

海藻の多様性研究を支える標本の多面的価値

北山 太樹

国立科学博物館 植物研究部

〒305-0005 茨城県つくば市天久保 4-1-1

Various possibilities of marine macroalgal specimens supporting the diversity research

Taiju Kitayama

Department of Botany, National Museum of Nature and Science,

4-1-1, Amakubo, Tsukuba, Ibaraki, 305-0005, Japan

Keywords: benthic marine algae, herbaria, preservation, specimens

DOI: 10.24480/bsj-review.12c5.00213

1. 海藻とはなにか

海藻 (benthic marine algae, marine macroalgae, seaweeds) は、生物学的には自然な分類群ではない。国語辞書には「海にすむ藻。とくに肉眼的な大きさの体をもつ海産の藻類の総称」(『広辞苑』第七版, 新村 (2018)) などと書かれているが、この名称は動物の「虫」や「魚介」と同様、科学的に定義されたものではなく、研究者によってそこに含める生物の範囲が異なっている。紅藻 (red algae), 緑藻 (green algae), 褐藻 (brown algae) の3グループ (図1) だけを意味するときもあれば、単細胞ながら海産で大型の藻体 (群体) を形成しうる藍藻 (blue-green algae, cyanobacteria) や黄緑藻 (yellow-green algae) や珪藻 (diatoms) などの一部が加えられるときもある。そしてさらに厄介なことは、その多様性の幅が植物全体どころか生物全体にまで及んでいることである。食用とされる海藻を例にすると、甘海苔, 布海苔, 天草, 海髪 (おごのり), 鶏冠海苔 (とさかのり) などの海産紅藻は紅藻植物門 (Rhodophyta) に、一重草 (ひとえぐさ), 青海苔, 石蓴 (あおさ), 岩蔦 (いわづた) などの海産緑藻 (アオサ藻) が緑藻植物門 (Chlorophyta) に含まれるが、近年の分類体系においても両門は植物界 (Plantae) に位置づけられている。その一方で、昆布, 若布, 海蘊 (もずく), 鹿尾菜 (ひじき) といった海産の褐藻は、黄藻植物門 (Ochrophyta) あるいは不等毛植物門 (Heterokontophyta) として黄色生物界 (Chromista) に含まれ、紅藻・緑藻とは界 (kingdom) レベルで異なる系統グループにある (Ruggiero *et al.* 2015)。また、いわゆるスーパーグループにおいても、紅藻・緑藻が一次植物 (Archaeplastida) に、褐藻は SAR (stramenopiles + alveolates + Rhizaria) に分類される (Adl *et al.* 2012)。原核生物である藍藻まで入れるなら、海藻には真核生物 (Eukaryota) と細菌 (Bacteria) のドメイン (domain) レベル, あるいは園 (empire) レベルで異質の生物が含まれていることになる (図2)。海藻はかつての二界~五界説的な分類体系において「植物」の一部とみなされがちであったが、じつは最高位の分類ランクにお

いて多系統な生物群であり，系統分類学的には陸上植物よりもはるかに多様性の高いグループなのである。実際，海藻の標本室には細菌から一次植物までの標本が保管されている。

