仔稚魚の生態.
Ⅲ. ニゴロブナ仔稚魚の食性と生息域の関係. 日本生態学会誌 22 (2) : 69~93.
4. 平井賢一 (1970) : びわ湖の水生植物帯における動物プランクトンとほふく動物の関係. 陸木雑31: 1~4.
5. 徳永隆司 (1981) : 水生植物の水質汚濁防止への利用. 公害と対策. 23 (2) : 3~11.
6. 青山勲他 (1981) : 生態系を利用した水質浄化法に関する研究
ホテイアオイによる N, P の除去能. 第15回日本水質汚濁研究会年次学術講演集 B-9 169~174.
7. 徳永隆司・北喜代司・北直子・森本昌宏 (1978) : ホテイアオイの生長と無機栄養元素の貯蔵. 日本水処理生物誌 14 (1) : 1~8.
8. ジェラルド・パーキンソン (1981) : 「ほていあおい」による廃水処理. ケミカルエンジニアリング 54号. 文献抄録水 23 (12) : 24-25.
9. 笠文彦 (1980) : ホテイアオイによる P, N の処理に関する考察. 日本水処理生物学会 (17回大会).
10. 那須裕・釘本完・河野行雄・佐藤守俊 (1981) : アオウキクサ (Lemna) を用いた重金属取り込みの実験. 日本水質汚濁研究会. 年次学術講演会 (15回)
11. 岸川昭夫・徳永隆司 (1978) : アオウキクサによる淡水域富栄養化の判定 (予報). 窒素及びリンの濃度と増殖量との関係. 日本水処理生物学会 (15回大会)
12. 山崎史織 (1975) : 2. 3 の挺水生物における地下部への酸素供給について. 第22回日本生態学会講演要旨
13. 倉沢秀夫・手塚泰彦・小堀和夫・青山莞爾 (1963) : 印旛沼白井地区におけるプランクトン及び大型水生植物の生産量 (Ⅱ). 資源科学研究所彙報第60号.
14. 岡田要之助 (1938) : オニバスの開展花に就いて. 生態学研究 4 (2) :
15. 山口久直 (1938) : 琵琶湖南部に於ける高等水生植物の生態分布. 生態学研究 4 (1) :
16. 吉井義次 (1943) : ヒツジグサの開花現象の観察. 生態学研究 9 (3)
17. 田中學 (1941) : 含藍沼地植物群落の研究. 生態学研究 7 (4)
18. 高橋基生 (1935) : 水草體中に於ける水分通導作用に就て (予報). 植物及動物 3 (8) 108~
19. 篠崎吉郎 (1976) : 生長系に対する除去の影響. 生理生態 17:101~107
20. 谷水久利雄・三浦泰蔵 (1976) : びわ湖における沈水植物群集に関する研究.

- I. 南湖における侵入種オオカナダモの分布と生産能, 生理生態 17:283~290.
21. サストロウトモ・スクエノエス・生嶋功・沼田真 (1978) : ホテイアオイ (*Eichhornia crassipes* Mart. Solms) の生態学的研究, とくに成長について, 日生態会誌 28:191-197. (英文)
 22. 角野康郎 (1978) : 酸素欠乏が沈水植物の光合成能及び呼吸能に与える影響, 日生態会誌 28:319-323. (英文)
 23. 相崎守弘, 福島武彦, 大槻晃, 手塚和彦 (1979) : ブルーム時の水草帯における溶存酸素量の日変動, 国立公害研究所研究報告 6:133-137.
 24. 生嶋功 (1955) : ウキクサ個体群の生長と密度効果, 生理生態 6(2):69-81.
 25. 生嶋功 (1958) : ウキクサの増殖曲線と密度効果, 生理生態 8(1):61-
 26. 生嶋功 (1961) : ウキクサ生長の研究 (I) 生理生態 10(1):130-
 27. 生嶋功 (1962) : ウキクサの生長の研究 (II) 生理生態 11(1):84-
 28. 生嶋功 (1963) : ウキクサの生長の研究 (III) 生理生態 11(2):120-
 29. 桜井善雄他 4 名 (1973) : 水生植物, 霞ヶ浦生物調査報告書 78-148.
 30. 桜井善雄 (1975) : 水生植物 昭和49年度霞ヶ浦生物調査報告書 26-47.
 31. 関文威 (1981) : 霞ヶ浦高浜入湖岸帯の物質代謝, 国立公害研究所研究報告 22:181-228.
 32. 桜井善雄 (1981) : 霞ヶ浦の水生植物のフローラ, 植被面積および現存量, 国立公害研究所研究報告 22:229-280.
 33. 中田勝他 3 名 (1978) : 水草による河川水中の重金属の取り込みと水中濃度の推定, 水質汚濁研究 1(1):43-47.
 34. 原科幸彦他 3 名 (1979) : 湖岸環境に関する臨場意識調査 (その 1) 国立公害研究所研究報告 6:317-326.
 35. 中杉修身他 4 名 (1979) : 湖岸環境に関する臨場意識調査 (その 2) 国立公害研究所研究報告 6:327-334.
 36. 毎日新聞社茨城支所 (1980) : 毎日新聞 ルポ霞ヶ浦 (6) (10)
 37. 林浩二, 横井洋方 (1980) : 一年生浮葉植物ヒシ (*Trapa japonica* Flerou) の出葉速度にみられる規則性について, 日本植物学会第45回大会研究発表記録 2aG 10. p 172.
 38. 牧岩男 (1964) : びわ湖の内湾における魚類と餌生物の関係, 生理生態 12(1, 2):259-271.
 39. 衛生常設調査委員会 (1979) : 水道水のかび臭の原因と対策, 水道協会雑誌 532:67-90, 533:81-108, 536:80-106.
 40. 桜井善雄, 渡辺義人 (1973) : 諏訪湖の水生植物, JIBP-PF 諏訪湖生物群集の生産力に関する研究経過報告 5:1-4.
 41. 堀口忠雄 (1979) : 下水の 3 次処理方式ーリン, 窒素の除去についてー 日本河川水質年鑑1979年版 911~920.
 42. 手塚泰彦ら (1973) : 水質と細菌の分布および一次生産, 霞ヶ浦生物調査報告書 171-191.
 43. 前田秋一 (1980) : 相模湖における各 Size Fraction の Alkaline Phosphatase 活性, 第17回日本水

