

## 第4章 海外研究機関等との協定業務補助

### 1. 概要

平成24年度のオニヒトデ総合対策事業で実施した先進地視察業務では、オニヒトデ研究の先進地であるオーストラリア・タウンズビル市を訪れ、ジェームズクック大学やオーストラリア海洋科学研究所（Australian Institute of Marine Science、以下AIMS）で研究業務に携わっている主要な関係者と面会した。その際、オーストラリアにおいても今後優先的に着手すべきオニヒトデ研究課題があり、その多くが沖縄県のそれと共通していること、そして、情報交換や相互協力を行うことが双方にとって有益であるという見解が示され、研究計画が正式にまとまった段階で協定関係の締結にむけた協議を行うことで合意をみた。

沖縄県側では、平成24年10月と平成25年1月に開催されたオニヒトデ総合対策事業検討委員会での諮問を経て調査研究計画が策定された。AIMSでは、平成24年7月にケアンズ・フィッツロイ島で開催したオニヒトデワークショップ（フィッツロイ会合）において採択された優先課題に基づいた研究計画を平成25年10月に基本方針としてとりまとめた。平成25年11月には沖縄県とオニヒトデ総合対策事業共同企業体（JV）のメンバーがAIMSを訪問し、双方の計画を開示、比較して、どの分野において協力できるかを協議した。以後、平成26年3月にAIMSから2名の研究者を沖縄に招聘して「沖縄県とオーストラリア海洋科学研究所によるオニヒトデ研究および総合的対策に関するパートナーシップ協定（以下、協定と省略）」が正式に締結された。

平成26年度のAIMS訪問では、協定にもとづいて双方の調査研究に関する情報交換を行うことと、今後の共同研究分野の可能性について協議を行うことがおもな目的であった。また、訪問の機会を利用して、かねてよりAIMS側から要望がよせられていたオニヒトデ幼生捕食実験への技術協力と、グレートバリアリーフの視察も行った。

平成27年度はAIMSに加えてグレートバリアリーフ海中公園局（Great Barrier Reef Marine Park Authority、GBRMPA）も訪問先に加え、行政機関としてオニヒトデ防除にむけた水質改善への取り組みについて担当者から聞き取った。また、タウンズビル近郊の4ヶ所の国立公園を視察した。本年度も幼生飼育実験への参画を予定していたが、飼育施設の準備が間に合わず断念せざるを得なかった。出張行程およびAIMS、GBRMPAでの会合スケジュールは次ページ以降に示した。

出張者：沖縄県自然保護・緑化推進課 謝名堂 聡 課長、比嘉 剛 主任技師

オニヒトデ総合対策事業共同企業体（JV） 岡地 賢

出張期間（謝名堂・比嘉）：平成27年11月1日（出発）～平成27年11月7日（帰着）

出張期間（岡地）：平成27年11月1日（出発）～平成27年11月10日（帰着）

出張先：オーストラリア・クイーンズランド州・タウンズビル市

オーストラリア国立海洋科学研究所（AIMS）

グレートバリアリーフ海中公園局（GBRMPA）

出張行程：次ページの表のとおり

## 2. 訪問行程および協議スケジュール

今回の訪問行程を表4-2-1および表4-2-2に示した。JVの岡地は11月6日から9日にかけて予定していたAIMSのスヴェン・ウチツケ博士とのオニヒトデ幼生飼育実験が実施できなかったため、施設内の設備に宿泊して図書室でオニヒトデ関連資料を収集した。

表4-2-1. AIMS・GBMPA 訪問の全体行程.

日付	曜日	時刻		行程および面会者	宿泊先
11/1	日	11:50	19:30	(JV 岡地) JL037 羽田⇒シンガポール	機内泊
		22:50	(6:45)	JL7897 シンガポール⇒ブリスベン	
		12:45	14:55	(沖縄県 謝名堂課長・比嘉氏) JL906 那覇⇒羽田	機内泊
		19:30	(5:30)	QF062 成田⇒ブリスベン	
11/2	月	8:55	10:50	QF970 ブリスベン⇒タウンズビル	アイビスホテル (Hotel Ibis Townsville)
		12:00	13:30	タウンズビル市内視察	
		14:00	16:00	視察団内打合せ	
11/3	火	7:30	8:20	タウンズビル市内⇒AIMS	アイビスホテル (Hotel Ibis Townsville)
		8:30	13:30	AIMSにて研究の進捗に関する情報交換・協議	
		14:00	15:30	ボウリンググリーンベイ国立公園(Bowling Green Bay NP) 視察	
		18:30	20:30	AIMS主催の夕食会	
11/4	水	12:00	13:00	視察団内打合せ	アイビスホテル (Hotel Ibis Townsville)
		13:00	16:30	グレートバリアリーフ海中公園局にて水質管理に関する聞き取り	
11/5	木	9:30	17:30	ヒンチンブルック島国立公園(Hinchinbrook Island NP) 視察	アイビスホテル (Hotel Ibis Townsville)
				ギリンガン国立公園(Girringun NP) 視察	
				パルマレンジ国立公園(Paluma Range NP) 視察	
11/6	金	11:35	13:25	(沖縄県 謝名堂課長・比嘉氏) QF971 タウンズビル⇒ブリスベン	機内泊
		14:25	17:00	QF537 ブリスベン⇒シドニー	
		21:30	(5:30)	QF052 シドニー⇒羽田	
		11:00	12:00	(JV 岡地) タウンズビル市内⇒AIMS	AIMS宿泊所
		13:00	17:00	幼生研究に関する意見交換	
11/7	土	8:25	11:10	(沖縄県 謝名堂課長・比嘉氏) JL905 羽田⇒那覇	AIMS宿泊所
		8:00	17:00	(JV 岡地) オニヒトデ関連資料収集	
11/8	日	8:00	17:00	(JV 岡地) オニヒトデ関連資料収集	AIMS宿泊所
11/9	月	10:00	11:00	(JV 岡地) AIMS⇒タウンズビル空港	メトロマローウホテル (Metro Marlow Hotel)
		12:15	15:55	VA1520 タウンズビル⇒シドニー	
11/10	火	8:15	18:05	(JV 岡地) JL772 シドニー⇒成田	

表4-2-2. AIMS 訪問時の協議スケジュール(AIMS から提供された文書の和訳)

沖縄県代表団の訪問プログラム  
 ホスト：ブリタ・シャッフエルケ  
 平成27年11月3日（火曜）

時刻	内容
0730	ホテル出発
0830	AIMS到着・シャッフエルケ博士による出迎え、受付にてサインイン
0830-0845	オープニングリマーク・参加者紹介
0845-0930	沖縄県オニヒトデ総合対策事業（調査研究）の進捗について（岡地）
0945-1015	モーニングティー
1015-1045	スヴェン・ウチッケ博士：オニヒトデ幼生の栄養と成長および遺伝的同定
1045-1115	マイク・ホール博士：オニヒトデのスマートコントロール
1115-1130	ローナ・ホイ博士：オニヒトデの微生物学
1130-1200	討議
1200-1245	飼育施設（SeaSim）見学：施設概要とオニヒトデ幼生飼育実験
1245-1330	昼食
1400	AIMS出発

沖縄県代表団：

- 謝名堂 聡 課長・比嘉 剛 主任技師（沖縄県自然保護・緑化推進課）
- 岡地 賢（有限会社コーラルクエスト）

AIMS 出席者

- ブリタ・シャッフエルケ（Dr. Britta Schaffelke）
- スヴェン・ウチッケ（Dr. Sven Uthicke）
- ローナ・ホイ（Dr. Lone Høj）
- ヒュー・スウェットマン（Dr. Hugh Sweatman）
- リチャード・ブリンクマン（Dr. Richard Blinkman）
- デイブ・ソーター（Dr. Dave Souter）

### 3. 協議内容

#### 3-1. 調査研究の進捗状況報告

会合の最初に AIMS 側のホストであるブリタ・シャッフエルケ博士から出席者の紹介と協定に関する説明があり、その後、JV の岡地から沖縄県側の進捗状況について、平成 26 年度のオニヒトデ総合対策事業報告書および平成 27 年度中間報告書に記載された内容に準じたプレゼンテーションを行った（プレゼンテーション資料は本章末尾に 4. 付録として添付）。

最初の出席者紹介において、2015 年度からスヴェン・ウチッケ博士がオニヒトデ研究のチームリーダーとして指名されたことがアナウンスされた。彼が中心となって実施している幼生研究に加え、今後はマイク・ホール博士とローナ・ホイ博士によるゲノム解析・忌避誘引物質探索も統括管理するということである。

沖縄県側からの研究進捗報告では、昨年度からの継続研究（水質、集団遺伝、プランクトンサンプリング、稚ヒトデ）に加え、既存観測データを利用した統計計算による幼生分散シミュレーション（国環研・熊谷博士）と、幼生組織の同位体比測定による食性推定（創価大・中富博士）という 2 件の新規課題について詳しく説明した。幼生分散シミュレーションは国内外のオニヒトデ研究においては新規のアプローチで（サンゴ幼生では今年度出版された既存研究がある）、AIMS で海流計算を専門としているブリンクマン博士から特に異論はなかったが、可能ならより詳細な観測データと専用物理モデルを使用してすれば精度を高めることができるだろうとのコメントがあった。幼生の食性推定はこれまでも議論になっていた問題で、過去数十年にわたってオニヒトデ研究における主要テーマの一つであった。同様の研究を行っているウチッケ博士からは、かつて岡地が実施していた補食実験と結果が異なる（直径  $2\mu\text{m}$  以下の粒子は捕捉できないと判断した）ことへの説明を求められた。これに対しては、繊毛を利用した粒子捕捉はできないが、水流と一緒に消化管へ取り込まれている可能性があるかと回答した。同席していたマイク・ホール博士からは、小さい粒子はいわゆるマリンスノーのように凝集し、さらに繁殖した細菌が粘着するなど、大きい粒子と似た振る舞いをするかもしれないとのコメントがあった。また、シャッフエルケ博士は、植物プランクトンの増殖が一時的であっても、それらが分解された有機物を餌として利用できるなら、従来考えられていた餌料制限は緩和されるだろうとの沖縄県側の考え方を支持した。議論の結果、小さい粒子はおそらく主食にはならず、それだけで幼生が生き残ることはできないが、栄養の要求量全体に対しどの程度の比率を占めているのかという定量的な評価が今後の課題だと双方で認識を共有した。AIMS 側からの総評として、沖縄県側の研究では重要な課題を着実にすすめ、興味深い結果が得られているので今後にも期待したいという好ましいものであった。

