

## 一般 19 港内水域の生態系構造の解明

研究予算：運営費交付金  
 研究期間：平 18～平 22  
 担当チーム：水産土木チーム、寒地技術推進室  
 研究担当者：山本潤、関口浩二、福田光男、北原繁志、渡辺光弘、  
 牧田佳巳、佐藤仁、岡本健太郎、佐藤朱美、大井啓  
 司、山之内順、片山勝、窪田康一、牧野昌史

### 【要旨】

港湾・漁港内の生物生産性の向上及び水域環境の保全のため、港内の汚濁物を吸収・摂餌する水産有用種を積極的に利用して、その育成・漁獲を通じて港内の浄化を図る手法や、水産廃棄物であるホタテ貝殻を有効利用したホタテ貝殻礁による浄化手法が検討されている。本研究では、その基礎的な知見を得るため、水生生物の生態に関する実験的検討を行い、ホタテ貝殻礁に多く蟻集したヨコエビ、ゴカイ及びナマコの浄化能力を定量化した。また、ホタテ貝殻礁を取り巻くヨコエビとゴカイを主とした物質循環のサブモデルに、ナマコによる物質循環も追加し、港内の水産利用を考慮した有機物循環の解明を行った。

キーワード：底質改善、ナマコ、ホタテ貝殻礁、ヨコエビ、生態系モデル、食物連鎖、物質循環

### 1. はじめに

北海道の港湾・漁港周辺海域は、水産有用種の生息場・産卵場・幼稚仔の保護育成場として貴重な領域であり、これらの生息環境を整備し、水質・底質を保全していくことが重要な課題となっている。

当チームでは、水産廃棄物であるホタテ貝殻を利用したホタテ貝殻礁を考案し、底質改善効果について検証してきた。また、生物を用いた底質改善方法として、堆積物食者であるマナマコ (*Stichopus japonicus*) に着目し、その育成・漁獲を通じて港内の浄化を図る手法を提案した。本研究では、その効果を定量的に評価するために必要な基礎的な知見を得るため、マナマコの生態に関する室内実験やホタテ貝殻礁に蟻集した生物の浄化能力の算定等を行い、実際の港内における物質循環のモデル化を行った。

### 2. ナマコの成長式の推定

北方海域でのナマコの成長については、室内試験で得た摂餌量・排泄物量・成長量をもとに水温と季節変化を考慮したに成長過程を検討した。検討時期は、現地（室蘭市）の水温変動と照合し、産卵期後の 9 月から 1 年間のナマコの成長過程を検討した。その後、検討した成長過程が一般的な成長式と合致するかどうか検討した。検討した成長式は季節変動を表わす一般的な成長式とした。

室内試験は平成 18 年 11 月から約 1 年間にわたり計 6 回実施した（写真-2.1、2.2）。試験で使用するナ

マコは北海道室蘭市追直漁港内で捕獲し、漁獲対象重量である 100 g 程度のナマコを試験対象とした。試験前には、ナマコと堆積物の湿重量を測定し、試験後にはナマコと残堆積物と排泄物の湿重量を測定し、各試験での摂餌量・排泄物量・ナマコの成長量を算出した。測定の結果、摂餌量は、H18.11 (10℃)、H19.6 (10℃)、H19.11 (15℃) で多い傾向であることが確認され、排泄物量についても摂餌量と同様な傾向を示すことが確認された（図-2.1）。



写真-2.1 室内実験の様子



写真-2.2 室内試験でのナマコの行動  
 （左：摂餌行動、右：排泄物）

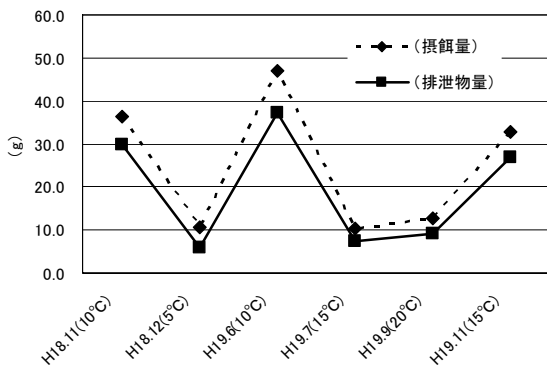


図-2.1 室内試験でのナマコの摂餌量・排泄物量

また、室内試験での排泄物の状況は試験直後では少量で不安定であるが、時間の経過により排泄物量は安定するようになった。これはナマコが水槽内の生息環境に馴れたためと思われる。このため、成長式の推定には安定状態でのナマコを想定し、安定状態での成長量は、その時の排泄物量の比例配分で算出した。

各室内試験で得た成長量について、回帰分析を行い、通年によるナマコの成長量 (g/day) を算出した。その結果、秋から冬の水温が低下する時期でナマコの成長量が増加する傾向となり、逆に、春から夏の水温が上昇する時期でナマコの成長量が減少する傾向であることが確認された。次に、1年間の成体ナマコの成長過程を検討した。ナマコの湿重量は漁獲対象重量である 100g/匹とし、湿重量に合わせ摂餌量等の補正を行った。検討期間は北方海域で産卵期直後である 9月から1年間とした。検討の結果、1年後にはナマコは約 140g に成長することが確認され、この間 11月から5月においてナマコは最大 230g 程度まで成長し、夏季において湿重量が減少する成長過程となった (図-2.2)。これは同じ北方海域である

