

魚礁漁場の評価・計画手法の改善

水産工学研究所 水産土木工学部

環境分析研究室 木元克則

漁場施設研究室 高木儀昌

調査実施年度：平成6～9年度

緒 言

人工魚礁漁場が事業として実施されてきて久しいが、海中構造物に対して多様な分布・行動を持つ様々な魚種に対して好適な魚礁構造物の形状や、適切な人工魚礁漁場の造成技術、礁の配置計画の知見が十分ではない。中でも、我が国の沿岸漁業の重要魚種であるマダイやチダイは、その分布特性が礁と関連性が示唆されるものの、生息に好適な礁の構造や配置が明確ではない。また、魚礁効果等の調査手法については、漁獲量密度が魚礁効果の評価に有効であるが漁獲努力量の評価が困難な点や、礁の規模・配置・形状等と漁獲効果の関係把握の為の解析手法など多くの問題が残されている。

本課題では、魚礁漁場の造成技術、礁の配置計画手法を改善・確立する一助として、魚類増集・培養機能が優れた天然礁の構造・特性を把握することにより、魚礁の魚類増集・培養機能に関わる特性を明らかにすることを目的とした。

調査方法

6年度から山形県温海町地先のマダイはえ縄釣漁業の優良漁場となっている天然礁の「大瀬礁」において、前述の調査目的にそって、天然礁におけるマダイの漁場形成の要素を明らかにするために、海底地形と魚群反応、漁業の状況ならびに、はえ縄の釣獲から魚類の分布と地形の関係を調べた。

また、潜水および水中カメラを用いて、魚の分布量の多い地点における魚類分布状況と地形の関係を調べた。

調査実施状況は表1のとおりである。

表1. 「大瀬礁」のマダイ漁場形成調査の項目

年度	主な調査項目
1994年	魚探調査 浮縄による漁獲調査 底縄による漁獲調査 潜水調査（大瀬礁）
1995年	魚探調査 浮縄による漁獲調査 潜水調査（大瀬礁・試験礁）
1996年	魚探調査 潜水調査（大瀬礁・試験礁）
1997年	潜水調査（大瀬礁・試験礁） 魚類の胃内容物調査

調査結果

1. 大瀬礁の海底地形と魚群分布

図1に、山形県水産事務所が漁業指導船「月峰」の音響測深機により得た海底地形を元に立体的に地形を示した。大瀬礁は山形県温海町西北西約20kmに位置する大きな天然礁で、南北約4km、東西約2kmの大きさである。本礁は南北に2こぶ状になっており、その最浅部は水深27～28mである。

礁の北端には塔状の「太夫ぐり」、南部にはやや壁状の「ローソクぐり」がある。「太夫ぐり」は水深70mに高さ50mの塔が立つような形状で、最浅部は水深18mである。

「ローソク」ぐりは南西から北東へのび、幅約100m、長さ300mの山、最浅部が水深26mの山である。

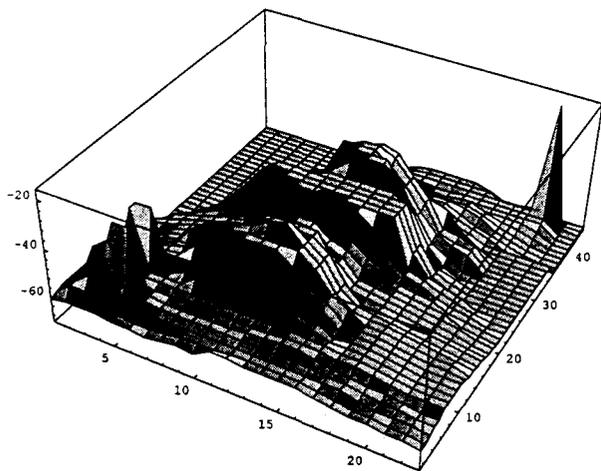


図 1. 大瀬礁の地形

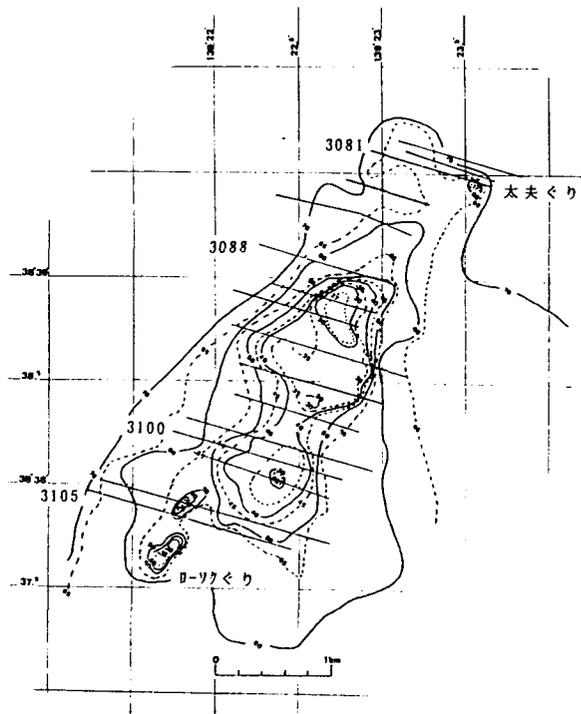


図 2. 大瀬礁における魚探航走
(1994. 7. 23) の例

ロラン 2S3局の線に沿って図 2のとおり「大瀬礁」を東西に航走し、魚探探知機により海底地形と魚類分布状況を調べた。魚探記録紙上には海底の起伏の大きな所にしばしば高さ15m以上の大きな魚群が認められた(図 3)。これらの群れを形成していたのは水中TVカメラや潜水観察の結果からスズメダイとマアジと思われる。

