関西自然保護機構会報 *21*（2）：*111－123, 1999*

赤野井湾におけるヨシ群落の変遷

東レエンジニアリング株式会社　尾藤　武
滋賀県土木部都市計画課　柳田英俊
滋賀文化短期大学　小林圭介

THE ECOLOGY OF *PHRAGMITES COMMUNIS* COMMUNITY IN AKANOI BAY, LAKE BIWA

Takeshi BITO *Toray Engineering Co., Ltd.*
Hidetoshi YANAGIDA *Shiga Prefectural Gov.*
Keisuke KOBAYASHI *Shiga Bunka College*

はじめに

琵琶湖南湖東岸の烏丸半島に接する赤野井湾最奥部北浦水域は「滋賀県琵琶湖のヨシ群落の保全に関する条例」によって，ヨシ群落保全区域の保護地区の１つに指定されている（図1）。

この水域にはヨシとハスがそれぞれ広範囲に群落を形成しているが，それらの分布域は安定的なものではなく，両群落間に介在する他の抽水植物とともに年々顕著に変動している。特に，近年は，ヨシ群落が次第に衰退する傾向にあるのとは対照的に，ハス群落が急速に分布域を拡大しつつあり，今後の変遷が注目される。

滋賀県は，この水域のヨシ群落の実態を把握し，琵琶湖周辺ヨシ群落の今後の保全と維持に係る知見を得ることを目的として，1997年から1998年の２カ年にわたり，「ヨシ群落生態調査検討委員会」(委員長：小林圭介）を設置するとともに，ヨシ，ハス等の生育状況および水質，底質等生育環境条件に係る現状調査を実施した（滋賀県・東レエンジニアリング，1998)。

本報告は，この調査結果をもとに，赤野井湾のヨシ群落の生態的解明と衰退要因について検討・考察を行ったものである。

本報告をまとめるにあたり，検討委員会において数々のご教示・ご意見を賜った，立花吉茂氏（花園大学)，角野康郎氏（神戸大学)，野原精一氏（環境庁国立環境研究所)，花房義彰氏（淡海環境保全事業財団)，布谷知夫氏（滋賀県立琵琶湖博物館）の各委員の方々に，心からお礼申し上げたい。

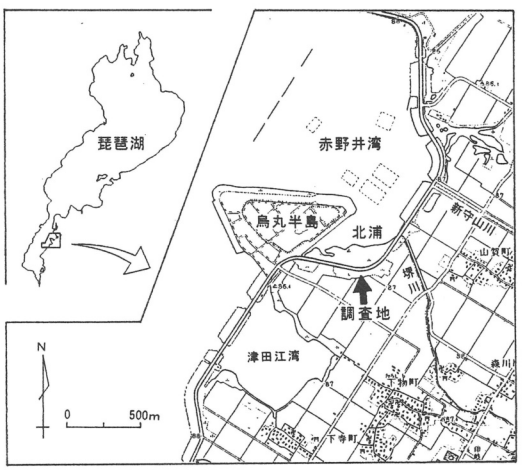


図1　赤野井湾の位置.

調査項目および方法

群落分布等に係る調査

1997年と1998年の各7月に，対象水域の航空写真撮影を行うとともに，現地で種組成調査を行い，赤野井湾の植生分布を把握した。また，国土地理院発行の地形図の収集および過去の航空写真判読を行い，上記と合わせて赤野井湾の地形および群落分布の経年変化を解析した。

現植生のうち，ハス群落および木本植生を除く水生植物群落のほぼ全域は，ウキヤガラ－マコモ群集（*Scirpoulviatilis-Zizaietum latifoliae* Miyawaki et Okuda, 1972）に該当するが，優占種による相観区分の重視と，過去の航空写真判読の限界から，群落分布の経年比較においては，群落の区分を次のようにまとめた。

1） ヨシ群落（ヨシが50～100%で優占する群落）
2） ハス群落（ハス優占群落。マコモ・ヨシ等との混生群落を含む）
3） その他の水生植物群落（マコモ群落，ウキヤガラ群落，その他）
4） 木本植生（ヤナギ類等の木本優占群落）

なお，1959年と1966年の航空写真は解像度の低い白黒写真であり，ヨシ群落とその他の水生植物群落との識別が困難であったことから，これらを含めてヨシ群落とした。また，それぞれの撮影月が5月と4月であるため，当時仮にハスが分布していたとしても，時期的にハスの存在を確認できないことから，両年に限りハス群落の単位区分は行っていない。

生育状況・生育環境条件に係る調査

赤野井湾内において，ヨシ→ハス→沖合の縦断ラインおよびヨシ，ハス各群落内の横断ライン等に調査地点を設けた（図2）。各調査項目毎の調査時期と調査地点は，以下のとおりである。

1） ヨシ・ハス生育状況（生育密度・サイズ等）
   ① 夏季一斉：1997年8月，1998年7月
      地点：Y1～Y5，H1～H3
   ② 季節変化：1997年5 or 6，8，9，10月
      地点：Y2，H2
2） 水質（pH, BOD, COD, DO, SS, EC, N, P）
   ① 夏季一斉：1997年8月
      地点：Y1～Y5，H1～H6
   ② 季節変化：1997年5，8，9，10，12月
      地点：Y2，H2，H6
3） 水深（琵琶湖標準水位 BSL 0 m 時への換算値）
   1997年8月，1998年7月他
   湾内の任意地点
4） 底泥の化学的・物理的特性
   ① 酸化還元電位，pH，灼熱減量，水分率，硫化物，T-C，T-N，T-P
      1997年10月
      地点：Y1～Y3，H1～H3，H6
   ② 底泥ガス（メタン，硫化水素），粒度，硬度
      1998年7月
      地点：Y1～Y3，H1～H3，H6，M1～M5
   ③ 泥厚（直径2.5 cm 先端円錐状測量用ポールの人力貫入量）
      1997年8月，1998年7月他
      湾内の任意地点

