

オーストラリアのオニヒトデ対策調査

水産業改良普及センター 鹿熊 信一郎

自然保護課が実施したオニヒトデ総合対策事業の一環として、オーストラリアにおけるオニヒトデ対策の状況を調査した。

調査期間：2012年8月19日～23日

調査場所：オーストラリア・クイーンズランド州タウンズビル、ケアンズ

調査員：沖縄県 下地寛、富永千尋、神谷大二郎、鹿熊信一郎、事業受託共同企業体 岡地賢

調査日程

8月19日：沖縄→関西空港→

8月20日：→ケアンズ→タウンズビル、タウンズビル市内、グレートバリアリーフ海中公園局（GBRMPA）水族館、博物館、ジェームズクック大学（JCU）Jon Brodie氏と面談

8月21日：タウンズビル→オーストラリア国立海洋研究所（AIMS）、AIMSの4名の研究者と研究計画について情報交換、AIMS→タウンズビル

8月22日：タウンズビル→ケアンズ、グリーン島調査、海洋公園観光事業者組合のDaniel Schultz氏と面談

8月23日：ケアンズ→関西空港→沖縄

1. はじめに（背景）

1) 沖縄のサンゴ礁の状況

沖縄のサンゴ礁は荒廃してきている。図1は、沖縄県環境科学センターが1972年（復帰の年）と2004年に沖縄島周辺の同じポイントで実施した調査結果である。1972年には多くの点でサンゴの被度（海底面で生きているサンゴの割合）は50%

以上だったが、2004年には80調査点のうち74点で被度は9%以下だった。自然保護課が平成23年度まで実施した「サンゴ礁資源情報整備事業」の成果の一つであるサンゴ被度マップでも、多くの海域は、被度が5%以下となっている。

サンゴ礁荒廃の原因（かく乱要因）は、高水温による大規模白化現象、赤土や過剰な栄養塩の流入など様々であるが、オニヒトデ大発生による食害も大きい。過去のオニヒトデ対策には問題があったため、2002年頃に慶良間諸島で起きた大発生を契機として新たな方針が立てられた。守るべき、守りたい、守れるという基準の下に最重要海域を絞り込み、ここで集中的に継続した駆除を実施する方針である。この方法は慶良間や八重山で採用されている（鹿熊2011）。「オニヒトデのはなし」（沖縄県自然保護課2004）やオニヒトデ対策ガイドライン（沖縄県自然保護課2007）にも同様の情報がある。



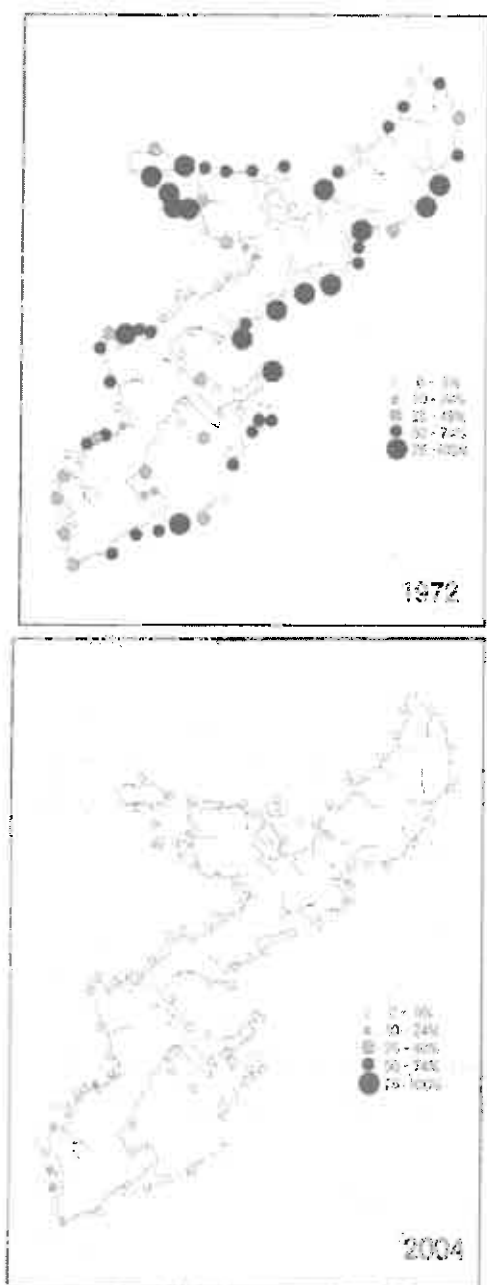


図1 沖縄島周辺海域でのサンゴ被度の変化
(小笠原ら 2004 より抜粋)