南北断面を魚探航走すると潮上にあたる南側に大きな魚群の反応がしばしばみられ、魚群が潮上側に多く分布することがわかる。

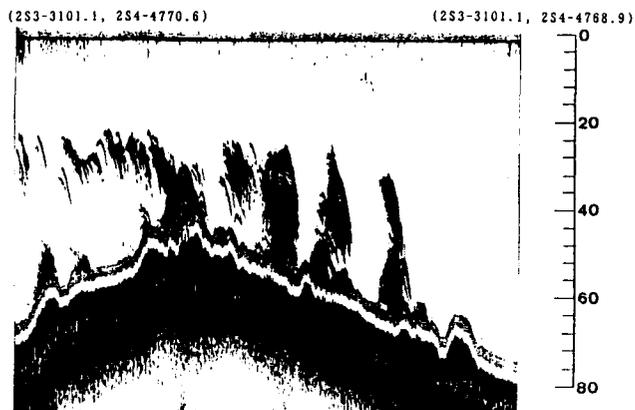


図 3 a. 大瀬の海底地形と魚群の分布例(東西断面)
(1995年 6月 2日 17:26~17:33、大瀬本礁)

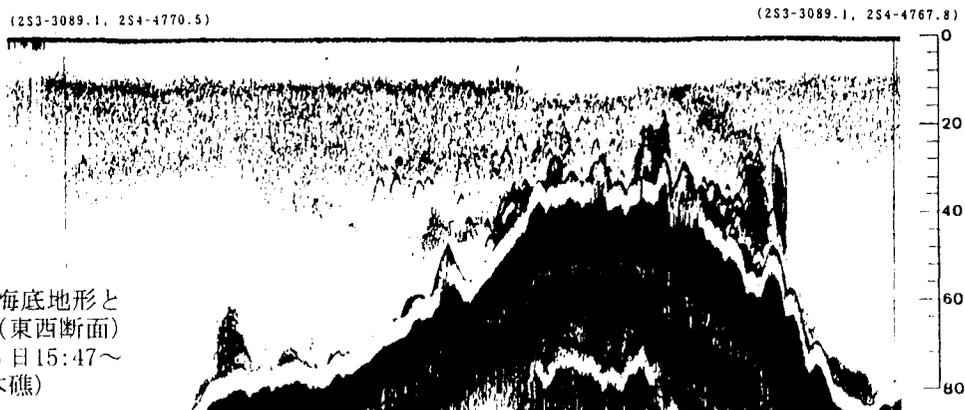


図 3 b. 大瀬の海底地形と魚群の分布例(東西断面)
(1995年 7月 6日 15:47~16:01、大瀬本礁)

2. 水揚げ記録による天然礁における操業の把握

大瀬におけるマダイの分布移動を簡便に知るための一つの方法として、大瀬鯛縄協議会に加盟している漁業者のなかで周年に大瀬周辺水域を利用している漁業者の水揚げから、大瀬周辺域における魚類の分布移動と漁業（魚種、漁獲量）の把握を試みた。

水揚げは、山形県漁業協同組合念珠が関支所所属の組合員数名の販売代金精算書から、日別、魚種別、漁獲量、金額を得た。延縄漁業従事者のなかでもその漁場利用状況には大きな差が認められた。

定常的に大瀬礁を利用し、高い漁獲を上げているS氏の漁獲資料を一例として図に示した。S氏による主要な魚種の旬別漁獲量の推移を図4に示した。マダイの漁獲は産卵時期の春（5月上旬～6月末まで）と秋（10月上旬～1月上旬）の2つの山がある。大瀬では、7月から9月上旬にはマダイの分布量が少なくなるとともに、大型のサメが分布し、漁獲物を食われてしまうことから延縄の操業を中止している。このため、S氏はアマダイこぎ刺網漁業を大瀬の東から北側の深み（50～60尋）で操業するなど、漁業者により対象魚が異なる釣り漁業が大瀬周辺の水域で操業される。

銘柄別の水揚げから得た漁獲されたマダイの日別平均魚体重（図5）は、3月から5月に大きく、2kgを超えている。6月以降は平均が1kgを下回っており、産卵期に特に大瀬にマダイが増集していることがわかる。

