関西自然保護機構会報 21 (2) : 217−226, 1999

琵琶湖開発事業におけるヨシ原の復元について

水資源開発公団 琵琶湖開発総合管理所 第3管理課　村尾浩太
水資源開発公団 琵琶湖開発総合管理所 第3管理課　福士富之信
水資源開発公団 木津川ダム総合管理所 管理課　濱田英彦

RESTORATION OF REEDBEDS IN LAKE BIWA DEVELOPMENT PROJECT

Kouta MURAO *Water Resources Development Public Corporation, Lake Biwa Development Integrated Operation and Maintenance Office, Environment Reserch Section*
Tominoshin FUKUSHI *Water Resources Development Public Corporation, Lake Biwa Development Integrated Operation and Maintenance Office, Environment Reserch Section*
Hidehiko HAMADA *Water Resources Development Public Corporation, Kizugawa Dams Integrated Operation and Maintenance Office, Operation and Maintenance section*

はじめに

わが国は，古来「豊葦原の国」と呼ばれ，全国各地の水辺に見られるヨシ原は，多くの人々に純日本的な風情を感じさせるものとして親しまれてきた。琵琶湖におけるヨシ原は，自然景観上重要であるばかりでなく，多くの水生生物や魚類，鳥類，昆虫類などの生息，産卵場所として極めて重要であるように，琵琶湖の自然環境や生態系にとって，欠くことのできない存在である。

昭和47年度から平成3年度までの20年間にわたり実施された琵琶湖開発事業では，琵琶湖周辺地域を洪水の被害から守るため，いろいろな施設を建設してきた。例えば，琵琶湖の水位が上がった場合に備える「湖岸堤」や，浸水した住宅地や田畑の水を速やかに排除する「内水排除施設」などがあげられる。これらの施設は，周辺住民の尊い生命や財産を守るために必要不可欠ではあるものの，施設の建設にあたっては，やむを得ず一部のヨシ原を潰さざるを得なかった。そこで，公団では，湖岸堤周辺の水辺にヨシ植栽地を造成し，そこにヨシを植栽することで，琵琶湖のヨシ原の復元を図ることとした。

公団では，昭和52年からヨシ人工植栽の研究に着手し，本格的なヨシ植栽試験を昭和57年から昭和61年にかけて，ヨシ植栽工事を昭和59年から平成4年にかけて実施した。最終的なヨシ植栽地の造成面積は約4.8 ha，植栽地内のヨシ植付け面積は約2.9 haである。

本稿は，公団が実施してきたヨシ人工植栽工法等を紹介するとともに，植栽したヨシの，その後の植生状況を報告するものである。

ヨシ植栽試験

ヨシ苗栽培方法の検討

琵琶湖においてヨシの植栽は戦前から行われているが，これは漁業者が魚類の産卵場を確保する目的で行っていたものである。これらの植栽方法は，植栽地附近に自生しているヨシを移植用苗として利用するものであるため，ヨシ苗の入手は極めて簡単であるが，その反面，植栽したヨシ地の面積分だけ自然のヨシ地が減少することとなって

関西自然保護機構業績　第246号

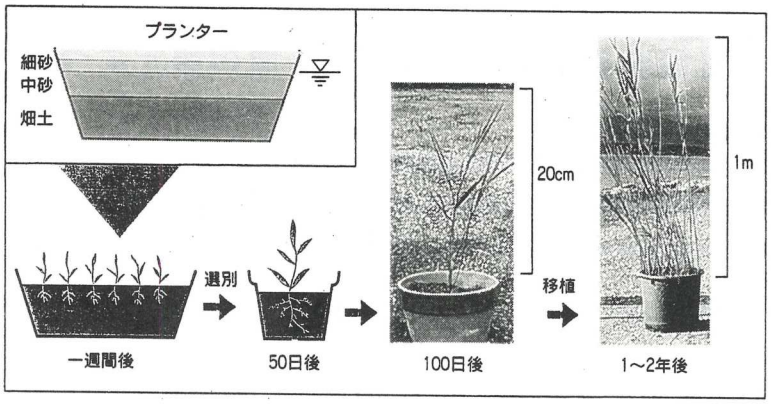


図1　種子苗の栽培試験結果.

