

深海性ヒドロ虫類の採集と飼育

○三宅 裕志*¹ Dhugal J. Lindsay*¹

一般にクラゲ類は浮遊生活し、有性生殖を行うクラゲの世代と付着生活して無性生殖を行うポリプの世代を繰り返す複雑な生活史をもつ。深海においてクラゲ類が如何に生きているかを知るためには、生きた生物を用いた観察、実験が必須であり、そのためには、中・深層および近底層に生息するクラゲ類の長期飼育技術を確立する必要がある。これまで、深海より得られたポリプを長期飼育した例はわずかであるが、JAMSTECでは現在7種のヒドロ虫類の長期飼育に成功している。本研究ではそのうち3種について報告する。

ヒドロポリプ類は有人潜水船「しんかい2000」により、目視による採集と植木鉢マーカ―を設置回収することで得た。サンプルは実験室に持ち帰り、大気圧下にてポリプの再生や無性生殖による増殖で、個体数を増加させた。ポリプはコロニーを拡大した後、クラゲ芽を形成し、クラゲを遊出した。

今後、クラゲを成熟個体にまで飼育し、生活史を明らかにするとともに、深海性のクラゲ類を常に実験室で維持することにより、アクセスの困難なフィールドでは得られない詳細なデータを得ることができるとおもわれる。

キーワード: ヒドロ虫, クラゲ, ポリプ, 飼育, 生活史

Sampling and rearing of deep sea hydroids

Hiroshi Miyake*² and Dhugal J. Lindsay*²

Jellyfishes have complex life cycles including alternation of generations between a benthic polyp stage with asexual generation, and a planktonic medusa stage with sexual generation. Observations and experiments on live jellyfishes are necessary to understand their life history strategies in the deep sea. Therefore establishment of how to collect and keep jellyfishes living in the midwater and benthopelagic zones is necessary. Here-to-fore, there have been few reports on the rearing of deep-sea hydrozoans for long periods. Presently we are rearing seven species of hydroids from the deep sea (400-1130m depths). The sampling and rearing of three species are reported.

Some hydroids were collected by installation and recovery of pot-plant marker buoys using the manned submersible, *Shinkai 2000*. Others were collected by suction sampler with visual observation from the *Shinkai 2000*. Collected animals were transported into the laboratory and kept in aquaria at atmospheric pressure. The growth, degrowth, and regeneration of hydroids were observed in the laboratory. They reproduce asexually, formed large colonies and some of them released medusae.

In the future, it will be necessary to rear the medusae that are released from these polyps until they are fully grown and to clarify their life history. Keeping deep sea jellyfish in the laboratory makes it much easier to obtain detailed data about them in detail that we would be unable to obtain in situ.

Keywords : hydroid, medusa, polyp, rearing, life history

* 1 海洋科学技術センター 海洋生態・環境研究部

* 2 Marine Ecosystems Research Department, Japan Marine Science and Technology Center

1. はじめに

中・深層および近底層は物質循環、地球温暖化に関わる二酸化炭素の深海への輸送、地球温暖化と深層大循環の挙動と生物の関わり等、我々の将来にとって非常に重要な鍵を握る世界である。そのため、中・深層における研究は精力的に行われているが、生物学的情報は対象となる生物が浮遊生物、遊泳生物となるため採集や調査が困難で、生物種の把握さえ十分でなく、深海生態系において最も情報がかけているのは中・深層生物群集についてである。

これまで行われてきた中・深層生物の研究は身体の硬い魚類、甲殻類等、プランクトンネットで採集される生物を中心に行われており、身体の脆弱なゼラチン質プランクトンは採集されるが種の同定、定量等が全くできないため無視されてきた。しかし、これまでに潜水船を用いた研究から中・深層には多種多様なゼラチン質プランクトンが莫大な量で存在し、深海生態系において非常に重要な位置にいることが明らかになり注目されてきている(Miyake *et al.*, 2001, Lindsay *et al.*, 2001)。ゼラチン質プランクトン類の中でほとんどを占めるのはヒドロクラゲ類、鉢クラゲ類、クシクラゲ類、管クラゲ類であり、ヒドロクラゲ類、鉢クラゲ類のほとんどはその生活史の中に、付着生活し、無性生殖を行うポリプの世代と、浮遊生活し、有性生殖を行うクラゲの世代をもつ。このことは、深海近底層においてクラゲの生活史が中・深層と深海底との間の物質移動に大きな役割を担っていることを示している。しかし、現在知られているヒドロ虫類の25%程度しか生活史が明らかにされておらず(Bouillon *et al.*, 1987)、深海性クラゲ類に関しては、その生活史をはじめ、ポリプ世代があるかどうかも確認されている種はほとんどいない。

