

尼崎港でのムラサキイガイ (*Mytilus galloprovincialis*) を対象とした 海産バイオマス回収可能量に関する調査研究

Collecting Practical Volume of Blue Mussel *Mytilus galloprovincialis* as
Biomass from Sea in Amagasaki Port

三好真千¹・上月康則²・木村拓郎³・石田達憲⁴・森 友佑⁵・宮地由紀⁶・村上仁士⁷

Machi MIYOSHI, Yasunori KOZUKI, Takurou KIMURA, Tatsunori ISHIDA
Yusuke MORI, Yuki MIYACHI and Hitoshi MURAKAMI

Considering Blue mussel, *Mytilus galloprovincialis* as resources of the marine products, it provides for collecting them from the seawall and using them effectively in the land region to prevent a deteriorating coastal environment as well as to get rid of nonnative species. In this study, we estimated *M. galloprovincialis* biomass that could be taken for a year. Organic carbon per wide of the seawall attaching living thing, is 1.4 kgC/m in July when the width of *M. galloprovincialis* becomes maximum growth. Collecting *M. galloprovincialis* twice a year is considered to be most effective. We recommend harvesting *M. galloprovincialis* for the first time in May when their biomass is large and for the second time on the day before it drops out in August.

1. 緒 論

大阪湾や瀬戸内海などの海域では、総量規制や様々な対策がなされているものの、CODの環境基準の達成状況は今もなお低く(環境省, 2006)、夏季には貧酸素化や赤潮、青潮が発生するなどの問題が生じている。また、海岸線の大半が浅場や干潟から直立型の護岸や防波堤に姿を変えられており、富栄養化した港湾の直立護岸壁面にはムラサキイガイ (*Mytilus galloprovincialis*) が大量に付着するが、夏季にはそれらが脱落するために底質悪化や貧酸素化などの一因ともなっている(矢持ら, 1995)。

北九州市洞海湾では海中にロープを吊るし、ムラサキイガイを付着させ、本種の持つ浄化機能を利用し、海域環境修復の試みが行われている(門谷ら, 1998)。近年では、ムラサキイガイには、堆肥の5大要素である窒素、リン酸、カリウム、カルシウム、マグネシウムが多く含まれており、堆肥としての利用可能性も見出されている(福士ら, 1996)。

そこで本研究では、既設の直立護岸壁面に大量付着するムラサキイガイを海産バイオマス資源と捉え、それを

壁面から採集(資源回収)し、陸域で有効利用することで、海産資源の有効利用の他に、港湾環境の悪化の予防、外来種除去にもつながると考えた。そこで、まずムラサキイガイ採集による資源回収可能量を見積もることを目的に1年間調査検討を行った。本研究の特徴は、①既設の直立護岸壁面を有益なバイオマス資源回収場所として捉えている点、②海から陸への新たな物質循環の構築を目指している点である。

2. 調査内容

(1) 調査地点

本実験は大阪湾の最も湾奥部に位置している尼崎港で行った。図-1に尼崎港の位置を示す。港湾内は直立護岸に囲まれており、大型船による航跡波を除いて静穏で、比較的懸濁物が多い。さらに夏季には著しく透明度が低下し、底層から慢性的な貧酸素水塊が発生する(辻野ら, 1996)。

(2) 水質の測定

2005年10月から2006年9月までの1年間、毎月1回の頻度で、水質メーター(Alec Electronics Co., Ltd., ACL220-PDK, Meridian instruments far east. K.K., YSI-59type)を用いて、水温、塩分、溶存酸素などを測定した。調査は直立護岸前方において、水深0.5m間隔(DL+1.0, +0.5, ±0.0, -0.5, -1.0, -1.5, -2.0, -2.5, -3.0, -3.5および海底の-4.0m)で行った。

(3) 生物調査

2005年10月から2006年9月までの1年間、毎月1回の頻度で、壁面の生物調査を行った。DL+0.3～±0.0m, -0.2～-0.5m, -0.7～-1.0mの水深にて、スクレイパーを用いてコドラート内(30×30

1 正 会 員 修(工) 徳島大学大学院工学研究科エコシステム工学専攻
2 正 会 員 博(工) 徳島大学教授大学院ソシオテクノサイエンス研究部
3 高知大学大学院農学研究科暖地農学専攻
4 学生会員 徳島大学大学院工学研究科エコシステム工学専攻
5 学生会員 徳島大学大学院先端技術科学教育部環境創生工学専攻
6 総合科学(株) 海域環境部
7 フェロー 工博 徳島大学客員教授環境防災センター