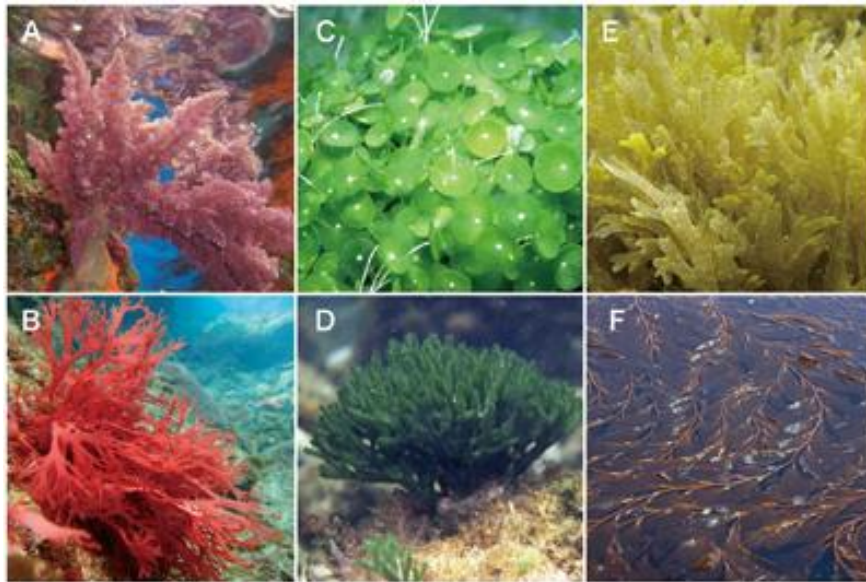


図1 海藻の例

A. 紅藻カギケノリ *Asparagopsis taxiformis* (Delile) Trevisan (真正紅藻綱カギノリ目), B. 紅藻トサカノリ *Meristotheca papulosa* (Montagne) J.Agardh (スギノリ目), C. 緑藻カサノリ *Acetabularia ryukyuensis* Okamura & Yamada (アオサ藻綱カサノリ目), D. 緑藻ミル *Codium fragile* (Suringar) Hariot (ミル目), E. 褐藻アミジグサ *Dictyota koreana* Lee et al. (ineditae) (褐藻綱アミジグサ目), F. 褐藻オオウキモ *Macrocystis pyrifera* (Linnaeus) C.Agardh (コンブ目)。

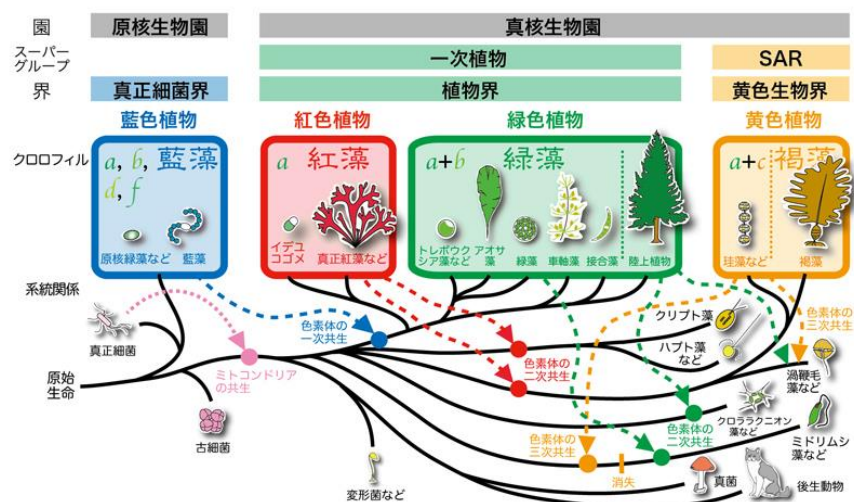


図2 海藻の高次分類

海藻は，細胞共生に起因する異質の生物群からなり，界 (kingdom)，スーパーグループ (supergroup)，園 (empire) のランクにおいてさえ多系統である。北山 (2014c) を改変。

2. 押し葉標本から始まった海藻の多様性研究

陸上の植物を凌ぐ多様性をもちながら海藻があまり注目されてこなかったのは、陸上に暮らし、水中で息をすることが困難な人類にとって無理もないことである。そのため、海藻は長い間、陸の植物に較べて「下等」で「原始的」で「平凡」な生物と考えられてきた。しかし、今日まで解剖学、細胞学、生理学、分子生物学などの威力によって積み重ねられてきた系統分類学上の知見は、海藻が門や界レベルで異質な分類群からなる高度な多系統群であることを暴露した。その歴史は顕花植物中心の植物学史に隠れ、明瞭ではないが、海藻学の黎明期においても、長期の保存が可能な押し葉（腊葉）標本（図 3）の製作・収集とそれを集積・整理する標本室（herbaria）が、その多様性研究の始まりとなったことは間違いない。



図 3 海藻の押し葉標本の例

左、紅藻； 中央、緑藻； 右、褐藻。いずれも国立科学博物館が発行した『日本産海藻エキシカータ集』より。この標本集は 2002 年から 2016 年にかけて第 8 集まで刊行され、国内外の主要な植物標本室へ送られている。

