

死んだ魚はなぜいないか

河井智康*¹・石橋喜美子*¹

自然の海で死魚が発見されない事から、魚の死亡は主に他の動物による生きている間の食害である、という仮説を立てた。これに対する反論として、他の要因で死んだ魚が海中あるいは海底で瞬時に食べられるという意見が出された。そこで、海中および海底に死魚を放置し、どの程度の残留時間があるかをみることによって、その反論の妥当性を吟味した。

実験は駿河湾の深海部(1700m)と浅海部(230m)の両方で行われた。海中に垂下した死魚(マサバ成魚30尾)は数時間後も何の変化もなく回収された。海底に放置した死魚(マサバ成魚30尾)の残留率は、4時間で約50%となるが、捕魚者がアナゴや門口類が主であり、頭・骨・尾などが残り、ヒトデ類が scavenger の役割を果たすものの、数日間が残っていると推定された。またこの間、海底に天然の死魚は一尾も発見されなかった。

この結果は、筆者らの仮説を間接的に支持している。

On the Reasons for the Nonexistence of Fish Carcasses in Natural Sea Water and on Sea Bed

Tomoyasu KAWAI *² and Kimiko ISIBASI *²

Fish carcasses are seldom found in natural sea water or on the sea bed. The authors hypothesize that the main cause of natural mortality of live fish is predation. It is counterargued that other causes exist, such as that dead fish are immediately eaten by other sea or sea-bed animals. In order to test this counterargument, experiments to estimate the time dead fish remained in sea water and on the sea bed were prepared.

The experiments were carried out in Suruga Bay, at depths of 1,700 m and 230 m. Thirty dead mackerel were suspended in sea water and remained without any damage for several hours. Of thirty dead mackerel laid on the sea bed, about 50% remained four hours later. Because the predators were chiefly congers or Cyclostomata which could not eat the head or bones of mackerel, it was estimated that the dead fish would be observable for several days until starfish scavengers eliminated the remains. During these experi-

*¹ 東海区水産研究所

*² Tokai Regional Fisheries Research Laboratory

ments, nothing of other fish carcasses was found under natural conditions, either in sea water or on the sea bed.

The results of these experiments indirectly support authors' hypothesis.

1. 問題の所在

水産資源解析において、現在最も解明を急がれている問題は、魚類の自然死亡と再生産のメカニズムである。一般に魚類は多産性という特徴をもち、陸上動物に見られない大量の産卵そして大量の死亡を生態特性としている。おそらくは、陸上動物の進化が寡産と保育機能の発達に向ったのに対し、魚類、とりわけその主体をなす海産硬骨魚類では、多産という方向へ進んだものと考えられる。したがって、その多産性からくる大量死亡のメカニズムを解明すること、またとりわけ仔魚期の死亡が大きいことからくる再生産関係の解明は、魚類の資源解析に残された課題の中で、最も重要な基本的な部分といえよう。

魚類の産卵数は、一般に数千から数百万粒に及ぶが、その数千粒にしても、その内成熟し親魚になるのは雌雄一尾づつ存在すれば、資源は安泰である。つまり生涯を通じた生残率は数千分の2でよいことになる。ところが、生残った数千分の2の方は自然界でも見ることができのに対し、圧倒的多数を占める死んだ方の魚体をわれわれは殆ど見ることができない。特に海では稀である。勿論沿岸の公害や異常水温のために時折大量の死魚が浮かぶことはある。しかし自然の海の中ではそのような光景には殆どぶつかる事はない。例えばニュージーランドの沖で数年前にウバザメの死体が網にかかったことがあるし、また日本海において、相当量のマイワシ死魚が浮上したことがある。しかしそれはむしろ例外的な事象である。この事実はまた世界中の海で共通のことでもある。

そこで筆者らは、魚類の一般的な死亡要因は生きている内に食われること、すなわち他の動物による食害が主要な死亡要因であるという仮説を提案した。しかしこれは従来一般に死亡要因として

