研究ノート

ムラサキイガイの有効利用による港湾の 富栄養化防止に関する研究

福士 恵一*・久保 雅義*・日色 和夫**

1. 緒 言

閉鎖性海域である大阪湾における窒素やリンの濃度は、10年程前から横ばい状態であるといわれている¹⁾。また化学的酸素要求量 (COD) の環境基準の達成状況は、ここ数年では東京湾は横ばい、瀬戸内海は悪化しており、環境庁は、第4次総量規制でCODの総量をさらに10%程度削減し、さらに第5次規制では窒素とリンも総量規制の対象に加えたいとしている。

海水中の有機汚濁物質・窒素・リン（以下富栄養化物質と呼ぶ）を除去する水質浄化法として、富栄養化物質を海水中で処理する方法と生物などに吸収させ、これを回収後陸上で処理する方法とが考えられる。前者の例として、石積み浄化堤^{2~4)}や鉛直壁のポーラスコンクリート⁵⁾表面に定着した生物膜により有機汚濁物質を分解する試みが行われている。

一方、港湾の鉛直壁の中・下層には、ムラサキイガイが大量に付着生息している。ムラサキイガイは、海水中の懸濁態窒素を取り込み、富栄養化を防止し、水質を浄化する働きを持つが、夏期、高温にさらされると体温の上昇及び体水分の蒸発をまねき、活力の低下または死亡を引き起こし、大量に脱落する。海底に落下したムラサキイガイは分解され、体内に取り込んだ窒素が再び海水中に溶け出し、鉛直壁付近の水質を悪化させる原因にもなっているといわれている⁶⁾。これを防ぎ、ムラサキイガイの水質浄化能を活用するために、水深2~3m層にテラス状の平坦面を有する護岸や緩傾斜護岸を鉛直壁に代えて設置することが提案されている⁶⁾。しかし、すでに多数存在する鉛直壁を取り壊したり、新たにこれらを設置するには、莫大な経費がかかる。細川⁷⁾はムラサキ

イガイなどの浄化作用について検討しているが、その中でムラサキイガイなどを陸上に取り上げることとを考慮する必要があると指摘している。後者の水質浄化法として、窒素を取り込んだムラサキイガイを脱落する前に回収すれば、鉛直壁の積極的利用による港湾の水質浄化が可能となると思われる。しかしこの場合、回収したムラサキイガイを放置すれば腐敗臭を放つため、その処理が問題となる。野菜の肥料として必要な5大要素は、窒素、リン酸、カリウム、カルシウム、マグネシウムであるが⁸⁾、ムラサキイガイには、これら要素がかなり含まれている⁹⁾。そこで著者らは、回収したムラサキイガイを野菜などの肥料として利用することを考えた。最近、家庭での生ゴミを発酵処理し、肥料化する目的でEM¹⁰⁾というものが市販されている。本研究では、①単純化した閉鎖性海域モデルを用い、ムラサキイガイの水質浄化効果を評価する②回収したムラサキイガイの腐敗による悪臭を軽減するために、これをEMを用いて発酵処理し、ムラサキイガイの肥料としての有用性について調べる。以上により、ムラサキイガイの港湾浄化への活用可能性について検討することを目的とする。

2. 実 験

鉛直壁よりムラサキイガイを採取し、発酵処理後、これを肥料として野菜を栽培した。野菜の生長状況を観察し、収穫した野菜の重さと含まれるカルシウムあるいはビタミンC量を測定し、市販の野菜のそれらと比較した。

2.1 ムラサキイガイの採取

神戸商船大学構内港（ポンド）の岸壁に、写真1に示すように付着していたムラサキイガイをボート上より手で採取した。採取したムラサキイガイは、長さ3.6~7.5cm、幅2.0~3.6cm、重さ5~50gであ

