琵琶湖に流入する日野川河口域の地形変化とその要因

BEACH CHANGES AROUND MOUTH OF HINO RIVER FLOWING INTO LAKE BIWA AND THEIR CAUSES

播磨光一[1]・杉村重憲[1]・宇多高明[2]・中辻崇浩[3]
Koichi HARIMA, Shigenori SUGIMURA, Takaaki UDA and Takahiro NAKATSUJI

[1]独立行政法人水資源機構琵琶湖開発総合管理所（〒520-0243 滋賀県大津市堅田2丁目1-10）
[2]正会員 工博 (財)土木研究センター理事なぎさ総合研究室長（〒110-0016 東京都台東区台東1-6-4）
[3]正会員 (株)建設技術研究所大阪本社（〒540-0008 大阪府大阪市中央区大手前1-2-15）

Beach changes around the mouth of the Hino River flowing into Lake Biwa were investigated through the comparison of aerial photographs. In the past, a large river mouth delta developed at the mouth of the Hino River, but in recent years rapid shoreline recession occurred. Two causes of beach erosion were found. The first is the dredging of the river bed including the mouth, resulting in decrease in sediment supply from the river. The second is the water level control, in which water level of the lake is raised in winter to obtain water resource and this accelerated erosion by the combined effect of strong wind in winter.

Key Words : *Lake Biwa, river mouth delta, beach erosion, shoreline recession, water level*

1．はじめに

琵琶湖では，近年湖岸侵食が顕著となったために様々な対策が取られてきた．琵琶湖の湖岸侵食は1992年頃から顕著となり始め，年々対策の必要箇所が増加し，現在20カ所以上で対策が行われている．湖岸侵食の主な原因としては，治水対策などに伴う河川からの供給土砂量の減少や，湖岸域開発に伴う埋め立て，琵琶湖の水位操作など様々な要因が考えられている．こうした状況のもとで豊かな自然を有し，かつ阪神圏の水源として重要な位置を占める琵琶湖の環境を良好に保つことは非常に重要な課題となっている．

琵琶湖への流入河川の河口付け替え工事に伴う旧河口での湖浜侵食については，琵琶湖北湖南端近くに流入する野洲川の例がある[1)]。野洲川では放水路の建設に伴って旧河道が廃川になったことによって流出土砂量が激減した結果湖浜侵食が生じた．本研究では，図-1に示すように，琵琶湖北湖東岸で野洲川の東約5kmに位置する日野川河口域における湖浜侵食について取り上げる．具体的には，1960年代から現在に至る河口域湖岸の変遷を空中写真の比較により調べ，河口域の地形変化とその要因について検討する．

