



国際シンポジウム

未知の世界へ、神秘の深海生物を探る

An International Symposium

Into the Unknown, Researching Mysterious Deep-Sea Animals

Venue: Okinawa Churaumi Aquarium, Okinawa, Japan.



講演要旨集(再版)
Reprinted Abstracts

Contents

- 157 大西洋中央海嶺付近の中深層性魚類
～鉛直分布パターンと地形的関連
Meso- and bathypelagic fishes over a mid-ocean ridge system:
vertical patterns and topographic association
ハーバーブランチ海洋研究所
Harbor Branch Oceanographic Institution
Tracey Sutton
- 158 DNAで探る深海魚の起源と進化
Evolution of deep-sea fishes: A molecular phylogenetic perspective
千葉県立中央博物館
Natural History Museum, Chiba
宮 正樹 Masaki Miya
- 159 深海の宝石、サンゴ類Coralliidaeについて
Jewels of the Deep Sea -Precious Corals-
沖縄美ら海水族館
Okinawa Churaumi Aquarium
野中正法 Masanori Nonaka
- 160 深海性エビ類の分類と分布—トゲヒラタエビ科のケース
Taxonomy and Distribution of Deep-water Shrimps
-An Example of Glyphocrangonidae
千葉県立中央博物館
Natural History Museum, Chiba
駒井智幸 Tomoyuki Komai
- 161 深海性サンゴモドキ類の生態とその進化
Biology and evolution of deep-sea stylasterid corals
(Cnidaria: Hydrozoa: Stylasteridae)
サンパウロ大学
Universidade de São Paulo
Alberto Lindner
- 162 謎のサメ、メガマウスの生態
Biology of “mega-mysterious” megamouth shark
北海道大学
Hokkaido University
仲谷一宏 Kazuhiro Nakaya
- 163 ギンザメ類の多様性と分布
～ギンザメ研究に懸ける女性研究者の試み
Diversity and Distribution of Chimaeroid Fishes.
One Woman’s Quest to Promote Global Ratfish Awareness
ミラースビル大学
Millersville University
Dominique Dagit
- 164 ニュージーランドの深海魚類の多様性と分布に関する新発見
Discovery, diversity and distribution of New Zealand deep-sea fishes
ニュージーランド国立博物館
Museum of New Zealand Te Papa
Clive Roberts
- 165 熱帯海域の深海底生魚類の長期飼育
Long-term captivity of deep demersal fishes in tropical waters
沖縄美ら海水族館
Okinawa Churaumi Aquarium
佐藤圭一 Keiichi Sato
- 166 深海魚の行動と生息場所選択について
Behaviour and habitat selection of deep-sea fishes
ノルウェー海洋研究所
Institute of Marine Research, Bergen
Franz Uiblein
- 167 キタゾウアザラシの潜水行動
Deep diving behavior of northern elephant seals
東京工業大学
Tokyo Institute of Technology
三谷曜子 Yoko Mitani

- 168 深潜水動物の生理と生態
Physiology and ecology of deep diving animals
国立極地研究所
National Institute of Polar Research
内藤靖彦 Yasuhiko Naito
- 169 マッコウクジラはどのように異なる水深帯で餌を探すか
“Sounding” in the deep-sea: how sperm whales find
and exploit prey in diverse ocean layers
セントアンドリュース大学
University of St Andrews
Patrick Miller
- 170 チョウチンアンコウの繁殖生態 何がどこまで判ったか
Reproductive biology of Ceratioid Anglerfishes. What became clear so far
東京大学海洋研究所
Ocean Research Institute, University of Tokyo
猿渡敏郎 Toshiro Saruwatari
- 171 深海への適応
Adaptations for Living Deep
モンテレーベイ水族館海洋研究所
Monterey Bay Aquarium Research Institute
Bruce Robison
- 172 深海生物の長期飼育の試みと、それを行うための
高圧力生物飼育装置「ディープアクアリウム」の開発
Challenge of Longtime feeding for Deep-Sea Organisms and
the Life-Support System “DEEPAQUARIUM” to Keep the Deep-Sea Organisms
under High Pressure Environment
海洋研究開発機構
JAMSTEC
三輪哲也 Tetsuya Miwa
- 173 深海性二枚貝シロウリガイ類の繁殖生態
Reproduction of deep-sea vesicomid bivalves
海洋研究開発機構
JAMSTEC
藤倉克則 Katsunori Fujikura
- 174 深海にすむゼラチン質の生物
Gelatinous Creatures of the Deep Ocean
ウッズホール海洋研究所
Woods Hole Oceanographic Institution
Larry Madin
- 175 最新の水中映像機器による中深層性大型頭足類の行動観察
Observations of mesopelagic large cephalopods in the wild
by recent under-water visual equipments.
国立科学博物館
National Science Museum, Tokyo
窪寺恒己 Tsunemi Kubodera

PUBLIC LECTURES

- 177 美女と野獣
Beauty and the Beast
生物学者
Marine Biologist
水木恵子 Katherine Mizuki
- 178 沖縄の海の生き物
Marine Wildlife in Okinawan Water
沖縄美ら海水族館
Okinawa Churaumi Aquarium
内田詮三 Senzo Uchida
- 179 深海の神秘～モンテレー海谷にすむ深海生物の特別展示
“Mysteries of the Deep” a temporary exhibit of deepwater animals
of Monterey Canyon.
モンテレーベイ水族館
Monterey Bay Aquarium
チャールズ・ファーウェル
Charles Farwell

大西洋中央海嶺付近の中深層性魚類～鉛直分布パターンと地形的関連

Meso- and bathypelagic fishes over a mid-ocean ridge system: vertical patterns and topographic association

Harbor Branch Oceanographic Institution

Tracey T. Sutton

University of Washington

Cairistiona I. H. Anderson

Institute of Marine Research, Bergen, Norway

Olav Rune Godø

University of the Azores

Filipe M. Porteiro

University of Washington

John Horne

Institute of Marine Research, Flodevign, Norway

Odd Aksel Bergstad

Institute of Marine Research, Bergen, Norway

Mikko Heino

Institute of Marine Research, Flodevign, Norway

Tone Falkenhaug

2004年夏に行われた MAR-ECO プロジェクトの一環として実施された音響と多段式トロールにより、中央海嶺付近の中深層性魚類群集の鉛直分布構造が調査された。北部大西洋中央海嶺 (MAR: アイスランド-アゾレス諸島) に沿った、36地点を結ぶジグザグの断面の海底付近から表層までの生物相を解明するため、幾つかの方法を用いて行った。単位容積あたりの生物量は、表層および BBL (海底から 0-200 m 上層部) で最も多く、2300m 以深の BBL より上層で最も少なかった。中央海嶺において魚類の生物量は BBL で最大となることは、これまで不明であった中央海嶺付近での生物の地理的な群集構造を示している。BBL を除いては、これまでの仮説とは異なり、1500-2300m の漸深海層でバイオマス値が最高を示した。この水深帯には多くの海山列の頂上が存在するため、中層域での最大値が海嶺と関連づけて説明できる。多変量解析によると、MAR 北部で最も優占的な外洋性深海魚類の構成要素は、アイスランドからアゾレス諸島までの海嶺に沿って広く分布する深層性魚類の一群であると推定した。これまでの知見を総合すると、流体力学と中央海嶺システムの生態的特徴は、深海底の生態環境と比べて深層性魚類群集の生態に変化を与えていると考えられる。陸水由来の有機炭素の流入を欠くにもかかわらず、深海底に対して大西洋中央海嶺付近の底性魚の多様性と生物量の増加は、漸深海層魚類の餌資源の増加も一因だろう。大西洋中央海嶺の地形的要素による漸深海層魚類の群集は、基本的に成魚に関する現象だった。MAR 全体の大きさを考慮すれば、この戦略はそれぞれの海域の魚類にとって栄養伝達やそれぞれの個体群の繁殖に重要な意味を持つだろう。

