

霞ヶ浦，土浦入り南岸における ヨシ原の縮小過程について

Reduction Processes of Reed Community in the Lake Kasumigaura

小沼 秀嗣*・池田 宏**

Hideji ONUMA* and Hiroshi IKEDA**

I はじめに

河岸や湖岸のヨシ原は，生物に生育の場を提供しているばかりではなく，水質の浄化機能を備えており，水辺環境の成り立ちにきわめて重要な働きをしている（吉良，1991）。

このヨシ原が近年各地で減少しつつあり，その保全が進められている．このために，ヨシの生育に関する研究も盛んになされている（たとえば，森田・三浦，1997）．宇多（1998）は底質が安定していなければ湖岸植生は生育できないとの見方から，波の強さばかりではなく湖岸付近の湖底勾配および底質によって湖岸植生の繁茂限界が支配されることを明らかにした．

この知見からは，各地の湖沼で生じている近年のヨシ原減少の原因のひとつは湖岸堤の建設や湖水位の上昇による湖岸への波高の増大によることが理解される．とはいえ，ヨシ原が実際にどのように破壊されるのかは十分に明らかにされてはいない．そこで，近年ヨシ原が急速に消滅しつつある霞ヶ浦の中から，1地点を選んで，ヨシ原の消滅過程を現地を観察した．

II 調査地域の概観

霞ヶ浦は最終氷期の海退期に台地が侵食されて生じた谷が後氷期の海進によって入り江となり，その一部が埋め残された海跡湖である（井内・斎藤，1993；平井，1993，1995）．縄文海進時には相当の深さがあったと考えられるが，現在ではわが国で第2位の面積（168km²）をもつものの，水深は最大でも約7m（砂利採取域を除く）しかない．湖岸には水深1～2m程度の湖棚が発達している．

1. 霞ヶ浦の人為的環境改変

1950年頃までの霞ヶ浦湖岸には，干拓地を除いて高い堤防はなかったから，洪水のたびに周辺の低平地は冠水し，米は3年に1度しかとれなかった（茨城大学霞ヶ浦研究会編，1977，p.52）．なかでも1938年と1941年の水害は深刻であった．そこで，霞ヶ浦の排水路である北利根川と常陸川を浚渫して，霞ヶ浦の水位上昇を防ごうとする霞ヶ浦放水路事業が1948年から着手された．この事業によって河川の疎通は良くなった．しかし，渇水時には海水が逆流するようになり，湖岸の農業に塩害をもたらした．

このため，利根川からの洪水の逆流防止と塩害の

*筑波大学自然科学類（現 筑波大学大学院・環境科学研究科） **筑波大学地球科学系

防除を目的として、利根川と常陸川の合流点に常陸川水門が1963年に建設された。常陸川水門の完成当初は洪水時と渇水時にのみ堰は操作され、開放されていることが多かったが、上流域における取水量の増加と取水者からの淡水化の要望により、1974年以降、水門は常時閉鎖された。

1973年のアオコ大発生と養殖鯉の大量へい死など、霞ヶ浦の水質の悪化が深刻化し、1982年には霞ヶ浦の富栄養化防止条例が、また1985年には湖沼水質保全特別措置法が施行された（建設省霞ヶ浦工事事務所パンフレット「霞ヶ浦」）。

