

陸上水槽における植食性ベントス5種の海藻摂餌量の比較と その標準化による天然海域における摂食圧推定の試み

金丸彦一郎・荒巻 裕*・古川泰久

A trial of the seaweed food consumption of five kinds of
phytophagy benthoses by the water tank examination and
a food consumption estimate in a natural sea area by standardization.

Hikoichirou KANAMARU, Hiroshi ARAMAKI and Yasuhisa FURUKAWA

キーワード： 植食性ベントス, 海藻摂餌量, 摂餌選択性, 摂食圧推定

佐賀県玄海沿岸域において2005年に行った藻場分布調査では、アラメ場、ガラモ場、ヒジキ場などの岩礁性藻場の面積は約1,290haで、同じ方法で調査された1992年の約1,170haと比較すると約10%増加し、大規模な磯焼けはなかったものの、大型海藻が減少したと考えられる箇所が数カ所観察されている¹⁾。

近年、九州北西岸ではアイゴなど植食性魚類による藻場の衰退が報告されている²⁻⁴⁾が、本海域ではアイゴによるアマモ摂食、アラメ藻体への摂食痕が局所的に確認されている程度で、大型海藻減少域の周辺ではこのような現象は確認できておらず、当該海域の磯焼けの原因としては、主としてウニなどの植食性ベントスの摂食が考えられている⁵⁾。

一方、ウニ類等の植食性ベントスの海藻摂餌量に関する知見は少なく、多種類のサイズの異なるベントスが分布する天然海域において、その摂食圧を推定比較することは困難である。

そこで、陸上水槽内における飼育試験により、アカウニ、バフンウニ、ムラサキウニ、ガンガゼのウニ類と巻貝類のオオコシダカガンガラを加えた5種の植食性ベントスを対象として、サイズ毎の海藻摂餌量を比較評価した。この結果をもとに、平均殻径20mmサイズのアカウニを基準とした摂食量比を算出し、標準化することにより、天然海域の植食性ベントスの分布密度から、天然海域における大まかな摂食圧推定を試みたので報告する。

本研究をまとめるにあたり、独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所吉村 拓室長、清本節夫主

任研究員に有益なるご助言をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

なお、本研究は緊急磯焼け対策モデル事業の調査の一環として実施したものである。

材料及び方法

1. 飼育試験

試験は、佐賀県唐津市鎮西町にある当センター種苗開発室の陸上水槽内で、アカウニ、バフンウニ、ムラサキウニ、ガンガゼ、オオコシダカガンガラを対象として、2005年6月、9月、12月と06年3、4月の計5回行った。

各試験区は、開始時に各供試個体の大きさ、重さを計測した後、プラスチック製蓋付きコンテナ(内寸31cm×48cm×25cm)内に、十分量の餌と考えられるアラメ100gとヨレモクを主とするホンダワラ類(以下、ヨレモクと略す)200gとを一緒に与え、流水状況(日当たり10~15回転)にある陸上水槽内で6日間飼育した後、摂食量を測定した。

海藻の残存量については、実験開始から2または3日後と6日後に、それぞれ海藻種類別に測定を行い、給餌量から残存量を引いた値を摂餌量とした。なお海藻の湿重量は、表面の海水を十分に拭き取ったのち測定した。