The vertical distribution of the deep-pelagic fish assemblages relative to a mid-ocean ridge system will be described from an acoustic and discrete-depth trawling survey conducted during summer 2004 as part of the international Census of Marine Life field project MAR-ECO (www.mar-eco.no). The 36-station, zig-zag transect along the northern Mid-Atlantic Ridge (MAR; Iceland to the Azores) covered the full depth range (0 to >3000 m), from the surface to the ridge, using a combination of gear types to gain a more comprehensive understanding of the pelagic fauna (i.e. reduce gear selectivity). Abundance per volume of deep-pelagic fishes was highest in the epipelagic zone and within the benthic boundary layer (BBL; 0-200 m above the seafloor). Minimum fish abundance occurred at depths below 2300 m and above the BBL. Biomass per volume of deep-pelagic fishes over the MAR reached a maximum within the BBL, revealing a previously unknown topographic aggregation of a bathypelagic fish assemblage with a mid-ocean ridge system. With the exception of the BBL, biomass per volume reached a water column maximum in the bathypelagic zone between 1500-2300 m, in contrast to previously studied abyssal regimes whose biomass decreases exponentially from the surface downwards. As much of the summit of the MAR extends into this depth layer, a likely explanation for this midwater maximum is ridge association. Multivariate statistical analyses suggested that the dominant biomass component among the deep-pelagic fishes over the northern MAR was a wide-ranging assemblage of bathypelagic fishes that was remarkably consistent along the length of the ridge from Iceland to the Azores. Integrating these results with those of previous studies in oceanic ecosystems, there appears to be adequate evidence to conclude that special hydrodynamic and biotic features of mid-ocean ridge systems cause changes in the ecological structure of deep-pelagic fish assemblages relative to abyssal ecosystems. Lacking terrigenous input of allochthonous organic carbon, increased demersal fish diversity and biomass over the MAR relative to the abyssal plains may be maintained by increased bathypelagic food resources. The aggregation of bathypelagic fishes with MAR topographic features was primarily a large adult phenomenon. Considering the immense areal extent of mid-ocean ridge systems globally, this strategy may have significant trophic transfer and reproductive benefits for individual fish populations.

DNAで探る深海魚の起源と進化

Evolution of deep-sea fishes: A molecular phylogenetic perspective

千葉県立中央博物館・動物学研究科

Department of Zoology, Natural History Museum and Institute, Chiba

宮 正樹

Masaki Miya

一生の大半を深度200mより深い海で過ごす魚のことを「深海魚 (deep-sea fish)」と呼ぶ。今回の講演では、魚類の中でもっとも多様性に富む条鰭類 (すじのような鰭をもつ魚) を取り上げ、彼らがいつどのように深海に適応していったのか、我々のグループが行ってきた分子系統学的研究 (DNAの塩基配列から進化の歴史を推定する研究) で得られた最新の知見に基づき解説する。

条鰭類は、肉鰭類 (シーラカンス、肺魚、ヒトをも含む四足類) と古生代のシルル紀後半約4億5千万年前に分かれて以来、絶滅種を含めて多くの種に分かれてきた。その数は現生のものだけでも約28,000種に及び、そのうち一割強 (約3500種) が深海魚として知られている。この条鰭類全体の進化史で、深海魚が占める系統的位置 (系統樹上での位置) を見てみると面白いことに気がつく。

条鰭類には、淡水魚を中心とするニシン・骨鰾類 (約9000種を含む) と、沿岸の海水魚を中心とするスズキ類 (約15,000種) と呼ばれる二つの巨大な単系統群 (一つの祖先種から派生したすべての子孫を含むグループ) があり、両者が淡水と海水の中でも (競争が激しいとはいえ) 餌が豊富な暮らしやすい環境をほぼ独占している。一方、餌がほとんどない過酷な環境に適応した深海魚は、これら二つのグループが誕生する以前に枝分かれして、さまざまなグループが深海のみで細々と暮らしている。

どうやら、現在深海魚として知られているグループの魚の多くは、これら二つの巨大グループが繁栄する以前に、遠い祖先が深海への適応を果たしたようである (もしかしたら祖先の中には沿岸で暮らしていたものもいたかもしれない)。一方、数が少ないとはいえ、二つの巨大グループの中にも新たに深海へ適応したグループがいるが、メジャーな存在にはなっていない。深海への適応には長い時間と年月が必要のようである。

Animal mitochondrial genome (mitogenome) is a closed circular, double-stranded DNA molecule of about 16.5 kilobases (kb) in length, comprising 37 genes (13 protein coding, 22 tRNAs, and two rRNA genes) plus a control region. Because of simple and uniform organization, such as lack of intermolecular genetic recombinations, maternal inheritance, and a relatively rapid evolutionary rate, mitochondrial (mt) DNAs have been extensively used for studying population structures, phylogeography, and phylogenetic relationships at various taxonomic levels. In particular, the whole mitogenome sequences and the gene arrangements can be informative at deep phylogenetic relationships. Our research group has developed a rapid and economical method for determining whole mitogenome sequences using a long PCR technique and many fish-versatile PCR primers (Miya and Nishida 1999). Using this method, we have determined whole mitogenome sequences for >900 fish species in an attempt to recover evolutionary history of various fish groups. The published phylogenies from our study group have covered entire spectrum of ray-finned fish diversity, enabling us to develop a single "super tree" with a time scale. On the basis of that super tree, I will illustrate how and when various deep-sea fish groups have evolved during long history of ray-finned fish (450 million year) and characterize their patterns of diversification.

深海の宝石、サンゴ類Coralliidaeについて

Jewels of the Deep Sea -Precious Corals-

沖縄美ら海水族館
Okinawa Churaumi Aquarium

野中正法

Masanori Nonaka

宝石サンゴ類は、有史以前から地中海沿岸で装飾品や薬品等の目的で利用されてきた。日本では江戸時代中期以降から、高知県を中心に採取されるようになり、明治以降本格的に漁獲されるようになった (Kosuge, 1993)。このような古い歴史があるにもかかわらず、この生物群の研究者は非常に少ない。殊に日本産の宝石サンゴ類に関する生物学的研究はほとんど無く、資源の枯渇は危惧されている (Debenham, per. com.) が故に、今後の研究が重要と考えられる。

沖縄美ら海水族館では、開館当時から宝石サンゴ類の飼育・展示に取り組み (Nonaka et al., 2006)、これに関する調査研究を継続して行っている。その資源量については、沖縄県下でサンゴ漁を営む業者と共同で調査を行い、得られた標本を元に分類学的再検討を進めている。また、まだ明らかにされていない繁殖生態や成長についても調査が必要で、これにより養殖という新たな展開へ進める必要が有ろう。この現状を一般の人々に普及することの難しさも含め、今後水族館がどのように取り組んでいくべきかを報告する。

Species of the family Coralliidae (Octocorallia: Gorgonacea) have been known since antiquity as precious coral, because their beautiful and hard skeletons have been very valuable for use as jewelry, medicine, and other products. In Japan, the fishery of precious corals was started during the Meiji-Era (Kosuge, 1993), and has continued to the present in the Kochi, Kagoshima and Okinawa regions. As precious corals resources have been decreasing worldwide (Debenham, per. com.), their study, especially of Japanese species, is becoming increasingly important.

At the Okinawa Churaumi Aquarium (Okinawa, Japan), we have kept and displayed colonies of various species of *Corallium* for over two years (Nonaka et al., 2006). During 2005 we investigated resources for harvest of precious corals in the Ryukyu Islands. We have found that there are taxonomic problems to solve and that we also must investigate their reproduction, growth rates, and general ecology. Our goal is to farm these corals in captivity at the Aquarium, leading to conservation of *Corallium* spp. living in the deep sea.

