

# 気候変動に関する政府間パネル (IPCC) WGI/II 海洋酸性化が海洋生物ならびに 海洋生態系に及ぼす影響ワークショップ報告書

琉球大学 亜熱帯島嶼科学超域研究推進機構

栗原晴子

## 1. はじめに

本ワークショップは 2011 年 1 月 17-19 日、沖縄の万国津梁館にて開催された。述べ 31 カ国から、主に海洋酸性化に関わる研究を行っている研究者ら 86 名が参加した。国内からは 9 名、現地開催総責任者の野尻幸宏氏（国立環境研究所地球環境研究センター）、海洋の CO<sub>2</sub> 長期変動環の研究を行っている石井雅男氏（気象研究所地球科学研究部）、サンゴ礁の炭素循環研究を行っている鈴木惇氏（産業技術総合研究所地質情報研究部門）、気候／環境変動のモデリング研究を行っている石田明生氏（海洋研究開発機構地球環境変動領域）、北極海域の海洋化学環境の研究を行っている川合美千代氏（東京海洋大学）、海産動物の多様性研究を行っている白山義久（京都大学）、海洋酸性化による魚の生理メカニズムの研究を行っている石松惇氏（長崎大学）、サンゴ群集の生態／保全の研究を行っている酒井一彦氏（琉球大学）および海洋酸性化による海洋生物／生態系影響の研究を行っている栗原晴子（琉球大学）が出席した。開会にあたり、まずは国立環境研究所の野尻氏より開催の挨拶がなされた後、IPCC WGII 議長の Christopher Field 氏、Vicentes Barros 氏及び IPCC WGI の副議長の David Wratt 氏からワークショップの開催に当たっての背景及び趣旨説明がなされた。

本ワークショップは、「海洋酸性化研究」に関して 2014 年に発行が予定されている IPCC 第 5 次評価報告書 (AR5) の作成に向けて、現時点で明らかにされている最新情報の集約および、今後焦点を当てて行くべきテーマや分野の確認に関わる議論が行われた。

## 2. スケジュール

開催一日目は以下二つの Plenary Session が行われた

## プレナリーセッション

### Plenary Session I: **海洋の化学環境の変動について(The Changing Chemistry of the Ocean)**

- I-1 ハワイ大学の Richard Zeebe 「古環境から見た海洋化学環境」
- I-2 韓国ポハン大学の Kitack Lee 「産業革命以降の海洋化学環境変動」
- I-3 スイスベルン大学の Fortnat Joos 「将来の海洋化学環境の予測」
- I-4 アメリカ NOAA の Rick Wanninkhof 「沿岸域および酸性化に脆弱な海域」

### Plenary Session II: **海洋酸性化による生物影響 (Impacts of Ocean Acidification for Individual Organisms)**

- II-1 EPOCA 代表の Jean-Pierre Gattuso 「サンゴ礁及びサンゴ礁域に生息する生物への影響」
- II-2 イギリスサザンプトン大学の Debora Iglesias-Rodrigues 「植物プランクトンの石灰化及び光合成への影響ー進化的応答を考慮して」
- II-3 スウェーデンゴートンブルグ大学の Sam Duppont 「サンゴ以外の無脊椎動物への影響」
- II-4 琉球大学の栗原晴子「無脊椎動物への影響ー生活史、進化的側面を考慮して」

夕方から3つグループ討論が同時進行に行われた

#### グループ討論 I

テーマ I 「観測データやモデルからの海洋酸性化の検出」 議長：Chris Sabine

テーマ II 「海洋酸性化による石灰化／およびその他の影響」 議長：Jean-Pierre Gattuso

テーマ III 「異なる時空間的スケールにおける酸性化影響評価」 議長：Philip Munday

グループ討論の後、2分間のポスター口頭紹介およびポスターセッションが行われた

開催2日目：

## プレナリーセッション

Plenary Session II: **続き**

II-5 長崎大学の石松惇「酸性化による魚類への影響」

II-6 レイニッツ研究所の Nicola Wannicke 「微生物および生物地球化学影響」

Plenary Session III: 生態系へのスケールアップ (Scaling Up to Ecosystems)