AIMS 側からは、ブリタ・シャッフエルケ博士によるグレートバリアリーフの水質研究について、スヴェン・ウチッケ博士によるオニヒトデ幼生生態研究および遺伝子解析技術を用いた幼生採捕技術研究について、マイク・ホール博士からはオニヒトデの遺伝子情報にもとづく忌避物質・誘引物質研究について、そして、ローナ・ホイ博士（Dr. Lone Høj）からはオニヒトデ個体の微生物学研究について、それぞれ報告をうけた。いずれも昨年訪問時以降に複数の新しい知見が得られており、沖縄県側の調査研究方針を考えるうえでたいへん参考になると思われる。次ページ以降にそれぞれの概要を記す：

### 3-1-1. グレートバリアリーフの水質管理（ブリタ・シャッフエルケ博士）

- GBR の水質に影響をあたえる要因は、ローカルなもの（沿岸開発、農業、人口増加、港湾開発）とグローバルなもの（気候変動、異常気象、海洋酸性化）とがある。AIMS としてはローカルの要因である流域とサンゴ礁のつながりに着目して、陸水の流入による沿岸水質や生態系の変化を調査している。
- 陸水は大量の土砂粒子、栄養塩、肥料残渣、農薬など様々な汚染物質を含んでいる。それら汚染物質の量は、陸域の農業開発が行われる以前と比較して 5~9 倍に増加している。特に雨期には汚染が顕著で、水質汚染の指標である懸濁物質とクロロフィル量は大陸沿岸では乾期の数倍に増加する。
- 上記の汚染物質や、クロロフィルが増加した海水ブルームはサンゴ礁（グレートバリアリーフ）にも到達して生態系に影響をあたえる。水質のモニタリング地点は非常に多く設置されており、様々な時間・空間スケールで変化をとらえている。
- データの蓄積とともに、グレートバリアリーフの保全における水質管理の重要性が行政側にも認識され、2003 年には最初の「水質管理計画」が策定、実施された。同計画は数年おきにレビューされ、最新のものは 2013 年の改訂である。2020 年までに土地利用による沿岸生態系やサンゴ礁への影響をなくすという目標が掲げられている。
- 水質管理計画の一環として、AIMS は 2005 年から他の研究機関・政府機関（おもに陸域・流域の調査を担当）とも協力しながらサンゴ礁の水質および生物のモニタリングを実施している。それらのデータは指標として地図上に表示され、水質汚染がいつ、どの場所に、どの程度ひろがっているかを視覚的に確認できるようになっており、一般にも説明しやすく整理している。
- 水質管理に関連する研究としては、グレートバリアリーフ全体の流動シミュレーションを行っている。各河川の流量や、海域に達して以降の流向、拡散状況をモデルで計算している。
- モニタリングデータの指標化・視覚化により、農業者から以前より多くの問い合わせを受けるようになった。

### 3-1-2. オニヒトデ幼生の栄養と成長および遺伝的同定（スヴェン・ウチッケ博士）

- グレートバリアリーフ全域のマanta法モニタリングにより、2010 年以降に北部グレートバリアリーフ（ケアンズ〜クックタウン付近）からオニヒトデ個体が増加し、4 回目の大量発生が始まったと認識している（1962 年の 1 回目以降 14~15 年周期で起きている）。おそらく先の大量発生と同じく北部から南部へむかって拡大してゆくであろう。
- オニヒトデは 1 個体で数千万個という大量の卵を産むため、幼生期の生残率がわずかに増加するだけで大量発生につながる可能性がある。他の種類では、幼生期の間の死亡率は 1 日当たり 10~15% と見積もられているが、例えば、餌が豊富で成長が早いことで生き残る数が大きく違ってくると思われる（幼生生き残り仮説）。
- 幼生生き残り仮説の検証に必要な、オニヒトデ幼生の餌の種類や密度、要求量などを 2012 年から継続して研究している。この幼生生態研究と並行あるいは関連して、2013 年に AIMS 内に作られた飼育施設（SeaSIM）を利用した幼生飼育技術開発を継続している。2014 年から遺伝子解析を利用した幼生の同定手法研究と、環境遺伝子による親個体の検出手法開発にも着手した。
- 幼生生態研究では、SeaSIM の実験水槽を使用して、4 種類の異なる餌（脂肪酸含有量のちがう植物プランクトン）の密度や水温変化に対する幼生の成長と生残を調べている。異なる餌の混

合率を変える実験も行っている。これまで、同じクロロフィル量を示す餌密度では、不飽和脂肪酸が多い餌で飼育した幼生の成長が早かった。このことは、野外において餌の種類によっても生残率が変化する可能性を示している。

- 同じ種類の餌では、密度が高まるにしたがって幼生の成長が早くなることはこれまで知られているとおりが、SeaSIMでの水温制御実験により、同じ密度では水温が高いと成長をより促進することがわかった（ただし水温は生存適正範囲内）。条件次第では受精後20日目の生残数が最大約2.4倍（3.6%→8.7%）となった（論文として出版済）。
- 野外での幼生分布を調べるために、安田博士の協力も得てオニヒトデ幼生の遺伝子マーカーを開発している。2014年12月下旬にグレートバリアリーフ中部から北部にかけて約7日間航海してプランクトンサンプルの採取し、その中からオニヒトデ幼生の同定と密度測定を試みた。
- 当初のマーカーではほとんどのプランクトンサンプル中にオニヒトデ幼生の反応がみられたが、サンゴ海（グレートバリアリーフの外洋沖合）で幼生が入っていないサンプルを採取して対照としたり、サンプルの検鏡により得られたオニヒトデ幼生と遺伝子マーカーとの突き合わせと修正により検出精度を高めた。その結果、野外ではオニヒトデ幼生が予想より高い密度で浮遊しており、分布域も広いことがわかった（論文として出版済）。
- オニヒトデ幼生の遺伝子解析技術を利用して、海水サンプル中に存在するマーカー量から幼生の密度を推定する手法も研究している。これまでの室内実験では、オニヒトデ遺伝子をコピーさせたバクテリアを利用して遺伝子量とバクテリア数との相関関係式（対数式）を得た。この関係式に実際の幼生のデータもよく合致しているため、今後は様々な密度レンジで幼生密度の推定に適用できるかどうか試してみたい。
- 環境DNA技術（野外で採取した海水のサンプル中に含まれるオニヒトデのDNAを検出して幼生や親の密度を推定する）の適用可能性も検討している。
- 今後も幼生生き残り仮説の検証作業を継続する。具体的には、野外のオニヒトデ個体のサンプリングによる産卵タイミングの正確な把握、広範囲の幼生サンプリングによる分散経路推定、採取された幼生の胃内容物検査等である。より多くの場所、タイミングでサンプリングを得るために、観光業者の協力も得られるようにしたい。
- 謝名堂課長より質問：なぜいつも同じ場所（ケアンズ～クックタウン海域）で大量発生が始まるのか — グレートバリアリーフに流れ込んだ陸水が滞留しやすいからだと考えられているが、サンゴの被度が高いなど他の理由もあるかもしれない。
- 謝名堂課長より質問：沖縄のように外洋に面したサンゴ礁で、遺伝子解析によるオニヒトデ（幼生・親）の密度推定は可能か — 沖縄県内のオニヒトデに適したマーカーがあれば可能だと考えている。

### 3-1-3. オニヒトデのスマートコントロール（マイク・ホール博士）

- 平成26年度の訪問時に「オニヒトデのゲノム解読と分泌物・忌避物質」というタイトルでプレゼンテーションを行ったローナ・ホイ博士のチームリーダーとして、今回はタイトルをスマートコントロール（賢明な駆除）として、これまでアカデミック色の強かった研究を実質的な駆除対策に向けてきた。
- オニヒトデの大量発生には、一時的なものと慢性的なものの2種類ある。前者に対しては数年～数十年の時間スケールで個体群への連続的な加入を制限する方策が、後者に対しては現存する集団の個体数を減じる方策がそれぞれ求められる。
- 2012年にケアンズで開催されたオニヒトデ関係者の会合において、オニヒトデの弱点の研究、オニヒトデ駆除にむけた化学物質（誘引・忌避物質）の探索、病原体その他の新たな方法による駆除技術の開発という3つの課題が採択された（フィッツロイ合意、平成24年度報告書参照）。これら3つの課題を満たすべく、オニヒトデの青写真であるゲノムを解読して個々の遺伝子の機能を調べ、その結果に基づいて誘引・忌避物質を探索するアプローチをとっている。
- これまで、オーストラリア（AIMS）と沖縄（OIST）のそれぞれで採取されたオニヒトデのゲノムがほぼ解読できた（現在は非公開）。
- 駆除のコンセプトとしては、プッシュプル戦略をめざしている。プッシュとは忌避物質を使って追い出すこと、プルとは誘引物質を使って集めることをさす。おもに農作物の害虫駆除に使われ、現在約20種類に対して適用事例がある。
- オニヒトデの感覚（視覚、嗅覚、味覚、触覚）のセンサーである化学受容器が腕先端の管足に存在することを確認した。これらの受容器がどのような化学物質に反応するのかをゲノム情報にもとづき探索してゆく。特に、警告物質、産卵物質、集合物質である。
- ホラガイを飼育している水槽の海水を、オニヒトデの水槽に入れると激しく反応する。ホラガイが放出する種々の化学物質のどれかが作用しているのであるが、それらが作用したときにオニヒトデが出すタンパク質を分析して警告物質が存在することがわかった。
- まずは警告物質が何であるかを特定し、駆除の際に「プッシュ」として使いたい。また、同様な方法で誘引物質や産卵物質も特定し、トラップ、産卵抑制、モニタリング（おびき寄せて相対密度を判定する）などに応用したい。
- 従来の薬剤注射による駆除の試験も行っていて、サポニンが近年開発された胆汁エキスと同等の効果をもつことがわかった。他にも有効な薬剤引き続き有効な薬剤を探索する。

### 3-1-4. オニヒトデの微生物学（ローナ・ホイ博士）

- ローナ・ホイ博士は先にプレゼンテーションを行ったマイク・ホール博士とともにスマートコントロール研究の一環として微生物を用いた駆除手法の開発に携わっている。
- 共生・寄生生物は宿主生物の繁殖や成長、変態、代謝や栄養、捕食者防除など様々な作用を持っている。オニヒトデはそれ自体が対象となる様々な分野の研究が行われてきたが、微生物に関する知見はこれまでほとんど得られていない。
- オニヒトデの生死に関わる微生物を探索するために、AIMSの飼育施設内で死亡した、あるいは病気になった個体（組織の変性や壊死がみられたもの）から内臓その他の器官を取り出して微生物を培養し、死亡・病気別、器官別、雌雄別に何らかの差異がないか比較した。同様にオニヒトデの幼生や稚ヒトデから培養した微生物や、アオヒトデから培養した微生物とも比較した。