言われていた餌不足、病気、環境悪化などとはかなり視点が異なることから、2つの点で強い反論が行われた。1つは他の要因で死亡した魚が海底に沈む過程で食われてしまう、もう1つは、他の要因で死亡した魚が、海中を落下して海底につくやたちまち scavenger に食われるという反論であった。そこで筆者らは、「しんかい 2000」によって間接的にその反論の妥当性を吟味することを考えた。すなわち海底に死魚を放置し、それが果して瞬時に底棲生物によって消化されてしまうかどうかを見ること、また同時に表層から死魚を海中に垂下し、その消耗度合を見ることによって死魚が海底に沈下するまでに食われるかどうかを見ることのできると思った。

2. 実験方法

実験に用いた仕掛けは図1に示した通りである。海中用と海底用の2組を作製したが、共に10m間隔に体長30~40cmの冷凍したマサバを1尾づつ取りつけ、1つの仕掛けに30尾、したがって全長300mの底はえ縄状のものとした。但し、釣針は

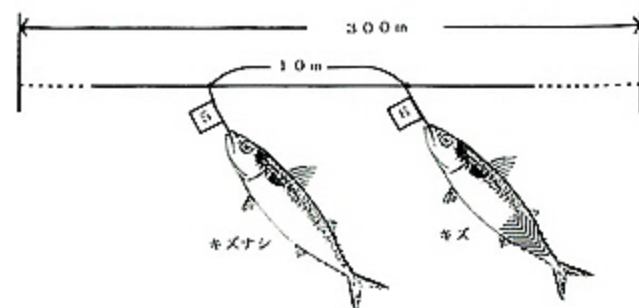


図1. 実験に用いた餌サバの仕掛け
The contrivance of bait
(frozen mackerel)
for predatory animal in sea.

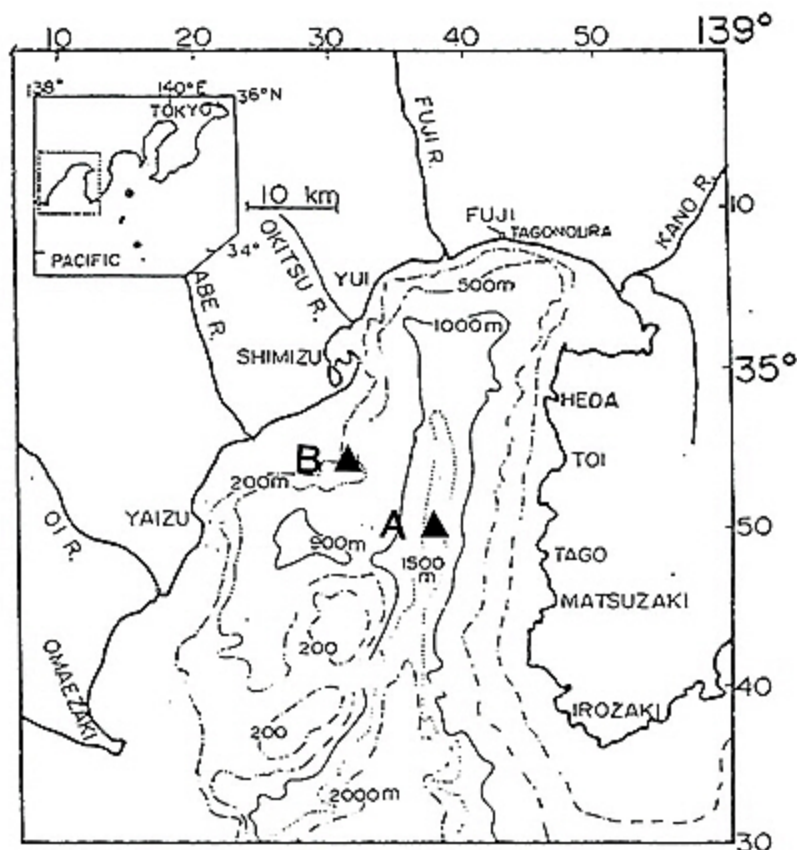


図2. 調査地点図

A : 1985年2月9日

B : 1985年10月11・12日

Location of investigation in Suruga Bay.

A : Station in Feb. 9th, 1985.

B : Station in Oct. 11・12th, 1985.