2) 沖縄県のオニヒトデ対策新規事業

自然保護課は、2000年初頭の大発生のときから、様々な事業を使いオニヒトデ対策を継続してきた。この事業で、日本国内のオニヒトデ専門家組織されたオニヒトデ対策会議学識経験者が議論し、新たなオニヒトデ駆除の方針を立てたこと、現在主流となっているオニヒトデ簡易調査法（15

分間・約 50m 四方を泳いでオニヒトデとサンゴを調査する方法）を確立した成果は大きい。

（財）亜熱帯総合研究所も、平成 15～17 年度にオニヒトデ、ハブクラゲ等の有害海洋生物に関する調査研究を実施した（亜熱帯総合研究所 2006a）。この一環として、稚ヒトデのモニタリングマニュアルを作成している（亜熱帯総合研究所 2006b）。

自然保護課は、平成 24 年度から 6 年計画で一括交付金を利用した「オニヒトデ総合対策事業」を開始した。

事業は、オニヒトデ大量発生の子実証、オニヒトデ大量発生メカニズム解明に関する調査研究、効果的・効率的なオニヒトデ防除対策の検討を 3 つの柱とする。将来的には、10 億円規模の基金を作り、予察と重点的・効率的な駆除によってサンゴ幼生の供給源となる重要サンゴ礁海域を保全することも考えている。

3) オーストラリアの状況

オーストラリアのグレートバリアリーフでもサンゴは減少している。ここ 27 年間で、サンゴの被度は 28%から 13.8%へと半減している。そして、その原因はオニヒトデの食害が 42%を占めるという調査結果が発表された。

サンゴ礁保全に関してオーストラリアで調査するには、タウンズビルははずせない。なぜなら、グレートバリアリーフ海中公園局（GBRMPA）、ジェームズクック大学（JCU）、オーストラリア国立海洋科学研究所（AIMS）という 3 つのサンゴ礁関連の政府・教育機関が集中しているからである。また、今回ケアンズも調査した。ここには、政府の支援を受けオニヒトデ駆除活動を行っている海中公園観光事業者組合の事務所があるためである。

2. 日程順調査結果概要

8月20日

タウンズビル市内で AIMS を退官した Clive Wilkinson 氏と会った。Wilkinson 氏からアジア太平洋のサンゴ礁海域における土砂・過剰栄養問題を整理した冊子 (Wilkinson & Brodie 2011) を入手した。この冊子には、沖縄の赤土問題など 33 の事例が含まれている。

夕方から JCU の Jon Brodie 氏と面談した。Brodie 氏は水質管理の専門家で、さきの冊子の共著者でもある。根本的なオニヒトデ対策には水質管理が必要であるため、今後とも Brodie 氏との情報交換は続けなければならない。印象に残った点は、広い海域の栄養塩濃度とともに、より直接的な植物プランクトン濃度の指標となるクロロフィル a を把握する必要がある点である。このためには、採水よりもオートロガーを船舶に搭載して測定する方法が断然効率が良い。また、農家が肥料の使用を減らすための工夫や有機汚濁物質の 3 次処理の必要性も話していた。

GBRMPA には多くのサンゴ礁研究者がいるが、残念ながら、今回は日程が合わず面談を組むことができなかった。



8月21日

タウンズビルの町から約 100km 東にある AIMS を訪問した。会議室で昼食をはさみながら数時間情報交換を行い、その後、施設を案内してもらった。

会議室では、Glenn De'ath 氏、Madeleine Van Oppen 氏、Lindsay Trott 氏の 3 人と情報交換した。まず、岡地氏より研究プログラムの案が提示され、下地氏から沖縄と AIMS との研究連携の必要性・方向、AIMS 研究者の沖縄への招聘の可能性が示された。基本的に、本事業により研究費を AIMS に提供することは考えていないが、事業検討委員会とは別に、研究コンソーシアムのような組織を立ち上げる可能性も示された。

AIMS 側からは、沖縄の経験や北半球での研究成果は参考になるとのことだった。また AIMS では、実験用オニヒトデやサンゴを採取するのに、船で何時間もかけてバリアリーフに行かなくてはならないが、沖縄はリーフが近くにあり、かつ良質の海水が得られる利点がある。

<モデル>

沖縄側が必要とする情報、および今後の研究連携のポテンシャルがある分野の一つは、オニヒトデ大発生を予測するモデルである。様々なパラメーターが関与するが、特に「流れ」の情報は重要である。東工大の灘岡教授を中心とするチームにより、慶良間諸島が沖縄島西岸へのサンゴ幼生の供給源であることが解明されたが、灘岡教授は、オニヒトデ幼生についてもシミュレーションをしている (亜熱帯総合研究所 2006a)。この結果では、慶良間で大発生したオニヒトデの幼生は、沖縄島北部から流れてきた可能性が示された。サンゴの幼生とは逆方向になるが、この海域の流動場や黒潮逆流の変動性からみれば十分考えられる。

