

徳島県北部沿岸におけるアサクサノリの分布

岡 直宏*¹・池脇義弘*²・上田幸男*³・玉城泉也*⁴・藤吉栄次*⁴・吉田吾郎*⁴Distribution of *Pyropia tenera* along the coasts of northern Tokushima Prefecture.Naohiro OKA*¹, Yoshihiro IKEWAKI*², Yukio UETA*³, Motoya TAMAKI*⁴, Eiji FUJIYOSHI*⁴ AND Goro YOSHIDA*⁴

Distribution of *Pyropia tenera* was investigated at seven sites along the coasts of northern Tokushima Prefecture. Species identifications were confirmed by PCR-RFLP analyses and molecular phylogenetic analysis. *P. tenera* was found at five sites and *Pyropia kinositae* was found at one site. The thalli of *P. tenera* collected from two sites were belong to *P. tenera* var. *tamatsuensis*. Some of thalli collected from two sites were identified as hybrids between *P. yezoensis* (♀) and *P. tenera* (♂).

キーワード：アサクサノリ，スサビノリ，ウタスツノリ，アマノリ，DNA，交雑種

我が国のノリ養殖では、かつてのアサクサノリ *Pyropia tenera* に代わり色の良いスサビノリ *Pyropia yezoensis* の多収性品種がほとんどを占める状況となっており（三浦 1994, 大房 2001, 能登谷 2002），安定した生産を支えている反面，食味の低下が危惧されている（川村 2017）。この状況を受け，食味が良好で柔らかい等の特徴を持つアサクサノリが再び注目されてきた（伊藤・樋下 1998, 大房 2001, 藤井 2008, 2011, 岩出ら 2015, 2016）。三重県では，自県産の野生アサクサノリを選抜した株を用いて栽培を行っており，その製品は「伊勢あさくさ海苔」として商標登録され，高単価で取引されている（三重県漁連 2015）。

野生のアサクサノリは，スサビノリの導入や浅海部等の開発により減少し，現在では希少種となっている（三浦 1994）。そのため，アサクサノリの詳細な分布調査が近年各地で行われ，古くからのノリ生産地で天然採苗が行われていた東京湾，広島湾，別府湾等での生育が確認されてきた（吉田ら 1999, 菊地ら 2002, 2006, 2009, 尾田ら 2012, 大西ら 2013, 伊藤ら 2014, 藤吉ら 2018）。徳島県は明治時代からの長い歴史を持つノリ養殖生産地であり（條 1996），古くは天然採苗したアサクサノリを用いて栽培が行われていた（加藤 1954, 秋月ら 1980）。近年の調査において，徳島県内でアサクサノリが確認されているのは吉野川河口（大西ら 2013）だけであるが，現在でも県内各地にアサクサノリが生育している可能性は高いと考えられる。

著者らは，海域環境に適合した育種素材を探索するため，徳島県北部沿岸の河口域を中心にアサクサノリの分布調査を行ったのでその結果を報告する。

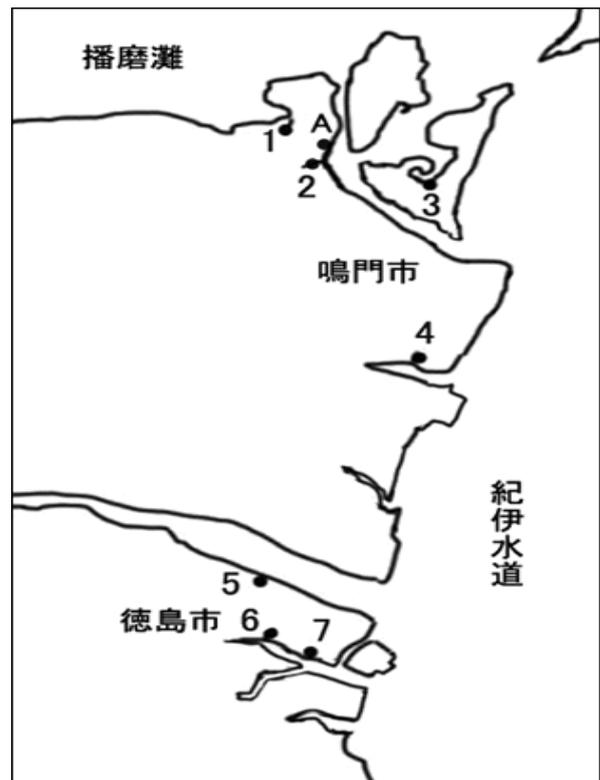


図1. アサクサノリの調査地点

1-7 調査地点, A 徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課. 1 日出湾南部浦代, 2 明神川, 3 寿久ノ海, 4 撫養川 (旧吉野川付近), 5 吉野川 (徳島市民吉野川運動広場付近), 6 新町川中州みなと橋, 7 新町川末広大橋.