その昔、海藻は花が見つからないために「隠花植物」の一部として扱われてきた。18 世紀の博物学者リンネ Carl von Linné (1707–1778) が 1753 年に出版した‘Species plantarum’ (植物の種) は、国際的な学名の命名規約において種子植物・苔類・菌類・藻類の大部分の命名法上の出発点となっているが、そこに示された二十四綱分類法では、雄しべが見当たらない海藻は、菌類や苔類とともに 24 番目の綱 Cryptogamia (隠花植物綱) のなかに置かれ、わずか 3 属が記載されている。糸状の藻である *Conferva* (現在のシオグサ属を含む)、膜状の藻である *Ulva* (現在のアオサ属)、そして肉質の藻の *Fucus* (現在のヒバマタ属) である。いかに海藻の分類が容易でなかったかがうかがえる。世紀がかわって 1836 年、アイルランドの隠花植物学者で、のちに Trinity College Herbarium (TCD) のキュレーターとなるハーベイ William Henry Harvey (1811–1866) が、海藻が体色で分類できることに気づき、紅藻綱 Rhodospemeae, 褐藻綱 Melanospermeae, 緑藻綱 Chlorospemeae の 3 綱を提唱した。これは古来海藻が台紙の上で容易に押し葉にでき、また標本室で保管することにより鮮やかな体色が残されることが幸いしており、大量の標本が蓄積することで藻体の色に共通性が見出されたものと考えられる。以来、藻類における色による高次分類は細胞学や生理学、さらには分子生物学からも支持され、色を冠した分類群名は修正を加えながらも継承されている。

3. 当初の製作目的を超えて発生する標本の価値

当然のことながら、海藻標本は何かしらの目的をもって製作される。それは多くの場合、新規分類群の探索、種内変異、対象とする分類群の系統関係、海藻相、地理的（水平）分布などの直接的な情報を得るためであるが、そうした研究が完了し、当初の目的が果たされても標本自体は価値を失わない。将来の研究に資する可能性や、それどころか新たな研究を開始させる可能性をも秘めている。なぜなら、標本は文字でも絵でも写真でもなく、自然から取り出した実物の海藻でつくられているからである。

3-1. 分類学上の基準

海藻の新種を記載する際、その元になった藻体の標本すなわちタイプ標本 (type) を指定しなければ正式発表と認められないことが『国際藻類・菌類・植物命名規約』によって定められている（日本植物分類学会国際命名規約邦訳委員会 2014）。そして「特にホロタイプ (holotype) は、真の意味での研究者に資料を利用させる方針をとっている公開のハーバリウム (植物標本館)、または公開のコレクションにおいて保管されるべきであり、そして細心の注意を払って保存されるべきであることを強く勧告する」(勧告 7A.1) ことが明記されている。タイプ標本は生物分類の基礎資料であり、その保存・管理には国際的な責務が生じる。従って、それを収蔵する標本室は国立の機関が運営することが望ましい。また、ホロタイプに限らず、アイソタイプ (isotype)、レクトタイプ (lectotype)、ネオタイプ (neotype)、エピタイプ (epitype) なども命名法上、保存されるべき標本である。

3-2. 絶滅種・稀少種の証拠

すでに絶滅した海藻は標本でしか見ることができない。かつて地球上に存在した証拠としての標本はかけがえのない資料であり、もはやそこからしか情報が得られない。稀少種の標本も将来そうなる可能性を有している点で同様に貴重である。海藻では、2014年版の環境省RDBによれば、かつて東京湾で記載されたコスジノリ *Porphyra angusta* Okamura & Ueda が絶滅種 (EX) とされており（環境省自然環境局野生生物課希少種保全推進室 2015）、いまではタイプ標本などわずかな標本でしか見ることができない。

3-3. 地理的分布の記録資料

海藻の分布図を描くには標本の裏付けが欠かせない。過去に作成されたリストには作成者の判断が入っているうえ、その後の分類体系の修正によって別の種があてられる危険性もある。実物の標本が残されていれば、信頼性の高い分布図を作成することが可能になる。たとえば、褐藻スギモク *Coccoloba langsdorfii* (Turner) Greville は、以前は北海道から九州までの日本列島側の分布図しか描けないまま日本海特産とされてきたが、国立科学博物館 (TNS) と北海道大学総合博物館 (SAP) が収蔵する大陸沿岸産の標本を加えることにより、スギモクが日本海全域の沿岸に分布を拡げていることが明らかになった（鈴木ら 2015）。今日では入国すら容易にかなわない国で採集された標本の価値は著しく高い。