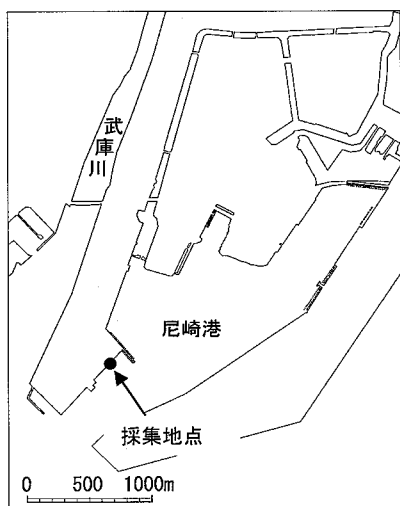


図-1 兵庫県尼崎港

cm) の付着生物を剥ぎ取った。また、ダイバーによる壁面に付着する生物の目視観察調査も行った。

剥ぎ取った生物は、種組成、殻込湿重量、主要二枚貝の殻長、有機炭素量を分析し、回収可能な有機炭素を求めた。なお、有機炭素量は CN コーダ (ThermoFinnigan 製, NC Soil Analyzer) を用いて分析した。ムラサキイガイの殻長データをもとに、成長速度を求めるため、コホート解析ソフト PROGEAN (Ver.4.0J) を用いた。

また、壁面の付着生物の採集頻度と回収資源量との関係を把握するために、年間の回収回数を年 1 回 (5 月), 2 回 (5, 11 月), 3 回 (5, 9, 1 月), 4 回 (5, 8, 11, 2 月) と想定し、剥ぎ取り跡地に加える生物の生物相と種数、各生物の湿重量を求めた。また、外来種であるムラサキイガイを除去することで他の生物が加入し、生物多様性が増加するかについて検討を行った。ここでの生物多様性には固有種の種数を指標にした。

3. 調査結果および考察

(1) 付着生物相の季節変化

図-2 に主要な壁面付着生物相と現存量の変化を示す。尼崎港の直立護岸壁面では、湿重量で 10 ~ 3 月にはアメリカフジツボ (*Balanus eburneus*) が約 $0.2 \sim 1.0 \text{ kg}/0.27 \text{ m}^2$ (1 平方 m あたり $0.74 \sim 3.7 \text{ kg}$)、全体の 59 ~ 87 %, 4 月 ~ 8 月にかけてはムラサキイガイが約 $0.5 \sim 7.8 \text{ kg}/0.27 \text{ m}^2$ (1 平方 m あたり $1.85 \sim 28.9 \text{ kg}$)、全体の約 90 % 以上を優占していた。また、ムラサキイガイの死亡脱落后、裸地となった壁面には、コウロエンカワヒバリガイ (*Xenostrobus securus*)、アメリカフジツボおよびヨーロッパフジツボ (*Balanus improvisus*) のフジツボ 2 種がそれぞれ 57 %, 22 % 優占して

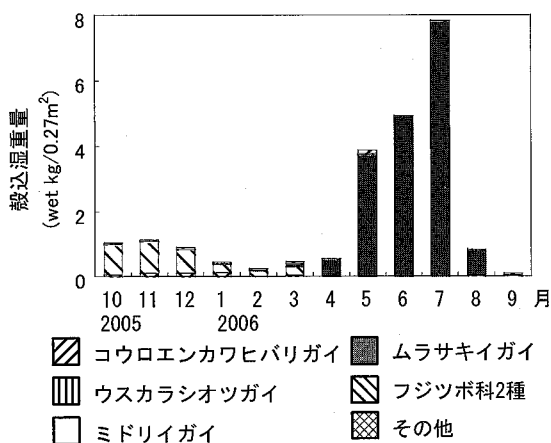


図-2 3 層合計での付着生物相の現存量



写真-1 脱落したムラサキイガイに蟄集するマヒトデの様子

付着することがわかった。

目視観察の結果でも、ムラサキイガイは 4 月に DL+0.5 ~ -4.0 m の範囲で分布が確認されていた。4 月以降、徐々に付着する密度が濃くなり、6 月の壁面には脱落した跡がみられ、海底には脱落したムラサキイガイにマヒトデが蟄集する様子が確認された (写真-1)。しかしながら、8 月にはマヒトデは確認されず、嫌気性のバクテリアと思われるもので海底が白く覆われている様子が確認された。

