

(9) 沿岸部干潟におけるヨシ原の機能と
ヨシを利用した汚濁の浄化の
可能性について

FEASIBILITY OF FUNCTIONAL USE OF REED-FIELD TO REMOVE EXCESS NUTRIENT
AT COASTAL AREA

細川恭史*、堀江 毅*、三好英一*、関根好幸*

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

ABSTRACT; The Common Reed (*Phragmites communis*) is observed commonly along the coastal area and the river mouth, and is known by its high capability of the nutrient uptake. For the feasibility study of the functional use of the reed-field with its ecosystem to remove the excess nutrient, field observation was conducted at the small tidal-marsh of the Tokyo Bay. This reed-field is found to play an important role for the nutrient cycle at the marsh, and shows high nutrient uptake rate under the natural condition.

KEYWORDS; reed, *Phragmites communis*, salt marsh, eutrophication, coastal area

1. はじめに

閉鎖性内湾は、背後都市からの負荷の大きさと、湾内水の外洋水との交換の小ささから水質悪化を招きやすい。特に、富栄養化の進行は夏期の有機物濃度の上昇や底層貧酸素化をもたらしている。内湾域の富栄養化対策は、原因となる栄養塩類の流入負荷の削減の他にも、内湾での栄養塩類の分布・運搬の機構に応じた種々の対策が考えられる。

ここでは、内陸と海域との接点である沿岸部に注目してみた。沿岸部は、1) 水深が徐々に深くなる、2) 日射を受け、砕波によるガス交換を受ける浅海部から、潮汐や成層の作用を受ける沖合部まで作用する外力が変化する、3) 陸域からの流入淡水が海水と混合し塩分・水温が変化する、4) 水容積に比しての水面積が沖合部より大きく、特に岩などの付着基盤があると著しく大きい、5) 従って、生物生存量も大洋に比して著しく大きい、など大きな環境の変化が存在し、環境勾配を有している。このため、多様な生物がそれぞれの生存に必須な条件を満足させることができ、種の多様性と系の安定性が見られる。一方、内陸からの流入負荷は主に河川を通して運び込まれるが、沿岸部や河口付近では粒状物質の凝集・沈降や溶解栄養塩の植物プランクトンによる取り込みなど、局所的・一時的な高濃度域（底泥や生物体）が形成される。こうした高濃度域への濃縮・貯留作用により、沖合側への急激な負荷がやわらげられている。また、貯留された有機物や栄養塩は多様な生物により生態網のなかで利用され、高い生産力を示している。

近年、都市活動や海面利用の高密度化に伴い、沿岸部に各種の土木構造物の建設が必要になってきた。今後の適切な沿岸部の整備計画の立案のためには、1) 従来沿岸部が有していた固有の環境上の役割を抽出し、2) その機能を工学的に解析し、3) 対象地域の自然条件や社会的要請に応じて、構造物の配置・設計についても沿岸部固有の機能を反映させる技術の開発がのぞまれる。ここでは、我が国の沿岸の干潟でよく見受けられるヨシ原について検討を始めてみたので紹介したい。

* 運輸省港湾技術研究所 Port and Harbour Research Institute, Ministry of Transport

2. ヨシとヨシ原の特性

2. 1 ヨシの生活史

ヨシ (*Phragmites communis*) は、イネ科の多年草で我が国沿岸や水湿地に群生する抽水性植物である。地中に根を張り直立した茎に互生する細長い葉を有する。水湿地水際の水深20-50cm以浅から陸上部にかけてよく観察される。種子または地下茎で越冬し、増殖力は強い。地下茎は地中数cmから50cm程度をほふくするが、地中1m位まで深くほふくすることもあるようであり、ヨシ原に浚渫土砂を2m程積みあげても芽を出した例も報告¹ されている。地下茎はよく発達し節を作る。節からは直立する地上茎やひげ根が出る。地下茎の先端も地上に向かい春先に地上茎となる。地上茎は径数mm-10mm程度の中空の円柱径で固い。発芽した地上茎は細長く直立し早い成長により背丈は1-3mに達する。8-10月に茎の先に褐色の穂がつき、種子を作り地上茎は枯れる。地上茎はよしず利用されるほかバルブ材などにも用いられ、茎の若芽は食用・薬用として利用できるとされているが、我が国での収穫利用は少ない。