方法

アサクサノリは河口域を主な生育場所とするため（三浦 1994），徳島県北部の鳴門市から徳島市にかけての各河川の河口域を中心に，干潮時の干潟での調査を行った。また，鳴門市の寿久ノ海等には，葉長1 m程度まで生長する大型で養殖に適したアサクサノリの変種オオバアサクサノリ *Pyropia tenera* var. *tamatsuensis* (Kikuchi *et al.* 2015) の野生個体群が分布するとされている（Miura 1984）ので，鳴門市の内湾に面した海岸も調査した。調査を行ったのは北から順に，日出湾南側浦代地区の県道183号線沿い鳴門市消防団小海日出分団詰所前付近の海岸（図1-1），明神川の河口付近（図1-2），寿久ノ海南側芙蓉山下地区の海岸（図1-3），撫養川の旧吉野川からの分流付近（図1-4），吉野川の徳島市民運動公園付近（図1-5），新町川の中州みなと橋（図1-6）および末広大橋（図1-7）付近について行った。調査は，2014年3月5日に日出湾，寿久ノ海，2015年3月4日に明神川，同3月5日に撫養川，吉野川，新町川について行った。

採集したアマノリ類の葉状体（以下 アマノリ葉状体）は，ペーパータオルで脱水後，冷蔵して持ち帰り，-35℃で凍結保存した。これらのサンプルを常温の滅菌海水に浸して解凍し，葉形等の形態の概要を観察したのち，DNAを抽出し種判別等を試みた。詳細は以下の通りである。

採集した葉状体から約1cm²の断片を切り出してIsoplant II（ニッポンジーン（株））を用いてDNAを抽出し，PCR-RFLP分析と塩基配列解析を行った。国内数地点からアサクサノリとスサビノリの交雑体が発見されている（大西ら 2013，藤吉ら 2018）ため，交雑体の有無の確認を考慮しPCR-RFLP分析による種判別については，Park *et al.*

(2007) の方法により核DNAのTOP2領域の1208塩基対をPCRにより増幅したものについて制限酵素 *Taq* I を用いて切断し，2%アガロースで電気泳動を行って断片長多型により種判別を行った。対照として，水産技術研究所で保存されているスサビノリの多収性品種のナラワスサビノリ *Pyropia yezoensis* f. *narawaensis* U-51糸状体（以下スサビノリU-51株），熊本県天草市一町田川産（三浦 1994）アサクサノリ *Pyropia tenera* var. *tenera*糸状体（以下一町田株），アサクサノリの変種オオバアサクサノリ *Pyropia tenera* var. *tamatsuensis* の養殖品種オオバグリーン糸状体（以下オオバグリーン株），北海道寿都産ウタスツノリ *Pyropia kinositae*（以下ウタスツノリ寿都株）および長崎県島原産マルバアマノリ *Pyropia suborbiculata*（以下マルバアマノリ島原株）を用いた。さらに，核DNAのTOP2領域のPCR-RFLP分析においてアサクサノリに該当した葉状体を対象として，Abe *et al.*

(2010) に従いミトコンドリアDNAのATP6領域670塩基対をPCRで増幅したものについて制限酵素 *Taa* I を用いて切断し，同様に泳動することにより，変種オオバアサクサノリ *Pyropia tenera* var. *tamatsuensis* の判別を行った。ATP6領域のPCR-RFLP分析においては，前述のアサクサノリ一町田株およびオオバグリーン株を対照として用いた。

塩基配列解析については，葉緑体DNAの *rbcL* 領域を対象とした。前述のPCR-RFLP分析により得られた切断型を網羅するように各産地から選んだ計12試料および対照5種（スサビノリU-51株，一町田株，オオバグリーン株，ウタスツノリ寿都株，マルバアマノリ島原株）について，プライマーF-50（樽田ら 2007）およびR1938（Tamaki *et al.* 2018）を用いて *rbcL-rbcS* 領域をPCRにより増幅した。2%アガロースで電気泳動を行って増幅断片の濃度を确认后，TE緩衝液で30ないし100倍希釈したものを鋳型として，玉城ら（2012）に記されたプライマーおよびBigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit（サーモフィッシャージャパン）を用いて常法に従いサイクラーゼ反応を行った後，ABI 3130xl Genetic Analyzer（サーモフィッシャージャパン）を用いて泳動し塩基配列を決定した。得られた塩基配列に，Sutherland *et al.* (2011) で用いられたGenBank上のスサビノリ，アサクサノリ，ウタスツノリおよびマルバアマノリの *rbcL* 領域の塩基配列と，外群として島根県産ウップルイノリの *rbcL* 領域の塩基配列を加え，MEGA X（Kumar *et al.* 2018）を用いて各配列を整列後，近隣結合法（Saitou and Nei 1987）により分子系統樹を作成した。枝の信頼性の検定にはブートストラップ法（Felsenstein 1985；1000回計算）を用いた。

結果

調査を行った7地点のうち，吉野川では雪解けのため濁流となっておりアマノリ葉状体を確認することができなかったが，残りの6地点でアマノリ葉状体の生育が確認されサンプルを採集した。