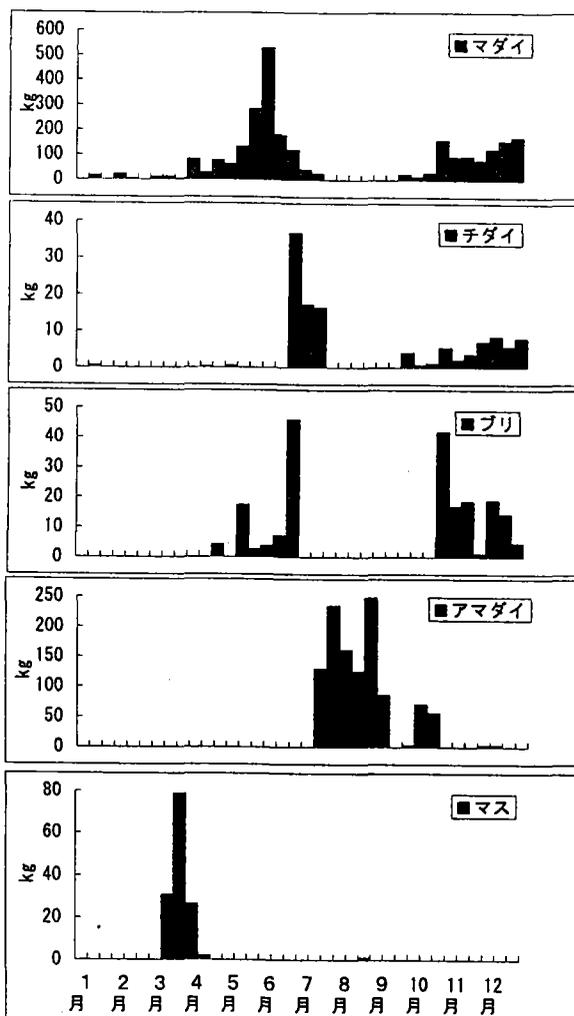


図4. 大瀬礁周辺水域におけるS氏の漁獲（1994年）

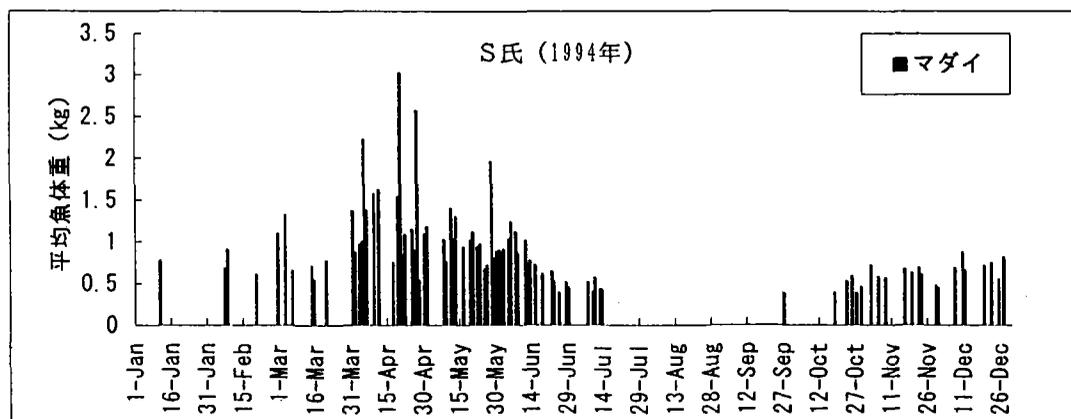


図5. 大瀬礁においてS氏が漁獲したマダイの日別平均魚体重の季節変化（1994年）

山形県水産試験場が実施した標本船調査のデータの一部を用いて、礁の南北方向における漁獲位置、漁獲量の季節変化を検討した。標本船調査は、はえ縄の操業がロラン2S3局の番号にそって行なわれることから、大瀬礁の地形を配慮してロラン番号による南北の区分けをし(図6)、操業日毎の針数、操業回数、の記入と日間漁獲量、の記録を依頼したものである。延縄漁業従事者のなかでもその漁場利用状況には大きな差が認められる。一例として、定常的に大瀬礁を利用し、高い漁獲を上げている前述のS氏の漁獲資料から得られる、礁の区域による漁獲量の季節変化を示した(図7)。各区の漁獲量(kg/日/人)を漁獲努力量(針数×統数)により日間漁獲量を案分して求めた。各区における漁獲量は季節的に変化し、1月に大瀬礁の南側の水深60m以深で漁獲され、2月ころから大瀬礁に近づいて4月まで水深60m以浅での漁獲が主になっている。4月末から5月上旬には大瀬礁の南の山を中心に浮き縄で漁獲されており、マダイが大瀬礁上に分布していると推察される。5月末には漁獲の中心は大瀬礁の北側の山に移動している。

延縄は漁獲のある水域で繰り返して操業されることから、標本船の資料から魚群の分布の概要を推定することができよう。しかしながら、各区の努力量あたりの漁獲量の季節変化を求めるには、操業統毎の漁獲量の資料が必要である。

