

伊勢湾東部知多半島先端域のサガラメ *Eisenia arborea* 群落における波浪流速がアイゴ *Siganus fuscescens* の採食圧に与える影響

誌名	水産工学
ISSN	09167617
著者名	蒲原, 聡 服部, 克也 甲斐, 正信 原田, 靖子 桑原, 久実 鈴木, 輝明 高倍, 昭洋
発行元	日本水産工学会
巻/号	45巻3号
掲載ページ	p. 221-228
発行年月	2009年2月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



【報 文】

伊勢湾東部知多半島先端域のサガラメ *Eisenia arborea* 群落における 波浪流速がアイゴ *Siganus fuscescens* の採食圧に与える影響

蒲原 聡^{1*}・服部 克也¹・甲斐 正信¹・原田 靖子¹
桑原 久実²・鈴木 輝明³・高倍 昭洋⁴

The Influence of Wave Velocity on the Grazing Pressure of the Rabbitfish, *Siganus fuscescens* in the Sagaramé (*Eisenia arborea*) Forest at the Head of Chita Peninsula on the Eastern Coast of Ise Bay

Satoru KAMOHARA^{1*}, Katsuya HATTORI¹, Masanobu KAI¹,
Yasuko HARADA¹, Hisami KUWAHARA²,
Teruaki SUZUKI³ and Teruhiro TAKABE⁴

Abstract

The authors investigated the influence of wave velocity on the grazing pressure of the rabbitfish, *Siganus fuscescens* at the head of the Chita Peninsula of the eastern coast of Ise Bay, where Sagaramé (*Eisenia arborea*) populations have decreased remarkably in recent years. To compare the coast where the Sagaramé Forest continues to exist, with that where the forest has vanished, the wave velocity of the seabed was measured from the shore to the offing in October, which is the peak season of grazing in rabbitfish. The waves at the coast where the Sagaramé Forest continues to exist were stronger than those at the coast where the Sagaramé Forest had vanished. Furthermore, the average wave velocity in the vegetation area of the Sagaramé Forest was greater than 23.6cm/s, and the length of this area was about twice the coast where the Sagaramé Forest had vanished. These results showed a strong wave velocity lowers the grazing pressure of the rabbitfish.

1. はじめに

日本沿岸では、近年の海水温の上昇¹⁾や植食性動物の採食が原因となり、海藻の群落が増少あるいは消滅する現象が見られている。海藻の群落は、アワビやサザエなどの餌になる^{2),3)}ほか、多様な生物を育む⁴⁾など、沿岸

生態系の維持に重要な働きを有しており、その再生が求められている。

植食性の水産動物としては、ウニ類⁵⁾、魚類などが報告されている。静岡県、和歌山県、長崎県などの沿岸において、植食性魚類のアイゴ *Siganus fuscescens*、ブダイ *Calotmus japonicus*、ノトリスズミ *Kyphosus bigibbus*、ニ

2008年3月3日受付, 2008年8月4日受理

Key words : *Eisenia arborea*, *Siganus fuscescens*, grazing pressure, wave velocity

キーワード : サガラメ, アイゴ, 採食圧, 波浪流速

¹ Marine Resources Research Center Aichi Fisheries Research Institute, Toyoura 2-1, Toyohama Minamichita, Aichi, 470-3412, Japan (愛知県水産試験場漁業生産研究所 〒470-3412 愛知県知多郡南知多町大字豊浜字豊浦2-1)

² National Research Institute of Fisheries Engineering, Fisheries Research Agency, Hasaki 7620-7, Kamisu, Ibaraki, 314-0408, Japan (独立行政法人水産総合研究センター水産工学研究所 〒314-0408 茨城県神栖市波崎7620-7)

³ Aichi Fisheries Research Institute, Wakamiya 97, Miya, Gamagoori, Aichi 443-0021, Japan (愛知県水産試験場 〒443-0021 愛知県蒲郡市三谷町若宮97)

⁴ Graduate School of Environmental & Human Sciences, Meijo University, 1-501 Siogamaguchi, Tenpaku-ku, Nagoya 468-8502, Japan (名城大学大学院総合学術研究科 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口1-501)

* Tel : 0569-65-0611, Fax : 0569-65-2358, suishi-gyoken@pref.aichi.lg.jp

ザダイ *Prionurus scalprum* などの採食が原因となり、水産的に有用なサガラム *Eisenia arborea*、アラム *E. bycicls*、クロメ *E. kurome*、カジメ *Ecklonia cava* など多年生コンブ目の群落の減少あるいは消滅が起きている^{6)~11)}。アイゴは、千葉県沿岸が太平洋岸の分布の北限とされている¹²⁾が、千葉県に近い神奈川県沿岸でも増加傾向にあり、カジメ群落を採食するなど¹²⁾、海藻群落を減少させている。

