

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 18 日現在

機関番号：82708

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2012～2016

課題番号：24121008

研究課題名（和文）広域回遊性魚類の資源変動メカニズムと海洋区系

研究課題名（英文）Spatio-temporal dynamics of highly migratory top predators over ocean provinces

研究代表者

清田 雅史（Kiyota, Masashi）

国立研究開発法人水産研究・教育機構・国際水産資源研究所・グループ長

研究者番号：10371931

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 23,600,000 円

研究成果の概要（和文）：北西太平洋の表層高次捕食者の生活の場として海洋区を理解するため、4つの研究アプローチを進めた：1) 新開発したクラスター分析法を用いて高次捕食者群集を分類し、機械学習を応用して群集マップを作成した。2) 海洋区別の生態系モデルを構築し、海洋区の食物網特性の比較、鍵種・鍵プロセスの推定、漁業の影響評価を行った。3) 1年で再生産するアカイカの雌雄による南北回遊の違いが、成長と体サイズの性差をもたらす過程を、安定同位体分析により推定し数理モデル上で再現した。4) 川から放流された日本系サケが成魚として再び戻って来るまでの回遊と成長を支える各海洋区の生産量を推定し生態系基盤サービスとして定量化した。

研究成果の概要（英文）：We promoted four study projects to understand the structure and function of ocean provinces as habitats and food environment for marine higher trophic level (HTL) organisms: 1) We developed a new clustering algorithm to classify HTL communities and estimated a community cluster maps using a machine learning technique. 2) We made Ecopath ecosystem models for the classified HTL communities, and compared their food web characteristics, estimated key species and key processes, and evaluated the impacts of commercial fisheries. 3) We analyzed the sexual differences in seasonal latitudinal migration in neon-flying squids and simulated sexual dimorphism in body size using ecosystem and bioenergetic models. 4) We estimated the primary production of each ocean province that supports the growth and migration of chum salmon released from and returning to mother rivers in Japan. Results of this study provides a novel method for quantifying the supporting service of the marine ecosystem services.

研究分野：海洋生態学

キーワード：海洋生態系 食物網 高次捕食者 生態系サービス

1. 研究開始当初の背景

これまで外洋の生態系管理は、漁獲対象種の多国間管理を主眼として便宜的に管轄水域を定めた場合が多く、海洋生態系の多様な価値や生物間相互作用の複雑性は勘案されていなかった。また、MSY (最大持続生産量) 理論は、均一な平衡状態の下にある生物資源を想定して収穫の最大化を目指すものであり、環境変動や種間関係への影響を考慮していないため、生態系保全と持続可能な利用のための基礎理論として不十分であるとの批判を受けている。このため生物多様性条約の下では、「生態系アプローチ」に基づく管理の導入を 2020 年までに目指す愛知目標が採択されたが、同条約は国家管轄水域内のみが対象であり、公海域における生態系管理の枠組みは構築されていない。「生態系アプローチ」や「生態系を考慮した管理」を実践するためには、多分野にわたる専門家と利害関係者の協働作業が不可欠である。しかし、広大な海洋を対象に生態系の機能や価値を理解して共通認識を形成することの困難さから、概念だけが先行し、基礎的・実践的研究が立ち遅れている状況にあった。本領域の主アプローチである物理環境、物質循環、生物間相互作用に基づく海洋区分を基盤として、生態系機能の総合的な理解を深め、高次生物の生活環境としての海洋区の価値を定量的に評価することにより、「生態系アプローチ」のモデルを提示することが可能と考えられた。

2. 研究の目的

(1) 北西太平洋の表層高次捕食者を対象として、群集構造の時空間変動を解析して海洋区系を検討し、海洋環境との関係を解析する。
(2) 各海洋区の主要生物の組成と現存量を推定し、胃内容分析や安定同位体分析を通じて捕食被食関係を把握し、その結果から生態系モデルを構築して海洋区食物網の構造と機能を定量化し、漁業の影響を評価する。

次に、2つの鍵種、アカイカとサケ属魚類に注目し、彼らが生活史とともに海洋区の物質循環や食物網とどのような相互作用を持ち、それが資源変動とどのように関係するかを検討する。(3) 単年性で、南北回遊しながら1年で成長・成熟するアカイカの回遊・成長過程を安定同位体分析や生物エネルギーモデル解析を通じて明らかにし、その結果から本種にとっての海洋区の価値と生活史戦略を考察する。