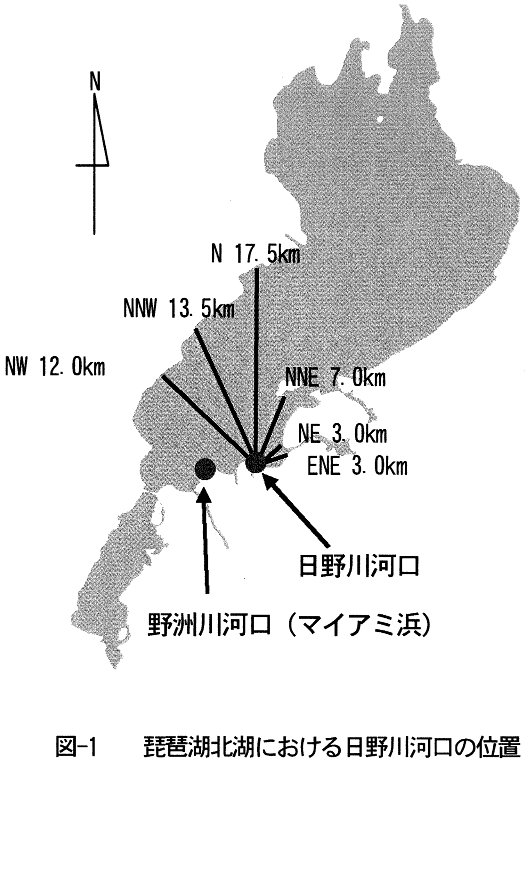

図-1　琵琶湖北湖における日野川河口の位置

2. 日野川河口域の湖底地形

図-1に示したように日野川は琵琶湖北湖東岸に位置し，対岸までの主なフェッチはNの17.5kmからNWの12.0kmまで変化している．図-2は2004年測量の日野川河口部の深浅図である．図の水深の基準はB.S.L.0m(T.P.84.371m)におく．以下，B.S.L.基準で議論する．日野川河口域では，地形的に見て湖浜にいくつかの特徴が見られる．第1に，前浜から-1.0mまでは急勾配で落ち込んだ後，-1m～-2.0mの間に非常に広い平坦面を有している．また，沖合の-2.0m以深では再び湖底勾配が大きくなり，急傾斜で落ち込んでいる．このことから，汀線と一体的な土砂移動の見られる区域はほぼ-1.0m以浅であり，日野川河口域での波による地形変化の限界水深はほぼ-1.0mにあると考えられる．また，その沖の広い平坦面は侵食平坦面であり，過去からの波の作用も全て考慮した場合の地形変化の限界水深は，ほぼ-2.0mにあると考えられる．なお，河口沖にある規模の大きな窪みは湖底掘削の跡である．

3. 日野川河口域の湖岸変遷

図-3(a)～(e)には1961年から2003年まで42年間の日野川河口デルタの変遷を示す．1961年当時，図-3(a)に示すように，河口デルタと周辺の湖岸線との接点として西岸にAを，東岸にBを定めた時，河口デルタの基線長ABは600mとなる．これに対し直線ABを基準として，河口中心線上においてデルタ最突出点までの直角沖向き距離を測定すると200mとなり，縦横比は1:3であった．河口中心線に対して河口デルタ西部の汀線はほぼ直線状に延びていたが，東部の湖岸線の曲率は大きくほぼ半円形であった．波の強い作用を受ける場合汀線は直線的に延び，波の遮蔽域側ではしばしば砂嘴が形成されて汀線は大きく湾曲することを考慮すれば，図-3(a)は，河口中心に対して左側（西寄り）からの風波の作用が卓越していたことを表すと考えられる．また河口では河川流が大きく蛇行し，右岸側ではB付近に河口があった．左岸側にも河川流の流れた跡が残されており外側を細長いバリアーが塞いでいた．

図-3(b)に示す1973年には沿岸方向に大きく突出していた河口デルタの幅が大きく狭まった．図には1973年の汀線形状（破線）と点A,Bの位置を点A',B'で示している．さらに図-3(a)と同様，河口両翼に点A,Bを定めると，AB間の距離は300mと1961年と比較して半減した．逆に河口デルタの突出長は300mと大きく増大した．河口デルタの突出度が著しく高まったのと対照的に，河口両翼へのデルタの突出量は減少している．この結果を見ると，あたかも河口両翼部分が侵食され，その土砂が河口沖に堆積したように見えるが，実際には，河口両翼に張り出した部分は波の作用で侵食され，河口から遠ざかる方向へ砂が運ばれたことが直線状の湖岸線の東西両端部付近で前浜が広がったことから見て取れる．またこの時期の空中写真には，白く見える湖浜とは別に，沖合部に河口から細長く伸びた沿岸砂州の発達も見て取れる．

図-3(c)に示す1984年では，1973年の湖岸線（破線表示）と比較して河口デルタの先端部では汀線が最大40m後退し、逆にデルタの幅が広がった．とくに河口左岸側での堆積が著しい．また河口デルタの基部で樹木の生育が進み，多くの部分が樹林帯で覆われた．河口両側の湖浜の発達状況を調べると，西側の湖浜の発達が良好であり，西端に設置されていた突堤を境界として前浜が大きく広がった．東部では1978年に野村舟溜の防波堤と防砂突堤が建設され，突堤の西側隣接部で前浜が広がり始めた．同様に，西部にあっては佐波江舟溜と防砂突堤が1979年に建設され，この突堤の東側では沿岸漂砂が阻止されて前浜が広がった．

図-3(d)に示す1994年では，治水工事に伴う河道掘削と河口沖掘削が行われ，大きく突出していた河口デルタはその先端部が消失した．これと同時に東西両方向へ向いた沿岸漂砂の流出が続いたために，河口部から両翼に運ばれた砂が防砂突堤によって阻止され，東西両側の湖浜で前浜が広がった．この場合，河口西側の汀線は1984年当時とほぼ平行に前進し，西端の防砂突堤までの間でほぼ平行に汀線が前進している．防砂突堤の東側隣接部で汀線の方向角を測定するとN5°Wとなる．河口の東側区域にあっても東向きの沿岸漂砂によって運ばれた砂が堆積したが，野村舟溜に隣接する防砂突堤ではそこを境に三角形状に前浜が広がりを示した．突堤近傍において