各回次毎の飼育期間、ベントスの種類、大きさ・重量、個数と水温範囲について表1に示した。

供試個体は、15~20mmサイズのアカウニは人工種苗を用い、それ以外の種と別サイズのアカウニは、基本的にはそれぞれ天然海域から採捕した個体を用い、大きさ

*：現 佐賀県生産振興部水産課

表1 陸上水槽試験での供試個体と水温範囲

回次	期間	生物種	区	平均殻径*(範囲)		平均体重(範囲)		収容数 (個/箱)	水温範囲 (°C)
				(mm)	(g)				
1	2005 6/10-16	アカウニ	1	14.1	(13~15)	1.3	(1.0~1.5)	10	19.9~20.6
			2	23.0	(20~27)	5.0	(3.7~7.4)	10	
			3	28.9	(26~31)	8.6	(7.9~9.9)	9	
			4	48.2	(44~51)	33.6	(25.4~39.4)	5	
		バブンウニ	1	30.6	(26~35)	11.0	(6.5~15.8)	10	
			2	49.2	(45~53)	52.0	(34.7~68.6)	4	
		ムラサキウニ	1	40.8	(35~48)	37.4	(30.4~49.8)	4	
			2	67.5	(65~72)	117.0	(106.4~129.3)	4	
			3	74.0	(70~80)	162.3	(154.5~169.1)	3	
		オオシダカガンガラ	1	33.8	(28~40)	17.4	(10.5~27.0)	10	
2	2005 9/22-28	アカウニ	1	17.8	(16~20)	2.4	(2.1~3.0)	10	23.9~24.5
			2	24.4	(22~26)	5.8	(5.3~7.1)	9	
			3	35.0	(30~39)	14.8	(11.0~19.5)	6	
			4	38.8	(37~41)	21.6	(17.9~26.3)	5	
			5	51.8	(51~53)	43.8	(40.9~44.7)	4	
		バブンウニ	1	31.2	(29~33)	12.2	(10.1~13.3)	5	
			2	37.2	(36~38)	19.4	(15.9~24.1)	4	
		ムラサキウニ	1	45.2	(43~47)	44.7	(37.1~50.0)	6	
			2	54.0	(50~60)	74.6	(60.8~93.0)	3	
		ガンガゼ	1	43.0	(37~51)	47.6	(38.3~70.0)	3	
			2	66.7	(63~72)	143.6	(120.4~178.2)	3	
			3	71.1	(70~73)	147.5	(143.1~153.4)	3	
		オオシダカガンガラ	1	34.0	(27~38)	17.2	(9.0~25.9)	9	
		3	2005 12/9-15	アカウニ	1	20.8	(19~23)	4.0	
2	28.9				(25~31)	8.9	(7.5~11.2)	10	
3	44.2				(41~47)	28.1	(22.4~36.6)	6	
4	55.8				(53~62)	54.9	(43.1~83.8)	5	
バブンウニ	1			27.2	(24~30)	6.5	(4.5~7.9)	5	
	2			37.0	(35~39)	16.6	(14.0~20.0)	5	
ムラサキウニ	1			45.2	(42~47)	43.1	(32.4~51.2)	6	
	2			56.3	(54~59)	75.6	(69.2~89.9)	4	
ガンガゼ	1			43.3	(38~47)	32.9	(24.5~38.5)	3	
	2			67.3	(65~70)	150.7	(138.0~167.2)	3	
オオシダカガンガラ	1	33.0	(27~37)	16.8	(10.7~24.7)	9			
4	2006 3/10-16	アカウニ	1	18.9	(17~20)	2.6	(2.2~3.4)	10	12.4~12.7
			2	41.2	(34~45)	27.7	(16.0~36.7)	5	
			3	54.4	(51~61)	60.6	(42.4~86.1)	5	
		バブンウニ	1	25.8	(22~30)	8.2	(5.9~10.5)	5	
			2	36.8	(34~40)	21.7	(17.4~26.9)	4	
		ムラサキウニ	1	29.6	(26~33)	14.5	(11.0~16.8)	5	
			2	55.2	(53~62)	87.8	(64.4~139.9)	4	
		ガンガゼ	1	40.7	(38~43)	34.1	(26.3~38.7)	3	
			2	64.3	(58~72)	109.1	(87.1~137.3)	3	
		オオシダカガンガラ	1	37.0	(31~40)	19.3	(10.7~23.5)	11	
5	2006 4/20-26	アカウニ	1	18.1	(16~21)	2.5	(1.9~3.7)	12	14.1~14.8
			2	33.2	(28~37)	12.5	(8.5~15.9)	8	
			3	44.1	(40~46)	28.7	(23.2~33.2)	5	
			4	59.1	(54~63)	64.3	(40.3~45.9)	4	
		ムラサキウニ	1	32.5	(28~37)	13.9	(7.5~22.0)	5	

*: オオシダカガンガラは殻高

が近い個体を集めて1つの試験区とし、その大きさに応じてコンテナに3~12個収容した。なお飼育中、棘の脱落やへい死した個体がみられたコンテナについては試験区としては除外した。水温は毎日9時頃測定した。

餌としたアサメおよびヨレモクについては、玄海町仮屋地先または唐津市鎮西町波戸地先で採集したものを使用した。

6日間の飼育試験の結果から、試験区毎に1個体あたりの摂餌量を求め、回次毎にアカウニ20mmサイズ1個体の摂餌量を基準として、種類、サイズ毎の摂餌量を比較し、計5回の単純平均を求め、アカウニ換算値(アカウニ殻径20mmサイズ1個体による摂食量を「1」とする)とした。なお、サイズ毎の摂餌量の比較に当たって、殻径15mmのアカウニを除き、10mm毎のサイズ区分を設け、平均殻径から最も近いサイズ区分に当てはめた。

