

環境に配慮した湖岸堤の設計

水資源開発公団琵琶湖開発総合管理所

" " " " " "

第三管理課

中 村 宣 彦*

原 稔 明**

北 牧 正 之***

1. はじめに

琵琶湖総合開発の基本理念は琵琶湖の自然環境の保全を基調としつつ、その資源を正しく有効に活用するというものであり、治水、利水、環境保全を大きな柱としている。琵琶湖開発事業¹⁾は、この琵琶湖総合開発の基幹事業として水資源開発公団が約20年の歳月をかけて治水および水資源開発事業を行ってきたものであり、設計、施工面で随所に環境への配慮がなされている²⁾。

湖岸堤は本事業の要となるものであり、特に前浜を残し、その消波効果を期待するという新たな設計手法は湖辺の環境保全の観点からも今後の河川改修および水資源開発の参考となるものである。ここでは、湖岸堤計画・設計のうち、特に環境保全の重要な要素となる天端高さおよび堤脚標高の決定、良好な親水空間が創出される人工前浜、親水護岸の設計について述べるものである。また、湖辺植物の現況、景観と生態系の保全を考慮したヨシ植栽の現況、さらに、地域に密着した湖岸堤および前浜の利用状況についても報告する。

2. 湖岸堤および管理用道路の概要

(1) 湖岸堤および管理用道路の概要

湖岸堤および管理用道路は本事業の基幹施設となるものであり、表-1、図-1に示すように琵琶湖周辺約50kmにわたって建設されている。この湖岸堤および管理用道路は2つの機能を併せ

もっている。ひとつは琵琶湖の洪水で後背地が浸水することを防御することにより湖周辺地域の保全をはかる堤防としての治水機能であり、もうひとつは、琵琶湖総合開発計画に伴う湖水位の変動に対して、洪水時の樋門操作および内水排除施設操作（排水ポンプ運転）を含めた水防活動や、水位低下時の湖岸管理を円滑に行うための管理用道路としての機能である。前者としての機能のためには、洪水時に浸水の被害の恐れがある地盤標高の低い一連区間に堤防を連続して設置することを必要とし、後者のためには、湖辺に沿って迅速に移動可能な道路を琵琶湖一周させることを必要とする。

このような基本的な考えをもとに、琵琶湖の計画高水位 B.S.L.+1.4 m に対し浸水被害の想定

表-1 湖岸堤および湖岸堤・管理用道路一覧 (単位: km)

		市町村名	延長	湖岸堤単独 (内数)
北	北湖北東部 (姉川地区)	湖 北 町	3.3	0.2
		び わ 町	6.6	
		長 浜 市	0.3	
		小 計	10.2	
湖	北湖西岸部 (安曇川地区)	安 曇 川 町	0.4	
		新 旭 町	6.4	
		小 計	6.8	
		能登川地区	近江八幡市 能登川町 小 計	
南	北湖南東部 (野洲川・近江八幡地区)	近江八幡市	6.9	1.4
		中 津 町	5.2	
		守 山 市	4.0	
		小 計	16.1	
南	南湖東岸部 (草津・守山地区)	守 山 市	3.2	
		草 津 市	11.2	
		大 津 市	0.2	
		小 計	14.5	
合 計			50.4	4.4

* 所長

** 課長

*** 係員

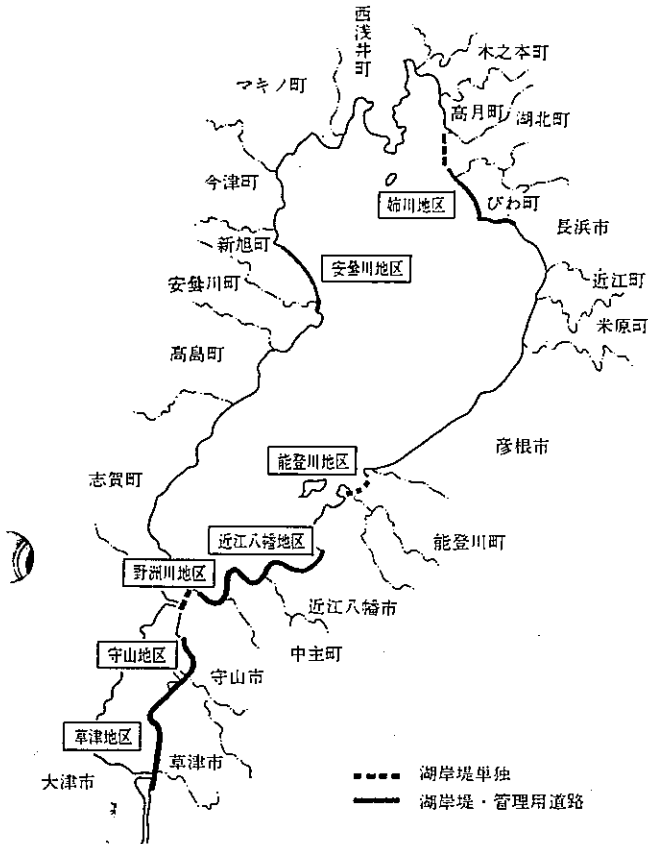


図-1 湖岸堤防および湖岸堤・管理用道路位置図

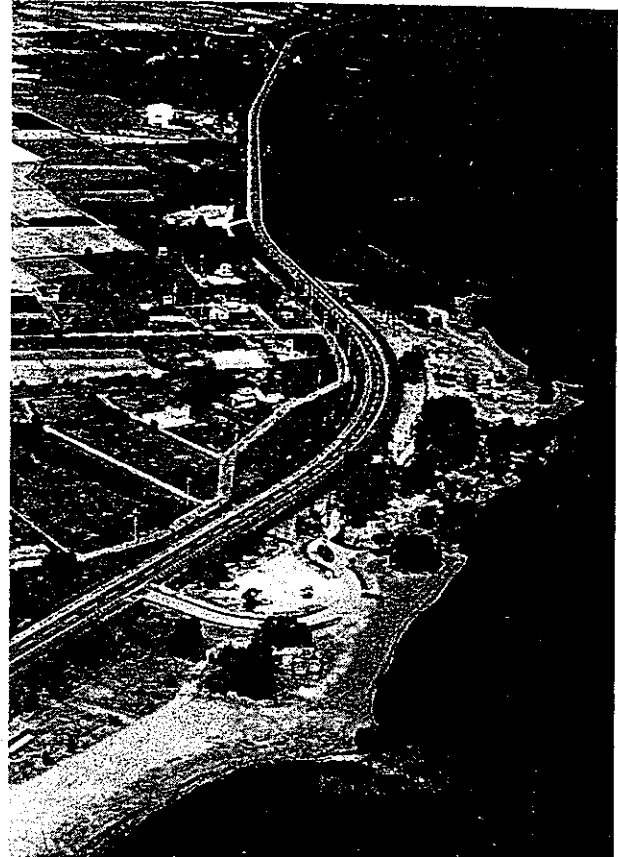


写真-1 数十mの前浜を確保した湖岸堤・管理用道路(北湖)

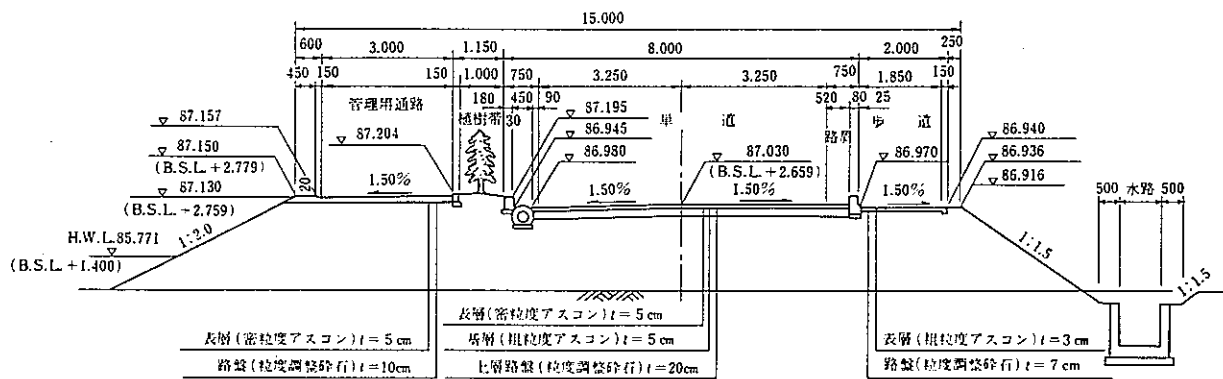


図-2 湖岸堤・管理用道路断面図

される一連区間に湖岸堤と管理用道路を組み合わせた構造をもつ湖岸堤・管理用道路(図-2)を設置した(写真-1)。

(2) 湖岸堤の法線計画と自然環境の保全

本湖岸堤の法線計画の最も大きな特徴は、先に述べたとおり自然環境の保全という琵琶湖総合開発の基本理念にそって湖岸堤前面に幅数十mの広い前浜を確保したことである。北湖においては

