

和歌山県の沿岸漁場における環境指標種としての カタマガリギボシイソメ *Scoletoma longifolia* (多毛綱, ギボシイソメ科) の有効性

上出貴士

和歌山県水産試験場

**The Validity of *Scoletoma longifolia* (Iijima and Higuchi, 1975) (Polychaeta, Lumbrineridae)
As an Environmental Indicator in Fishing Grounds along the Coast of Wakayama, South-western Japan.**

Takashi Uede

Wakayama Prefectural Fisheries Experiment Station

緒 言

工場排水や都市排水による有機物負荷に対する環境からの応答としてマクロベントス群集の変化が知られ、その関係について古くから種々の検討がなされてきた (Pearson and Rosenberg, 1978). 我が国においても、環境指標生物としてマクロベントスが注目され、様々な知見が集積している (伊藤信夫, 1998 ; 玉井, 1998). また、魚類養殖による有機物負荷に伴うマクロベントス群集の組成や多様性の変化も知られており (Tsutsumi et al. , 1991 ; 上出, 2008a, 2008b), 和歌山県沿岸の養殖漁場の環境評価には底質と共にマクロベントス群集が指標として有効であることが明らかにされている (上出, 2010a, 2010b).

和歌山県沿岸の養殖漁場では、有機汚濁指標種として3種のマクロベントスが挙げられており、中でも特にカタマガリギボシイソメ *Scoletoma longifolia* (Iijima and Higuchi)が底質の有機物濃度と密接に関連した分布をすることが知られている (上出, 2010a, 2010b). 本種は北海道から九州の潮間帯～水深 800m の海域に広く分布し (今島, 2001), 東京湾でも有機汚染の進んだ海域に出現することが知られており (風呂田, 1985 ; 石川ら, 1999), 強内湾性海域及び有機物過剰域に優占的に出現する種とされている (玉井, 1998). こうしたことから、本種の出現状況は、和歌山県沿岸における養殖漁場の環境を評価する上で重要な指標の一つになると考えられている (上出, 2010a, 2010b).

しかし、指標生物の科学的有効性については、技術的・理論的側面から様々な批判が加えられており、この概念を生態学研究に活用するには、十分なデータの蓄積とその統計学的な正当化の必要性が指摘されている (大垣, 2008). 著者は、こうした考えに基づき、2003年から2007年にかけて実施された和歌山県沿岸でのマクロベントス調査および底質環境調査の結果から、いくつかの種の生態学的知見の充実を図る研究を行ってきた (上出, 2010c, 2011, 2013, 2016, 2017).

こうした中で、カタマガリギボシイソメについては、春季の養殖漁場での堆積有機物との関係が検

表1 2003～2007年に和歌山県沿岸の潮下帯び潮間帯で行われたマクロベントス調査の概要

Table1 Summary of the survey on macrobenthic animal in the sublittoral zone and the intertidal zone along the coast of Wakayama Prefecture from 2003 to 2007.

調査番号	調査年月	調査海域	延べ地点数
Survey number	Date	Survey area	Total number of station
I	Sep., 2003	和歌山県沿岸の養殖漁場 Fish farming areas along the coast of Wakayama Prefecture	53
II	May and Aug., 2003	和歌浦湾 Wakaura Bay	26
III	Apr., 2004	和歌山県沿岸の養殖漁場 Fish farming areas along the coast of Wakayama Prefecture	51
IV	Sep., 2004	田辺湾中央部漁場 Central fish farming area in Tanabe Bay	21
V	June and Sep., 2005	田辺湾 Tanabe Bay	41
VI	May, July, Sep., Nov., 2006 Jan., Feb., 2007	田辺湾古賀浦及び内ノ浦 Kogaura and Uchinoura in Tanabe Bay	36
VII	Aug., Oct., Dec., 2004 Feb., Apr., Jun., 2005	田辺湾内ノ浦と滝内の潮間帯 Intertidal zone in Uchinoura and Takinai, Tanabe Bay	51
VIII	Sep., 2006	田辺湾内ノ浦周辺の潮間帯 Intertidal zone in Uchinoura and its surrounding area, Tanabe Bay	28
Total			307

討されているが（上出，2008b），東京湾で知られているような夏季との分布の違い（風呂田，1985）や養殖漁業が行われていない海域での分布状況についてはほとんど知られておらず，和歌山県の沿岸漁場における環境指標生物として本種を評価するには，まだ十分な知見が不足している。

そこで本研究では，既に知られている2004年4月の養殖漁場における本種の分布状況（上出，2008b）と対比しながら，2003年9月の本種の分布状況を明らかにすることで，本種の季節的な変化を検討するとともに，養殖漁場海域以外の海域での分布についても併せて検討することで，和歌山県沿岸の漁場における環境指標種としてのカタマガリギボシイソメの汎用性について議論した。

材料および方法

調査データ

2003～2007年に実施された調査の概要を表1，潮下帯の調査地点を図1，潮間帯の調査地点を図2に示した。各調査には年代順にI～VIIIのローマ数字を付した。調査地点数はのべ307点であり，和歌山県沿岸の全ての内湾の潮下帯と田辺湾の砂泥底潮間帯を網羅していた。また，本研究では，潮下帯で養殖漁業が行われていない海域を一般海域と呼称し，養殖漁場海域と区別した。さらに，宝月（1996）に準じて，潮間帯を高潮線と低潮線に挟まれた海域，潮下帯を潮間帯の下部の海底およびその近傍の水深60mまでの海域とそれぞれ定義した。

本研究では，前述の調査の結果から，カタマガリギボシイソメが出現した地点を抽出した。これらの調査のうち，和歌山県沿岸の養殖漁場で一斉に行われた調査IとIIIのデータからは，養殖漁場における本種の分布と季節変化及び底質環境との関係を検討した。調査II，IV～VIのデータからは，潮下帯における一般海域（非養殖漁場海域）と養殖漁場海域における本種の出現状況の比較，調査IIとVのデータからは，和歌浦湾と田辺湾における本種の分布と生息環境を検討した。調査VIIとVIIIのデータからは，田辺湾における潮間帯の裸地とコアマモ *Zostera japonica* Ascherson and Graebner 群落での本

