

| 原著論文 |

イシサンゴ分類の現状と日本造礁サンゴ分類研究会の取組

Research activities by Japanese Society for Coral Taxonomy

座安佑奈¹⁾・*・横地洋之²⁾・梶原健次³⁾・木村 匡⁴⁾・島田 剛⁵⁾・下池和幸⁶⁾・鈴木 豪⁷⁾・立川浩之⁸⁾・長田智史⁹⁾・野村恵一¹⁰⁾

Yuna Zayasu¹⁾・*, Hiroyuki Yokochi²⁾, Kenji Kajiwara³⁾, Tadashi Kimura⁴⁾, Go Shimada⁵⁾, Kazuyuki Shimoike⁶⁾, Go Suzuki⁷⁾, Hiroyuki Tachikawa⁸⁾, Tomofumi Nagata⁹⁾ and Keichi Nomura¹⁰⁾

ABSTRACT

When you try to identify zooxanthellate scleractinian corals, you are faced with two general types of problems. One is the difficulty of coral identification. The other is the ongoing revision of coral taxonomy. A group of scleractinian coral identifiers in Japan, i.e., the 'Japanese Society for Coral Taxonomy', has been trying to resolve these problems. We will introduce our efforts and approaches here.

Key Words: taxonomy, zooxanthellate scleractinian corals

はじめに

私たち日本造礁サンゴ分類研究会は、2016年度日本動物分類学会シンポジウムにおいて「イシサンゴ分類の現状と日本造礁サンゴ分類研究会の取組」というタイトルで発表した。本稿では、日本造礁サンゴ分類研究会が結成されるに至った背景であるイシサンゴ類をめぐる分類学的な諸問題や近年の世界的なイシサンゴ類の分類学的再検討をめぐる状況を

¹⁾ OIST・マリンゲノミクスユニット
〒904-0495 沖縄県国頭郡恩納村字谷茶 1919-1
OIST・Marine Genomics Unit, 1919-1 Tancha, Onnason, Kunigami-gun, Okinawa 904-0495, Japan

²⁾ 日本造礁サンゴ分類研究会2016年度幹事
東海大学海洋学部水産学科
〒424-8610 静岡県静岡市清水区折戸 3-20-1
Tokai University, School of Marine Science and Technology, 3-20-1 Orido, Shimizu-ku, Shizuoka-shi, Shizuoka 424-8610, Japan

³⁾ 日本造礁サンゴ分類研究会2016年度副幹事
宮古島市役所
〒906-0013 沖縄県宮古島市平良字下里 108-11-307
Miyako-jima City Office, 108-11-307 Shimozato, Hirara, Miyakojima-shi, Okinawa 906-0013, Japan

⁴⁾ 日本造礁サンゴ分類研究会2016年度事務局長
自然環境研究センター
〒130-8606 東京都墨田区江東橋 3-3-7
Japan Wildlife Research Center, 3-3-7, Kotobashi, Sumida-ku, Tokyo 130-8606, Japan

⁵⁾ 宮古島市役所
〒906-0013 沖縄県宮古島市平良字下里 108-11-307
Miyako-jima City Office, 108-11-307 Shimozato, Hirara, Miyakojima-shi, Okinawa 906-0013, Japan

⁶⁾ 東海大学海洋学部環境社会学科
〒424-8610 静岡県静岡市清水区折戸 3-20-1
Tokai University, School of Marine Science and Technology, 3-20-1 Orido, Shimizu-ku, Shizuoka-shi, Shizuoka 424-8610, Japan

⁷⁾ (国)水産研究・教育機構西海区水産研究所亜熱帯研究センター
〒907-0451 沖縄県石垣市大田字桴海 148
Seikai National Fisheries Research Institute, 148, Fukai-Ota, Ishigaki, Okinawa 907-0451, Japan