処理生物学会大会講演要旨集 45.

44. 建設省 (1980) : 霞ヶ浦流入負荷量に関する建設省資料
45. 白石芳一 (1961) : ワカサギの水産生物学的ならびに資源学的研究. 淡水区水産研究所研究報告書 10(3):1-263.
46. 橋本徳蔵ら (1978) : 日本の湖沼, 貯水池におけるかび臭の実態. 水道協会雑誌 531:30-47.
47. 建設省 (1981) : 「清明」及び「小型藻刈船」の運転状況に関する建設省資料.
48. 船越真樹ら (1981) : 木崎湖における水生植物の分布とその変動
49. 松崎淳三, 新倉 晃 (1982) : 汚濁河川の水質浄化法に関する研究. 第16回水質汚濁学会講演集: 228-233

外国雑誌 (E)

1. Boyd, C. E. and Scarsbrook, E., (1975) Influence of nutrient additions and initial density of plants on production of waterhyacinth, *Eichhornia crassipes*. *Aquat. Bot.*, 1: 253-261
2. Wolverton, B. C. and McKown, M. M., (1976) Water hyacinths for removal of phenols from polluted waters. *Aquat. Bot.*, 2:191-201.
3. Bernatowicz, S., Leszczynski, S. and. Tyczynska, S., (1976) The influence of transpiration by emergent plants on the water balance in lakes. *Aquat. Bot.*, 2:275-288
4. Ozimek, T., Prejs, A. and Prejs, K., (1976) Biomass and distribution of underground parts of *Potamogeton perfoliatus* L. and *P. lucens* L. in Mikorajskie Lake, Poland. *Aquat. Bot.*, 2:309-316
5. J. C. J. Van Zon, (1977) Introduction to biological of aquatic weeds. *Aquat. Bot.*, 3: 105-109
6. Carpenter, S. R. and Adams, M. S., (1976) The macrophyte tissue nutrient pool of a hardwater eutrophic lake : Implications for macrophyte harvesting. *Aquat. Bot.*, 3:239-255
7. Basiouny, F. M., Garrard, L. A. and Haller, W. T., (1977) Absorption of iron and growth of *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle. *Aquat. Bot.*, 3:349-356
8. Howard-Williams, C. and Howard-Williams, W., (1978) Nutrient leaching from the swamp vegetation of Lake Chilwa, a shallow African lake. *Aquat. Bot.*, 4:257-267
9. Lammens, E. H. R. R. and G. van der Velde, (1978) Observations on the decomposition of *Nymphaea peltata* (Gmel.) O. Kuntze (Menyanthaceae) with special regard to the leaves. *Aquat. Bot.*, 4:331-346
10. Søndergaard, M. and Sand-Jensen, K., (1979) Carbon uptake by leaves and roots of *Littorella uniflora* (L.) Aschers. *Aquat. Bot.*, 6:1-12