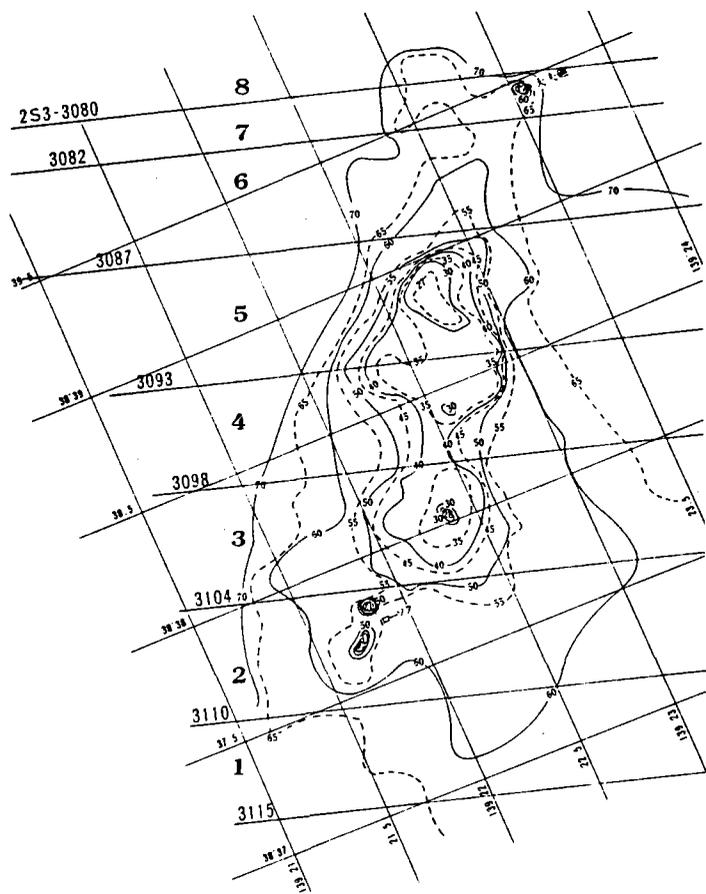


図6. 山形県による標本船調査野帳における大瀬礁水域の区分け

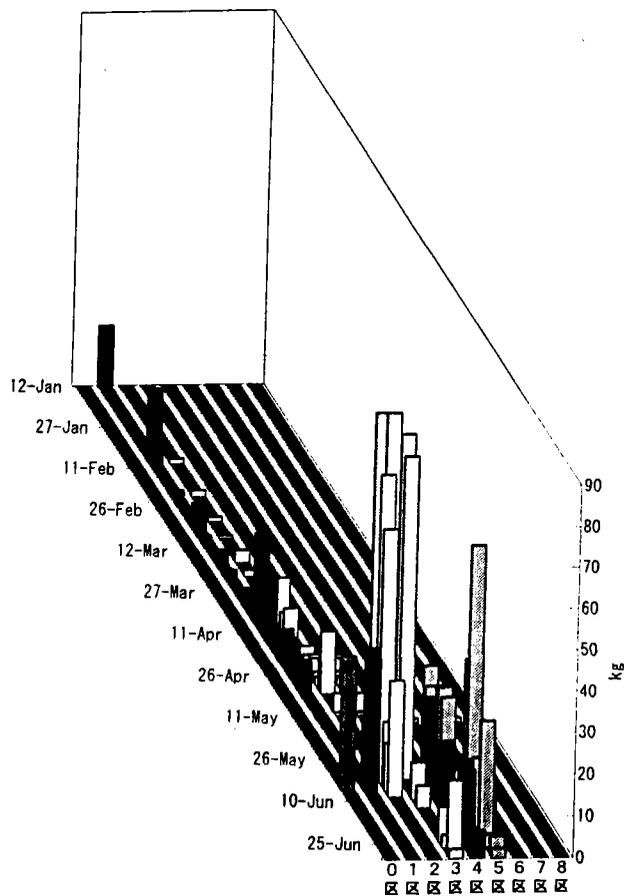


図7. 大瀬礁の標本船調査資料(山形県水試未発表資料)から算出したS氏のマダイ日別漁獲量の季節変化(1994年)

3. 鯛はえ縄漁業による天然礁漁場の評価

大瀬鯛縄協議会は現在24隻で構成され、周年に亘って大瀬周辺の水域を利用している。

マダイの産卵期の5～6月には大瀬本礁の南側が漁場の中心となり、マダイが夜間浮上する時をねらって浮はえ縄が操業される。その他の期間ははしご縄（底はえ縄）により底層（海底から15m程度）を中心として操業されている。

はえ縄のはりかたは、GPS から読み替えたロラン 2S3局の線に沿って、浮はえ縄は約 100m（ロランで 0.7）間隔を、はしご縄もロラン線に沿って約 1～2 km の長さを入れる（ロラン 2S4局の4767～4772の間）。

浮はえ縄の操業は操業番割に従って船を並べ、第1回目の投縄は、日没とともに一斉に陸側から沖へ2～3鉢（1鉢；50針、500m）を餌をつけながら投縄する（図8 a）。投縄後、縄待ちをして、一斉に揚縄する。この後は、早い者から番割りに従ってロラン線に沿って投縄する。この方法で1晩に4から6回操業する。投縄約10分、縄待ち約40分、揚縄約1時間である。

はしご縄は深夜に漁場へ行き、夜明け前に沖から陸へ2～3鉢（1鉢；100針、1000m）づつ餌をつけながら幹縄が海底から立ち上がるように投縄する（図8 b）。投縄1～2時間、揚縄約3時間である。

マダイ産卵時期の1994年6月4日の夜に、当業船19隻から漁業無線を通じて収集した浮はえ縄の第1回操業時（日没後）の漁獲結果を図9に示した。この時期にはマダイは大瀬礁の南側の斜面や「ローソクぐり」で主に漁獲されている。釣獲されたマダイの多くは成熟しており、取り込み時に放卵、放精する個体が見られた。このことから、マダイの分布が地形に規定されているとともに「大瀬礁」がマダイの産卵場となっていることが解る。