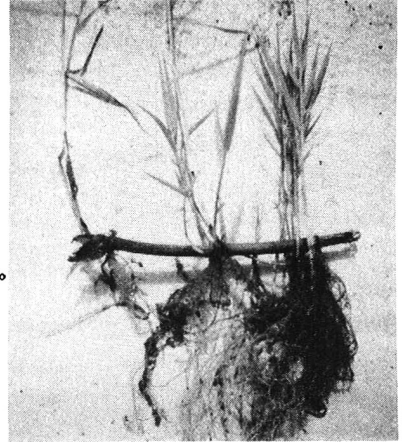


写真-1 ヨシの若い芽

2. 2 ヨシ原の浄化作用

ヨシの強い増殖力と早い成長速度に注目し、これを利用して水中の特定の物質の吸収・除去をはかろうという試みは、以前よりヨーロッパにおいて研究されていた²。フトイやヨシの植栽地では、1) シアン、フェノールなど有害物質の除去、2) 汚泥の経済的脱水、3) 病原菌等の殺菌、4) 酸・アルカリ廃水の中和、などの作用が認められ、詳細な生理機構は不明のままヨシ原圃場が工場廃水・研究所廃水の処理などに用いられてきた。また、浚渫土砂の埋め立て処分場内にヨシ等の植物の植栽を施すと、1) 浚渫土砂に含まれている微細泥粒子の抑留・沈降促進、2) 処分地に堆積した土砂の乾燥と地耐力の向上、3) 浚渫土砂余水に含まれている栄養塩や有害物の除去、等の作用が期待でき景観も向上するとしている^{1,3}。水処理プロセスの1ユニットとして植栽地を利用する場合には、水生植物群の吸収・除去効率の見積もりが必要となる。浮漂性の植物に比して土中に根を張る抽水性植物では土壌を経由しての根からの吸収が主であるため、除去作用の定量的把握がより難しくなる。

沿岸干潟の生態系の中でヨシ原の役割を検討した例⁴ では、1) 泥中の栄養塩の除去、2) カニ、鳥などの生息地の提供とこれら生物による有機物の摂取分解、3) 水中の懸濁物質の捕捉堆積、4) 風や波浪による侵食からの防護、5) 眺望の向上、などの作用が指摘されている。栄養塩や有機物の分解のフローの中で、微小な付着生物やゴカイ類の作用が大きく、生態系食物連鎖の中でのフラックスの評価が必要となる。こうして見ると、ヨシ原の浄化作用として検討すべき課題は、次のようにまとめられる。

- 1) ヨシの生育環境条件の把握とヨシ原を成立させている要因の理解-ヨシ原の分布と様態
- 2) ヨシ原内での懸濁粒子の挙動
- 3) ヨシ原内での有機物、栄養塩収支-もしくは生態系連鎖内でのフラックス評価
- 4) ヨシ個体の蒸散作用・栄養塩吸収作用の把握

いずれの課題も大きな作業となる。ここでは、近くの小湾湾奥に自生するヨシ原を例に、まずヨシの成育の様子を観察してみた。

3. 江奈湾ヨシ原におけるヨシの生育

3. 1 江奈湾ヨシ原の地形

江奈湾は、図-1に示すように三浦半島南端に位置し南側を太平洋に開口している。開口幅は300mほ

どであり、湾奥西側に
奥行300mほどの入
江があり、干潟を形成
している。干潟部の面
積は約43000m²
であり、勾配は東へ向
かって1/200程度
の平坦な地形である。
背後の農業用地から流
入する用水路が西端に
あり、主たる流入河川
となっている。用水路
の流量は晴天の常時で
1000-5000m³

