

# 富山湾に面する射水市地先におけるクロモ *Papenfussiella kuromo* の全長と単子嚢形成の経月変化

浦邊 清治\*

(2021年7月5日受理)

## Monthly changes in total length and ratio of thallus with unilocular sporangium formation of *Papenfussiella kuromo* (Chordariaceae, Phaeophyta) off Imizu City, facing Toyama Bay.

URABE Seiji

Monthly changes in total length and ratio of thallus with unilocular sporangium formation of *Papenfussiella kuromo* were studied off Imizu City, facing Toyama Bay, from February, 2014 to July, 2017. Growth begins from February to March and the maximum total length is reached from April to May. The formation of unilocular sporangia and release of zoospores were observed in the laboratory from April to June. The algae declined between June and July. The seawater temperatures during the period of growth for *Papenfussiella kuromo* was estimated to range from 10°C to 14°C.

Key words: *Papenfussiella kuromo*, total length, unilocular sporangium formation, monthly changes, off Imizu City

褐藻クロモ *Papenfussiella kuromo* は、ナガマツモ目の海藻で太平洋沿岸と日本海沿岸に広く分布し (鱒坂 1993), 主に潮下帯に分布している (田中・中村 2004). 石川県や新潟県では食用とされ (鱒坂 1993, 又野 2007), 青森県では健康食品や特産品としての需要が急増している (佐藤 2006, 山田・桐原 2009). 一方, 富山県では, クロモは県東部の魚津市青島地先や朝日町宮崎地先で春に潜水により漁獲されており, 「春モズク」や「岩モズク」とも呼ばれている (富山県水産試験場 1999). 本種は, キロ単価数千円で扱われ (浦邊・本江 2013), 漁業関係者から増養殖による増産が望まれている.

クロモは, 全長30cm以上に達する孢子体と直径5mmまでの糸状で分枝する微小発芽体による異型の世代交代がみられ, 水温10~15°Cの条件下では孢子体の単子嚢から放出された遊走子由来の微小発芽体が直接孢子体に生育することが観察されている (鱒坂 1993).

クロモの増養殖に関する研究では, 青森県において増殖試験として天然海域での着生基質の設置 (佐藤 2006), 養殖試験として単子嚢遊走子を用いた異なる温度や光条件下における培養試験と種苗生産試験が報告されている (山田・桐原 2009). また, 松村 (2013) が恒温器を活用した

\*1 富山県農林水産総合技術センター水産研究所 (Fisheries Research Institute, Toyama Prefectural Agricultural, Forestry and Fisheries Research Center, Namerikawa, Toyama 936-8536, Japan)

室内実験により孢子体の発生条件の解明, クレモナ系に着生した微小発芽体を屋外水槽で培養することで海中移植の最適時期を明らかにし, さらに, 地先海域へ移植することにより孢子体の育成などに成功している。

クロモの効率的な種苗生産, 収穫時期および漁場における基質の設置時期の検討には, 孢子体の単子嚢形成や遊走子放出の時期, 生長と水温の関係などの知見が必要である。しかしながら, 天然海域におけるクロモの生長や成熟に関する知見は青森県 (山田・桐原 2009) や富山県 (松村 2008, 2009) の例など限られたものしかない。

そこで本研究では, 富山県射水市地先に生育するクロモの生長や成熟に関する知見として, 全長および単子嚢形成藻体の割合の経月変化, 生長と水温の関係について明らかにしたので報告する。

## 材料と方法

調査は, 2014年2月～2017年7月 (2014年3月, 8月～12月および2015年9月を除く) に月1回, 富山湾に面する射水市海老江地先で行った (Fig.1), サンプルングは水深2～3mの礫および土嚢袋に着生したクロモ孢子体を, スクーバ潜水で無作為に20藻体を採集することにより行った。なお, 2014年2月, 2015年2月, 3月, 2016年3月および2017年2月の調査では, 孢子体が短く潜水作業による採集が困難であったため, 海中で全長を測定した。採集した藻体はクーラーボックスに入れて持ち帰り, 研究室において全長 (cm) を測定した後, 藻体の一部をスライドグラスで挟み込み100倍の実体顕微鏡 (Nikon ECLIPSE TS100) 下で単子嚢の有無を観察した。

単子嚢が認められた藻体については, 単子嚢遊走子の形成能を確認するため, 調査日毎に5藻体を紙タオルで珪藻等の付着物を除去後, アルミホイルで包み約12°Cの恒温器に収容し, 翌日, 恒温器から取り出して, オートクレーブ滅菌した濾過海水 (以下, 濾過滅菌海水) を入れた1Lビーカーに収容した。その後, 30分毎にピペットで濾過滅菌海水を少量取り, 200倍の実体顕微鏡下で単子嚢遊走子の有無を観察した。

