特集

琵琶湖の生態系と水質の改善

琵琶湖岸ヨシ群落の修復・再生への取り組み

田中周平*

キーワード：琵琶湖，ヨシ群落，自然再生，植栽実験，植栽条件

1. はじめに

琵琶湖は400万年の歴史を持ち、その歴史の中で現在の豊かな生態系や固有の動植物を育んできた。琵琶湖岸の特徴のひとつは大規模なヨシ群落の存在であり、水生生物や魚類、鳥類の生息空間として極めて重要な役割を果たしている。このように、琵琶湖にとって重要かつ貴重なヨシ群落は、高度成長期にかけて、湖周道路の建設による直接破壊などの理由により減少した¹⁾。ヨシは汎存種でヨシ群落として北緯70度にいたるユーラシア大陸に広く分布している²⁾。高地から低湿地にまで存在する適応範囲の広い大型抽水植物であるため、湖辺や川辺の自然再生時に用いられることが多い。琵琶湖におけるヨシの人工植栽は、これまで、滋賀県、水資源開発公団（現（独）水資源機構）をはじめ各関係機関で実施されてきたが、すでに湖辺環境はヨシ群落が繁茂した時とは斜度等多く的环境条件が異なり、単純にはヨシは活着しにくい状況である³⁾。本報告では、琵琶湖岸のヨシ群落の修復・再生に向けた取り組みを整理し、今後、ヨシ植栽を効率的に進める上での重要な要素を明らかにする。

2. ヨシ植栽の変遷と研究事例

2.1 地元の漁協による植栽

地元の漁協によるヨシ植栽事例としては、いくつかの報告例⁴⁾がある。中主町喜合地先に1970年8月に約2,900㎡のヨシが植栽された事例では、底質は砂で水深0～100cmに植栽されたヨシが冬季の風波により流されて消失した⁴⁾。また、湖北

町延勝寺地先では、1968年11月に水深50～60cmの砂礫部にヨシが植栽され群落を形成したとの報告がある一方で、一部にヨシ群落が形成されたが局所的に留まった事例もあると報告している⁴⁾。これらからもヨシ群落再生の成否に関わる要因の多様さがうかがえる。

2.2 ヨシ苗の研究・開発

1979～1986年まで、水資源開発公団（現（独）水資源機構）により、ヨシ植栽のための試験研究が行われた。その中で、自生ヨシの移植では、大規模なヨシの植栽工事を行うことが困難であると判断し、種子起源のヨシ苗の栽培実験が行われた。種子から発育した苗を直径30cmのポリポットに移植し、1～2年後の繁殖後に琵琶湖岸に移植した結果、移植後1年で自生のヨシに比べるとやや細い地下茎が伸び、3年目には大株移植法と遜色のないヨシ群落が形成されたと報告している⁵⁾。

2.3 水資源開発公団（現（独）水資源機構）による植栽

植栽法の開発後、1984～1992年にかけて、湖岸堤周辺にヨシ群落が造成された。水資源開発公団（現（独）水資源機構）によるヨシ群落の造成面積は、姉川地区、能登川地区、守山地区、草津地区の4地区の合計で約4.8haであり、植栽工法は、ポット植栽法、大株移植法、小株移植法、地下茎工法を比較検討した結果、大株移植法を採用し、土壌の造成では、表層50cm程度までは細砂、それ以深の土質は特に規定しなかった。そして、湖岸から10mまではB.S.L. ± 0 cm付近で整地、そこからさらに沖20mを約5%の勾配で先端部がB.S.L.-80cmとなるように造成（図-1⁶⁾）し、消

A report of natural restoration projects by reed plantations on Lake Biwa shore

*京都大学大学院工学研究科附属流域圏総合環境質研究センター Shuhei TANAKA

図-1 水資源開発公団（現（独）水資源機構）によるヨシ植栽地標準断面図例⁶⁾

波施設として、主として木柵タイプ、一部は捨石タイプや簡易鋼矢板タイプを前面に設置した⁵⁾。

2.4 滋賀県による植栽

1992年7月にヨシ群落保全条例を施行して以降、滋賀県は主体となってヨシの植栽事業⁷⁻¹²⁾を開始した。最初の事業として中主町須原でのヨシ植栽実験を実施し、1993年には、淡海環境保全事業財団（現（財）淡海環境保全財団）（以下、財団と記す）を設立した。能登川町栗見出家および近江八幡牧町でのヨシ植栽実験は財団によって実施されたものである。1992～1993年は湖東岸で実施したが、結果が芳しくないため、1994年以降はヨシ群落造成の中心を南湖東岸や湖西に移行した。以後、滋賀県からの委託を受けた淡海環境保全財団により、毎年ヨシの植栽事業が継続して実施されている。

