

中壁さんの思い出

000S · XIX 聯会会学物生明日

SOCIETÀ DI BIOLOGIA ITALO-GIAPPONESE

BOLLETTINO

XIX

2000

日伊生物学会会報

ナポリ・イスキアなど南イタリアでの 生物学的研究を終えて

久保田 信

ナポリやイスキアをはじめとしまして、念願だったイタリアでの研究が再度実施できました。イスキア・ナポリはとりわけ思い出深い地で、最初に訪れたのが1985年9月末から10月初旬にかけての「ヒドロ虫類学会第一回ワークショップ」開催時で、当時も満足のゆく現地研究をやりました。この時が初めての海外での講演で (Kubota, 1987参照)、学位論文出版直後で継続研究にはずみがつきました。世界各国の錚々たる研究者の方々と毎日有益な討論、地中海ブルーに染まるフィールドでの採集・調査などが心に深く残っています。学会終了後は、イタリア沿岸を巡る調査研究を実施し、これら滞在中の全ての成果をとりまとめました (Kubota, 1989)。それ以降、歳月が随分流れましたが、あらためて1999年10月よりの半年間、秋から冬季にかけての滞在となりました。これほど長く海外生活を送ったことがこれまでなかったので不安もあったのですが、南イタリアは人も気候もとても暖かく、実り多い日々でした。まるで短期派遣と思うかのような瞬間間でした。

生きた状態で多角的に調べた研究テーマは、「ヒドロ虫類、特にカイヤドリヒドラ類の系統分類学」です。ナポリ臨海実験所をはじめとしたイタリア諸機関のスタッフ・院生の方々の協力があり、予定を上回る成果が得られました。継続中のものもありますが簡潔に紹介し、お世話になった皆様方に感謝するとともに本会員の皆様方への報告と致します (イタリア語の要旨もかかず誠に申し訳ありません)。

1. 主な研究材料とその小研究史

カイヤドリヒドラクラゲ類 (軟クラゲ類, マツバクラゲ科) が主な研究対象です。この類の系統分類学的研究にはナポリをはじめとしたイタリア各地での研究が必須でした。カイヤドリヒドラ類はナポリ近郊で世界で初めて発見され、1935年に記載されて後に世界各地の温・熱帯海域から知られるようになりました。この類は複雑な生活史をもっています。ポリプは二枚貝と共生し、外套腔内で付着生活を送っており、クローン群体を形成します。数cmほどの長さのチレニアイガイ (=ムラサキイガイ) *Mytilus edulis galloprovincialis* Lamarck に数千や数万個虫が軟体部全体に広がって見られることがあります。暖期、娘

Shin Kubota : Studies on Hydrozoa and 6 month's stay at Stazione Zoologica di Napoli and other laboratories

ポリプ以外の大形個虫がいっせいに有性世代のクラゲを海中に遊離させます。体外受精により次世代のプラヌラが誕生し、やがてこの幼生が二枚貝に定着し、初期ポリプが群体を形成してゆくといった生活史を繰り返しています。以上のことに関しましては、久保田(1998a)を参照されて下さい。この引用文献中に本稿で述べる参考文献の出典がほぼすべて列挙してあります。それで、ここではそれらを逐一挙げるのを割愛させて頂きました。

カイヤドリヒドラクラゲ類は世界で2種が知られているのみです。イタリアでの発見後、フランス・スペイン・クロアチアなどのヨーロッパ沿岸の地中海各所で同種が報告されました。ただ、初期にはイタリアからは2種として記録されたのですが、2番目にTarantoから発見された種は、後に最初のものと同種とみなされました(*Eugymnanthea inquilina* Palombi チチュウカイカイヤドリヒドラクラゲ [新称])。他の1種は、筆者が伊豆下田で幸運にも発見したもので、最近まで日本特産でしたが、筆者らによって台湾にも分布することがわかりました(久保田, 1998b; Kubota et al, 1999)。詳しくは述べませんが、この日本産*E. japonica* Kubotaカイヤドリヒドラクラゲの系統分類学的位置については、ヨーロッパからの帰化説なども考慮し、長年の研究を経てやっと決着をつけました(Kubota, 1991)。この経緯も、カイヤドリヒドラクラゲの日本産の近縁種(祖先型種)であるコノハクラゲ*Eutima japonica* Uchidaの研究史も多少含めまして久保田(1998a)にまとめました。