図-3 に各水深別に 900 cm^2 あたりに回収されたムラサキイガイの有機炭素量を示す。ムラサキイガイは、DL+0.3 ~ ±0.0 m といった浅い水深帯で 1 月に個体群が出現し、以後総有機炭素量が増加、7 月にピークを示すものの、その後、急減していた。また、中層の DL-0.2 ~ -0.5 m では 2 月から増加し、7 月にピークを示した。ムラサキイガイが分布する最下層 (DL-0.7 ~ -1.0 m) では、3 月に個体群が出現し、7 月にピークを示した。

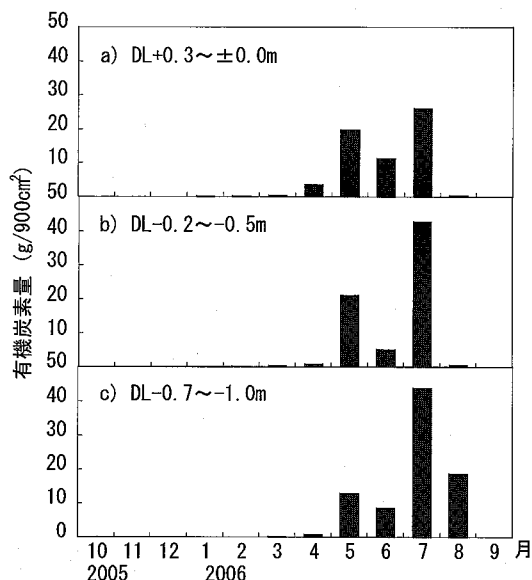


図-3 各水深別のムラサキガイの有機炭素量

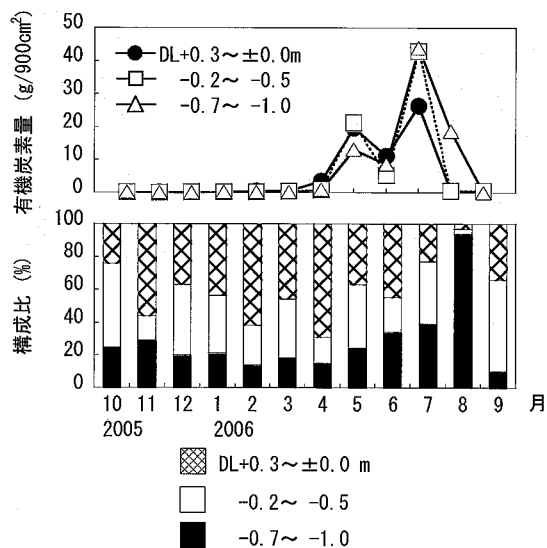
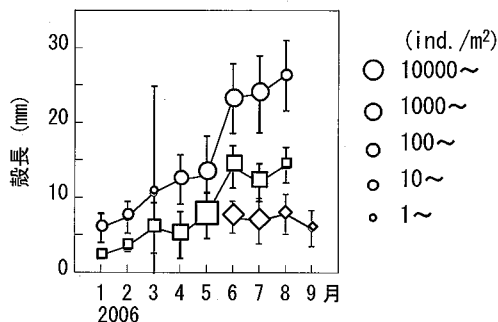


図-4 各水深別の主要二枚貝の有機炭素量

各層を比較すると、ピーク時の総有機炭素量は上層 (DL+0.3 ~ ±0.0 m) では 26 g/900 cm² であり、中、下層における 44 g/900 cm² よりも値が低かった。このことから、個体群が上層で最も早く付着し、脱落する時期も他の層に比較して早かったことがいえる。一方、下層 (DL-0.7 ~ -1.0 m) では脱落した 8 月にも他の層に比較して、残存している個体は多く、19 g/900 cm² 程度あった。また、図-4 に全層より得られた主要二枚貝の有機炭素量とその構成比を示す。7 月には上層が 26 g と他の 2 層に比べて低かった。ムラサキガイの付着