なお，ヨシ・ハス生育状況および底泥ガス，底泥の物理特性に関する調査では，赤野井湾以外の比較対照区として，木ノ浜湖岸，木ノ浜内湖，烏丸半島南の3カ所のヨシ群落も調査した。

また，底泥硬度の測定では，ポータブルコーン貫入試験方法（地盤工学会基準 JGS 1431-1995）に基づく貫入抵抗測定値を一軸圧縮強度 q_u に換算した（室町，1957）。

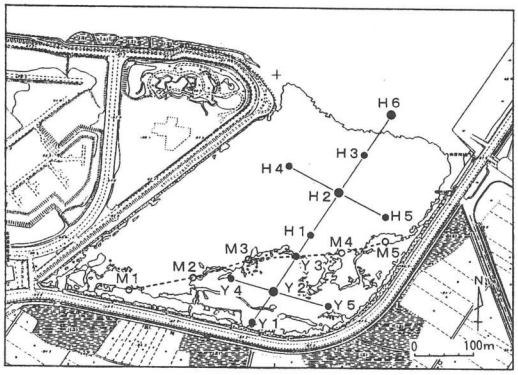


図2　調査地点の位置.

調査結果

赤野井湾の地形変化と群落分布の経年変化

烏丸半島は，埋立が進行する以前の1920～30年代頃までは湖上に突き出た三角形の二辺のような砂嘴の形状を呈していた(図3)。おそらく風波や潮流による琵琶湖沿岸の漂砂や，守山川・堺川などの湾内に流入する河川・水路等からの土砂供給によって，適度な砂分を含む土砂が堆積する場所であり，ヨシ群落は半島の付け根のこのような湖岸の立地に土砂の堆積とともに徐々に発達し，分布を拡大していたものと考えられる。

1959年以降の群落分布図によれば（図4），かつて水域～陸域にかけて湾奥に連続的かつ広範囲に分布していたヨシ群落は，1988年の湖岸堤整備によって，堤より湖側の水域（以下，現湾域内）と陸側の区域とに分断され，現湾域内には水ヨシのみが残存する形となった。

一方，ハス群落は，その形成初期の状況は必ずしも明らかではないが，1975年の図によるとヨシ群落に接して湾の東域から発達し，その後年々大きく分布域を拡大して，近年では湾口部を塞ぐまでに至っている。

概観すれば，ハス群落の著しい分布拡大は主として沖方向であり，ヨシ群落優占区域とハス群落との境界ラインは概ね一定に保たれてきたように見える。しかし，1997～1998年の観察によれば，ヨシ・ハス境界部でのヨシの株立ち孤立化が顕著であり，ヨシ群落内へのハスの侵入，マコモ，ウキヤガラ等との混生，キシュウスズメノヒエの下層繁茂などの状況が認められている。

群落面積の経年変化

現湾域内と，それに対応する区域内を対象とした各群落面積の経年変化を調べた（図5)。

ヨシ群落とその他の水生植物群落との総面積は，1959年から1975年にかけて増加し，その後1991年まで横這いの状況が続いた後，減少に転

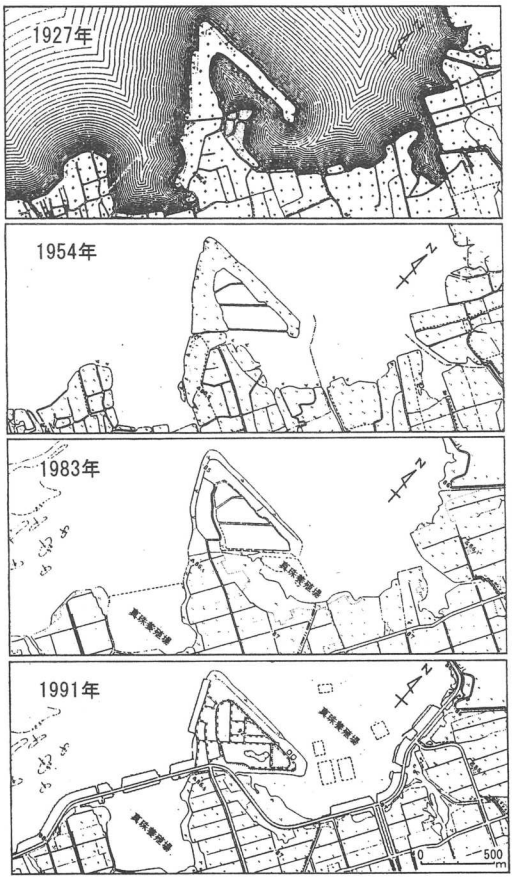
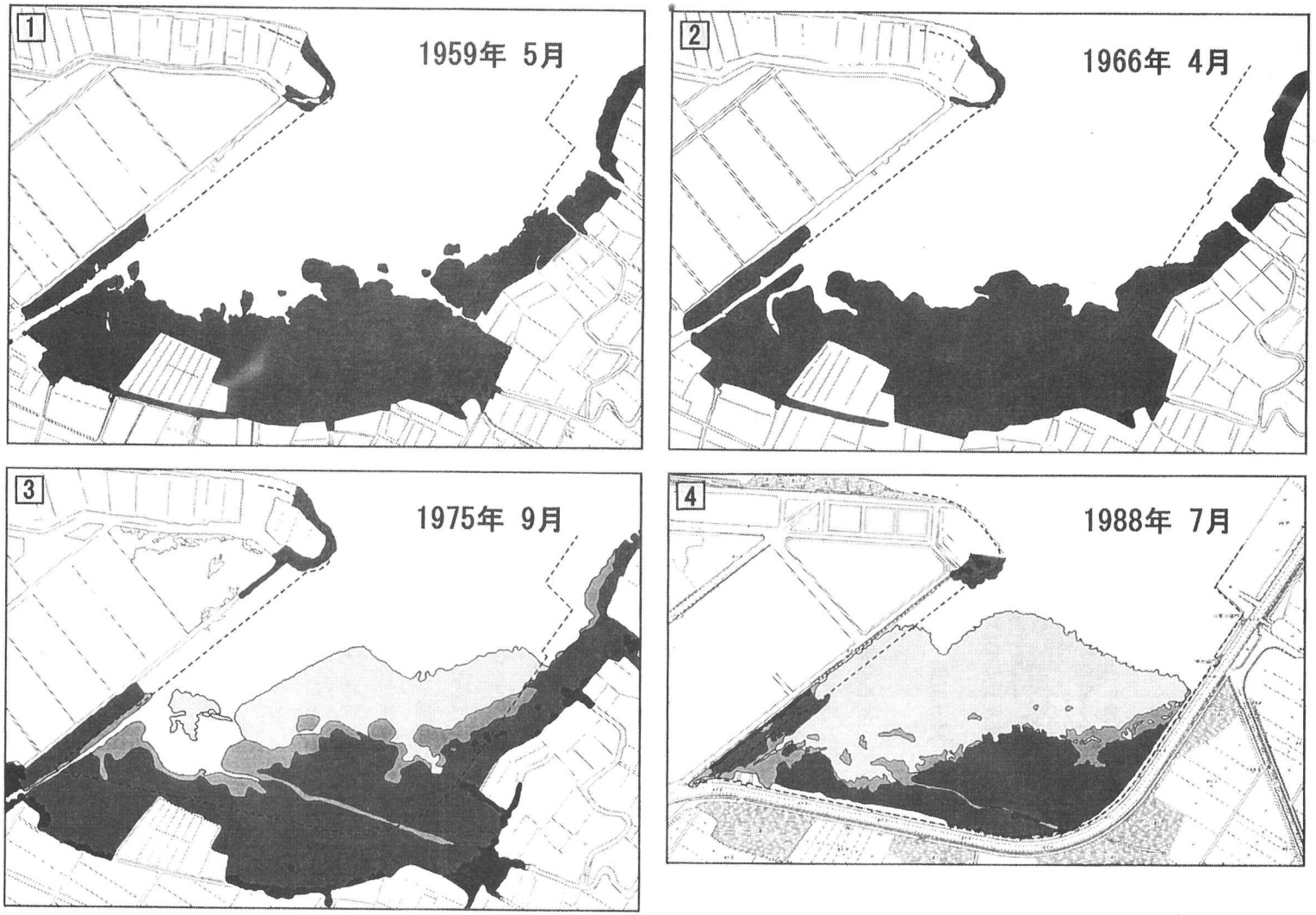