(4) 一方、広域回遊性の遡河性魚類であり、成長につれて北太平洋とその付属海を広範囲に移動するサケ属魚類について、各種の回遊、摂餌、成長情報をレビューし、安定同位体分析により摂餌特性を確認し、バイオマス、体サイズの変動と漁業、気候変動との関係を解析する。さらにサケの生息環境としての海洋区の適性や貢献度を評価し、海の恵みとしてのサケを陸にもたらす各海洋区の経済的価値を定量化する方法を提案する。

3. 研究の方法

(1) 高次捕食者群集に基づく海洋区分：1982年から1996年に北西太平洋の定線上で実施された流し網調査データを解析し、高次捕食者群集組成の空間変動と経年変化を調べた。近年の群集空間構造を詳細に検討するため、2011年の流し網調査から得られたサンプルの種組成、サイズ・重量組成を解析した。群内と群間の非類似度を測度とした新たなクラスター分析法を開発し、各調査地点の群集を分類した。群集クラスターと海洋環境の関係をCCA(正準対応分析)により解析した上で、機械学習RF(ランダムフォレスト)を適用し、海洋環境に基づいて群集クラスターの分布マップを予測する手法を検討した。
(2) 食物網構造の把握とモデル化：本課題で直接分析する流し網調査サンプル(主に高次生物)のほか、計画研究班『炭素・窒素循環におけるキープロセスの解明』で分析している粒状有機物、動物プランクトン、マイクロネクトン、さらに公募課題『鯨類による海洋区系の時空間的利用様式-安定同位体分析からのアプローチ』で取り扱う小型歯鯨類のサンプルを統合し、一次生産者から頂点捕食者まで食物網全体をカバーする北太平洋の窒素・炭素安定同位体地理特性を総合的に解析した。採集時の海洋環境に基づき、安定同位体データを4つの海洋区(移行領域、移行帯、親潮域、親潮・黒潮混合域)に区分し、窒素炭素安定同位体比の回帰式をモデル選択することにより、食物連鎖関係の地域差を解析的に検証した。

海洋区ごとのEcopathモデルを構築するために、i) 生態系構成要素の特性把握、ii) バイオマス、生産量、消費量、食性などのパラメータ情報の集約と推定を行い、構築したモデルを用いて漁業の影響評価を行った。モデリングは他班および公募課題のメンバーと連携して行い、特にバイオマス推定では、公募課題『外洋性広域回遊生物のサイズ構造における時空間変動の解明』の成果として得られた相対漁獲強度と選択率を応用する新しい推定方法を開発した。

(3) アカイカの南北回遊と生活史戦略：アカイカ外套部筋肉の窒素・炭素安定同位体分析から産卵系群、性別による回遊パターンの相違について検討した。さらに回遊履歴を詳細に解析するため、成長とともに体軸方向に伸長する軟甲に注目し、2cm毎に切り分けた軟甲組織の窒素・炭素安定同位体比を測定した。

次に雌雄による季節回遊と海区利用の違いが、体サイズの性差を生じさせるメカニズムを定量的に検討するため、アカイカの生物エネルギーモデルを開発し、海洋生態系モデルCOCO-NEMUROの出力を餌環境として用いて、回遊に伴うエネルギー収支と成長のシミュレーションを行った。

(4) サケの回遊成長を支える海洋区：サケ属魚類の胃内容分析、安定同位体比分析により

採食ニッチの種差や時空間変動を検討した。日本系サケの摂餌・成長環境として北太平洋を捉え、海洋生態系モデル 3D-NEMURO の出力データから $1^\circ \times 1^\circ$ メッシュ、1 ヶ月ごとの餌密度依存関数値を計算し、EOF (経験的直交関数) 解析からサケの成長の場としての海洋環境の時空間変動を推定した。カラフトマス・サケ・ベニザケの 3 種を対象として北太平洋亜寒帯全域の成長環境の時空間変動を解析した。その結果から、サケ属魚類の成長の長期変動に影響を与える主要な 5 海域を抽出し、それら海域における餌密度依存関数の 10 年規模変動と資源変動の関係を検討した。