愛知県沿岸岩礁域においても、1998年からサガラム群落が増え始め、2005年には一部海域を残して消滅している¹³⁾。愛知県沿岸域におけるサガラム群落の減少原因の1つは、サガラムの葉体にアイゴの採食痕が観察されたこと、釣獲されたアイゴの胃内にサガラム葉体の断片が確認されたことから、アイゴの採食であるとされている¹³⁾。

愛知県伊勢湾東部知多半島先端の豊浜地先の海域では、アイゴの採食によりサガラム群落が消滅した。しかし、同海域から5km程度離れた内海地先の海域では、アイゴが分布しているながらサガラム群落が多量には採食されずに残存している。アイゴの採食行動に影響を及ぼす要因を想定し、内海地先の海域にサガラム群落が残存する理由を解明することは、今後、サガラム群落の再生方法を検討する上で重要である。

魚類の採食行動に影響を及ぼす要因としては、水温、塩分、泥分、流れなどが想定されるが、綿貫らは、浅所では地形的に波浪の影響が強くなるため、植食性魚類の採食行動が制限されるとの仮説を立てている¹⁴⁾。本研究も同仮説に基づき、サガラム群落の残存域と、これに隣接する消滅域の流動環境を調査し、その結果とアイゴの採食圧との関係を検討してサガラム群落の残存理由を明らかにし、サガラム群落の再生方法の開発に役立てることを目的とした。

2. 材料と方法

知多半島先端の内海地先と豊浜地先の海域を調査海域とした (Fig.1)。内海地先の海域 (以後、内海地先と称す。) では4~10個体/m²の植生密度でサガラムが残存している¹⁵⁾。豊浜地先の海域 (以後、豊浜地先と称す。) では、1998年までサガラム群落が認められたが、アイゴの採食を受けてその後消滅した¹³⁾。流動環境の測定及びアイゴによる採食状況の観察に用いるために、内海地先と豊浜地先の海底に、波の主進行方向と反対に岸から南西に向け、長さ100mにわたって直径13mmのチェーンをアンカーで固定して設置した。両地先の断面形状を Fig.2に示した。内海地先はD.L.+0.24mからD.L.-1.4mにかけては岩盤で、それ以深は砂地であり、豊浜地先は全て岩盤である。

以下、調査の項目別に方法を述べる。

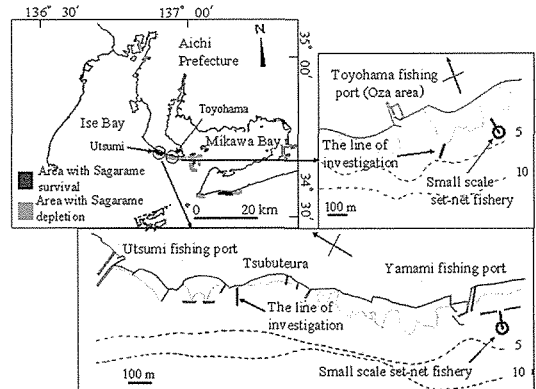


Fig.1 Description of the disappearance of the Sagaram forest, at the head of the Chita peninsula of the eastern coast of Ise Bay, the transect line considered for investigation and the site for small-scale set-net fishery.

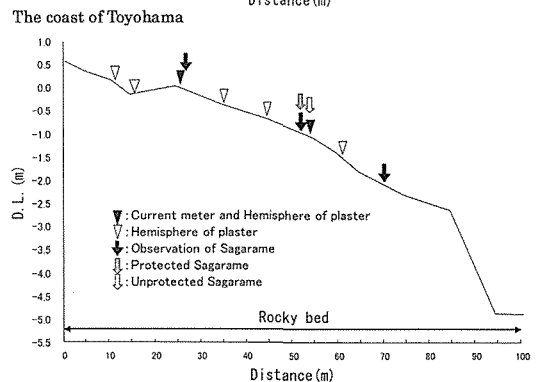
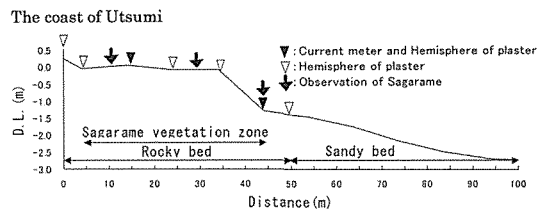


Fig.2 The submarine topography, bottom sediments, the vegetative zone of Sagaram forest, and points of each investigation along the transect line along the coast of Utsumi and Toyohama.

