

平成 21 年 6 月 19 日現在

研究種目：基盤研究 (C)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18510028
 研究課題名 (和文) 内湾における養殖マガキ成長による環境浄化と沈降粒子フラックスの季節変動
 研究課題名 (英文) Seasonal changes in environmental purification and sediment flux associated with the growth of oysters cultured in the estuary.
 研究代表者
 早川 康博 (HAYAKAWA YASUHIRO)
 独立行政法人水産大学校 水産学研究科 教授
 研究者番号：30129259

研究成果の概要：

養殖マガキの表中層における懸濁物のろ過摂食による環境浄化と底層への沈降粒子負荷という両面の機能を評価した。特に、長崎県形上湾における従来の調査結果をまとめ、マガキ養殖場の新しい評価指数 (成長速度/沈降フラックス) に関する論文を第 5 回世界水産学会議で発表した。また、唐津湾と博多湾を加えた 3 つの内湾における養殖マガキ成長、餌環境要因 (クロロフィル、懸濁物、栄養塩)、沈降粒子フラックスに関するデータを比較検討した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,400,000	0	1,400,000
2007 年度	700,000	210,000	910,000
2008 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,800,000	420,000	3,220,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境影響評価・環境政策

キーワード：生態系影響評価、沈降粒子フラックス、環境浄化

1. 研究開始当初の背景

(1) 背景：内湾水域ではマガキの養殖が盛んであるが、底層貧酸素化を伴う漁場老化が問題となって久しい。養殖マガキは水中の有機懸濁物を摂食し、成長、呼吸、産卵し、最終的には水揚げされることで水域の環境浄化に寄与している一方で、養殖マガキが排泄する沈降粒子による酸素消費が底層貧酸素

化の主因の 1 つとなっている。このように、内湾環境における養殖マガキの機能には、水域の表中層の環境浄化と底層への沈降粒子負荷の両面がある。

(2) 動機：そこで、本研究では、従来から観測条件が揃っている長崎県大村湾の支湾である形上湾および今後観測可能な幾つかの内湾において、養殖マガキと環境要因の観

測を実施し、成長モデルにおけるパラメタを比較検討する。さらに、マガキの環境浄化と沈降粒子負荷に関する観測と数量的研究の両方向からの統合的な研究から、内湾の環境保全と養殖可能収容量に対する明解な指標を提出し、総じて持続可能なマガキ養殖のための基礎知見に寄与する。

2. 研究の目的

養殖マガキの成長データ、マガキ成長に関連する環境データ、養殖筏直下の沈降粒子フラックスデータを収集する。また、マガキ成長モデルを適用して、マガキ成長の季節変動を計算する。これらの知見に基づいて、養殖マガキ成長による有機物（炭素・窒素）の環境浄化量と沈降粒子フラックスについて季節変動や相互の相関関係を明らかにして、内湾養殖場の環境保全と養殖可能収容量に対する評価指標を提出する。

3. 研究の方法

(1) 長崎県形上湾および筑前海域（唐津湾・博多湾）において2ヵ年間以上にわたる以下の①～③の実測データを収集して、実測データファイルを作成する。①養殖マガキの成長データ（殻長、湿重、乾重）、②環境データ（水温、塩分、溶存酸素、クロロフィル、懸濁物SSとその炭素(PC)・窒素(PN)組成、栄養塩類）、③沈降粒子フラックス（セディメントトラップによる沈降粒子の乾重と炭素・窒素組成）。

さらに、剥き身とカキ殻も水揚げ時に除去される環境浄化の重要な要因であるため、両者の炭素・窒素の元素分析を実施する。

また、環境データの収集は、従来の採水による方法に加えて、記録式多項目水質計を設置し1～2ヶ月の連続自動記録（水温、クロロフィル）を実施する。この自動記録のデータを餌環境データとして組み入れる。