さて、イタリアへ旅立つ直前に、カイヤドリヒドラクラゲを、熱海(模式産地、伊豆下田に近い)と筆者が常駐する白浜(和歌山県)の2地点から採集し、大事に持参しました。航空機内や空港で、何度も洗浄し、収容容器の蓋を開けて風通しをよくしたりしました。これまで、イタリアの方々との共同研究のため何度もこのカイヤドリヒドラクラゲを空輸したのですが、みな死亡してしまった苦い経験があります。チチュウカイカイヤドリヒドラクラゲは、Napoliナポリ近郊の模式産地Lago Fusaroフサロ湖(カラダ博士らとナポリ実験所の皆様、特にブイア博士にお世話になりました)、Tarantoタラント(ピライノ博士にお世話になりました、ブイア博士のご主人様です)およびLecceレッチェ近郊(ボエロ博士とその共同研究者たちにお世話になりました)などの各地で収集しました。これらすべての材料は一定の環境条件下で飼育しました。通常、宿主ごと、時折、宿主から取り出し、汲み置きした現地の天然海水を用いて、恒温室内飼育です。エアレーション実施、日長コントロール。ほぼ毎日、海水の交換と孵化したてのアルテミア幼生を餌として充分与えました。

2. 研究項目と成果

2-1. 2種のカイヤドリヒドラクラゲ類の形態差の再確認

まず系統分類の基本である外部形態の観察から開始です。個体変異の確認です。目指す系統進化の解明に向けての第一歩です。本材料に関しましては、実は、自身のを含めた研

究により、プロジェネシスが起こったものと推察しております。属の起源はそれでいいとして、カイヤドリヒドラクラゲ属2種の互いの形態が類似しているのはなぜかと申しますと、平行進化によるものと考えてよいと思います（久保田, 1998a ; 久保田, 1999; Kubota in press）。

ところで、カイヤドリヒドラクラゲ属を含むカイヤドリヒドラ類のポリプは、軟クラゲ類中、唯一、単体性です。かのハッジも彼の良く知られた著書（Hadzi, 1963）で、この不思議で興味深い形態に触れております。単純形と化したポリプは、二枚貝の軟体部上といった特殊な生活様式と関連し進化したものにながいにありません。普通の形状のクラゲを出す祖先型の類、例えば上述の日本産コノハクラゲも含め、世界中のカイヤドリヒドラ類は、ポリプの段階では形態差がありません（インド産の1種のみ例外）。今回の観察でもそのような形態ばかりのポリプ（図1, A ; 図2, A, B）で、地中海にはコノハクラゲのような祖先型が分布しないようです。

ポリプに加えて、カイヤドリヒドラクラゲ属では成熟クラゲの形態も退化的です。一般的なクラゲの特徴を消失しており、第一に触手がまったくない。次に、口柄がないか、あっても痕跡程度です（図1, B）。形質が少なくなってしまうと分類は難しくなりますが、2種は口柄と平衡胞といった2形質をつぶさに観察すると明らかに区別できます（久保田, 1998a）。2種とも多くの地域集団を調査し、これら2形質は安定で信頼できることを突き止めていました（図1, B ; 図2, C-E）。ですが、疑問もありました。日本周辺の海水よりもはるかに濃いイタリアの海水（今回使用したものはなんと40パーミルで、イタリアの共同研究者はこれくらいは当たり前だとのことです）の中で、日本産のカイヤドリヒドラクラゲを約半年間飼育し続けると、水っぽいクラゲの体になんらかの影響が現れはしないかといぶかっていました。そこで、飼育中に遊離してくるすべてのクラゲを、来る日も来る日も観察しました。遠い過去の初めてのイタリア一周の旅（Kubota, 1989）に想いを馳せ、今回、なつかしい同地点にて、そして新地点から得た材料で調べました。なお、以前、イタリア産種を北日本の海水中で、1ヶ月間飼育した場合には、クラゲに形態変化がおりませんでした（Kubota, 1989）。