日出湾では，水路状になった部分の最奥部，小河川の流れ込み付近（図1-1）の石等にアマノリ葉状体が多く付着していた。葉長6-38 cmで，葉形は広線形，卵形，腎臓形等で，基部はロート状の個体が多くみられた。縁辺部付近に幅1-3 mmの線状の雄斑がみられる個体もあった。葉状体の色調は通常の野生色で明瞭な違いがみられなかったが，若干赤みがあったタイプ（以下赤み系，図2A, B）と黄色がかかったタイプ（以下褐色系，図2C）の2タイプが見られた。

明神川（図1-2）では，県道42号線より下流側の感潮域にアマノリ葉状体（図2D）が散見された。葉状体はオゴノリ類 *Gracilaria* sp. に付着していた。葉長6-38 cmで，葉形は線形から広線形，長楕円形等で，幅1-5 mmの線状の雄斑がみられる個体もあった。

寿久ノ海（図1-3）では，石等に小型のアマノリ葉状体が多く付着していた。葉状体は丸葉形若若干赤みがかかったタイプ（図2E）と，倒披針形，広線形等で色調が緑色に近いタイプ（以下緑色系，図2F）とが見られた。丸葉型の葉状体は縁辺に鋸歯が観察され，丸葉型の形態および分布（殖田 1973）を考慮するとマルバアマノリ *Pyropia suborbiculata* と判断された。緑色系の葉状体は，葉長約2 cm程度で，裂葉化している個体もみられた。

撫養川（図1-4）では，石等にアマノリ葉状体が多く付



図2. 各地点で採集されたアマノリ類葉状体

A 日出湾 (赤み系), B 日出湾 (赤み系, 交雑株), C 日出湾 (褐色系), D 明神川, E 寿久ノ海 (丸葉型), F 寿久ノ海 (緑色系), G 撫養川 (褐色系), H 撫養川 (赤み系), I 撫養川 (赤み系, 交雑株), J 新町川中州みなと橋 (褐色系), K 新町川中州みなと橋 (赤色系), L 新町川末広大橋.

Bar 5cm.

着していた。葉長8-17 cmで、葉形は披針形その他、広線形や線形で、1-3 mmの線状の雄斑がある個体もあった。葉状体の色調は野生色で個体による明瞭な違いがみられなかったが、主体となる黄色がかかったタイプ (以下 褐色系, 図2G) と色調が若干赤みがかかったタイプ (以下 赤み系, 図2H, 2I) があり、この赤み系の葉状体ではスサビノリの特徴である明瞭な縞状の雄斑 (黒木 1961) を持つ個体が多かったが、雄斑が不明瞭な個体も存在した。

新町川中州みなと橋付近 (図1-6) では、広葉のアマノリ葉状体がオゴノリ類に付着しているのが散見された。葉状体の色調は野生色タイプ (以下 褐色系, 図2J) と、赤色に近いタイプ (以下 赤色系, 図2K) の2タイプが見られた。褐色系は葉長4-25 cmで小型の個体は楕円形に近く、大型の個体は葉形は腎臓形に近い形態で、幅2-5 mmの線状の雄斑がみられる個体もあった。赤色系は葉長4-14 cmで、小型の個体は楕円形に近く、大型の個体は漏斗状と

なり幅1-2 mmの線状の雄斑とスサビノリにみられる飛白状の雄斑（黒木 1961）もみられた。

新町川末広大橋付近（図1-7）では、下流側の消波ブロックにアマノリ葉状体（図2L）が付着していた。葉長8-11 cmで、葉形は倒披針形、線形で、スサビノリの特徴である明瞭な縞状の雄斑（黒木 1961）がみられた。先端部より裂け目が入り裂葉化している葉状体もみられた。

核DNA TOP2領域の*Taq* I切断によるPCR-RFLP分析の結果（図3），スサビノリU-51株（図3-1）は756および452塩基対の2本に切断され、アサクサノリ一町田株（図3-2）およびオオバグリーン株（図3-3）は555，452および201塩基対の3本に切断された。日出湾産赤み系葉状体（図2A，2B）はスサビノリU-51株（図3-1）と一致し2本に切断されるもの（図2A，図3-6）およびスサビノリとアサクサノリ両種の計4本の断片756，555，452および201を併せ持つもの（図2B，図3-7）がみられた。褐色系葉状体（図2C）はアサクサノリの2株（図3-2，3-3）と一致し555，452および201塩基対の3本に切断された（図3-8）。明神川産（図2D）はアサクサノリの2株と一致した（図3-9）。寿久ノ海産のうち形態等からマルバアマノリと判断された丸葉型葉状体（図2E）はマルバアマノリ島原株（図3-5）と一致し（図3-10），緑色系葉状体（図2F）はアサクサノリの2株と一致した（図3-11）。撫養川産は日出湾産と同様に，褐色系葉状体（図2G）はアサクサノリの2株と一致し（図3-12），赤み系葉状体（図2H，2I）はスサビノリU-51株と一致するもの（図2H，3-13）および両種の断片を併せ持つもの（図2I，図3-14）の2つの型が見られた。新町川中州みなと橋産のうち褐色系葉状体（2J）はアサクサノリの2株と一致し（図3-15），赤色系葉状体（図2K）はスサビノリおよびアサクサノリの両種とは泳動パターンが一致せず，ウタスツノリ寿都株（図3-4）と一致した（図3-16）。新町川末広大橋産（図2L）はスサビノリU-51株と一致した（図3-17）。