潜水船を用いた研究においては、現在までのところ得られるデータは、行動、系統分類、進化、生物多様性などの研究が主で、映像や固定サンプル、冷凍サンプルから得られる情報の蓄積にとどまっていた。深海においてクラゲ類が如何

に生きているかを知るためには、生きた生物を用いた観察、実験が必須であり、そのためには、中・深層および近底層に生息するクラゲ類の長期飼育技術を確立する必要がある。クラゲの飼育をはじめるとなると、クラゲを飼育することは、採集する際にクラゲが傷つくために長期飼育することは非常に困難であり、そこから次の世代を得ることは非常に難しい。しかし、ポリプをその生活史の中を持つ種においてはポリプを確保できれば、そのポリプからクラゲを得ることは可能であり、そのクラゲを成体にまで飼育することも可能である。

これまで、深海より得られたポリプを長期飼育した例はわずかであるが(Namikawa, 1997)、現在7種のヒドロ虫類の長期飼育に成功しており、本研究ではそのうち3種について報告する。

2. 材料と方法

2000年7月6日、海洋科学技術センター所有の有人潜水船「しんかい2000」の第1201潜航において相模湾初島南東沖(図1)の長期深海観測ステーション前(水深1170m)に#201植木鉢マーカー(図2)を1個設置した。また、2000年7月10日、「しんかい2000」第1203潜航において初島南東沖水深850m地点に#203植木鉢マーカーを1個設置した。初島南東沖は冷湧水帯があり、シロウリガイやハオリムシなど化学合成生態系生物の存在する地点で、近底層にはヒゲクラゲ(*Arctapodema* sp.)、クロクラゲ(*Crossota* sp.)をはじめ、数多くのゼラチン質プランクトン類の確認できる地点である。設置された#201植木鉢マーカーは2000年11月29日、「しんかい2000」第1242潜航において回収し、#203植木鉢マーカーは2002年4月9日、「しんかい2000」第1338潜航において回収した。回収した植木鉢マーカーは船上においては現場海水温の4°Cに設定したろ過循環水槽内に維持し、下船後、気温4°Cの低温室にて40リットルの海水を満たしたろ過循環水槽にいれ、アルテミア幼生を週に2回与えて、コロニーを成長させて維持した。

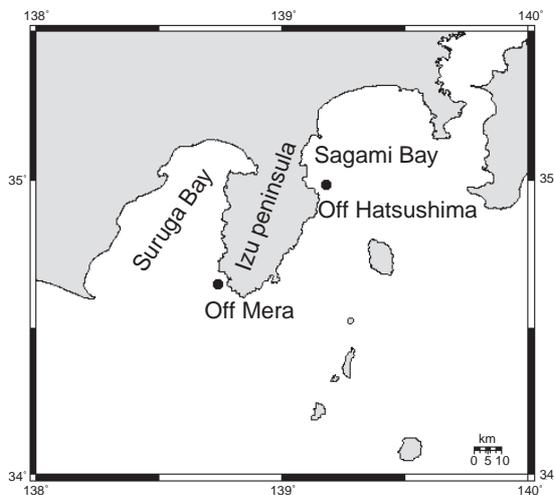


図1 採集地点
Fig. 1 Map of sampling points



図2 植木鉢マーカー
Fig. 2 Pot-plant marker buoy

成長したコロニーからポリプ1個体を直径9cm, 高さ4cmの腰高シャーレに移植し, 気温4度の低温室にて水量約15リットルのろ過循環水槽で飼育し, コロニーを形成させた。形成されたコロニーは実体顕微鏡下でマッピングし, コロニーの形態を観察した。

また, 2002年4月6日「しんかい2000」第1336潜航で駿河湾妻良沖(図1)水深530m地点の砂泥質の海底において大型ヒドロ虫類の1種を採集した。採集した生体は, 砂をひいた

直径6cm, 高さ3cmの腰高シャーレに移植し, 水量約15リットルのろ過循環水槽に入れて, 気温4°Cの低温室にて静置した。餌としてアルテミア幼生を週に2回与えた。