次に日本系サケが各海洋区で消費する餌の量を推定した。餌の消費率と体重の積で表されるサケの餌消費量を、生物エネルギーモデルと低次海洋生態系モデル NEMURO を結合した 4 ボックスモデル (4 海洋区を表す) を用いて、海洋年齢 4 歳の夏季まで計算した。その間サケの個体数は指数関数に従って減耗すると仮定した。その結果から、日本系サケの成長を支える各海洋区の基礎生産量および餌の動物プランクトンを求め、餌を人間が供給すると仮定したときのコストに換算することで、海の恵みを支える生態系の基盤的サービスの定量評価を試みた。

4. 研究成果

(1) 高次捕食者群集の採集個体と種数は緯度に沿って増加する傾向を示し、高緯度ほど種数が少なくなる一般的な地理的パターン (latitudinal gradient) とは異なっていた。経度方向の変化では、最も東側の調査ラインで生物の現存量と多様性の両方が低くなる共通の傾向が認められ、黒潮続流がもたらす渦の効果と物質循環と関連する北太平洋中部における低い生産性が原因となる可能性が示唆された。一方、高次捕食者群集の経年変化には、一貫した傾向は認められなかった。

群集組成と海洋環境要因の CCA 解析の結果、群集組成変動の 62.3% が表層水温・表層塩分濃度・栄養塩、クロロフィル量、SSH、動物プランクトン量で説明された。この関係を機会学習 RF に適用し、同時期の衛星観測から得られた海洋環境データを用いて、群集構造区分を予測した結果、観測値と概ね同じ予測結果が示された。

(2) 各海洋区の炭素・窒素安定同位体比プロット (C-N マップ) が示す食物連鎖構造は、構成する生物群は異なっても、いずれも直線関係を示した。C-N プロットに直線回帰式をあてはめ、海洋区の違いに関するモデル選択を行った結果、回帰直線の傾きは同一であり、切片の違いが海洋区の違いを反映する結果となった。すなわち、いずれの海洋区でも栄養段階が上がるにつれて、窒素・炭素安定同位体比は一定の上昇を示すこと、低次生産の基礎となる炭素安定同位体比の違いが食物連鎖の地域差として現れることが確認された。

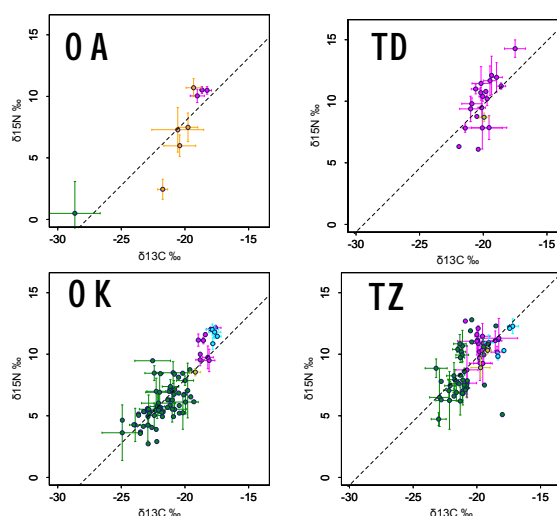


図 1. 炭素・窒素安定同位体比分析による海洋区 (OA: 親潮域、OK: 親潮・黒潮混合域、TD: 移行領域、TZ: 移行帯) ごとの C-N マップ。

北方区 23 機能群、南方区 24 機能群からなる Ecopath モデルを構築した。両モデルのフローダイヤグラムから、高位栄養段階の機能は、大型歯鯨類、小型歯鯨類、表層性サメ類であり、中位栄養段階には中深層性魚類、イカ類が位置すること、マグロ類やカツオは、両者の中間に位置することが確認された。MTI 解析から、大型歯鯨類、中深層性魚類・イカ類が他の多くの機能群に大きな影響を与えることがわかった。また、北方区ではヨシキリザメ、南方区ではアオザメの増加が、カツオ・マグロ類に対して負の影響を及ぼすことが示された。

各漁業種類と鯨類捕獲調査による漁獲がもたらす高次捕食者の食物損失 L-index と基礎生産への負荷量 PPR から、鯨類捕獲調査において北方区の PPR が高く、南方区では低く、鯨類捕獲調査の対象鯨種の食性の違いを反映することが確認できた。また、南方区の大中小型まき網漁業の L-index が、非常に高い値を示し、栄養段階が低い生物を多獲する漁業の特性を反映する結果となった。