しまう。したがって，大規模な植栽を行うためには，かなりの面積で既存のヨシ群落を破壊せざるを得ず，琵琶湖でこうした方法を採用することは難しい面がある。

また，陸上などの環境条件が安定した場所に成育しているヨシは，地下茎からの発芽密度が低く，地下茎の伸長も不活発で繁殖力が乏しいとされており，このような増殖能力の乏しいヨシを移植用苗として使用する場合，ヨシ地が大規模に発達しない可能性がある。よって，自然生のヨシを移植用苗として利用しなくてすむ，新たな方法についての検討を行った。

(1)　ヨシの種子繁殖

ヨシはもともと種子で繁殖し，大きな増殖能力を有していたと考えられている。しかし，しだいに地下茎による繁殖が主となり，現在では琵琶湖のヨシは毎年多くの種子をつけるにもかかわらず，「種子から発芽したヨシ」をみかけることは，ほとんどなくなってしまった。

そこで，もし種子から育てたヨシを移植用苗として利用できれば，自然生のヨシ地を全く潰さなくても済むこと，また，増殖能力の乏しい自然生のヨシに比べて，より良好な能力を有した苗が期待できることなどの利点があると考えられたため，



写真1　ポリポットで栽培したヨシ（2年後）.

種子から育てたヨシ苗の栽培方法の研究を開始した。

(2)　種子起源のヨシ苗栽培試験結果

種子起源のヨシ苗栽培について研究を進めた結果，ヨシの種子は大きさが0.7 mm内外で極めて小さく，琵琶湖周辺では10～11月に種子の採取が可能であること，また，採取した種子は図1に示すように，5～6月に苗床に砂をまき，湿気を含ませた状態で播種すると，約1週間程度で発芽し，その後，100日ほどで草丈が20 cm程度になることなどが明らかになった。（但し散水等の管理を充分に行うことが必要である。）

この方法で栽培した100日目後のヨシ苗は，ポリポット（ϕ30 cm）に移植すると，写真1に

示すように１年から２年後にはポリポットの中に高密度に繁殖した。

ヨシ苗移植試験

ヨシ苗の移植は，一般に大株苗移植法，小株苗移植法，地下茎苗移植法等があるが，
今回は新たに種子起源のヨシ苗栽培を行ったため，この栽培過程で生産された苗を直接使用するポット苗移植法も試みた。

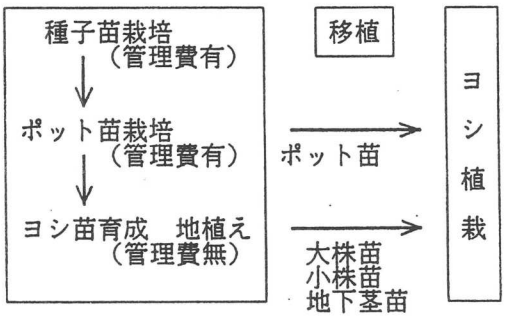


図２　各種移植試験法フロー図.

尚，本移植試験においては種子起源の苗を使用するため，大株苗，小株苗，地下茎苗等の移植試験は，図２に示すようにポット苗をヨシ苗育成地にいったん地植えし，数年経過させたものを使用した。

(1)　ポット苗移植法

２年ほどポリポットで栽培したヨシのポットをはずして，直接植栽地に移植すると，移植後１年も経てば地下茎は自然生ヨシに比べやや細いがヨシ群落ができ，３年目には，後述する大株苗移植法に比べ遜色のない大きさに成長した。

(2)　大株苗移植法

大株苗移植法は図３に示すように，地上茎を適当な長さに刈り取り，地下茎を含んだ株を周囲の土ごと一辺が 40～50 cm の立方体状に切り取って移植するものであり，かつて漁業者の行っていたのと同様の方法である。

この方法は母体となる苗が大きいため，最も確

表１　各苗の移植法の特性.