ほぼ全区間について自然の前浜を確保し、南湖においては堤防の一部が湖中部を通過することになったため、そこでは人工前浜を造成した。この前浜の確保については2つの効果を期待した。一つには前浜での消波効果が期待できこの消波効果により湖岸堤の天端高さを低く抑えることができた。これにより以下のようなメリットが生まれる。

- ① 陸から湖汀線への連続性が確保でき、湖岸堤および管理用道路による周辺地域と湖との遮断感覚を和らげる事ができる。
- ② 湖辺利用の利便性が確保でき、親水機能が高まる。
- ③ 湖岸堤を必要とする地域の地形は、全体として平坦であり、景観上の調和を考えた場合に違和感が少ない。

もう一つの効果は、前浜が持つ直接的な環境保全の効用である。前浜はその周辺環境と調和のとれた整備と適切な管理により、水辺の生態系や景観などの湖辺環境を保全・創造するとともに、ここを訪れる人々に豊かな自然を与える貴重な空間となる。

3. 湖岸堤の設計

(1) 湖岸堤計画天端高の決定

i) 湖岸堤天端高さの決定

湖岸堤天端高の計画に対する基本的な考え方として、前述のとおり天端高はできるだけ低くするように努めた。堤防高さは計画高水位に波浪の影響を考慮して定める必要がある。前浜を設けない場合の波の打上げ高は実験式による計算では、北湖では B.S.L.+3.4 m、南湖では B.S.L.+2.9 m となるが、湖岸堤を陸側に設置した場合には前浜での消波効果が期待できる。そこで、次のような条件のもとに設計が行われた。

- ① 湖岸堤天端高は、全湖一律の高さとする。
- ② 琵琶湖計画高水位の B.S.L.+1.4 m (1/100 超過確率) に湖の波の打ち上げ高などに対する余裕高を考える。
- ③ 明治 29 年の既往最大出水 (約 1/200 超過確率に相当) に対応する琵琶湖開発後の予測洪水水位 B.S.L.+2.1 m に対しても若干の余裕をもつ。
- ④ 余裕高は、波浪の影響を考慮して、瀬田川 (計画高水流量 1,200 m³/s) の余裕高 1.0 m よりも大きくとる。
- ⑤ 琵琶湖に流入する主要な河川の計画高水流量 (2,000~5,000 m³/s) に対応した余裕高

を考える。

- ⑥ 前浜や消波小段による波の打ち上げに対する消波効果を期待する。
- ⑦ 消波施設の構造などについては、水理模型実験でその効果を検証、確認したうえで実施設計を行う。

以上の条件を総合的に判断して余裕高を 1.2 m とした結果、湖岸堤の天端高を B.S.L.+2.6 m と決定した¹⁾。

ii) 沖波波高と波の打ち上げ高の検討

次に湖岸堤をどの程度陸側によせると、湖岸堤の天端高を B.S.L.+2.6 m とすることができるかについて検討した。湖岸堤への波の打上げが最も大きくなるのは、台風に伴うものであるが、この場合、湖の水位上昇や波の打上げに影響を及ぼす要素は以下の 3 つが考えられる。

- ① 湖周辺の流入河川からの洪水が流入することによる湖水位全体の上昇。
- ② 台風の通過時などに発生する吸い上げや吹き寄せによる「静振」以上の湖水位上昇。
- ③ 台風により発生した沖波の打寄せによる堤防への打上げ。

琵琶湖の洪水の特徴は、湖の水位上昇のピークが湖の洪水流入のピークから遅れて生じることである。これを上記の要素と組み合わせると次の 2 つのケースが想定できる。

(A) 台風が直近にあり、これに伴う吹き寄せや吸い上げによる湖水位上昇や波浪は大きい

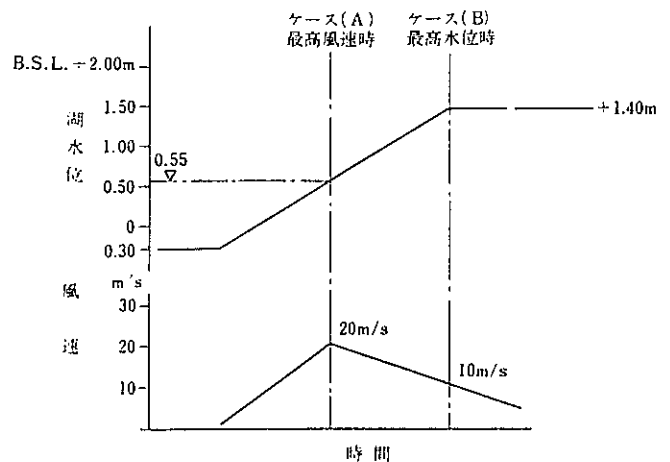


図-3 湖水位上昇と風速のモデル図

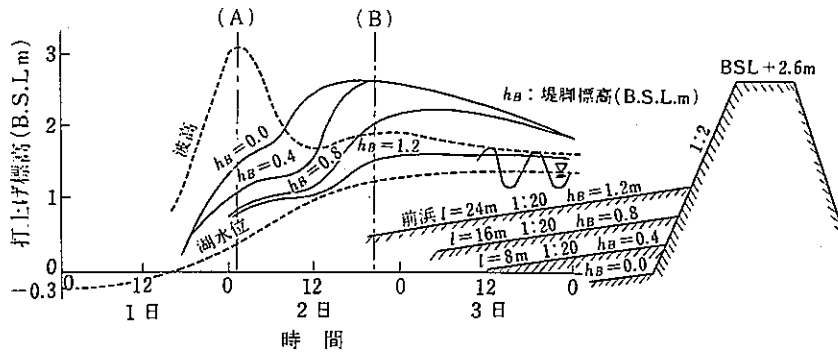


図-4 波の打上げ標高の経時変化 (北湖)

表-2 沖波計算結果

	計算条件			計算結果		
	湖水位	吹送距離	風速	有義波高	周期	波長
南湖	B.S.L. +1.4 m	10 km	10 m/s	0.63 m	3.06 s	14.6 m
北湖	B.S.L. +1.4 m	40 km	10 m/s	1.10 m	3.93 s	24.1 m

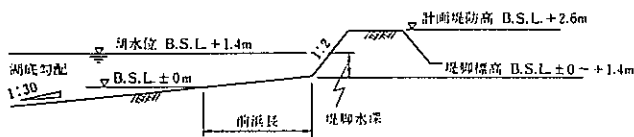
*Bretschneider 法: gF/U_{10}^2 をパラメータとして無次元波高 $gH_{1/3}/U_{10}^2$ と無次元水深 gh/U_{10}^2 の関係図より推定
 周期は $T_{1/3} = 3.86 H_{1/3}^{1/2}$ となる

*SMB 法: $gH_{1/3}/U_{10}^2 = 0.30[1 - \{1 + 0.004(gF/U_{10}^2)^{1/2}\}^{-2}]$
 $gT_{1/3}/2\pi U_{10} = 1.37[1 - \{1 + 0.008(gF/U_{10}^2)^{1/3}\}^{-5}]$

ここで、 $H_{1/3}$: 波高 F : 吹送距離 U_{10} : 平均風速
 $T_{1/3}$: 周期

表-3 波の打ち上げ高計算条件と概念図

項目	条件
堤防法勾配	1 : 2
湖底勾配	1 : 30
堤防堤脚標高	B.S.L. ± 0 m ~ +1.4 m
湖水位	B.S.L. +1.4 m



湖水位はまだピークを迎えていない状態。

(B) 台風通過後、湖水位はピーク (B.S.L. + 1.4 m) を迎えているが、波浪はピークを過ぎてそれ程小さくなく、静振の影響もほとんどない。

設計波浪の算定に当たっては、彦根気象台での観測記録をもとに設計風速と湖水位の関係を図-3に示すようにモデル化した。ここで、沖波の推定には、北湖では、深水波域であることから S.M.B 法 (wilson 改良式) により求めた。本法