* 神戸商船大学 Keiichi FUKUSHI, Masayoshi KUBO

** 神戸女子短期大学 Kazuo HIRIO

写真1 岸壁に付着しているムラサキガイ

った。

2.2 土壌の調製

採取したムラサキガイを水道水でよく洗浄後、ダンボール上でハンマーを用いて粉碎した。適量の粉碎したムラサキガイと市販の発酵堆肥化材 EM をビニール袋に交互に入れ、ビニール袋の口を閉じ、ふた付きのポリバケツに入れて空気に触れないようにしておいた。ポリバケツを室温 (24~28℃) で約 2 週間放置し、ムラサキガイを発酵させた。ついで発酵したムラサキガイを土の間にサンドイッチ状に入れ、さらに約 2 週間放置した。なお EM を加えなかったムラサキガイは、粉碎後すぐに土の間に入れた。

栽培土壌として① EM で処理したムラサキガイを層状に加えたもの②移植直前に①をかき混ぜたもの③未処理のムラサキガイを層状に加えたもの④ムラサキガイを加えていないもの、の 4 種類を調製した。

2.3 野菜の栽培

野菜として、暑さに強く、土質も特に選ばないチンゲンサイと長期間栽培できるホウレンソウを選んだ。苗床で一樣に生育した苗を発芽後約 2 週間で各プランターに 5 本ずつ移植した。移植後約 1 カ月半で収穫し、重さを測定した。なおムラサキガイ採取から種まきまでの期間は約 3 週間であった。

2.4 カルシウム及びビタミン C の測定

チンゲンサイ、ホウレンソウはそれぞれカルシウム及びビタミン C を多く含む野菜として知られている。そこでムラサキガイの肥料としての有用性評価の尺度の一つとして、栽培したチンゲンサイやホウレンソウ中に含まれるカルシウムあるいはビタミン C 量を測定し、市販野菜中のこれらの含有量と比

較した。チンゲンサイからのカルシウムの抽出は、石井らの方法¹¹⁾、ホウレンソウからのビタミン C の抽出は福場らの方法¹²⁾に準じて行った。またそれらの測定は、著者らが確立した条件^{13,14)}を用い、キャピラリーゾーン電気泳動法によった。

3. 結果と考察

3.1 水質浄化効果

大阪府水産試験場の報告⁶⁾によれば、ムラサキガイは 1 個体あたり 1 時間に 2.5~4.6 l の海水を濾過し、その中に含まれる懸濁態有機物を餌として摂取するといわれている。また同試験場が、大阪湾尾崎地先の鉛直壁における 1991 年 5 月より 9 月にかけてのムラサキガイ個体群の窒素収支を検討した結果、ムラサキガイ分布層 1 m²あたり約 65 gN の窒素がムラサキガイの体内にトラップされたとしている。

そこで図-1 において斜線で示したように、船だまり (長さ L, 幅 B, 水深 h, $0 \leq \alpha < 1$) の鉛直壁の各面で、ムラサキガイが深さ 1 m にわたり付着していると仮定する。図中の α は船だまりの閉鎖性を表す。船だまり内の上記期間中の懸濁態窒素の総トラップ量を N (kgN) とすると、

$$N = 0.065 \times \{2L + (1 + \alpha) B\} \times 1 \quad (1)$$

となる。h を一定とし、B, L, α を変化させた場合の N の値を表 1 に示す。これより以下のことが言える。

- 1) 他の条件は一定で α が増加した場合、N は増加する。すなわち水域の閉鎖性が強まる場合でも、浄化能力は上がる。
- 2) 船だまりの容積及び α が一定の場合には、L > B の方が N は大きい。

図-1 船だまりモデル

表1 ムラサキイガイの水質浄化効果

	B(m)	L(m)	α	N(kgN)
1	350	250	0.00	55
2	350	250	0.25	61
3	350	250	0.50	67
4	350	250	0.75	72
5	250	350	0.50	70
6	100	250	0.50	42
7	200	250	0.50	52
8	500	250	0.50	81
9	350	100	0.50	47
10	350	400	0.50	86
11	350	500	0.50	99