方　法	作業内容	長　　所	短　　所	群落形成に要する時間	総合評価
ポリポット苗移植法	100 日程度栽培した種子苗をポリポット（Ø 30cm）に移植し、１～２年栽培する。その後に、ポリポットをはずして直接植栽地に移植する。	植付けは、ポットから植えるだけで活着も良い。植栽費用も安価。	種子苗をポットに移植して１年～２年間栽培しなければならない。そのため、散水等の育成管理が必要となる。苗の有効期間は３年以内が限度である。年毎の植栽計画を作成し合理的な苗生産を行う必要がある。	早い	○
大株苗移植法	ヨシを地下茎ごと土の付いた状態（一辺が 40 ～ 50 cm 角の立方体）で堀取り、移植する。	苗が大きいため、最も確実に移植できる。自生のヨシや種子起源のヨシを苗として利用できる。	堀取り、運搬が機械施工となる。	早い	◎
小株苗移植法	同　上	自生のヨシや種子起源のヨシを苗として利用できる。	大株苗移植法に比べてヨシの生育状況が悪い。人力施工となる。	中程度	△
地下茎移植法	地下茎を堀取り、１～３節毎に切断して、さし木する。	苗（地下茎）の運搬が容易。	人力施工となる。生育状況が、極端に悪い。	遅い	×

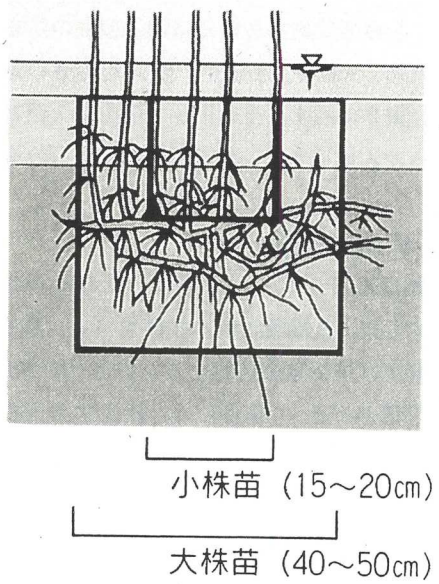


図3　大株・小株苗移植法.

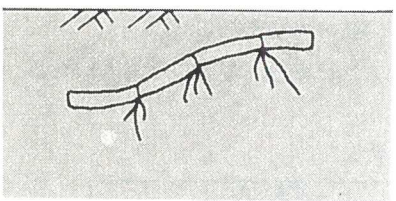


図4　地下茎苗移植法（苗の全てを地中に埋めた場合）.

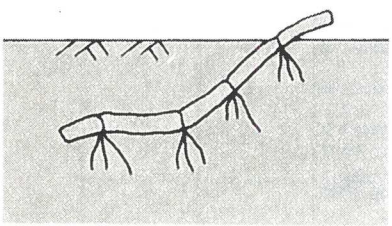


図5　地下茎苗移植法（苗の一部を地上に出した場合）.

実な移植方法であった。

(3)　小株苗移植法

小株移植法は図3に示すように，方法としては基本的には大株苗と同じであるが，掘り起こす株の大きさを，人力で，掘り起こしと運搬が可能な一辺が15～20 cmの立方体状にしたものである。

結果は，大株苗移植法に比べると母体が小さいため生育状況は悪かった。

(4)　地下茎苗移植法

地下茎苗移植法は，図4に示すように地下茎をそのまま移植するものである。結果は，根腐れし発芽しなかった。また，図5に示すように地下茎の一部を地上に出した場合は，発芽はしたものの生育状況は極端に悪かった。