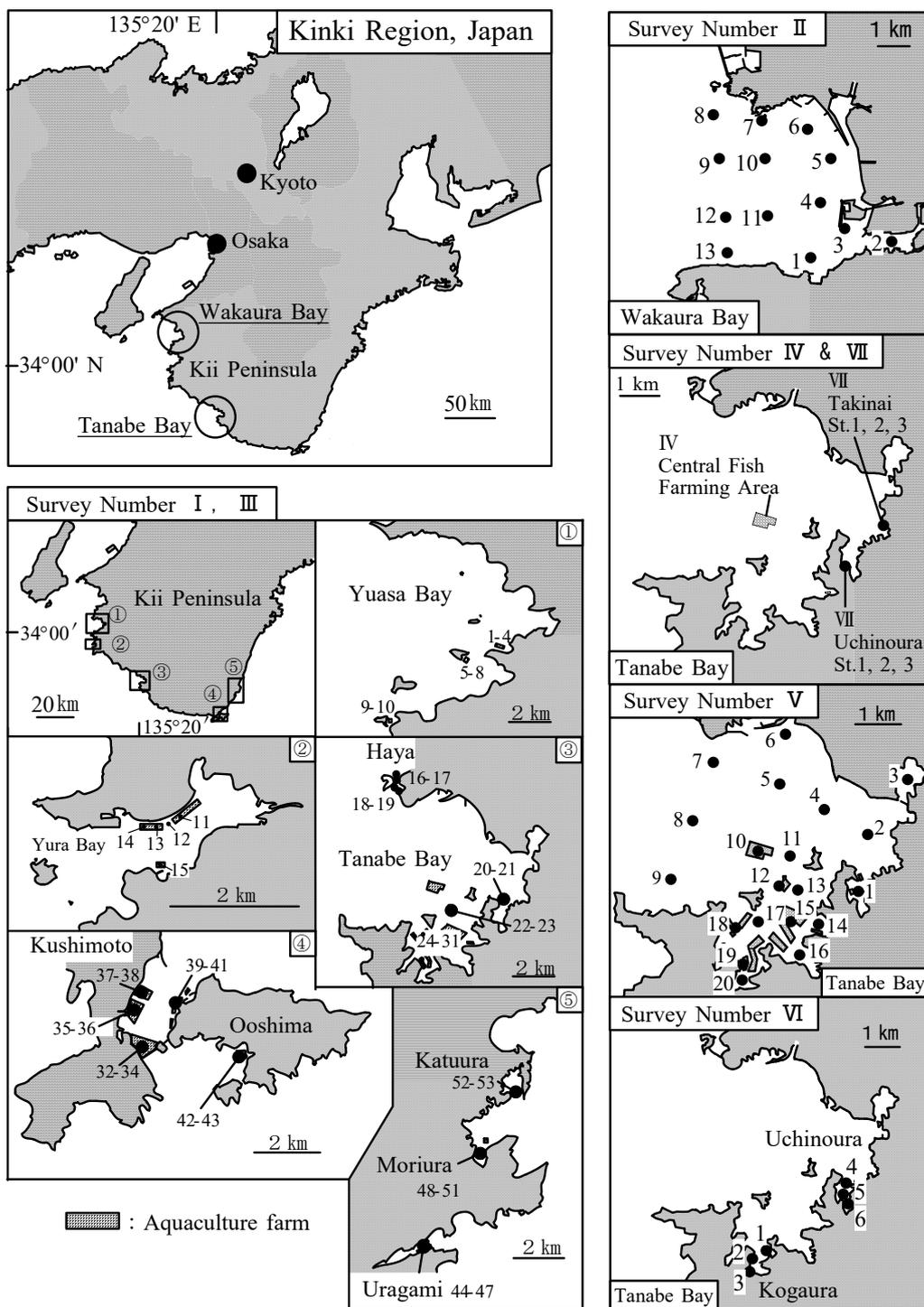


図1 2003～2007年に和歌山県沿岸の潮下帯で行われたマクロベントスと底質環境の調査海域と調査地点.

Fig. 1. Map showing the locations and the stations of the survey on macrobenthic animals and sediment environment in the sublittoral zone along the coast of Wakayama from 2003 to 2007.

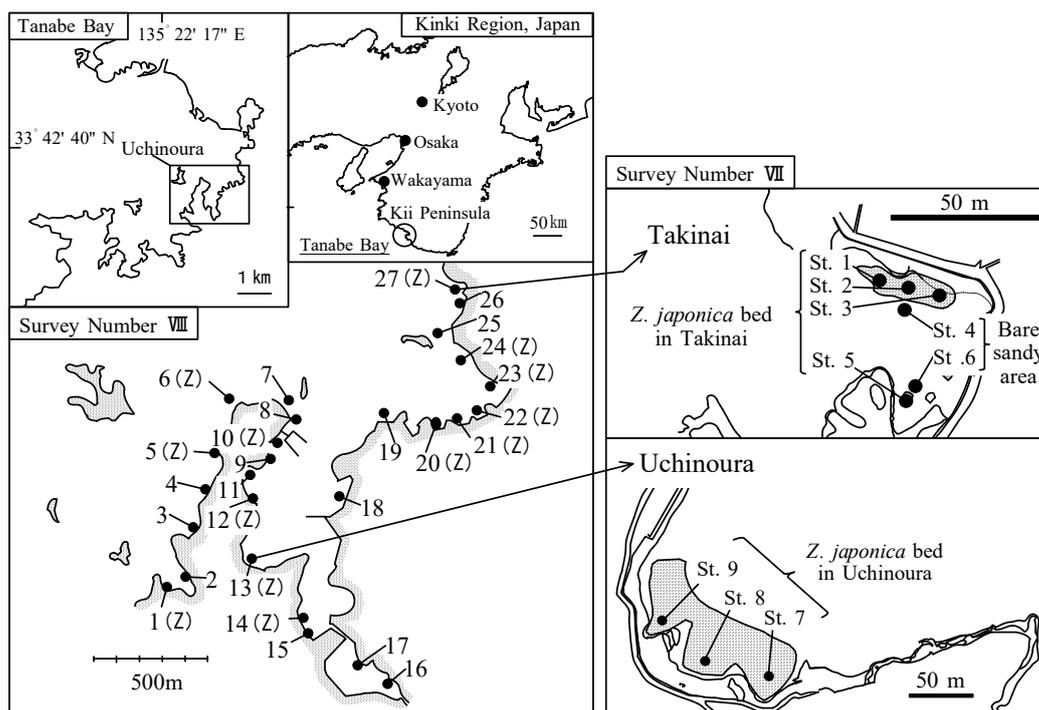


図 2 2003～2007 年に和歌山県田辺湾内ノ浦の潮間帯で行われたマクロベントスと底質環境の調査地点。

Fig. 2. Map showing the locations and the stations of the survey on macrobenthic animals and sediment environment in intertidal zone in Uchinoura, Tanabe Bay, Wakayama from 2003 to 2007.