⁸⁾ 千葉県立中央博物館分館海の博物館
〒299-5242 千葉県勝浦市吉尾 123
Coastal Branch of Natural History Museum and Institute, Chiba, 123, Yoshio, Katsuura-shi, Chiba 299-5242, Japan

⁹⁾ 一般財団法人沖縄県環境科学センター環境科学部自然環境課
〒901-2111 沖縄県浦添市経塚 720
Okinawa Environment Science Center, 720 Kyouzuka, Urasoe, Okinawa 901-2111, Japan

¹⁰⁾ 串本海中公園センター
〒649-3514 和歌山県東牟婁郡串本町有田 1157
Kushimoto Marine Park Center, 1157 Arida, Kushimoto-cho, Higashimuro-gun, Wakayama 649-3514, Japan

* Correspondence to Yuna Zayasu (E-mail: yunazayasu.san@gmail.com)

概説し、その上で私たちの活動を紹介します。

■ イシサンゴ類とは？

サンゴ礁とイシサンゴ類はしばしば混同されて使用されることがあるが、サンゴ礁とは石灰質の骨や殻を持つ生物の死骸が長い年月をかけて堆積してきた地形の名称で、低緯度域ほど発達する傾向が見られる。一方、サンゴ礁堆積物に含まれる炭酸カルシウムの骨をつくるイシサンゴ類は刺胞動物門花虫綱六放サンゴ亜綱イシサンゴ目に含まれる動物である。現生種は1,500種以上と推定されており (Roberts *et al.*, 2009; Huang and Roy, 2015; Madin *et al.*, 2016), このうち約半数の種を造礁性イシサンゴ類 (hermatypic scleractinian corals) あるいは有藻性イシサンゴ類 (zooxanthellate scleractinian corals) と呼ぶ。これらは、どちらも特定の分類群を指す用語ではなく、生態学的な類別名である。伝統的には、造礁性 (骨格の成長量が大きくサンゴ礁の形成に寄与する) で、且つ、褐虫藻と呼ばれる渦鞭毛藻と共生しているイシサンゴ類と定義された用語 *hermatypic* (*sense* Wells, 1933) が用いられてきた。この両方の基準を持つ (または両方持たない) イシサンゴ類がほとんどであるが、例外もある。例えば、褐虫藻と共生しているが造礁性ではないグループなどの研究も進むにつれ、この用語の使用が混乱を招くことがあったため、造礁性の有無のみを指す *hermatypic/ahermatypic* と、褐虫藻との共生関係の有無を指す *zooxanthellate/azooxanthellate*、堆積物を捕捉する事のできる枠組構造を作るか否かという意味を持つ *constructional/non-constructional* の3つの区分に再定義された (Schuhmacher and Zibrowius, 1985)。さらに浅海域のサンゴ礁のみを指す用語であった *coral reef* に、深海域のイシサンゴ類骨格などの堆積により作られた地形の意味も加えられた (Roberts *et al.*, 2009)。*Hermatypic/ahermatypic* (*sense* Wells, 1933) に対応する用語として日本語では「造礁性/非造礁性」が用いられてきたが、以上のような専門用語の改変に伴い、混乱を避けるため *zooxanthellate/azooxanthellate scleractinian corals* に対応する用語として、近年は「有藻性/無藻性イシサンゴ類」が用いられる傾向にある。

■ 日本の有藻性イシサンゴ類の分布

日本周辺では、かなりの高緯度域にある沓岐・対馬でも特殊な環境に小規模なサンゴ礁が形成されており (Yamano *et al.*, 2001, 2012), 世界最北のサンゴ礁として注目されているが、一般的にサンゴ礁が見られるのは種子島および小笠原諸島以南である。このため、種子島や小笠原諸島以南をサンゴ礁域、それより北を非サンゴ礁域と称することが多い。サンゴ礁域に比べて、非サンゴ礁域では有藻性イシサンゴ類の種数が大きく減少することが知られてきた (Veron and Minchin, 1992)。