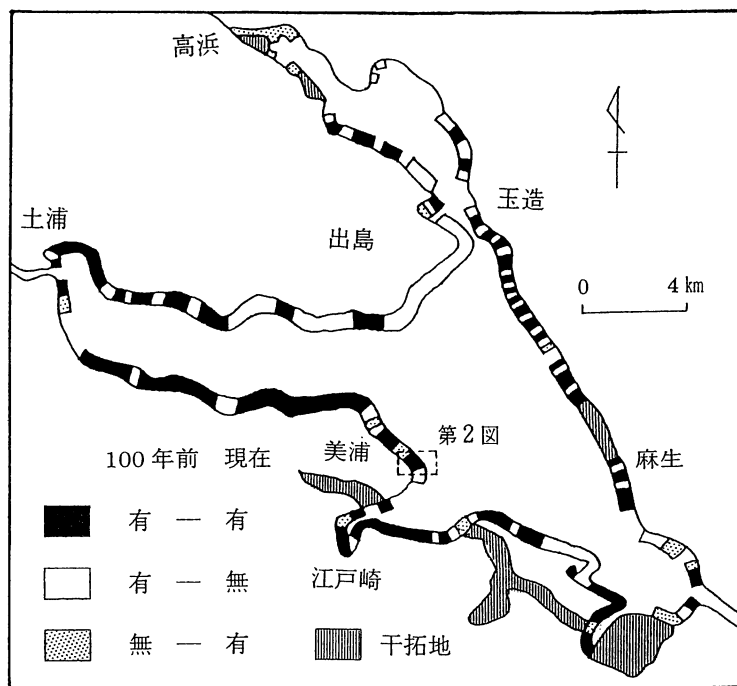
2. 霞ヶ浦におけるヨシ原の分布

1880～1886年にかけて作成された2万分の1迅速測図と1988～1994年撮影の空中写真による2万5千分の1の地形図とを比較して、霞ヶ浦湖岸における最近100年間のヨシ原の分布の変化を調べた（第1図）。黒い部分はヨシ原が昔も今もあるところ、白い部分は昔はあったが今は消滅したところである。

ヨシ原は100年前には湖岸のほぼ全域に分布していたが、現在はそのかなりの部分が失われてしまった。湖面干拓・湖岸堤の建設・漁業のための舟溜まりやヨットハーバーの構築・湖面養殖施設の設置など、人為的な地形改変が直接的な原因の地点が多いが、そのような原因がないところでもヨシ原の減少が目立つ。そこで、本研究では、とくに近年ヨシ原の減少が顕著な地点の中から、霞ヶ浦土浦入り南岸（美浦村大山）の1地点を調査地とした。

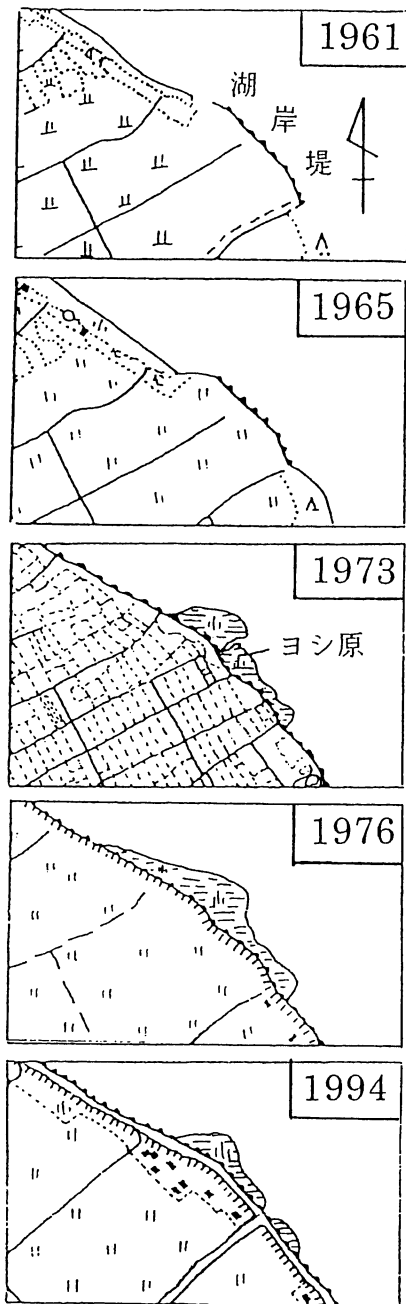
第2図に調査地における過去30年間のヨシ原の分布状況の変化を新旧地形図によって示す。湖岸堤建設直後の1961年と1965年にはヨシ原はみられなかったが、1973年、そして1976年とヨシ原は拡大した。ところが1994年には1976年と比べて面積にして約半分にまでヨシ原は縮小した。

そこで、縮小過程にあるヨシ原の実態を、①2台のトランシットを用いた前方交会法による平面測量、②長さ8mのポールの先にカメラを取り付けての垂直写真撮影、そして③オートレベルを用いた断面測



□ は調査対象のヨシ原を示す(第2図)

