

## 与論島におけるシマチスジノリ *Thorea gaudichaudii* C. Agardh の生育地追加記録

岸本和雄<sup>1</sup>・藤田喜久<sup>2</sup>・麓 才良<sup>3</sup>・香村眞徳<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 〒 901-0354 沖縄県糸満市喜屋武 1528 沖縄県水産海洋技術センター

<sup>2</sup> 〒 903-8602 沖縄県那覇市首里当蔵町 1-4 沖縄県立芸術大学

<sup>3</sup> 〒 891-9303 鹿児島県大島郡与論町城 与論郷土研究会

<sup>4</sup> 〒 901-2213 沖縄県宜野湾市志真志 4-8-7 琉球大学

### Abstract

An endangered freshwater alga, *Thorea gaudichaudii* C. Agardh, is found from a “Kamigo” spring on Yoron Island, Ryukyu Islands, Japan, representing the second habitat for the species on this Island.

### はじめに

シマチスジノリ *Thorea gaudichaudii* C. Agardh (紅色植物門, チスジノリ目, チスジノリ科) は淡水産の希少紅藻であり, 国外では原記載地であるマリアナ諸島グアム島の他, フィリピンの子ブ島やカロリン諸島ヤップ島に分布する。国内では鹿児島県与論島(洲澤ほか, 2010) および沖縄県(新崎, 1937; 香村, 1998; 須田・比嘉, 2015) において本種の生育が確認されている。シマチスジノリは, グアム島では河川に生育しているが(Seto, 1979), 国内では石灰岩性の地層を起源とした湧水域に限って確認されており, 特に沖縄県内の大半の生育地では, 環境悪化等によって生育が認められない状態であるため, 絶滅が危惧される種である(香村, 1998)。

鹿児島県与論島に産するシマチスジノリは, 洲澤ほか(2010)により, 同島南東部に位置する湧水「キンジャゴ(“インジャゴ”: 麦屋川)」から報告されている。筆者らは, 与論島の湧水域における生物相調査の過程で, 本種の島内2カ所目の生育地として湧水「カミゴ」を確認した。

本報では, カミゴにおける本種の生育状況と生育地の環境特性について報告する。

### 材料と方法

与論島での湧水域の調査は, 島内の地表水性湧水とその周辺水域(水路など), および掘り抜き井戸を対象とし, 2019年3月4-6日, 同年11月15-17日, 2020年7月8-11日の期間に, 計18カ所で行った(図1)。採集したシマチスジノリは生かしたまま持ち帰り, 生時又は冷凍保存したものを形態観察および写真撮影に用いた。本調査で得られたサンプルは乾燥標本として, 国立科学博物館(TNS)に収蔵した。

シマチスジノリが生育していた調査地では, 水深, 底質, 底土の堆積状況, 水質, 照度を記録した。水深は, 水面から底質上面までの距離を定規で測定した。底質は, 堆積物をその場で採取して肉眼で確認し, 堆積量の目安としてその厚みを定規で計測した。水質については, 多項目水質計(東亜ディーケーケー株式会社製)を用いて, 水温(°C), DO(溶存酸素: mg/L), pH(水素イオン濃度), 電気伝導度(mS/m), 塩分(PSU), 濁度(NTU)を計測した。また, 水温および照度については, 2020年7月9日8:00から7月11日8:00の間に湧水内にデータロガー(Onset社製ホボペンダントロガー: UA-002-64)を設置し, 1分毎

Kishimoto, K., Y. Fujita, S. Fumoto and S. Kamura. 2020. Additional records of *Thorea gaudichaudii* C. Agardh in Yoron Island, Ryukyu Islands, Japan. *Nature of Kagoshima* 47: 191-196.

✉ YF: Okinawa Prefectural University of Arts, 1-4 Shuri-Tonokura, Naha, Okinawa 903-8602, Japan (e-mail: fujitayo@okigei.ac.jp).