種の分布と生息環境を比較検討した。

マクロベントスの採集方法

潮下帯でのマクロベントスの採集は、20cm×20cm のエクマンバージ採泥器を用いて 1 定点あたり 1 回実施した。但し、調査Ⅱでは 15cm×15cm のエクマンバージ採泥器を用いて 1 定点あたり 2 回の採集を行った。また、潮間帯では採集面積 25cm×25cm、深さ 25cm の底土をスコップで採集した。

採取した底土は現場において 0.5mm 目合の篩でふるった後、10%ホルマリンで固定し実験室に持ち帰った。固定後、更に 1mm 目合の篩でふるい、マクロベントスのソーティングを行い、種の同定、計数及び湿重量の計測を行った。本研究では、こうして得られたデータからカタマガリギボシイソメに関するものを抽出した。また、本種の和名及び学名は今島 (2001) に従った。

海底堆積物試料の分析方法

海底堆積物の分析項目は、酸揮発性硫化物量 (AVS)、全有機態炭素量 (TOC)、全窒素量 (TN)、全リン量 (TP) 及び含泥率である。試料の採集は、前述したマクロベントスと同様の方法で行い、採取した表層 1cm の海底堆積物を試料として用いた。AVS は検知管法で測定した (水産庁研究部漁場保全課, 1997 ; 門谷, 2003)。TOC 及び TN は、試料を恒量に達するまで乾燥し、1mol HCl を加えて無機炭素化合物を分解除去した後、再度乾燥して元素分析装置 (EA1112, ThermoElectron Italia 社) を用

いて定量した。TP は、恒量に達するまで乾燥した試料を用いて Ishio et al. (1986) による方法に準じて定量した。含泥率は、海底堆積物中における粒径 63 μm 以下の泥及びシルトの割合を乾燥重量比で表した。

なお、AVS のデータは調査VIIで未取得であった。また、TOC と TN のデータは調査IIの5月、調査VIの2月、調査VIIで未取得であり、TP のデータはこれらの地点に加えて調査VIの1月で未取得であった。含泥率については、調査I、II、III、IVの全地点と調査VIの1、2月で未取得であった。

こうして得られたデータのうち、TOC、TN、TP 及び含泥率は季節による変動が認められないので（上出，2008b）、調査II、IV～VIIIのデータにおいて、海域別の生息環境を比較する際に出現した地点の平均値を用いて比較した。AVS については夏季に高くなる季節性を示すので（上出，2008b）、平均値は用いず、出現した地点の濃度範囲で検討した。

結 果

和歌山県沿岸の養殖漁場におけるカタマガリギボシソメの分布と生息環境

調査IおよびIIIの結果から、和歌山県沿岸の養殖漁場における本種の分布を検討すると、調査Iの2003年9月は全53地点中24地点で本種が出現し、図1に示す海域のうち、田辺湾を除く全ての海域に分布していた。調査IIIの2004年4月は全51地点中43地点で本種が出現し、図1に示す全ての海域に分布していた。

調査IとIIIの結果に基づいた和歌山県沿岸の養殖漁場における海底堆積物中のTOC及びAVSとカタマガリギボシソメの個体数密度及び湿重量の関係を図3に示した。2004年4月のTOCと湿重量

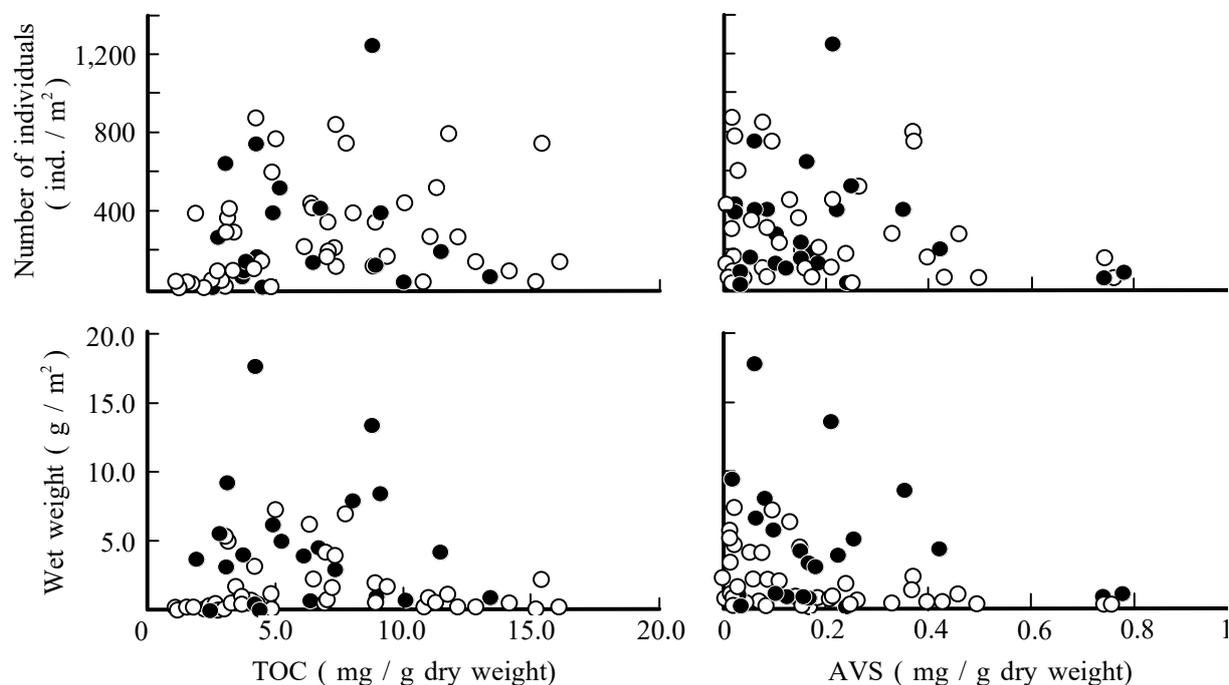


図3 養殖漁場の海底堆積物中の全有機態炭素含量 (TOC) 及び酸揮発性硫化物含量 (AVS) とカタマガリギボシソメの個体数密度及び湿重量の関係。●：2003年9月，○：2004年4月。

Fig. 3. Fluctuations in number of individuals and wet weight of *S. longifolia* regarding total organic carbon (TOC) and acid volatile sulfide (AVS) in sediment of fish farming areas.

の関係については上出 (2008b) を引用した。TOC と本種の関係を見てみると、2003 年 9 月の調査地点の TOC の濃度範囲は 1.3~17.3mg/g であり、本種が出現したのは 1.9~13.4mg/g の範囲であった。2004 年 4 月はそれぞれ 1.1~19.9, 1.1~16.1mg/g であった。個体数密度については、両季ともに TOC 1.7 mg/g 以下では 50 個体/m² 以下であった。また、9 月は 10.0mg/g を超えると個体数密度が減少する傾向が見られたが、4 月ではそうした傾向は見られなかった。湿重量は両季ともに TOC 2.7~9.1 mg/g の地点で 5 g/m² を超える地点が見られ、10 mg/g 以上の地点では 4.3 g/m² 以下、ほとんどで 1.3 g/m² 以下となった。

AVS と本種の関係を見てみると、2003 年 9 月の調査地点の AVS の濃度範囲は 0.00~1.08 mg/g であり、本種が出現したのは 0.02~0.78 mg/g の範囲であった。2004 年 4 月はそれぞれ 0.00~0.76, 0.00~0.76 mg/g であった。個体数密度は 9 月では AVS が 0.2 mg/g 以上、4 月は 0.4 mg/g 以上で 500 個体/m² を超える地点が見られなくなった。湿重量は両季ともに AVS 0.25 mg/g 以下で 5 g/m² を超える地点が多く見られ、0.45 mg/g を超えると 1.0 g/m² 以下となった。