3-4. 季節的消長・成熟時期・性比の一次資料

ひとつの海藻種について、その出現時期、成熟時期、消失時期などを知るにはフィールドに1年間通って見張り続ける必要があるが、標本室に標本が蓄積されていれば、室内に居ながらにしてある程度のあたりをつけることができる。とりわけ稀少種や深所性種の場合、標本の蓄積がもたらすデータは貴重である。また、同一個体群から十分な数の配偶体の標本があれば、性比を調べることも可能である。たとえば、米国カリフォルニア大学バークレー校の標本室 (UC) に収蔵されているサンタカタリーナ島産褐藻ムチモ *Mutimo cylindricus* (Okamura) Kawai & Kitayama の押し葉標本を調べたところ、成熟藻体12個体のすべてが雌性配偶体であった。このことから日本の無性繁殖個体群落から移入した雌性配偶体の単為発生によって定着したものと推理された (北山 & Miller 2005)。

3-5. 海藻相の歴史の変遷

日本で海藻の標本がつくられはじめておよそ150年。その間、日本の海岸線の大半が人工化し、海藻相が大きく変化している。たとえば、かつて東京湾にはアオサ藻ヒトエグサ、褐藻サメズグサ、モズク、ケウルシグサ、ツルモの生育が見られたが、今日では確認出来ず、もっか準備中の東京都のレッドリスト (東京都、未発表) でもこれら5種が局地的な海藻の絶滅種としてリストされている。国立科学博物館には、いまから135年前の1885年 (明治18年) に横須賀で採集された海藻ケウルシグサ *Desmarestia viridis* (O.F.Müller) J.V.Lamouroux の標本が保存されている (図4右)。これは、翌年の1886年に上野公園で開催された大日本水産会水産共進会に出品するために、当時博物局長だった田中芳男 (1838–1916) (図4左) が、その前年に横須賀で採集した海藻の1つである。田中は日本に博物館を構想し、実現させた「博物館の父」とも呼ばれる博物学者で、舎密局の御用掛時代の1868年 (明治元年) に御雇い外国人のハラタマ Koenraad Wolter Gratama (1831–1888) から海藻標本の作製法を伝授されていた (北山 2014a)。今日の東京湾にはみられないこの海藻がかつては生育していたことがわかる貴重な標本であるが、こうした歴史的な標本は、政情の影響も受けず、永続的な保存が行える自然史標本室がなければ今日目にすることもかなわなかったはずである。



図4 田中芳男 (左) と横須賀産ケウルシグサの標本 (TNS-AL 42639) (右)
どちらも国立科学博物館所蔵。

3-6. 環境の歴史的変動

海洋の海水中に含まれる重金属や放射性物質の時間的変遷を海藻の押し葉から調べられる可能性がある。また、かつての生育場所が地質学的な地盤隆起や人工的な埋め立てによって失われたことを海藻の標本が間接的に示すこともできるだろう。

3-7. 採集者の情報

標本のラベルには、採集場所・採集日などのほかに採集者 (collector) の名が記録される。本来、採集者名は採集場所・採集日の補足情報 (採集物の信頼性を高めるもの) であるが、結果的にその日その場所にその人物がいたことが標本に記録されることになる。たとえば、北海道大学総合博物館の宮部金吾コレクションには、1894年 (明治27年) 4月に新渡戸稲造 (1862–1933) が鎌倉で採集した褐藻マメタワラ *Sargassum piluliferum* (Turner) C. Agardh の標本がある。当時札幌農学校の教授であった新渡戸が、米国から帰ってくる夫人のメアリー Mary P. Elkinton を迎えに上京し、二人で鎌倉を観光した際に七里ヶ浜で拾い、同僚の宮部への土産にしたものと推理される。1900年に英文で出版された新渡戸の国際的名著“BUSHIDO: The Soul of Japan (武士道)”の冒頭の一文には、‘a dried-up specimen’ に呼応させて ‘herbarium’ (腊葉標本室) という単語が登場するが、標本製作の心得がある新渡戸にとってこの植物学用語は馴染みのものであったに違いない。標本室に馴染みがない訳者によって「本棚」と訳されたり、省略されたりなど、正しく邦訳された日本語版が少ないのが残念である。新渡戸が1897年に鎌倉の別荘で療養したことは知られているが、その3年前に鎌倉を訪れていたことはこれまでの新渡戸研究では明らかになっていなかった。標本には、生物の情報とともに研究者の人生も保存されている (北山 2014b)。