Received: 12 December 2020; published online: 14 December 2020; [http://journal.kagoshima-nature.org/archives/NK\\_047/047-040.pdf](http://journal.kagoshima-nature.org/archives/NK_047/047-040.pdf)

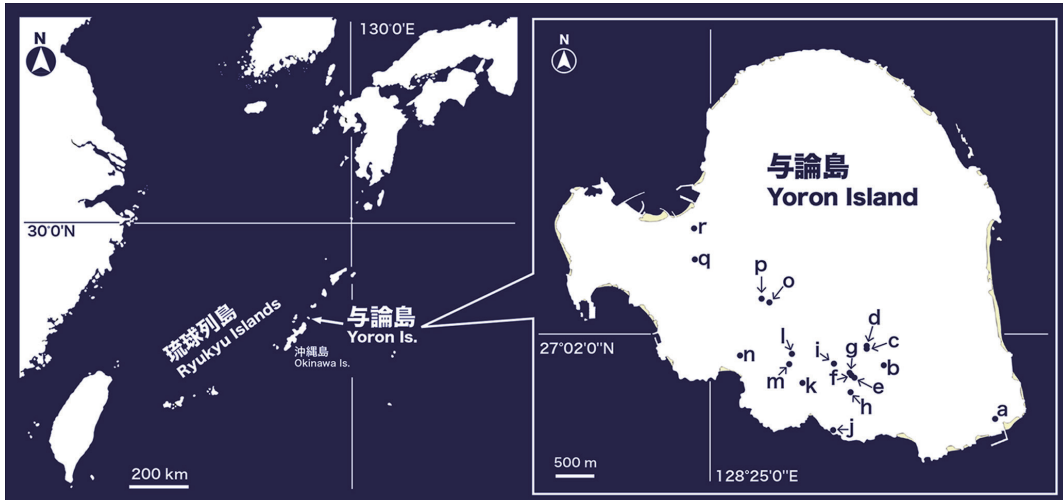


図1. 与論島の地図および調査地点. a, アマンジョウ; b, インジャゴ (‘インジャゴ’: 麦屋川); c, カミゴ; d, シーシチャゴ; e, ユビゴ; f, コウガマ; g, ウマンコ; h, シチャタゴ; i, インジョウナゴ (‘インジョウナゴ’); j, シンゴヌシー; k, ピグチため池; l, ピジョウゴ (別名 カミゴ); m, 名称不明の湧水 (田芋畑); n, ミャーディ; o, ウプキンジュ (‘ウプキンジュ’) (源流部); p, ウプキンジュ (上流部); q, ウプキンジュ (中流のため池); r, ウプキンジュ (下流部).

Fig.1. Map showing study sites in Yoron Island, Ryukyu Islands, Japan. a, ‘Amanjou’ well; b, ‘Injago’ spring; c, ‘Kamigo’ spring; d, ‘Shishichago’ well; e, ‘Yubigo’ well; f, ‘Kougama’ well; g, ‘Umanko’ spring; h, ‘Shichatago’ well; i, ‘Injounago’ well; j, ‘Shingonushi’ spring; k, ‘Piguchi’ pond; l, ‘Pijougo’ spring; m, unnamed spring; n, ‘Myadei’ well; o, ‘Upuinju’ stream (headwaters); p, ‘Upuinju’ stream (upstream); q, ‘Upuinju’ stream (midstream); r, ‘Upuinju’ stream (downstream).

に自動記録した。なお、照度測定時の与論島の天気は、晴れ時々曇りで、降水量は0 mmであった(気象庁, 2020)。

## 結果と考察

*Thorea gaudichaudii* C. Agardh

シマチスジノリ (図2)

熊野・廣瀬 (1977) 170, pl. 61; Seto (1979) 37–38, pls. 1–2; 右田・当真 (1990) 8–10, figs. 1–4; 須田・比嘉 (2015) 63, figs. 3–5.

**調査標本** TNS-AL 214406, カミゴ (北緯 27.03210, 東経 128.43698, 海拔約 60 m), 鹿児島県与論町, 2019年3月5日, 藤田喜久採集; TNS-AL 214407–214410, カミゴ, 鹿児島県与論町, 2019年11月17日, 岸本和雄・藤田喜久採集.

