

平成 22 年 4 月 16 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2009

課題番号：19570084

研究課題名（和文）ムロアジ属魚類の種分化と全世界への拡散

研究課題名（英文）Speciation of the carangid fishes genus *Decapterus* and global extension of their range

研究代表者

木村 清志 (KIMURA SEISHI)

三重大学・大学院生物資源学研究科・教授

研究者番号：00115700

研究成果の概要（和文）：インド洋－太平洋域から採集したムロアジ属魚類の形態学的観察並びに DNA の遺伝学的情報を解析し、さらに世界各地のタイプ標本を含む博物館標本の形態観察を行った。これらの解析から、本属魚類は全世界に 11 種、そのうちインド洋－太平洋域には 1 新種を含む 10 種が分布することが明らかになった。また、種組成や遺伝学的系統関係から本属魚類は、西太平洋熱帯域からインド洋を経て大西洋へ、一方西太平洋から東太平洋へ分布を広げたと考えられた。

研究成果の概要（英文）：Morphological and molecular biological analyses of the carangid fish genus *Decapterus* collected from the wide areas of Indo-Pacific and those kept in museums including primary types revealed that the genus consists of 11 species including a new species. The genus possibly originated in the Western Pacific Ocean and extended to the Atlantic via Indian Ocean westward and to the East Pacific Ocean eastward.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2008 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：魚類生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生物多様性・分類

キーワード：魚類，分類学，アジ科，ムロアジ属，分布

1. 研究開始当初の背景

(1) アジ科魚類は特に水産資源として重要であったために、古くから分類学的研究が行われてきた。本科魚類の分類学的研究は、日本周辺やアジア地域での研究が多く、古くは Wakiya (1924) や Oshima (1925), Suzuki (1962) が知られ、またインド洋では J. L. B.

Smith および M. M. Smith による一連の研究 (Smith, 1967 など; Smith, 1972 など) が知られている。そのほか、近年では Kimura and Suzuki (1981), Gushiken (1983), Gunn (1990) などの研究がある。しかし、最近では国連農業食糧機構 (FAO) の同定ガイド (Smith-Vanitz, 1983, 1999, 2002) やユネ

スコの出版物 (Smith-Vanitz, 1986) として、地域に分かれた種の同定ガイドが出版されるのみで、本研究の目的である属あるいは種群の分類学的研究論文は公表されていなかった。また、アジ科魚類内部の系統関係については、Kijima et al. (1988) がアインザイム遺伝子を使って報告して以来、まとまった報告、特に分子生物学的手法を用いたものは知られていなかった。

(2) 本研究代表者はアジ科の分類に興味があり、すでに日本周辺から得られるムロアジ属の分類学的研究結果を公表した (Kimura and Suzuki, 1981)。その後、ヒラギ科 (Kimura et al., 2000; 2003; 2005; Yamashita and Kimura, 2001; Yamashita et al., 1998) やトウゴロウイワシ科 (Kimura et al., 2001a; 2001b; 2002; 2007) 魚類について、東南アジア諸国で採集した標本に基づいて、綿密な形態観察と近縁種間の比較を行い、それまで甚だしい分類学的混乱状態にあった両科魚類の分類学的整理を進めた。これらの研究から、甚だしい混乱状態に陥っているグループを形態学的手法によって整理する方法を身につけた。

2. 研究の目的

現在分類学的に混乱しているムロアジ属魚類について、以下の問題点を明らかにすることを目的とした。

- (1) 全世界に分布する有効種の種数。
- (2) 各有効種の明確な識別的特徴と分布域。
- (3) 各有効種の系統関係。
- (4) 本属魚類の拡散過程。

3. 研究の方法

(1) 日本周辺から、台湾、ベトナム、フィリピン、タイ、インドネシアの西太平洋域および東インド洋域において主として魚市場で購入することによってムロアジ属魚類標本を収集した。

