

## 会場案内

- 北海道大学 札幌キャンパス  
<https://www.hokudai.ac.jp/introduction/campus/campusmap/>
- 北海道大学 工学部 フロンティア応用科学研究棟  
<https://www.eng.hokudai.ac.jp/access/>

## 主要駅・空港～会場までの道のり

### ● 新千歳空港～会場

#### 1. JR を利用する場合

新千歳空港駅－（JR 快速エアポート号, 約 40 分, 運行間隔 約 15 分 1070 円）－札幌駅  
札幌駅北口－（徒歩 7 分）－北海道大学正門  
北海道大学正門－（徒歩 15 分）－北海道大学工学部（フロンティア応用科学研究棟）

#### 2. 高速バス（中央バスまたは北都交通）を利用する場合

新千歳空港駅－（約 80 分, 運行間隔 約 15 分 1100 円）－札幌駅前  
札幌駅前－（徒歩約 7 分）－北海道大学正門  
北海道大学正門－（徒歩約 15 分）－北海道大学工学部（フロンティア応用科学研究棟）

### ● 札幌市内～会場

#### 1. JR 札幌駅から徒歩の場合

札幌駅北口－（徒歩約 7 分）－北海道大学正門  
北海道大学正門－（徒歩 15 分）－北海道大学工学部（フロンティア応用科学研究棟）

#### 2. 北 12 条駅（地下鉄南北線）から徒歩の場合

札幌駅－（地下鉄南北線, 約 5 分）－北 12 条駅  
北 12 条駅－（徒歩約 7 分）－北海道大学北 13 条門  
北海道大学北 13 条門－（徒歩約 5 分）－工学部（フロンティア応用科学研究棟）

## Vunue guide

- Sapporo Campus, Hokkaido University

in Japanese: <https://www.hokudai.ac.jp/introduction/campus/campusmap/>

In English: <https://www.global.hokudai.ac.jp/about/access-maps/sapporo-campus-map/>

- Frontier Research in Applied Sciences Building, School of Engineering,  
Hokkaido University

in Japanese: <https://www.eng.hokudai.ac.jp/access/>

In English: <https://www.eng.hokudai.ac.jp/english/location/>

## Way to the Venue

- **From New Chitose Airport to Hokkaido University**

### 1. JR Rapid Airport Line

New Chitose Airport Station – (40 min., every 15 min., 1070 JPY) – Sapporo Station

Sapporo Station North Exit – (7 min. walk) – Main gate of Hokkaido University

Main gate of Hokkaido University – (15 min. walk) – School of Engineering, Hokkaido University (Frontier Research in Applied Sciences Bldg.)

### 2. Highway bus

New Chitose Airport – (80 min., every 15 min., 1100 JPY) – Sapporo Station

Sapporo Station – (7 min. walk) – Main gate of Hokkaido University

Main gate of Hokkaido University – (15 min. walk) – School of Engineering, Hokkaido University (Frontier Research in Applied Sciences Bldg.)

- **From Sapporo City to Hokkaido University**

### 1. Walk

Sapporo Station North Exit – (7 min. walk) – Main gate of Hokkaido University

Main gate of Hokkaido University – (15 min. walk) – School of Engineering, Hokkaido University (Frontier Research in Applied Sciences Bldg.)

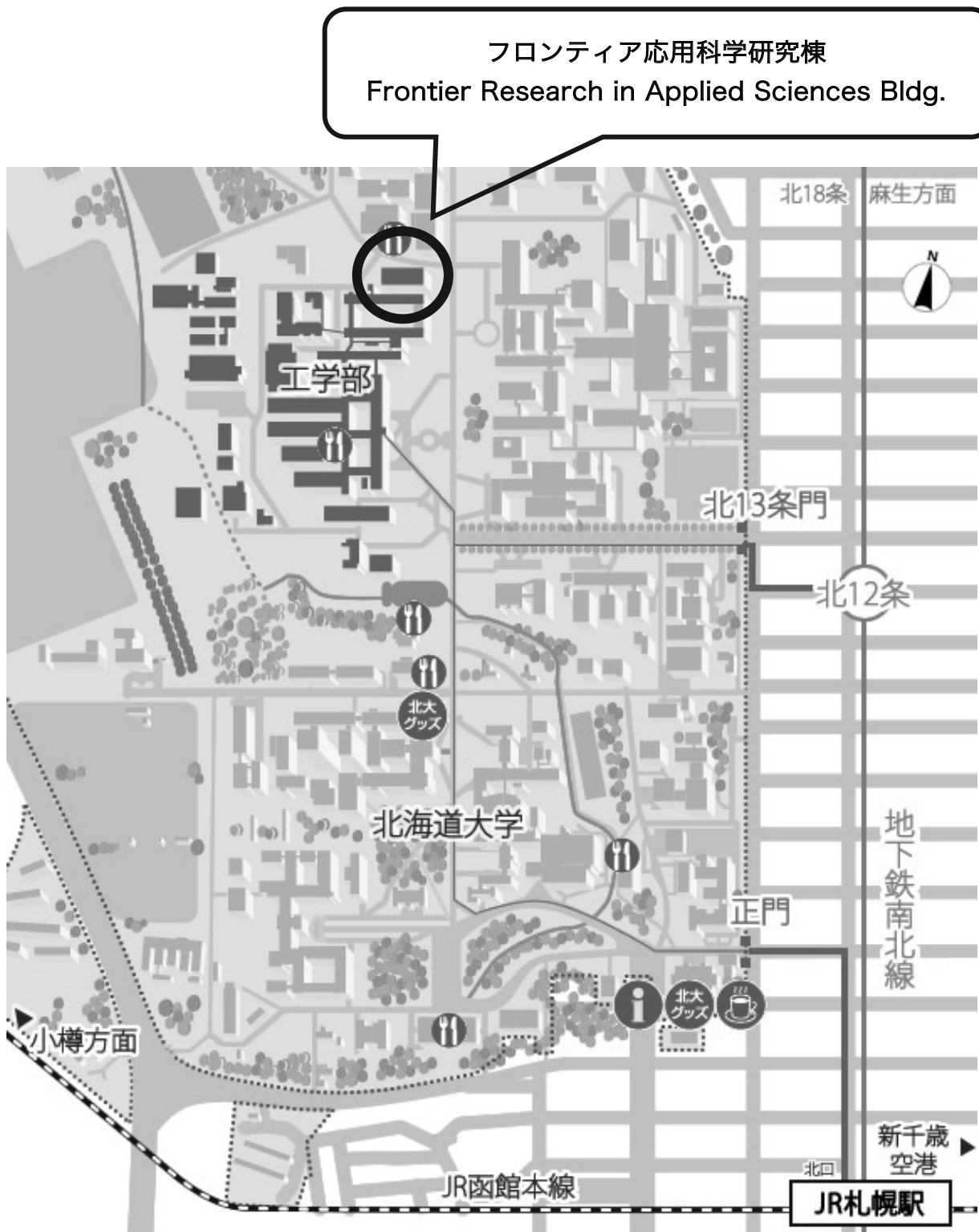
### 2. The Namboku Subway Line (Kita 12-jyo Station)

Sapporo Station – (5 min.) – Kita 12-jyo Station

Kita 12-jyo Station – (7 min. walk) – Kita 13-jyo gate of Hokkaido University

Kita 13-jyo gate of Hokkaido University – (5 min. walk) – School of Engineering, Hokkaido University (Frontier Research in Applied Sciences Bldg.)

キャンパスマップ / Campus map



会場マップ / Venue map

● 北海道大学工学部 フロンティア応用科学研究棟  
Frontier Research in Applied Sciences Bldg.

1 階 / 1st Floor



2 階 / 2nd Floor



## 大会受付 / Reception

- 大会受付は工学部フロンティア応用化学研究棟 2 階の「ホワイエ」です。
- クロークを用意しておりますのでご利用ください。
- Reception counter is in the foyer on the 2<sup>nd</sup> floor in Frontier Research in Applied Sciences Bldg.
- If you want to check your baggage, please use the cloakroom.

## インターネット接続について / Internet connection

- 北海道大学は、大学等教育研究機関の間でキャンパス無線 LAN の相互利用を実現する国立情報学研究所 (NII) のサービスである eduroam (<http://www.eduroam.jp/>) に参加しております。日本国内の認証連携には学認 (学術認証フェデレーション: <https://www.gakunin.jp>) を使用しており、所属する大学や研究機関が学認に参加していれば、eduroam を利用することができます。利用にあたっては、所属機関で事前に eduroam 用アカウント (ID/パスワード) を取得してからご利用下さい。
- “eduroam” (<http://www.eduroam.jp/>) which is the worldwide wireless LAN roaming Internet access service, is introduced in Hokkaido University as a network service for visitors. Please obtain the account (ID/Password) from your affiliation prior to using “eduroam” service.

## 休憩スペース / Break area

- 会場のフロンティア応用科学研究棟は飲食禁止です。受付にて休憩にご利用いただける北大構内の食堂、カフェなどをご案内しております。
- Eating and Drinking are prohibited in Frontier Research Applied Sciences Bldg. You can get more information about the restaurants and cafeterias in the campus of Hokkaido University.

## 喫煙場所 / Smoking area

- 北海道大学構内、館内は全面禁煙です。
- 喫煙は指定の屋外喫煙所にてお願いします。受付にて最寄りの喫煙所をご案内しております。
- Smoking is prohibited on the campus of Hokkaido University including Frontier Research Applied Sciences Bldg.
- Please use the smoking area where is announced at the reception.

## 大会スケジュール/ Schedule

11月8日(金) 公開シンポジウム・代議員総会・理事会		会場
9:00-12:00	各種委員会 Committee Meetings	北海道大学 ファカルティハウス 「エンレイソウ」第一・第二・第三 会議室
13:00-17:00	理事会・代議員総会 Council meeting・General Assembly	北海道大学 ファカルティハウス 「エンレイソウ」第一会議室
17:00-19:00	公開シンポジウム Public Symposium	北海道大学総合博物館 1階“知の交 流”

11月9日(土) 大会1日目		会場
8:30-	受付開始 Reception open	フロンティア応用科学研究棟 2階 ホワイエ
9:00-11:30	口頭発表 ① Oral presentation ①	フロンティア応用科学研究棟 2階 鈴木章ホール
11:30-13:00	休憩 Break	
13:00-16:30	口頭発表 ② Oral presentation ②	フロンティア応用科学研究棟 2階 鈴木章ホール
16:30-18:00	ポスターセッション/小・中・高校生によ るサンゴ礁研究ポスター発表/サンゴ礁保 全活動ポスター発表 Poster presentation/Poster presentation by Elementary, junior, and senior high school students / Reef Conservation groups	フロンティア応用科学研究棟 1F エントランスホール
18:30-20:30	自由集会 ① Mini-workshop ①	北海道大学理学部 5号館 2階 5- 201室
	自由集会 ② Mini-workshop ②	北海道大学理学部 5号館 2階 5- 206室

11月10日(日) 大会2日目		会場
8:30-	受付開始 Reception open	フロンティア応用科学研究棟 2階 ホワイエ
9:00-12:15	口頭発表 ③ Oral presentation ③	フロンティア応用科学研究棟 2階 鈴木章ホール
12:15-13:15	休憩 (Break)	
13:15-17:00	口頭発表 ④ Oral presentation ④	フロンティア応用科学研究棟 2階 鈴木章ホール
17:15-18:00	受賞記念講演 JCRS awards ceremony	フロンティア応用科学研究棟 2階 鈴木章ホール
18:00-20:00	懇親会 Banquet	北海道大学内 レストラン エルム

11月11日(月) 大会3日目 (最終日)		会場
8:30-	受付開始 Reception open	フロンティア応用科学研究棟 2階 ホワイエ
9:00-12:00	テーマセッション Theme session	フロンティア応用科学研究棟 2階 鈴木章ホール

## 発表について / Presentation guidelines

### 口頭発表 / Oral presentation

- 会場はフロンティア応用科学研究棟 2 階 レクチャーホール（鈴木章ホール）です。
- 講演時間は 15 分（発表 12 分 + 質疑応答 3 分）です。
- 発表機材は液晶プロジェクターを用意します。パソコンは Windows と Mac を用意します。発表機材として、パソコン（Windows および Mac）と液晶プロジェクターを用意します。発表に使うソフトは原則“Microsoft PowerPoint”とします。
- 発表前の休み時間までに発表ファイルを会場のパソコンにコピーし、動作確認をしておいて下さい。
- 各自のパソコンを使用することも可能ですが、事前に接続の確認をしておいて下さい。
- 若手優秀口頭発表賞へエントリーされている発表には発表番号の横に「\*」が付いています。
- The venue for oral presentation is Lecture Hall “Suzuki Akira Hall” on 2<sup>nd</sup> floor in Frontier Research in Applied Sciences Bldg.
- For oral presentations, 15 minutes are allotted, including 12 min presentation and 3 min discussion.
- A laptop Windows PC, a Mac PC, and a digital projector will be supplied for oral presentations. The presentation software “Microsoft PowerPoint” is only acceptable for oral presentation.
- Please copy your presentation file to the laptop PC until before the start of your session, and check whether your presentation is correctly displayed.
- You can use your own laptop PC, but please check that your PC can connect without problem beforehand.
- The presentations that are entered to Presentation Award for young scientist are marked with (\*) beside the presentation number.

### ポスター発表 / Poster presentation

- ポスターセッションは 9 日 16:30-18:00 に行います。発表日は以下のプログラムをご確認ください。
- 会場はフロンティア応用科学研究棟 1F エントランスホール及びセミナー室です。
- ポスターは 9 日 8:30 から 10 日 17:00 まで掲示出来ます。お手数ですが、お帰りになる前に回収をお願いします。
- パネルへの貼り付けは画鋏を準備しておりますので、各自でお願いいたします。
- 若手優秀ポスター発表賞へエントリーされている発表には発表番号に「\*」が付いています。
- Poster presentation will be held from 16:30 to 18:00 on 9<sup>th</sup> November. Please check your presentation date in the poster presentation program.
- The venue for poster presentation is the entrance hall and seminar room on 1<sup>st</sup> floor in Frontier Research in Applied Sciences Bldg.
- Poster presenters are only allowed to mount their posters between from 8:30 on 9<sup>th</sup> November to 17:00 on 10<sup>th</sup> November. Please take your posters off before you leave the hall.
- Thumbtacks will be supplied. Please attach the presentation poster by yourself.
- The presentations that are entered to Presentation Award for young scientist are marked with (\*) beside the presentation number.



# 口頭発表プログラム / Oral presentation program

11月9日(土) / 9th November (Sat)

口頭発表 ① 9:00-11:30 / Oral presentation ① 9:00-11:30

【会場/ Location】 フロンティア応用科学研究棟 鈴木章ホール / Akira Suzuki Hall, Frontier Research in Applied Sciences Building

座長 (Chair) : 齋 聡子, 山崎 敦子

講演番号 No.	時間 Hour	発表題目 Title	発表者 (所属) Authors (Affiliation)
O-1	9:00-9:15	サンゴ骨格に記録された人為起源二酸化炭素の北西太平洋域への吸収量の変動史	○渡邊 剛 (北大・理/喜界島サンゴ礁科学研究所), 山崎 敦子 (九大・理/喜界島サンゴ礁科学研究所), 伊藤 早織, 井笹 純平, 河村 卓, 大森 和博, 野尻 太郎, 内山 遼平 (北大・理), Samuel E. Kahng (Hawaii Pacific University), 野村 恵一 (串本海中公園水族館), 岩瀬 文人 (黒潮生物研究所), 山野 博哉 (国立環境研究所)
O-2	9:15-9:30	サンゴ骨格記録に基づく東南アジア域の環境変化と地球温暖化との関係	○井上 麻夕里, 源田 亜衣, 智原 睦美 (岡大・院自然), 池原 実 (高知大・海洋コア研), 川幡 穂高 (東大・大海研), 鈴木 淳 (産総研・地質情報)
O-3	9:30-9:45	ツバルのサンゴ年輪黒色バンドに記録された人為汚染による季節強還元環境形成史	○中村 修子 (笹川・海洋政策研), 茅根 創 (東京大・地球惑星), 高橋 嘉夫 (東京大・地球惑星), 砂村 倫成 (東京大・地球惑星), 細井 豪 (電通), 山野 博哉 (国立環境研・生態系環境研究センター)
O-4	9:45-10:00	光条件がサンゴ骨格の Ba/Ca 比に与える影響	○山崎 敦子 (九州大・院理), 矢野 恵美 (北海道大・理), 波利井 佐紀 (琉球大・熱生研), 渡邊 剛 (北海道大・院理)
	休憩		
O-5	10:15-10:30	硬骨海綿の化学分析による海洋環境の長期時系列解析	○浅海 竜司 (東北大・院理), 松森 建人, 石原 信司, 金城 章, 大城 大輝 (琉球大・理), 成瀬 貫 (琉球大・熱生研), 水山 克 (琉球大・理), 植村 立 (名大・院環), 新城 竜一 (琉球大・理), 伊勢 優史 (マレーシア科学大), 藤田 喜久 (沖芸大), 坂巻 隆史 (東北大・院工)
O-6*	10:30-10:45	喜界島産化石シャコガイ殻を用いた後期更新世 MIS3 の台風の復元	○駒越 太郎 (喜界サンゴ研), 渡邊 剛 (北大・理), 佐々木 圭一 (金沢学院大), 白井 厚太郎 (東大・大気海洋研究所), 山崎 敦子 (九大・理)
O-7*	10:45-11:00	堆積物コアを用いた久米島東部における海草帯の堆積過程の復元	○佐野 亘 (九州大・院), 藤田 和彦 (琉球大), 平林 頌子 (九州大), 横山 祐典 (東京大), 宮入 陽介 (東京大), Lauren T. Toth (U.S. Geological Survey), Richard B. Aronson (Florida Tech), 菅 浩伸 (九州大)
O-8*	11:00-11:15	キサンゴ科群体サンゴの群体形成過程のシミュレーション	○大野 理恵 (科博), 千徳 明日香 (琉球大・院理), 升本 眞二, 江崎 洋一 (大阪市大・院理)
O-9	11:15-11:30	サンゴ稚ポリプ骨格の微細組織観察	○齋 聡子 (JAMSTEC・高知コア研), 波利井 佐紀 (琉球大・熱帯生物圏研究センター), 富岡 尚敬 (JAMSTEC・高知コア研), 兒玉 優 (マリンワークジャパン), 伊藤 元雄 (JAMSTEC・高知コア研)

口頭発表 ② 13:00-16:30 / Oral presentation ② 13:00-16:30

【会場/ Location】 フロンティア応用科学研究棟 鈴木章ホール / Akira Suzuki Hall, Frontier Research in Applied Sciences Building 2F

座長 (Chair) : 鈴木豪, Frederic Sinniger

講演番号 No.	時間 Hour	発表題目 Title	発表者 (所属) Authors (Affiliation)
O-10	13:00-13:15	Are Mesophotic Coral Ecosystems in Okinawa lifeboats or unique ecosystems?	○Frederic Sinniger (Univ. Ryukyus・TBRC), Michel Pichon (Museum Of Tropical Queensland), Paul Muir (Queensland Museum), Héloïse Rouzé (Perpignan University), Blair Thornton, Jenny Walker (Univ. Southampton), Hajime Kayanne (Univ. of Tokyo), Saki Harii (Univ. Ryukyus・TBRC)
O-11*	13:15-13:30	Composition of Coral Recruits Across Depths in Sesoko Island, Okinawa	○Erlangga Sitorus (琉球大・熱生研), Frederic Sinniger (琉球大・熱生研), 波利井 佐紀 (琉球大・熱生研)
O-12	13:30-13:45	What goes up must come down? An investigation on juvenile hard coral assemblages at shallow and upper mesophotic depths in Apo Reef Natural Park, Philippines	○Ritzelle L. Albelda (MSI - UPD), Patrick C. Cabaitan (MSI - UPD), Frederic P. Sinniger (University of the Ryukyus), Edwin Dumalagan (MSI - UPD), Fernando P. Siringan (MSI - UPD)
O-13*	13:45-14:00	Thermal tolerance of reef-building corals across depths	○Parviz Tavakoli-Kolour (Graduate School of Engineering and Science, University of the Ryukyus), Frederic Sinniger (Tropical Biosphere Research Center, University of the Ryukyus), Saki Harii (Tropical Biosphere Research Center, University of the Ryukyus)
O-14	14:00-14:15	Studies on temperature stress response in corals from marginal locations	○Shashank Keshavmurthy (Academia Sinica, BRC), Chaolun Allen Chen (Academia Sinica, BRC)
O-15*	14:15-14:30	水温と光量がエンタクミドリイシの生息分布に与える複合影響について	○黒山 真由美 (東大・大海研), アゴステイーニ シルバン (筑波大・下田), 樋口 富彦 (東大・大海研), 小松 幸生 (東大・大海研)
O-16*	14:30-14:45	Recurrent disease outbreaks in a warm temperate marginal coral community	○Joshua M. Heitzman (筑波大・下田), Nicole Caputo (筑波大・下田), Sung-Yin Yang (筑波大・下田), Sylvain Agostini (筑波大・下田)
	休憩		
O-17	15:00-15:15	サンゴ被覆性海綿 <i>Terpios hoshinota</i> の分布および沖縄島北部西海岸の状況について	○山城 秀之 (琉球大・熱生研・瀬底)
O-18*	15:15-15:30	Morphological characteristics of coral-killing sponge <i>Terpios hoshinota</i> in Sesoko Island, Japan	○Siti N. Aini (University of the Ryukyus, Graduate School of Engineering and Science), Hideyuki Yamashiro (Sesoko Station, Tropical Biosphere Research Center, University of the Ryukyus)
O-19*	15:30-15:45	チリメンハナヤサイサンゴ ( <i>Pocillopora meandrina</i> ) における色彩型間の生態的差異	○児玉 悠仁 (琉大・院理工), 中村 崇 (琉大・理)
O-20	15:45-16:00	琉球列島のアザミサンゴ属の局所的空間遺伝構造と表現型	○中島 祐一, Patricia H. Wepfer, 御手洗 哲司 (OIST)
O-21	16:00-16:15	サンゴ幼生放流による面的拡散・着底実証結果と検証について	○米澤 泰雄, 小松 俊晶, 藤家 亘, 恒岡 徹 (国際航業), 鈴木 豪 (西海区水産研究所), 岡田 亘 (株) エコー, 完山

			暢 (水産土木建設技術センター), 井上真仁, 山崎 将志 (水産庁)
O-22	16:15-16:30	汎用性向上を目指したサンゴ幼生収集装置の改良	○鈴木 豪, 谷田 巖, 田代 郷国, 山下洋, 林原 毅 (西水研・亜熱帯), 岡田 亘, 田村 圭一 (エコー), 完山 暢 (水産土木センター), 井上 真仁, 山崎 将志 (水産庁)

**ポスター発表 16:30-18:00 / Poster presentation 16:30-18:00**

**【会場/ Location】** フロンティア応用科学研究棟 1F エントランスホール/  
Entrance Hall, Frontier Research in Applied Sciences Building 1F

**小・中・高校生によるサンゴ礁研究ポスター発表 16:30-18:00 / Poster presentation by Elementary, junior, and senior high school student 16:30-18:00**

**【会場/ Location】** フロンティア応用科学研究棟 1F エントランスホール/  
Entrance Hall, Frontier Research in Applied Sciences Building 1F

**サンゴ礁保全活動ポスター発表 16:30-18:00 / Poster presentation by Reef Conservation groups 16:30-18:00**

**【会場/ Location】** フロンティア応用科学研究棟 1F エントランスホール/  
Entrance Hall, Frontier Research in Applied Sciences Building 1F

**自由集会 18:30-20:30 / Themed meeting 18:30-20:30**

集会番号 No.	会場	集会題目 Title	企画者/ Organizer
自由集会 ①	理学部 5号館 2階 5-201室	サンゴの分類を学ぶ	深見 裕伸 (宮崎大学) ・野中 正法 (沖縄美ら島財団)
自由集会 ②	理学部 5号館 2階 5-206室	喜界島サンゴロジー	山崎 敦子 (喜界島サンゴ礁科学研究所)

11月10日(日) / 10th November (Sun)

口頭発表 ③ 9:00-12:15 / Oral presentation ③ 9:00-12:15

【会場/ Location】 フロンティア応用科学研究棟 鈴木章ホール / Akira Suzuki Hall, Frontier Research in Applied Sciences Building 2F

座長(Chair): 樋口 富彦, Sylvain Agostini

講演番号 No.	時間 Hour	発表題目 Title	発表者(所属) Authors (Affiliation)
0-23	9:00-9:15	Effects of Ocean Acidification on the Larval Recruitment of Temperate Corals	○Sylvain Agostini (SMRC, U. of Tsukuba), Kazuo Inaba (SMRC, U. of Tsukuba), Giovanni D'Anna (CNR, Italy), Giacomo Di Stefano (CNR, Italy), Ben Harvey (SMRC, U. of Tsukuba), Marco Milazzo (CNR and Univ. of Palermo, Italy), Giacomo Milisenda (CNR, Italy), Carlo Pipitone (CNR, Italy), Martina Salerno (Univ. of Palermo, Italy), Ikuko Yuyama (U. of Tsukuba), Sun Ying Yang (SMRC, U. of Tsukuba), Tomhiko Higuchi (AORI, Univ. of Tokyo), Arturo Zenone (CNR, Italy), Fabio Badalamenti (CNR, Italy)
0-24*	9:15-9:30	Ocean Acidification and Warming Decrease Calcification Rate and Increase Mortality of <i>Acropora digitifera</i>	○Cristiana Manullang (University of the Ryukyus), Akira Iguchi (University of Tsukuba), Yukihiro Nojiri (National Institute for Environmental Studies), Kazuhiko Sakai (TBRC, University of the Ryukyus)
0-25*	9:30-9:45	ISFET による海水炭酸系計測技術開発	○宮脇 稔勝, 藤田 乃里 (東大・理), 茅根 創 (東大・理), 辺見 彰秀 (株式会社メビウスアドバンステクノロジー), 森岡 和太 (東京薬科大・薬), 鈴木 拳太 (首都大・都市環境), 中嶋 秀 (首都大・都市環境)
0-26	9:45-10:00	光阻害過程とサンゴの白化現象のモデル化	○中村 隆志 (東工大・環境・社会理工), 樋口 富彦, 宮島 利宏 (東大・AORI), Agostini Sylvain, 湯山 育子 (筑波大・生命環境), 安田 直子, 藤村 弘行 (琉大・理)
0-27*	10:00-10:15	マレーシア産軟体サンゴ由来の生物活性物質	○Chin-Soon Phan (北大院・環境), 鎌田 昂 (静理工大・理工), 石井 貴広 (琉大・農), 濱田 季之 (鹿大院・理工), Charles S. Vairappan (マレーシア・サバ大)
0-28*	10:15-10:30	30°CでIrgarol 1051に曝露したウスエダミドリイシ <i>Acropora tenuis</i> の体色と光合成収率の変動過程	○具志 美香子 (愛媛大・院農), 高山 弘太郎 (豊橋技科大・EIRIS, 愛媛大・院農), 山城 秀之 (琉球大・熱生研・瀬底), 石橋 弘志 (愛媛大・院農), 竹内 一郎 (愛媛大・院農)
	休憩		
0-29	10:45-11:00	NanoSIMS を用いたサンゴ-褐虫藻における硫黄動態の可視化	○樋口 富彦, 田中 健太郎, 白井 厚太郎 (東大・大海研), 湯山 育子 (筑波大・生命環境), 高畑 直人, 佐野 有司 (東大・大海研)
0-30	11:00-11:15	<i>Durusdinium</i> 属褐虫藻と <i>Acropora tenuis</i> 幼生の初期共生	○山下 洋, 鈴木 豪 (西水研・亜熱帯), 新里 宙也, 善岡 祐輝 (東大・大海研)
0-31*	11:15-11:30	シャコガイの糞は褐虫藻をサンゴに運ぶ	○梅木 雅美 (広島大・院統合生命), 山下 洋 (水産機構西海水研), 鈴木 豪

			(水産機構西海水研), 小池 一彦 (広島大・院統合生命)
O-32	11:30-11:45	RNAi による <i>A. tenuis</i> レクチン遺伝子の発現抑制と褐虫藻獲得	○神保 充 (北里大・海洋), 湯山 育子 (筑波大・生命環境), 山下 洋, 鈴木 豪 (西海水研), 波利井 佐紀 (琉球大・熱帯生物圏), 服田 昌之 (お茶大・理), 新里 宙也 (東大・大気海洋研), 天野 春菜, 安元 剛 (北里大・海洋)
O-33*	11:45-12:00	サンゴ特異的 Notch 様遺伝子が, 褐虫藻との共生関係を制御している?	○善岡 祐輝 (東大・大海研), 山下 洋 (水産機構・西海水研), 邱 韻陵 (台湾海洋大), 蔡 品宣 (台湾海洋大), 座安 佑奈 (OIST), 鈴木 豪 (水産機構・西海水研), 識名 信也 (台湾海洋大), 新里 宙也 (東大・大海研)