一方、生物である有藻性イシサンゴ類の分布の北限は太平洋側では千葉県に、日本海側では佐渡島にあり (Honma and Kitami, 1978; 立川, 2011), 有藻性イシサンゴ類は非サンゴ礁域である温帯域にも生息していることになる。日本列島の位置する太平洋北西部の黒潮流域には、熱帯のフィリピン海域から亜熱帯の琉球列島、温帯の本州まで島々が連なり、有藻性イシサンゴ類が断続的に生息しており、その群集には顕著な緯度勾配がみられる (Veron and Minchin, 1992)。非サンゴ礁域の有藻性イシサンゴ群集は、種数が少ないだけのサンゴ礁域の縮小版ではなく、群集を構成する種にも違いがある。有藻性イシサンゴ類の種組成はトカラ海峡を境に小宝島・宝島・奄美群島以南から八重山諸島までの群集と、紀伊半島の太平洋沿岸から種子島以北までの群集とに分けられるが、両者の名称は、前者を沖縄型、亜熱帯型、低緯度型、サンゴ礁域型、後者を南日本沿岸型、温帯型、高緯度型、非サンゴ礁域型等、著者の好みや対象とする地域によって統一されずに使われてきた。本稿では、福田ら (1991) に従い前者は沖縄型、後者は南日本沿岸型の名称をそれぞれ用いることにする。

このように海域により有藻性イシサンゴ群集は異なるが、近年その構成種に変化がみられるようになってきた。1990年代後半以降の冬季水温の上昇により、和歌山県串本町海域ではそれまで優占種であった南日本沿岸型ミドリイシ属のクシハダミドリイシ *Acropora hyacinthus* (Dana, 1846) に代わって、沖縄型ミドリイシ属のスギノキミドリイシ *Acropora muricata* (Linnaeus, 1758) が増加し海中景観が変わっ

てきたことや、1995年以降初めて記録された沖縄型有藻性イシサンゴ類が2009年時点で合計21種あることが報告されている(野村, 2009)。また熊本県天草市でも同様に、それまでは見られなかった沖縄型ミドリイシ属サンゴの参入が報告されている(野島, 2004)。

骨格の形態による分類の困難性

イシサンゴ類は、硬い骨格を作ることから化石としてもよく保存されるため、伝統的に古生物学者の研究対象となることが多く、主に骨格の形態に基づいて記載され、分類体系が構築されてきた。しかし、多くのイシサンゴは群体性であり、光条件や波あたり、水深、底質の形状などの外部環境要因による形態変異が、種内のみならず群体内でも著しい。また、形態の極めて類似した近縁種が多数存在することも珍しくないが、種内の形態変異がどれほどあるのかを把握するには交配実験などが必要である。さらに、正確な同定には骨格の形態の観察が必要とされることもイシサンゴ同定を難しくしている要因である。

1980年代以降に発刊された生態写真付き図鑑(西平, 1988; 内田・福田, 1989a, b; 西平・Veron, 1995; Veron, 1986, 2000)は国内でも普及し、誰にでも同定が容易に行えるようになり、その後の研究に大きく貢献した。しかし、骨格の形態を検討せずに行われる、図鑑に掲載されたわずかな生態写真との“総合合わせ”による同定は主観に頼る部分が大きく、同定者間で同定名の不整合が頻繁に生じた。

また、日本の有藻性イシサンゴ分布域の北(南日本沿岸型)と南(沖縄型)をフィールドとする研究者間で、種の同定の整合性が取れていない事実も明らかとなった。地理的な分布の広い種の場合、沖縄型と南日本沿岸型では形態が異なることがあり、隠蔽種が存在する可能性もあることがしだいに認識されるようになってきた(福田ら, 1991)。実際に、Suzuki *et al.* (2016) は日本と台湾に生息するクシハダミドリイシ *Acropora hyacinthus* に少なくとも4つの遺伝的系統が含まれ、黒潮を境に北と南で優占する遺伝子型に違いがあることを明らかにした。