第1図 霞ヶ浦の湖岸におけるヨシ原の分布 -100年前と現在の比較-



第2図 霞ヶ浦、土浦入り南岸の調査地点におけるヨシ原の分布の経年変化（新旧1:25,000地形図による）

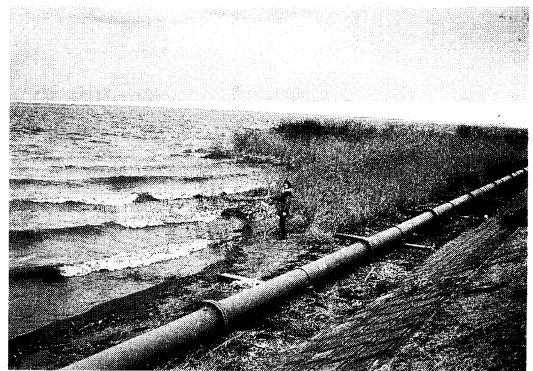
量によってとらえた。

Ⅲ ヨシ原と蘆州

ヨシ原の水面下にはヨシの地下茎が密集した州がある。この州はヨシ（蘆）が生える州ということから蘆州（ろしゅう）と呼ばれる。

1. 平面測量結果

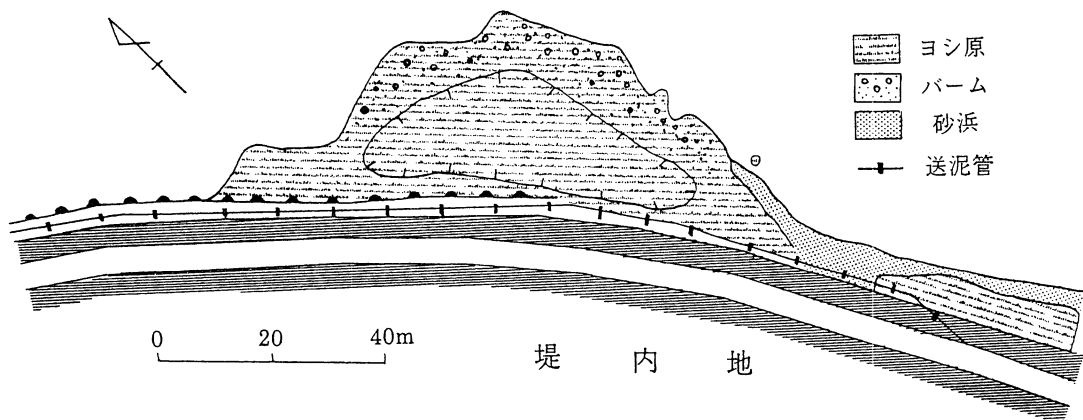
第3図は調査対象としたヨシ原を北側から見たものである。湖岸の連続堤の基部には赤く塗られた鉄管が置かれている。これは霞ヶ浦の湖底に堆積したヘドロを表層浚渫して、埋め立て地へ送るための送泥管である。この地点では、観察時期によって異なるが、北側ほど砂が少なくて、湖岸堤のコンクリートの基部が露出しているが、ヨシ原の南は砂浜となっていた。ヨシ原の湖岸寄りには、波によって蘆州の上に打ち上げられた砂礫が奥行き10mほどの範囲に堆積してバーム（berm）を形成していた（第4図）。



第3図 調査対象としたヨシ原（1998年3月5日撮影）

2. 垂直写真撮影とその結果

蘆州の水際部の状況を長さ8mのアルミポールの先端に小型カメラを下向きにとりつけて、下からリモコンで撮影してとらえた。撮影された垂直写真とその判読例を第5図に示す。1998年3月5日の強風時のため、蘆州の前面で碎波し、波によって打ち上げられた礫が蘆州にパッチ状に堆積している。水面下のヨシは根が洗い出されて、太い地下茎が水中を

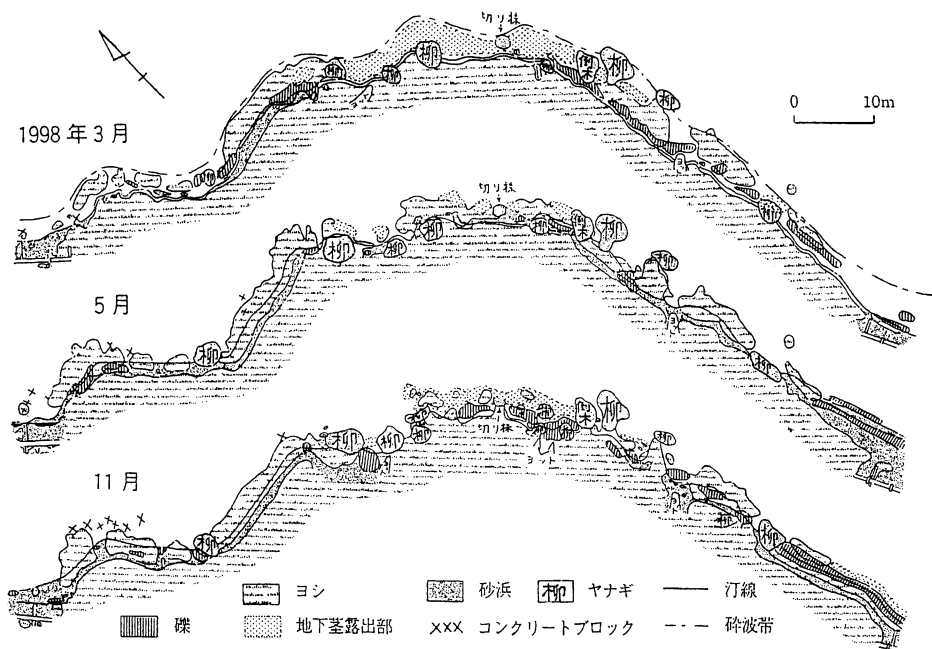


第4図 調査地点における蘆州の平面形状 (1998年8月26日, 2台のトランシットによる前方交会法による)