(2) 採集した標本は、分子生物学用の筋肉組織標本を採取した後、生鮮状態のカラー写真撮影を行い、ホルマリンで固定し、エチルアルコールで保存した。

(3) 固定後の標本について形態学的観察、測定を行った。

(4) 日本および米国、ヨーロッパ各国の博物館に所蔵されている本属魚類の標本、特に各名義種のタイプ標本について、形態学的調査を行った。

(5) 筋肉組織を用いて、分子生物学的解析を行い、各種の系統関係を考察した。

(6) 上記の研究結果を総合して、本属の構成を確定し、分布域の拡散過程を推定する。

4. 研究成果

- (1) アジ科ムロアジ属魚類の識別的特徴

本属は側線直走部の全部あるいは一部に稜鱗を備えること、尾柄部の背中線上、腹中線上に各1基の小離鱗を備えることによって、他のアジ科魚類から区別できる。

(2) ムロアジ属各種の識別的特徴と分布域

● *Decapterus akaadsi* Abe, 1958 アカアジ

識別的特徴：尾鰭や背鰭、胸鰭、上顎が赤い；側線直走部は全て稜鱗で被われる；鋤骨歯がほとんど発達しない；頭部背面被鱗域は通常眼の中央よりも前方に達する；側線は背鰭第11~12軟条下から直走する；湾曲部側線鱗数46~58；直走部側線鱗数24~28；体長-体高比24.0~27.9%；体長-頭長比27.3~29.9%。

分布域：日本、台湾、ベトナム、アンダマン海。

備考：本種はこれまで日本周辺から東シナ海にのみ分布するとされてきた。しかし、本研究結果から、本種は日本沿岸からインドシナ半島の太平洋岸、およびインド洋のアンダマン海にまで広く分布していることが明らかになった。



図1. アカアジ (台湾)

● *Decapterus koheru* (Hector, 1875)

識別的特徴：鰓蓋後方から尾鰭基底の背縁に沿って黄色のやや幅広い縦帯がある；頭部背面被鱗域は通常眼の中央よりも前方に達する；側線直走部の後方約1/2は稜鱗で被われる；側線は背鰭第12軟条下から直走する；稜鱗数26；体長-体高比26.2%；体長-頭長比34.0%。

分布域：ニュージーランド。

備考：本種はニュージーランドの固有種と考えられる。

● *Decapterus kurroides* Bleeker, 1855

識別的特徴：尾鰭や背鰭、胸鰭、上顎が赤い；側線直走部は全て稜鱗で被われる；鋤骨に少数の歯がある；側線は背鰭第10~12軟条下から直走する；湾曲部側線鱗数45~52；直走部側線鱗数30~33；体長-体高比24.1~26.4%；体長-頭長比30.2~33.0%。

分布域：フィリピン、インドネシア。

備考：本種は上述のアカアジと非常に類似するが、側線直走部の稜鱗数が30~33であることと、体長-頭長比が30%以上であること

とによって区別できる。従来本種はアカアジや後述する未記載種と混同されてきたと考えられる。文献上では本種は西インド洋にも分布することになっているが、現在のところ、本種の分布が確認できたのは、西太平洋だけである。



図 2. *Decapterus kurroides* (フィリピン)

●*Decapterus macarellus* (Cuvier, 1833)

クサヤモロ

識別的特徴: 尾鰭は黄色、体背面は暗青色、体側中線のやや下方に淡青色の金属光沢縦帯がある; 上顎口腔弁は白色; 体長 30 cm 以上では尾柄部後方の稜鱗の背腹に隆起縁が形成される; 頭部背面被鱗域は通常眼の中央よりも前方に達する; 側線直走部の後方約 1/2 は稜鱗で被われる; 上顎の後端はほぼ直線状; 湾曲部側線鱗数 69~78; 直走部円鱗数 25~30; 直走部稜鱗数 26~32.

分布域: ほぼ世界中の熱帯, 温帯域: アフリカ東岸からマルケサス諸島までのインド洋-太平洋域, 米国からペルーまでの東太平洋, アゾレスからセントヘレナ島, ギニア湾の東大西洋, カナダからブラジルまでの西大西洋.