孢子体の日間生長率は, 次式により算出した。

$$\text{日間生長率 (cm/日)} = (T - T_0) / D$$

ただし, T は調査日における全長 (cm),  $T_0$  は前回調査日における全長 (cm), D は前回調査日から調査日までの経過日数 (日) である。

水温は, 孢子体の採集地点の水深2mに設置した小型メモリー水温計 (米国オンセットコンピュータ社製 ティドビット v2 UTBI-001) を用いて, 2014年2月～7月および2015年1月～2017年7月まで, 1時間毎の値を記

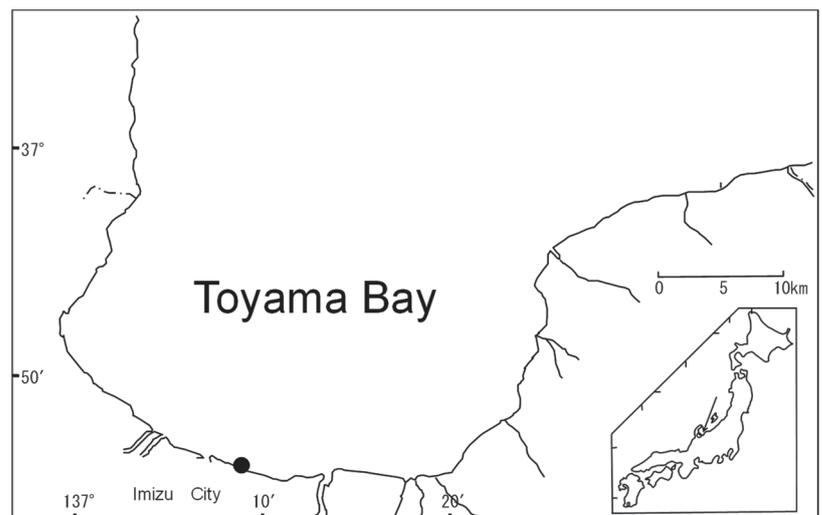


Fig.1 Map indicating the sampling site (●) of *Papenfussiella kuromo* off Imizu City, facing Toyama Bay.

富山湾に面する射水市地先におけるクロモのサンプルング地点 (●) を示す。

録し日平均水温を算出した。また,胞子体の日間生長率と水温の関係をみるために,前回調査日から調査日までの日平均水温から調査日間の平均水温を算出した。

## 結 果

**全長の経月変化** 2014年2月～2017年7月までのクロモの全長を Fig.2 に示した。平均全長は、2014年では、幼芽の全長は2月には1.2 cmであったが、それ以降、急生長して4月には最大の $33.9 \pm 9.7$  cmに達した。ここで、幼芽とは、全長約5cm未満の分枝していない胞子体を指す。その後、先枯れにより6月には $12.8 \pm 5.3$  cmまで減少し、7月には胞子体の消失を確認した。2015年では、2月のそれは $1.2 \pm 0.6$  cmであり、その後、3月まで生長は抑えられていたが、4月以降、急生長し5月には最大の $32.8 \pm 12.1$  cmに達した。6月以降では先枯れにより減少し、7月には胞子体の消失を確認した。2016年では3月のそれは $2.7 \pm 1.8$  cmであったが、4月以降、急生長し5月には最大の $26.5 \pm 5.5$  cmに達した。その後、6月には $16.2 \pm 3.5$  cmとなり、7月に消失した。2017年では2月のそれは $0.9 \pm 0.3$  cmであったが、3月以降、急生長し5月には最大の $28.2 \pm 11.0$  cmに達した。その後、6月には $7.6 \pm 3.4$  cmとなり、7月には消失した。以上のように、幼芽の出現は、2014年、2015年および2017年には2月、2016年には3月に認められた。