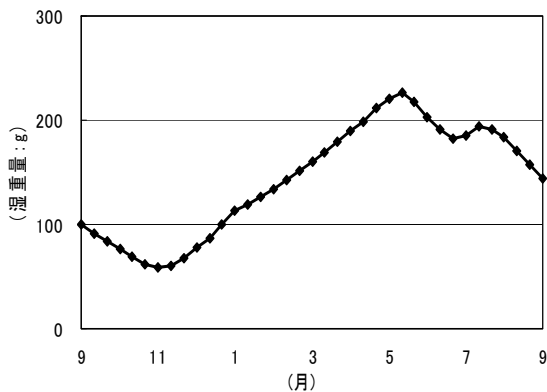


図-2.2 通年のナマコの成長過程

宗谷海域において漁獲対象重量に成長するまで5年程度かかり、本州において2年程度で漁獲対象重量になるとの報告を考慮すれば妥当な結果と言える。

次に、図-2.2 で得た成長過程が一般的な成長式と合致するかどうか検討した。

成長式は (1) 式のとおり季節変動を表わす一般的な成長式である PG モデル式 (1) を基に検討を行った。

$$W = W_{\infty} [1 - \exp \{-K (t - t_0)\} + CK / 2\pi \cdot \sin 2\pi \cdot (Q \cdot t - t_s)] \quad (1)$$

ここで、 $W_{\infty}$  は現地調査から 500g/個と設定し、 $t$  の単位を 10 日間に補正することにより  $Q=0.0277$  の値を設定した。また、ナマコの成長周期の調節により  $t_s = -0.0555$  と設定した。他のパラメータの算出は、室内試験で得た成長過程の初期値と最大値と 1 年後の湿重量から算出し、 $t_0 = -88.328$ 、 $C = 354.79$ 、 $K = 0.00323$  とした。

算出した成長式は、年齢を重ねる毎に成長率は低下するが、約 10 年後には 400g 程度に成長すると推

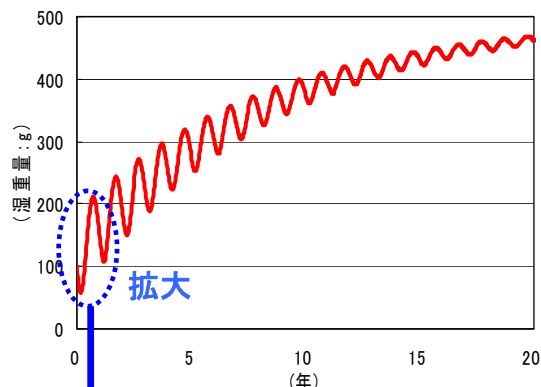


図-2.3 成長式から推定した成体ナマコの成長推移

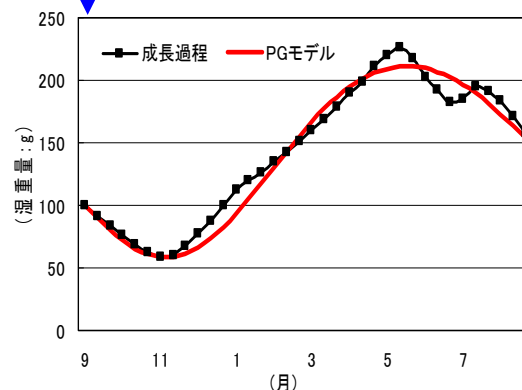


図-2.4 成長式と年間の成長過程との比較

定され（図-2.3）、室内実験で判明した成長過程を概ね再現することができた（図-2.4）

### 3. ホタテ貝殻礁の蠕集生物の浄化能力

貝殻礁には、ヨコエビなどの節足動物やゴカイなどの環形動物が多数蠕集していることが確認されている。そこで、江良漁港に設置した貝殻礁の蠕集生物について、摂餌行動による浄化試験を行った。対象生物は写真-3.1 で示した貝殻礁に優占した生物（ヨコエビ・ゴカイ）とした。

事前準備として、貝殻礁近傍の堆積物と海水を注入したビーカーに対象生物を入れた。ビーカーに入れる試料は表-3.1 に示している。試験条件は表-3.2 に示す条件とし、試験における水温管理はインキュベーターにて行った。試験開始後、5日、15日、30日にそれぞれの対照区、生物添加区の堆積物を回収し、乾重量の測定、TOC、T-Nの分析を行い、各試験区の変動を確認し、対象生物による浄化効果を検証した。



ニホンドロソコエビ      メリタヨコエビ科の1種  
ヒサシソコエビ科の1種      ウロコムシの1種  
写真-3.1 室内試験に使用した主な生物

表-3.1 室内実験条件

項目	条件	備考
水温	現地測定水温	9月：25℃（ヨコエビのみ実施） 11月：15℃ 12月：13℃（ゴカイのみ実施）
照度	暗条件	
試験期間	30日間	試験開始後、5日、15日、30日にTOC、T-Nの分析
海水交換	行う	5日毎に3分の1交換
曝気	行わない	

ゴカイを対象とした室内試験の結果、表-3.2 に示すように12月試験の方が、浄化能力が高い。室内試験で使用した堆積物は11月試験と比較して炭素・窒素含有量が多く、TOCで約3倍、T-Nで4倍の差がある。この原因は堆積物の炭素・窒素の含有量に差があるためであると考えられる。