1) アイゴの小型定置網漁獲状況調査

内海地先及び豊浜地先のアイゴの生息状況を調べるために、両海域に設置された小型定置網各1統 (Fig.1) を対象に、2006年5月から同年12月まで、漁業者に漁獲日ごとのアイゴの漁獲尾数の記録を依頼した。

2) サガラムの植生状況及びアイゴの採食状況調査

内海地先では、2006年5月10日及び9月15日に調査測線に沿ったD.L.±0m, D.L.-0.1m, D.L.-1.3mにおいて、スキューバ潜水により、1m×1mのコドラートを海底に当ててサガラムの植生数を計数するとともにアイゴの採

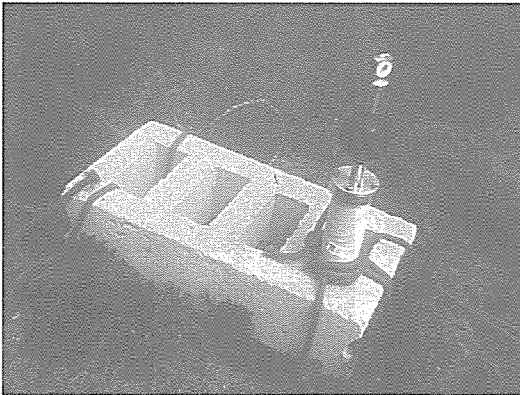


Fig.3 Installation of the current meter (17/10/2006).

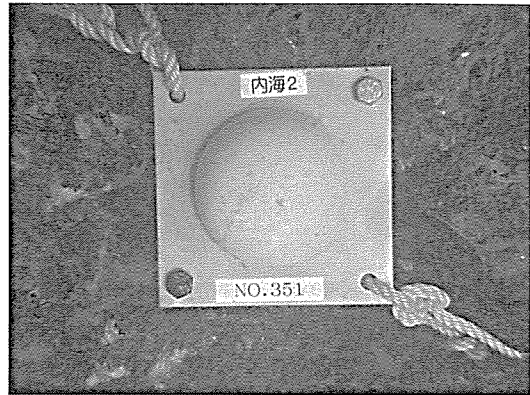


Fig.4 Installation of the hemisphere of plaster (17/10/2006).

食状況を観察した (Fig.2)。また、10月17日及び23日には同調査地点において、アイゴの採食状況を観察した。

豊浜地先では、同年5月12日及び9月14日に調査測線に沿ったD.L.±0m, D.L.-1.0m, D.L.-2.0mにおいて、内海地先と同様の方法でサガラメの植生を観察した (Fig.2)。また、アイゴの採食を確かめるために、D.L.-1.0mに移植したサガラメに防御網を被せた防御区と、防御網を被せない無処理区を設定した (Fig.2)。防御区では7月25日から11月24日まで14個体のサガラメに防御網 (2m×2m×0.5m) を被せた¹⁵⁾。無処理区のサガラメは2個体 (最大側葉長51cm, 側葉数10枚と最大側葉長40cm, 側葉数6枚) とし、9月14日、10月17日及び23日にアイゴの採食状況を観察した。

3) 流動環境の測定調査

2006年10月17日から同年10月23日まで、内海地先及び豊浜地先において流速計 (アレック電子株式会社 小型メモリー流速計COMPACT EM) と底設置流動測定用石膏半球 (銜鈴木理化商会PH-80)¹⁶⁾ を用いて流動環境を測定した。

流速計は、内海地先では岸側のD.L.+0.04mと沖側のD.L.-1.3mに、豊浜地先では岸側のD.L.+0.04mと沖側のD.L.-1.09mに設置し、岩盤上に置いたコンクリートブロックの升目から垂直に立てて、8mmのロープでチェーンに結びつけて固定した (Fig.2, 3)。流速計は、測定時間間隔を0.5秒、データ個数を600個に設定し、時間 (バースト) 間隔60分で流速を測定した。得られた流速データの1バーストデータの全平均値を平均流 (移流成分) とした。次に、元データから平均流を差し引いて変動成分とし、ゼロアップクロス法¹⁷⁾ により、波形の山、谷の頂点部の絶対値上位1/3の平均値を求めて波浪流速を導いた。また、主波向は、E成分流速, N成分流速から、共分散法により求めた¹⁸⁾。

石膏半球は、岸側のチェーン基点から沖側に向けて、内海地先では0m, 4m, 14m, 24m, 34m, 44m, 49m

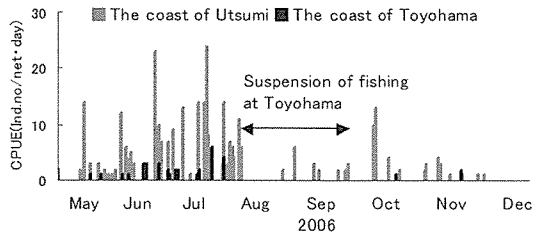


Fig.5 The catch number per unit effect of catching rabbitfish by small-scale set-net fishery along the coast of Utsumi and Toyohama.

