

港湾技研資料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 591 June 1987

植物体（ヨシ）による浄化能力の検討

堀 細 三 関	江 川 好 根	恭 英 好	毅 史 一 幸
------------------	------------------	-------------	------------------

運輸省港湾技術研究所



目 次

要 旨	3
1. まえがき	3
2. リビングフィルターの概念	4
3. 水生植物（ヨシ）の特徴	4
3.1 ヨシの生育場所とその環境	4
3.2 ヨシの浄化作用の特徴	6
4. ヨシの群生地 の踏査	9
5. ヨシの植付と耐塩性実験	12
5.1 栽培試験と場所	12
5.2 ヨシの栽培方法の検討と耐塩性試験	12
5.3 ヨシの栄養塩（N，P）吸収速度の見積り	15
6. ま と め	17
参 考 文 献	18

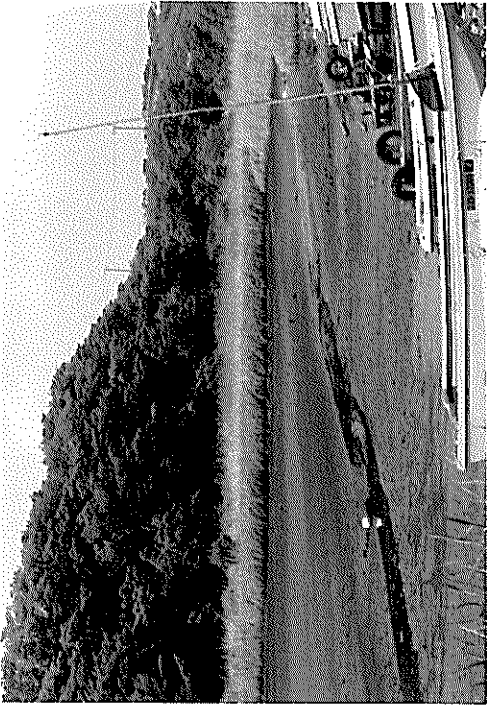
Study on Biological Ability to Environmental Improvement using Natural Reed

Takeshi HORIE*
Yasushi HOSOKAWA**
Eiichi MIYOSHI***
Yoshiyuki SEKINE***

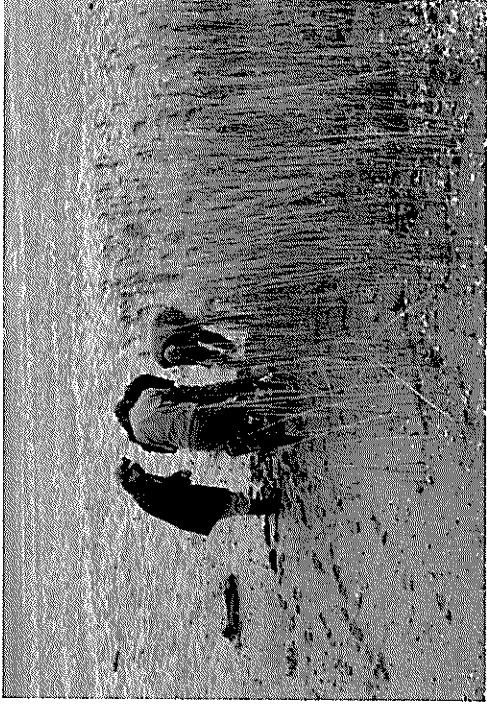
Synopsis

The reed is often observed along the natural coast. It is known by its ability and capacity of trapping particles, decomposing organics and consuming nutrient pollutants from its roots. Field observations of the wild salty marsh are conducted to survey the ecological role and suitable condition of its growth. Cultivation study is also conducted to grasp the reaction to the salt water. The application of the ability to the water and sediment clarification will be made after the study of the physiology and ecological play to the waste water treatment and improvement of the environment at the artificial marsh.

* Chief of Purification Hydraulics Laboratory, Marine Hydrodynamics Division
** Chief of Storm Surge and Tsunami Laboratory, Hydraulic Engineering Division
***Member of Purification Hydraulics Laboratory, Marine Hydrodynamics Division



松輪の干潟 (59.5)



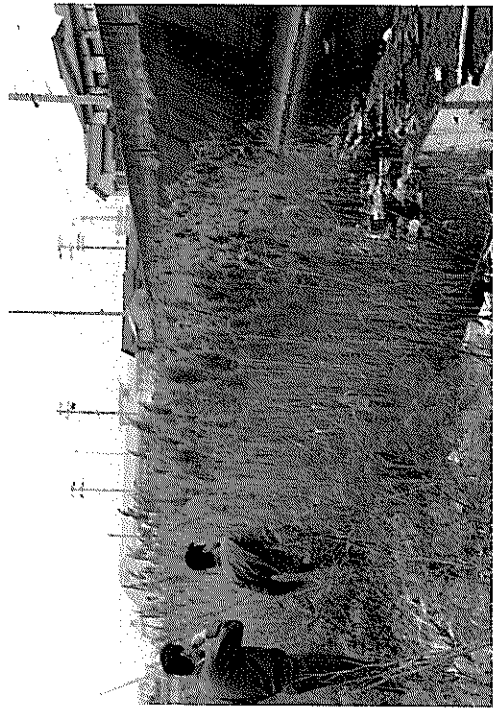
矢作川での採取作業 (60.3)



豊川河口部の成育状況 (60.3)



汐川の干潟の成育状況 (60.3)



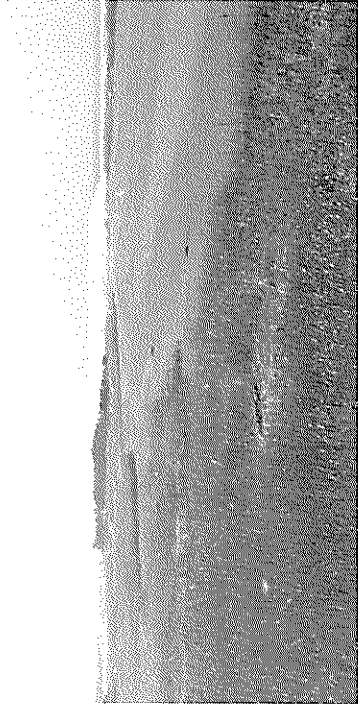
明石川のヨシ (61.2)



堺の埋立地区の成育状況 (61.2)



紀ノ川での成育状況 (61.2)



蒲生の干潟 (62.2)

植物体（ヨシ）による浄化能力の検討

堀 江 毅・
細 川 恭 史**
三 好 英 一***
関 根 好 幸***

要 旨

海岸線周辺に生育する水生植物には、栄養塩の吸収、けん濁粒子の吸着・ろ過などの自然の浄化能力—いわゆるリビングフィルター効果—があるといわれている。本研究は、水生植物のうち主としてヨシによる栄養塩類の吸収、固着、あるいは濁りのろ過作用を利用し、海水の浄化を促進させるための基礎的研究である。

沿岸域におけるリビングフィルターの適用は、海岸港湾域での浚渫埋立など港湾工事における汚染汚濁の防止対策として、あるいは、余水処理場、干潟造成地等の水質底質浄化の一方策として、大きな期待と関心が持たれている。しかし、植物を利用したリビングフィルターの例は淡水系については、ホテイアオイを利用した研究開発が実用段階に達しているものの、塩水系での研究例は少ない。

このような背景のもとに、関連する既往調査の整理、利用植物の選定、および自然成育地への踏査を行うとともに、現地にて採取した植物（ヨシ）を使用し、各種実験を行い、その特性把握と利用可能性およびその浄化能力について見積りを行った。本文は、水生植物を利用したリビングフィルターによる浄化効果と、その適用のための技術的問題について検討した結果をとりまとめたものである。

1. まえがき

東京湾、伊勢湾などの閉鎖水域で背後に大きな汚染源をひかえている港湾海域においては、生活排水、工場排水などに含まれる窒素・リン等の栄養塩類の流入に加え、海底に堆積した有機汚泥からの栄養塩溶出によって、富栄養化やプランクトンの増殖（赤潮）などが問題となっている。

近年、栄養塩や有機物の水質底質および生物間の物質循環に関する研究は、各方面で実施され解明されつつある。内湾水域における富栄養化は、自然の浄化能力を超えた流入負荷により進行し、悪臭の発生や透明度の低下、赤潮誘発による漁業被害、海水浴場としての利用障害、海浜の汚染、底層での貧酸素化など広範囲にわたって生活環境を脅かし、水域利用上多大な支障をきたしている。こうした弊害を除くためには、富栄養化に寄与している栄養塩の削減または除去等の対策を緊急に講ずる必要がある。

このため、周辺の背後地より流入する負荷を規制するとともに、へどろの浚渫や覆砂による溶出制御、航路や湾口狭さく部の拡幅増深による海水交換・海水循環促進、あるいは人工エアレーションによる曝気と強制鉛直・水平循環の促進などの手段によって、水質底質の改善をはからなければならない。都市河川や湖沼および閉鎖性小水域の一部では、上述のような手段によって水質の改善効果をあげているのは周知のとおりである。しかし、一般海域に対しては、かなり大規模に行わないと効果は小さく、また、効果をあげるためには技術的問題点のみならず、経済的にも成立しうる見通しが要求される。こうした対策や人為的手段による浄化方策に対し、自然の生物体が本来持っている浄化能力を利用するリビングフィルターの適用が考えられる。これは、新たな生物体を導入して、その地域の自然界の生物体が果たしている機能や特質（自然の浄化能力）を有効に助長し利用することによって、環境の浄化を促進させ改善する方法であるとともに、新たな環境を創造する方策でもある。