以上の飼育に利用した海水はこれまで「しんかい2000」潜航調査の際に得られた中・深層水を用いた。

また, 飼育中にクラゲが得られた場合, クラゲを直径6cm, 高さ4cmの腰高シャーレに1-2個体ずつ入れ, 2日に1回アルテミアを与えて飼育した。飼育水温は通常4°Cで行ったが, 一部は徐々に温度を温度管理のしやすい16°Cまで上げて飼育した。

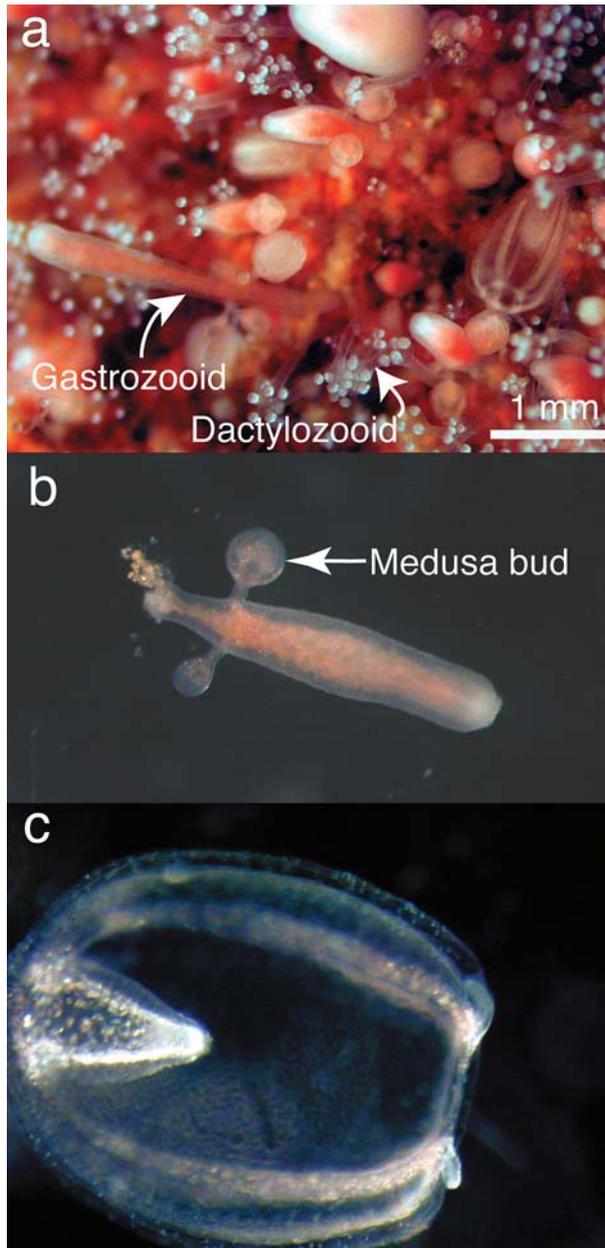


図3 無鞘類ヒドロ虫ウミエラヒドラ科の一種
a:コロニー b:クラゲ芽を出芽する栄養個員 c:遊離直後のクラゲ

Fig. 3 A species of Ptilocodiidae, anthomedusae
a: Colony b: Dactylozooid with medusa bud c: Medusa just after liberation

3. 結果と考察

3.1. 相模湾初島沖1170m地点の#201植木鉢マーカー

採集時には植木鉢上にヒドロ虫がわずかに確認された。水槽内で飼育した結果, 巨大なコロニーが形成された(図3a)。このヒドロ虫は無鞘類のヒドロ虫でウミエラヒドラ科(Ptilocodiidae)の1種と思われる(Jarms, 1987: Bouillon and Boero, 2000: 久保田, 1998)。種については現在同定中である。コロニーには栄養個員(Gastrozooid)と指状個員(Dactylozooid)があり(図3a), 指状個員は触手は通常4本で, 3-6本ある個体も見られた。指状個員は口を持たず, 餌生物をとらえるのみであった。栄養個員は指状個員がとらえた餌を捕食した。

シャーレに移植された栄養個員1個体は, 約2ヶ月後コロニーを形成し, 指状個員213個体, 栄養個員30個体となった(図4)。コロニーをVoronoi多角形分割(沼原 *et al.*, 1994)して解析した結果, 栄養個員1個体に対して指状個員が平均8個体で, それぞれの個員が占める面積は栄養個員では1個体につき平均30mm², 指状個員では1.7mm²となった。