**形態的特徴** 藻体はひも状で暗紅紫色から赤褐色, 基部から複数回不規則に互生的に分枝し, 長さ 96 mm, 太さ 2.4 mm に達する (図 2A, D).

その内部構造は, 多列の糸状体からなる髓層と, 毛状の同化糸からなる皮層に区別される (図 2B). 髓層は直径 270.4–372.7  $\mu\text{m}$  (平均 314.7  $\mu\text{m}$ ), 同化糸は長さ 451.0–927.0  $\mu\text{m}$  (平均 678.8  $\mu\text{m}$ ). 同化糸は分枝せず, これを形成する円柱状の細胞は 22–39 個 (平均 28 個) 連なる. それらの細胞は長さ 17.1–24.7  $\mu\text{m}$  (平均 21.2  $\mu\text{m}$ ), 幅 4.1–6.5  $\mu\text{m}$  (平均 5.1  $\mu\text{m}$ ). 無性生殖器官である単胞子嚢は同化糸の基部にほぼ単独で作られ (図 2C), 倒卵形で長さ 13.9–22.7  $\mu\text{m}$  (平均 17.4  $\mu\text{m}$ ), 直径は最も膨らんだ箇所 8.1–14.7  $\mu\text{m}$  (平均 10.6  $\mu\text{m}$ ) である. 有性生殖器官は観察されなかった.

チスジノリ属は, 分類学的に問題を持つ種も含めて世界に 17 種が報告されており, うち国内に 3 種 (チスジノリ, フトチスジノリ, シマチスジノリ) が産する (熊野, 2000; Traichaiyaporn et al., 2008; Necchi et al., 2015; Johnston et al., 2018). 与論島のカミゴから得られた標本では, 同化糸に分枝が見られず, その長さが平均 400  $\mu\text{m}$  以上あり, また, 同化糸を形成する細胞の数が平均 20 個以上であることなどから, シマチスジノリと同

