

地球一括計上

課題名	海洋温暖化および酸性化影響評価のためのサンゴ連携モニタリングに関する研究		
担当研究機関	独立行政法人 海上技術安全研究所		
研究期間	平成21-23年度	合計予算額 (当初予算額 ベース)	56,256千円 (うち23年度 17,683千円)
研究体制	<p>独立行政法人海上技術安全研究所</p> <p>(一部、琉球大学理学部教授、東京海洋大学海洋科学部教授、国立環境研究所主任研究員の3名が、海技研の客員研究員として、本研究の研究業務に参加。 一部、国立環境研究所シニアスタッフ、東京海洋大学海洋工学部教授、東京海洋大学海洋科学部教授の3名が、本研究の内部評価委員会委員として、評価業務に参加。)</p>		
研究概要	<p>1. 序 (研究背景等)</p> <p>IPCC第4次評価報告書によると、産業革命以降、大気中のCO₂濃度は4割程度増加した。この温室効果等によって、地上の気温は0.7度程度上昇し、海面から700mの深度までの海水温が0.1度程度上昇したと報告されている¹⁾。また、海洋へのCO₂の溶け込みにより、海洋表層がpH値で0.1程度酸性化したとも報告されており²⁾、IPCCでは、これらの海洋環境変動が今後も進行すると予測している³⁾。このような中、海洋温暖化、海洋酸性化のどちらに対しても脆弱な海洋生物としてサンゴが注目されており、海洋温暖化及び酸性化による生態系への環境影響評価のため、サンゴ被度を広域かつ長期的にモニタリングすることが重要視されている。</p> <p>現在のサンゴ被度モニタリングは、主にダイバーによる潜水調査と衛星リモートセンシングの二つの手法が用いられている。しかし、潜水調査は、サンゴ被度等の詳細なモニタリングが可能であるが、定期的な広域調査を行うには膨大な人手が必要である。また、衛星リモートセンシングは、広範囲を観測することが可能であるが、分解能が相対的に低く、サンゴ被度が低い海域や小規模サンゴのモニタリングが困難である。このため、ダイバーによる潜水調査よりも容易に広域範囲でのモニタリングが可能であり、衛星リモートセンシングよりも分解能が高い、両手法の中間に位置する新しいモニタリング手法の開発が期待されている。</p> <p>これまで、海上技術安全研究所では、ヘリコプター搭載型イメージング蛍光ライダー装置を用いた油膜の2次元観測等を行ってきた経緯がある^{4) 5)}。本研究では、これらの技術と経験を生かし、船舶搭載型イメージング蛍光ライダー装置および航行船舶からのサンゴモニタリング手法を開発する。また、この手法を利用し、これまでのダイバー調査及び衛星リモートセンシングによるモニタリングデータを補完して、海洋温暖化および酸性化がサンゴに与える影響を、広域かつ長期的にモニタリングするための連携体制の整備を行う。</p> <p>1) IPCC 第4次評価報告書第一作業部会報告書, http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html 2) Richard A. Feely, et. al, "Impact of Anthropogenic CO₂ on the CaCO₃ System in the Oceans", Science Vol.305. No.5682 (2004) 362-366. 3) IPCC 第4次評価報告書第二作業部会報告書, http://www.ipcc-wg2.org/ 4) 樋富和夫 他、「ヘリコプター搭載型蛍光ライダーによる流出油のモニタリングについて」日本航海学会論文集 Vol.117 (2007) 143-150. 5) 篠野雅彦 他、「流出油モニタリングのための蛍光ライダー」可視化情報学会論文集 Vol.28 No.1 (2008) 9-14.</p>		