分子生物学的手法の導入による分類体系の改変

世界的な分子生物学の隆盛の中で、イシサンゴ類でも分子系統を用いた分類が行われるようになってきた(Fukami *et al.*, 2004; Kitahara *et al.*, 2016)。また、これまで重要視されてこなかった骨格微細構造の組織化学的分析も分類学に用いられるようになった(Stolarski and Roniewicz, 2001)。このような新たな手法を用いた研究による分類体系が、これまでの骨格形態による体系と大きく食い違うことが多くの分類群で報告されている。このような新たな手法による研究の成果の一つとして、イシサンゴ目は遺伝的に2つのクレードに分けられることが明らかとなった(Romano and Palumbi, 1996)。これらの研究とは独立に、イシサンゴ目の発生様式にも2つの様式があることが発見された(Okubo *et al.*, 2013)。これら2つの発生様式が分子生物学的手法で得られた2つのクレードとほぼ一致することから、発生様式を分類形質として2つの亜目が提唱された(Okubo, 2016)。科以下の分類群では、主に分子生物学的手法を用いた系統関係の推定と、これに調和的な新たな形態形質(主に骨格の微細構造や生時の軟体部の形質)に基づいて、分類体系の改変や隠蔽種・新種の記載が次々に行われている(Arrigoni *et al.*, 2016; Benzoni *et al.*, 2014; Huang *et al.*, 2016 ほか多数)。しかし、いまだ所属科不明となっている属も残っており(Budd *et al.*, 2012)、一連の改変作業は現在も進行中である。

このような分類の改変の一例を挙げると、有藻性イシサンゴ類の中ではよく知られている種であるキクメイシ科Faviidaeのキクメイシ *Favia speciosa* (Dana, 1846) は、Budd *et al.* (2012) により新たな分類体系が提唱されたため、サザナミサンゴ科Merulinidaeの *Dipsastraea speciosa* (Dana, 1846) が有効名となった。

このような分類体系の改変に関しては、日本語では深見(2013, 2016)などに解説されているので、必要に応じてご参照頂きたい。また、今後も属名や科名が変更になる可能性のある分類群がまだまだ少ないため、有藻性イシサンゴ類に関する論文執筆や発表の前には、その都度最新の有効名を確認すべきである。WoRMS (World Register of Marine Species,

<http://www.marinespecies.org>) というウェブサイトでは、イシサンゴ類の学名の変更について、オランダのライデン自然史博物館のイシサンゴ分類学者 Dr. Bert W. Hoeksema が中心となって最新の論文まで追って更新しているため種名の確認に役立つ (ただし、誤りも散見されるので、利用には注意が必要である)。

日本造礁サンゴ分類研究会の結成

上記のような背景のもと、日本産イシサンゴ類の同定のコンセンサス (合意、意見の一致) を形成することを目的として、2008年に日本造礁サンゴ分類研究会が結成された。現在は27名が在籍し、大学関係者、公務員、水族館・博物館職員、ポストドク研究員や学生などを含み、その多くが環境省事業モニタリングサイト1000サンゴ礁調査の各調査地 (サイト) を担当している。

本会では、主に各会員の希望に基づいて担当分類群を割り振り、担当者が各分類群の再検討を進めている。形態形質の検討では日本産の標本と文献等の情報の比較が基本となるが、入手困難な文献や原記載、タイプ標本に関する情報、また下記に述べる現地調査会の成果などは会員間で共有するようにしている。また、分子系統解析、繁殖生態 (産卵日時など) や交配実験などを得意とする会員が得た知見も共有している。

本会では、国内の有藻性イシサンゴ群集が分布する場所で毎年、現地調査会を開催している (表1)。調査会では、潜水調査による採集と生態写真の撮影、及びその骨格標本の作成、形態の詳細な観察を