ミトコンドリアDNA ATP6領域の*Taa* I切断によるPCR-RFLP分析の結果（図4），アサクサノリ一町田株（図4-1）は431および229塩基対の2本に，オオバグリーン株（図4-2）は431，147および82塩基対の3本にそれぞれ切断されるが，日出湾産褐色系葉状体（図2C，4-3），明神川産（図2D，4-4）および寿久ノ海産緑色系葉状体（図2F，4-5）は一町田株のもの（図4-1）と，撫養川産褐色系葉状体（図2G，4-6）および新町川中州みなと橋産褐色系葉状体（図2J，4-7）はオオバグリーン株のもの（図4-2）とそれぞれ一致した。

PCR-RFLP分析の結果（図3）から，日出湾産赤み系葉状体（図2A），撫養川産赤み系葉状体（図2H），新町川末広大橋産葉状体（図2L）はスサビノリ，日出湾産褐色系葉状体（図2C），明神川産葉状体（図2D），寿久ノ海産緑色系葉状体（図2F），撫養川産褐色系葉状体（図2G），新町川中州みなと橋産褐色系葉状体（図2J）はアサクサノリ，日出湾産赤み系葉状体（図2B），撫養川産赤み系葉状体（図2I）はスサビノリとアサクサノリの交雑株，寿久ノ海産丸葉型葉状体（図2E）はマルバアマノリ，新町川中州みなと

橋産赤色系葉状体（図2K）はウタスツノリである可能性が高いと判別された。また，アサクサノリと判別されたもののうち，撫養川産褐色系葉状体および新町川中州みなと橋産褐色系葉状体は変種のオオバアサクサノリである可能性が高いと判別された（図4）。

葉緑体DNAの*rbcL*領域の塩基配列においては，PCR-RFLP分析でスサビノリU-51株と一致した日出湾産赤み系葉状体（図2A），撫養川産赤み系葉状体（図2H）および新町川末広大橋産葉状体（図2L）に加え，スサビノリとアサクサノリ両種の断片を併せ持っていた日出湾産赤み系葉状体（図2B）および撫養川産赤み系葉状体（図2I）の配列はスサビノリU-51株やスサビノリ（GenBank）のものと同相性が高く，分子系統樹上においても同一群を形成した（図5）。PCR-RFLP分析でアサクサノリ一町田株と一致した日出湾産褐色系葉状体（図2C），明神川産葉状体（図2D），寿久ノ海産のうち緑色系葉状体（図2F），撫養川産褐色系葉状体（図2G）および新町川中州みなと橋産のうち褐色系葉状体（図2J）はアサクサノリ一町田株やアサクサノリ（GenBank）のものと同相性が高く，分子系統樹上において同一群を形成した（図5）。寿久ノ海産の丸葉型葉状体（図2E）はマルバアマノリ島原株およびマルバアマノリ（GenBank）と，新町川中州みなと橋産のうち赤色系葉状体（図2K）はウタスツノリ寿都株およびウタスツノリ（GenBank）とそれぞれ塩基配列の相同性が高く，各々が1つの群を形成した（図5）。また，これら4種の各群は分子系統樹上において70%を超えるブートストラップ確率で支持された。

考察

核DNA TOP2領域の*Taq* I切断によるPCR-RFLP分析においてスサビノリとアサクサノリ両種の断片を併せ持っていた日出湾産赤み系葉状体（図2B，3-7）および撫養川産赤み系葉状体（図2I，3-14）については，スサビノリとアサクサノリの交雑により形成された可能性があり，葉緑体DNAにおいてはいずれの葉状体もスサビノリと非常に近い結果（図5）が得られたことから，スサビノリ雌×アサクサノリ雄の交雑によるものと考えられる。スサビノリとアサクサノリの交雑体は，両種が存在すると比較的容易に生じると考えられており，おもに千葉県以北で確認されている（大西ら 2013）。瀬戸内海では広島県（藤吉ら 2018）で発見されているが，徳島県では今回はじめて確認された。徳島県北部の沿岸には，アサクサノリとスサビノリの両種が存在しており，両種の交雑が生じているものと考えられる。

Abe *et al.* (2010) において使用されているオオバアサクサノリの2品種（オオバグリーンおよびナルトオオバ）は寿久ノ海と隣接するウチノ海産とされている。今回使用したオオバグリーンも同一のものである。寿久ノ海もオオバアサクサノリの分布地とされている（Miura 1984）。ミトコンドリアDNA ATP6領域の*Taa* I切断によるPCR-RFLP分析の結果（図4）から，寿久ノ海産のアサクサノリはオオバアサクサノリに該当しなかったが，撫養川お

