

学位論文題名

A systematic study of the Peyssonneliaceae  
(Rhodophyta) in Japan

(日本産殻状紅藻イワノカワ科の系統分類学的研究)

学位論文内容の要旨

イワノカワ科 Peyssonneliaceae (スギノリ目) は石、岩や貝などの表面を平たく覆う殻状紅藻で、現在、イワノカワ属 *Peyssonnelia*, ポリストラータ属 *Polystrata*, メタペイソネリア属 *Metapeyssonnelia*, ラミクラスタ属 *Ramicrosta* の4属が報告されている。イワノカワ属は世界中の潮間帯から漸深帯にかけて広く分布し、殻状紅藻で最多の約70種が報告されている。しかし、多くの種はイワノカワ属の種を区別する上で必要な生殖器官の形質が十分には明らかにされておらず、正確な分類のためにはさらなる研究が必要である。また、我が国沿岸において、イワノカワ科についての研究はあまり行われてこなかったため、日本では本研究以前にはイワノカワ属6種が報告されているにすぎず、他の3属については1種も報告されていない。本研究では、全国59地点から得た標本の詳細な観察を行って、種レベルの分類に有効な形態形質を明らかにした。さらに、核コードの SSU rDNA (小サブユニットリボソーム RNA 遺伝子) と葉緑体コードの *rbcL* (リブロース-1,5-二リン酸カルボキシラーゼ/オキシゲナーゼ大サブユニット) 遺伝子の塩基配列を用いた分子系統解析を行って、種を識別し、種間関係やイワノカワ科と他の科との系統関係を調べた。

本研究では、はじめてイワノカワ科について分子系統解析を行ったが、*rbcL* の塩基配列では種間の塩基置換数が種の個体群間に比べて明らかに大きく、この科の種を識別するのに有効なマーカーであることがわかった。また、SSU rDNA と *rbcL* の全ての解析においてイワノカワ科は単系統であることが高いブートストラップ値によって支持された。ただし、イワノカワ科の種間関係やこの科と他の科の系統関係は明らかにできなかった。

本研究では、6種の日本新産種 *Peyssonnelia armorica* (P. Crouan et H. Crouan) Weber-van Bosse, *P. capensis* Montagne, *P. harveyana* J. Agardh, *P. meridionalis* Hollenberg et Abbott, *P. rosenvingii* Schmitz, *Polystrata dura* Heydrich と、4種の新種 *Peyssonnelia nozawae* sp. nov., *P. pluricrusta* sp. nov., *P. puncticulata* sp. nov., *P. rumoiana* sp. nov. の合計10種を記載した。この

うち *P. harveyana*, *P. meridionalis*, *P. pluricrusta*, *P. puncticulata* の4種は雌雄の生殖器官のほぼ全ての発達過程を観察することができた。生殖器官の特徴からみると、イワノカワ科は分子系統解析でも支持されるように単系統群である。しかし、観察した標本で、造胞糸の形成される場所や精子囊の発達様式の違いは種の分類に重要な形態形質であることを確認した。造胞糸の出る場所は連絡糸または助細胞、あるいはその両方であるが、両方見られる場合、いずれか一方が主に見られた。精子囊の発達様式は、一对の精子囊が縦一列に連なる *P. harveyana* type と一对の精子囊がこれを切り出したもとの細胞の周りに輪生する *P. dubyi* type が見られた。これらの発達過程は互いにはっきりと異なっており、*P. harveyana* type では単列の4-8細胞の精子囊始原細胞列が8-16細胞に成長するまで、それぞれの細胞は垂直に分裂しないのに対し、*P. dubyi* type では4または5細胞のときから垂直に分裂して四方に細胞を切り出す。しかし、これらの雌雄の生殖器官の違いは、分子系統解析による系統関係には反映されなかった。ゆえに、造胞糸の形成される場所や精子囊の発達様式の特徴は、イワノカワ科の中で独立に何度も得られた形質と考えられる。一方、藻体の放射断面における構造は系統を反映する形態形質であると認められた。

日本新産種のうち、*Peyssonnelia meridionalis* では日本の標本とカリフォルニア産のタイプ標本を比較し、栄養組織と生殖器官の全ての形態形質において一致することを確認した。また、*P. meridionalis* は精子囊の発達様式や四分胞子囊の大きさが報告されていなかったが、タイプ標本の観察によってこれらを明らかにし、*P. meridionalis* の特徴を明確にした。このことによって、*P. meridionalis* は精子囊の発達様式が *P. dubyi* type であるのに対し、この種との区別が困難とされていた *P. pacifica* Kylin は *P. dubyi* type とは発達様式の異なる *P. pacifica* type であることから、これら2種をはっきりと区別できた。

