

# 九十九里浜における海上養浜に伴う 貝類の生息環境への影響調査

FIELD OBSERVATION OF IMPACT OF OFFSHORE SAND NOURISHMENT TO  
MOLLUSCAN HABITAT OFFSHORE OF KUJUKURI BEACH

清野聡子<sup>1</sup>・宇多高明<sup>2</sup>・鶴岡春美<sup>3</sup>・星上幸良<sup>4</sup>・神田広信<sup>5</sup>  
Satoquo SEINO, Takaaki UDA, Harumi TSURUOKA, Yukiyooshi HOSHIGAMI  
and Hironobu KANDA

<sup>1</sup>正会員 工博 東京大学大学院 総合文化研究科 (〒153-8902 東京都目黒区駒場3-8-1)

<sup>2</sup>正会員 工博 (財)土木研究センター理事なごさ総合研究室長 (〒110-0016 東京都台東区台東1-6-4)

<sup>3</sup>千葉県県土整備部河川整備課 (〒260-8667 千葉県千葉市中央区市場町1-1)

<sup>4</sup>正会員 博(工) 国際航業(株) 河川・環境部 (〒183-0057 東京都府中市晴見町2-24-1)

<sup>5</sup>国際航業(株) 河川・環境部 (〒183-0057 東京都府中市晴見町2-24-1)

Field observation of the impact of the offshore sand nourishment to the molluscan habitat such as Japanese hard clam was carried out at the south Kujukuri coast. 5,000 m<sup>3</sup> (2005), 20,460 m<sup>3</sup> (2006) and 14,160 m<sup>3</sup> (2007) of sand dredged from Katakai fishing port located in the central part of the coast was dumped into the sea from the barge, and their impact to the habitat in terms of turbidity and the damage to the molluscan habitat was investigated. It was found that the impact of molluscan habitat is minimal

**Key Words :** *Offshore nourishment, molluscan habitat, impact, Japanese hard clam*

## 1. まえがき

近年全国的に進む侵食への対策として、ハード構造物を造るのではなく、自然海浜を取り戻すためのいわばソフト対応としての養浜に対するニーズが高まっている。しかし大量の土砂を投入する養浜工事が周辺環境に及ぼす影響については未だ不明な点が多く、そのことが事業実施にかかる合意形成上の障害となっている。わが国有数の緩勾配海岸として有名な九十九里浜では、海蝕崖の崩落防止工事などに伴って海岸への供給土砂量が減少した結果侵食が進行し、汀線後退のみならずバー・トラフの消失も進み、長く保たれてきた九十九里浜の自然環境が急速に失われてきている<sup>1)</sup>。

九十九里浜の中央より南側の海岸線（以下、南九十九里浜）では、侵食対策として1990年から漂砂制御のためのヘッドランドの建設が進められてきた<sup>2)</sup>が、これのみでは効果が十分ではなく、海浜砂の絶対量の減少を防ぐ必要性が認識されてきた。このことから、養浜も積極的に検討されるようになった。南九十九里浜での養浜手法としては、海上投入と陸上投入が考えられているが、いずれの手法を取るにしても、養浜が海岸・沿岸域生態系へ及ぼす影響を予

め評価することが必要とされる。南九十九里浜での養浜では、現在のところ主に沖合養浜が予定されているが、この手法では九十九里浜中央部にある片貝漁港への堆砂を活用し、底開バージを用いて海上投入する方法が用いられる予定である。この場合、投入海域には水産有用種であるチョウセンハマグリやダンベイキサゴ（ナガラミ）等の貝類が生息し、地域漁業の主要魚種となっていることから、これらへの影響把握が求められる。そこで2003年より基礎調査を始め、2008年までに3カ年の試験養浜を含めた継続調査を実施した。

本研究ではこれらの調査のうち、貝類への影響に関する調査結果について報告する。

## 2. 調査方法

調査項目は表-1のように、海底地形、底質、水質、底生生物からなる。試験養浜は2006年3月から2008年11月までに3回実施した。これらに先立ち既往文献調査を行うとともに、土砂投入予定海域の海域環境調査、ならびに貝桁船による試験操業を実施し、海域のバックグラウンドを把握した。また、その