各生物種のアサメとヨレモクの摂餌選択性について、イブレフの選択性指数 E ⁶⁾

$$E = \frac{r_i - P_i}{r_i + P_i}$$

r_i : 摂餌量中の海藻の割合(%),
 P_i : 投与量中の海藻の割合(%)

を用いて検討した。

2. 天然海域における摂食圧評価

玄海町仮屋地先には水深5m以浅にアサメ、ワカメ、以深にクロメが密生するなかにノコギリモク等が混生している約12haの藻場がある。そのなかに、局所的に大型海藻の植生がまばらな、いわば「半磯焼け状態」の箇所(以下、半磯焼け域とする)がある。

この半磯焼け域と健全な藻場域において、2005年6月8日、6月22日、7月8日と10月5日の計4回、半磯

焼け域は50cm×50cm枠の2箇所を、藻場域は1m×1m枠の3箇所を、それぞれ海藻の植生と植食性ベントスの種類、個体数と重量について調査し、1㎡あたりに換算して比較した。

陸上水槽における飼育試験の結果に基づく、アカウニ換算値を用いて両区域の摂食圧を評価した。ただし、アカウニ換算値を用いる場合、比較を行う区域間の地形、底質、水温などの環境条件に差がないことが前提となる。

結果および考察

1. 飼育試験

1) 摂餌量の比較

陸上水槽における、植食性ベントス5種の試験区毎のアラメとヨレモクの6日間の摂餌量を図1の下段に示した。

アカウニの場合、アラメ摂餌量が全摂餌量の50%以上だったのが20区中12例で、特に1回次と4、5回次は割合が高く、3回次はほぼ50%で、2回次は逆に18~41%と低かった。

バフンウニ、ガンガゼ、オオコシダカガンガラは、すべてヨレモク摂餌量が全摂餌量の50%以上であり、ムラサキウニは3回次の試験区2を除く、8区中7例がヨレモクが50%以上だった。

6日間の種類別サイズ別の1個体当たり摂餌量を表2に示した。なお、2回次のアカウニについては、供試個体のサイズを考慮して、20mmサイズは試験区1と2の

平均を、30mmサイズは試験区2と3の平均を用いた。

回次毎にみると、基本的には大型の個体ほど多くの海藻を摂餌していた。

全体的には、アカウニとオオコシダカガンガラは、水温が23.9~24.5℃と最も高かった2回次の摂餌量が最も多く、12.4~12.7℃と最も低かった4回次の摂餌量が最も少なかったが、ムラサキウニとガンガゼは14.6~15.6℃だった3回次の摂餌量が最も多かった。バフンウニは2回次と3回次がほぼ同じだった。飼育期間中の水温が、最も高かった2回次と最も低かった4回次とを同じサイズで比較すると、アカウニは20mmサイズが2.5倍、40、50mmサイズが1.5倍で、バフンウニ30、40mmサイズは1.5~1.7倍、ムラサキウニ50mmサイズは2.5倍、ガンガゼ40、60mmサイズは2.8~3.1倍、オオコシダカガンガラは3.1倍と、全ての種類とサイズで水温が高い時の方が摂餌量は多かった。

飼育の途中で棘の脱落やへい死した個体がみられたため除外した試験区は、1回次のムラサキウニ(平均62.8mm)、4回次のムラサキウニ(平均47.2mm)とガンガゼ(平均72.3mm)、5回次のムラサキウニ(平均66.1mm)とガンガゼ(平均42.7mmと66.3mm)であった。このうちガンガゼでは、水温が低い時期の4、5回次に集中し、ムラサキウニでは低温期以外にも除外例がみられたが、ガンガゼについては南方系とされており、低水温に対する耐性に起因している可能性が考えられる。また、ムラサキウニについては、水温以外に、他の種に