なお、2003 年 9 月と 2004 年 4 月のカタマガリギボシイソメの個体数と湿重量を比較すると、個体数密度に差は無かったが (Welch's *t*-test: $t(44.526) = 0.413, P = 0.681$), 湿重量は 2003 年 9 月で有意に高かった (Welch's *t*-test: $t(28.343) = 3.000, P = 0.006$)。

潮下帯の一般海域と養殖漁場海域におけるカタマガリギボシイソメの出現状況

一般海域と養殖漁場海域における本種の出現状況を比較するために、潮下帯で行われた調査 II, IV ~VI ののべ 124 地点において本種が出現した地点のデータを底質分析結果とともに表 2 に示した。124 地点のうち、一般海域が 109 地点、養殖漁場海域が 15 地点であり、これらのうち本種が出現したのは一般海域 32 地点、養殖漁場 5 地点であった。一般海域の本種が出現した地点の平均水深は 12.9 ± 6.8m であり、個体数密度と湿重量の平均値はそれぞれ 109.3 ± 153.5 個体/m², 1.05 ± 2.22g/m² であった。海底堆積物中の COD, TOC, TN, TP および含泥率の平均値は、それぞれ 7.56 ± 4.19, 7.94 ± 4.49, 1.01 ± 0.65, 0.72 ± 0.54 mg/g, 46.5 ± 25.1 % であった。なお、AVS の濃度範囲は 0.00 (検出限界以下) ~0.91mg/g であった。一方、養殖漁場海域の本種が出現した地点の平均水深は 17.4 ± 4.2m であり、個体数密度と湿重量の平均値はそれぞれ 730.0 ± 349.7 個体/m², 3.70 ± 1.23 g/m² であった。また、海底堆積物中の AVS の濃度範囲は 0.20~0.57 mg/g, TOC, TN, TP および含泥率の平均値は、それぞれ 10.07 ± 3.76, 1.53 ± 0.63, 2.00 ± 0.63 mg/g, 40.9 ± 13.9 % であった。

調査 I と III の結果から、本種の季節による個体数変動は無いものと仮定し、表 2 に示した個体数密度の平均値を一般海域と養殖漁場海域の比較に用いた。その結果、個体数密度は養殖漁場海域で高い傾向が見られた (Welch's *t*-test: $t(4.244) = 3.910, P = 0.016$)。底質環境については、TOC, TN 及び含泥率の平均値に差は認められなかったが (Welch's *t*-test: それぞれ $t(6.414) = 1.120, P = 0.303$; $t(5.786) = 1.688, P = 0.145$), TP は養殖漁場海域で有意に高くなった (Welch's *t*-test: $t(4.895) = 3.677, P = 0.015$)。

和歌浦湾と田辺湾におけるカタマガリギボシイソメの分布

和歌浦湾では調査 II で 2003 年の 5, 8 月に、田辺湾では調査 V で 2005 年 6, 9 月に湾内全域を対象にした調査が行われている。そこで、和歌山県沿岸の内湾域における本種の分布状況を検討するため、それらの結果を図 4 に示した。和歌浦湾では 13 地点中、2003 年 5 月は 4 地点、2003 年 8 月は 5 地点で本種の出現が確認された。ほとんどの地点では 100 個体/m² 以下の出現であった。田辺湾では 20 地点中、2005 年 6 月は 12 地点、2005 年 9 月は 10 地点で本種の出現が確認された。2005 年 6 月では、湾南奥部を中心に 100 個体/m² を超える密度で分布し、1,000 個体/m² 以上に達する地点も見られた。

表2 2003～2007年の和歌山県沿岸における一般海域と養殖漁場海域におけるカタマガリギボシイソメの分布（調査番号Ⅱ、Ⅳ～Ⅵ）
 Tabale 2 Distribution of *S. longifolia* in shallow waters (non fish farming areas) and fish farming areas along the coast of Wakayama Prefecture from 2003 to 2007. (Survey number Ⅱ, Ⅳ - Ⅵ)

一般海域 Shallow waters (non fish farming areas)											
日付	海域	採集場所	水深	個体数 (Indv. / m ²)	湿重量 (g / m ²)	AVS (mg / g)	COD (mg / g)	TOC (mg / g)	TN (mg / g)	TP (mg / g)	含泥率 (%) Silt-clay content
Date	location	Station	Depth	Number of Individuals	Wet weight	(mg / g)	(mg / g)	(mg / g)	(mg / g)	(mg / g)	(%)
May 20th, 2003	Wakaura Bay	Ⅱ- 1	-	200.0	0.22	0.01	4.95	-	-	-	-
		Ⅱ- 5	-	22.2	0.22	0.00	1.71	-	-	-	-
		Ⅱ- 7	-	22.2	+	0.01	3.96	-	-	-	-
Aug. 29th, 2003	Wakaura Bay	Ⅱ- 11	-	22.2	+	0.07	13.18	-	-	-	-
		Ⅱ- 1	-	244.4	1.56	0.06	7.26	5.21	0.65	0.35	-
		Ⅱ- 4	-	44.4	1.33	0.07	8.43	6.76	0.81	0.42	-
		Ⅱ- 7	-	22.2	+	0.07	4.49	3.10	0.49	0.27	-
June 6th, 2005	Tanabe Bay	Ⅱ- 10	-	22.2	+	0.10	10.59	8.28	0.90	0.44	-
		Ⅱ- 11	-	22.2	0.22	0.07	13.51	10.46	1.16	0.48	-
		V- 4	6	175.0	10.00	0.02	-	5.90	0.77	0.39	57.5
		V- 6	7	25.0	+	0.01	-	3.44	0.44	0.24	34.4
Sep. 15th, 2005	Tanabe Bay	V- 8	27	50.0	0.25	0.11	-	14.68	1.70	0.73	70.5
		V- 13	16	275.0	0.50	0.08	-	8.92	1.41	1.51	25.9
		V- 14	15	250.0	1.25	0.23	-	11.61	1.72	1.90	52.0
		V- 16	15	175.0	0.75	0.91	-	19.40	2.85	2.39	55.5
		V- 17	18	50.0	0.25	0.34	-	10.94	1.68	1.10	63.5
		V- 20	11	275.0	0.25	0.41	-	8.46	1.01	0.79	42.1
		V- 5	9	25.0	0.25	0.03	-	3.00	0.38	0.30	31.6
		V- 6	7	25.0	+	0.03	-	0.94	0.15	0.21	1.4
		V- 8	28	25.0	+	0.16	-	11.14	1.51	0.69	80.5
		V- 11	27	25.0	+	0.29	-	13.51	2.02	1.11	83.9
Sep. 16th, 2005	Tanabe Bay	V- 13	6	25.0	+	0.01	-	1.67	0.26	0.59	9.1
		V- 14	8	425.0	1.25	0.06	-	2.10	0.26	0.49	11.5
		V- 17	17	25.0	+	0.28	-	10.75	1.53	1.16	62.7
		V- 21	6.5	25.0	+	0.41	-	5.57	0.66	0.48	43.6
May 18th, 2006	Kogaura	Ⅵ- 1	13.5	725.0	1.15	0.08	4.94	4.94	0.45	20.9	
July 13th, 2006	Uchinoura	Ⅵ- 3	10	50.0	0.05	0.37	10.53	1.04	0.78	53.5	
Nov. 9th, 2006	Uchinoura	Ⅵ- 3	6.1	25.0	+	0.24	11.57	1.29	0.45	89.1	
Jan. 11th, 2006	Kogaura	Ⅵ- 2	10	25.0	0.25	0.11	4.96	4.96	0.40	40.0	
		Ⅵ- 1	12.1	25.0	+	0.08	8.64	8.64	0.68	-	