調査結果に基づき、養浜に伴う影響因子やモニタリング指標種などを決定し、前述した調査項目や以下に示す調査方法を選定した。なお、既往文献によれば、底生生物は、養浜土砂投入時の土被り厚や濁りの発生により直接影響を受けると考えられたため、水産有用種であるチョウセンハマグリとダンベイキサゴを対象として試験養浜前後の生息数を調査することとした。

試験養浜には、対象地区の北約 20km（漂砂下手側）に位置する片貝漁港の航路浚渫土砂を利用し、漁港事業との連携を図った。試験養浜に際しては、あらかじめ浚渫土砂、ならびに投入予定地点の底質含有物試験（重金属類や栄養塩類）等を行い、環境影響を確認した。浚渫土砂は底開バージに積載し、図-1 に示す海上養浜区域まで曳航、表-2 に示すように 2005 年には 5,000m<sup>3</sup>、2006 年には 20,460m<sup>3</sup>、2007 年には 14,160m<sup>3</sup> の土砂を投入した。土砂の投入時期は、主に冬季～春季（12月～5月）であり、投入区域等での生物調査は各年の投入開始直前に行った。このほか土砂動態調査としてはナローマルチーム測深機等による海底地形変化測量や、蛍光砂、

カラーサンドによる漂砂調査を実施した<sup>3)</sup>。

海域の物理環境は水質・底質調査により把握した。調査にはバンドン型採水器、スミスマッキンタイヤー式採泥器、メモリー式濁度計、直読式濁度計等を用いた。以下の分析項目と方法は、環境影響評価ならびに水産用水基準に準拠した。水質については、バックグラウンドとしての栄養塩類のほかに、土砂投入時の濁りの拡散を把握するため、底開バージ周辺で濁度の平面・鉛直分布を時系列的に計測しつつ、投入期間中約 2 ヶ月間、海底に波高計およびメモリー式濁度計を設置し、波高と水底付近の濁度を連続観測した。また、底質に含まれる有害物質については溶出試験、一般項目については含有量試験と粒度分析を実施した。

表-2 養浜土砂投入量

実施年	投入期間	投入量(m <sup>3</sup> )
2005	2006/3/8～3/22	5,000
2006	2007/3/9～5/6	20,460
2007	2007/12/11～2008/1/17	14,160

表-1 調査項目一覧

項目	調査内容	時期					備考
		養浜前 バックグラウンド	1回目 試験養浜中	1回目 試験養浜後	2回目 試験養浜後	3回目 試験養浜後	
海底地形	深浅測量	○		○	○	○	投入地点周辺・養浜材
	粒度組成	○		○	○	○	
底質	底質含有物質						投入地点周辺・養浜材
	栄養塩類(6項目)	○		○	○	○	
	重金属類(32項目)	○		○	○	○	
水質	栄養塩類	○		○		○	
	濁度						
	拡散調査 SS連続観測		○				
底生生物	生息分布調査(マクロベントス)	○		○	○	○	
	生息密度調査(水産有用種)	○		○	○	○	ダンベイキサゴ/チョウセンハマグリ
	実施年月	2006年2月	2006年3月	2007年2月	2007年12月	2008年11月	