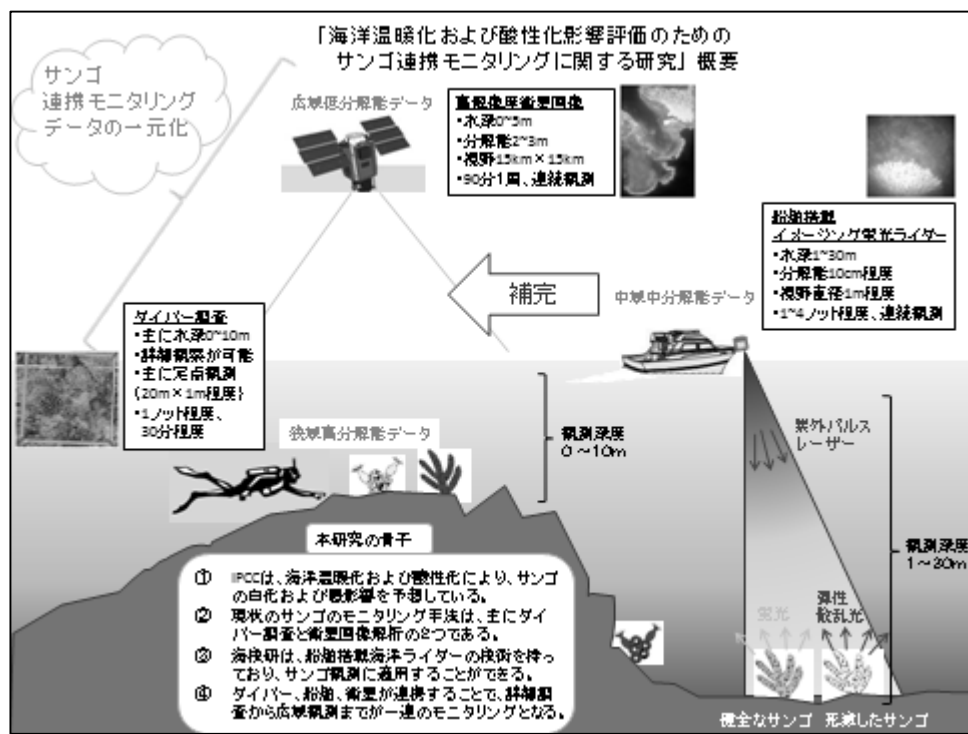
2. 研究目的

本研究は、広範囲のサンゴ生息海域を、長期的・連続的に観測するための体制を整備し、将来的に観測データを蓄積することで、海洋温暖化および酸性化の影響評価に資することを目的とする。

このため、まず、船舶搭載型イメージング蛍光ライダー（レーザーライダー）装置を用いた、航行船舶によるサンゴの広域モニタリング手法を確立する。イメージング蛍光ライダーは、生きているサンゴに含まれる蛍光タンパク質の紫外線励起蛍光性を利用するもので、これにより、中域中分解能のサンゴ被度観測データを得るとともに、これまでダイバー調査や衛星観測では困難であった中域中分解能のサンゴ観測データの取得を目標とする。

次に、ダイバーによるサンゴ調査、船舶によるサンゴ観測、人工衛星によるリモートセンシングの3つの手法による観測を実施する。ダイバー調査では、詳細で客観的なデータを得るため、ライントランセクト法・コドラート法（または夜間UV励起蛍光コドラート法）・写真解析法を用いる。衛星観測では、マルチスペクトルで分解能が2~3mである、IKONOS・QuickBird・WorldView-2等の高解像度衛星画像を用いる。これらの複数手法による観測で、狭域高分解能データから、広域低分解能データまでの多様なサンゴ観測データを得る。

上記サンゴの複数手法観測を実施するとともに、その観測データを連携して一元的に利用するためのデータベースを構築し、将来的に広範囲・長期的な観測データの解析を可能にする。