また、宮部の海藻コレクション 4千点の採集者を調べたところ、宮部自身と弟子のほか、当時の日本の研究者や知人の名が40名ほど確認された。もっか海藻学黎明期の研究者ネットワークを調査中であるが、明治時代の植物学では研究対象の細分化がまだすすんでおらず、多くの植物学者が海藻も採集していた様子がうかがえる。

3-8. 未知の研究分野

将来、どのような技術が開発され、どのような研究が計画されるかは今はわからない。そして、百年前、十年前の (去年のですら) 標本を入手することもタイムマシンでもないかぎり不可能なことから、現在の人の価値判断で、標本の必要性を限定してしまうことは避けなければならない。百年前の標本の保管には百年を要するが、捨てるのは1日で済む。逆に、今日、明治時代の標本を目にすることができるのは、歴代の管理者の全員が標本の価値を知り、「断捨離」な人が一人もいなかったからで、筆者はその恩恵を受ける一人として先人に感謝と畏敬の念をいざくとともにそのような管理者の一員であることに誇りと責任を感じるものである。

標本を確実に保存し、次世代へ継承することは、それ自体が過去と未来の研究者のコラボレーションであると言えるだろう。

4. 未来に標本を継承するための自然史標本館

4-1. 国立科学博物館大型藻類標本室

現在、国立科学博物館には 200 万点を超える植物・菌類・藻類の標本が収蔵されている。すでに標本ケースは満タン状態であり、新たな収蔵庫の建設が急務となっている。海藻と淡水藻の一部（押し葉になるもの）を扱う大型藻類標本室では、ラベルが貼付された 10 万点を登録・収納済みで、さらに 1 万点余の寄贈標本を整理・登録作業中である（図 5A）。標本の整理・ラベル作製、標本棚への収納、データベースへの入力、標本の閲覧・貸出などの対応、標本の増加による移動や学名の変更による配列の修正（図 5B）などには、標本台紙やカバーなどの物資と作業に従事する人的パワーが不可欠であるが、標本のための予算が潤沢ではないため、大規模な寄贈が相次ぐたび、担当者の研究予算を投入せざるを得ない状況となる。標本室はスペースと標本棚だけでは成立せず、恒に人の手が入らなければ維持することはできない。



図 5 国立科学博物館の大型藻類標本室

A. 押し葉標本は手動で動かせるコンパクト式のケースに収蔵されている。B. 標本は、緑藻、褐藻、紅藻に分けられ、それぞれで学名のアルファベット順に配列される。そのため、学名が変更されると移動が必要となる。学名変更がもたらす数少ない物理的な影響である。

4-2. 東日本大震災で被災した海藻標本のレスキュー

2011 年（平成 23 年）3 月 11 日に三陸沿岸を襲った大津波は、博物館にも壊滅的な被害をもたらした。岩手県では山田町立鯨と海の科学館（以下、鯨館）や陸前高田市立博物館などが被災し、大量の自然史標本が破損・消失した。とりわけ、鯨館では推定 8 万点の海藻標本が津波で押し流されて瓦礫の一部となった（図 6A）。直後から岩手県立博物館（盛岡市）が中心となって標本のレスキュー活動が開始され、40 以上の機関で被災標本の修復作業が行われた（北山 2011）。国立科学博物館もその一端を担い、鯨館の海藻標本については筆者が標本の回収から修復（図 6B）、仮保管、そして返還まで関わった。元の標本室への返還までが標本レスキューである（北山, 2017）。

鯨館の海藻標本は、震災前年末に東邦大学名誉教授の吉崎誠（1943–2011）から山田町へ寄贈されたもので、吉崎先生の退職と同大学理学部の海藻標本室の廃室に伴い、関東圏で標本室の受け入れ先が見つからなかったために、岩手県の山田町に寄贈されたものである。国立科学博物館も相談を受けたが、当館の標本室には標本以外の物を受け入れるスペースがない