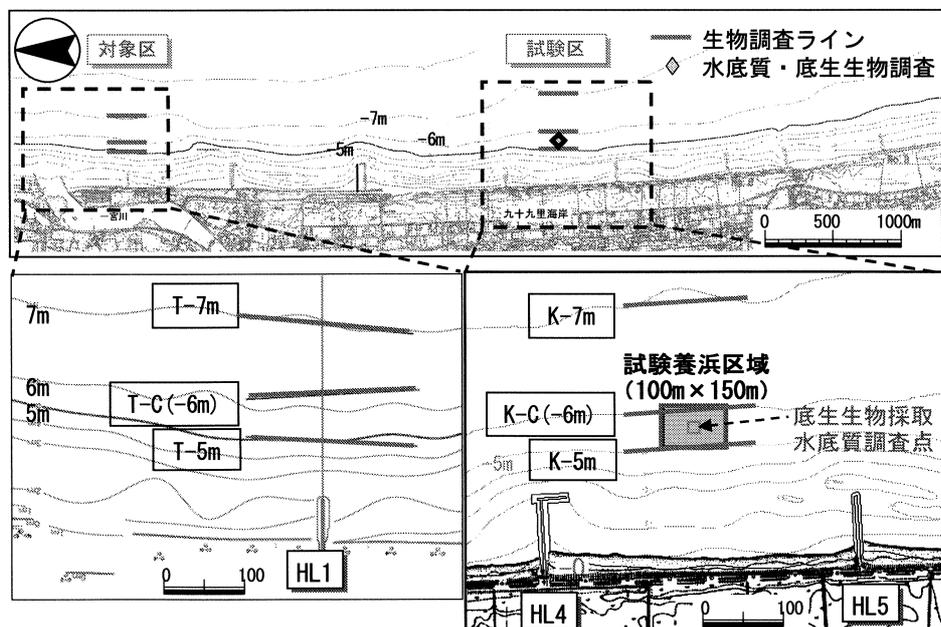


図-1 調査海域と試験区

底生物（マクロベントス）調査では、底質調査と同様、スミスマッキンタイヤー型採泥器により各地点3回（計60リットル）底質を採取し、1mmメッシュのふるい分析を行い、その残留物を分析試料とした。

投入予定海域でのダンベイキサゴとチョウセンハマグリの生息数の調査は、地先漁協の貝桁船を活用した試験操業により実施した。貝桁は写真-1に示した幅約3mの鋼製で、カギ間隔は6cm、採取網の目は2.0cmである。なお、貝桁は「ナガラミ用」ではカギ間隔が3.0cmと狭いために抵抗が大きく曳航できなかったことから、間隔の広い「アカガイ用」を使用した。試験操業は、漁業者の操業実態を参考に、-5、-6、-7mに沿岸方向の測線を設定し、図-2のように沿岸方向に約300m離れた2地点に貝桁を投入、ウィンチで同時に巻き上げ約200m貝桁を曳航して採取した。また、試験養浜区域（1.5ha）では数隻の貝桁船により掃海した。

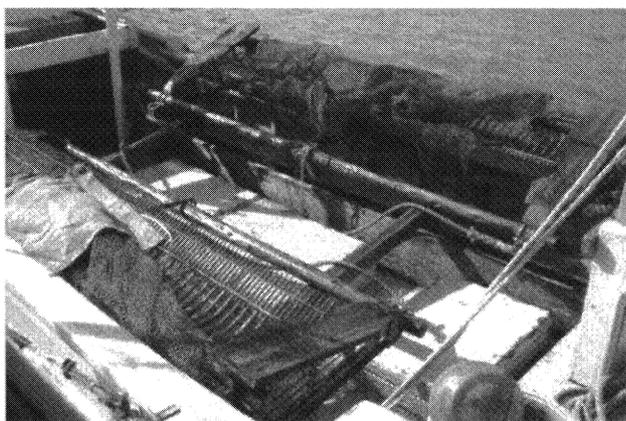


写真-1 試験操業に用いた鋼製貝桁

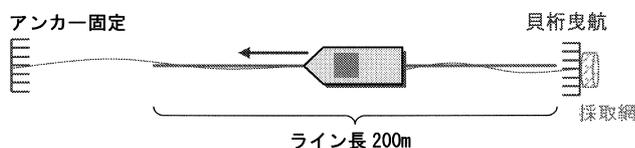


図-2 貝桁船による試験操業概念図

### 3. 調査結果

#### (1) 物理環境

底質含有物の分析結果を表-3に示す。底質含有物の分析結果はいずれの項目についても水産用水基準等の与える基準値以下であった。また、養浜材については、予め海上汚染防止法に抵触する重金属類等を調査したが規定値以下であった。投入地点の従前の底質の中央粒径  $d_{50}$  は 0.15~0.19mm、養浜材の粒径は 0.15~0.18mm 程度である。この粒径レンジは、鹿島灘で得られたチョウセンハマグリの生息に適する粒径レンジと同一である<sup>4)</sup>。これに対して試験養浜後の  $d_{50}$  は、投入1年後は 0.17mm、2年後は 0.18mm、3年後は 0.15mm と著しい変化は見られなかった。同様に図-3に示す粒度組成については、従前の底質では細砂分が約85%を占め、シルト分が約14%、中砂分は1%程度であった。一方、養浜土砂は細砂分が88%、シルト分が1%、中砂分は11%と、投入地点に比べて若干中砂分が多かった。このため試験養浜直後には、従前の底質に対して含有比率が若干変化した。1回目投入後では、細砂分以下はほぼ変わらずに中砂分が6%まで増加した。2回目には中砂分が22%まで増加し、シルト分は2%以下となった。3回目では中砂分が4%に減少し、シルト分が7%に増加した。全体的に見ると、従前に対して細砂分はほぼ変わらずに中砂分が増え、シルト分が減少した。