栄養個員はヒドロ茎の中ほどから1~4個のクラゲ芽を形

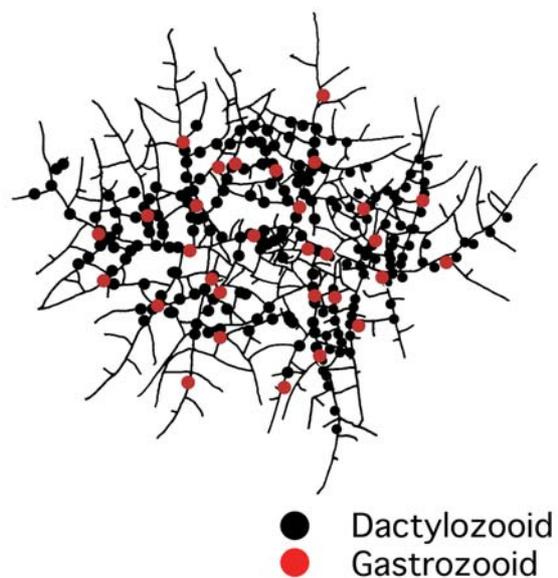


図4 コロニー内のポリプの分布図
Fig. 4 Distribution map of polyps in colony

成し(図3b), クラゲ芽はクラゲになって泳ぎだした(図3c)。クラゲは小型なうえ、触手があるが非常に短いため、アルテミアを半分に分けて与えたが、成体にまでは飼育できていない。また、本種のクラゲを徐々に水温をあげて飼育してみたが、10°C以上の高温では飼育できなかった。本種に近縁の *Thecodium quadratum* は水温21°Cで飼育され、クラゲも成

熟するまで飼育され、2.5mm程度にまで成長している(Jarms, 1987)。今後、微小なヒドロクラゲ用の飼育水槽の開発とアルテミア以外の小型餌生物を確保することにより、成熟個体にまで成長させ、ライフサイクルを回転させられると思われる。

3.2. 相模湾初島沖850m地点#203植木鉢マーカー

採集された時点ではマーカーの反射板部分に有鞘類ヒドロ虫の軟クラゲ目の1種が観察された(図5a)。種については現在同定中である。また、植木鉢上には上記のウミエラヒドロの1種が確認された。

軟クラゲ目の1種のコロニーは、ヒドロ根は走根状で、ヒドロ莖は分枝せず、生殖莖には1-2個体のクラゲが生じる(図5b)。クラゲは遊離直後は4本の放射管の先に触手基部には触手瘤があり、そこから触手が伸びていた(図5c)。遊離したクラゲは約2週間程度で、触手と触手の間に新たに触手瘤が形成され、同時に放射管の中間部当たり膨らみが現れた。この膨らみは生殖腺に当たるものと考えられる。

クラゲが得られた当初、飼育温度はポリプと同じ4°C飼育したが、低温のため餌の捕獲率が悪く生残率が非常に悪かった。次に温度を1日に1°Cずつ上昇させて飼育したところ、遊泳行動が活発になり、餌の捕獲率も良くなり、非常に生残率が高くなった。最高温度は20°Cまで上昇させたが、もっとも個体の状態が良好であったのは16°Cであった。深海生物は生息場所の温度が1~4°Cで、特別な冷却機が必要となり、通常の生物飼育では管理が困難な温度である。16°Cで飼育、維持が出来るようになると、今後飼育、観察が容易となり、研究がより進むと思われる。

3.3. 駿河湾妻良沖

駿河湾妻良沖にて採集された大型ヒドロ虫類はオオウミヒドロの1種であった(Hirohito, His Majesty the Showa Emperor, 1988)。水深530mで採集されたが、400m付近まで海底観察した結果、その間点在して確認された。触手を大