図3　赤野井湾周辺の地形の経年変化. 国土地理院発行2万5千分の1地形図より.


1
1959年 5月
2
1966年 4月
3
1975年 9月
4
1988年 7月

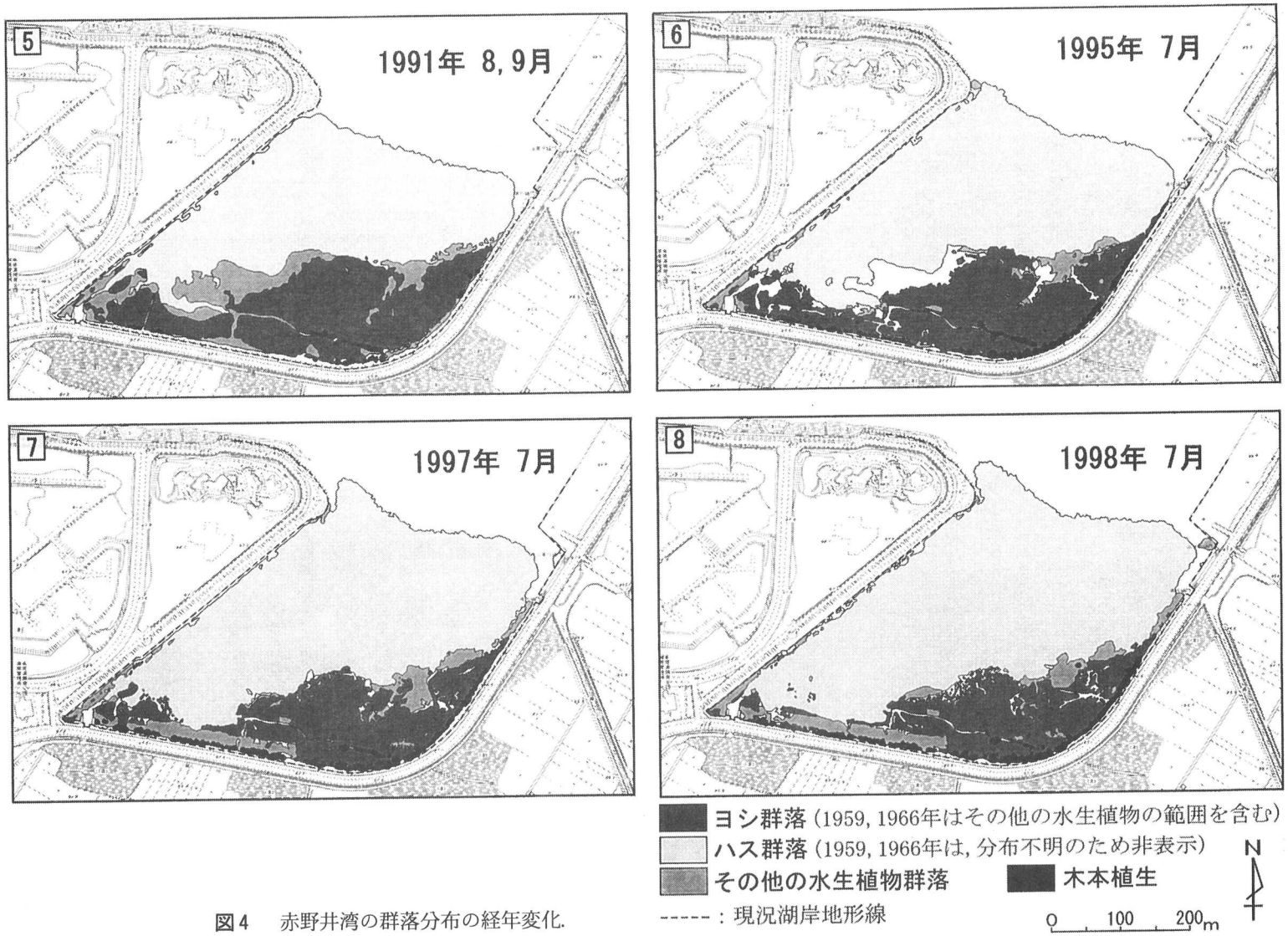


図4　赤野井湾の群落分布の経年変化.