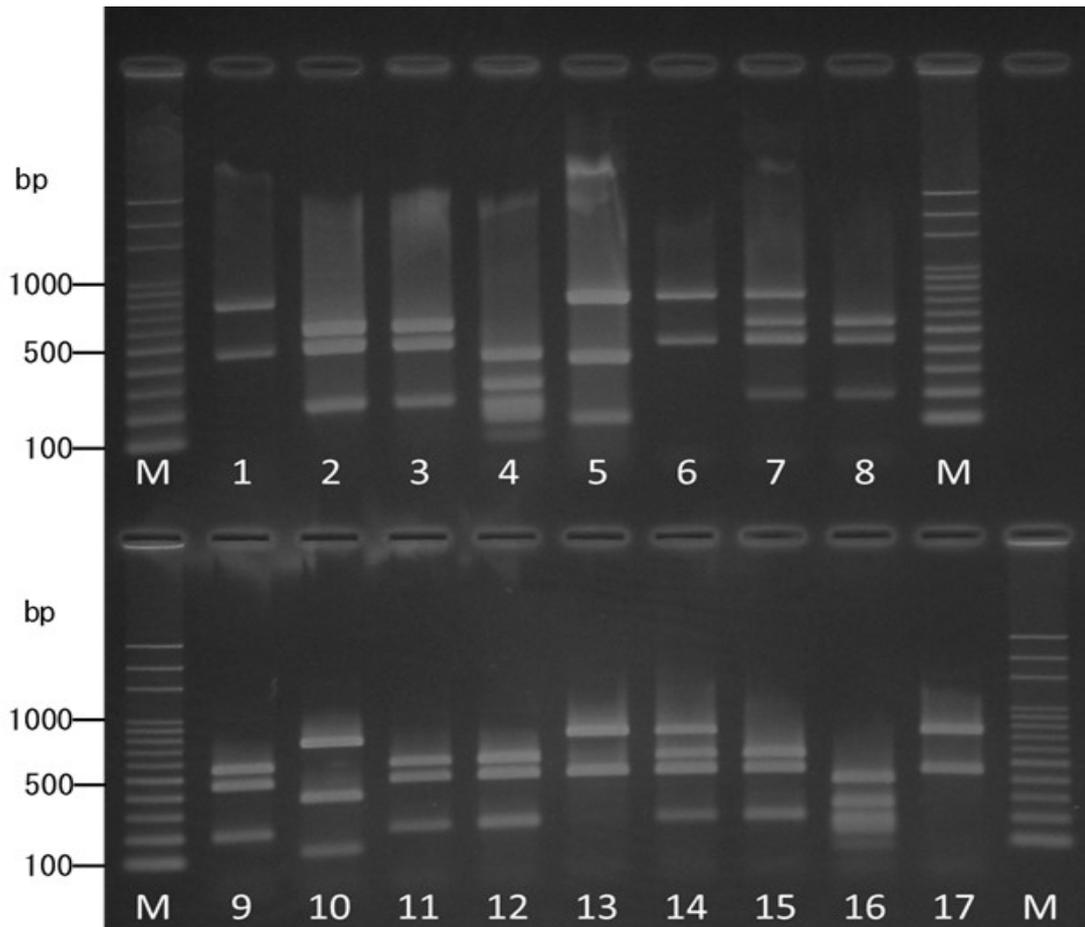


図3. 核DNA TOP2領域の*Taq* I切断による泳動像

M, 100 bpラダーマーカー；1, スサビノリ U-51株；2, アサクサノリ 一町田株；3, アサクサノリ オオバググリーン株；4, ウタスツノリ寿都株；5, マルバアマノリ島原株；6, 日出湾産赤み系（図2A, 以下Lまで図2の記号に同じ）；7, 日出湾産赤み系（B）；8, 日出湾産褐色系（C）；9, 明神川産（D）；10, 寿久ノ海産丸葉型（E）；11, 寿久ノ海産緑色系（F）；12, 撫養川産褐色系（G）；13, 撫養川産赤み系（H）；14, 撫養川産赤み系（I）；15, 新町川中州みなと橋産褐色系（J）；16, 新町川中州みなと橋産赤色系（K）；17, 新町川末広大橋産（L）。