- 健康な個体を予備的に分析した結果、オスの生殖巣、メスの生殖巣、肝亡囊、皮膚、管足にそれぞれ特徴的な微生物相がみられた。特にユニークなのはオスの生殖巣で、大部分が同じ分類群のバクテリアに感染していた。一方でメスの生殖巣は個体により大きな違いがみられた。
- 死亡あるいは病気になった個体では、健康な個体と比較して、生物量が減少するグループと、逆に増加するグループとがあった。今後も研究をすすめ、駆除に使えるような微生物を探索する。
- 謝名堂課長より質問（ホイ博士）：具体的に有効な微生物は絞り込めているか — オスの生殖巣にみられた細胞内バクテリア（Anaeroplasmatacea）は有望視している。また、野外で壊死したオニヒトデ個体からビブリオ菌を単離しており、安全かどうかは後に検討するとして、オニヒトデがどのような反応をするか今後水槽内で実験を行いたい。
- 謝名堂課長より質問（ホール博士）：サポニン注射が駆除に有効ということであったが、大量に出る泡が周囲にあたえる影響はどうか — 棘皮動物が一般的に持っているものであるし、別の薬剤や方法で駆除したときにもサポニンの泡が出ているので、特に問題はないと考えている。沖縄県で酢酸を使用していると聞いたので、グレートバリアリーフでも試験してみたが、注射部位が体の中心からはずれると腕を落とすだけで個体を死亡させられない場合がある。
- 岡地からコメント：沖縄での酢酸使用は沿岸住民に不安を抱かせないために食品にも使われる比較的安全な薬剤として酢酸が選ばれた。グレートバリアリーフで胆汁エキスが積極的に使われているように、駆除のためにどのような方法が受け入れられるかは社会的な背景によって違ってくるのだろう。



### 3-2. 今後の協力について

昨年度までと同様、沖縄県と AIMS の進捗報告の後に協力分野などについて討議する予定であったが、プレゼンテーションと質疑の時間が長引いたためアウトラインだけにとどまった。概要はつぎのとおりである：

- 沖縄県側より：平成 27 年度からオニヒトデ幼生の補食生態研究を開始した。沖縄県側はオニヒトデ幼生の餌として主に粒子状有機物（POM）の重要性を研究するので、これまで AIMS 側で実施してきた培養植物プランクトン餌料に関する研究との情報交換と技術協力をいっそうすすめたい。
- AIMS 側より：昨年度は沖縄県から AIMS へ来訪して幼生飼育実験に協力してもらった。今年度に日本政府のオーストラリア向け研究助成金（文部省の JSPS）が獲得できれば、オニヒトデの産卵シーズンにぜひ沖縄を訪問して実験やフィールドワークに協力したいと考えている。日本国内でのホストは国公立の大学や研究機関なので、宮崎大学の安田博士と連絡をとりあっている。（註：平成 28 年 1 月にスベン・ウチッケ博士の助成金申請が採択され、7 月の来訪が内定した）
- 沖縄とオーストラリアでオニヒトデの繁殖期が交互であることを利用して、サンプル交換やデータ取得など互いに便宜をはかってゆきたい。特に遺伝子解析研究ではいっそうの協力が必要であろう。
- 今後も協定に基づいて情報交換、技術協力をすすめる。協定は沖縄県または AIMS 以外の研究予算や助成金による活動は特に制限していないので、利用できる機会は最大限利用したい。
- 沖縄県ではサンゴ移植事業もすすめているので、そちらの方面でも協力できればと考えている。
- オーストラリアでは自然に対する人為的なかわりを避けてきた経緯があるが、グレートバリアリーフの再生の観点からは移植も選択肢のひとつであろうと思う。技術的にはこれから発展させるべき課題なので、沖縄県から学ぶ機会があるとよい。
- 沖縄県のオニヒトデ事業は 2019 年 3 月には終了する。サンゴの保護という目的では継続を検討しているので、引き続き協力ができればよい。

### 3-3. グレートバリアリーフ海中公園での聞き取り

グレートバリアリーフにおけるオニヒトデ大量発生は、洪水や多量の降雨で大陸から流出した栄養塩によって増殖した植物プランクトンが餌となり、通常より多くの幼生を生き残らせることが原因だとする「幼生生き残り仮説」が有力である。この仮説が提唱された1980年代初めはまだ科学的な根拠となるデータは少なかったが、その後、様々な実験や野外観測によって知見が集積されて支持を集めるようになった。さらに、オニヒトデの大量発生以外にも陸域からの栄養塩流出をはじめとする水質汚染がグレートバリアリーフの生態系に影響をあたえ、サンゴ礁としての生物多様性や生態学的機能が徐々に衰退しつつあることもわかってきた。2000年代初めにオーストラリア政府による全球的生物多様性保全（2010年目標→後の愛知サミットで2020年目標）の重要地域としてグレートバリアリーフが指定され、その保全に最も重要と考えられた水質改善に国をあげて取り組むこととなった。そうして2009年、オーストラリア政府とクイーンズランド州政府は、「2020年までにグレートバリアリーフの健全さと回復力を阻害する陸域要因の水質悪化をなくす」という目標を掲げ、両者が協力して陸域の土地利用を適切に管理することでサンゴ礁の水質改善をはかる「リーフプラン」を策定した。

リーフプランの実施主体は単一の政府機関ではなく、オーストラリア連邦政府とクイーンズランド州政府、それらの地域出先機関、自然保護団体、産業セクター団体、研究・教育機関やNGOなど、合計33の主体が関わっている。今回のオーストラリア訪問では、リーフプラン参加主体の一つとして流域一次産業セクターへの啓発・広報活動を行っているグレートバリアリーフ海中公園局（Great Barrier Reef Marine Park Authority, GBRMPA）の担当者3名、キャロル・ホンチン氏（Ms. Carol Honchin）、ドナマリー・オーダス氏（Ms. Donna-marie Audas）、ポール・グローブス氏（Mr. Paul Groves）と面会した。沖縄県側からは、行政機関であるGBRMPAがサンゴ礁の水質保全対策をおもに陸域で実施する際の普及啓発活動や合意形成について主に聞き取りたい旨を、面会をアレンジしたAIMSのシャッフエルケ博士を通じて訪問前に申し入れており、それに応える内容のプレゼンテーションをオーダス氏とグローブス氏から受けた。（なお、GBRMPAからプレゼンテーション資料の提供はなかったため本報告書には添付していない。）概要はつぎのとおりである。

- GBRMPAはグレートバリアリーフの保全を一元的に統括する政府機関である。サンゴ礁生物の保護だけでなく、海岸から外洋縁辺部までの生態系全体をカバーしている。
- グレートバリアリーフは様々な脅威にさらされている。港湾や沿岸開発など直接的なもの、温暖化や水質汚染などの間接的なものがあるが、近年になって水質汚染が重大であることがわかってきた。現在、グレートバリアリーフに流れ込んでいる栄養塩、土砂、化学物質の量では健全な生態系は維持できない。
- 例えば、ヨーロッパ人が入植する以前と比較すると、土砂（懸濁物質）が5～10倍、リン酸が2～10倍、窒素類が2～5倍になっている。
- 2003年からグレートバリアリーフの水質改善施策として、おもに陸域の土地利用を対象とする「サンゴ礁水質保全計画（Reef Water Quality Protection Plan、Reef Planリーフプランと省略される）」が実施されている。
- リーフプランとはグレートバリアリーフの水質改善を目的とする様々な事業、活動、調査研究、協力体制を統合的に実施するためのプログラムで、20以上の様々な団体がかかわっている。GBRMPAは実施パートナーのひとつとして水質モニタリングをはじめとする調査研究活動の実

施、調整、支援およびデータの管理・提供と、それらの結果に基づく対策優先順位評価、普及啓発活動を担っている。

- リーフプランの実施体制は、政府間調整委員会 (Inter-governmental Operational Committee、IOC) が事実上の座長を担い、その下位に連携委員会と科学者パネル、各種ワーキンググループがおかれている。IOC の上位には各政府機関の長からなる役員会と、さらにその上位にグレートバリアリーフ閣僚会議がある。
- 科学的情報に基づいて保全の目安となる水質ガイドラインを設定するのが当初の目標であった。現在はセッキ板深度 (30cm の白色円盤を沈めて測定する透明度) が年平均 10m 以上、クロロフィル a 量が年平均  $0.45 \mu\text{g/g}$  ( $\text{mg/m}^3$ ) 以下を主要ガイドラインにしている。これらは、造礁サンゴの被度と多様性、そしてサンゴと拮抗する海藻被度、ソフトコーラル被度などとの関係から導きだされた。
- クロロフィル a 量については、オニヒトデの幼生が安定的に生き残る  $0.8 \mu\text{g/L}$  以上になる確率 (リスク) をできるだけ下げることが副次的な目標となっている。目標が設定されている他の水質項目としては、粒子態窒素、粒子態リンと懸濁物量がある。
- ホンチン氏のチームは普及啓発活動が主軸で、おもにクイーンズランド州内各地の農業団体へ出向いて土地利用改善に関する説明を行っている。GBRMPA がリーフプランの一環として科学的データに基づいて策定した水質ガイドラインの内容と、それがなぜ農業セクターと関係があるのか、流域管理や利水管理がどのようになされるべきで、そうすることでどのようなメリットがあるのかを説明している。
- 流域の各種モニタリングとモデリング、GIS、普及啓発活動は「サンゴ礁の窓口<sup>\*1</sup>プログラム (Paddock to Reef Program)」として、クイーンズランド州政府もいくぶんかの予算をつけているが、どちらかと言えば GBRMPA や CSIRO (オーストラリア連邦科学産業研究機構) など連邦政府側がリードしている。
- 土砂流出を管理するケーススタディとして、ガリー (涸れ川) モニタリングがある。クイーンズランド州最大の流出土砂源であるバーデキン川流域の主要な 6 本のガリーから、雨期に増水したときにどの程度の土砂が流出するかを調査することになった。過去から現在まで入手可能な空中写真から各ガリーの長さの変化と河岸の崩壊状況を読み取って流失土砂量を推定した。その結果、タウンズビル西方のウィーニーガリーの浸食が最も重要であることがわかった。
- そこで、ガリー周辺で畜産を営んでいる農家を対象として、補助金で収入を補填することを条件に、様々な家畜および牧草密度調整を設定し (例えば、年間を通じて高密度、牧草が育ちやすい雨期だけ高密度で乾期は低密度など)、牛の体重増加量、牧草現存量、流失土砂量を推定した。その結果、流失土砂量が多い高密度飼育は、牧草地を荒廃させやすく、得られる利益が最も少なくなることがわかった。このケースを畜産業者に紹介して理解を得ている。
- サトウキビ農家へのケーススタディーとしては、施肥方法別に収量を比較した例がある。液体肥料と顆粒肥料のそれぞれを表面施肥と地中施肥を行い、さらに収穫後残渣を残すか除去するかを組み合わせる栽培して収量を測定するとともに窒素・リン流出量を推定した。
- その結果、液肥・顆粒肥料ともに地中施肥が最も窒素・リンの流出量が少ないことや、収穫後残渣を残すと流出量がなお少ないこともわかった。この両方を実施することでヘクタール当た