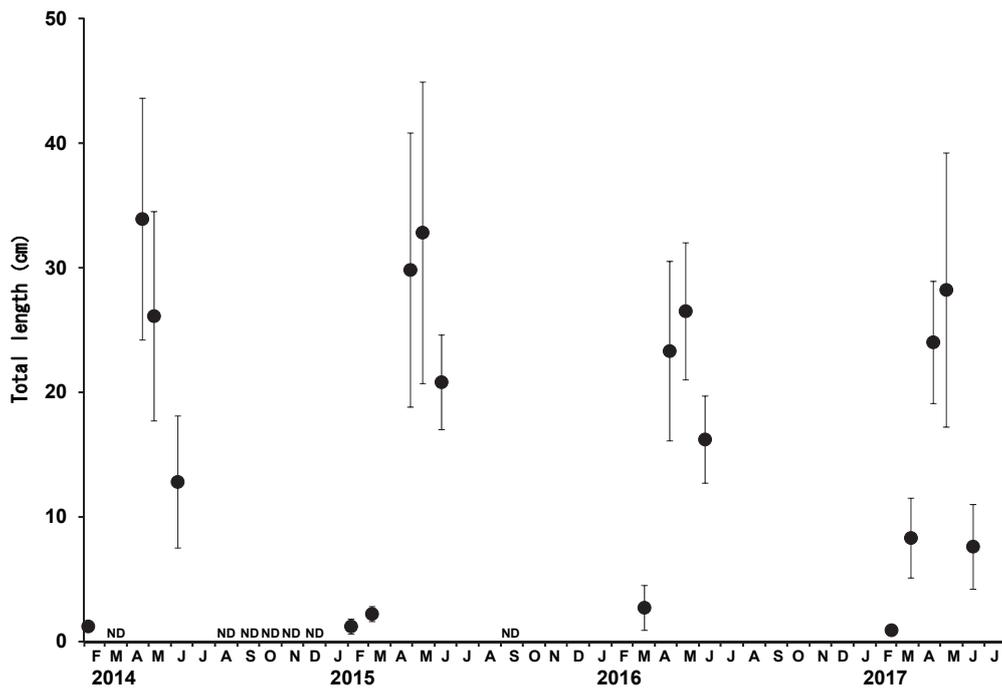


Fig.2 Monthly changes in total length of *Papenfussiella kuromo*, from February, 2014 to July, 2017. Vertical bars indicate the standard deviation.

ND : No data.

2014年2月～2017年7月のクロモの全長の経月変化。バーは標準偏差を、NDは調査未実施を示す。

**単子嚢形成藻体の割合および単子嚢遊走子の放出状況の経月変化** 2014年～2017年の胞子体出現期間の2月～6月における単子嚢形成藻体の割合を Fig.3 に示した。2014年4月～6月では,全

ての藻体において単子嚢が認められた。2015年には、4月の割合は70%であったが、5月および6月には100%に達した。2016年では、4月には50%であったが、5月には95%、6月には100%に達した。2017年では、3月は0%であったが、4月には80%、5月には95%、6月には100%に達した。単子嚢遊走子の放出は、4月～6月におけるいずれの調査日においても認められた。

**水温の変化** 2014年2月～2017年7月の射水市海老江地先における水温の推移をFig.4に示した。連続データが得られた2014年12月～2017年7月における各年の最低、最高水温は、2015年4月8日に最低(8.8℃)、8月10日に最高(30.3℃)、2016年3月11日に最低(9.8℃)、8月23日に最高(30.1℃)、2017年2月28日に最低(9.8℃)水温を観測した。胞子体の出現期間である2月～6月の水温範囲は、2014年では9.2℃(2月16日)～22.7℃(6月10日)、2015年では8.8℃(4月8日)～21.1℃(6月10日)、2016年では9.8℃(3月11日)～21.1℃(6月2日)および2017年では9.8℃(2月28日)～20.3℃(6月7日)であった。

**胞子体の日間生長率と水温の関係** 胞子体の出現から消失期間である2014年～2017年の2月～7月における胞子体の日間生長率と調査日間の平均水温をFig.5に示した。日間生長率(DG; cm/day)と水温(WT; °C)の関係は次式で表され、日間生長率は水温が高くなるに伴い低下した。

$$DG = -0.0835 WT + 1.2734$$

(N=18,  $R^2 = 0.731$ ,  $P < 0.0001$ )