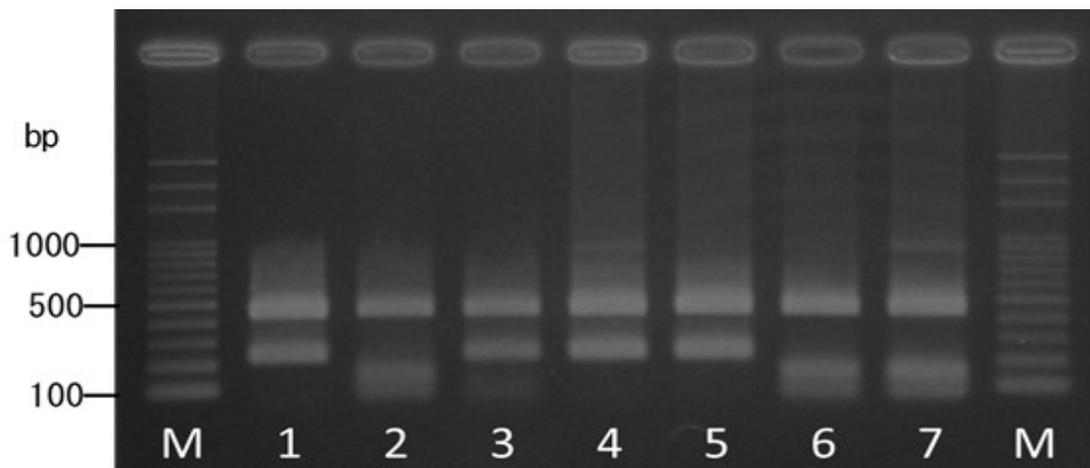


図4. ミトコンドリアDNA ATP6領域の*Taa* I切断による泳動像

M, 100 bpラダーマーカー；1, アサクサノリ 一町田株；2, アサクサノリ オオバググリーン株；3, 日出湾産褐色系（図2C, 以下Jまで図2の記号に同じ）；4, 明神川産（D）；5, 寿久ノ海産緑色系（F）；6, 撫養川産褐色系（G）；7, 新町川中州みなと橋産褐色系（J）。

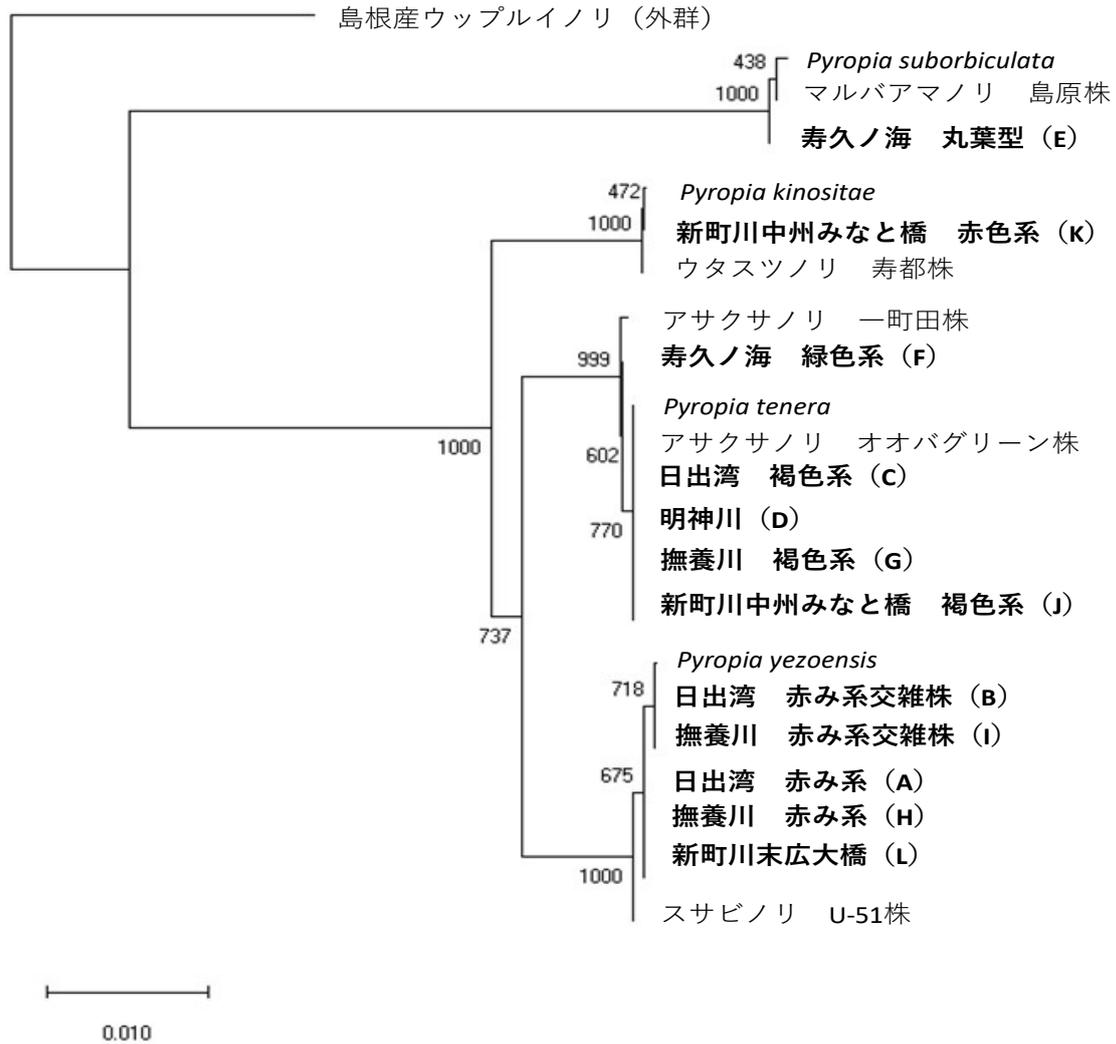


図5. 葉緑体DNAのrbcL領域1467塩基対の配列情報を用いて近隣結合法により得られた分子系統樹

学名のみのはSutherland *et al.* (2011)において使用された配列を示す。株名の後の英字は図2の記号に同じ。各枝の下の数字はブートストラップ確率（1000回繰り返し計算）を示す。

