

湖岸植物の繁茂限界波高の算定—琵琶湖東岸を例として—

西 嶋 照 毅*・宇 多 高 明**・中 辻 崇 浩***

1. ま え が き

近年、環境保全が重要視される機運にあるが、琵琶湖もこの例外ではなく、水質保全や湖岸の自然環境を大切にすべきとの声が高まっている。そして、湖岸に繁茂するヨシなどの水生植物を守るためのヨシ保護条例が制定されるとともに、失われたヨシ群落などの復元も一部行われるようになった。筆者ら(1994)も、このような流れと調和して湖岸保全を進める方法として、植生を利用した湖岸保全法について検討している。ところで、このようなヨシなどの湖岸植生の復元には、植生が安定して繁茂しうる条件について十分な知識を必要とする。湖岸植生の繁茂を支配する条件としては、まず水生か陸生かを区分する上で絶対的な指標は水深である。しかし、同じ水深でも波浪の作用を受けるかどうかとも重要である。なぜなら、来襲波浪のエネルギーレベルが高ければ、湖岸付近の底質は砂礫となり、しかもそこでは活発な土砂移動が生じるから、植生の繁茂に適さないと考えられるし、逆に作用波高が低ければシルト・粘土質の底質成分が卓越するから、植生の繁茂にとって都合が良いからである。このように、波浪条件は植生の繁茂条件を規定する重要な条件になると考えられるが、その閾値を明らかにした研究は見あたらない。このことから本研究ではこの点について琵琶湖での植生群落の現地実測に基づいて検討する。

2. 琵琶湖東岸の概況

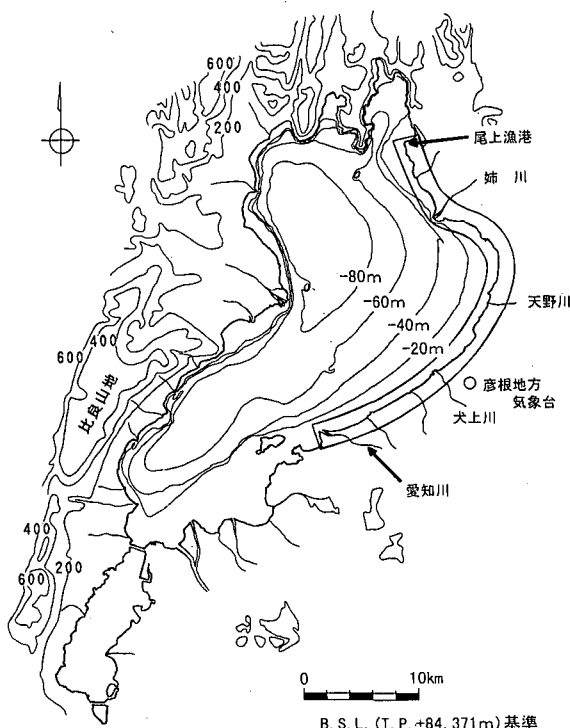
植生の繁茂と入射波浪との関係は、図-1に示すように琵琶湖東岸の愛知川河口から、琵琶湖の北端近傍に位置する尾上漁港までの延長約40 kmの範囲で調査した。この区域は、北部に流入する姉川河口を境に湖岸線の方が大きく変化し、姉川河口から南では全体に大きく湾入した形状となっている。また、湖底形状は、北部の姉川河口では非常に急勾配であり、-20 mの等深線が河口の目前にまで迫っている。しかし、姉川河口より南側の

区域では-60 mまでの等深線が湖岸線とほぼ平行に伸び、緩やかな勾配の湖底面となっている。

琵琶湖東岸に位置する彦根気象台での1973~1995年の気象観測データをもとに、風配図を描いたのが図-2である。図には観測された全風速だけではなく、10 m/s以上の強風についても風配図を描いている。これによると、彦根周辺ではNW方向の風が著しい発達を示す。またSSEとSEも頻度が高いが、これらの風向は琵琶湖東岸に対しては陸風となる。一方、強風はNWに非常に集中している。この風は冬季の季節風によるものである。