(2) 上記の実測データファイルに基づいて、マガキ成長モデルの生物パラメタについて比較検討する。

(3) 養殖マガキの成長速度と沈降粒子フラックスの季節変化を用いて、マガキ養殖場の評価指数を検討する。

4. 研究成果

(1) 養殖マガキの成長

実測されたマガキの成長は、各年度共に夏期に停滞し秋から冬にかけて急速に大きくなるという傾向が見られ、種ガキの設置（前年の12月）から約14ヶ月後の1月には、殻長120mm、乾重4.5g、湿重23gに成長して水揚げされる。図1は、従来の測定データによる養殖マガキ成長（むき身乾重）を示す。この間にマガキ成長に応じて環境中のデトリタスや植物プランクトンをろ過摂取して

（濾過速度の推測値と懸濁物濃度から推算した摂取物質のCとNを100%とする）、一部を排泄し（C32%、N25%）、残りは肉質（むき身）の成長（C15%、N21%）および再生産と呼吸（C53%、N54%）に消費されると推算される。むき身成長C（N）の約7（5）倍の環境中の懸濁物が浄化され、約2（1.2）倍の沈降粒子負荷がある。

従来のデータに基づいて、本研究の生物パラメタを適用して、マガキ成長モデルによる計算結果を図2に示す。環境中の水温、塩分、クロロフィル濃度に基づき、ろ過摂取物質の同化率75%（排泄25%）を仮定して計算したものである。概ね、実測を再現したが、夏期の産卵後の秋以降の急激な成長がモデル化されていないため秋以降の成長の再現性が問題であることが判明した。また、高水温により濾過速度が増加するが、再生産と呼吸へのエネルギー分配が増えて肉質部成長は低下し、低水温でクロロフィル濃度が高い時に成長が高くなることが明らかになった。

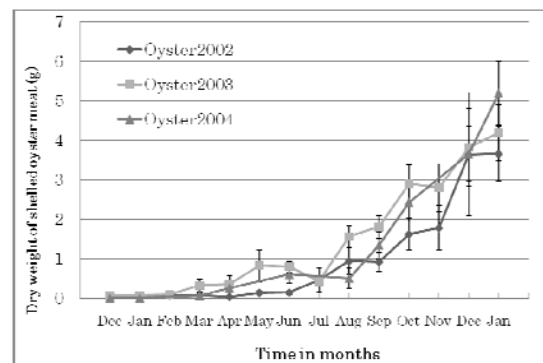


図1 養殖マガキ成長（乾重 g）の季節変化（実測値）

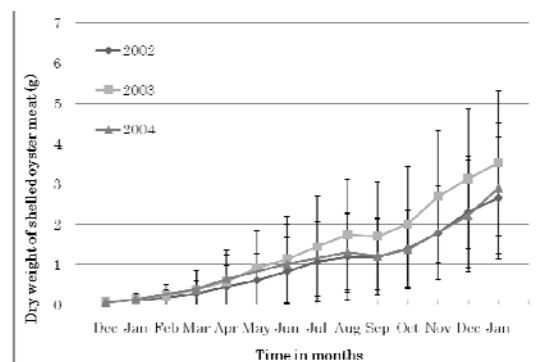


図2 養殖マガキ成長（乾重 g）の季節変化（計算値）

(2) 餌環境について

唐津湾、博多湾および形上湾の連続自動記録のクロロフィル($\mu\text{g l}^{-1}$)はそれぞれ0.46～5.23、0.52～31.28、1.59～32.50の間で季節的に変動し、年平均値は、1.77、5.01および5.79であった。一方、採水によるクロロフィルの平均値は、各々1.22、2.03、2.18で、

連続測定法および採水法の両者とも、唐津湾に比べて博多湾と形上湾が高濃度のクロロフィルが測定された。また、水中のSS (ppm)の平均値は、各々3.03、3.67、4.36、PC (PN) (ppm)の平均値は0.218 (0.032)、0.326 (0.046)、0.438 (0.058)、SSに対するPC% (PN%)は、10.7 (1.58)、13.6 (1.95)、14.3 (1.93)であった。クロロフィル同様に、博多湾と形上湾の懸濁物質とPC・PNは、唐津湾に比べて高い傾向を示した。