日付	海域	採集場所	水深	個体数 (Indv. / m ²)	湿重量 (g / m ²)	AVS (mg / g)	COD (mg / g)	TOC (mg / g)	TN (mg / g)	TP (mg / g)	含泥率 (%)
Date	location	Station	Depth	Number of Individuals	Wet weight	(mg / g)	(mg / g)	(mg / g)	(mg / g)	(mg / g)	Silt-clay content
Feb. 9th, 2006	Kogaura	VI-1	11.7	50.0	0.05	0.09	—	—	—	—	—
		VI-2	9.2	100.0	0.10	0.01	—	—	—	—	—
	平均值	Mean	12.9	109.3	1.05	0.15	7.56	7.94	1.01	0.72	46.5
	標準偏差	SD	6.8	153.5	2.22	0.19	4.19	4.49	0.65	0.54	25.1
	最大值	Max.	28	725.0	10.00	0.91	13.51	19.40	2.85	2.39	89.1
	最小値	Min.	6	22.2	0.05	0.00	1.71	0.94	0.15	0.21	1.4
養殖漁場 Fish farming areas											
June 6th, 2005	Tanabe Bay	V-12	22	450.0	3.25	0.48	—	11.85	1.87	2.69	48.0
		V-15	19	875.0	4.25	0.36	—	10.54	1.66	2.57	46.6
		V-18	12	1200.0	5.50	0.57	—	15.13	2.33	2.22	56.0
		V-19	14	800.0	2.25	0.28	—	5.79	0.82	0.90	21.1
Sep. 16th, 2005	Tanabe Bay	V-12	20	325.0	3.25	0.20	—	7.02	0.96	1.64	32.9
	平均值	Mean	17.4	730.0	3.70	0.38	—	10.07	1.53	2.00	40.9
	標準偏差	SD	4.2	349.7	1.23	0.15	—	3.76	0.63	0.74	13.9
	最大值	Max.	22	1200.0	5.50	0.57	—	15.13	2.33	2.69	56.0
	最小値	Min.	12	325.0	2.25	0.20	—	5.79	0.82	0.90	21.1

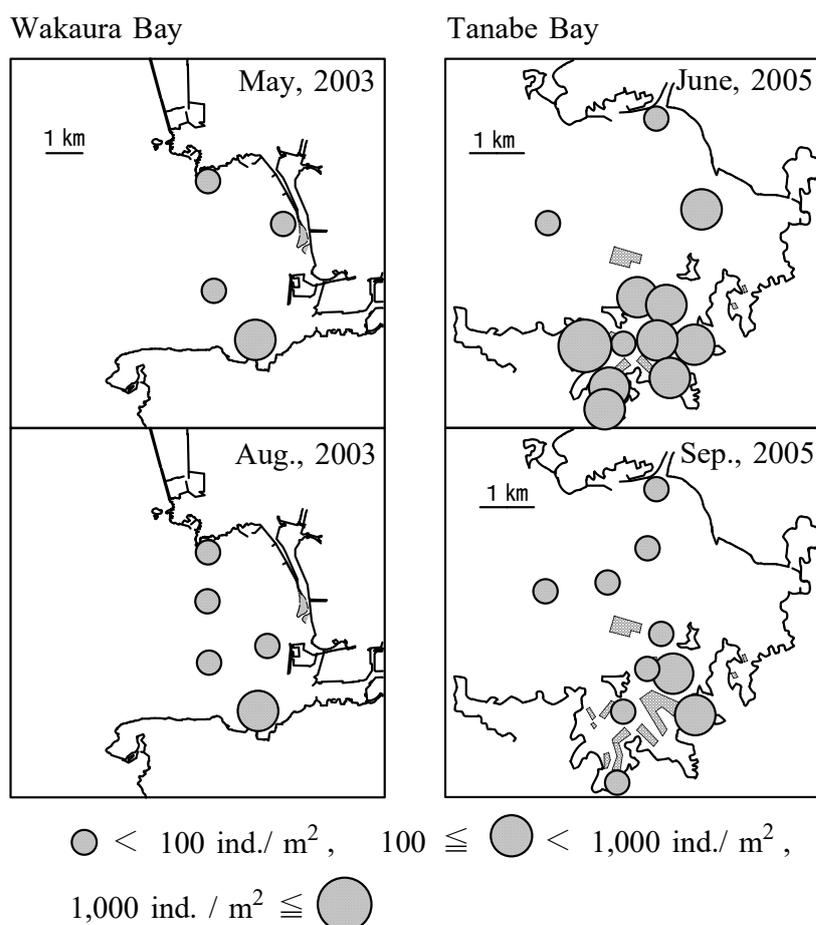


図 4 和歌浦湾と田辺湾におけるカタマガリギボシソメの分布。田辺湾中の斜線は養殖漁場を示す。

Fig. 4. Distributions of *S. longifolia* in Wakaura Bay and Tanabe Bay. Shaded areas in Tanabe bay show fish farming areas.

2005年9月には、6月より個体数密度は低くなり、特に湾南奥部での減少が著しかった。

田辺湾の潮間帯でのカタマガリギボシソメの出現状況

田辺湾の潮間帯での本種の分布状況を検討するため、調査VIIとVIIIの結果から、本種が出現した地点のデータを底質分析結果とともに表3に示した。調査VIIとVIIIののべ79地点のうち、植生の無い裸地は15地点、コアマモ群落は64地点であった。これらのうち、本種が出現したのは25地点であり、裸地が4地点、コアマモ群落が21地点であった。裸地では、本種の個体数密度と湿重量の平均値はそれぞれ 56.1 ± 52.4 個体/ m^2 , 0.99 ± 1.14 g/m^2 であった。また、海底堆積物中のTOC, TN, TPおよび含泥率の平均値は、それぞれ

2.02 ± 0.38 , 0.24 ± 0.07 , 0.19 ± 0.03 mg/g , 12.0 ± 5.8 %であった。なお、AVSの濃度範囲は $0.02 \sim 0.24$ mg/g であった。一方、コアマモ群落では、本種の個体数密度と湿重量の平均値はそれぞれ 88.9 ± 48.0 個体/ m^2 , 1.06 ± 0.95 g/m^2 であった。また、海底堆積物中のAVSの濃度範囲は $0.03 \sim 0.09$ mg/g , TOC, TN, TPおよび含泥率の平均値は、それぞれ 2.30 ± 1.69 , 0.24 ± 0.04 , 0.21 ± 0.05 mg/g , 15.5 ± 12.5 %であった。