(3) 経度別に採集したアカイカの外套長と外套筋肉の窒素安定同位体比の関係から、i) 冬春生まれ群 (小型の未成熟サイズ) では、生息海域が雌雄で同一の場合、その窒素安定同位体比に雌雄差は無く、ii) 成長とともに窒素安定同位体比が上昇することが示されたが、iii) 外套長 300 mm 以上 (成熟) ではその傾向が雌雄で異なることが示唆された。この傾向をより詳細に確認するため、軟甲の安定同位体比分析を行ったところ、外套長 300 mm までは炭素安定同位体比の性差は小さかったが、外套長 300 mm を超えると雌雄個体間での差違が広がる傾向が認められた。これは、このサイズを境に水平的な回遊を始める個体や、鉛直的に生息深度を変化させる個体が現れることで、餌生物が由来する系に個体差

が生じた可能性が考えられた。太平洋の炭素安定同位体比は高緯度で低く、低緯度で高い傾向が確認されていることから、雄は産卵場である亜熱帯域に全生活期間にわたって留まる一方、雌は外套長 260 mm 付近までは産卵場付近に留まるが、260 mm を超えると亜寒帯域への遊泳を開始することが推察された。これまで定量的な証拠がなかった、本種北上回遊の実態とそのタイミングを明らかにすることができた。

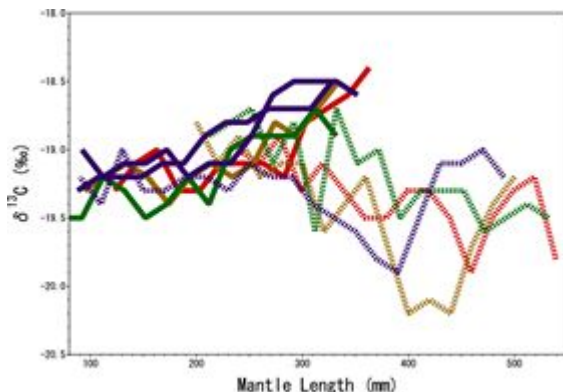


図2．アカイカ個体毎の推定外套長と軟甲炭素安定同位体比の関係、実線は雄個体、点線は雌個体。

生物エネルギーモデルを用いたシミュレーションの結果、体サイズの雌雄差を再現することができたが、雌雄差は実態よりも小さく表現された。このことから逆に、本種の雌は大型化するために成長に伴って、雄よりも上位の餌生物を利用しながら大型化している可能性が示唆された。

(4) 炭素・窒素安定同位体比分析の結果、アラスカ湾生態系におけるサケ属魚類の栄養段階は 3.5~4.5 の範囲を占め、マスノスケが最も高く、ついでスチールヘッド・トラウト、ギンザケ、ベニザケと続き、シロザケとカラフトマスが最も低かった。アラスカ湾ではシロザケを除く 5 種はヒメドスイカを卓越的に摂餌する傾向を示したが、エルニーニョなどの気候変化が起こると、餌生物は多様化した。

餌密度依存関数の EOF 解析の結果、空間関数は中緯度中央~東部で正、アラスカ湾・黒潮続流域などで負を示すパターンを示した。一方、時間関数は、1970 年代後半に負から正へ転換していた。空間関数値が正の値を示す海域が、1970 年代後半以降にサケにとって好適な回遊経路や生育場を提供したものと考えられる。主要 5 海域における餌密度依存関数偏差の変動を調べたところ、ベーリング海においては、1977~1995 年頃に餌環境が良好、1996 年頃に悪化し、対象 3 種の漁獲の長期変動と対応していた。北太平洋外洋域では 1975 年前後以降、良好な餌環境であった。しかし、アラスカ湾沿岸域では、1977 年以降の餌環境が悪く、漁獲変動と異なる変動が示された。

さらに環境収容力と摂餌環境の関係解析

から、サケの環境収容力の数十年変動には、ベーリング海と西部亜寒帯海域が鍵となることが示された。北極海縁辺海のチャクチ海を対象として将来予測を行った結果、21 世紀末には、海水の減少によりサケの生息域がチャクチ海全域に拡大する可能性が示された。