口頭発表 ⑥ 13:15-17:00 / Oral presentation ⑥ 13:15-17:00

【会場/ Location】 フロンティア応用科学研究棟 鈴木章ホール / Akira Suzuki Hall, Frontier Research in Applied Sciences Building 2F

座長 (Chair) : 熊谷 直喜, 藤井 琢磨

講演番号 No.	時間 Hour	発表題目 Title	発表者 (所属) Authors (Affiliation)
O-34	13:15-13:30	衛星データを用いたサンゴ白化と栄養負荷の広域解析	○熊谷 直喜, 山野 博哉 (国立環境研), 井口 亮 (産総研・地質情報)
O-35*	13:30-13:45	Anthropogenic Impacts through Riverine Inputs affecting adjacent Coral Reefs in a subtropical island, Okinawa, Japan	○Rhyner Timo (University of the Ryukyus・Researcher of Science and Technology), Haruko Kurihara (University of the Ryukyus・Faculty of Science)
O-36*	13:45-14:00	Recovery of <i>Acropora</i> corals growth after moderate heat stress	○Tanya Singh (University of the Ryukyus), Kazuhiko Sakai (University of the Ryukyus)
O-37	14:00-14:15	シェーディング手法を活用した白化に強い人工幼生供給基地の整備	○岡田 亘, 田村 圭一, 山本 秀一 (株エコー), 鈴木 豪 (水産機構西海水研), 完山 暢 ( (一社) 水産土木建設技術センター), 林 正裕 (海洋生物環境研究所), 山崎 将志, 井上 真仁 (水産庁)
O-38*	14:15-14:30	新たなリモートセンシング技術を用いたサンゴのモニタリング技術開発と AI によるサンゴ分類技術の高度化	○恒岡 徹, 小松 俊晶, 米澤 泰雄, 浅田 典親, 鈴木 久美子, 林 雨亭 (国際航業), 完山 暢 (水産土木建設技術センター), 山崎 将志, 井上 真仁 (水産庁)
O-39*	14:30-14:45	防波堤における通水部の流れ場とサンゴの着生の関係	○棚谷 灯子 (港湾空港技術研究所), 金城 信之 (沖縄総合事務局), 青山 宗平 (株式会社エコー), 長谷川 巖 (株式会社エコー), 鈴木 高二朗 (港湾空港技術研究所), 中川 康之 (九州大学), 桑江 朝比呂 (港湾空港技術研究所)
O-40	14:45-15:00	海面上昇に対するサンゴ礁海岸保全の革新的工法としての透過型護岸	○茅根 創 (東京大・理), 田島 芳満 (東京大・工), 前田 勇司, 琴浦 毅, 佐賀 宏, 黒滝 秀平, 片山 裕之, 関本 恒浩 (五洋技研)
	休憩		
O-41*	15:15-15:30	喜界島ハワイ礁池および奄美大島大浜礁池における過去 4 年度分の教育活動に伴うサンゴ被度調査の成果と傾向	○藤井 琢磨 (鹿大・島嶼研), 興 克樹 (奄美海生研), 駒越 太郎, 山崎 敦子, 渡邊 剛 (喜界サンゴ研)
O-42	15:30-15:45	サンゴ礁域における食物網の推定ーその 2ー	○伊藤 靖 ( (一財) 漁港漁場漁村総合研究所), 柴田 早苗 ( (株) 不動テトラ), 當舎 親典 ( (一財) 漁港漁場漁村総合研究所), 完山 暢 ( (一社) 水産土木建設技術センター)

O-43	15:45-16:00	JICA のカリブ海水産資源管理・サンゴ礁保全プロジェクト	○鹿熊 信一郎 (沖縄県海洋深層水研究所)
O-44	16:00-16:15	サンゴ礁の海洋保護区長期モニタリングにおける課題と質の改善に向けて	○藤井 巖 (笹川平和財団海洋政策研究所)
O-45	16:15-16:30	観光資源としてのサンゴ礁と経済	○齊藤 久美子 (和歌山大学・経済)
O-46*	16:30-16:45	漁業者による有性生殖法を用いたサンゴの種苗生産	○金井 恵 (沖縄科), 銘苅 宗一 (恩納村漁協), 与那嶺 豊 (恩納村漁協), 長田 智史 (沖縄科), 津波 昭史 (沖縄県・自保課), 比嘉 貢 (沖縄県・自保課)
O-47	16:45-17:00	サンゴ礁保全に向けた礁池サンゴ群集と特異群落の検討	○中野 義勝 (琉大・熱生研瀬底), 磯村 尚子 (沖縄高専・生物資源)

**授賞式・授賞講演 17:15-18:00 / Kawaguti Prize award ceremony 17:15-18:00**

**【会場/ Location】** フロンティア応用科学研究棟 鈴木章ホール / Akira Suzuki Hall, Frontier Research in Applied Sciences Building 2F

**懇親会 18:00-20:00 / Banquet 18:00-20:00**

**【会場/ Location】** 北海道大学構内 ファカルティハウス エンレイソウ 1F レストラン エルム / Restaurant Elm at Faculty House Trillium 1F, Hokkaido Univ

11月11日(月) / 11th November (Mon)

テーマセッション 9:00-12:00 / Theme session 9:00-12:00

フィールドベースのサンゴ礁研究 ～高橋達郎先生追悼セッション～ / Field-based coral reef research: Prof. Tatsuo Takahashi Memorial Session

【会場/ Location】 フロンティア応用科学研究棟 鈴木章ホール / Akira Suzuki Hall, Frontier Research in Applied Sciences Building 2F

企画者 (Organizers) : 菅 浩伸 (九州大学大学院 地球社会統合科学府), 藤田和彦 (琉球大学 理学部), 佐藤崇範 (琉球大学 島嶼地域科学研究所)  
Kan, H. (Kyushu Univ.), Fujita, K. (Univ. Ryukyus), Satoh, T. (Univ. Ryukyus)

講演番号 No.	時間 Hour	発表題目 Title	発表者 (所属) Authors (Affiliation)
T-1	9:00-9:15	フィールドワークを基にしたサンゴ礁地形研究	○菅 浩伸 (九州大・地球社会)
T-2	9:15-9:30	裾礁礁原上の微地形, 「サンゴ塊」の定義と成因についての検討	○中井 達郎 (国士舘大)
T-3	9:30-9:45	有孔虫の測線調査から見えてきた現在と過去のサンゴ礁環境	○藤田 和彦 (琉大・理)
T-4	9:45-10:00	沖縄県久米島の離水サンゴ礁地形と年代	○山野 博哉 (国環研), 佐々木 圭一 (金沢学院大), 北野 裕子 (国環研), 佐久間 東陽 (筑波大/国環研)
T-5	10:00-10:15	中部琉球喜界島に分布する MIS-6～5e の融氷期に沈水した化石サンゴ礁	○佐々木 圭一 (金沢学院大)・稲垣 美幸 (金沢大)
	休憩		
T-6	10:30-10:45	サンゴ礁研究におけるフィールドワークの記録・資料とその活用	○佐藤 崇範 (琉大・島嶼研)
T-7	10:45-11:00	地形研究から漁撈研究へ——奄美大島大和村の漁師の導き	○渡久地 健 (元琉球大)
T-8	11:00-11:15	フィールドベースの長期サンゴ研究の実例と提案	○酒井 一彦 (琉球大・熱生研)
T-9	11:15-11:30	礁形成モデルと簡易測深機による検証: 太平洋とインド洋を中心に	○堀 信行 (奈良大・総研)
総合 討論	11:30-12:00	今後のフィールドベースのサンゴ礁研究へ向けて	

## ポスター発表プログラム / Poster presentation program

ポスター発表/ Poster presentation		
番号 No.	発表題目 Title	発表者 (所属) Authors (Affiliation)
P-1	硬骨海綿を使った過去の海水 pH の推定	○田中 健太郎, 白井 厚太郎 (東大・大海研), 北村 晃寿 (静大・理), 上野 大輔 (鹿大院・理工), 矢島 健 (東大・物性研), 佐々木 猛智 (東大・総合博), 新城 竜一 (琉大・理)
P-2*	ハワイオアフ島の現生サンゴ骨格を用いた Sr/Ca 比と水温のキャリブレーション	○内山 遼平, 渡邊 剛 (北大・院理/喜界島サンゴ礁研究所), 野尻 太郎 (北大・理), 渡邊 貴昭 (北大・院理/Universität zu Kiel), Samuel. E. Kahng (Hawaii Pacific Univ.), 山崎 敦子 (北大・院理/喜界島サンゴ礁研究所/九大・理)
P-3	20 世紀後半の環境変動に対する石西礁湖塊状ハマサンゴの頑健性	○岨 康輝 (JAMSTEC)
P-4	台湾緑島ハマサンゴに記録された 1997/98 年白化イベント; サンゴと渦鞭毛藻の共生系におけるレジームシフト	○池田 昌隆 (北大・高等教育), 渡邊 剛 (北大・理), 渡邊 貴昭 (北大・理), 山崎 敦子 (九大・理), 大森 一人 (道総研), Chiang Hong Wei (NTU), Chuan-Chou Shen (NTU)
P-5	Corals reveal intermispheric ITCZ migration over the last 7,000 years	○Kevin L. Garas (Graduate School of Science, Hokkaido University), Tsuyoshi Watanabe (Faculty of Science, Hokkaido University), Atsuko Yamazaki (Faculty of Science, Kyushu University)
P-6	フィリピン産化石サンゴに記録された鮮新世温暖期のエルニーニョ南方振動	○加山 新, 渡邊 剛 (北大・理), 山崎 敦子 (九大・理), 加瀬 友喜 (国立科学博物館)
P-7	地質学の薄片技術を用いたキクメイシモドキの内部構造観察	○田尻 理恵 (大阪市立大・院理), 徳田 悠希 (鳥取環境大), 江崎 洋一 (大阪市立大・院理)
P-8	四国南西海域におけるショウガサンゴの初期成長および骨格形成過程	○福崎 扶美, 中村 雅子 (東海大・海洋), 目崎 拓真 (黒潮生物研究所)
P-9	日本周辺海域における Plesiastrea 属の緯度勾配による骨格形成変化と地球化学的特徴	○小山 都熙, 渡邊 剛, 中谷 理愛 (北大・理), 杉原 薫 (国立環境研究所), 山崎 敦子 (九大・理)
P-10	日本温帯域のサンゴの起源を探る	○深見 裕伸 (宮崎大・農・海), 野澤 洋耕 (台湾・中央研究院)
P-11	気候変動が日本温帯域のサンゴ分布に及ぼす影響予測	○赤松 知音, 高尾 信太郎 (国立環境研究所), 藤井 賢彦 (北海道大・環境科学院)
P-12	“熱帯化”が日本沿岸の生物分布に及ぼす影響の評価	○前原 せり菜 (北大・院環境), 須藤 健二, 仲岡 雅裕 (北大・北方セ), 藤井 賢彦 (北大・院地球環境)
P-13	Latitudinal variation in growth and survival of juvenile corals	○Y. Nozawa (Academia Sinica), R. D. Villanueva (Phil U), Munasik (Diponegoro U), K.A. Roeroe (Sam Ratulangi U), T. Mezaki (BIK), T. Kawai (Tokyo Kyuei), J. Guest (Newcastle U), S. Arakaki (Kyushu U), G. Suzuki (SNFRI), J.J.B. Tanangonan (Kindai U), P.O. Ang, Jr. (CUHK), P. Edmunds (California State U)
P-14*	四国南西海域におけるサンゴ群集の維持機構の検討	○大森 昌文, 吉岡 武瑠, 倉地 伊吹, 福崎 扶美, 中村 雅子 (東海大・海洋), 喜多村 鷹也, 目崎 拓真 (黒潮研)
P-15	南西諸島域における造礁サンゴ群集の南北比較	○中村 崇, 塚本 陸, 徳田 侑大, 石田 潤一郎 (琉球大・理), 池田 香菜 (海の再生ネットワークよるん), Mariam Shidha Afzal (琉球大・理工)
P-16	沖縄島中城湾における造礁サンゴの多様性 ~1975-1976 年と 2018 年の比較~	○山極 広孝 (琉球大学・理工), James Davis Reimer (琉球大学)
P-17	沖縄島における希少種ヒメサンゴ <i>Stylaraea punctata</i> (Linnaeus, 1758) の分布	○今泉 久祥 ((株) エコー), 伊藤 馨司 ((株) 沖縄環境分析センター), 川崎 貴之 ((株) エコー), 中山 翼 ((株) 沖縄環境分析センター), 眞喜志 一 ((株) エコー), 栖原 有里 ((株) エコー), 岡田 亘 ((株) エコー), 安武 陽子 ((株) エコー), 金澤 遼 ((株) エコー)



P-18	水面浮体型ドローンを用いた慶良間諸島海域のサンゴ礁モニタリング	○山木 克則, 板川 暢, 秋山 完幸 (鹿島建設)
P-19	石垣島川平湾におけるサンゴ群集構造の変化	○矢代 幸太郎 ( (株) 東京久栄 ), 金城 孝一 (沖縄県), 中村 由行 (横浜国立大)
P-20	西表島網取湾におけるサンゴ群集の復元力と持続性	○中村 雅子 (東海大・海洋), 村上 智一 (防災科 技研), 河野 裕美 (東海大・沖縄地域), 横地 洋之 (東海大・海洋)
P-21	気候変動影響評価の基礎情報としてのサンゴ礁分布図の作成	○佐野 滝雄, 角田 里美, 有安 恵美子, 五島 幸太郎 (アジア航測)
P-22	Coral community structures on shallow reef flat, reef slope and underwater pinnacles in the Western Gulf of Thailand	○Wanlaya Klinthong (Ramkhamhaeng Univ.), Rattanawadee Niamsiri (Ramkhamhaeng Univ.), Makamas Sutthacheep (Ramkhamhaeng Univ.), Thamasak Yeemin (Ramkhamhaeng Univ.)
P-23	Community structure and species diversity of corals on shallow reef flats in the Western Gulf of Thailand	○Wiphawan Aunkhongthong (Ramkhamhaeng Univ.), Suphakarn Phoaduang (Ramkhamhaeng Univ.), Makamas Sutthacheep (Ramkhamhaeng Univ.), Thamasak Yeemin (Ramkhamhaeng Univ.)
P-24	Diversity of coral associated invertebrates on different reef zones and underwater pinnacles in the Western Gulf of Thailand	○Siriluck Rongprakhon (Ramkhamhaeng Univ.), Orathep Mue-suea (Ramkhamhaeng Univ.), Makamas Sutthacheep (Ramkhamhaeng Univ.), Thamasak Yeemin (Ramkhamhaeng Univ.)
P-25	Macrofauna composition of sandy beach and soft-bottom of coral reef in the Western Gulf of Thailand	○Laongdow Jungrak (Ramkhamhaeng Univ.), Parichat Niyomthai (Ramkhamhaeng Univ.), Makamas Sutthacheep (Ramkhamhaeng Univ.), Thamasak Yeemin (Ramkhamhaeng Univ.)
P-26*	日本に分布するハナガササンゴ属は何種か?	○北野 裕子 (国環研), 深見 裕伸 (宮崎大・農)
P-27	ヒメエダミドリイシの分類に関わる染色体の特徴と特異的マーカー作製	○田口 尚弘 (高知大・院・黒潮圏), 目崎 拓真 (黒潮生物研), 富永 明 (高知大・院・黒潮圏), 久保田 賢 (高知大・院・黒潮圏)
P-28	高CO2 高水温環境を示すパラオニッコウ湾におけるサンゴ加入	○栗原 晴子 (琉大・理), 木村 夏歩 (琉大・理)
P-29	炭酸塩飽和度の自然変動におけるサンゴ礁の石灰化応答	○与那城 仁 (琉球大・院・理工・海洋自然), 藤村 弘行 (琉球大・理・海洋自然)
P-30	サンゴの白化対応策の検討ー遺伝子発現レベルでの評価ー	○湯山 育子 (筑波大・生命環境), 安田 直子, 比嘉 彩也香 (琉球大・理), Sung-Yin Yang, Sylvain Agostini (筑波大・下田), 樋口 富彦, 宮島 利宏 (東大・大海研), 中村 隆志 (東工大・環境社会理工), 藤村 弘行 (琉球大・理)
P-31*	なぜサンゴは白化から回復しないのか	○岸本 真理子, 丸山 真一郎 (東北大・生命科学), 皆川 純 (基生研), 高橋 俊一 (基生研)
P-32	Supplement treatment on enhancing bleaching resilience - Effects on Acropora coral microbial community	○Sung-Yin Yang (Uni. Tsukuba. Shimoda), Naoko Yasuda (Uni. Ryukyu. Dep. Sci), Ayaka Higa (Uni. Ryukyu. Dep. Sci), Ikuko Yuyama (Uni. Tsukuba), Sylvain Agostini (Uni. Tsukuba. Shimoda), Hiroyuki Fujimura (Uni. Ryukyu. Dep. Sci)
P-33*	褐虫藻と Acropora tenuis の共生機構に関するプロテオーム解析の試み	○吉野 真由 (北里大・海洋), 神保 充 (北里大・海洋), 山下 洋, 鈴木 豪 (西海水研), 波利井 佐紀 (琉球大・熱帯生物圏), 服田 昌之 (お茶大・理), 新里 宙也 (東大・大気海洋研), 天野 春菜, 安元 剛 (北里大・海洋)
P-34	Seasonal dynamics of Symbiodiniaceae in Leptoria phrygia	○Ya-Yi Huang, Rodrigo Carballo-Bolaños, Chao-Yang Kuo, Shashank Keshavmurthy, Chaolun A. Chen
P-35*	Effect of symbiont acquisition at larval stage on the survival and growth of juvenile corals	○Sanaz Hazraty-Kari (Graduate School of Engineering and Science, University of the Ryukyus), Frederic Sinniger (Tropical Biosphere Research Center, University of the Ryukyus), Saki Harii (Tropical Biosphere Research Center, University of the Ryukyus)

P-36*	Correlation between pigmentation intensity and mortality rates in larvae of <i>Acropora digitifera</i>	○Mariyam Shidha Afzal (University of the Ryukyus), Akira Iguchi (Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), Takashi Nakamura (University of the Ryukyus)
P-37	Comparing composition and abundance of juvenile corals on shallow reef flat, reef slope and underwater pinnacles in Mu Ko Chumphon, the Gulf of Thailand	○Charernmee Chamchoy (Ramkhamhaeng Univ.), Wanlaya Klinthong (Ramkhamhaeng Univ.), Makamas Sutthacheep (Ramkhamhaeng Univ.), Thamasak Yeemin (Ramkhamhaeng Univ.)
P-38	Spatial variation of juvenile coral densities in the Gulf of Thailand	○Makamas Sutthacheep (Ramkhamhaeng Univ.), Sittiporn Pengsakun (Ramkhamhaeng Univ.), Wanlaya Klinthong (Ramkhamhaeng Univ.), Charernmee Chamchoy (Ramkhamhaeng Univ.), Thamasak Yeemin (Ramkhamhaeng Univ.)
P-39*	瀬底島周辺に生息するヤッコミドリイシの生殖と種分化の関係	○古川 真央 (琉球大院・理工), 守田 昌也 (琉球大)
P-40	沖縄島周辺海域における熱帯性ナマコ類の生殖周期の推定	○岩橋 浩輔, 岩永 洋志登, 大城 哲 (株)沖縄環境分析センター), 河村 伊織 (琉球大・院理工), 海老沢 明彦 (沖縄県水産海洋技術センター)
P-41	沖縄～宮古諸島における熱帯性ナマコ類の現状について	○岩永 洋志登, 岩橋 浩輔, 大城 哲, 山城 篤 (株)沖縄環境分析センター), 河村 伊織 (琉球大・院理工), 渡辺 利明 (元沖縄県水産海洋技術センター), 海老沢 明彦 (沖縄県水産海洋技術センター)
P-42*	サンゴを覆う海綿 <i>Terpios hoshinota</i> の自他認識	○廣瀬 友里香 (琉球大・院理工), 山城 秀之 (琉球大・熱帯生圏・瀬底)
P-43*	サンゴ食巻貝 <i>Hemisphaeroma fragum</i> の浮遊幼生に対する特異的ポリクローナル抗体の開発	○喜多村 鷹也 (黒生研), 岩井 俊治 (愛媛大・院農), 三浦 智恵美 (広島工業大・環境), 目崎 拓真 (黒生研), 三浦 猛 (愛媛大・院農)
P-44*	造礁サンゴの摂餌による抗酸化能の促進	○比嘉 彩也香 (琉球大・院・理工・海洋自然), 藤村 弘行 (琉球大・理・海洋自然)
P-45	沖縄島西海岸における栄養塩類について	○糸洲 昌子, 友寄 喜貴, 座間味 佳孝, 城間 一哲 (沖縄県衛生環境研究所), 金城 孝一 (沖縄県環境保全課), 山川 英治, 金井 恵 (沖縄県環境科学センター), 岡地 賢 (コーラルクエスト)
P-46	栄養塩濃度を低減する造礁サンゴの飼育方法	渡邊 裕介 (海生研), 鈴木 淳 (産総研), ○林 正裕 (海生研), 山本 雄三 (海生研), 諏訪 僚太 (OIST)
P-47*	サンゴ精子の冷蔵保存法	○北之坊 誠也 (琉球大・熱生研), 守田 昌哉 (琉球大・熱生研), Radosław Kajetan Kowalski (Polish Academy of Sciences)
P-48*	Transcriptomic analysis reveals mechanism of polyp bail-out	○Po-Shun Chuang, Mitarai Satoshi (Okinawa Institute of Science and Technology)
P-49	移植サンゴの生残率向上を目的とした嵩上げ式移植棚の効果	林 輝幸 (内閣府沖縄総合事務局平良港湾事務所 H30), 與那覇 健次 (内閣府沖縄総合事務局平良港湾事務所 R1), 長田 淳 (内閣府沖縄総合事務局平良港湾事務所 R1), 池田 公嘉 (内閣府沖縄総合事務局平良港湾事務所 H30), 國場 幸恒 (内閣府沖縄総合事務局平良港湾事務所 R1), 岡田 亘 (株式会社エコー), ○眞喜志 一 (株式会社エコー), 山口奈津美 (株式会社エコー)
P-50*	QCMと $\mu$ CTを利用したサンゴと再生足場の界面解析	○猿渡 ちひろ, 上田 正人, 池田 勝彦 (関西大・化学生命工)
P-51*	Prioritizing coral reef resilience: an assessment and suggested re-zoning of Kenting National Park, Taiwan	○Ashley Bang (Academia Sinica), Chao-Yang Kuo (Academia Sinica), Ming-Jay Ho (Academia Sinica), Yen-Chia Chen (Academia Sinica), Colin Kuo-Chang Wen (Tunghai University), Kah-Leng Cherh (Tunghai University), Chaolun Allen Chen (Academia Sinica)
P-52	Coastal erosion protection by coral reefs in the Gulf of Thailand	○Arirush Wongnutpranont (Ramkhamhaeng Univ.), Wiphawan Aunkhongthong (Ramkhamhaeng Univ.), Bancha Lawang (Ramkhamhaeng Univ.), Makamas Sutthacheep (Ramkhamhaeng Univ.), Thamasak Yeemin (Ramkhamhaeng Univ.)

P-53	Monitoring coral bleaching at Ko Losin, an offshore island of Thailand	○Sittiporn Pengsakun (Ramkhamhaeng Univ.), Makamas Sutthacheep (Ramkhamhaeng Univ.), Thamasak Yeemin (Ramkhamhaeng Univ.)
P-54	Shading for reducing the impacts of coral bleaching in the Gulf of Thailand	○Ploypailin Rangseethampanya (Ramkhamhaeng Univ.), Sittiporn Pengsakun (Ramkhamhaeng Univ.), Makamas Sutthacheep (Ramkhamhaeng Univ.), Thamasak Yeemin (Ramkhamhaeng Univ.)
P-55	Assessing coral communities on underwater pinnacles as new protected areas in the Western Gulf of Thailand	○Thamasak Yeemin (Ramkhamhaeng Univ.), Makamas Sutthacheep (Ramkhamhaeng Univ.), Sittiporn Pengsakun (Ramkhamhaeng Univ.), Wanlaya Klinthong (Ramkhamhaeng Univ.), Charernmee Chamchoy (Ramkhamhaeng Univ.)
P-56	Valuation of ecosystem services from reef fishes in the Gulf of Thailand	○Felipe Mattos (Ramkhamhaeng Univ.), Makamas Sutthacheep (Ramkhamhaeng Univ.), Thamasak Yeemin (Ramkhamhaeng Univ.)
P-57	Lonely giant on the sand: unexpected massive Taiwanese coral, <i>Polycyathus chaishanensis</i> in the Datan algal reef demands a conservation focus	○Chao-yang Kuo (Academia Sinica, Taiwan), Aichi Chung (Academia Sinica, Taiwan), Shashank Keshavmurthy (Academia Sinica, Taiwan), Ya-Yi Huang (Academia Sinica, Taiwan), Sung-Yin Yang (Academia Sinica, Taiwan), Chaolun Allen Chen (Academia Sinica, Taiwan)
P-58	喜界島におけるサンゴ礁文化の掘り起しと活用に向けた取組み	山崎 敦子 (九州大学), 田邊 大智 (喜界島サンゴ礁科学研究所), 駒越 太郎 (喜界島サンゴ礁科学研究所), 佐々木 奏 (喜界島サンゴ礁科学研究所), 外内 淳 (朝日酒造), 萩原 和己 (喜界町役場), 上村 真仁 (筑紫女学園大学), ○鈴木 倫太郎 (WWF ジャパン)
P-59	サンゴ礁の危機を学び保全を考える「サンゴすごろく」の作成と検討	○梅澤 有 (農工大), 栗原 晴子 (琉大), 安田 仁奈 (宮崎大)・水山 克 (琉大・産総研), 北野 裕子 (国環研), 中村 隆志 (東工大), 佐藤 崇範 (琉大), 今宮 則子 (海の自然史研究所)

小・中・高校生によるサンゴ礁研究ポスター発表/ Poster presentations by Elementary, junior, and senior high school student		
番号 No.	発表題目 Title	発表者 (所属) Authors (Affiliation)
P-School1	鹿児島県喜界島のハワイビーチと小野津港の海水の炭酸系とサンゴの分布	○津田 和忠 (喜界高校/喜界サンゴ研), 駒越 太郎 (喜界サンゴ研), 山崎 敦子 (九大/喜界サンゴ研), 渡邊 剛 (北大/喜界サンゴ研)
P-School2	ハマサンゴ属の骨格切断面の形態は種同定に使えるのか	○日吉 慎太郎 (喜界高校/喜界サンゴ研), 北野 裕子 (国立環境研究所), 駒越太郎 (喜界サンゴ研), 山崎敦子 (九大/喜界サンゴ研), 渡邊剛 (北大/喜界サンゴ研)
P-School3	ハマサンゴ骨格のろ過能力 ~より効率的なる過材の開発をめざして~	○石坂 悠希 (中央大学附属高等学校)
P-School4	ハワイビーチのサンゴと生き物	村上 ゆうか (藤女子高等学校), 中川 玲菜 (清泉女学院中学校), 工藤 悠暉 (立命館慶祥中学校), 西山 侑希 (亀津小学校), 種田 悠李 (嶺町小学校), 三島 好誠 (早町小学校), 丸本 昌幸 (水俣第二小学校)
P-School5	蟹式サバイバル術~どうして完璧なカニはいないのか~	千田 唯乃 (渋谷教育学園渋谷高等学校), 日吉 慎太郎 (喜界高等学校), 花田 理成 (志学館中等部), 椎根 凜空 (渋谷教育学園幕張中学校), コフル 汎夏 (白馬中学校), 杉俣 駿 (早町小学校), 藤原 潮路 (柏野小学校), 橋本 昊 (常盤台小学校)
P-School6	うみぼうずハンターズ ハマサンゴ が住んでいる環境を調べよう	荒井 陽花 (中央大学附属高等学校), 笹井 心 (東京都立農産高校), 池田 雪流 (佐渡中等教育学校), 山田 美月 (文京区第十中学校), 板倉 誠一郎 (喜界中学校), 幸得 真虎 (いつま小学校), 矢野 健 (喜界小学校), 鹿島 悠人 (成城学園初等部)
P-School7	喜界島を作った化学反応	寺山 里奈 (中央大学附属高等学校), 津田 和忠 (喜界高等学校), 林 哩央 (秋田大学教育文化学部附属中学校), 渡邊 翔太郎 (羊丘中学校), 向井 康道 (早町小学校), 田中 沙織 (右京小学校), 安西 大地 (LCA 国際小学校), 夏目 一郎 (喜界小学校)
P-School8	古代を発掘!	竹原 綾音 (中央大学附属高等学校), 勝野 瑛太 (昭和学院秀英中学校), 江口 胡夏 (落合中学校), 後藤 瑞喜 (荒田小学校), 内村 亮介 (帖佐小学校), 岡野 穰太郎 (成蹊小学校), 満 怜音 (平野小学校)
P-School9	喜界島にすんでいる魚の食性と体のつくり	山田 順正 (京華高等学校), 宮崎 紗世 (喜界中学校), 滝原 諒一 (公文国際学園), 佐藤 結 (蔵島小学校), 杉俣 克磨 (早町小学校), 山村 杏 (北小学校), 海老原 元紀 (相模台小学校)
P-School10	貝の種類と成長線の関係	吉原 悠大 (中央大学附属高等学校), 今井 康聖 (喜界中学校), 栗原 萌花 (中央大学附属中学校), 新里 海甲 (府市立中学校), 高橋 唯桜 (喜界小学校), 永田 悠介 (谷山小学校), 柚木 遼太郎 (錦江小学校), 椎根 大地 (海浜打瀬小学校)
P-School11	「海洋教育パイオニアスクール」でのサンゴ礁活動校	○海洋教育パイオニアスクールプログラム
P-School12	与論の海から問いを見い出し,主体的に学ぶ児童の育成	○茶花小学校