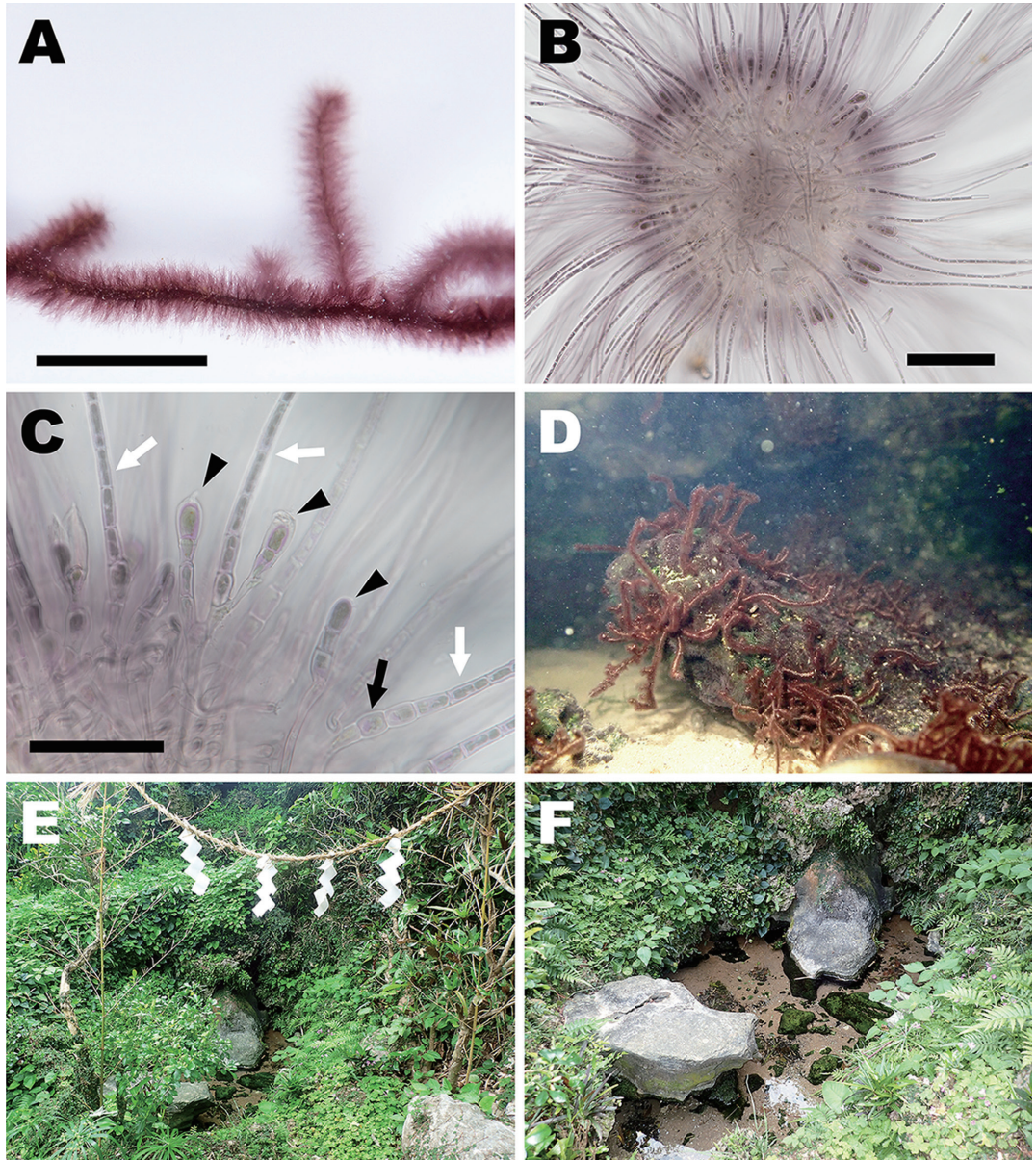


図2. カミゴで確認されたシマチスジノリ. A, シマチスジノリの藻体, スケール= 5.0 mm; B, シマチスジノリの横断面, スケール= 100  $\mu\text{m}$ ; C, シマチスジノリの内部形態 (白矢印は同化糸を, 黒矢印は基部細胞を, 黒矢頭は単胞子嚢を示す), スケール= 50  $\mu\text{m}$ ; D, シマチスジノリの水中写真 (2019年11月17日撮影); E, カミゴの全景 (2019年3月4日撮影); F, 同湧水部周辺 (2019年3月5日撮影).

Fig.2. *Thorea gaudichaudii* C. Agardh found from "Kamigo" spring on Yoron Island, Ryukyu Islands, Japan. A, part of *T. gaudichaudii*, scale = 5.0 mm; B, cross section of *T. gaudichaudii*, scale = 100  $\mu\text{m}$ ; C, internal structure of *T. gaudichaudii* (white arrows indicate assimilatory filaments; black arrow indicates barrel-shaped basal cells; black arrowheads indicate monosporangia), scale = 50  $\mu\text{m}$ ; D, underwater photograph of *T. gaudichaudii* (photo taken on 17 November 2019); E, panoramic view of "Kamigo" spring, photo taken on 4 March 2019; F, spring part of "Kamigo", photo taken on 5 March 2019.

定した.

**生育状況と生育環境の特徴** 本研究において計18カ所を調査した結果, シマチスジノリの直立体は, 「キンジャゴ(図1b)」と「カミゴ(図

1c)」の2カ所の湧水地でのみ確認された. また, 掘り抜き井戸の「シーシチャゴ(図1d)」と「コウガマ(図1f)」において, そのシャントランシア世代藻体(糸状体)と思われるものが観察され