行うほか、各メンバーの最新の研究成果や担当分類群に関する知見などを議論する勉強会も開催している。イシサンゴ類の形態には生息域による変異が頻繁に見られるため、同一の場所で、同一の標本を目の前にしながら会員間での認識の違いや同定基準を話し合うことは、本研究会の第一の目的である種同定のコンセンサスを得る上で、非常に有用な機会となっている。まだ解決すべき分類学的問題も多いが、現地調査会の研究成果は、現時点での知見に基づいて徐々に公表を始めている。種子島調査の成果は国立環境研究所ウェブサイトにて図鑑 (杉原ら, 2015) やデータベース (http://www.nies.go.jp/tanegashima/sango_db) として公開され、野村ら (2016) は和歌山県串本町調査の成果に基づいた串本産イシサンゴ類の目録を発表した。また種子島、奄美大島では現地新聞へ寄稿するなど、現地調査会で得られた知見の地元への還元にも努めている。

課題と目標

現在、造礁サンゴ分類研究会の活動を通して、各会員のもとには担当する分類群の標本や情報が蓄積されつつある。当面の課題として、必要不可欠な情報であるタイプ標本の情報をさらに収集し、信頼性の高い同定基準を確立することが挙げられる。イシサンゴ類のタイプ標本の多くは海外の機関に收藏されているが、イシサンゴ類は全種がワシントン条約付属書IIの掲載種で海外との標本の貸し借りが極めて困難であるため、今後は海外に赴いてタイプ標本を観察する機会を模索していきたい。合わせて、海外のイシサンゴ分類研究者との情報交換をさらに密

表1. 日本造礁サンゴ分類研究会の現地調査会における過去の開催地とサンゴ生息域緯度区分

開催年度	調査地	区分
2008	鹿児島県種子島1回目	南日本沿岸型, 沖縄型の移行地点
2009	熊本県天草	南日本沿岸型
2010	鹿児島県トカラ列島中之島	南日本沿岸型
2011	沖縄県石西礁湖	沖縄型
2012	和歌山県串本町	南日本沿岸型
2013	鹿児島県種子島2回目	南日本沿岸型, 沖縄型の移行地点
2014	沖縄県西表島西部	沖縄型
2015	沖縄県宮古島北部	沖縄型
2016	鹿児島県奄美大島	沖縄型

にし、同定のコンセンサスを得ることも必要と考えている。

将来的な課題としては、同定基準標本の収蔵先を見つける必要もある。現状は各会員が所属する機関に収蔵するか、個人で所蔵している状態だが、論文や図鑑の作成などに用いた骨格標本を適切な機関に寄贈し、将来再検討の必要が出てきた場合や後に続く研究者たちがアクセスできるようにしたいと考えている。

これらの目標に取り組んだ上で、各担当者の得た研究成果を会員間で共有するのみならず、会員以外でも広く同定の基準として用いることのできる日本産有藻性イシサンゴ類の図鑑やモノグラフの公表を実現することが、日本造礁サンゴ分類研究会の課題であり目標である。

本稿が他の分類群の同定のコンセンサスを図る上で、何らかの参考になれば嬉しい。また改善すべき点、課題に関する良い解決策などについて、ご意見、ご助言をいただければ大変ありがたい。

謝辞

本稿執筆の機会を与えてくださったシンポジウムオーガナイザーの藤田敏彦先生、野中正法博士、また日本造礁サンゴ分類研究会会員の皆様、杉原薫博士、深見裕伸先生、さらに要旨英文を校閲していただいたProf. Andreas Anderssonに感謝申し上げる。

引用文献

- Arrigoni, R., Benzoni, F., Huang, D., Fukami, H., Chen, C., Berumen, M. L., Hoogenboom, M. O., Thomson, D. P., Hoeksema, B. W., Budd, A. F., Zayas, Y., Terraneo, T. I., Kitano, F. Y. and Baird, A. H. 2016. When forms meet genes: Revision of the Scleractinian genera *Micromussa* and *Homophyllia* (Lobophylliidae) with a description of two new species and one new genus. *Contributions to Zoology*, 85: 387–422.
- Benzoni, F., Arrigoni, R., Waheed, Z., Stefani, F. and Hoeksema, B. W. 2014. Phylogenetic relationships and revision of the genus *Blastomussa* (Cnidaria: Anthozoa: Scleractinia) with description of a new species. *Raffles Bulletin of Zoology*, 62: 358–378.
- Budd, A. F., Fukami, H., Smith, N. D. and Knowlton, N. 2012. Taxonomic classification of the reef coral family Mussidae (Cnidaria: Anthozoa: Scleractinia). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 166: 465–529.
- 深見裕伸 2013. キクメイシ科およびオトゲサンゴ科の分類体系の改変の理由. 日本サンゴ礁学会誌, 15: 107–113.
- 深見裕伸 2016. 分類と系統 有藻性イシサンゴ類における分類体系改変の現状 2015. 生物科学, 201–215.
- Fukami, H., Budd, A. F., Paulay, G., Sole-Cava, A., Chen, C. L. A., Iwao, K. and Knowlton, N. 2004. Conventional taxonomy obscures deep divergence between Pacific and Atlantic corals. *Nature*, 427: 832–835.
- 福田照雄・野村恵一・松本健作 1991. 黒潮流域のイシサンゴ類と魚類の分布に関する知見. 海中公園情報, 93: 3–14.
- Honma, Y. and Kitami, T. 1978. Fauna and flora in the waters adjacent to the Sado Marine Biological Station, Niigata University. *Annual Report of the Sado Marine Biological Station, Niigata University*, 8: 7–81.
- Huang, D. and Roy, K. 2015. The future of evolutionary diversity in reef corals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B, Biological Sciences*, 370: 20140010.
- Huang, D., Arrigoni, R., Benzoni, F., Fukami, H., Knowlton, N., Smith, N. D., Stolarski, J., Chou, L. M. and Budd, A. F. 2016. Taxonomic classification of the reef coral family Lobophylliidae (Cnidaria: Anthozoa: Scleractinia). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 178: 436–481.
- Kitahara, M. V., Fukami, H., Benzoni, F. and Huang, D. 2016. The new systematics of Scleractinia: Integrating molecular and morphological evidence. In Goffredo, S. and Dubinsky, Z. (eds.), *The Cnidaria, Past, Present and Future: The world of Medusa and her sisters*, pp. 41–59, Springer International Publishing, Cham.
- Madin, J. S., Anderson, K. D., Andreasen, M. H., Bridge, T. C., Cairns, S. D., Connolly, S. R., Darling, E. S., Diaz, M., Falster, D. S., Franklin, E. C., Gates, R. D., Hoogenboom, M. O., Huang, D., Keith, S. A., Kosnik, M. A., Kuo, C. Y., Lough, J. M., Lovelock, C. E., Luiz, O., Martinelli, J., Mizerek, T., Pandolfi, J. M., Pochon, X., Pratchett, M. S., Putnam, H. M., Roberts, T. E., Stat, M., Wallace, C. C., Widman, E. and Baird, A. H. 2016. The Coral Trait Database, a curated database of trait information for coral species from the global oceans. *Scientific Data*, 3: 160017.
- 西平守孝 1988. フィールド図鑑 造礁サンゴ. 241 pp. 東海大学出版会, 神奈川.
- 西平守孝・Veron, J. E. N. 1995. 日本の造礁サンゴ類. 440 pp. 海游舎, 東京.
- 野島 哲 2004. 天草の造礁サンゴ群集について. みどりいし, 15: 5–11.
- 野村恵一 2009. 和歌山県串本海域における近年のサンゴ群集変化. 日本サンゴ礁学会誌, 11: 39–49.
- 野村恵一・深見裕伸・座安佑奈・島田 剛・北野裕子・横地洋之・下池和幸・立川浩之・奥 裕太郎・鈴木 豪・梶原健次 2016. 串本産有藻性イ

- シサンゴ類の再整理. マリンパピリオン, 特別号: 1–20.
- Okubo, N. 2016. Restructuring the traditional suborders in the order Scleractinia based on embryogenetic morphological characteristics. *Zoological Science*, 33: 116–123.
- Okubo, N., Mezaki, T., Nozawa, Y., Nakano, Y., Lien, Y.-T., Fukami, H., Hayward, D. C. and Ball, E. E. 2013. Comparative embryology of eleven species of stony corals (Scleractinia). *Plos One*, 8: e84115.
- Roberts, J. M., Wheeler, A., Freiwald, A. and Cairns, S. 2009. *Cold-water corals: The Biology and Geology of Deep-sea Coral Habitats*. 352 pp. Cambridge University Press, New York.
- Romano, S. L. and Palumbi, S. R. 1996. Evolution of Scleractinian corals inferred from molecular systematics. *Science*, 271: 640–642.
- Schuhmacher, H. and Zibrowius, H. 1985. What is hermatypic: a redefinition of ecological groups in corals and other organisms. *Coral Reefs*, 4: 1–9.
- Stolarski, J. and Roniewicz, E. 2001. Towards a new synthesis of evolutionary relationships and classification of Scleractinia. *Journal of Paleontology*, 75: 1090–1108.
- 杉原 薫・野村恵一・横地洋之・下池和幸・梶原健次・鈴木 豪・座安佑奈・出羽尚子・深見裕伸・北野裕子・松本 尚・目崎拓真・永田俊輔・立川浩之・木村 匡 2015. 日本の有藻性イシサンゴ類～種子島編～. 197 pp. 国立環境研究所, 茨城.
- Suzuki, G., Keshavmurthy, S., Hayashibara, T., Wallace, C. C., Shirayama, Y., Chen, C. A. and Fukami, H. 2016. Genetic evidence of peripheral isolation and low diversity in marginal populations of the *Acropora hyacinthus* complex. *Coral Reefs*, 35: 1419–1432.
- 立川浩之 2011. 千葉県勝浦市で採集された有藻性イシサンゴ類 (刺胞動物門: 花虫綱). 千葉県立中央博物館自然誌研究報告特別号, 9: 37–43.
- 内田絃臣・福田照雄 1989a. 沖縄海中生物図鑑 第9巻 サンゴ. 240 pp. 新星図書出版, 沖縄.
- 内田絃臣・福田照雄 1989b. 沖縄海中生物図鑑 第10巻 サンゴ. 246 pp. 新星図書出版, 沖縄.
- Veron, J. E. N. 1986. *Corals of Australia and the Indo-Pacific*. 644 pp. Angus and Robertson Publishers, London.
- Veron, J. E. N. and Minchin, P. R. 1992. Correlations between sea-surface temperature, circulation patterns and the distribution of hermatypic corals of Japan. *Continental Shelf Research*, 12: 835–857.
- Veron, J. E. N. 2000. *Corals of the World. Vol. 3*. 490 pp. Townsville, Queensland.
- Wells, J. W. 1933. Corals of the Cretaceous of the Atlantic and Gulf coastal plains and western interior of the United States. *Bulletins of American Paleontology*, 18: 85–288.
- Yamano, H., Hori, K., Yamauchi, M., Yamagawa, O. and Ohmura, A. 2001. Highest-latitude coral reef at Iki Island, Japan. *Coral Reefs*, 20: 9–12.
- Yamano, H., Sugihara, K., Watanabe, T., Shimamura, M. and Hyeong, K. 2012. Coral reefs at 34° N, Japan: Exploring the end of environmental gradients. *Geology*, 40: 835–838.

(受理: 2016年12月27日)