深海性エビ類の分類と分布—トゲヒラタエビ科のケース

Taxonomy and Distribution of Deep-water Shrimps - An Example of Glyphocrangonidae

千葉県立中央博物館・動物学研究所
Natural History Museum and Institute, Chiba

駒井智幸

Tomoyuki Komai

深海生物相の調査は、ここ30年あまりの間に大きく進展してきた。資料の蓄積に伴い分類学的な研究も進展し、それに伴い種の分布についても新たな知見が集積されている。演者は、近年、深海に固有の十脚甲殻類分類群の分類学的再検討を行ってきた。今回は、包括的な再検討を行ったトゲヒラタエビ科について、分類と分布の概要を紹介したい。トゲヒラタエビ科エビ類は典型的なベントスであり、太平洋、インド洋および大西洋の熱帯・温帯の深海に広く生息し、水深157-6373 mから記録されている。最深記録は十脚目全体としても最深のものである。演者の研究により、これまで予想されていた以上に種多様性が高いこと、あるいは地域固有性が高いことが明らかとなっていった。2004年にインド太平洋産種を再検討したモノグラフを出版したが (Komai, 2004)、その時点では29新種を含む56種を認識した。その後、やはりインド西太平洋域から8新種が追加され、現時点では世界から83種が知られる。フィリピン-インドネシア海域、台湾を含む日本列島、ニューカレドニア、オーストラリアでは特に種の固有性が高い。さらに、以前はインド西太平洋域に広く分布すると考えられていた種が、海域に固有の種群から構成された複合種群であるという例も数多く確認された。種レベルでの地域固有性が高いという点から、これまでの調査が乏しい海域あるいは水深帯における未記載種の存在が予想されるが、実際、未記載種が次々と発見されている段階にある。本科エビ類は、大卵少産型の繁殖型を保有し、幼生はゾエアながら、典型的な浮遊期を欠き、近底層性であると予想されている。成体も典型的な底生性で、活発な遊泳や運動は行わないと考えられる。コエビ類としては例外的に分散能力の乏しいグループであり、そのため、地理的な隔離を受けやすく、そのことが各種の地域固有性が高い要因となっていると考えられる。特に、漸深海帯に生息する種では、海産生物としてはかなり高い固有性が認められるが、海溝や海嶺の存在が地理的障壁となって種分化が起きたことを示唆しているように思われる。分断や隔離による種分化プロセスの研究には好適な分類群かもしれない。

十脚目においては、深海性種は一般的に広い分布範囲を持つ傾向があると考えられてきたが、特に短縮発生型の発生様式を保有する底生種においては十分な検討が必要であることが強く示唆される。

In the last 30 years, our knowledge on deep-water has been largely enriched, particularly in the Indo-West Pacific. Accumulation of specimens and accompanied data enables us to develop substantially the taxonomy of many taxa. In this presentation, I would like to show results of my ongoing study of the deep-water caridean family Glyphocrangonidae derived from morphology-based taxonomy. The family consists only of the genus *Glyphocrangon* A. Milne-Edwards, 1881. Species of the genus exclusively inhabit deep-water at depths of 157-6373 m deep. The deepest record represents the deepest of the decapod crustaceans. Glyphocrangonids are distributed in warm temperate to tropical waters in the Indian, Pacific and Atlantic oceans. Examination of abundant samples from the world oceans, including type materials of the previously described species, resulted in the findings of many new species. Particularly remarkable is the existence of a number of species complexes. These complexes consist of geographically isolated species. Komai (2004) recognized 57 species in the Indo-West Pacific, of which 29 species were described as new to science. Since then eight new species have been added to the Indo-West Pacific fauna, but I have confirmed the existence of undescribed species in samples from newly investigated areas. High degree of endemism is remarkable particularly in the Philippine-Indonesian Archipelago, Japanese-Taiwan Archipelago, Australia and New Caledonia and adjacent islands. For example, so far, there are no common species between New Caledonia and eastern Australia. Although the larval stages of *Glyphocrangon* species are poorly known, all known species have large and few eggs. This suggests that the larval development is highly abbreviated in *Glyphocrangon*. It has been reported that the known larvae hatched in the laboratory were zoea, but there have been no records of *Glyphocrangon* larvae from plankton samples. The larvae are not planktonic, but probably demersal, and therefore, it can be assumed that they have rather low ability of dispersal during larval stages. Furthermore the heavily built body structure also suggests that adults *Glyphocrangon* are not active swimmers. I suspect that local populations of common ancestors were easily isolated by geographical barrier because of the low ability of dispersal in both larval and adult stages. It is interesting to note that species inhabiting bathyal zone tends to be more restricted in geographical range than species inhabiting lower bathyal or abyssal zones.

深海性サンゴモドキ類の生態とその進化

Biology and evolution of deep-sea stylasterid corals (Cnidaria: Hydrozoa: Stylasteridae)

サンパウロ大学
Universidade de São Paulo

Alberto Lindner

サンゴモドキ類 (Stylasterid corals) は、深海の岩盤底質において、生物生息環境を形成することのできる、重要な生物群である。ヒドロサンゴとしても知られるサンゴモドキ類は、最も多様性に富んだサンゴのグループでもあり、現在250種以上が報告され、そのうちの90%以上が深海のみで発見されている。本報告では、サンゴモドキ科の生物学、生態学、そしてその進化について、浅海から深海にわたって行われた近世の標本探査から、最近の分子系統学による研究までを紹介する。さらに、生活史や種構成について述べるとともに、サンゴモドキ類の生態に関する研究の種多様性進化を紹介する。サンゴモドキ類の生態に関するさらなる研究は、浅海及び深海における彼らの役割を理解する上で重要であることが示唆される。

Stylasterid corals are among the most important habitat-forming organisms on hard substrates in the deep-sea. Stylasterids (also known as 'hydrocorals') are also one of the most diverse groups of corals, with more than 250 extant described species, of which >90% are found solely in deep-sea habitats. Here, I review the studies on the biology, ecology and evolution of the Stylasteridae, from the early explorations in shallow waters and in the deep-sea to the recent advent of molecular systematics. In addition, I present information on life history and species associations, and conclude that further research in ecology is important to better understand the evolution of stylasterid coral diversity and their role in both shallow-water and deep-sea ecosystems.

謎のサメ、メガマウスの生態

Biology of “mega-mysterious” megamouth shark

北海道大学大学院水産科学研究所
Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University

仲谷一宏

Kazuhiro NAKAYA

メガマウスザメは、全長5 mを越えるサメであるが、1976年まで誰一人としてこの巨大なサメの存在に気づかなかった。1976年にハワイで第1号が発見され、1983年に *Megachasma pelagios* と命名され、現在までに38個体が捕獲、打ち上げ、目視などで確認されている。しかし、その生態についてはほとんど解明されておらず、依然として謎に包まれた巨大ザメである。そこで、演者は生態の一部を解明するために、現在までの全記録を解析し、さらに残されている標本を比較解剖し、考察した。

その結果、記録からは、メガマウスザメは全世界の熱帯・温帯海域に広く分布すること、約4 mで性成熟し、高緯度で交尾が行われ、低緯度で出産する可能性が示唆された。

また、メガマウスザメはプランクトン食をすることが明らかになっているが、頭部骨格系、筋肉系の比較解剖の結果からは、メガマウスザメは、同じプランクトン食性のウバザメ、ジンベエザメとは異なる、サメ類では今までに知られていない新しい摂餌方法をもっていることが明らかになった。

Megamouth shark is a huge shark, attaining nearly 6 meters in total length. Nobody had ever dreamed presence of such a huge and unknown shark in the ocean until its accidental capture in Hawaii in 1976. It was one of the most surprising ichthyological discoveries in the 20th century. The shark was finally recognized as a species, representing a new species, genus and family of the lamnoid (salmon) sharks, and the scientific name *Megachasma pelagios* was given to the shark.

Since 1976, 38 individuals were captured, landed or witnessed, but almost nothing is known about its biology, and the megamouth sharks is a mega-mysterious shark even at present.

In order to illuminate the unknown biology of the megamouth shark, all the records were analyzed, and a specimen was dissected for analysis of feeding behavior.

Capture records suggest that the megamouth shark is distributed in tropical to temperate waters of the world oceans, attains its sexual maturity at about 4 meters in total length, copulates in higher latitudes, and gives birth to young in lower latitudes. Embryos are still unknown.

The megamouth shark is known to feed on planktonic animals, same as the basking shark and whale shark. However, anatomical observation of the megamouth shark suggests that it takes a unique feeding way, which is a new method to the sharks, different from those of other two plankton feeding sharks.