サンゴ礁保全活動ポスター発表/ Poster presentations by Reef Conservation groups		
番号 No.	発表題目 Title	発表者 (所属) Authors (Affiliation)
P-Conse1	浦底湾におけるコーラルネットを活用したサンゴ保全活動	○内藤 明, 中村 幹, 山川 桃果, 相良 菜央 (エコツアーりんぱな), 多羅尾 拓也 (ネイチャー石垣島ダイビングサービス), 山木克則 (鹿島建設)
P-Conse2	有性生殖によるサンゴ増殖とサンゴ礁の面的保全・回復への展望	○山崎 将志, 井上 真仁 (水産庁), 完山 暢, 中村 良太 (水産土木センター), 田村 圭一, 山本 秀一 (エコー), 小松 俊晶, 米澤 泰雄 (国際航業), 鈴木 豪 (水研機構西海区水研)

日本サンゴ礁学会第22回大会 公開シンポジウム

# サンゴの記憶

2019年11月8日（金）17-19時

北海道大学総合博物館 1階 “知の交流”

生き物であるサンゴは生物学の対象であるとともに、石の骨格をつくり積み重なって礁を造る地学の対象でもある。サンゴとサンゴ礁は、過去の地球環境の変動との関係を記憶している。

本シンポジウムでは、こうしたサンゴの記憶を読み解く研究をいくつか紹介する。数千年・数万年後の地学研究者は、現在のサンゴとサンゴ礁にどんな地球環境変化の記憶を読み解くのだろうか。

## プログラム

1. 茅根 創（東京大学） 「サンゴ礁：サンゴが造った地形」
2. 渡邊 剛（北海道大学） 「サンゴが記憶する地球環境変動」
3. 江崎 洋一（大阪市立大学） 「サンゴであるというサンゴの記憶」
4. 狩野 彰宏（東京大学） 「造礁動物はどうやって進化したのか」

主催：一般社団法人日本サンゴ礁学会

後援：北海道大学総合博物館、東京大学海洋教育センター

## サンゴ礁：サンゴが造った地形

○茅根 創（東京大・理）

キーワード：サンゴ礁，地形，礁原，礁嶺，海面上昇

**サンゴ礁**は，熱帯・亜熱帯の海岸を縁取る地形である。**礁原**と呼ばれる浅瀬（リーフ）が，海岸から数 100m ほど沖まで広がる（図 1）。発達したサンゴ礁では，礁原は，沖側の低潮位まで達する**礁嶺**と，陸側の水深 1-3m の**礁池（浅礁湖）**とに分けられる（図 1, 2）。礁嶺の沖には，起伏のある**礁縁**が水深 20m まで続き，その先は急な**礁斜面**になる。礁嶺は，外洋から来た波を砕く，天然の防波堤として機能している。

サンゴ礁は，島や陸地とサンゴ礁が接する**裾礁**，島とサンゴ礁の間に水深数 10m の**礁湖**（ラグーン）を持つ**堡礁**，サンゴ礁だけがリング状につながって礁湖を囲む**環礁**の 3 つに大別される。日本のサンゴ礁は主に裾礁である。サンゴ礁が地殻変動によって隆起して，階段状の**サンゴ礁段丘**をもつ島も多い（図 1）。石垣島と西表島の間には堡礁があり，大東島は隆起環礁，沖ノ鳥島と南鳥島は環礁が小さくなった**卓礁**である（図 3）。環礁や卓礁で高潮位以上の「島」は，サンゴ礁の上にサンゴ礫と有孔虫砂が打ち上げられて作った低平な**州島**である（図 4）。

**サンゴ**は，礁嶺には太い枝を持つミドリイシやハナヤサイサンゴが（図 5），礁池には細い枝や塊状のサンゴが，礁縁には塊状やテーブル状のサンゴが分布する。海岸線近くには**海草藻場**もみられる。この**サンゴ礁の地形分帯構成**（図 2）に基づいて，波や光，陸水の影響など物理環境と，卓越するサンゴや海草・藻類，堆積物の分布を**ハビタットマップ**としてまとめることができる。

サンゴ礁は，**氷期**が終わり温暖になり，海面が上昇し現海面に達した 8 千年前以降，サンゴが造った地形である。縄文海進の入り江に砂泥が堆積して形成された，本土の**沖積低地**に対応するが，サンゴが自らその骨格を積み重ねて外洋に面した碎波帯に礁嶺を造った。**礁嶺の上方堆積速度は 20-50cm/100 年**である。現在の礁嶺の頂部は低潮位に干出して，生きているサンゴがみられないことが多いが，これは 2 千年前以降海面が 1-2 m 低下したためである。サンゴ礁上の州島は，**サンゴ礫**が暴浪時に打ち上げられ，その背後に**有孔虫砂**（ホシズナなど）が堆積して造られる。砂礫は，台風などに伴って一晩で堆積することもある。

礁嶺は**低潮線**，その内側の海岸と州島は**島の基線**である。礁嶺と州島は，**今世紀の海面上昇(40-100cm)**によって**水没の危機**にある。礁嶺を造るサンゴは 1 年で厚さ 1cm ほど成長する。サンゴの被度が 30% ならば，礁嶺全体としては年 0.3cm，**100 年では 30cm** になり，礁嶺の上方成長速度と等しい。海面上昇で礁嶺が低潮位以下になれば，サンゴが加入して礁嶺は今世紀の海面上昇に追いついて行く。サンゴが壊れた礫は，碎波で運ばれて州島を造る。しかし，サンゴの加入には時間差が生じる。また，サンゴは現在様々なストレスによって劣化している。**海面上昇**に対して，礁嶺（低潮線）と州島を維持するためには，サンゴの**保全・管理**と**種苗・育成・移植**や礫の**堆積・固化**を促す**生態工学技術**の開発が必要である。



図1 瀬底島のサンゴ礁とサンゴ礁段丘. 隆起してできたサンゴ礁段丘の島を、現在のサンゴ礁が縁取る. いずれ現在のサンゴ礁も隆起して、陸上の段丘になる.

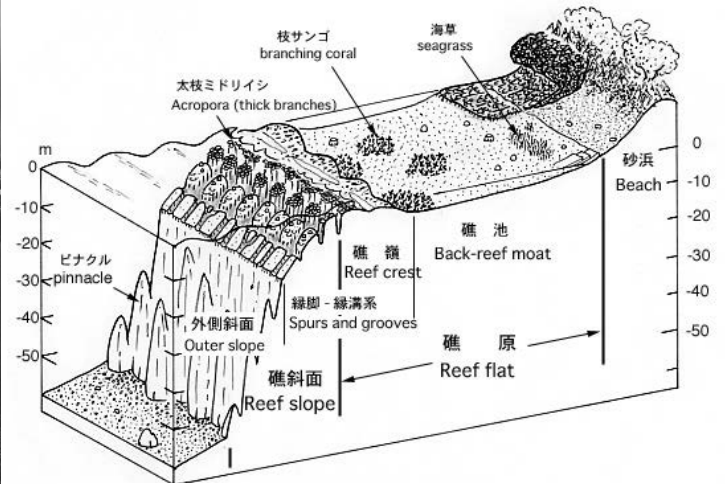


図2 サンゴ礁の地形分帯構成. 礁原は、海側の高まり礁嶺と、陸側の礁池に分かれる. 縁脚-縁溝の起伏に富んだ地形が、礁縁にあたる.

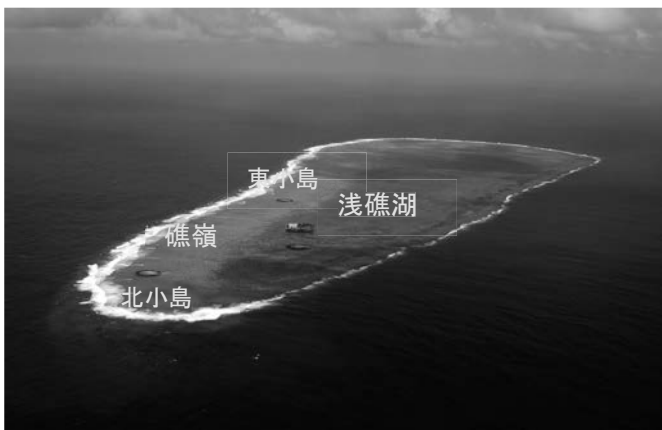


図3 沖ノ鳥島 (東京都撮影). 環礁が水没して礁湖が埋まった卓礁で、2つの小島がある. 礁嶺で囲まれた内側は、最大の水深が5mの礁池 (浅礁湖) で



図4 ツバルのフナフチ環礁フォンガファレ島. リングの外側にサンゴ礁が、内側には有孔虫殻が堆積して標高1-4mの低平な州島を造って

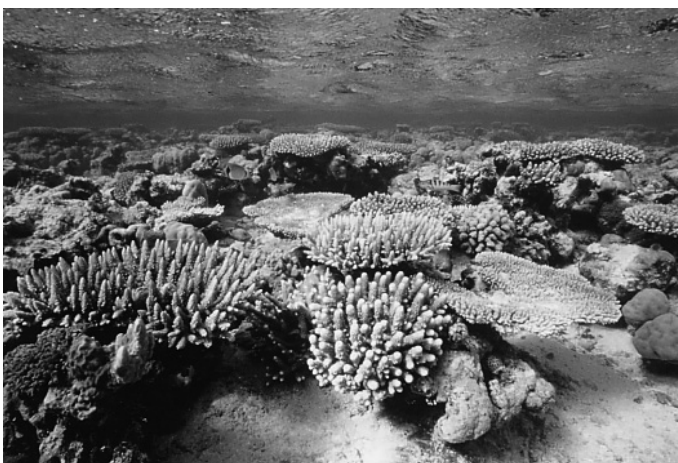


図5 パラオ堡礁の礁嶺をつくる太い枝のミドリイシ. 20-50cm/100年で積み重なり礁嶺を上方へ成長 (堆積) させる. 現在は低潮位まで追いついているが、海面が上昇しサンゴが健全であれば、上方に成長することができる.



図6 西表島バラス島. サンゴ礁が台風などの暴浪で打ち上げられて造られた州島で、台風の際に高度や位置が変わる.

## サンゴが記憶する地球環境変動

○渡邊 剛<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北大・院理

キーワード：サンゴ骨格，年輪，地質記録，地球環境変動

サンゴ礁は“海の熱帯雨林”や“海のゆりかご”といわれるほどの多種多様な生物が生息している。一般に，熱帯，亜熱帯海域は貧栄養で生産性が低いとされているが，サンゴ礁では造礁サンゴとその体内に生息する褐虫藻が織りなすマイクロコズム型（准閉鎖生態系）の物質循環システムがサンゴ生態系の豊富な生産性を支えている。また，造礁性サンゴの堅い骨格は複雑な三次元構造をなしサンゴ礁に生息する様々な生物に安定した棲みかを与えている。

造礁サンゴの骨格は，炭酸カルシウム（アラレ石）からなり，一年に数ミリから数センチメートルの速さで骨格を成長させ，やがて長い時間を経てサンゴ礁と呼ばれる独特の地形を形成する。この造礁性サンゴの骨格は樹木のように年輪を刻みながら成長しサンゴが生息していた間に起こった様々なイベントや環境変動を記録している(図1)。また，同じくサンゴ礁に生息するシャコガイは，現存する二枚貝での最大級の殻を持ち，分厚い内層には共生藻類の影響で1日一回殻を開閉させるために太陽暦の日輪が刻まれる。さらに，サンゴ礁域の海底洞窟に生息する硬骨海綿は，共生藻を持たずにサンゴやシャコガイに比べると遅い成長速度で炭酸塩骨格を形成させる(図1)。これらの生物由来の骨格（生物源炭酸塩骨格）の生物地球化学的性質を詳細に調べることにより地球表層環境変動の履歴を詳細に復元することができる。

サンゴ礁の多くが分布する熱帯域，亜熱帯域はエルニーニョ現象などに代表されるように，その大気海洋の相互作用が地球規模の気候変動に大きな影響を与える”駆動部”の役割をしており海洋学，気象学的に重要な地域である。この生物の骨格を利用した精巧なタイムマシンは，また，現在の人類や海洋生態系が直面している地球温暖化や二酸化炭素濃度の上昇，海洋酸性化といった百年スケールの問題，エルニーニョ現象など数年から数十年変動の気象現象，火山噴火や地震・津波，台風といった短期間に起こるイベント現象をリアルなタイムの感覚で捉えることができる(図2)。我々は，このタイムマシンを駆使して様々な時代の現象を解明すべく，現生および化石サンゴを用いてこれまでに世界各地のサンゴ礁の調査を行ってきた(図3-5)。近年頻発している白化現象などに見られるように地球温暖化やそれに伴う海洋酸性化などのグローバルな環境ストレス，土地開発などによる土砂の流入や富栄養化，海洋汚染などのローカルなストレスによる複合的な要因による生育環境の劣化が指摘されている。過去の台風や地震など1日で起こる短期間のイベントや農業期の冷夏や乾燥状態などの季節変動や経年変動など，人間生活に関わりの深い時間解像度を持つ“リアルタイム”の環境記録を様々な時代の化石試料に応用することにより(図6)，これまで明らかにならなかった人類進化や文明の盛衰など人類にとっての重要なイベントの直接的な環境要因の解明が期待されている。



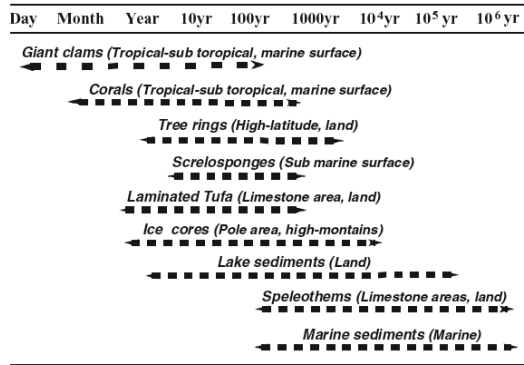


図1 過去の地球環境の変動を復元する地質記録。サンゴ骨格年輪は、数週間の時間解像度で過去数百年間の記録を保持している。

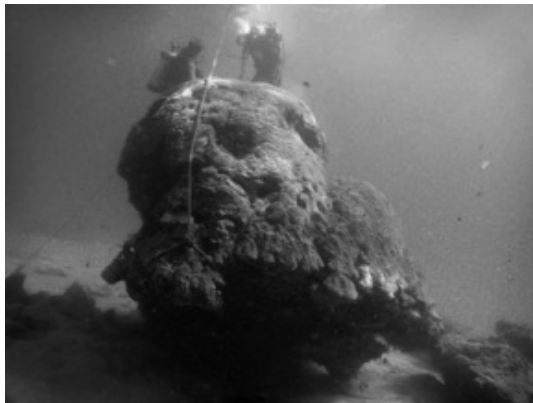


図3 巨大ハマサンゴ。造礁サンゴは群体として成長を続け時には全長10メートル近くの大きさに達する。写真はインドネシアスマトラ沖。



図5 水中サンゴコア掘削。圧縮空気を利用した水中コアラを用いて巨大サンゴ群体を掘削し、柱状試料(サンゴコア)を得る。

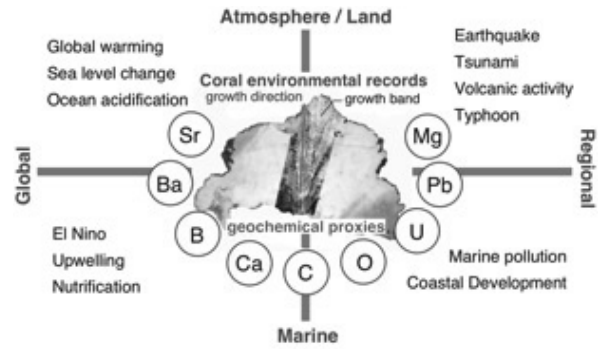


図2 サンゴ骨格年輪に記録される様々な環境変動。炭酸カルシウムからなるサンゴ骨格の化学分析かによりグローバルからローカルな事象が復元できる。

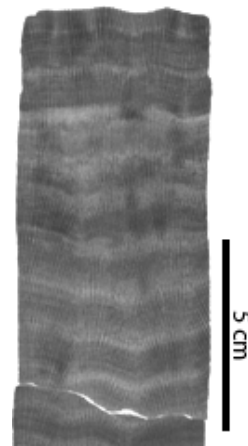


図4 サンゴ骨格年輪。サンゴ骨格をスラブ状に薄く加工し軟エックス線を照射することにより骨格の密度の違いより年輪が観察できる。



図6 鹿児島県喜界島の現在および化石サンゴ群集。化石のサンゴ骨格を用いることで、過去のある時点の詳細な環境変動を知ることができる。

## サンゴであるというサンゴの記憶

○江崎 洋一<sup>1</sup>

<sup>1</sup>大阪市立大学・院理

キーワード：六射サンゴ，系統，分類，形態，多様性

現在の礁の主要な形成者である六射サンゴは、地質時代の中でいつ出現したのだろうか。六射サンゴの成長形態は、移り変わる生息環境に対応し多様化してきたように見える。それでは六射サンゴの起源はどのような証拠から明らかにできるのだろうか。そもそもサンゴの中で、「変わらない性質」と「変わる性質」はどのように関係してきたのだろうか。本発表では、化石記録と現生六射サンゴの骨格を用いた研究からこれらの問題を紹介する。

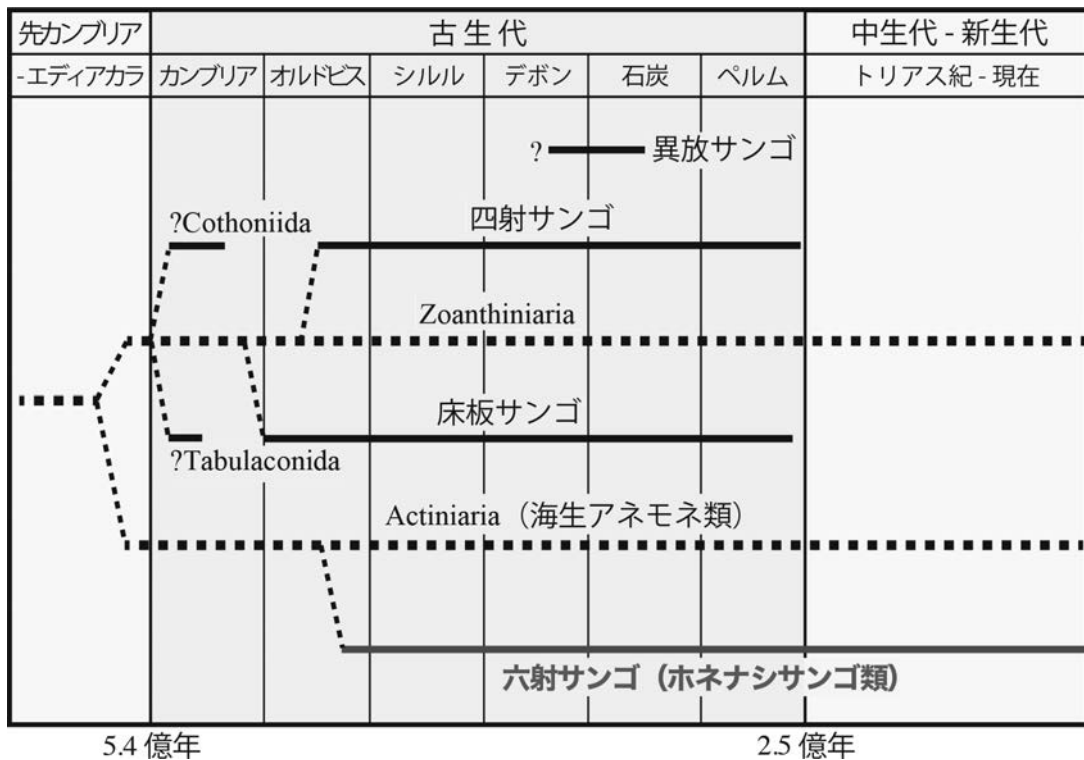
六射サンゴの起源は中生代のトリアス紀中頃に遡ると考えられてきた。しかし、古生代前半のオルドビス紀や後半のペルム紀に、「隔壁の周期的な形成」と「アラレ石の骨格」という六射サンゴに共通する特徴（変わらない性質）を示す化石が存在し（例えば *Kilbuchophyllia*, *Numidiaphyllum*, *Houchangocyathus*），それらの分類上の位置付けが議論になっている。分子系統学的な結果から、六射サンゴの分岐は古生代前半とされ、古生代の地層から六射サンゴが産出することは不思議ではない。しかもペルム紀はアラレ石の沈殿が促されるアラレ石海で特徴づけられ、その時代の海綿礁にアラレ石の骨格を分泌する六射サンゴが生存していたこともうなずける。一方で、ペルム紀末の生物大量絶滅後の下部トリアス系からサンゴ化石が産出しないことが、古生代のサンゴ類と中生代以降の六射サンゴとの間の系統的な断絶を示す証拠とする考えもある。これらの解釈の違いは、六射サンゴと同じ基本体制（変わらない性質）をもつものの、骨格を分泌しないホネナシサンゴ類をどのように分類するのかに起因している（Ezaki, 1997, 2000）。骨格を分泌する「石灰化」と骨格を分泌しない「非石灰化」、骨格を溶解する「脱石灰化」の現象は、海洋も含めた地球表層環境の変化とも密接に関わり地質時代の事例の中で評価が容易でない。

次に、形態の多様化の仕組みをキササンゴ科六射サンゴ（*Dendrophylliidae*）の例から紹介する。キササンゴ科サンゴは、生活様式やサンゴ個体間の集合様式を変えて、潮間帯から深海帯までの様々な環境に適応している。群体形態は樹状、塊状、ジグザク状、らせん状など多様である。キササンゴ科では、各サンゴ個体の方向性（左右相称面）を認定しやすく、科内に光環境などの外的な影響を受けにくい無藻性サンゴを多く含む。そのため、出芽による群体形成時の「内因的な規則性」（変わらない性質）と「形態的な可塑性」（変わる性質）の関係を調べるのに適している。出芽はランダムに生じるのではなく、「出芽の箇所（方向隔壁以外の最大で4枚の1次隔壁の近く）」は種類によって決まっている。しかも「出芽個体の方向性」は親個体の成長方向に直交している（千徳・江崎, 2016）。例えば、樹状形態の無藻性サンゴである *Dendrophyllia arbuscula*, *D. ijimai*, *Tabastraea micrantha* や塊状形態である *T.*

*coccinea* の場合、出芽は2枚の方向隔壁を除く4枚の1次隔壁（側隔壁）の近くで生じ、出芽個体の成長方向は親個体の成長方向と鋭角をなす。また、出芽時の規則性は任意の世代、すなわち全ての出芽個体で成り立っている。由来が同じ個体が有機的な繋がりのある群体全体を形作っていることになる。同じ出芽の規則性に基つきながらも、樹状や塊状と異なる形態を採るのは、生息時の環境条件に即応し、出芽の頻度、出芽の傾斜、枝の長さなどのパラメーターをわずかに変化させているためである（Ohno et al., 2015）。また、ジグザグ形状形態の無藻性サンゴである

*Dendrophyllia boschmai* の場合、出芽は個体内の特定側（極性）に位置する2枚の側隔壁のどちらか1枚の近くから交互に生じる。枝が分岐（2分岐）する場合に限り2枚の側隔壁の近くから出芽する。いずれの出芽でも、その箇所は個体内の左右相称性や極性に強く規制されている。このように出芽時の発生上の拘束性（変わらない性質）は、採り得る形態に一定の制約を与えているが、環境の違いに呼応した形態の多様性（変わる性質）の源にもなっている。

サンゴ骨格の中には生息時の様々な変化が記録されている。サンゴが極めて高精度の“タイムマシン”と呼ばれる所以である。一方で、サンゴ骨格の中には、サンゴがサンゴであるための変わらない記憶も保持されている。それら変わらない性質（本発表内容からは、隔壁の形成様式、基本体制、出芽の規則性、左右相称性、極性など）を知ることで、サンゴが周辺的环境にどのように対応してきたのかという相互作用の歴史がより良くみえてくることに留意したい。



5.4 億年

2.5 億年

花虫類（一部）の系統関係（Ezaki and Kato, 2014 一部改変）

## 造礁動物はどうやって進化したのか

○狩野 彰宏<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東大・院理

キーワード：海綿動物，刺胞動物，新原生代，全球凍結，懸濁有機物

地質記録に残る最古の動物礁はカンブリア紀の初頭に進化した古杯類によるものである。古杯類はカップ型の石灰質な骨格を持ち，現在の造礁サンゴと同じく藻類と共生していたらしい。その後進化した海綿動物に属する層孔虫は古生代中期に大規模な礁を作った。しかし，これらの源流となる動物については良く理解されておらず，造礁動物の進化過程については多くの謎が残されている。

礁を造るポテンシャルを持つ海綿動物と刺胞動物は多細胞動物の最も原始的な2つの門であり，新原生代後期のクライオゲニア紀（7.2~6.35 億年前）とエディアカラ紀（6.35~5.42 億年前）にいくつかの化石記録が報告されている(図1)。例えば，5.75 億年前に出現したエディアカラ生物群は殻を持たない印象化石であり，その多くが刺胞動物に属するとされる。

動物が多細胞化した新原生代後期は地球の気候が激変した時代でもある。特に，クライオゲニア紀のスターチアン氷期（7.2~6.7 億年前）とマリノアン氷期（6.4~6.35 億年前）は地表全体を氷に覆った全球凍結である。このような極度の寒冷化が起こると，常識的には生物は進化するよりも絶滅の危機に瀕したはずだが，地球史の記録からは「全球凍結が動物進化の契機になった」と見える。そこで，この気候激変と生物進化の因果関係を説明するために，Kano et al. (2011) は全球凍結後の特異な海洋構造と炭素循環が動物の多様化を促したという仮説を提案した。全球凍結が融解し始めると大量の栄養塩が海洋に供給され，極度の温暖化の中で層状化した海水中に膨大な有機物が懸濁する。その有機物を食べる原生動物が酸素を節約するために海底でコロニーを作ったという考えである。これが原始的な海綿動物になった(図2)。分子系統から考えると，海綿の元となった原生動物は襟鞭毛虫だったと思われる。8 億年前から産出する壺型微化石 (図1) は襟鞭毛虫のロレカが鉱物化したものかもしれない。

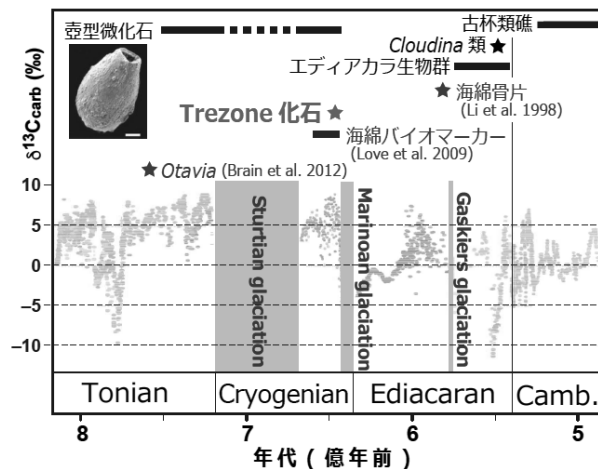


図1. 新原生代の環境変動と化石記録。最古の海綿化石については複数の候補がある。

集団で効率的に水流を起こし、  
固着性によりエネルギー節約  
(低酸素への対応)