<sup>1</sup> Paddock (パドック) の適切な訳語が見当たらないため「窓口」と意識した。

りの収量も増加した。

- サトウキビへの水やりの方法を改善するケーススタディーとして、従来の地上配管による水撒きと、地中へ刺した配管による注水に変えることで、使用水量を減らしながら収量を上げることができるので、長期的には設備投資の回収と収入増加が見込める。地中配管を実施すると流出土砂量、流出窒素量ともに減少する。
- オニヒトデの大量発生が始まるケアンズ付近のバナナ農家向けに、異なる施肥の方法で窒素流出量を比較するケーススタディーを実施している。現在のバナナ栽培で多いのは、木と木の間の畦に収穫後に一度に表面施肥して水を直撒きする方法だが、この方法では土砂とともに大量の粒子状窒素が流出する。そこで、畦に草を生やし、短い周期で（2週間に1回）わずかずつ地中施肥と水撒きをしてモニタリングしたところ、流出窒素量を最大で40%減らせる可能性があることがわかった。

### 3-4. タウンズビル周辺の国立公園視察

今回のオーストラリア滞在中にタウンズビル市周辺の国立公園3ヶ所を視察した。11月3日にはAIMSに近いボウリンググリーンベイ国立公園 (Bowling Green Bay National Park)、5日にはタウンズビルの北約180キロのヒンチンブルック島国立公園 (Hinchinbrook Island National Park) を遠望した後にギリンガン国立公園 (Girringun National Park) の一部とパルマ山国立公園をそれぞれ視察した。クイーンズランド州およびタウンズビル周辺の国立公園の位置は図4-3-1に示した。

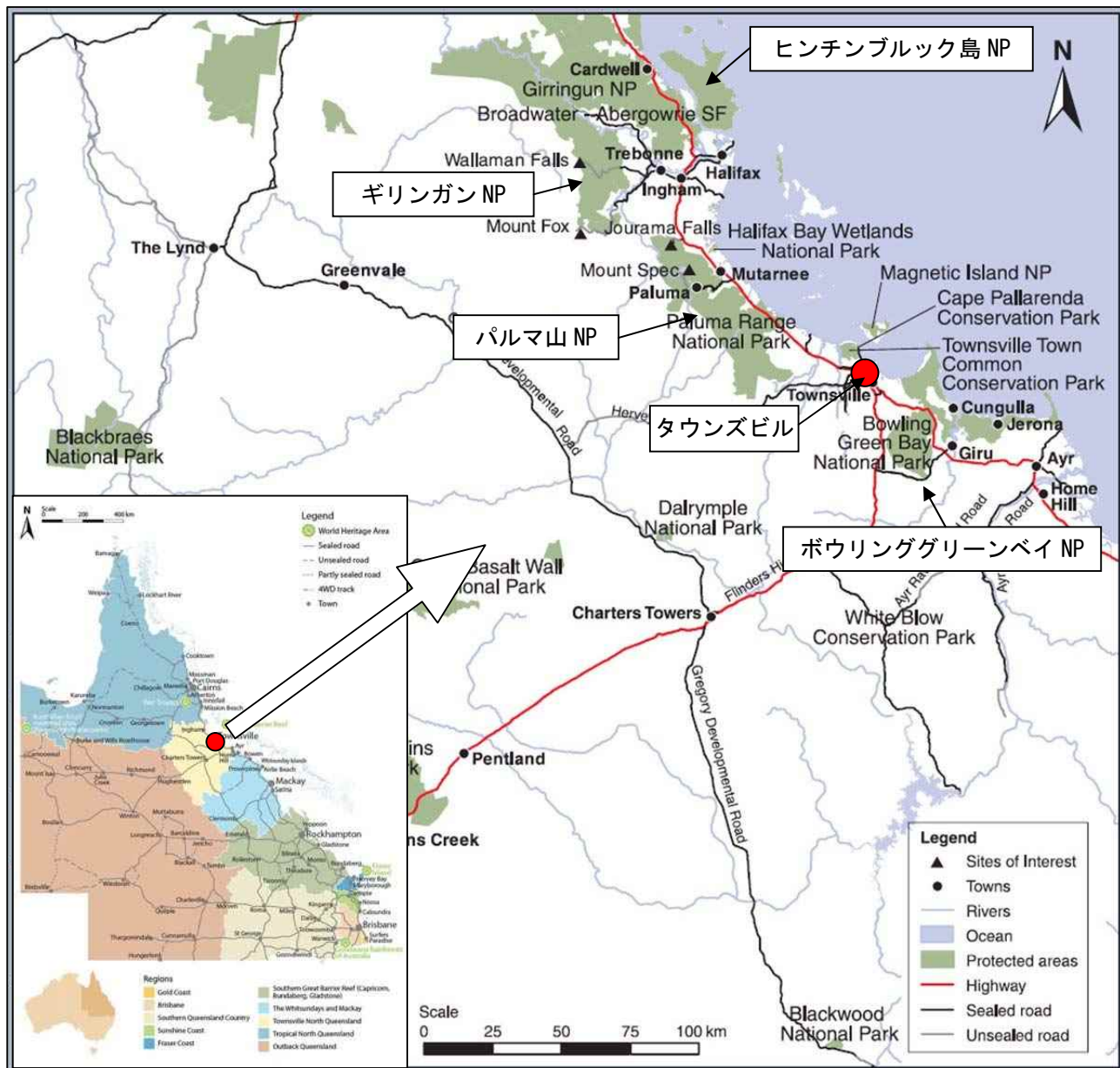


図4-3-1. クイーンズランド州地図 (左下枠内) とタウンズビル周辺の国立公園位置図。どちらもクイーンズランド州国立公園ホームページより転載した。NPはNational Park (国立公園) の略である。(http://queenslandnationalparks.com.au/)

### 3-5-1. ボウリンググリーンベイ国立公園

ボウリンググリーンベイ国立公園はタウンズビルの南約 25km のアリゲータークリーク地区を中心として丘陵地から海岸までカバーしている。公園の南端にはクイーンズランドで最も高いエリオット山があり、山地の熱帯雨林から平野部の乾燥地帯、岩礁海岸、塩性湿地、マングローブ、海草藻場など多様な自然環境がみられる。雨期には遊泳が可能なアリゲータークリークに沿って、バーベキュー台（コイン式）、キャラバンパーク、キャンプ場、ハイキングコースなどの利用者施設が整備されているが、常駐の管理者はいない。

- 1940 年に設置、1967 年に拡張。総面積は 57,900ha。高低差は約 1,200m。
- 年間利用者数は約 60,000 人（訪問日は平日であったためか利用者はいなかった）。
- 244 種類の鳥類が記録されており、うち 30 種類が渡り鳥であることからラムサール条約湿地として登録されている。



図 4-3-2. ボウリンググリーンベイ国立公園内を流れるアリゲータークリーク（クイーンズランド州国立公園ホームページより転載）

### 3-5-2. ギリンガン国立公園

ギリンガン国立公園はタウンズビルの北約 110km のインガムからカードウェルにかけての海岸から山間部にかけて設置されている。特筆すべきは山間部の広大な熱帯雨林から海岸部のマングローブへとつながる多様な森林環境で、世界遺産（Wet Tropics World Heritage Area）となっている。今回視察したタイト湿地（Tyto Wetlands）は国立公園の範囲からわずかにはずれているが、シャイアと呼ばれる地域自治制度のシンボリック存在で、公園内の先住民文化（アボリジニ）と深いつながりがある。

- 1994 年に設置ランフォルツ国立公園として設置、2003 年にギリンガンという先住民文化にち

なんだ名称に変更、2010年に拡張された。総面積は1,538km<sup>2</sup>。

- オーストラリア最大のワラマン滝とブレンコ滝をはじめとする自然景観と国内有数の生物多様性（各動物門の21～65%の種が生息）という自然遺産としての価値と、先住民文化の価値とがみとめられて世界遺産となった。さらに、2010年には生物多様性ホットスポット（世界で35ヶ所）として指定をうけた。

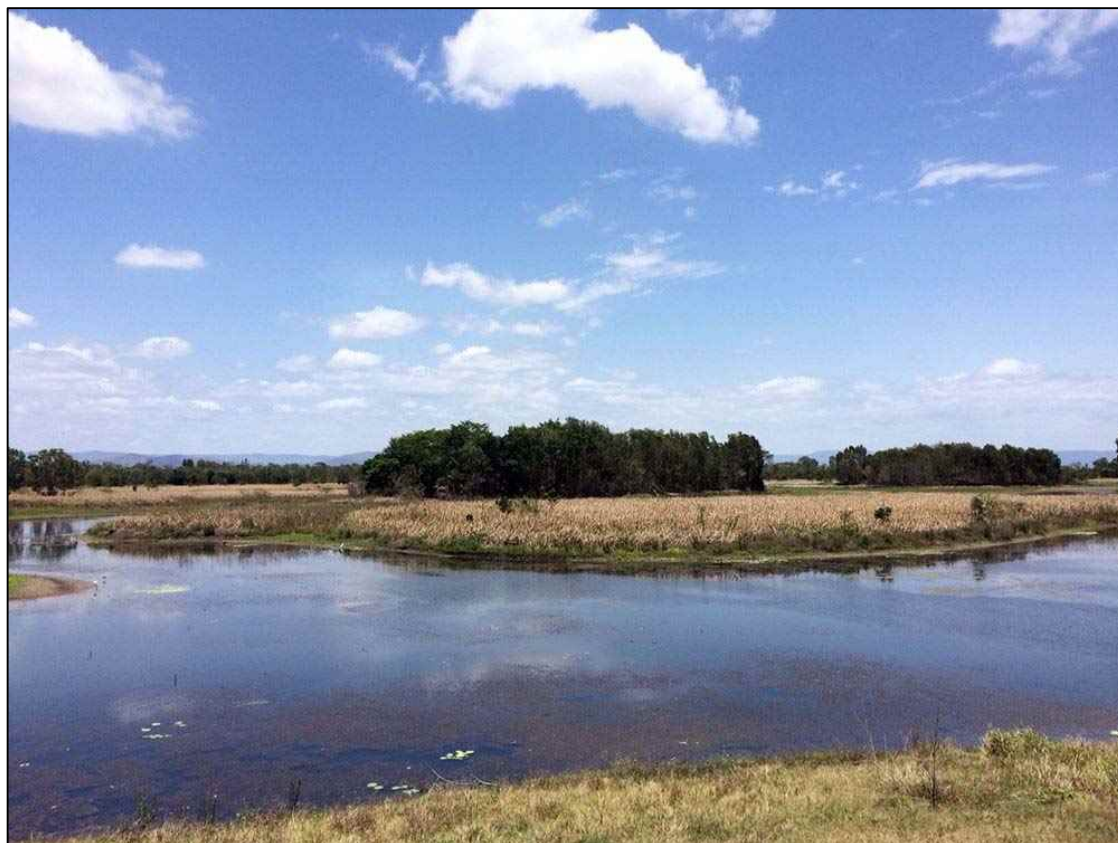


図4-3-3. ギリンガン国立公園の南端に位置するタイトー湿地（Tyto Wetlands）（訪問時に撮影）

### 3-5-3. パルマ山国立公園

パルマ山国立公園はタウンズビルの北約60kmのスペック山とハリファックス山の周囲に設置されている。世界遺産に含まれる豊かな熱帯雨林と、ジューラマ滝の景観、また前出のギリンガン国立公園と同様に先住民の信仰を集めていた文化的な価値のある土地である。国道から標高約1,000mのスペック山頂まで自動車で行くことができるアクセスの良さと森林の景観、水量が豊富なクリスタルクリークに涼を求めてタウンズビルやインガムから多くの人々が訪れる。