図 3. クサヤモロ (八丈島)

●*Decapterus macrosoma* Bleeker, 1851

モロ

識別的特徴: 尾鰭は黄色、体背面は緑色を帯びる; 上顎後縁は上部がやや湾入し, 下部は丸く突出する; 側線直走部の後方約 2/3 は稜鱗で被われる; 頭部背面被鱗域は通常眼の後縁付近まで達する; 湾曲部側線鱗数 57~65; 直走部円鱗数 15~25; 直走部稜鱗数 24~34.

分布域: アフリカ東岸からハワイまでのインド洋-太平洋域, カリフォルニア湾からペルーまでの東太平洋.



図 4. モロ (熊野灘)

●*Decapterus maruadsi* (Temminck and Schlegel, 1843) マルアジ

識別的特徴: 尾鰭は黄色、体背面は緑色から暗青色を帯びる; 上顎後縁はやや湾入する; 側線直走部の全域は稜鱗で被われる; 頭部被鱗域は通常眼の中央より前方に達する; 湾曲部側線鱗数 49~58; 直走部稜鱗数 30~34.

分布域: 日本, 台湾, 中国沿岸, ベトナム.

備考: 本種は従来日本から中国の極東域固有種と考えられてきたが, 本研究の結果から本種はベトナムの南シナ海沿岸まで分布することが明らかになった.

従来頭部背面の被鱗域は, 全て眼の中央より前方に達すると考えられてきたが, 今回の研究で, 一部は眼の中央に達しない個体も存在することが明らかになった.



図 5. マルアジ (熊野灘)

●*Decapterus muroadsi* (Temminck and Schlegel, 1844) ムロアジ

識別的特徴: 尾鰭は上葉のみ黄色, 下葉は灰褐色, 体背面は緑褐色を帯びる, 体側中線のやや上方に黄色縦帯がある; 上顎後縁はやや湾入する; 側線直走部の全域は稜鱗で被われる; 頭部被鱗域は通常眼の中央より前方に達する; 湾曲部側線鱗数 60~65; 直走部円鱗数 6~15; 直走部稜鱗数 31~35.

分布域: 西太平洋 (日本, オーストラリア) からハワイ, 中部太平洋, 東インド洋, 東大西洋 (セントヘレナ島周辺); 東太平洋 (カリフォルニアからペルー).

備考: 大西洋の個体群は形態的に差がみられ, 別種の可能性もある.



図 6. ムロアジ (熊野灘)

● *Decapterus punctatus* (Cuvier, 1829)

識別的特徴：尾鰭は黄色、体は面は緑色から暗緑青色；体側中線のやや下方に黄褐色縦帯がある；側線湾曲部に数個の黒点が並ぶ、上顎後縁は上部がやや湾入し、下部は丸く突出する；側線直走部のほぼ全域が稜鱗で被われる；頭部被鱗域は通常眼の中央より前方に達する；湾曲部側線鱗数 48~58；直走部稜鱗数 33~41。

分布域：西大西洋（米国からブラジル）、東大西洋（カナリー諸島からナイジェリア）。



図 7. *Decapterus punctatus* (固定標本, マルティニーク, カリブ海)

● *Decapterus russelii* (Rüppell, 1830)

インドマルアジ

識別的特徴：尾鰭は灰褐色、体背面は緑褐色から褐色；上顎後縁はわずかに湾入する；側線直走部の全域は稜鱗で被われる；頭部被鱗域は通常眼の中央あるいはそれより後方に達する；湾曲部側線鱗数 45~59；直走部稜鱗数 27~33。

分布域：アフリカ東岸から沖縄、インドネシア、オーストラリアまでのインド洋-西太平洋。

備考：本種は体高の高いタイプ（タイプ 1）と低いタイプ（タイプ 2）の形態学的 2 型が従来から知られていた。今回の研究でタイプ 1 は頭部背面の被鱗域が眼の中央付近まで達するのに対し、タイプ 2 は眼の後縁付近に達するのみであった。これらのタイプは別種の可能性もあるが、残念ながら、今回の研究では十分な情報を得ることができなかった。