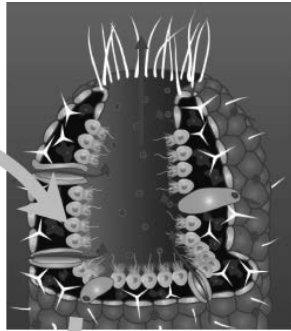
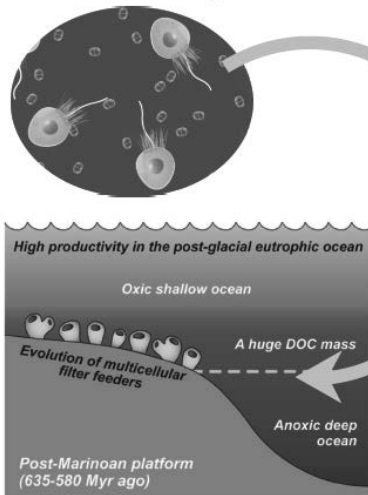


図2. 全球凍結後の海洋での海綿動物進化のシナリオ (Kano et al.2011). 原生動物は貧酸素の海水中でエネルギーを節約するためにコロニーを作ったとする。

海綿動物は全球凍結後の有機物溜まりの中でコロニーを作る。DOCは効率的に消費され、海綿は海洋の酸化に貢献した。

では最初の“海綿動物”はどのようなものだったのか？ その候補として南オーストラリアのクライオジェニア系 Trezone 層(6.45 億年前)の化石様粒子がある。これは直径 1cm 程度の円

弧型の粒子 (図3) であり、内部に不規則な空隙構造を持ち、Malooft et al. (2010)は水管構造を持つ海綿動物の石灰質骨格であると解釈した。Trezone の石灰質粒子は古杯類のようなカップ状の形態を持たない。多くがカサ貝の様に上に凸 (concave-up) の産状を示す。

原生動物が海底で群体化したものが最初の“海綿動物”であると考えれば、それは原生動物が集合するための台座と、底層流に抗うための自重を必要としたであろう。集合体としての濾過機能も持ち合わせる必要はあるが、カップ型の外形は本質的ではない。Trezone の化石は原生の海綿動物とはまるで違う形状を持つが、concave-up の形状を持つ石灰質な殻を分泌することで、上記の要件を満たしたのかもしれない。仮に水流に流されても、正置する。おそらく、この多細胞動物は上面から海水を濾過し、体の下側へ排水したと考えられる。

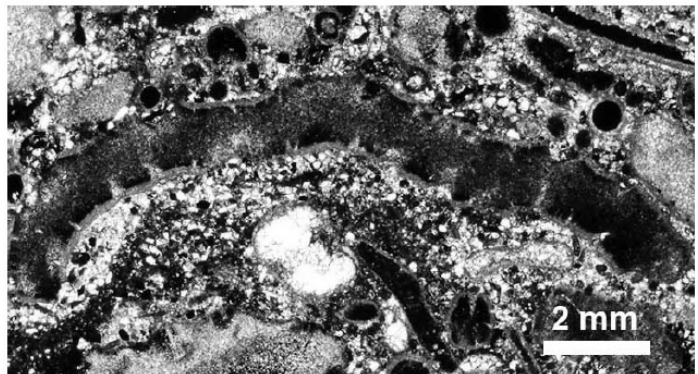


図3. Trezone 層の化石様粒子。円弧型の断面を持ち、溝のような縦構造が認められる。

Trezone の化石がこのような動物であれば、地球史最古の殻を持つ多細胞動物になる。次に現れる有殻動物は 5.45 億年前の Cloudina 類なので (図1)、1 億年ものギャップがある。おそらく、Trezone の化石は直後のマリノアン全球凍結で完全に絶滅したのだろう。これにより「動物が作る礁の進化」は 1 億年も遅れてしまった。

文献：Brain et al. 2012, African Journal of Science 108, no. # 658; Kano et al. 2011, IslandArc 20, 280-293; Li et al. 1998, Science 279, 879-882; Love et al. 2009, Nature 457,718-721; Malooft et al. 2010, Nature Geoscience 3, 653-659.

## テーマセッション概要 / Theme Session

### テーマセッション / Theme session

#### 『フィールドベースのサンゴ礁研究 ～ 高橋達郎先生追悼セッション: Field-based coral reef research: Prof. Tatsuo Takahashi Memorial Session』

コンビーナー：菅 浩伸（九州大学大学院 地球社会統合科学府），藤田和彦（琉球大学 理学部），佐藤崇範（琉球大学 島嶼地域科学研究所）

Conveners : Kan, H. (Kyushu Univ.), Fujita, K. (Univ. Ryukyus), Satoh, T. (Univ. Ryukyus)

日時：11月11日（日）9:00-12:00

会場：フロンティア応用科学研究棟2階 鈴木章ホール

概要：本セッションはサンゴ礁研究を先導されてきた故高橋達郎先生へ敬意を表し、サンゴ礁におけるフィールド研究の魅力を伝えるセッションにしたいと考えています。フィールドワークを基にしたサンゴ礁研究について、地形学・地質学・生物学・化学・地理学・考古学・社会学など、あらゆる領域の研究を対象とした事例研究やレビュー発表を募集します。また、故高橋達郎先生が中心となって自然発生的に営まれた「夏の学校」を想起し、サンゴ礁研究史におけるフィールド共同研究が果たした役割についても議論することができればと考えています。

Topics : In this session, we would like to express our respect to the late Professor Tatsuo Takahashi, who has been a leader in coral reef field research, and hope to convey the appeal of field research on coral reefs. Case studies/reviews of field-based coral reef researches are welcome to present in this session from all disciplines ranging from geomorphology, geology, biology, chemistry, geography, archaeology and social sciences. We also hope to discuss the role of collaborative field research in the history of coral reef studies with recalling the “Summer School” run spontaneously led by the late Professor Tatsuo Takahashi.

## 講演要旨 / Presentation abstract

O-1

### サンゴ骨格に記録された人為起源二酸化炭素の 北西太平洋域への吸収量の変動史

○渡邊 剛<sup>1,2</sup>, 山崎 敦子<sup>2,3</sup>, 伊藤 早織<sup>1</sup>, 井俣 純平<sup>1</sup>, 河村 卓<sup>1</sup>, 大森 和博<sup>1</sup>,  
野尻 太郎<sup>1</sup>, 内山 遼平<sup>1</sup>, Samuel E. Kahng<sup>4</sup>, 野村 恵一<sup>5</sup>, 岩瀬 文人<sup>6</sup>, 山野 博哉<sup>7</sup>

<sup>1</sup>北大・理, <sup>2</sup>喜界島サンゴ礁科学研究所, <sup>3</sup>九州大・理, <sup>4</sup>Hawaii Pacific University,

<sup>5</sup>串本海中公園水族館, <sup>6</sup>黒潮生物研究所, <sup>7</sup>国立環境研究所

キーワード: サンゴ骨格, 炭素同位体比, 二酸化炭素, 北西太平洋

産業革命以降の大気中の人為起源の二酸化炭素の増加は地球温暖化の主要な要因として考えられており、海洋表層はその最大の吸収源である。しかし、大気と海洋における二酸化炭素の交換速度や吸収量などの正確な挙動は、長期観測の不足により、その全貌が解明されていない。熱帯から温帯域の海洋表層に生息する造礁サンゴの骨格には、過去数百年間に渡る大気-海洋の環境変動が記録されている。本発表では、日本海周辺域、台湾、ハワイなどの中央-北西太平洋において採取された造礁サンゴ骨格の炭素同位体比を用いて、過去から現在までの人為起源二酸化炭素の海洋への吸収量を見積もる試みを行った。その結果、北西海域のサンゴ骨格の炭素同位体比は、過去百年間の間に明らかな減少傾向（スウス効果）が認められた。これらの炭素同位体比の結果から見積もられた北西太平洋域への吸収量は、先行研究で求められている大西洋、インド洋、熱帯太平洋などの他の海域のものとは比べて最も大きい値を示した。また、この炭素同位体比の減少傾向は、数十年スケールの大きな変動を伴っており、人為起源二酸化炭素の北西太平洋域への吸収がモンスーンや黒潮の変動などの影響を強く受けているためと思われ、これらの要素が将来の大気二酸化炭素濃度の見積もりに大きな影響を与える可能性を示唆した。

## O-2

### サンゴ骨格記録に基づく東南アジア域の環境変化と地球温暖化との関係

○井上 麻夕里<sup>1</sup>, 源田 亜衣<sup>1</sup>, 智原 睦美<sup>1</sup>, 池原 実<sup>2</sup>, 川幡 穂高<sup>3</sup>, 鈴木 淳

4

<sup>1</sup>岡大・院自然, <sup>2</sup>高知大・海洋コア研, <sup>3</sup>東大・大気海洋研, <sup>4</sup>産総研・地質情報

キーワード：サンゴ年輪, 気候復元, Suess 効果, 地球温暖化

人為起源二酸化炭素排出の増加に伴い、全球規模で地球温暖化が進行していることは IPCC レポートなどでも報告されているが、ピンポイントでいつから全球的な温暖化が始まったかについては明確にされていない。最新の報告では、小氷期などの過去の気候イベントは、実は全球規模ではなく地域によって差異があるが、現在の温暖化は世界の複数地域で同時に温度上昇が認められることが示されている (Neukom et al., 2019)。この報告には、サンゴ年輪を用いた研究も多数用いられているが、木の年輪から復元されているデータ数には及ばず、また復元記録が 100 年を超えるものとなると、その数は減少している。そこで、本研究ではフィリピン・ルソン島東岸およびインドネシア・ジャワ海より採取されたサンゴ年輪を用いて、それぞれ過去約 220 年間、70 年間の気候復元を行った。骨格粉末試料は月単位の高時間分解能で採取し、それらの粉末試料について Sr/Ca 比、酸素・炭素同位体比の分析を行った。その結果、両方のサンゴ記録から、近年に向けての温暖化傾向が見られたが、特にフィリピンのサンゴ記録からは 1960 年代後半から全球の温度上昇と同期するような傾向が見られた。また両方の記録から、1970 年代頃から <sup>13</sup>C Suess 効果も顕著に認められるようになっていた。これらのことから、東南アジア域においては 1970 年代前後から人為起源二酸化炭素の影響による温暖化が進行しており、この傾向は全球規模のものとはほぼ一致することが示唆された。

#### Reference

Neukom et al., No evidence for globally coherent warm and cold periods over the preindustrial Common Era. *Nature*, 571, 550-554, 2019



## O-3

### ツバルのサンゴ年輪黒色バンドに記録された 人為汚染による季節強還元 (Anoxic) 環境形成史

○中村 修子<sup>1,2,3</sup>, 茅根 創<sup>1</sup>, 高橋 嘉夫<sup>1</sup>, 砂村 倫成<sup>1</sup>, 細井 豪<sup>4</sup>, 山野 博哉<sup>5</sup>

<sup>1</sup>東京大・地惑, <sup>2</sup>慶應大, <sup>3</sup>笹川財団 海洋政策研, <sup>4</sup>電通, <sup>5</sup>国立環境研・生物生態系環境研究センター

キーワード: ツバル環礁, サンゴ年輪, 海面上昇, 人為汚染, 強還元(Anoxic)環境

南太平洋のツバル環礁は、地球温暖化による海面上昇の影響・水没の危機に瀕する島嶼国である。一方人口増加とそれに伴う未処理生活排水・廃棄物の増加といったローカルな問題も、島の生態系と国土の維持を損ねている。これらの対策に必要な、サンゴ礁への人為影響のタイミングとプロセス解明のため、2009年3月に人口5000人のツバルフナフチ環礁首都フォンガファレ島のラグーンで、長期記録としてのハマサンゴのボーリング調査を行った。採取されたハマサンゴ年輪 (fg01; 全長78cm) は不連続で、成長停止の間隙部に続き明瞭な黒色バンドが認められた。年輪内の重金属類、有機物および微生物DNAの抽出・解析の結果から推測される、フォンガファレ島ラグーンにおける季節強還元環境形成史を報告する。

Δ14C年代測定で決定した年輪年代は、1940年代に始まり1972±0.7年から1991年に一度死んだ痕跡が見られ、その後再び成長して2009年まで黒色物が頻繁に混入するようになった。黒色バンド (Concentrated black bands; CBB) の季節タイミングは、炭酸塩骨格の月単位δ<sup>18</sup>Oを基とした季節 age modelにより11-3月(西風の卓越する雨季)と判明した。

CBB部位の検鏡では炭酸塩骨格は黒ずんで内部から染色され、詳細には白色から青灰色-黒色-茶褐色と色のグラデーションが観察された。ICP-MSによるサンゴ年輪の重金属元素分析から、CBB中にFe>>Zn>Ni>Cu>Cr>Mn>Pbを高濃度順に検出し、特にFeが突出して多かった(CBB部位平均127.1 mg/L)。この結果から鉄の酸化還元状態とCBBの色グラデーションとの関係性を疑い、これを検証するために色別微小領域(白色、黒色、茶褐色の3スポット)にてFe-XANES (Fe-X線吸収端近傍構造)スペクトルによる分析を行った。その結果、黒色部では白色部とパイライト(Fe(II))との合成、茶褐色部は白色部とフェリハイドライト(Fe(III))との合成で説明されるスペクトルが得られ、硫化鉄の存在は強還元(Anoxic)環境を示唆した。

一方UV照射下でCBBに沿って強い蛍光バンドが現れ、多量の有機物混入を暗示した。CBBの有機δ<sup>13</sup>C値はコア下部や共生藻より5‰重い。さらに検鏡からCBBに特異的に微生物様の混入が認められ、試験的に深度別のCBB4試料でSSU rRNA遺伝子解析を実施し、コンタミネーション様DNA配列を除去して群集解析を行ったところ、表層から15cm層にのみ硫酸還元菌を含む嫌気性細菌(*Clostrida*, *Desulfatiglans*)の遺伝子断片が検出された。

雨季(11-3月)に混入する黒色バンドは、ツバルの人口増加する1991年以降、未処理の排水や廃棄物からラグーンが富栄養化し藻類季節ブルーム(9-10月)を発生させ、西風で漂着しサンゴ表面上での硫酸還元を招き、石灰化の細胞母液中で硫化鉄を沈着させること、これが乾季(4-10月)に東風で一度リセットされることにより、縞状に形成されたと考えられる。

## O-4

### 光条件がサンゴ骨格の Ba/Ca 比に与える影響

○山崎 敦子<sup>1,2</sup>, 矢野 恵美<sup>3</sup>, 波利井 佐紀<sup>4</sup>, 渡邊 剛<sup>5</sup>

<sup>1</sup>九州大・院理, <sup>2</sup>喜界島サンゴ礁科学研究所, <sup>3</sup>北海道大・理, <sup>4</sup>琉球大・熱生研, <sup>5</sup>北海道大・院理

キーワード: サンゴ骨格, Ba/Ca, 稚サンゴ, 光, 石灰化

造礁サンゴ骨格中のバリウム/カルシウム比 (Ba/Ca 比) は海水中のバリウム濃度を反映して変動し, 栄養塩の代替指標として湧昇流や陸起源物質の流入履歴を捉えるのに用いられている. しかし, 造礁サンゴの種や石灰化量によって, 海水とサンゴ骨格の間のバリウムの分配係数が変化することが報告されており, Ba/Ca 比の古環境指標としての精度を高めるには, 様々な条件下でのキャリブレーションが必要である. 本研究では光の強さと海水中の Ba/Ca 比を変えて飼育した稚サンゴの骨格の Ba/Ca 比を分析し, 光条件によってバリウムの分配係数がどのように変化するかを調べた.

*Acropora tenius* の幼生 1000 個体を 50 匹ずつに分け, 産卵・受精から 3 日後にペプチド Hym248 を用いてシャーレの中に着底させた. その後, 約 1 ヶ月かけて全ての個体に *Durusdinium* 属の褐虫藻を感染させた. 褐虫藻の感染後, 2 つの照度条件下 (明条件:  $0.067 \sim 0.084 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ , 暗条件:  $0.010 \sim 0.033 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ ) において, Ba 濃度を 0, 0.1, 0.5, 1, 5  $\mu\text{mol}/\text{L}$  の 5 段階に調整した人工海水をもちいて, 稚サンゴを 2 ヶ月間飼育した. 室温は  $25^\circ\text{C}$  で一定に保った. 飼育後, 超純水をシャーレに添加して軟体部を除去したのち, 各条件の骨格量が  $120 \mu\text{g}$  になるように粉末試料を作成し, 超音波ネプライザーを接続した ICP 発光分光分析装置 (ICP-OES; icap6200) を用いて, 骨格の Ba, Ca の濃度をそれぞれ測定した. また, 各条件下で飼育したサンゴ骨格試料は走査型電子顕微鏡 (SEM; Phenom G2 Pure) を用いて微細骨格構造を観察した.

稚サンゴ骨格と海水の Ba/Ca 比は明条件, 暗条件でそれぞれ高い正相関 ( $R^2 > 0.98$ ) を示した. サンゴ骨格と海水の Ba の分配係数は明条件で 1.14, 暗条件で 2.03 となり, 照度が小さい条件下では Ba のサンゴ骨格への取り込みが大きくなることがわかった. SEM での観察の結果, Ba を添加した個体の大きさは小さくなること, セプタの厚みが小さくなるなどの微細構造の変化がみられた. また結晶の密度も粗くなり, 暗条件かつ Ba 濃度が高いほど, 骨格構造が脆弱になり, 石灰化量が小さい可能性が示唆された. 以上の結果から, 海水からサンゴ骨格への Ba への取り込みは光条件に伴う石灰化量の変動によって変化し, Ba 濃度の著しく高い環境では取り込みが抑制される可能性が示唆された.

## O-5

### 硬骨海綿の化学分析による海洋環境の長期時系列解析

○浅海 竜司<sup>1</sup>, 松森 建人<sup>2</sup>, 石原 信司<sup>2</sup>, 金城 章<sup>2</sup>, 大城 大輝<sup>2</sup>, 成瀬 貫<sup>3</sup>,  
水山 克<sup>4</sup>, 植村 立<sup>5</sup>, 新城 竜一<sup>2</sup>, 伊勢 優史<sup>6</sup>, 藤田 喜久<sup>7</sup>, 坂巻 隆史<sup>8</sup>

<sup>1</sup> 東北大・院理, <sup>2</sup> 琉球大・理, <sup>3</sup> 琉球大・熱生研, <sup>4</sup> 琉球大・院理工, <sup>5</sup> 名大・院環,

<sup>6</sup> マレーシア科学大, <sup>7</sup> 沖縄芸大, <sup>8</sup> 東北大・院工

キーワード：硬骨海綿，骨格，同位体，元素濃度，琉球列島，海洋環境

硬骨海綿は、サンゴ礁域において海底洞窟や水深数十～数百 m にも生息し、炭酸カルシウム (CaCO<sub>3</sub>) の骨格を形成する。硬骨海綿の化学組成を用いた海洋環境解析は、カリブ海を中心に行われてきたが、サンゴ年輪による古海洋研究例と比べて圧倒的に数が少なく、環境指標としての定量的な評価研究や海洋環境の長期時系列解析も不十分である。これは、1) 生息場所へのアクセスが容易でないこと、2) 成長速度が小さく、時間決定や高分解能解析が容易でないこと、3) サンゴ年輪による古海洋解析が広く実施されてきたこと、などによる。そこで本研究では、琉球列島の複数の地点(宮古島, 久米島, 沖縄島)の水深 40m 以浅から採取した現生の硬骨海綿を用いて、サンゴ礁環境の長期解析を実施した。硬骨海綿の骨格試料は *Astrosclera willeyana* および *Acanthochaetetes wellsi* の 2 種, 計 39 個体である。X 線回折分析の結果, *A. willeyana* の骨格はアラゴナイト, *A. wellsi* の骨格は高 Mg カルサイトであり, 電子顕微鏡観察によって骨格試料は全て保存状態が良いことを確認した。まず, 骨格形成時期を同じくする部位について, 酸素炭素の安定同位体組成, 微量元素組成 (Sr/Ca, Mg/Ca, Ba/Ca, Pb/Ca, U/Ca 比) を分析した結果, 同一個体内および個体別において有意な差はなく, 現場において同位体平衡で形成されるアラゴナイト・カルサイトの理論値と概ね一致した。これらの結果は, 硬骨海綿の化学組成が海洋環境プロキシとして有用性が高いことを示す。次に, 大型の硬骨海綿について骨格成長方向に沿った分析を実施し, 年輪と放射性同位体による年代決定をもとにして, 各種化学組成の過去 200 年間の長期時系列データを構築した。講演では, 化学組成の時系列解析から推定される, 琉球列島の長期海洋環境変動について議論したい。

## O-6\*

### 喜界島産化石シャコガイ殻を用いた後期更新世 MIS3 の台風の復元

○駒越 太郎<sup>1</sup>, 渡邊 剛<sup>1,2</sup>, 佐々木 圭一<sup>1,3</sup>, 白井 厚太郎<sup>4</sup>, 山崎 敦子<sup>1,5</sup>

<sup>1</sup>喜界島サンゴ礁科学研究所, <sup>2</sup>北大・理, <sup>3</sup>金沢学院大学, <sup>4</sup>東大・大気海洋研, <sup>5</sup>九大・理

キーワード: 後期更新世, 喜界島, 台風, シャコガイ, 成長線解析

地球温暖化に伴い, 台風をはじめとした大型の熱帯低気圧の発生頻度が高まることが危惧されている. 将来の台風を予測するために過去の台風の発生時期や頻度の記録が重要であるが, 台風を復元できる指標(堆積物, 古文書など)は時間解像度や時代が限定的である. 熱帯・亜熱帯のインド~太平洋に分布する大型二枚貝のシャコガイは, 褐虫藻と共生し成長が早く殻に日輪を形成し, 高い時間解像度の古環境指標として注目されている. また, 台風を経験したシャコガイは殻の化学組成・成長線幅の変化が生じ高い時間精度で台風を復元できる. 奄美群島喜界島には活発な隆起運動の影響で, 10 万年前以降の更新世サンゴ礁段丘が分布し, 海洋酸素同位体ステージ 3 (MIS3) のうち 4 万年前までのサンゴ礁性石灰岩が陸上で観察できる. 発表者らは, 喜界島から MIS3 の石灰岩に含まれる化石シャコガイ殻試料と, 比較のため現生シャコガイの殻試料を採取し, 過去の台風の接近時期と頻度の復元を試みた.

**(方法)** 現生および化石試料は薄片に加工し, 光学顕微鏡で成長線の本数および幅を計測した. 化石試料は X 線回折および走査型電子顕微鏡を用いて続成作用の評価を行い良い保存状態であることを確認した. 殻試料の酸素・炭素安定同位体比 ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ) を安定同位体比質量分析計, 微量元素濃度はレーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析計および誘導結合プラズマ発光分光分析装置で分析した.

**(結果と考察)** MIS3 の石灰岩から採取した化石試料の年代は, 同層準から産出したハマサンゴ化石の  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  年代に基づいて, 約 5 万 5 千年前と推測した. 化石試料は続成作用の影響が少なく殻の微細構造もよく保存されていた. MIS3 化石試料の  $\delta^{18}\text{O}$  と成長線幅はともに明確な年周期変動を示し,  $\delta^{18}\text{O}$  の平均値は現生のシャコガイ殻と比較して約 1‰ 大きい値となり, 当時の海水の酸素同位体比を考慮すると当時の平均水温は約 3 度低かったと見積もられる.

現生のシャコガイの殻の  $\delta^{18}\text{O}$  と成長線幅はともに水温と高い相関が見られ, バリウム/カルシウム比 (Ba/Ca 比) は夏と冬にピークを示した. 夏期の Ba/Ca 比のピークは成長線幅の急激な低下と  $\delta^{18}\text{O}$  の増加を伴い, 喜界島の台風の観測記録とも一致することから, 喜界島のシャコガイも台風を記録していることが明らかになった. MIS3 化石試料も同様に Ba/Ca 比のピークが夏に成長線幅の低下ともに出現し, 現生シャコガイの台風シグナルと類似した変動が見られた. 現在と MIS3 の台風シグナルを比較すると, 頻度が現在の約半分であり, 8~10 月に加えて 5~7 月にも発生している. 現在よりも平均水温で 3 度ほど寒冷であった 5 万 5 千年前には, 台風の進行方向に影響する太平洋高気圧や偏西風の振る舞いの違いが生じていたことが予想される.

O-7\*

## 堆積物コアを用いた久米島東部における海草帯の堆積過程の復元

○佐野 亘<sup>1</sup>, 藤田和彦<sup>2</sup>, 平林頌子<sup>3</sup>, 横山祐典<sup>4</sup>, 宮入陽介<sup>4</sup>,  
Lauren T. Toth<sup>5</sup>, Richard B. Aronson<sup>6</sup>, 菅 浩伸<sup>3</sup>

<sup>1</sup>九州大・院地球社会, <sup>2</sup>琉球大・理, <sup>3</sup>九州大・浅海底フロンティア, <sup>4</sup>東京大・大気海洋研,

<sup>5</sup> U.S. Geological Survey, <sup>6</sup> Florida Tech

キーワード: 海草帯, 堆積物コア, 有孔虫, <sup>14</sup>C 年代測定, 琉球列島

海草帯は, サンゴ礁の沿岸に近い地域に形成される海草類の群落であり, 魚類や底生生物の生息・産卵の場, ウミガメやジュゴンなどの海草を摂食する貴重な生物種を支える場である. サンゴ礁地形の形成過程に関するこれまでの先行研究は, 主に礁嶺の固結した礁石灰岩コアを用いて礁嶺の形成過程に焦点が当てられてきた. しかし, 海草帯に代表される未固結堆積物で構成された沿岸域に関しては, その地形発達プロセスに関する科学的知見が少ない状況である. 本研究は, サンゴ礁地形発達史における海草帯の形成過程を明らかにすることを目的とした.

本研究では, 琉球列島久米島の東部, オーハ島の南沖とイーフビーチ沖の2地域において採取に成功した未固結堆積物コア(最大掘削深度 4.2 m)を用いた. コア採取地点の底質は枝サンゴ礫を多く含む砂泥質の堆積物であり, リュウキュウスガモ(*Thalassia hemprichii*)やウミジグサ(*Halodule uninervis*)などの海草類が卓越した場所である. また, 現生の海草葉上に多数の底生有孔虫(*Amphisorus hemprichii*, *Calcarina calcarinoides*など)が生息していることを現地調査により確認した. コア試料は5 cm毎にサブサンプリングを行い, 九州大学にて実体顕微鏡や電子顕微鏡による構成物の観察とX線回折による鉱物分析を行った. また東京大学大気海洋研究所にて, サンゴ礫や有孔虫化石を試料として<sup>14</sup>C年代測定を行い, 深度-年代モデルを作成した. さらに, 堆積物中の底生有孔虫群集解析を行い, 現生有孔虫の生態分布との比較から海草帯の古水深復元を行った. 構成物観察の結果, 海草帯が保存状態の良い生物遺骸から成ることが分かった. 年代測定の結果, 地域間で堆積年代は大きく異なり, 各地域の堆積開始時期はオーハ島沖が約 6.7 k cal yr BP, イーフビーチ沖が約 4.1 k cal yr BPであった. 有孔虫群集解析の結果, 星砂(*Baculogypsina sphaerulata*)の深度分布の変化より, オーハ島沖は 6.7 kaにおいて相対的海水準が現在より 2.8 m低かったことが示唆された. その後の海進に伴い水深が深くなると浅礁湖に生息する*C. defranciai*や*C. hispida*などの種が優占して出現した. 一方イーフビーチ沖では, 掘削深度 1.0 m以深では有孔虫化石の出現頻度が少なかったのに対し, それ以浅では*C. calcarinoides*が急激に増加した. *C. calcarinoides*は主に海草藻場において優占的に出現することが明らかにされているため, イーフビーチ沖には 3.9 kaから現在のような海草帯が形成された可能性がある. 以上の結果から海草帯は, 相対的海水準が安定し始めた頃から沿岸域に形成され, 現地性堆積物を蓄積しながら上方に成長したことが示唆された.