1997年までは陸域と水中の両方にヨシは植栽されていたが、陸域植栽は活着が良いが以降の生育状態が不良となる場合が多いため、マット植栽法等の開発に伴い、1998年以降は水中での植栽が中心となってきた。近年は、滋賀県琵琶湖環境部自然保護課、水産課、河港課がそれぞれヨシの植栽を継続している。

3. ヨシ群落の修復・再生に関する研究事例

3.1 琵琶湖岸における水位・波浪および土壌条件

立地条件に関して、生嶋ら^{2, 13)}は、ヨシの自生地に通じた環境要素を調査した結果、ヨシ群落が発達する場所として、①沿岸帯の湖底勾配が小さく遠浅の場所、②強い風波が直接あたらず湖底土が安定している場所を挙げている。中村²⁾は、ヨシ群落の勾配を2%以下が好ましいとしており、勾配5%以上では不可としている。水の単位

重量、波高、周期、日数による入射波のエネルギーは一日あたり18 t・m/m/s 以下が望ましく、24以上では不可としている。

水位条件に関して、生嶋ら^{2, 13)}は1966年の調査結果から、ヨシが水中で生育できる水深限界は約1mであり、1mを超えると個体密度や現存量が急減すると報告している。立花^{2, 14)}は、水深70cm以深にヨシを植えることは好ましくないと報告しているが、一方で中村は水深1.3m以内であれば良いと報告²⁾している。田中・尾藤ら¹⁵⁾は、2001年8月に琵琶湖周辺の16のヨシ群落を調査し、地盤高 B.S.L.-90～-30cmにおいて、ヨシ茎密度が平均値を上回ったが、B.S.L.-100cm以深、B.S.L.20cm以高の地盤高での茎密度は疎であったと報告している。

土壌条件としては、生嶋ら^{2, 13)}は、ヨシは土壌粒子に対しては広い適応性を持ち、砂と泥が混在している場所では生育が良く、礫のみか腐泥土が厚く堆積した場所では生育が悪く、風波や河川からの流出砂泥が大きく関与していると報告している。また、中村²⁾は、砂、砂泥、泥では可とし、礫、石では不可としている。田中・尾藤ら¹⁵⁾は、2001年8月に琵琶湖周辺のヨシ群落において地質調査を行った結果、ヨシ群落内の平均粒度分布は、粗砂以上55%、細砂分35%、シルト以下10%、平均地質成分は、強熱減量0.8～7.6%、窒素含有率80～1675 mg/kg/dry、リン含有率75～440 mg/kg/dryであったと報告している。さらにヨシの生育には土壌の均等係数、リン含有率が大きく寄与していることが分かり、均等係数3.2～7.4、リン含有率50～100 mg/kg/dryの土壌では、平均値を上回る形状のヨシが生育する傾向にあると述べている。今後のヨシ植栽では、以上の結果を逸脱しな

い範囲での基盤整備が必要であると考えられる。

3.2 ヨシ植栽実験による植栽工法の評価

滋賀県のヨシ植栽では、挿し木苗法が1994年から採用され、1995年にはもっとも大規模で採用されたが、1996年以降は小規模な採用に留まっている⁸⁾。大株移植法は1993、1994年に大規模に採用されたが、1995年以降の採用事例は少ない。植栽密度は、1994年にポット苗 1 株/m²、1995年1.5～2 株/m²、1996年以降は3 株/m²で行われており、年々植栽密度は高くなった。マット苗は1996年以降1枚/4 m²で植栽されている。マット植栽法は1996年以降大規模に採用されるようになり、1999年にはすべての植栽地で、マット植栽法が採用された⁸⁾。