ヨコエビを対象とした室内試験の結果、表-3.3 に示すように11月試験の方が、浄化能力が高い。しかしながら、室内試験で使用した堆積物は9月試験と比較して炭素・窒素含有量が少ないため、堆積物の原因よりも水温等の季節的な影響が大きいと考えられる。

蠕集生物に期待する効果は、堆積物に含まれる有機物の浄化である。これらの堆積物食者は、摂餌行

表-3.2 ゴカイの室内試験結果  
(上：2010年11月、下：同12月実施)

試験日数	総有機物減量（平均）						生物重量 (g)	生物1g当たりの 浄化能力 (1日当たり)	
	対照区		生物添加区		生物による浄化量			炭素 (mg/(g・day))	窒素 (mg/(g・day))
	炭素 (mg)	窒素 (mg)	炭素 (mg)	窒素 (mg)	炭素 (mg)	窒素 (mg)			
5日目	2.77	0.03	7.84	0.35	5.06	0.33	0.008	C1=132.06	N1=8.58
15日目	-0.42	-0.10	1.14	-0.06	1.56	0.04	0.007	C2=14.84	N2=0.38
30日目	2.21	-0.11	5.86	0.22	3.65	0.32	0.008	C3=14.59	N3=1.29

摂餌させた堆積物

TOC=9.12mg/g(d) T-N=0.58mg/g(d)

※堆積物のC/N比=15.72

試験開始直後と30日目とは浄化能力に大きな差が生じることから、以下の方法で期間内の平均値を算出した。

試験期間の炭素浄化量

$(C1 \times 5 + C2 \times 10 + C3 \times 15) / 30 = 34.25(\text{mg}/(\text{g} \cdot \text{day}))$

試験期間の窒素浄化量

$(N1 \times 5 + N2 \times 10 + N3 \times 15) / 30 = 2.20(\text{mg}/(\text{g} \cdot \text{day}))$

試験日数	総有機物減量（平均）						生物重量 (g)	生物1g当たりの 浄化能力 (1日当たり)	
	対照区		生物添加区		生物による浄化量			炭素 (mg/(g・day))	窒素 (mg/(g・day))
	炭素 (mg)	窒素 (mg)	炭素 (mg)	窒素 (mg)	炭素 (mg)	窒素 (mg)			
5日目	5.00	0.61	3.94	0.64	-1.06	0.03	0.008	C1=27.69	N1=0.89
15日目	1.84	0.17	9.79	1.19	7.95	1.03	0.007	C2=75.73	N2=9.76
30日目	3.73	0.45	10.97	1.18	7.25	0.72	0.007	C3=32.95	N3=3.29

※浄化量のC/N比=15.57

摂餌させた堆積物

TOC=28.35mg/g(d) T-N=2.48mg/g(d)

※堆積物のC/N比=11.43

試験期間の炭素浄化量

$(C1 \times 5 + C2 \times 10 + C3 \times 15) / 30 = 37.11(\text{mg}/(\text{g} \cdot \text{day}))$

試験期間の窒素浄化量

$(N1 \times 5 + N2 \times 10 + N3 \times 15) / 30 = 4.98(\text{mg}/(\text{g} \cdot \text{day}))$

※浄化量のC/N比=7.45

表-3.3 ヨコエビの室内試験結果  
(上：2010年9月、下：同11月実施)

試験日数	総有機物減量 (平均)						生物重量 (g)	生物 1g 当たりの 浄化能力 (1日当たり)		
	対照区		生物添加区		生物による浄化量			炭素 (mg/g・day)	窒素 (mg/g・day)	
	炭素 (mg)	窒素 (mg)	炭素 (mg)	窒素 (mg)	炭素 (mg)	窒素 (mg)				
5日目	5.68	0.70	6.88	0.79	1.20	0.10	0.006	C1=37.90	N1=3.03	
15日目	5.08	0.61	7.84	0.74	2.77	0.13	0.007	C2=27.65	N2=1.31	
30日目	6.12	0.52	10.57	1.20	4.45	0.68	0.007	C3=20.24	N3=3.11	

摂餌させた堆積物

TOC=11.19mg/g(d) T-N=1.04mg/g(d)

※堆積物の C/N 比=10.75

試験期間の炭素浄化量

$(C1 \times 5 + C2 \times 10 + C3 \times 15) / 30 = 25.75(\text{mg}/(\text{g} \cdot \text{day}))$

試験期間の窒素浄化量

$(N1 \times 5 + N2 \times 10 + N3 \times 15) / 30 = 2.49(\text{mg}/(\text{g} \cdot \text{day}))$

※堆積物の C/N 比=10.34

試験日数	総有機物減量 (平均)						生物重量 (g)	生物 1g 当たりの 浄化能力 (1日当たり)		
	対照区		生物添加区		生物による浄化量			炭素 (mg/g・day)	窒素 (mg/g・day)	
	炭素 (mg)	窒素 (mg)	炭素 (mg)	窒素 (mg)	炭素 (mg)	窒素 (mg)				
5日目	4.20	0.02	4.58	-0.16	0.38	-0.17	0.009	C1=8.49	N1=-3.87	
15日目	5.93	0.08	11.11	0.67	5.18	0.59	0.006	C2=54.54	N2=6.18	
30日目	5.15	-0.11	11.43	0.79	6.28	0.89	0.008	C3=25.10	N3=3.57	