(3) 沈降粒子フラックス

図3にセディメントトラップによる沈降粒子フラックス (平均 $13\sim 17\text{ g m}^{-2}\text{ d}^{-1}$)、炭素フラックス (平均 $1.2\sim 1.6\text{ g m}^{-2}\text{ d}^{-1}$) および窒素フラックス (平均 $0.16\sim 0.20\text{ g m}^{-2}\text{ d}^{-1}$)の季節変化を示す。これらの沈降粒子フラックスは、主に養殖マガキの排泄物と考えられるが、他の原因による沈降粒子も含んでいる。この沈降粒子フラックスは、底泥への有機物負荷となる共に、マガキに摂食されて餌の一部として利用される。

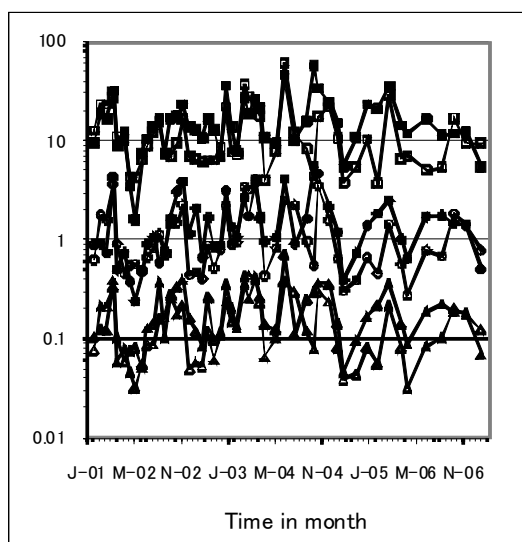


図3 形上湾 (3mと6m)における沈降粒子、炭素および窒素フラックス ($\text{g m}^{-2}\text{ d}^{-1}$)の季節変化

(4) 沈降粒子フラックスと水中のSSおよびクロロフィルaの相関関係

沈降粒子フラックスと水中のSSおよびクロロフィルaの3者相互の相関は小さい。また、沈降粒子 (3mと6m)の全炭素と全窒素の平均組成は、10%と1.3%、SS中では、16%と2.0%であるが、沈降粒子における組成は、沈降粒子フラックス量と相関せず、SS中の組成もSS量と相関しない。ただし、全炭素と全窒素の組成同士は高い正相関を示す。これ

は、沈降粒子とSSの有機物含有量は変動が大であるが、CN比は変動が少ないことを示している。一方、沈降粒子の炭素フラックスおよび窒素フラックス、SSのPCおよびPN、クロロフィルaは、相互にある程度の正相関を示す。養殖マガキによる摂食や排泄以外の要因もあるが、湾内におけるSS中のPCとPN、またはクロロフィルaがおもに養殖マガキの成長に伴う沈降粒子フラックスを通じて底泥への有機物負荷と関連する。

(5) 養殖場の評価指数：EISA

養殖マガキの成長速度と環境中の沈降粒子フラックスの相関関係について、総括的に検討した。

養殖マガキのむき身乾重の差から1日当たりの成長速度を求め、これに養殖密度を乗じ、剥き身乾重における単位面積当たりの成長速度 (GRPA: $\text{g m}^{-2}\text{ d}^{-1}$)を算出した。剥き身のC・N組成から全炭素と全窒素におけるGRPAも推算して、対応する沈降粒子フラックスとの相関関係を検討した。その結果、図4に示すように、沈降粒子フラックスと成長速度の間には、有意な正の相関が見出された。乾重量よりも全炭素や全窒素における相関が高かった。