・ 海洋水理部 海水浄化研究室長
** 水 工 部 高潮津波研究室長
*** 海洋水理部 海水浄化研究室

2. リビングフィルターの概念

本来、リビングフィルターは米国において行われた浄化策、すなわち『排水や下水などの陸地撒布による土壌の浄化能力（バクテリアの浄化能力など）を用いた方法』を指しているようであるが、その後、自然界の生物体の浄化能力を利用した浄化方法を総じて呼ばれるようになった。

港湾域でのリビングフィルターとしては、図-1に示すようなものが考えられる。すなわち、①富栄養化海域水では植物プランクトン類や海藻類などを用い、その光合成によって海水中の栄養塩類などの吸収・固定と溶存酸素の増大を図り、それらを直接的・間接的に回収することで水質を改善する、②底質においては、底生生物の有機物摂食性質を利用し、無機化を促進させ改善する、③港湾域へ流入してくる生活排水や工場排水に対しては流入箇所水生植物の生育場を設け植栽して流水経路とし、水生植物やその付帯生物によって水中の栄養塩類を固定させ、流入負荷量の軽減を図る、などのことが考えられる。一方、港湾維持浚渫による土砂（海底に堆積した有機汚泥など）の処理処分場や埋立地からの余水に溶出・溶解している栄養塩類・混在しているけん濁物に対しても水生植物を利用したリビングフィルターの適用

が考えられる。

以上のように、港湾域に関してもリビングフィルターとして利用可能な生物体が考えられる。一般に、こうしたリビングフィルターは、他の人為的浄化対策に比べ、①維持管理が容易なこと、②二次公害などの心配がないこと、③永続性が高いこと、④新たな景観や環境づくりといった二次的効果があり、地域住民にも歓迎されやすい、などの利点をもっている。

水生植物を利用したリビングフィルターとして、最近ではホテイアオイを用いた実験が各方面で行われ、実用段階にまで達している。しかし、この植物は淡水性植物であり、ほとんど耐塩性がない。このため海域に適用することはできず、他の水性植物によらざるを得ない。

このような理由により、本研究では海岸、港湾域での浚渫埋立等の港湾工事における汚染汚濁の防止および土捨場、余水処理場、干潟造成地などの水質底質浄化手法としてのリビングフィルターの適用にあたって、比較的塩分に強い水生植物のヨシ (*Phragmites communis* Trin. イネ科) の可能性について検討を行っている。

3. 水生植物（ヨシ）の特徴

3.1 ヨシの生育場所とその環境

ヨシ（別名：アシ）は、全国各地の池沼や河川の岸お

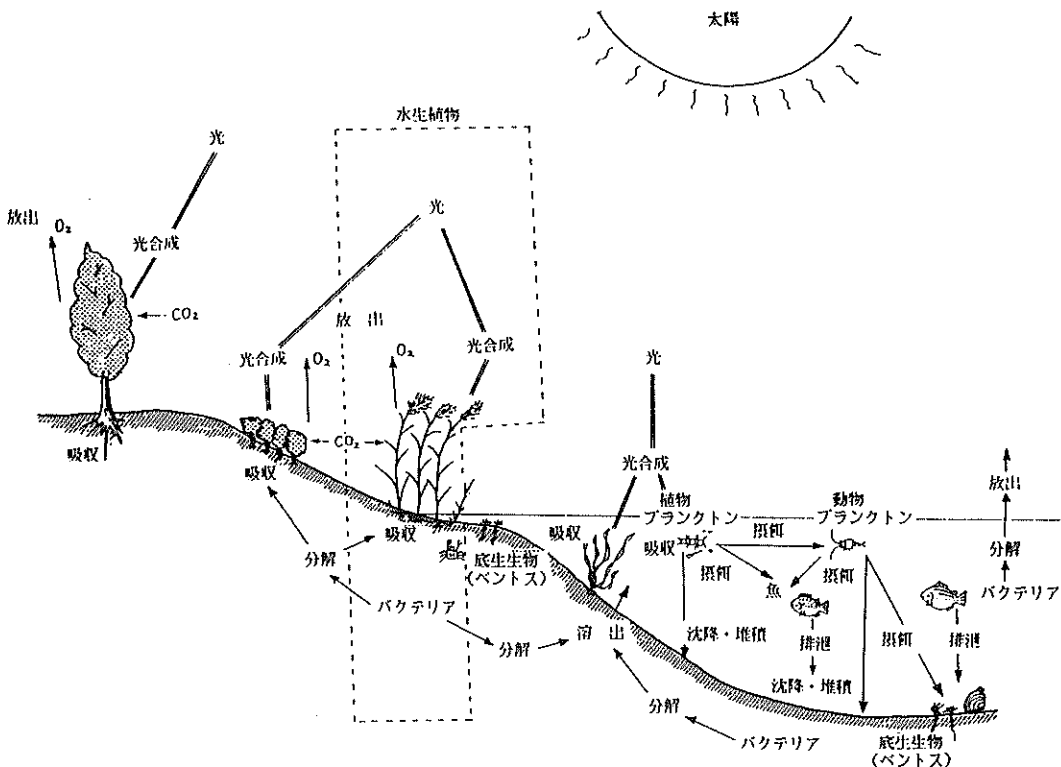


図-1 リビングフィルターの概念図

アシ (ヨシ)

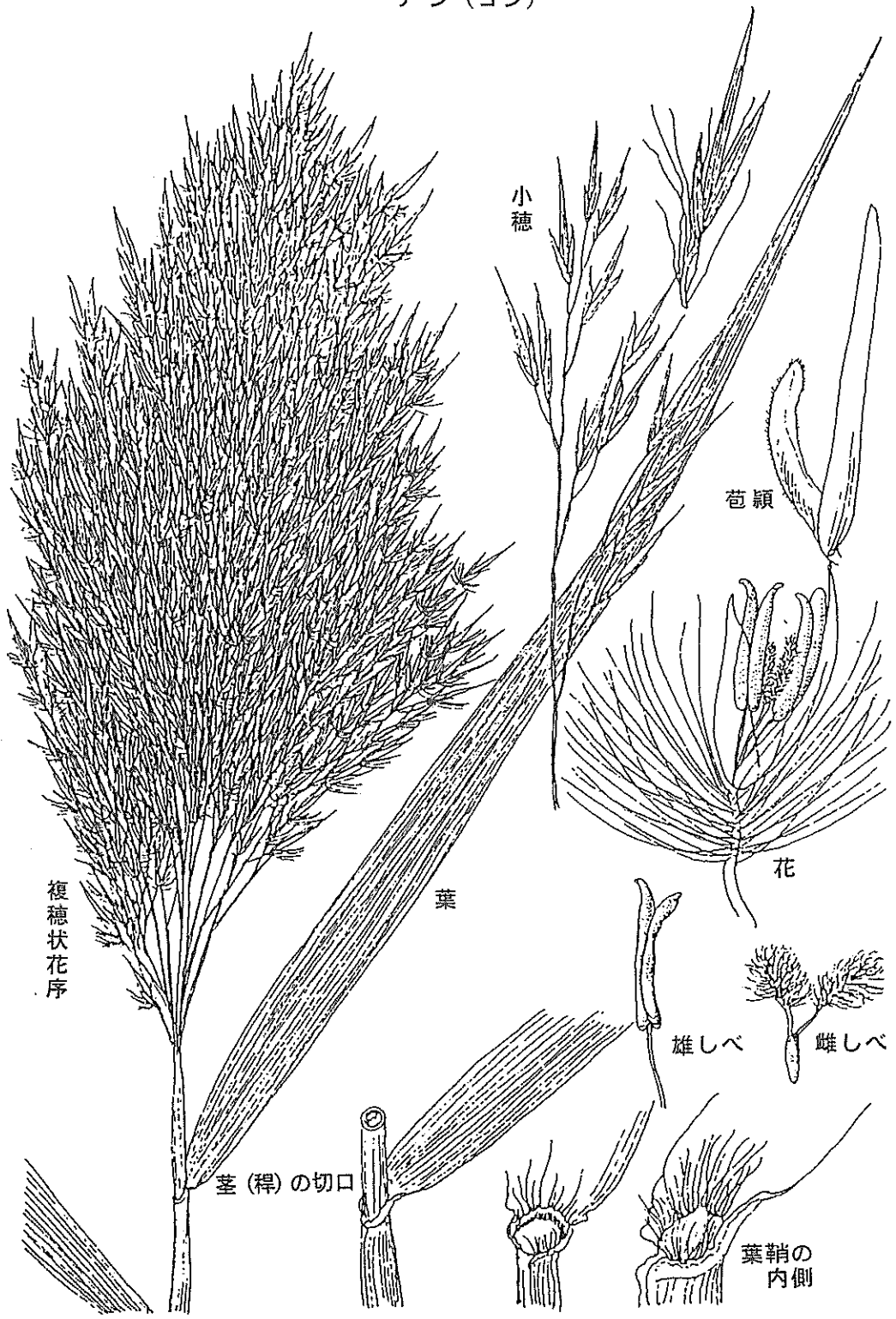


図-2 ヨシの図解 (日本水生植物図鑑, 扱すい) 9)

よび水湿地に群生する低層湿原の代表的な抽水性の大形多年草で、海岸の塩分濃度の高い潟湖やかなり強い酸性の湖沼海岸にも生育できる。気候的には亜寒帯・湿帯・暖帯の広い範囲に生育分布を持つ。普通、水湿地の水深1m以内に生育し、地下茎はよく発達し地中1mほどまで深くはいまわる。地下茎は中空（ストロー状）で高さ1～3mほどまでに成長する（図-2参照⁹⁾）。