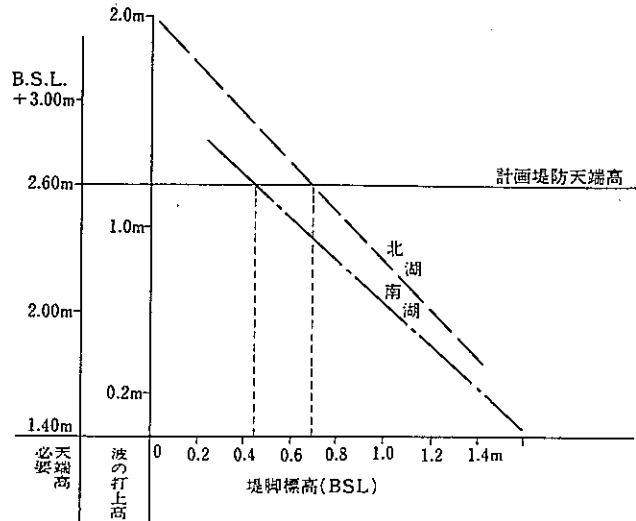


図-5 波の打ち上げ高の計算結果 (豊島、首藤、橋本の実験式による)

は一定風速の風が、ある吹送距離の水域を吹き渡ったときに発生する有義波高を推定するものである。また、南湖では、浅水域であることから、Bretschneider 法により推定した。(A)、(B) 2つの条件間での沖波波高および打上げ高さの計算の結果、湖水位 B.S.L. + 1.4 m の (B) の状態が危険側となることが明らかとなった。図-4に北湖の場合の例で堤脚標高をパラメータとして打上げ高の経時変化を示した。図から (B) の場合に最大打上げ高となることがわかる。表-2に (B) の状態での計算結果を示した。以後この (B) の状態で検討を進めた。

iii) 堤脚標高の検討

次に、堤防への波の打ち上げ高の算定には、豊島・首藤・橋本の実験式を用いた。計算条件を表-3、堤脚標高と打ち上げ高の関係をあらわした

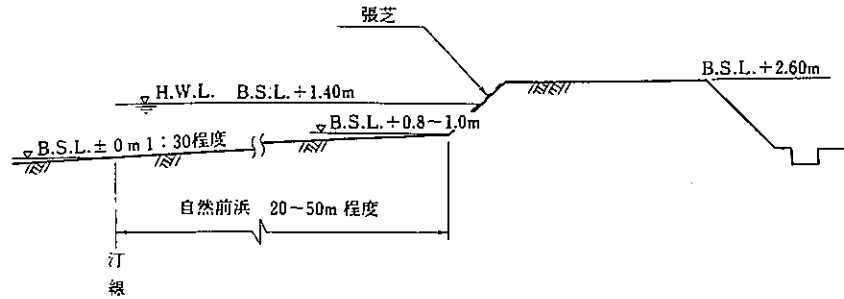


図-6(1) 北湖自然前浜タイプ

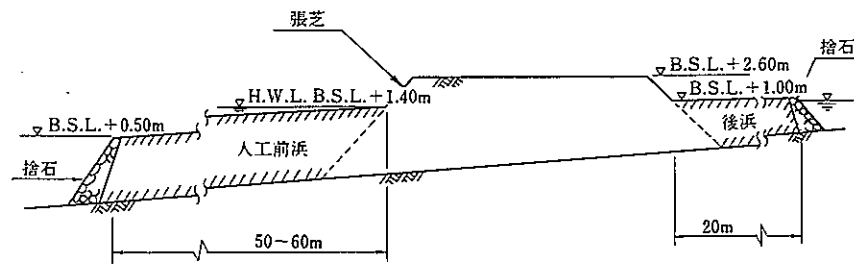


図-6(2) 南湖人工前浜タイプ

表-4 水理模型実験での実験条件

実験区分	目的	水位条件	設計波浪					堤脚標高 (B.S.L.)	小段幅 (m)
			風速 (m/s)	フェッチ (km)	波高 (m)	周期 (s)	波長 (m)		
実験 1	打ち上げ高の検証	B.S.L.+1.4 m 最高水位の発生時	10	40	1.10	3.93	24.1	±0.0 m +0.4 +1.0	
		B.S.L.+0.4 m 最大波高の発生時	20	20	1.91	4.63	33.4	±0.0 +0.4 +1.0	
実験 1	消波小段の消波効果の検討	B.S.L.+1.4 m 最高水位の発生時	10	40	1.10	3.93	24.1	±0.0	2.5
									5.0
									7.5
									10.0
								+0.5	2.5
									5.0
7.5									
10.0									
実験 2	消波効果の検討	B.S.L.+1.4 m 最高水位の発生時	10	10	0.63	3.06	14.6	±0.0	3.0
									5.0
									6.0
									7.0
									8.0

*いずれも湖底勾配は 1:30, 堤防法勾配は 1:2 とした

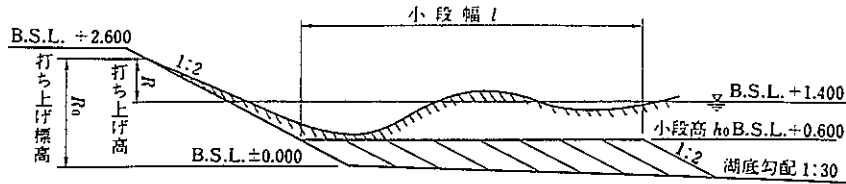


図-7 実験記号諸元

計算結果を図-5 に示した。これによると、堤脚標高は北湖の場合で概ね B.S.L.+0.7 m、南湖の場合で概ね B.S.L.+0.5 m あれば、波の打ち上げ高を 1.2 m つまり湖岸堤天端高さを B.S.L.+2.6 m におさえることができる。以上より、湖辺は湖に向かって 1/20~1/30 程度の勾配を持っていることから、湖岸堤を汀線から 20 m~30 m 程度陸側に設置することを基本とした。実際には、現地の地形状況などを考慮し、北湖においては、湖岸堤を汀線から 20 m~50 m 程度陸側に設置することにより、南湖においては将来的な公園整備計画を考慮して 50 m 程度の人工前浜を造成することにより所定の堤脚標高を確保することとした(図-6 に前浜と湖岸堤の標準断面を示した)。また、地形の状況により前浜の確保ができない場所については次に述べる人工的な消波施設を設けて対処した。

iv) 波の打ち上げ高さの検証および消波施設の設計

湖岸堤への波の打ち上げ高さの検証および消波施設の設計のために、2 回の水理模型実験により以下の検討を行った^{3), 4)}。

(実験 1)

○豊島・首藤・橋本の実験式での検討結果による必要堤脚標高に対する検証。

○北湖を対象とした消波小段を設置した複断面形状堤防での消波効果の検討。

(実験 2)

○南湖を対象とした消波小段を設置した複断面形状堤防での消波効果の検討。

表-4 に各実験の実験条件を示した。この実験により以下の結果が得られた。

(実験 1)

① 波の打ち上げ標高と堤脚標高について

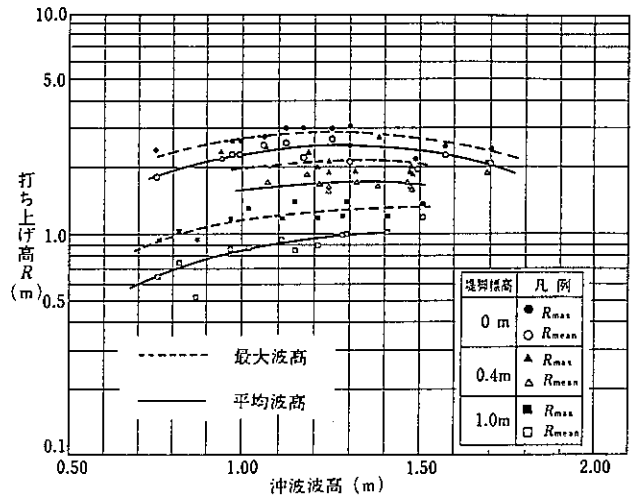


図-8 沖波波高と波の打ち上げ高さの関係 (湖水位 B.S.L.+1.4 m)

