

令和 4 年 6 月 22 日現在

機関番号：12614  
研究種目：基盤研究(C)（一般）  
研究期間：2019～2021  
課題番号：19K06184  
研究課題名（和文）ノリの倍数性育種に向けた基盤構築：異質倍数化したハイブリッドの探索と特性把握

研究課題名（英文）Establishment of fundamental research for polyploidy breeding in the bladed Bangiales: exploration and characteristics of the polyploid hybrids

研究代表者  
二羽 恭介（Niwa, Kyosuke）  
東京海洋大学・学術研究院・准教授

研究者番号：70463429  
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：関東地方から東北地方にかけて9種のアマノリ類が生育していることを明らかにした。また、DNAマーカー解析と室内培養実験からスサビノリ×アサクサノリの異質倍数体が東日本にかけて広く分布していることが示唆され、このうち異質倍数体のほか祖先種のスサビノリとアサクサノリが同所的に生育している自生地も見つかった。さらに、分離した異質倍数体株の中で、ノリ養殖にとって有用形質を持つ優良株も見つかった。

#### 研究成果の学術的意義や社会的意義

東日本における野生ノリの分布状況を明らかにし、日本新産種の発見も行った。また、本研究によりアマノリ属でも異質倍数化による同所的種分化が起きていることも推測され、ノリの分類および種分化研究を進展させる新たな知見が得られた。また、分離した異質倍数体株の中でノリ養殖にとって有用形質を持つ優良株も見つかったことから、ノリの品種開発を進めるうえで種間交雑による倍数性育種の重要性を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：Nine species of the bladed Bangiales were distributed in Kanto and Tohoku regions based on morphological and molecular analyses. The results of culture experiments and nuclear DNA marker analyses suggested that allopolyploids derived from interspecific hybridization between *Neopyropia yezoensis* and *Neopyropia tenera* extensively grow in eastern Japan. Among the native habitats, *N. yezoensis*, *N. tenera* and their allopolyploids were detected in a habitat. Furthermore, we could isolate the allopolyploid strains that exhibited superior characteristics for nori cultivation.

研究分野：水圏生産科学

キーワード：ノリ スサビノリ アサクサノリ 隠蔽種 異質倍数体 倍数性育種 種分化 分類

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

現在のノリ養殖株のほとんどは、選抜育種によって育成されたため遺伝的画一化が進んでいる。しかし、近年ノリの色落ちや温暖化等の影響により、ノリの不作が続くようになってきている。このため、従来の養殖株とは異なる優良株の育成が求められているが、そのためには遺伝的変異の拡大を図りながら新たな育種法を導入していく必要がある。一方、自生地に生育するノリ栽培種や近縁野生種では遺伝的多様性が維持されており、種間交雑による異質倍数化したハイブリッドの存在も確認されているが、本格的な調査は実施されていなかった。また、ノリの異質倍数体の生長特性等についてもほとんど調査されていなかった。

## 2. 研究の目的

本研究では、海の栽培植物であるノリの自生地において、ノリ栽培種と近縁野生種の分布状況を把握し、種間交雑による異質倍数化したハイブリッドの探索を行い、育種素材の収集に取り組んだ。また、収集したハイブリッドから異質倍数化した系統保存株を確立し特性把握を行うことで、倍数性育種に向けた基盤構築を目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) ノリ栽培種と近縁野生種の分布状況の把握

関東地方から東北地方にかけて自生する野生ノリを収集し、分類形質に基づく形態観察、葉緑体 *rbc-spacer* 領域の塩基配列および葉緑体 *rbcL* 遺伝子を用いた分子系統解析を行い、種同定を行った。

### (2) 種間交雑による異質倍数化したハイブリッドの探索

核遺伝子領域を用いた DNA マーカー解析によって、スサビノリ×アサクサノリの種間交雑体の探索を行った。また、種間交雑体から分離した糸状体を用いて室内培養を行い、得られた殻胞子由来および原胞子由来の F<sub>1</sub> 葉状体を核 DNA マーカーで解析し、種間交雑体の異質倍数化を検証した。

### (3) 異質倍数体株の確立と特性把握

核 DNA マーカー解析で異質倍数化が確認された葉状体から、長期保存培養できる異質倍数体の糸状体(異質倍数体株)を分離した。さらに、分離した異質倍数体株と同所的に生育していた祖先種アサクサノリの系統株から殻胞子を放出させ、同一条件下で葉状体を培養し、生長、葉形、光合成色素含量等の比較を行った。

## 4. 研究成果

### (1) ノリ栽培種と近縁野生種の分布状況

関東地方から東北地方にかけて自生する野生ノリを採集し、形態観察および DNA 解析を行っ

た結果、スサビノリ、アサクサノリ、スサビノリの隠蔽種、ウタスツノリ、オニアマノリ、ウップルイノリ、マルバアマノリおよびセンジュアマノリの生育が確認された。このうち、房総半島の自生地でアサクサノリとスサビノリ、スサビノリと隠蔽種がそれぞれ同所的に生育していることも明らかになった。宮城県鳴瀬川河口域では、倍数性育種素材として有望なウタスツノリの緑色型変異体も見出すことができた。また、伊豆諸島の式根島と八丈島に日本新産種のハイタンアマノリが生育していることを明らかにした。これらのことから、本研究により、関東地方から東北地方にかけて **9** 種の野生ノリが生育していることを確認し、採集した葉状体からそれぞれ接合胞子を放出させて室内培養することにより、遺伝資源として長期系統保存できる糸状体株の分離・確立を行った。