また、高栄養となる湧昇流の存在もモデルでは重要でなる。たとえば、オニヒトデ発生源の一つの可能性のある恩納・読谷海域では、湧昇の存在が指摘されている。流れの解析は、リーフ間のコネクティビティ (つながり) を考える上でも重要であり、

さらにこの情報は、サンゴ・オニヒトデの遺伝的解析や海洋保護区の配置・ゾーニングにも役立つ。

栄養塩、クロロフィル a の情報もモデルにはインプットする。さらに、サンゴの被度も重要となる。オニヒトデの餌となるサンゴが、大発生を支えられるほどに回復するには 12 ~ 15 年かかると言われている。

<駆除方法>

オーストラリアでは、オニヒトデは薬剤を使って駆除している。その一番の理由は、リーフが遠いため、オニヒトデを陸に持ち帰るのは効率が悪いためである。薬剤駆除でも駆除費は 1 個体あたり 50 ドル (約 4 千円) かかると言われている。このため、バクテリア・ウイルスやタンパク質を使ったより効率的な駆除方法も検討されているが、生態系への影響などの危険性が危惧されている。

<漁業の影響>

オニヒトデ大発生が自然現象なのか、それとも人為的影響があるのかについて、長く議論されてきた。人為的影響説の一つは、過剰な栄養を流すことでオニヒトデ幼生の餌が増えるという説である。他の一つは、オニヒトデの捕食者を漁業によって減らしてしまうという説である。よく聞くホラガイ獲り過ぎ説は、ホラガイが 1 個体の大きなオニヒトデを食べると、1 週間は何も食べないこと等を理由に、今はあまり使われていない。

しかし、オニヒトデ幼生や稚ヒトデを食べる生物を漁業で獲りすぎる説は、今でも信じている人がいる。長く GBRMPA のリーダーを務めた Richard Kenchington 氏は、MPA によって捕食者が守られ、その結果、オニヒトデの個体数が減った証拠があると言っていた。しかし、岡地氏の調査では、稚ヒトデをもっとも多く捕食するのは甲殻類とのことである。



8 月 22 日

ケアンズから大型高速船で 50 分の距離にあるグリーン島へ、観光ツアーを利用して行った。ツアー料金は 79 ドルで、スノーケリングかグラスボートを選択できる。船代・スノーケリング機材代は込みであるが、昼食代はついていない。ケアンズ地先の海岸は泥干潟で、観光客がスノーケリングやダイビングを行うには、遠くのバリアリーフに行くか、近くの離島に行くしかない。この点も、沖縄の有利性を感じた。

過去 3 回グレートバリアリーフで起きたオニヒトデ大発生は、いずれもグリーン島を含む海域で始まったと言われる。理由の一つは GBR にぶつかる南赤道海流の分岐点であることだが、他の一つは、ケアンズ周辺にサトウキビ農地が多く、ここからの過剰な栄養流入の滞留が影響していると考えられている。

グレートバリアリーフは、数少ない海の世界自然遺産である。ツアーに使われた高速船には、100 名近い観光客が乗っていた。

高速船は、他の業者のものもあったので、すごい数の観光客が訪れていることになる。典型的なマスツーリズムである。グリーン島は、以前、航路浚渫のサンゴ礁へ与える影響が問題になった。今はそれよりも、大量の観光客に起因する過剰な栄養が問題になっていると考えられる。事実、島の周りでは、海藻・海草が増えてサンゴは減っている。

島の北側のビーチ沖をスノーケリングした(図の 013)。海水はやや濁っていた。アジア太平洋で、このようなマスツーリズムを行っている場所は、どこも同じように濁っていることが多かった。過剰な観光による栄養負荷が関係している可能性がある。しかし、シロクラベラ、フェフキダイ類、ヒラアジ類などの大型の魚が多く、しかも、近づいても逃げなかった。矛突き等の漁業が行われていないためであろう。

午後に海洋公園観光事業者組合 (Association of Marine Park Tourism Operators: AMPTO) の Daniel Schultz 氏と面談した。質問リストのうち重要な以下の4点に関して情報交換した。