本研究概要説明図

3. 研究の内容・成果

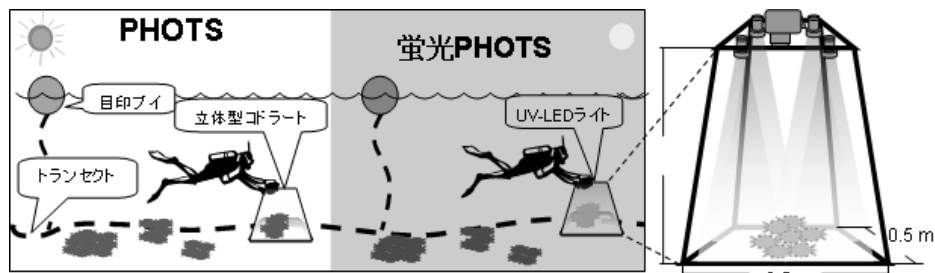
(1) ダイバーによるサンゴ被度・白化度調査

① 造礁サンゴ分布北限域に近い千葉県館山市坂田海域において、定点観測ポイント1地点を設置し、サンゴの詳細調査を目的として、2009年11月、2010年6月、11月、2011年6月、11月の5回、サンゴ潜水調査（コドラート法、夜間UV励起蛍光コドラート法、夜間UV励起蛍光スペクトル観測）を実施した。これにより、サンゴ被度、コロニーサイズ分布、UV励起蛍光スペクトル等の調査データを取得した。また、夜間UV励起蛍光コドラート法が、小規模サンゴ群体の詳細観測に有利であることを確認した。

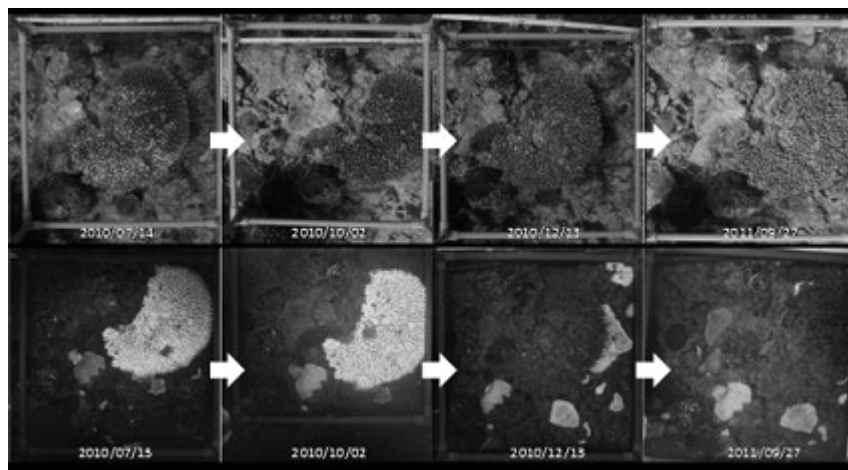
② 国内最大級のサンゴ礁海域である石西礁湖内において、定点観測ポイントを竹富島周辺海域に3点、石垣港周辺海域に1点を設置し、サンゴの詳細調査を目的として、2009年12月、2010年2月、6月、10月、2011年1月、9月の6回、サンゴ潜水調査（コドラート法、夜間UV励起蛍光コ

ドラフト法、夜間UV励起蛍光スペクトル観測)を実施した。これにより、サンゴの種類、多様度、被度、UV励起蛍光スペクトル等の調査データを取得した。また、夜間UV励起蛍光コドラフト法が、サンゴの生死判定に有利であることを確認した。

ポイント名	北緯	東経	水深
(千葉県) 館山坂田	34.976983°	124.776783°	約 5 m
(沖縄県) 竹富北	24.348500°	124.084667°	約 10 m
(沖縄県) 竹富北東	24.335083°	124.103333°	約 6 m
(沖縄県) 竹富東	24.328483°	124.108833°	約 3 m
(沖縄県) 石垣港南	24.322833°	124.169167°	約 8 m