ヨシ植栽地の造成

土　壌

ヨシの生育は土壌に大きく関係し，琵琶湖においては，湖底が砂質土の水域では圧倒的にヨシが優占し，ほぼ純群落を形成するが，泥質の水域ではマコモ等が優占する場合が多い。したがって，ヨシ植栽地の造成には，河川改修，河口処理，航路浚渫による発生土を流用することとなるが，できるだけ表層50 cm程度までは細砂とした。（それ以深の部分については，地下茎はほとんどなく，根も少ないことから，土質は，特に規定しなかった。）

縦断形状

ヨシは，汀線を境に水中から陸上にまたがる生活域をもっており，一般にヨシの分布限界は水深0.8～1 m程度と言われている。琵琶湖において，実際にヨシが良好な状態で生育しているところはB.S.L.－0.8 m程度迄が多く，それ以深では生育密度がかなり低下している。

このため，図6に示すように，造成に当たっては，湖岸から沖へ10 mの区間についてはB.S.L.±0 m付近で整地し，確実かつ速やかにヨシ地を形成させることとした。

また，この10 m地点からさらに沖へ30 m地

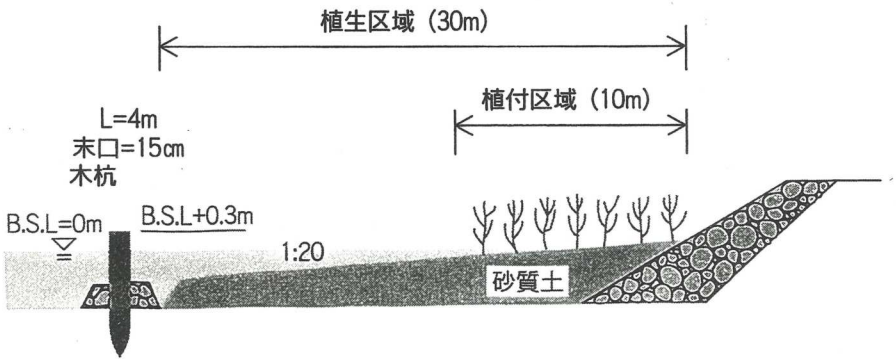


図6　ヨシ植栽地標準断面図（木柵タイプ）.

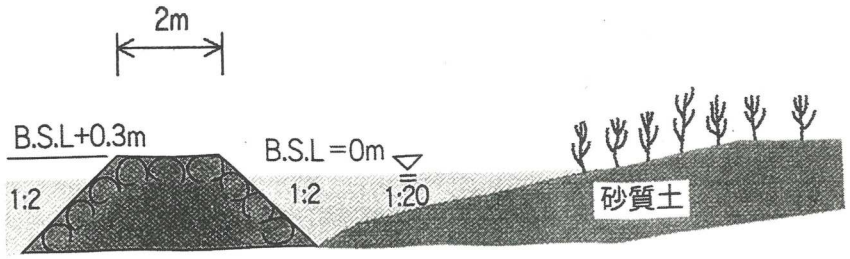


図7　捨石タイプの消波施設断面図.

点までの20 m幅については，ヨシが自然に繁茂し，水ヨシとなり得るよう先端でB.S.L.－0.8 mとし，最終的には幅30 mの群落を目指すこととした。

消波施設

ヨシ植栽工事においては，造成地を湖岸堤前面に求めるため，水中部に盛土をしてヨシが成育可能な高さに仕上げる必要があった。このような造成地はいわゆる人工盛土区間であり，何らかの消波対策を施さなければ，わずかな期間で元の安定勾配の地面に戻ってしまい，植栽地の機能が果たせなくなってしまう（実験的に消波施設を設置せずに植栽した区域は，わずかな期間で盛土が流出してしまい，ヨシが定着しなかった）。また，ヨシそのものの生育にとっても波浪の影響は大きい。ヨシの生育過程においては，葉が水面に出るまでの期間が波浪に最も弱い時期であるが，ヨシの芽や根の活動が始まる春先には，琵琶湖では北西の季節風が卓越しているため，生育途上のヨシが強大な波エネルギーに襲われる場合が多く，これがヨシ群落成立の大きな制限要因となっている。このため消波設備は，人工地盤を長期間存続させることと，ヨシの生育に対する波浪の影響を軽減させるという2つの機能を兼ね備えたものであることが必要条件となる。