3. 湖岸植生帯幅の測定と波浪の推算

湖岸の植生帯幅は、1994年撮影の垂直空中写真を利用して読みとった。図-3に示すように、琵琶湖東岸の愛知



B. S. L. (T. P. +84. 371 m) 基準

図-1 琵琶湖東岸における調査区域

* 正会員 工修 滋賀県木之本土木事務所
 ** 正会員 工博 建設省土木研究所
 *** 正会員 株式会社 建設技術研究所

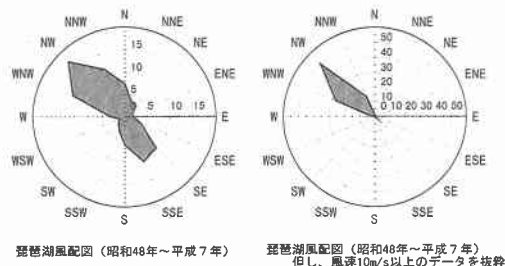


図-2 彦根地方気象台における風配図
(1973年～1995年の観測値)

川河口（新海浜）から北端の尾上漁港まで 100 m 間隔に測点を設け、その測点ごとに湖岸から植生帯の沖端までの距離を読み取った。植生の繁茂は、次節で述べるように、姉川河口付近より北側で著しい。一例として図-4 には広い植生帯が見られる尾上漁港の南約 2 km 地点付近 (No. 350～No. 375) の例を示す。この区域では湖岸線に沿って最大幅約 150 m で植生帯が広がり、その形はかなり複雑である。写真-1 には図-4 に矢印で示す大きな植生帯の突出部の空中写真を示す。ヨシ帯が湖内に大きく突き出ていることが明らかである。図-4 にはこの区域で実際に植生帯幅を読み取った測線の位置を示すが、100 m 間隔の測線によれば平均的な植生帯幅の測定が可能であるものの、一方でかなりの変動を含むことも確かである。そこで、全調査区域について同様な方法によって植生帯幅の測定を行ったのち、5 測点での移動平均を行い、平均的な傾向を把握した。

波浪推算には、彦根気象台における 1973～1995 年の風向風速データを用い、3 時間おきの観測値を用いた。図-3 に示す湖岸線に沿う 385 測点のうち、0.5 km 間隔に並んだ、測点番号が 5 の倍数となる測点で計算を行うこととし、各地点ごとに吹送距離を読み取った。吹送距離と風速値から SMB 法により波浪の推算を行ったが、植生の繁茂条件を支配する波は比較的高波浪と考えられることから、有義波高と同様な考え方にもとづいて、各方向別に波高を大きい順に並べ、大きいものから 1/3 番目までの平均値を求めた。さらに、各方向別の出現回数を重みとして平均有義波高を算出した。また、エネルギーフラックスの計算では、波浪推算データに加えて湖岸線の法線方向角を読みとり、各地点ごとに沖波のエネルギーフラックスを計算した。

4. 植生帯幅と波高エネルギーフラックスの関係

図-5 には、植生帯幅と推算波高の沿岸分布を示す。植生は No. 250 以北に集中して現れている。No. 260～No.

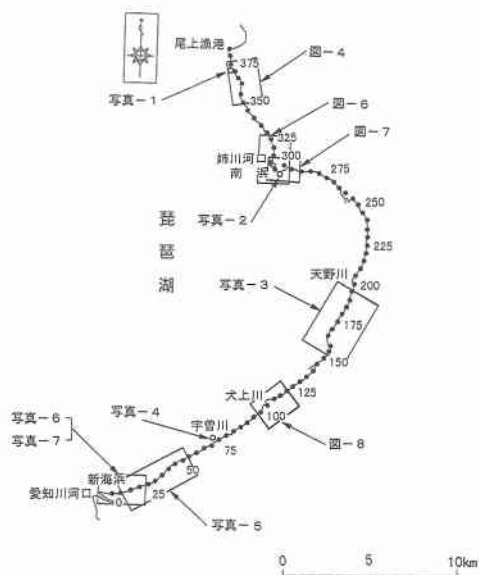


図-3 調査区域の詳細と測点配置



図-4 調査区域北端部近傍における湖岸植生状況
(No. 355～No. 360 付近)