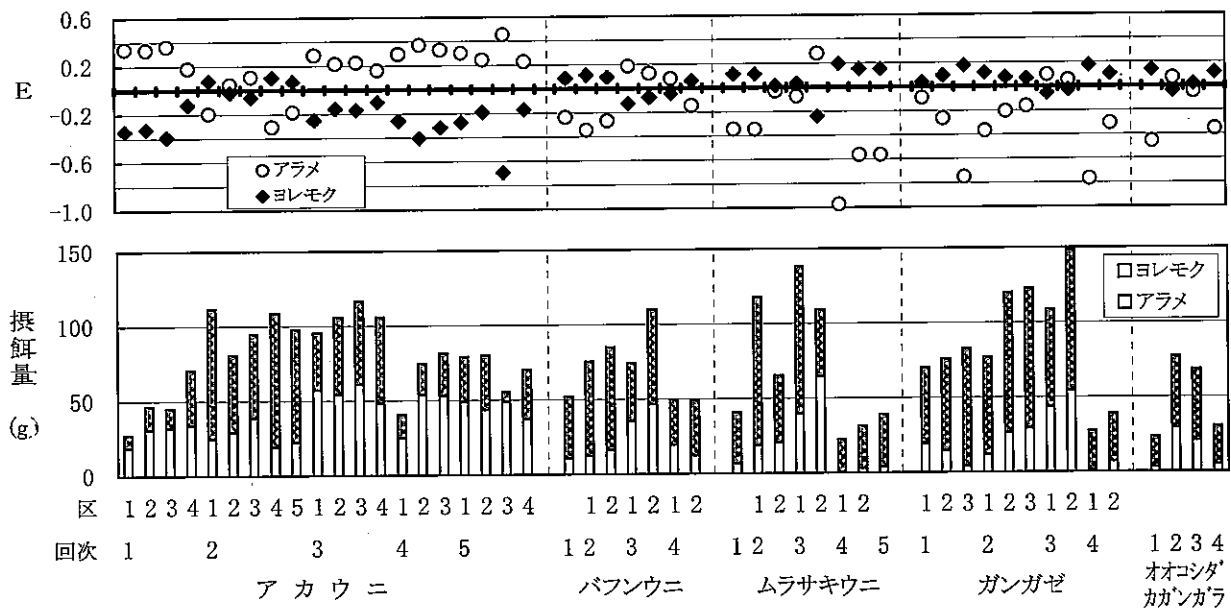


図1 植食性ベントス5種の摂餌量と摂餌選択性指数(E)

表2 陸上水槽での種類・サイズ別の1個体当たり摂餌量 (g/6日)

回次	期間	アカウニ					バフンウニ		ムラサキウニ			ガンガゼ			オオコシダ カガンガラ
		15	20	30	40	50	30	40	30	50	60	40	60	70	30
1	6/10~16	2.8	4.7	5.0	-	14.1	5.2	-	-	10.3	-	17.6	19.0	27.6	2.4
2	9/22~28	-	10.1	12.4	21.7	24.5	15.1	21.2	-	19.7	21.8	25.7	40.0	40.9	8.6
3	12/9~15	-	9.6	10.6	19.5	21.2	14.9	22.0	-	23.1	27.4	36.3	-	49.4	7.6
4	3/10~16	-	4.1	-	15.0	16.3	10.0	12.3	4.5	7.9	-	9.2	13.0	-	2.8
5	4/20~26	-	6.6	10.0	11.1	17.6	-	-	7.8	-	-	-	-	-	-

*生物名の下は、平均サイズ区分(mm)を表す

表3 20mmサイズアカウニに対する相対摂餌量

期間	アカウニ					バフンウニ		ムラサキウニ			ガンガゼ			オオコシダ カガンガラ
	15	20	30	40	50	30	40	30	50	60	40	60	70	30
6/10~16	0.60	1.00	1.06	-	3.00	1.11	-	-	2.19	-	3.74	4.04	5.87	0.51
9/22~28	-	1.00	1.23	2.15	2.43	1.50	2.10	-	1.95	2.16	2.54	3.96	4.05	0.85
12/9~15	-	1.00	1.10	2.03	2.21	1.55	2.29	-	2.41	2.85	3.78	-	5.15	0.79
3/10~16	-	1.00	-	3.66	3.98	2.44	3.00	1.10	1.93	-	2.24	3.17	-	0.68
4/20~26	-	1.00	1.52	1.68	2.67	-	-	1.18	-	-	-	-	-	-
	0.60	1.00	1.23	2.38	2.86	1.65	2.46	1.14	2.12	2.51	3.08	3.72	5.02	0.71

*生物名の下は、平均サイズ区分(mm)を表す

比べハンドリングに弱いことに起因している可能性も考えられる。

2) 摂餌量の指数化

今回、種苗生産したアカウニが回次毎に安定して使用できる種類、サイズと考え、アカウニの摂餌量を基準とした。

表2の結果をもとに、平均殻径20mmサイズのアカウニの摂餌量を「1」として、回次毎に種類、サイズ毎の摂餌量とその何個分に相当するかに換算した相対摂餌量を表3に示した。今回、この最下段を「アカウニ換算値」とした。