水温は、日間生長率の増加時では10.7℃～15.8℃、減少時では14.7℃～23.4℃であった。また、

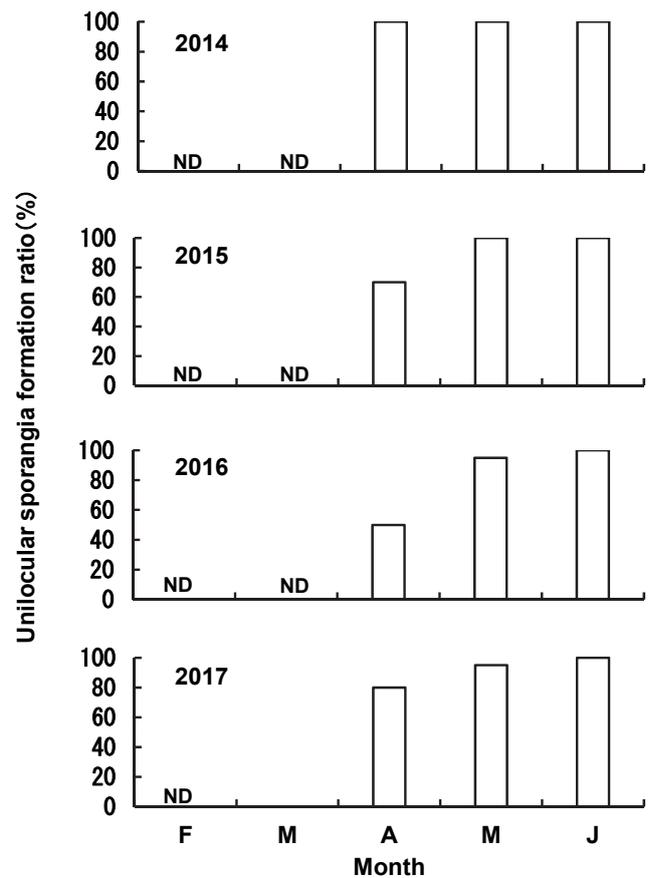


Fig.3 The ratio of the thallus showing unilocular sporangium formation of *Papenfussiella kuromo* from February to June in 2014 – 2017.

ND indicates no data.

2014年～2017年の2月～6月におけるクロモの単子嚢形成藻体の割合。

NDはサンプル無しを示す。

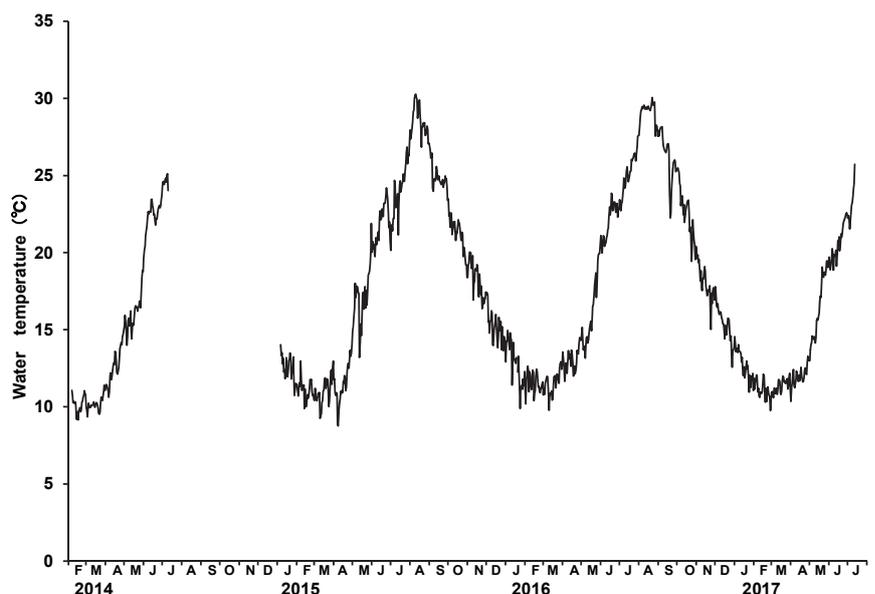


Fig.4 Changes in water temperature at sampling site from February, 2014 to July, 2017.

2014年2月～2017年7月における調査地点での水温変化。

得られた一次回帰式から 15.2°Cを越えると先枯れにより負の生長率となった。

### 考 察

富山湾に面する射水市海老江地先において、クロモの全長と単子嚢形成藻体の月別割合を調査したところ、本種の孢子体の幼芽出現期は2月～3月、生長期は3月～5月、成熟期は4月～6月、先枯れ・消失期は6月～7月であることが明らかとなった (Fig.2, 3). 山田・桐原 (2009) は、青森県深浦町北金ヶ沢地先におけるクロモでは3月～5月まで孢子体が良く生長するものの、7月上旬頃には枯死すると述べており、本研究で得られた結果と概ね一致した。また、クロモは、孢子体と微小発芽体による異型の世代交代がみられることから (鯨坂 1993)、孢子体が確認されなかった時期は、微小発芽体として基質に着生していると推察される。

