

平成22年 5月21日現在

研究種目：基盤研究(A)
研究期間：2006～2009
課題番号：18201006
研究課題名（和文）知床世界自然遺産エリアの保全と順応的管理 ：海域－陸域生態系の相互作用
研究課題名（英文）Development of adaptive marine ecosystem management and co-management plan in Shiretoko World Natural Heritage Site: Interaction between land and marine ecosystems
研究代表者 齊藤 誠一 (SAITOH SEI-ICHI) 北海道大学・大学院水産科学研究院・教授 研究者番号：70250503

## 研究成果の概要（和文）：

知床世界自然遺産海域の海洋環境と海洋生物のモニタリング手法の開発とフィールド調査を実施した。その結果、知床半島の南北沿岸における基礎生産システムの違いが明らかになった。さらに、知床世界遺産地域に遡上するサケ属魚類の遡上産卵動態とヒグマの行動パターンとの関係を明らかにするとともに、カラフトマスによる海起源物質の陸域生態系への輸送の動態とメカニズムを明らかにした。順応的管理をベースとした資源管理技術による生態系管理方法を検討した結果、知床の沿岸漁業については、漁獲量と漁獲高を用いて、魚種別評価を行う方法を提案できた。

## 研究成果の概要（英文）：

We carried out the development of monitoring methods on marine life and their environment and promoted various field observations in Shiretoko World Natural Heritage (SWNH) area. As a result, it is clear that there is difference in primary production system between northern coastal region and southern coastal region. We clarified 1) the effect of Pacific salmon (Genus *Oncorhynchus*) escapement on supply of marine-derived nutrients to the riparian ecosystems using the stable isotope analysis, and 2) to estimate escapement dynamics and spawning carrying capacity of the wild pink salmon (*O. gorbuscha*) relating to the feeding behavioral pattern of brown bear (*Ursus arctos*) in SWNH area. Based on the adaptive marine ecosystem management, we proposed new method to evaluate an optimum fisheries operation for each fish species using both catch of fish and haul of fish in the Shiretoko coastal fisheries.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	12,800,000	3,840,000	16,640,000
2007年度	11,700,000	3,510,000	15,210,000
2008年度	7,200,000	2,160,000	9,360,000
2009年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
年度			
総計	36,400,000	10,920,000	47,320,000

研究分野：衛星海洋学

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：海域－陸域生態系、保全、順応的管理、知床世界自然遺産海域、海域管理計画

## 1. 研究開始当初の背景

平成17年(2005)年7月14日に開催されたUNESCO世界遺産会議(南アフリカ)において、知床半島およびその周辺海域(距岸3kmまで)が世界自然遺産地域に登録された。日本の世界自然遺産登録は、白神山地、屋久島について3番目であるが、漁業が営まれる海域を初めて網羅している。その推薦理由には、知床は北半球では流水に覆われる南限であり、海洋生態系と陸上生態系の相互作用が顕著であること、両生態系の絶滅危惧種を含む生物多様性の豊かさがあげられている。しかし、世界自然保護連合(IUCN)からは、この遺産地域の海洋生態系の保全と持続的漁業の共存に向けた海域管理と、海洋から陸域への物質輸送の役割をはたすサケ科魚類の管理計画の提出が求められている。

## 2. 研究の目的

世界自然遺産に登録された知床半島とその周辺海域における海産哺乳類、海鳥類を含む海洋生態系の多様性の保全と、水産資源および漁業の順応的管理方策の確立を目的とする。具体的には、海洋生態系の保全を前提とするスケトウダラなどの重要な漁業対象種の持続的資源管理のための海域管理計画、および海洋から陸域への物質輸送の役割をはたすサケ科魚類の管理計画を立てるために、知床世界自然遺産海域の海洋環境と海洋生物のモニタリング手法の開発とフィールド調査を実施する。さらに、ランドスケール・レベルで知床生態系における攪乱ダイナミズムと海洋-陸域生態系の相互作用を明らかにするとともに、順応的管理をベースとした資源管理技術による生態系管理方法を検討する。最終的には、そのような動的な生態系と人間の持続的な関係のための、生態系ベースによる環境評価と持続的水産資源管理技術の確立を目指す。