なお、前述の調査IとIIの結果から、個体数に季節変化はないものと仮定して個体数密度の平均値を比較すると、裸地とコアマモ群落の個体数密度に有意差は認められなかった (Welch's *t*-test: それぞれ $t(4.482) = 1.234$, $P = 0.279$; $t(5.263) = 0.113$, $P = 0.914$)。また、TOC, TN, TP及び含泥率についても有意差は認められなかった (Welch's *t*-test: それぞれ $t(4.744) = 0.804$, $P = 0.460$; $t(6.490) = 0.187$, $P = 0.858$; $t(4.481) = 0.938$, $P = 0.397$; $t(4.045) = 0.511$, $P = 0.636$)。

表3 2003～2007年の和歌山県沿岸における潮間帯の裸地とコアマモ群落におけるカタマガリギボシイソメの分布 (調査番号VII, VIII)

Table 3 Distribution of *S. longifolia* in bare bottoms and *Z. japonica* beds in intertidal zone along the coast of Wakayama Prefecture from 2003 to 2007. (Survey number VII, VIII)

裸地 Bare bottom										
日付	海域	採集場所	個体数 (Indv. / m ²)	湿重量 (g / m ²)	AVS	TOC	TN	TP	含泥率 (%)	
Date	location	Station	Number of Individuals	Wet weight	(mg / g)	(mg / g)	(mg / g)	(mg / g)	Silt-clay contnet	
Sep. 6th, 2006	Uchinoura	?- 6	22.2	0.44	0.04	1.84	0.28	0.23	3.6	
		?- 9	88.9	0.44	0.03	1.69	0.19	0.24	8.2	
		?- 10	111.1	0.89	0.09	2.88	0.25	0.14	18.2	
Sep. 7th, 2006	Uchinoura	?- 20	133.3	2.44	0.05	2.80	0.26	0.23	31.8	
		平均値 Mean	88.9	1.06	0.05	2.30	0.24	0.21	15.5	
		標準偏差 SD	48.0	0.95	0.03	0.62	0.04	0.05	12.5	
		最大値 Max.	133.3	2.44	0.09	2.88	0.28	0.24	31.8	
		最小値 Min.	22.2	0.44	0.03	1.69	0.19	0.14	3.6	
コアマモ群落 <i>Z. japonica</i> beds										
日付	海域	採集場所	個体数 (Indv. / m ²)	湿重量 (g / m ²)	AVS	TOC	TN	TP	含泥率 (%)	
Date	location	Station	Number of Individuals	Wet weight	(mg / g)	(mg / g)	(mg / g)	(mg / g)	Silt-clay contnet	
Aug. 3rd, 2004	Takinai	?- 2	44.4	0.89	-	-	-	-	-	
		?- 3	22.2	0.44	-	-	-	-	-	
Oct. 12th, 2004	Uchinoura	?- 8	44.4	0.22	-	-	-	-	-	
		?- 7	22.2	+	-	-	-	-	-	
Dec. 9th, 2004	Uchinoura	?- 8	44.4	0.44	-	-	-	-	-	
		?- 7	22.2	+	-	-	-	-	-	
Feb. 14th, 2005	Uchinoura	?- 9	22.2	+	-	-	-	-	-	
		?- 7	22.2	0.22	-	-	-	-	-	
Apr. 11th, 2005	Takinai	?- 8	22.2	0.67	-	-	-	-	-	
		?- 1	22.2	0.44	-	-	-	-	-	
June 8th, 2005	Uchinoura	?- 7	177.8	0.67	-	-	-	-	-	
		?- 8	88.9	2.67	-	-	-	-	-	
		?- 9	66.7	1.11	-	-	-	-	-	
Sep. 6th, 2006	Uchinoura	?- 3	22.2	0.22	-	-	-	-	-	
		?- 7	177.8	4.44	-	-	-	-	-	
		?- 9	88.9	2.22	-	-	-	-	-	
Sep. 7th, 2006	Uchinoura	?- 5	22.2	0.44	0.02	1.55	0.16	0.23	4.6	
		?- 11	44.4	0.22	0.09	1.74	0.35	0.18	15.5	
		?- 14	22.2	+	0.24	2.12	0.24	0.17	19.0	
		?- 15	155.6	1.33	0.15	2.13	0.21	0.16	13.3	
Sep. 7th, 2006	Uchinoura	?- 22	22.2	0.22	0.07	2.53	0.22	0.20	7.7	
		平均値 Mean	56.1	0.99	0.11	2.02	0.24	0.19	12.0	
		標準偏差 SD	52.4	1.14	0.09	0.38	0.07	0.03	5.8	
		最大値 Max.	177.8	4.44	0.24	2.53	0.35	0.23	19.0	
		最小値 Min.	22.2	0.22	0.02	1.55	0.16	0.16	4.6	

考 察

養殖漁場での調査 I と III の結果では、カタマガリギボシイソメの個体数密度に差は無かったが、湿重量は調査 I (9月) で有意に高かった。若狭湾のベントス群集では、9月は4月よりも個体数密度が低い傾向を示す季節的な変動パターンが知られているが(林・北野, 1988)、本研究ではそうした傾向は見られなかった。本研究では、湿重量が9月に高くなったことから、4月よりも9月に大きな個体が採集された傾向がうかがえ、本種が春から秋にかけて成長していることが示唆された。

カタマガリギボシイソメは、TOC と AVS がそれぞれ 16.1, 0.78 mg/g を超える養殖漁場下の地点では出現しなかった。こうした濃度帯は上出 (2010b) が“危機的漁場”と定義した養殖漁場環境に相当した。高い濃度の TOC と AVS は硫化水素が高く、溶存酸素濃度が低い環境であると考えられる (Jorgensen, 1977; 伊藤, 1996)。本種は比較的貧酸素濃度下でも生存が可能な有機汚濁指標種とされているが(伊藤, 1998; 今尾ら, 2004)、危機的漁場のような富栄養化の進んだ環境では生息できない

ものと考えられる。また、田辺湾南奥部のような危機的漁場とされるような海域で9月に本種が出現しなかったため、出現地点数が4月の43地点に比べて9月では23地点と減少していた。東京湾北部でも夏季に環境が悪化し、本種が分布しなくなることが報告されている(風呂田, 1985)。田辺湾南奥部では7~9月にかけてしばしば溶存酸素濃度が4.3mg/g以下に低下し貧酸素水塊が形成されることが知られているが(上出, 2004, 2006), こうした環境の悪化が本種の出現地点が減少した原因であると考えられる。