そこで、両者の比 (EISA=GRPA/フラックス: Evaluation Index for Sedimentation and Aquaculture)をマガキ養殖場評価指数として提唱した。この指数は養殖効率を意味しており評価指数として有用である。

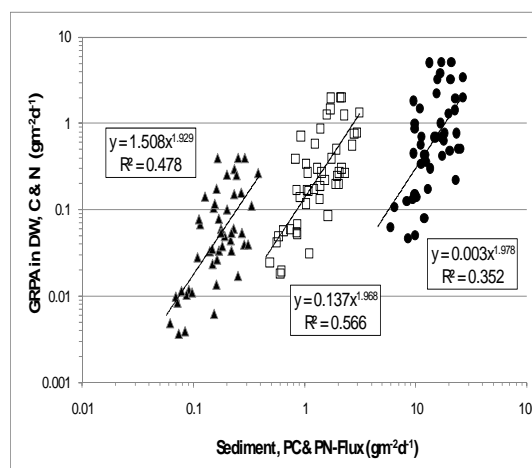


図4 沈降粒子フラックスと成長速度の相関関係。沈降粒子フラックス:●, 炭素フラックス:□, 窒素フラックス:▲

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

- ① Nonomura T, Hayakawa Y, Suda Y, Ohtomi J, Habitat zonation of the sand-burrowing mysids (*Archaeomysis vulgaris*, *A. japonica* and *Iiella ohshimai*), and diel and tidal distribution of dominant *A. vulgaris*, in an intermediate sandy beach at Fukiagehama, Kagoshima Prefecture, southern Japan, *Plankton & Benthos Research*, **2**, 38-48, (2007)、査読あり。
- ② 松本和剛、早川康博、須田有輔、鹿児島県吹上浜海岸における砂浜地下水による栄養塩供給、2006年度水産海洋学会地域研究集会・九州沖縄地区合同シンポジウム「河川、陸域での水循環と海洋環境とのつながりについて」、*水産海洋研究*, 71(4)、309-310、(2007)、査読なし。
- ③ 早川康博、吹上浜の水質環境と砂浜地下水からの栄養塩補給、ミニシンポジウム記録「開放的な砂浜海岸における水産生物と環境」、*日本水産学会誌*, 74(5)、922-923、(2008)、査読なし。
- ④ 榎本剛志、松本和剛、早川康博、渡辺大輔、筑前海域および長崎県形上湾におけるクロロフィルの連続測定、2007年度九州沖縄地区合同シンポジウム「沿岸環境モニタリングの現状と課題」、*水産海洋研究*, 72(4)、335-336、(2008)、査読なし。
- ⑤ Hayakawa Y, Kobayashi M, and Yamaguchi H, Evaluation index for aquaculture of Japanese oyster by relationship between sediment flux and growth rate of oyster, *Proceedings of the WFC 2008, 5th World Fisheries Congress*, 6b, *Aquaculture Environments*, in CD-ROM (2009)、査読なし。
- ⑥ Nakane Y, Suda Y, Hayakawa Y, Ohtomi J, and Sano M: Predation pressure for a juvenile fish on an exposed sandy beach: comparison among beach types using tethering experiments, *La mer*, 46, 109-115, (2009)、査読あり。

[学会発表] (計 15 件)

- ① 手嶋秀一、須田有輔、早川康博、大富潤、鹿児島県吹上浜のサーフゾーンに出現するカレイ目魚類3種の食性、日本水産増殖学会第5回大会、2006年10月6日、(水産大学校、下関)
- ② 笠井亮秀、岩崎真希、山口仁士、早川康

博、小林雅人、形上湾における養殖マガキの食性と成長解析、2006年度水産海洋学会研究発表大会、2006年11月28日、(中央水研、横浜)

- ③ 松本和剛、早川康博、須田有輔、鹿児島県吹上浜海岸における砂浜地下水による栄養塩供給、日本海洋学会西南支部・海洋気象学会・水産海洋学会、九州沖縄地区合同シンポジウム「河川、陸域での水循環と海洋環境とのつながりについて」、2006年12月7日、(長崎大、長崎)