植栽工法の評価では、田中・藤井ら^{16, 17)}が1997年10月から琵琶湖南湖東岸で長期にわたるヨシの植栽実験を行い、植栽工法別のヨシ植栽可能地盤高を次のように提案した。①マット植栽法：B.S.L.-70cm（陸域における植栽にはあまり適さない）②ポット苗移植法：B.S.L.-50cm（ただし、B.S.L.-40cm以深では無発芽率が10%を越える）③土のう工法：B.S.L.-50cm（ただし、B.S.L.-40cm以深では無発芽率が10%を越える）④大株移植法：B.S.L.-50cm（ただし、B.S.L.-20cm以高の陸域における植栽が適する）⑤ピットマン工法：陸域であり波浪、地盤変化などの影響が極力小さな区域。⑥地下茎工法：陸域であり波浪、地盤変化などの影響が極力小さな区域。そして、植栽費用を考慮した結果、B.S.L.-70cm～-50cmではマット植栽法、

B.S.L.-50cm～-20cmではポット苗移植法、B.S.L.-20cm以高では大株移植法が望ましいと提案³⁾している（図-2³⁾）。

3.3 植物種構成による自然再生評価手法の開発

立花^{2, 4)}は、ヨシは野生植物であり、それらを移植して新しい人工的自然を造成するには、栽培植物の栽培とは別の考え方と技術を必要とし、それは、単にヨシが茂れば良いというだけではないからであると述べている。そして、ヨシを優占種とする自然のヨシ群落と全く同じような自然生態系を人工で補助しつつ造成し、これを保全しなければならないと述べている。

琵琶湖岸ではヨシ植栽による沿岸環境の修復事業が進められてきたが、修復は容易ではなく、ヨシ植栽後の評価事例も少ない。例えば復元状態は、航空写真の判読等により面積で評価されることが多く、植物種を含めた総合的な評価はあまりなされていなかった。田中・西川・畦原・六代らは植物社会学的手法（Braun-Blanquet 法）を応用した新たな調査手法を提案した^{18, 19)}。田中・西川・澤本らは、本手法による植生調査を2003年に琵琶湖沿岸ヨシ群落の計34測線で実施し、調査より得られた指標（植物種、被度、植被率等）と、現存量・含有成分量などの定量的指標との関係を解析した。そして、植物群落の地上部含有成分を定量化し、自然再生目標となるいくつかの自生ヨシ群落の植生および物質質量をもとに、植栽後のヨシ群落の修復・再生度を評価した。その結果、琵琶湖沿岸の植栽ヨシ群落を定量的に評価でき、湖北町

図-2 琵琶湖における地盤高別のヨシ植栽工法および土壌条件の提案³⁾

の植栽ヨシ群落は再生度が高く、木浜、山寺川河口北、近江八幡白鳥川北、牧の植栽ヨシ群落は再生度が低い群落であると報告している^{20, 21)}。

3.4 消波施設の撤去がヨシ群落遷移に及ぼす影響の検討

中村²²⁾は、流れが緩やかな泥地または砂泥地への移植を提案し、砂地に造成する場合は、潜堤等による消波が必要であろうと述べている。また、潜堤自体が魚礁を兼ねるような構造を提案している。河口におけるヨシ造成には、河川特性（土砂生産、流量）の変化に留意すべきと述べており、特に上流におけるダム造成や砂利採取による河床低下の影響を懸念している。また、湖沼の水位操作による沿岸の洗掘浸食の影響も示唆している。

その他の消波施設としては、捨石、鋼矢板、木柵などの方法がある。中村ら⁵⁾はこれらについて、①捨石タイプは所定の機能を発揮させる場合、かなり大きな構造物となり、特に水位が低下した場合の違和感が強い、②鋼矢板で完全に遮断すると、湖水面とヨシ地にまたがって生活する動物が生息しなくなる、および矢板内部が富栄養化しヨシ以外の植物（マコモ、ウキヤガラ）が優占となる、③木柵タイプは、ベニヤ板の両側に木杭を打ち込む構造で、隔離水域とならず材質が木であるため違和感が小さく工事費も安価である、と評価している。吉良²³⁾は、インタビュー記事の中でヨシを植える際、矢板など打って少し（地盤を）乾いたところで十分に定着させた後、水を導入する方法を提案している。

水資源開発公団（現（独）水資源機構）²⁴⁾では、地盤と波に関する既存の知見を踏まえ、ヨシ植栽地の造成時には、湖岸から沖へ10mの区間についてB.S.L.0cm付近で整地し、さらに沖に30m地点までの20mは、その先端でB.S.L.-80cmとし、さらに、消波施設として木柵等を設置する方法を採用した。これに対して、辻田²⁵⁾は、琵琶湖におけるヨシ植栽の問題点として、消波用の矢板や石敷きを植栽の沖側に配したこと挙げ、このために、沿岸から沖に向かって存在した緩やかな傾斜が、矢板を挟んで急激に変化したため、藻場とヨシ群落によって形成されていた汀の生態系を破壊していると述べている。