摂餌させた堆積物

TOC=9.13mg/g(d) T-N=0.58mg/g(d)

※堆積物の C/N 比=15.74

試験期間の炭素浄化量

$(C1 \times 5 + C2 \times 10 + C3 \times 15) / 30 = 32.14(\text{mg}/(\text{g} \cdot \text{day}))$

試験期間の窒素浄化量

$(N1 \times 5 + N2 \times 10 + N3 \times 15) / 30 = 3.20(\text{mg}/(\text{g} \cdot \text{day}))$

※堆積物の C/N 比=10.04

表-3.4 試験結果の C/N 比による検証  
(上：ゴカイ、下：ヨコエビ)

	堆積物 (C/N 比)	浄化能力 (C/N 比)	ゴカイ (C/N 比)
ゴカイ (11月試験)	15.72	15.57	5.55
ゴカイ (12月試験)	11.43	7.45	
	堆積物 (C/N 比)	浄化能力 (C/N 比)	ヨコエビ (C/N 比)
ヨコエビ (9月試験)	10.75	10.34	4.14
ヨコエビ (11月試験)	15.74	10.04	

動に餌の選択性はなく、体内への同化時は必要な成分を吸収すると予想される。このような観点から、蠕集生物が摂餌するとき吸収する物質の C/N 比は、ゴカイ・ヨコエビ自身の C/N 比に近いと思われるが、実際は堆積物の C/N 比の影響も受けると考えられる。つまり、ゴカイ・ヨコエビによる浄化の C/N 比の範囲は、ゴカイ・ヨコエビ自身の C/N 比と摂餌対象となる堆積物の C/N 比の間に位置することが予想され

る。そこで、堆積物、浄化能力、ゴカイ・ヨコエビの C/N 比について整理した。なお、ゴカイの C/N 比はサイバゴカイの分析値 (TOC=303.6mg/g(d)、T-N=54.69mg/g(d)) から 5.55 と算出し、ヨコエビの C/N 比はテッポウエビの分析値 (TOC=303.5mg/g(d)、T-N=73.27mg/g(d)) から 4.14 と算出した。

整理した結果、表-3.4 に示すようにゴカイ・ヨコエビの浄化能力の C/N 比は、ゴカイ・ヨコエビ自身と堆積物の C/N 比の間に位置することが確認された。また、ゴカイ (11 月試験) の浄化能力と堆積物の C/N 比、ヨコエビ (9 月試験) の浄化能力と堆積物の C/N 比を比較すると、極めて近い C/N 比であることがわかり、餌による影響が大きいことがいえる。

#### 4. ホタテ貝殻礁周辺食物連鎖網の解明

貝殻礁では多種多様の蠕集生物が確認され、各生物は生態や食性が異なり複雑な生息環境を形成している。そこで貝殻礁の蠕集生物について安定同位体比の分析を行い、貝殻礁での食物連鎖網について検証した。食物連鎖での「食う-食われる」の関係は、「食う」側の炭素 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) 及び窒素 ( $\delta^{15}\text{N}$ ) 安定同位体比はそれぞれ「食われる」側の値よりも 1% 及び 3% 高くなる性質がある<sup>2)</sup>。この性質を利用して、貝殻礁の蠕集生物と蠕集生物の摂餌対象物の安定同位体比を分析し、貝殻礁での食物連鎖網について検証した。分析試料は 2010 年 7 月に回収したサンプル用貝殻礁から採取し、蠕集生物はマボヤ、イチョウガニ、テッポウエビ、メリタヨコエビ、フサゴカイ、ムラサキウニ、マナマコ、ムスジカジ (魚

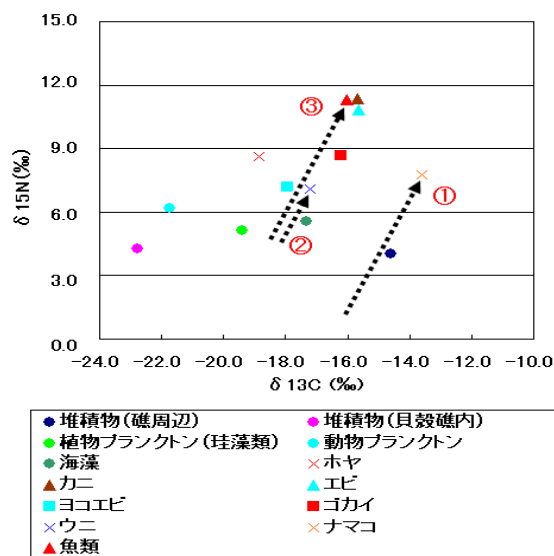


図-4.1 蠕集生物と摂餌物の  $\delta^{15}\text{N}$ - $\delta^{13}\text{C}$  マップ

類) とし、蛸集生物の摂餌対象物は貝殻礁内の堆積物、貝殻礁周辺の堆積物、植物プランクトン、動物プランクトン、海藻とした。安定同位体比の分析結果について図-4.1 に  $\delta C-N$  マップとして示した。図-4.1 から貝殻礁での食物連鎖網は①ナマコ、②ウニ、③魚類を頂点とする 3 つの系統に概ね示すことができた。