つけていない。これはもしも大型の動物が捕食した場合、仕掛けごと持ち去られることを懸念したためであるが、結果としてはその想像が当り、実験が成功した原因ともなった。また、30尾の餌サバは1尾おきに尾部の皮をそいでとりつけた。(図1のキズサバ)。これは、深海にあっては魚類は目が退化しており、餌の存在を臭いでつきとめるという意見があり、無キズのものとの比較も試みることにした。それはまた、従来の海底での投餌実験が魚の切身を主体にしており、その場合の実験が魚の自然に死んだ場合と同等の基準で論じられるかどうかの判断にも有効と考えたからである。

海底での仕掛けの設置は、潜水船外側にとりつけられたバスケットに餌サバをつけたラインをコ

イル状に入れ、その上端に海底固定用の重りつきの板をとりつけ、潜水船が着底後に固定板を設置し、船を後進させることでラインを直線的に展張させる方法を用いた。この方法は概ね良好であった。また海面からの仕掛けの垂下は、母船「なつしま」から鉛直に垂下させる方法をとった。しかし、母船「なつしま」は常に「しんかい2000」の真上に位置するように移動すること、また若干の潮流もあり、ラインの傾角は不安定であった。

実験は駿河湾で深海・浅海で夫々1回、合計2回にわたって行われた。一般に魚介類が多数生息しているのは200m前後までであるが、駿河湾という内湾域であり、海底が深いところでも海の中・上層部には魚類が遊泳しており、もしも自然死亡が餓死、病死等であれば自然界での浮魚類の死魚の

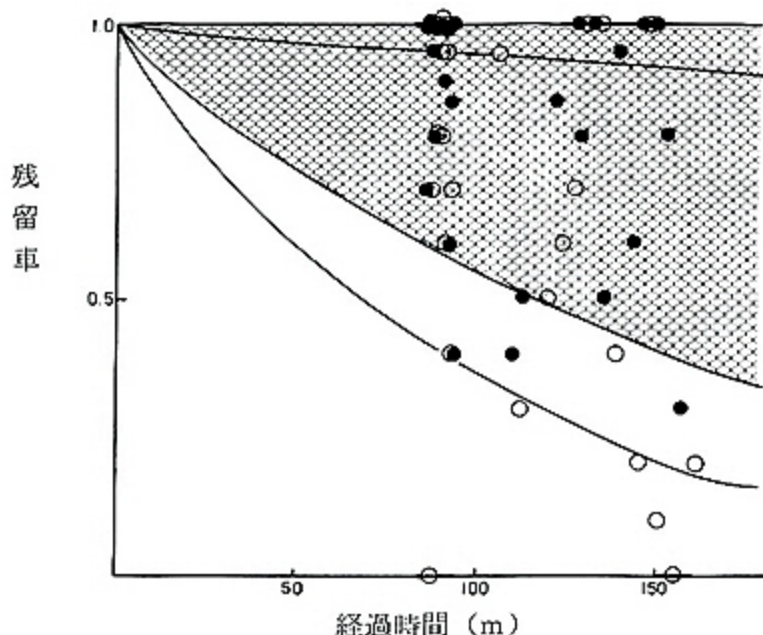


図3. 餌サバの海底における残留率の推移(1700m)

●無キズのサバ ○尾部にキズ

網目の範囲が無キズのサバの残留率の範囲 ($\pm\sigma$) を示し、平均的には、 $S = e^{-0.167t}$ (t : 時間) となる。他の2本の曲線はキズサバの残留率を示す。

Change in survival rate of bait on sea bed (1700 m).

●: bait in whole body ○: bait with skinless part at the rear

The mesh area shows the range ($\pm\sigma$) of survival rate by using of the bait in whole body, which is shown averagely $S = e^{-0.167t}$ (t : hours) and the another two lines show the range of survival rate by using of the bait with skinless part at the rear.

