

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：32644

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26840131

研究課題名(和文)更新世の氷期-間氷期サイクルが南シナ海沿岸魚類の多様性形成過程に与えた影響の解明

研究課題名(英文)Historical biogeography of fishes of the South China Sea in relation to the Pleistocene glacial-interglacial cycles

研究代表者

武藤 望生 (Muto, Nozomu)

東海大学・生物学部・講師

研究者番号：50724267

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：南シナ海における海産魚類の多様性形成過程解明を目的に研究を行った。18種の海産魚類を対象に、mtDNA部分塩基配列の遺伝子系統樹を作成したところ、2系統を含む種と1系統のみの種に分けられた。前者は、更新世の氷期-間氷期サイクルにともなう海水準変動によって隔離された分集団が、現在南シナ海において分布を重複させているものと推測された。

mtDNAが2系統に分離する種の一部において、マイクロサテライト多型解析により核ゲノムの分化を検証したところ、2系統に対応する分化がみられた。これらは繁殖を異にする別種とみるべきである。前述のプロセスが種の多様性にも寄与してきたことが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：We aimed to clarify historical processes contributing to the marine fish diversity in the South China Sea, focusing on the Pleistocene glacial-interglacial cycles.

Mitochondrial DNA sequencing was employed to infer historical population dynamics in 18 selected fish species. In some species, specimens from the South China Sea were separated into two divergent clades on mtDNA gene tree, suggesting that they have experienced historical divergence due to the sea level changes in the Pleistocene, followed by secondary contact.

For a subset of the aforementioned species, nuclear DNA divergence was tested using microsatellite genotyping. The species tested exhibited clear nuclear divergence between the two mtDNA clades, indicating that they are representing separate species. Taken together, our results showed that the Pleistocene glacial-interglacial cycles have contributed to the present marine fish diversity in the South China Sea, both at the intraspecific- and the species-level.

研究分野：魚類体系学

キーワード：南シナ海 更新世 系統地理 魚類

1. 研究開始当初の背景

インド洋と太平洋の境界に位置する南シナ海には、現在多くの魚類が生息する(2000種以上)。しかし、それらが南シナ海における分布を確立してきた過程は不明である。南シナ海は、いまから約250万-2万前の更新世に海水準の大変動をくりかえし経験しており、これが魚類の分布域形成に影響を与えてきた可能性が高い。

2. 研究の目的

南シナ海の魚類の分布域形成史を解明することを目的とする。とくに、更新世の氷期-間氷期サイクルにともなう海水準変動がもたらした、種ごとの個体群構造の変動に着目する。さらに、そうした個体群構造の変動が種の生理・生態的特徴や系統的位置によって影響を受けてきたか明らかにする。

3. 研究の方法

南シナ海内外の数地点から採集した18種の魚類を対象とする。対象種：メアジ、オニアジ(隠ぺい種含む)、マテアジ、モロ、クサヤモロ、モトギス(隠ぺい種含む)、グルクマ、メガネタマガシラ、イトヒキサギ、イトヒキキントキ、タテフエダイ、ソコイトヨリ、*Rastrelliger brachysoma*, *R. faughni*。これらの種は、生理・生態や系統的位置による比較が可能となるように選定した。

種ごとにミトコンドリアDNA(mtDNA)の塩基配列分析とマイクロサテライト多型分析(STR解析)をおこない、年代情報も含めて過去の個体群動態を推測する。これを地史と対比させることで、更新世の海水準変動によって生じた個体群構造の変動を明らかにする。

マイクロサテライト多型分析には、種ごとに専用のプライマー(種特異的プライマー)が必要である。本研究では、次世代シーケンシング技術を用いて種特異的プライマーを

開発する。

4. 研究成果

全体の成果と種ごとの成果にわけて記述する。

<全体の成果>

対象種は、mtDNAの遺伝子系統樹において2系統に分けられる種と、1系統のみからなる種に分けられた。前者は次のような歴史を反映していると思われる：更新世の氷期-間氷期サイクルにともなう海水準変動によってインド洋と太平洋にそれぞれ隔離された分集団が、現在南シナ海において分布を重複させている。これらの種で2系統の分岐程度を比較したところ、種によってまちまちであり、特定の分岐程度(分岐年代)に集中するという傾向は見られなかった。分集団の隔離は、種によって異なる時期におきたと考えられる。

一部の種は、南シナ海集団の個体群サイズが近年急速に拡大したと推測された。

上記のような個体群動態と、種ごとの生態的特徴(特に浮遊性/底生の区分)および系統的位置(所属する分類群)の関係を検討した。しかし、いずれにおいても明瞭な対応は見られなかった。

対象種のうち11種について、STR解析にもちいる種特異的プライマーを新たに開発した。STR解析により、mtDNAが2系統に分離する種のうちの一部を対象として核ゲノムにおける分化を検証したところ、2系統に対応する明瞭な分化がみられた。これらは繁殖集団を異にする隠蔽種と考えられる。

さらに、そうした一部の種において日本列島周辺の標本を予備的に分析したところ、南シナ海と同様のパターンが見られた。すなわち、明瞭に分離したmtDNAの2系統が同所的に分布し、それらの間には核ゲノムの分化も見られた。そのうえ、2系統が日本列島周

辺において交雑していることも明らかになった。今後はこうした種に注目して、南シナ海から日本列島にわたる東アジア沿岸全域の分布域形成過程を検討していく予定である。

<種ごとの成果>

1) グルクマ属魚類3種(グルクマ, *R. brachysoma*, *R. faughni*)の遺伝的・形態的差異を明らかにした。これらは遺伝的にも形態的にも明瞭に区別されるが、形態にもとづく識別の際には、体各部の相対成長に注意が必要であることがわかった。

2) メガネタマガシラの遺伝的集団構造を明らかにした。南シナ海周辺海域に、遺伝的に異なる個体群がすくなくとも3つ存在することがわかった。これらは更新世の海水準変動によって形成されたと考えられる。

3) オニアジの遺伝的集団構造を明らかにした。南シナ海の東岸と西岸には、遺伝的に異なる集団が分布することがわかった。日本周辺には両者が分布し、交雑個体も見られた。

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 6件)

すべて査読あり。

6) Muto N et al (ほか4名). In press. First record of *Lutjanus madras* (Teleostei: Perciformes: Lutjanidae) from the Pacific Ocean, with comments on its intraspecific morphological variation. *Cybium*.