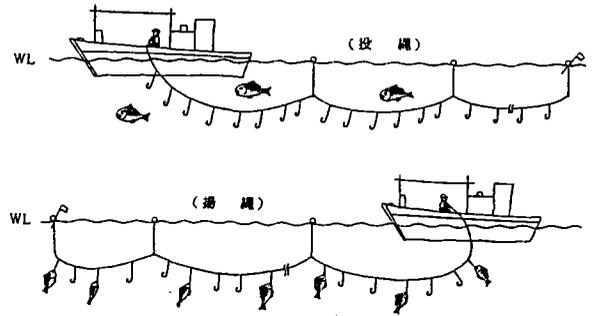


図8 a. 浮はえ縄操業図

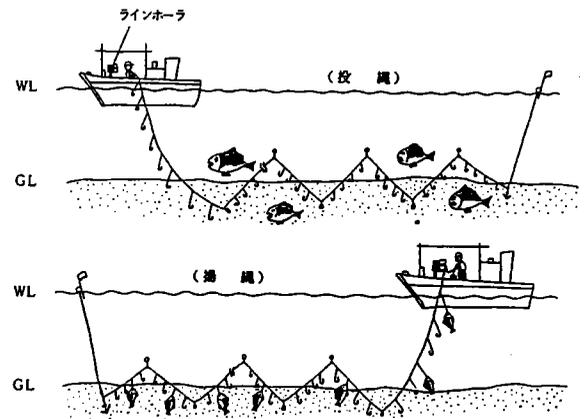


図8 b. はしご縄操業図

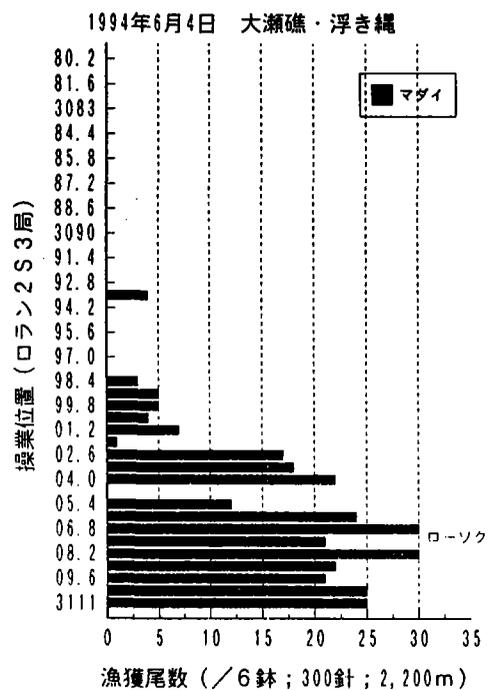


図9. 浮きはえ縄による漁獲(1994年6月4日)
(操業位置は縄投入時)

はしご縄は海底から立ち上げるために縄が流れにより移動しないことから、釣獲と地形の関係を検討することが可能と考えられたので、はしご縄による試験操業を1994年7月22日、8月26日、10月7日に行った。操業位置毎の漁獲尾数を図10 a、10 bに示した。7月22日には、5例の試験操業の他に、他操業船による4例の漁獲結果を加えた。7月には本礁南側の山の南（潮上側）でマダイ・チダイとも他点より多く漁獲された。これに対して8月には山の北側(2S3-3100)で多く漁獲された。

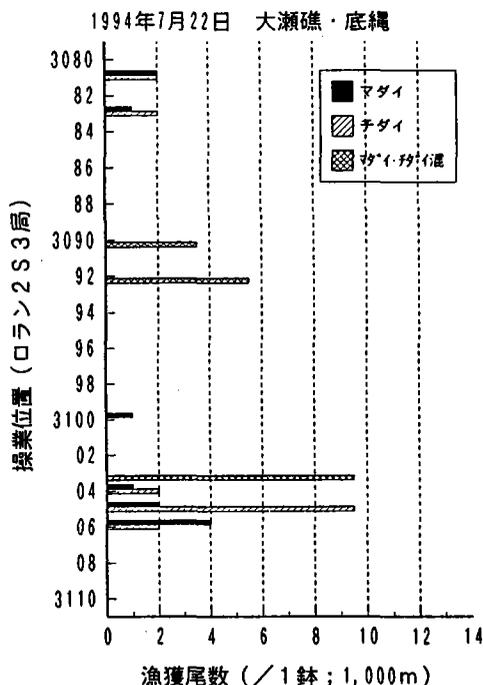


図10 a. はしご縄による漁獲(94年7月22日)

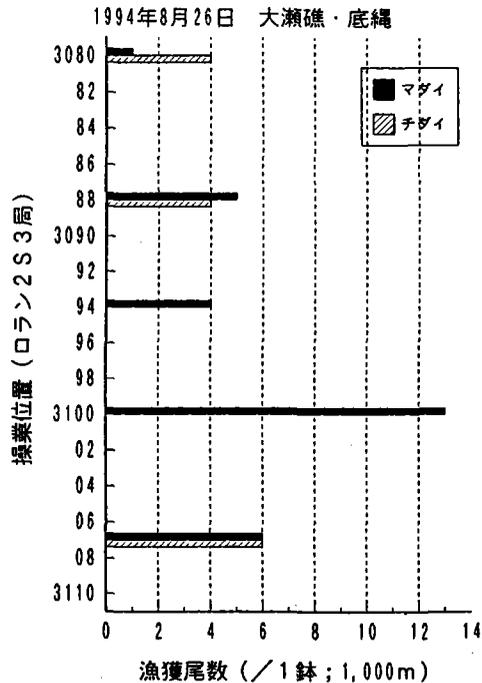


図10 b. はしご縄による漁獲(94年8月26日)

魚探で計測した海底地形にはしご縄による漁獲を書き加えたものを図11に例示した。

マダイは海底地形が大きく凹凸している場所で漁獲されていることが窺われるが、必ずしも一致していない。これは、縄操業時の位置の測定精度が低いことによるものと考えられる。

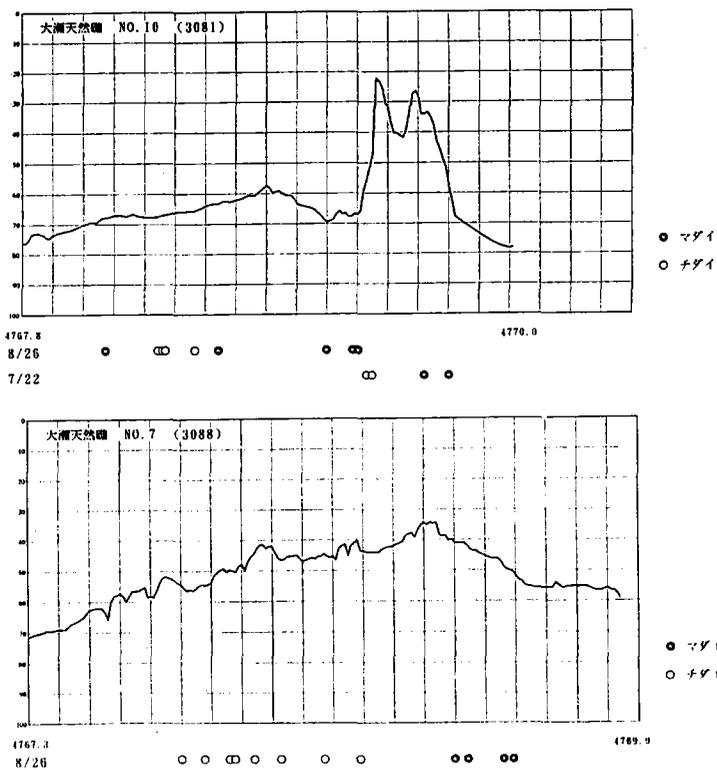


図11. はしご縄による漁獲と海底地形の関係
(上; 太夫礁、下; 大瀬礁)