O-8\*

## キサソゴ科群体サンゴの群体形成過程のシミュレーション

○大野 理恵<sup>1</sup>, 千徳 明日香<sup>2</sup>, 升本 眞二<sup>3</sup>, 江崎 洋一<sup>3</sup>

<sup>1</sup>国立科学博物館, <sup>2</sup>琉球大・院理, <sup>3</sup>大阪市大・院理

キーワード: 群体形態, 成長の再現, VRML, 成長管モデル, キサソゴ科

キサソゴ科の群体イシサンゴは多様な群体形態を呈し, 多様な環境に生息している. 当該サンゴは「出芽の規則性」(Sentoku and Ezaki, 2012)に従って出芽し, 群体を成長させていくが, 出芽傾斜(親個体と出芽個体のなす角)や出芽の間隔といったパラメータの違いにより, 様々な群体形態を呈する. 無藻性の *Dendrophyllia cribrosa* は共骨が発達しており, 頑強な樹状形体を示すが, 共骨内の個体配列に注目すると個体からせん状に配置する仮軸状形態を呈している. 共骨内部の仮軸部では, 個体が共骨の外側に向かって屈曲している. 本研究では, 共骨内の個体の屈曲が, 仮軸の形態にどのように影響しているかを解析した.

本研究では, まず, 当該種のマイクロフォーカス X 線 CT 画像を撮影し, 共骨内部で個体がどのように屈曲しているか観察した. 次いで, 出芽傾斜, 出芽方向, 出芽間隔といった要因のみから群体の成長過程を再現し, 群体の 3D モデルを作成するソフトウェア『Coral Simulator』(大野ほか, 2015)を用いて, 仮軸の成長過程のシミュレーションを行った. シミュレーションにあたっては, 共骨内部での個体の屈曲の有無, および屈曲の仕方を変化させ, これらの要因が仮軸の形態や仮軸の成長方向に与える影響を評価した. そして, 屈曲のもつ生態学的意味について考察した.

シミュレーションの結果, 個体が屈曲せずに成長した場合, 出芽傾斜や出芽方向, 出芽間隔が変化しないという前提の下では, 仮軸は成長方向を変化させることができないことがわかった. しかし, 個体を屈曲させると, 屈曲の程度によって仮軸の成長方向を緩やかに変化させることが可能となり, 群体内の他の仮軸や群体外の障害物との衝突をある程度防ぐことができる. また個体が屈曲しない場合, 仮軸の成長方向と個体の成長方向が鋭角をなすため, 仮軸の表面と個体の末端部が平行でない. このため, 触手の展開が仮軸によって遮られる部分が生じる. 個体が屈曲すると, 仮軸の表面と個体の末端部がほぼ平行となり, 触手と仮軸表面との干渉が低減される.

今後, キサソゴ科の他の群体形態についても, 群体内の個体の挙動が群体形態に与える影響を評価していく予定である.

## サンゴ稚ポリプ骨格の微細組織観察

○甕 聡子<sup>1</sup>, 波利井 佐紀<sup>2</sup>, 富岡 尚敬<sup>1</sup>, 兒玉 優<sup>3</sup>, 伊藤 元雄<sup>1</sup>

<sup>1</sup>JAMSTEC・高知コア研, <sup>2</sup>琉大・熱生研, <sup>3</sup>マリン・ワーク・ジャパン

キーワード：造礁サンゴ, 生体鉱物, 骨格, 透過型電子顕微鏡

造礁サンゴは炭酸塩カルシウムで構成される骨格を有する。莢をはじめとした複雑な構造で構成されている成体サンゴの観察から、骨格はアラゴナイト結晶の集合体である球状の基本構造（中心部：石灰化中心，周辺部：繊維状組織）の積み重なりで構築されると考えられている（e.g., Ogilvie, 1896; Bryan and Hill, 1941）。底盤やセプタ（隔壁）の形成が始まったばかりの、定着から二日後の稚ポリプの骨格には、紡錘状構造やダンベル状構造が観察されており、これらは基本構造の前駆体と考えられている（Gilis et al., 2015）。本研究では、定着 10 日後の底盤とセプタが発達した稚ポリプ骨格が、どのような構造から構成されているのか検証するため、ナノマイクロメートルオーダーで微細組織観察を行った。

サンゴ (*Acropora* sp.) の幼生に試薬 (Hym-248) を添加して稚ポリプへ変態させ、10 日間飼育した。回収した稚ポリプの生体部を次亜塩素酸ナトリウムで除去し、骨格の三次元構造と表面形状について、マイクロフォーカス X 線 CT (XCT) による観察を行った。集束イオンビーム装置を用いてセプタと底盤のそれぞれから超薄切片を作製し、透過型電子顕微鏡 (TEM) で骨格の微細組織と炭酸カルシウムの結晶方位を観察した。

XCT による三次元画像から、骨格は 6 回対称のセプタからなる典型的なコラライトと底盤を持つ骨格構造を有していることを確認した。セプタと底盤の表面には、約 10  $\mu\text{m}$  間隔の凹凸が存在する。TEM 観察では、セプタに針状結晶（幅数十 nm, 長さ約 1  $\mu\text{m}$ ,  $c$  軸伸長）が放射状に広がっている様子が観察された。これらの特徴は基本構造の一部である繊維状組織の特徴と一致する。一方、底盤を構成するアラゴナイト結晶は粒径数十から数百 nm であり、粒径の違いに起因する層状構造が観察された。結晶は密に接しており、層間の空隙もほぼない。アラゴナイト結晶の  $c$  軸は、骨格の成長方向にほぼ垂直に配向している。紡錘状構造やダンベル状構造はアラゴナイトの  $c$  軸がおおよそ一方向に揃っていると推測されており（Gilis et al., 2015）、底盤の微細組織の結晶方位の特徴と類似する。よって、底盤では、前駆体が積み重なって層が形成されたと考えられる。また、層間には前駆体が成長して基本構造になる余地はない。以上の観察結果は、稚ポリプの骨格では、紡錘状構造やダンベル状構造のすべてが球状基本構造に成長するのではなく、骨格部位に応じてそれぞれの構造が使い分けられている可能性を示している。

O-10

## Are Mesophotic Coral Ecosystems in Okinawa lifeboats or unique ecosystems?

○Frederic Sinniger<sup>1</sup>, Michel Pichon<sup>2</sup>, Paul Muir<sup>3</sup>, Héloïse Rouzé<sup>4</sup>, Blair Thornton<sup>5,6</sup>,  
Jenny Walker<sup>5</sup>, Hajime Kayanne<sup>6</sup>, Saki Harii<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Univ. of the Ryukyus, <sup>2</sup>Mus. of Tropical Queensland, <sup>3</sup>Queensland Museum, <sup>4</sup>Perpignan University, <sup>5</sup>Univ.  
Southampton, <sup>6</sup>Univ. of Tokyo

Keywords: refugia, biodiversity, mapping

Mesophotic Coral Ecosystems (MCEs) have gained a lot of attention following the Deep Reef Refugia Hypothesis (DRRH). The DRRH suggests that MCEs can act as a refuge for shallow corals under climate change and as a source of larvae for shallow reef recovery. More recently, with the expansion of investigations in the deeper parts of MCEs, it became apparent that not only MCEs are not fully protected from impacts from climate change and destructive processes affecting shallow reefs, but also that they can harbor unique communities. In order to clarify whether MCEs in Okinawa are indeed a refuge for shallow corals, unique ecosystems or both, we analysed coral biodiversity data obtained from 30 to 100 m using various methods ranging from SCUBA-diving, and photoquadrats to ROV (Remotely Operated Vehicle) and AUV (Autonomous Underwater Vehicle) observations. The results obtained confirmed Okinawa as one of the highest mesophotic coral biodiversity region in the world. They also allowed to identify unique components to mesophotic coral fauna and communities that could serve as refuge for shallow corals. AUV mapping for three consecutive years at the same site allowed to understand better the dynamics of mesophotic coral communities over time. In this presentation, we will discuss these results and how they affect the long-term perspectives on reef resilience in Okinawa.



## O-11\*

### Composition of coral recruits across depths in Sesoko Island, Okinawa

○ Erlangga D S Sitorus<sup>1</sup>, Frederic Sinniger<sup>2</sup>, 波利井 佐紀<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 琉球大学大学院理工学研究科, <sup>2</sup> 琉球大学熱帯生物圏研究センター

Keywords : Coral recruitment, Mesophotic Coral Ecosystem

For the past few decades, global warming provoked recurrent coral bleaching events which impacted shallow coral communities. In this context, mesophotic coral ecosystems (MCEs) are considered as refuges for shallow corals and as a source of the larvae to support recovery for shallow reefs according to the deep reef refugia hypothesis (DRRH). However, there is only few information on coral recruitment at different depths especially in the mesophotic zone. This study aims to examine the variation in recruitment rate and adult coral composition from shallow to the upper mesophotic zone to clarify the potential exchange of coral larvae between upper mesophotic and shallow reefs. Coral recruits were obtained using settlement tiles deployed at three different depths (10, 20 and 40 m) prior to predicted main coral spawning around Sesoko Island (Okinawa) and recovered after the spawning season finished. All recruits found on the tiles were observed using a dissection microscope and collected for molecular identification. Additionally, we also analyzed adult coral communities at each depth using photo-quadrats. Overall, recruits are more abundant in shallow reef, and the genera of recruits followed similar patterns as neighboring adult communities with dominance of *Seriatopora* at 40 m, and *Porites* at both 20 m and 10 m depths. This suggests that either coral larvae settle locally, or rather, that local environmental conditions favor specific genera settlement and survival. Interestingly, some recruits found at the shallow sites had identical genotype with some adults from upper mesophotic. This shows that there is a potential of larval dispersal from upper mesophotic to shallower depth. In this presentation, we will discuss these results and the effect of coral recruitment patterns at different depths for reef resilience.

O-12

## What goes up must come down? An investigation on juvenile hard coral assemblages at shallow and upper mesophotic depths in Apo Reef Natural Park, Philippines

○Ritzelle L. Albelda<sup>1</sup>, Patrick C. Cabaitan<sup>1</sup>, Edwin Dumalagan<sup>1</sup>, Frederic P. Sinniger<sup>2</sup>, and Fernando P. Siringan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>The Marine Science Institute, University of the Philippines Diliman, <sup>2</sup>Tropical Biosphere Research Center, University of the Ryukyus, Japan

Keywords: juveniles, mesophotic, Philippines

Shallow water reefs (SWRs; <30m depth) worldwide are increasingly affected primarily by coral bleaching (i.e., due to multiple stressors such as temperature anomalies) and by physical destruction (i.e., due to irresponsible divers, sedimentation, strong waves, etc.). On the other hand, mesophotic coral ecosystems (MCEs; 30-150m depth) are thought to experience less impact and have more intact communities due to their depth. Mesophotic reefs are hypothesized as refuges to nearby shallow reefs by serving as larval sources for shallow reefs and supporting similar hard coral communities. Although there has been an increasing number of studies being conducted in MCEs, few have examined population processes that are essential in the recovery of degraded coral communities such as reproduction and recruitment in MCEs. This study investigated the spatial variability in the assemblage of juvenile hard corals (a proxy for recruitment) across three depth zones (shallow: 5 to 7 m; middle: 12 to 14 m, and deep: 30 to 40 m) and between reef types (atoll and fringing reefs) in Apo Reef Natural Park (ARNP), Philippines in March 2016. It assessed whether the juvenile hard corals are associated with the adult hard coral assemblage and particular benthic characteristics based on the photo-quadrats taken in each site. A total of 15 families were recorded for both juvenile and adult hard corals, respectively. Pocilloporidae and Poritidae were the most abundant families recorded for both juveniles and adults. The highest density (mean  $\pm$  SE) recorded for juveniles was  $18 \pm 4$  individuals per  $0.25\text{m}^2$  and the lowest was  $7 \pm 3$  individuals per  $0.25\text{m}^2$ . Juvenile hard coral assemblages had no clear clustering across depth zones or between reef types; only algal cover ( $p=0.008$ ) had a significant influence in juvenile hard coral assemblage. Interestingly, juvenile and adult hard coral densities were generally highest in shallow and deep sites and lowest in the middle sites both in atoll and fringing reefs. Thus, depth, not reef type, had more influence on the differences observed in hard coral densities. The similarity in the assemblage of juvenile hard corals between SWRs and MCEs suggests that there are similar populations of corals that can thrive at both depths, which hints that exchange in coral larvae between depths is feasible. ARNP is a UNESCO World Heritage site and is one of the best managed marine protected areas in the Philippines. Thus, this study may serve as a benchmark for future studies on juvenile hard coral studies in MCEs.

O-13\*

## Thermal tolerance of reef-building corals across depths

○Parviz Tavakoli-Kolour<sup>1</sup>, Frederic Sinniger<sup>2</sup>, Takashi Nakamura<sup>1</sup>, Saki Harii<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Grad. Sch. of Eng. and Sci., University of the Ryukyus,<sup>2</sup>TBRC, University of the Ryukyus

Keywords: shallow coral, mesophotic coral, thermal stress

Mesophotic coral ecosystems (MCEs) are considered to be a potential refuge for shallow coral species, where corals can be protected from certain disturbances that affect shallow reefs, especially rising sea surface temperatures due to global warming. The fluctuation of seawater temperature and monthly average of maximum temperature in mesophotic ecosystems is lower than in shallow reefs, this relative stability may reduce the thermal tolerance of mesophotic coral species. Thermal tolerance and bleaching threshold temperatures of mesophotic corals are still unclear. In this study, we investigated the physiological responses of eleven shallow and mesophotic coral species under thermal stress to understand the threshold temperature of corals across depths. Coral fragments were exposed to two thermal stress treatments based on two-degree heating weeks of shallow and mesophotic seawater temperatures (30 °C and 32 °C, respectively for 14 days) and 28 °C for control condition. Generally, photochemical efficiency ( $F_v/F_m$ ) value dramatically decreased in mesophotic species under heat stress compared to shallow corals. *Pachyseris speciosa* was the most thermal tolerant species in both mesophotic and shallow depths with no mortality and high survival rate. The highest mortality of shallow coral species was among *Porites* sp. whereas in mesophotic species *Acropora* sp. and *Seriatopora hystrix* were the most sensitive species with high mortality. Here we will discuss on the differences in threshold temperatures and thermal tolerance of corals across depths and its implication for the refugia hypothesis.

O-14

## Studies on temperature stress response in corals from marginal locations

○Shashank Keshavmurthy<sup>1</sup>, Chaolun Allen Chen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Biodiversity Research Center, Academia Sinica, Taiwan

Keywords : Coral Reef, Seawater temperature, Eco-Physiology, Typhoons Coral-reef ecosystem

As changes in the climate intensify seawater temperature fluctuations – both prolonged and intense, the future of corals in tropical locations is under threat. It is however, interesting to note that corals present in several marginal locations (high-latitude, non-reefal, extreme environments) exhibit higher threshold in their resistance to temperature perturbations. Studies from the Gulf, has already shown how certain coral species-Symbiodiniaceae genus are able to withstand the effects of stress. Knowledge of coral resistance mechanisms in marginal locations is still in its infancy and physiological response to temperature stress in different coral species is lacking. By conducting laboratory aquarium based temperature stress experiments on several coral species present in high-latitude and non-reefal locations in Japan, South Korea and Taiwan, we show that these coral species have wider thermal window as well as ability to resist high temperature fluctuations over a short period of time. Such studies are important to understand the difference between the temperature stress response in corals from tropical and sub-tropical locations with that of marginal locations. Our results highlight that marginal coral communities are generally stress tolerant and mainly support corals with plasticity towards a wide range of temperature stress, which is lacking in the corals form tropical and sub-tropical environments. However, at the same time, intensification in physical disturbances such as stronger and frequent typhoons as a result of climate change might hinder resistance and resilience of corals to temperature stress even in marginal locations. Information on the physiological tolerances of marginal corals to environmental stressors is central to understanding how reefs or coral communities persist in marginal conditions and how they will perform in the future climate change scenarios.

## O-15\*

### 水温と光量がエンタクミドリイシの生息分布に与える複合影響について

○黒山 真由美<sup>1</sup>, アゴスティーニ シルバン<sup>2</sup>, 樋口 富彦<sup>1</sup>, 小松 幸生<sup>1</sup>

<sup>1</sup>東大・大海研, <sup>2</sup>筑波大・下田

キーワード：地球温暖化, 温帯性サンゴ, 生息分布, 海面水温, 光量

近年, 地球温暖化に伴いサンゴの生息域が変化しており, 今後海面水温がさらに上昇することで, サンゴはより水温の低い高緯度域や深い水深に移動すると考えられている. したがって, 水温と光量の複合影響を明らかにすることが, サンゴの緯度及び鉛直方向の分布予測を行う上で重要であるが, その評価はなされていない. そこで本研究では, 温帯性サンゴ・エンタクミドリイシの海面水温と光量の相対的な影響を評価することを目的として, 海水循環水槽を用いた野外実験を行った. 2019年1月-4月に, 2つの光量 (25%・100%) 及び水温 (+0°C・+2°C) の各4つの条件下でそれぞれ9つのサンプルを飼育し, 2週間毎に光合成収率及び水中重量を測定した.

遮光環境のうち高水温下で飼育したサンプルは, 自然水温下のものよりも高い光合成収率, 成長率, 及び生存率を示した. また, 自然光量下でも同様の結果が得られた. 一方で, 自然水温及び高水温下それぞれにおいて, 遮光環境で飼育したサンプルは自然光量に比べて高い光合成収率を示したものの, 成長率及び生存率は低下した. これらの結果より, 海面水温の上昇はエンタクミドリイシの光合成収率, 成長率及び生存率の増加につながることで, また光量の低下はエンタクミドリイシの成長および生存率を抑制することが示唆された.

海面水温と光量の複合影響としては, 自然水温下のサンプルのうち, 自然光量下のサンプルは実験最終日まで生き残ったのに対して, 遮光環境下のサンプルはすべて白化した. このことから, 自然水温下における光量の低下はエンタクミドリイシの生存を脅かすことが示唆された. したがって, エンタクミドリイシの鉛直分布は, 光量により制限されている可能性がある.

加えて, 遮光環境かつ高水温下のサンプルは, 自然光量かつ自然水温下に比べて高い光合成収率を示したものの, 成長率と生存率は低下した. このことから, 水温が好条件であっても光量が不十分な場合は, エンタクミドリイシの成長が抑制されることが示唆された. したがって, 将来の海面水温上昇により, 温帯性サンゴは高緯度域へ移動することは可能だが, より深い水深への移動は光量により制限されると考えられる.

O-16\*

## Recurrent disease outbreaks in a warm temperate marginal coral community

○Joshua M. Heitzman<sup>1</sup>, Sung-Yin Yang<sup>1</sup>, Nicole Caputo<sup>1</sup>, Sylvain Agostini<sup>1</sup>

<sup>1</sup>筑波大学・下田臨海実験センター

キーワード : warm temperate marginal coral community, coral disease, warming, tropicalization

With increasing sea water temperature threatening coral reef ecosystems, the relevance of warm temperate latitude ecosystems for coral conservation become ever more important. The increase of coral disease outbreaks in both tropical and subtropical areas is due to a multitude of factors including increased seawater temperature, increased sedimentation and decreased water quality. As of today, coral outbreaks have seldom been reported in warm temperate areas, but the advent of disease at such latitudes could threaten already marginal coral communities, characterized by a low coral coverage and diversity. Here, we describe a recurrent coral disease outbreak in two marginal warm temperate coral communities in Shimoda, Japan (35° N). This disease appears specific to *Porites heronensis* and has been observed since 2013. The two sites surveyed have low coral coverage, 0.71% and 0.62 and low coral diversity (2 and 7 species respectively). Disease prevalence was assessed by monthly photographic analysis of permanent quadrats from September 2013 at one site. The disease appeared and peaked only during the warmest months of the year with a maximum prevalence recorded of 5% (coral coverage) in October 2017. Disease incidences, the number of new disease occurrences, at both sites, were assessed weekly from 2018 and forward. Incidences showed a maximum of 23 (November 2018) and 26 (October 2018) at both sites respectively. The influence of marine flora and sedimentation acting as disease vectors were considered as a large percent of occurrences were associated with overgrowth by *Gelidium elegans* precedent to disease (around 35% one to two months before disease). This newly described disease was named “White Mat disease” as it is characterized by the development of a white microbial mat and necrosis of the coral tissue beneath. The strong dependence of the disease outbreaks with temperature suggest that White Mat disease could represent a future threat for recently colonized and marginal coral communities under ocean warming.

## O-17

### サンゴ被覆性海綿 *Terpios hoshinota* の分布および沖縄島北部西海岸の状況について

山城 秀之

琉球大・熱生研・瀬底

キーワード：サンゴ被覆性海綿, *Terpios hoshinota*, 琉球列島, 分布

サンゴ被覆性海綿の *Terpios hoshinota* (通称, テルピオス海綿) は, インドー太平洋に広く分布し, 底生のサンゴ礁生物を減少させる要因の一つである. その国内での分布状況については, Rützler & Muzik (1993)や Reimer 他(2011)の報告がある. また昨年 (2018 年) の本大会で, 藤井・熊谷が奄美大島の水深 15m において本種を確認し, 奄美大島志戸勘海岸を分布の北限として報告している.

今回, これまで調査が行われていなかった島や海域の調査を行ったので報告する. また, 沖縄島北部の西海岸ではより詳細に分布状況を調べた. 沖縄島北部での調査の際には, 初めに Google Earth を用いて礁池内のサンゴ群集と思われる被覆度の大きな場所を抽出し, 1箇所について約 30 分間スノーケリングで探索・撮影等を行った. 天候や海況の条件が良い場所については, ドローンによる空撮も行った.

新規にテルピオス海綿が確認できた島等は以下の通り.

- ・鹿児島県喜界島花良治:被覆性コモンサンゴ他で確認した(2016年11月). 奄美大島志戸勘海岸 (藤井・熊谷,2018) よりやや南になるが北限に近く, また国内東限となる. なお, 水深は約 3m であった.
- ・沖縄県内の島として新記録: 本部町水納島南岸(Aini 氏提供, 2018年8月), 瀬底島西岸 (2013年8月~), 古宇利島北岸(2019年8月), 粟国島長浜海岸(2019年7月), 下地島中の島(2016~), 与那国島かたぶる浜(2018年8月). なお, 与那国島は本種の国内西限となる.
- ・宮古島での追加場所: 長北海岸(2019年6月), 新城海岸(2019年6月).

沖縄島西岸の大宜味村では, 約 2.5km の範囲に渡って礁池のサンゴ (主として樹枝状および被覆状コモンサンゴ類) がパッチ状にテルピオス海綿によって高密度に覆われていた. 今帰仁村長浜海岸も同様であった.

今後のテルピオス海綿の動態を解明するためには, 河川の影響のない瀬底島産とその他の高密度群集地域 (今帰仁産や大宜味産) のモニタリングによる比較に加え, 成長を制御する環境要因解明のための飼育実験が必要である.

O-18\*

## Morphological characteristics of coral-killing sponge *Terpios hoshinota* in Sesoko Island, Japan

○Siti N. Aini<sup>1</sup>, Hideyuki Yamashiro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Engineering and Science, University of the Ryukyus, <sup>2</sup>Sesoko Station, Tropical Biosphere Research Center, University of the Ryukyus

Keywords: *Terpios hoshinota*, cyanobacteria, spicules, particles

Coral-killing sponge *Terpios hoshinota* is a space competitor in coral reefs by overgrowing hard substrates. Three important morphological components of *T. hoshinota* are symbiotic cyanobacteria, sponge spicules and particles covering the sponge surface. However, little is known about those components. In this study, we measured the density and size of each component for the sponge collected from Sesoko Island.

Density and mitotic index of endosymbiotic cyanobacteria in *T. hoshinota* tissue were measured. Crush method was used to isolate cyanobacterial cells from 5 branches of corals covered by the sponge, showing 10 times higher density of cyanobacteria ( $1.20 \pm 0.45 \times 10^7$  cells/cm<sup>2</sup>) compared to previous studies. Mitotic index of cyanobacteria around growing edge of the sponge ranged from 15.0 to 23.5%, showing active proliferation.

Density and size of spicules of the sponge were measured. Bleaching method was used to isolate spicules from the sponge tissue. Density of spicules was  $4.70 \pm 0.85 \times 10^5$  spicules/cm<sup>2</sup>; mean  $\pm$  SD ( $n = 5$ ), and the length of spicules was shorter than previous studies.

Particles covering the surface of the sponge were measured for the first time. Bleaching method was also used for isolating the particles. Density of particles was estimated about  $1.3 \pm 0.8 \times 10^6$  particles/cm<sup>2</sup> ( $n = 5$ ), and the most abundant size was in the range of 21-25  $\mu$ m in diameter. It suggested that *T. hoshinota* selectively gains particles.

*Terpios* sponge in Sesoko Island showed high density of cyanobacteria, short spicules and particles (abundant size of 21–25  $\mu$ m). These findings could be a baseline information to understand this sponge for further research on spatial and seasonal variation.



O-19\*

## チリメンハナヤサイサンゴ(*Pocillopora meandrina*)における 色彩型間の生態的差異

○児玉 悠仁<sup>1</sup>, 中村 崇<sup>2</sup>

<sup>1</sup>琉大・院理工, <sup>2</sup>琉大・理

キーワード: チリメンハナヤサイサンゴ, 色彩多型, 水深, 成長, 代謝

### 緒言

ハナヤサイサンゴ属(*Pocillopora*)に属するチリメンハナヤサイサンゴ(*Pocillopora meandrina*)では, 同種異群体での淡褐色を中心とした色彩多型の存在が挙げられる。また, ハナヤサイサンゴ属以外に, ミドリイシ属, ハマサンゴ属などのサンゴ種においても同種内での色彩多型が確認されている。これまで, ハナヤサイサンゴ(*Pocillopora damicornis*)について, 茶色とピンク色の2つの色彩型間での成長率の違いが報告されているものの, 野外における分布特性や色彩型間の生態的差異に関しては未だ不明な点が多い。そこで本発表では, 2018年に行った野外調査における色彩型分布及び水深との関係, その結果を基にした飼育実験の途中経過について報告を行う。

### 材料・方法

2018年5月に石西礁湖の35地点, 同年6月から9月に沖縄島沿岸域の8地点, 同年9月に与論島周辺海域の16地点, 同年10月に久米島周辺海域の6地点, 同年12月に奄美大島南部周辺海域の9地点でそれぞれスキューバダイビングによる潜水調査を行った。各地点において色彩補正シートと共に群体の撮影を行い, 4区分の色彩型(紫, 緑, 茶, ピンク)と生息深度を記録した。

飼育実験では, 2019年2月に沖縄県真栄田岬にてチリメンハナヤサイサンゴ各色彩型について12群体から4本ずつ枝片を採取し, プラスチックねじに固定した状態を用いた。琉球大学瀬底研究施設の屋外水槽にて約1ヶ月間馴致後, 同施設ガラス室にて浅場, 中深度, 深場の水深を想定した光量区を遮光によって設定した。実験期間中, 定期的に水中重量, 代謝(呼吸・光合成量, 光合成活性, 電子伝達速度), 反射スペクトルの測定を行った。

### 結果

野外調査にて, 茶・紫色群体は調査水深全域, 緑色群体は水深7mを中心に, ピンクは4m以浅といった, 色彩型ごとの生息水深域に偏りが見られた( $p < 0.05$ , Tukey-HSD test)。飼育実験では, 各光量区で色彩型間の成長率の違いや色彩の変化が見られた。本発表ではこれらの結果を踏まえ, 色彩型間の生態的差異について考察を行う。

## 琉球列島のアザミサンゴ属の局所的空間遺伝構造と表現型

○中島 祐一, Patricia H. Wepfer, 御手洗 哲司

沖縄科学技術大学院大 (OIST)・海洋生態物理学ユニット

キーワード: 遺伝マーカー, 色彩多型, 集団遺伝, 生殖様式

アザミサンゴはインド洋から西太平洋の熱帯の沿岸域を中心に生息する, 雌雄異体の放卵放精型サンゴであり, 破片分散によりクローン群体を増やすことも可能である. 琉球列島のアザミサンゴはミトコンドリア DNA に着目することで少なくとも 3 タイプに分かれるが, 個体群維持機構や表現型には不明な点が多い. 本研究ではタイプ間・タイプ内遺伝子型, 群体の色彩多型, 生殖細胞の有無と雌雄に着目して, アザミサンゴがどのように局所個体群を維持しているかを解明することを目的とした.

琉球列島の 4 地点 (奄美・沖縄・宮古・西表) で, GPS による位置情報の記録とデジタルカメラでの撮影を行いながら, アザミサンゴの枝片を計 289 群体から採取した. 沖縄では生殖細胞の観察用にも枝片を採取した. 枝片から DNA を抽出した後, ミトコンドリア DNA の *nad2-cytb* 間領域のフラグメント解析を行った. タイプ内の群体識別によるクローン群体数および近縁度の評価には, 開発済みの 8 遺伝子座と, 新規に開発した 7 遺伝子座の計 15 遺伝子座のマイクロサテライトマーカーを用いた. 組織観察用枝片はブアン液に浸して脱灰して切片を作成して, ヘマトキシリン・エオジン染色後, 顕微鏡下で生殖細胞の有無と雌雄を判別した.