よび新町川産のアサクサノリがオオバアサクサノリと判別され、現在でも徳島県の沿岸に野生のオオバアサクサノリが存在することが明らかになった。しかし、今回この2地点で採集された葉状体の葉長は最大25 cmであり、大型化するオオバアサクサノリの特徴は示していないので、今後生長特性について調べていく必要がある。

ウタスツノリは北海道から東北地方にかけて分布するとされている（福原 1968, Niwa *et al.* 2009）。葉状体は潮間帯下部～漸深帯の岩等に着生し、海藻への着生は確認されていない（福原 1968）。葉状体の色調は赤みが強く、大型に生長することが知られている（福原 1968）。また、葉形についてはスサビノリと比較して変異が少なく、長楕円形等の葉幅が大きめの縦長形態となることが知られている（福原 1958）。新町川中州みなと橋において採集された赤色系葉状体（図1K）は、葉色がウタスツノリと一致し、小型の個体はウタスツノリの培養藻体（能登谷

ら 1992）と形態が類似した。DNA判別の結果（図3, 5）によりウタスツノリに該当すると考えられるが、西日本では山口県笠戸島（阿部 2015）に次ぐ採集例で、オゴノリ類に付着し大型の個体では葉形が漏斗状となるなど、既往の知見と大幅に異なるためさらに詳細な調査が必要である。

今回の調査では、徳島県北部の新たに5箇所でもアサクサノリが分布することが明らかになった。そのうち2箇所ではオオバアサクサノリであることが確認された。また、スサビノリとアサクサノリの交雑株とウタスツノリも発見され、多様な有用アマノリ類が分布することが明らかになった。海域の環境に適合した優良品種の育成のため、これらの特性解明を進めていくことが望まれる。