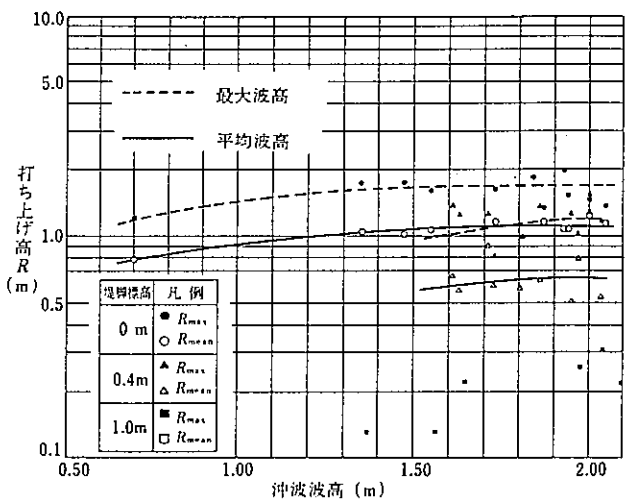


図-9 沖波波高と波の打ち上げ高さの関係 (湖水位 B.S.L.+0.4 m)

図-7 に波の打ち上げの概念図を示した。また、図-8、図-9 にそれぞれ湖水位が B.S.L.+1.4 m, B.S.L.+0.4 m の場合の堤脚標高をパラメータとして沖波波高と波の打ち上げ高さの関係を示した。これから、堤防への波の打ち上げ高は、沖波波高の大きさによる影響よりも堤脚標高つまり、堤脚水深の変化による影響の方が大きいことがわかる。また、図-10 には堤脚標高と波の打ち

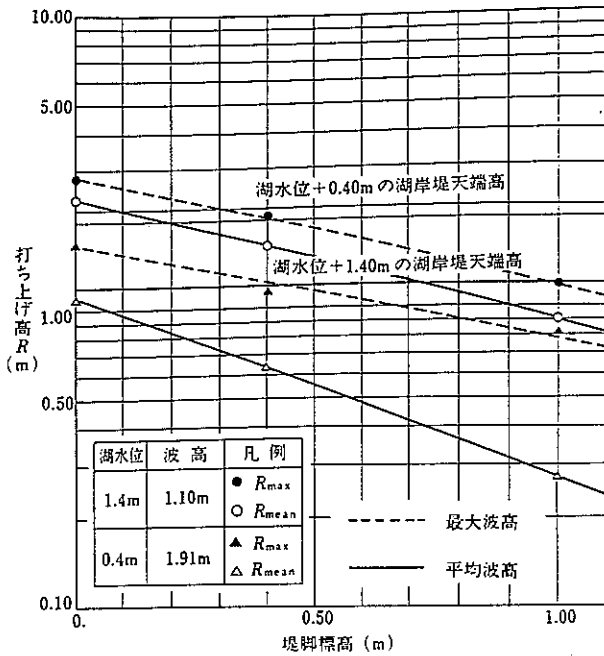


図-10 堤脚標高と波の打ち上げ高の関係

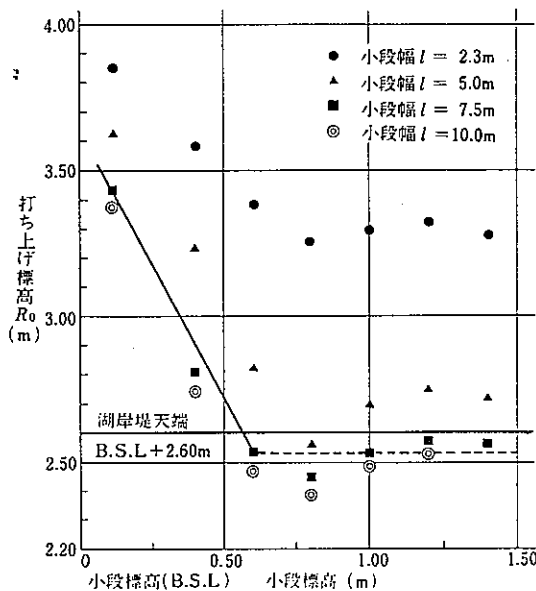


図-11 消波小段標高と波の打ち上げ標高の関係 (湖水位 B.S.L.+1.4 m, 堤脚標高 0 m)

上げ高の関係を示した。これから最高水位発生時の場合 (湖水位 B.S.L.+1.4 m, 波高 1.10m) の波の打ち上げ標高は、最大波高発生時 (湖水位 B.S.L.+0.4 m, 波高 1.91 m) よりも大きく、計画堤防天端高 B.S.L.+2.6 m を越波しないために必要な堤脚標高は、平均打ち上げ高に対しては B.S.L.+0.7 m, 最大打ち上げ高に対しては B.S.L.+1.0 m 以上を必要とすることがわかる。

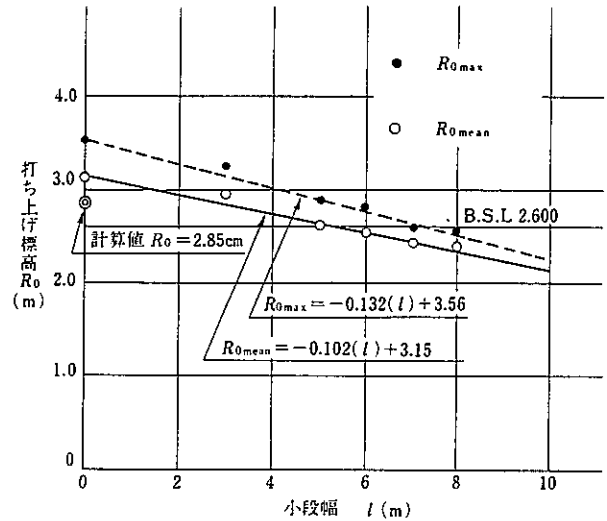


図-12 小段幅と波の打ち上げ標高の関係

つまり波の打ち上げ高と堤脚標高との関係において本実験結果と先に述べた豊島・首藤・橋本の実験式による結果とが一致する事が確認できた。

② 消波小段の消波効果について

図-11 に消波小段を設けた場合の波の打ち上げ高の変化を示した。消波小段を設けた場合、打ち上げ高は小段幅が増加するに従って徐々に低下するが、小段幅が 7.5 m を越えるとその低下の度合は小さくなる。また、湖岸堤計画天端高を越波しないための小段標高は、小段幅 7.5 m のとき概ね B.S.L.+0.6 m 程度となることがわかる。

〔実験 2〕

南湖を対象とした消波小段の消波効果について 図-12 に南湖の設計条件である湖水位が B.S.L.+1.4 m で沖波波高 0.63 m のとき小段幅と波の打ち上げ高の関係を示した。図より小段幅が 3.0 m~8.0 m の範囲では、打ち上げ高さ小段幅の広さとの関係はほぼ直線的であり、計画堤防天端高 B.S.L.+2.6 m を越波しないために必要な小段幅は、補間式を用いると平均打ち上げ高さに対して 5.4 m である。これより南湖における小段形状は、小段標高 B.S.L.+0.6 m, 小段幅 5.5 m と決定した。

以上の 2 回の実験結果より北湖, 南湖それぞれの消波小段の設計を行った。図-13 にそれぞれの標準断面を示す。

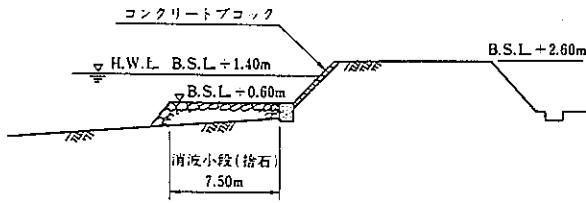


図-13 (1) 消波小段断面図 (北湖タイプ)

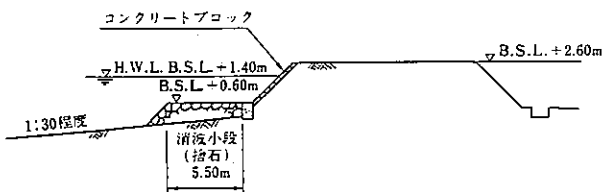


図-13 (2) 消波小段断面図 (南湖タイプ)

(2) 南湖人工前浜の設計

i) 人工前浜の基本設計

南湖の人工前浜の基本構造は以下のとおりとした。

①人工前浜の幅は50~60mとする。

②前浜先端の高さは、維持管理上、前浜の利用者の安全対策から、常時満水位 B.S.L.+0.3 m に余裕高を考え B.S.L.+0.5 m とする。

③琵琶湖洪水の特徴として高い水位が長時間継続 (例えば昭和36年の洪水では水位1m以上が120時間継続した) することが挙げられるが、堤体への浸透、大きな波浪の打ち上げによる堤体の先掘への対応から、前浜の高さは十分に余裕を持つものとして、堤脚部の高さを計画高水位と同一高の B.S.L.+1.4 m とする。