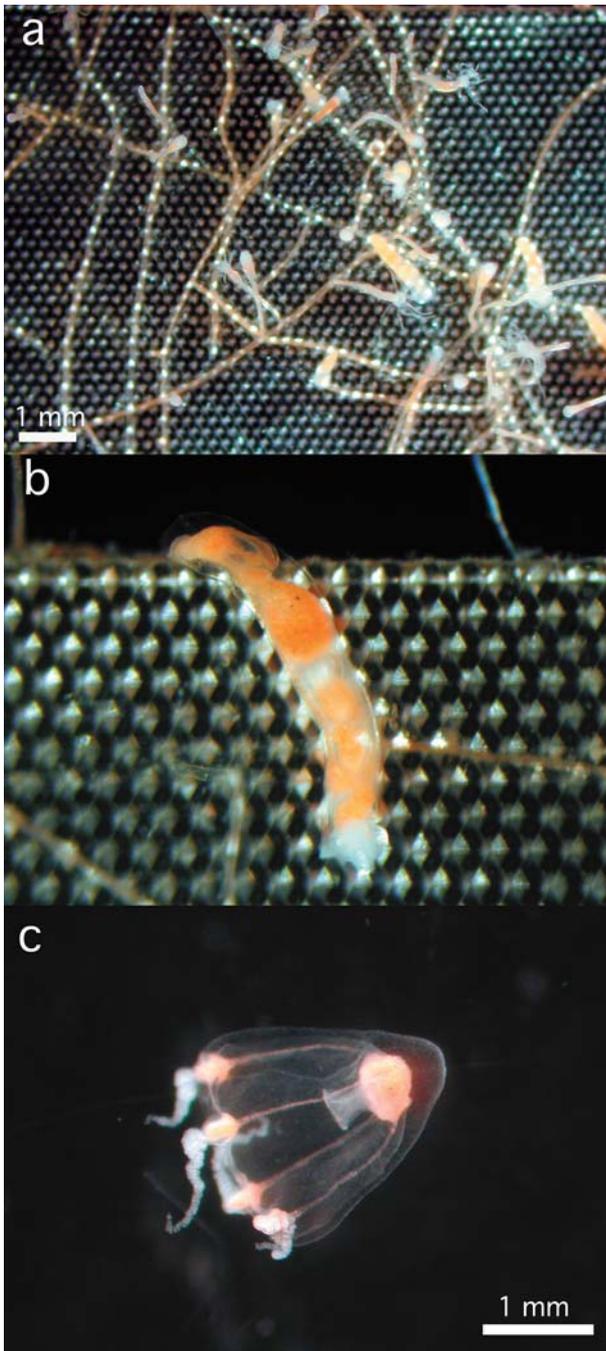


図5 有鞘類ヒドロ虫軟水母類の1種
a: コロニー b: 生殖莖のなかの水母芽 c: 遊離直後のクラゲ
Fig. 5 A species of Leptomedusae
a: Colony b: medusa bud in gonotheca c: Medusa just after liberation



図6 オオウミヒドロ科の1種
Fig. 6 A species of Corymorphidae

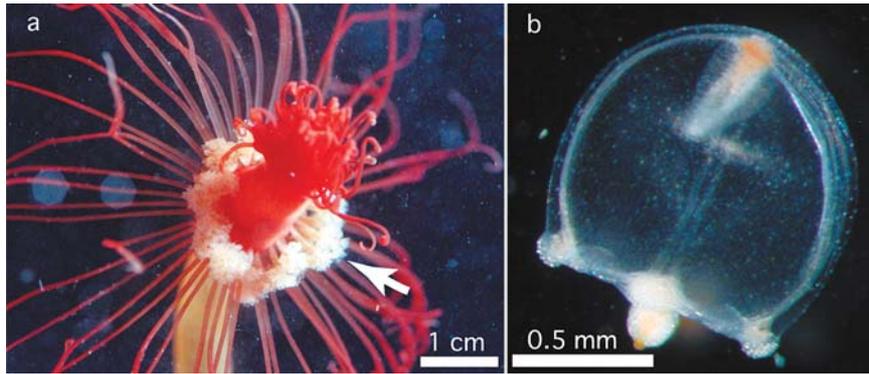


図7 オオウミヒドラ科の1種のヒドロ花(a)と遊離直後の水母(b)
水母芽は子茎に房状に付いている(矢印)

Fig. 7 Hydranth (a) and medusa (b) just after release (Corymorphidae)
Medusa buds were formed on branching blastostyle (arrow)