じている。ヨシ群落のみでみると，湖岸堤が整備された1988年から顕著に減少しており，1988年に約4.3 haであった面積が1998年には約2.6 haとなり，10年間で1.7 ha，約4割が減少している。特に最近の減少は著しく，1995年から1998年にかけては，年平均約0.4 haのペースで減り続けている。

一方，ハス群落は，1975年に約3.9 haであった分布は1998年には約11.3 haにまで拡大し，その増加の割合も次第に高まる傾向が見られる。

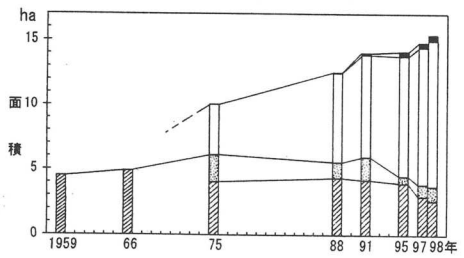


図5　現湾域内での群落面積の経年変化．▨ヨシ群落，▩その他の水生植物群落，□ハス群落，■木本植生．ただし，1959，1966年のヨシ群落には，その他の水生植物群落の面積を含む．

ヨシの生育状況

調査結果のうち，ここではヨシの夏季の結果を示した（表1）。赤野井湾のヨシの生育密度は29～51本/m²，平均稈高は182～273 cm，平均稈径は7.1～9.5 mmと幅がある。ライン方向の変化をみると，密度については，南北・東西方向ともに，ヨシ群落中央のY2の値が周囲に比べ最も低い傾向があった。稈高については，南北方向では一定の変化傾向は認めにくいが，東西方向では岸から沖に向け低くなっていた。稈径については，南北方向では岸からY2-3まで太くなり，境界のY3では細くなっていた。また，東西方向では岸から沖に向け細くなっていた。

総合的にみると，Y2-3のヨシは，太くて比較的稈高が高く，さらに密度も高いという，赤野井湾のヨシにあって比較的良好な生育状態であった。逆に，ヨシ・ハス境界に近いY3，Y4のヨシは，細くて稈高が低く，赤野井湾のヨシの中でも生育状態はあまり良くないと思われた。

琵琶湖のヨシの生育密度については，数多くの報告があるが（立花，1983；桜井ほか，1985；倉田，1988；新井，1990；生嶋ほか，1993），そ

表1　赤野井湾ヨシ群落の生育密度とサイズ．

項目＼地点	Y1	Y1-2	Y2	Y2-3	Y3	Y4	Y5
生育密度(本/m²)	33	30	29	51	33	37	36
［うち幼稈数］	［4］	［1］	［4］	［5］	［7］	［5］	［3］
稈高（cm）	244	262	236	265	182	199	273
平均±SD	±62	±51	±67	±48	±56	±48	±63
稈径　（mm）	8.2	8.8	8.8	9.5	7.6	7.1	9.0
平均±SD	±1.5	±1.2	±1.7	±1.8	±1.9	±2.1	±1.3

（備考）Y1-2,Y2-3は1997.8，他は1997.8と1998.7の平均．Y1-2はY1とY2との,Y2-3はY2とY3との中間点である．SD：標準偏差．

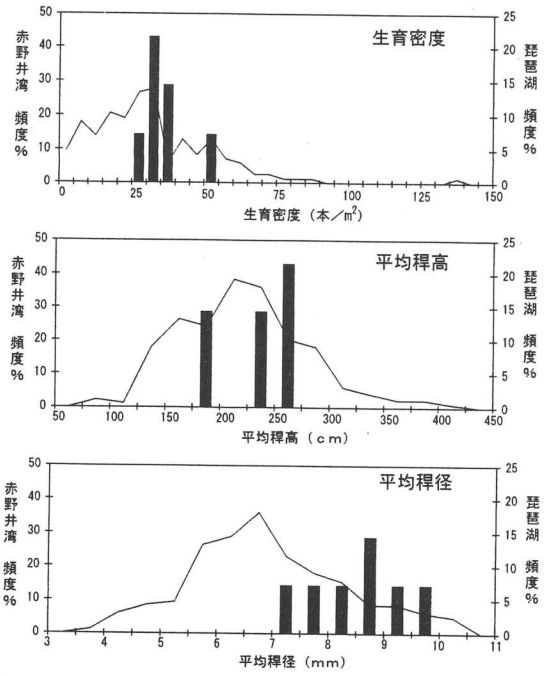


図6　赤野井湾と琵琶湖全域ヨシとの生育状況の比較．棒グラフは赤野井湾の値，折れ線グラフは琵琶湖全域の値を示す．

の値には20～約200本/m²とかなり幅が認められる。また，今回比較対照区として調査した木ノ浜湖岸・内湖，烏丸半島南の生育密度は53～57本/m²であり，これらの値と比べれば赤野井湾の密度はやや低い。

しかし，滋賀県（1992）が琵琶湖全域の167地点で調査した結果と比較すれば，生育密度および平均稈高は琵琶湖全域での頻度分布との対応において標準的であり，平均稈径はむしろ太めの状況にある（図6）。したがって，これらの比較からは，赤野井湾のヨシが他の場所のヨシと比べ衰弱傾向にあるか否かを判断することは難しい。