AMPTO は、2002 年からグレートバリアリーフ北部 65 のリーフ・167 箇所のレストランサイトでオニヒトデ駆除事業を実施しており、2007 年 5 月末までに 9 万 6 千匹余りのオニヒトデを駆除している。プログラムの実施状況は報告書にまとめられており、駆除の方針(駆除サイトの選定、駆除実施と駆除終了の目安(CPUE>0.1)、安全基準、データベースの整備、リーフごとの駆除の状況等)が詳細に報告されている。

<駆除場所選定の方法>

毎週 AMPTO が海域調査を実施し、その結果を GBRMPA に報告する。GBRMPA はレポートを作成し AMPTO に提示する。AMPTO はそれを参考にして、以下の条件を考慮して駆除場所を決定する。

(1) 緊急性：大型オニヒトデが重なるように生息し、危機が迫っている

(2) 守るべき：貴重なサンゴ群集が高被度で存在している(幼生供給源の可能性)

(3) 守りたい：重要なツーリストサイトである(ケアンズ、タウンズビル、ウィットサンデー、クックタウンの4地域110サイト)

沖縄県が採用している守るべき、守りたい、守れる基準のうち、守れる基準がないのは、海域・海況特性によるのだろう。

<駆除チーム編成の方法>

AMPTO は 30 オペレーターで組織される。Dive Queensland のような大きなオペレーターは、その傘下に 30 人のダイバーがいることもある。19 人(常勤 13 人、非常勤 6 人)がメイン駆除チームで、基本的に 2 週間単位で 10 日駆除、4 日休みを繰り返している。ボートは 2 隻使用し、11 人が海へ入る。地形にもよるが 5m 以内の間隔で列を作り駆除作業を行う。15 人は失業対策プログラム(Green army program)で雇用され、トレーニングの後ダイブマスターの資格をとるなど職業訓練も行う。この人たちとダイブショップの人がチームを組む。駆除作業終了の決定は、2 本潜って 1 個体/10 分・ダイバー以下になったらその海域の駆除は終了する。

<GBRMPA への駆除申請の方法>

オーストラリアでは、オニヒトデの駆除に GBRMPA の許可が必要である。詳細は不明だが、このプログラムによる駆除は一括して申請している。

<予算の流れ>

連邦・州政府の両方から予算が来る。国の予算は、→ GBRMPA → GEMPEARL → AMPTO と流れる。GEMPEARL とは、公募により受託者となったオニヒトデ駆除プログラムの事業実施企業である。政府からの予算は 3 ヶ月に 1 回入ってくる。駆除ダ

イパーへの賃金支払いは週1回。連邦政府の駆除予算は年数百万ドルと高額なようだが、観光収入は年50億ドルである。また、グレートバリアリーフは沖縄のリーフよりはるかに広大である。

州の予算は、選挙結果などにより不安定だが、主に2ヶ月に1回のトレーニングが目的で有効に使われている。民間資金の提供はないが、資材の提供などで協力してくれている。

<その他の項目>

沖縄では薬剤を注射したオニヒトデと、していないオニヒトデの区別がつかないと言われるが、GBRでは(太い注射針をつかっている)注射したものは穴があるのでわかる。また、すぐ動かなくなる。50cmのオニヒトデには10回注射する(10-12ml/回、海中で薬液が不足した場合は8mL/回)。駆除効率は、40分ダイブで40個体程度。

アナフラキシーショックの事故はないが、3回刺されたら駆除作業に参加できないことになっている。注射による駆除はオニヒトデをハンドリングすることがないので、刺される事故はめったにない。用心のためアドレナリンを持って行く。AMPTOの駆除活動や道具などに関しては、Aiello (2006 N.D.)参照。

3. 水質管理の重要性

2000年代初頭に、沖縄におけるオニヒトデ駆除の方針は大きく変わったが、依然として対症療法の域を出ていない。今回の新規事業では、根本的な対策にも踏み込むことが画期的である。それは、過剰な栄養塩負荷を抑制し水質管理に取り組むことである。

20年前に、オーストラリアではオニヒトデの大発生が人為的なものか自然現象なのかで論争があった。人為説の一つは「幼

生飢餓説」と呼ばれる。人が過剰な栄養を海に流すと植物プランクトンが増え、これを餌とするオニヒトデ幼生の生残率が上がるというものである。しかし、調査技術の問題もあり論争の結論はでなかった。