潮下帯の一般海域と養殖漁場海域を比較すると、養殖漁場海域で個体数密度が有意に高く、湿重量は季節変動が示唆されたため比較はできなかったが、総じて養殖漁場海域で高い傾向が見られた。これらの値は、調査IやIIIと比べると低い水準であるが、一般海域よりも養殖漁場海域に本種が高密度で分布していることを示唆している。本種は、養殖漁場直下において養殖漁業由来の残餌や魚糞などを餌として利用しており、高い個体数を示すことが知られている(Yokoyama and Ishihi, 2007; 横山, 2009)。本研究での結果からも、本種が養殖漁業から負荷される有機物を餌として個体数や湿重量を増大させていることが推測される。ただし、一般海域の調査地点V-16の6月の調査では、AVS濃度0.91 mg/gで本種の分布が確認された。この結果は、溶存酸素濃度の低下が起こらない時期には、高いAVS濃度下でも本種が分布し得ることを示すものであり、AVS測定による漁場環境評価は、溶存酸素濃度が低くAVSとマクロベントスの関係が明瞭になる夏季に行うべきとの著者の従来の主張(上出, 2010a, 2010b)を支持するものである。また、養殖漁場ではTPが有意に高い傾向を示したが、これは魚類養殖に用いられる餌の残りやそれを摂餌した魚類の糞に由来するカルシウム結合型リン化合物の堆積によるものと考えられる(上出, 2007)。

潮間帯でのカタマガリギボシソメの分布をみると、コアマモ群落と裸地を比較した場合、本種では植生の有無による個体数密度と湿重量の有意差は認められなかった。ウメノハナガイ *Pillucina pisidium* (Dunker)などの二枚貝類は裸地よりもコアマモ群落で湿重量が高く(上出ら, 2013)、ミズヒキゴカイ *Cirriformia tentaculata* (Montagu)やコケゴカイ *Simplisetia erythraeensis* (Fauvel)を主体とした多毛類の個体数密度と湿重量もコアマモ群落で高いことが知られているが(上出ら, 2013)、本種はこれらの底生動物とは異なった分布を示した。

以上のことから、カタマガリギボシソメは潮間帯より潮下帯において高密度に分布し、潮下帯では一般海域より養殖漁場海域で高密度に分布していることが明らかになった。また、養殖漁場では魚類養殖に伴う残餌や魚糞の堆積が見られ(上出, 2007; Uede, 2010)、そのことが本種の高密度な分布と関係していることが示唆された。養殖漁場下において、本種はTOCが2.7mg/gより低い環境では、個体数密度と湿重量が低い水準であり、TOCが2.7~9.1mg/g、AVSが0.25~0.45mg/gの濃度範囲で個体数密度と湿重量が最も高い水準に達し、それ以上では再び低くなり、TOCとAVSの濃度がそれぞれ16.1, 0.78 mg/gを超える有機物汚濁が進んだ海域には分布しなかった。こうした結果は、本種が和歌山県沿岸、特に養殖漁場の有機物負荷を指標する有力なマクロベントスであることを示唆している。こうした知見を基に、沿岸環境、特に養殖漁場の有機物汚濁の状況を的確にモニタリングすることが可能になるとともに、周辺海域の漁場や生態系の保全にも役立てることができると考える。一方で海域環境とそこに形成されるマクロベントス群集は様々な要因によって長期的に変動していることが考えられるため、海域環境とマクロベントスの分布については継続的なデータ取得によって定期的に検証する必要があると考える。

摘 要

和歌山県沿岸の漁場における環境指標種としてのカタマガリギボシイソメの汎用性について議論した。2003～2007年に和歌山県沿岸で実施された調査データからカタマガリギボシイソメに関するものを抽出した。これらのデータを用いて、1) 養殖漁場における本種の分布と季節変化及び底質環境との関係、2) 潮下帯における一般海域（非養殖漁場海域）と養殖漁場海域における本種の出現状況の比較、3) 和歌浦湾と田辺湾における本種の分布と生息環境、4) 田辺湾における潮間帯の裸地とコアマモ群落での本種の分布と生息環境の4つの視点から環境指標種としての本種の有効性を検討した。

1) カタマガリギボシイソメの個体数密度に季節による差は認められなかったが、湿重量は9月で有意に高くなった。このことは本種が春から秋にかけて成長していることを示唆している。また、本種は海底堆積物中のTOCの増加にしたがって増えたが、“危機的漁場”と定義される富栄養化の進行した地点には分布しなかった。

2) 潮下帯の一般海域と養殖漁場海域を比較すると、養殖漁場海域で個体数密度が有意に高かった。このことは、養殖漁業に由来する有機物を餌として本種が増殖していることを示しており、環境指標としての本種の有効性を示唆するものである。

3) 本種は和歌浦湾及び田辺湾の湾内に広く分布した。特に養殖漁場のある田辺湾南部で多い傾向が見られたが、9月に大きく減少した。田辺湾南部では、7～9月にかけてしばしば貧酸素水塊が形成されるため、こうした環境悪化が本種の減少した原因と考えられた。

4) コアマモ群落と裸地で本種の分布を比較したところ、植生の有無による個体数密度と湿重量の有意差は認められなかった。二枚貝類やミズヒキゴカイなどの他の多毛類とは異なり、本種は潮間帯の植生で高密度に分布することはなかった。

これらの結果から、カタマガリギボシイソメは潮間帯より潮下帯において高密度に分布し、潮下帯では一般海域より養殖漁場海域で高密度に分布していることが明らかになった。また、養殖漁場下において、本種はTOCが2.7～9.1mg/g、AVSが0.25～0.45mg/gの濃度範囲で個体数密度と湿重量が最も高い水準に達し、それより富栄養化した海域には分布しなかった。このことは本種が和歌山県沿岸、特に養殖漁場の有機物負荷を指標するマクロベントスであることを示唆している。

引用文献

- 風呂田利夫. 1985. 東京湾の底生動物. 海洋と生物 40: 346-352.
- 林勇夫・北野裕. 1988. 若狭湾主湾部のマクロベントス群集—II 季節変動. 日水研報. 38: 159-169.
- 宝月欣二編著. 1996. 潮下帯生物, 潮間帯生物. p. 920. 八杉龍一・小関治男・古谷雅樹・日高敏隆編. 岩波生物学事典第4版. 岩波書店. 東京.
- 今尾和正・鈴木輝明・高倍昭洋. 2004. 溶存酸素環境の変化に伴うマクロベントス群集の構造と機能の変化予測手法. 水産工学. 41: 13-24.
- 今島実. 2001. 環形動物, 多毛類II. p. 542. 生物研究社. 東京.
- 石川公敏・風呂田利夫・小山利郎・山崎孝史. 1999. 東京湾の内湾域におけるマクロベントスの季節変化. 月刊海洋. 31: 495-503.
- Ishio, S., M. Kuwahara and H. Nakagawa. 1986. Conversion of $AlPO_4\text{-P}$ to Fe-bound P in sea sediments. Nihon Suisan Gakkaishi. 52: 901-911.
- 伊藤和夫. 1996. 底質環境中の硫黄化合物の分析方法と動態. pp. 77-116. 寒川喜三郎・日色和夫編.