④前浜先端を保護する護岸は、捨石タイプを基本とする。

ii) 人工前浜護岸の設計

護岸に関しては、実際に試験護岸を築造して構造検討を行うこととした。まず、以下の項目を基本事項とした。

①台風、季節風などによって生じる波浪に対し構造的に十分な安定性を持つこと。

②普段の維持、管理ができるだけ簡便であること。

③親水性が高いこと。

④湖辺の動植物等生態系に十分配慮したもので

あること。

⑤ヨシ地帯の回復に適していること。

⑥湖辺の景観に調和していること。

⑦将来の水位変動による影響をできるだけ感じさせない構造であること。

⑧前浜を利用して実施される湖岸緑地公園事業計画の内容と整合がとれていること。

⑨経済性において不利でないこと。

以上のような事項を考慮し、表-5 に示したような種々の護岸について試験を行った。

試験護岸の設置3ヵ月後 (昭和57年8月) に偶然にも台風10号が試験地から約90kmの位置を通過し琵琶湖水位は4日間にわたり B.S.L.+0.5 m を越え、最高水位は B.S.L.+0.63 m を記録した。最大瞬間風速は20 m/s を越え、推定波高は0.9 m と大きなものであった。この台風を含め、冬季の波を経験した約1年後に護岸の破損状況や周辺の洗掘状況などを調査した⁵⁾。その結果を表-5 に一括表示した。これと先の基本事項をもとに最終的にタイプIの捨石護岸を採用することとした。図-14 に標準断面図を示す。

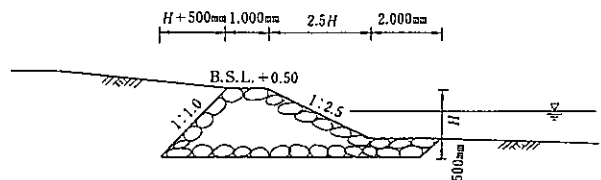


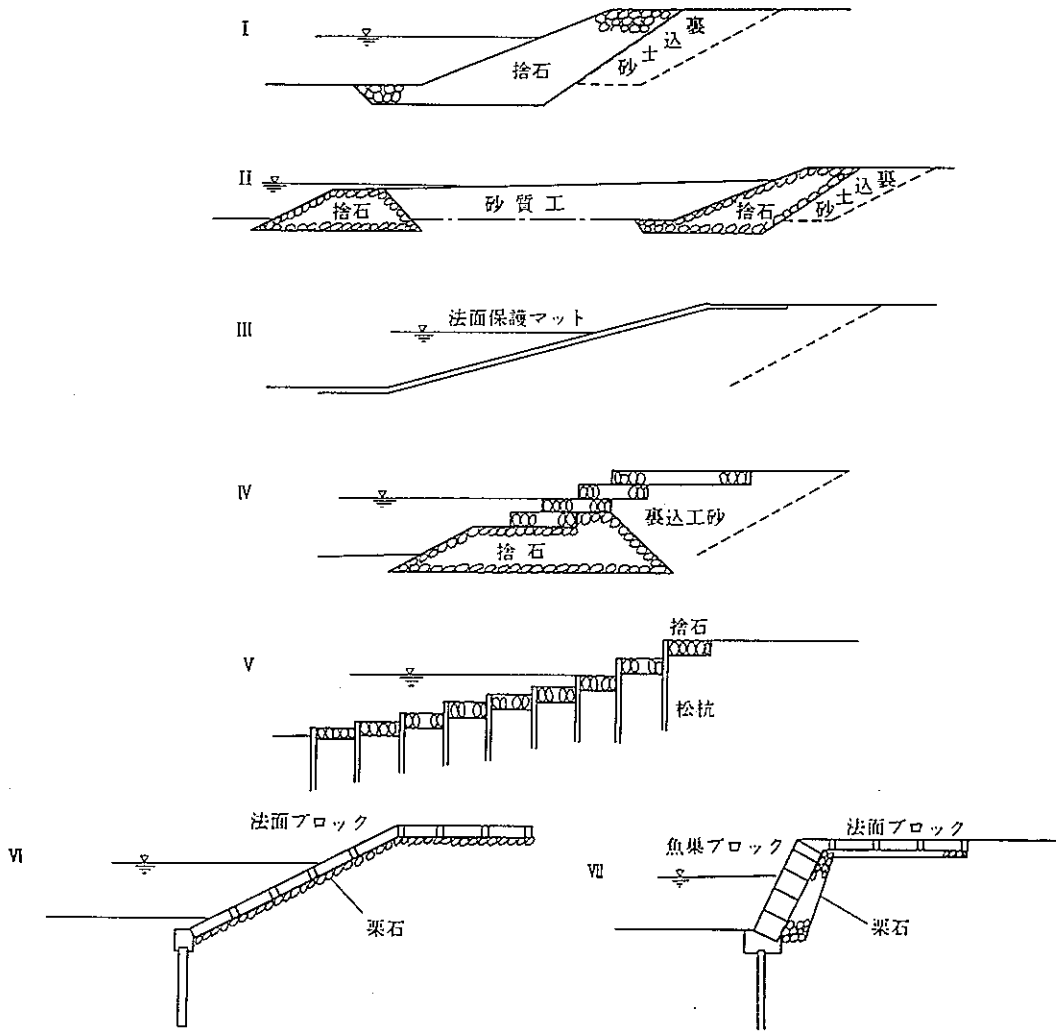
図-14 捨石護岸断面図



写真-2 前浜捨石護岸

表-5 試験護岸一覽

	構造の特徴など	断面図	評価
法 面 式	I 裏込土砂の吸出し防止用フィルターマ ット (t=20 mm) 上に表法面勾配 2 割 5 分 の捨石マウンドを造るものである。	I	特に変状は見られな かった。
	II I タイプの捨石護岸の前面にヨシの植栽 地を確保するための捨石マウンドをさら に設置するものである。	II	前面捨石マウンドの 背面の流出が若干み られる。
	III 盛土法面に消波ブロックを接着した法面 保護マットで皮膜したものである。	III	所々ブロックが剥げ 落ちている。
階 段 式	IV 捨石マウンドを基礎としてブロックを階 段状に積み上げブロック内を栗石で中詰 めし安定させるものである。	IV	2 段目、3 段目のブ ロック内の栗石が全 長にわたって流出し ている。
	V 木杭を階段状に打ち込み、竹を妻面に組 み、中に捨石を投入し安定させるもので ある。	V	杭の傾斜、竹網のは らみ出しなど全体に 変形し、捨石の流出 も見られる。
法 面 ブ ロ ッ ク	VI 法枠ブロックを張りブロック内に栗石を 入れ安定させるもので、法先には遮水矢 板を打ち込み洗掘防止を行う。	VI	中詰め栗石の法肩部 が法尻部に流出して いる。
	VII 魚巣ブロックを張りブロック内に栗石を 入れ安定させるもので、法先には遮水矢 板を打ち込み洗掘防止を行う。	VII	天端法枠内の張芝が 越波に若干流出して いる。



この前浜護岸は昭和 58 年より順次施工開始し、既に多年が経過しているが変状をきたすことなく周辺の環境に調和したものとなっている（写真-2）。

4. 環境への配慮

(1) 琵琶湖沿岸の植物とヨシ植栽

i) 湖辺の植物と湖岸堤前浜

(イ) 湖辺の植物

琵琶湖の沿岸には様々な植物の生育がみられるが、以下主なものについて記す。

a) ヨシ帯

第一に注目されるのが大規模のヨシ帯（抽水植物帯）で、これは冬季の季節風による風波を受けにくく、遠浅で比較的静穏な水域に多く見られる。南湖東岸、湖北の尾上・延勝寺地区、湖西の安曇川デルタ北部および近江八幡の西ノ湖一帯に大規模な群落が発達している。