ギンザメ類の多様性と分布～ギンザメ研究に懸ける女性研究者の試み

Diversity and Distribution of Chimaeroid Fishes. One Woman's Quest to Promote Global Ratfish Awareness

ミラースビル大学
Millersville University

Dominique Dagit

一般に“ラットフィッシュ”と呼ばれるギンザメ類（全頭亜綱、ギンザメ目）は、奇妙で不可解なサメのグループの一つです。彼らは深海にすむ謎に満ちた生物で、多くの研究者や芸術家の興味の対象になっています。近年、数々の新種の発見と新種記載がさかんに報告されたため、ギンザメ類の多様性と分布域が徐々に明らかになり、現在までに全世界で36種が知られる。とりわけ、ギンザメ科についてはこの10年間に7種の新種記載があり、それは30%もの多様性の増加を表している。さらに少なくとも4種の存在が明らかになっており、来年にもそれらは報告される見込みである。全世界におけるギンザメとその分布域を調べると、それぞれの種の分布範囲がどのようになっているかが分かる。最新のジオレファレンシング処理を活用し、ギンザメ類の全世界における分布パターンを分析した。この技術は、種を地図上に示し、生息範囲と分布を予測し、漁業管理と種の保全を検討する場合の有効な手段となる。ROV や潜水艇により得られる情報も、種の生息範囲と生態的要因を理解するための有効な手段である。

The Chimaeroid fishes (Subclass Euchondrocephali, Order Chimaeriformes), commonly referred to as “ratfishes” are a relatively obscure group of bizarre shark relatives. Despite their deep-water habitat and cryptic behaviors, these fishes have captured the imagination of scientists and artists alike. In recent years the discovery and description of new species has significantly increased understanding of the global diversity and distribution of chimaeroid fishes which are currently represented by 36 species worldwide. In particular, seven new species within the Family Chimaeridae have been described in the past 10 years, representing a nearly 30% increase in diversity. Additional species are in the process of being recognized, with at least 4 new species to be described in the next year. A global analysis of diversity and distribution is revealing new information regarding species distributions and geographic ranges. Using modern georeferencing techniques distributional patterns of chimaeroid species worldwide were examined. This offers a powerful tool for mapping species, predicting species ranges and distributions, and also for fisheries management and conservation applications. Additional information from deep water ROV's and submersibles also has the potential to increase knowledge of species ranges and habitat associations.

ニュージーランドの深海魚類の多様性と分布に関する新発見

Discovery, diversity and distribution of New Zealand deep-sea fishes

ニュージーランド国立博物館
Museum of New Zealand Te Papa Tongarewa

Clive D. Roberts

ニュージーランドにおける深海魚類の調査と発見の歴史について紹介する。ニュージーランドの深海魚類は、ここ25年間に約2倍、800種を越えるまでになった。そこで、2003年にタスマン海の海山での調査により得られた魚類を例に説明する。

これまでたくさんの深海魚類が発見されているにもかかわらず、さらに多くの魚類が未発見であると考えられる。外洋域における魚類の多様性を測る尺度は、現在の採集能力では不足しており、2000m以深となると全く手が付けられていない。十分なサンプリングが行われた地点間を比較した場合、本海域は種数に富んでいるが、その種構成や分布パターンなどの特徴は一様ではない。幾つかの種については、それらの分布が深度によって制限されている。海山や海山列の存在は、ニュージーランドにおける現世の魚類相の分布や進化に大きく影響したと考えられる。今後の調査により、日本を含め各地の魚類相に関する様々な仮説が検証されるであろう。

A brief history of exploration and discovery of New Zealand fishes is presented. Over the last 25 years this work has doubled the number of known deep-sea fishes to over 800 species. Examples are shown of specimens freshly caught on seamounts during the 2003 NORFANZ voyage in the Tasman Sea. Although a large number of new deep-sea fishes have been discovered, many more await discovery. To date, sampling intensity at offshore sites has been insufficient to measure complete faunal diversity and composition, with many remote areas and most areas >2000 m deep still unsampled. Nevertheless, comparison of fish diversity and composition at sites with good sampling effort show these deep-sea faunas are rich in numbers of species but are not uniform in character, with high variability in species composition and patterns of distribution. Some species distributions (including areas of endemism) follow bathymetric features. It is proposed that ancient oceanic ridges and chains of seamount have influenced the dispersal and evolution of the present day fish fauna of New Zealand. Future voyages will test this hypothesis, which may be equally valid for deep-sea fish faunas elsewhere, including Japan.

熱帯海域の深海底生魚類の長期飼育

Long-term captivity of deep demersal fishes in tropical waters

沖縄美ら海水族館
Okinawa Churaumi Aquarium

佐藤圭一
Keiichi Sato

金子篤史
Atsushi Kaneko

戸田 実
Minoru Toda

沖縄本島は、地理学的に亜熱帯とされるが、黒潮の影響を強く受け海洋は熱帯に近い環境特性をもつ。熱帯海域における深海性魚類の採集・飼育は、表層と底層との水温差が大きいため、一般に困難とされる。当館では、熱帯海域における深海生物研究を担うため、国営沖縄記念公園水族館の開館以来、沖縄海域に分布する深海性魚類を採集、飼育、展示している。

魚類の採集は主に一本釣り、カゴ、延縄を使用し、無人潜水艇（ROV）による目視観察も行った。対象海域は沖縄本島周辺の水深100-980mの海域（北緯25-27度）である。本海域は表層水温が高く、周年を通して20-30℃で推移するため、生物の回収は短時間でいった。採集魚はいわゆる減圧症状を呈するため、船上における応急処置として、鰾内のガス圧を下げる処置、突出した消化管を体内に戻す処置を施した。しかし多くの場合、採集魚は飼育中に末端組織の壊死や、浮力異常、異常行動を発症し、長期飼育が難しい。そこで、水族館内に水柱の高さを利用した重力式加圧水槽を設置し、再加圧-減圧処置を行った。その結果、減圧症状による組織の壊死はほぼ改善され、長期飼育に向けた治療効果が見られた。

これまでの採集、飼育により、ハマダイ *Etelis coruscans*、深海性ツノザメ類 *Squalus* spp.、ナガチカマス *Thyrsooides marleyi*、ウチワフグ *Triodon macropterus* など、これまで飼育困難とされてきた魚類の長期飼育に成功し、深海性魚類の飼育下における観察が可能となった。現在42種の深海魚類を飼育中であるが、これは沖縄から報告された深海魚類全種の6.5%にすぎない。

The marine fauna off Okinawa Island is characterized by beautiful tropical coral reefs and many colorful tropical fishes, because of the strong influence of the warm Kuroshio Current from the south. In general, it is difficult to achieve long term success in keeping deep-sea demersal fishes from tropical waters, owing to the temperature differences between the deeper and surface layers. Since the opening of the former Okinawa Expo Aquarium more than 3 decades ago, we have been trying to collect deep-sea fishes from the depths of 100-980m off Okinawa Island (25-27N), and keep them alive for research and exhibit purposes.

Our samples of deep-sea fishes were taken mainly by using hook and reel, traps, long-lines and occasionally an ROV. Most of the fishes we collected from the deep suffered decompression disease, exhibiting expansion of the swimbladder, protrusion of the stomach from the mouth and "bends" (necrosis of tissues by thrombosis). The most serious problem that prohibits long-term keeping deep-sea fishes is the "bends". In this presentation, we introduce one of our successful experiments to treat decompression disease using a treatment tank which is pressurized by forces of gravity produced by a narrow high water column.

As a consequence of our attempts, we have succeeded in long-term captivity of many deep-sea demersal fishes under ordinary shallow-water pressure. Ruby snapper (*Etelis coruscans*), deep-sea spiny dogfishes (*Squalus* spp.), Blacksail snake mackerel (*Thyrsooides marleyi*) and Threetooth puffer (*Triodon macropterus*) represent our successes, and have provided us many opportunities for their long term observation of deep-sea fishes. However, we are now successfully keeping only 42 species of deep-sea fishes, representing only 6.5% of the species recorded from the Okinawan deep-sea.

深海魚の行動と生息場所選択について

Behaviour and habitat selection of deep-sea fishes

ノルウェー海洋研究所

Institute of Marine Research, Bergen, Norway

Franz Uiblein

深海にはどれだけの、どのような色や形をした生物がいるのだろうか。それらはどのような生態なのか。深海魚類の研究は、近年ようやく少しずつ進展してきた。行動や生息場所選択を調査する5つの研究方法、(1)機能形態学、(2)現地調査、(3)音響調査、(4)野外観察、(5)飼育下観察について検討し、深海性魚類の行動生態学に最も有効な方法を提案したい。

(1)機能形態学は、よく分類や系統的な研究の「副産物」になるが、行動戦略における仮説の検証に役立つ。(2)開閉式の曳網器具は外洋での鉛直および水平的な情報を、定点観測は海底付近の集団構成と分布パターンの調査に用いる。(3)音響装置は、移動と集団構成を制限範囲内で3次元的に追跡できる。(4)野外観察はカメラを備え、行動や生息場所選択を長距離(鉛直・水平の両方向)潜水艇の導入で調査可能となる。トランスポンダーにより、移動情報を追加することも可能である。(5)水面まで運ばれてきた深海性魚類の飼育下観察は、採集後のごく限られた生存期間のみ可能で、呼吸や生理的な実験に限られている。

深海性魚類の行動と生息場所選択は、いくつかの方法を組み合わせ、目的に合わせてそれらの方法をさらに進化させる必要がある。例えば、潜水艇は音響機器と魚類採集機器の両方を備えることが可能である。低圧環境への順応は、深海性魚類の長期飼育を可能にするだけでなく、行動など多くの事柄を観察可能にする。しかし、基礎的な分類学、系統学的な研究の発展も重要である。多くの深海性魚類の標本からは、さらに多くの未知なる情報を得ることが出来るのである。

How many species live in the deep sea? How do they look like? What is their behavioural repertoire and which activities in space and time do they display? Admittedly we are still far away of being able to satisfactorily answering such kind of questions, but in the study of deep-sea fishes some advancements have been made during recent years using several methodological approaches. Here I shortly review and evaluate five of the most promising approaches to investigate behaviour and/or habitat selection and provide some suggestions of how research of deep-sea fish behavioural ecology might be optimized in the future. The five approaches are: (1) Functional morphology, (2) Field sampling, (3) Acoustics, (4) *In-situ* observation, and (5) *Ex-situ* observation.