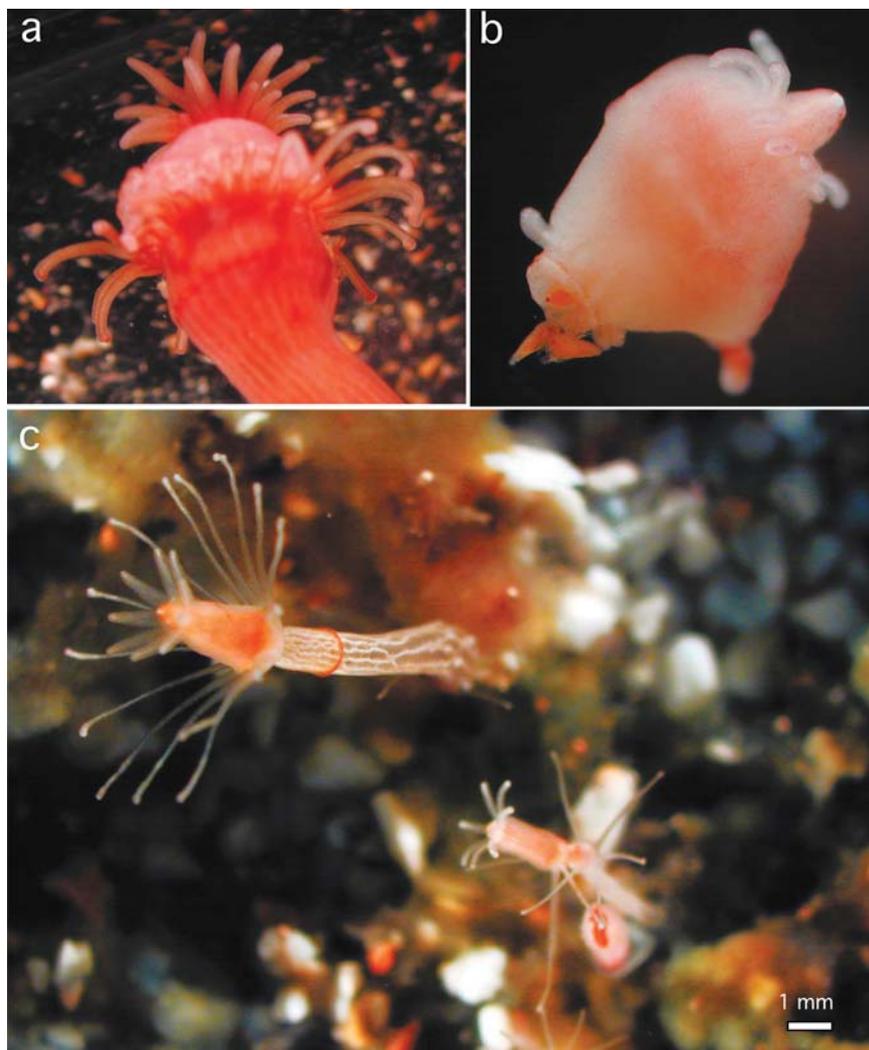


図8 オオウミヒドラ科の一種の再生

a: ヒドロ茎 b: ヒドロ花 c: 1個体から分裂, 再生した2個体のポリプ

Fig. 8 Regeneration of Corymorphidae polyp

a: Hydrocaulus b: Hydranth c: Two polyps regenerated from one polyp

大きく開き、潮流にたなびいて、潮に流されて触手に触れる餌生物を捕食していた(図6)。採集された時点においては、高さ15cm程度で、ヒドロ花は発達し、口触手は50本程度、反口触手は60本程度あった(図7a)。また、採集時にはヒドロ茎基部に無性生殖で増殖したと思われる2cm程度の娘個体が5個体確認された。もっとも大きな個体の反口触手の基部直上の子茎には、房状にクラゲ芽が多数付いており、成熟したクラゲ芽もあり、成熟したクラゲ芽は飼育中に遊離した(図7b)。乗船中クラゲに与える適当な餌が無かったため、成熟個体にまで飼育することができなかった。

それぞれの個体は船上にて約1週間以内にすべてヒドロ花の触手が萎縮し、花が落ちるようにヒドロ花を落としてしまった。残ったヒドロ茎は約1ヶ月で再生した(図8a)。また、落ちたヒドロ花からも触手が再生し餌を捕獲するようになった(図8b)。再生した個体は餌は捕獲するが、1週間程度で触手が萎縮し、ヒドロ茎も萎縮して組織塊となり、再生するというサイクルを繰り返した。採集時に最も大型であった個体は、2度再生と萎縮を繰り返し、その後ヒドロ茎の組織塊が2つに分かれ、2個体の小さな個体へと再生した(図8c)。飼育に当たっては光を長時間当てると触手が萎縮し、組織塊へと退化する傾向が見られた。