(1)　捨石タイプの消波施設

図7は，捨石タイプの消波構造物の断面を示したものである。この捨石タイプについては，所要の消波効果とヨシ造成地盤の維持に所要の効果を得られるが，設置する場所の地盤標高との関係で，一部のものは，捨石の規模が大きくなり，琵琶湖の水位が低い場合には，景観上，若干の違和感がある。

(2)　簡易鋼矢板タイプの消波施設

図8は，簡易鋼矢板タイプの消波構造物の断面

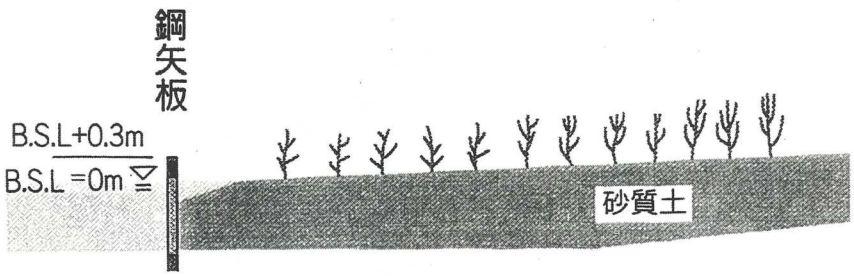


図8　簡易鋼矢板タイプの消波施設断面図.

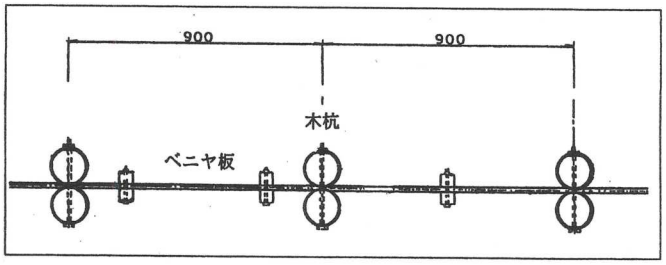


図9　木柵タイプの消波施設詳細図.

を示したものである。このように，湖と造成地を完全に遮断した場合，土砂の流出，消波効果は果たせるが，造成地内にできた水溜まりは水交換できないため富栄養化してしまい，ヨシ以外の植物（マコモ，ウキヤガラ）が優占してしまった。また，湖水面とヨシ地は隔離してしまうため，湖水面とヨシ地にまたがって生活するカイツブリなどの小動物の生育が確認できなかった。

(3)　木柵タイプの消波施設

波浪によるエネルギーは，寄せ波だけでなく引き波についても大きいため，両方向の波に抵抗できることが必要である。したがって，木柵タイプは図9のようにベニヤ板の両側に木杭を打ち込む構造とした。この方法は隔離水域もできず構造も簡易であること，工事費も安価であること，材質が木であるため湖岸堤からみた場合にも違和感が小さいことなど利点が多い。従って，植栽工事では主としてこの方法を採用している。

ヨシ植栽工事

ヨシ植栽工事における移植法は，大株苗移植法とした。施工順序としては，まず，ヨシの地上茎を根元から刈り取った後，地下茎を含んだ土を一辺が50 cmの立方体状に整形して切り取るが，この際の施工機械は写真2～5に示すように，土を切り取り可能なアタッチメントをバックホーに装着し作業を行っている。なお，アタッチメントを使わず通常のバケットで切り取り作業を行った場合には，地下茎に付着していた土がはがれ落ちるため，植栽地での生育状況が悪くなる傾向が見られた。