水　質

水質の測定項目のうち，ここではpH，DO，COD，T-N，T-Pの5項目を対象に，ヨシ群落（Y2），ハス群落（H2），沖合（H6）の各地点における結果を比較した（図7）。COD，T-N，T-Pは，夏から秋にかけてヨシ群落内外での著しい濃度差がみられ，ヨシ群落内は極めて高く，ハス群落と沖合は低くほぼ同じ値であった。また，pH，DOについては，全体的な傾向としてヨシ群落から沖合に向け上昇していたが，特に8，9月にヨシ群落内のDOが著しく低くなる状況が認められた。一方，ハス群落内の水質は，沖合とほぼ同じ値で推移していたことから，ハス群落内と沖合とではかなり水交換のあることが示唆された。

ヨシ群落内外における水質の相違については琵琶湖近江八幡市牧地先での結果（生嶋ほか，1993）と一致しているが，N，Pの絶対濃度・各態別内訳では，赤野井湾に特徴的な下記の点が認められた（図8）。

i）T-N，T-P濃度が著しく高い。

ii）T-Nのほぼ全量を有機態（TON）とアンモニア態（NH_4-N）が占め，亜硝酸態（NO_2-N），硝酸態（NO_3-N）がほとんどない。

iii）リン酸態リン（PO_4-P）の値が高い。

これらの特徴は，赤野井湾においては，溶存酸素量の低下に伴う還元状態により，NH_4態からNO_2，NO_3態への酸化分解および植物プランクト

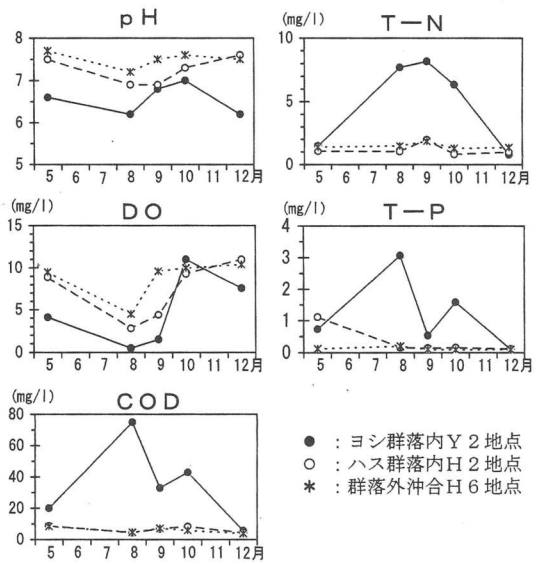


図7　赤野井湾の水質の季節変化.

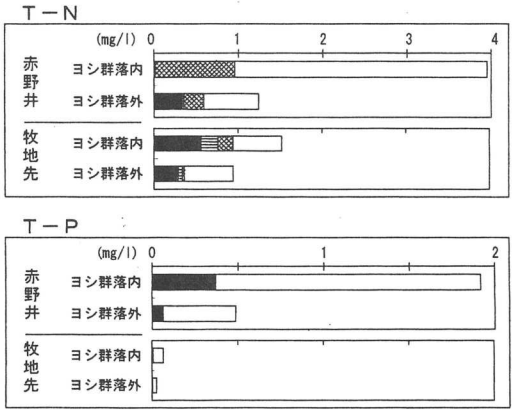


図8　赤野井湾と牧地先におけるヨシ群落内外のN，P濃度比較. 赤野井湾の値は1997年8月のヨシ群落内Y1～Y5の平均値とヨシ群落外H1～H6の平均値. 牧地先の値は生嶋ほか（1993）により1989年6月に測定された値.
T-N：■NO_3，▤NO_2，▩NH_4，□TON.
T-P：■PO_4，□TOP.

ンによる NH_4 態の摂取が進んでいないこと，底泥からの PO_4 イオンの溶出が著しいことを示唆している。

ここで，水質と水生植物種との関係について，沖（1997）の報告の例をみると，岡山県内95カ所の溜池における調査結果によれば，その平均水質は NH_4-N0.25 mg/l，PO_4-P0.02 mg/l，COD6.0 mg/lで，この水質以上に富栄養化の進行した溜池ではヨシの出現率が低下すること，その一方でマコモの出現率の高くなることが明らかにされている。

この結果と赤野井湾ヨシ群落内の水質とを比較すると赤野井湾の値は著しく高い値であり，このことは，赤野井湾ではヨシの生育が抑制され得るような水質環境にあることを示すものと思われる。

水　深

赤野井湾のヨシ群落の水深は，岸から中央部の浅い所で10～20 cm，群落境界部で40～50 cm程度である（図9）。境界付近の水深が30 cmを超える範囲では湖底勾配が相対的に急であり，ヨシは株立ちや島状孤立化によってまばらとなり，水面とヨシがモザイク状に分布している場所が多く，ヨシ群落の衰退傾向が顕著である。さらに，

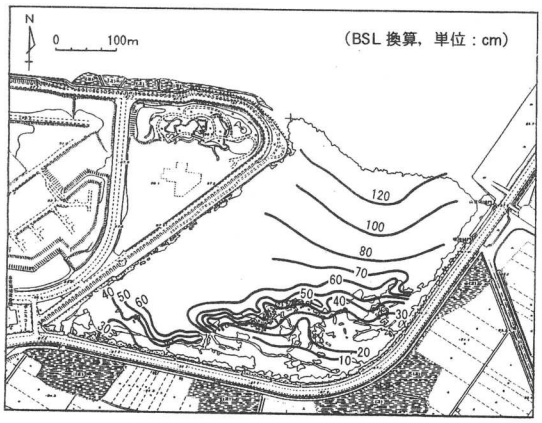


図9　赤野井湾ヨシ群落における水深の分布.