この値は、サイズの異なるアカウニが15mmでは0.60、30mmでは1.06~1.52、40mmでは1.68~3.66、50mmでは2.21~3.98であった。バフンウニは30mmでは1.11~2.44、40mmでは2.10~3.00で、ムラサキウニは30mmでは1.10~1.18、50mmでは1.93~2.41、60mmでは2.16~2.85であった。生物種やサイズによって回次や事例数が異なるものの、5回分の換算値を単純平均した値は、この3種のウニ類では、バフンウニ、アカウニ、ムラサキウニの順だったが、大まかにみると同じサイズの海藻摂餌量は同程度と考えられた。

これに対してガンガゼは、40mmでは2.24~3.78、60mmでは3.17~4.04、70mmでは4.05~5.87と、同じサイズであればアカウニ等の1.2~1.9倍であった。一方、オオコシ

ダカガンガラの殻高をウニ類の同じ殻径と比較すると、0.51~0.85であり、同じサイズであれば1/2程度であった。

佐賀県玄海域において、ウニ類は従来から漁獲されているアカウニ、バフンウニ、ムラサキウニの3種のほかに、近年多くの地先においてガンガゼが増加している。本海域では植食性魚による磯焼けではなく、ウニ類等の種食性ペントスによる磯焼けが懸念されており、今回の結果から、ガンガゼは高水温時には摂餌量が増加したことから、近年の水温上昇により、藻場に対する影響が大きくなる可能性がある。今後、天然海域でのガンガゼによる摂食を十分に留意する必要がある。

3) 摂餌選択性の検討

図1の摂餌量をもとに、各生物種の摂餌選択性について、イブレフの選択性指数(E)を計算して図1の上段に示した。

イブレフの選択性指数は、周囲にはその餌料しかないのに、全く食べない場合には値が-1に、環境中と全く同じ割合で食べた無選択の場合には値が0に、そして環境中にはほとんどないのに食べている場合には値が1に近くなるとされている。比例はしないものの、選択性が高い餌料は大きな値、低い餌料は小さな値となり、比較が可能であることから、今回のような大まかな選択性の指標となるものとされている。

選択性指数が-0.1~+0.1の間で0に近いと判断された

のは、アカウニでは20区中、アラメが2例、ヨレモクが5例で、アラメの値が負だったのは2回次の3例だけで、ヨレモクの値が負だったのが16例あり、全体的にはアラメへの選択性が高いものと考えられた。

バフンウニでは7区中、アラメが2例、ヨレモクが5例で、投与した餌の量と同じ、すなわち環境中と同じ割合で摂餌をしており、選択性が低く、回次によりばらつきも大きく、選択性に一定の傾向はみられなかった。

ムラサキウニでは8区中、アラメが2例、ヨレモクが3例で、アラメの値が正だったのは1例だけで、逆にヨレモクが負だったのは1例だけで、全体的にはヨレモクへの選択性が高いものと考えられた。

ガンガゼでは10区中、アラメが3例、ヨレモクが7例で、アラメの値が正だったのは2例だけで値は小さく、逆にヨレモクが負だったのは2例だけで、全体的にはヨレモクへの選択性が高いものと考えられた。

オオコシダカガンガラでは4区中、アラメが2例、ヨレモクが1例で、ヨレモクの値が負だったのは2回次の1例だけで値は小さく、アラメの値が正だったのは1例だけで、例数は少ないもののヨレモクへの選択性が高いものと考えられた。

2. 仮屋地先における摂食圧評価

本報では、「藻場域」を大型海藻の植生被度が25%以上、「磯焼け域」を大型海藻が出現しないか、出現しても植生被度5%未満の場所と定義し、玄海町仮屋地先は大型海藻が植生被度5~25%で両域の中間的状态、いわば「半磯焼け域」として検討を行った。

佐賀県玄海域では、大型海藻が全く繁茂していない「磯焼け域」と周囲には健全な藻場があるなかに局所的に大型海藻が点生となっている「半磯焼け域」とを同列

に扱うべきではないと考え、これを区別するため「半磯焼け域」と定義した。半磯焼け域とは、藻場域が磯焼け域になる過程、あるいは磯焼けが回復していく過程においては、植生が徐々に変化していくことから、藻場域を「青信号」、磯焼け域を「赤信号」とすると、その中間の「黄色信号」という意味合いで位置づけられる。