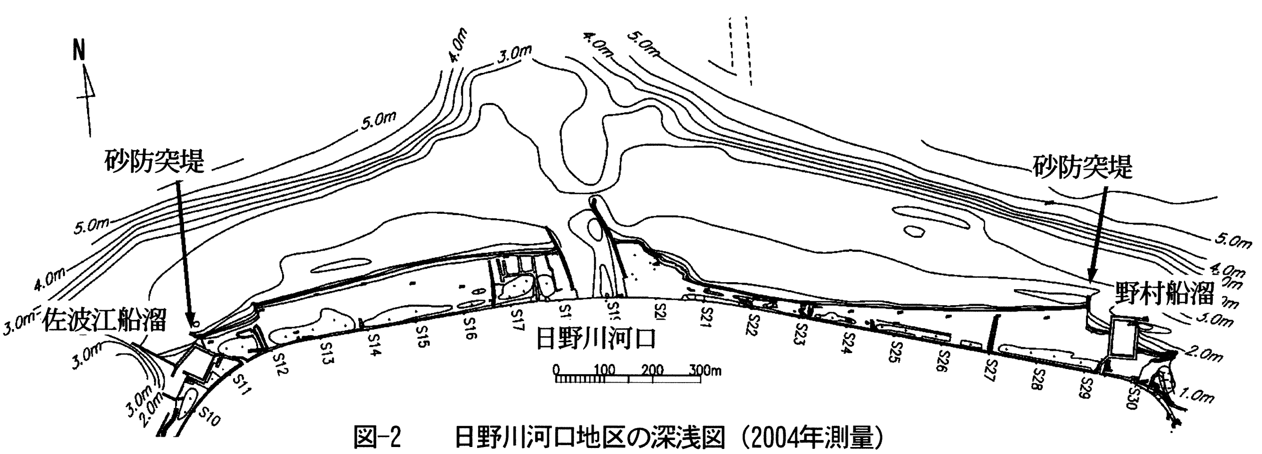

図-2　日野川河口地区の深浅図（2004年測量）

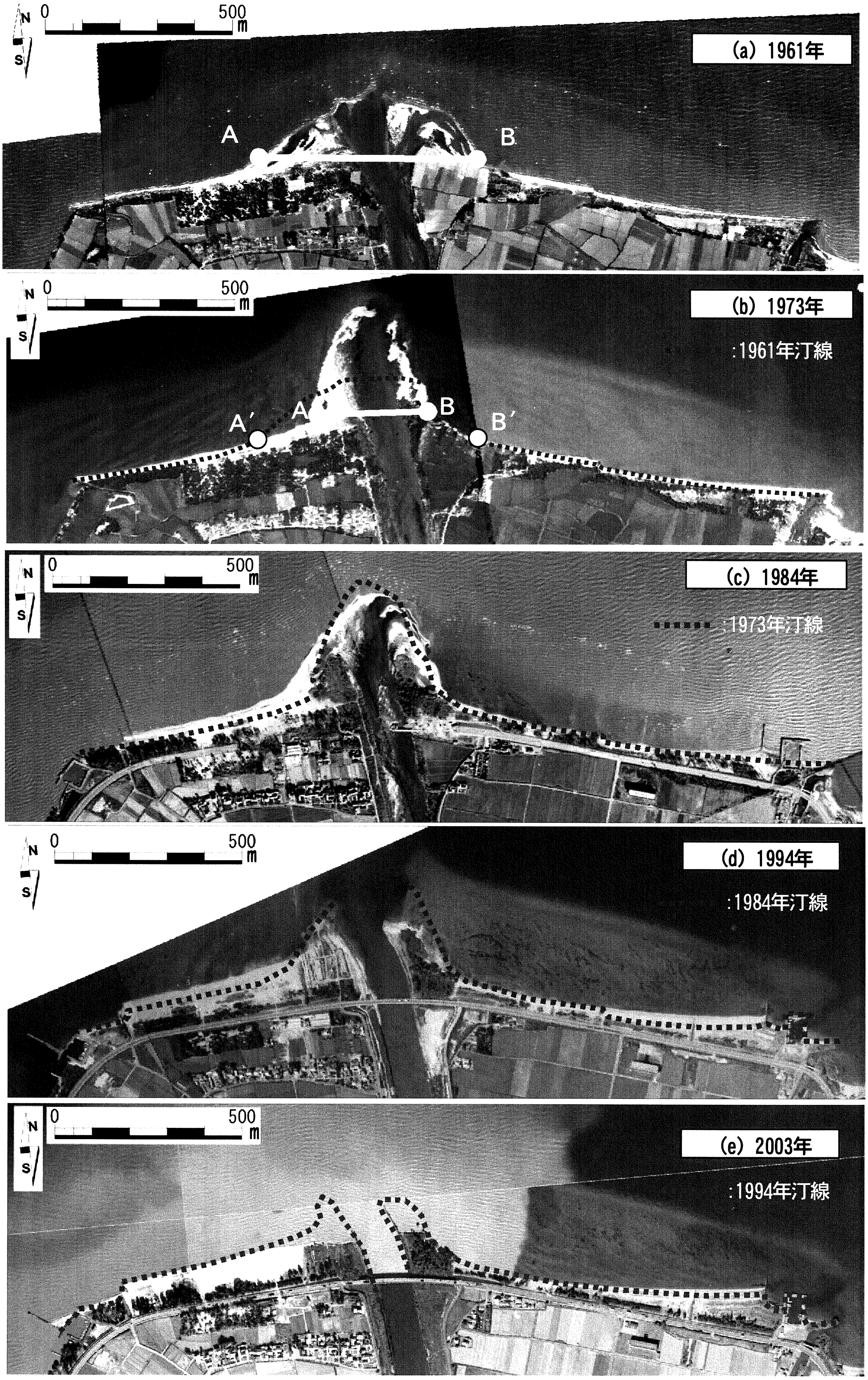

図-3　日野川河口部の空中写真の比較

汀線への法線を立ててその方向を調べるとN1° Eとなり，日野川河口デルタ左右岸でほぼ安定状態にある汀線への方向角には6° の相違がある.

図-3(e)に示す2003年では，1994年以前には湖内へと大きく突出していた河口デルタはほぼ消失した．河口左岸にあっては西端の突堤までほぼ直線状の湖岸線となった．また西端の突堤を沿岸漂砂が越えて流出したために，突堤の西150mにある別の防砂突堤の基部まで砂が堆積した．河口東部でも著しい地形変化が生じ，河口デルタ右岸の樹木群が侵食されて消失した．東端の突堤による沿岸漂砂の阻止はあるが，突堤から河口までの距離が900mと長いためにその効果も河口部汀線を安定化させるには至っていない．この図によれば，河口にはあたかも河口導流堤が設置されているように見えるが，これは日野川の旧低水護岸が侵食によって取り残されたものである．以上のように日野川河口では主として河川改修に伴う河道および河口沖掘削によって流出土砂が激減し，同時に風波による沿岸漂砂によって著しい地形変化が生じた．

4. 日野川河口域の土砂収支