水深60 cmを超えるところにはヨシの分布はほとんどみられない。

1976～1985年の琵琶湖平均水位によれば，9月から2月にかけての約半年間は水位がBSL-20 cm以下となっており，岸から中央部にかけてのヨシ群落の多くは，この間湖底が水位よりも上に露出する。このような場所では底泥が多少なりとも酸化的状態となることを確認しており，露出期間中は酸化分解による底質改善が期待される。

一方，沖寄りのヨシ，ハス群落境界部付近は周年湛水状態にさらされている。本来，ヨシの生育にとって最適なのは地下水位の高い陸上の環境であり（吉良，1991），湛水はヨシの生育初期の条件として必ずしも好条件ではないとする知見（山崎，1982；立花，1984；吉良，1993）のあることを踏まえると，境界部付近はヨシの生育環境として好適とはいえない。

一方，ハス群落では，ヨシ群落との境界部の水深40～50 cm程度から沖に向けて次第に深くなり,湾出口付近の沖側境界部は水深約130 cmである。この付近のハスの葉は水面上50～60 cmの高さまで抽水しており，抽水葉が展開し得る深さにはまだ余裕がある。

Nohara *et al.*（1997）は，ハスの生育限界水深を2.4 mと報告していることから，ハスがさらに沖合に向けて分布を拡げる可能性も否定できない。しかしながら，沖側は波の影響が強まること，また次項で述べるように沖に向けて底泥の軟弱層厚が減少することなどの要因から，その拡大にも自ずと限界があると思われる。

底泥の化学的特性

底質分析結果によれば（表2），ヨシ群落内の値は，沖合の地点と比べて，灼熱減量については1.7～2.7倍，T-Nでは4.3～8.2倍，T-Pでは1.7～8.6倍の値であった。

表2　赤野井湾の底質分析結果.

	−ヨシ群落−			−ハス群落−			沖合
項目＼地点	Y1	Y2	Y3	H1	H2	H3	H6
酸化還元電位（mV）	116	22	−127	−214	−204	−134	−185
pH	5.3	5.3	5.6	6.5	6.7	7.0	7.0
灼熱減量（%•dry）	9.2	10.1	14.3	13.6	10.5	5.4	5.3
硫化物（mg/g•dry）	0.45	0.07	4.10	0.47	0.96	0.44	0.02
T-C（%•dry）	2.73	2.99	5.88	5.00	3.84	0.61	0.64
T-N（%•dry）	0.26	0.29	0.49	0.40	0.34	0.06	0.06
T-P（%•dry）	0.24	0.18	0.047	0.16	0.23	0.029	0.028

1998年7月に底泥ガスの調査を行ったところ，ヨシ群落内においてメタンガスの発生を確認したが，発生量はむしろハス群落内や境界部のマコモ群落内等において相対的に多い状況にあった。全体的には酸化還元電位が低いほどメタンガス量は高くなる傾向が認められており，ヨシ群落境界付近では，低酸素還元状態が顕著となる状況下においてさらに多くのガスが発生しているものと思われる。

硫化水素については，ヨシ群落中央部からハス群落との境界部にかけてと，中央から東側のマコモ混生群落内において著しい発生が認められた。

このように，赤野井湾のヨシ群落内では水の停滞に伴う底泥への有機物・栄養塩の蓄積が相当進行していることが示された。そしてこの著しく栄養塩の蓄積した湖底泥が嫌気的条件に置かれることでメタン細菌等の嫌気性細菌が増えた結果，底泥がいわば腐敗し，ヨシの地下茎を弱らせ，ヨシを衰退させている可能性が考えられる。

底泥の物理的特性 −粒度・泥厚・硬度−

赤野井湾の底泥の粒度分布および泥厚の測定値を，南湖ヨシ帯の報告（滋賀県，1992）と比較した（図10）。赤野井湾のヨシ，ハス群落等の底泥は，微細粒子化が顕著でシルト・粘土が主体であるのに対し，南湖ヨシ帯の底泥粒度は，一部を除きほとんどが砂礫主体である。泥厚に関しては，既存データにも一部100 cmを超えるデータがみられるが，概して赤野井湾では全体的に厚い傾向がある。

底泥硬度の測定結果とコアサンプラーによる底泥の柱状採取結果に基づき，ヨシ・ハス縦断ライン（Y1〜H6）の推定地中断面を描いた（図11）。底泥表部には「非常に軟らかい」ヘドロ状の腐植層，その下部には「軟らかい」粘土層が堆積している。これら両者の層厚はヨシ群落内で厚く30〜35 cm程度，ハス群落から沖合にかけては薄く25〜15 cm程度である。柱状サンプルによれば，ヨシ等の植物根の密な混入は，この「軟らかい」層が主体である。これらの下方には「中くらい」の硬さに当たる粘土層がヨシ，ハス群落ともに同程度分布するが，さらにその下の「硬い」粘土質砂の層の分布は，ヨシ群落内で薄く，ハス群落内で厚いという逆の傾向が認められた。

このように，赤野井湾のヨシ群落の底質表層は微粒子化した泥質であるが，ヨシの生育立地条件として泥質は好適でないとする報告は多い（生嶋，1966；立花，1980，1984；滋賀県，1992）。ヨシは，河口や波打ち際のように絶えず揺れ動くような砂地の環境で，他の植物の侵入しにくい，競争相手の少ない立地にパイオニア的に生育する植物と考えられている（立花，1974，1984；吉良，1993）。

したがって，赤野井湾にみられるような有機物等の過度の堆積による著しい泥質化の進行は，ハスやマコモなどのように泥質環境にも適応して生育し得る種との関係において，ヨシに不利な環境条件への変化ということになる。