近年、河川の改修や干潟の造成および埋立てによりヨシの群生地は少なくなりつつあり、鳥獣保護地域などに指定されている干潟や潟湖に大群生している以外は、小規模に生育している所がわずかに残されているだけである。

ヨシは古くから利用され、その根茎の若芽は食用のほか、鎮吐・消炎利尿・清涼などの薬用として、さらに、地上茎は乾燥後よしず、パルプ、わら屋根などの材料に使用されてきた植物である。また、ヨシの群生している場所には鳥類や小動物などが数多く生息しており、前述のように鳥獣保護区等に指定されている所が多い。鳥獣の生息の場として、自然（陸、海、空）との接点（憩いの場）として地域住民などに親しまれている。

一方、ヨシの生育が可能な環境条件についての観測や実験例（特に耐塩性、耐酸・アルカリ性）は少なく、港湾域に適用するリビングフィルターとしての植物の生育可能条件は大きな問題と考えられる。大槻¹⁾は、ヨシの他に、フトイ、イグサ、ヒメガマ、ウキヤガラ、アヤメの計6種の水生植物についてCl⁻濃度0～17‰の汽水中でそれぞれ約1か月間にわたって耐塩性の実験を行っている。この結果によると、フトイが最も強く、Cl⁻濃度が7～8‰、次いでヨシが6～7‰、以下、イグサ、ヒメガマ、アヤメ、ウキヤガラの順になっている。ただし、植物の耐塩性については、採取場所・時期、植栽時の株分けの状態によって異なることを示唆している。

また、米国陸軍工兵科水路実験所環境影響研究室が過去に調査した水生植物の特性などをまとめた報告書によると、ヨシの耐酸性（生育可能な酸・アルカリ度）とし

てはPH 3.7～8.0の範囲と示されている²⁾）。

3.2 ヨシの浄化作用の特徴

ヨシを利用したリビングフィルターの研究は、西ドイツのK. ザイデル女史が1950年代に行っており、リビングフィルターに利用可能な植物種とその特性、有用性について示している。その中でヨシおよびヨシに付着する微生物等が一体となり、①水中のコロイド状の物質の凝固と分離、②有機物を多く含むへどろなどの無機化、③成育環境水の中和、④汚泥中の特定物質に対する解毒、⑤高含水土壌からの水分蒸散、⑥土壌および間隙水からの栄養塩の吸収、などの作用（能力）があるとしている。

日本では、昭和40年～45年頃に八郎潟の埋立干拓前期において、ヨシの蒸発散作用を利用した軟弱土壌の乾燥固化試験が大々的に行われた例³⁾があるが、これは、リビングフィルターとしての浄化作用の利用を狙ったものではない。廃水の浄化を狙ったリビングフィルターの本来の意味での研究開発としては、前述の民間企業による主としてホテイアオイを利用した例があり、これはすでに実用段階にまで達している。しかし、一般の植物については、リビングフィルターを適用する環境の特性によって、植物種の選定が必要なため、ヨシを始めとする限られた水生植物について適用性の研究が進められている程度である。一方、昭和54年には運輸省港湾局において、水生植物が持つ水質浄化能力を港湾海域に利用する可能性についての検討がなされた。また、運輸省第四港湾建設局では、港湾浚渫工事の実施にあたり、土砂処分場内に自生するヨシを活用した余水処理による水質浄化の調査を本渡瀬戸、八代、宇部港において実施しており、いくつかの成果¹⁾を得ている。

表-1は栄養塩の吸収能からみたヨシと他の水生植物との比較である⁴⁾。これを見ると、ヨシは他の植物より栄養塩の吸収能は多少劣る。しかし、適用が予想される嫌気性や酸性および塩水性などの悪条件に対しては、かなり強い植物であると言われており、長期的浄化対策としてのリビングフィルターへの利用植物としては、効果

表-1 水生植物の栄養塩吸収能の比較⁴⁾

	栄養塩吸収能		栽培水の栄養塩濃度	
	N	P	T-N(ppm)	T-P(ppm)
ヨシ	20~40 (g/m ² /y)	2.0~4.5 (g/m ² /y)	0.8~2.0	0.04~1.0
ウキクサ類	0.17 (g/m ² /day)	0.018 (g/m ² /day)	2.0	0.5
ホテイアオイ	0.18~0.75(g/m ² /day)	0.021~0.081(g/m ² /day)	0.8~2.0	0.04~1.0
オランダガラシ	0.34 (g/m ² /day)	0.076 (g/m ² /day)	4.6~6.0	2.4~3.0

表-2 植物体諸元 (1株当たりの平均値)
愛知県渥見町生育地¹⁾

	部位	高さ (cm)	基部径 (cm)	湿重量 (g)	乾燥量 (g)	乾重率 (%)	窒素含有率(%) (乾重量)	りん含有率(%) (乾重量)	現存量 (kg/湿/m ²)
フ ト イ	葉茎	127.2	0.8	7.8	2.4	30.8	0.848	0.134	2,388 (66.7株)
	根	-	-	28.0	4.9	17.5	0.825	0.115	
ヨ シ	葉茎	102.3	0.5	13.7	5.7	41.6	1.401	0.462	1,481 (66.7株)
	根	-	-	8.5	2.5	29.4	1.021	0.527	
ウキヤガラ	葉茎	140.4	1.1	18.8	4.9	26.1	0.864	0.117	1,113 (35株) or 2,121 (6.7株)
	根	-	-	13.0	2.4	18.5	0.487	0.175	
ホテイアオイ	葉根	40.0	-	57.9	4.5	7.8	1.924	0.438	14,613 (201株)
	根	25.5	-	14.8	1.2	8.1	2.184	0.358	

(大槻・未発表)

が期待できると考えられる。また、表-2はヨシと他の水生植物の1株当たりの諸元を比較したものである¹⁾。窒素の含有率(乾燥重量当たりに含まれる割合)をみると、ホテイアオイ、ヨシ、フトイ、ウキヤガラの順で、また、各部位ごとではホテイアオイは根に、ヨシは葉茎に多く含まれていることがわかる。同じようにリンの含有率を比較すると、ヨシ、ホテイアオイ、ウキヤガラそしてフトイの順で、ヨシは根に、ホテイアオイは葉根に多く含まれていることがわかる。

表-3は、東北大学理学部が蒲生の干潟に生育しているヨシを実験施設に植え付け、砂ろ過システムでの窒素(N)、リン(P)の除去率に及ぼすヨシの影響について行った実験で、秋期のヨシの各部分ごとにN、Pの含有率を求めたものである⁵⁾。これによると、N、Pとも葉>根>地下茎>茎の順で高く、特に、葉に含まれるNの含有率は他の部分に比し、かなりの高い率を示している。また、表-4は実験施設に植え付けられたヨシの現存量を各部分ごとに示し、現存量に表-3の含有率を乗じて得られるN、Pのヨシの植物体内に蓄積される量を示している。ヨシに蓄積される量を地上部の葉と茎、地下部の地下茎と根に分けて比較すると、N、Pのいずれも地上部のほうが高い割合を示している。ここで、地上部に蓄積されたN、P量と地下部に蓄積されたN、P量とにつきそれぞれのヨシの現存量に対する割合を求めると地上部でNが1.9%、Pが0.16%、地下部でNが1.6%、Pが0.19%となる。表-2に示された値と比較すると、表-2に比べてNで大きくPでかなり小さな値となる。さらに、実験の行われた6月末から11月初旬の131日間で蓄積されたそれぞれの総計量について、1日あたりの

表-3 N、Pのヨシの各器官における配分⁵⁾

	N (%)	P (%)
葉	3.8	0.26
茎	0.9	0.10
地下茎	1.6	0.18
根	1.7	0.21

表-4 ヨシの器官別現存量とN、P蓄積量⁵⁾

	現存量 kg/m ²	N g/m ²	P g/m ²
葉	0.90	34.2	2.34
茎	1.67	15.0	1.67
地上部計	2.57	49.2	4.01
地下茎	1.00	16.0	1.80
根	0.41	7.0	0.86
地下部計	1.41	23.0	2.66
総計	3.98	72.2	6.67

吸収能を求めるとNは0.55 g/m²/d、Pは0.051 g/m²/dとなる。これらを表-1に示された値と比較するとN、Pともにホテイアオイの高吸収能に匹敵する値となる。このことから、ヨシに対する培養環境によって、ま

た、採取場所・時期、植栽時の密度や株分けの状態などで、その特性や能力に大きな差を生じることがわかる。

次に、運輸省第四港湾建設局が宇部港において行った余水処理場における実験結果を表-5に示す¹⁾。この実

験は、昭和56年度より本港地区の泊地および航路における浚渫工事中の浚渫土砂処分場からの余水に対し、自生しているヨシのリビングフィルター効果を評価するために行われている。