Functional morphology often arises as a “by-product” of taxonomic and systematic studies, is strongly comparative and correlative, and can be also used to examine hypotheses on behavioural strategies. Field sampling with towed opening-closing gear can provide information on vertical and horizontal distribution in the pelagic, static gear allows studies of aggregation formation and distribution patterns on or close to the bottom. With acoustic instruments migrations and aggregation formation can be tracked three-dimensionally within a limited range. *In-situ* observations can be made by deployed cameras which are often equipped with attraction devices, or by underwater vehicles which allow to study behaviour and habitat selection over larger distances, both vertically and horizontally. Tagging with transponders allows additional investigation of migration activity. *Ex-situ* observation of deep-sea fishes brought to the surface has been carried out only to a limited extend and was mostly restricted to respiration and other physiological examination.

The best in order to obtain a profound knowledge of the behaviour and habitat selection of deep-sea fishes would be to combine various methods and to further improve them towards this purpose. For instance, underwater vehicles can be equipped with acoustics and fish sampling devices. Slow acclimatization to surface conditions may allow deep-sea fishes to be kept in tanks for longer periods and study their behaviour more entirely. In parallel, however, it will be important to enhance basic taxonomic and systematic work. Many collections of deep-sea fishes are still awaiting detailed morphological studies that promise exciting and often completely new insights into life in the deep sea.

キタゾウアザラシの潜水行動

Deep diving behavior of northern elephant seals

東京工業大学・日本学術振興会特別研究員 PD
Tokyo Institute of Technology

三谷曜子

Yoko Mitani

キタゾウアザラシ *Mirounga angustirostris* は、最高1581mの潜水記録を持ち、海にいる間、約400mの潜水を絶え間なく繰り返す「中深層性哺乳類」である。もちろん、彼らは肺呼吸動物であるため、酸素を補給するためには海表面まで戻らねばならず、平均潜水時間は約20分である。潜水の間、体内に蓄積した酸素をエネルギーに変換することによって運動しているため、餌の生息する深度まで潜り、餌を探して追跡し、捕獲するという一連の採餌行動は、限られた酸素を有効に利用して、効率よくおこなわれていることが予想される。

回遊中、80%の時間を海面下で過ごしているキタゾウアザラシは、移動や休息も表層ではなく、潜水中に行っている。次の繁殖期や換毛期までに十分な脂肪を蓄えて上陸場へと戻ってくるためには、エネルギーと時間をうまく使って摂餌・移動・休息をすることが重要である。海洋動物は、エネルギーを節約するため、浮力を使ってヒレを動かさずに泳ぐ「グライディング泳法」を用いることが知られている。また、潜降・浮上角度を変化させることにより、鉛直・水平移動速度を調節し、移動時間の節約することも知られている。本研究では、アザラシの体軸角度、およびヒレの動きをモニタリングすることのできる加速度データロガーを用いることにより、エネルギーと時間をいかに節約しているかを明らかにする。

Northern elephant seals *Mirounga angustirostris* are “mesopelagic mammal”. They dive about 400 m continuously throughout migration period and the maximum dive depth recorded is 1581 m. The air-breathing animals like seals must return to the surface to replenish oxygen, and their average dive duration is about 20 min. They convert stored oxygen into energy during a dive. Therefore, it is expected that the process of foraging (for example, diving to the depths where their prey concentrated, searching for, pursuing, and catching the prey) is carried out efficiently while holding breath.

Northern elephant seals spending as much as 80% of the time underwater during the migration travel and rest not while surfacing, but during dive. As they must acquire enough fat and return to the breeding area to prepare next breeding or molting season, it is important to use their energy and time efficiently for feeding, traveling and resting. Marine animals are known for using their negative or positive buoyancy to descend or ascend. Using this “gliding method”, animals can move without flipper movement, so they can save energy. In addition, they save travel time by managing vertical and horizontal swim speed along with changing body angle during descent and ascent. In this study, we use acceleration data loggers to monitor seals’ body angle and flipper movement and elucidate how seals save energy and time during migration.

深潜水動物の生理と生態

Physiology and ecology of deep diving animals

国立極地研究所

National Institute of Polar Research

内藤靖彦

Yasuhiko Naito

海鳥類と海生哺乳類などの動物の潜水行動研究は、1930年代の後半から Irving (1939) と Scholander (1940) により、潜水の生理学的研究として拘束された実験室環境において始まった。しかし、過去数十年の間に起こった技術的進歩により、研究は自然環境下の自由潜水行動の研究へと大きく変化した。その結果研究は単に潜水生理学に留まらず、生理学と生態学が融合する研究へと進歩し、多くの知識を得た。しかし、動物の深い潜水については、研究は不十分で、多くの未解決の課題が残されている。「一般的に深く潜水すればするほど、動物はより多くのエネルギーを必要とする」とすると、その場合、深い潜水に関して幾つかの疑問が湧く。疑問の一つは、グライディング潜水といわれるような深い潜水特有のエネルギー節約システムを動物は発達させているか否かであり、他は、採餌効率を上げるため餌探索において餌予測システムを持っているか否かである。今回の発表においては、鳥類と哺乳類の深い潜水行動について生理学的、生態学的レビューを行うとともに、上記の疑問に基づいて議論を進める。

Science on diving birds and mammals, which commenced as diving physiology in late 1930's by Irving (1939) and Scholander (1940) has changed remarkably as more complex science in the last several decades by applying the advanced technology in study of free diving animals in the fields. Thus studies on free diving animals took the components of physiological and ecological aspects of living animals in its context, and we obtained better understanding on diving behavior of many animals in relation to foraging behavior and diving physiology. However, as far as deep diving behavior of some animals, studies are insufficient and challenges to solve major questions about deep diving behavior have remained.

Generally assuming that regardless the body size, the deeper animals dive the more energy they need to do it, then several questions arise. One of major questions is "Do deep divers has developed peculiar energy saving system for deep diving like as glide dive mode?" and another is "Do they developed unique system of prey detection like as prediction system to increase foraging efficiency?". I will review physiology and ecology of deep diving behavior of birds and mammals and discuss matter arisen from points of view of above aspects in my presentation.

マッコウクジラはどのように異なる水深帯で餌を探すか

“Sounding” in the deep-sea: how sperm whales find and exploit prey in diverse ocean layers

セントアンドリュース大学
University of St. Andrews

Patrick Miller

マッコウクジラは海の主要な捕食者であり、胃内容物からイカや魚類を優先的に捕食していることがわかる。近年、音響や追跡用タグを用いた研究により、マッコウクジラが強力なエコーロケーションクリックを使って深海で索餌し、50%の時間を索餌に費やしていることが分かった。マッコウクジラは中層性捕食者と言われるが、私達の研究によると、彼らは表層域や底層域でも索餌を行っていることが分かった。メキシコ湾における潜水パターンは38kHzのソナーを用いて記録された後方散乱パターンと相関がある。それは、日没近くの日周移動と深海散乱層あるいはそれより深い層での餌生物の存在を示唆する。マッコウクジラが潜水中に発する強力な低周波のエコーロケーションクリックは、鉛直的な索餌行動を可能にし、様々な層における索餌が観察されている。標識個体による特異的な摂餌については、ごく限られた情報しか知り得ないが、マッコウクジラの音響索餌は時間的・空間的にまばらに存在する多様な餌資源を活用することを可能にすると考えられる。

The sperm whale is a major marine predator, and stomach contents reveal that they have a very diverse diet dominated by squids and fish. Recent research using acoustic and movement recording tags has confirmed that sperm whales use powerful echolocation clicks for foraging at depth, and that 50% of their time budget is spent actively encountering prey. Though considered to be a mesopelagic predator, our tag data reveals that sperm whales also actively forage in epipelagic, bathypelagic, and benthic habitats. Diving patterns in the Gulf of Mexico correlate with patterns recorded with backscatter patterns recorded with a 38kHz sonar, including indications of diel movements near sunset and the presence of prey at and below the primary deep-scattering layer. The intense and low-frequency echolocation clicks generated by sperm whales during diving allow them to search for prey throughout the water column, and whales are observed to switch foraging layers between, and often within, dives. Though we still have only very limited information about the specific prey consumed by tagged whales, acoustic searching appears to enable sperm whales to opportunistically exploit diverse resources that may be patchy in time and space.