図中の○, □, ◇は異なる時期に定着した個体群を示す。

図-5 ムラサキガイの成長曲線

時期である 4 月は上層から得られる有機炭素量は全層の 69% を占めていたが、死亡脱落時期である 8 月には 3% と減少していた。

以上のことから、ムラサキガイの壁面への付着は浅い層 (DL+0.3 ~ ±0.0 m) から始まるものの、脱落する時期も早く、下層 (DL-0.7 ~ -1.0 m) では付着時期は遅いものの、個体群は比較的遅くまで残存する傾向にあることがわかる。

また図-5 より、1 ~ 5 月のムラサキガイの群体内には、異なる時期に定着した 2 つの個体群が存在し、1 ~ 8 月までの間に日平均約 0.09 mm の速度で成長していたが、7 ~ 9 月にはそれらが脱落し、消滅したことがわかる。梶原ら (1978) は、横浜港に生息するムラサキガイの生長速度は、0 才貝で約 0.11 mm であったと報告しており、今回の調査で得られた値とほぼ似ていた。

(2) ムラサキガイの脱落要因

図-6 にムラサキガイが生息する水深帯 (DL+0.3 ~ -1.0 m) での水質変化と本調査期間中の降水量の変化を示す。ムラサキガイが生息していた比較的小さい水深帯 (DL+0.3 ~ -1.0 m) では、7 ~ 9 月には水温が 25℃ 以上と高水温になっていた。また、7 月の塩分は降雨により 20 psu になり低塩分化、2005 年 10, 11 月、2006 年 8, 9 月には浅い水深帯でも貧酸素化が生じていた。

ムラサキガイの死亡については、夏期の干出時において体温が上昇し、死亡脱落すること (矢持ら, 1995)、26℃ 以上でその生長が抑制されること (梶原ら, 1978)、また、高水温によって酸素要求量が高まったためにムラサキガイが死亡、脱落すること、ムラサキガイは塩分 20 psu 前後で生息が困難であることが報告されている (門谷ら, 1985)。

これらのことから、2006 年の夏期の尼崎港の環境はムラサキガイにとって厳しい環境にあったと思われる。それが複合的に作用して、大量脱落を起こしたと思われる。

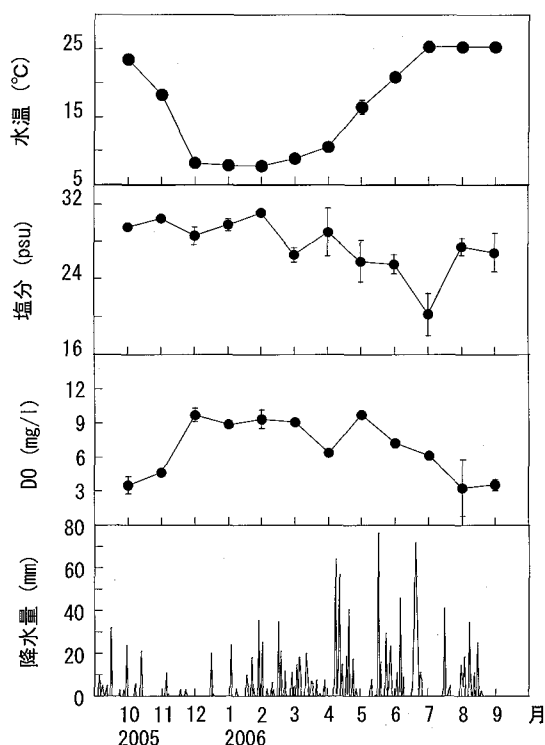


図-6 ムラサキイガイの生息する水深帯(D.L.+0.3~-1.0m)での水質変化と調査期間中の降水量変化

(3) ムラサキイガイの採集による資源回収量

6～8月までのムラサキイガイ1個体あたりの含有有機炭素量の変化を図-7に示す。例えば、殻長30mmのムラサキイガイ1個体あたりの含有有機炭素量は6月7.38mgC/個体、7月38.6mgC/個体、8月56.3mgC/個体と8月になるに従い、増加する傾向にあった。このように夏期に最大となることは、澄川ら(1985)が報告した「ムラサキイガイの身入りは生殖腺の発達と放卵放精にもっとも影響され、初夏から夏にかけて最高となり、冬期に最低となる」ことと一致している。