- パルマ山の鉱業開発により1900年代初頭から入植がはじまり、1930年代には国道から山頂へ道路が敷設された。その後林業も始まったが、森林保護を目的として1988年に世界遺産地域に含められた。総面積は900,000ha。
- ワライカワセミやブッシュターキーなど平地部ではみられない種が豊富で、アクセスも良いためバードウォッチングサイトとして有名である。

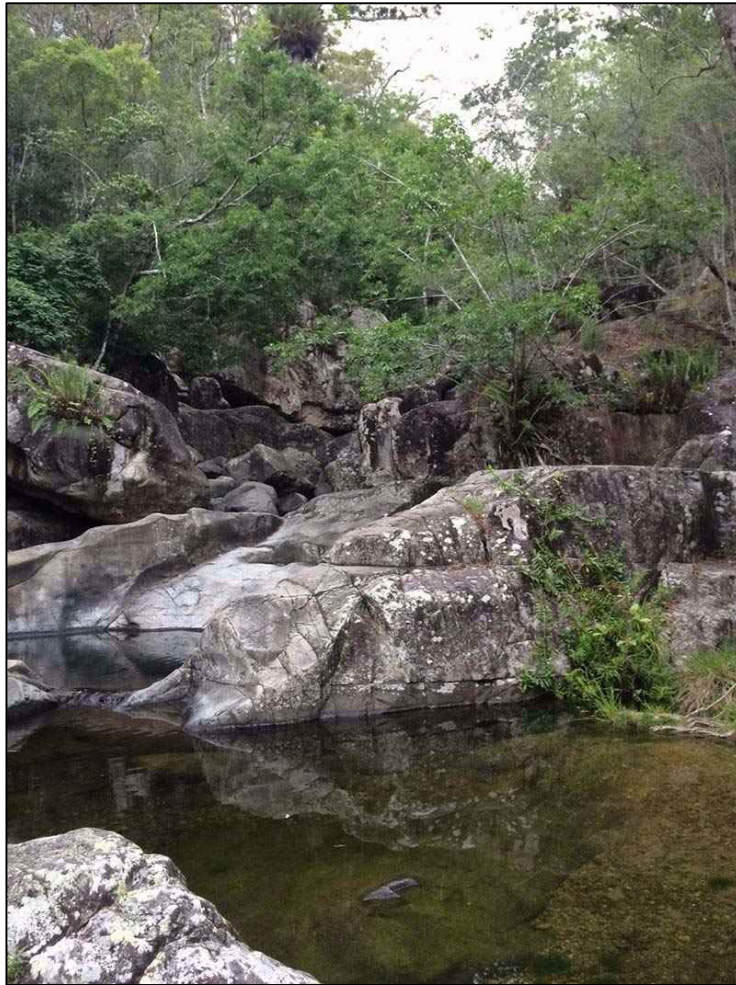


図4-3-4. パルマ山国立公園内を流れるクリスタルクリークの景観（訪問時に撮影）。



## 4. 付録（プレゼンテーション資料）

### 4-1. 沖縄県オニヒトデ総合対策事業の資料

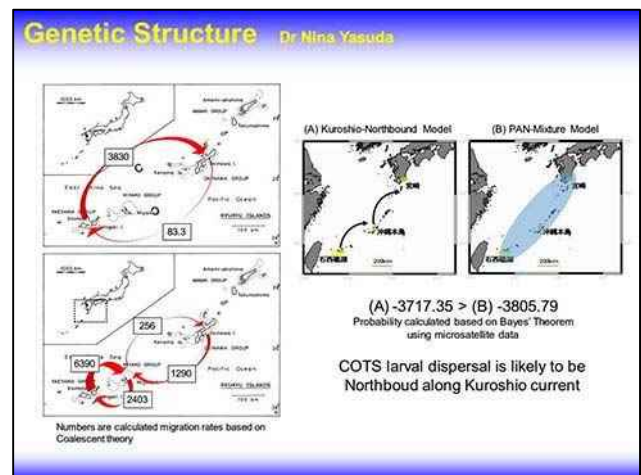
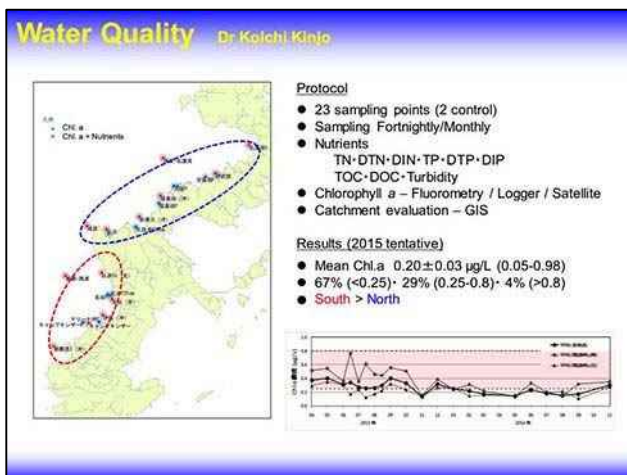
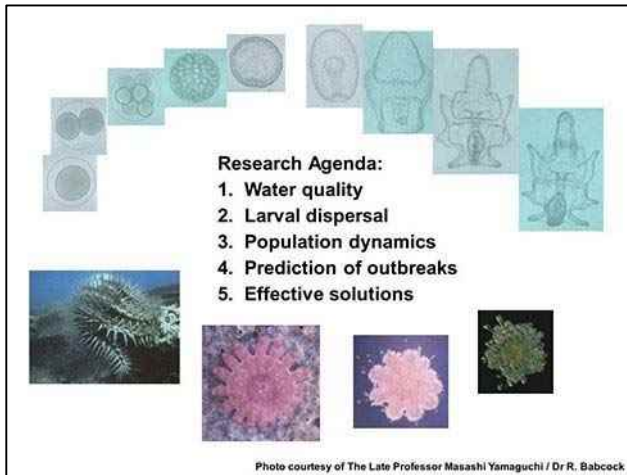
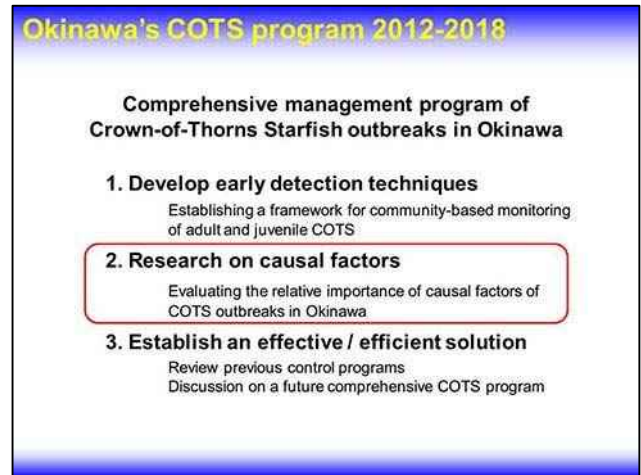


図 4-4-1 (1) . 沖縄県資料.