日野川では1990～1995年に河口部河川改修が行われ，また1992，1995，1998，1999年に舟溜の航路浚渫が行われており，浚渫土砂は日野川の漂砂系外へ搬出された．日野川河口域では、河川改修が始まって以降河口流出土砂量が激減し，河口部汀線が大きく後退し始めた．図-4には，河口域の侵食・堆積面積の経時変化を示す．1984年までは河口の左右岸とも土砂量が単調に増加していたが，航路浚渫や河川改修が行われた1984年以降，土砂量が減少傾向に転じた．図-5に示すように，1994年の空中写真では河口部掘削の痕跡が明確に確認できるので，この部分が系外へ搬出されたと仮定し，これを除いた湖岸域の侵食堆積面積を比較すると，右岸側での侵食面積が1. 1x10^{4}m^{2}に対し，堆積面積は1. 11x10^{4}m^{2}であった．同様に，左岸側の侵食面積9. 5x10^{3}m^{2}に対し，堆積面積は1. 1x10^{4}m^{2}とほぼ均衡していた．

侵食堆積面積がほぼ均衡するのは，河口部の掘削痕から考えて日野川からの土砂供給がほとんどない中で，湖岸域にあった砂が沿岸漂砂により移動し，防砂突堤の上手側へと移動したことによる．一方，1994～2003年の土砂収支では，右岸側で8. 6x10^{3}m^{2}，左岸側で1. 19x10^{4}m^{2}侵食面積が大きい．この時期は，航路浚渫も行われておりこのような対策の影響が含まれること，現況施設が飽和状態となり施設の沖側を超えて沿岸漂砂が移動したため，航路浚渫の窪地へ土砂が移動したものと考えられる．