ナマコは分析結果から貝殻礁周辺の主に堆積物を摂餌することが確認され、貝殻礁に蛸集したナマコは、摂餌行動時に貝殻礁の外側に移動して周辺の堆積物を摂餌することが想定された。ウニは主に海藻を摂餌することが確認された。しかしながら、ナマコと堆積物の「食う-食われる」の関係より明確ではなく、海藻以外にも植物プランクトンを摂餌することが考えられる。

魚類は分析結果からゴカイとヨコエビを摂餌する関係が確認された。また、摂餌対象物であるゴカイとヨコエビは堆積物に含まれる有機物を摂餌することが室内試験で確認されている<sup>2)</sup>。そこで、魚類を頂点とした食物連鎖網と摂餌対象物の比率を図-4.2 に示した。摂餌対象物の比率の算出は櫻井らの文献<sup>3)</sup>で得た関係式を準用した。その結果、魚類は 67% がヨコエビを 33% がゴカイを摂餌すると算出された。また、摂餌対象物のゴカイは 32% が貝殻礁内の堆積物を 68% が貝殻礁周辺の堆積物を摂餌すると算出され、ヨコエビは 50% が貝殻礁内の堆積物、45% が貝殻礁周辺の堆積物、5% が植物プランクトンを摂餌すると算出された。したがって、魚類はヨコエビ及びゴカイを経由して最終的に堆積物を摂餌していることになり、堆積物に含まれる有機物の浄化

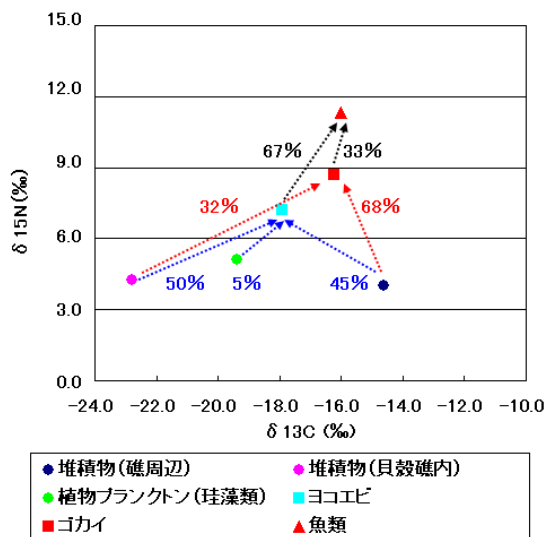


図-4.2 魚類を頂点とした食物連鎖網

に貢献していることがいえる。

## 5. ホタテ貝殻礁を取り巻く港内の物質循環構造

### 5.1 生態系モデルの概要

貝殻礁を設置することで多種多様な生物が蛸集することが確認され、特に優占種であるゴカイ・ヨコエビは摂餌行動で有機物を浄化することが確認されている。そこで、貝殻礁での物質循環構造について検証した。物質循環の対象物は炭素・窒素とし、検証には一般的な生態系モデルを準用し、図-5.1 に示すように、通常の低次生態系モデルにホタテ貝殻礁のサブモデルを追加する構成とした。算出方法の詳細は過年度の文献<sup>4)</sup>を参照されたい。

サブモデルでは、図-5.2 に示すように貝殻礁への負荷として、系外からの流入・沈降、蛸集生物の排泄・自然死亡があり、貝殻礁での消費として蛸集生物・高次生物の摂餌行動がある。消費量と負荷量の差異が少ない場合、不要な炭素・窒素の滞留を抑えることができ、物質循環がうまく機能して炭素・窒素を効率的に浄化することができる。一方、消費量

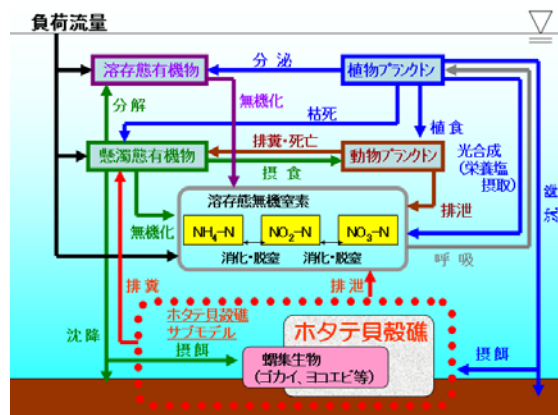


図-5.1 ホタテ貝殻礁を取り巻く生態系モデル

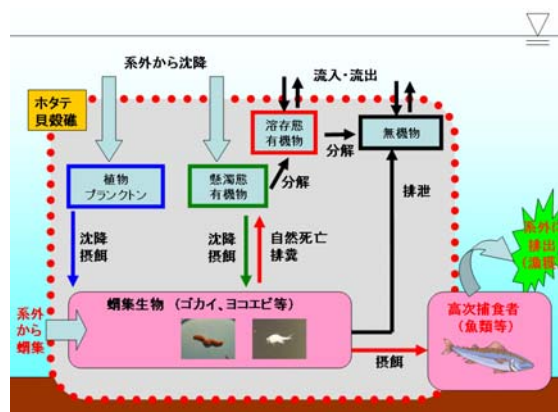


図-5.2 ホタテ貝殻礁のサブモデル

と負荷量の差異が大きい場合、物質循環機能が次第に低下し、周辺環境の底質悪化が懸念される。

### 5.2 実用型貝殻礁での炭素・窒素循環構造

物質循環の算出方法について、系外からの流入は貝殻礁近傍にセジメントトラップを設置し、堆積物の湿重量と炭素・窒素の含有量を分析して懸濁物の負荷量を算出した。蛸集生物の自然死亡については文献<sup>5)</sup>から蛸集生物の優占種のゴカイ・ヨコエビの寿命を1年とし、斃死した生物は全て懸濁物にした。また、ゴカイ・ヨコエビの分析結果、ゴカイのTOC値は384.8mg-C/g(d)、T-N値は87.8mg-N/g(d)、ヨコエビのTOC値は303.5mg-C/g(d)、T-N値は73.3mg-N/g(d)と測定され、死亡生物の乾燥重量と分析値を乗じた値を自然死亡による負荷量とした。