写真-1 海老江船溜まり周辺の植生繁茂状況
(1996年12月20日撮影)

280 にはもともと植生帯があったが、そこでは現在湖岸道路の建設のために植生帯が消失した。図-1, 2, 3 を参照すれば、姉川河口以北では吹送距離が短いため、冬季の NW を中心とする風浪の作用を受けにくいこと、また

No. 250～姉川河口では姉川河口部が大きく突出して波を遮蔽するために同じく波浪の作用を受けにくい地域であることが考えられる。図-5に示す平均波高にはこの特徴が明瞭に現れており、平均波高がほぼ25 cmを限界値としてそれより波高が低いことが植生帯の形成される限界となっている。また、波高が高いほど植生帯幅が狭くなる傾向がある。一方、調査区域の南端の愛知川河口から2.5 km付近にも小規模な植生帯が残されておりNo. 35～No. 250では連続的植生帯は見られないことと大きく相違する。

図-5には沿岸方向エネルギーフラックスの分布を示している。これによると、No. 250以南で植生帯の発達が見られない区域は、エネルギーフラックスが非常に卓越した区域であって、そこでは沿岸漂砂移動が大きい。このことは湖岸付近での植生の繁茂を規制する一つの条件になっていると考えられる。

5. 植生繁茂・地形から見て特徴的な区域の分析

図-5に示したエネルギーフラックスは沿岸方向に大きく変化している。そこで代表的な地域を選んで湖岸状況を詳しく調べてみる。エネルギーフラックスの方向は、大部分の地域では南下する沿岸漂砂を生じさせる向きなので、番号順ではなく、北側の区域から順に記述する。