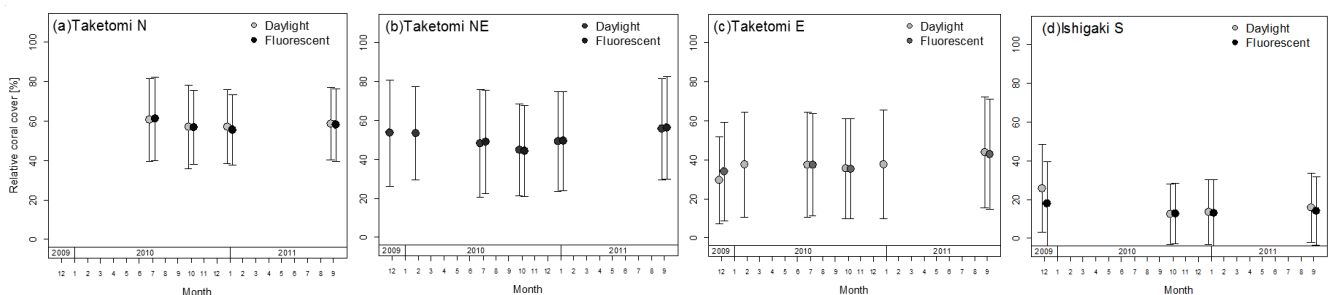


日中コドラフト調査および夜間UV励起蛍光コドラフト調査の模式図



竹富島北ポイントにおける卓状サンゴ死滅の時間遷移

(上段：日中コドラフト写真、下段：夜間UV励起蛍光コドラフト写真)



石西礁湖海域の定点観測ポイント4点におけるサンゴ被度調査結果

(左から：竹富北、竹富北東、竹富東、石垣南ポイント、日中及び夜間調査)

(2) 船舶によるサンゴモニタリング手法の確立および調査

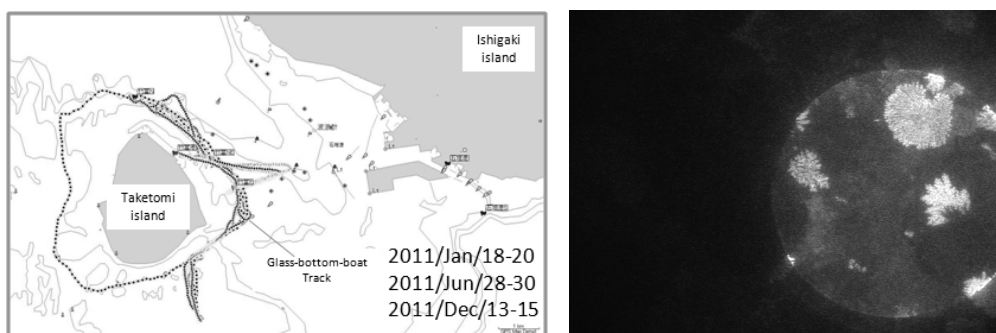
① 船舶搭載型サンゴ観測装置の開発

船舶搭載型イメージング蛍光ライダー装置を開発し、当所の試験水槽で、水深5.5mから30mの間の疑似サンゴの蛍光イメージ取得及びレーザー測深に成功した。

- ② 沖縄県竹富島周辺海域で、2011年1月、6月、12月の3回、グラスボートを用いた船舶ライダー観測を実施した。これにより、日中にサンゴ蛍光イメージ及び水深データの広範囲観測に成功した。
- ③ 沖縄県竹富島周辺海域で、船舶CTD観測を実施。各地点の水深、海水温、塩分、濁度、クロロフィル濃度、pHレベル等の海洋環境情報を得た。