写真6～9は植栽されたヨシ地の生育状況を示したものである。2年目以降になると植栽したヨシは，自然生のものに比べても遜色ない生育を示していることがわかる。

植栽後のヨシの生育状況調査

公団が，昭和59年から平成4年にかけて実施してきたヨシ植栽工事の位置を図10に示す。ヨシは，植栽してから現在まで15年から7年の期間が経過したことになる。

植栽されたヨシは，植栽場所毎の環境（風，波浪，植栽地盤高さ，植栽地盤の土質，水質，他の植物の影響，消波施設の構造等）の違いによって，植栽後の生育状況に違いが出ることが予想された。そこで，平成9年度に撮影した琵琶湖沿岸の航空写真と現地踏査の結果から得られた琵琶湖沿岸の植生分布調査結果を基に，植栽時点のヨシ植生面積と平成9年度時点のヨシ植生面積を比較し，ヨシの生育状況を把握することとした。

図11，12に草津川北地区のヨシ植栽工事場所の平面図と断面図を示す。

この地区のヨシ植栽工事は，昭和63年3月に実施した。工事の内容としては，断面図に示すとおり，湖岸堤管理用道路の湖側の捨石消波小段の前面に幅30 mのヨシ植栽地を造成し，堤防寄りの10 m区間（地盤高さ：B.S.L.±0 m）にヨシを植栽した。ヨシの植栽面積は，1,800 m²，ヨシ造成地の全体面積は，5,550 m²であり，ヨシ造成地の消波施設としては，捨石タイプを施工した。

図13に平成9年度時点のヨシ植生状況図を示



写真2　一片が50cmの正方形状に土を切り取る（ヨシ苗育成地にて）.

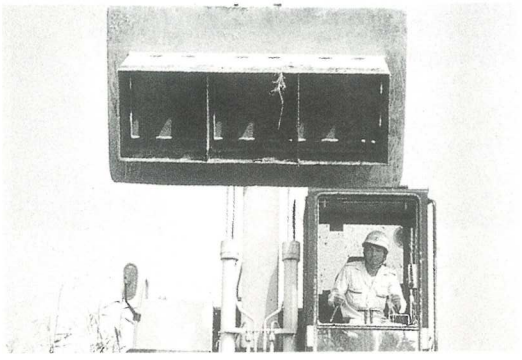


写真3　ヨシ切り取り用アタッチメント（ヨシ苗育成地にて）.



写真4　切り取ったヨシをすくい取る（ヨシ苗育成地にて）.



写真5　ヨシを植栽地に植え付ける（ヨシ植栽地にて）.



写真6　植栽直後のヨシ植栽地.



写真7　2ケ月後のヨシ植栽地.



写真8　1年5ケ月後のヨシ植栽地.

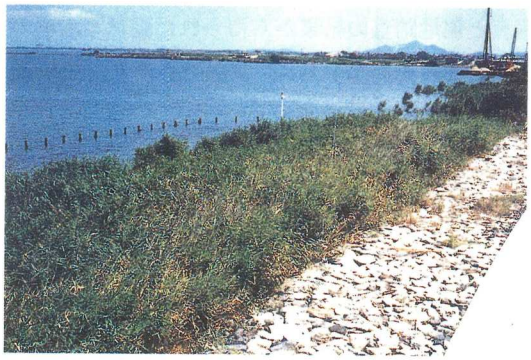


写真9　3年後のヨシ植栽地.

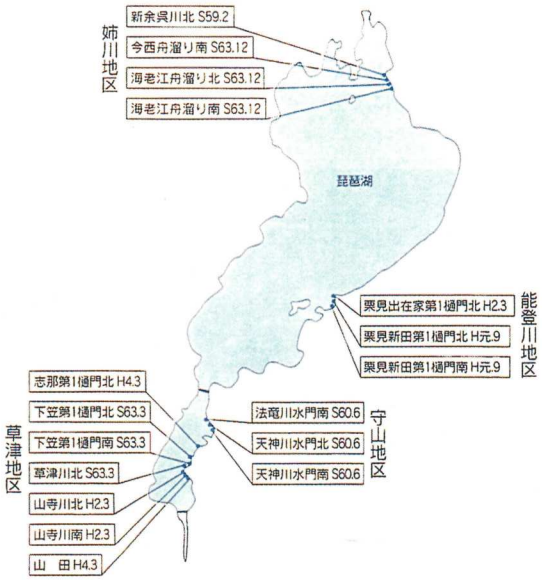


図10　ヨシ植栽工事位置図.