今回の観察は帰国直前まで続けま

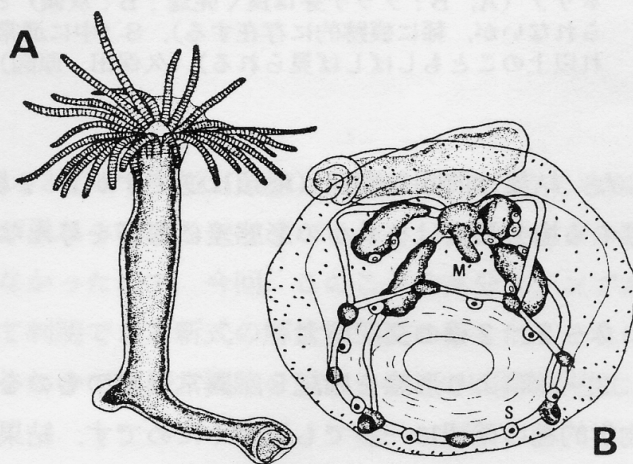


図1 日本産のカイヤドリヒドラクラゲ *Eugymnanthea japonica* Kubota のポリプ
(A : 形成を開始したクラゲ芽を育する) とクラゲ
(B : 放卵をほぼ完了した雌)。M : 口柄（退格的だが通常見られる）。S : 平衡胞（中に通常1個の平衡石を含む）（Kubota, 1979より）。