滋賀県は消波施設として、当初、簡便なエリ型

消波施設を用いていたが、1998年以降はB.S.L.-100cm付近に布団籠による土留めを打ち、その前面に木杭と樹脂ネットによる消波柵を設置する方法を採用している⁸⁾。基盤はB.S.L.-50cm程度まで盛土造成されている⁸⁾。実際、ヨシ群落復元の意義が、魚類、鳥類の生育場の保証、天然護岸の整備にあることから、植栽地を湖面と隔離するような方法は、たとえ消波効果がもっとも高くても用いるべきではないと考えられる。

近年、消波施設が付設されたヨシ植栽地が、帰化植物チクゴスズメノヒエ群落に遷移する事例が多く見受けられた²⁶⁾。チクゴスズメノヒエは水田やクリーク等に発生するイネ科多年生草本で、繁茂して水の流れを阻害し水質悪化の原因となる²⁷⁾。水田における抑制対策としては、シハロホップブチル乳剤やシハロホップブチル・ベンタゾン液剤、ビスピリバック Na 塩液剤の散布などが効果的である^{28, 29)}が、薬剤の散布は湖沼の水質悪化を招く可能性があり適当ではない。そこで、湖沼沿岸域における抑制対策のひとつとして、消波施設の撤去による水流の確保を試みた結果、土壌中のリン含有率が著しく減少し、チクゴスズメノヒエ繁茂の抑制に効果的であることが、田中・豊島・西村ら²⁶⁾の追跡調査の結果により示された。

4. ヨシ群落の機能に関する研究事例

4.1 琵琶湖水位が魚類に及ぼす影響の検討

中村^{2, 4)}は、ヨシ群落に囲まれた湖岸の浅所でマコモなどの水生植物が繁茂した水域は、ホンモロコの絶好の繁殖場であると報告している。つまり、ヨシそのものよりもヨシ等植物によって囲まれた旧内湖のような環境が重要であり、単なるヨシの機械的な移植だけでは限定しない復元方法が必要であると述べている。また、湖東および南湖に点在する礫底の湖岸はコアユの好漁場に該当するので、ヨシの造成区域から除外すべきであると述べている。

森田ら³⁰⁾は琵琶湖水位の変化とヨシ群落内の環境変化および仔稚魚の生育分布の調査研究を行い、水位低下によりヨシ群落奥部のDO、pHが低下する一方で、電気伝導度、COD値は高くなるなど、堆積有機物の影響を大きく受けることを示している。山本³¹⁾は1992年以降の琵琶湖水位

操作の強化がヨシ群落に生息するコイ科の魚類に大きな影響を及ぼしている可能性を示唆し、魚類生息環境に配慮した水位調整の実施の必要性を唱えた。

井出ら³²⁾はヨシ群落縁辺部における仔稚魚等の採捕調査を実施し、外来魚や在来魚の発生・生息状況を報告している。その結果、南湖のヨシ群落縁辺部ではブルーギル、オオクチバスが優占したが、北湖のヨシ群落縁辺部ではコイ科魚（オイカワ、カネヒラの仔稚魚）が優占していたことを報告している。しかし、フナ類仔稚魚が少なく、1年魚以上のブルーギル、オオクチバスの存在が確認されたことから、ヨシ群落を産卵場とする魚類に食害等の影響を及ぼしていると示唆している。

4.2 ヨシ群落の水質浄化機能

植物は地下に広がった根、地表から垂直に伸びた茎、茎から横方向に展開した葉という体制をもっている。葉の細胞の行う光合成により作られる同化産物は、葉から、茎や根に送られ、一方で根から生命の維持に欠かすことのできない水分と無機養分が吸収され、茎を通り、葉に運ばれる³³⁾。

ヨシの現存量は大型抽水植物のなかでは大きく、また、植物による浄化はその現存量に大きく依存しており、また植物の生長段階によって窒素、リンの割合も大きく異なっていると考えられている³⁴⁾。植物の中の窒素、リン含有率は多くの研究者によって報告されており、抽水植物、浮遊植物、沈水植物ごとに整理した。種による違いはあるものの一般には抽水植物の窒素、リン含有率は浮遊植物・沈水植物と比べても少ない。抽水植物中の窒素、リン含有率は4月の生長初期にもっとも高く、窒素は約3～4%、リンは0.5%程度であるが、その後5月後半までには急速に減少し半分程度になる。さらに枯死が始まるにつれて含有率は低下し、枯死体では窒素が0.5%以下、リンが0.02%以下となり、生長時期の約15%（窒素）、約4%（リン）となる。また、秋から冬にかけて地上部の栄養塩の一部が地下部に移動し、来期のヨシの発芽にかけて蓄積される³⁴⁾。