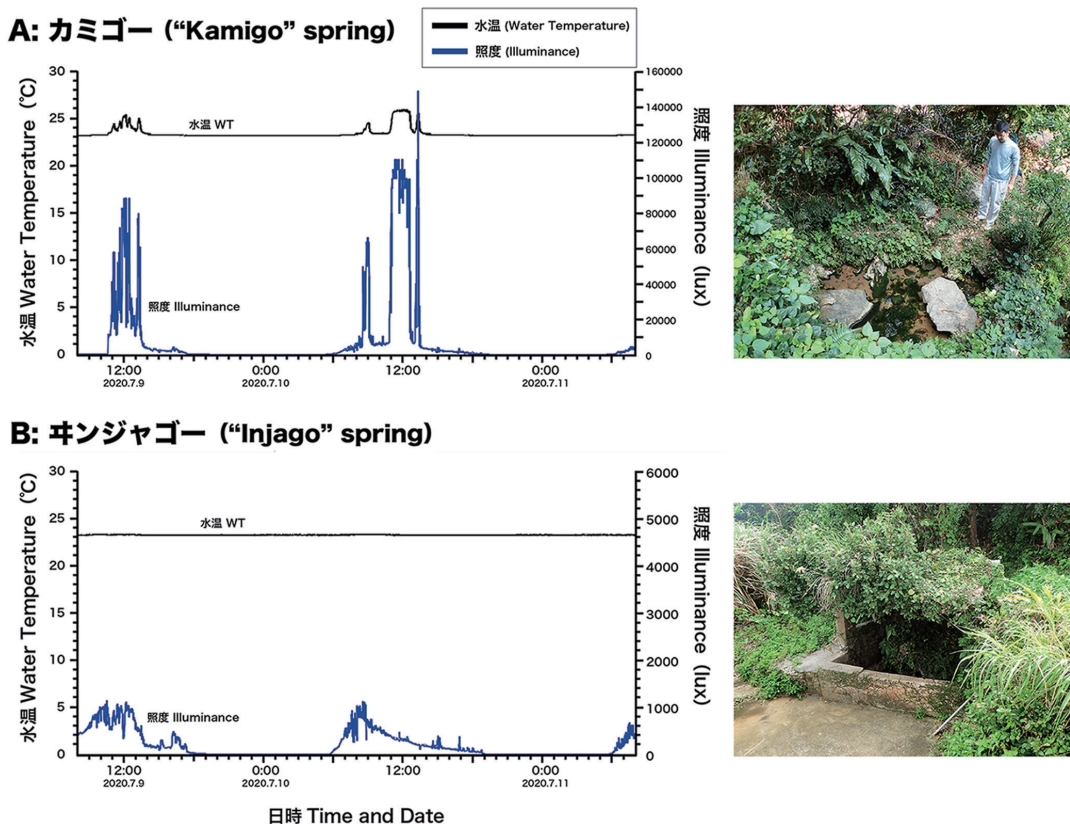


図3. シマチスジノリが生育していたカミゴ (A) およびキンジャゴ (B) における水温 (°C) および照度 (lux) の変動 (2020年7月9日8:00–7月11日8:00)。

Fig.3. Fluctuations in water temperature and illuminance level in ‘‘Kamigo’’ (A) and ‘‘Injago’’ (B) springs, where *Thorea gaudichaudii* C. Agardh was found. Data recorded from 8:00 am on 9 July 2020 to 8:00 am on 11 July 2020.

たが、井戸が深く、採集することはできなかった。

カミゴは、按司根津栄 (アジニッチェー) 社によって神事に関わる神聖な水域として管理されている湧水で、湧水貯留部は奥行き約 2.4 m、幅約 1.9 m であり、後背地は高さ約 4.8 m の切り立った石灰岩斜面であった (図 2E, F)。カミゴの西側は道路との間に樹木が密生していたが、東側は湿地帯や丈の低い草帯で、泉は斜面を背にして北北東 (方位 34°) に広く開けており、日光が差し込む状態であった。湧水貯留部の水深は 6–14 cm であり、底質は砂まじりの軟泥で最大約 4.5 cm 堆積していた。シマチスジノリは基本的に岩陰となるような限られた箇所群生しており、一部、水底の石や沈性蘚苔類の表面に生育していた (図 2D)。

カミゴの水質は、2020年7月9日の計測結

果にて pH 6.98、濁度 1.3 NTU、電気伝導度 61.6 mS/m、塩分 0.3 PSU、DO 4.37 mg/L であった。また、照度と水温の変動 (2020年7月9日8:00 から同月11日8:00の期間) について、照度は正午 12:00 の前後 2 時間程度をピークとする傾向が見られ、7月9日の最高照度は 12:03–12:30 分の間に 6 回記録した 88,178.4 lux、7月10日の最高照度は 13:22 分に記録した 148,801.0 lux であった (図 3A)。水温は、23.2–25.9°C であり、照度のピーク時に合わせて高くなっていた (図 3A)。一方、キンジャゴの水質は pH 6.68、濁度 1.3 NTU、電気伝導度 73.6 mS/m、塩分 0.3 PSU、DO 1.81 mg/L で、照度は午前中にピークがあり (7月9日の最高照度は 10:35 分に記録した 1,130.2 lux、7月10日の最高照度は 8:36 分に記録した 1,119.5 lux)、水温はほぼ一定 (23.2–23.3°C) であった (図 3B)。