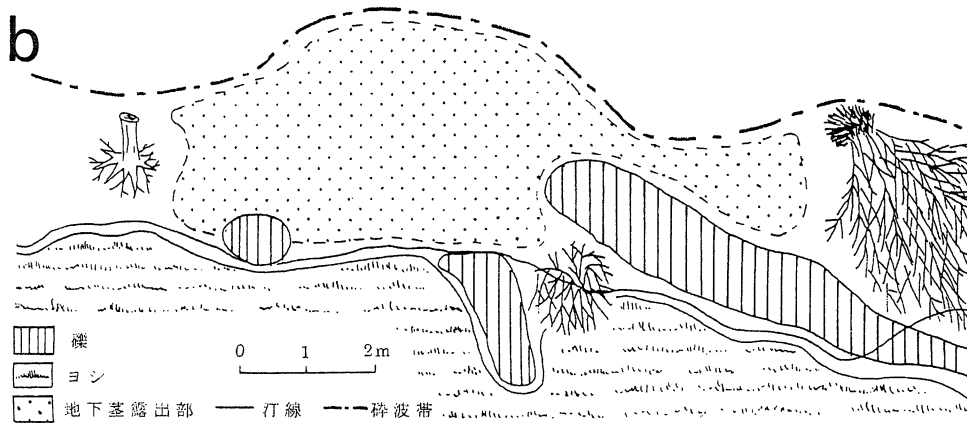
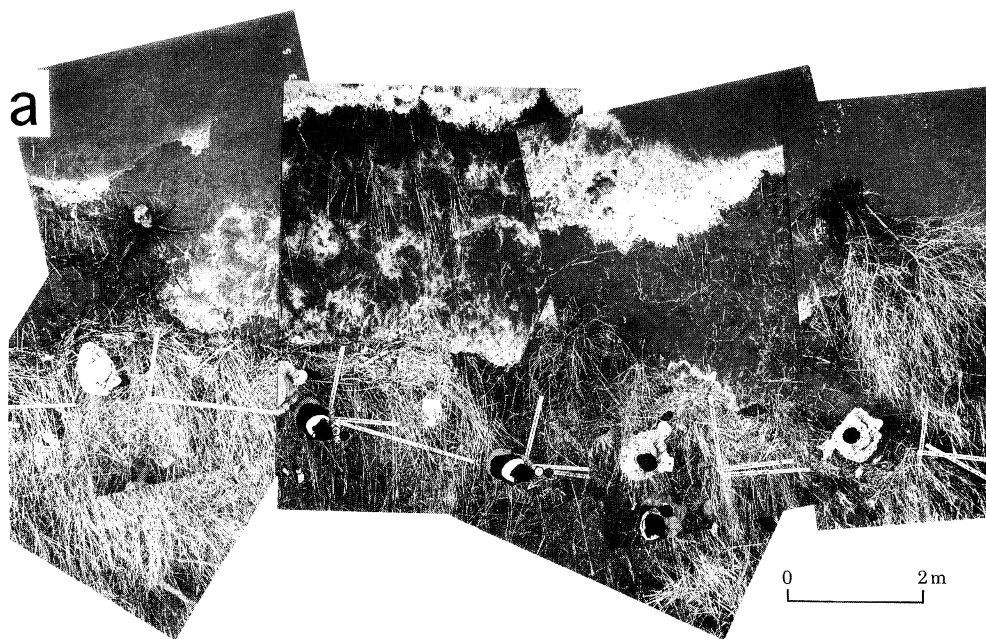
揺れ動いている。汀線よりもやや沖側でヤナギの倒木や切り株が波に打たれているが、これらは汀線が最近に後退したことを示している。このような判読を1998年3月5日, 5月21日, 11月18日撮影の写真について, 現地観察をあわせて行った (第7図)。

(a) 1998年3月

3月のヨシ原には, 枯れたヨシが残っていて, ヨシの新芽はわずかしか見られない。撮影当日は数日來の強い東風が吹き続いており, 3回おこなわれた撮影の中でも最も風が強かった。このため, ちょう