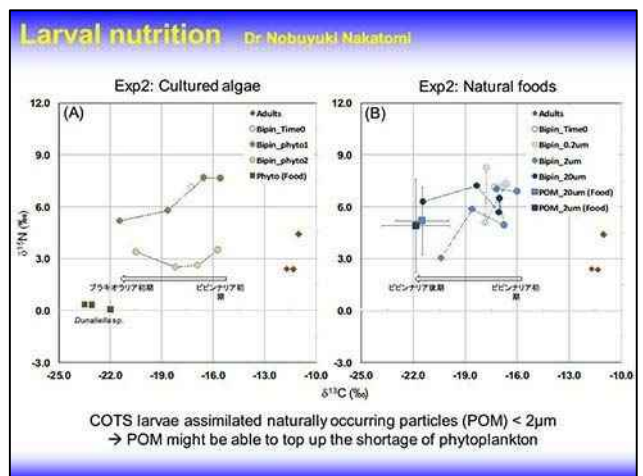
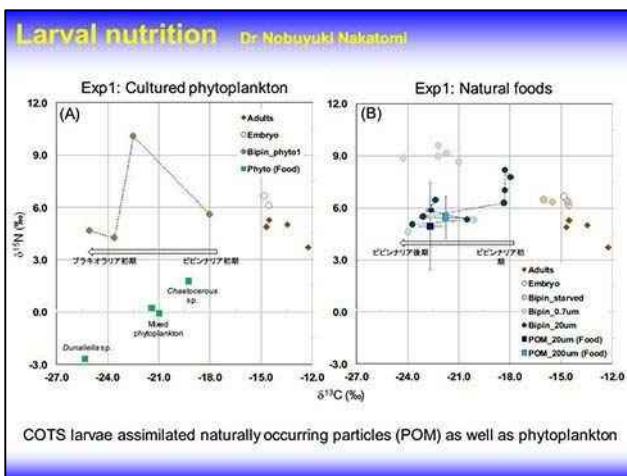
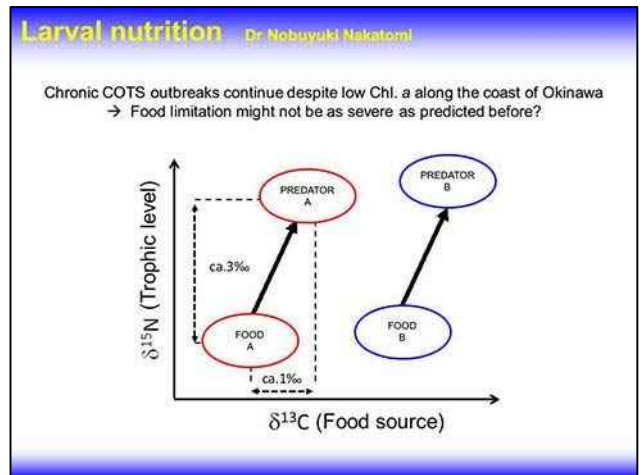
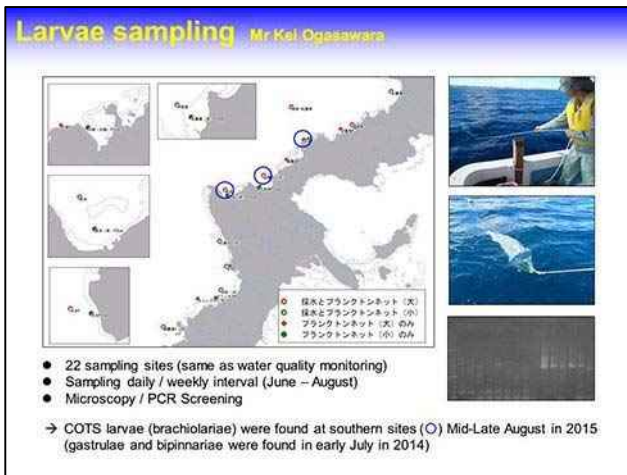
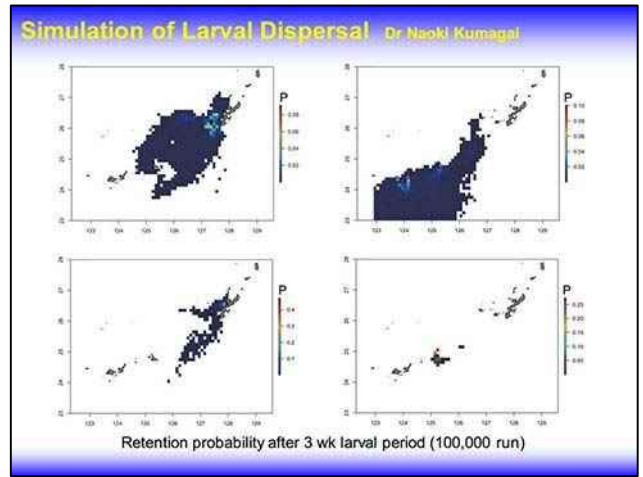
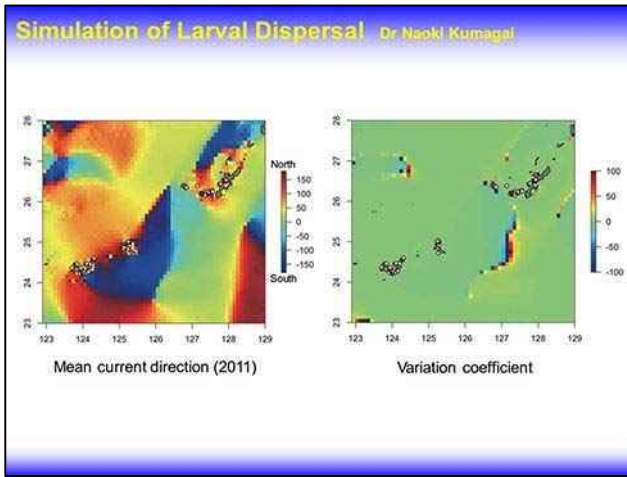


図 4 - 4 - 1 ( 2 ) . 沖縄県資料.

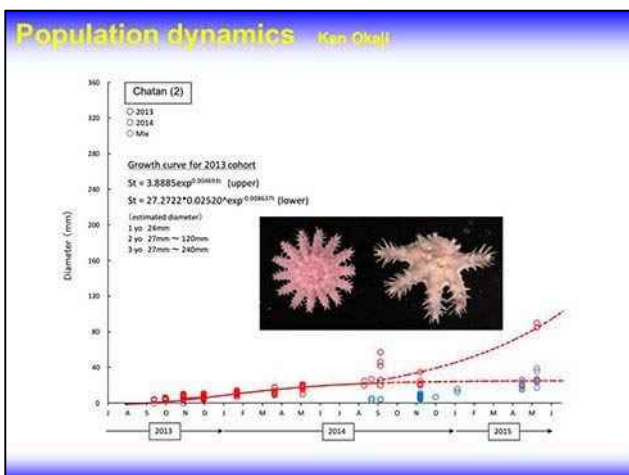
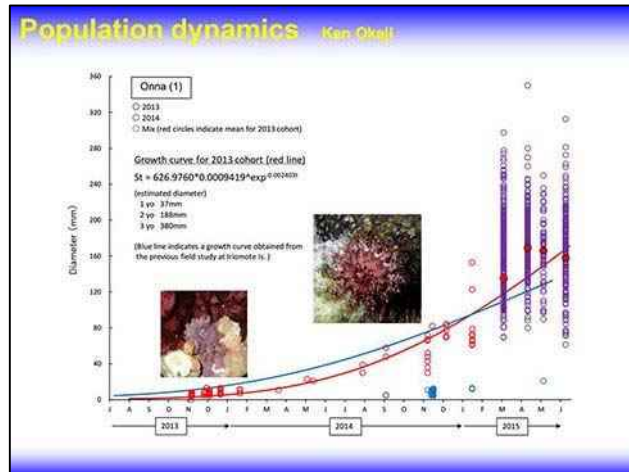
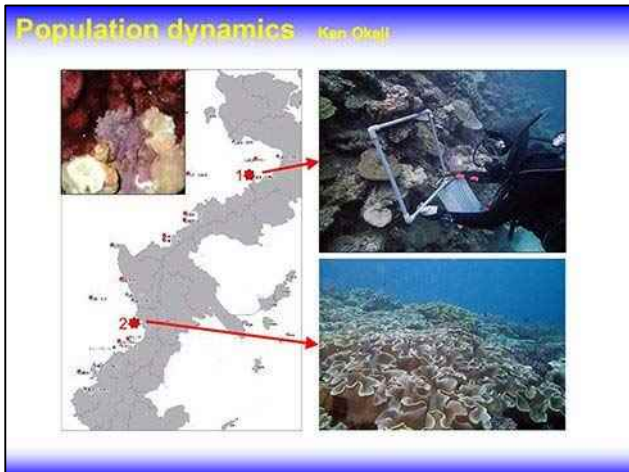



図 4-4-1 (3). 沖縄県資料.

## 4-2. スヴェン・ウツッケ博士 (AIMS) の資料

### Larval ecology of COTS: Understanding outbreaks and spread, and identifying vulnerabilities

S. Uthicke, Team leader CoTS research

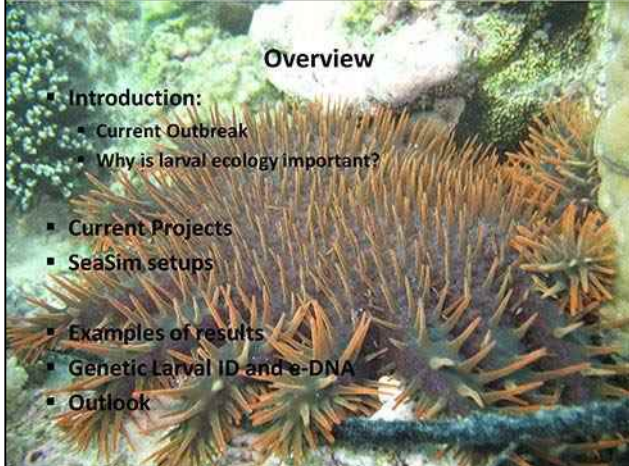
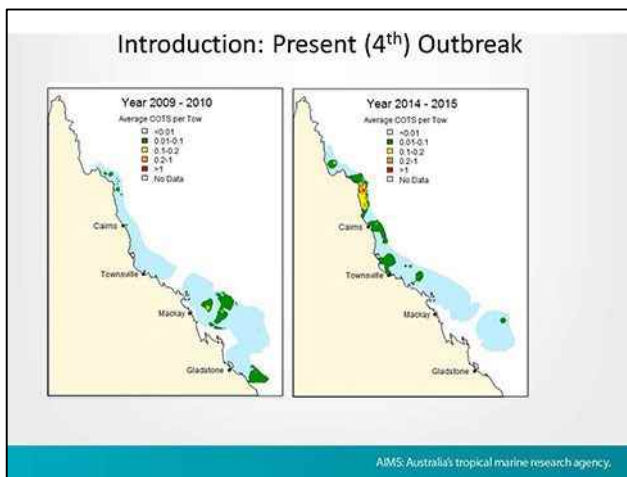


Australian Government | AUSTRALIAN INSTITUTE OF MARINE SCIENCE

AIMS: Australia's tropical marine research agency.

### Overview

- Introduction:
  - Current Outbreak
  - Why is larval ecology important?
- Current Projects
- SeaSim setups
- Examples of results
- Genetic Larval ID and e-DNA
- Outlook

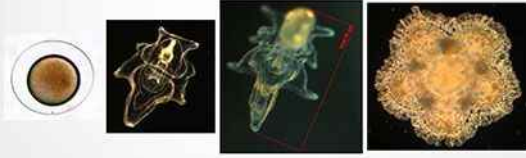



### Introduction: Why larvae?

- 5-60 Mio eggs: Planktonic losses can be massive
- complex larval cycle, many developmental milestones

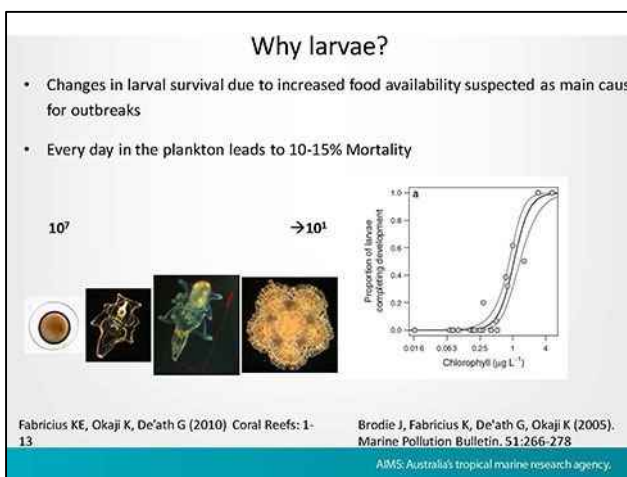
Egg  $\rightarrow$  Fertilisation  $\rightarrow$  Larvae  $\rightarrow$  Juvenile

$10^7$   $\rightarrow$   $10^1$



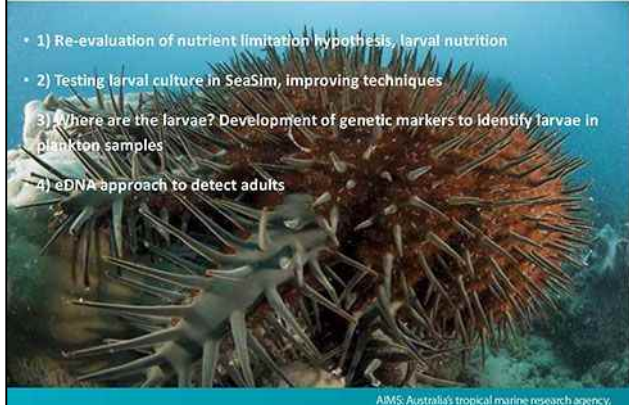
- Every day in the plankton leads to 10-15% Mortality

AIMS: Australia's tropical marine research agency.