日本新産属の種 *Polysstrata dura* では、雌雄の生殖器官をこの属で初めて明らかにした。イワノカワ属の藻体は、岩などの基質に付着する1層の細胞層（基層）と、そのそれぞれの細胞から形成される直立細胞糸が互いに密着した層の2層から構成されているが、ポリストラータ属ではイワノカワ属の基層にあたる細胞層から上下に細胞糸を形成した3層で構成され、仮根を持たないことがイワノカワ属と異なる。しかし、側糸を伴ったネマテシウムに果胞子体が発達することや、精子囊が直立細胞糸から形成されることはイワノカワ属とまったく同様であった。このことは、ポリストラータ属がイワノカワ科に属することを強く支持しており、分子系統解析においてもポリストラータ属はイワノカワ属のクレードに含まれた。

# 学位論文審査の要旨

|    |     |      |
|----|-----|------|
| 主査 | 教授  | 増田道夫 |
| 副査 | 教授  | 本村泰三 |
| 副査 | 助教授 | 堀口健雄 |
| 副査 | 助教授 | 小亀一弘 |

## 学位論文題名

### A systematic study of the Peyssonneliaceae (Rhodophyta) in Japan

(日本産殻状紅藻イワノカワ科の系統分類学的研究)

本論文は日本沿岸産殻状紅藻イワノカワ科 (Peyssonneliaceae) の分類群を比較形態学と分子系統解析によって研究したもので、多くの新知見を得ている。新種4種と日本新産種6種が認識されたという新知見は、日本の海藻相の多様性解明に大きく貢献している。申請者が専攻したグループが十分に調べられて来なかったことを示しているが、このグループに着目し、漸深帯での潜水採集を含むフィールドワークを果敢に行って標本を収集し、切片作成に奮闘すると同時に、分子系統解析を行った成果である。

分子系統解析はイワノカワ科がスギノリ目のなかの単系統群であることを示し、放射断面における構造が系統を反映する形態形質であることを明らかにしている。造胞糸の生じる部位は助細胞か連絡糸上、あるいはその両方であるが、両方見られる場合といずれか一方が主に見られる場合を確認している。精子囊の発達様式には、一対の精子囊が縦一列に連なる *P. harveyana* type と一から四対の精子囊がこれを切り出したもとの細胞の周囲に輪生する *P. dubyi* type が見られることを、詳細に追跡して確認している。造胞糸の形成される場所や精子囊の発達様式の違いは、平行進化してきた形質で種レベルの分類学的形質として重要であることを示している。藻体の基質への付着様式、仮根の細胞数、石灰化部位の分布様式、ネマテシアの隆起の程度、四分胞子囊の柄細胞数等が種レベルの分類学的形質として重要であることも明らかにしている。

4種の新種 *Peyssonnelia nozawae* sp. nov., *P. pluricrusta* sp. nov., *P. puncticulata* sp. nov., *P. rumoiana* sp. nov. のうち *P. nozawa* を除く3種は、いずれも温帯域に分布することからこの海域の特産種で、*P. nozawa* は今後東南アジアの熱帯域から見つかる可能性がある。

6種の日本新産種 *Peyssonnelia armorica* (P. Crouan et H. Crouan) Weber-van Bosse, *P. capensis* Montagne, *P. harveyana* J. Agardh, *P. meridionalis* Hollenberg et Abbott, *P. rosenvingii* Schmit 及び *Polystrata dura* Heydrich のうち、*P. harveyana* を除く5種は北太平洋西岸においても初めて発見された種である等の植物地理学的観点からの知見も多い。

日本新産ポリストラータ属は、イワノカワ属の基層にあたる細胞層から上下に細胞糸を形成した3層で構成され、仮根を持たないことでイワノカワ属とは全く異なっている。申請者は側糸を伴ったネマテシウムに果胞子体が発達すること、並びに精子囊が直立細胞糸から形成されることを初めて明らかにしている。これらの形成様式はイワノカワ属に類似することからポリストラータ属がイワノカワ科に属することを示し、分子系統解析によっても強く支持されている。

以上を要するに、著者は形態学的形質に分子系統学的解析を加えて、イワノカワ科植物の属並びに種の特徴と類縁関係を明らかにしたことによって、系統分類学を推進したものであり、生物学に貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。