シマチスジノリは、日陰が強く、水温の比較的安定した条件下によく適応している種であると考えられている (Terada et al., 2016; Kozono et al., 2020). 本種の生育環境としてのカミゴーの特徴は、キンジャゴーと比較して水深が浅く、水温の変動幅が大きいこと、さらに、藻体に直射日光が当たることである。カミゴーでは、南中時前後の約4時間の照度が80,000–100,000 lux 台と晴天時に陸上で観測される値に達していたが、シマチスジノリは高放射照度によって光合成阻害を受けることが知られており (Kozono et al., 2020), 慢性的な高光阻害を受けている可能性がある。一方で、沖縄県宮古島の“ミヤコチスジノリ [形態的特徴からシマチスジノリの一変種(ミヤコチスジノリ)としての扱いが提唱されている (Kumano et al., 2002)] ”では、樹木が生育地を完全に覆う状態では直立体が見られず、シャントランシア世代藻体(糸状体)のみが確認される状況となり(藤田, 2012), 樹木伐採後に光環境が改善すると直立体が観察されるようになったことが報告されている(藤田・岸本, 2013). 本研究では、簡易的な照度を計測したのみであるが、今後、カミゴーとキンジャゴーにおける光環境の違いが本種の生育に及ぼす影響を明らかにするための詳細な調査研究が求められる。

カミゴーの調査期間中の水温は23.2–25.9°Cと変動していたが、照度が高くなる正午前後を除いて約23°Cで一定であったことから(図3A), カミゴーの水深が浅いため、日射に伴う周辺気温の影響を受けたものと推察される。一方、右田・当真(1990)は本種の室内培養実験を行い、水温25°Cの条件下で有性生殖器官の発生を確認した。今回、カミゴーから得られた標本では、無性生殖器官である単孢子嚢のみが形成されており、有性生殖器官は観察されなかった。野外におけるシマチスジノリの有性生殖器官の確認は、須田・比嘉(2015)によって、2014年9月に沖縄島南城市の親慶原大川から記録された一例しか知られていない。カミゴーにおける有性生殖器官の形成状況や形成条件は、本種の保護・保全を考える上で重要であるため、今後、一年を通じた定期的な調査研究を行う必要がある。

今回のカミゴーでのシマチスジノリの生育確認は、単に与論島内における2カ所目の生育地発見という事実にとどまらず、地域の神社によって適切に管理されており、間接的に本種の生育環境が開発などの人為的攪乱を回避できる状況下にある生育地としての発見であり、与論島に産する本種の保護・保全において重要な意味を持つものである。本種は、環境省のレッドリスト(環境省, 2020)ならびに鹿児島県レッドデータブック(寺田, 2016)およびレッドデータおきなわ(比嘉, 2018)において「絶滅危惧I類」と評価されており、今後、地元地域と一体となって、本種ならびにその生息地の保護・保全に努める必要がある。

## 謝 辞

本研究の野外調査の実施にあたり、琉球大学国際地域創造学部(2019年当時)の渡久地 健氏に大変お世話になった。鹿児島大学教授の寺田 竜太氏には、シマチスジノリの光合成に関する貴重な情報を提供いただいた。また、本研究の実施および本報告の取りまとめには、独立行政法人日本学術振興会による平成28年度科学研究費助成事業(科学研究費補助金)(基盤研究S: 課題番号16H06309: 研究代表 菅 浩伸)および令和2年度科学研究費助成事業(基盤研究B: 課題番号20H03313: 研究代表 藤田喜久)による支援を受けた。

## 引用文献

- 新崎盛敏, 1937. チスジノリの生活史に就いて(予報). 植物学雑誌, 51: 715–721.
- 藤田喜久, 2012. 宮古島のヌグスクガー(野城泉)におけるチスジノリ属藻の現状. 宮古島市総合博物館紀要, 16: 42–52.
- 藤田喜久・岸本和雄, 2013. 2012年にヌグスクガー(野城泉)で再確認されたミヤコチスジノリ. 宮古島総合博物館紀要, 17: 87–97.
- 比嘉 敦, 2018. シマチスジノリ. Pp. 579–580. 改訂・沖縄県の絶滅のおそれのある野生生物 第3版(菌類編・植物編)–レッドデータおきなわ-. 沖縄県環境部自然保護課, 沖縄.
- Johnston, E. T., Dixon, K. R., West, J. A., Buhari, N. and Vis, M. L., 2018. Three gene phylogeny of the Thoreales (Rhodophyta) reveals high species diversity. *Journal of Phycology*, 54: 159–170.
- 香村真徳, 1998. 湧井戸(カー)に依存する貴重藻類2種とその保護について. 財団法人沖縄県環境科学センター報, 2: 58–74.