その後、流れなど物理モデルの進展とあわせて、2010年に岡地氏も共著者となる重要な論文(Fabricius et al. 2010)が発表され、現在は幼生飢餓説が支持される方向にある。この論文では、海水中のクロロフィルa濃度が2倍になると、オニヒトデ幼生の変態成功率が8倍高くなる(4倍なら16倍高くなる)。しかも、幼生の最低限の成長に必要なクロロフィルa濃度は、自然状態よりやや高いだけの約 $0.5 \mu\text{gL}^{-1}$ 付近である。現在のグレートバリアリーフ北部海域の平均クロロフィル濃度は $0.2-0.25 \mu\text{gL}^{-1}$ 程度だが、ケアンズ以南の中・南部では $0.5 \mu\text{gL}^{-1}$ を超えることが多いとのことである。つまり、大雨の頻度にもよるが、人為的な栄養塩負荷を減少させることにより、オニヒトデ幼生の生残率を低下させられる可能性を示している。

オーストラリアでは、農地で使われる肥料が栄養塩負荷(→過剰な植物プランクトン=高濃度クロロフィルa)の主因となっているようだが、沖縄の場合は、これに加え畜産の糞尿、都市部の下水も重大な負荷源になっていると考えられる。今後、重要海域および広範囲の海域におけるクロロフィルa濃度の継続的な測定が必要である。

過剰栄養塩対策を行うことは、サンゴ礁の保全にも役立つ。海水中の過剰な栄養は、植物プランクトンの増加によって濁りを生じ、サンゴと共生している褐虫藻の光合成を阻害するとともに、サンゴと競合関係にある大型海藻を増やすことで、結果としてサンゴが減少するためである。また、海水の濁りを減ずることは、ダイビングやスノ

ーケリング等、沖縄の最重要産業である観光に貢献することにつながる。

4. 薬剤駆除の併用

沖縄でオニヒトデ駆除を実施するダイバーたちから、手作業による駆除は効率が悪いので薬剤注射による方法に変えたいとの提案がよくある。しかし、原則として薬剤駆除を薦めてこなかった。その理由は、大発生状態ではかえって効率が悪い（1個体に4カ所以上の注射が必要で、サンゴのなかに潜んでいるものは引きずり出す必要がある等）、死んだオニヒトデがビーチ等に打ち上げられる恐れがある、注射をうったか見分けが難しい、薬剤の生態系への影響が不明、機材が高価、等である。

しかし、オニヒトデの刺傷事故は駆除作業中よりも船に揚げるときが多いため、依然として薬剤駆除への要望が多く、四国では酢酸注射による駆除方法が開発された（黒潮生物研究財団 2012）。また、2012年5月、沖縄でオニヒトデ駆除を行っていた女性が刺され、アナフィラキシーショックで亡くなった。このため、薬剤駆除への要望はますます高まっている。

今回のオーストラリア調査の目的の一つは、薬剤によるオニヒトデ駆除の実態を調べ、費用、効率、安全性などを取り上げ駆除と比較することである。結果として、沖縄における薬剤駆除の可能性は十分あるものの、薬剤駆除を単独で行うのではなく、従来的人力駆除と併用する方向が望ましいと考えられる。

文献

亜熱帯総合研究所（2006a）「第1部オニヒトデの生態，モニタリング，防除に関する調査研究」『平成15～17年度亜熱帯地域の有害・有毒生物に関する調査研究報告書（3年間のまとめ）』13-47

亜熱帯総合研究所（2006b）『稚ヒトデモニタリングマニュアル』

小笠原啓・小澤宏之・長田智史（2004）「沖縄島周辺におけるサンゴ礁現況調査およびオニヒトデ大量発生予知への試み」『沖縄県環境科学センター報』第5号，52-65

岡地賢（2011）「サンゴを脅かす生きものたち」『サンゴ礁学』東海大学出版会，209-238

沖縄県自然保護課『オニヒトデのはなし（第2版）』2004

沖縄県自然保護課『オニヒトデ対策ガイドライン』2007

鹿熊信一郎（2011）「サンゴ礁を守る取り組み」『サンゴ礁学』東海大学出版会，314-337

黒潮生物研究財団（2012）『オニヒトデ駆除マニュアルー酢酸の注射による駆除手法の適用』

Fabricius, K.E., K. Okaji & G. De'ath (2010) "Three lines of evidence to link outbreaks of the crown-of-thorns seastar *Acanthaster planci* to the release of larval food limitation", *Coral Reefs* 29:593-605

Aiello, R. (2006) *Crown of thorns starfish, A step by step guide, Developing Effective* 46pp

Aiello, R. (N.D.) *AMPTO COTS control program on the Great Barrier Reef, Final performance report Feb 2002 - May 2007* 23pp

Wilkinson, C. & J. Brodie (2011) *Catchment Management and Coral Reef Conservation*



タウンズビル市街



グリーン島の棧橋と大型観光船



AIMS での会議の様子



グリーン島のサンゴ



ケアンズの泥干潟のビーチ



オニヒトデ駆除用薬剤注射器