表-5 ヨシによる水質浄化効果の測定結果¹⁾

分析項目	ケース1			ケース2(その1)		ケース2(その2)		
	試料No.	No.6	No.7	No.8	No.10	No.8	No.10	No.8
濁度(度)		70000	52000	20	50000	4	110000	7
SS (mg/l)		53000	5760	18	173000	3.8	289000	22
塩素イオン(%)		17.3	17.7	13.2	17.8	16.8	15.8	17.7
PH値(at.°C)		7.9(25)	7.4(25)	8.0(25)	7.9(27)	8.2(27)	7.8(27)	7.8(27)
DO (mg/l)		0	0.4	7.4	5.5	7.0	0	3.3
NH ₄ -N (μg-at/l)		176	68.4	3.21	1.29	0.43	208	37.8
NO ₂ -N (μg-at/l)		0.31	0.14	0.04	0.44	0.63	N.D (<0.01)	0.40
NO ₃ -N (μg-at/l)		3.92	3.21	2.60	4.32	3.75	5.85	3.85
T-N (μg-at/l)		180	71.8	5.85	6.05	4.81	214	42.1
PO ₄ -P (μg-at/l)		17.7	0.90	0.04	29.0	5.60	19.2	3.84
T-P (μg-at/l)		18.4	4.26	3.74	33.2	7.45	21.2	5.12
COD (mg/l)		4.3	4.9	9.4	4.5	5.9	6.0	3.9

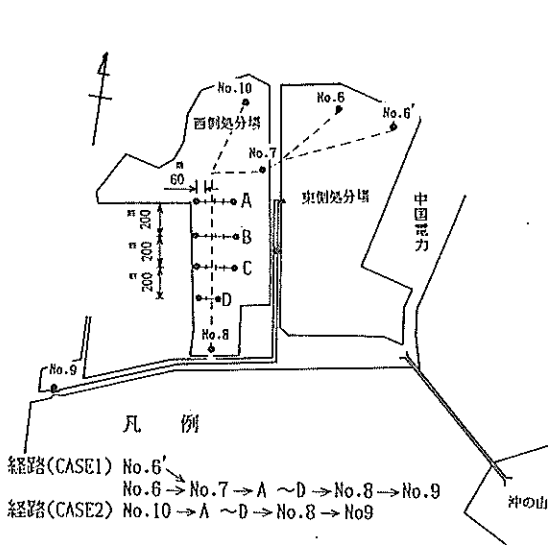


図-3 宇部港土砂処分場と水質測定点の配置¹⁾

流下経路(CASE1) No.6および6'から吐出,
 No.7 → A ~ D → No.8 を通過後 No.9 へ。
 流下経路(CASE2) No.10から吐出, A ~ D →
 No.8 を通過後 No.9 へ。

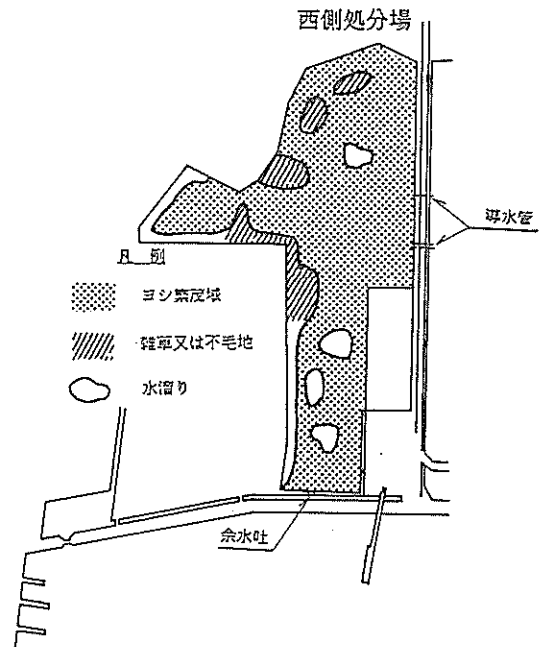


図-4 宇部港西側土砂処分場のヨシの繁茂状況¹⁾

昭和56年度より行われた浚渫工事は、57年には約半年間にポンプ船（4000馬力）によって約910,000 m³が浚渫された。この浚渫土砂は、図-3に示すように、対岸の処分場に放出されている。この処分場は道路によって東、西に2分されており、埋立地末端部では樋門によって水位の調節ができる。西側処分場900,000 m³は全域にわたりヨシが密生している（図-4参照）。昭和58年度の工事は、東側処分場に土砂を処分し、余水を導水管を通じて西側処分場と、西側に直接排砂するケースが実施された。図-3に示す各測点およびA, B, C, Dの各断面でSS, 濁度, Cl⁻, PH, DO, CODおよび各栄養塩濃度が測定された。図-5にはSS（破線）と濁度（実線）のろ過効果を各ケースごとの流下測定点順にプロットしたものが示されている。

これらの結果によると、排砂口で数万mg/lのSSが余吐口では約20 mg/lに減少している。さらに、栄養塩類も全般的に下流に向かって減少している。データの数が限られていることや、実験場の管理等の問題点が幾つか考えられ十分な検討はできないが、定性的にはヨシによる懸濁物質のろ過・吸着効果、あるいは栄養塩類の吸収効果の期待ができそうである。なお、本調査は59年度も継続して実施の予定であったが、58年度後半には西側処分場も排出土砂で埋没しヨシは完全に消滅したため、以後の実験が不可能となっている。

この宇部港の実験例は、港湾海域においてヨシを利用したリビングフィルターの適用方法として、現実に測したものであったと評価でき、今後の可能性に期待される。

以上、過去に調査されて見出された浄化作用（能力）や2~3の実験例とそのデータから、リビングフィルター適用植物としてのヨシおよび付帯生物などによる浄化作用は期待できそうであることがわかった。しかし、成育特性や浄化効果の特性などは、その環境によって大き

く変化する。また、定量的な把握には系統立った実験によって求めることが重要であることがわかった。

4. ヨシの群生地の踏査

昭和59年9月に三浦半島南端の三浦市松輪の江奈湾に隣接する干潟において、昭和60年3月に三河湾に注ぐ矢作川と豊川河口、および同湾の汐川干潟において、また昭和61年2月に明石市の明石川河口敷と大阪府堺市の埋立地および和歌山県の紀ノ川河口敷において、さらに、昭和62年2月に宮城県の大森の干潟において、それぞれのヨシの採取と生育状況およびその環境調査を行った。

ヨシの採取は、次のようにして行った。まず、スコップにてヨシの地下茎を傷つけないように注意深く掘り起こす。次に、若芽のついた根茎は長さ50cm程度に切る。切り取ったヨシ根茎は、付着土に含まれる障害物質と水分の蒸発による枯死を防ぐため、採取場所の間隙水または河川水等とともに暗袋に入れ、密閉した後、トラックにて運搬する。このようにして持ち帰ったヨシは、後述の移植安定試験および耐塩性試験などに供した。

三浦半島の江奈湾に隣接する干潟に生育しているヨシは、図-6-Aに示すように、干潟を取り囲むように密生している。この干潟への流入水は、干潟の北西に水源をもつ小川からの農業用水と南西側の山裾から湧き出ている湧水、および満潮時の江奈湾からの海水とが主である。干潟側のヨシは満潮時になると深さ50cm程度まで冠水する。

三河湾の矢作川および豊川河口部のヨシは、小規模の群生地を幾つか形成し点在している。全体的に背丈は低く細い茎をしている。環境水としては、河川水と満潮時

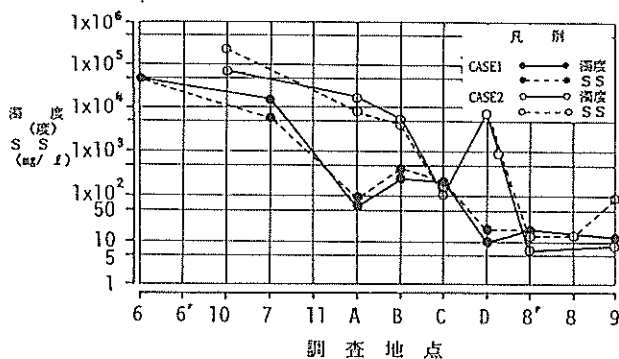


図-5 ヨシによる濁度とSSのろ過効果¹⁾

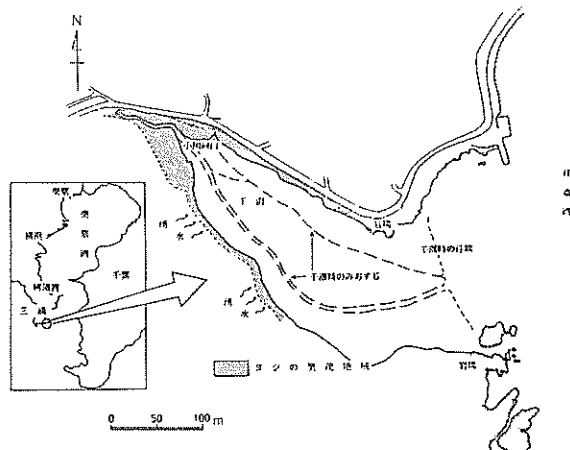


図-6-A 松輪の干潟図

の海水が主であると考えられるが、冠水の有無や程度について確認はできなかった。一方、汐川干潟では、干潟の奥部にかなりの密度で群生しており、1か所から複数の茎が林立している。環境水は干潟中央を流れる小川と満潮時の海水が主である。また、生育土壌には海水の進入と波、流れによって生じた砂連が残っていること、満潮時の汀線と考えられる段差などから、ヨシの生え際には30cm程度は冠水するものと考えられる。

明石市の明石川河川敷には、小規模の群生地を川の中洲に形成している。同河川の流量は少なく、水たまりが点在している。環境水は河川水と生活排水および水たまり水と考えられる。水質は非常に悪く、水たまり水では腐敗臭が感じられた。