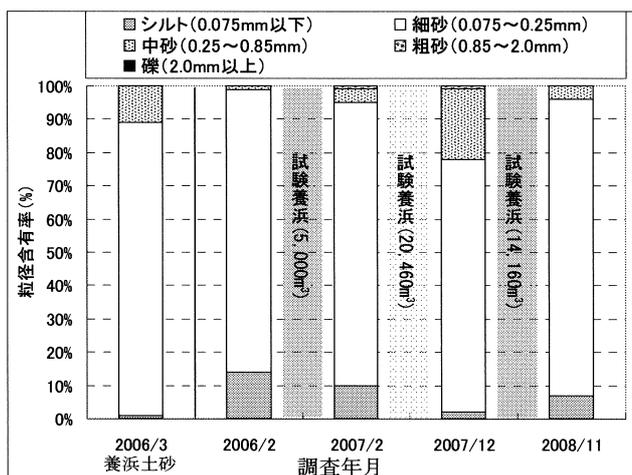


図-3 粒度組成百分率

表-3 底質含有物分析結果

項目	単位	2006/2	2006/3	2007/2	2007/3~5	2007/12	2007/12~1	2008/11	基準値	分析方法	
COD※	mg/g	0.9	試験養浜	1.2	試験養浜	0.8	試験養浜	2	20以下	環水管第127号 II.20	
硫化物※	mg/g	<0.01		<0.01		<0.01		<0.01	<0.01	0.2以下	環水管第127号 II.17
全窒素	mg/kg	170		230		120		240	-	(参考値)	環水管第127号 II.18
全りん	mg/kg	300		360		370		380		環水管第127号 II.19	
強熱減量	%	2.4		2.3		1.4		3		環水管第127号 II.4	
酸化還元電位 (ORP)	mv	101		107		318		279	ORP計による直接測定		

※印：水産用水基準（2005版、底質）

図-4には、2006年3月の第1回目の試験養浜期間中に、投入地点中央部に設置したメモリー式濁度計による濁度の経時変化、投入地点沖に設置した波高計で観測した有義波高、ならびに同期間の茂原と犬吠崎のアメダスによる風向風速観測結果を示す。3月8日の土砂投入時には、茂原も犬吠崎も南東方向の風が吹いていた。観測された波高と濁度には相関が見られ、波高が高くなれば濁度も上昇していることが分かる。これは、調査地点が碎波帯付近に位置しているため碎波起源の濁度と考えられる。時系列変化を見ると、波浪条件としては3月7日に $H_{1/3} = 1.5\text{m}$ 程度の波高が観測されたが、土砂投入時の8日には1m以下の静穏な条件が続いた。観測開始前の濁度はおおむね $20\text{mg}/1$ 程度、最大でも $40\text{mg}/1$ 程度

以下であったが、土砂投入直後もこの水準から大きくずれた値は出現していない。これに対して3月10日からは次第に波高が増大し、これとともに濁度も上昇しており $80\sim 100\text{mg}/1$ 程度の値が観測された。この値は土砂投入時の値と比べて2倍以上大きいことから、土砂投入時の濁りはバックグラウンドと同程度であり、土砂投入による顕著な濁りの発生はほぼ無視できることがわかった。

## (2) 底生生物

底生生物の出現種を表-4に示す。土砂投入予定海域の、バックグラウンドとしての対照区(T)の-5、-6、-7mの水深帯と、試験養浜区(K)の同じ水深帯を比較すると、軟体動物は同様な種が見られるが、