第7図 蘆州の水際部の状況変化



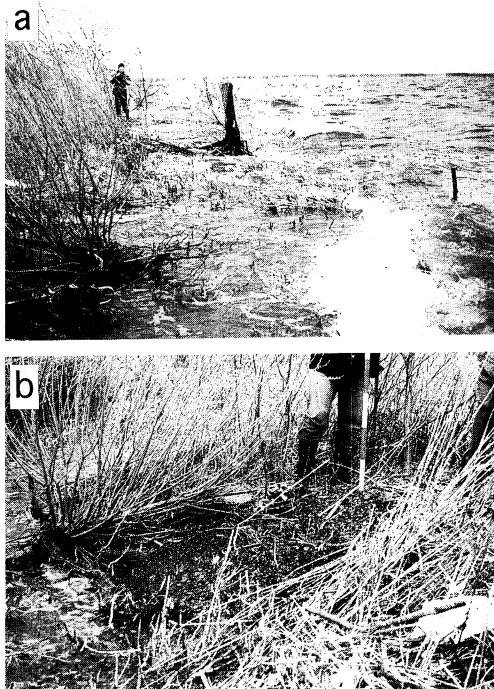
第5図 蘆州の水際部の垂直写真とその判読結果

a. 垂直写真の1例 (1998年3月5日撮影), b. 打ち上げられた礫とヨシの地下茎露出部の分布

どサンゴ礁の前面で碎波するように、蘆州の前面で碎波し (第6 a図)、蘆州の中央部ではヨシの地下茎が露出しているところが広範囲にみられ、径2~4 cmほどの礫が蘆州に集団をなして集中的に打ち上げられて、蘆州とその上のヨシ原を分断している状況が観察された (第6 b図)。

(b) 1998年5月

5月にはヨシの新芽も1mほどに生長して、ヨシ原全体も青々としてくる。撮影前数日間は東風が卓越して吹いていたが、3月の撮影時よりも風は幾分弱かった。3月と比較して、礫の打ち上げが少ない。さらに、水中に露出している地下茎の割合も少なく



第6図 蘆州の水際部の状況（1998年3月5日撮影）a. 高い波は蘆州の前面で碎波する，b. 打ち上げられる礫によって壊される蘆州

なっている。地下茎の露出が目立たなくなった。

(c) 1998年11月

11月に入るとヨシは次第に枯れ始め、ヨシ原から青々しさが失われた。蘆州への礫の打ち上げ・堆積が3月および5月と比較して顕著である。特にヨシ原中央部から東部にかけて礫が集中して打ち上げられており、そこでは水際が礫で埋めつくされている。中央部では5月にはヨシが密生したが、9月上旬にそのほとんどが折られてしまって、11月には再び地下茎が水中に露出するようになった。ヨシの大群落から離れた場所にパッチ状に生育していたヨシの小群落が、9月中旬から10月上旬の間に地下茎ごと剥ぎ取られて失われた。

以上の3回の垂直写真撮影によって、調査地の蘆州の汀線沿いに礫が打ち上げられていること、しかもそれらは汀線沿いに散在しているのではなく、集団をなして集中的に打ち上げられて、蘆州とその上のヨシ原を分断している状況が観察された。

3. 蘆州の構造

波によって打ち上げられた砂礫がつくる高まり（バーム）の存在に注目しつつ、調査地の蘆州の横断形を9つの測線についてオートレベルで測量すると共に、検土杖と径3cmの透明アクリルパイプおよびハンドオーガーを用いて蘆州の構造を調べた（第8図）。