堺市の埋立地区は、四方をコンクリート壁に囲まれ、浚渫土砂の上に山土や産業廃棄土砂などで覆土されている所であるが、覆土前の浚渫土砂地にヨシが生育している。浚渫土砂地ではヨシが群生している所以外は、超軟弱土壌質のために人が立ち入ることはできない。ヨシの地下茎や根によって、さらに蒸散作用のはたらきで地耐力（支持力）が上がっていると考えられる。また、土の表面やヨシ原内外に生育している低い植物の根元など、随所に塩分が白く析出しており、かなり高い塩分を含んだ土壌と考えられる。環境水は浚渫土砂地に点在する水たまり水が主で、その塩分濃度は高く、水中や水辺にはヨシの生育は認められなかった。

和歌山県の紀ノ川河川敷の繁茂地は、河口部から上流域に入った兩岸にあり、ヨシの大群落を形成している。ここでは、水深10~20cmほどの所にも生育していること、地下茎が他の生育地ではみられない黒色をしていること、および、地下の浅い所で地下茎が横走していること、などが確認された。また環境水は主に河川水であると考えられるが、この生育地域では潮せき（汐）の影響を大きく受け、満潮時には塩分濃度が20%程度にまで高くなることがわかった。

宮城県の大森町の蒲生の干潟は、ヨシが大群生していることや野鳥が多く生息していることなどにより特別鳥獣保護区にも指定されている所である（図-6-B）。この干潟は七北田川の河口の北岸に口を開き、南北に細長い形をしている。ヨシは干潟の中ほどから北の奥部にむかって兩岸に繁茂しており、干潟内に点在する大小の中洲にも生育している。干潟と河口部は石積導流堤によって仕切られているが、導流堤内に設けられた2本のヒューム管（内径1m）と導流堤内の透水および越流によって、水の流入は行われている。また、西岸には養魚場があり定期的に、その余水が干潟内に排水されている。これ

らのことから、環境水の水質は時間、時期、場所によって大きく変化するものと考えられるが、塩分濃度は5~20%程度の範囲にあると推定できる⁶⁾。

なお、蒲生のヨシについては、推定区域のため採取を行わず、観察のみにとどめた。

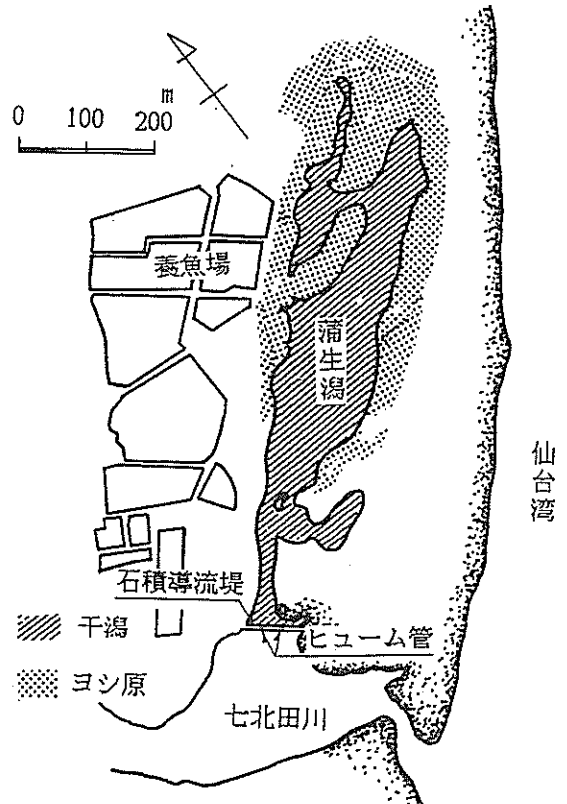


図-6-B 蒲生の干潟図

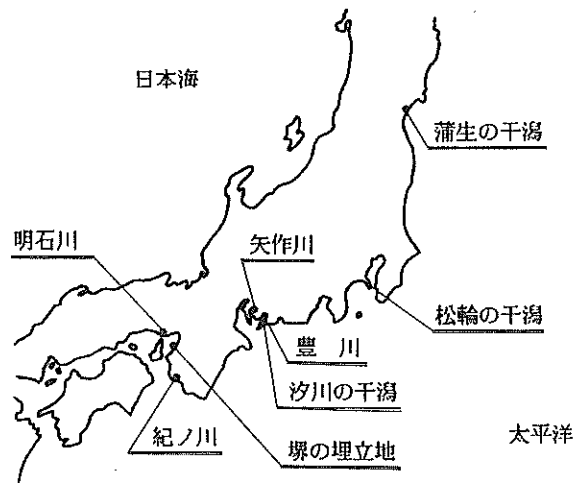


図-7 ヨシの自然繁茂地への踏査地域位置図

以上のヨシ自然繁茂地域の位置を示したものが図-7である。また、その踏査にもとづく概要をまとめたものが表-6, 7である。表-6の生育土壌を見ると、ヨシは粒径の細かい粘土質系から粗い礫質系までの広い範囲にわたって生育できることがわかる。さらに、耐塩性としての環境水塩分濃度は、20%程度が生育可能限界濃度と思われるが、これは常時ではなく、高潮時の一時的な冠水の場合と考えられる。

表-7は、それぞれの地域に成育しているヨシを比較したものである。ヨシの群落の中でもその周辺部ではヨシは低くて細いものであったが、ここでは一群落の平均的な値を掲げた。地上部の値は、踏査時期の関係から枯

れている状態で比較している。地上部の背丈は地際から残存している穂まで、太さは地際から50cmほどの高さの部分について観察したものである。背丈は、松輪と蒲生の両干潟に成育しているものが2.0~3.0mと高く、以下明石と紀ノ川の2.0~2.5m、汐川の干潟と豊川および矢作川の1.5~2.0m、堺の1.0~1.5mの順となっている。太さについては、地域による相違はあまり認められず、特に堺のものだけが細くなっている。堺の埋立地区のヨシが他の地域のものに比べて全体的に小さいのは、埋立地がヨシの生育土壌としての環境条件が満たされ、ヨシが根付くようになってからの経過日数が浅いためと考えられる。一方、地下茎は、節を持った白い地

表-6 各地域のヨシの成育状況

場所	土壌の質	成育地	環境水塩分	群生状況	その他
松輪	シルト混砂	干潟	満潮時に冠水(20%)	大規模	野鳥や小動物が多数生息。
矢作川	砂混粘土	河川砂州	満潮時に冠水?	小規模	小規模の群成地が点在。
豊川	シルト混砂	河川砂州	満潮時に冠水?	小規模	小規模の群成地が点在。
汐川	シルト混砂	干潟	満潮時に冠水(?%)	大規模	成育密度が高い。
明石	礫混砂	河川砂州	潮せき(汐)影響なし(淡水系)	小規模	河川水量は少なく、水質は悪い。
堺	シルト質土	浚渫土砂埋立地	未干陸部に点在する水溜(30%)	大規模	野鳥が多数生息。埋立地の支持力を上げている。
紀ノ川	礫混砂	河川敷と河川端	満潮時に冠水(20%)	大規模	野鳥や小動物が多数生息。
蒲生	シルト混砂	干潟	満潮時に冠水(20%)	大規模	野鳥や小動物が多数生息。

表-7 各地域のヨシの特徴

場所	背丈(m)	地上茎の太さ(mm)	地下茎の状況
松輪	2.0~3.0	3~10	ヒゲ根が良く発達している。
矢作川	1.5~2.0	3~8	
豊川	1.5~2.0	3~8	
汐川	1.5~2.0	3~8	ヒゲ根が良く発達している。
明石	2.0~2.5	5~8	太いがヒゲ根の数は少ない。
堺	1.0~1.5	3~6	細い茎に太いヒゲ根がまばらに出ている。
紀ノ川	2.0~2.5	5~10	非常に太く黒い茎、ヒゲ根が良く発達している。
蒲生	2.0~3.0	5~8	

下茎とそれらから出ているヒゲ根とがある。踏査時期によっては、その節にさらに新芽の発芽も見られる。現地踏査を行った各地域のそれぞれの地下茎は、ヒゲ根の良く発達したもの、黒色をしているもの、太いヒゲ根が数本まばらに出ているものなど多種多様であった。これら地下部の状態の相違は、ヨシの成育年数や自然環境によるものと考えられるが、その関係について明らかにすることはできなかった。

5. ヨシの植付と耐塩性試験

5.1 栽培試験と場所

リビングフィルターとしてヨシを利用する場合、そのヨシが対象区域に成育しうることが第一条件となる。現地踏査や過去に行われた調査研究では、調査時の自然条件が同一でないことや不明な点が残されており、その実用化のためには耐塩性、耐寒性、日照、波、潮差、流れ、水質、底質などとヨシの成育条件との関係、さらに、栄養塩や有機物の吸収・ろ過等の浄化効果などが明らかにされなければならない。また、取り扱いやすさということも実用化に際しては重要な条件となる。特に、塩分に対するヨシの反応は重要であり、その特性を十分把握しておく必要がある。一方、浄化効果の把握は、リビングフィルターの規模を決定する上で重要なポイントとなる。

このようなことから、現地踏査と同時に採取してきたヨシを使用し、室内外において生育条件を変えた基礎的な栽培試験を行った。

ヨシの栽培試験に必要な実験室としての条件は、上屋の高さが十分確保できること、ヨシが生（成）育するのに十分な光量（照度）が得られること、および、室温を制御できることなどが考えられる。また、成育特性という比較的長期にわたる現象と、栄養塩や有機物の吸収・ろ過、分解などの浄化効果（能力）という時間的にみれば、断片的な現象を同時に把握する必要がある。さらに、自然繁茂地域の群生の度合（密集度）を考えると、かなり広い場所に栽培を行って現象を観察し、かつ測定精度を向上させる必要がある。しかし、栽培試験域を広くとると、その維持・管理は非常に困難となる。