一方、消費要因である蛸集生物の摂餌行動は、貝殻礁の優占種であるゴカイ・ヨコエビの室内試験<sup>2)</sup>で得た摂餌量と蛸集量を乗じた値とした。高次生物の摂餌行動は、安定同位体比分析で概ねゴカイ・ヨコエビを摂餌している魚類を対象とし、摂餌量は文

献<sup>2)</sup>から魚類の湿重量の8.71%/dayとし、これにゴカイ・ヨコエビの分析値を乗じた値とした。

以上から貝殻礁を設置しない場合、図-5.3、5.4に示

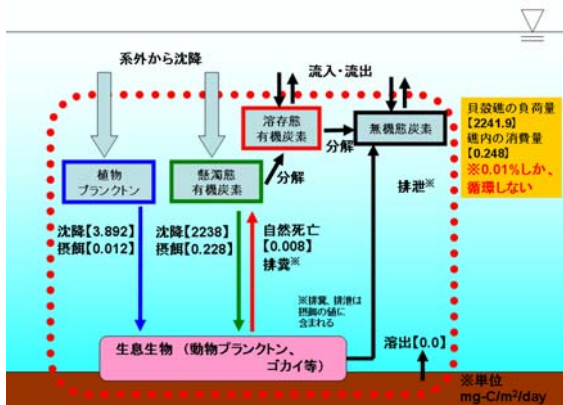


図-5.3 貝殻礁を設置しない場合の炭素循環

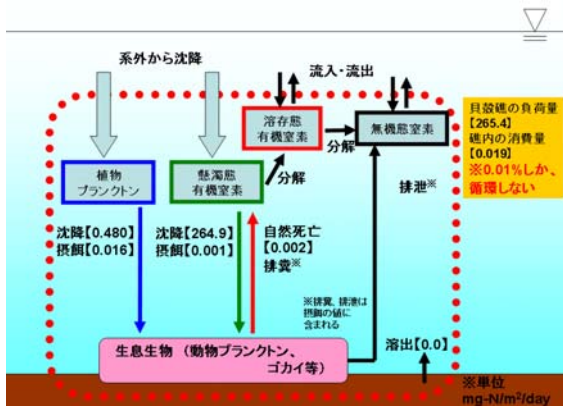


図-5.4 貝殻礁を設置しない場合の窒素循環

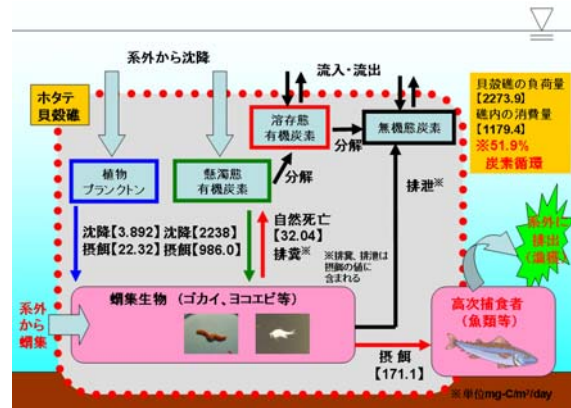


図-5.5 貝殻礁を設置した場合の炭素循環

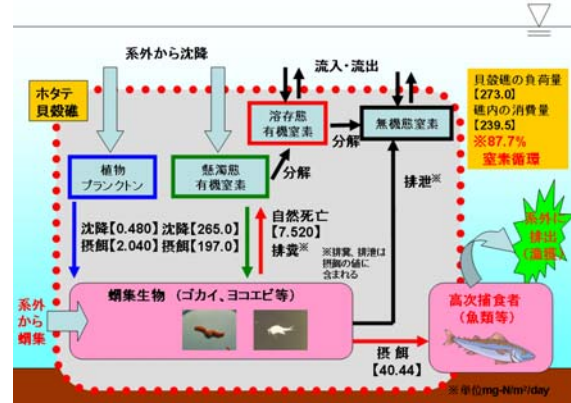


図-5.6 貝殻礁を設置した場合の窒素循環

すように負荷量について炭素は2,241.9mg-C/m<sup>2</sup>/day、窒素は265.4mg-N/m<sup>2</sup>/dayと算出された。一方、礁内の消費量についてプランクトンネットや採泥で確認された動物プランクトン及びゴカイの摂餌行動で炭素で0.248mg-C/m<sup>2</sup>/day、窒素で0.019mg-N/m<sup>2</sup>/dayと算出され、負荷された炭素・窒素がほとんど消化せず、物質循環が機能していないことがいえる。