ヨシ帯はフナ、モロコ類など各種の魚類の産卵・生育場となっているのをはじめ、多くの水生動物や鳥類の生息空間として重要な役割を果たしている。

遠望すると一様に見えるヨシ帯も、実際にはヨシ以外のマコモ、ウキヤガラ、ヒメガマ、フトイなどの植物が優占する場合が少なくない。一般にこれらの抽水植物などが一体となったものをヨシ群落と称している。滋賀県が琵琶湖（内湖を含む）の沿岸において調査した結果では、出現した植物は 163 種で図-15 はその主要植物の出現頻度と優占頻度を琵琶湖水位別に示したものである⁶⁾。

b) 湖辺林

ヨシ帯の陸上側にはヤナギ類、ハンノキが優占する湖辺林が発達する場合が多い。安曇川デルタ北部や尾上・延勝寺地区では樹高 15 m を超す大規模な林分がみられる。

c) ハマゴウ、ハマヒルガオ群落

北湖東岸を中心とする砂浜に分布するハマゴウ、ハマヒルガオ、ハマエンドウといった典型的な海浜植物の存在は学術的にも注目される。

これらは一般に海岸の砂浜に分布する植物とさ

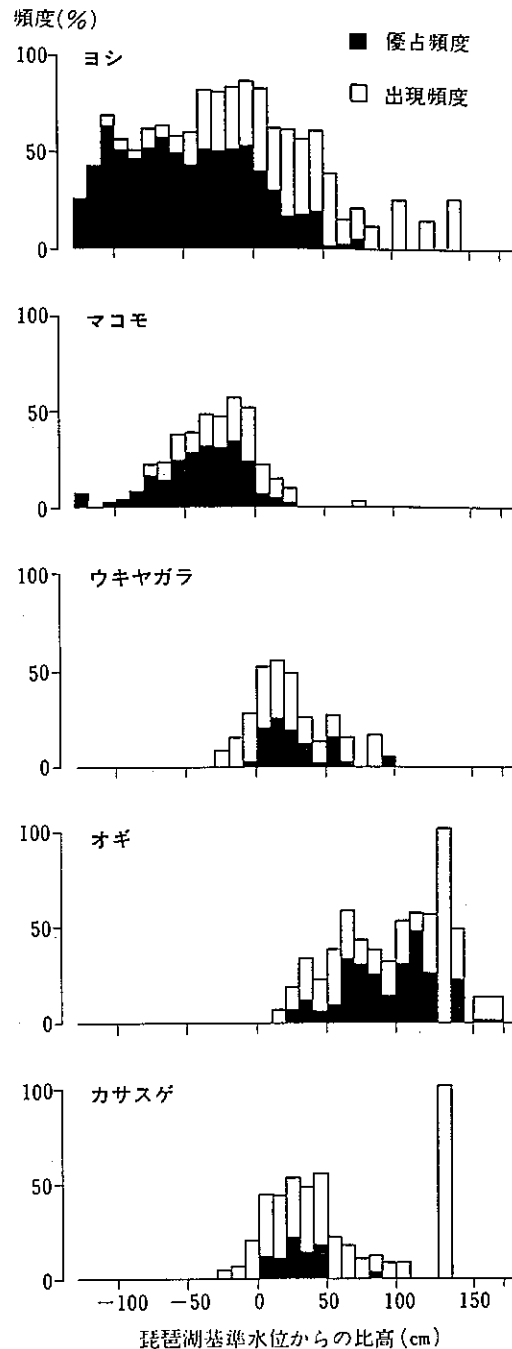


図-15 琵琶湖沿岸における主要植物の出現頻度および優占頻度

れており、これらは北湖西岸を中心に分布する海岸性のクロマツとともに、琵琶湖がかつて外海とつながっていた時の名残である可能性が高く、貴重な存在といわれている。

(ロ) ヨシ群落の現況と湖岸堤前浜

琵琶湖のヨシ群落の面積は、昭和 28 年に 260 ha 存在していたが、湖周辺地域の土地の高度利用が進む中で、昭和 52 年には約 130 ha と半減

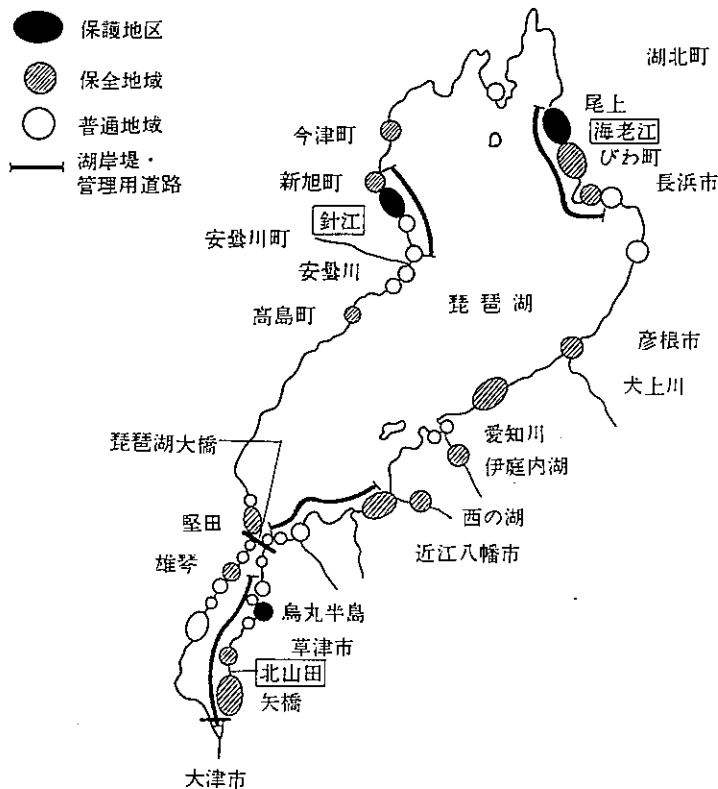


図-16 湖岸堤・管理用道路とヨシ群落保全区域（概念図）

保護地区	ヨシ群落保全区域の中でも、優れたヨシ群落が形成され、魚や鳥などの動物にも有効に利用されており、その生態系の保全を図る上で特に重要であると認められる地区
保全地域	ヨシ群落保全区域の中でも、相当規模のヨシ群落を有するか、またはある程度のヨシ群落が存在し、そのヨシを保全することにより、隣接するヨシ群落と一体となって群落を形成することが可能な地域
普通地域	ヨシ群落保全区域の中で、保全地域以外のヨシ群落保全区域

し、平成4年時点では約120haと推定されている。ただし、琵琶湖周辺の内湖等には約200haのヨシ群落が現存している⁷⁾。

公団で建設した湖岸堤の前浜には、図-16に示す如く湖辺沿いの約120haのうち約65%の78haが存在している。滋賀県で定められたヨシ群落保全条例（平成4年3月）による保護区域、保全、普通地域は図に示す通りである⁸⁾。また、ヨシ群落区域のうち自然前浜として残した湖北、湖西の湖岸堤・管理用道路（海老江地区、針江地区）およびヨシ人工植栽を行った南湖の湖岸堤・管理用道路（北山田地区）の前浜部分での湖辺植物の分布状況の詳細を図-17、図-18および図-19に示す。本調査は、湖岸線と直交する側線を設定しベルトトランセクト法により実施した。

図-17に示す海老江地区は、琵琶湖の「三大ヨシ帯」のひとつとされる湖北地区の中心部に位置する。ここでは、湖岸堤・管理用道路前面の石積護岸前から約35mは、B.S.L.+0cm程度の平坦な区間で、カサスゲが優占し、ヨシ、ウキヤガラ、シロネ、クサヨシが混生する。35m付近と

50m付近は浜堤状にやや盛り上がり、この間ではウキヤガラが優占している。55~65mの区間は、泥厚が大きくなっており、マコモが優占するが、それより沖側では泥の堆積は少なくなり、ヨシの純群落となっている。

図-18に示す針江地区も、琵琶湖の「三大ヨシ帯」のひとつに属し、安曇川デルタ北部の中心部に位置する。湖岸堤・管理用道路から約10mの区間は、セイタカアワダチソウが優占している。その先の5m程度の区間はオギが優占する。約15m地点から沖側は、約30m地点までカサスゲの優占部が続く。このカサスゲの優占部では、ヒメナミキ、ハンゲショウ、ミズオトギリなどの稀少植物の出現頻度が高くなっている。約30m地点より沖側はヨシの優占部となるが、約40m地点まではカサスゲが、約45~65m地点ではマコモやウキヤガラが混生する。なお、このマコモやウキヤガラの混生区間は泥厚が20~80cmと比較的大きい。