(a) ヨシ原のない湖岸

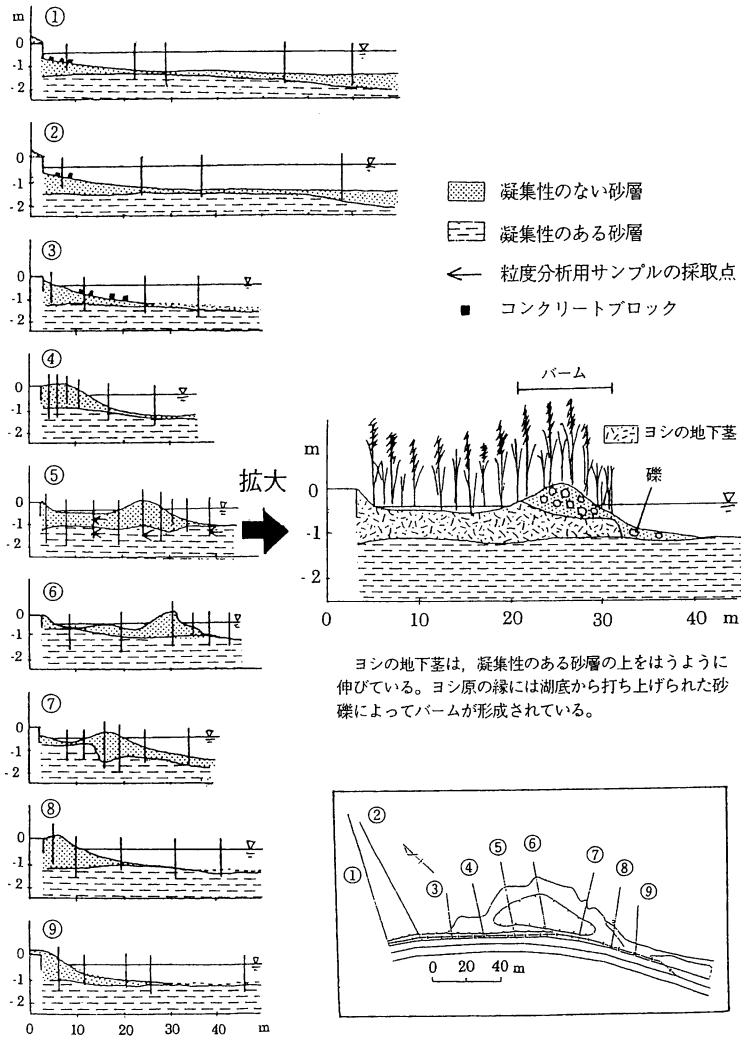
ヨシ原がない①、②の測線に沿った断面では、湖岸から20m沖にかけて次第に水深を増して、それより沖では傾斜はほとんどなくなる。表層部の底質は礫を含んだ凝集性のない厚さ1m以下の砂であるが、その直下にはシルト・粘土の混じった凝集性のある砂の層がある。なお、湖岸近くには、昔の護岸に使用され放棄されたと思われる40~50cm大のコンクリートブロックが散在している。

(b) 蘆州の中央部

蘆州の幅が大きい⑤、⑥、⑦の測線に沿った断面では、蘆州に砂礫が打ち上げられて顕著なバームが形成されている。粒径2~3cmの礫を主とする砂礫層の厚さは50cmにも達している。このような大きな礫は蘆州内部では見られない。すなわち、粒径の大きな礫は蘆州の構成物質として元からあるのではなく、ヨシ原の縮小過程で、バームに打ち上げられたことによってヨシ原にもたらされたものである。

なお、バームを構成している砂礫層の下位あるいは湖岸寄りの蘆州は上述したヨシ原の分布しない湖岸の表層と同様に凝集性のない厚さ1m以下の砂層からなり、その下位に、同様にシルト・粘土混じりの凝集性のある砂層がある。凝集性のない砂層は沖へ向かうにつれて急激に薄くなって、下位の凝集性のあるシルト・粘土混じりの砂層が湖底に露出するようになる。

⑤の測線上で得られた底質試料（サンプル採取地点は⑤の断面に示す）を篩いを用いて粒度分析した結果、蘆州を構成している砂層は、細粒の礫を19%、シルト・粘土を12%含むことがわかった。その下位のシルト・粘土混じりの砂層は蘆州の中央部の地点で礫2%、砂59%、シルト・粘土39%、バームの真下で礫8%、砂56%、シルト・粘土36%、また、湖



第8図 蘆州の地形断面と構成物質

底では砂38%、シルト・粘土62%で、礫は含まれなかった。

(c) 蘆州の縁辺部

蘆州の幅の大きな中央部とヨシ原のない湖岸との中間部には、中央部のように顕著なバームは形成されていないものの、同様に砂礫が打ち上げられて低いバームが形成されている(断面線③, ④, ⑧, ⑩)。④の測線ではバームを構成する砂礫層は厚さ約20cmであった。

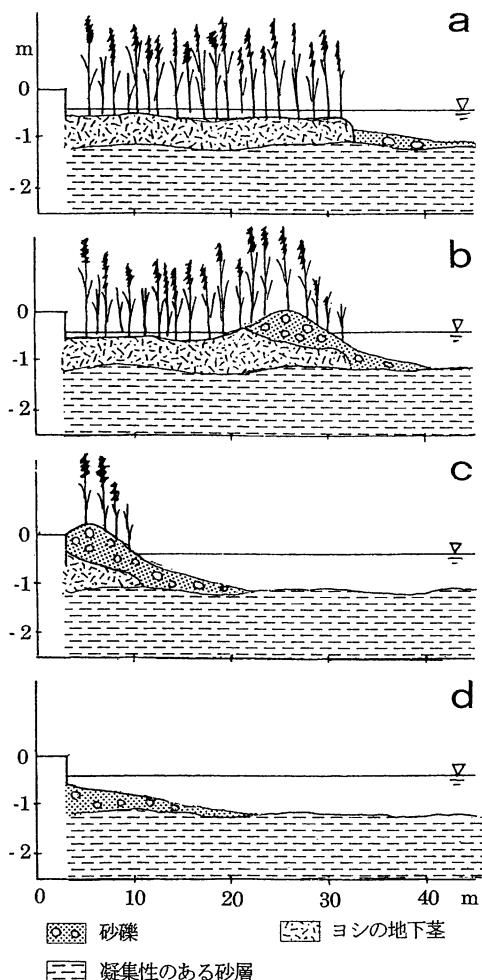
なお、蘆州構成物質下位の凝集性のある砂層は湖底に平面的な広がりをもって分布していることから、この層は湖棚を構成している未固結な基盤であると考えられる。