の7地点に、豊浜地先では10m, 14m, 24m, 34m, 44m, 54m, 59mの7地点に設置した (Fig.2)。石膏半球の設置に当たっては、土台の塩化ビニール板の対角線上の隅2箇所に付けた長さ50mmのボルトの先端を岩盤に接地させ、残りの隅2箇所に太さ8mmのロープを通して、チェーンの上面に塩化ビニール板が水平になるよう取り付け付けた (Fig.4)。調査期間終了後石膏半球を取り上げて残質量を測り、下記の式を用いて平均溶解速度を算出した¹⁶⁾。この値を両地先の岸側と沖側の流速計から求めた平均波浪流速の回帰式に代入して換算平均波浪流速を算出した。

$$R = \frac{d_0}{2L} \left(1 - \left(\frac{m_L}{m_0} \right)^{1/3} \right)$$

R : 平均溶解速度 (mm/日),

d_0 : 初期直径 (80mm), L : 浸漬日数 (6日)

m_0 : 初期質量 (g), m_L : 残質量 (g)

また、波浪流速と潮位との関係を検討するために、豊浜漁港の調査期間中の潮位データを調べた。なお、流動環境計測期間中の積算降水量は13mm, 平均風速は1.6m/sから3.0m/sであった。

3. 結 果

1) アイゴの小型定置網漁獲状況調査

内海地先のアイゴの総漁獲尾数は364尾, 1日, 1統

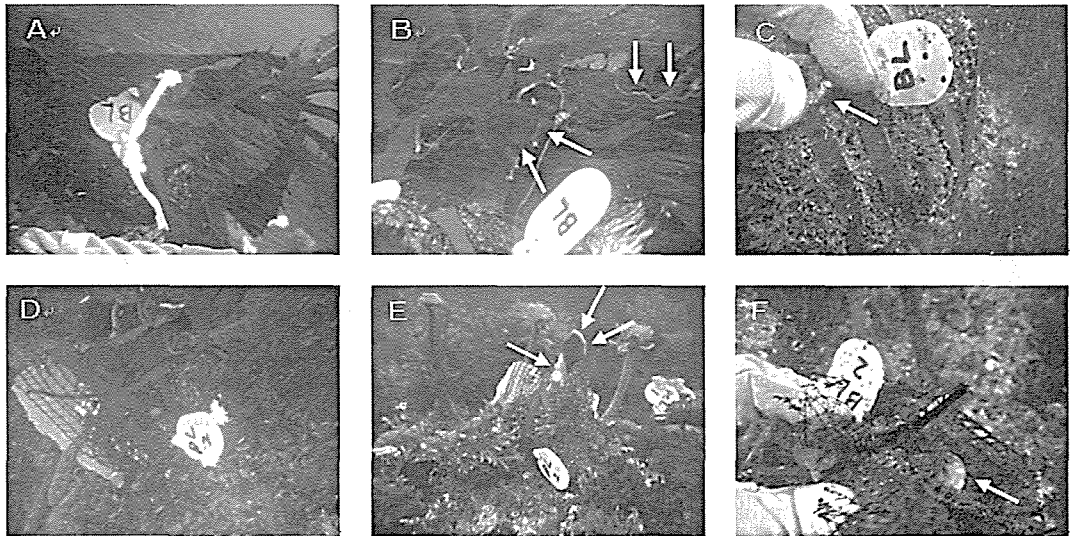


Fig.6 Rabbitfish feeding on the transplanted Sagarame along the coast of Toyohama.

A: Rootstock 1, set up on 7/9/2006. B: Some of the bladelets disappeared. The arrows indicate bite marks created by the rabbitfish on the bladelets (14/9/2006). C: Root stilled, but the stipe disappeared. The arrow indicates the root (17/9/2006). D: Rootstock 2, set up on 7/9/2006. E: The stipe stilled, but the bladelets and arms disappeared. The arrows indicate bite marks created by rabbitfish on the stipe. F: The root stilled, but the stipe disappeared. The arrow indicates the root (17/9/2006).

当たりの最大漁獲尾数は24尾であった (Fig.5)。豊浜地先のアイゴの総漁獲尾数は36尾、1日、1統当たりの最大漁獲尾数は6尾であった (Fig.5)。なお、豊浜地先の小型定置網では魚類の入網が少なかったため、8月13日から10月8日までは休漁であった。

2) サガラム植生状況及びアイゴの採食状況調査

内海地先におけるサガラムの植生は、基点から沖側に向けて4mから44mの範囲 (D.L.-0.06mからD.L.-1.3m)の岩盤で認められた (Fig.2)。植生密度は、5月10日にはD.L.±0mで5個体/m²、D.L.-0.1mで10個体/m²、D.L.-1.3mで7個体/m²であったが、9月15日にはD.L.±0mで4個体/m²、D.L.-0.1mで6個体/m²、D.L.-1.3mで5個体/m²となった。サガラムの最大側葉長は両調査日とも50cmから60cmであった。豊浜地先では、5月12日及び9月14日ともサガラムの植生は認められなかった。

内海地先のサガラムには、5月10日、9月15日、10月17日及び23日とも、アイゴの採食痕は認められなかった。豊浜地先の防御区のサガラムには、9月14日、10月17日及び11月24日とも、防御網によるアイゴの採食防止の効果が認められ、側葉が50cmの長さで残っていた。無処理区のサガラムには、9月14日にアイゴの採食痕が認められ、側葉数が6枚であった個体は、側葉が全て採食されて茎だけとなり、側葉数が10枚であった個体は、側葉数は変わらなかったものの、調査当初51cmであった最大側葉長が15cmとなっていた。10月17日には、側葉数10枚であった個体も側葉が全てアイゴの採食を受けて茎のみとなっていた (Fig.6)。