チョウチンアンコウの繁殖生態 何がどこまで判ったか

Reproductive biology of Ceratioid Anglerfishes. What became clear so far

東京大学海洋研究所

Ocean Research Institute, University of Tokyo

猿渡敏郎

Toshiro Saruwatari

地球上からは、現在約29,000種の魚類が報告されている。魚類は地球上のありとあらゆる水界へと進出した、最も繁栄した脊椎動物である。この魚類の中で、ひととき異彩を放つ存在がチョウチンアンコウ亜目 (Ceratioidei) 魚類である。本亜目魚類は水深2,500m以深の深海域において最も種多様性に富んだ分類群であり、現在11科約160種が報告されている。背鰭軟条が変形した竿の先についた発光器 (いわゆるチョウチン) により獲物を誘引して捕食する、深海生態系の高次捕食者である。本亜目魚類の最大の特徴は、脊椎動物中唯一、雄が雌の体表へと寄生する繁殖生態であろう。現在、チョウチンアンコウ亜目の5科で、雄が雌の体表に寄生する事実が知られている。雄の寄生に関する情報は集積されつつあるが、寄生機構に関する研究は僅少である。特に、雌の体表へと寄生した雄がどのようにして雌から栄養分の供給を受けるか、その機構は全く不明である。この非常に特異な繁殖生態に関心を持ち、機会を見つけて研究を行なってきた。研究対象には、博物館に所蔵されている標本数が最も多いミツクリエナガチョウチンアンコウ (*Cryptopsaras cosei*) を対象に行なった。研究には新たに採集された個体と、北海道大学ならびに国立科学博物館に登録・保管されている標本を用いた。標本観察、計測の他に、同胞鑑定、窒素安定同位体 $\delta^{15}\text{N}$ の測定、精子の超微細構造の観察を行なった。本発表では、これら一連の研究成果を紹介する。今後、調査航海等で雄が寄生したチョウチンアンコウ類 (種は不問) が採集された場合は、標本の提供をお願い申し上げる次第である。よろしくようお願い申し上げます。

Currently, ca 29,000 species of fish are reported. Fish has made their way to every corner of the aquatic environment of the Earth, and are by far the most prosperous of vertebrates. Among Teleosts, Ceratioid Anglerfishes are a unique presence. They are the most specious taxa at depth greater than 2,500 m, and currently, 11 families and about 160 species are reported. Ceratioids possess a bioluminescent luring apparatus called the esca, which is attached to the tip of the first dorsal fin ray to lure their prey, and they are the high ranking predators of the deep sea ecosystem. The biggest characteristic of this suborder is male parasitizing the female body, only such example among the vertebrates. This unique mode of reproduction is reported from 5 families of Ceratioidei. Although reports on male parasitism and parasitized females are being accumulated, studies on the mechanism of parasitism are scarce. How parasitic males obtain nutrients from the host female is not known. Intrigued and charmed by this truly unique mode of reproduction, I have worked on Ceratioid Anglerfishes reproductive biology whenever the opportunity to work on this fascinating animal came by. My studies were focused on *Cryptopsaras cosei*, a species most well represented in museum collections. Newly acquired specimens and museum specimens cataloged at Hokkaido University and National Science Museum, Tokyo were used. Other than microscopic observations and measurements of specimens, sibling analysis and stable isotope analysis between host female and parasitized males, and TEM observation on sperm ultra-microstructure were carried out. Results of these studies will be presented at the symposium.

Should you catch a parasitized female Ceratioid Anglerfish during one of your future research cruises, do provide me with a chance to work on that specimen. Your help and cooperation will be greatly appreciated.

深海への適応

Adaptations for Living Deep

モンテレーベイ水族館海洋研究所
Monterey Bay Aquarium Research Institute

Bruce H. Robison

深海にすむ生物にとって、光、温度、摂食、酸素濃度、繁殖機会の減少は、克服すべき課題である。外洋の深海域に適応した種は、浅海域にすむ近縁種と比較した場合、さまざまな違いが見られます。深海への適応とは、視覚の発達、多様な生物発光、特異な繁殖戦略、収斂と放散が組み合わされた形態、食物連鎖段階と摂食戦略の劇的な変化である。潜水艇の発達で深海へ到達することが可能となったことにより、外洋の深海生物を自然条件で観察することや、採集および飼育が可能となり、展示への可能性も出てきた。

The environmental challenges for animals living deep in the water column include reductions in light, temperature, food supply, oxygen concentration, and opportunities for reproduction. Species that have successfully adapted to the deep pelagic habitat exhibit a variety of differences from their shallow-water relatives. Among such adaptations are: highly-developed vision systems, diverse bioluminescent capabilities, novel reproductive strategies, both convergent and divergent evolution of body forms, and radical changes in trophic position and feeding strategies. Access to deep water with undersea vehicles has made it possible to observe deep pelagic animals in their natural surroundings, and to collect and maintain them in the laboratory and potentially for exhibition.

深海生物の長期飼育の試みと、それを行うための 高圧力生物飼育装置「ディープアクアリウム」の開発

Challenge of Longtime feeding for Deep-Sea Organisms and the Life-Support System
“DEEPAQUARIUM” to Keep the Deep-Sea Organismes under High Pressure Environment

独立行政法人海洋研究開発機構 極限環境生物圏研究センター
XBR, JAMSTEC

三輪哲也

Tetsuya Miwa

小山純弘

Sumihiro Koyama

小西聡史

Satoshi Konishi

林 純子

Junko Hatashi

掘越弘毅

Koki Horikoshi

相澤益男

Masuo Aizawa

深海には多種多様の生物、それは微生物をはじめとして、大型の多細胞生物までもが活発に生活していることが分かってきました。極限環境にはさまざまな生物が適応しています。深海の環境と深海の多細胞生物の関係、特に生物組織がどのように深海環境に対応し、応答するのかを理解することが私たちの研究の目的です。私たちはそれを行うための幾つかの装置開発を行いました。深海の多細胞生物（たとえば深海魚、貝、甲殻類など）の捕獲装置、高圧閉鎖環境下の生物飼育システム、および高圧力環境下で用いる組織細胞観察のための光学顕微鏡システムです。これらの装置を用い、高圧の環境の下に棲む深海の多細胞生物を大気圧環境の下で飼育する試みや、生物の環境応答研究を試みています。

捕獲装置は潜水調査船のペイロードパレットに搭載され実行されました。私たちは深海の海底から圧力タンクが水圧を保っている状態でコンゴウアナゴ、オハラエビ、バイガイ、ゲンゲ類などを捕らえました。捕獲装置のスイッチバルブの調整と採取手順の改良で圧力を維持した捕獲は80%の成功率まで向上しました。“DEEPAQUARIUM”（捕獲した深海生物を捕獲した深海環境を保持したまま飼育する設備）を使用し、3カ月の高圧環境実験で、60%の生存状態を確認できました。短時間の急激な圧力変化は、多細胞生物の捕食行動に異常をきたしました。長時間での減圧は、生物へのダメージを最小化できますが、状況に応じた減圧が必要になります。深海生物の長期飼育に向けて、新江ノ島水族館と共同で連続飼育を試みています。

The deep-sea organism, not only a microbe but the multicellular organism lives in deep sea. The organisms have adjusted to various extreme environments. The relationship of deep-sea environment and deep-sea multicellular organism, especially to clarify about adaptation of animal tissue cells were the purpose of our research. We carried out the following developments; the capture device of multicellular organisms (for example, fish, bivalve, crustacean) in deep sea, keeping and feeding system in captivity under high pressure water, and the optical microscope system for tissue cultured cell observation under high pressure environment. Furthermore, we have tried keeping and feeding of the multicellular organism of deep sea under atmospheric environment, and biological response research of the cultured cell under high-pressure environment.