す。この図から分かるとおり，昭和63年当時に植栽したヨシが，地下茎の伸長によって，湖側に広く植生範囲を広げたことが分かる。しかし一方では，昭和63年当時にはヨシを植栽した部分であったが，平成9年度時点で，ヨシが消失している部分も認められた。図中の左端については，捨石タイプの消波施設が切れていることによって，波浪の影響によって，ヨシが消失したと考えられる。図中の右端については，ヨシ植栽時には無かった植物（アカメヤナギ）が植生し，ヨシに対して次第に優先していったと考えられる。

草津川北地区のヨシの植生面積を比較すると，植栽時点（昭和63年3月）が，1,800 m² だったのに対して，平成9年度時点では，3,380 m² なり，実に88%植生面積が増加したことになる。平成

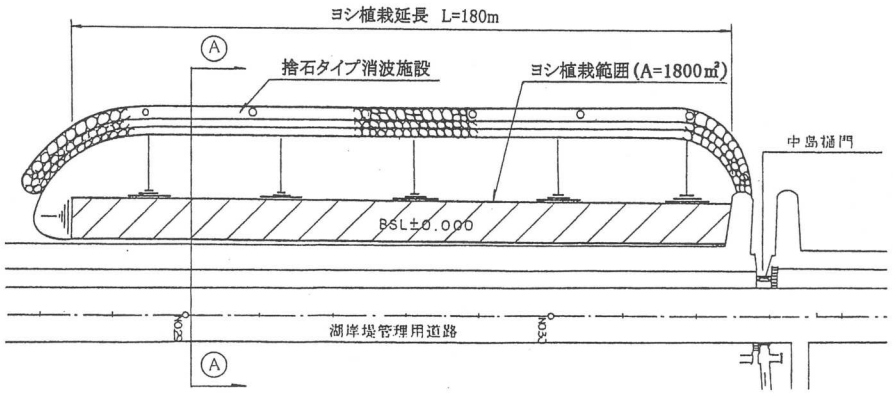


図11　草津北地区ヨシ植栽工事平面図（S63.3時点）.

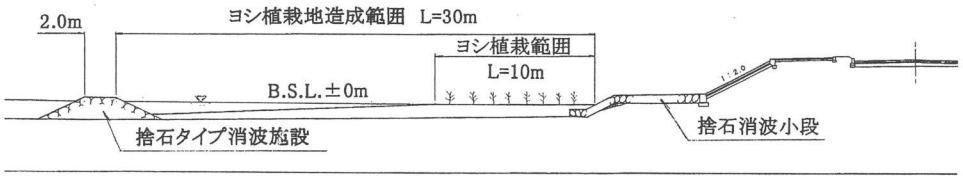


図12　A－A 断面図（S63.3時点）.

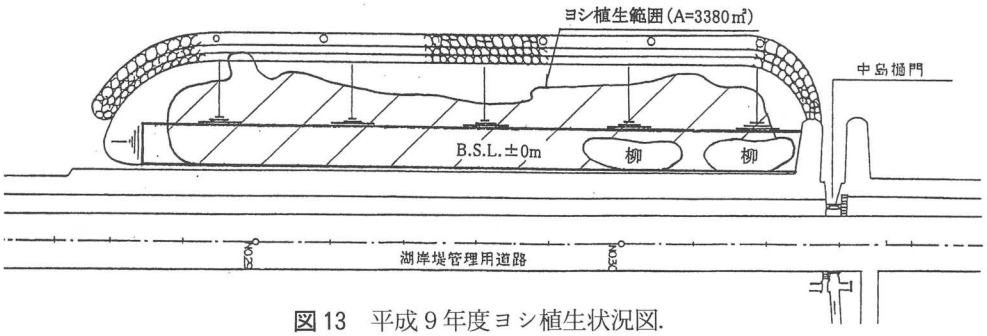


図13　平成9年度ヨシ植生状況図.