- Kozono, J., Nishihara, G. N., Endo, H. and Terada, R., 2020. Photosynthetic activity in two heteromorphic life-history stages of a freshwater red alga, *Thorea gaudichaudii* (Thoreales) from Japan, in response to an irradiance and temperature gradient. *Phycological Research*, 68: 191–202.
- 熊野 茂, 2000. 世界の淡水産紅藻. 内田老鶴圃, 東京. 395 pp.
- 熊野 茂・廣瀬弘幸, 1977. チスジノリ科. Pp. 170–171. 廣瀬弘幸・山岸高旺 (編著). 日本淡水藻類図鑑. 内田老鶴圃, 東京.
- 環境省, 2020. 環境省レッドリスト 2020. <http://www.env.go.jp/press/107905.html> (2020年12月11日閲覧)
- 気象庁, 2020. 与論島 2020年7月 (日ごとの値) 主な要素. [http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/daily\\_a1.php?prec\\_no=88&block\\_no=1277&year=2020&month=7&day=&view=p1](http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/daily_a1.php?prec_no=88&block_no=1277&year=2020&month=7&day=&view=p1) (2020年12月11日閲覧)
- Kumano, S., Kamura, S., Sato, H., Arai, S., Hanyuda, T., Seidenschwarz, F. and Ueda, K., 2002. Morphological and molecular phylogenetic analyses of the *Thorea* 2. A variety of the *Thorea gaudichaudii* from the Miyako Island, Japan. P. 96. Abstracts of the 26th annual and 50th anniversary congress of Japanese Society of Phycology and 3rd Asian Pacific Phycological Forum joint Conference Algae 2002, Tsukuba, Japan.
- 右田清治・当真 武, 1990. 紅藻シマチスジノリの室内培養. 長崎大学水産学部研究報告, 68: 7–12.
- Necchi, Jr. O., Paiano, M. O., West, J. A., Ganesan, E. K. and Goër, S. L., 2015. *Thorea indica* sp. nov. (Thoreales, Rhodophyta) from Uttar Pradesh, India. *Algae*, 30: 265–274.
- Seto, R., 1979. Comparative study of *Thorea gaudichaudii* (Rhodophyta) from Guam and Okinawa. *Micronesica*, 15: 35–39.
- 須田彰一郎・比嘉 敦, 2015. シマチスジノリ (チスジノリ目, 紅藻綱) ～沖縄の新産地, 系統, 形態について～. 沖縄生物学会誌, 53: 61–64.
- 洲澤多美枝・洲澤 譲・中島 淳・竹 盛窪・熊野 茂, 2010. 鹿児島県与論島初記録のシマチスジノリ *Thorea gaudichaudii* C. Agardh. 藻類, 58: 141–143.
- 寺田竜太, 2016. シマチスジノリ. Pp. 421–422. 改訂・鹿児島県の絶滅のおそれのある野生動植物 植物編 – 鹿児島県レッドデータブック 2016– (鹿児島県環境林務部自然保護課編). 一般財団法人鹿児島県環境技術協会, 鹿児島.
- Terada, R., Watanabe, Y., Fujimoto, M., Tatamidani, I., Kokubu, S. and Nishihara, G. N., 2016. The effect of PAR and temperature on the photosynthetic performance of a freshwater red alga, *Thorea gaudichaudii* (Thoreales) from Kagoshima, Japan. *Journal of Applied Phycology*, 28: 1255–1263.
- Traichaiyaporn, S., Khuantairong, T. and Kumano, S., 2008. *Thorea siamensis* sp. nov. (Thoreaceae: Rhodophyta) from Thailand. *The Natural History Journal of Chulalongkorn University*, 8: 27–33.