11. Hill, B. H., (1979) Uptake and release of nutrients by aquatic macrophytes. *Aquat. Bot.*, 7:87-93
12. Van der Velde, G., Giesen, Th. G. and van der Heijden, L., (1979) Structure, biomass and seasonal changes in biomass of *Nymphoides peltata* (Gmel.) O. Kuntze (Menyanthaceae), a preliminary study. *Aquat. Bot.*, 7:279-300
13. Vincent, W. F. and Downes, M. T., (1980) Variation in nutrient removal from a stream by watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.). *Aquat. Bot.*, 9:221-235
14. Kimbel, J. C. and Carpenter, S. R., (1981) Effects of mechanical harvesting on *Myriophyllum spicatum* L. regrowth and carbohydrate allocation to roots and shoots. *Aquat. Bot.*, 11:121-127
15. Osborne, J. A. and Sassic, N. M., (1981) The size of grass carp as a factor in the control of hydrilla. *Aquat. Bot.*, 11:129-136
16. Allenby, K. G., (1968) Some analyses of aquatic plants and waters. *Hydrobiologia*, 32:486-490
17. Sahai, R. and Sinha, A. B., (1969) Contribution to the ecology of Indian aquatics. *Hydrobiologia*, 35:376-382
18. Gossett, D. R. and Norris, W. E., Jr., (1971) Relationship between nutrient availability and content of nitrogen and phosphorus in tissues of the aquatic Macrophyte, *Eichornia Crassipes* (Mart.) Solms. *Hydrobiologia*, 38(1):15-28
19. Seki, H., Takahashi, M. and Ichimura, S., (1979) Impact of nutrient enrichment in a waterchestnut ecosystem at Takahama-Iri Bay of Lake Kasumigaura, Japan. I. Nutrient influx and phytoplankton bloom., *Water, Air, and Soil Pollution*, 12:383-391
20. Tsuchiya, T. and Iwaki, H., (1979) Impact of nutrient enrichment in a waterchestnut ecosystem at Takahama-Iri Bay of Lake Kasumigaura, Japan. II. Role of waterchestnut in primary productivity and nutrient uptake. *Water, Air, and Soil Pollution*, 12:503-510
21. Yamamoto, H., Nakano, H., and Seki, H., (1979) Impact of nutrient enrichment in a waterchestnut ecosystem at Takahama-Iri Bay of Lake Kasumigaura, Japan. *Water, Air, and Soil Pollution*, 12:511-517
22. Yamamoto, H. and Seki, H., (1979) Impact of nutrient enrichment in a waterchestnut ecosystem at Takahama-Iri Bay of Lake Kasumigaura, Japan. *Water, Air, and Soil Pollution*, 12:519-527
23. Peterson, S. A., Smith, W. L., and Malueg, K. W., (1974) Full-scale harvest of aquatic plants : Nutrient removal from a eutrophic lake. *Jour. Wat. Poll. Control Fed.*, 42

24. Cooley, T. N., Dooris, P. M., and Martin, D. F., (1980) Aeration as a tool to improve water quality and reduce the growth of Hydrilla. Water Research, 14:485-489
25. Bole, J. B. and Allan, J. R., (1978) Uptake of phosphorus from sediment by aquatic plants, *Myriophyllum spicatum* and *Hydrilla verticillata*. Water Research, 12(5):353-358
26. Jewell, W. J., (1971) Aquatic weed decay : Dissolved oxygen utilization and nitrogen and phosphorus regeneration, Jour. W. P. C. F., 43(7):1457-1467
27. Kadono, Y., (1984) Comparative ecology of Japanese Potamogeton : An extensive survey with special reference to growth form and life cycle. Jap. J. Ecol, 34:161-172

和 書 (N)