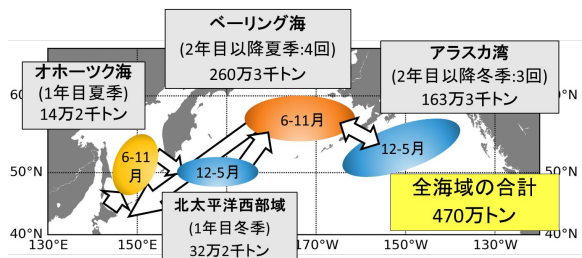


図3．日本系サケの生産を支える植物プランクトン量の推定値。

生態系モデルを応用した海の恵みの定量推定の結果、日本系サケはベーリング海の基礎生産を最も利用しており(全利用の 55.4%)、次いでアラスカ湾(35.0%)、西部亜寒帯海域(6.8%)、オホーツク海(3.0%)の順となった。2002 年に放流した日本系サケ 1 個体の成長を支える餌生物量は、各海域合計で 71 kg (動物プランクトン等の湿重量)、金額にして 3 万円となった。海洋年齢 2 歳以降の餌消費量に着目すると、冬季のアラスカ湾(26 kg、1 万 1 千円)よりも夏季のベーリング海(42 kg、1 万 7 千円)の方が相対的に多く餌を消費していた。2002 年に放流した日本系サケの個体群全体を支える海の恵みは、合計で 470 万トン、金額にして約 2 兆円となった。2002 年に放流したサケの多くが回帰する 2006 年のサケ漁獲金額は 735 億円であった。このことは、人間が日本系サケそのもので漁獲高を得るためには、それを支える海の恵みはその数十倍必要であることを意味する。

これまで海の生態系サービスについては、水産物の生産量(漁獲量)という形で表れる供給サービスを経済価値評価する即物的アプローチが主流で、それ以外のサービスについては代替法などにより間接的に類推することしかできなかった。本研究は生態系モデルを駆使して生産を支える基盤的サービスを定量化する方法を提案することにより、生態系保全に関する議論を概念的なものから具体的な内容に転換し、前進させることを可能にした。

5．主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 33 件)

1. KIYOTA, M. and S. YONEZAKI. 2017. Reconstruction of historical changes in northern fur seal prey availability and diversity in the western North Pacific through individual-based analysis of dietary records. Deep Sea Research II, <http://dx.doi.org/10.1016/j.dsr2.2017.02.005>. (査読あり)