船舶ライダー観測に用いた竹富島グラスボート（左）と、イメージング蛍光ライダー装置搭載の様子（右）

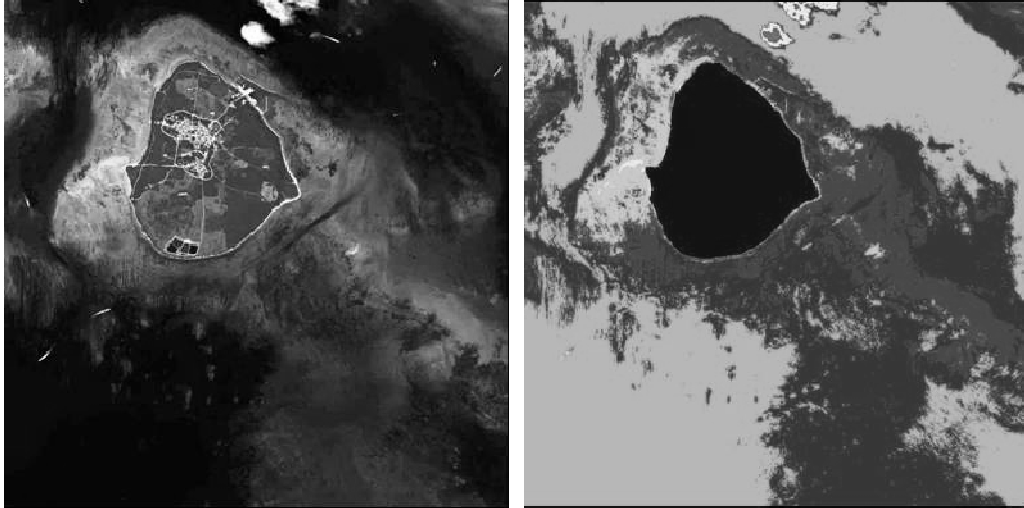


グラスボート搭載イメージング蛍光ライダーによるサンゴ観測
（左図：グラスボート航行によるライダー観測位置のプロット、
右図：サンゴ蛍光イメージ観測例、生きたサンゴは蛍光で白く表示される。）

(3) 衛星画像によるサンゴのリモートセンシング調査

- ① 高分解能衛星（QuickBird, IKONOS, WorldView-2）によるサンゴ分布海域の衛星写真10枚を入手し、沖縄県竹富島周辺海域のWorldView-2衛星画像（8バンド、マルチスペクトル）を中心に、多波長クラスター解析手法を開発した。
- ② 過去に撮影された衛星画像についてもクラスター解析を実施し、他観測データと統合することで浅海域底質の解析精度向上を検討した。

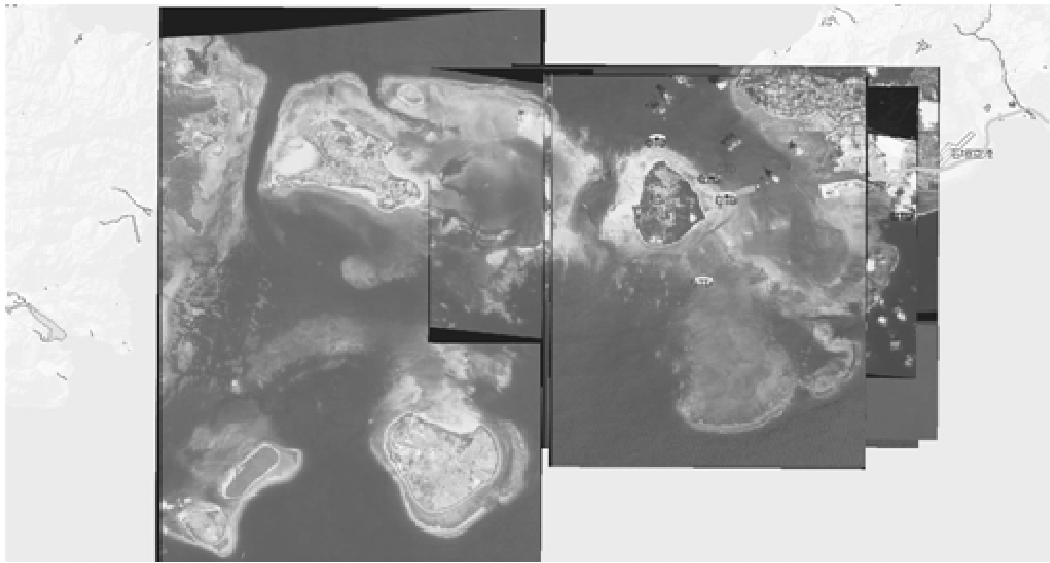
観測衛星	観測日	海域情報	データ概要
QuickBird	2009.06.01	石垣島南西海域	マルチスペクトル 4バンド 分解能 2.5m
QuickBird	2009.07.15	竹富島周辺海域	
IKONOS	2004.05.13	竹富島南東海域	マルチスペクトル 4バンド 分解能 3.3m
IKONOS	2007.07.21	西表島東海域	
IKONOS	2007.01.26	瀬底島海域	マルチスペクトル 8バンド 分解能 2.0m
WorldView-2	2010.01.16	館山洲崎沖海域	
WorldView-2	2010.08.14	竹富島周辺海域	
WorldView-2	2010.10.02	竹富島周辺海域	
WorldView-2	2011.01.23	竹富島周辺海域	
WorldView-2	2011.08.24	竹富島周辺海域	