### Current larval ecology projects

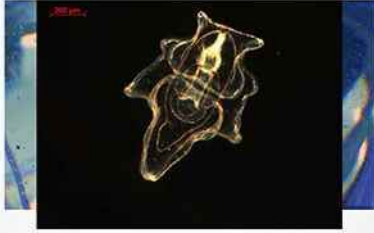
- 1) Re-evaluation of nutrient limitation hypothesis, larval nutrition
- 2) Testing larval culture in SeaSim, improving techniques
- 3) Where are the larvae? Development of genetic markers to identify larvae in plankton samples
- 4) eDNA approach to detect adults



AIMS: Australia's tropical marine research agency.

図 4-4-2 (1). ウツッケ博士.

### SeaSim experiment Example: Food quality



- Food Quality: 4 different algae offered
- Determine nutritious value and food preference

AIMS: Australia's tropical marine research agency.

### SeaSim experiment Example: Food quantity and temperature

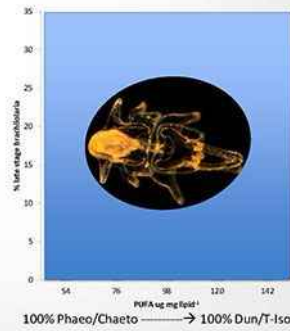


- 2 Factor experiment: 3 temperatures and 5 food concentrations
- Temperature vs food availability as modulators of growth and survival

AIMS: Australia's tropical marine research agency.

### Food Quality

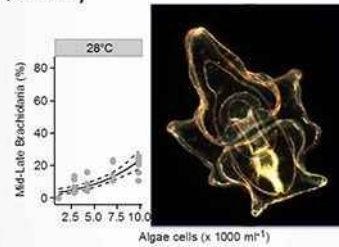
- Dietary items clearly influence larval development.
- Dietary composition significant when evaluating larval development.



Francis, D., in prep

AIMS: Australia's tropical marine research agency.

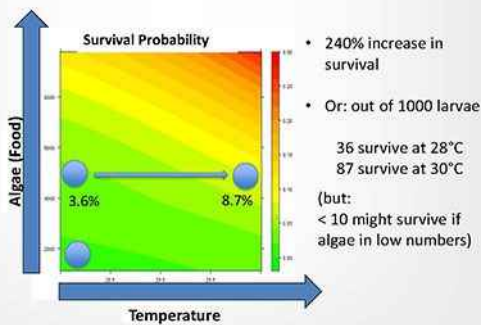
### Food Quantity



- More food: Faster growth
- Effect accelerated under increased temperature

AIMS: Australia's tropical marine research agency.

### Food quality and Temperature



- 240% increase in survival
- Or: out of 1000 larvae
- 36 survive at 28°C
- 87 survive at 30°C
- (but: < 10 might survive if algae in low numbers)

Uthicke S, Logan M, Liddy M, Francis D, Hardy N, Lamare M (2015) Sci. Rep. 5

AIMS: Australia's tropical marine research agency.

### Developing molecular tools for COTS larval identification

- Specific primers designed for COTS gene
- Adult tissue extracted and specificity tests conducted against other sea stars and other echinoderms
- Resulted in primers that demonstrated specific amplification of COTS



AIMS: Australia's tropical marine research agency.

図 4-4-2 (2) . ウチッケ博士.

### Field sampling

7 Day field trip between Cooktown and Townsville on the RV Cape Fergusson

48 plankton tows

Simultaneous water quality samples

AIMS: Australia's tropical marine research agency.

### Water Quality

Water quality data in conjunction with larval distribution can assist testing hypotheses on larval survival and outbreak causes

Chlorophyll

Cruise track      Temperature      Salinity

AIMS: Australia's tropical marine research agency.

### Lab analysis

All samples were analysed on board, with fast turnover times

This was invaluable to guide the search and strategy for sampling

Initial results showed a surprising amount of positive 'hits' for CoTS specific markers

AIMS: Australia's tropical marine research agency.

### Initial results

COTS larvae detected in most samples

Early in the trip decided to go into the Coral Sea to get some negative samples (=test of method)

Initial results:

- COTS larvae much denser than expected
- Larvae also well spread south of main outbreak area

Green dots: COTS detected  
Red dots: Negative

Uthirke S, Doyle J, Duggin S, Yasuda N, McKinnon AD, Sci. Rep. 10:17253 (2020) AIMS: Australia's tropical marine research agency.

### Method confirmation

- Isolating and DNA sequencing of individual larvae eg.
  - A-C: CoTS
  - D-E: 3 other seastars (*Luidia*, *Oreaster?*, *Patriella?*)
  - G-I: Sea Cucumber (*Holothuria sp.*)
- Identified CoTS in several samples - also found a high diversity of other Echinoderms

AIMS: Australia's tropical marine research agency.

### Quantitative PCR – quantification of CoTS larvae in field samples

- Quantification of CoTS larvae will enable the direct measurement of CoTS larval densities and improved correlation to water quality parameters, providing information to the nutrient limitation hypothesis of CoTS outbreaks.
- Track and model the spread of CoTS larvae (larval density is a missing parameter in modelling) and a valuable tool for CoTS larval ecology.
- Initial tests with qPCR
  - Gene cloned into bacteria

AIMS: Australia's tropical marine research agency.

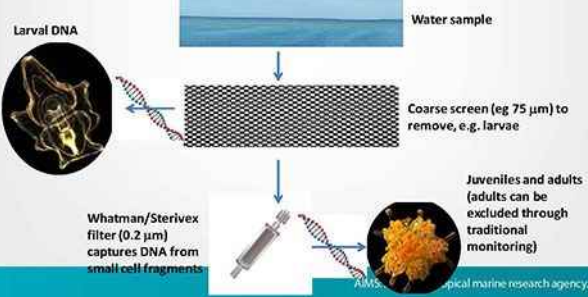
図 4-4-2 (3). ウチツケ博士.

## Future: E-DNA Concept

E-DNA (= environmental DNA) is the detection of DNA in water samples. Arises from sloughed off cells, tissue debris and free DNA.

Question - Using the sensitive qPCR tools developed, can we 'sniff' the water to detect CoTS?

Filter size helps determine the origin of the DNA



## Future work: Combine Seasim studies with larval work in

### the field

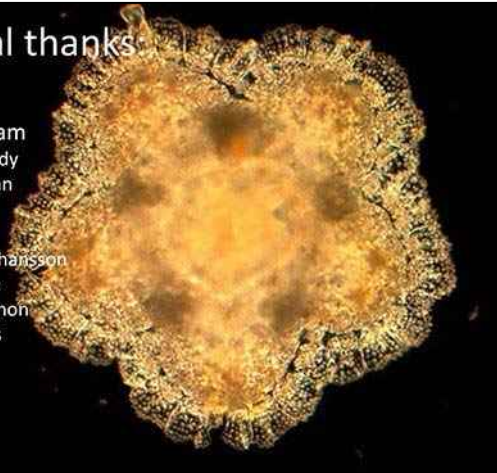
- Start **continuous sampling** at some selected sites
- Conduct **fine scale sampling** to test e.g. nutrient hypotheses.
- **Food and physiological** condition of wild larvae
- Large scale sampling: **How far larvae can travel** in a given period: Test of models, and for fine-tuning.
- Test eDNA



## Special thanks

SeaSim Team  
Michelle Liddy  
Murray Logan  
Jason Doyle  
Sam Talbot  
Charlotte Johansson  
Claire Lugin  
Dave McKinnon  
Dave Francis

200 µm



### Publications:

- Uthicke S, Pecorino D, Albright R, Negri AP, Cantin N, Liddy M, Dworjanyn S, Kamyra P, Byrne M, Lamare M (2013) Impacts of ocean acidification on early life-history stages and settlement of the coral-eating sea star *Acanthaster planci*. *PLoS ONE* 8:e82938
- Kamyra PZ, Dworjanyn SA, Hardy N, Mos B, Uthicke S, Byrne M (2014) Larvae of the coral eating crown-of-thorns starfish, *Acanthaster planci* in a warmer-high CO<sub>2</sub> ocean. *Global Change Biology*
- Lamare M, Pecorino D, Hardy N, Liddy M, Byrne M, Uthicke S (2014) The thermal tolerance of crown-of-thorns (*Acanthaster planci*) embryos and bipinnaria larvae: implications for spatial and temporal variation in adult populations. *Coral Reefs* 33:207-219
- Uthicke S, Logan M, Liddy M, Francis D, Hardy N, Lamare M (2015) Climate change as an unexpected co-factor promoting coral eating seastar (*Acanthaster planci*) outbreaks. *Sci. Rep.* 5
- Uthicke S, Doyle J, Duggin, S, Yasuda N, McKinnon AD. Outbreak of coral-eating Crown-of-Thorns creates continuous cloud of larvae over 320km of the Great Barrier Reef. *Sci. Rep.*, in press.

AIMS, Australia's tropical marine research agency.

## SeaSim Experiment Examples: Continuous flow

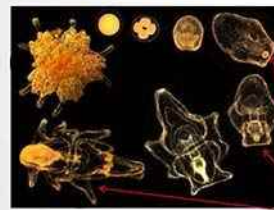


- Continuous flow to reduce maintenance
- Automatic chlorophyll control

AIMS, Australia's tropical marine research agency.

## Quantitative PCR

- When normalised to DNA concentration, COI gene copy number variation between early stage bipinnaria and late stage brachiolaria was ~3 fold.
- This qPCR assay will allow us to determine CoTS larval abundance in a plankton tow to less than an order of magnitude accuracy (can still be improved).



- Spatial and temporal sampling campaign underway with piggy backing on AIMS trips, sampling from AMPITO vessels and other reef tourist operators

Larval life stage (age)	n	Mean copies of COI larvae	CV%
early stage bipinnaria (7 days)	10	1.30E+07	8.8
late bipinnaria (8 days)	10	8.22E+06	7.5
late stage brachiolaria (10 days)	10	4.35E+06	11.4

AIMS, Australia's tropical marine research agency.