4. 潜水調査による魚類の分布観察

1994年8月28日から、1997年8月31日までの数次にわたって「太夫ぐり」の頂部に潜水し、礁周辺における魚類分布状況を調べた。潜水観察は全て日中に行った。礁の頂は大きく3つの峰から構成されており、その内の最も浅い頂は水深18mであった。礁の水深20mまではヨレモク、エンドウモクが、30m付近までノコギリモク、オオバモクおよびツルアラメが被度100%で分布している。水深35mでは被度が10%程度となり、水深45mでは被度10%以下である(図12)。

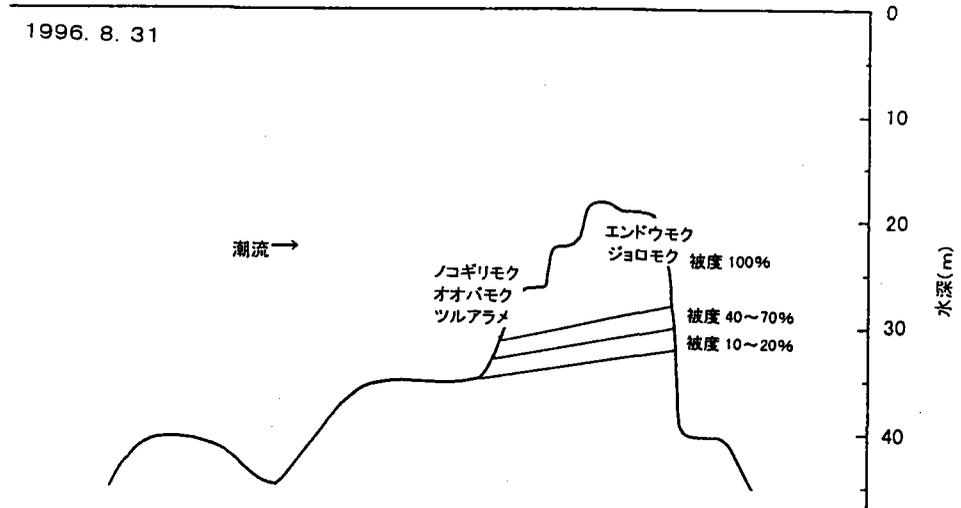


図12. 太夫礁の頂部における海藻の分布の模式図 (1996年8月31日)

1996年8月31日の魚類の分布状況を模式的に示した(図13)。体長7~10cmのスズメダイは礁から1m程度離れた潮上側に定位して群れて分布した。この時、体長3cm程スズメダイの幼魚はそれらより礁に近接した潮上側に、潮上に向かって群れて分布した。これらのスズメダイは潜水土による攪乱の後にも速やかにその群を再構成することから、流速が低い岩体の直近層を選択しつつも、安定した流れの中に定位して分布することが窺えた。

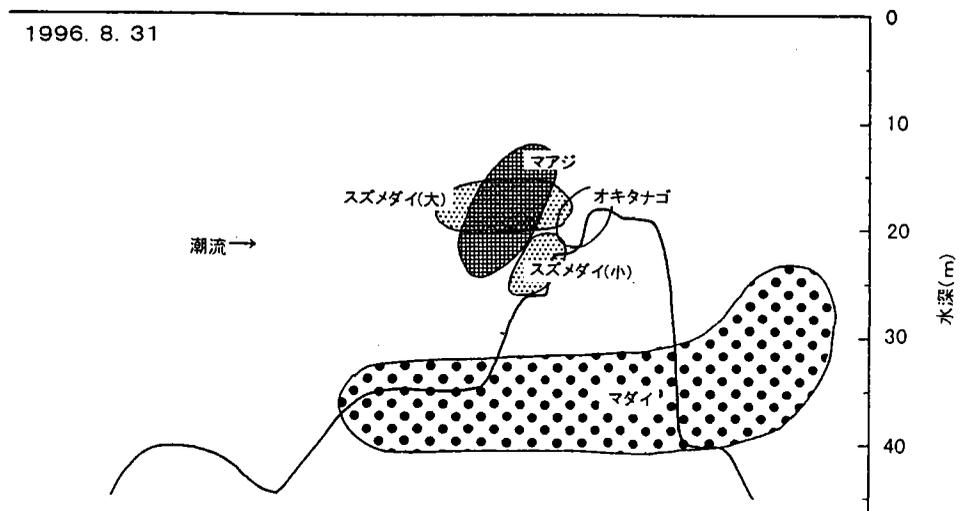


図13. 太夫礁の頂部における魚類の分布の模式図 (1996年8月31日)

ウマツラハギも礁の潮上に定位して群れたが、これに対して、キジハタ、ベラ類は礁の上の海藻の内外、礁の棚に分散して分布した。キツネメバルは水深40mまでの岩の潮上側の穴や棚に単独もしくは数尾の群で分布した。