3) 他の条件は一定で, B, Lが増加した場合, Nは増加する。

4) 大阪府の渚近傍における海水中の懸濁態窒素濃度の平均値 $0.18\text{mgN/l}^{[6]}$ と表1の船だまり1 ($h=4\text{m}$ とする。)内の海水量とから, ある瞬間における懸濁態窒素の総量を計算すると 63kgN となる。N= 55kgN であるから, 水域浄化に関してこの方法は十分期待できる。

なお大阪湾におけるムラサキイガイの繁殖密度, 水深方向の分布及びその生長速度などについては, 大阪府水産試験場により詳しく調査されている^[5]。

3.2 肥料としての有用性

図-2に示すように, 移植後約2週間まではムラサキイガイを含まない土壌で栽培したチンゲンサイは, ムラサキイガイを含む土壌で栽培したものより

図-2 チンゲンサイの生長速度

○: ムラサキイガイ+EM(層)
□: ムラサキイガイ+EM(混合)
●: ムラサキイガイ(層)
■: ムラサキイガイなし
葉の長さ, mm 移植後の日数, 日

生育が良かった。その後, 前者は肥料不足のためほとんど生長しなかったが, 後者は1ヶ月後まで急激に生長し, さらに少しずつ生長した。写真2に収穫直前のチンゲンサイを示す。表2に示すように, 後者の収穫時の重さ及び含まれるカルシウム量は, 市販のものとはほぼ同じであった。なおEMを用いた場合と用いなかった場合とでは, チンゲンサイの生長速度, 収穫後の重さ及びカルシウム含有量に差はみられなかった。また表3に示すように, ムラサキイガイを含む土壌で栽培したハウレンソウの重さ及びビタミンC含有量は, それぞれ市販のものの1.6及び2.6倍であった。今回は悪臭防止の目的でEMを用いたが, その効果については定量的な検討をしていないのははっきりしたことはわからない。

4. 結 語

実験及び考察より得られた結果を要約すると以下

写真2 収穫直前のチンゲンサイ

左からムラサキイガイなし, ムラサキイガイ+EM(層), ムラサキイガイ+EM(混合), ムラサキイガイ(層)の各土壌で栽培したチンゲンサイ

表2 収穫したチンゲンサイの重さとカルシウム量

チンゲンサイ	重さ(g)	Ca(mg/100g)
ムラサキイガイ+EM(層)	113	146
ムラサキイガイ+EM(混合)	110	105
ムラサキイガイ(層)	143	123
ムラサキイガイなし	7	—
市販チンゲンサイ	139	136

表3 収穫したハウレンソウの重さとビタミンC量

ハウレンソウ	重さ(g)	ビタミンC(mg/100g)
ムラサキイガイ+EM(層)	59	80
ムラサキイガイなし	7	—
市販ハウレンソウ	38	31

のようになる。

1) ムラサキイガイの水質浄化効果は、水域の閉鎖性が強まるほど大きいので、この方法は閉鎖性海域の浄化に関して理にかなっている。

2) ムラサキイガイは野菜等の肥料として有用である。

3) ムラサキイガイを添加して栽培したチンゲンサイと市販のチンゲンサイ中のカルシウム量の間に差は認められなかった。これはチンゲンサイのカルシウム摂取能力に限界があるものと理解される。

以上の結果、鉛直壁に付着したムラサキイガイを回収し、肥料として有効利用することにより、鉛直壁を港湾の環境浄化に積極的に活用できる可能性があることが明らかとなった。

今後さらに検討すべき課題として、ムラサキイガイに含まれる重金属類の調査^{16,17)}、鉛直壁から効率よくムラサキイガイなどを採取する方法及びその肥料化法の開発¹⁸⁾などがあげられる。