調査期間中に出現した主要な二枚貝、ウスカラシオツガイ、コウロエンカワヒバリガイ、ミドリイガイ、ムラサキイガイのなかで、直立護岸壁面に付着する二枚貝の現存量の大半を占めていたのは、ムラサキイガイであった。4月のムラサキイガイの現存量は、岸壁1mあたり有機炭素量で0.04kgC/mであり、その後徐々に増加し始め、7月には1.4kgC/mと最大になった(図-8)。

なお、個体数は5月に最大値を示しているが、これは5月に付着しているムラサキイガイの殻長が小さいものが多く分布していることや殻長あたりの有機炭素量も少なかったためである。

壁面の付着生物の採集頻度と回収資源量との関係を

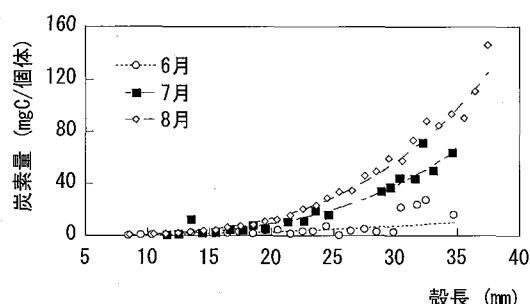


図-7 ムラサキイガイの殻長と有機炭素量の関係

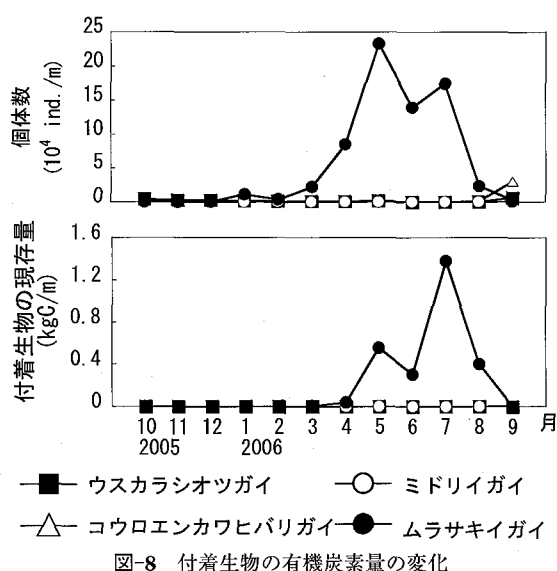


図-8 付着生物の有機炭素量の変化

表-1に示す。年間の回収回数を年1回(5月)と想定した場合では、年間に得られる岸壁1mあたりの湿重量は67.5kg、年2回(5, 11月)と想定した場合では49.7kg、年3回(5, 9, 1月)では25.5kg、年4回(5, 8, 11, 2月)では29.4kgであり、本調査で想定したなかでは、回収回数を年1回と想定した場合が最も多くの資源量を得られる結果となった。

次に回収回数を年4回と想定したとき、3回目回収の5月にはムラサキイガイが壁面を優占しており、その現存量は岸壁1mあたり8.5kg(140gC/m)であった。回収後、裸地になった壁面に新たにムラサキイガイが付着、生長し、4回目8月に壁面を再度剥ぎ取り回収した結果、5月同様ムラサキイガイが壁面を優占しており、得られた現存量は11.5kg(190gC/m)であった。

以上のことから、本港湾で付着生物をバイオマス資源と捉えて回収する場合には、対象とする生物をムラサキイガイとし、付着量が多い5月に回収し、脱落前の8月頃に再度剥ぎ取り行うのが適当であることが示唆された。

そこで、回収回数を年2回(5, 8月)と想定し、尼

表-1 採集跡地に付着した生物と殻込湿重量

回収回数	回収時期		固有種 種数 (%)		優占種 (*:外来種)	湿重量 (wet kg/m)	合計 (wet kg/m)
1回	1回目	5月	11	42	ムラサキガイ*	67.5	67.5
2回	1回目	11月	18	51	アメリカフジツボ*	9.2	49.7
	2回目	5月	9	53	ムラサキガイ*	40.5	
3回	1回目	1月	24	53	アメリカフジツボ*	0.5	23.1
	2回目	5月	7	33	ムラサキガイ*	22.0	
	3回目	9月	10	50	コウロエンカワヒバリガイ*	0.6	
4回	1回目	11月	18	51	アメリカフジツボ*	9.2	29.4
	2回目	2月	20	48	軟クラゲ目	0.2	
	3回目	5月	9	53	ムラサキガイ*	8.5	
	4回目	8月	1	11	ムラサキガイ*	11.5	