## 3. 研究の方法

### (1) 知床世界自然遺産海域の生態系管理

#### ① 海洋構造と基礎生産のモニタリング

海水の分布動態がオホーツク海および知床海域生態系に及ぼす影響評価するため、時系列衛星データ(海水密度分布、海面水温分布、クロロフィルa濃度分布、海面高度分布)を用いて、氷縁域周辺における基礎生産に注目して、その時空間変動を定量化する。特に、海氷面積の時空間変動と海域生態系との関係に焦点を絞り、解析を進める。海氷が後退した時期から海氷が着岸するまで期間における海洋構造の変化を、船舶観測データ

および衛星観測データを用いて解析した。

#### ② 魚類キーストーン種(スケトウダラ、ホッケ、サケ類)の移動生態調査

生態系ベースによる持続可能な魚類資源管理計画を策定するために、キーストーン種となるスケトウダラ、ホッケおよびサケ類の移動生態を知床半島に設置する「音響受信カーテン」移動生態モニタリング・システムおよび各種センシング技術を駆使し、調査した。

#### ③ トップ・プレディターの分布調査

陸域-海洋生態系の保全と生態系ベースによる持続可能な魚類資源管理計画を策定するために、高次捕食者の来遊あるいは生息状況、当該生態系における役割を明らかにするため、船上からの目視観察(グリッドサーベイ)を実施し、対象海域の大型・小型鯨類、鯨脚類、海鳥類、ワシ類(オオワシ、オジロワシ)のセンサスを実施した。これにより、季節・経年的な高次捕食者の行動生態、生息密度を求めた。漁具に混獲された前述の海洋動物を標本として入手し、その生物学的特性、食性を調べた。

#### (2) 知床世界自然遺産の海域-陸域生態系の相互作用

##### ① 遡河性回遊魚による海洋から陸域への物質輸送機構の解明

河川に遡上したシロザケおよびカラフトマスが河川を含む河畔林生態系に及ぼす影響評価を以下の項目から調査した。

- 1) 遡上実態: 遡上数、性比、年齢構成、体サイズ、産卵生態などからバイオマスおよび個体群の動態を把握した。
- 2) 河畔林生態系の物質輸送に果たす遡河性回遊魚の役割を明らかにするため、安定同位体分析: シロザケ、カラフトマス、水生昆虫、他生息魚および河畔林植物の炭素・窒素の安定同位体を質量計により測定した。

##### ② 順応的管理方法の開発

氷縁生態系における各構成要素である海洋構造、基礎生物生産動態、キーストーン魚種(スケソウダラとサケ類)の回遊動態、商業漁業の構造と実態、高次捕食者(海鳥類や海獣類など)の行動動態および海域-陸域生態系の相互作用から、持続的魚類資源管理である「海域管理計画」とランドスケープ・レベルの物質循環機構であるサケ管理計画を図るために、順応的管理に基づくモデル開発を試みた。モデル作成にあたっては、①順応性(状況に応じたレスポンス)、②説明責任(リスクと過ちの評価)および③反証可能性(不確実性の事前明記)を前提に、モニタリングにより常にフィードバックし、モデルの

ブラッシュアップを図る。

#### 4. 研究成果

海洋生態系の保全を前提とする重要な漁業対象種の持続的資源管理のための海域管理計画を立てるために、知床世界自然遺産海域の海洋環境と海洋生物のモニタリング手法の開発とフィールド調査を実施した。その結果、次のことが明らかになった。

- (1) 衛星データを解析し、次のことを明らかにした。春（夏）のブルームが起こる時期は、半島北側で6月上旬、南側で8月上旬である。秋のブルームが起こる時期は半島の北側、南側共に10月上旬～中旬である。海洋観測を実施した結果、半島の北側（ウトロ側）と南側（羅臼側）の両方の沿岸において、海面から海底まで低水温であった。底棲魚類やベントスへの影響も懸念された。春季と夏季の知床半島周辺海域においてサイズ別基礎生産量を測定した。岸近くでは大型 (>10  $\mu\text{m}$ ) 植物プランクトンの寄与が高く、沖合ではオホーツク海側で大型、根室海峡側で小型 (<2  $\mu\text{m}$ ) の寄与が高いことが明らかになった。
- (2) 春季の宗谷暖流前駆水のまわりで鉛直スケール10m前後の顕著な密度逆転がみられ、低気圧性渦が形成されていた。数値モデルから高密度な前駆水が湾から半島沿いを運ばれる間に沈降していた可能性がある。これはオホーツク海中層のベンチレーションの一端を示すことが明らかになった。
- (3) 知床世界遺産地域に遡上するサケ属魚類の遡上産卵動態とヒグマの行動パターンとの関係を明らかにするとともに、カラフトマスによる海起源物質 (MDN) の陸域生態系への輸送の動態とメカニズムを明らかにした。
- (4) 9月上旬知床半島部の水深50mから2000mの沿岸部で海鳥の目視調査をした。明瞭な水塊構造は認められず、昨年と同時期と同様アカカシミズナギドリ、ハイイロミズナギドリが出現した。一昨年の春には、羅臼側の冷水塊に多数のハシボソミズナギドリが出現しており、はっきりした季節性が認められた。
- (5) 音響カーテンシステムを、2006年および2007年に、知床半島周辺海域で音響受信機 (VR2, Vemco社) を設置し、カラフトマスの回遊行動調査を実施した。サケ類の移動生態調査で2種のサケ類にデータロガーを装着して放流した結果、カラフトマスとシロサケの平均の遊泳水深と水温に違いがあり、季節的にも変化することが認められた。
- (6) 2006年から2009年まで数回にわたりウトロ側、および羅臼沖にてROVによる生物調査を実施した。半島周辺海域は半島の東西に関わらず、水深、底質、などの変化に伴って、生物相も多様に変化し、本海域の生物の多様性に大きく寄与している可能性が