図 8. インドマルアジタイプ 1 (アンダマン海)



図 9. インドマルアジタイプ 2 (西表島)

● *Decapterus tabl* Berry, 1968 オアカムロ

識別的特徴：尾鰭や背鰭、胸鰭は赤色；上顎後縁は截形；側線直走部の大部分は稜鱗で被われるが、直走部始部に通常数枚の円鱗が存在する；頭部被鱗域は通常眼の中央より前方に達する；体長約 30 cm 以上では鰓蓋膜の一部が鋸歯状を呈する；湾曲部側線鱗数 66~69；直走部円鱗数 0~6；直走部稜鱗数 32~39。

分布域：アフリカ東岸から日本、インドネシア、オーストラリアまでのインド洋-西太平洋、ハワイ、米国からベネズエラまでの西大西洋、セントヘレナ島周辺の東大西洋。

備考：従来の本種の生物学的情報は次の未記載種を混同した可能性がある。



図 10. オアカムロ (三宅島)

● *Decapterus* species 未記載種

識別的特徴：尾鰭や背鰭、胸鰭、上顎が赤い；側線直走部は全て稜鱗で被われる；鋤骨歯は発達する；側線は背鰭第 14~16 軟条下から直走する；上顎後縁は湾入する；湾曲部側線鱗数 60~64；直走部側線鱗数 27~29；体長-体高比 20.3~22.9%；体長-頭長比 20.9~30.9%。

分布域：アンダマン海、インドネシア。

備考：本種はアカアジや *D. kurroides* およびオアカムロとよく類似する。しかし、体高が低いことや湾曲部側線鱗数が 60~64 であること、鋤骨歯が発達することなどによって、これらと区別できる。



図 11. ムロアジ属未記載種 (インドネシア)

(3) DNA 解析によるインド洋-太平洋域ムロアジ属魚類の分子系統

ミトコンドリア調整域を用いて、インド洋-太平洋産ムロアジ属魚類 9 種の系統関係を明らかにした (図 11)。この系統図では、オアカムロが他の 8 種と姉妹関係にあり、次に未記載種、モロ、クサヤモロがそれぞれ分かれていく。マルアジとインドマルアジは姉妹群を形成する。アカアジと *D. kurroides* も姉

姉妹群を形成し、この2種とムロアジが姉妹群を形成する。

またこの解析から、従来同種の可能性が示唆されてきた、アカアジと *D. kurroides*、およびマルアジとインドマルアジはそれぞれ別種であることが明らかになった。