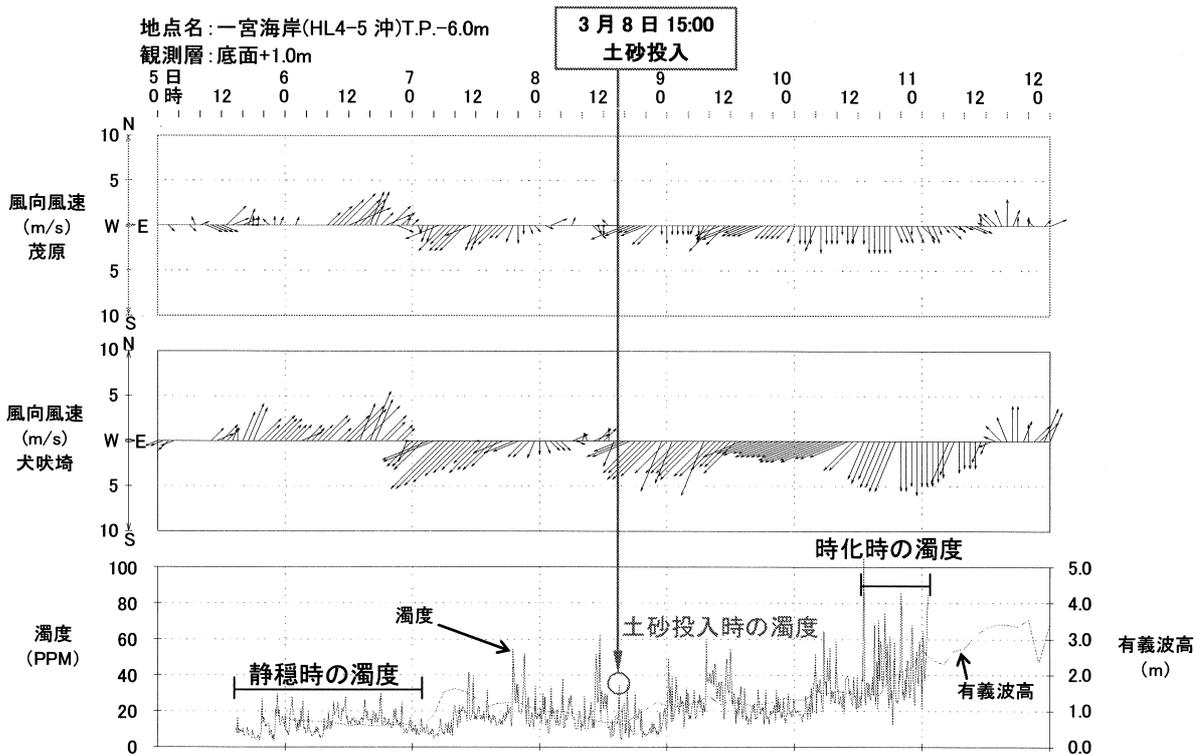


図-4 土砂投入時の濁度の変化

表-4 底生生物出現種一覧

番号	門	綱	目	科	学名	和名	地点						掃海	
							K(試験区)			T(対照区)				
							5m	6m	7m	5m	6m	7m		
1	軟体動物	腹足	古腹足	ニシキウスガイ	<i>Unbonium giganteum</i>	ダンヘイキサゴ	○	○	○	○	○	○	○	
2			盤足	タマガイ	<i>Glossaulax didyma</i>	ツメタガイ	○	○	○	○	○	○	○	
3			新腹足	コロモガイ	<i>Cancellaria (Sydaphera) spengleriana</i>	コロモガイ							○	
4		二枚貝	フネガイ	フネガイ	<i>Scapharca satowi</i>	サトウガイ			○					○
5			マルスタレガイ	ハカガイ	<i>Pseudocardium sachalinense</i>	ウバガイ	○	○	○	○	○	○	○	
6				マルスタレガイ	<i>Cyclosunetta menstrualis</i>	ワスレガイ			○					
7						<i>Meretrix lamarckii</i>	チョウセンハマグリ	○			○			○
8	節足動物	軟甲	十脚	クルマエビ	<i>Trachypenaeus curvirostris</i>	サルエビ	○	○	○		○	○	○	
9				ヤドカリ	<i>Diogenes spinifrons</i>	トケトケツノヤドカリ		○			○	○		
10				ヘイケガニ	<i>Paradorippe granulata</i>	サメハダヘイケガニ						○	○	
11				カラッパ	<i>Matua lunaris</i>	キンセンガニ							○	
12				コブシガニ	<i>Philyra syndactyla</i>	ヒラコブシ	○					○	○	
13				ガザミ	<i>Portunus (Portunus) trituberculatus</i>	ガザミ								○
14				棘皮動物	ウニ	タコノマクラ	ヨウミヤクサンパン	<i>Scaphechinus mirabilis</i>	ハスノハガシパン	○	○	○	○	○
15	脊索動物	硬骨魚	カレイ	ウシノシタ	<i>Paraplagusia japonica</i>	クロウシノシタ			○	○			○	