考　察

赤野井湾のヨシ群落衰退の要因

本調査研究結果から，ヨシ群落衰退との関連が

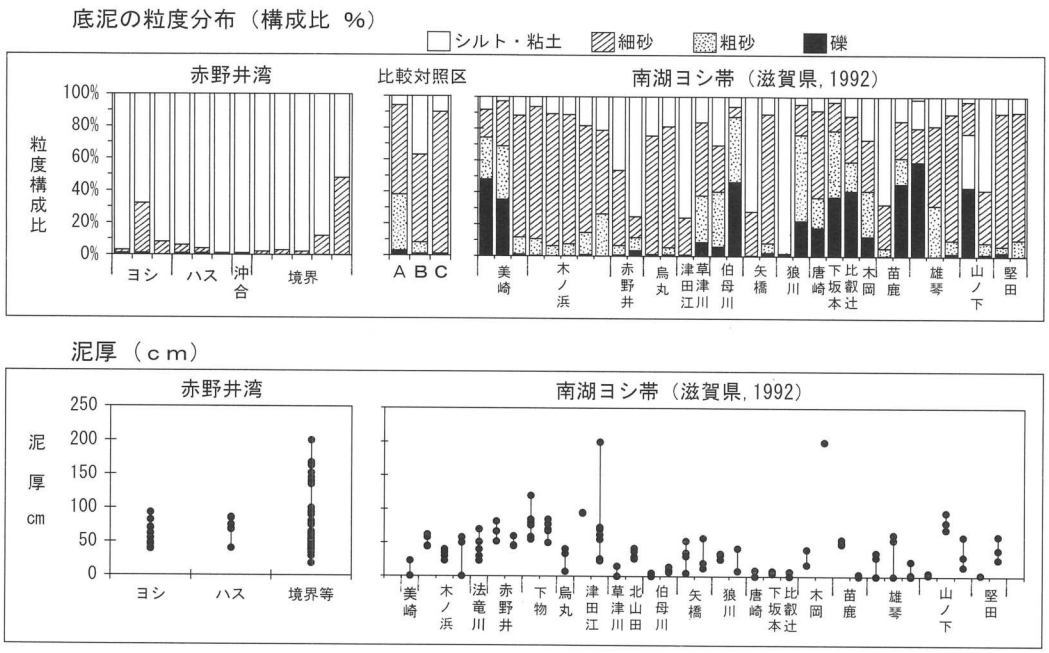


図10 赤野井湾と南湖ヨシ帯との底泥粒度・泥厚の比較. ヨシ：ヨシ群落内，ハス：ハス群落内，境界：ヨシ・ハス群落境界部. A：木ノ浜湖岸，B：木ノ浜内湖，C：烏丸半島南. 南湖ヨシ帯の泥厚は，本調査と同様の方法（測量ポールの人力貫入量）により測定されたものである.

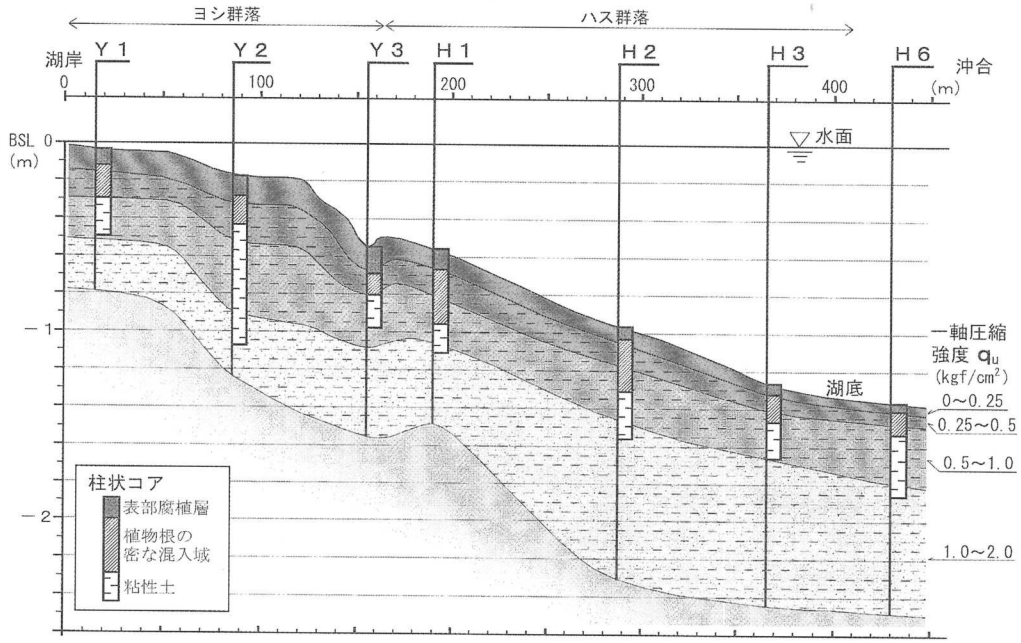


図11 赤野井湾ヨシ・ハス縦断ラインの推定地中断面. 一軸圧縮強度の鉛直断面分布および柱状コアの状況. 地層の硬さ（コンシステンシー）は，q_u の大きさに応じ，非常に軟らかい（q_u =0〜0.25），軟らかい（q_u = 0.25〜0.5），中くらい（q_u = 0.5〜1.0），硬い（q_u = 1.0〜2.0）に区分される（上野，1989）.

示唆された要因を整理すると，以下のようにまとめられる。

i）赤野井湾のヨシ群落は，湾地形という，流れのない，水の停滞し易い立地に成立している。

ii）有機物の堆積・蓄積が極度に進行し，底泥に有機態・アンモニア態の窒素およびリンなどが過剰に蓄積している。さらに，溶存酸素の減少という還元的条件が加わることで，底泥中にメタンガスや硫化水素の発生が認められた。これらはヨシの地下茎の衰弱をもたらす要因になっていると思われる。

iii）水質的には他のヨシの生育地と比べても著しい富栄養化状態にあり，ヨシの生育環境としては良好でないことが示唆された。

iv）ヨシの生育に有利な砂の供給がなく，有機物の過度の堆積に伴い，砂分をほとんど含まない微細かつ軟弱な泥質（シルト・粘土）で，しかも泥厚の厚い地盤となっていた。このことから，泥質環境に対する適応度のより高い他の水生植物との種間関係において，ヨシは不利な立場に置かれていると思われた。

v）境界部におけるヨシの株立ち・島状孤立化の進行には，群落境界部の土壌の侵食・洗い出しが要因として考えられる。また，波の影響の少ない湾奥とはいえ，土壌の微細粒子化・軟弱化は，ハスの消える冬期に波による侵食を受けやすい状況を招いている。

vi）対象地域の種々の環境変化の多くは，湖岸の整備により河川の流入がなくなったことによってもたらされた可能性が高いと推察される。つまり，かつてヨシの立地を支えてきた砂の供給が停止するとともに，植物枯死体等による有機物がヨシ群落外に流出せず蓄積する一方となったことが要因と考えられる。