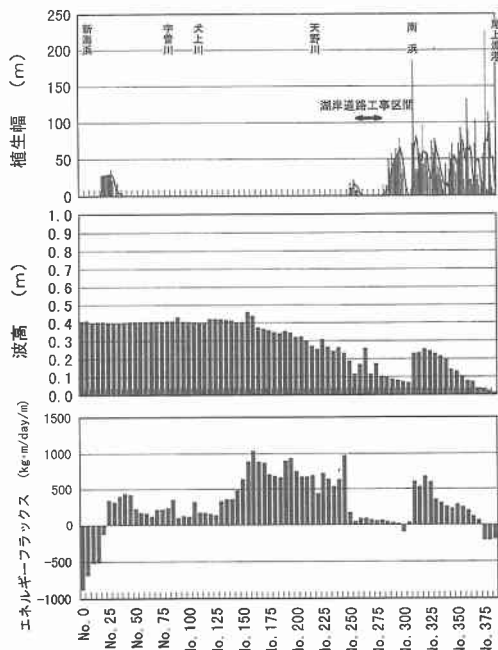


図-5 植生帯幅と換算波高および沿岸方向エネルギーフラックスの関係

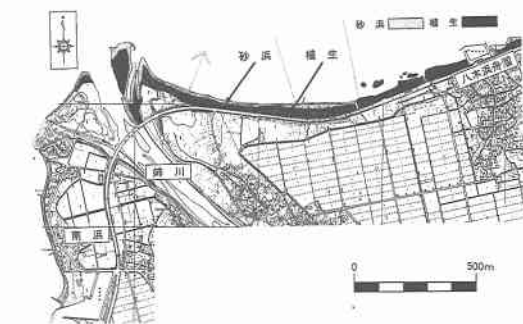


図-6 姉川河口部と南浜の地形

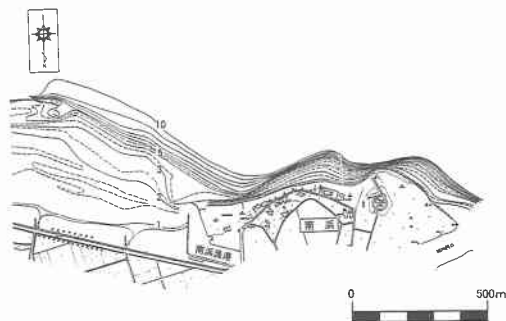


図-7 姉川河口と南浜沖の湖底形状

まず、図-5によれば尾上漁港 (No. 385) から姉川河口 (No. 315) では、南向きのエネルギーフラックスが次第に増加したあと、姉川河口～南浜区間で急激に減少する。このようなエネルギーフラックスの沿岸分布によれば、全体として河口へと沿岸漂砂が向き、河口部で沿岸漂砂が急激に減少するはずである。図-5に示すエネルギーフラックスは沖波に対するものであるから、浅海域での屈折も考慮する必要はあるが、全体的傾向は大きく変化しないはずである。このことは、姉川河口部では流出土砂が北向きに広がりやすく、河口部に次々と堆積し易い環境にあると推定される。

図-6, 7には姉川河口周辺部の地形図と深浅図を示す。図-6によると、姉川河口部の汀線は南北で著しい非対称性を示す。河口の北側では湖岸線が凹状であって、大きく突出した河口部から北側にも砂浜が広がるが、それも河口から1 kmで途切れ、八木浜舟溜の北側には砂浜であるのに対し、南側は植生で覆われている。また、姉川河口の南側では汀線が大きく突出している。また河口南側に伸びる南浜では、写真-2にも示すように護岸や突堤などを境に汀線がフック状になっている。このような河口部地形特性は、この地点でのエネルギーフラックスが南向きに卓越していることをよく説明している。



写真-2 南浜における階段状の汀線



写真-3 彦根周辺におけるフック状の湖岸線

また、図-7 に示す南浜沖の海底地形では、姉川河口部では少なくとも-15 m まで非常に急勾配で落ち込んでいることが明らかである。しかし、河口から離れると勾配が緩くなる。以上の点は、姉川河口からの流出土砂は河口から南北両方向に移動しにくく、河口部を突出させつつ堆積してきたことを意味する。

図-5 の No. 150 から No. 245 付近まではエネルギーフラックスが著しい卓越を示す。そこで、この範囲でエネルギーフラックスの卓越した No. 165~No. 195 の範囲の湖岸線状況を空中写真により調べたのが写真-3 である。この区域では北側から順に、入江川樋門と磯漁港を境に湖岸線が階段状に並んでおり、さらに磯漁港の南側約 0.7 km にある彦根市の埋立地では、写真に破線で示す旧湖岸線が大きくフック状になっている。すなわち、この区域には北側から 3 段のフック状の湾入部が存在している。このような湖岸線の発達、南向きの沿岸漂砂の卓越とよい対応を示す。

また、No. 105 付近に位置する犬上川河口部の地形図を図-8 に示す。

この地区では、図-5 によると、弱い南向きのエネルギーフラックスが卓越している。図-8 には、砂浜域を示しているが、河口の両側に砂浜が広がっている。犬上川では近年河川改修が進み河口部の掘削が行われたが、それ以前には河川流出土砂が多く、河口部が湖内に大きく