- 最新の底質分析と化学動態. 技報堂出版. 東京.
- 伊藤信夫. 1998. 環境指標生物. pp. 814-831. 平野敏行監修. 沿岸の環境圏. フジ・テクノシステム. 東京.
- Jorgensen, B. B. 1977. The sulfur cycle of a coastal marine sediment (Limfjorden, Denmark). *Limnol. Oceanogr.* 22: 814-832.
- 門谷茂. 2003. 硫黄化合物. pp. 233-236. 竹内均監修. 地球環境調査計測辞典第3巻 (沿岸域編). フジ・テクノシステム. 東京.
- 大垣俊一. 2008. 指標生物の論理. *日本ベントス学会誌*. 63: 56-63.
- Pearson, T. H. and R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 16: 229-311.
- 水産庁研究部漁場保全課. 1997. 漁場保全対策推進事業調査指針. p. 113. 水産庁. 東京.
- 玉井恭一. 1998. マクロベントスの分布と生産. pp. 244-253. 平野敏行監修. 沿岸の環境圏フジ・テクノシステム. 東京.
- Tsutsumi H, T. Kikuchi, M. Tanaka, T. Higashi, K. Imasaka and Miyazaki. 1991. Benthic faunal succession in a cove organically polluted by fish farming. *Mar. Poll. Bul.* 23: 233-238.
- 上出貴士. 2004. 田辺湾における養殖漁場環境の変動について. *和歌山県農林水技セ研報*. 5: 117-124.
- 上出貴士. 2006. 田辺湾南部における1985年から2000年までの溶存酸素の変動について. *和歌山県農林水技セ研報*. 7: 123-130.
- 上出貴士. 2007. 魚類養殖漁場における海底堆積物の化学的特性とリンの存在形態. *日水誌*. 73: 62-68.
- 上出貴士. 2008a. 和歌山県沿岸の養殖漁場における環境指標としての酸揮発性硫化物含量の有効性とその基準値の設定の試み. *日水誌*. 74: 402-411.
- 上出貴士. 2008b. 和歌山県沿岸の養殖漁場における春季の海底堆積物の化学的特性と優占するマクロベントス種との関係. *日水誌*. 74: 832-840.
- 上出貴士. 2010a. 魚類養殖漁場の環境をどう評価するか～その1 硫化物が教えてくれる海の状態～. *アクアネット*. 13(5): 64-67.
- 上出貴士. 2010b. 魚類養殖漁場の環境をどう評価するか～その2 底生動物が教えてくれる海の状態～. *アクアネット*. 13(6): 76-80.
- 上出貴士. 2010c. 和歌山県沿岸におけるイヨスダレ *Paphia undulata* (BORN, 1778) (二枚貝綱, マルスダレガイ科) の分布. *南紀生物*. 52: 159-165.
- 上出貴士. 2011. 和歌山県沿岸におけるキヌタレガイ *Petrasma pusilla* とアサヒキヌタレガイ *Acharax japonica* (二枚貝綱, キヌタレガイ科) の分布と生息環境. *南紀生物*. 53: 1-77.
- 上出貴士. 2013. 和歌山県沿岸の潮下帯におけるウメノハナガイ *Pillucina pisidium* (二枚貝綱, ツキガイ科) の分布と生息環境. *南紀生物*. 55: 105-111.
- 上出貴士. 2016. 和歌山県沿岸における内湾性底生二枚貝の分布と生息環境 I—チゴトリガイ *Fulvia hungerfordi*, チヨノハナガイ *Raetellops pulchellus* 及びシズクガイ *Theora lata*—. *南紀生物*. 58: 135-142.
- 上出貴士. 2017. 和歌山県沿岸における内湾性底生二枚貝の分布と生息環境 II—ケシトリガイ *Alvenius ojanus*, ヒメカノコアサリ *Veremolpa micra* 及びまとめ—. *南紀生物*. 59: 16-21.
- Uede, T. 2010. The effect of the methods of farming on the environment and growth of cultured red sea bream, *Pagrus major*. *Bull. Fish. Res. Agen.* 29: 29-38.

- 上出貴士・高橋芳明・山内信・井関和夫. 2013. 和歌山県田辺湾の潮間帯におけるコアマモ群落の底質環境とベントス群集組成. 水産増殖. 61: 61-72.
- 上出貴士・山内信・高橋芳明. 2014. 和歌山県田辺湾内ノ浦の潮間帯のコアマモ *Zostera japonica* 群落におけるウメノハナガイ *Pillucina pisidium* (二枚貝綱, ツキガイ科) の分布と生息環境. 日本ベントス学会誌. 68: 28-36.
- 横山寿. 2009. 魚類養殖の環境インパクトと持続的生産. 日水誌. 75: 96-98.
- Yokoyama, H. and Y. Ishihi. 2007. Variation in food sources of the macrobenthos along a land-sea transect: a stable isotope study. Mar. Ecol. Prog. Ser. 346: 127-141.

Summary

This paper discusses the validity of *Scoletoma longifolia* (Polychaeta) as an environmental indicator in fishing grounds along the coast of Wakayama Prefecture. The data regarding *S. longifolia* were extracted from the survey conducted along the coast of Wakayama Prefecture from 2003 to 2007. Using these data, I examined the effectiveness of this species as an environmental indicator from four perspectives: 1) the distribution, the seasonal changes and the relationship with sediment environments of this species in fish farming area, 2) a comparison of the occurrence of this species in non-fish farming areas and fish farming areas, 3) the distribution and the habitat environment of this species in Wakaura Bay and Tanabe Bay, and 4) the distribution and the habitat environment of this species in bare bottoms and *Zostera japonica* beds in the intertidal zone in Tanabe Bay.

1) No seasonal differences were observed in the number of individuals of *S. longifolia*, but the wet weight was significantly higher in September. This suggests that this species grows from spring to autumn. Furthermore, this species increased with the increase of TOC in the sediments, but it was not found in areas classified as 'critical area' where eutrophication has progressed.

2) Comparing the non-fish farming areas with the fish farming areas, it was found that the number of individuals was significantly higher in the fish farming areas. This indicates that this species is proliferating using organic matter derived from fish farming, suggesting the effectiveness of this species as an environmental indicator.

3) This polychaeta was widely distributed within Wakaura Bay and Tanabe Bay. It was especially abundant in the southern part of Tanabe Bay having a lot of fish farming cages, but it significantly decreased in September. In the southern part of Tanabe Bay, hypoxia are often formed from July to September, so it is considered that this environmental degradation caused the decrease of the polychaete.

4) When comparing the distribution of this species between *Z. japonica* beds and bare bottoms, no significant differences in population density and wet weight were observed due to the presence or absence of vegetation. Unlike bivalves and other polychaetes such as *Cirriformia tentaculata*, *S. longifolia* did not exhibit a high-density distribution in the intertidal vegetation.

From these results, it was found that *S. longifolia* was densely distributed in the sublittoral zone compared to the intertidal zone. Furthermore, this species was revealed to have a higher density in fish farming areas than in non-fish farming areas. In the fish farming areas, this species reached the highest levels of individual density and wet weight in a concentration range of TOC at 2.7 to 9.1 mg/g and AVS at 0.25 to 0.45 mg/g, and did not occur in areas that were more eutrophic areas. This suggests that *S. longifolia* is a valuable benthic indicator of organic load in the coastal areas of Wakayama Prefecture, especially in fish farming sites.