○は出現を示す。

表-5 各水深帯での生息密度の経年変化

調査年	水深 (m)	測線	ダンベイキサゴ 個体数	曳網距離 (m)	採取面積 (㎡)	生息密度 (個体)/㎡
2006年 2月	5	K-5	13	359	1059	0.013
	6	K-C	4	364	1074	0.004
	7	K-7	4	367	1084	0.004
	5	T-5	163	367	1084	0.150
	6	T-C	3	374	1104	0.003
2007年 2月	7	T-7	1	363	1070	0.001
	5	K-5	17	337	993	0.017
	6	K-C	7	343	1011	0.007
	7	K-7	6	342	1009	0.006
	5	T-5	17	299	881	0.019
2008年 11月	6	T-C	4	300	885	0.005
	7	T-7	1	289	853	0.001
	5	K-5	0	200	590	0.000
	6	K-C	0	210	620	0.000
	7	K-7	0	210	620	0.000
2008年 11月	5	T-5	0	200	590	0.000
	6	T-C	0	210	620	0.000
	7	T-7	0	210	620	0.000

調査年	水深 (m)	測線	チョウセンハマグリ 個体数	曳網距離 (m)	採取面積 (㎡)	生息密度 (個体)/㎡
2006年 2月	5	K-5	8	359	1059	0.008
	6	K-C	0	364	1074	0.000
	7	K-7	0	367	1084	0.000
	5	T-5	2	367	1084	0.002
	6	T-C	0	374	1104	0.000
2007年 2月	7	T-7	0	363	1070	0.000
	5	K-5	10	337	993	0.010
	6	K-C	0	343	1011	0.000
	7	K-7	1	342	1009	0.001
	5	T-5	19	299	881	0.022
2008年 11月	6	T-C	2	300	885	0.002
	7	T-7	0	289	853	0.000
	5	K-5	8	200	590	0.014
	6	K-C	4	210	620	0.007
	7	K-7	2	210	620	0.003
2008年 11月	5	T-5	13	200	590	0.022
	6	T-C	5	210	620	0.008
	7	T-7	0	210	620	0.000

※2007年12月は、同上調査を実施していない

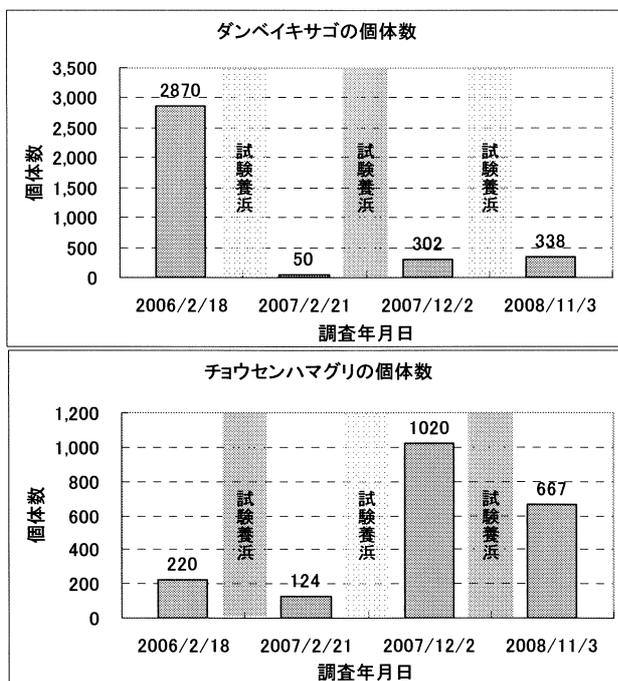


図-5 試験養浜区域 (1.5ha 当たり) の個体数

節足動物は対照区で出現種数が多い。また、表-5 に示した水深帯ごとの各年の調査結果を見ると、ダンベイキサゴは各水深帯に生息しつつ 5m 帯の生息密度が最も多いが、2008 年 11 月の調査では全地点で採取されなかった。これに対してチョウセンハマグリは主に 5m 帯に生息していた。