生長期の栄養塩吸収速度では、細井ら³⁵⁾がヨシの水耕栽培を行い、実験期間中に栽培液に含まれる窒素、リンの濃度を測定しヨシの栄養塩吸収特性を調査した結果、ヨシ群落1㎡での窒素、リ

ンの吸収速度は窒素で692～1440 mg/day、リンで85～246 mg/dayであると報告している。

栄養塩の回帰過程では、伊田ら³⁶⁾は、①ヨシは初期の溶出期間は比較的短く、約5日でピークを超え、2週間経過すると低下しその後安定する。②生ヨシからの溶出濃度は枯れヨシより初期値が約5倍高く、負荷量も数倍多くなる。③カットの程度が激しいほど初期濃度が高く、温度影響も5℃に比べ20℃の方が約2倍高いと報告している。一方で、渡辺ら³⁷⁾は、枯れる頃に地下茎に栄養塩が輸送されるため、枯死がただちに湖水への栄養塩の回帰にはつながらないと報告している。細井ら³⁸⁾は、休耕田に生育しているヨシ群落においてヨシの現存量と栄養塩含有量を測定し、ヨシの現存量は1月まで増加し、それ以降は減少していく傾向のあること、栄養塩含有率は、窒素、リンとも成長初期をピークに減少し、7月頃からほぼ一定の値になることを示した。また、長谷ら³⁹⁾は10月刈取りの植物体による栄養塩含有量を測定し、ヨシの植物体全体に対する地上部のN量は59%、P量は63%であることを示した。

5. ま と め

本報告では、琵琶湖岸におけるヨシ群落の修復・再生に関わる研究事例を収集し、それらに1997年より継続しているヨシ植栽実験および調査研究に関するデータを加えて整理した。本報告が、今後の琵琶湖沿岸域におけるヨシ植栽事業の一助となることを願う。

謝辞：京都大学藤井研究室、立命館大学山田研究室、(独)水資源機構および(独)琵琶湖・淀川水質保全機構をはじめ本研究に関わって下さったすべての人々に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 小谷博哉：琵琶湖のヨシ群落保全条例、環境と公害(1993)
- 2) 葭地等保全造成検討委員会：琵琶湖の葭地等に関する調査検討結果報告書(1978)
- 3) 田中周平：ヨシの生育影響要因と植栽条件に関する研究、立命館大学博士論文(2002)
- 4) 葭地保全造成検討委員会：琵琶湖の葭地等に関する予察的検討結果報告書(1977)
- 5) 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, 9, p.66-76 (1993)
- 6) 村尾浩太、福士富之信、浜田英彦：琵琶湖開発事業におけるヨシ原の復元について、関西自然保護機構会報, 21, 2, p.217-226 (1999)
- 7) 滋賀県、東レエンジニアリング：ヨシ群落生態調査報告