次に貝殻礁を設置した場合、図-5.5、5.6に示すように負荷量について炭素は2,273.9mg-C/m<sup>2</sup>/day、窒素は273.0mg-N/m<sup>2</sup>/dayと算出され、貝殻礁を設置しない場合と比較して微増した。これは蛸集生物の自然死亡によるものである。一方、消費量については蛸集生物の摂餌行動と魚類の摂餌行動で、炭素は1,179.4mg-C/m<sup>2</sup>/day、窒素は239.5mg-N/m<sup>2</sup>/dayと算出された。これは、貝殻礁に負荷される炭素の51.9%、窒素の87.7%が貝殻礁内で消費されることを示しており、貝殻礁を設置することで炭素・窒素の物質循

環が機能して効率的に炭素・窒素が浄化されることがいえる。

### 5.3 ホタテ貝殻礁周辺の炭素・窒素循環構造

江良漁港では図-5.7 に示すように蓄養施設の計画があり、漁港内北側に-3.5m岸壁を施工し、岸壁に4m四方の生け簀を南側に6基、東側に6基を施工する予定である。また、岸壁前面から内部まで海水が流入する構造であり、岸壁は鋼管で支えられている。この区間の水深は-3.0mである。本検討では実用型貝殻礁の活用例として-3.5m岸壁下に貝殻礁を設置した場合の物質循環について検証した。

貝殻礁の設置範囲は蓄養施設の南側と東側に全長42.0m、幅 6.0m、高さ 0.5mで設置するとした。蓄養対象魚は冬期に港内で蓄養が実施されているホッケとし、生け簀に収容する密度は上ノ国町での蓄養例から、1m<sup>3</sup> 当たり 6 個体収容するとした。生け簀の設置方法は下端部が貝殻礁と接触させないために、下端部の設置水深は-2.0mとした。ホッケ排泄物量は文献<sup>6)</sup>から 0.507g(d)/個体/day、排泄物の TOC は 195mg-C/g(d)、T-N は 69.1 mg-N/g(d) とし、1日当たりのホッケの排糞による負荷量は、炭素で 98.87mg-C/個体/day、窒素で 35.03mg-N/個体/day と算出した。

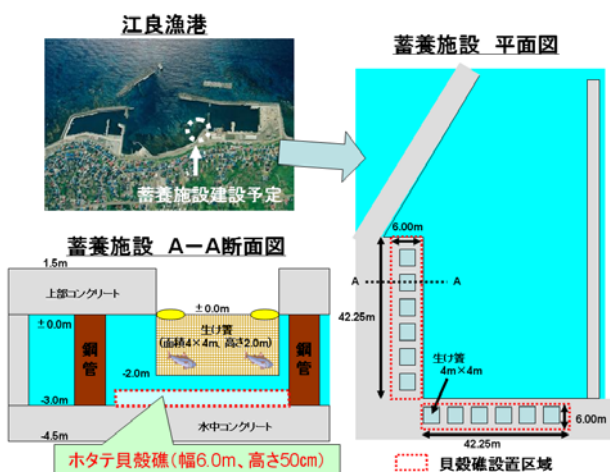


図-5.7 蓄養施設の平面図・断面図

ホッケを蓄養した場合、貝殻礁に負荷される炭素・窒素量は、図-5.8、5.9 に示すように前章で示した負荷要因に加え、ホッケの排糞による負荷が生じて炭素で 2,871.2mg-C/m<sup>2</sup>/day、窒素で 484.6mg-N/m<sup>2</sup>/day であると算出された。一方、貝殻礁で消費される炭素・窒素量は前章で示した消費量と同値であり、これは貝殻礁に負荷される炭素の

41.1%、窒素の 49.4%に相当し、蓄養を実施しない場合と比較して炭素で 10%、窒素で 40%減少した。

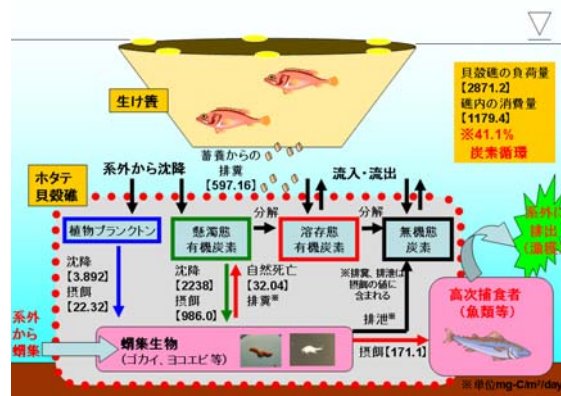


図-5.8 蓄養施設での炭素循環

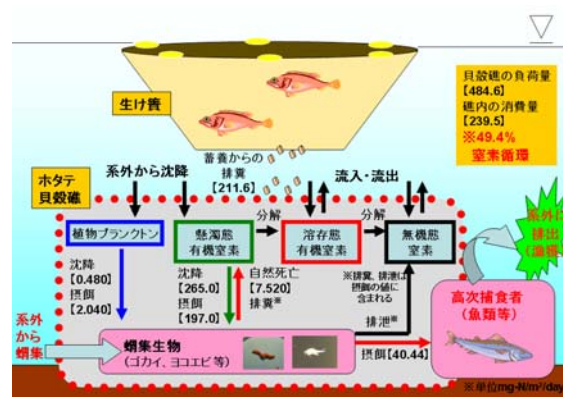


図-5.9 蓄養施設での窒素循環

よって、蓄養が長期間実施された場合、物質循環されない負荷物が海底に堆積していき、次第に堆積物の酸化反応に必要な溶存酸素が不足していき、遂には貧酸素による蛸集生物及び蓄養魚の斃死につながる恐れがある。したがって負荷量の減少対策として蓄養期間の短縮など、適正な管理手法や物質循環の機能を高めるために消費要因を新たに設ける必要がある。