5) Takeshima H, Muto N, et al (ほか4名). 2017. Rapid and effective isolation of candidate sequences for development of

microsatellite markers in 30 fish species by using kit-based target capture and multiplexed parallel sequencing. *Conservation Genetics Resources* doi: 10.1007/s12686-017-0699-z

4) Fukui Y, Muto N, Motomura H. 2017. A new species of labrid fish *Oxycheilinus samurai* from the western Pacific Ocean. *Ichthyological Research* doi: 10.1007/s10228-016-0561-4

3) Muto N, et al (ほか11名). 2017. Rapid and cost-effective molecular identification of the three mackerel species of the genus *Rastrelliger* (Perciformes: Scombridae) using PCR-RFLP analysis. *Marine Biodiversity* 47: 609–611

2) Okamoto Y, Muto N, et al (ほか5名). 2016. Stable isotope analysis suggests the existence of multiple populations of streaked spinefoot (*Siganus javus* L.) in Bandon Bay, Southern Thailand. *International Aquatic Research* 8:169–178

1) Muto N, et al (ほか12名). 2016. Genetic and morphological differences among the three species of the genus *Rastrelliger* (Perciformes: Scombridae). *Ichthyological Research* 63: 275–287

[学会発表](計 8件)

8) Muto N, et al (ほか12名). Solving the mixed-stock problem by an integrative approach: a case study of the genus *Rastrelliger* (Pisces: Perciformes: Scombridae). The 25th Federation of Asian and Oceanian Biochemists and

Molecular Biologists Conference, Philippine International Convention Center, 2016年12月5-7日.

7) **Muto N**, et al (ほか12名). Genetic and morphological differences among the three species of the genus *Rastrelliger* (Perciformes: Scombridae) and their identification using PCR-RFLP. International Conference on Fisheries and Aquatic Sciences. Amigo Terrace Hotel, Iloilo, the Philippines. 2016年1月26-27日.

6) **Muto N**, et al (ほか15名). Coastal fish diversity in the South China Sea. International Workshop on Area-capability studies in Coastal Zone of Southeast Asia. Research Institute for Humanity and Nature, Kyoto, Japan, 2015年12月14-15日.

5) 福井美乃, **武藤望生**, **本村浩之**. 西太平洋から得られたベラ科ホホスジモチノウオ属の2未記載種. 2016年度日本魚類学会年会, 岐阜大学, 2016年9月23-26日.

4) **武藤望生**, 他10名. 西太平洋におけるオニアジの隠蔽種と交雑. 2016年度日本魚類学会年会, 岐阜大学, 2016年9月23-26日.

3) Yuki Okamoto, **Nozomu Muto**, et al (ほか5名). Spatiotemporal variations in $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$ values of demersal fishes captured by small scale fisheries in Bandon Bay, Southern Thailand. 平成27年度日本水産学会秋季大会, 東北大学川内北キャンパス, 2015年9月22-25日.

2) **武藤望生**, 他12名. グルクマ属魚類3

種の遺伝的・形態的差異. 2015年度日本魚類学会年会, 近畿大学農学部, 2015年9月4-7日.

1) **武藤望生**, 他14名. 南シナ海におけるアジ科魚類3種の遺伝的集団構造. 2014年度日本魚類学会年会, 神奈川県立生命の星・地球博物館, 2014年11月14-17日.

〔図書〕(計3件)

3) **Motomura H**, Alama UB, **Muto N**, Babaran RP, **Ishikawa S** (eds) Commercial and Bycatch Market Fishes of Panay Island, Republic of the Philippines. The Kagoshima University Museum, Kagoshima, University of the Philippines Visayas, Iloilo, and Research Institute for Humanity and Nature, Kyoto, 246 pp, 911 figs.

2) 武藤文人, **武藤望生**, **石川智士**. 2017. 生物多様性と地域資源の関係性. In: 石川智士, 渡辺一生(編)地域と対話するサイエンス, 勉誠出版, pp 109-132

1) **武藤望生**. 2016. 南シナ海の魚はどこからきたのか. In: 篠原現人(編)魚好きやねん, 東海大学出版会, p 6

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

取得状況（計0件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

武藤 望生 (MUTO Nozomu)

東海大学・生物学部・特任講師

研究者番号：50724267

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

石川 智士 (ISHIKAWA Satoshi)

総合地球環境学研究所・教授

研究者番号：40433908

本村 浩之 (MOTOMURA Hiroyuki)

鹿児島大学・総合研究博物館・教授

研究者番号：90433086

武島 弘彦 (TAKESHIMA Hirohiko)

総合地球環境学研究所・特任助教

研究者番号：50573086

(4) 研究協力者

武藤 文人 (MUTO Fumihito)

東海大学・海洋学部・准教授

Ricardo P. Babaran

フィリピン大学・教授

柿岡 諒 (KAKIOKA Ryo)

国立遺伝学研究所・研究員