IV ヨシ原の縮小・破壊過程に関する考察

1. ヨシ原が縮小しつつあることを示すバーム

調査地のヨシ原の沿岸部に砂礫が打ち上げられてバームが発達しているが、その湖岸寄りにはバーム

によって囲まれた凹地が存在することから、このバームはヨシ原の拡大期には形成されず、縮小過程において形成されたと考えられる。第9図はバームの形成を伴うヨシ原の拡大期とその後の縮小期の模式図である。



第9図 砂礫の打ち上げを伴う蘆州の破壊過程の模式図 (a から d へ進む)

- a : ヨシ原の拡大期 : ヨシの地下茎が水面下をはうように伸び、上面が平坦な蘆州が発達する。これは一般的な蘆州の状態である。
- b : ヨシ原の縮小開始期 : ヨシ原の周縁部には砂礫が打ち上げられてバームが発達する。その結果、

ヨシ原の湖岸寄りに浅い池沼が生じる。

- c : ヨシ原の縮小末期 : バームが湖岸寄りへ前進して、湖岸寄りの浅い池沼はなくなる。
- d : ヨシ原の消滅後 : 凝集性のある基盤の砂層の上に砂礫が堆積した湖岸となる。

2. 打ち上げられる礫によって破壊される蘆州

蘆州への砂礫の打ち上げを第9図の断面図では二次元的に表現したが、実際には第6b図や第7図に見られるように、パッチ状に集中して打ち上げており、その部分のヨシは砂礫によって破壊され、また蘆州は窪んでいる。窪んだ所に砂礫が堆積したというのではなく、砂礫が打ち上げられることによって、蘆州が機械的に破壊され、分断されている過程にあるものであって、これが進行すると第7図中に見られるような分離した蘆州となり、ついには流亡するものと考えられる。

強い波によってヨシ原が流されることは一般に指摘されてきたことであるが、波を武装させる砂礫の存在が蘆州の破壊にとっては重要であるというのが本研究で主張したい新しい見方である。

3. 湖水位の上昇の影響

霞ヶ浦の湖水位は降水量を反映して、12月～5月に低く、9月～10月が最も高くなるという季節変化をする(茨城大学農学部編, 1977, pp. 5-6)が、その水位の変動幅はII章2節で述べたような霞ヶ浦の環境変化に伴って時代と共に変化してきた。すなわち、常陸川や北利根川の拡幅がまだなされていなかった1950年以前には、湖水位は通常はY.P.+0.8m～+1.6mで、豪雨時には2m以上になることがしばしばあり、1938年には3m以上に達した。その後、常陸川と北利根川の拡幅によって霞ヶ浦からの排水能力が高められた結果、湖水位はY.P.+0.6m～+1.4mにやや低下した。

しかし、常陸川水門が常時閉鎖された1974年以降、湖水位の変動幅は極端に減少し、洪水や渇水期を除くと、平常時はY.P.+0.9m～+1.3mの間の40cm程度の水位変動しか生じないようになるとともに、湖水位がそれまでになく高い位置に人為的に維持され

るようになった(建設省霞ヶ浦工事事務所パンフレット「KASUMIGAURA 1995」)。

霞ヶ浦湖岸のヨシ原を縮小させる原因の一つが湖水位の上昇であるという考えはかなり一般的である。湖水位が上昇すれば、湖岸の植物の生育環境が変わることはいうまでもない。また、たとえ同じ風が吹いても、湖岸に達する波の強さが増すことは重要である。とくに、以前と比較して春に湖水位が低下しなくなったことによって、春先の強い風による蘆州の破壊作用はきわめて高くなったと考えられる。以前にはヨシが発芽する春には湖水位は低下していたから、波による破壊作用は蘆州に及ばなかったと考えられるからである。