図-5 には試験養浜区内の掃海調査により得られた面積 1.5ha 当たりのダンベイキサゴとチョウセンハマグリ の個体数の経年変化を示す。ダンベイキサゴは試験養浜前には 2870 個体が確認されたのに対し、初回試験養浜後 50 個体に減少したが、その後は 302, 338 個体と増加傾向にある。2006 年 2 月に比べ個体数が急に減少している。2005 年には地先で稚貝放流が行われたことから、2006 年 2 月にはそのときの影響が強く残されていたが、その影響が収束した 2007 年 2 月以降は個体数の微増が見られたと考えられる。これに対して、チョウセンハマグリは試験養浜前には 220 個体であったが、試験養浜後には 124, 1020, 667 個体と大きく増大した。

図-6 には、2006~2008 年に 4 回測定されたダンベイキサゴの殻径の分布を、また表-6 には殻形の最大・最小値・平均値および標準偏差を示す。ダンベイキサゴの殻径は 2006 年 2 月から 2007 年 12 月までの 3 回ではよく似た分布を示し、殻径はほぼ 33mm~38mm の間に分布し、平均値も 35mm 程度で変わらなかったが、2008 年では分布形に大きなシフトが生じ、平均値が約 31mm と減少した。

同様に、図-7 にはチョウセンハマグリ の殻長の分布を、また表-7 には殻長の最大・最小値・平均値および標準偏差を示す。チョウセンハマグリについても 2006 年 2 月と 2007 年 2 月はほぼ同じ分布形を有し、75mm~95mm の間に分布していたが、2007 年 12 月には殻長の長いチョウセンハマグリが見られなくなった。しかしその後 2008 年 11 月には殻長の大きなものが増加した。平均値で見ると 2006 年 2 月、2007 年 2 月の 80~82mm から 2007 年 12 月にはいったん 62mm 程度まで減少したが、その増加傾向にある。ただこれらの変化要因については明らかにできなかった。

#### 4. 考察

試験養浜前後での現地観測によれば、土砂投入後の底質性状には大きな差は見られなかった。また重金属類や底質に含まれた有害物質の影響も見られなかった。また養浜材の粒度組成と投入地点付近のそれは非常に類似しており、結果的に著しい変化は見られなかったが、中砂分が若干増加していた。土砂投入時の濁度については、当海域においてしばしば生じる時化時の濁度より低く、かつ投入地点から周辺への拡散は非常に弱かった。これより、当初危惧していた濁りの拡散による海域への影響は無視できる程度であることが明らかになった。

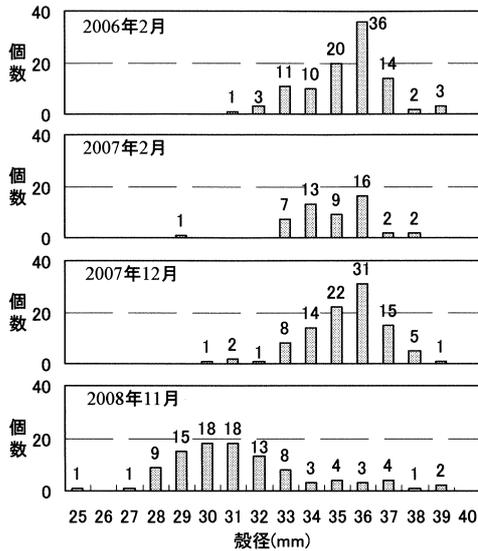


図-6 ダンベイキサゴ殻径の出現頻度の変化

表-6 ダンベイキサゴ殻径の最大・最小・平均値

調査年月	2006年 2月	2007年 2月	2007年 12月	2008年 11月
採取個体数	2870	50	302	338
最大(mm)	38	38	38	39
最小(mm)	31	29	30	25
平均(mm)	35	34	35	31
標準偏差(mm)	1.6	1.6	1.6	2.6