3) 流動環境の測定調査

平均流の流向流速頻度をFig.7に示した。流向は、内海地先岸側では南南西向きが多く、内海地先沖側、豊浜地先岸側及び沖側では東向きが多かった。岸側の6.0cm/s以上の流速頻度は、内海地先では15%、豊浜地先では27%であり、豊浜地先の方が大きかった。両地先とも沖側の流速は岸側よりも小さく、2.0cm/s以上の流速頻度は、内海地先では18%、豊浜地先では22%であり、豊浜地先の方が大きかった。

内海地先、豊浜地先の波浪流速及び潮位をFig.8に示した。波浪流速は、内海地先、豊浜地先とも干潮時に最大となった。沖側の波浪流速の平均値は、内海地先が23.6cm/s、豊浜地先が19.3cm/sであり、内海地先の方が大きかった。岸側の波浪流速の平均値は、内海地先が26.1cm/s、豊浜地先が28.3cm/sで、沖側とは逆に豊浜地先の方が大きかった。

主波向は、内海地先の沖側、岸側とも南南西、豊浜地先の沖側は南西、岸側は西南西であった。

石膏半球の平均溶解速度と平均波浪流速の回帰式から求めた内海地先の換算平均波浪流速は、D.L.-1.4mでは18.8cm/sであったが、D.L.-1.3mでは23.6cm/sと大きくなり、D.L.-0.09mからD.L.+0.04mのリーフ状になった範囲では26.1cm/sから28.2cm/sとさらに大きくなった (Table 1)。同様に求めた豊浜地先の換算平均波浪流速は、D.L.-1.40mからD.L.-0.37mでは19.9cm/sから20.5cm/sであったが、D.L.+0.04mでは28.3cm/sと最大になり、D.L.-0.15mで26.0cm/s、D.L.+0.16mで24.6cm/sと岸に近づくにつれて小さくなった (Table 1)。

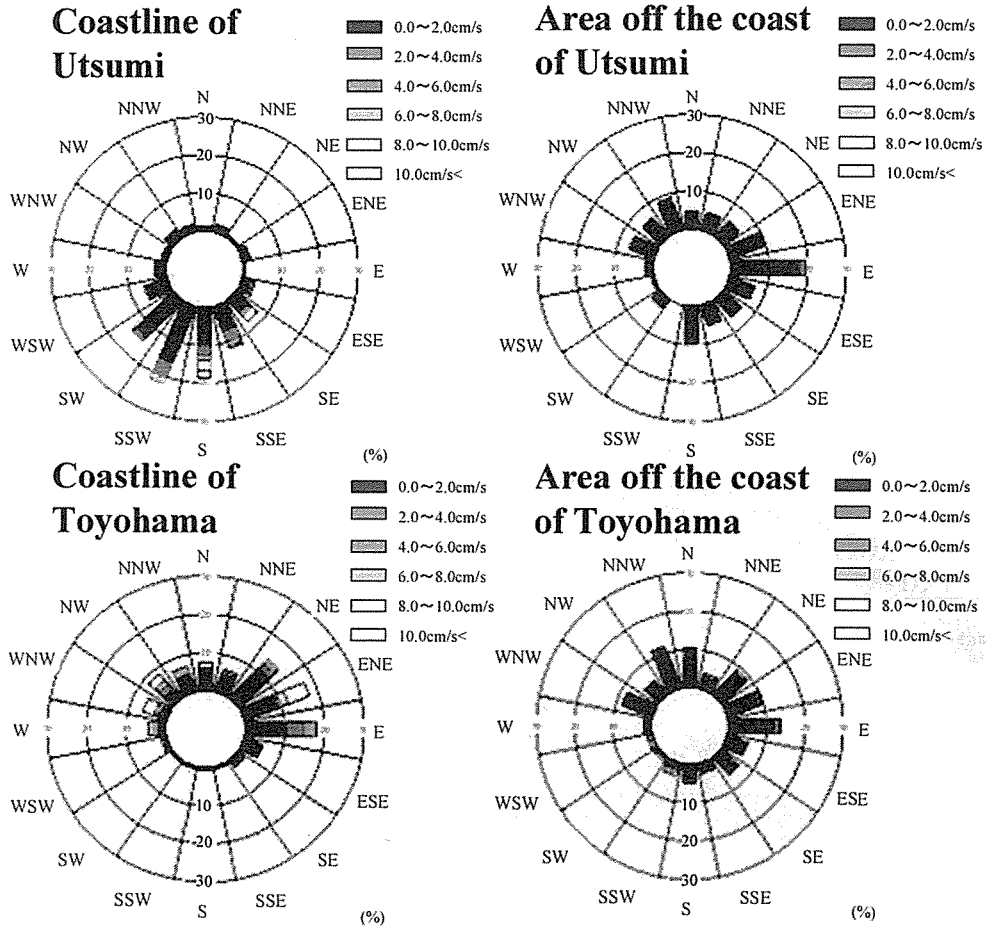


Fig.7 The direction and velocity frequency of the average velocity (advection component).