存在割合は大差ない筈だと考え、深浅両海域を選んだ。

3. 実験結果

1) 第1回目の実験

第1回目の実験は、1985年2月9日に駿河湾中央部(図2のA地点)の最大深度1690mの地点で行った。海底は泥質で平坦な場所であり、仕掛けの設置は順調にいった。餌サバ設置後の観察時間は11時47分から14時28分の2時間41分であった。観察方法は、始点からラインを展張し終わった後、再び始点に戻ってからパトロールを開始した。これは餌サバ設置後の経過時間をなるべく揃えるためである。パトロール回数は2回としたが、2回目は時間の余裕がなく、終点から逆向きに始点へとパトロールを行って観察した。一方、

海上からの餌サバの垂下は、海底での実験と時刻を合わせ、同一時間帯で行った。

海底に現われた動物種は下記の通りである。

Rajiformes エイ目

Rajidae ガンギエイ科

Bathyraja sp. ソコガンギエイ属

Chimaeriformes ギンザメ目

Chimaeridae ギンザメ科

Hydrolagus purpureus (Gilbert)

ムラサキギンザメ

Anguilliformes ウナギ目

Synphobranchidae ホラアナゴ科

Histiobranchus bathybius

(Günther) ソコアナゴ

Notacanthiformes ソコギス目

Halosauridae トカゲギス科

Halosaurus microchir (Günther)?

Myctophiformes ハダカイワシ目

lpinopidae

ipnops sp.

Gadiformes タラ目

Macrouridae ソコダラ科

Coryphaenoides acrolepis (Bean)

イバラヒゲ

Scorpaeniformes カサゴ目

Liparidae クサウオ科

Careproctus sp.?

Paraliparis sp.?

またその中で餌サバの捕食者を写真で示す。種まで同定できないものがいくつかあったが、量的に多いのはソコアナゴであり、その捕食ぶりは最も貪欲であった。また若干の微生物の付着がみられたが、量的には少なく、またその種類の査定はできなかった。

餌サバの食われている割合を目視で判断し、時間経過との対比で示したのが図3である。1尾づつの残留率を夫々1点の黒丸又は白丸で示したが、2回のパトロール結果であり、1尾につき2個の丸印が対応している。すなわち、1回目のパトロールは始点から終点に向け行ったので、概ね90分前後に集中しているが、2回目のパトロールは逆向きだったために、経過時間はまちまちになっている。この図から下記のことが推論できる。

(1) キズサバの残留率(白丸)は無キズのサバのそれ(黒丸)に比べ、相対的に低くなっており、捕食者はキズサバの方により早く食い付くものと考えられる。

(2) 黒丸、白丸両方の分布とも、かなり幅広く分散しており、死魚の消耗速度の推定は概数としてみなければならぬ。

(3) 無キズのサバ(自然の死亡魚に対応)の消耗率は、平均的には1時間当り15.4%となり、約30時間は海底で残留が視認できると考えられる。ちなみに、10時間毎の推定残留率は以下の通りとなる。

10 時間後	18.8 %
20 "	3.5 %
30 "	0.7 %

なお、母船から垂したマサバには、何らの食わ

れた跡がなく、30尾とも元のままであった。

2) 第2回目の実験

第2回目の実験は、1985年10月11、12日の2日間連続観察の形で行われた。実験場所は駿河湾西部焼津沖(図2のB地点)の、最大深度235mの地点であった。海底は第一回目と同じく泥質で平坦な場所であった。仕掛けの設置は順調に進行したが、途中で設置済のラインが切断され、約半分が固定点なしの状態となった。2回目の実験方法は1回目とまったく同様であったが、2日間連続して潜航できたので、2日目は、前日に設置した餌サバの24時間後の状態を確認することができた。

パトロールは1日目が11時06分より14時55分の3時間49分、2日目が11時43分より14時30分の2時間47分であった。しかしラインが切断されたため、1、2日目とも若干の時間をその探索に費した。今回の実験は230m前後で生物相も比較的豊富であり、また海底にはクモヒトデが多数棲息しているなど、1700mの海底とはかなり様子を異にしていた。しかし、餌サバを捕食する魚類はヌタウナギ(*Eptatretus burgeri*)1種であり、他はクモヒトデなどヒトデ類であった。すなわち、餌サバをまずヌタウナギが捕食し、内臓部分から肉部分をほぐす食べつくし、その後をヒトデ類がとりついて、scavengerの役割りを果たすようである。