以上の点について検討した結果、写真-1のようなプレハブ型の栽培試験室を使用することとした。

この試験室は、高さ2.5 m、奥行5.4 m、横幅3.6 mで約19 m²の広さを持った恒温室となっている。使用温度（気温）範囲は、+2～35℃で任意に温度設定ができる。天井には40Wの蛍光灯を35本（後に63本に増設）設置し床面で1500 lux（後に2800 lux）程度の照度が得られ、24時間タイマーで明暗制御ができる。

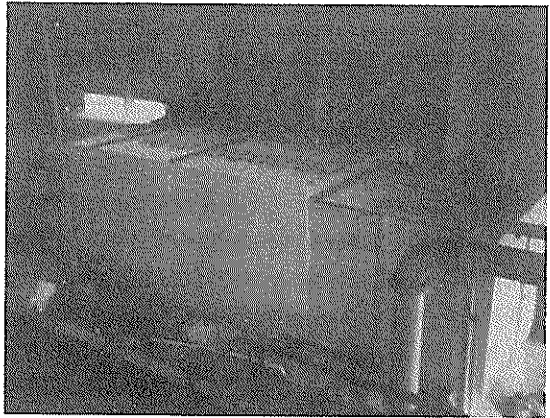


写真-1 プレハブ型栽培試験室

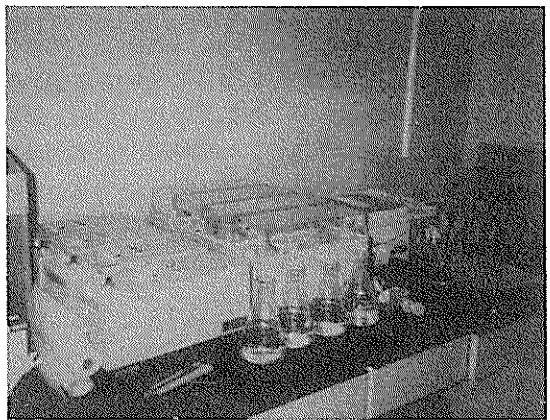


写真-2 浄化効果測定装置（オートアナライザー）

一方、栄養塩の定量把握については、従来の水質分析を行ってきた手分析法によると、①測定・定量精度に問題がある、②測定・定量に当たり、サンプル水量および試薬量が多量に必要なため、③測定後の排液が非常に多くなる、などの問題点がある。そこで、手分析法による水質分析に準拠した自動分析機について検討を行った。手分析法と同じ操作方式の湿式化学分析であること、分析に要する時間も短く複数の測定項目が同時に分析できること、また、長時間の分析に耐え、同一条件で行えること、測定サンプル水量と分析測定後の排液量も少ないこと、などの理由により、連続流れ分析方式の自動分析機—オートアナライザー（日本テクニコン社製）—を採用することとし、これを栽培試験室に備えた（写真-2）。

5.2 ヨシの栽培方法の検討と耐塩性試験

昭和59年9月に松輪から採取したヨシと、昭和60年3月に三河湾に面した矢作川、豊川、汐川の各3点から採

取されたヨシを使用して、移植安定性を調べるための栽培試験を行った。

栽培試験は、採取されたヨシと土壌および間隙水を、各採取場所ごとに大型バケツ（ポリエチレン製）と小型バット（ポリエチレン製）に植え分け、採取したときと同じ土厚になるように現場土壌を盛った。また、現場間隙水を土壌面よりわずかに多く散水した。その後、定期的に観察し、水面から土表面が完全に露出した日に水道水を初期水位になるように散水した。一方、松輪から採取したものについては、上記の方法によって大型バケツに植え付け、屋外に設けられた温室（鉄アングル製、幅1.5 m、奥行1.0 m、高さ1.9 mでビニルフィルムシートによって覆われている。）で栽培している。

9月に採取した松輪のヨシは、植え付け後1か月ほどで葉先が枯れ始め、2か月後には茎や葉全体が枯れてしまった。その後、60年3月になると枯れた地上茎の間に、土壌面から若芽が出ているのが確認され、6月には大きなもので高さ50cmほどにまで育成した。しかし、自然繁茂しているものと比較すると、地上茎が細く葉の色も黄色を帯びていた。一方、昭和60年3月に三河湾周囲3か所で採取したヨシは、植え付け後、気温23℃・12時間ごとの明暗条件で栽培を行った結果、2週間ほどで若芽の出現が確認された。しかし、汐川干潟から採取したものについては、若葉の発生後、しだいに枯れ始めた。他の2種についても、枯れてはいないものの、育成状態は極めて悪く、室外で栽培しているヨシと比較すると、その差は大きい。

そこで、実験室内と温室内および自然に繁茂している

ヨシの環境条件の違いについて考えると、図-8のようになる。栽培しているヨシに対しては、成育に必要な栄養塩等の物質の供給源は、栽培床（バケツ、バット）内の土壌のみである。また、環境水として補給される水分は散水される水道水であることがあげられる。温室と実験室内とでは、植物の生理作用（光合成）に必要な光量や光波長（温室は自然光で広い波長幅、実験室は蛍光灯で狭い波長幅）の差が大きいこと、後者は、気温、照明時間も一定の制御下に置かれている。さらに、それぞれのヨシは、採取した場近が異なっているために、同一条件の栽培もしくは他の栽培方法によっても、環境条件の変化に対するヨシの応答の度合が異なっているものと考えられる。

以上の栽培試験結果から、環境条件の違いと変化がヨシの成育に大きく影響を及ぼしていること、採取時の切断面は非常に腐敗しやすいため、採取後の植え付けには前処理として、適当な処置を切断面に施すか、土壌への植え付け前に養生をさせる必要があること、散水を行った水は、しん透することなく、植え付け容器の底面に滞り、間隙水の水質悪化、土壌の腐敗、地下茎の切断面の腐敗へと進ませること、地下茎で越冬している時期から新芽の発芽初期の期間に採取を行うと、取り扱いやすく根付きも良い、などのことがわかった。

以上の移植安定試験（栽培）によって明らかになった点を踏まえ、昭和61年2月に大阪湾周囲の3か所と松輪のヨシを使用して、照明装置を増設した栽培実験室内で、再度移植安定試験を行うとともに、水耕栽培法の検討を行った。また、水耕栽培では耐塩性試験についても試み

環境条件		模擬海域実験室	室外温室	自然繁茂地
栄養塩等の供給	光源	蛍光灯による 12時間ごとの明暗	太陽光 自然（日照時間）	太陽光 自然（日照時間）
	水分	水道水の散水	水道水の散水	・雨水 ・地下水 自然水・河川水 ・海水 ・その他
	栄養塩	栽培床（バット） 内土壌より溶出	栽培床（バット） 内土壌より溶出	大地からの溶出 自然水による持ち込み
	その他	栽培による環境変化が大きい ——— 気温の制御 ———	栽培による環境変化がある ——— 気温の管理 ———	群生地域としての環境変化はない ——— 自然 ———

図-8 ヨシに対する環境条件

た。さらに、自然繁茂地（松輪）のヨシの成育状況等を定期的に観察し、実験室内のヨシと比較を行った。

移植安定試験は、図-9に示すような採取地の土壌を使用した植え付け土壌床に、それぞれのヨシを水中養生させた後、そのまま植え付けた。植え付け時に散布した水道水は土壌中を通過し、滴下後に再度散布される方法を取っている。この水の散布頻度は1日1回とし、蒸発などによる水量の減少に対しては、適時水道水を加えている。これにより、環境水の悪化はかなり抑えられるものと思われる。一方、水耕栽培は、耐塩性試験のほか、後の課題である栄養塩吸収量を定量把握する実験において、各設定条件（環境栄養塩、塩分濃度）を手軽に変えることのできる有用な栽培方法と考えられる。これら水耕栽培は図-10に示すような水耕栽培用槽にヨシを植え付けて行

った。植え付けは、①ヨシの地下茎等に付着している土などを洗い落とす、②地下茎やヒゲ根を傷つけないように人工土壌材（ヘチマロン[®]）に挟み込む、③挟み込んだ根を覆うように細石を間隙に入れる、④栽培液を入れた槽中に漬け込む、の順で行った。今回、人工土壌材として使用したヘチマロンは、土木工事等で使用されているドレーン材で、硬質塩化ビニル製の断面形状などがヘチマタワシに似ていることから名付けられたものである。また、微生物などの活動により栽培液が嫌気状態になり、根腐れを起こしやすくなるため、これを防ぐ目的と液中の濃度分布の偏りができないように、随時エアープンプによって液中に空気を送り込んで適度な循環流を発生させている。栽培液は、水道水に土壌抽出液を加えたものと、それに塩化ナトリウム（NaCl）を加えて塩分濃度を20%