ので、標本だけの寄贈を数年前から打診していたが、1種1点の寄贈すらも同意されることはなかった。実は吉崎先生が守ろうとしたのは死蔵される1点1点の標本などではなく、東邦大学において日々人が育て、人が学ぶための自然史研究・教育の拠点を目指した標本室であった。被災後の2011年6月に東京・六本木で開催された日本学術会議の緊急シンポジウムでの講演でも、吉崎先生は、標本室（標本ではない）の重要性を語り、その受け入れを当館に断られ、それが山田町に受け入れてもらえたことを明言されている。吉崎先生が山田町という新天地に求めたのは8万点の海藻標本の保管場所などではなく、海藻研究のための自然史標本室だったのである（北山 2013）。にも関わらず、吉崎先生が講演された日本学術会議の会場では、「標本室」の移管を「標本」の寄贈と誤解された方が圧倒的に多く、吉崎先生が力説された「標本室」の重要性が正しく伝わらず、国立科学博物館に標本を寄贈できなかったことが悲劇の原因であるかのように解釈されてしまったのはたいへん残念なことであった。



図6 東日本大震災で被災した標本

A. 山田町鯨と海の科学館のプレハブから流出して瓦礫となった海藻標本の標本ケース（2011年5月24日，山田町船越）。 B. 陸前高田市立博物館で被災した海藻標本を水洗しながら修復する様子（2011年5月31日，国立科学博物館筑波実験植物園）。

4-3. 増設が望まれる安全・安定の自然史標本館

今世紀に入ってから国内各地で相次いだ大学標本室の廃室は、海藻標本の行き場を失わせている。もともと標本の収集・保管を主目的としない大学，研究所，科学館，高校などが自然史の標本室を維持するためには，個人の著しい努力が要求される。本来，標本資料を保管することを目的とするはずの博物館（資料を収蔵しない施設は展示館）でも，民間や地方自治体の収入に頼る施設はオーナーの経営状況や母体の財政状況に存続が左右されやすい。現在，国内で国立の自然標本室を有する博物館は国立科学博物館だけであり，1館のみという現状はころもとない。頻繁に台風が通過し，水害が多く，火山列島で地震も多い日本には絶対に安全という土地はなく，国立科学博物館といえども自然の驚異の前に無傷でいられるという保証はない。想定しうる様々な事態を回避するには標本資料の分散が必要であろう。

これまで述べてきたように製作当初の目的を超えて多様な価値が生じる標本を半永久的に後世の国民と研究者へ受け継ぐためには，安全確実に運営し続けることができる公的な自然標本館を関東エリア以外の地に増設すること不可欠であると思われる。自然史標本は国民共有の財産であり，未来の世代へ継承されるべきものである。

謝辞

執筆の機会をいただいたオーガナイザーの村上哲明先生と西田治文先生に感謝申し上げます。

引用文献

- Adl, S. M. *et al.* (以下, 24名) 2012. The revised classification of eukaryotes. *J. Eukary. Microbiol.* 59: 429-493.
- 環境省自然環境局野生生物課希少種保全推進室 2015. レッドデータブック2014-日本の絶滅のおそれのある- 9 植物 II. (蘚苔類・藻類・地衣類・菌類). ぎょうせい. 東京.
- 北山太樹 2011. 東日本大震災による岩手県での海藻標本被災状況. *藻類* 59: 101-103.
- 北山太樹 2013. 海藻標本の準文化財化と吉崎コレクション. *藻類* 61: 13-14.
- 北山太樹 2014a. 海藻標本採集者列伝 (7) 田中芳男 (1838-1916). *海洋と生物* 36: 74-75.
- 北山太樹 2014b. 海藻標本採集者列伝 (12) 新渡戸稲造 (1862-1933). *海洋と生物* 36: 626-627.
- 北山太樹 2014c. 光合成生物は合体して進化した. *milsil* 7: 12.
- 北山太樹 2017. 3.11で再認識された標本レスキューの意義-山田町鯨と海の科学館の事例から. *milsil* 10: 20-21.
- 北山太樹 & Miller, K. A. 2005. カリフォルニア産ムチモの性比. *藻類* 53: 124.
- 日本植物分類学会国際命名規約邦訳委員会編, 2014. 国際藻類・菌類・植物命名規約 (メルボルン規約) 2012 日本語版.
- Ruggiero, M. *et al.* (以下, 8名) 2015. A higher level classification of all living organisms. *PLoS ONE* 10: e0119248. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119248>
- 新村出編 2018. 広辞苑第七版. 岩波書店. 東京.
- 鈴木雅大, 北山太樹, 山岡容子, 鈴木まほろ 2015. 岩手県山田町で発見された日本海特産海藻スギモク. *分類* 15: 179-183.