4. 湖棚での砂利採取の影響

霞ヶ浦に堆積するヘドロを除去する表層の底泥採取が建設省によって、1970年代後半以降、とくに1990年代に入ってから盛んに行われているが、こればかりではなく、湖岸近くの湖棚上で、湖棚をつくっている砂礫が採取されている。砂利採取は許可制で、地区の漁業組合が承諾すれば、地元の役場は同意し、建設省は許可するのが現状で、将来を考えて同意しない町村があるものの、湖内のあちらこちらで盛んに行われている。これらの砂礫の大部分は湖岸の台地が主として波によって侵食された数千年前に湖岸近くに溜まったものであり、一度掘られれば、永久に失われてしまうものである。

水深1~2mの浅い湖棚は、岸に打ち寄せる波を弱め、湖岸の生きものにやさしい環境をつくりだす働きをしていたはずである。その湖棚が水深10mを越える深さにまで局所的にもせよ掘られている。地元では砂利取り後に湖岸へ砂礫が打ち寄せるようになったという声が聞かれる。砂利取りによる湖棚の水深増加は、湖水位の上昇とともに、湖岸に及ぶ波を強めて蘆州を消滅させる原因となっていると考えられる。

V おわりに

近年ヨシ原の消滅が著しい霞ヶ浦の一地点で、ヨシ原とそれが立地している蘆州の状態を現地調査し

た。その結果、縮小・後退しつつある蘆州には調査地点に限らず、湖底の砂礫が打ち上げられてバームと呼ばれる高まりが生じていることが明らかになった。詳しく見ると、砂礫が盛んに打ち上げられているところほど蘆州の破壊が激しいことから、波によって打ち上げられる砂礫が機械的に蘆州を破壊して、ヨシ原を消滅させつつあると考えた。

近年とくに蘆州への砂礫の打ち上げが激しくなった原因としては、従来から指摘されているように、湖岸堤の建設、常陸川水門の締切り、湖岸近くの湖棚での砂利採掘などによって湖水位が上昇すると共に湖岸に作用する波浪が強まったためであろう。

なお、サンゴ礁はそれがいったん成立すると石礫による破壊作用を受けにくくなることが指摘されている(板倉ほか, 1999)。マングローブも林をなして土砂の堆積を促進し、泥炭を蓄積するなどして土地を作り上げる(宮城, 1998)。これらの地形には、いずれも生物の働きに支配された地形(生物制約地形、バイオ・コントロール地形、biologically-controlled landforms)としての共通した性質が認められる。すなわち、できている地形の上に生物が単に棲息するというのではなく、生物の働きによって地形が形成され、また保全され、結果的に生物にとっての生活場所が確保されるというフィードバックが働いている。

蘆州もサンゴ礁と同様な形状をしていることから、蘆州がいったん成立すると砂礫が波によって打ち上げられにくくなって、波によって破壊されにくくなる可能性が高い。蘆州がこのような生物制約地形としての性質を持つかどうかの検討は今後の課題である。

謝辞

本研究は小沼による筑波大学第一学群自然学類の平成10年度卒業論文を加筆・修正したものである。本研究を進めるにあたり、筑波大学の地形分野の先生方から多くのご指導・助言を頂いた。フィールド調査には、地球科学研究科の斎藤健一、環境科学研究科の板倉雅子、池田雄二、自然学類の北浦光章、高木 優、吉田美佳の皆さんにお手伝い頂いた。お

世話になった皆様に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 板倉雅子・池田 宏・松本栄次 (1999) : 奄美大島東海岸におけるサンゴ礁発達の阻害要因. 筑波大学水理実験センター報告, 24, 23-37.
- 井内美郎・斎藤文紀 (1993) : 霞ヶ浦. アーバンクボタ, 32, 56-63.
- 茨城大学農学部霞ヶ浦研究協会編 (1977) : 「霞ヶ浦」. 三共科学選書 7, 203p.
- 宇多高明 (1998) : 風波による湖内の漂砂と湖岸植生の繁茂限界波高. 日本地形学連合編「地形工学セミナー 2 水辺環境の保全と地形学」. 古今書院, 112-147.
- 吉良竜夫 (1991) : ヨシの生態おぼえがき. 滋賀県琵琶湖研究所所報, 29-37.
- 平井幸弘 (1993) : 海跡湖の湖岸低地および沿岸帯における環境変化. 地質学論集, 39, 117-128.
- 平井幸弘 (1995) : 「湖の環境学」. 古今書院, 186p.
- 宮城豊彦 (1998) : 熱帯潮間帯, マングローブ域における地形・植生の相互作用. 日本地形学連合編「地形工学セミナー 2 水辺環境の保全と地形学」. 古今書院, 148-183.
- 森田吉晃・三浦祐二 (1997) : 湖沼周辺底質土のアシ生育条件について—手賀沼および印旛沼を例として—. 第11回環境情報科学論文集, 231-236.