The capture device was carried out in the payload pallet of research submersibles, and operating was confirmed. We captured *Simenchelys parasiticus*, *Simenchelys parasiticus*, *Alvinocaris* shrimp, *Buccinidae* sp. and *Zoarcidae* sp. by using keep-pressure tank from the seabed of deep-sea. The capture which maintained pressure by adjustment of switch valve and improvement of a procedure was 80% of success rate. By the high-pressure environmental keeping and feeding experiment for three months using “DEEPAQUARIUM” (equipment which considers keeping as capture of deep-sea organisms), 60% of keeping was possible. A rapid pressure change for a short time caused abnormality to the feeding behavior of the multicellular organism. Decompression in a long time can minimize the damage to the organisms. Continuous breeding is tried in cooperation with Enoshima Aquarium aiming at long-term breeding of the organismes of the ocean.

深海性二枚貝シロウリガイ類の繁殖生態

Reproduction of deep-sea vesicomyid bivalves

海洋研究開発機構

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

藤倉克則

Katsunori Fujikura

あらゆる生物にとって、繁殖は最も重要な生命活動である。海洋生物のうち水の中に放卵・放精をする生物では、水塊中で効率的に受精させることが必要になる。浅海生物の場合、光の強度、月齢、潮汐などの環境因子で放卵・放精のタイミングを同調させている。深海生物の場合、調査手法が困難なために浅海性の生物に比べ繁殖生態に関する情報が乏しい。乏しいながらも、深海生物の繁殖期は季節性があるタイプや、季節性はなく常時繁殖スタンバイ状態にあるタイプが見いだされている。典型的な例としては、春先に表層域で植物プランクトンが大増殖したのち、深海域に大量の有機物が沈降し栄養物が豊かになるタイミングに合わせて、繁殖期を迎える深海生物がいる。シロウリガイ類は、深海域の熱水噴出域やメタン湧出域にのみ生息する二枚貝で、消化管を持たずに鰓に共生させるバクテリアから栄養を得ている。この特殊な二枚貝の繁殖生態はベールに包まれていたが、深海域に設置した長期観測ステーションや潜水調査船を用いた研究によって、少しずつ明らかになってきたので紹介する。

Successful fertilization is a critical factor in the life-history of free-spawning aquatic animals. In case of shallow water animals, environmental factors including bright sunlight, lunar period, tidal cycle are known to be cues for spawning. Our knowledge of the reproductive biology and ecology of most deep-sea animals is very limited due to the logistic difficulties of deep-sea investigations. Although the literature concerning deep-sea reproductive biology is limited, reproductive patterns for deep-sea animals range from seasonal to continuous spawners. For example, seasonal spawners typically have mature gametes during spring or fall, following the elevated seasonal flux of organic carbon derived from dense phytoplankton blooms in surface waters. Vesicomyid bivalves are a common taxon at deep-sea vents and seeps. These bivalves have no digestive system. Nutrition is from symbiont bacteria in their gill cells. I would like to present reproductive ecology of vesicomyid bivalves using the long-term deep-sea observatory and submersibles.

深海にすむゼラチン質の生物

GELATINOUS CREATURES OF THE DEEP OCEAN

ウッズホール海洋研究所
Woods Hole Oceanographic Institution

Larry Madin

海水中では大きさや重さといった制限がほとんどかからない環境であるため、地球上のどの場所でも見られない生物形態進化と分布を可能にする。クラゲ類、クシクラゲ類、遊泳性ホヤ類などのゼラチン質の生物は、外洋や深海に最もよく見られる生物群である。これらは異なる動物門に属するが、脆弱で水分を多く含んだ組織からなる体型に収斂している。この環境への適応が、彼らの浮遊や水中でのカモフラージュ、そして代謝や成長の効率化を有利にしている。ゼラチン質の生物は単体でも、また群体としてもさらに大型になることができる。また、彼らはいくつもの毒素や粘着力、筋力、繊毛、粘液等の働きを駆使して、より少ない労力でより高い確率の摂餌能力を獲得している。繁殖戦略も無性的なものと交尾による有性生殖を持ち合わせ、広大な外海域での繁殖率を高めている。美しく、その意外な複雑さが、ゼラチン質のプランクトンを最も好奇心をそそる海洋生物の一つとしている。

Abstract: The ocean water column is a nearly limitless and weightless environment, and its properties have allowed the evolution and radiation of animal morphologies that could exist nowhere else on earth. Gelatinous animals, such as medusae, siphonophores, ctenophores and pelagic tunicates are some of the most typical and common organisms of the open ocean and deep sea. Several different phyletic groups have converged on body plans characterized by soft, watery tissues. This general adaptation provides for buoyancy, camouflage, and efficiency of metabolism and growth. Gelatinous organisms can be large individually, and some are even larger as colonies. They variously employ toxins, adhesives, muscular, ciliary and mucous systems in feeding mechanisms that maximize contact with prey organisms or food particles, while minimizing energy expenditure. Reproductive strategies often include asexual mechanisms and mating behaviors that maximize fertilization success in the vast volumes of the deep ocean. The beauty, mystery, and apparent simplicity disguising unexpected sophistication of gelatinous plankton all make them some of the most intriguing creatures in the sea.

最新の水中映像機器による中深層性大型頭足類の行動観察

Observations of mesopelagic large cephalopods in the wild by recent under-water visual equipments.

国立科学博物館動物研究部
National Science Museum, Tokyo

窪寺恒己

Tsunemi Kubodera

我々は、2002年から小笠原諸島周辺海域で小型静止画ロガーを用いて中深層性大型頭足類を直接撮影するという手段によってそれらの生息環境における実態を探り、中深層性大型頭足類の分類ならびに生態、潜在性物量に関する基礎的な情報を収集するための調査を続けている。2004年には父島南東沖の水深900m付近で生きているダイオウイカの撮影に世界で初めて成功し、世界的なニュースとして取り上げられた。2005年にはNHKと共同でハイビジョン深海カメラシステムを開発し、同海域で中深層性大型イカ類の一種であるヒロビレイカ（体長約1 m）の遊泳行動、捕食行動および発光パターンを撮影し、本種の生息環境下における行動生態ならびに発光によるバイオ・コミュニケーションに関する知見をまとめ、現在英国の学術誌に投稿中である。2006年にはハイビジョン深海カメラシステムの小型化を図り、小型漁船でも調査を可能とした。その調査の際に2006年12月4日ダイオウイカを釣り上げ、海面ではあるがその生きて動く姿をビデオカメラで撮影し、その様子は新聞やテレビニュース等で報道された。このように、我々は水中映像機器を新たに開発することにより中深層性大型頭足類の生態を徐々に明らかにしてきた。その研究の進捗と集められた新たな知見を紹介する。

We have been conducted studies on systematic, ecology and potential biomass of deep-sea large cephalopods around Japanese waters by using under-water digital camera system since 2002. We have successfully obtained digital still images of a live giant squid in its natural environment at 900m depth off Ogasawara Chichijima Island in 2004. This finding was broadcasted by worldwide media and internets and was evaluated one of the invaluable scientific discoveries. In 2005, we have developed a new under-water high definition video-camera system with Japan Broadcasting Corporation (NHK) and filmed another deep-sea large squid, *Taningia danae* swimming and hunting as well as light emitting from arm-tip large photophores in the depths between 240-940 m off Ogasawara Islands. In 2006, we have improved the video-camera system to be compact enough to handle on small fishing vessels. On 4th December, 2006, we hooked on a live giant squid and filmed it with a video camera when it appeared at the surface. This video footage was also introduced by worldwide media and through the internets. We have lightened misty of deep-sea large cephalopods a little by little with developing new under-water visual equipments. Here we show the way of our progress and newly obtained knowledge of deep-sea squids through our research project.