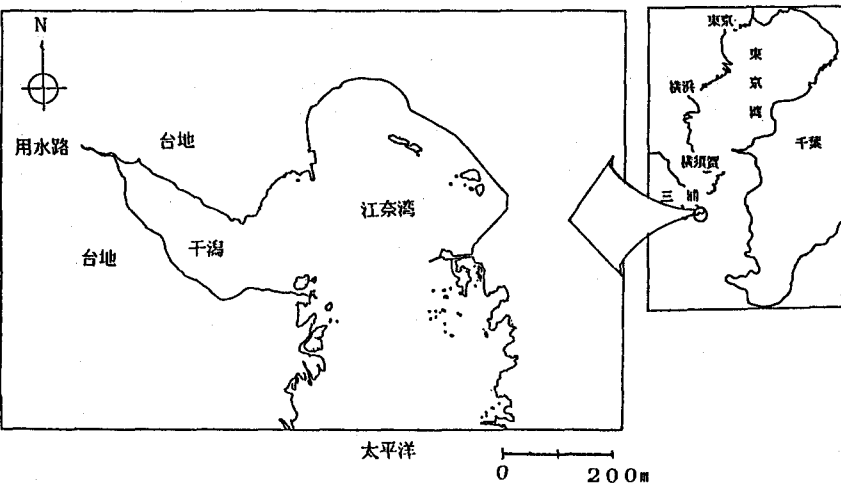


図-1 江奈湾位置図

／日程度である。又、南北はやや高い海食台地に囲まれており、南西の台地からは湧水地下水の流入が見られる。湧水量は不明である。これらの流入水は、みお筋を作って干潟内を流下している。主たるみお筋は干潟の南岸そいのものである。

満潮時には干潟部は海水によっておおわれ、みお筋は消失する。干潟部の西奥では、台地と干潟との間にアイアシ・ヨシを中心とする塩沼地植生がまとまって見られる。このヨシ原の面積は、約3000m²であり干潟部面積の約7%に相当する。干潟部は江奈湾の二次湾であり、干潟開口部の水深が浅いため通常時には大きな波浪の進入は少なく、干潟は極めて静穏である。しかし、干潟内水深は満潮時でも平均1m弱であり、西側湾奥では少しの波や風でも底質の懸濁が見られる。ヨシ原は、満潮時に50cm程度水没する深さまで干潟に張り出しており、背後は潮汐により冠水することのない干陸部まで広く存在する。夏期にはヨシ原内にはカニ（クロベンケイガニ?）が見られ、ヨシ原内の水没地ではハルバチク目の幼生なども見られた。ヨシ原内の水没地では、底質

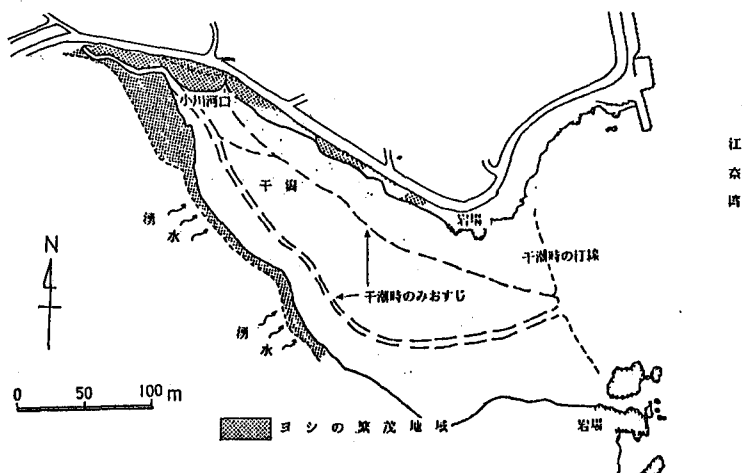


図-2 干潟周辺の様子

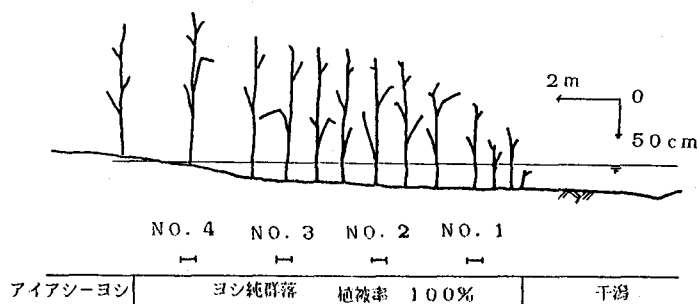


図-3 観測点 (N0-1,2,3,4) 位置

は軟弱で微細なシルトからできている。

3.2 調査項目と調査方法

ヨシ原内でのヨシの分布とヨシの生育状態を把握するため、干潟との境界から干陸部へ向かって図-3に示す様な列状の観測点を4点設けた。水際10mはヨシの純群落でその背後にアイアシとヨシの群生地が幅15mほど続く。各観測点に50cm角の木枠を埋め込み、ヨシの生育密度・平均背丈を経時的に観察した。また、各点近旁よりヨシを採取し、乾重量比・N、P含有量・背丈と湿重量などを測定した。ヨシ個体の作用を見るため、温室に移植栽培を試みた。