## (2) 種間交雑による異質倍数化したハイブリッドの探索

関東地方から東北地方にかけて **10** 地点の自生地で採集したサンプルを用いて、葉緑体 **rbc-spacer** 領域のシーケンス解析に加えて、核 **DNA** マーカー解析を行った結果、**5** 地点で計 **68** 個体のスサビノリ×アサクサノリの種間交雑体の生育を確認した。このことから、スサビノリ×アサクサノリの種間交雑体を多く見出すことができ、長期保存培養できるハイブリッド糸状体株を分離・確立することができた。このうち、**3** 地点から分離したハイブリッド糸状体から殻胞子を放出させ、殻胞子由来および原胞子由来の葉状体を核 **DNA** マーカーで解析した結果、いずれもスサビノリ×アサクサノリの異質倍数体であることが明らかになった。このことから、東日本の太平洋側では、スサビノリ×アサクサノリの異質倍数体が広範囲に分布していることが示唆された。異質倍数体の自生地の **1** 地点では、生育している個体のほとんどが異質倍数体の葉状体で、僅かに祖先種のアサクサノリが生育していることも推定された。また、別の自生地では、スサビノリ×アサクサノリの異質倍数体のほか、祖先種のスサビノリとアサクサノリも同所的に生育していたため、アマノリ属でも同所的種分化が起きていることが推測された。

## (3) 異質倍数体株の確立の特性把握

**DNA** マーカー解析によって明らかになった異質倍数体の自生地 **3** 地点から、室内培養によってそれぞれ長期保存培養できる異質倍数体の糸状体株を分離・確立することができた。このうち、異質倍数体の葉状体が多い自生地から分離した異質倍数体株と同所的に生育していた祖先種アサクサノリの糸状体株を用いて、殻胞子を放出させ同一条件下で葉状体を室内培養したところ、祖先種に比べて細葉で大きく生長する異質倍数体株が存在することを明らかにした。また、別地域由来の異質倍数体株と同所的に生育していたアサクサノリの糸状体株を用いて、温度 **3** 条件下で室内培養したところ、異質倍数体株の葉状体はいずれの条件でもアサクサノリに比べて大きく生長した。この異質倍数体株は稔性も低く、フィコエリスリン含量も有意に高かった。このように、分離した異質倍数体株の中で、ノリ養殖にとって有用形質を持った異質倍数体株が見つかったことから、今後、さらに自生地から異質倍数体株の分離・確立および種間交雑による倍数性育種を進めることにより、ノリ優良株の収集・作出が期待される。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Sano Fumina, Ikeura Airi, Takasugi Arata, Niwa Kyosuke	4. 巻 69
2. 論文標題 First record of Neoporphyra haitanensis (TJChang & BFZheng) J.Brodie & L.-E.Yang (Bangiales, Rhodophyta) from Shikinejima Island and Hachijojima Island of the Izu Islands, southern central Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Phycological Research	6. 最初と最後の頁 258 ~ 265
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/pre.12466	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Niwa Kyosuke, Koizumi Yukiho, Iga Hiroshi	4. 巻 42
2. 論文標題 Stable allopolyploidy in a hybrid zone within the Matsukawaura Lagoon (Japan) between Neopyropia yezoensis and Neopyropia tenera (Bangiales, Rhodophyta) and its relevance to speciation mechanisms and crop improvement	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Marine Ecology	6. 最初と最後の頁 e12683
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/maec.12683	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Niwa, K., Sano, F., Sakamoto, T.	4. 巻 18
2. 論文標題 Molecular evidence of allodiploidy in F1 gametophytic blades from a cross between Neopyropia yezoensis and a cryptic species of the Neopyropia yezoensis complex (Bangiales, Rhodophyta) by the use of microsatellite markers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Aquaculture Reports	6. 最初と最後の頁 100489 ~ 100489
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.aqrep.2020.100489	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Kikuchi, N., Niwa, K.	4. 巻 141
2. 論文標題 New combinations in Neopyropia J.Brodie & L.-E.Yang (Bangiaceae, Rhodophyta) from Japan.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Notulae algarum	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sano, F., Murata, K. & Niwa, K.	4. 巻 32
2. 論文標題 Identification, growth, and pigment content of a spontaneous green mutant of Pyropia kinositae (Bangiales, Rhodophyta).	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Phycology	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10811-020-02085-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 二羽恭介	4. 巻 44
2. 論文標題 養殖ノリの品種改良の現状と温暖化に向けた今後の課題	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 海藻資源	6. 最初と最後の頁 20-23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件 (うち招待講演 1件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 伊賀博司・佐藤鷹生・二羽恭介
2. 発表標題 千葉県房総半島産野生ノリの種同定と特性把握
3. 学会等名 令和元年度日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐野文菜・菊地則雄・二羽恭介
2. 発表標題 東日本におけるアマノリ属異質倍数体の探索と生長特性
3. 学会等名 令和3年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Niwa K, Abe T, Kobiyama A.
2. 発表標題 Possibility of polyploidy breeding using cryptic species in the marine crop <i>Pyropia yezoensis</i> (Bangiales, Rhodophyta)
3. 学会等名 23rd International Seaweed Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Niwa K, Kobiyama A.
2. 発表標題 Development of a new cultivar with high yield and high-temperature tolerance by crossbreeding of <i>Undaria pinnatifida</i>
3. 学会等名 23rd International Seaweed Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐野文菜・二羽恭介
2. 発表標題 分子同定されたウタスツノリ <i>Pyropia kinositae</i> 緑色型葉状体の生長と光合成色素含量に関する生理的特性
3. 学会等名 令和元年度日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 二羽恭介
2. 発表標題 養殖ノリの品種改良の現状と温暖化に向けた今後の課題
3. 学会等名 第28回日本海藻協会シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 二羽恭介	4. 発行年 2020年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 208
3. 書名 ノリの科学	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関