両地先の岸沖方向の地盤の高さ、サガラメの植生域及び平均波浪流速の各変化をFig.9に示した。内海地先のサガラメ植生域の地盤の高さはD.L. - 0.06mからD.L. - 1.3mの間で、40mの幅があった。サガラメ植生域の沖の端部では、23.6cm/sの平均波浪流速があり、植生域内では23.6cm/s以上の平均波浪流速が出現していた。内海地先の岸側の植生限界の地盤の高さはD.L. - 0.06mなので、豊浜地先においても同様に岸側の植生限界の地盤の高さをD.L. - 0.06mと仮定すると、豊浜地先でこの平均波浪流速を満たす地盤の高さは、D.L. - 0.06mからD.L. - 0.2mとなり、その岸沖方向の幅は20mと内海地先の1/2程度となった。

波浪流速の時間的な出現状況を両地先で比較した。内海地先のサガラメ植生域では23.6cm/s以上の平均波浪速度が出現しているため、23.6cm/sを比較の基準とした。アイゴは日中に採食することから¹⁹⁾、波浪流速が日中（6時から18時まで）に23.6cm/s以上となった範囲をFig.8に示した。計測期間6日のうち波浪流速が23.6cm/s以上の出現時間は、内海地先の沖側では毎日現れ合計28時間

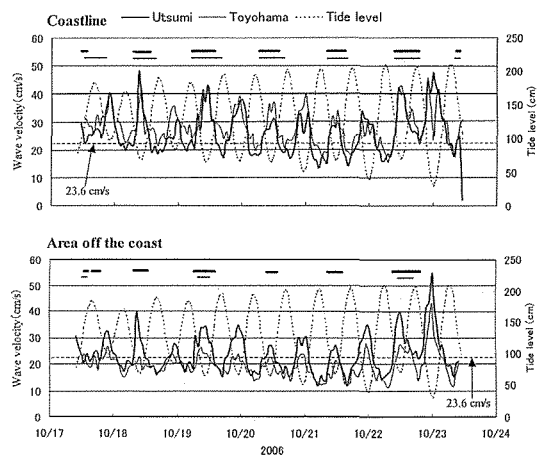


Fig.8 The fluctuation in wave velocity along the coast of Utsumi and Toyohama.

(The extent of 23.6 cm/s and over of wave velocity in the day time, — : the coast of Utsumi, - - - : the coast of Toyohama).

となったが、豊浜地先の沖側では、1日目1時間、3日目4時間、6日目5時間と合計10時間しか出現しなかつ

Table 1 Average wave velocity converted from the dissolution rate of hemisphere of plaster

Location	Distance (m)	Depth of the water (D.L. : m)	Initial mass (g)	Remanet mass (g)	Average dissolution rate (mm/d)	Average wave velocity (cm/s)	Regression formula	Converted average wave velocity (cm/s)
Utsumi	0	0.24	200.71	47.73	2.54	-		26.2
	4	-0.06	200.25	38.62	2.81	-		28.2
	14	0.04	200.57	48.25	2.52	26.1	$Y = 7.09X + 8.24$	26.1
	24	-0.09	199.53	42.37	2.69	-	$Y = \text{Wave velocity}$	27.3
	34	-0.09	199.9	43.25	2.66	-	$X = \text{Average}$	27.1
	44	-1.30	201.69	61.99	2.17	23.6	dissolution rate	23.6
	49	-1.40	200.78	93.77	1.49	-		18.8
Toyohama	10	0.16	200.78	63.82	2.12	-		24.6
	14	-0.15	202.04	47.51	2.55	-		26.0
	24	0.04	-201.72	27.85	3.22	28.3	$Y = 3.39X + 17.38$	28.3
	34	-0.37	202.6	128.99	0.93	-	$Y = \text{Wave velocity}$	20.5
	44	-0.68	202.9	131.36	0.90	-	$X = \text{Average}$	20.4
	54	-1.09	203.3	155.72	0.57	19.3	dissolution rate	19.3
	59	-1.40	201.6	141.32	0.74	-		19.9