2. OKUDA, T., M. KIYOTA, S. YONEZAKI, C. MURAKAMI, Y. KATO, M. SAKAI, T. WAKABAYASHI and M. OKAZAKI. 2017. Delineating the boundary and structure of higher trophic level assemblages in the western North Pacific Ocean. *Deep Sea Research II*, <http://doi.org/10.1016/j.dsr2.2016.11.013>. (査読あり)
 3. UENO, H., M. KAERIYAMA, M. OTANI, M. OE, Y. QIN, M. N. AITA, S. YOON and M. J. KISHI. 2016. Temporal and Spatial Variation in a Growth Condition of Pacific Salmon. *NPAFC Bull.*, 6., 181-187. (査読あり)
 4. 米崎史郎・清田雅史・成松庸二・服部 努・伊藤正木. 2016. Ecopath アプローチによる三陸沖底魚群集を中心とした漁業生態系の構造把握. *水産海洋研究*, 80, 1-19. (査読あり)
 5. 清田雅史・米崎史郎・巨 真吾. 2016. 水産関連データを活用した Ecopath with Ecosim 生態系モデルの構築方法. *水産海洋研究*, 80, 35-47. (査読あり)
 6. KATO, Y., M. SAKAI, H. NISHIKAWA, H. IGARASHI, Y. ISHIKAWA, D. VIJAI, Y. SAKURAI, T. WAKABAYASHI and T. AWAJI. T. 2016. Stable isotope analysis of gladius to investigate migration and trophic patterns of the neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*). *Fisheries Research*, 173, 169-174. (査読あり)
 7. OKUDA, T., S. YONEZAKI, and M. KIYOTA. 2015. Spatio-temporal variation in the higher trophic level community structure of the western North Pacific pelagic ecosystem. *Deep Sea Research II*, 113: 81-90. (査読あり)
 8. YONEZAKI, S., M. KIYOTA and H. OKAMURA. 2015. Long-term ecosystem change in the western North Pacific inferred from commercial fisheries and top predator diet. *Deep-Sea Research II*, 113: 91-101. (査読あり)
 9. KAERIYAMA M., H. SEO and Y. QIN. 2014. Effect of global warming on the life history and population dynamics of Japanese chum salmon. *Fisheries Science* 80: 251-260. (査読あり)
 10. KAERIYAMA, M., H. SEO, and Y. QIN. 2014. Effect of global warming on the life history and population dynamics of Japanese chum salmon. *Fisheries Science* 80: 251-260. (査読あり)
 11. KAERIYAMA, M., H. SEO, H. KUDO, and M. NAGATA. 2012. Perspectives on wild and hatchery salmon interactions at sea, potential climate effects on Japanese chum salmon, and the need for sustainable salmon fishery management reform in Japan. *Environ. Biol. Fish.*, 94, 165-177. (査読あり)
- 〔学会発表〕(計 24 件)
1. 米崎史郎. 2017. 調査・漁業データを活用した海洋生態系研究 東京大学大気海洋研究所共同利用研究会『三陸沿岸生態系の多様性を探る』(招待講演)
 2. 村上知里・米崎史郎・清田雅史. 2016. 北太平洋表層域における高次捕食者の食性比較. 2016 年度水産海洋学会研究発表大会
 3. YONEZAKI, S., Y. KATO, M. SAKAI, Y. KANAJI, S. HORII, and K. TAKAHASHI. 2016. Characteristics of food chain structure of the North Pacific pelagic ecosystems inferred from end-to-end profiles of carbon and nitrogen isotopes. The 10th International Conference on the Applications of Stable Isotope Techniques to Ecological Studies
 4. KIYOTA, M. and S. YONEZAKI. 2016. Response of commercial fisheries and a top predator to long-term ecosystem fluctuations in the western North Pacific Ocean off northeastern Japan. *PICES S6 Symposium*. (招待講演)
 5. KATO, Y., M. SAKAI, M. OKAZAKI, M. NOGUCHI and H. UENO. 2016. Growth, migration and trophic interactions role of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the North Pacific. *PICES annual meeting*.
 6. 米崎史郎, 横田耕介, 吉満友野, 東海 正, 清田雅史, 加藤慶樹, 若林敏江, 酒井光夫. 2015. 流し網選択性パラメータを応用した魚種別の現存量推定の試み. 2015 年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集. 釧路.
 7. 米崎史郎. 2015. 高次栄養段階モデリング: Ecopath を用いた取り組みと最前線. In 東京大学大気海洋研究所共同利用研究会: “海洋生態系モデリングの最前線” 講演要旨集. 東京大学大気海洋研究所, 柏. (招待講演)
 8. KIYOTA, M. 2015. Ecosystem modeling using Ecopath with Ecosim and fishery related data for practical application. *Proceedings of the JGU Meeting 2015. A-OS23*. (招待講演)
 9. KATO, Y., T. WAKABAYASHI, and M. SAKAI. 2015. Spatial pattern in stable isotope ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) values of the jumbo flying squid, *Dosidicus gigas*, in the Southeastern Pacific Ocean. *Abstracts of the 3rd CLIOTOP Symposium*. San Sebastian, Spain.
 10. KIYOTA, M., S. YONEZAKI and H. OKAMURA. 2015. Northern fur seal diet revealed long-term shifts of fish fauna in the western North Pacific. *Abstracts of the 3rd CLIOTOP Symposium*. San Sebastian, Spain.
 11. OKUDA, T., M. KIYOTA, S. YONEZAKI, C. MURAKAMI, Y. KATO, M. SAKAI and M. OKAZAKI. 2015. Delineating the boundary and structure of higher trophic level