奄美で採取した群体は全ての遺伝子型が互いに異なっていた. 礁池である他の 3 地点と異なり採取場所が礁斜面のため, 破片分散しにくい, またはクローン群体が低密度になる要因が存在すると考えられる. クローン群体が検出された 3 地点では距離が近いと近縁度が高い傾向にあり, 破片分散により局所的に遺伝子型分布に偏りが形成されていた. 遺伝子型が同一であり無性生殖由来と思われるクローン群体はすべて同一の色彩型を示した. 生殖細胞の観察のために採取した群体の多くは成熟していたが, 性比に偏りが見られた. クローン群体はすべて同一の性を示していたことから, アザミサンゴでは生まれつき性が決まっていると考えられる. 成熟群体が多い個体群でも有性生殖由来の群体が見かけより少なく性比に偏りが見られる場合, 産出される幼生数が極端に少なく周辺個体群への幼生供給には寄与しない可能性も示唆される.

O-21

サンゴ幼生放流による面的拡散・着底実証結果と検証結果について

○米澤 泰雄<sup>1</sup>, 小松 俊晶<sup>1</sup>, 藤家 亘<sup>1</sup>, 恒岡 徹<sup>1</sup>, 鈴木 豪<sup>2</sup>, 岡田 亘<sup>3</sup>, 完山 暢<sup>4</sup>,  
井上 真仁<sup>5</sup>, 山崎 将志<sup>5</sup>

<sup>1</sup>国際航業 株式会社, <sup>2</sup>西海区水産研究所 亜熱帯研究センター, <sup>3</sup>株式会社 エコー,  
<sup>4</sup>(一社)水産土木建設技術センター, <sup>5</sup>水産庁

キーワード: サンゴ増殖, 幼生収集装置, 幼生放流, 幼生沈降速度, 幼生移流・拡散

【目的】近年、顕在化している高水温による白化現象等の大規模攪乱を受け、サンゴ礁の衰退は著しく、自律的な回復には長期間を要する。一方、従来のダイバー等による移植では、経済的、時間的制約から広範囲に大量のサンゴを移植することは難しい。

このため、水産庁では2018年度より「厳しい環境下におけるサンゴ礁の面的・保全回復技術開発実証事業」に着手し、有性生殖により広範囲かつ持続的にサンゴ礁を保全・回復する技術開発及び実証を行っている。その中で幼生収集装置に配偶子を収集して受精させ、幼生が着底能力を持つまで保持した後に放流し、サンゴ着床・育成基盤に着底させ、効率的・効果的に幼生を着床・育成させる実証実験に取り組んでいる(図1)。さらに、その効果を最大限に引き出すため、幼生放流場所や方法、着床・育成基盤の配置場所を検討するためのサンゴ浮遊幼生移動モデルを構築中である。本稿では、2018年及び2019年に行った幼生放流実験の結果と、モデルを用いた放流後の着底状況の再現、検証結果を報告する。

【結果】石垣島崎枝湾において、天然の*A.tenuis*の親サンゴから産卵した配偶子を収集装置に収集、保持し、4日令以降に350万(2018年)及び200万個体(2019年)の幼生を、海底からの高さを変えて放流した結果、4万から30万個体の幼生が数百m<sup>2</sup>の範囲に着底したと推計され、従来の移植による手法より、短期間で広範囲に幼生供給させることが可能であることを確認した。また上記の放流2ケースについてモデルを用いて着底範囲を再現計算した結果、幼生の着底範囲や着底密度の傾向が一致した(図2)。今後は、大規模または複数拠点で放流する場合の予測を行う予定である。

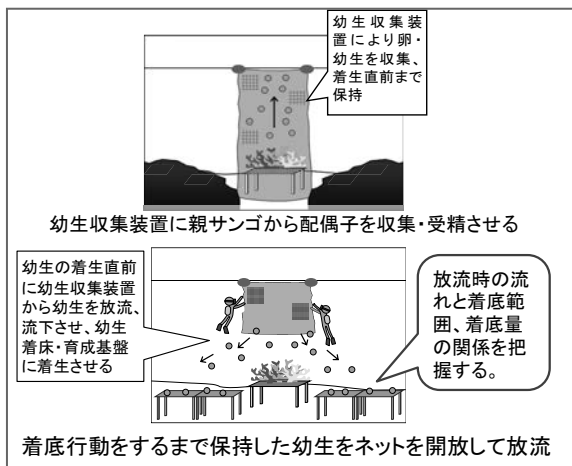


図1 サンゴ幼生収集・放流のイメージ

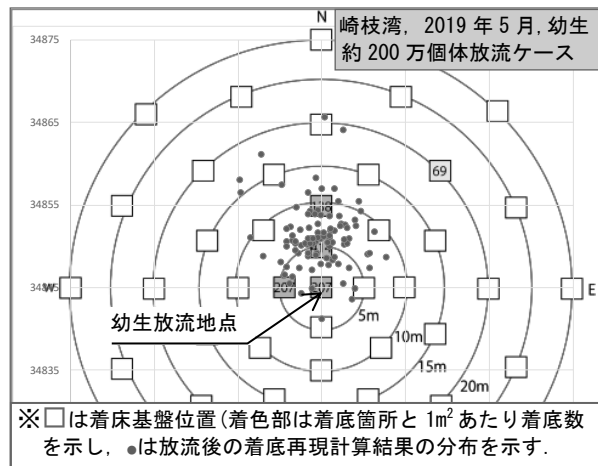


図2 幼生着底結果と再現計算結果

## O-22

### 汎用性向上を目指したサンゴ幼生収集装置の改良

○鈴木豪<sup>1</sup>，谷田巖<sup>1</sup>，田代郷国<sup>1</sup>，山下洋<sup>1</sup>，林原毅<sup>1</sup>，岡田亘<sup>2</sup>，田村圭一<sup>2</sup>，  
完山暢<sup>3</sup>，井上真仁<sup>4</sup>，山崎将志<sup>4</sup>

<sup>1</sup>西水研・亜熱帯，<sup>2</sup>エコー，<sup>3</sup>水産土木センター，<sup>4</sup>水産庁

キーワード：ミドリイシ，一斉産卵，幼生供給，漁場再生

熱帯沿岸域で水産資源を持続的に利用するためには、漁場や稚魚育成場として機能しているサンゴ群集を保全することが重要である。しかし、サンゴ礁の衰退は著しく、最近では 2015～2017 年に起きた白化現象が、琉球列島を含む世界中で深刻な被害をもたらした。こういった状況では、サンゴ群集回復の鍵となる幼生加入も低下し、回復しにくくなるという悪循環が生じる。実際、八重山地域では、2016 年の白化以降、ミドリイシ属サンゴの幼生加入量が平年の 1%以下に激減し、2019 年現在でも低レベルで推移している。

サンゴ移植は、積極的な修復方法として一般的に知られているが、大規模に断片を移植するには多大な労力がかかり、たとえ成功した場合でも、一度きりの白化等で全滅するリスクがある。そこで、持続可能な大規模サンゴ修復法として、毎年の幼生加入を促進することが有効であると考えた。幼生加入を高めるには、自然界では生残率が非常に低い初期生活史の段階、すなわち産卵から浮遊幼生を経て稚サンゴとなる約半年間の保護が重要になる。我々は、まず、配偶子を集めて幼生の死亡・散逸を防ぐことを目指し、産卵時の受精率を高め、幼生が着生可能になるまで確実に飼育可能な幼生収集装置を開発した。この装置は、バンドル収集から受精、幼生飼育まで海上で完了させることが可能である。これまでに、1 基あたり 350 万個体の幼生を生残率 90% 以上で 4 日令まで飼育することに成功している。しかし、以前の試作品では水深 4m 以浅の場所でしか使えなかったため、バンドルを収集できる範囲が限られていた。そこで、バンドル収集部を工夫することで、10m 以上の深い場所でも設置できるようになり、より幅広い範囲（数十 m<sup>2</sup>）から卵が集められるようになった。さらに、収集装置とは別に、サンゴ砂製の角筒型着床具を開発し、確実に幼生を着生させて、海中に放置したままでも、高い生残率で親サンゴになるまで成長させることに成功した。これらの技術を組み合わせることによって、陸上施設を使用せず、自然界の数千倍の効率で、大量のサンゴを卵から育てることが可能になると期待される。

O-23

## Effects Of Ocean Acidification On Larval Recruitment Of Warm Temperate Corals

○ Sylvain Agostini<sup>1</sup>, Marco Milazzo<sup>2,3</sup>, Martina Salerno<sup>2</sup>, Giacomo Milisenda<sup>3,4</sup>, Ben Harvey<sup>1</sup>, Kazuo Inaba<sup>1</sup>, Giovanni D'Anna<sup>3</sup>, Carlo Pipitone<sup>3</sup>, Ikuko Yuyama<sup>1</sup>, Tomihiko Higuchi<sup>5</sup>, Arturo Zenone<sup>3</sup>, Fabio Badalamenti<sup>3</sup>

<sup>1</sup>University of Tsukuba, Shimoda Marine Research Center, Shimoda, Japan; <sup>2</sup>Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare, Università Di Palermo, Palermo, Italy; <sup>3</sup>CNR-IAS, Castellammare Del Golfo (TP), Italy; <sup>4</sup>Stazione Zoologica Anton Dohrn, Naples Italy; <sup>5</sup> Atmospheric and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, Kashiwa, Japan

Keywords : warm-temperate, planula, microrespiration, cue selection, settlement, ocean acidification, CO<sub>2</sub> seep

Ocean acidification (OA) is a major threat to corals, also at high latitudes where tropical species are moving as a consequence of ocean warming. OA interferes with the carbonate system leading to unfavourable conditions for calcifying organisms, and boosting macroalgae- and turf-dominated communities. Here we investigated the effect of ocean acidification on the larval recruitment of two warm temperate species, the Mediterranean *Astroides calycularis* (Pallas, 1766) and the West-Pacific *Alveopora japonica* (Eguchi, 1968). We used an integrate approach where the direct and indirect effects of ocean acidification were investigated. We tested the potential direct effect of the planula larvae of these two species through the assessment of respiration rates, transcriptomic, swimming speed and cilia movement. As coral larvae typically respond positively to chemical cues originated by coral colonies and coralline algae, which are expected to decline under OA, and negatively to cues from macroalgae and turfs, we expect a less successful recruitment of coral larvae in an acidified ocean, which would consist in an indirect effect. Therefore, we have compared habitat selection and settlement of coral larvae in conditions of control and elevated CO<sub>2</sub>. Cue selection experiments were run to assess the preference for different cues (positive: organisms sampled from control pH sites, and negative: organisms sampled from naturally acidified sites) under both CO<sub>2</sub> conditions (present concentration and elevated concentration). Settlement experiments using a fully cross factorial design – consisting of larvae exposed to control and low pH seawater and to early-stage biofilm substrata from ambient and low pH environments – were done to assess the recruitment success under future conditions of ocean acidification.

O-24\*

## Ocean Acidification and Warming Decrease Calcification Rate and Increase Mortality of *Acropora digitifera*

○Cristiana Manullang<sup>1</sup>, Kazuhiko Sakai<sup>2</sup>, Akira Iguchi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemistry Biology and Marine Science, Faculty of Science, University of the Ryukyus

<sup>2</sup>Sesoko Station, Tropical Biosphere Research Center, University of the Ryukyu

<sup>3</sup>Institute of Geology and Geoinformation, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Key words: Ocean acidification, Ocean warming, Corals, Calcification, Mortality

Ocean acidification (OA) and ocean warming (OW) on coral reefs can affect calcification and mortality of corals. However, less has been known about the combined effect of OA and OW on corals, and differences in responses among colonies in the same coral species. We compared the effects of OA and OW among colonies of *A. digitifera*, which is the zooxanthellate scleractinian coral and commonly found on shallow reefs in Okinawa, collected from reefs with different environmental conditions by aquaria experiments. Five donor colonies of *A. digitifera* were collected haphazardly from a fringing reef behind Sesoko Station and from an upper reef slope at South Sesoko, respectively. We established 4 treatments, i.e., control (pCO<sub>2</sub> 400 ppm, temperature 28<sup>o</sup>C), high pCO<sub>2</sub> (1,000 ppm, 28<sup>o</sup>C), high temperature (400ppm, 31<sup>o</sup>C), high pCO<sub>2</sub>-temperature (1,000 ppm, 31<sup>o</sup>C). We cultured coral nubbins for 4 weeks, and measured buoyant weight and the photosynthetic efficiency once a week. Repeated measure Generalized Linear Model (GLMM) was applied to analyze the results. Time (weeks) showed significant effect to the calcification rate, photosynthetic efficiency and mortality of the nubbins. Calcification rate started decreasing significantly from 2<sup>nd</sup> week onwards at high pCO<sub>2</sub>-temperature and in 4<sup>th</sup> week at high temperature treatments. Whole mortality rate of the nubbins was 100% at high pCO<sub>2</sub>-temperature and high temperature treatments in 4<sup>th</sup> week. In contrast, no whole or partial mortality were observed in control and high pCO<sub>2</sub> treatments. These results indicate that calcification and mortality of *A. digitifera* were negatively affected more by OW than OA, and the negative effect of OW increased when OA and OW occurred concurrently. Calcification rate of the nubbins differed significantly among donor colonies, but did not between the sites where the donor colonies were collected. The variation of the calcification rate and mortality among the donor colonies may suggest the presence of genetic diversity in *A. digitifera* which resulted in the different response to OA and OW.

O-25\*

## ISFET による海水炭酸系測定技術開発

○宮脇 稔勝<sup>1</sup>, 藤田 乃里<sup>1</sup>, 茅根 創<sup>1</sup>, 辺見 彰秀<sup>2</sup>, 森岡 和夫<sup>3</sup>, 鈴木 拳太<sup>4</sup>, 中嶋 秀<sup>4</sup>

<sup>1</sup>東大・理, <sup>2</sup>株式会社メビウスアドバンステクノロジー, <sup>3</sup>東京薬科大・薬, <sup>4</sup>首都大・都市環境

キーワード: pH, 測定技術, 代謝, ISFET

地球温暖化や酸性化に応じた有機代謝と無機代謝を見積もるうえで、炭酸系の化学的な変化をとらえることは重要である。炭酸系を特定するには、測定可能な4種類の物理量(pH, CO<sub>2</sub>, 全炭酸, 全アルカリ度)のうち2つを測定することが必要である。このうちpHと全アルカリ度の組み合わせが最も精確に系を特定できる。pHは直接測定、全アルカリ度は酸滴定におけるpH変化により推定され、両者にpH測定が関係している。pHは伝統的に飽和KClに浸ったAg/AgClのガラス電極と参照電極により測定される。参照電極はジャンクション部を通じて、海水試料と接している。最近では、より丈夫で小さいイオン感応性電界効果トランジスタ(ISFET)が、ガラス電極の代わりにpH測定に用いられている。現在商業的に用いられているISFETを用いたpHセンサーは、トランジスタとゲート感応膜が一体化しており、電子回路が海水にさらされないように覆う必要がある。参照電極はガラス電極の時と同じく、KClに浸ったAg/AgClであり、塩化物イオンに応答し、補正する必要がある。しかし、ISFETのゲート膜はトランジスタと一体化される必要はなく、参照電極は電氣的接続が保たれれば、Ag/AgClが直接海水にさらされる必要はない。現在のISFETを用いたpH測定はこれらの特性を生かせていない。そこで、本研究ではゲート感応膜とトランジスタを導線で接続することで分離し、参照電極をゲル化したイオン液体で覆った。イオン感応膜を分離したことで、海水中や砂の中のミリメートル単位での変化を測定できるほど、感応膜を小さくできるようになる。ゲル化したイオン液体は電氣的接続を保ちつつ、参照電極が塩化物イオンと反応することを防ぐ。この装置を用いて、沖縄県瀬底島において、サンゴ礁の海水のpH変化を測定し、日中の光合成や石灰化と夜中の呼吸に関する1日の変化を観測した。このpH測定技術はフロー系で酸を加えた前後のアルカリ度計測に適用し、より小さい計器でのpHや全アルカリ度の継続的測定を可能にすると考えられる。

O-26

## 光阻害過程とサンゴの白化現象のモデル化

○中村 隆志<sup>1</sup>, 樋口 富彦<sup>2</sup>, 宮島 利宏<sup>2</sup>, Agostini Sylvain<sup>3</sup>, 湯山 育子<sup>3</sup>,  
安田 直子<sup>4</sup>, 藤村 弘行<sup>4</sup>

<sup>1</sup>東工大・環境・社会理工, <sup>2</sup>東大・AORI, <sup>3</sup>筑波大・生命環境, <sup>4</sup>琉大・理

キーワード：白化現象, 光阻害, ROS, モデル, 数値シミュレーション

近年の地球温暖に伴い、世界規模でサンゴの白化リスクが高まりつつあるが、白化のメカニズムについてはまだ十分な理解が得られていないのが現状である。白化現象を起こす 30°C 付近より、光阻害からの回復の遅延が明瞭となっていることから (e.g., Takahashi et al., 2004), 光阻害と白化現象は何らかの関係性が示唆されるが、その因果関係や具体的なメカニズムは良く分かっていない。

サンゴは生きるためのエネルギーの多くを共生している褐虫藻からの光合成産物に頼っている一方で、褐虫藻は光合成時にサンゴに害のある活性酸素種 (ROS) を放出するため、褐虫藻を増やしすぎると ROS によるダメージのリスクを伴う。そのため、サンゴは褐虫藻の密度を ROS に耐えられるギリギリのラインにコントロールしていると考えられる。褐虫藻は、強光や温度等のストレスによって ROS をより多く放出することが知られているため、高温などのストレスに曝された場合、サンゴはダメージを軽減するため、褐虫藻密度を減らすことで放出される ROS の総量をコントロールしているのではないかと推察される。つまり、この一時的なリスク回避行動が白化メカニズムの本質ではないかと思われる (Nakamura et al., in review)。

ROS の発生は、主に光化学系 II で生成された電子 (エネルギー) を下流側の光合成過程で使用しきれなかった際に、その余剰のエネルギーが ROS を生成すると考えられる。光合成過程における律速要因の一つである Rubisco の活性は、30°C 付近から急激に失活することが知られている (Lilley et al., 2010)。そのため、30°C 付近で ROS 生成が高まる原因は、Rubisco の失活により光合成速度が低下することによって、上流側 (光化学系 II) から流入する電子が過剰となるためと考えられる。

通常、光阻害がサンゴの白化の原因のように語られることが多いが、この仮説を基に議論を進めると、光阻害 (厳密には光阻害からの回復の遅延) には別の意味合いが見えてくる。光阻害は光化学系 II での電子伝達を制限する。すなわち、光阻害を起こすことで過剰な電子を下流側に流すことを制限し、ROS の発生を低減させていると考えられる。さらに議論を飛躍させると、褐虫藻はその生理応答の中に、ROS 濃度上昇に感応して光阻害からの回復を遅延させる安全弁のようなメカニズムが組み込まれているのではないかと考えられる。

そこで、本研究では、上記の仮説を基に、サンゴポリプモデル (Nakamura et al., 2013) を改良してサンゴの生体内応答をモデル化し、数値シミュレーションを行うとともに、飼育実験の結果と比較することでその妥当性を検討した。



O-27\*

マレーシア産軟体サンゴ由来の生物活性物質

○ Chin-Soon Phan<sup>1,2</sup>, 鎌田 昂<sup>3</sup>, 石井 貴広<sup>4</sup>, 濱田 季之<sup>5</sup>, Charles S. Vairappan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>北大院・環境, <sup>2</sup>マレーシアサバ大, <sup>3</sup>静理工大・理工, <sup>4</sup>琉大・農, <sup>5</sup>鹿大院・理工

キーワード：軟体サンゴ，二次代謝産物，テルペン，生物活性，マレーシア

軟体サンゴは、構造的に多様な二次代謝産物を生産することが知られている。その中でも、テルペン類は特に多く報告されてきた。近年、中国や台湾の研究者によって、南シナ海に分布する軟体サンゴに対する網羅的な化学成分分析がなされている。しかし、世界的に見ても海洋生物の多様性が知られているマレーシア・ボルネオ島に分布する軟体サンゴを対象とした化学的な研究報告は少ない。本研究では、マレーシアのボルネオ島サバ州に生育する軟体サンゴの野外調査および化学成分分析を行った。その結果、ボルネオ島サバ州の浅海には、*Capnella* sp., *Lemnalia* sp., *Lobophytum* sp., *Nephthea* sp., *Sarcophyton* sp., *Sinularia* sp., *Xenia* sp. に分類される個体が広く分布していることが明らかとなった。さらに、取得した各個体の化学成分分析から、総計 82 種の二次代謝産物を単離・同定することに成功した。今回、各種軟体サンゴから得られた新規化合物 21 種を含むテルペン類の構造とその生物活性（抗炎症・抗菌・抗カビ）について報告する。

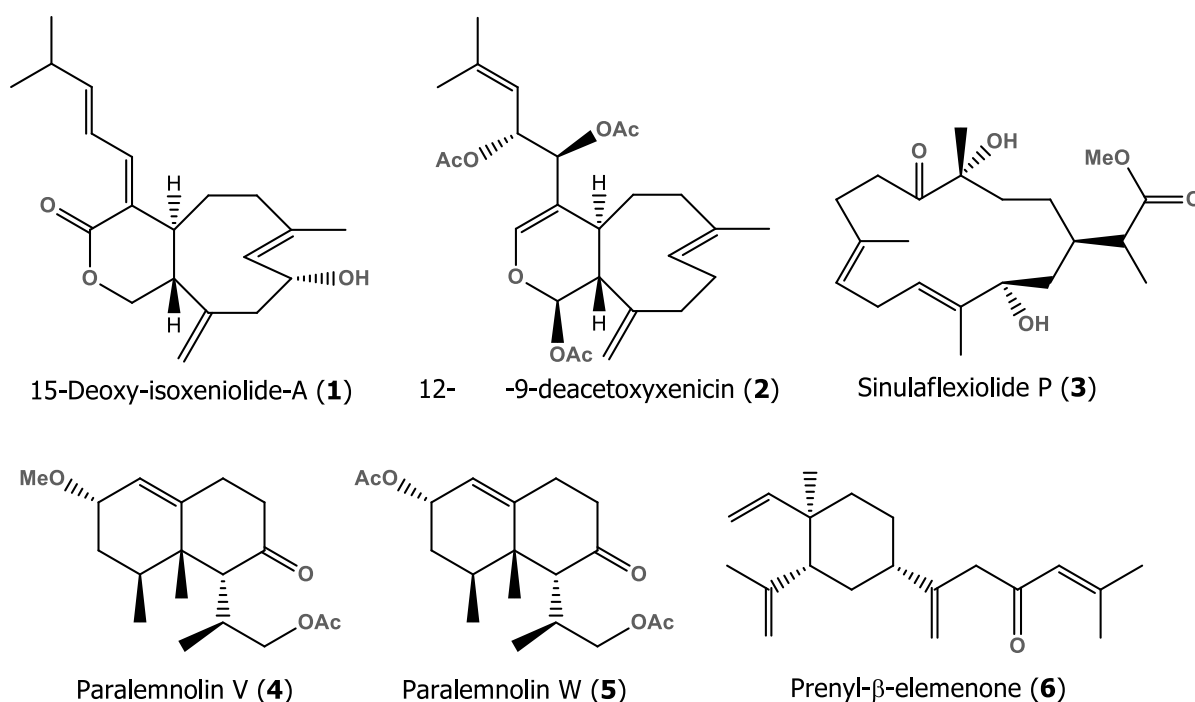


図. マレーシア産軟体サンゴ由来の新規テルペンの一例

O-28\*

## 30°Cで Irgarol 1051 に曝露したウスエダミドリイシ *Acropora tenuis* の体色と光合成収率の変動過程

○具志 美香子<sup>1</sup>, 高山 弘太郎<sup>2,1</sup>, 山城 秀之<sup>3</sup>, 石橋 弘志<sup>1</sup>, 竹内 一郎<sup>1</sup>

<sup>1</sup>愛媛大・院農, <sup>2</sup>豊橋技科大・EIRIS, <sup>3</sup>琉球大・熱生研・瀬底

キーワード：高水温, 除草剤, ミドリイシ

近年, 地球温暖化により世界各地で大規模なサンゴの白化がおり, 沖縄県沿岸では水温が 30°C を超えるとミドリイシ属等が白化することが報告されている. また, オーストラリア・グレートバリアリーフでは, 陸域からの農業排水が流入する沿岸域において, サンゴが白化する海水温度が低下することが報告されている. 一方, Irgarol 1051 (イルガロール) は, サンゴの光合成活性を阻害する除草剤の一つであり, これまで船舶防汚剤としても使用されている. しかし, 高水温とイルガロールとの複合影響について不明な点が多い. そこで, 本研究では, 30°C の水温下で 1.0 μg/L のイルガロールに曝露したウスエダミドリイシ *Acropora tenuis* について, 体色変化の定量的解析とクロロフィル蛍光収率の測定を行った.

沖縄県瀬底島沿岸域から採集したウスエダミドリイシを愛媛大学大学院農学研究科の実験室に輸送し, 実験に供した. 27.5°C, 27.5°C+1.0 μg/L イルガロール, 30.0°C, 30.0°C+1.0 μg/L イルガロールの 4 つの実験区を設定し, 7 日間の実験を行った. また, イルガロールを海水に溶解するためにアセトンを用いた. 実験期間中, 毎日定時にデジタルカメラによる撮影と, MINI-PAM によるクロロフィル蛍光収率の測定および光合成収率 ( $\Delta F/F_m$ ) の算出を実施した. 得られた画像より, サンゴの体色の R (Red), G (Green), B (Blue) 値を算出した. RGB 値はそれぞれ 0~255 の間で変動し, R=G=B=0 で黒, R=G=B=255 で白となるため, RGB 値の増加はサンゴの体色が白色方向へ変化したことを示す.

実験期間中, 27.5°C 区および 30.0°C 区では体色, 光合成収率ともにほぼ一定であり, 両区間に有意差はなかった. 27.5°C および 30.0°C のイルガロール海水区では, RGB 値は 3 日目に白色方向へ変動し, 4 日目以降に各対照区との間に有意差が見られた. また, これらのイルガロール海水区の光合成収率は, 1 日目に約 85% 減少し, その後緩やかに低下した. 27.5°C および 30.0°C のイルガロール海水区間では, 体色・光合成収率ともに差は認められなかった. 以上のことから, 7 日間, 30°C の曝露では, 高水温の影響は見られなかった.