太夫礁周辺では、マダイは礁の潮上から峰と峰間の海底が46mの深みに、海底近くから水深30mまでに数十から数百個体が潮上に向かって群れて定位して分布するのがたびたび観察される。このマダイの群の上部には時としてチダイが混じりながら分布した。

1997年7月には、体長約3cmのウスメバルの稚魚が太夫礁の頂部の潮上側の棚にへばりつくように分布していた(図14)。また、8月には体長3~5cmのスズメダイが同様に分布した。

これに対して、太夫礁の西300mに設置されている大型の鋼製魚礁(試験礁)ではスズメダイが全く観察されていない。また、ウスメバルの稚魚の分布も確認されたが少数であった。このように流れの強い海域に位置する天然礁で小魚の分布がみられるのは、礁が流れを遮ることにより、流れ着いた小魚が礁近傍の流れの弱い空間を好適な場所として定位することによると考える。

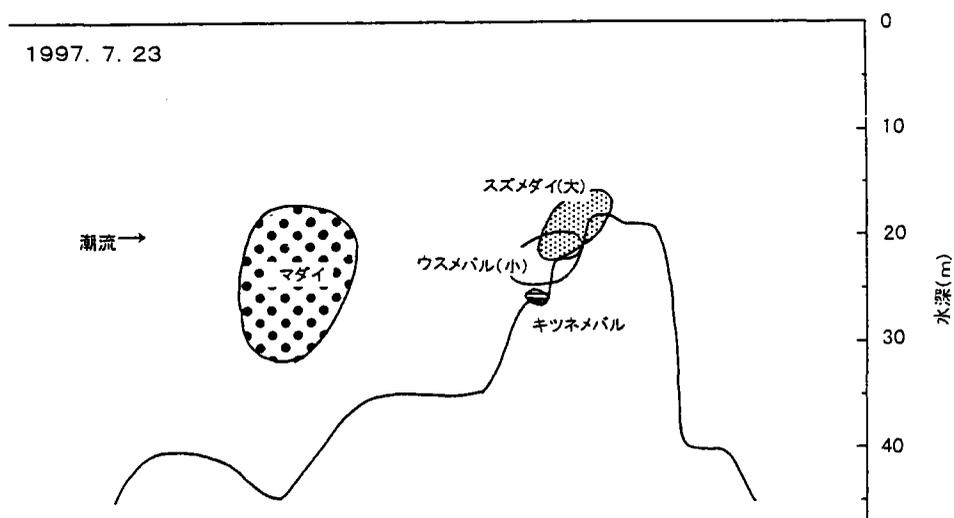


図14. 太夫礁の頂部における魚類の分布の模式図(1997年7月23日)

1996年7月~1997年8月の数次にわたり、大瀬本礁の中心部の魚探反応が強い地点に潜水し、微地形と魚類の分布状況の関係を観察した。水深27mの地点では、ツルアラメ、エンドウモク及びオオバモクが被度100%で分布していた。海底上には大瀬礁によって湧きあげられたと思われるやや水温の低い水が30cm内の層状に流れていた。

魚類の分布の様子を模式的に図15に示した。海底には高さ5~7mの大きな岩盤が数カ所あり、複雑な海底地形を呈している。太夫礁での魚類の分布と同様に、多数のスズメダイが礁の潮上側に近接して群れて分布した。その外側にはマアジ幼魚の群が分布した。昼間観測される強い魚探反応はこれらのスズメダイとマアジの群と考える。これらのマアジやスズメダイは、太夫礁での分布状況と同様に小型魚の群が岩体に近接し、これより大型魚の群がその外に群れていた。本礁では大小の岩盤が複雑な海底地形を形作っているために、ところによっては潮流に対して岩盤周囲では逆の流れが生じるが、スズメダイやマアジの小魚はこれらの流れの潮上側に定位して群れて分布した。

キツネメバル、キジハタなどは岩の潮上側の穴や棚に単独で分布した。マダイは平坦な地点よりも、岩盤が突出した複雑な地形の近くで群れて分布する傾向が窺えた。

また、この地点では7月、9月にマグロ、ブリの大群が観察された。なかでも9月にはサメに追われたマグロが吐出して海底上に落ちた胃内容物（イカ、カタクチイワシ）をマダイが捕食する意外な食物関係の一例が観察された。

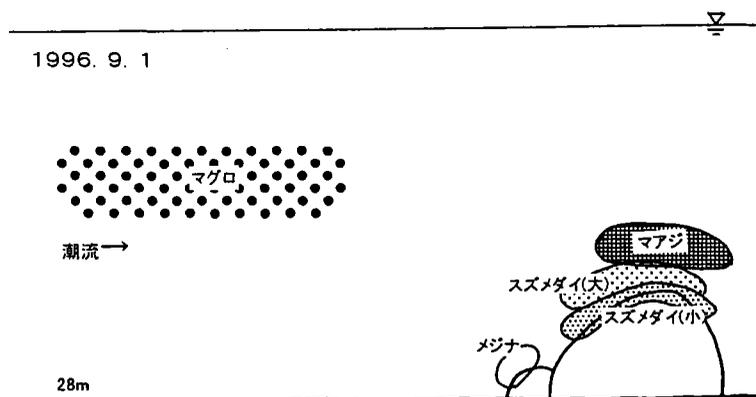


図15. 大瀬本礁の頂部における魚類の分布の模式図（1996年9月1日）

5. 魚礁に分布する魚類の摂餌

大瀬本礁、太夫礁及び太夫礁の西側に設置されている試験礁において、延縄と一本釣により分布する魚類を採集し、その胃内容物を調べた。

延縄で早朝に採集されたマダイやチダイは空胃個体が多かった。大瀬本礁で得られたマダイは魚類とカニ類を捕食していた。漁業者からの聞き取りによれば、釣獲されたマダイがスズメダイなどの魚類を捕食している。マダイが多く漁獲される場所はスズメダイやマアジなどの小魚が多数分布する海底起伏の大きい場所であるので、マダイの摂餌に好適な場所となっているものと考えられる。小型のマダイは浮遊生物であるウキツノガイを多く捕食していた。また、太夫礁の近傍で採集されたマダイ1個体はヒドロ虫を捕食していた。

