

## 自己評価報告書

平成 23 年 4 月 15 日現在

機関番号：12608

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2008 ～ 2012

課題番号：20121007

研究課題名（和文） 複合ストレスの包括的評価・予測とサンゴ礁生態系応答モデル解析

研究課題名（英文） Comprehensive assessment and prediction of multiple stresses and model analysis of reef ecosystem response

## 研究代表者

灘岡 和夫 (NADAOKA KAZUO)

東京工業大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号：70164481

研究分野：沿岸環境学

科研費の分科・細目：環境学 ・ 環境影響評価・環境政策，環境動態解析

キーワード：サンゴ礁，複合ストレス，生態系モデル，物質循環，ストレス制御，炭酸系動態，数値シミュレーション，非線形応答過程

## 1. 研究計画の概要

(1) 陸域からの表層土壌・過剰栄養塩流入等のローカルなストレス要因の負荷構造や、外洋での水温・CO<sub>2</sub>上昇、酸性化等のグローバルストレス要因のサンゴ礁生態系への生化学・熱的プロセスを介しての波及過程を解明することによって、それらの統合評価・予測システムを開発する。

(2) サンゴ礁生態系の維持・変遷過程を定量的に評価する上で不可欠となる物質循環・炭酸系動態の解明を行い、それに基づいて、極浅海域複雑地形としてのサンゴ礁における流動構造を高精度評価可能な流動モデル（開発済み）をベースとしたサンゴ礁物質循環・炭酸系動態モデルを構築する。

(3) 上記(2)のモデルをベースとして A01, A02, C01 による複合ストレス下におけるサンゴの生物的・化学的応答過程に関する知見を組み込むとともに、サンゴ以外の基本的な海底被覆要素である藻場、干潟といった要素も含んだ形で、サンゴ礁内の物理・化学・生物的連成過程を統合することにより、生態系全体としての応答過程を定量評価可能なモデルの開発を行う。

(4) ローカルな土地利用形態やグローバルな温暖化ガス排出等に関する様々な将来シナリオのもとで、(1)に基づく複合ストレスの統合予測を行い、そのもとで(3)による生態系応答モデル評価を行うことでサンゴ礁生態系が維持可能なストレスレベルの同定を行い、ストレス制御のための科学的指針を提供する。

## 2. 研究の進捗状況

モデル開発：サンゴ礁内海水流動モデルを

ベースとして赤土や高海水温等の複合ストレス要因のサンゴ礁内での波及過程を高精度で評価する数値モデル体系を構築し、これらのストレス要因がサンゴ礁内で高い時空間変動性を示すことを明らかにした。また、サンゴ礁内での複合ストレスの時空間変動評価と生態系応答評価の両面に関わるモジュールとして、サンゴ礁内における炭酸系動態モデルと有機物・栄養塩動態モデルの構築を行った。このうち、炭酸系動態モデルについては基本モデル開発が終了し、沖縄・石垣島東海岸サンゴ礁域での現地調査データを良好に再現することに成功した。同モデルによる解析の結果、サンゴ礁内での炭酸系動態がサンゴ礁内海底被覆分布や海水流動変動に基づく大きな時空間変動性を示し、特にCO<sub>2</sub>吸収・放出特性がサンゴ礁内で大きなコントラスト分布を示すことが明らかになった。サンゴ礁生態系応答モデルについては、短期応答モデル開発に必要なサンゴ内部の複合ストレス応答過程のモデル（「内部モデル」）の開発を A02 等と開始した。

現地調査・分析：石垣島東海岸リーフ海域を対象とした長期連続観測および短期集中多点連続観測等を実施することにより、同リーフ海域への陸源負荷（河川・地下水経由での流量・赤土・栄養塩フラックス等）や、高水温・pH等から見た外洋からの負荷のリーフ内波及過程、リーフ内物質循環過程などを定量的に評価した。リーフ内物質循環過程については、群集代謝の時空間分布、懸濁態有機物と沈降粒子の炭素・窒素安定同位体比、溶存無機炭素の安定同位体比、大気降水由来の栄養塩と窒素安定同位体比、サンゴ生体のアミノ酸分子種別窒素安定同位体比、溶存有機物動態等の実態を明ら

かにした。一方、複合ストレス下でのサンゴの生物・化学的応答素過程に関する現地データを得るために、海水流動の効果を再現可能な新型チャンバーを作成し、その性能試験を他班と合同で実施した。さらに、環境負荷発生源ならびにその制御主体としての社会システムのモデル開発に向けて、八重山および沖縄本島地域での調査を実施した。