崎港における回収可能量の推定を行った。なお、ここでは尼崎港の直立護岸壁面全面にムラサキガイが付着し、その水深帯は一定であると仮定した。その結果、尼崎港(海岸延長:7,300m)全体から回収できる現存量は、5月が1,022 kgC/m, 8月が1,387 kgC/mであると試算され、年間に得られる回収可能量は、約2,409 kgC/mであった。今後は、採取したムラサキガイのバイオマス資源の有効性について検討する必要がある。

(4) 生物多様性の向上効果

外来種であるムラサキガイを除去することで他の生物が加入し、生物多様性が増加するかについて固有種の種数を指標にして検討を行ったところ、回収回数、時期によるちがいはみられなかった。ムラサキガイが付着していない秋から春にかけての時期でも、アメリカフジツボやコウロエンカワヒバリガイなどの外来種が優占していることがわかった。

4. 結 論

本研究では、兵庫県尼崎港において、壁面に付着するムラサキガイを海産バイオマス資源と捉え、回収可能量を見積もることを目的に1年間調査検討を行った。以下に得られた主要な結果を要約する。

- 1) 尼崎港の直立護岸壁面では、10～3月にはアメリカフジツボが約0.2～1.0 kg/0.27 m² (10.74～3.7 kg/m²)、全体の59～87%、4月～8月にかけてはムラサキガイが約0.5～7.8 kg/0.27 m² (1.85～28.9 kg/m²)、全体の約90%以上を優占していた。また、ムラサキガイの死亡脱落后は、コウロエンカワヒバリガイ、アメリカフジツボとヨーロッパフジツボの2種がそれぞれ57%、22%優占して付着することがわかった。現存量を考えると、バイオマス資源として付着生物を捕らえる場合には、当調査水深帯ではムラサキガイに着目すれば良い。
- 2) ムラサキガイの付着は上層(DL+0.3～±0.0 m)から始まるものの、脱落する時期も早く、下層(DL-0.7～-1.0 m)では付着時期は遅いものの、

個体群は比較的遅くまで残存する傾向にあった。

- 3) ムラサキガイが分布するDL+0.3～-1.0 mといった比較的浅い水深帯でも夏期には高水温、低塩分化、貧酸素化が生じており、これらが複合的に作用してムラサキガイの大量脱落が生じていることが示された。
- 4) 2006年はムラサキガイの現存量が最大となる7月に、単位護岸幅あたりに存在する付着生物が含有する有機炭素量が最大となり、その値は1.4 kgC/mであった。
- 5) 効率よく海産のバイオマス資源を得るためには、ムラサキガイの付着量が多い5月に回収し、脱落后の8月頃に再度剥ぎ取り行うのが適当であることが示唆された。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、兵庫県健康生活部環境管理局水質課、財団法人国際エメックスセンターの方々に多大な協力を頂いた。この場を借りて感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 梶原 武・浦吉徳・伊藤信夫(1978): 東京湾の潮間帯におけるムラサキガイの付着、生長および死亡について、日本誌, 31, pp. 18-28
- 環境省: 平成18年度版環境白書(オンライン), <http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/hakusyo.php3?kid=225>, 参照2007-05-13.
- 澄川清吾・坂本 薫・白石 淳(1985): ムラサキガイにおける身入りの季節的变化, 家政学雑誌, Vol. 36, No. 4, pp. 229-233.
- 辻野 睦, 玉井恭一(1996): 大阪湾の底質環境とメイオベントスの分布, 南西水研研報, No. 29, pp. 87-100
- 福士恵一・久保雅義・日色和夫(1996): ムラサキ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, 環境技術, Vol. 25, No. 7, pp. 418-421.
- 門谷 茂・小濱 剛・徳永保範・山田真知子(1998): 富栄養化した水域の生態学的環境修復—北九州市洞海湾を例として—濾過食性二枚貝の生態特性を利用した海洋環境修復技術の開発, 環境科学会誌, 11(4), pp. 407-420.
- 矢持 進・有山啓之・日下部敬之・佐野雅基・鍋島靖信・陸谷一馬・唐沢恒夫(1995): 人工護岸構造物の優占生物が大阪湾沿岸域の富栄養化に及ぼす影響 1. 垂直護岸でのムラサキガイの成長と脱落, 海の研究, 4, pp. 9-18.