昼間に一本釣りで採集された魚類の胃内容物を表2に示した。

表2. 大瀬礁に分布する魚類の餌料生物（1997年8月30, 31日）

		体長(cm)	個体数	魚類	エビ類	カニ類	他の 甲殻類	貝類	多毛類	付着生物	海藻	浮遊生物	不明
大瀬礁	ウマヅラハギ	TL21.8~22.0	2								19.0	40.0	41.0
	ササノハベラ	TL18.0	1				100.0						
	アイナメ	TL30.6	1	87.0		1.0		1.0			4.0		6.0
	キジハタ	TL26.8	1	100.0									
	ブリ	FL27.0~30.0	3	100.0									
	ヒラマサ	FL46.0~48.0	2	100.0									
太夫礁	ウマヅラハギ	TL36.4~38.2	2								38.0	22.5	38.0
	ササノハベラ	TL15.0~20.6	9		2.9	1.2	9.8	51.9	9.4	7.6			22.3
	キジハタ	TL26.0~32.9		50.0		27.0							23.0
試験礁	ウマヅラハギ	TL16.1~19.6	7				3.7			32.3		59.0	5.1
	チダイ	TL22.5~23.4	2									100.0	
	ササノハベラ*	17.2	1					100.0					
	コブダイ*	28.0	1					96.0		4.0			

*: 試験礁近傍の海底からの釣獲

試験礁で採集されたチダイはウキツノガイやかいあし類の浮遊生物を捕食していた。

胃内容物の調査個体が少なく、太夫礁の潮上側にマダイやチダイが群泳する理由は明らかにはできなかった。潜水観察によると、太夫礁に群泳するマダイやチダイが流れによって流下する懸濁物を捕食する行動が観察されているので、マダイやチダイは流れの安定した礁の潮上側で浮遊性の餌料生物を捕食している可能性がある。

大瀬本礁、太夫礁、試験礁で採集されたウマヅラハギの胃内容物は、場所により幾分か異なった。試験礁ではウキツノガイや巻貝の幼生などの浮遊生物が多くを占め、試験礁の表面に付着するコケムシ、ヒドロ虫などの付着生物これに次いだ。これに対して大瀬本礁と太夫礁では、試験礁と同様にウキツノガイなどの浮遊生物も多いが、海藻が捕食されていて、胃内容物体重比も大きい。

また、大瀬本礁では、アイナメ、キジハタが体長4～6cmのマアジを、ブリ、ヒラマサが4～8cmのマアジを捕食しており、先にも述べたように、礁の近くに蟄集分布するマアジ幼魚が好適な餌料となっていることが窺えた。

礁の潮上に群泳するマアジやスズメダイは胃内容物調査によるといずれも動物プランクトンであるかいあし類を捕食している。潜水観察によればマアジ幼魚やスズメダイは潮上に向かって群泳しながら摂餌する行動が観察されているので、礁の潮上近傍の安定した流れの中を好適な生息場所としていることが推察される。

以上のような大瀬礁と太夫礁における調査から、マダイが海底地形と密接に関わって分布することは明らかであるが、マダイに効果的な礁の構造を見いだすには至らなかった。一方、ブリ、ヒラメ、ハタなどの魚食性魚類にとってはマアジなどの餌料小魚の分布が必要であるので、魚食性魚類に適した魚礁を造成するには、餌料小魚の蟄集分布に効果的になるような構造や大きさの検討が重要であると考え

摘 要

4年度にわたる調査から、以下のことを得た。

① 水揚げ伝票と漁業者からの聞き取り及び操業日誌調査により大瀬礁およびその周辺海域の利用状況と魚類分布の概要が把握できた。このような検討は、魚の移動を配慮した適切な調査計画を立案するのに有効で、漁場造成計画前の漁業実態調査の一項目として重要と考える。

② 天然礁などにおける魚類分布の調査手法として、広域な調査では底はえ縄が、局所的な調査では立縄などの漁獲方法を用いることが有効と考えられた。

③ 天然礁における魚探、潜水による調査から、昼間、スズメダイやマアジは海底の凸部の潮上に群を形成して分布し、マダイは深みの大きな凹部に分布するなど、地形と密接に関わって分布することが明らかになった。

④ 太夫礁近傍でのマダイの成群分布は海底地形に起因する餌料生物の分布や水理との関連が大きいと推察される。

⑤ 天然礁及び人工魚礁の分布魚類の胃内容物調査から、魚礁に分布する餌料小魚が魚食性魚類の餌料となっていることが認められた。

今後の課題

効果的な魚礁漁場を造成するためには、天然礁における対象魚類の分布に関わる微地形と餌料生物（魚類、甲殻類）の分布に関する知見が重要と考える。本調査においては、魚探調査と漁獲調査によって粗く、また、潜水観察によって詳細に魚類の分布と地形をとらえようとした。この結果、既に報告されていることを超えるような知見は得られなかったが、魚類の分布に地形と流れが大きくかかわっていることが確認できた。今後、効果的な魚礁漁場造成を進めるためには、魚礁形状、配置による魚類蟄集、培養機能の評価を進めることが重要と考える。