2日目の観察は今回が初めてであったが、殆ど餌サバが頭・骨・尾となり、それにヒトデ類がとりついていて、それは前日の設置から24~27時間後の状況であり、第1回目の結果から餌サバの残留時間を30時間と推定したが、魚としての骨格を視認できる時間は、それよりも長くなると考えられる。2回目の餌サバの残留割合を時間との関係でグラフにしたのが図4である。これを第1回目の結果と比較すると若干異なる傾向が見られる。1つはキズサバと無キズのサバでの残留割合にあまり差がないこと、また30時間以降もある程度の割合で存続することが想像される。但し、餌サバの頭・骨・尾が残っている場合を20%の残留とし、頭部だけを10%として計測した。

なお、船上からの餌サバの垂下実験では、1回目の時と全く同様に、何の損傷もみられなかった。

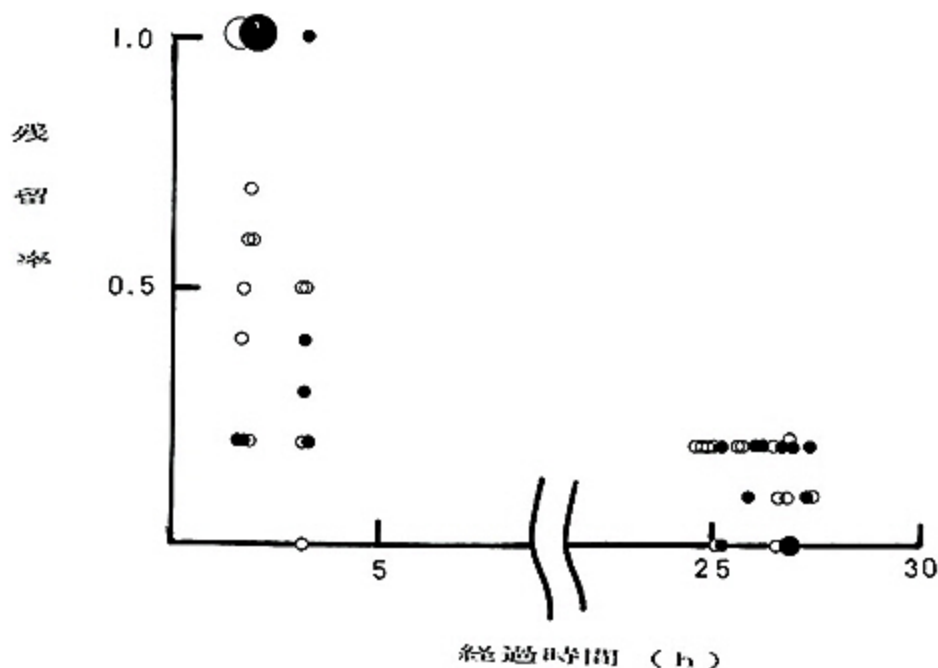


図4. 餌サバの海底における残留率の推移(235 m)
Change in survival rate of bait on sea bed (235 m depth).

4. 結果の考察

以上2回にわたる実験結果から、以下のことが特徴づけられる。

第1は、1700 m水深の地点の結果と230 m水深での実験結果に食害という点では基本的な差がなかったことである。たしかに生物相は浅海底の方が豊富であるが、死魚を捕食する種はかなり少なく、しかも深海でのソコアナゴと浅海のスタウナギと、共に同じ形態でしかもその生態が似通った種であったことは興味深い。深海の場合にはギンザメやソコダラの類も現われ、おそらく捕食者ではあろうが、その量あるいは積極性においてはソコアナゴの比ではない。またその結果である餌サバの消耗速度においても、1日目の結果の比較では深さによっては大差なく、4時間後には概ね半減するという共通点をもっている。したがって少なくとも駿河湾内においては、今回の実験結果が一般的に起っている現象と考えると、それほど大きな誤まりはないと思われる。