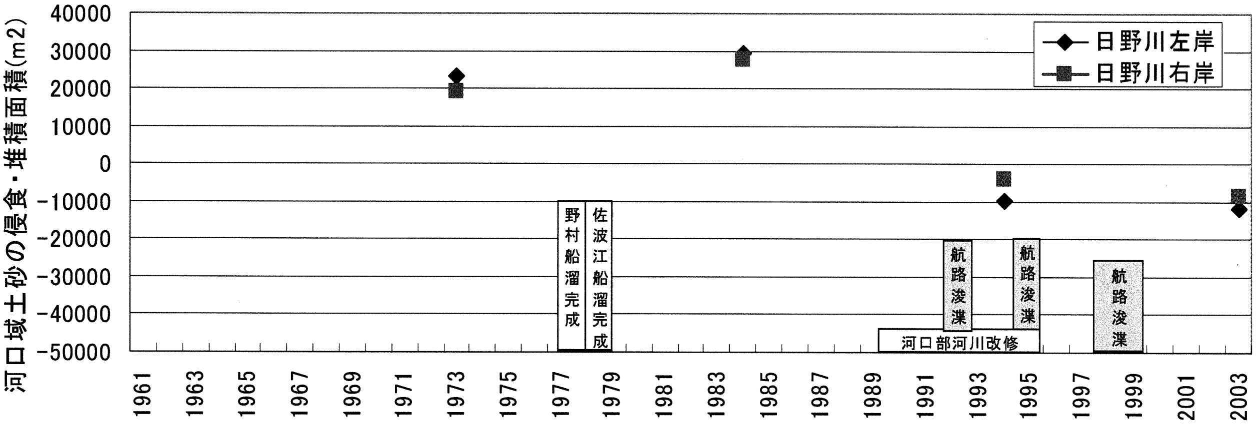

図-4　日野川河口部の侵食・堆積面積の変化

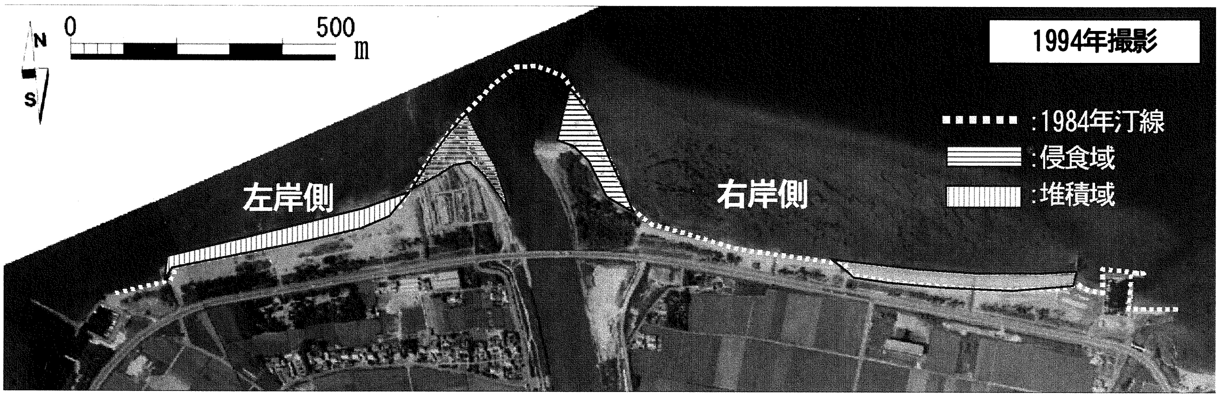

図-5　日野川河口部の侵食・堆積状況

5. 琵琶湖水位と地形変化の関係

琵琶湖水位の上昇は，波の影響範囲を陸側へ広げるだけでなく，水位の上昇に伴う波浪エネルギーの増大などを引き起こす．現在，琵琶湖の水位は，琵琶湖唯一の流出河川である瀬田川の瀬田川洗堰により管理されている．琵琶湖の水位管理は，過去から南郷洗堰，瀬田川洗堰が設置され，琵琶湖の水位や下流への流出の調整が図られてきた．

図-6は，琵琶湖水位の変遷として瀬田川洗堰の設置後，および現行操作実施後における水位の平均年間変化を示す．これによれば1992年の現行操作開始後，それ以前と比較して2月から5月にかけての水位が10cmから20cm程度上昇している．一方，図-7は，彦根地方気象台の10カ年（1991年～2000年）の月別1時間ピッチの風速データを，1m/s・5m/s・10m/s以上の風速に区分したとき発生頻度を示す．これによれば冬季ほど強風の頻度が高く，特に1～3月では年間でも最大となることがわかる．1992年以降の琵琶湖の現行水位操作においては，このように風の強い時期に水位が上昇していることから，高波浪および高水位の同時生起確率が高まっている．