示された。

さらに、知床生態系における攪乱ダイナミズムと海洋-陸域生態系の相互作用を明らかにし、順応的管理をベースとした資源管理技術による生態系管理方法を検討した。その結果、次のことが提案できた。

- (1) サンマの生産調整が大型魚の魚価下落を招いた問題について、魚価と大型魚比率の関係を分析し、サンマの齢構成資源動態モデルを用いて、今後の資源崩壊リスクと赤字リスクを推定した。知床の沿岸漁業については、漁獲量と漁獲高を用いて、魚種別評価を行う方法を提案した。
- (2) 知床世界遺産地域の漁業自主管理の実態について、漁獲高と漁獲量および漁獲物平均栄養段階 (MTI) の長期変動について分析し、MTIについては3.6程度で横ばいと優良であり、漁獲高と漁獲量から簡易的に評価する指標を提案した。

以上のように、世界自然遺産に登録された知床半島とその周辺海域における生態系ベースによる環境評価と持続的水産資源管理技術の確立の可能性が示された。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計98件)

- ① Matsuda H., Makino M., Sakurai Y. (2009) Development of adaptive marine ecosystem management and co-management plan in Shiretoko World Natural Heritage Site. *Biol. Cons.*, 142:1937-1942 査読有
- ② Mustapha, M. A., S.-I. Saitoh, and T. Lihan (2009) Satellite-measured seasonal variations in primary production in the scallop-farming region of the Okhotsk Sea, *ICES J. Mar. Sci.*, 66: 1557-1569. 査読有
- ③ 桜井泰憲, 松田裕之 (2009) 保全と利用の両立を目指した知床世界自然遺産, *日本水産学会誌*, 75, 99-101, 査読有
- ④ Yamamoto, J., T. Nobetsu, T. Iwamori, Y. Sakurai (2009) Observations of food falls off the Shiretoko Peninsula, Japan, using a remotely operated vehicle, *Fisheries Science*, doi:10.1007/s12562-008-0055-z. 査読有
- ⑤ Makino, M., H. Matsuda, Y., Sakurai (2009) Expanding fisheries co-management to ecosystem-based management: A case in the Shiretoko World Natural Heritage area, Japan,

*Marine Policy*, doi:10.1016/j.marpol.2008.05.013. 査読有

- ⑥ Mustapha, M. A. and S.-I. Saitoh (2008) Observations of sea ice interannual variations and spring bloom occurrences at the Japanese scallop farming area in the Okhotsk Sea using satellite imageries, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 77, 577-588, 査読有
- ⑦ Kaeriyama, M., Yatsu, A., Kudo, H., and Saitoh, S. (2007) Where, when, and how does mortality occur for juvenile chum salmon *Oncorhynchus keta* in their first ocean year? *NPAFC Tech. Rep.*, 7, 52-55, 査読有

[学会発表] (計 40 件)