### 3. 現在までの達成度

#### ②概ね順調に進展している

理由：「1. 研究計画の概要」に記載している4項目のうち、最終年度に予定している(4)を除き、ほぼ予定どおり研究が進展している。

### 4. 今後の研究の推進方策

平成23年度以降の研究計画・方法：(1)複合ストレス評価モデルに関して、さらなる高度化を図るとともに、領域気象モデルや多重ネスティング高精度海水流動・低次生態系モデル、GCM等とのカブリングモデルを開発し、「海一陸一大気」統合系におけるグローバルローカル複合環境ストレスの統合的評価・予測手法体系を完成させる。(2)サンゴ礁物質循環・炭酸系動態モデルの高度化を図るとともに、それをベースとしたサンゴ礁生態系応答モデルを構築する。そのうちの短期応答モデルについては、サンゴ群体内部の応答素過程を表す内部モデルの開発をさらに進める。長期応答モデルについては複合ストレス下での群集間相互作用・競合過程、サンゴの生活史の各段階での環境影響等を考慮したモデル開発を行う。(3)地域社会に関する社会経済調査分析等に基づいて、セクター別人口・経済動態モデル等による社会システムモデルの開発を行う。それを複合ストレス生態系応答モデルとリンクさせた「統合モデル」を構築し、それに基づいて、サンゴ礁生態系が維持可能なストレスレベルの同定とそれを達成するための社会システムについて検討する。

当初計画との変更点：生態系短期応答モデルの開発に関して、複合ストレス下のサンゴの生物学的化学的応答の素過程に関する情報がA01、A02、C01から提供されるのが当初予定より遅れる見込みとなったことから、その難点を克服するための新たなアプローチとして、応答素過程に関する「内部モデル」の開発を提案しA02等と共同で進めることとした。また、「生態系と人との共生・共存未来戦略」を標榜する本領域研究においては、負荷発生源ならびに負荷制御主体としての社会システムの現状と将来動向についての分析と定量的な評価を行う必要性があることから、社会システムの調査・分析・モデル化をB02等と共同で進めることとした。

### 5. 代表的な研究成果

〔雑誌論文〕(計13件)

①Blanco AC, Watanabe A, Nadaoka, K, 他3

名, Estimation of nearshore groundwater discharge and its potential effects on a fringing coral reef, Marine Pollution Bulletin, 62, 770-785, 2011, 査読有

②Tanaka Y, Miyajima T, Watanabe A, Nadaoka K, Yamamoto T, Ogawa H, Distribution of dissolved organic carbon and nitrogen in a coral reef, Coral Reefs, 30: 533-541, 2011, 査読有

③Takino T, Watanabe A, Motooka S, Nadaoka K, 他2名, Discovery of a large population of *Heliopora coerulea* at Akaiishi Reef, Ishigaki Island, southwest Japan, Galaxea, 12: 85-86, 2010, 査読有

④Blanco, A.C., Nadaoka, K., 他2名, Dynamic evolution of nutrient discharge under stormflow and baseflow conditions in a coastal agricultural watershed in Ishigaki Island, Okinawa, Japan, Hydrological Processes, 24(18), 2601-2816, 2010, 査読有

⑤Lu LF, Miyazawa Y, Cui W and Nadaoka K, Numerical study of surface water circulation around Sekisei Lagoon, southwest Japan, Ocean Dynamics, 60: 359-375, 2010, 査読有 [学会発表](計42件)

①Nadaoka K, Watanabe A, 他4名, Toward comprehensive assessment and prediction of multiple environmental stresses on coral reef ecosystems and their responses based on numerical simulation models, 2nd Asia Pacific Coral Reef Symposium, 2010年6月21日, Phuket, Thailand

②Yamamoto T, A. Watanabe, Y. Tanaka, K. Nadaoka, 他2名, Development of a nutrient dynamics model in coral reef ecosystem, 2nd Asia Pacific Coral Reef Symposium, 2010年6月21日, Phuket, Thailand

③Watanabe A., Y. Maeda, K. Nadaoka, 他3名, Evaluation of CO<sub>2</sub> flux in Shiraho reef using a newly-developed carbonate system dynamics model, 2nd Asia Pacific Coral Reef Symposium, 2010年6月21日, Phuket, Thailand

④Dadhich A, Nadaoka K, Yamamoto T, Analysis of coral bleaching and elevated Sea water temperature using Quickbird data for Ishigaki Island, 2nd Asia Pacific Coral Reef Symposium, 2010年6月20日, Phuket, Thailand

⑤Blanco, A.C., Nadaoka, K., Watanabe, A., 他3名, Spatio-Temporal Variation of Groundwater Discharge and Related Water Quality in the Nearshore Shiraho Reef, Ishigaki Island, 日本地球惑星科学連合2009年大会, 2009年5月16日, 千葉県・幕張メッセ

〔その他〕領域全体として、(1)ニューズレター「サンゴ礁学」の定期的発行、(2)サマースクールや地元成果説明会等の開催、(3)「サンゴ礁学」HPの開設と運営

<http://www.coralreefscience.jp/>