3.3 調査結果

満潮時の干潟内塩分分布は、流量 $4000\text{m}^3/\text{日}$ のときでも、用水路流入部で20%。まで低下するが、干潟内を100mほど進むと30%。を超え以後湾口にかけて塩分濃度差は殆どない。一方、干潮時にみお筋を流下する水は、塩分濃度数%。であり干潟を横断して江奈湾の海水面に注いでいる。干潮時でも、ヨシ原と干潟との境界付近では、底泥の間隙水塩分が14-18%。と高い。この干潟にとって、常時の淡水流入量は潮汐により出入りする海水交流量に比してちいさく、淡水の影響は水際や用水路流入点付近で大きいことが判る。

干潟内の底質は、全域微細なシルト泥であり、周辺の畑地からの流失が主な供給源と見られる。I.L.で12-15%，T-Nで2000-3000mg/kgのほぼ一様の濃度である。波の碎波など特定の擾乱を常に受ける場所は見当たらない。

ヨシの平均背丈(m)および生育密度(shoot/m²)の観測点別の経時変化を図-4に示す。ヨシは2月ごろから新たな芽を出しはじめ、3月から5月にかけて芽ぶく数がふえる。その後早い成長をとげ6月から7月にかけて背丈、葉面積ともに増大する。この間にも、新たな新芽が認められる。8月から9月にかけて、下部の葉が枯れ落ちながら背丈は2.5-3mに達する。9月に穂をつけ徐々に枯れていく。最も標高の低いNO.1の観測点では、生育密度は高いが背丈が低く、約10m背後のNO.4での背丈の6割ほどである