O-29

## NanoSIMS を用いたサンゴ-褐虫藻における硫黄動態の可視化

樋口 富彦<sup>1</sup>, 田中 健太郎<sup>1</sup>, 白井 厚太郎<sup>1</sup>, 湯山 育子<sup>2</sup>, 高畑 直人<sup>1</sup>, 佐野 有司<sup>1</sup>

<sup>1</sup>東大・大気海洋研, <sup>2</sup>筑波大・生命環境系

キーワード: NanoSIMS, 共生, 硫酸イオン, 硫黄同位体

硫黄は硫酸イオンとして海洋で比較的多く存在しているのにもかかわらず、生体内での利用についてあまりわかっていない。動物であるサンゴにおいては、必須アミノ酸で含硫アミノ酸のひとつであるシステインの合成系を持っていないことが全ゲノム解析から明らかとなっている(Shinzato et al. 2011, Nature)。このことから、サンゴは褐虫藻の合成したシステインを受け取る、もしくは従属栄養的に獲得し利用している可能性が考えられる。これまでに、放射性同位体  $^{35}\text{S}$  を用いたオートラジオグラフィにより褐虫藻に硫黄が濃集している様子が確認されている。また、サンゴの動物組織と褐虫藻、骨格を分離して  $^{35}\text{S}$  の蓄積量を調べたところ、海水中  $^{35}\text{S}$  の暴露時間が増すと共に、サンゴ組織、褐虫藻それぞれで放射性硫黄の蓄積量が増加した(Yuyama et al. 2016, Biol Open)。NanoSIMS は、数百 nm～数  $\mu\text{m}$  での元素の空間分布解析に優れ、同位体ラベルと組み合わせることで、時間情報も合わせて元素の濃集場所が取得できる。本研究では、海水中の硫酸イオンがサンゴおよび褐虫藻にどのように取り込まれるかを明らかにすることを目的に実験を行った。実験には、*Acropora solitaryensis* の幼若ポリプ（約 1 カ月齢）を用い、*Durusdinium* (Clade D)を感染させた褐虫藻共生ポリプ、褐虫藻を感染させない非共生ポリプを作成し実験に用いた。ろ過海水に  $\text{Na}_2^{34}\text{SO}_4$  を加えた海水中(同位体比で+1000‰)でサンゴを 2 日間飼育した。また、2 日間同位体ラベルした個体を通常の海水に戻し 2 日間飼育した個体も分析に用いた。サンゴはグルタルアルデヒドを添加し固定したのち、骨格ごと軟組織の樹脂置換包埋を行い、切削・研磨後に分析を行った。NanoSIMS(NS 50, Cameca)を用いて、硫黄同位体  $^{32}\text{S}$ ,  $^{34}\text{S}$  のマッピングを行ったところ、サンゴ軟組織内で  $^{34}\text{S}$  の高い部位が確認できた。なお、放射性同位体  $^{35}\text{S}$  を用いて行った実験では、骨格への硫黄の蓄積も見られていたが(Yuyama et al. 2016)、本研究での骨格部での  $^{34}\text{S}$  ラベルは確認できなかった。原因として  $^{34}\text{S}$  暴露下で新たに形成された骨格部の特定が困難であったことが考えられる。本研究により、サンゴは海水から硫酸イオンとして、硫黄を体内に取り込んでいることが再確認された。特に褐虫藻の存在部や海水に近いサンゴ動物部に  $^{34}\text{S}$  でラベルされた部位が見られた。また、非共生ポリプを見ても、サンゴ動物部で  $^{34}\text{S}$  ラベルが見られており、サンゴは共生藻を介さず硫酸イオンの同化を行っていることが明らかとなった。さらに、 $^{34}\text{S}$  ラベル後に 2 日間通常海水に戻した後でも、共生、非共生ポリプ共に  $^{34}\text{S}$  ラベルが明瞭に見られており、同化された硫黄は少なくとも 2 日間は保存されることがわかった。

O-30

## *Durusdinium* 属褐虫藻と *Acropora tenuis* 幼生の初期共生

○山下 洋<sup>1</sup>, 鈴木 豪<sup>1</sup>, 新里 宙也<sup>2</sup>, 善岡 祐輝<sup>2</sup>

<sup>1</sup>西水研・亜熱帯, <sup>2</sup>東大・大海研

キーワード: 褐虫藻, ウスエダミドリイシ, 初期共生, clade D, *Durusdinium* 属

サンゴにとって体内に共生する褐虫藻と呼ばれる渦鞭毛藻は生存に必須であるが, 多くのサンゴは産まれた直後は褐虫藻を持っていないため, 環境中の褐虫藻を取り込んで共生関係を開始する. 褐虫藻は遺伝的に極めて多様で, 環境中にも様々な褐虫藻が出現しているが, *Acropora* 属サンゴの幼体は *Symbiodinium* 属 (clade A) と *Durusdinium* 属 (clade D) の特定の褐虫藻と最初の共生関係を結ぶ. これにはサンゴによる褐虫藻の誘引と選択的取り込みが関係する (Yamashita *et al.*, 2014, *PLoS ONE*, e97003; Kuniya *et al.*, 2015, *Fish. Sci.*, 81:473-483). 我々はサンゴと褐虫藻の初期共生メカニズムの解明を目指し, *Acropora tenuis* 幼生と *Symbiodinium* 属褐虫藻培養株を用いた室内実験を実施してきた (Yamashita *et al.*, 2018, *MEPS*, 592:119-128; Yoshioka *et al.*, 投稿中). 本研究では野外の *Acropora* 属サンゴの幼体が持つ, もう一つの褐虫藻 *Durusdinium* 属の培養株と *A. tenuis* 幼生を用いた感染実験を実施した.

【方法】 4 群体の *A. tenuis* から得られた幼生に, 由来の異なる 3 つの *Durusdinium* 属褐虫藻培養株 (キクメイシ由来の CCMP2556 株, *Acropora* 属サンゴ幼体由来の AJIS5-A10 株, ヒレジャコ由来の TsIS-G10 株) をそれぞれ 50,000 cells/L の濃度で 3, 4, 5 日齢時に与えた. 6 日齢時と 10 日齢時に幼生をそれぞれ 10 個体ずつ蛍光顕微鏡下で観察し, 褐虫藻を取り込んだ幼生の数と, 幼生内の褐虫藻細胞数をそれぞれ計数した. その後, 水替えのみを実施しながら 40 日齢時に再度 10 個体ずつ蛍光顕微鏡下で観察し, 幼生内褐虫藻の計数は困難であったため, 褐虫藻を持つ幼生の割合のみ算出した.

【結果】 6 日齢時における褐虫藻を持つ幼生の割合は CCMP2556 株添加区で  $66.7 \pm 25.1\%$ , AJIS5-A10 株区で  $73.3 \pm 11.5\%$ , TsIS-G10 株区で  $56.7 \pm 20.8\%$  であり, 添加した褐虫藻培養株による違いは認められなかった. 一方, 幼生内の褐虫藻細胞数は CCMP2556 株区で  $2.6 \pm 0.4$  cells/larva, AJIS5-A10 株区で  $8.0 \pm 2.2$  cells/larva, TsIS-G10 株区で  $3.2 \pm 0.5$  cells/larva で, AJIS5-A10 株と他の二株の間で有意な差が認められた ( $p < 0.01$ ). しかし, 幼生内褐虫藻細胞数は 10 日齢時にはそれぞれ  $7.4 \pm 1.5$  cells/larva,  $16.7 \pm 4.2$  cells/larva,  $13.5 \pm 1.9$  cells/larva と増加し, 株間の差は見られなくなった. 40 日齢時における褐虫藻を持つ幼生の割合は CCMP2556 株添加区で  $43.3 \pm 11.5\%$ , AJIS5-A10 株区で  $86.6 \pm 15.2\%$ , TsIS-G10 株区で  $63.3 \pm 32.1\%$  であり, CCMP2556 株添加区と AJIS5-A10 株区間で有意な差が認められた ( $p < 0.01$ ). 以上の結果から, 取り込みにわずかな差がみられるものの, *A. tenuis* 幼生は由来の異なるいずれの *Durusdinium* 属褐虫藻培養株を取り込むことが可能である. また, いずれの培養株も幼生内で増殖が確認されたため, 共生が成立したと考えられる. これらの褐虫藻培養株を取り込んだ *A. tenuis* 幼生の遺伝子発現解析は今後実施予定である.

O-31\*

## シャコガイの糞は褐虫藻をサンゴに運ぶ

○梅木 雅美<sup>1</sup>, 山下 洋<sup>2</sup>, 鈴木 豪<sup>2</sup>, 小池 一彦<sup>1</sup>

<sup>1</sup>広島大・院統合生命, <sup>2</sup>水産機構西海水研

キーワード: 褐虫藻, シャコガイ類, 共生, サンゴ幼生

【背景】 シャコガイ類にはサンゴ同様に褐虫藻 (Symbiodiniaceae) が共生し, シャコガイの糞中に含まれる未消化の褐虫藻はヒレジャコ幼生に再共生することができる (Morishima et al. 2019. PLoS ONE 14: e0220141). 本研究ではシャコガイの糞に含まれる褐虫藻が, シャコガイの幼生と同様に, サンゴのプラヌラ幼生にも感染可能であるかどうかを調べ, サンゴ褐虫藻の水平伝搬ルート的一端について更なる情報を与えることを目的とした.

【方法】 糞由来の褐虫藻の共生成立率を評価するため, 褐虫藻ソースとして3個体のヒメジャコから得た糞と, サンゴおよびシャコガイ由来の培養株を用意した. 3日齢の *Acropora tenuis* のプラヌラ幼生 50 個体を 50 ml の濾過海水の入った遠心管に収容して 27°C, 光量子束密度; 26.6  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (明暗周期, 明 12 h : 暗 12 h) のインキュベーター内に置いた. 各遠心管には個別の褐虫藻ソースをそれぞれ 30 cells  $\text{ml}^{-1}$  で添加した. 各区とも3連で行った. 糞はペッスルホモジナイザーで崩し, 培養株と同じ細胞密度になるように添加した. 7日間の培養期間のうち, 1~3日目は褐虫藻ソースを添加し, 4日目以降は濾過海水のみとした. 4日目以降は2日に1度の頻度で換水した. 8日目に紫色励起光下で各遠心管から10個体ずつ (=各区30個体) を観察し, 幼生内の褐虫藻の有無から共生率 (褐虫藻を持つ幼生の割合) を算出した. その際同時に各個体に含まれる褐虫藻の細胞数も計数した. 観察後に残りの全ての個体を回収し, 褐虫藻の属レベルの定量 PCR 分析と, 遺伝子クローニングによる核 ITS1-5.8S-ITS2 領域の塩基配列解析に供した.

【結果・考察】 サンゴのプラヌラ幼生はヒメジャコの糞に由来する褐虫藻を取り込んだ. 8日目における3つの糞添加区の共生率の平均は  $81.1 \pm 5.1\%$  であり, このうち1つの区では  $96.7 \pm 5.8\%$  と高い共生率であった. サンゴ由来の培養株添加区では  $83.3 \pm 8.8\%$ , シャコガイ由来の培養株添加区では  $100.0 \pm 0\%$  であった. 幼生内の褐虫藻細胞数はシャコガイ由来の培養株区が最も高く,  $226.7 \pm 31.2$  cells/個体となり, 次いで糞添加区で  $57.6 \pm 9.3$  cells/個体であった. 高い共生率を得た区における, 添加した糞中の褐虫藻と, 幼生が取り込んだ褐虫藻の属組成を定量 PCR で比較したところ, 糞中の褐虫藻では *Symbiodinium* 属が 80~95%, *Cladocopium* 属が 5~20% であったが, 幼生内では *Symbiodinium* 属がほぼ 100% であり, サンゴは添加された褐虫藻を選択的に取り込んでいることが示唆された. 糞から幼生が取り込んだ褐虫藻はほとんどが *Symbiodinium tridacnidorum* であった.

O-32

## RNAi による *Acropora tenuis* レクチン遺伝子の発現抑制と褐虫藻獲得

○神保 充<sup>1</sup>, 湯山 育子<sup>2</sup>, 山下 洋<sup>3</sup>, 鈴木 豪<sup>3</sup>, 波利井 佐紀<sup>4</sup>, 服田 昌之<sup>5</sup>, 新里 宙也<sup>6</sup>, 天野 春菜<sup>1</sup>, 安元 剛<sup>1</sup>

<sup>1</sup>北里大・海洋, <sup>2</sup>筑波大・生命環境, <sup>3</sup>西海水研, <sup>4</sup>琉大・熱帯生物圏 <sup>5</sup>お茶大・理 <sup>3</sup>東大・大気海洋  
研

キーワード: *Acropora tenuis*, RNAi, レクチン, 褐虫藻獲得, 発現抑制

【目的】 我々は、ウスエダミドリイシをモデル生物として、褐虫藻獲得機構に関わる因子を探索してきた。その結果、糖結合タンパク質であるレクチン AtTL-2 および ActL を見出した。これらのレクチンに対する抗体は褐虫藻の獲得を阻害することから、褐虫藻獲得に関与すると推定される。ActL は褐虫藻を誘引する作用を持つ一方、AtTL-2 の機能は不明確であった。そこで、本研究では RNAi を用いてレクチン AtTL-2 の発現を抑制して、稚ポリプによる褐虫藻の獲得がどのように変化するのか検討した。

【方法】 *A. tenuis* 幼生は瀬底島または石垣島周辺で採集された成熟群体から得た。GFP の発現抑制をする場合、プラヌラ幼生に GFP siRNA を加え、24 時間放置した後、ヒドラ神経ペプチド Hym-248 を用いて変態させた。24 時間放置後、稚ポリプの緑色蛍光を測定した。AtTL-2 の発現抑制を行う場合、プラヌラ幼生に AtTL-2 siRNA を加え、2 時間放置した後、Hym-248 を用いて変態させた。3 日後に、5,000 細胞の褐虫藻 AJIS2-C2 株を添加して、24 時間飼育した。その後、蛍光顕微鏡により、稚ポリプに含まれる褐虫藻数を計数した。

【結果】 まず、ポリプにおいて siRNA による発現抑制を行うことができるか検討するため、GFP siRNA をプラヌラ幼生に添加した。Hym-248 で変態させたところ、緑色蛍光が有意に低下していた。したがって、*A. tenuis* 稚ポリプでも siRNA を用いて RNAi を行うことができると分かった。そこで、AtTL-2 siRNA を稚ポリプに添加して、褐虫藻獲得への影響を検討した。稚ポリプによる褐虫藻獲得数は、AtTL-2 siRNA 処理稚ポリプでは、未処理の稚ポリプに比べ有意に低下した。対照として AtTL-2 siRNA の配列をランダム化した siRNA (AtTL-2R siRNA) で処理したところ、稚ポリプの褐虫藻獲得数は、AtTL-2 siRNA 処理稚ポリプより有意に多かった。以上の結果から、AtTL-2 は、褐虫藻の獲得に AtTL-2 が関与するとわかった。興味深いことに、通常の稚ポリプでは主に触手部分に褐虫藻が獲得されていた一方、AtTL-2 siRNA で処理した稚ポリプでは、褐虫藻がポリプ全体に分布していた。AtTL-2 は刺胞に分布していることから、AtTL-2 が褐虫藻に結合することにより、稚ポリプ細胞による褐虫藻の取り込みを促進すると推定される。

## O-33\*

### サンゴ特異的 Notch 様遺伝子が、褐虫藻との共生関係を制御している？

○善岡 祐輝<sup>1</sup>, 山下 洋<sup>2</sup>, 邱 顛陵<sup>3</sup>, 蔡 品萱<sup>3</sup>, 座安 佑奈<sup>4</sup>, 鈴木 豪<sup>2</sup>,  
識名 信也<sup>3</sup>, 新里 宙也<sup>3</sup>

<sup>1</sup>東京大・大海研, <sup>2</sup>水産機構・西海水研, <sup>3</sup>台湾海洋大学, <sup>4</sup>OIST

キーワード: 共生, 遺伝子発現変動, ウスエダミドリイシ, 褐虫藻

自然環境中のミドリイシ属サンゴの幼体にはクレードA (*Symbiodinium* 属) とD (*Durusdinium* 属), 特にタイプA1 とD1-D4 の褐虫藻が優占して共生していることが報告されている (Yamashita et al., 2014, *PLoS ONE*). 自然界で共生していない褐虫藻クレード, あるいはタイプを実験的にサンゴの幼体に取り込ませることも可能であり, それらを使った遺伝子発現変動解析なども行われてきた. しかし, 自然環境中で見られる共生関係のメカニズムの全貌を明らかにするには至っていない. 昨年サンゴ礁学会では, ミドリイシ幼体の共生褐虫藻の一つであるタイプA1 がミドリイシ幼体に感染すると, サンゴは自らの代謝関連遺伝子の発現を抑制し, 糖・アミノ酸輸送体の発現量を増加させるなどの細胞内の現象を報告した (Yoshioka et al. 投稿中). 本発表では, 共生メカニズムを制御していると思われるサンゴの遺伝子について報告する.

自然環境中で実際にミドリイシ属サンゴの幼体と共生しているタイプA1, 稀に共生しているA3, 前者と遺伝的に近いがサンゴと共生している例がないA2-relative の褐虫藻培養株を, それぞれウスエダミドリイシのプラヌラ幼体に添加して, 4, 8, 12 日後のプラヌラ幼体を回収した (Yamashita et al., 2018, *Mar Ecol Prog Ser*). その後全RNA を抽出し, 次世代シーケンサーHiSeq (Illumina) で塩基配列を解読した. 得られたデータは, 解読された全ゲノム配列にマッピングし, ウスエダミドリイシの全遺伝子の発現量を推定した.

シグナル分子や転写因子は, 様々な細胞内メカニズムの起点となることが知られている. 本来の共生褐虫藻であるタイプA1 感染時特異的に発現変動した遺伝子群の中で, シグナル分子・転写因子は, 6 個含まれおり, 共生メカニズムを制御する候補遺伝子として注目した. 特に, ウスエダミドリイシのゲノム上に並んで存在し, 褐虫藻添加後8, 12 日のサンプルで唯一連日発現量が変動した, Notch パスウェイのリガンドであるシグナル分子DII に相同性を示す2 つの遺伝子に着目した. これらの遺伝子と相同性を示す他の生物の遺伝子配列を比較した結果, これらはサンゴに特異的に存在する遺伝子であることが推測された. また, このNotch-リガンド様遺伝子は, 配列の末端にシグナル配列を持っており, タンパク質のドメイン構造は他の生物の通常のNotch-リガンドとは異なっていた. そのため, サンゴ特異的な機構で, サンゴと褐虫藻の共生関係に関与していることが示唆される.

## 衛星データを用いたサンゴ白化と栄養負荷の広域解析

○熊谷 直喜<sup>1</sup>, 山野 博哉<sup>1</sup>, 井口 亮<sup>2</sup>

<sup>1</sup>国立環境研, <sup>2</sup>産総研・地質情報

キーワード：白化現象, 陸域負荷, リモートセンシング, DHW, 統計モデル, GIS

人為的気候変動の進行に伴い、サンゴの白化現象が頻発化している。これらの影響を軽減するには、気候変動自体に加え、関連する地域的な環境負荷要因を抑制する必要がある。白化に関連する地域的な環境要因としては、陸域からの流入に由来する栄養等の負荷が代表的であり、地域的な影響や対策、影響メカニズムの研究がなされてきた。一方で広域的には、サンゴ白化への栄養負荷の影響を見積もる指標が確立されていない。栄養負荷に関連する環境指標としては、リモートセンシング画像の分析によるクロロフィル *a* 濃度等が利用可能だが、これらの環境指標は時間的に大きく変動するため、白化との関連を調べる上でどのような代表値（平均、最大など）を選択すべきかが課題である。また、単一の指標では不十分ならば、複数の環境指標を組み合わせることで白化の関連を調べる多変量解析も利用しうるが、環境変数間の相互的な相関関係（多重共線性）が解析の妨げとなってきた。しかし近年、こういった関連し合う多数の変数を含む解析において、変数間の関連を考慮しつつ同時に変数選択を行う **Sparse modeling** 手法が活用され始めている。そこで本研究では、国内の広域のサンゴ白化現象を対象とし、水温ストレス影響を踏まえた上での栄養負荷の影響を **Sparse modeling** によって解析した。

サンゴ白化・白化による死亡の記録として、おもに環境省モニタリングサイト 1000 の報告書による公開記録を整備して用い、その他データ数の多い順に、市民参加型のサンゴ調査プロジェクト「日本全国みんなで作るサンゴマップ (<http://www.sangomap.jp>)」, 国立環境研のサンゴモニタリング等のデータを用いた。基本となる積算水温ストレスによる白化指標として Kumagai et al. (2018) PeerJ で整備した 1 km 解像度の Degree Heating Weeks (DHW) を計算し、毎年の最大値を求めた。栄養負荷に関連する指標としては、全国の海岸線や河川河口からの距離など陸域に関する変数や、米国海洋大気庁 NOAA 観測によるクロロフィル *a* 濃度や消散係数から複数段階の分位点および変動を計算し解析に用いた。これらの変数を用い、水温ストレスのみによるモデルと、水温に栄養負荷を加えたモデルによる推定率向上を比較した。このような解析により、栄養負荷とサンゴ白化の関連がより明確になれば、今後の土地利用管理計画を検討する上で有用な判断材料になると期待できる。



O-35\*

## Anthropogenic Impacts through Riverine Inputs affecting adjacent Coral Reefs in a subtropical island, Okinawa, Japan

○Rhyner Timo M. Y.<sup>1</sup> and Kurihara Haruko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of the Ryukyus, Researcher of Science and Technology, <sup>2</sup>University of the Ryukyus, Faculty of Science

Key words: Anthropogenic impacts, riverine inputs, watershed, water quality, land-use

The degradation of coral reefs is increasing world-wide, as a result of increasing global and local pressures (Burke et al., 2012). With the increase in CO<sub>2</sub>-emissions in recent decades, studies about global pressures such as global warming and ocean acidification are becoming of greater importance (Allen et al., 2009; Doney et al., 2009). But local pressures might interact synergistically together with global pressures, which makes them also important. Among the local pressures, the aspect of terrestrial run-off, such as the issue of eutrophication has been addressed since decades (Deininger and Frigstad, 2019; Bauer et al., 2013). More recent studies have shown the importance of other factors such as the elevation of organic carbon in coastal waters, making coral reefs more susceptible to diseases and bleaching (Kline et al., 2006). But studies incorporating nutrient factors and organic matter simultaneously are scarce. In this regard, there is urgent need to shed new light on the deterioration of water quality through terrestrial input in coastal waters degrading adjacent coral reefs. The main question to address in this research is, whether water quality can explain the differences in coral coverage and composition along the coast that show different landuse.

This research surveyed in-situ corals and sampled the water quality, near three river mouths on the tropical island of Okinawa, in Japan. The three study sites (Hija, Yuhi and Ooi) were chosen according to the strong population gradient and land-use differences from south to north, of the Okinawa Island. The water sampling was done monthly at low tide around full moon. Surface water was sampled at the river, river mouth and three stations along the reef away from the river. Temperature, salinity, turbidity and dissolved oxygen was measured insitu, while nutrients, DOC, POC, PON and chlorophyll-*a*, were measured in the laboratory. GSI-information about different types of land-use/soil-type inside the watershed area were also evaluated.

The results showed that there were significant differences in live coral coverage and diversity among the three study sites. An overview showed that water quality was generally different between study sites. Comparing differences in types of land-use inside the watershed area, there were markable differences in urbanization, forest and agricultural land-use, with Hija-river characterized by army bases, while Yuhi-river by sugar cane fields and livestock. Further this study will illustrate possible explanations of these differences inside the watersheds causing the differences in water quality.

O-36\*

## Recovery of *Acropora* corals growth after moderate heat stress

○Tanya Singh<sup>1</sup>, Kazuhiko Sakai<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Sesoko Station, Tropical Biosphere Research Center, University of the Ryukyus, Sesoko, Okinawa, Japan,

Key words: Coral bleaching, Moderate heat stress, Recovery, *Acropora* growth

Recovery of coral populations after catastrophic disturbance such as mass-bleaching can be due to colonization of new colonies and growth of survived colonies including unattached fragments. The processes involved in recovery may in turn also depend on the intensity of the disturbance. A coral reef in front of Sesoko Station, University of the Ryukyus in Okinawa, experienced moderate heat stress in the summer of 2016, resulting in 40 % mortality of *Acropora* corals. In this study we report the results of monitoring of the colonies which survived after 2016. We examined whether the colonies which were affected by bleaching recovered by observing the growth trajectories of colonies of *Acropora* spp. for two years after 2016. Growth rates (per 6 months) of dominant *Acropora* species were compared before the bleaching event (October 2015- April 2016, or t1), during bleaching event (April 2016 to October 2016, or t2) and two years after bleaching event (April 2018 to October 2018, or t3). Growth rates of all species were similar in before bleaching and partial mortality was negligible. During bleaching event, partial mortality increased in all species, but it was highest in *A. gemmifera*. Two years after bleaching event, a few colonies of *A. gemmifera* (95 quantile) had higher growth rates compared to *A. digitifera*. Our previous study at the same site had shown that tabular *Acropora* were most tolerant to moderate thermal stress, followed by *A. digitifera*, while *A. gemmifera* were most vulnerable. Higher growth rates in some colonies of the heat vulnerable species of *A. gemmifera* might imply a tradeoff between high growth during the period without heat stress and heat stress vulnerability. Alternatively, heat tolerant genotypes of *A. gemmifera* that survived the moderate heat stress may be able to growth faster than the heat vulnerable genotypes that suffered whole mortality. These hypotheses will be tested in future

## O-37

### シェーディング手法を活用した白化に強い人工幼生供給基地の整備

○岡田 亘<sup>1</sup>, 田村 圭一<sup>1</sup>, 山本 秀一<sup>1</sup>, 鈴木 豪<sup>2</sup>, 完山 暢<sup>3</sup>, 林 正裕<sup>4</sup>,  
井上 真仁<sup>5</sup>, 山崎 将志<sup>5</sup>

<sup>1</sup>エコー, <sup>2</sup>西水研・亜熱帯, <sup>3</sup>水産土木センター, <sup>4</sup>海洋生物環境研究所, <sup>5</sup>水産庁

キーワード：白化現象, 幼生加入, ミドリイシ, 強光, 遮光

**1. 背景・目的**：近年，大規模攪乱によるサンゴ礁の衰退が著しく，2016年には白化現象で先島諸島を中心に深刻な被害を受けた．大規模攪乱後には，サンゴ群集回復の鍵となる幼生供給が低下し，回復が遅れるという悪循環が生じる．そこで我々は，人為的に幼生供給を高めるため，同種の成熟サンゴを集約的に配置し，「人工幼生供給基地」（以下，供給基地）の確立を目指している．この供給基地から持続的に幼生を供給するには，白化現象等の大規模攪乱から基地上のサンゴを保護する必要がある．サンゴは，高水温に加えて強光によって白化することが知られているが，高水温対策（冷却等）は現場での実施が難しい．そこで，白化が予測された際の強光対策を確立するため，供給基地を遮光する技術の有効性を検証した．本稿では，水槽及び海域での遮光実験結果を報告する．

**2. 方法**：対象種は，白化で死滅しやすいミドリイシ属サンゴとした．まず，水槽での遮光実験では，50%遮光，25%遮光，遮光無しの3ケースでサンゴ群体を31°Cの高水温下で3週間飼育し，白化の度合いをカラーチャートを基に点数化した「白化指数」により評価・比較した．海域での遮光実験では，藻類等の付着による遮光率の変化を把握するため，ウスエダミドリイシを配置した架台上に3ケースの目合い(4mm, 12mm, 25mm)の遮光ネットを取り付け，遮光率を比較した．2週間後，各ケースの白化状況を観察するとともに遮光率を計測した．

**3. 結果**：水槽実験では，25～50%遮光区と対照区の白化指数に有意差が認められ，25～50%遮光することで白化を軽減できた．海域実験では，12～25mm目合いで遮光率は30～50%で安定した．一方4mm目合いでは，付着物によるネットの目詰まりで遮光率が平均40%から70%に上昇し，成育障害が懸念される低い光量となった．また，2018年夏季の水温は平年並みであり，試験サンゴに白化現象は生じなかった．両実験結果より，高水温期(7～8月)に12～25mm目合いのネットで遮光することで，白化の影響を低減できる可能性が示唆された．

なお，供給基地として，2019年8月現在，約50基の嵩上げ架台が整備され，幼生収集装置（水産庁:2019, [http://www.jfa.maff.go.jp/j/seibi/sango\\_tebiki.html](http://www.jfa.maff.go.jp/j/seibi/sango_tebiki.html)）で生産した4才令のウスエダミドリイシを幼生供給源として400群体以上育成している．今後，これらの種苗を保護するため，本研究成果を活用していく．

供給基地の整備状況



O-38\*

## 新たなリモートセンシング技術を用いたサンゴのモニタリング技術開発と AI によるサンゴ分類技術の高度化

○恒岡 徹<sup>1</sup>, 米澤 泰雄<sup>1</sup>, 小松 俊晶<sup>1</sup>, 浅田 典親<sup>1</sup>, 鈴木 久美子<sup>1</sup>, 林 雨亭<sup>1</sup>,  
完山 暢<sup>2</sup>, 井上 真仁<sup>3</sup>, 山崎 将志<sup>3</sup>

<sup>1</sup>国際航業 株式会社, <sup>2</sup> (一社) 水産土木建設技術センター, <sup>3</sup> 水産庁

キーワード: サンゴ被度計測, 画像解析技術, AI モデル, 水中ビデオ画像

これまで、サンゴ生育状況や消長を把握するための観察は、潜水士によるラインまたはスポット調査が実施されてきた。また、数 km から数十 km 四方のサンゴ被度を測定する場合は、衛星画像を用いた画像解析技術が用いられてきたが、サンゴを人工的に数 ha の規模で増殖させ、継続的に精度よく観察する場合には、衛星画像による被度判読では詳細な被度のデータが得られない。また、遠隔離島のような現地調査の頻度・期間に制約がある場合、短期間にサンゴ被度を測定する手法が求められる。

そこで、サンゴ被度の計測技術の高度化を目指し、ドローンおよび水中ビデオカメラによるサンゴ礁の面的な撮影を行った。作業効率は、いずれの手法ともに潜水士による調査と比べ大きく改善がみられた。一方、取得画像の精度については、ドローン撮影は衛星画像よりも高精度なサンゴ被度分布の計測が可能であった。

さらに、水中ビデオカメラ撮影では、個々のサンゴ群体が判別可能な画像でオルソ化することが可能であるため、AI モデルによる深層学習 (サンゴなど物体ごとにクラス分けし、物体領域を抽出するインスタンスセグメンテーション手法) によりサンゴの分類を実施した。

AI モデルによる分類の結果、サンゴ、非サンゴの2区分の分類の全体精度はおおよそ 80%であった。しかし、ミドリイシ属やハマサンゴ属などの種ごとの分類精度は、種ごとの学習データ少ないため現時点で精度が低く、今後はさらにサンゴ礁の水中画像撮影を行い、学習データを増やすことで、サンゴの分類精度向上を目指している。

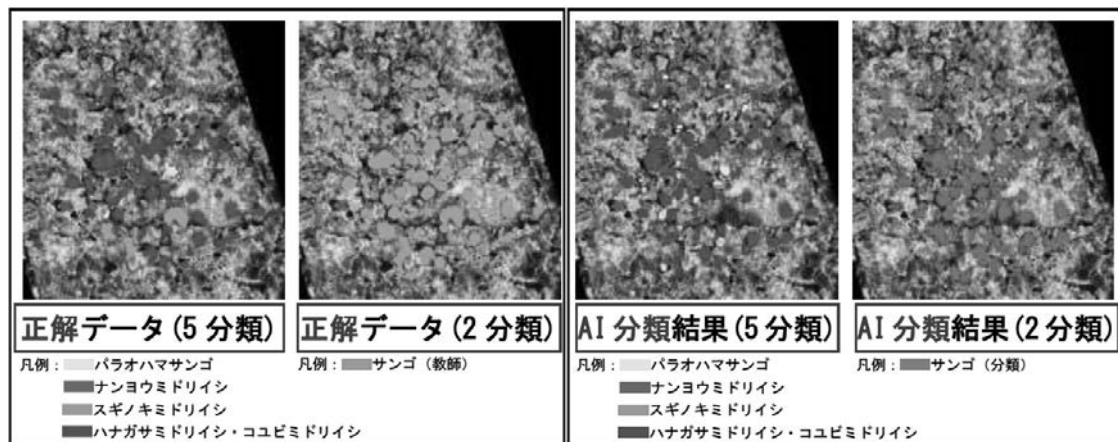


図1 AI モデルによるサンゴの分類結果

O-39\*

## 防波堤における通水部の流れ場とサンゴの着生の関係

○棚谷 灯子<sup>1</sup>, 金城 信之<sup>2</sup>, 青山 宗平<sup>3</sup>, 長谷川 巖<sup>3</sup>,  
鈴木 高二朗<sup>1</sup>, 中川 康之<sup>4</sup>, 桑江 朝比呂<sup>1</sup>

<sup>1</sup>港湾空港技術研究所, <sup>2</sup>沖縄総合事務局, <sup>3</sup>株式会社エコー, <sup>4</sup>九州大学

キーワード: 生物共生型防波堤, サンゴ, 通水部, 流れ場, 水理模型実験

高水温等の影響でサンゴが世界的に減少する中, 人工的にサンゴの着生を促進する取組の意義が高まっている. 沖縄県の港湾には, 生物共生に配慮し, 港内外の海水交換を促進するため, 防波堤のケーソンとケーソンの間の隙間(目地)の一部を1m前後まで広げた「通水型ケーソン」が設置されている. 本研究は, サンゴが適度な流れや乱れがある場を好むことに着目し, 通水部の流れ場とサンゴの着生の関係を調べた.