第2の特徴は、かなり長時間、少なくとも数日間、餌サバの死骸が海底に存続するという推論が十分に成り立つという点である。1700 mの海底

では、少数ではあるがギンザメが捕食した後と思われる食われ方(胴から食いちぎられる)も観察されたが、一般にはアナゴ類と円口類に食われるのが大部分である。彼らは魚の骨や頭まで食わず、肉・内臓部分のみである。したがってその後をヒトデ類が食べるとすれば、かなり長時間を要することは明らかである。スクリップス海洋研究所のSmith C.R.(1985)¹⁾は、Santa Catalina Basin (33°13'~18'N, 118°37'~38'W)の1300 m深海底で筆者らと類似の実験を行っている。これは海底に少数の魚体(例えばサバ2尾あるいはブリ1尾)を固定し、数週間に互り断続的な写真撮影をしたものであるが、これによっても、主要な捕食者はまず円口類でありその後ヒトデ類が集まりscavengerの役割を果し、数日間では消費することを示した。したがって、自然界でもし飢えや病気が主な死亡要因であり、その死亡した魚が海底に沈下したとしても、平均的に数日間はその姿を海底に晒しているとみてよいであろう。このことは、例えば筆者らがこの実験を通じて、のべ10時間近い海底での観測中1回も魚の死骸を見ていない事と著しく矛盾するように思われる。

第3の特徴は、第1回目の実験結果ではキズバの方が先に食われ、無キズの方が比較的あとまで残されていたが、2回目の結果では両者に殆んど差がみられなかった。このことは、その深度とよく関係しているように思われる。すなわち、1700mの深海では動物の目は極度に退化し視力が殆んどなく、嗅覚によって餌を識別するのに対し、230m位の浅海では、人間の目には殆んど暗黒の世界であるが、海底動物にはまだものを見分ける視力の範囲内であり、餌を目で識別していると考えられる。このことは、「しんかい2000」が近付いた時に、1700mの海底では殆んど衝突する位に近づいても彼らが逃げないのに対し、230mでは近づくとつれ、いち早く海底泥の中に姿をかくすものが多かったことから推論される。

6. 論 議

以上の実験結果を通じて、筆者らはますます魚類の自然界における死亡が、彼らの生きている間の食害による場合が主体であるという仮説に確信を深めることができた。それは今回筆者らの目で直接海底を見ただけでも、そう思うことが当然のようにも感じた。実際トロールなどの底びき網漁業で縦横に網をひいても、一尾も死骸はなく、みな刺身で食べられるほどの新鮮な魚である。もとも多くの魚類は死亡した場合いったん水面に浮く。赤潮が大発生したために、死んだ養殖場のブリは累々として海面にただようし、公害とか異常気象などで死ぬ場合にも浮き上る。しかし自然界で浮いている死魚は、1981年に新潟沖のマイワシで大量に見られた²⁾程度で、極めて稀な現象である。

ところが「なつしま」による曳航TVでかなり多くの死魚が日本海の秋田沖(40°45'N, 139°05'E付近)水深約3000mの海底で発見された³⁾。これは1983年9月と84年8月にのべ3回にわたり同一海域でのべ14尾を視測しており、従来例外的に死魚が浮上したりするケースとは異なった状態といえる。筆者らはこのビデオを見たが、かなりの頻度で死魚が出現している。第1回目は1983年9月22日に約4時間に8尾、第2回目は1984年8月13日に約4時間に3尾、第3回目は1984年8月16日に僅か10分間に3尾がみられ

た。魚種の同定は困難であったが、14尾中イカ類が3尾あり、魚類は11尾である。

この曳航TVの撮影は速度0.7ノット程度で、その視界はせいぜい2m位の幅であり、そこにこれだけの頻度で死魚が見られたことは、その海域でかなり大量の死魚があったと推定され、重大な意味をもつ。もしもこの状態が多くの海域で見られるならば筆者らの仮説は否定される。しかし、他の海域ではそのような例がないことから、特異現象として考えることもできる。この秋田沖調査も、1983年5月26日に起きた「秋田沖地震」の影響調査であり、この死魚が地震による何らかの異変に原因があるとも考えられる。この秋田沖地震の漁業に対する影響調査については青森県水産試験場が報告書⁴⁾を出しているが、そこでは死魚についての情報はなく、珍種の来遊、漁況の変化などが見られている。

また秋田県沖を中心に近年ハタハタを主体に底びき網漁業の漁獲が急減していることも特異現象の1つである。例えば秋田県のハタハタ漁獲量を見ると、1980年には約2000トンの漁獲があったが、以後年々減少し、1984年には僅か74トンと、壊滅的な状態となった。曳航TV撮影の死魚の中に、ハタハタと思われる魚種も含まれており、両者の関連も注目される場所である。