- ④ 手嶋秀一、須田有輔、早川康博、大富潤、鹿児島県吹上浜のサーフゾーンに出現するカレイ目魚類3種の食性の季節変化、平成19年度日本水産学会大会、2007年3月28日、(東京海洋大、東京)

- ⑤ 早川康博、松本和剛、小林雅人、長崎県形上湾における養殖マガキ沈降粒子フラックスと懸濁物質及びクロロフィル、平成19年度日本水産学会大会、2007年3月28日、(東京海洋大、東京)

- ⑥ 林崎健一、早川康博、Matheus Calvalho de Calvalho、小河久朗、内湾域底質環境情報システムの開発と利用、平成19年度日本水産学会大会、2007年3月29日、(東京海洋大、東京)

- ⑦ 小林雅人、早川康博、山口仁士、川井仁、長崎県形上湾における水温鉛直分布の連続観測、2007年度日仏海洋学会研究発表大会、2007年6月9日、(日仏会館、東京)

- ⑧ 榎本剛志、松本和剛、早川康博、渡辺大輔、筑前海域および長崎県形上湾におけるクロロフィルの連続測定、日本海洋学会西南支部・海洋気象学会・水産海洋学会、2007年度九州沖縄地区合同シンポジウム「沿岸環境モニタリングの現状と課題」、2007年12月6日、(水産大学校、下関)

- ⑨ 早川康博、吹上浜の水質環境と砂浜地下水からの栄養塩供給、平成20年度日本水産学会春季大会ミニシンポジウム「開放的な砂浜海岸における水産生物と環境、一吹上浜をモデルとした生態研究」、2008年3月27日、(東海大海洋、静岡)

- ⑩ 早川康博、榎本剛志、小林雅人、山口仁士、長崎県形上湾における養殖マガキ成長と沈降粒子フラックスの相関関係、2008年度日本水産学会春季大会、2008年3月28日、(東海大海洋、静岡)

(3) 連携研究者

⑪ 須田有輔、他 8 名 (7 番目)、開放的な砂浜の魚類相、第 7 回海環境と生物および沿岸環境修復技術に関するシンポジウム、2008 年 7 月 16 日、(北大、北海道)

⑫ 國森拓也、須田有輔、早川康博、開放的な砂浜に出現する魚類の食性—シロギスを中心に、東大海洋研究所国際沿岸海洋研究センター研究集会「水圏生態系の生産力に関わる研究の現状と展望」、2008 年 8 月 21 日、(東大海洋研国際沿岸海洋研究センター、岩手)

⑬ 早川康博、松本和剛、須田有輔、砂浜海岸における栄養塩の供給源と循環、東大海洋研究所国際沿岸海洋研究センター研究集会「水圏生態系の生産力に関わる研究の現状と展望」、2008 年 8 月 21 日、(東大海洋研国際沿岸海洋研究センター・岩手)

⑭ Hayakawa Y, Kobayashi M, and Yamaguchi H, Evaluation index for sediment flux and aquaculture of oyster, 5th World Fisheries Congress(WFC2008), 21 Oct. 2008, (Pacifico Yokohama, Yokohama).

⑮ 早川康博、榎本剛志、江崎恭志、筑前海域と長崎県形上湾におけるクロロフィル連続測定および懸濁物質の比較、2009 年度日本水産学会春季大会、2009 年 3 月 29 日、(東京海洋大・東京)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

研究機関のホームページ :

<http://perch.fish-u.ac.jp/>

個人のホームページ :

<http://www2.fish-u.ac.jp/suuri/hayakawa>

HP/yhindexJ.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

早川 康博 (HAYAKAWA YASUHIRO)

独立行政法人 水産大学校・水産学研究所・教授

研究者番号 : 3 0 1 2 9 2 5 9

(2) 研究分担者