図-8は，日野川の河口域における1994年の空中写真に，1984年および1991年の汀線を示したものである．これによれば1984～1991年の7年間では，両岸の漂砂防止堤付近の土砂堆積はさほど大きいものではないが，1991～1994年の3年間でこの部分の土砂堆積が急激に進んでいる．これは，この時期に急速に沿岸漂砂が卓越し，大きな土砂移動があったことを示している．なお，琵琶湖の湖岸侵食が顕著となった時期も1992年以降である．この時期の琵琶湖における物理的な環境変化は，琵琶湖水位操作の変更であり，このような冬季の水位上昇も湖浜の土砂移動に大きく影響したと考えられる．

なお，水位低下時にはかなり沖側で砕波し、沖側の棚状地形部分は過去からほとんど変化がない。

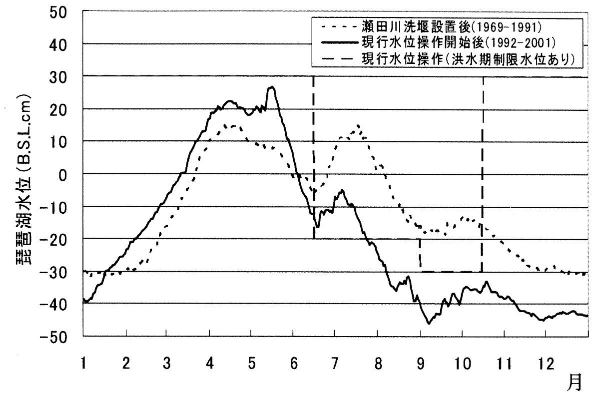

図-6　琵琶湖の水位変化

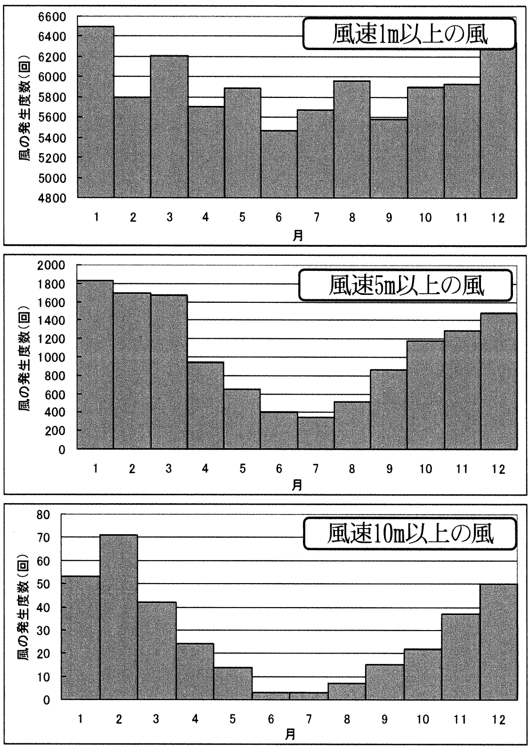

図-7　彦根気象台における月別風速頻度

図-8　日野川河口部の汀線変化（1984年，1991年，1994年）

6. 結論

日野川河口域の地形変化は，河口部の河川改修や航路浚渫などの湖岸周辺で行われた土砂移動が大きな要因となることがわかった．このことは，河川や湖岸周辺における土砂移動を伴う工事などが湖岸での侵食を起こさないよう，水系全体を見た土砂管理の視点が重要なことを示す．また，琵琶湖の水位管理に伴う高水位と高波浪の同時生起も侵食を助長する要因となる可能性があった．このように，人為的な湖岸改変や水位操作などのインパクトは，湖岸の地形変形に大きく影響を与えることから，これらの対策を行う際には地形変化を予測し，十分な対応をとることが必要である．

水資源機構では航路の維持浚渫や樋門の維持管理など，湖辺域における土砂移動を伴う管理を行っているが，今後の管理においては，本研究で明らかになった現象をふまえ，周辺の地形変化に十分注意しながら管理計画を考えていきたいと考えている．

参考文献

1) 宇多高明・吉田隆昌・西島照毅・冨士川洋一：琵琶湖の野洲川放水路の開削に伴う旧河口周辺での湖浜変形，地形，第16巻，pp. 157-175, 1995.