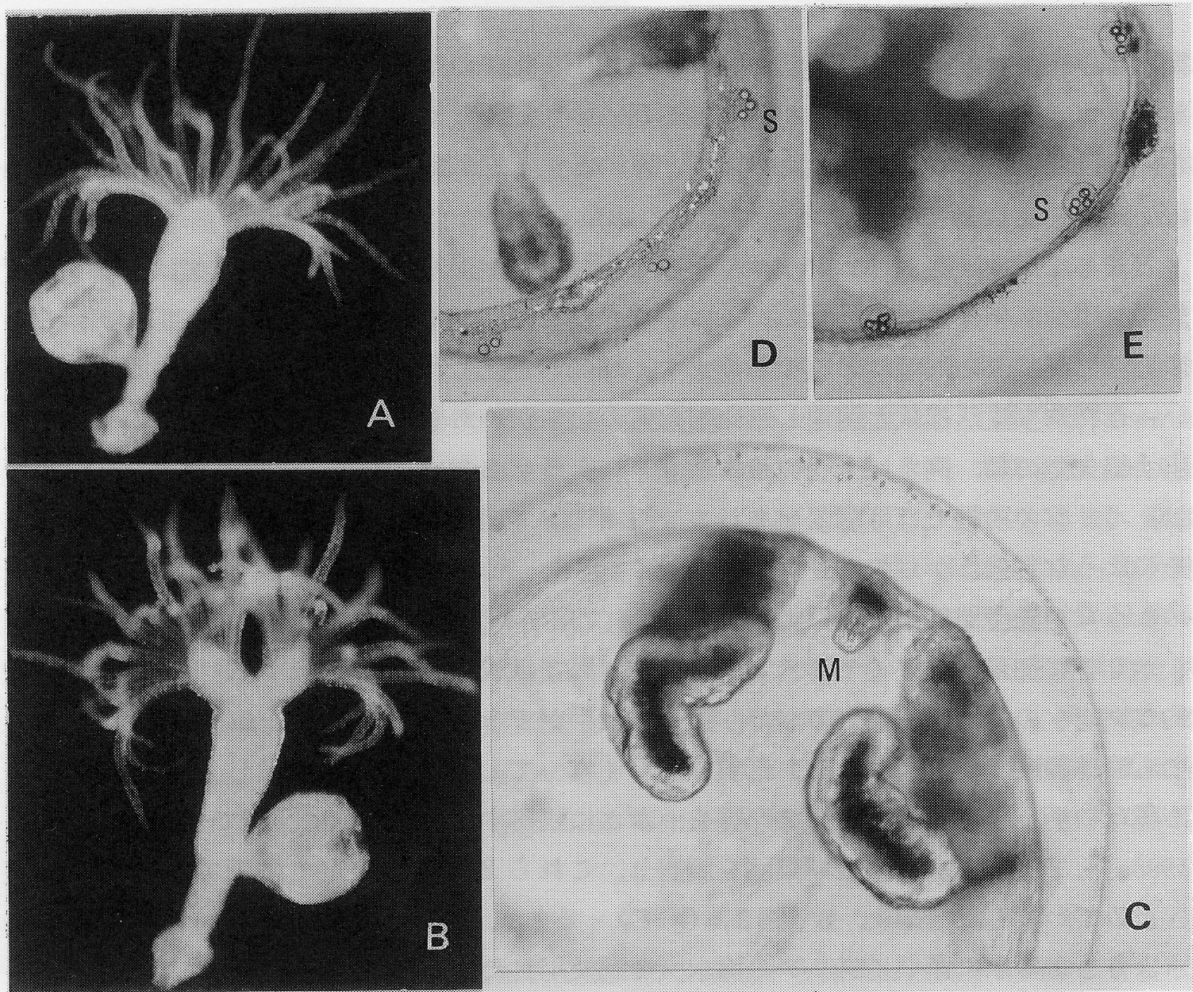


図2. イタリア産のチチュウカイカイヤドリヒドラ [新称]

Eugymnanthea inquilina Palombi

ポリプ (A, B: クラゲ芽は良く発達; B: 双頭) とクラゲ (C, D, E). M: 口柄 (通常見られないが, 稀に痕跡的に存在する). S (中に通常2個あるいは3個の平衡石を含むが, それ以上のこともしばしば見られる) (久保田 原図).

した. 結果は前回と同様 (種類は逆ですが), 2 標徴形質の安定性が確認できました. どうやら塩分濃度はクラゲの形態差に影響を与えないようです.

2-2. 2種の交配能力

2-1により形態を確認し, 異常形態のものを除き, 掛け合わせ実験をしました. 生物学的種の確認に一步でも近づくためです. 結果は, 予測通り, 交配はまったくおこらないことがわかりました. 細かく調べないといけないのですが, 受精できないと思われます. ただし, 回転しながら遊泳する幼生が誕生した case もありました. その幼生の内部形態を顕微鏡の高倍率レンズで調べてみますと, 内胚葉が形成されていなかったり, この門の特徴である刺胞が見られなかったりなどと, 正常な発生をしていないことが確認できました (Kubota, 1991参照). このような幼生は短命です. また, 幼生は単為発生による出現で

あると、コントロールでの観察で確認しました。有り難いのは、このような異常な幼生は少数しか出現しませんので交配結果を判断するのに問題にしないでよくなったことです。また、大半の卵は第一卵割さえ起こしませんし、一見正常に見える卵割が進行しても、有る程度進むと細胞がばらばらになってしまう場合も多々ありました。

実は、以上の結果を得る前に明らかにせねばならないことがありました。それは、放卵放精のタイミングを知ることです。光をあてると30分ほどで放卵放精がおこることが、2種とも同じであることを確認しました(久保田, 未発表)。もしも、これが両者で違っていれば交配実験の手続きはもっとたいへんになっていたでしょう。

2-3. 新宿主の発見

イタリア産のチチュウカイカイヤドリヒドラクラゲでは、これまで8属8種の宿主二枚貝が知られていました(Piraino et al, 1994)。今回、新たに2属2種の宿主を確認しました。それらから遊離したクラゲの形態にも著しい個体変異はありませんでした。