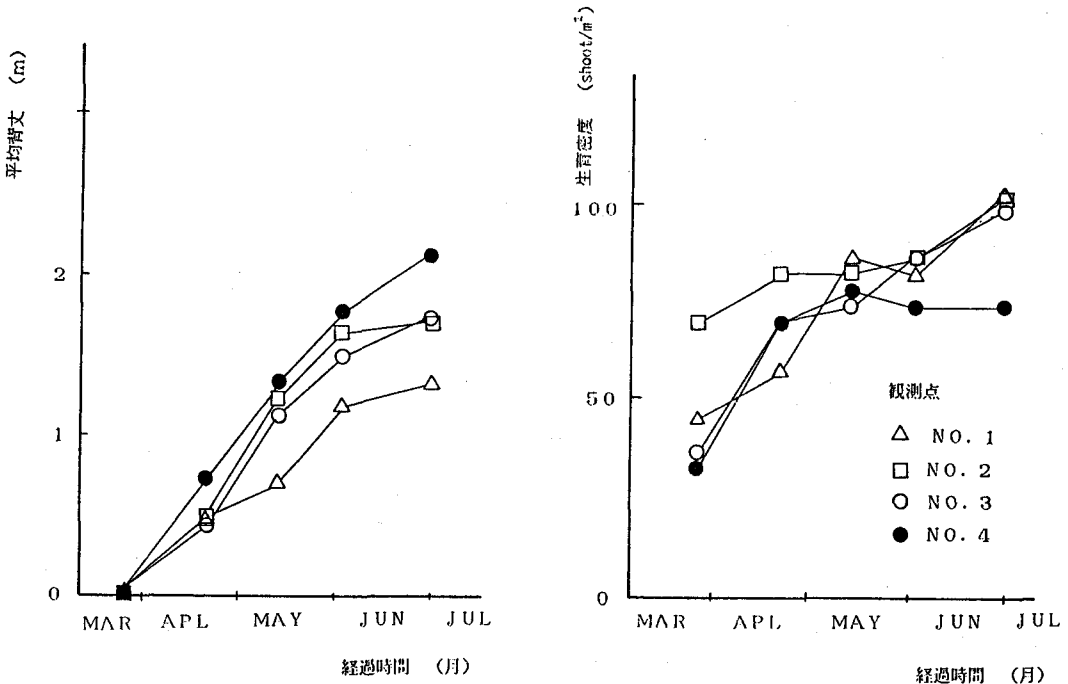


図-4 平均背丈と生育密度の経時変化

一方、N O. 4地点では満潮時によく水没するが、ヨシの密度は80本/m²程度で頭打ちとなる。

背丈と葉面積、湿重量との関係を図-5に示す。背丈とともに葉面積が増えてゆくが、ある時期からは面積を余り増やさずに背丈を伸ばすようになる。ここで葉面積は、葉の長さから菱形に近似して求めている。背丈と湿重量の関係は概ね直線にのる。ほぼ生長しきった8月中旬でのヨシの各部位毎のN、P含有量などは、表-1のようになる。このとき、平均乾重量は28g/本で、その8割は地上茎の重さであった。平均生育密度は120本/m²であった。表中には、同時に採取した干潟部のカニ（体長2cm以下のもの）、ベントス、ヨシ原内底泥のN、P含有量も掲げた。ヨシ原内底泥は、表層から30cmまでを混合したもので、貝がら片やヨシのひげ根を多く含んでいた。

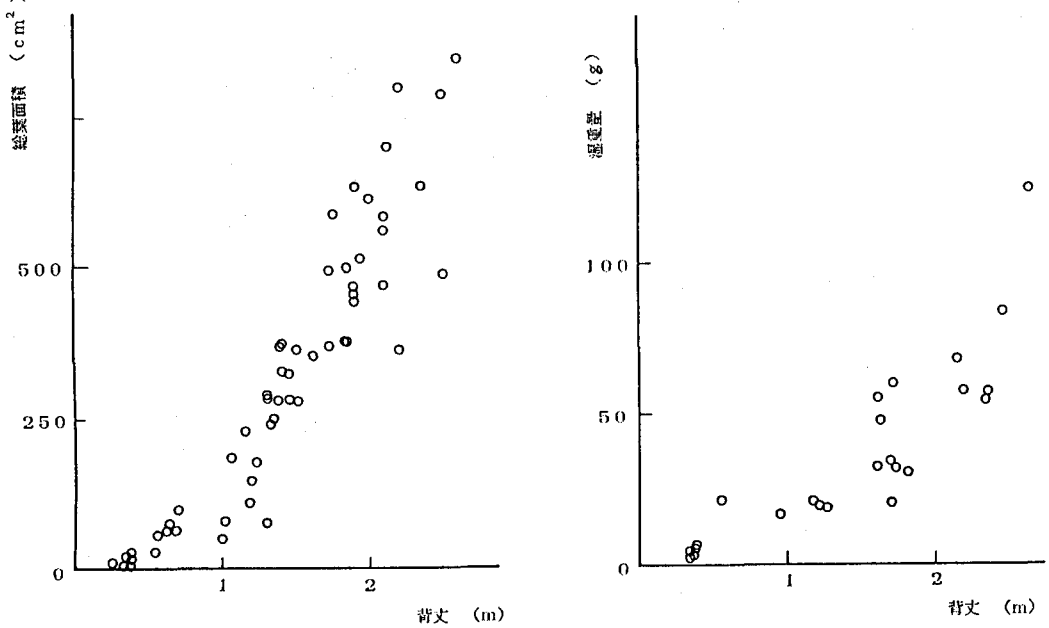


図-5 背丈と葉面積、湿重量の関係

表-1 N、P含有量

生物体	部位	平均の 個体乾重量 (g/ind)	N		P	
			含有率 (mg/kg)	1個体含有量 (mg)	含有率 (mg/kg)	1個体含有量 (mg)
ヨシ	葉	5.6	20000	112	1400	7.8
	地上茎	22.6	4500	102	420	9.5
	地下茎	-	3400	-	820	-
	ひげ根	-	0	-	160	-
	(地上部合計) (28.)	-	-	(210)	-	(17.)
干潟部の蟹			0.0127	37000	0.47	8700
ベントス			0.0032	60000	0.19	5000
ヨシ原底泥			(g/g)	(mg/kg)	(mg/kg)	
0-30cm深			0.506	1720	-	1290
(貝ガラ混)						-