以上の事から、「なつしま」による秋田沖の死魚の発見は、おそらく一般的な現象ではなく、何らかの原因による特異現象と考えられる。したがって、筆者らの仮説が否定される情報は、現在のところないといえよう。

なお、筆者らの本調査の全経過については別途報告してある^{5),6)}。

謝 辞

今回の実験および本報告に当っては、多くの方々のご協力を得た。実験用の仕掛け作製に当っては水産工学研究所の三次信輔氏、上原玄之助氏に設計・製作をお願いした。また2回の実験に際しては、海洋科学技術センターしんかい運航部のスタッフの方々と「なつしま」乗組員の方々に親身のご協力をいただいた。東海区水産研究所の高橋朋世氏と喜古暁子氏には、母船「なつしま」に乗船し、実験にご協力いただいた。さらに本報作成

に際し、海洋科学技術センターの橋本惇氏には秋田沖での曳航TV記録に関し貴重なお意見をいただき、またVTR記録による魚種の同定を東海区水産研究所の藤井英一氏にお願いした。ここに衷心より感謝の意を表す。

参考文献

- 1) SMITH, C. R. (1985): Food for the deep sea: utilization, dispersal, and flux of nekton falls at the Santa Catalina Basin floor, *Deep Sea Research*, Vol. 32, No. 4, p. 417-442.
- 2) 新潟県農林水産部 (1982): マイワシ大量斃死による漁業への影響調査報告書, pp. 100.
- 3) 堀田 宏他 4 名 (1985): 昭和 58 年日本海中部地震震源域の目視調査, 海洋科学技術センター試験研究報告, 14, p. 37-53.
- 4) 赤羽光秋他 7 名 (1984): 日本海中部地震の前後における水産生物の異常に関する調査, 青森県水産試験場, pp. 104.
- 5) 河井智康・石橋喜美子・高橋朋世 (1985): なつしま・しんかい調査記, さかな (東海区水産研究所), 35 号, p. 21-28.
- 6) 石橋喜美子・河井智康・喜古暁子 (1986): 続・なつしま・しんかい調査記, さかな, 36 号, p. 17-26.

(原稿受理: 1986 年 3 月 24 日)



(1)



(2)



(3)



(4)

写真1. 餌サバに集まってきた海底動物 (1700mの海底)
Mega fauna who came up to the bait (1700 m).

- (1) ソコアナゴ *Histiobranchus bathybius*(Gunther) (2) ソコガンギエイ属 *Bathyraja* sp.
(3) タラバガニ科 Lithodidae (4) ムラサキギンザメ *Hydrolagus purpureus*(Gilbert)

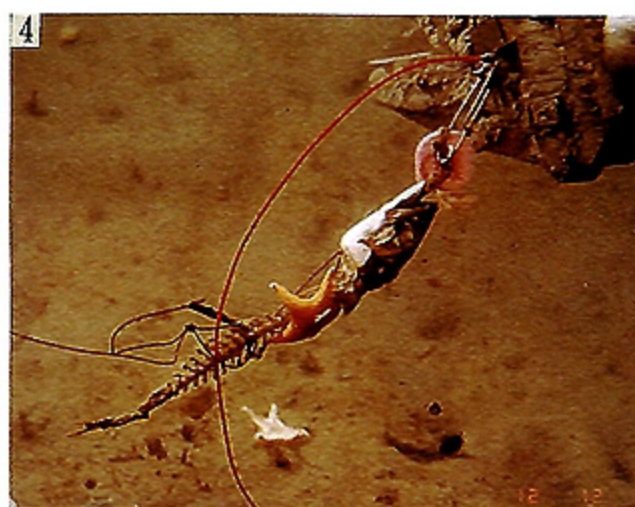


写真2. 235mの海底での観察写真

Observations on the sea bed in 235 m depth.

- (1) 海底で群をなして泳ぐ小魚 A fish school of small species on sea bed. (2) ダイコクウサギフエの小群 A fish school of *Macrorhamphosus gracilis*. (3) 餌サバの入っているカゴ、ヌクウナギが入っているの見える A dead mackerel as a bait in basket. A *Eptutretus burgeri* can be seen in it. (4) 餌サバの骨にとりついてヒトデ (24時間後) A starfish eats the bone of mackerel (after 24 hours).