文献

阿部真比古. 未利用海藻資源を活用した新規養殖種の探

- 索. 科学研究費助成事業研究成果報告書, 24780199. 日本学術振興会, 東京 2015;4pp.
- Abe M., Kobayashi M., Tamaki M., Fujiyoshi E., Kikuchi N. Rapid discrimination of *Porphyra tenera* Kjellman var. *tamatsuensis* Miura by PCR-RFLP. *J. Appl. Phycol* 2010;22: 405-408.
- 秋月友治, 土肥和一, 小笹治男, 松岡正義. 撫養川のノリ養殖漁場としての適正調査. 徳島水事報昭和40-53追補 1980;73-76.
- Felsenstein, J. Confidence limits on phylogenies: An approach using the bootstrap. *Evolution* 1985; 39: 783-791.
- 藤井直幹. 有明海におけるアサクサノリの養殖試験. 福岡県水技術セ研報 2008;18:155-159.
- 藤井直幹. アサクサノリの育種に関する研究. 福岡県水技術セ研報 2011;21: 95-98.
- 藤吉栄次, 玉城泉也, 阿部真比古, 吉田吾郎, 安江 浩, 相田 聡. 広島湾およびその周辺海域沿岸におけるアサクサノリの分布, 広総研水技セ研報 2018; 5: 27-35.
- 福原英司. ウタスツノリについて. 北水試月報 1958;15: 218-223.
- 福原英司. 北海道近海産アマノリ属の分類学的ならびに生態学的研究. 北水研報 1968;34:40-99.
- 伊藤龍星, 樋下雄一. ノリ品種 (イズミアサクサ) 養殖試験. 平成8年度大分県海洋水産研究センター浅海研究所事業報告 1998;23-26.
- 伊藤龍星, 原 朋之, 樋下雄一, 藤吉栄次, 玉城泉也, 小林正裕, 阿部真比古, 吉田吾郎, 菊地則雄. 国東半島および別府湾におけるアサクサノリほか絶滅危惧種アマノリ類の分布. 大分県農林水研セ研報 (水産) 2014;4: 9-22.
- 岩出将英, 林 茂幸, 羽生和弘. アサクサノリ養殖品種の作出. 平成26年度三重県水産研究所事業報告 2015;55.
- 岩出将英, 畑 直亜, 羽生和弘. アサクサノリ養殖品種の作出. 平成27年度三重県水産研究所事業報告 2016;81.
- 條半吾. のり養殖. 徳島県漁業史, 徳島県漁業史編さん協議会, 徳島 1996; pp373-374.
- 加藤孝. 徳島産の非常に狭かな一種の「アサクサノリ」の発生について. 日水誌 1954;20:483-486.
- 川村嘉. 新・海苔ブック技術編1, 海苔産業情報センター, 福岡県筑前町 2017;160pp.
- 菊地則雄, 吉田忠生, 吉永一男. 絶滅が危惧される紅藻アマノリ属植物数種の生育状況. エコソフィア 2002;9: 112-117.
- 菊地則雄, 二羽恭介. 東京湾多摩川河口干潟における絶滅危惧種アサクサノリ (紅藻) の生育状況とその形態. 藻類 2006;54:149-156.
- 菊地則雄, 阿部真比古, 島村嘉一, 玉城泉也, 藤吉栄次, 小林正裕. 千葉県における絶滅危惧種紅藻アサクサノリの生育. 千葉中央博自然誌研究報告 2009;10(2):45-56.
- Kikuchi N., Nakada T., Niwa K. Proposals of a new MEGA combination and a valid name for two Bangiales Taxa (Rhodophyta) used for nori cultivation in Japan. *J. Jpn. Bot* 2015;90:380-385.
- Kumar S., Stecher G., Li M., Knyaz C. Tamura K. (2018) X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution* 2018;35:1547-1549.
- 黒木宗尚. 養殖アマノリの種類とその生活史. 東北水研研究報告 1961;18:1-115.
- 三重県漁連指導部. 伊勢あさくさ海苔の取り組み. 海苔タイムス 2015;2164:3.
- Miura A (1984) A new variety and a new form of *Porphyra* (Bangiales, Rhodophyta) from Japan: *Porphyra tenera* Kjellman var. *tamatsuensis* Miura, var. nov. and *P. yezoensis* Ueda form. *narawaensis* Miura, form. nov. . *J. Tokyo Univ. Fish.* 1984;71:1-37.
- 三浦昭雄. アサクサノリ「日本の希少な野生生物に関する基礎資料 (I)」, 水産庁, 東京 1994;pp. 664-672.
- Niwa, K., Kawai, H., Kikuchi, N., Kobiyama, A., Aruga, Y. Genetic diversity and introgression in two cultivated species (*Porphyra yezoensis* and *Porphyra tenera*) and closely related wild species of *Porphyra* (Bangiales, Rhodophyta). *J. Phycol.* 2009;45:493-502.
- 能登谷正浩, 菊地則雄, 有賀祐勝, 三浦昭雄. 紅藻ウタスツノリの培養. 藻類 1992;40:273-278.
- 能登谷正浩. 海苔という生き物. ベルソーブックス012, 成山堂書店, 東京 2002;178pp.
- 大房剛. 「図説海苔産業の現状と将来」成山堂, 東京 2001;223pp.
- 大西舞・菊地則雄・岩崎貴也・河口莉子・瀧田智. 絶滅危惧I類に指定されている紅藻アサクサノリの集団遺伝構造. 藻類 2013;61:87-96.
- 尾田成幸・上妻智行・藤吉栄次・玉城泉也・小林正裕・吉田吾郎・菊地則雄. 福岡県豊前海河口域に生育するアサクサノリの発見. 福岡水技セ研報 2012;22:77-81.
- Park, E. J., Fukuda S., Endo H., Kitade Y., Saga N. Genetic polymorphism within *Porphyra yezoensis* (Bangiales, Rhodophyta) and related species from Japan and Korea detected by cleaved amplified polymorphic sequence analysis. *Eur. J. Phycol.* 2007;42: 29-40.
- Saitou, N., Nei M. The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees. *Mol. Biol. Evol.* 1987;4:406-425.
- Sutherland, J. E., Lindstrom S. C., Nelson W. A., Brodie J., Lynch M. D., Hwang M. S., Choi H., Miyata M., Kikuchi N., Oliveira M. C., Farr T., Neefus C., Mols-Mortensen A., Milstein D. and Muller K. M. A new look at an ancient order: generic revision of the Bangiales (Rhodophyta). *J.*

- Phycol.*, 2011;47:1131-1151
- 玉城泉也, 藤田雄二, 藤吉栄次, 小林正裕, 阿部真比古, 菊地則雄, 須藤裕介. 沖縄県宜野湾市にて採集したツクシアマノリ葉状体の形態的特徴と分子生物学的解析. 沖縄生物学会誌 2012; 50:1-15.
- Tamaki M, Kobayashi M, Fujiyoshi E, Fujita Y, Kikuchi N, Hagiwara A. Genetic characteristics of *Porphyra yamadae* (Bangiales, Rhodophyta) in Japan. *DNA Polymorphism*, 2018;26 (1):6-12.
- 樽田真依, 黒木敏成, 鬼頭 鈞. アマノリ属植物の SSUrRNA遺伝子とRuBisCO遺伝子領域の解析による類縁関係の推定と種同定法の開発. 海苔と海藻 2007;73:1-42.
- 殖田三郎. 「新編・海苔養殖読本」, 全海苔漁連, 東京 1973;156pp.
- 吉田忠生, 菊地則雄, 吉永一男. アサクサノリの野生個体群. 藻類 1999;47:119-122.