そこで、蓄養施設下の貝殻礁にナマコを放流した場合について検証した。江良漁港では港内にナマコの生息が確認されており、貝殻礁にもナマコが蛸集することが確認された。ナマコの放流密度は 72 個体/m<sup>2</sup>、平均湿重量は 12.4g/個体と文献<sup>7)</sup>から引用した。摂餌行動による炭素・窒素の消費量は過年度に浮泥を対象とした摂餌試験<sup>8)</sup>で得た値を引用し、炭素で 4.56mg/個体/day、窒素で 1.62mg/個体/day とした。

ナマコを放流した場合、貝殻礁に負荷される炭素・窒素量は、図-5.10、5.11 に示すように前述のホッケを蓄養した場合と同値を示し、一方、貝殻礁で

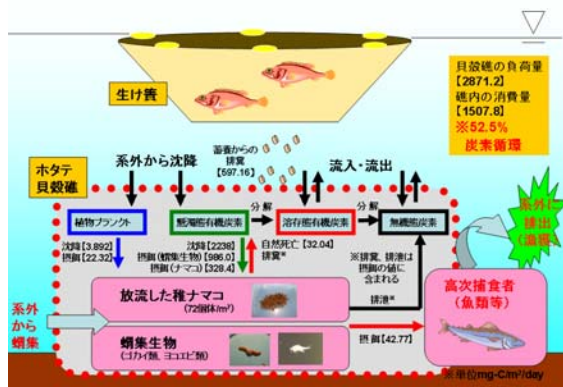


図-5.10 ナマコを放流した場合での炭素循環

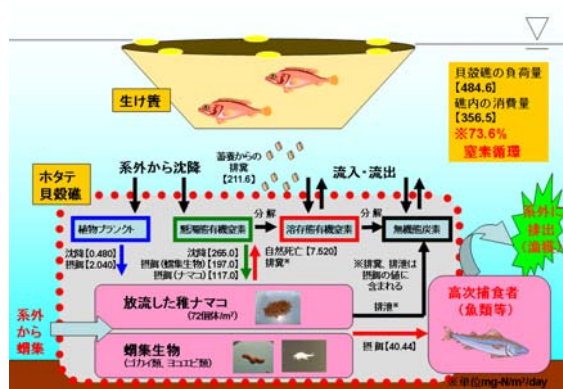


図-5.11 ナマコを放流した場合での窒素循環

消費される炭素・窒素量では前述に示した消費要因にナマコの摂餌行動による消費が生じて炭素で1,507.8 mg-C/m<sup>2</sup>/day、窒素で356.5 mg-C/m<sup>2</sup>/dayと算出された。これは、貝殻礁に供給される炭素の52.5%、窒素の73.6%に相当し、ナマコを放流することで炭素・窒素の物質循環の機能を引き上げることが確認された。

## 6. まとめ

港内の堆積物を食べる水産有用種であるナマコやホタテ貝殻礁に多く蝟集したヨコエビ、ゴカイの浄

化能力、港内の汚濁負荷量を定量化した。これを用いてホタテ貝殻礁を取り巻くヨコエビとゴカイを主とした物質循環のサブモデルを構築し、ナマコによる物質循環も追加し、水産利用を考慮した港内の物質循環構造の解明を行った。ナマコの成長モデルやホタテ貝殻礁を取り巻く物質循環モデルは、対象水域の水質変化を定量的に予測することが可能であるため、今後の水産物安定供給のための蓄養水面の効率的利用を検討する上で、広く利用されることが期待される。

## 参考文献

- 1) 赤嶺達郎：水産資源学における成長式に関する数理的研究，中央水研研報 第7号，pp189-263，1995
- 2) 岡本健太郎，山本潤，三森繁昭：ホタテ貝殻礁に蝟集した生物による有機物除去能力の検討，平成20年度土木学会全国大会，2008
- 3) 櫻井泉，柳井清治，伊藤絹子，金田友紀：河川域に堆積する落ち葉を起点とした食物連鎖の定量評価，北海道立水産試験場研究報告第72号，pp.37-45，2007
- 4) 岡本健太郎，山本潤，牧野昌史：ホタテ貝殻礁に蝟集した生物の変遷と浄化効果について，海洋開発論文集 VOL.25，pp.419-424，2009.
- 5) 長沢和也：カイアシ類学入門－水中の小さな巨人たちの世界，東海大学出版会，pp65-66，2005
- 6) 平野敏行監修：沿岸の環境圏，フジ・テクノシステム，pp.301-307.603，1998
- 7) 岡本健太郎，山本潤，大水達暁：ホタテ貝殻礁による効果の持続性とナマコ中間育成場としての検討，平成21年度北海道開発局技術研究発表会，環-8，2010
- 8) 岡本健太郎，山本潤，上平大介：底質が汚濁した港内でのナマコの摂餌行動について，平成20年度北海道開発局技術研究発表会，環-32，2009