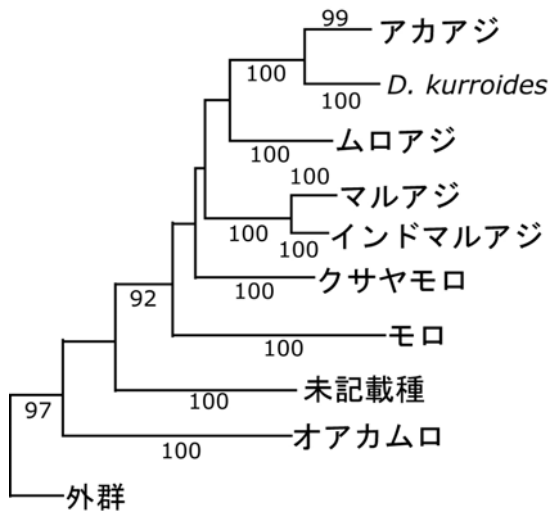


図 12. インド洋－太平洋産ムロアジ属の系統関係。

(4) 各種の分布と拡散過程の推定

上記のムロアジ属有効種の分布域は以下のようになる。アカアジ－西太平洋，インド洋；*D. koheru*－西太平洋；*D. kurroides*－西太平洋；クサヤモロ－西太平洋，インド洋，大西洋，東太平洋；モロ－西太平洋，インド洋，東太平洋；マルアジ－西太平洋；ムロアジ－西太平洋，インド洋，大西洋，東太平洋；*D. punctatus*－大西洋；インドマルアジ－西太平洋，インド洋；オアカムロ－西太平洋，インド洋，大西洋；未記載種－西太平洋，インド洋。これを海域ごとに分けると，西太平洋（10種）－アカアジ，*D. koheru*，*D. kurroides*，クサヤモロ，モロ，マルアジ，ムロアジ，インドマルアジ，オアカムロ，未記載種。インド洋（7種）－アカアジ，クサヤモロ，モロ，ムロアジ，インドマルアジ，オアカムロ，未記載種。大西洋（5種）－クサヤモロ，ムロアジ，*D. punctatus*，オアカムロ。東太平洋（3種）－クサヤモロ，モロ，ムロアジ。

以上の結果から，ムロアジ属魚類は西太平洋域において最も種数が多く，また系統関係からも古い時代に分化したものが多く含まれ，この海域で本属魚類が発生し，種分化が行われたと想定できる。本属魚類の多くが熱帯域に多いことや上記の海域ごとの種数から，おそらく，本属は約2億年前の中生代にテティス海で誕生したものと考えられ，現在の西太平洋からインド洋に広く分布してい

たものと考えられる。その後約1億5千万年前になると大陸がローラシアとゴンドワナに分かれ，古大西洋が出現すると，テティス海西部から大西洋にオアカムロやクサヤモロ，ムロアジが移動し，ここで，*D. punctatus*が種分化したと考えられる。

一方，東太平洋への拡散は太平洋を横断するルートと約300万年前にパナマ地峡が完成する以前にカリブ海から移動したルートが考えられる。東太平洋に分布するクサヤモロ，モロ，ムロアジのうち，西大西洋に分布する種はクサヤモロのみである。また，東太平洋に分布する種は比較的の外洋に生息するで，このようなことを考え合わせると，おそらく，東太平洋へは太平洋の島々を経由して分布を広げた可能性が高いと考えられる。

西太平洋の南北両温帯域でそれぞれ1種の固有種が生息している。北半球のマルアジと南半球の *D. koheru* である。これらはそれぞれ分布域の辺境付近で種分化したものと考えられる。系統関係からマルアジはインド洋－西太平洋に広く分布するインドマルアジと姉妹関係にあることから，おそらく，インドマルアジから種分化したものであろう。一方 *D. koheru* は，その形態学的特徴からムロアジから分化した可能性が高いと考えている。

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2件)

① Kimura, S., Hori, K., and Shibukawa, K. 2009. A new anchovy, *Stolephorus teguhi* (Clupeiformes: Engraulidae), from North Sulawesi, Indonesia. Ichthyol. Res., 査読有, 56: 292-295.

② 木村清志・伯耆匠二・山田守彦・本村浩之. 2008. 鹿児島県で採集された日本初記録のヒイラギ科魚類ホソウケグチヒイラギ (新称) *Secutor indicus*. 魚類学雑誌, 査読有, 55: 111-114.

[学会発表] (計3件)

① 木村清志・片平和真・栗岩 薫. 2009. アジ科ムロアジ属アカアジ種群の分類学的再検討－I. 日本魚類学会年会, 東京.

② 木村清志・伯耆匠二・山田守彦・本村浩之. 2008. 鹿児島県で採集された日本初記録のヒイラギ科ウケグチヒイラギ属魚類. 日本魚類学会年会, 松山.

③ 木村清志・堀 耕友・渋川浩一. 2007. インドネシア・スラウェシ島北部から得られたカタクチイワシ科魚類の1未記載種. 日本魚類学会年会, 札幌.

〔図書〕（計1件）

① Kimura, S., Satapoomin, U., and Matsuura, K. (eds.) 2009. Fishes of Andaman Sea – West coast of southern Thailand. National Museum of Nature and Science, Tokyo, pp. 346.

6. 研究組織

(1)研究代表者

木村 清志 (KIMURA SEISHI)

三重大学・大学院生物資源学研究科・教授

研究者番号：00115700

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

()

研究者番号：