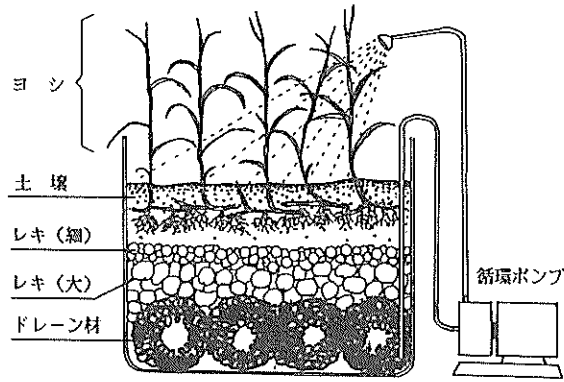


図-9 植付土壌床断面図

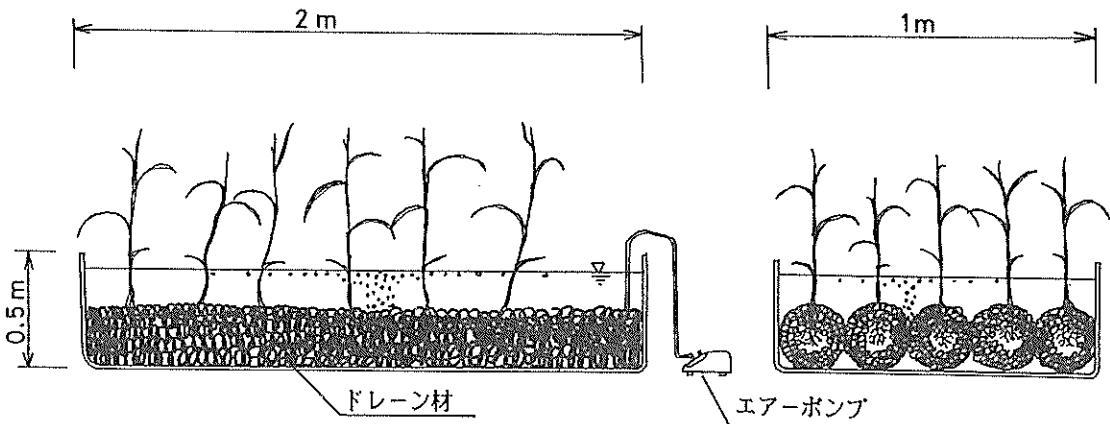


図-10 水耕栽培床断面図

に調整したものである。実験中は、塩分濃度をチェックし、蒸発などにより高くなったときは、水道水を加えて一定に保つようにした。

これらの栽培床と栽培槽は、室内温度26℃で全照明装置を点灯した2800 lux（栽培実験室床面）の12時間明暗の条件下で試験を開始した。

移植安定試験の土壤に植え付けたヨシ（新芽長3～5 cm）は、約1週間で早いものは10～15 cmほどに成長するが、植え付けたときと同じ状態のまま芽吹かないものもある。

昭和59年から60年にかけて行った移植安定試験では、同様の成育状態になるまでに約2週間を要しており、それと比較すると成育が速く良好であると想定される。これは、各地域のものについて言えることである。その後、それぞれ順調に成育し、さらに約1週間で背丈が30～50 cmほどにまで成育している。また、茎や葉の色は自然繁茂しているものと同じような深い緑色をしている。この時期にも芽吹かない芽を観察すると、土中に生息している昆虫や小さなカニによって損傷されていることが認められた。4週めになると、その背丈は1 mほどにまで成長し、順調に成育しているように見られたが、先端の新葉部が葉に巻き込まれるようにして大きく屈曲しているものが確認され始めた。また、巻き込んでいる葉と新葉部は、部分的に枯葉色に変色していた。この時期には、後述の水耕栽培をしているヨシにも同じ状態が確認された。このような状態のヨシはしだいに増えて、その後、4～6日間で栽培室内のほぼ全部に現れてきた。また、その間の成育状態は悪く、枯れ始めるものも出てきた。そこで、この葉と新葉部を開き観察したところ、体長1 mm程度の黒い無数の虫が寄生しているのがわかった。

一方、水耕栽培実験は、栽培を開始してから約1週間で、15～20 cmほどの背丈となり、速い成育速度が観察された。さらに、土壤に植え付けた場合には確認できなかったが、新しいヒゲ根の発達も観察された。新芽の芽吹き数は、土壤に植え付けたものと同様であった。塩化ナトリウムを加えた耐塩性実験槽内のものは、新芽の芽吹き数が少なく、成育も悪い。また、新芽に塩分結晶が析出し、枯れ始めているものもあった。このため、水道水を加え塩分濃度を17‰に下げて実験を続けることとした。2週間後には水耕栽培のヨシは50～70 cmほどに成長し、土壤に植え付けたヨシより成育は良好で、かなり速い成育速度であることがわかった。塩分濃度を下げた実験槽のヨシも変色した芽の中から、緑色をした新芽が芽吹き始めた。しかし、その成育速度は遅く、やはり塩分の影響による成長阻害があることが伺える。また、

これら水耕栽培槽中に緑色の藻が発生し始めた。4週間めになると、背丈は1 m以上のものから50～70 cmほどのものまで、ばらばらの成長度を示すようになった。さらに、寄生虫による新葉の損傷があり、巻き込まれて枯れ葉色に変色しているもの、葉が開かず針葉のようになり屈曲しているものも観察された。この状態は、成長の遅い耐塩性実験槽のヨシにも観察された。

一方、松輪の自然繁茂しているヨシは、2月の初旬に芽吹き始め、約1か月で20 cmほどに成長していた。これらの新芽の中には昆虫などによって損傷を受け、枯れているものや折れているものが多く観察された。さらに2か月後の踏査では、背丈が1 mほどに成長しており、繁茂地の中でも水辺に近いものほど背丈が高く、陸域のもの（水辺120 cm、陸域80 cm）比較すると、40 cmほどの差があることがわかった。また、栽培試験室内のヨシのように、寄生虫による異常は観察されなかった。同じ松輪のヨシについて、実験室内のものと自然繁茂地のものとを約1 mほどに成長した時点で、各部分で比較すると、葉の幅は約2倍程度、茎はそれぞれの生育場所で違っているものの、太いものでは約3倍程度自然繁茂地のものが大きく、その色も深い緑色をしている。

水耕栽培の耐塩性試験の結果をまとめたものが表-8である。20‰の塩分濃度では、塩分阻害によって生育が妨げられている。しかし、自然繁茂地での踏査では環境水が20‰程度の所がある。この違いは、耐塩性試験においては、常時塩水に漬け込まれていること、自然繁茂地では、潮せき（汐）等の影響によるために一時的なことが多く、その塩分阻害程度は低いと考えられる。

松輪に自然繁茂しているヨシは、8月ごろにその成長はピークに達し、背丈は2～3 mほどに成育する。また水辺では他のものより遅く（6月ごろ）に芽吹き、背丈の低いヨシが成育しているものも観察された。

5.3 ヨシの栄養塩（N, P）吸収速度の見積り

以上、ヨシの移植安定試験と水耕栽培によって、ヨシの移植や水耕栽培が可能なこと、成長は遅いものの17‰

表-8 ヨシの耐塩性

塩分濃度	判定	成育状態
淡水	○	土壤栽培より成育が良い。
10‰	○	淡水のものと余り変わらない。
17‰	△	水面上の新芽部に塩の析出があり成育しないものもある。
20‰	×	塩の析出があり新芽に変色が認められ成育しない。

程度の塩水中でも成育は可能なことがわかった。しかし蛍光灯下では、太陽光のような殺虫、殺菌効果はなく、その光量もはるかに低いことから、光の違いによる影響を受けているものと推測される。

植物の栄養塩の吸収は、その生理作用（光合成）の活・不活発によってその量は増減すると考えられる。そのため、ヨシの栄養塩の吸収速度を把握するには、自然光（太陽光）の下でのヨシについて調査を行う必要がある。そこで、松輪に成育しているヨシに含まれる栄養塩（N、P）量を測定するとともに、現存量の把握によって見積もることを試みた。さらに、この干潟内に生育している底生生物（ベントス）による吸収除去量との比較も夏期について行っている。

松輪の干潟は図-11に示すように、面積が約42,800m²で満潮時でも水深は1m以内の干潟である¹⁰⁾。ヨシはこの干潟を取り囲むように生育しており、その面積は約3,000m²である¹⁰⁾。北西にある小川から流入する農業用水の水量は1,000~4,000m³/dの範囲と推定される。また、南西の山裾からの湧水はヨシ原内を潤し、この環境水によって、湿潤な土壌を保っている。

ヨシの単位面積当たりの現存量は、1辺が50cmの正方形の木枠を用い、その中に成育しているヨシの数を数か所で計測し、平均して4倍することで求めた。これによると、各測定点でばらつきはあるが、120本/m²の値が得られ、全体で約360,000本のヨシが成育していることが推定された。また、底生生物としては、干潟に多数生息しているカニと貧毛類について行った。採取法は同様の木枠を使用し、泥深30cmまでの泥を1mm目のふるいでふるいにかけて、ポリエチレン製の容器に採取した。さらに、ヨシの採取に当たっては、夏期と秋期に行い、

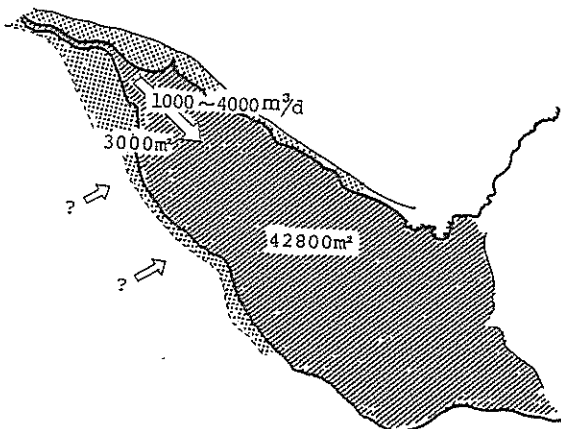


図-11 松輪の干潟

その時期的変化の把握を試みた。

採取したヨシは、各部分ごとに切り離し計量を行った後に、2週間の自然乾燥を行い再度計量し、乾燥率を求めた。また、底生生物については、ろ紙（5G）の上で付着水分を取り計量を行った後、100℃の乾燥器によって2時間の乾燥を行い、同様に乾燥率を求めた。