### 4-3. マイク・ホール博士 (AIMS) の資料



### Control Management Paradigms

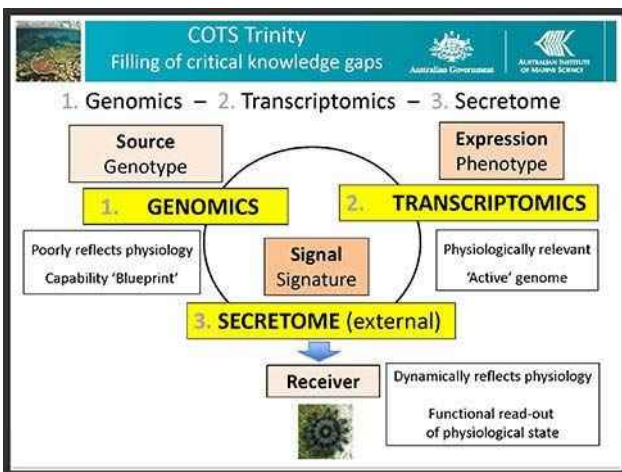
"Ultimate objective of COTS control programs is to prevent coral mortality from going beyond acceptable limits"

Birkeland & Lucas (1990) *Acanthaster planci*: Major Management Problem of Coral Reefs

Event	Action	Timelines
Chronic	Limiting 'good' annual recruitment	Years - Decades
Acute	Eliminate / Reduce size of current population	Months - Years

Dataset 1985 - 2012  
D'Urso et al (2012)

AIMS: Australia's tropical marine research agency.



### *Acanthaster planci* genomes 'gbr and 'oki'

Supplementary Table 2.1: Summary of final assemblies and annotations for two *Acanthaster planci* genomes.

Supplementary Table 1: Summary of final assemblies and annotations for two <i>Acanthaster planci</i> genomes	Genome	Size
Genome Project	Genome	Size
1. GBR	1,100,000,000	1,100,000,000
2. OKI	1,100,000,000	1,100,000,000



### Biological Control - Pheromones in Integrated Control

#### Push-Pull Strategies Integrated Pest Management

- Used worldwide against over 20 species
- Insect control by synthetic pheromones
- Chemosensory based
- Species specific
- Integrated with secondary control

Main Crop

Trap Crop

Attractants

Attractants

Moths are pushed away

International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants (IOBC)

AIMS: Australia's tropical marine research agency.

図 4-4-3 (1). ホール博士.



### COTS Sensory Capabilities

Critical knowledge gaps of COTS

**Sense**

- Vision
- Eye
- Smell
- Taste
- Touch

**Receptors**

Radial Nerve along each arm + circumoral ring = shared sensory information  
Extensive array of sensory bundles

### COTS Olfactory Repertoire

Seven transmembrane receptors (GPCRs)

Figure 2: Anatomical analysis of COTS sensory organs and whole tissues to identify the repertoire of COTS

### National Landcare Initiative Reef Rescue Program

Australian Government Department of the Environment | Australian Government Department of Agriculture

- Identification of **alarm signals**
- Identification of **reproductive signals**
- Identification of **aggregation signals**

AIMS: Australia's tropical marine research agency.

Figure 1: Workflow for identification of exopeptides of COTS at aggregation and during predator alarm.

(A) Venn diagram showing 148 unique proteins at aggregation, 64 unique at alarm, and 25 shared.

(B) Heatmap showing quantitative analysis of protein levels across six samples (Sample 1 to Sample 6).

Figure 2: Proteins identified from the exopeptides of COTS at aggregation and during predator alarm. (A) Comparison of numbers of proteins; (B) quantitative analysis of protein levels (Table S1 for more details).

AIMS: Australia's tropical marine research agency.

### Push-Pull Strategies Integrated Pest Management

	Alarm Pheromone	Dispersal
<b>Push</b>	Alarm Pheromone	Increase catch/removal rate
	Aggregation /Pheromones	Application
	Luring/concentrating COTS	Improved hand removal efficiency
	Traps	Soak 24/7, +300 traps/boat
	Spawning disruption	Infertility (nonsynchronous)/sterility
	Pheromone (wax) bait	Pathogen - Toxin laced bait
	Monitoring COTS	Remote (camera) monitoring
	Locating COTS	Biosensor ROV for COTS pheromone

Adults COTS can travel 0.5 km / day

AIMS: Australia's tropical marine research agency.

COTS Lethal Injection  
 "The Method of Choice for 50 Years"

Advances primarily through improved efficacy of poison

AIMS: Australia's tropical marine research agency.

COTS Injection Trial 3

AIMS: Australia's tropical marine research agency.

Acknowledgements

Genomics	Transcriptomics	Metabolomics	Sensory Biology	Microbiology
Bernie Degnan (UQ) Carmel McDougall (UQ) Sandra Degnan (UQ) Maïly Gauthier (UQ) Sofene Valverde (UQ) Min Zhao (USC) Nori Sato (OIST) Kannath Raughman (OIST) Eishi Shogushi (OIST) Chuya Shinzato (OIST) Kanako Hisata (OIST) Fuki Ojiga (OIST) Miyuki Kanda (OIST) Byo Koyagi (OIST) Manabu Fujie (OIST)	Scott Cummins (USC) Utpal Bose (USC/AIMS) Tianfang Wang (USC) Michael Stewart (USC) Rebecca Roberts (USC) Meaghan Smith (USC) Browyn Rotgans (USC)	Scott Cummins (USC) Utpal Bose (USC/AIMS) Tianfang Wang (USC) Michael Stewart (USC) Mark Hodson (UQ) Nick Shwai (UQ) Anthony Carroll (Griffiths) Cheri Mott (AIMS) Peter Thomas-Hall (AIMS)	Anders Garm (Copenhagen) Ronald Petre (Copenhagen) Maurice Epluch (QMUL) Matthew Rowe (QMUL) Tim Clark (AIMS) Kath Berry (AIMS)	Lone Hej (AIMS) Nicole Webster (AIMS) David Bourne (AIMS) Naschou Siboni (AIMS) Karen Weynberg (AIMS) Brett Balile (AIMS) Manue Botte (AIMS) Anna Jansen (Copenhagen)  Sven Lithicke (AIMS) David Francis (AIMS) Seafim
			<b>Support</b> Steve Moon (AMPTO) Col McKenzie (AMPTO) Crew of Hero Cairns Marine GERMPA (permits)	

AIMS: Australia's tropical marine research agency.

図 4-4-3 (3) . ホール博士.


## 4-4. ローナ・ホイ博士 (AIMS) の資料

**COTS microbiology**


Invertebrate symbionts known to play major roles in

- Disease: primary or opportunistic pathogens
- Host reproduction and development
- Morphogenesis
- Host nutrition
- Defence against other microorganisms
- Defence against predators


Examples:



**Coral bacteria**



**Vibrio fischeri in squid**



**Wolbachia in insects**

AIMS: Australia's tropical marine research agency.

**Microbiology of COTS**

- **Tissue differences?**
  - Skin, spines, digestive glands, tube feet, male and female gonads
- **Health state differences?**
  - Healthy and diseased COTS from independent disease events
- **Species specificity?**
  - Comparison with Linckia
- **Life stage differences?**
  - Larvae, juveniles (algae and coral-feeding), adults

AIMS: Australia's tropical marine research agency.

**COTS microbiomes – healthy tissues**

Pyloric caeca: high bacterial diversity; many common digestive system bacteria

Female gonads

Male gonads: heavily dominated (97%) by intracellular bacterium (Anaeroplasmataceae-related).

Coordinate 1 (44%)







Coordinate 2 (22.2%)

Tube feet: Hyphomonadaceae characteristic taxon (65%)

Skin: high abundance of uncultured spirochetes

AIMS: Australia's tropical marine research agency.

**COTS microbiomes: disease vs healthy**

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hyphomonadaceae (23%)</li> <li>Unc. spirochetes (19%)</li> <li>Flavobacteriales (14%)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Oceanospirillales (32%)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unc. spirochetes (35%)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Oceanospirillales (32%)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Typical digestive system taxa (13%)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Anaeroplasmatales (27%)</li> <li>Oceanospirillales (18%)</li> </ul>

Numbers show % contribution to observed difference (SIMPER analysis)

AIMS: Australia's tropical marine research agency.

**Biological control**

- **Biological control**
  - Reduction in number (or elimination) of pest organisms by interference with their ecology, for example by introduction of parasites or diseases.
- **Role of pathogens in natural COTS population crashes**
  - Clear knowledge gap
    - Infectious agents
    - Reservoirs
    - Triggers
    - Virulence mechanisms
  - Low risk, potentially high impact research

AIMS: Australia's tropical marine research agency.

図 4-4-4. ホイ博士.

# 4 - 5. GBRMPA の資料

## Management

### Threats to the Great Barrier Reef

Climate change    Water quality    Coastal development    Direct use

Reef Plan

www.reefplan.qld.gov.au

## Guidelines

Annual means: **>10 m Secchi**  
**<0.45 µg/L chl**

De'ath and Fabricius (2008)

## Modelling

ChloroSIm

Wooldridge et al. 2015c

## Planning

### Reef Plan 2003 - ongoing

- Joint agreement between Queensland and Australian Governments
- Reviewed every 5 years
- Scope – Diffuse source pollution from broad scale agriculture:
  - Grazing
  - Cane
  - Horticulture.

www.reefplan.qld.gov.au

## Governance

Partnership Committee (Government/ Stakeholder)

Independent Science Panel

Working Groups (Government/ Stakeholder)

Inter-governmental Operational Committee (IOC)

Reef Plan Heads of Agencies (expanded Ministerial Council Standing Committee)

Great Barrier Reef Ministerial Council (GBRMINCO)

Healthy land, healthy waterways, healthy Reef

Australian Government    Queensland Government

## Goal and targets

### Targets:

- Management practice adoption
- Groundcover
- Riparian and wetland extent and functions
- Pollutant load reduction targets

### Goal:

- Water quality has no detrimental impact on GBR ecosystems.

Long Term Goal: To ensure that by 2020 the quality of water entering the reef from land-based sources has no detrimental impact on its health and resilience as a Great Barrier Reef.

Water quality targets (2016): 40-50% of 2008-2010 average for turbidity, 80% for chlorophyll, 90% for total suspended matter, 90% for total phosphorus, 90% for total nitrogen.

Land and catchment management targets (2016): 80% of riparian, agricultural, grazing and grazing lands are managed using best management practice systems that meet or exceed the 2008-2010 average for riparian health.

www.reefplan.qld.gov.au

図 4 - 4 - 5. GBRMPA (ホンチン氏) .