一 般 講 演
GENERAL LECTURE

美女と野獣

Beauty and the Beast

海洋生物学者
Marine Biologist

水木桂子

Katherine Muzik

大きな美しい海、ところがその深い海にも、人間活動による深刻な破壊が行われている。

WHOI, MBARI, NIWA, RSMAS, JAMSTAC など、世界の研究機関が行う大西洋、太平洋、インド洋での深海調査の映像は、醜い人間活動によって脅かされる、はかなく無防備な深海の生物を映し出している。

今回は、生物学者と地質学者たちによって研究、記録された、美しくこの上なく素晴らしい、不思議な深海生物たち“美女”を紹介する。そして、ホモ・サピエンスという“野獣”が作り出した、想像もつかない恐ろしい世界についても考えてみたい。ここで言う“美女”とは自然そのもので、とてつもなく深い深い海である。しかし、どれだけ深くとも“野獣”の破壊から逃れるには事が出来なかった。“野獣”とは、私たち自身なのだ。

私たちはその問題を知っているし、その解決方法も分かっている。美女と野獣が深い海の底、あるいは陸地であっても、共に命を営み続けられるように、生産と消費を削減し、人口の増加に歯止めをかけ、死に物狂いな人間の歩調を抑えなければならないこともよくわかっている。しかし、私たちは自分たちの作り上げた問題を解決するための準備ができているだろうか？ホモ・サピエンスは、決して“賢明な存在”とは言えないのだ。

Although seemingly vast and beautiful, in reality the deep sea too has been severely damaged by human activities.

Reports from deep-sea scientific expeditions in the Atlantic, Pacific and Indian Oceans (such as WHOI, MBARI, NIWA, RSMAS, JAMSTAC) unequivocally demonstrate the fragility and vulnerability of deep-sea life to deleterious human activities.

This report introduces “beauty”, which is the beautiful, truly wonderful and strange life studied and recorded by deep-sea biologists and geologists. Then it examines the strange and terrible effects produced by “beast”, *Homo sapiens*. The “beauty” is nature, down down down in the deep sea, so deep yet not deep enough to escape our human destruction. The “beast” is ourselves.

We know the problems and we know the solutions. To ensure continuing life for both beauty and the beast, whether deep down in the sea or high up on the land, we know that we must cut back production and consumerism, we know we must cut back population growth, we know we must slow down our frantic human pace. However, are we ready to solve the problems we have created? It seems that *Homo sapiens* is not, not at all, “sapiens”.

沖縄の海の生き物

Marine Wildlife in Okinawan Water

沖縄美ら海水族館
Okinawa Churaumi Aquarium

内田詮三

Senzo Uchida

標題の「沖縄の海」は、南西諸島（琉球列島）周辺の海のことを指している。南西諸島は、九州から台湾沖迄、1,200kmにわたって弧状に連なっている、従って、この周辺海域は北緯24度から31度、東緯123度から131度の線にかこまれた海域である。北端は種ヶ島、南端は波照間島、西端は与那国島、東端は北大東島である。この海域の海生動物の生息環境には三つの特徴があげられる。

まず、島々の周囲に発達したサンゴ礁、次に、諸島の北西沖を流れる巨大な暖流、黒潮周辺の外洋域、三つ目は諸島の東側に存在する琉球海溝、西側の沖縄海盆の二つの深海域である。沖縄美ら海水族館の動物展示方針は沖縄の海の旅をして、上記の三つの海域に生息する海の生きものに出会うということである。

沖縄の海は日本最南端という地理的な位置に加え、常に20℃～30℃の高い水温を持つ黒潮の影響を受け、九州以北とは非常に異なる魅力溢れる海生動物が分布生息している。

陸上生活をしている我々人間が海の動物に出会うことは非常に少ない。水族館は海の動物を収集し、飼育して皆様の観覧に供している、いわば人々の海への窓口の役割を担っている。

本講演ではこの三つの環境に住む動物達を御紹介する。

飼育展示している種類、直接調査した動物を中心に御紹介するが、今回は深海シンポジウムの一環であるから、時々深海への訪問者である動物種にも焦点をあて、お話することとする。

The “Okinawan waters” of this title refer to the ocean areas around the Nansei (Ryukyu) Archipelago, which stretches 1,200 km in length, from Kyuushu in the north to Taiwan in the south. This area spreads between latitudes 24 to 31 degrees N and longitudes 123 to 131 degrees E. The northernmost island in the Archipelago is Tanegashima, the southernmost, Hateruma, the westernmost, Yonaguni, and the easternmost, Kitadaito. Three distinctive environments can be found in these Okinawan waters: the first, coral reefs surrounding islands; the second, open seas with a big, strong, warm current (the Kuroshio); and the third, deep seas (the Ryukyu Trench to the east, and the Okinawa Trough to the west).

The Exhibit Concept of our Churaumi Aquarium is “Travelling in Okinawan Waters”, that is, following a guided journey to meet the interesting animals living on our shores, in our coral reefs, in our open seas, and in our deeps. Because of geographical location, and the influences of the warm Kuroshio (constant temperatures of 20 to 30 degrees C.), our Okinawan fauna is very diverse and fascinating, especially compared with more northern regions.

We humans are terrestrial animals, and as such, usually have limited opportunities to meet marine animals in our daily lives. However, our Aquarium successfully collects and keeps marine animals in captivity, and thus is literally a continuous “window on the sea” for terrestrial humankind. We strive daily to fulfill our roles of display to visitors, education, and scientific observation. For this Deep-Sea Symposium, I introduce the marvellous marine animals living in our three marine environments, including normally shallow-water species that occasionally visit the deep seas.

深海の神秘～モンテレー海谷にすむ深海生物の特別展示

“Mysteries of the Deep” a temporary exhibit of deepwater animals of Monterey Canyon.

モンテレーベイ水族館
Monterey Bay Aquarium

Charles Farwell

モンテレー水族館の創業者であるデビッド・パッカード氏は、モンテレー湾に存在する深い海谷に魅了され、この特殊な環境にすむ生物の採集と一般公開を目的とした調査を開始した。1987年当初、スクリプス海洋研究所やモスランディング海洋研究所の潜水調査艇などを活用し、その後モンテレー水族館附属研究所 (MBARI) の調査艇に応用された。MBARI が設計した無人潜水調査艇は、私たちの調査と深海生物の採集を成功させるための重要な鍵となった。

“深海の神秘” 展チームはまず80種の有力な飼育可能性生物を列挙し、最終的に候補を約60種とした。これらは、水族館の展示に耐えうる生命力があり、長期飼育可能で、怪奇な容姿をした生物たちだった。調査を開始すると、深海性物の長期飼育を行うためには、特別な装置や技術を要することが分かった。特に飼育水槽と展示水槽の設計においては、水温、光量、特定の種においては微量な酸素濃度を維持する必要があった。その中でも、生物に適した採集技術と船上での取扱いが、生物の長期間の生残を決定する重要な要因となった。

最終的に海谷の絶壁や中層、海底から採集された様々な生物を展示できた。ポンポンイソギンチャク、オオグチボヤ、カイメン、ゲンゲ、ギンザメやトラザメ類など、深海を代表する生物を展示した。

“深海の神秘” 特別展は1991年3月に一般公開され、2003年の特別展終了まで大好評を得た。生物の採集、取扱い、飼育システム、さらに展示された生物について映像を発表したい。

Monterey Bay Aquarium founder David Packard's fascination with the deep canyons located in Monterey Bay led the aquarium to start early investigations into the animals living in this unique environment. Our goal was to study the possibility of collecting and displaying these deep sea animals to the public. Early work started in 1987 with mid-water tows on research vessels from Scripps Institution of Oceanography and Moss Landing Marine Laboratories finally utilizing research vessels of the Monterey Bay Aquarium Research Institute, MBARI. MBARI's unique remotely controlled underwater vehicle was key in the success of the aquarium's goals to make both observations and collections of deep sea creatures.

The Mysteries of the Deep exhibit design team began with a list of 80 potential animals for possible consideration for the temporary exhibit; the final number was about 60. These 60 animals were both robust and long-lived and new and of unusual appearance making them suitable for aquarium exhibit. Early efforts at keeping animals from the deep sea taught the collectors and aquarists that special equipment and techniques would be needed to keep these animals in good health for long periods of time. Specially designed holding and display tanks required water temperature and light controls as well as the capacity to maintain correct oxygen levels, very low dissolved oxygen in some cases for certain animals. Correct collection techniques and ship-board care were shown to be critical to long-term survival.

The final exhibit featured a wide range of diverse animals collected from sheer canyon walls, mid-water and from the sea-floor. Pom-pom anemones, predatory tunicates, sponges, mid-water eel pouts, ratfishes and catsharks represent a selection of the exhibit. The Mysteries of the Deep was open to the public in March of 1999 and remained popular up to 2003 when this temporary exhibit was closed. Collection, care, specialized exhibit life support systems, and the species displayed will be discussed in a visual presentation.