参 考 文 献

- 1) 大阪湾シンポジウム編, “大阪湾の本”: p. 30, どうなる? 大阪湾 くらしと環境を考えるシンポジウム, 大阪 (1994).
- 2) 辻 博和, 喜田大三, 藤井慎吾, 石垣 衛, 宮岡修二, 小林 真: “石積み浄化堤による海水浄化工法の開発 (その1)”, 大林組技術研究所報, No. 49, 121~124 (1994).
- 3) 藤井慎吾, 喜田大三, 辻 博和, 宮岡修二: “石積み浄化堤による海水浄化工法の開発 (その2)”, 大林組技術研究所報, No. 50, 107~112 (1995).
- 4) 宮岡修二, 辻 博和, 石垣 衛, 喜田大三, 藤井 慎吾, 小林 真: “石積み浄化堤による海水浄化工法の開発 (その3)”, 大林組技術研究所報, No. 51, 99~104 (1995).
- 5) 大阪府立水産試験場, 近畿大学編, 河合 章, 来田秀雄: “渚の環境構造とその役割に関する調査研究報告書”, 大阪府立水産試験場, 125 (1993).
- 6) 大阪府立水産試験場, 近畿大学編, 矢持 進, 佐野雅基, 有山啓之: “渚の環境構造とその役割に関する調査研究報告書”, 大阪府立水産試験場, 108 (1993).
- 7) 細川恭史: 沿岸海洋研究ノート, Vol. 29, No. 1, 28 (1991).
- 8) 鈴木早苗: “野菜のつくり方”, p. 94, 成美堂出版, 東京 (1993).
- 9) 香川 綾 監修: “四訂食品成分表”, p. 148, 女子栄養大学出版部, 東京 (1994).
- 10) 比嘉照夫: “地球を救う大変革”, p. 12, サンマーク出版, 東京 (1993).
- 11) 石井裕子, 滝山一善: 第54回分析化学討論会講演要旨集, 707 (1993).
- 12) 福場博保, 津田淑江: 栄養と食糧, Vol. 32, No. 6, 383 (1979).
- 13) K. Fukushi, K. Hiroy: Fresenius' Journal of Analytical Chemistry, in press.
- 14) 福士恵一, 竹田さほり, 脇田慎一, 山根昌隆, 東 国茂, 日色和夫: 第57回分析化学討論会講演要旨集, 266 (1996).
- 15) 大阪府立水産試験場, 近畿大学編, 鍋島靖信, 矢持 進, 有山啓之, 睦谷一馬, 日下部敬之, 佐野雅基: “渚の環境構造とその役割に関する調査研究報告書”, 大阪府立水産試験場, 27 (1993).
- 16) 岡本研作, 不破敬一郎: 環境研究, No. 50, 108 (1984).
- 17) T. Higashiyama, H. Shiraishi, A. Otsuki, S. Hashimoto: Marine Pollution Bulletin, Vol. 22, No. 12, 585 (1991).
- 18) 三村治夫, 前田勝正, 東 徹勇, 永田進一: 環境技術, Vol. 24, No. 9, 13 (1995).

新刊図書

環 境 振 動

著者 中野 有朋
定価 2,678円
技術書院
TEL03-3265-3371

目次

第1章 環境振動の基礎

1. 環境振動とは
2. 振動とは
3. 振動に関する物理的諸量
4. 振動に関する感覚的諸量
5. 環境振動の表し方

第2章 環境振動の測定

1. 振動レベルの測定器

2. 振動レベルの測定方法

3. 振動レベルの定め方

4. 周波数分析器と周波数分析

5. 改定振動の測定

第3章 環境振動の評価

1. 環境振動の評価値

2. 環境振動の影響と振動レベル

3. 振動の規制に関する基準

第4章 環境振動の防止

1. 環境振動防止の考え方

2. 環境振動防止技術の概要

3. 発生源対策と防止技術

4. 伝搬防止対策と防止技術

5. 振動の環境影響評価