沖縄県那覇港, 平良港, 石垣港の港内において, ケーソン目地部周辺のサンゴの分布調査を行った. 那覇港の浦添第一防波堤では, ケーソン目地部は, 目地から5m, 10m離れた地点(直立部)よりもサンゴの総被度(ソフトコーラルを除くサンゴ被度の合計値)が高かった( $P < 0.001$  (0mと5m);  $P < 0.05$  (0mと10m)). サンゴの種類別に見ると, 流れが強い環境を好む, ミドリイシ属, ハナヤサイサンゴ属, アナサンゴモドキ属は目地部で, 目地から5m, 10m離れた地点よりも被度が高かった( $P < 0.01$ ). 一方, キクメイシ科, ハマサンゴ属, ソフトコーラルは目地部で被度が低かった( $P < 0.01$ ). 樹枝状, 準塊状の立体的な形状のサンゴは目地部で被度が高かった( $P < 0.01$ ). 浦添第一防波堤では, 目地幅1m前後でサンゴの総被度が最大化した. ケーソン目地部における流れ場の概況を把握するため, 目地部から港内側への噴き出しのUAV空撮を行ったところ, 目地幅1m前後まで目地幅が大きいほど目地からの噴き出し距離が大きくなり, 港内側出口流速が大きくなることが示唆された. さらに, 浦添第一防波堤の縮尺1/25のケーソン模型において規則波を作用させ, 港内側出口流速を測定する水理模型実験を行った. 水理模型実験の結果から, 現地での平均的な波高1m, 周期6.0sの規則波において, 目地幅0.25, 0.5, 1mにおける港内側出口流速の最大値はそれぞれ約23, 55, 100  $\text{cm s}^{-1}$ と推定された. これらの結果から, 目地幅が広いほど港内側出口流速が速くなり, サンゴの着生が促進されることが示唆された.

水理模型実験において, 目地部の流速は, 波高が低いほど低下し, 波の入射角が大きい場合も低下する傾向にあった. 那覇港よりも沖波の平均波高が低く, 防波堤に対する主波向の入射角が大きい平良港の下崎西防波堤では, 通水部と直立部とサンゴの総被度に有意な差が無かった( $P > 0.05$ ). 通水部の計画や設計にあたっては波浪条件や防波堤の延伸方向など流速に影響を与える要因も考慮する必要がある. 港外側から港内側にかけて目地幅が狭まるテーパ型目地は, 同じ周期や波高の条件下において直線型目地よりも流速が速い傾向にあり, こうした構造を現場の港湾構造物の設計に反映させることでサンゴの着生をより促進することができる可能性がある.

## O-40

### 海面上昇に対するサンゴ礁海岸保全の革新的工法としての透過型護岸

○茅根 創<sup>1</sup>, 田島 芳満<sup>2</sup>, 前田 勇司<sup>3</sup>, 琴浦 毅<sup>3</sup>, 佐貫 宏<sup>3</sup>, 黒滝 秀平<sup>3</sup>,  
片山 裕之<sup>3</sup>, 関本 恒浩<sup>3</sup>

<sup>1</sup>東京大・理, <sup>2</sup>東京大・工, <sup>3</sup>五洋技術研究所

キーワード: サンゴ礁, 海面上昇, 透過型護岸, 海岸保全

サンゴ州島とサンゴ礁陸側の海浜は、今世紀最大1 mに達する海面上昇による水没の危機にある。州島とサンゴ礁海岸は、サンゴ礫などによってつくられ、台風の通過時に堆積することが観察されている。堆積の鍵は、サンゴ礫の透水性であることが、現地調査、水槽実験、シミュレーションによって明らかになった。サンゴ礁海岸のようなリーフ地形では、沖合から来襲した波はリーフエッジで碎波し、波浪エネルギーが礁原上の強い流れに転化される。サンゴ礁原でつくられ、礁原上にストックされたサンゴ礫は、台風時の高波浪と強い流れによって陸側に運搬される。海浜で再び砕けて遡上する波は、サンゴ礫を遡上高まで打ち上げる。もし海浜や護岸が不透過であれば、波は反射して、礫も海底に戻す。しかし、サンゴ礫からなる海浜は、50%程度の空隙率を持つので、海水は礫だけを残して、海浜堆積物の中を透過して戻る。こうして、台風が通過して波高が小さくなると、静水位より上にサンゴ礫が積み上がっている。

この自然の堆積メカニズムに基づいて我々は、サンゴ礁海岸の保全と堆積の促進のための透過型護岸を提案する。透過型護岸は、ステンレスなど耐波性の素材からなる鋼製ネットからなる。ネットの目合いはサンゴ礫の平均サイズより小さくする。ネットは、波と直交方向に、高潮位の高さまで設置する。このネットは高波浪時に、打ち上げられたサンゴ礫は捕捉するが、来襲した波浪は透過させる。この過程で、サンゴ礫は透過型護岸の前面に堆積する。護岸前面が完全に礫に埋まると、礫は護岸を越えて背後にも堆積するようになる。透過型護岸による礫の堆積は、断面水槽実験によって確認され、礫とネットの透水性を取り入れたシミュレーションによって再現された。今後、現地試験により効果を検証する。透過型護岸は、海面上昇に対してサンゴ州島やサンゴ礁海岸を保全する、自然のメカニズムに従った革新的な工法である。

O-41\*

## 喜界島ハワイ礁池および奄美大島大浜礁池における過去4年度分の教育活動に伴うサンゴ被度調査の成果と傾向

○藤井琢磨<sup>1</sup>，興 克樹<sup>2</sup>，駒越太郎<sup>3</sup>，山崎敦子<sup>3,4</sup>，渡邊 剛<sup>3,5</sup>

<sup>1</sup>鹿大・島嶼研，<sup>2</sup>奄美海生研，<sup>3</sup>喜界サンゴ研，<sup>4</sup>九大・理，北大・理，

キーワード：サンゴ群集，被度，奄美大島，喜界島，実習，LIT

夏期高水温による有藻性サンゴ類の世界的な大規模白化および被度現象は、最近では2016-2017年の2年度連続で観測された。発表者らは、奄美大島の奄美市大浜海浜公園、および喜界島のハワイ海岸の礁池内にて、それぞれ大学生、小中高生への指導を目的として50mライン×1本を設置し、2016-2019年度にかけて年1回以上、ライントランセクト法による底質の被度計測を行った。奄美大島大浜海岸での計測は第一発表者がフォトライントランセクト法によって計測を行い、喜界島ハワイ海岸での計測は、サンゴ礁サイエンスキャンプ in 喜界島のプログラムの一環として年度ごとに入れ替わりで班分けされた小中高生4~7名/回が実地計測を行った。

奄美大島大浜海岸における設置ライン下のミドリイシ優占多種混成群集は、2016年度春期には有藻性サンゴ被度が60%あり、2016同年度の夏期高水温では被度減少は見られなかったものの、2017年度の夏期高水温によって2018年夏期には被度10%未満にまで減少した。これは、環境省モニタリングサイト1000による奄美大島海域調査の礁池環境に関する報告と同傾向であった。同所的に見られたカイメンソウ（紅藻と海綿動物の共生生物）が、有藻性サンゴ類の急激な減少に遅れて緩やかに、2年間かけて減少した点は興味深い。喜界島ハワイ海岸に設置したライン下では、2016年度に約20%と記録されたサンゴ類被度（そのうち半分はウネタケ類などソフトコーラル）は二年度連続で増加し2018年度には被度50%と記録されたが、2019年度には30%に低下した。それぞれ、教育を主目的としたため計測手法に起因する記録値の誤りが生じている可能性は否定できないが、ハワイ海岸の群集においては、2016-2017年度の夏期高水温による負の影響は無かった、あるいは極めて局所的であり、2017年晩夏に喜界島を直撃した記録的な台風および豪雨によってソフトコーラル群集が減少した可能性も十分に考えられた。なお、喜界島での記録参加者のほとんどは自然下でのサンゴ群集を目にした経験が無く、実習実施前の“想像上のサンゴ被度”にはバラツキがあるものの、定量調査実施前に約1時間の自由遊泳による目視観察を行った後には、そのほとんどが被度約80%あったと記録したことは、プログラムの教育効果を考察する上では重要なデータを示している可能性がある。

サンゴ群集のモニタリングについては、特に奄美群島～サンゴ礁北限域では十分な情報が得られているとは言い難い状況であり、諸島から礁池まで、大小スケールでの情報を継続的に蓄積することが、サンゴ礁生態系の理解および保全には重要である。

サンゴ礁域における食物網の推定—その2—

○伊藤 靖<sup>1</sup>, 柴田 早苗<sup>2</sup>, 當舎 親典<sup>1</sup>, 完山 暢<sup>3</sup>

<sup>1</sup> (一財) 漁港漁場漁村総合研究所, <sup>2</sup>(株)不動テトラ, <sup>3</sup> (一社) 水産土木建設技術センター

キーワード: サンゴ, 餌料, 食物網, 炭素・窒素安定同位体比

1. はじめに: サンゴ礁域は, 水産生物の幼稚仔の育成や餌場としての増殖機能を有しており, 水産上重要な水域である. とりわけサンゴについては, 生体サンゴ由来の粘液やポリプを, 魚類が摂餌する様子が観察されるなど, サンゴ礁域の水産生物にとって食物網の起点となっている可能性がある. サンゴの水産生物の餌場としての増殖機能を評価することを目的に, 昨年度は, 試料の炭素・窒素安定同位体比および魚類の胃内容物の検鏡により, サンゴ礁域における食物網の推定を試みた. 今年度は, 海水 POM と魚類について, 一部試料を増やし, 再度結果を整理した.

2. 方法: 石垣島崎枝湾底地地先のサンゴ礁域において, 以下を採集し, 炭素・窒素安定同位体比, 魚類については胃内容物を分析した.

採取試料: 海水 POM, 動物プランクトン, サンゴ粘液 (懸濁態・溶存態), サンゴポリプ, サンゴ卵, 生体サンゴに付着した生物, 死亡サンゴに付着した生物, 魚類 12 種 (筋肉・胃)

3. 主な結果: 炭素・窒素安定同位体比分析の結果を図-1 に示す. 食う-食われるの間で炭素・窒素安定同位体比は濃縮され, その濃縮係数は  $\delta^{13}\text{C}$  で 1‰,  $\delta^{15}\text{N}$  で 3~3.4‰ が多くの研究で使われている. これに基づき各採取試料の関係を整理した結果, 3つの食物網が推定された. 【図の中央ライン】 ナミハタやヒレグロコショウダイ, トグテウチョウウオ等は, ポリプおよび懸濁態のサンゴ粘液を餌料とする付着動物を利用していることが示唆され, 胃内容物からも多毛類等が確認された. 【図の右ライン】 海藻類を捕食するとされるハゲブダイやコクテンサザナミハギは, 死亡サンゴに付着した海藻を利用しているものと示唆された. 【図の左ライン】 プランクトン食性とされるヤマトミズンは, POM を餌料としていることが推定された.

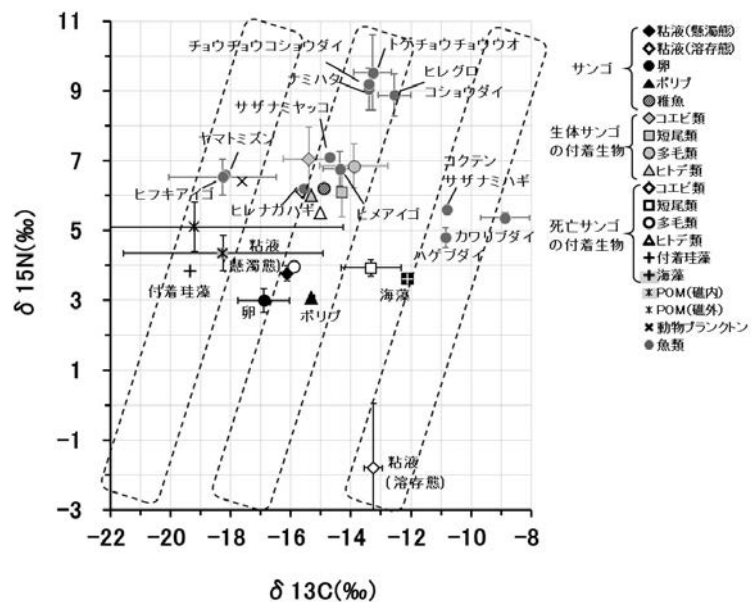


図-1 炭素・窒素安定同位体比分析の結果



O-43

## JICA のカリブ海水産資源管理・サンゴ礁保全プロジェクト

鹿熊 信一郎

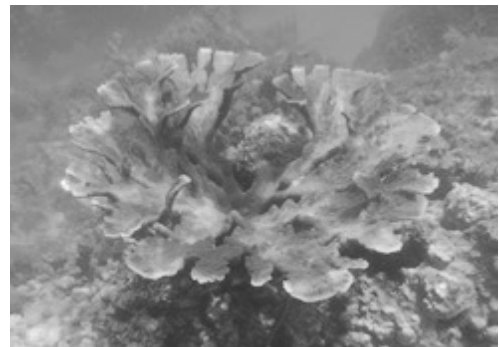
沖縄県海洋深層水研究所

キーワード：JICA, 里海, 水産資源管理, サンゴ礁保全, 海洋保護区

JICA（国際協力機構）は、2013～2017年にカリブ海6カ国（セントビンセント、セントルシア、グレナダ、ドミニカ、アンティグア・バーブーダ、セントキッツ）を対象にFAD（Fish Aggregating Device：浮魚礁）漁業の共同管理をテーマとしたCARIFICOプロジェクトを実施した。2020年から4年間のCARIFICOフェーズ2を開始するため、2019年3月にプロジェクトの詳細設計調査を行い、筆者は専門家として参加した。フェーズ2では、沖合域のFAD漁業ではなく、沿岸域の水産資源やサンゴ礁生態系の共同管理をテーマとする。また、サンゴ礁海域のMPA（Marine Protected Area：海洋保護区）管理に、日本発の環境保全・資源管理概念である「里海」概念を導入する計画である。このため、3月8日にはセントルシアに6カ国の代表を招き、Satoumi Workshopを開催した。

里海づくりの活動には、直接人手をかけて生物多様性や生産性を高める直接的活動と、陸域からの汚染対策や水産資源管理などの管理的活動がある。プロジェクトでは、各国で沿岸資源管理のパイロット活動を実施することになる。パイロット活動は、セントビンセントではゾーニングを中心としたMPAのルールづくり、セントルシアではMPAの資源管理強化と里海の直接的活動としての小規模人工魚礁の設置やサンゴ礁再生、グレナダでは小型定置網の導入と地曳網の資源管理、ドミニカではMPAにおける籠網と地曳網の資源管理が中心になると考えられる。また、各国において、資源管理を始める際に必要となるさまざまな代替収入源対策（生計多様化対策：海藻養殖、流通対策、観光振興など）が実施されることになる。

JICAのプロジェクトを効果的に運用するためには、プロジェクトとコミュニティの活動を客観的に評価する必要がある。しかし、コミュニティベースの資源管理や生態系保全活動は、これを定量的に評価することが難しい。気候変動などの外部要因の影響が大きいこと、資源や生態系が回復するには時間がかかること、対象資源の加入量が大きく自然変動することなどが理由である。このため、定性的な指標を定量的に評価するフィリピンのMPA管理効果評価システムを参考に、カリブ海6カ国の沿岸資源共同管理評価ツールを開発する予定である。



セントルシア MPA 内のエルクホーンコーラル

O-44

## サンゴ礁の海洋保護区長期モニタリングにおける 課題と質の改善に向けて

○藤井 巖<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 笹川平和財団海洋政策研究所, <sup>2</sup> ブリティッシュコロンビア大

キーワード：海洋保護区, モニタリング, データ

サンゴ礁保全の主な手段の一つとして、海洋保護区の設置が挙げられるが、その効果検証には長期的なモニタリングが必要となる。また、効果的な保護区管理には、正確なデータが求められる。しかし、データの正確性に影響を及ぼし得る長期モニタリングそのものに関する議論は、限定的である。本研究では、フィリピン中部ボホール島沖合に位置する海洋保護区のモニタリング調査を例に、その質改善に資するためのモニタリング実施方法およびデータ管理の在り方について検証した。調査は複数の海洋保護区を対象に、サンゴの被度の経年変化をモニタリングするべく、1998年から2016年にわたり乾季（4月）と雨季（10月）の年2回実施された。

長期モニタリングからは、長期間調査が実施されたことに起因する問題が複数浮上した。第一に、新しい技術の導入（水中撮影が可能なカメラ）によるサンプリング方法の変更がある。調査前半（1998~2010年）にはライトランセクト法（LIT）が、後半（2008~2016年）には写真コドラート法（PQ）が用いられた。そのため、本調査にはサンプリング方法の一貫性欠如という問題が残る。第二に、LIT および PQ それぞれに生じた問題がある。LIT に関しては、度々起きた固定ライトランセクトの移動や紛失により、調査ごとの計測地点にずれが生じた。PQ に関しては、ライトランセクトの完全なランダム配置が難しく、サンプルの無作為性に懸念が生じた。第三に、一元的なデータ管理方法の欠如がある。年や海洋保護区、ランセクトごとのデータに異なるラベルが付与されたことにより、データの散在が生じた。

第一のサンプリング方法の変更に関してだが、これが生じる場合、新旧両方の方法で得られたデータを比較し、両者の互換性（類似したサンゴの被度推定値が得られるか）を検証する必要がある。特に時系列データを扱う場合、複数年にわたる比較から、サンゴの被度推定値が同様の傾向を示すかを確認する必要がある。第二のサンプリング方法に生じた問題であるが、各方法に起因する問題を未然に防ぐべく、モニタリングの計画段階でその実現性を検証するとともに、調査を実施するごとにサンプリングが統計上の仮定に反していなかったかを再確認する必要がある。第三のデータ管理では、長期モニタリングから得られるデータの質を保つうえで、そのラベリング方法を計画段階で規定することが必要となる。これは特に、長期間の中でデータを採取する調査員およびデータ管理者の入れ替わりが想定される場合に重要である。

## O-45

## 観光資源としてのサンゴ礁と経済

○齊藤久美子<sup>1</sup><sup>1</sup>和歌山大・経済

キーワード：経済，サンゴ礁，観光資源，文化

## I. 問題意識

今まで、観光資源としてのサンゴ礁（串本においてはサンゴ群生）と経済効用の関連、サンゴ礁と文化等について主として和歌山と沖縄を比較しながら、研究を行ってきた。ここでは2008年のサンゴ礁年の際に、串本と沖縄本島で、経済効用と経済活性化についてアンケート調査も行った。その趣旨は経済効用、経済活性化とサンゴ（礁）保全についてである。アンケート調査の対象はサンゴ礁にかかわる消費者、つまり、ダイバーとなった。にもかかわらず、その調査時において国際サンゴ礁年であることを知らない回答者も4割程度いた。

## II. サンゴ礁と経済活性化

報告者がある自治体の固定資産評価審議会の委員を数年務めていた経緯もあり、地価に注目した。サンゴ礁（サンゴ群生）が経済活性化に役に立てば、地価は上がる、役立てなければ地価は下がるという仮説であった。

## III. 仮説の検証

今までの報告で何回か地価の変動について報告してきた。しかしながら、現在、全く今までの仮説とは異なった地価の変動が起こっている。例えば、令和元年沖縄の地価は前年度7.9パーセント上昇（令和元年9月19日沖縄県土地対策課発表）し、8年連続上昇している。

## IV. その理由

1. 沖縄バブル？
2. 沖縄観光客の増加
3. 外国資本の参入

様々な理由があるだろうが、サンゴ礁の保全と文化の発展も考慮に入れながら、検証していきたい。

O-46\*

## 漁業者による有性生殖法を用いたサンゴの種苗生産

○金井恵<sup>1</sup>， 銘苅宗一<sup>2</sup>， 與那嶺豊<sup>2</sup>， 長田智史<sup>1</sup>， 津波昭史<sup>3</sup>， 比嘉貢<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 沖環科， <sup>2</sup> 恩納村漁協， <sup>3</sup> 沖縄県・自然保護課

キーワード： 保全再生事業， 有性生殖， 種苗生産， 漁業者， *Acropora tenuis*

沖縄県のサンゴ礁は、高海水温による白化現象やオニヒトデの食害、沿岸開発、陸域からの汚水・土壌流出等により衰退し回復しにくい状態が続いている。沖縄県では2010年度から2016年度にかけて実施された「サンゴ礁保全再生事業」により、サンゴ種苗の大量生産技術や高い生存率を維持する中間育成、遺伝的多様性に配慮した植付け手法等をほぼ確立し、広範囲なサンゴ群集の人為的な再生が期待される成果が得られている。他方、種苗生産や植付け等の沖縄県内各地域への普及には、地域が継続してサンゴ礁保全再生活動を実施出来る体制の構築や係る費用の低コスト化、高水温（白化）対策、科学的な効果の検証などの課題がある。これらの課題を解決するため、沖縄県は2017年度より「沖縄県サンゴ礁保全再生地域モデル事業」を始動した。本発表では、漁業者等の地域団体が各地で実施可能な遺伝的に多様な親群体の確保を目的とする有性生殖サンゴ種苗の生産技術を検証するために、恩納村漁協所属の漁業者が主体となり漁協施設でサンゴ種苗を生産した事例を報告する。

恩納村海域で養殖されているウスエダミドリイシ *Acropora tenuis* を恩納漁港の陸上施設に引き上げて種苗生産を行った。引き込んだ海水を簡易的にろ過・曝気してかけ流しながら、遮光したコンクリート水槽内に親群体を仮置きした。放卵放精以降は30Lと100Lのパンライト水槽を使用した。観察・採卵・媒精・洗卵・計数・沖出しの一連の作業を漁業者2名と沖環科職員2名で行った。種苗生産の結果、およそ416,000個の受精卵を得ることができ、沖出し時には準備された2,000基盤のうち1,693基盤（採苗率84.7%）に稚サンゴが着生していることを確認した。今後、育成中の群体の成長や生残をモニタリングし、中間育成後に植付ける予定である。今後、より扱いやすい基盤への改良や、余剰分の幼生をどのように有効活用するか等の課題を改善することによって、漁業者等の地域団体が各地で継続して実施可能なサンゴ種苗の生産手法が確立し普及することが期待される。

## O-47

### サンゴ礁保全に向けた礁池サンゴ群集と特異群落の検討

○中野義勝<sup>1</sup>，磯村尚子<sup>2</sup>

<sup>1</sup>琉大・熱生研瀬底，<sup>2</sup>沖縄高専・生物資源

キーワード：サンゴ礁保全，サンゴ群集，礁池，特異群落，ドローン

琉球列島では新たな国立公園の設置による慶良間海域の保護も進められ、環境省始め関係機関がその保全に努めており、今後の世界自然遺産登録も期待されている。南琉球では石西礁湖を主に保全管理の充実が見られるが、中琉球では慶良間諸島が国立公園化されたものの、島ごとに多様な発達段階の見られる裾礁について十分な手当てが成されているとは言えない。これは、中琉球ばかりでなく琉球列島各島の多様な裾礁のあり方を含めたサンゴ礁生態系の評価がおろそかになっていることに起因する。多様なハビタットを提供するサンゴ礁地形の評価とその上に展開する多様なサンゴ群集それぞれについての評価が、本来保全すべきサンゴ礁の生物多様性に重要であることは明らかである。しかしながら、現在行われているサンゴ群集の保護施策は、礁斜面上部を主なハビタットとするミドリイシ類を中心とした平均被度に評価の重きを置いて行われている。気候変動に伴い反復するサンゴの大規模白化によって多くのミドリイシ類を失い劣化の進行するサンゴ礁生態系の評価においては、このような評価法はサンゴ礁生態系全体の健全度の指標として一定の意義を持ち得るが、代表値としての寄与は必要充分とは言えなくなった。元々多様性の高いサンゴ礁生態系では単一の指標での評価は難しく、地域の保全努力を喚起する経済効果も見据えた、多様な評価軸を総合的かつ多角的に検討することが肝要である。そこで、新たなサンゴ礁保全の指標を提案すべく、以下の2点について各島で調査し、地域のサンゴ礁の現状と課題および新たな自然資源価値を一覧できるよう取りまとめ、行政・地域住民・研究者などのステークホルダーと共有することで、サンゴ礁生態系と相同とされる森林生態系で先行する保全管理の概念の導入を念頭に、成立過程を含めた時空間的な価値を評価し必要な対策を抽出するといった、今後のサンゴ礁保全のあり方を検討したい。

1) 住民の生活に近接した裾礁礁池のサンゴ群集調査：裾礁で、グーグルアースなどの公開情報をもとに候補地を選定し、地域住民・地元のダイビング業者・漁師・調査経験者などの聞き取りも加味し調査対象を決定する。ドローンによる撮影と測線調査・スポット調査を併用実施して、現状を把握する。聞き取りおよび既存文献から攪乱要因との関係を検討する。2) 希少性・特異性を有する群落（地域個体群または群集）の検索と価値評価：公開情報と聞き取りによって、具志川島におけるハナヤサイサンゴ類の大型群落のような希少性/特異性の高いと思われるサンゴ群落を検索する。現地で規模等の調査を行うと共に、生体サンプルを採取し分子情報を含めた生物学的な手法により生物地理学・分類学・生殖生態学的な特徴を検討する。