III-1 カーネギ研究所の Ken Caldeira 「古環境記録から学べる事：大規模絶滅及び回復」

III-2 クインズランド大学の Ove Hoegh-Guldberg 「実験系からのスケールアップ」

III-3 プリマス大学の Jason Hall-Spensor 「フィールド研究からのスケールアップ」

III-5 ウッズホール研究所の Sarah Cooley 「酸性化による社会経済への影響」

グループ討論 I：一日目の続き

テーマ I 「観測データやモデルからの海洋酸性化検出」

テーマ II 「海洋酸性化による石灰化／およびその他の影響」

テーマ III 「異なる時空間的スケールにおける酸性化影響評価」

グループ討論 I の内容紹介

ポスターセッション

3 日目：

グループ討論 II

テーマ I 「過去及び現在からの将来予測」議長：Daniela Schmidt

テーマ II 「複合影響の評価」議長：Peter Haugan

テーマ III 「人間社会へのスケールアップ、酸性化による社会経済への影響」議長：Peter Brewer

グループ討論 II の内容紹介

プレナリーセッション

Plenary Session IV: Synthesis Plenary

IV-1 Richard Feely & Jim Orr 海洋化学環境の変異

IV-2 Anne Cohen, Andreas Andersson, Yukihiro Nijiri 海洋生物への影響

IV-3 Ken Caldeira, Philio Munday, Hans-Otto Portner 生態系へのスケールアップ

総合討論

閉会

### 3. 内容

#### 海洋化学環境

これまでの研究により明らかになった点：

1. 一般的に海洋表層の  $pCO_2$  は大気  $CO_2$  の増加に従って増加している（ただし、地域差も存在、自然変動）
2. 特に酸性化の影響を受けやすい海域が存在：極域（低水温による炭酸カルシウム飽和度の低下）、北極（氷の融解による塩分の低下、淡水の流入）、沿岸域（湧昇）、河口域（淡水の流入、富栄養化）

今後明らかにすべき課題：

1. 長期  $CO_2$  観測
2. 全球的な予測モデル
3. 実測値の充実（日変動、季節変動、10年スケール変動、沿岸及び外洋）
4. モデルと実測値の比較
5. BGCなども考慮したより詳細なモデルの開発

#### 生物への影響

これまでの研究により明らかになった点：

1. 微生物

群集組成は変化する

一次生産（シアノバクテリア）は増大

窒素固定の増大

2. 植物プランクトン

石灰化はおそらく低下（ただし多くの反例も存在）

光合成は増加

成長は低下（ただし多くの反例も存在）

### 3. サンゴ

石灰化は低下

CaCO<sub>3</sub> 溶解、浸食の増大

### 4. 無脊椎動物

種によって影響の受け方が異なる

生活史によって影響の受け方が異なる、特に影響を受けやすいステージがある

### 5. 魚

成体の成長は影響を受けないだろう

魚によっては行動に影響を受ける

今後明らかにすべき課題：

1. スケールアップ：長期影響評価、複合影響の評価、個体群影響の評価（メソコスム、高 CO<sub>2</sub> フィールドの利用、FOCE）
2. 生活史を通じた研究、キーストーン種への影響
3. 種による応答の違い：メカニズムの解明、適応／進化の考慮
4. 複合影響

### その他の話題：

**スケールアップ：**遺伝子、分子、細胞、個体、生態系、社会経済、進化と時空間的なスケールアップが欠かせない。FOCE 等のメソコスム実験や自然に見られる高 CO<sub>2</sub> 海域の利用（CO<sub>2</sub> vent, 勇昇域等）

**石灰化影響の増加／低下等相反する結果の解釈：**実験系、観察方法の統一化、種や株による違い

**複合影響：**温度、酸素、陸域からの流入、氷の融解、躍層、金属、光、乱獲、UV 等。複合影響を受けやすい海域：深海、冷水サンゴ、サンゴ礁。複合影響の検出：メソコスム、高 CO<sub>2</sub> 海域での実験、時系列データ、モデル、ネットワーク実験、陸域など他の生態系での研究例からの応用

**酸性化の検出：**CO<sub>2</sub> 観測 ( $\Delta\Omega / \Delta\text{pH}$  の分離)、沿岸域や縁海域における観測の充実化、河からの流入等の考慮、モデルと実測値の比較、生物地球化学の利用（アルカリ度の測定による石灰化／溶解の検出、放射性核物質、粒子束、リモートセンシング）、酸性化影響による炭素循環へのフィードバック影響の解明

**古環境データから明らかにできる事：**詳細な記録が残っているような酸性化イベントは存在しない

氷河期／間氷期：100ppm の変化、記録は多いが変化幅はゆっくりでかつ小さい  
Pliocene 3ma: 400ppm の変化、PETM 55ma: 深海での絶滅の記録、1000 年オーダーでの偏差、K/T 65ma: Permian/Triassic 250ma: 92%の種が絶滅、pH/Ω再現記録無し

課題：PETM を生き残った生物を用いた実験系、古環境データから食物網や高次捕食者への影響を示唆する記録はあるか、生物の進化／適応の可能性

**酸性化による社会経済への影響**：影響が予測される生態系サービス（漁業、観光、海岸保全、多様性、文化、海洋による炭素の貯留効果）、利用できる情報のソース：Millennium Ecosystem Assessment, STERN, Census of Marine Life, HAB assessment, UNFCCC, UNEO TEEB, CBD, OSPAR 10, IAP 、課題：サンゴ礁の持続可能性、アラゴナイト飽和度の低下に伴うサンゴ礁の社会経済学的価値の変化、食物網への影響、食料安全、他の人為的環境変動との相乗影響、政治家や社会への酸性化影響の知識普及、社会経済による酸性化への適応、緩和策

**言葉の定義**：「酸性化」：人為起源による CO<sub>2</sub> 或はその他要因により、海水の pH が数 10 年スケール或はより長期に渡って低下する現象