また，近年の人為コントロールによる琵琶湖水位の安定化により常時湛水化の傾向が強まることで，低水位時の湖底露出に伴う底泥への酸素供給機会が減少していることは，マコモと比べ葉や茎を通じて酸素を根に送る能力が劣る（山崎，1982）とされるヨシの生育環境として好適な変化とは言い難いと思われる。さらに，ヨシとハスの分布境界部において土壌侵食が進行していることも，ヨシにとっての生育環境の悪化につながる状況と思われる。

種間関係の変化

赤野井湾のヨシ群落の近年の衰退は，主として群落境界部付近から徐々に進行している現象と捉えられる。

このことは，群落境界部付近におけるヨシの株立ち・島状孤立化の進行と，それにより生じたモザイク状水域へのハス，マコモ，ウキヤガラ等の他の水生植物の侵入・混生の進行が顕著であること，さらに，赤野井湾のヨシの生育状態は琵琶湖の他のヨシと比べて全体的にはさほど劣っていないと考えられたものの，相対的には群落外縁部のヨシに生育状態の悪い傾向が認められたことからみても明らかである。

過去の地形図や群落分布の変遷から見て，赤野井湾のヨシ群落は少なくとも1975年頃までは多少なりとも生育範囲を拡げていることから，水辺環境のパイオニアとして，沖方向に分布拡大する適応力を発揮し得る立地条件がかつては整っていたものと考えられる。

このため，その外側に群生するハスもヨシ群落の中に容易には侵入できず，水深50 cm前後のラインを境として，長い間すみ分けのバランスが維持されてきたのであろう。しかしながら，近年，ヨシの生育を支える種々の立地条件が変化したことに伴い，ヨシは活力を失い，他種との種間競争にさらされた結果，分布外縁域から次第に後退を余儀なくされているものと考える。

おわりに

赤野井湾のヨシ群落分布の変化にまつわる自然現象は，複雑で未知の部分も多い。したがって，今後，ヨシ群落の保全と維持を考える際，単純に一つの要因を操作するだけで容易に目的が達成されると考えるのは早計と思われる。

対象水域の植物群落の遷移に対して，人間側の都合や価値観によっては，現象の是非を語り，人為的な働きかけをしようとすることもできようが，赤野井湾の自然条件に即して妥当な選択とは何かについては慎重でなければならないし，自然現象に対する謙虚さも必要であろう。

自然の生態系に対して人間側の基本的認識・姿勢が間違っていた場合，期待する成果，対策意義が得られないだけでなく，自然生態系に新たな攪乱を招く要因ともなり得ることにも配慮しなければならないと思われる。

ヨシ群落の衰退を防止することを目的として，各環境要素の個別的あるいは複合的改善という観点からの対策は考えることはできようが，このような予測困難な側面のあることを十分認識することも必要であろう。

文　献

新井　正. 1990. 湖沼沿岸帯の水の流動に関する研究. 立正大学文学部紀要，6：1－16.

生嶋　功. 1966. 水草班中間報告. びわ湖生物資源調査団中間報告（一般調査の部），314－341，近畿地方建設局，大阪.

――――・前河孝志・森田　尚. 1993. ヨシ群落のワイズユースを考えるときに. 水草研究会報，51：1－6.

吉良竜夫. 1991. ヨシの生態おぼえがき. 琵琶湖研究所報，9：29－37.

――――. 1993. インタビュー：ヨシ群落の保護を考える－吉良竜夫さんに聞く－. 水情報，13(3)特集ヨシ：6－10，下水道問題連絡会議.

倉田　亮. 1988. ヨシの浄化機能. 水情報，13(3)特集ヨシ：3－5，下水道問題連絡会議.

Miyawaki, A. u. S. Okuda. 1972. Pflanzensoziologische Untersuchungen die Auenvegetation des Flusses Tama bei Tokyo, mit einer vergleichenden Betrachtung uber die vegetation Flusses Tone. Vegetatio, 24: 4－6. Den Haag.

室町忠彦. 1957. 粘性土におけるコーン貫入抵抗と一軸圧縮強度との関係. 土木学会誌，42(10)：7－12.

Nohara,S. and M. Kimura. 1997. Growth characteristics of *Nelumbo nucifera* Gaertn. in response to water depth and flooding. Ecological Research, 12: 11－20.

沖　陽子. 1997. 水生植物の管理と活用. ビオトープの計画と設計 －生物生息環境創造－，97－114，工業技術会，東京.

桜井善雄・松井佳子・宮入美香. 1985. 琵琶湖，霞ヶ浦および千曲川における抽水植物の成長速度と生産力. 日本陸水甲信越報，10：20－21.

滋賀県. 1992. ヨシ群落現存量等把握調査報告書（ヨシ群落調査編）. 176pp.

――――・東レエンジニアリング株式会社. 1998. 平成10年度ヨシ群落生態調査報告書. 143pp.

立花吉茂. 1974. 水草の生態. 遺伝（特集・水草），28(8)：17－24.

――――. 1980. ヨシ（*Phragmites communis* Trin.）の種子繁殖とその初期成長. びわ湖とその集水域の環境動態昭和54年度報告，文部省「環境科学」特別研究，90－96.

――――. 1983. 湖辺および内湖の生物群集の現状－ヨシ群落の現状－. びわ湖沿岸帯水域の水

生植物の生態に関する研究，9－20，滋賀県琵琶湖研究所.
————. 1984. 琵琶湖沿岸のヨシ（*Phragmites communis* Trin.）について. 水草研究会報，18：2－6.
上野嘉久著. 1989. 実務から見た基礎構造設計，255pp. 学芸出版社，京都.
山崎史織. 1982. 河原水辺植生の帯状分布. 植物と自然，16(6)：14－19.