- 書, 平成10年度第2号滋賀県報告書 (1998)
- 8) 滋賀県自然保護課: ヨシ群落造成事業の実績と評価, 調査報告書 (2001)
 - 9) 滋賀県: ヨシ群落現存量等把握, 調査報告書 (1992)
 - 10) 淡海環境保全財団: ヨシ成長量モニタリング調査, 調査報告書 (1994)
 - 11) 淡海環境保全財団: 南湖のヨシ群落衰退の現状とその原因について, 調査報告書 (2000)
 - 12) 淡海環境保全財団: ヨシ群落衰退地域の原因調査研究会中間報告, 調査報告書 (1998)
 - 13) 生島功, 前河孝志, 森田尚: ヨシ群落のワイズユースを考えると, 水草研究会会報, **51** (1993)
 - 14) 立花吉茂: 琵琶湖の湖岸に分布するヨシとその特性について, 関西自然保護機構会報, **21**, 2 (1999)
 - 15) 田中周平, 藤井滋穂, 山田淳, 尾藤武: 琵琶湖周辺ヨシ群落調査によるヨシの生育環境条件の検討, 環境工学研究論文集, **39**, p.459-465 (2002)
 - 16) 田中周平, 藤井滋穂, 山田淳, 市木敦之: 水ヨシ生育に及ぼす植栽条件の影響に関する研究, 環境工学研究論文集, **36**, p.253-261 (1999)
 - 17) 田中周平, 藤井滋穂, 山田淳, 尾藤武: ヨシ生育に及ぼす水位および地盤変化の影響, 日本水環境学会誌, **24**, 10, p.667-672 (2001)
 - 18) 田中周平, 藤井滋穂, 山田淳, 畦原貴容子, 西川博章: ヨシ植栽地における植物群落の遷移特性分析, 土木学会論文集, **VI-26**, 727, p.13-22 (2003)
 - 19) 田中周平, 藤井滋穂, 山田淳, 六代桂, 西川博章: 植栽地におけるヨシの生育に及ぼす他の植物種の影響, 環境技術研究協会年次大会研究発表会予稿集, **2**, p.265-270 (2002)
 - 20) 澤本直樹: 植生調査によるヨシ群落再生評価手法の提案とその適用, 立命館大学修士論文 (2003)
 - 21) 田中周平, 藤井滋穂, 山田淳, 西川博章, 澤本直樹: 琵琶湖沿岸ヨシ群落の植物種構成による再生評価手法の検討, 環境衛生工学研究, **18**, 4, p.11-20 (2004)
 - 22) 中村充: 琵琶湖におけるヨシ帯の造成 海の環境と漁業, 水産振興, **35**, 3, p.35-41 (2001)
 - 23) 吉良竜夫: ヨシの生態おぼえがき, 滋賀県琵琶湖研究所報, No.9, p.29-37 (1990)
 - 24) 水資源開発公団: ヨシ群落現存量把握調査 (1998)
 - 25) 辻田啓志: ヨシ条例は琵琶湖を救うか (1) (2) (3), 経済評論, (1993)
 - 26) 西村想, 田中周平, 藤井滋穂, 山田淳, 豊島誠也: 帰化植物チクゴスズメノヒエのヨシ群落への侵入とその抑制対策の検討, 環境工学研究フォーラム講演集, **42**, p.93-95 (2005)
 - 27) 大隈光善, 他: クリーク雑草「チクゴスズメノヒエ (新称)」の生態と防除, 福岡農総試験報告, A-2, p.47-56 (1983)
 - 28) 九州農業試験場: 水田雑草キシユウスズメノヒエをシハロホップブチル乳剤で効果的に枯らす方法, 平成10年度九州沖縄農業研究成果情報 (1998)
 - 29) 牛木純他: 水田において茎切片から再生するイネ科多年生雑草の除草剤に対する反応, (財)日本植物調節剤研究協会, 植調, **39**, 8, p.269-276 (2005)
 - 30) 森田尚, 津村祐司: 春から夏の水位移行期を中心としたヨシ群落内における環境変化と仔稚魚の分布, 滋賀県水産試験場事業報告, p.16-17 (2004)
 - 31) 山本敏哉: 水位調整がコイ科魚類に及ぼす影響, 遺伝, **56**, 6, p.42-46 (2002)
 - 32) 井出充彦, 大山明彦: ヨシ群落縁辺部における仔稚魚等採捕調査, 滋賀県水産試験場報告, p.138-139 (2003)
 - 33) 茅野充男: 物質の輸送と貯蔵, 朝倉書店 (1991)
 - 34) 宗宮功: 自然の浄化機構, 技報堂出版, (1990)
 - 35) 細井由彦, 城戸由能ほか: ヨシによる栄養塩除去機能に関する研究, 環境技術, **24**, 4, 221-225 (1995)
 - 36) 伊田健司, 山口明男, 水井宏二, 宮沢裕子, 松下隆一: ヨシからの有機汚濁成分などの溶出, 埼玉県公害センター公害報告, **21**, p.21-29 (1994)
 - 37) 渡辺義人, 桜井義雄: 科研環境科学「閉鎖水域の浄化容量」, p.26-37 (1988)
 - 38) 細井由彦, 城戸由能, 角田政毅: ヨシの刈り取りによる栄養塩の除去, 生物利用新技術研究シンポジウム論文集, Vol.5, p.164-167 (1998)
 - 39) 長谷光展, 塩谷雅弘: 水性植物の浮遊栽培による富栄養水からのN, Pの除去と刈り取り時期, 北陸農業研究成果情報, No.11, p.74-75 (1995)