一方、栄養塩の含有量は、各部分ごとに切り離された葉、茎、地下茎、ヒゲ根ごとと、付着水分を取ったカニ、貧毛類について、ケルダール分解（強酸を加え強熱による分解法）の後にT-N、T-Pとして求めた。しかし貧毛類については、採取方法や保存方法に問題があり、内容物が出てしまっているものや、切断されてしまっているものが多く、定量把握するまでには至らなかった。

以上の方法により求められたヨシの各部位ごとの含有量を表-9に示す。これによると、N、Pは圧倒的に葉に多く含まれていることがわかる。また、夏期のものより秋期のほうが、N、Pとも2倍以上の含有量を示している。夏期の葉、茎の地上部1本当たりの重量に、N、Pの含有量を乗じヨシ原に成育している推定総本数をさらに乗じたものが、各部位での総量である。地下部については、その現存量の測定および推定が困難なこと、および、リビングフィルター本来の特性である利用植物の永続性を考慮すると、地下部に含まれた（蓄えられた）N、Pまでも吸収除去の対象とすることは妥当でないと考え、それらの含有量を示すにとどめた。

カニの現存量は約100個体/m²で、この中には小型（1mm大）から大型（2cm大）のものまで含んでいる。出現率が高く平均的な大きさのカニについて定量した結果、1個体当たりのN、Pの含有量は、それぞれ0.466mg/個体、0.110mg/個体であった。また、干潟全体に一律の現存量でカニが生息しているとすると、カニに含まれるN、Pの総量は、1個体当たりの含有量、面積当たりの現存個体密度および干潟面積を乗じることで求める。さらに、踏査時に測定した小川の水量と、その水質（N、P含有量）および干潟泥（泥深30cm）に含まれるN、P量とその面積によって、干潟系への流入栄養塩（N、P）量を求め、先に求めたヨシやカニおよび蓄積されるN、P量とともに表した分布図・フラックス図が図-12である。なお、海域への流出量や海域からの流入量等については、潮せき（汐）による拡散割合や干潟内の地形測量および深浅測量などによる海水量の把握が必要となることから、ここでは求められていない。

ヨシのN、P含有量は前述のように秋期になると夏期の2倍以上となること、さらに、現存量（宇部港での現存密度は最大地点では644本/m²）によっては、その蓄

表-9 松輪に繁茂しているヨシの各部位でのN, P

	各部位	含有量	1本当たりの重量	密度	成育面積	各部位での総量
P	葉	(mg/kg) 1400 * 3400	14 (5.6) (g)	(本/m ²) 120	(m ²) 3000	(kg) 2.822 * 6.854
	茎	420	56 (22.6)			3.387
	地下茎	820				
	ヒゲ根	160				
	合計	2800	()乾燥重量		総本数 360000本	
N	葉	20000 * 45000	14 (5.6)	120	3000	40.32 * 90.72
	茎	4500	56 (22.6)			36.29
	地下茎	3400				
	ヒゲ根	> 0				
	合計	27900	()乾燥重量		総本数 360000本	

*秋期の分析測定値(他は夏期)
1本当たりの平均重量=70g(湿重)・28g(乾重)

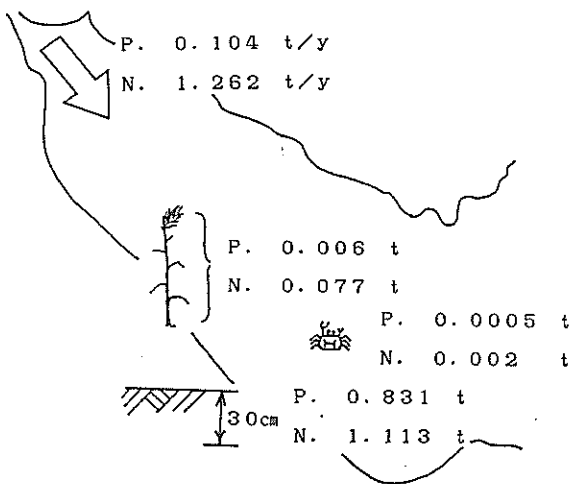


図-12 干潟系内のN, Pの流入と蓄積図

積量は大きな値を示すことになる。また、ヨシの吸収可能なN, P濃度によっても、その値は変化するものと考えられる。

図-12に示した各値は、松輪の干潟における自然環境での概略の見積りであるが、この値を使用し、ヨシが芽吹いてから踏査を行った夏期の約6か月間についての栄養塩吸収速度を試算すると、Nで1.19mg/日/本、Pで0.09mg/日/本となる。さらに、この値に現存量(単位

面積当たりの本数)を乗じると、この干潟でのヨシが持っている栄養塩吸収能を算出でき、Nで0.143g/m²/日、Pで0.011g/m²/日が得られる。これらの値は夏期時点での値であり、秋期時点における含有量を使用して試算すると、ヨシの栄養塩吸収能はそれぞれの値の2倍以上となる。試算した値は、表-1に示したヨシの栄養塩吸収能文献値の範囲内である。

このことから、ヨシの吸収能や吸収速度はその成育環境によって左右され、決まってくるのがわかる。また、吸収除去量としては、単位面積当たりの成育量が大きく影響してくることがわかった。

6. まとめ

以上、ヨシの自然繁茂地の踏査、移植安定性試験、水耕栽培試験と耐塩性試験および松輪の干潟におけるヨシの栄養塩吸収速度の見積りなどを行い、以下のことが把握できた。

- 1).ヨシの成育土壌としては、地上茎を安定に保てるものであれば、種類を問わない。
- 2).移植を行う時期は、初春の新芽が芽吹き始めた時期が良く、扱いやすい。
- 3).移植に際しては、ヨシの地下茎の切断面からの腐敗に注意し、適当な処置を施す必要がある。
- 4).ヨシの耐塩性は、一時的な冠水であれば20%程度まではあるが、常時冠水になると成育阻害によって枯れる。また、その限界は17~20%の範囲にあるも

のと考えられる。

5) ヨシの栄養塩の吸収特性は、自然環境、利用可能栄養塩濃度、時期などによって左右される。

なお、ヨシをリビングフィルター利用植物とする場合、その適用地域の自然環境としての水質、底質、地形、海域利用の形態について現地調査を行うとともに、その地域におけるニーズ、適用に当たったの工法の規模について検討する必要がある。また、ヨシの地上部に対する取り扱いとしての処理、処分、利用法についても検討を重ねる必要がある。これらの検討項目に加え、所定の場所での予備実験を行い、その有用性を確認した後に適用することが望ましいと考えられる。

本研究は、ヨシを利用したリビングフィルターによる汚染海域の浄化効果の把握、リビングフィルター適用に際する技術開発、および、経済性の評価を含めた総合的な観点から検討を行っている。しかし、現段階では植物の成育が長期的なサイクルを要する、という時間的制約の問題や、環境の変化に対して植物の応答が緩慢なため調査実験ケースが限られること、さらに、ヨシの生態について未解明な点が多いことなどの理由により、本文にて示した数値の多くは測定値の平均値とそれらの分布幅とでもって表さざるを得なかった。

今後は、さらに調査、実験を重ね、先に述べた目的に沿うように、詳細に検討を進めていきたい。

最後に、現地踏査に際しては、第五港湾建設局衣浦港工事事務所、第三港湾建設局神戸港工事事務所、同和歌山港工事事務所、第二港湾建設局塩釜港工事事務所の御協力をいただいた。また、東北大学理学部の栗原教授および東亜建設(株)大槻忠博士からは貴重な御意見をいただいた。ここに記して深く感謝の意を表します。

(1987年3月31日受付)

参 考 文 献

- 1) 第四港湾建設局海域整備課：リビングフィルターの適用性について、昭和60年3月
- 2) Environmental Effects Laboratory, Waterways Experiment Station: *Feasibility of The Functional use of Vegetation to Filter, Dewater, and Remove Contaminants from Dredged Material*. 1976. June
- 3) 竹中肇・江崎要：干拓地の土質と植生 — 主として八郎瀧干拓地について —, 土と基礎, No.916, 1976. 2, pp. 19 ~ 26
- 4) 三島亨：水生植物による水域浄化システム, *HEDORO*, No.33, 1985. pp.43 ~ 47
- 5) 栗原康・鈴木孝男：砂ろ過システムでのN, P除去率に及ぼすヨシの影響, 文部省「環境科学」研究報告書, B 281-R12-1, 昭和61年3月, pp.87~92
- 6) 上原忠保：河川・河口・ラグーン系におけるSSお

よび水の挙動とその生態学的意味, 文部省「環境科学」研究報告書, B 281-R12-1, 昭和61年3月, pp.55 ~ 66

- 7) 鈴木康正：土砂処分場におけるリビングフィルターによる水質浄化効果について, *HEDORO*, No.31, 1984. 9. pp.18 ~ 22
- 8) 今岡務・寺西靖治：ホテイアオイの栄養塩吸収能を利用した水質浄化に関する研究, 水質汚濁研究, 第8巻第5号, 1985. pp.314 ~ 322
- 9) 大滝末男・石戸忠：日本水生植物図鑑, 北隆館, 昭和55年7月, pp.168 ~ 169
- 10) 三浦市経済部水産課：江奈地区環境調査報告書, 昭和60年3月

港湾技研資料 No. 591

1987・6

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 新宿総合印刷センター協業組合

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.