- assemblages in the western North Pacific Ocean. Abstracts of the 3rd CLIOTOP Symposium. San Sebastian, Spain.
12. YONEZAKI, S., C. MURAKAMI, Y. KATO, T. WAKABAYASHI, M. SAKAI, and M. KIYOTA. 2015. Characteristics of the food web structure of large marine ecosystem in the northwestern Pacific Ocean. Abstracts of the 3rd CLIOTOP Symposium. San Sebastian, Spain.
 13. UENO, H., M. OTANI, M. N. AITA, M. J. KISHI, and M. KAERIYAMA. 2014. Temporal and spatial variation in the growth factors of the Pacific Salmon, North Pacific Marine Science Organization (PICES) 2014 Annual Meeting, Expo Hall, Yeosu, Korea. (招待講演)
 14. 上野洋路・男谷萌子・大江光穂・相田真希, 岸道郎, 帰山雅秀. 2014. 北太平洋におけるサケ属魚類成長因子の時空間変動, 2014 年度水産海洋学会研究発表大会要旨集. 横浜市
 15. YONEZAKI, S., M. KIYOTA and H. OKAMURA. 2013. Long-term ecosystem change in the western North Pacific inferred from top predator diet information and commercial fishery data. Second CLIOTOP Science Symposium, Program and Abstracts, p.62.
 16. KIYOTA, M., T. OKUDA and S. YONEZAKI. 2013. Spatio-temporal variation in higher trophic level community structure in the North Pacific pelagic ecosystem. Second CLIOTOP Science Symposium, Program and Abstracts, p.47.
 17. 清田雅史・米崎史郎・亘 真吾・成松庸二・服部 努・伊藤正木・田 永軍. 2013. 食物網特性と漁業のインパクトに注目した海洋生態系評価の試み. 2013 年度水産海洋学会研究発表大会 (京都大学)
- 〔図書〕(計 8 件)
1. 米崎史郎・牧野光琢. 2016. 第 6 章生態系管理の考え方. In. 魚たちとワシントン条約: マグロ・サメからナマコ・深海サンゴまで, pp. 121-133, (中野秀樹, 高橋紀夫編) 文一総合出版, 東京. (査読なし)
 2. 清田雅史. 2016. 海洋生態系モデル. In 水産海洋ハンドブック第 3 版(竹内俊郎, 中田英昭, 和田時夫, 上田宏, 有元貴文, 渡部終五, 中前明 編)pp. 132-134. 生物研究社, 東京. (査読なし)
 3. KAERIYAMA M., and Y. QIN. 2014. Biological interactions between wild and hatchery-produced Pacific salmon. In: Salmon (eds: Woo, P. T. K., Noakes, D. J.) pp. 223-238. Nova Science Publishers, Inc. (査読なし)
 4. 帰山雅秀. 2012. サケ・マス類. 最新水産ハンドブック(木村伸吾・桜本和美ほか編).

- pp. 177-179. (査読なし)
5. 帰山雅秀. 2012. サケ属魚類による陸域生態系への物質輸送. 海洋保全生態学(白山義久・桜井泰憲・古谷研・中原裕幸・松田裕之・加々美康彦編). pp. 26-28. (査読なし)

〔産業財産権〕
 ○出願状況(計 0 件)
 ○取得状況(計 0 件)

〔その他〕
 ホームページ等
<http://ocean.fs.a.u-tokyo.ac.jp/group03.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

清田雅史 (KIYOTA, Masashi)
 水産研究・教育機構 国際水産資源研究所
 グループ長
 研究者番号: 10371931

(2)研究分担者

米崎史郎 (YONEZAKI, SHiroh)
 水産研究・教育機構 国際水産資源研究所
 主任研究員
 研究者番号: 30463102

酒井光夫 (SAKAI, Mitsuo)
 水産研究・教育機構 東北水産研究所
 主幹研究員
 研究者番号: 70371937

上野洋路 (UENO, Hiromichi)
 北海道大学大学院水産科学研究院・准教授
 研究者番号: 90421875

(3)連携研究者

奥田武弘 (OKUDA, Takehiro)
 水産研究・教育機構 国際水産資源研究所
 研究員
 研究者番号: 80700385

加藤慶樹 (KATO, Yoshiki)
 水産研究・教育機構 開発調査センター
 主任研究員
 研究者番号: 20571582

帰山雅秀 (KAERIYAMA, Masahide)
 北海道大学国際本部・特任教授
 研究者番号: 80305937

(4)研究協力者

村上知里 (MURAKAMI, Chisato)
 水産研究・教育機構 国際水産資源研究所
 研究等支援職員
 研究者番号: