

静岡県沿岸域（西部・中部・伊豆地区）にて シガテラ原因物質であるシガトキシン類を産生する 底生渦鞭毛藻類 *Gambierdiscus* 属の探索

日比 慶久^{*1}・藤野 裕弘^{*2}・齋藤 俊郎^{*3}

1. はじめに

シガテラとはシガトキシン類を原因物質とした世界最大規模の魚類による自然毒食中毒であり、熱帯や亜熱帯地域での海域で採取された魚を喫食すると発生する。代表的な症状は、消化器管系では下痢・吐き気・嘔吐・腹痛、循環器系では、除脈・血圧低下、神経系では、めまい・手足のしびれ・関節痛・筋肉痛・温度感覚異常などが起こる（安元・村田，1991）。これらは、食後2時間～30時間で発症する。シガテラにおいて最も特徴的な症状は、ドライアイスセンサーションと呼ばれる温度感覚異常（野口ら，1997）で、冷たいものに触れると電気ショックをうけたような痛みを感じる。

シガテラの主要な原因魚はカマス科 オニカマス *Sphyræna barracuda*、ハタ科 バラハタ *Variola louti*、フエダイ科 バラフエダイ *Lutjanus bohar*、イッテンフエダイ *Lutjanus monostigma* などであり、日本では沖縄県が他の地域と比較して多く発生している（Oshiro *et al.*, 2010）。沖縄県での1997年～2006年の発生件数は33件、患者総数は103名、2007年～2017年では患者総数113名と報告されているが、これらの発生報告以外に潜在的な事例が多く存在することが考えられる。世界的に見た場合、2016年のインド亜大陸では、初めてMangaluruで魚の頭部を食べた100人以上がシガテラとなったアウトブレイクが報告された。生物学者は各種条件により今後もアウトブレイクはおこると警告している（ProMED mail）。

シガテラの原因物質であるシガトキシン類を産生するのが *Gambierdiscus* 属（シガテラ毒産生底性渦鞭毛藻類）である。シガテラ発生までのプロセスとしては、底性渦鞭毛藻類である *Gambierdiscus* 属が海藻類に付着する。*Gambierdiscus* 属が付着した海藻類を草食魚類が捕食し、高次捕食者となる肉食魚類がこれらを捕食する。その結果としてシガテラ毒が、食物連鎖を通じて草食魚類から肉食魚類へ移行し、様々な魚類に蓄積され、人がこれらの魚類を食べる事によって発生してきた。先に述べたシガテラ患者は沖縄や奄美地方といった南西諸島を中心に発

受理日2018年11月28日

*1 教養学部人間環境学科自然環境課程非常勤講師 *2 教養学部人間環境学科自然環境課程教授

*3 海洋学部水産学科教授

生しているが(野口, 2007), 本州においても1992~1999年にかけて, 鹿児島や宮崎県でイシガキダイによるシガテラが発生している。1999年では千葉県の料亭で出されたイシガキダイでシガテラが発生し(野口, 2007), 裁判問題にまで発展した。2007年と2008年にはそれぞれ和歌山県と三重県でもイシガキダイによるシガテラが発生している(Fukuyo, 2010; 堺市, 2012)。シガテラ毒を保有する魚がいるということは *Gambierdiscus* 属も周辺にいることを意味する。

1982年には静岡県伊豆半島(原・堀口, 1982), 2008年には三重県英虞湾(石川・倉島, 2010)で *Gambierdiscus* 属が発見され報告されている。静岡県は1982年伊豆半島東部(東伊豆)で *Gambierdiscus* 属が発見され, 2007年東伊豆でシガテラが発生した。近年海水温の上昇が問題視されている(桑原ら, 2006)。日本近海における2014年までのおよそ100年間にわたる海域平均海面水温(年平均)の上昇率は, $+1.07^{\circ}\text{C}/100\text{年}$ である(気象庁, 2016)。静岡県においてシガテラが今後多く発生する危険性が考えられる。さらに *Gambierdiscus* 属の個体群規模が拡大しているのではと予測される。けれども, 静岡県下において *Gambierdiscus* 属の探索が1982年以降なされていない。他の温帯海域においても *Gambierdiscus* 属の出現状況に関する調査があまりなされていないのが現状である。そこで静岡県沿岸域での *Gambierdiscus* 属の探索を実施した。

2. シガテラ毒産生底生渦鞭毛藻類 *Gambierdiscus* 属とは

Gambierdiscus 属は渦鞭毛藻綱ゴニオラックス目オストレオプシス科に属する底生性の渦鞭毛藻類であり, 熱帯・亜熱帯域の海藻に付着して生活している。本属には, 現在までに11種が報告されており(Fraga *et al.*, 2011), いくつかの種はシガトキシン(ciguatoxin: CTX)とマイトトキシン(maitotoxin: MTX)といった毒を産生する。シガトキシンは分子式 $\text{C}_{60}\text{H}_{86}\text{O}_{19}$ で分子量1111のポリエーテル化合物であり, マウスの腹腔内投与による半数致死量(LD50)は, $0.35\ \mu\text{g}\ \text{kg}^{-1}$ と, その毒量は低分子量の毒の中では最強の部類に属する(野口, 2007)。一方, マイトトキシンは分子式 $\text{C}_{164}\text{H}_{256}\text{O}_{68}\text{S}_2\text{Na}_2$ で分子量3422の非蛋白性の毒としては最も強力な毒であり, LD50は $0.05\ \mu\text{g}\ \text{kg}^{-1}$ である。この値は, 猛毒で知られるテトロドトキシンの200倍, また非蛋白性最強の毒とされていたパリトキシンの約9倍の強さである。

シガテラ毒を産生する *Gambierdiscus* 属の細胞は上下に強く扁平で, 上方から見ると円形をしている。細胞の長さは24-60 μm , 幅42-140 μm , 背腹の厚み45-150 μm と, 渦鞭毛藻類の中では非常に大型の種類である。通常は, 海藻の表面に付着して生活している(小池, 1994)。著者らが実際に西表島で採取した *Gambierdiscus* 属(図1)を顕微鏡観察した結果, 学名のdiscus(ディスカス)が示すように少しハート形の円形であり, この少しへこんだ箇所に鞭毛を有し, 遊泳することもできた。このとき採取された *Gambierdiscus* 属の幅は約80 μm であった。



図1 *Gambierdiscus* 属の形態

3. 黒潮沿岸域におけるシガテラの発生と *Gambierdiscus* 属の出現

本州におけるシガテラは、黒潮沿岸域において発生している。シガテラ原因魚としては、九州や本州でイシガキダイを原因とする事例が散発しており、問題となっている。1982年以降における本州黒潮沿岸域での *Gambierdiscus toxicus* の発見やシガテラの発生状況を図2に示す。

特に、本属を確認した東伊豆では、2007年に同水域で釣られたイシガキダイにより、シガテラ様の中毒が発生したことが報じられている。また紀伊半島沿岸においては、これまでシガテラ被害は報告されていなかったが、2007年に和歌山県すさみ町で、2008年には三重県南伊勢町で釣獲したイシガキダイによって、シガテラが発生するに至った（和歌山，2007；三重，2008）。以上の事実は、シガテラの原因生物であるとされる *Gambierdiscus* 属が、日本の温帯域において広く分布していることを示すものであるが、先にも述べたように温帯海域において

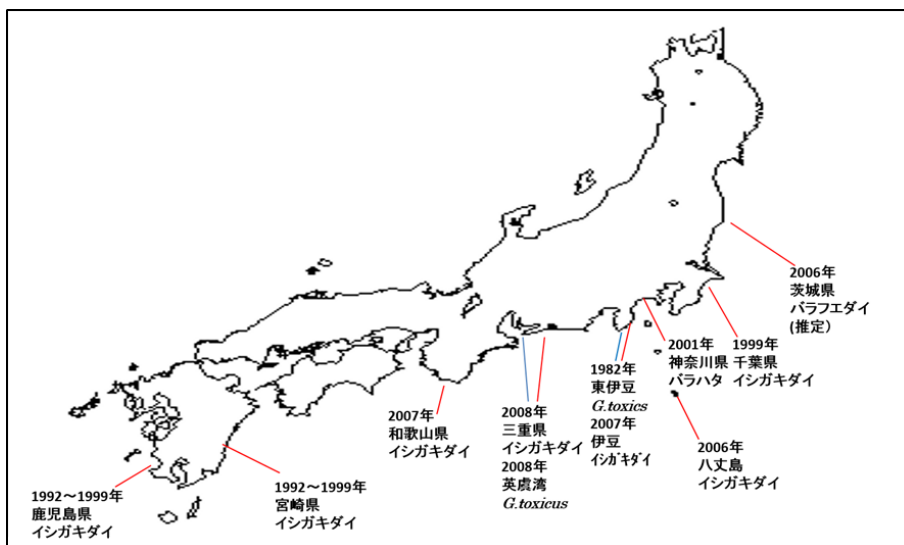


図2 1982年以降の主なシガテラの発生状況（発生県と原因魚種）および *Gambierdiscus* 属の出現状況

も *Gambierdiscus* 属の出現状況に関する調査はあまりなされていないのが現状であり、正確な分布状況がつかめていない。

4. 静岡県黒潮沿岸域における *Gambierdiscus* 属の探索

静岡県黒潮沿岸域における本属の分布と現存量を調査するため、沿岸域を大きく以下の4つに区分した。西部（浜名湖周辺）、中部（静岡市清水港周辺）、伊豆半島西部（西伊豆：戸肥港周辺）、伊豆半島東部（東伊豆：北川港周辺）として探索を実施した。

4-1 探索場所

- ① 静岡県西部として、浜名湖の弁天島、雄踏町、今切口および浜名湖ガーデンパークの4地点にて2015年10月12日、13日、11月16日および12月8日に海藻の採集を行い、藻体の表面に付着している同属細胞試料を得た。海藻の採集及び細胞観察試料作製までの処理方法については以下に述べる。
- ② 静岡県中部として、静岡市清水区三保の棧橋と三保マリナーナの2地点において、2015年7月28日および8月3日に海藻の採集を行い、藻体の表面に付着している同属細胞試料を得た。
- ③ 伊豆半島西部では西伊豆ではフィッシングパーク、土肥漁協前の港および仁科漁港において2015年10月16日、20日および11月25日に海藻の採集を行い、藻体の表面に付着している同属細胞試料を得た。
- ④ 伊豆半島東部では北川漁港において2016年10月18日に海藻の採集を行い、藻体の表面に付着している同属細胞試料を得た。

4-2 海藻の採集及び細胞観察試料作製までの方法及び形態観察について

海藻の採取方法、*Gambierdiscus* 属細胞観察試料作成及び形態観察方法は以下の手順で行った。

- ① *Gambierdiscus* 属は海藻類表面に付着しているため、まず現地で海藻類を採集した。採取したのは海岸に打ち上げられた海藻類、港湾の岸壁や岩場の海面付近に付着していた海藻類（表層、水深7m、水深10m）を採集した。（図3）
- ② 採集した海藻はすぐに厚手のビニール袋にいれ、その重量をばね式天秤にて測定した。（事前にビニール袋の重さは量り、測定した重量から差し引いた）
- ③ 採集した海藻類を厚手のビニール袋に現場海水と一緒に入れ攪拌させた。攪拌することにより、海藻表面に付着していた *Gambierdiscus* 属を剥離させ海中に懸濁させた。
- ④ 網目の孔径100 μ m メッシュのプランクトンネットを20 μ m メッシュのステンレス製のふるいの上に重ね、懸濁液をろ過し、ふるい上に残った残渣を洗ビンを用いて海水で洗い流し、滅菌済遠心管50 ml に採集した。その後、冷蔵にて保管した。長期間保存する

場合にはホルマリン含有量が1%となるようホルマリン添加を行い保存した。

- ⑤ *Gambierdiscus* 属が存在するならば、この残渣の中に入ることから、残渣回収後、光学顕微鏡下で *Gambierdiscus* 属を探索した。
- ⑥ *Gambierdiscus* 属は細胞を覆う鎧板の形態学的特徴をもつことから、それに基づき同定を行った。（図4）
- ⑦ 検鏡時には出現した細胞を、適宜デジタルカメラを用いて撮影し、同時に細胞サイズも計測した。



図3 採取した海藻類

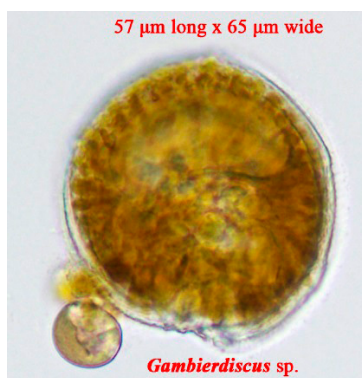


図4 *Gambierdiscus* 属の形態特徴（細胞を覆う鎧板）

5. *Gambierdiscus* 属の探索結果

表1は、2015・2016年の *Gambierdiscus* 属探索結果を表している。左から、調査地、調査地詳細、調査月日、*Gambierdiscus* 属の存否であり、+が *Gambierdiscus* 属を確認したことを表し、-が確認できなかったことを示したものである。

表からもわかるように *Gambierdiscus* 属を確認できたのは西伊豆と東伊豆であった。西伊豆のフィッシングパークでは、2015年10月16日、11月25日の2日とも確認ができた。このときの

表1 2015・2016年 *Gambierdiscus* 属探索結果

調査地	調査地詳細	調査年月日	結果
浜名湖	雄踏町	2015.10.13	-
	弁天島	2015.10.12	-
	今切口	2015.10.13	-
	浜名湖ガーデンパーク	2015.12.08	-
三保	棧橋	2015.07.28	-
	三保マリーナ	2015.08.03	-
西伊豆	フィッシングパーク(表層)	2015.10.16	+
	フィッシングパーク(7m)	2015.10.16	-
	フィッシングパーク(10m)	2015.10.16	-
	伊豆漁協戸肥支社前	2015.10.20	-
	フィッシングパーク(表層)	2015.11.25	+
東伊豆	仁科漁港	2015.11.25	+
	北川漁港	2016.10.18	+

水温は10月11日といえども、いずれも20度前後であった。しかしながら、同じ場所であっても水深が7m、10mでは確認することはできなかった。東伊豆の北川漁港でも2016年10月18日に確認ができた。西伊豆（フィッシングパークおよび仁科漁港）にて *Gambierdiscus* 属が認められたが、*Gambierdiscus* 属の現頻度は0.3個体/g 海藻と本藻類の海藻1gに対する出現頻度は低い結果となった。北川においても同様の結果が得られた。

6. まとめ

今回の調査において *Gambierdiscus* 属が静岡県黒潮沿岸域において生息していることが確認された。1982年に東伊豆で確認されたが、その時に確認されなかった西伊豆において今回 *Gambierdiscus* 属が確認されたことから、分布域が拡大していることを示している。またこれは伊豆半島以南における温帯海域において *Gambierdiscus* 属が広く分布していることを表していることも示した。今回確認された *Gambierdiscus* 属の現頻度は0.3個体/gと低いものであったが、採取時期が冬場であったことから低密度であったと考えられた。元来 *Gambierdiscus* 属は熱帯・亜熱帯性の生物であることを考えると温帯域でも水温の上昇する夏季には高密度で出現することが予想される。

これを裏付けるものとして、今回東伊豆で確認された北川漁港ではシガテラが2007年夏に発生していることから、今後シガテラが再度発生する危険性が高いことが示された。

2018年夏季の異常とも思える気温上昇は間違いなく海水温の上昇にもつながっており、*Gambierdiscus* 属が高密度に増殖した危険性が十分に考えられる状況であった。シガテラは食物連鎖によるシガトキシンの濃縮によって発生する。そのため当該海域における将来のシガテラ発生リスクを評価することが、極めて重要であり、今後より長期にわたり調査並びに採集地点の範囲をより広く設定することが必要である。水産学的見地のみならず、公衆衛生学的見地に基づいて *Gambierdiscus* 属の分布と現存量を明らかにすることはもちろん、その生理学的特徴や生態学的特徴を解明していくことが今後の早急な課題である。

引用文献

- 中坊徹次編（2013）『日本産魚類検索 全種の同定 第三版』東海大学出版会, p. 1467.
- Fraga, S., F. Rodriguez, A. Caillaud, J. Diogene, N. Raho & M. Zapata 2011. *Gambierdiscus excentricus* sp. nov. (Dinophyceae), a benthic toxic dinoflagellate from the Canary Islands (NE Atlantic Ocean). *Harmful Algae*, 11 :10-22.
- Fukuyo, Y. (2010) "Harmful algal blooms (HABs)- Its implication in Seafood poisoning", http://iocwestpac.org/files/upload_manual/Lecture%203.pdf, 2016年12月17日閲覧
- 原慶明・堀口健雄（1982）「伊豆半島沿岸の海産微細藻類相」『国立科博専報』第15巻, pp. 99-108.
- 星野雄仁・鉄多加士・上田直史・斉藤俊郎（2011）「和歌山県串本で採集し得たツムギハゼ *Yongeichthys criniger* の生息状況と毒量」『マリンバイオテクノロジー学会大会講演要旨集』, 第14巻, p. 73.
- 気象庁（2016）「海面水温の長期変化傾向（日本近海）」, http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/shindan/a_1/japan_warm/japan_warm.html, 2016年12月16日閲覧.
- 小池一彦（1994）「シガテラと底性渦鞭毛藻」『みどりいし』, 第5巻4月号, pp. 19-22.
- 桑原久実・明田定満・小林総・竹下彰・山下洋・城戸勝利（2006）「温暖化による我が国水産生物の分布域の変化予測」『地球環境』第11巻第1号, pp. 49-57.
- 石川輝・倉島彰（2010）「英虞湾における底生性有毒渦鞭毛藻 *Gambierdiscus toxicus* の出現」『水産海洋研究』第74巻第1号, pp. 13-19.
- 三重県2008. イシガキダイのシガテラ毒が疑われる健康被害事例について. 三重県ホームページ H20.8.30お知らせ情報 <http://www.pref.mie.lg.jp/TOPICS/2008080485.html>, 2016年12月26日閲覧
- 野口玉雄・阿部宗明・橋本周久（1997）『有毒魚介類携帯図鑑』緑書房, p. 74.
- 野口玉雄（2007）『水産振興479. 水産食品の安心・安全について—魚介毒（マリントキシン）による中毒予防など』東京水産振興会.
- Noguchi, T., H. Kao and Y. Hashimoto (1971) "Toxicity of the Goby, *Gobius criniger*", *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, Vol.37, No.7. pp. 642-647.
- Oshiro, N., K. Yogi, S. Asato, T. Sasaki, K. Tamanaha, M. Hirama and T. Yasumoto (2010) "Ciguatera incidence and fish toxicity in Okinawa, Japan", *Toxicon*, Vol.56, No.5, pp. 656-661.
- ProMED mail (2016) "Ciguatera poisoning — India: (KA) contaminated fish, 1st report", <http://www.promedmail.org/post/4539230>, 2016年12月20日閲覧
- 堺市（2012）「シガテラ食中毒にご注意ください」, <http://www.city.sakai.lg.jp/kenko/shokuhineisei/shokuchudokuyobo/ciguatera.html>, 2016年12月17日閲覧.
- 武市有未2012. 紀伊半島沿岸域における底生性渦鞭毛藻 *Gambierdiscus* 属の出現動態に関する研究. 三重大学生物資源学部修士論文, 50pp.
- 安元健・村田道雄 1991. さんご礁性魚類による食中毒シガテラの原因毒の解明. 科学と生物, 29 : 379-387.