2-4. 雌雄モザイク個体の再確認

日本産種では雌雄モザイク個体はこれまで出現していませんが、イタリア産種では、タラントのもので報告されています(Celiberti et al, 1998)。今回の研究中に、模式産地フサロ湖のものでも確認しました。最近問題の環境ホルモンの影響かもしれないといぶかっています。フサロ湖はなにかの汚染で一時期食用が規制されたようです。日本でもなんらかの汚染が進むと港湾に多く出現するカイヤドリヒドラクラゲの性に影響が生じるやもしれませんので、今後注意事項です。なお、雌雄モザイクの個体では自家受精は難しいことが観察されました。

2-5. 2種の染色体構成の相違

日本産のものは染色体数は既知で、 $2n=30$, $n=15$ (Kubota, 1992) です。ところが、以前にイタリア産種を調べた折りに、数が異なっているデータがとれました。サンプル数が少なく、いいプレパラートが作成できなかったのが、今回、このことを十分なサンプルで確認すると同時に、他の事項もあわせて判明できる新式の解析法で試みました。これはイタリアの共同研究者といっしょに実施したのですが、細胞を分散させるのに困難が生じ、やり直しているところです。

2-6. 2種の生物学的相違

特殊な顕微鏡を用い、十分な数のサンプルで検鏡したところ、2種間で100%の相違が確認され、予期せぬ発見となりました。この方面の研究はこれまであまり報告例がなく、貴重な結果となった嬉しい共同研究でした。

3. 現在研究中の題目

ベルギーのブリュッセル大学の博物館から借用したチチュウカイカイヤドリヒドラクラゲの模式標本（フサロ湖産）を日本に持ち帰っています。宿主の違いでクラゲに生殖巣が発達しない報告（Piraino et al., 1994）があります。そうしますと、模式宿主のアサリ的一种 *Ruditapes decussatus* の中では、クラゲが正常に発達しない可能性があります。模式標本を染色などして本当にそうなのか検査中です。

4. その他の成果

4-1. カイヤドリヒドラクラゲ類2種のクラゲ芽から切りだした少数の細胞からなる組織が、各々、2種の中膠上で脱落しないで張り付いて成長できるかどうか調べました。この接着性は種特異的ともいわれている（Schmid et al, 1992）ので否定的な結果を予想したのですが、逆の結果が得られてしまいました。この意味などについて目下この方法を開発されたSchmid博士ともども考察中です。Schmid先生のBasel（スイス）にある研究室におじゃま致しまして、ご多忙の中、懇切丁寧なご指導を頂きました。

4-2. 随分前に日本で実施済みの別の種類での研究結果を、イタリアの共同研究者の方々が近年実施したものとあわせて系統分類学的な論文として公表する準備をほぼ終了させました。

5. ベニクラゲ *Turritopsis nutricula* の若返りの確認

最近、話題になった驚くべき現象があります（Piraino et al, 1996）。既にNHK特集に登場したのでご存知の方も多いでしょう（久保田, 2000）。いわばチョウが死なないでイモムシにもどる現象です。筆者もこれを実際に自身の目で確かめてみたが、丁度、ホスト研究者のグループが遺伝子レベルまで解析中なので、材料を少しおすそわけ頂き、上記の方法で飼育致しました。確かです！若いベニクラゲは死亡することなく、飼育容器の底でその前の世代であるポリプにもどりました。群体を形成したのです！この若返りの秘密が解けたらきっとノーベル賞ものだと思います。

6. ナポリ臨海実験所の図書など

貴重な文献が保管されているナポリ臨海実験所の図書で、刺胞動物、特にヒドロ虫類についての古典的で貴重なものにすべて目を通すことができました。温故知新、今はなき、先達たちの腸に触れ、連綿として受け継いで往く系統分類学の足踏みの確実性と未来永劫続くこの研究分野に、遠くにそびえ立つベスビオや目前に広がるナポリ湾に、古くから人間をすまわせてきた大理石づくりの家並み、などと、太古からの歴史を深く感じ入りました。ここの図書のことも含めまして、歴史などに関する貴重な紹介がおりしもイタリアへ旅立つ前に出版され、この本を抱えていきました。本会の発展に尽力されてこられました、