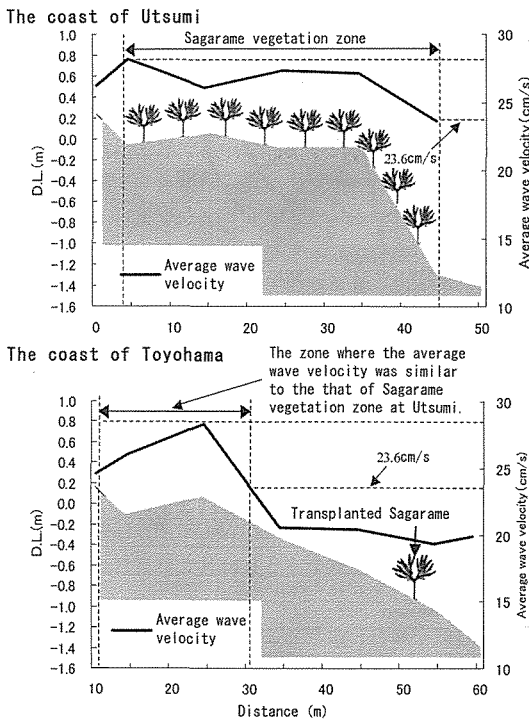


Fig.9 The schematic diagram of the ground level, Sagarame vegetation zone and average wave velocity along the coast of Utsumi and Toyohama. The shaded area indicates the ground level; the image of seaweed, Sagarame; and the thick line, the average wave velocity.

た。従って、沖側では、内海地先の方が有意に23.6cm/s以上の出現時間が多かった (t 検定, $P < 0.01$)。また、岸側の23.6cm/s以上の出現時間は、内海地先では合計39

時間、豊浜地先では合計57時間と、豊浜地先の方が有意に多かった (t 検定, $P < 0.05$)。結果として、内海地先のサガラメ植生域内では、岸側、沖側共に連日23.6cm/s以上の波浪流速が発生していることが分かった。

4. 考 察

小型定置網によるアイゴの漁獲状況から、内海、豊浜の両地先にアイゴが生息していることが確認され、調査期間中の漁獲尾数の合計では、サガラメ残存域の内海地先の方が、消滅域の豊浜地先よりも328尾多かった。

しかし、内海地先では、サガラメの植生が見られ、アイゴによるサガラメの採食は観察されなかった。また、同地先における5月から9月にかけてのサガラメ個体数の減少は、サガラメの付着器(根)が岩盤に残っていないことから、波浪の影響により付着器ごと脱落したためと考えられた。一方、豊浜地先の無処理区の藻体消失の原因は、藻体に見られた採食痕¹⁰⁾の観察から、アイゴによる採食と推測された。

なお、平均流は沖側、岸側ともに豊浜地先の方が内海地先よりも大きかったが、10cm/s以下の流速の頻度が大半であったことから、アイゴの採食に影響を与えているとは考えられなかった。

沖側の流速計設置地点での波浪流速の平均値は、内海地先が23.6cm/s、豊浜地先が19.3cm/sで、内海地先の方が大きかった。一般的には、水深が浅くなると波浪流速は大きくなるが、地盤の高さは内海地先がD.L.-1.3m、豊浜地先がD.L.-1.09mで、豊浜地先の方が水深が浅いにもかかわらず、平均波浪流速は豊浜地先の方が遅かった。一方、岸側の流速計設置地点での波浪流速の平均値は、内海地先が26.1cm/s、豊浜地先が28.3cm/sで、同じ

地盤の高さ (D.L.+0.04m) であるにも関わらず、豊浜地先の方が大きかった。このことについては、岸側の流速計設置点から沖方向20m間の海底勾配が、内海地先1/154、豊浜地先1/28と、豊浜地先の方が急に浅くなっているため、波浪流速が大きくなったと推測された。

清本ら²⁰⁾及び著者ら¹³⁾は、アイゴの採食によるアラメ及びサガラメ群落の減少過程で、アイゴが水深のある沖側の群落から岸側の群落に向けて採食し、最終的に岸側の群落が消滅したことを観察している。このことから、豊浜地先では、岸側の波浪流速が大きくても沖側の波浪流速が小さいため、沖側のサガラメ群落がアイゴに採食された際に、連続して岸側の群落も採食されたと推測された。また、豊浜地先に移植したサガラメはアイゴの採食により消失したことから、この移植場所の平均波浪流速19.5cm/sでは、アイゴはサガラメの採食が可能であると推測された。これらのことから、内海地先は豊浜地先と比べて、アイゴに採食行動を起こさせない、一定以上の大きさの波浪流速が出現する地盤の幅が2倍程度広いことが分かった。

知多半島先端域には流量の多い河川がないことから、内海地先のアイゴの採食行動に河川水の水温、塩分及び濁りが影響しているとは考えられない。桑原らは、人工リーフの岸側では流れが複雑になり、アイゴの採食圧が低下するとしている²¹⁾。大きな波浪の影響を直接受ける愛知県田原市の遠州灘沿岸では、内海地先と同様にサガラメの残存が確認されている¹³⁾。また、川俣らは、室内実験により振動流が30cm/sを越えるとアイゴの食欲が一旦落ちるとしている¹⁹⁾。これらのことから、内海地先では、波浪流速の大きさがサガラメ群落へのアイゴの採食圧を低下させているため、サガラメ群落が残存していると考えられた。今後は、これらの条件を満たす海域にサガラメを移植して、アイゴの採食からサガラメが保護されることを検証する必要がある。