半磯焼け域ではイソモク、マメタワラ、アラメ等の大型海藻の植生被度が5~15%程度で、そのほかフクロノリ、ウミウチワ、無節サンゴモ等がみられた。一方、藻場域ではノコギリモク、ヤツマタモク、クロメ、ヨレモク、ワカメ等の大型海藻と、そのほかイワノカワ、フクロノリ等がみられ、1㎡当たりの海藻湿重量は1,554~2,808gの範囲で6月22日がピークであった。

仮屋地先における調査日毎の半磯焼け域と藻場域の1㎡当たりのウニ類と巻貝類の個体数と重量とを図3に示した。植食性ベントスの個体数は、藻場域の方が多いものの、生物重量はどちらも約400gでほぼ同じだった。種組成をみると、半磯焼け域にウニ類が多くみられ、重量では約75%を占めていた。

表3の陸上水槽飼育試験の結果に基づき、アカウニ換算値を用いて推定した両区域の大まかな摂食圧は、半磯焼け域はウニ類が9.7と巻貝類が18.9で計28.6、藻場域はウニ類が1.5と巻貝類が19.5で計21.0と推定された。

このことから、この半磯焼けが植食性ベントスに起因すると仮定すると、この年の仮屋地先では、1㎡当たりアカウニ20mmサイズ換算で約20~30個の間に半磯焼け発生の閾値があったと考えられる。

今回、大まかな比較を行うために、巻貝類の値を比較的大型種であるオオコシダカガンガラ1種の情報で評価を行ったが、精度を向上するためには多くの種の摂餌量についても把握していく必要がある。

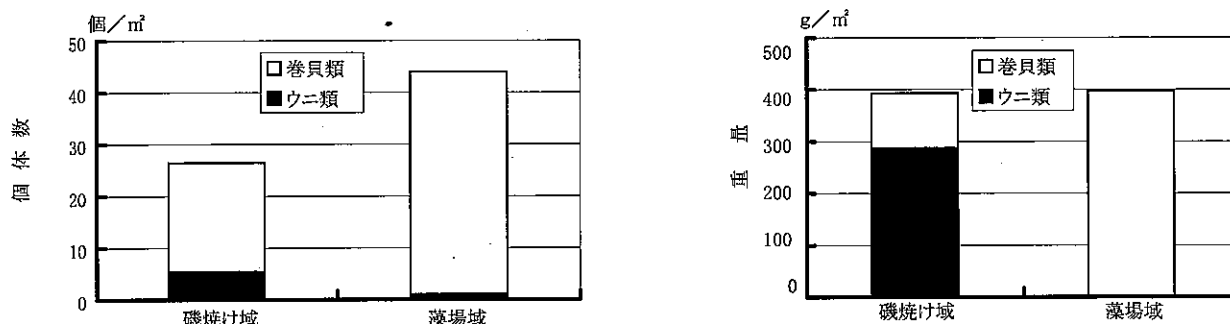


図3 仮屋地先の半磯焼け域と藻場域のベントス分布

以上のように、今回の陸上水槽での飼育結果をもとに、天然海域における各サイズのウニ類や巻貝類の分布状況を、アカウニ平均殻径20mmサイズの個体数に換算する「アカウニ換算値」を用いて、季節、海域、地点ごとに、植食性ベントスによる大まかな海藻摂食圧の比較が可能と考える。今後、この換算値を用いることにより、ウニ類の放流密度の目安としたり、磯焼けの兆候がみられた箇所での植食性ベントスの種類、大きさと密度から、駆除の必要性の有無等の検討材料として活用していただけるものと考えられる。

文 献

- 1) 荒巻 裕・有吉敏和 2005：玄海グリーンコースト創生事業調査。平成16年度佐賀玄海水振セ業報, 71-73.
- 2) 桐山隆也・藤井明彦・吉村 拓・清本節夫・四井敏雄 1999：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), 319-323.
- 3) 清本節夫・吉村 拓・新井章吾・桐山隆也・藤井明彦・四井敏雄 2000：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), 57-65.
- 4) 吉村 拓・清本節夫・野田幹雄・桐山隆也・新井章吾 2002：大型褐藻類葉状部消失現象の原因究明。西水研主要研究成果集 (3), 14-15.
- 5) 金丸彦一郎 2007：佐賀県玄海域における植食性魚類－アイゴ、ニザダイ、メジナ、スズメダイ等－の漁獲実態。佐賀玄海水振セ研報, (4), 7-14.
- 6) B.C.Ivlev 1955：魚類の栄養生態学 (兄玉康雄・吉原友吉共訳), たたら書房, 261pp.