温室で若い芽を用いて蒸散作用を測定してみた。背丈20cmまでの芽では、1本あたり5-0.5 l/日の速度であった。また、若い芽を用い水耕栽培で4週間の耐塩性試験を行った。塩分20‰では芽が枯れはじめ阻害が大きい、17%。ではゆっくりとした成長が認められ、10%。では淡水(0%)と同じ成長が見られた。栄養塩濃度や順勢の影響は、ここでは不明である。

3.4 考察

ヨシ原の観察などから、ヨシの生育環境条件は次のように整理される。

このヨシ原では、満潮時で水深40cm以浅の浅い場所に生息する。干潟際の群落先端部では、満潮時の塩分は20‰を超え、干出時でも底泥間隙水塩分は14-18‰。であるが、ヨシは成長している。ただし、群落先端部では背丈が他の場所より低い。室内栽培でも17%。までの耐塩性は確認された。底質の条件や流れの条件については未検討である。背後から淡水が流入する場所では、干陸部奥深くまで生息している。

8月中旬でのヨシの現存量、N、Pの含有量を、ヨシの生産量、吸収量とすると、ヨシ原で

の有機物生産と栄養塩取り込みとが推算できる。生育密度測定値(120本/m²)がかなり大きな値であるが、1本当たりの平均乾重量を乗じて3400 g DW/m²の生産量となる。N、Pの高い負荷でのポット栽培時の生産量⁵に匹敵する値である。ヨシ原内全域での平均生育密度が上記測定値であったとすると、ヨシ原内でのN、P吸収量は、ヨシだけで、それぞれ77 kg-N、6 kg-Pとなる。これは、晴天常時の用水路からの負荷の約1ヶ月分に相当する。同様に、ヨシ原内底泥(泥深30cmまで)、干潟内のカニに蓄えられているN、P量を算定して示すと図-6のようになる。ヨシの保持量がかなり大きく干潟内でのN、Pの循環に重要であることが判る。

8月中旬のN、P含有量が、2月中旬の芽ぶきから六ヶ月間同じ速さで吸収しつづけた結果だと仮定し、180日で除すと、平均的な吸収速度として1.2 mg-N/日/本、0.1 mg-P/日/本が得られる。比較的N、P濃度の低い自然環境中での値である。しかし、流入負荷が底泥を介してヨシに吸収されるプロセスとフラックス値は、不明であるし、枯れた後のヨシ体のヨシ原内での他の生物による利用なども不明である。

ヨシ原内の懸濁粒子の挙動は、ヨシ原内の観察からはうまく把握できていない。N、P含有粒子の沈降堆積を促進しているのならば、ヨシ個体への吸収に加えて重要なヨシ原内への貯留作用であると思われる。ヨシの蒸散作用が堆積粒子の土壌化や固化にどう影響しているのかも含め、今後の検討課題であろう。ヨシ原内での多様な生物によるN、Pの連鎖や移行関係も検討できていない。また、景観上の効果などについても考える必要があろう。昭和59年より開始した研究の中間的な報告を取りまとめた。東北大学栗原康教授、東北学院大学上原忠助教授には適切な助言を頂いた。記して深く感謝いたします。

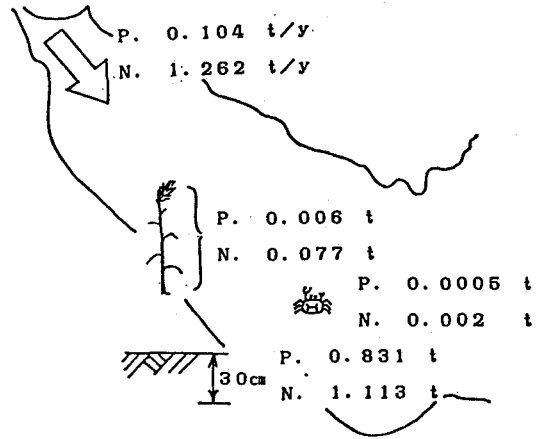


図-6 N、P含有量分布図

参考文献 1. Lee, C.R. et al., Technical Report D-76-4, U.S. Army Engg. W.E.S. 2. Seidel, v.K., Mitteilungen aus der Max-Planck-Gesellschaft, Heft 6/1974 3. 鈴木康正, HEDORO NO.31, 底質浄化協会 4. 栗原康, 干潟は生きている, 岩波新書 5. 栗原康, 鈴木孝男, 文部省「環境化学」報告書 B281-R12-1