1. 須藤隆一 (1977) : 廃水処理の生物学. p. 412-414. 産業用水調査会. 東京.
2. 浜島繁隆 (1979) : 池沼植物の生態と観察. グリーンブックス 55. ニューサイエンス社. 東京.
3. 大滝末男 (1974) : 水草の観察と研究. グリーンブックス10. ニュー・サイエンス社. 東京.
4. 堀田満 (1973) : 水辺の植物. カラー自然ガイド 6. 保育社. 東京.
5. 水野寿彦 (1971) : 池沼の生態学. 生態学研究シリーズ 1. 築地書館. 東京.
6. 大滝末男・石戸忠 (1980) : 日本水生植物図鑑. 北隆館. 東京.
7. 建設省関東地方建設局霞ヶ浦工事事務所・水資源開発公団霞ヶ浦開発事業建設部 (1980) : 霞ヶ浦の生物.
8. 生嶋功 (1972) : 水界植物群落の物質生産 I. 生態学講座 7. 共立出版. 東京.
9. 荏原インフィルコ株式会社 (1979) : 霞ヶ浦水生植物調査.
10. 山内勝美 (1977) : 水質環境アセスメントのための基礎資料集. 月刊水発行所. 東京.
11. 陸水生物生産測定方法論研究会 (1969) : 陸水生物生産研究法. 講談社. 東京.
12. 山岸宏・沖野外輝夫 (1974) : 湖沼の汚染. 築地書館. 東京.
13. 国土開発技術研究センター (1977) : 昭和51年度霞ヶ浦汚濁制御調査報告書.
14. 環境庁 (1981) : 日本産鳥類の繁殖分布. 大蔵省印刷局. 東京.
15. 宮地伝三郎・川那部浩哉・水野信彦 (1976) : 原色日本淡水魚類図鑑. 保育社. 東京.
16. 松原喜代松・落合明 (1969) : 魚類学(下). 恒星社厚生閣. 東京.
17. 中村守純 (1963) : 原色淡水魚類検索図鑑. 図鑑の北隆館. 東京.
18. Stanier, R. Y. ら著, 高橋甫ら訳 (1978) : 微生物学. 培風館. 東京.
19. 水資源開発公団・霞ヶ浦開発事業建設部 (1978) : パンフレット「霞ヶ浦開発」.
20. 環境庁 (1979) : 第2回自然環境保全基礎調査・湖沼調査報告書.
21. 大島正満 (1940) : 魚. 三省堂. 東京.
22. 吉良哲明 (1959) : 原色日本貝類図鑑. 保育社. 東京.
23. 波部忠重 (1961) : 続原色日本貝類図鑑. 保育社. 東京.

24. 代田昭彦 (1975) : 水産餌料生物学, 恒星社厚生閣, 東京.
25. 岩城英夫 (1973) : 陸上植物群落の物質生産Ⅱ 生態学講座 9, 共立出版, 東京.
26. 内田清之助他 (1957) : 原色動物大図鑑, 北隆館, 東京.
27. 建設省関東地方建設局霞ヶ浦工事事務所 (1980) : パンフレット「霞ヶ浦環境と水質」
28. 建設省霞ヶ浦工事事務所 (1982) : 水生植物調査
29. 波のエゴ調査委員会, 諏訪市教育委員会 (1973) : 波のエゴ調査報告書
30. 建設省霞ヶ浦工事事務所 (1984) : 霞ヶ浦環境管理検討業務報告書
31. 建設省霞ヶ浦工事事務所 (1984) : 徳島環境植生低水護岸調査 (概要版)
32. Bittmann, E. 著, 抄訳桜井善雄 繊維学部応用生物学科応用生態学教室 (1965) : 生物学的護岸工法の基礎と方法

洋 書 (F)

1. Correll, D. S. and Correll, H. B., (1972) Aquatic and wetland plants of Southwestern United States, Vol. 1, II. stanford University Press. Stanford, California
2. Dykyjova, D. and Kuet, J., (1978) Pond littoral ecosystems. Structure and functioning. Springer-Verlag. Berlin. Heidelberg.
3. Hutchinson, G. E., (1975) A treatise on limnology Vol. III. Limnological botany. John Wiley & Sons. Toronto
4. Environmental Protection Agency, (1972) Water quality criteria, EPA.
5. Szczepański, A. (1970) Methods of morphometrical and mechanical characteristics of *Phragmites communis* Trin.

環境からみた植生湖岸とその評価
—植生湖岸計画指針作成に向けて—

ISSN 0386-5878
土木研究所資料 第2394号
昭和61年7月(1986年)

要 旨

人々の親水活動から湖沼環境をみると、水生植物を中心とした植生は重要な役割を有している。魚の産卵・成長にとって重要な産場として魚釣りになくはならぬ場であり、鳥の営巣地となりバードウォッチングの格好の場となっている。また散策にとって重要な景観の要素となっている。その他波の抑制にも効果があるといわれている。

水生植生のこのような多面的な効果は近年注目され、琵琶湖等の湖沼の計画に取り入れられた事例も若干ながら見受けられる。しかしまだ確信についたばかりであり、その効果について調査・研究中であるというのが実態である。本研究はこのような状況に鑑み、湖沼面における植生湖岸の機能についてデータの収集、新たな実験を加えながら、計画に向けて考察したものである。また資料として湖岸植生の生理的・生態的特徴、それらの立地条件を整理・分析している。

キーワード：植生、植生湖岸、景観、藻場、営巣地、波浪抑制

郵便はがき

305-□□

40円切手
をはいて
下さい

建設省土木研究所

河川部都市河川研究室 御中

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第 2394 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属(住所)

氏 名

印

土木研究所資料第 号