5. 要 約

流動環境がサガラメ群落へのアイゴの採食圧に与える影響を調査した。沖からの波当たりは、サガラメ残存域が消滅域より強く現れた。また、残存域のサガラメ植生域では、23.6cm/s以上の平均波浪流速が発生しており、その幅は消滅域の2倍程度あった。また、沖側の23.6cm/s以上の波浪流速の発生頻度は、残存域の方が消滅域よりも有意に多かった。アイゴはサガラメ残存域の方が消滅域よりも多く出現したが、残存域ではサガラメの採食は確認されなかったため、波浪流速の大きさがアイゴの採食圧を低下させている可能性が示された。

謝 辞

日本データサービスの山内功氏には波浪流速の解析を

ご指導頂いた。内海漁業協同組合所属の伊藤仁造氏及び豊浜漁業協同組合の加藤重和氏には小型定置網の漁獲調査に協力して頂いた。また、内海漁業協同組合及び豊浜漁業協同組合には、試験海域を快く提供して頂いた。ここに記して、感謝の意を申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 新井章吾：南日本における藻食魚による藻場崩壊の機構について。藻類ミニシンポジウム，藻類，48 (1)，pp.76-79，2000。
- 2) 大野正夫：有用海藻誌。内田老鶴圃，東京，pp.133-158，2004。
- 3) 井上正昭：磯根資源とその増殖1—アワビ—，すみ場。日本水産資源保護協会，水産増養殖業書24，pp.8-32，1972。
- 4) 大野正夫：海中林—その生態と造成技術—。海洋科学，17，pp.706-713，1985。
- 5) 四井敏雄・前迫信彦：対島東岸の磯焼け帯における藻場回復実験。水産増殖，41 (1)，pp.67-70，1993。
- 6) 増田博幸・角田利晴・林 義次・西尾四良・永井悠・堀内俊助・中山恭彦：藻食性魚類アイゴの食害による造成藻場の衰退。水産工学，37 (2)，pp.135-142，2000。
- 7) 長谷川雅俊・小泉康二・小長谷輝夫・野田幹雄：静岡県榛南海域における磯焼けの持続要因としての魚類の食害。静岡水試研報，38，pp.19-25，2003。
- 8) 桐山隆哉・藤井明彦・吉村 拓・清本節夫・四井敏雄：長崎県下で1998年秋に発生したアラメ類の葉状部欠損現象。水産増殖，47 (3)，pp.319-323，1999。
- 9) 堀内俊助・中山恭彦：御前崎における漂着サガラメの葉状部消失。藻類，48，pp.109-112，2000。
- 10) 桐山隆哉・野田幹雄・藤井明彦：藻食性魚類数種によるクロメの摂食と摂食痕。水産増殖，49 (3)，pp.431-438，2001。
- 11) 中山恭彦・新井章吾：南伊豆・中木における藻食性魚類3種によるカジメの採食。藻類，47，pp.105-112，1999。
- 12) 桑原久実・綿貫 啓・青田 徹・横山 純・藤田 大介：磯焼け実態把握アンケート調査の結果。水産工学，43 (1)，pp.99-107，2006。
- 13) 蒲原 聡・伏屋 満・原田靖子・服部克也：1997年から2005年までの愛知県岩礁域におけるサガラメ *Eisenia arborea* 群落の様相。愛知水試研報，13，pp.13-18，2007。
- 14) 綿貫 啓：水産工学と藻場研究。水産工学，39，pp.1-4，2002。
- 15) 蒲原 聡・服部克也・原田靖子・甲斐正信：アラメ藻場再生緊急技術開発試験。平成18年度愛知県水産試験場業務報告，pp.14-15，2007。
- 16) 川俣 茂：石膏半球を用いた波動流速測定。平成13年度日本水産工学会学術講演会講演論文集，pp.53-56，2001。

- 17) 室田 明：水理公式集，社団法人土木学会編，技報堂出版，東京，pp.29-30，1985.
- 18) 清水勝義・永井紀彦・橋本典明・岩崎峯夫・安立重昭・奥勇一郎：GPSブイ式波浪計を対象とした複合的な波向き計算手法の提案．海洋開発シンポジウム，23，pp.231-236，2007.
- 19) 川俣 茂・長谷川雅俊：アイゴによるアラメ・カジメ摂食に及ぼす波浪と水温の影響．水産工学，43 (1)，pp.69-79，2006.
- 20) 清本節夫・吉村 拓・新井章吾・桐山隆哉・藤井明彦・四井敏雄：長崎県野母崎において1998年秋に発生したクロメ葉状部欠損現象の経過観察．西水研研報，78，pp.57-65，2000.
- 21) 桑原久実：アイゴ食害を受けた人工リーフ上のカジメ群落と流動環境について．平成18年度日本水産工学会学術講演会講演論文集，pp.115-118，2006.