WorldView-2衛星による竹富島周辺海域の高解像度画像（左図：2010.8.14撮影）
とクラスター解析結果（右図）

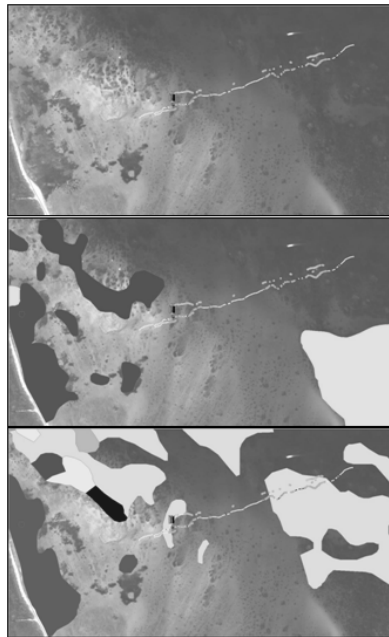
(4) サンゴモニタリングデータの一元化データベースの作成

- ①GISソフトウェア「SuperMap Deskpro 6」を用いて、上記(1)～(3)のダイバー調査、船舶観測、衛星リモートセンシングの3手法によるサンゴ調査データ、及びCTD観測等の海洋環境調査データを統合、一元化し、サンゴモニタリングに関するGISデータベースを構築した。



SuperMapにより一元化した、石西礁湖海域のサンゴモニタリングデータの表示例
(ダイバー調査調査、船舶観測結果、衛星リモートセンシング結果等を含む)

②他機関が公開しているGISサンゴ分布データもデータベースに統合し、比較可能とした。



竹富島東海域の衛星画像上に
船舶ライダー観測のサンゴ分布を重ね合わせた図（上）、およびその上にさらに
衛星リモートセンシングによるサンゴ分布データ⁶⁾を重ね合わせた図（中）、
ダイバー調査によるサンゴ分布データ⁷⁾を重ね合わせた図（下）

- 6) 環境省 国際サンゴ礁研究・モニタリングセンター サンゴ礁分布図データ
http://coralmap.coremoc.go.jp/sangomap_jpn/
- 7) 環境省 生物多様性センター 自然環境情報GIS サンゴ調査データ
<http://www.biodic.go.jp/trialSystem/info/sa.html>

4. 考察

本研究は、船舶搭載型イメージング蛍光ライダー装置による新しいサンゴ観測手法を開発し、この中域中分解能観測データをうまく用いることで、ダイバー調査データや衛星リモートセンシングデータとの連携を行って、サンゴ連携モニタリング体制の整備を実施した。

船舶観測は、DGPS で正確な位置観測をしつつサンゴ観測をすることができるため、GeoTiff 衛星画像と連携することが比較的容易である。一方、生きたサンゴ群体の形状をイメージ観測することができるため、ダイバーによるコドラート調査と連携することも比較的容易である。このため、複数モニタリング手法の連携に、船舶観測が有効であることがわかった。

また、これまでのサンゴモニタリングの問題点として、ダイバー調査は、観測ポイント1カ所に対して、通常業務で年に1回程度の観測であることが多かった。衛星観測も、これまでの観測実績では、年に1～2回程度の撮影となっている。このため、これらの従来手法と比べて容易に観測作業を行うことのできる船舶観測は、これらの観測時期の間隔を埋める方法としても有効であると考えられる。このため、本研究で整備したサンゴ連携モニタリング体制を活用し、海洋温暖化および酸性化に起因する急激で大規模なサンゴ死滅現象等に対して、有効なモニタリングを実施できることが期待される。

さらに、サンゴモニタリングを実施するべきサンゴ礁海域のうち、船舶ライダー観測でしかモニタリングを実施できない海域が、実際には相当面積存在する。そのような海域の場合、サンゴ連携モニタリングは実現が困難となってしまうが、他のモニタリング手法に比べて比較的波浪や潮流に強く、天候にも影響を受けにくく、深い水深（10m以上）まで観測可能で、サンゴの生死判別も可能な船舶ライダー観測は、今後、サンゴモニタリングにとって重要な手法となっていく可能性がある。