図-19に示す山田地区では、南湖東岸の北山田漁港の南部に位置し、後で述べる人工的に湖岸堤

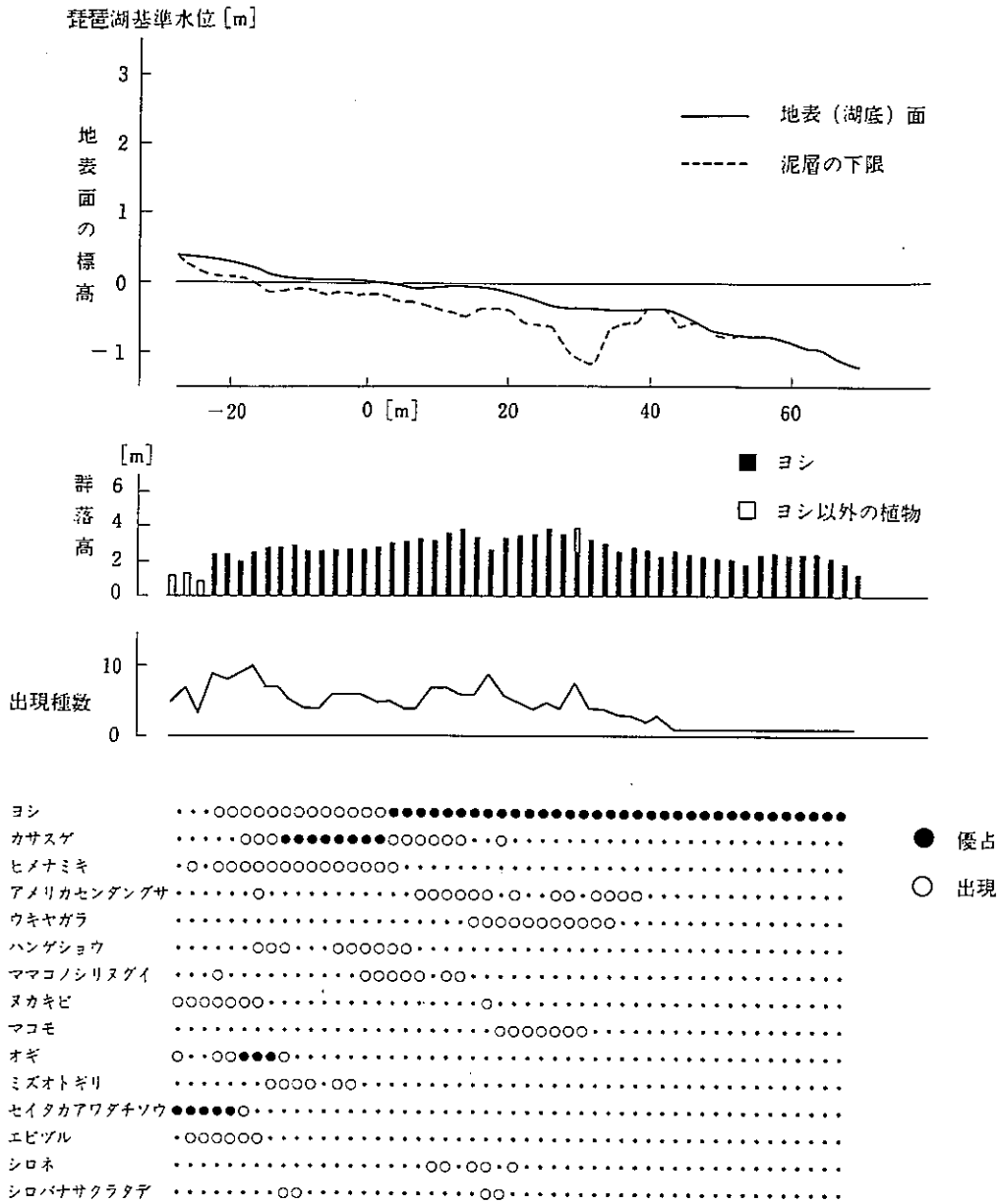


図-18 湖辺植物分布 (針江地区)

表-6 ヨシ植栽現況

	地区名	植栽面積 [m ²]
南湖	草津	27,350
	守山	3,700
北湖	能登川	8,250
	姉川	8,950
合計		48,250 (約5 ha)

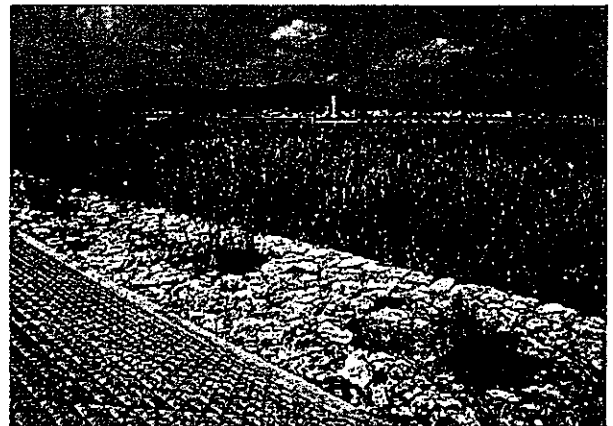


写真-3 ヨシ植栽現況 (草津地区)

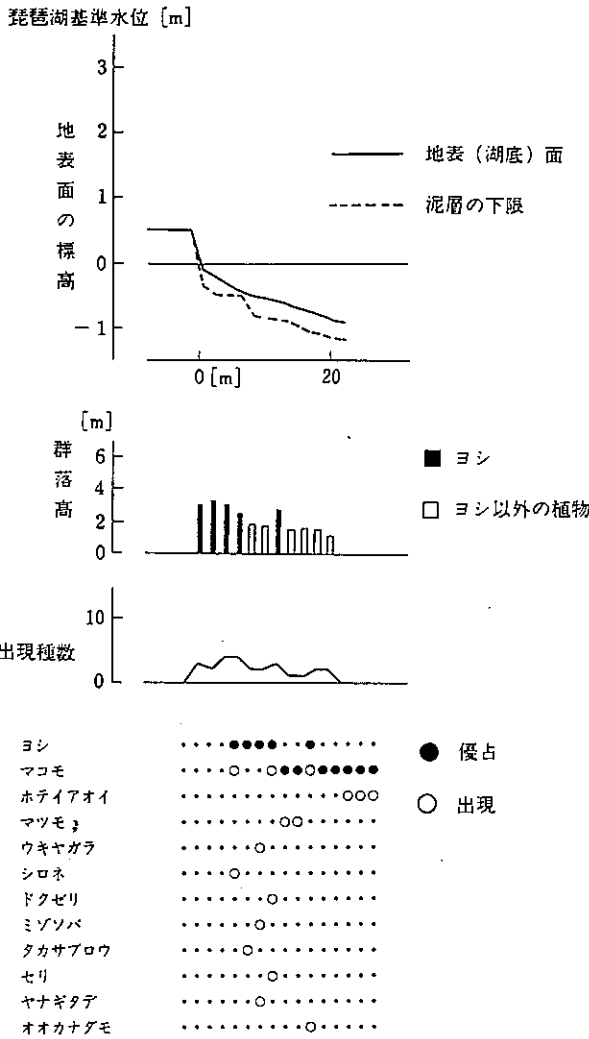


図-19 湖辺植物分布 (北山田地区)



写真-4 植栽ヨシ追跡調査

量など)を把握するために、表-7に示す調査項目に従って追跡調査を行い、琵琶湖沿岸平均値との比較検討を行った(写真-4)。その結果が表-8である。この表より、植栽ヨシは琵琶湖に自然に

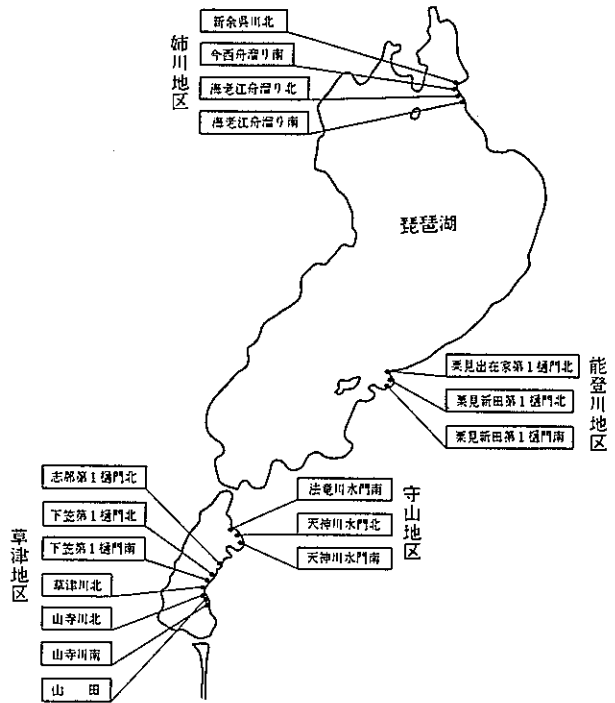


図-20 ヨシ植栽位置図

表-7 ヨシ追跡調査項目

調査項目	備考
ヨシの平均茎直径 [mm]	地際から 50 cm の高さの部分の直径
ヨシの平均草高 [cm]	最上部の展開葉の基部までの高さ
ヨシの平均個体重 [g]	乾重量
ヨシ茎個体数密度 [本/m ²]	生茎
ヨシ現存量 [g/m ²]	乾重量