その本の執筆者のお一人であられた中埜栄三先生が、筆者の滞在中に急逝され、かえすがえす残念です。先生のご霊前にこの小著を捧げさせて頂きたいと思います。

7. クロアチア訪問

研究予定を追加しまして、第一回のイスキアでの学会から親しくなったAdamさんのおられる美しき多島海アドリア海クロアチア、Dubrovnikにカイヤドリヒドラ類が多産することとで急遽寄り道しました。チレニアイガイの中を開いて調べてみますと、高頻度で共生がみられました。大事に持ち帰ったのですが、ローマの休日と長い南国の暑さむんむんのトランジットなどでほとんどの貝が死亡し、飼育したものには残念ながら共生がみられませんでした。でも、アダムさんはクロアチアからの初めての報告となったチチュウカイカイヤドリヒドラクラゲらしきものの論文を教えて下さり、そのコピーを下さいました。またの機会にこのすてきな国を訪問できる日が楽しみです。

参考文献

- Celiberti, M. E., Piraino, S., Pagliara, P. & Boero, F. 1998. Habitat specialization and simultaneous hermaphroditism in *Eugymnanthea inquilina* (Hydrozoa). Biol. Mar. Medit., 5(1): 537-539. [In Italian with English abstract]
- 久保田 信. 1998a. ヒドロ虫類(刺胞動物門)の系統・分類. (1) カイヤドリヒドラクラゲ. 海洋と生物, 20(4): 310-320.
- 久保田 信. 1998b. ヒドロ虫類研究の旅 [1] 所変われど品変わらずー台湾にて. 海洋と生物, 20(5): 401-403.
- 久保田 信. 1999. 日本産カイヤドリヒドラ類(刺胞動物門, ヒドロ虫綱)の生物地理学的研究. In 奥谷喬司・太田秀・上島励編: 水産無脊椎動物の最新学. pp. 35-39, 東海大学出版会, 東京.
- 久保田 信. 2000. 不思議な生命体. クラゲのホットな話題. 水産週報, (1522): 5-7.
- Kubota, S., Dai, C.-F., Lin, C.-L. & Ho, J.-S. 1999. The first occurrence of the paedomorphic derivative hydrozoan *Eugymnanthea* (Leptomedusae: Eirenidae) from Taiwan, with a report of a new host. Publ. Seto Mar. Biol. Lab., 38(5/6): 219-222.
- Piraino, S., Todaro, C., Geraci, S. & Boero, F. 1994. Ecology of the bivalve-inhabiting hydrozoan *Eugymnanthea inquilina* in the coastal sounds of Taranto (Ionian Sea, SE Italy). Mar. Biol., 118: 695-703.
- Piraino, S., Boero, F., Aeschbach, B. & Schmid, V. 1996. Reversing the life cycle: medusae transforming into polyps and cell transdifferentiation in *Turritopsis nutricula* (Cnidaria, Hydrozoa). Biol. Bull., 190(3): 302-312.

Schmid, V., Schuchert, P., Piraino, S. & Boero, F. 1992. The mesoglea (extracellular matrix) of hydrozoans can be species-specific for cell attachment and cell migration: a new tool for taxonomists? Sci. Mar., 56(2-3): 131-136.

追記

「日本産ベニクラゲは不死にあらず」

最近、瀬戸内海産と和歌山県白浜産のベニクラゲ (*Turritopsis nutricula*) を計8個体飼育し、すべての個体が死亡することを確認した(紀伊民報, 2000年8月19日付け第17292号を参照)。日常茶飯事だが、我々ヒトと同様に日本産ベニクラゲが死亡することで、不死のイタリア産のものと好対照で、比較研究進展の見込みがついたことは喜ばしい。多細胞動物ひろしといえど、唯一このベニクラゲだけが成熟後も死なずに若返る(クラゲが群体性のポリプにもどる)という特質を有することは異常なことかもしれないが、他のヒドロ虫類でも同様の不死種が発見される可能性も大である。将来、“若返り遺伝子”を活性化させたり、傷つき、老化した遺伝子を治療できる、いな、せめて部分的修正でも可能な夢のような日を期待したい。

(京都大学大学院理学研究科附属瀬戸臨海実験所)