11年5月の草津川地区のヨシ植生状況を写真10に示す。

以上のような植生面積等の比較整理を，公団が行った17ヶ所のヨシ植栽工事のすべてについて行った。その結果を表2に示す。この表から分かるとおり，植栽したヨシが，その後，植生面積を広げた場所と逆に減少させた場所があることがわかる。

しかし，全体としては，植栽時点でのヨシ植生面積の合計が，29,300 m² であったのに対して，平成9年度時点では，39,530 m² なり，35%植生面積が増加したことになる。

おわりに

公団は，これまで，ヨシの植栽に関して，研究，試験を行いつつ，その成果を基にヨシ原の復元のための植栽工事を実施してきた。植栽したヨシは，



写真 10　草津川北地区ヨシ植生状況（H11.5 時点）.

平成 9 年度時点で，植栽時に比べて 35%植生面積が広がるなど，琵琶湖に確実に根付き，琵琶湖の環境や生態系に対して，良い影響を与えていると考えられる。

また，一連のヨシ植栽の過程の中では，いくつかの知見が得られている。例えば，現存するヨシを減らすことなくヨシを増やしていくために，「自然生のヨシ」を使って移植を行うのではなく，「種子から発芽したヨシ」を育ててヨシ苗としたこと。移植方法については，ポット苗移植法，大株苗移植法等の様々な方法を試みることによって，経済性も含めた各方法毎のメリット，デメリットを把握できたこと。植栽地の造成方法については，ヨシの生態を考慮し，土質は砂質土，地盤標高は琵琶湖基準水位（B. S. L. ± 0 m）付近とし，さらに，波浪の影響を小さくするための消波施設を設ける必要があることなどがあげられる。

これらの知見は，琵琶湖だけに限らず，全国の河川，湖沼のヨシ原の復元や拡大に役立つのではないかと考える。

琵琶湖におけるヨシの保全については，滋賀県が平成 4 年に「ヨシ群落を守り育てるヨシ群落保全条例」を制定し，官民一体となって，積極的に取り組んでいるところであり，公団が植栽したヨシについても，平成 9 年 11 月以降，滋賀県がその管理を行っているが，公団としては，今後ともヨシの保全について，可能な限り協力していきたいと考えている。

表 2　ヨシ植生面積等集計表.

地区名		ヨシ植栽当初		H9年度
		植生面積	造成地面積	植生面積
新余呉川北	S59. 2	3,400	3,400	2,910
今西舟溜南	S63. 12	1,250	1,250	2,000
海老江舟溜北	S63. 12	2,700	2,700	4,010
海老江舟溜南	S63. 12	1,600	1,600	1,640
姉川地区		8,950	8,950	10,560
栗見出在家第1樋門北	H2. 3	2,700	4,050	6,180
栗見新田第1樋門北	H1. 9	1,200	1,800	280
栗見新田第1樋門南	H1. 9	1,600	2,400	110
能登川地区		5,500	8,250	6,570
法竜川水門南	S60. 6	1,900	1,900	2,040
天神川水門北	S60. 6	1,300	1,300	1,330
天神川水門南	S60. 6	500	500	590
守山地区		3,700	3,700	3,960
志那第1樋門北	H4. 3	2,950	2,950	2,530
下笠第1樋門北	S63. 3	800	2,850	1,450
下笠第1樋門南	S63. 3	750	2,100	760
草津川北	S63. 3	1,800	5,550	3,380
山寺川北	H2. 3	2,800	8,850	6,420
山寺川南	H2. 3	1,350	4,350	2,170
山田	H4. 3	700	700	1,730
草津地区		11,150	27,350	18,440
合　計		29,300	48,250	39,530