- ① Saitoh, S.-I., I. N. Radiarta, T. Hirawake et al., An operational use of remote sensing and marine-GIS for sustainable fisheries and aquaculture (Invited), International Symposium on Remote Sensing and Fisheries, February 17, 2010, Kochi, India
- ② Kaeriyama, M., Effect of the long-term climate on growth and survival of Japanese chum salmon in the Okhotsk Sea, The 3<sup>rd</sup> GLOBEC Open Science Meeting, June 23, 2009, Victoria, Canada
- ③ 塩本明弘, 知床半島沿岸域のサイズ捌クロロフィルa濃度と基礎生産量, 平成20年度極域気水圏・生物合同シンポジウム, 2008年11月5日, 国立極地研究所(東京)
- ④ Shiraishi, E., T. Kono, R. Sakai, S. Oguma, Density inversion in the Soya Current on the Hokkaido Coast in the Okhotsk Sea, PICES 17<sup>th</sup> Annual Meeting, October 30, 2008, Dalian, China
- ⑤ Kaeriyama, M., and H. Kudo. 2007. Sustainable fisheries management of Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.) based on the ecosystem approach, PICES 16<sup>th</sup> Annual Meeting, November 1, 2007, Victoria, Canada.
- ⑥ 平譚享, 齊藤誠一, 塩本明弘, 知床半島周辺海域におけるクロロフィルa濃度分布の季節変動, 2007年度日本海洋学会秋季大会, 2007年9月26日, 琉球大学(沖縄)

[図書] (計 28 件)

- ① 松田裕之・佐々木茂樹, 2章 順応的管理の理念と生態系管理の課題. 瀬戸雅文編 『市民参加による浅場の順応的管理』、日本水産学会監修水産学シリーズ162, 2009, 33-45.
- ② 齊藤誠一, 朝倉書店, 第9章 海洋とGIS, シリーズGIS 第5巻 社会基盤・環境のた

めのGIS, 2009, 135-149.

- ③ 松田裕之, 共立出版, 生態リスク学入門—予防的順応的管理—, 2008, 213pp.
- ④ Kaeriyama, M., TERRAPUB, Ecosystem-based sustainable conservation and management of Pacific salmon, Fisheries for Global Welfare and Environment (eds. K. Tsukamoto, T. Kawamura, T. Takeuchi, T. D. Beard, Jr. and M. J. Kaiser), 2008, 371-380.
- ⑤ 帰山雅秀. 恒星社厚生閣, 湖河性魚類による陸域生態系への物質輸送. 安定同位体スコープで覗く海洋生物の生態—アサリからクジラまで(富永修・高井則之編), 2008, 110-122.
- ⑥ 帰山雅秀. 成山堂書店, サケ類の生態系ベースの持続的資源管理と長期的な気候変動. レジーム・シフト—気候変動と生物資源管理(川崎健, 花輪公雄, 谷口旭, 二平章編), 2007, 131-139.

[その他]

ホームページ等

[http://odyssey.fish.hokudai.ac.jp/MODIS/MODIS\\_daily\\_index.html](http://odyssey.fish.hokudai.ac.jp/MODIS/MODIS_daily_index.html)

<http://www.hucc.hokudai.ac.jp/~a20066>

<http://ocw.hokudai.ac.jp/Topics/Sustainability/2008/PanOkhotskSymposium/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

齊藤 誠一 (SAITOH SEI-ICHI)

北海道大学・大学院水産科学研究院・教授  
研究者番号：70250503

### (2) 研究分担者

帰山 雅秀 (KAERIYAMA MASAHIDE)

北海道大学・大学院水産科学研究院・教授  
研究者番号：80305937

桜井 泰憲 (SAKURAI YASUNORI)

北海道大学・大学院水産科学研究院・教授  
研究者番号：30196133

松田 裕之 (MATSUDA HIROYUKI)

横浜大学・大学院環境情報研究院・教授  
研究者番号：70190478

綿貫 豊 (WATANUKI YUTAKA)

北海道大学・大学院水産科学研究院・准教授

研究者番号：40192819

宮下 和士 (MIYASHITA KAZUSHI)  
北海道大学・北方生物圏フィールド科学セ  
ンター・准教授  
研究者番号：70301877

河野 時廣 (KONO TOKIHIRO)  
東海大学・生物理工学部・准教授  
研究者番号：90305938

工藤 秀明 (KUDO HIDEAKI)  
北海道大学・大学院水産科学研究院・准教  
授  
研究者番号：40289575

平譚 享 (HIRAWAKE TORU)  
北海道大学・大学院水産科学研究院・准教  
授  
研究者番号：70311165

塩本 明弘 (SHIOMOTO AKIHIRO)  
東京農業大学・生物産業学部・教授  
研究者番号：40344329

山本 潤 (YAMAMOTO JUN)  
北海道大学・北方生物圏フィールド科学セ  
ンター・助教  
研究者番号：80305937