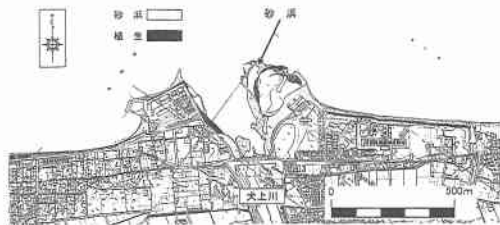


図-8 犬上川河口部の地形



写真-4 No. 50 付近での排水路周辺の湖浜状況

突出していた。このように突出した河口部の汀線形状は南北非対称であって、河口北側の汀線のほうが南側の汀線より沖に位置する。以上の点は、この区域では全体として南向きの沿岸漂砂が卓越しており、犬上川の河口デルタが大きく突出するために、河口の北側では南向きの沿岸漂砂が阻止されて土砂が堆積し、南側では相対的に汀線が後退していると考えられる。そして、犬上川河口デルタは大きく湖に突出するために、その突出部の北側汀線では局所的に北向きの沿岸漂砂が卓越していると考えられる。写真-4 には、犬上川と愛知川河口の中央部に位置する No. 70 付近の湖岸線状況を示す。図-5 によれば、この付近でも西向きのエネルギーフラックスが卓越しているが、写真-4 によれば、中央に伸びた平行導流堤の手前（北）側と前方の汀線が階段状になっている。そして導流堤内にも土砂が堆積している。このことは、この地点においても確かに西向きの沿岸漂砂が卓越していることを示す。

図-5 によると、愛知川河口の東約 2 km に位置する No. 25 付近では作用波高は周辺区域と変化がないにもかかわらず、局所的に狭い植生帯が見られ、その特性が北部地域と異なる。この原因はエネルギーフラックスの方向の変化に求められる。図-5 を参照すると、この付近ではエネルギーフラックスの方向が逆転する位置にある。すなわち、ここより西側では愛知川からの流出土砂が東向きに流れ、ここより東側では琵琶湖東岸において



写真-5 No. 25 付近の植生帯の空中写真

卓越する南～西向きのエネルギーフラックスが卓越することから、沿岸漂砂の会合点が存在することを意味する。

写真-5 はこの付近の No. 5～No. 45 の湖岸線状況を示す空中写真である。写真の右端には柳川漁港の防波堤があるがそこより東側には前浜が広がっている。しかし、この漁港防波堤で西向きの沿岸漂砂が阻止されているために、この漁港の西側には植生帯が広がる。一方、写真中央部やや左側には突堤があり、そこより西側には新海浜に続く砂浜があって、砂浜背後は柳などの植生に覆われている。しかし、この突堤があるため、愛知川からの流出土砂のうち汀線に沿って運ばれる粗粒分は東側に移動できない。以上の結果、中央部には砂浜は形成されず、両側から運ばれた浮遊性の物質のみが堆積する空間になっていると考えられる。このことから、北部地域と比較すると狭いながら植生帯が観察されたと考えられる。

最後に、写真-6, 7 には、愛知川河口と新海浜の空中写真を示す。この付近では図-5 によればそのほか大部分の地域と逆方向のエネルギーフラックスが卓越していたが、写真に示すように、河口から離れる方向に沿岸漂砂が卓越していることが、突堤の手前側の汀線が後退していることから見てとれる。

結局、図-5 に示したエネルギーフラックスの分布は、湖浜地形の特徴をよく説明することが明らかである。

6. 結 論

本研究の主要な結果は次のようである。

① 琵琶湖湖岸の植生帯の有無は、有義波的意味から定めた平均波高 25 cm を限界値として区分され、平均波高が低いほど植生の繁茂が盛んである。

写真-6 愛知川河口と新海浜の斜め写真
(1996年12月20日撮影)

写真-7 新海浜の突堤上手側の湖浜状況

② 平均波高が 25 cm 以上と高くても、沿岸漂砂が会合するような場所で、かつ細粒の底質が集積し易い所では植生帯が見られる。

③ 平均波高が 25 cm 以上と高く、かつ沿岸漂砂の卓越する湖岸では一般に湖岸は砂浜で形成され、しかも沿岸漂砂が卓越するために、導流堤や防波堤などの施設を境に、階段状、あるいはフック状の湖岸線が形成される。

参 考 文 献

宇多高明・吉田隆昌・西島照毅・富士川洋一 (1994): 植生を利用した湖浜保全に関する一考察—琵琶湖を例として—海岸工学論文集, 第 41 巻, pp. 1111-1115.