表-8 ヨシ生育状況の比較

項目	ヨシ				
	茎直径 (mm)	草高 (cm)	個体重 (g)	密度 (本/m ²)	現存量 (g/m ²)
植栽地平均値 (1992)	5.3	199	15.9	58	905
琵琶湖沿岸平均値 (滋賀県, 1992)	6.9	219	24.2	31	704

生育する平均的なヨシの生育状況に比べて遜色ない状況であり、特に重要な指標となる現存量は上回っている。

次に、ヨシ群落の重要な機能の一つとして、さまざまな種類の鳥類の生息環境としての利用がある。鳥類がヨシ群落をどのように利用しているのか、その実態を把握する調査を行った。植栽され

表-9 捕獲標識調査結果

調査地名		植栽ヨシ地				自然生育ヨシ地			
標識調査	網枚数(総延長)	4(48m)				4(48m)			
	調査日	12月8日	12月9日	12月10日	計	12月8日	12月9日	12月10日	計
	調査開始時	13:20	7:00	7:00		14:30	7:00	7:00	
	調査終了時	17:30	17:00	15:00		17:20	17:00	15:00	
種名	モズ(留鳥)	1			1				
	ジョウビタキ(冬鳥)						1		1
	ウグイス(留鳥)	2	1(2)	(2)	3(4)	1	1		2
	セッカ(〃)		1		1				
	ホオジロ(〃)		1		1			2	2
	カシラダカ(冬鳥)			2	2				
	アオジ(〃)	3	3(1)		6(1)		5	1	6
	オオジュリン(〃)		5	5	10				
	カワラヒワ(留鳥)							1	1
	スズメ(〃)	1		2	3			1	1
出現種数	4	5	4	8	1	2	4	6	
総個体数	7	11(3)	9(2)	27(5)	1	7	5	13	

注) () 内の数値は再捕個体数を示す



写真-5 捕獲標識調査で捕獲されたオオジュリン

たヨシ地と自然生育起源のヨシ地(自然生育ヨシ地と呼ぶ)を選び、カスミ網によってヨシ地内に生息する小鳥類(写真-5)の生息状況について調査(捕獲標識調査、1992年)を行った。

結果を表-9に示す。植栽ヨシ地と、自然生育ヨシ地の結果を比較すると、植栽ヨシ地のほうが出現種数、総個体数とも多かった。したがって植栽ヨシ地は、鳥類にとって自然生育ヨシ地と同等以上の好適な生息環境を形成していると考えられる。

(2) 湖岸堤・管理用道路および前浜などの利用

「淀川水系河川環境管理基本計画」による施設

整備計画では優れた自然や景観を活用し特徴ある演出が図れるように整備方針が定められているが、琵琶湖の湖岸堤前面の前浜は、水辺の生態系や景観などの湖辺環境を保全し、ここを訪れる人々に豊かな自然を提供する貴重な空間である。しかしながら、自然の前浜として保存することが適当であるもの以外の前浜については、この空間に対し周辺環境と調和のとれた計画的整備と適切な維持・管理の継続が必要である。

これらの整備は、基本的には琵琶湖総合開発計画で別途の都市公園(湖岸緑地)事業や、自然公園施設(湖岸緑地、集団施設)事業のなかで実施されることとなっている。

各々の地区は、地区の特色を活かした計画のもとに整備がすすめられているが、大別すれば北湖における前浜整備は自然前浜の持つ豊かな自然を活かした「保全型」の整備計画を概ね主体とするものであり、これに対して南湖においては、新たに出現した大規模な人工前浜などを積極的に活用する「創造・利用型」の計画が主体となっている。

これらの事業の実施主体は主として滋賀県であるが、整備された施設の管理は基本的には地区を所管する市町村が継続して管理することとなって

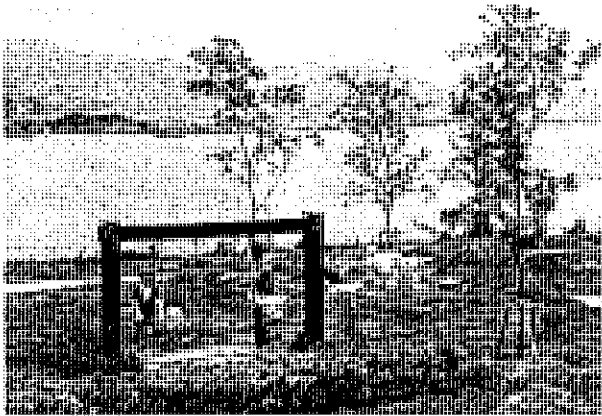


写真-6 前浜の利用状況

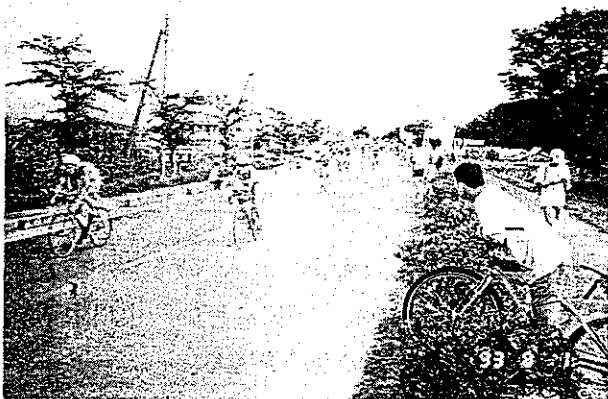


写真-7 湖岸堤・管理用道路で行われるトライアスロン

いる。また、水公団も前浜整備については、湖岸堤・管理用道路の施工の中で様々な形で実施してきているが、とりわけ守山地区烏丸半島の土捨場跡地および中主地区マイアミ浜はNTT-A型事業の導入による整備を進めている。

南湖における人工前浜の大部分および北湖における湖岸堤の前面に残した多くの前浜では、すでに写真に示すように公園整備がなされている。さらに、「びわ湖トライアスロン」「びわ湖新名所・

春のファミリーウォーク」「びわ湖ハート駅伝」など、地元自治体が湖岸堤を利用した各種行事と相まって地域の人々と密接な施設として着実に有効利用が図られつつある(写真 6, 7)。

5. おわりに

淀川住民の命の源である琵琶湖の環境を流域全体で守り育てると共にその恵みを享受しようという命題を媒介とした上下流域の相互理解から生まれた琵琶湖総合開発計画はまさに従来の水資源開発の枠を越えた画期的なものである。このような背景のもと、水公団が実施してきた琵琶湖開発事業は平成3年度末に完成し既に管理に移行しているが、環境に配慮した湖岸堤とその前浜を地域づくりの拠点として、未来にむけて地域社会とさらなる融和を目指して、今後とも琵琶湖の水環境を育ててゆくための確な管理に努めてゆきたい。

参考文献

- 1) 建設省琵琶湖工事事務所, 水資源開発公団琵琶湖開発事業建設部, 「淡海よ永遠に」(琵琶湖開発事業誌), 1993
- 2) 中村宣彦, 大塚俊匡他, 「琵琶湖開発事業と環境保全」, ダム技術 No.77, 1993. 2
- 3) 水資源開発公団試験所, 「琵琶湖湖岸堤水理模型実験報告書」, 1976
- 4) 水資源開発公団試験所, 「琵琶湖湖岸堤(補足)水理模型実験報告書」, 1976
- 5) 水資源開発公団琵琶湖開発事業建設部, 「前浜試験護岸調査報告書」, 1983
- 6) 滋賀県, 「環境白書」, 1992年版
- 7) 滋賀県, 「ヨシ群落現存量等把握調査報告書」, 1992
- 8) 滋賀県生活環境部環境室, 「葦, ヨシ群落保全条例のあらまし」, 1993
- 9) 中村宣彦, 山下祥弘, 北牧正之, 「琵琶湖におけるヨシ植栽」, ダム工学 No.9, 1993. 3