4. おわりに

現在日本産ヒドロ虫類には494種が記録されている(久保田, 1998)。特に深海性のヒドロ虫類に関しては、ポリプとクラゲの分類は十分に進んでおらず、生活史もわかっていないため、ポリプとクラゲが別の体系で分類されている可能性もある。また、これまでは深海底におけるヒドロ虫類はドレッジや底引き網等に偶然入ったサンプルを得るしかなく(Namikawa, 1997)、その生息環境等の詳細なデータはほとんど得ることはできない。

本研究では、深海性ヒドロ虫類の採集には付着板の設置および回収が非常に有効であることが明らかになった。さらに採集したヒドロ虫類を大気圧で飼育でき、クラゲを遊離させることができた。この方法はクラゲ類の研究だけでなく、化学合成生態系付着生物の研究にも非常に有効であると思われる。現在、相模湾初島沖、駿河湾妻良沖、沖縄石垣島沖の黒島海丘に植木鉢マーカーを多数設置している。今後、これらを回収することによりさらに多くのクラゲ類のポリプやハオリムシ類などの化学合成生態系付着生物をより良い状態で採集でき、大気圧飼育が可能になると思われる。

今後、クラゲを成熟個体にまで飼育し、生活史を明らかにするとともに、深海性のクラゲ類を常に実験室で維持することにより、アクセスの困難なフィールドでは得られない詳細なデータを得ることができるとおられる。また、長期に観測できる深海総合ステーションの前に付着板を設置し、高解像

度カメラにより現場で観測するなど研究を行うと、現場の物理化学的データも取得でき、深海における微妙な四季の移り変わりや深海クラゲ類の生活史のリズムが明らかにされると思われる。

5. 謝辞

本研究を行うにあたり、生物の採集にご協力いただいた「しんかい2000」指令および運行チーム、支援母船「なつしま」船長および乗船員の方々に心から感謝します。また、論文作成に当たり国立科学博物館の並河洋博士から貴重なご助言をいただいたので深謝いたします。

6. 文献

- 1) Bouillon, J., F. Boero, F. Cicogna, and P. F. S. Cornelius Eds. "Modern trends in the systematics, ecology, and evolution of hydroids and hydromedusae." New York, Oxford University Press: 328pp. (1987).
- 2) Bouillon, J. and F. Boreo "Synopsis of the families and genera of the hydromedusae of the world, with a list of the worldwide species." *Thalassia Salentina* 24: 47-296 (2000).
- 3) Hirohiro, His Majesty the Showa Emperor. "The hydroids from Sagami Bay." Biological Laboratory Imperial Household, Tokyo, Japan. 179pp. + 110pp. (text in English and Japanese) (1988).
- 4) Jarms, G. "*Thecocardium quadratum* (Werner 1965) redescribed, *T. penicillatum* sp. nov., and a method for rearing hydrozoans." in Modern trends in the systematics, ecology, and evolution of hydroids and hydromedusae. J. Bouillon, F. Boero, F. Cicogna and P. F. S. Cornelius. New York, Oxford University Press: 57-66 (1987).
- 5) 久保田 信 "日本産ヒドロ虫綱(8目)目録." *南紀生物* 40 (1): 13-21 (1998).
- 6) Lindsay, D. J., J. C. Hunt, 三宅裕志, 橋本惇 "潜水調査船による中・深層生物の多様性研究." *月刊海洋* 号外27号: 47-52 (2001).
- 7) 三宅裕志, D. J. Lindsay, J. C. Hunt. "潜水船を利用したゼラチン質プランクトンの研究." *月刊海洋* 号外27号: 216-223 (2001).
- 8) Namikawa, H. "*Stylactaria carcinicola* (Hiro, 1939) (Hydrozoa: Hydractiniidae) from Suruga Bay, Japan." *National Science Museum Monographs* 12: 11-18 (1997).
- 9) 沼原利彦, 中川俊文, 高岩堯 "画像処理・画像解析・形の科学への誘いー表皮ランゲルハンス細胞空間配置の解析ー" *Japanese Journal of Computer Science* 1 (1): 5-16 (1994).

(原稿受理:平成15年1月10日)