注) 殻径は全試料からランダムに100個体  
(2007年2月は全数の50個体)を抽出・計測

一方、ダンベイキサゴについては2006年2月に比べ、2007年2月の個体数が急に減少している。これは2005年に地先で稚貝を放流したことによると推察され、このため2007年2月以降は個体数の微増が見られたと考えられる。チョウセンハマグリについては、2回目以降、養浜土砂量を1万m<sup>3</sup>以上に増加させたと同時に、個体数が5倍以上に増加した。ダンベイキサゴは巻貝（腹足類）であるが、水管でフィルターフィーディングを行う。二枚貝（斧足類）のチョウセンハマグリも同様で、これらの生物は、濁水の長期化や潜砂深さの限界範囲を超えた場合には死滅すると考えられる。これらを考慮すれば、上記の観測結果は、沖合養浜を否定する結論を導くものではないと考えられる。3ヶ年のデータのみから、養浜がこれら2種の生物に与えた影響を断定はできないが、一応の傾向として、本稿で示した規模と方法であれば養浜に伴うチョウセンハマグリやダンベイキサゴ等の漁業資源への致命的な影響はないと推定される。

## 5. あとがき

砂浜性二枚貝等の個体群動態は、漁海況予報などでも水温との関係で理解されているが、生息地の地形変化など他の物理環境要素との関係性の研究は十分でない。その意味で本調査のような海上養浜が底

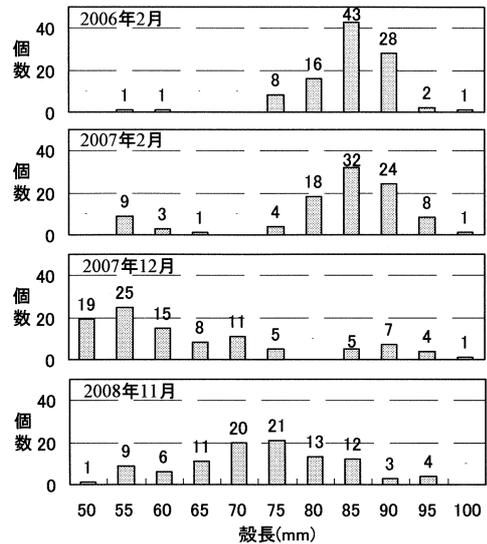


図-7 チョウセンハマグリ殻長の出現頻度の変化

表-7 チョウセンハマグリ殻長の最大・最小・平均値

調査年月	2006年 2月	2007年 2月	2007年 12月	2008年 11月
採取個体数	220	124	1020	667
最大(mm)	96	97	99	94
最小(mm)	54	51	34	49
平均(mm)	82	80	62	71
標準偏差(mm)	5.7	11.1	14.3	10.4

注) 殻長は全試料からランダムに100個体を抽出・計測

生生物へ及ぼす影響の impact response に関する定量的調査は重要と考えられる。

また、土木事業では社会的側面への配慮も必要であるが、これら2種は生態系指標種としてだけでなく海域生態系の代表種でもあり、これらの生息に関する調査を行うことは、漁業者、水産試験研究機関と海岸管理者間の砂浜環境への共通認識を深める上でも有効である。

なお、一般に生態環境調査では調査項目が多数となり、調査経費の割に成果に乏しいことが多いが、本研究の結果を受けて調査項目を厳選すれば、今後、合理的な調査とすることが可能と考えられる。

## 参考文献

- 1) シップアンド・オーシャン財団海洋政策研究所編：「消えた砂浜-九十九里浜五十年の変遷」, p. 159, 2005.
- 2) 宇多高明・三波俊郎・古池 鋼・星上幸良・長山英樹：南九十九里浜の侵食と堆積の実態，海洋開発論文集，第24巻，pp. 1321-1326, 2008.
- 3) 宇多高明・田代洋一・長山英樹：ナローマルチビーム測量による沖合養浜時の土砂移動観測，海岸工学論文集，第55巻，pp. 776-780, 2008.
- 4) 宇多高明・土子浩之・阿部 良・松浦健郎・大木康弘・豊田圭太：粗粒材養浜がチョウセンハマグリの生息へ及ぼす影響調査，海洋開発論文集，第25巻，2009. (印刷中)