クロモの生育について、鯨坂 (1993) は、室内培養により水温 10°C～15°Cの条件下では、微小発芽体が直接孢子体に生育することを確認した。富山県射水市地先では12月に入ると水温が15°Cを下回っていたことから、調査で採集された幼芽は12月～1月にかけて微小発芽体から生育したものであると考えられる。陸上での生育実験を行った松村 (2010) は、11月末にクレモナ糸に着生した微小発芽体を培養したところ、翌年1月 (水温 12.7°C) には全長 0.5 cm～4.4 cm に生長することを報告しており、本研究で確認された結果と類似している。

幼芽の確認された時期は、2014年、2015年および2017年では2月、2016年では3月と1カ月の差異が認められた (Fig.2)。2014年～2017年の2月の調査日における水温は、それぞれ 11.1°C、11.6°C、11.1°Cおよび 10.3°Cと (Fig.4)、いずれも 15°C以下の近似した水温であり、微小発芽体から幼芽の生育に及ぼす水温の影響は小さいと思われる。2016年2月の調査では、2014年および2015年の2月において幼芽が確認された礫や土嚢袋の表面上の一部が漂砂に覆われているのが確認された。新井 (1988) は、海藻にとって生育環境を不安定にする物理的要因として、基質への砂と礫の衝突によるこすり取り、砂泥の堆積による海藻の光合成の阻害、埋没などを指摘している。また、吉岡ら (2007) は、ナガマツモ科のフトモズク *Tinocladia crassa* の福岡県筑前海域における養殖試験では、時化後の潜水観察により、幼芽に大量の浮泥が付着し、その後、藻体が流出したとしており、幼芽の時期は時化や浮泥等の外的要因に影響されやすいことを報告している。これらのことから、2016年の2月に幼芽が確認されなかった一因として、漂砂による礫や土嚢袋との衝突によるこすり取りや堆積が幼芽の形成や生育に影響を与えた可能性が考えられた。

クロモの孢子体の出現から消失期間に得られた孢子体の日間生長率と調査日間の平均水温の関係から (Fig.5)、孢子体は、およそ 10°C～14°Cが生長に適し、15°C以上では先枯れにより全長が減少、23°C以上では消失すると考えられた。ただし、詳細な温度条件における生長については、

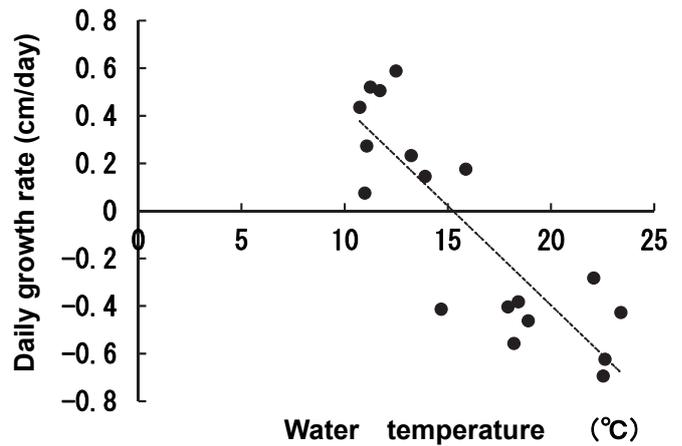


Fig.5 Relationship between daily growth rate of *Papenfussiella kuromo* and the water temperature from February to July in 2014 - 2017.  
2014年～2017年の2月～7月におけるクロモ孢子体の日間生長率と水温の関係。

恒温器を活用した培養実験で調べる必要がある。

本研究では単子嚢形成藻体の割合は、3月に0% (2017年)であったが、最大全長を示した4月 (2014年) または5月 (2015年~2017年) には95%~100%、6月には100%であった (Fig.3)。また、単子嚢からの遊走子の放出は、室内実験により4月~6月に採集した藻体から認められた。松村 (2008, 2009) は富山湾東部海域の滑川地先では、単子嚢形成藻体は3月末までは認められなかったが、5月には採集できたことを報告している。これらのことから、本県におけるクロモの胞子体は、最大全長に達する4月~5月には、ほとんどの個体が単子嚢を形成し、遊走子を放出する能力があることが明らかとなった。このことから、本種の養殖に関しては、胞子体からの採苗は、最も胞子体が生長し単子嚢の形成が認められる4月~5月に採苗することが効率的と考えられた。また、水温が15℃以上になると先枯れすることが明らかとなったことから、15℃以上となる4月末までに収穫する必要がある。増殖に関しては、本研究成果に加え、今後の研究で着生に適した時期や基質などに関する知見を集積し、現場に応用していく必要がある。

## 謝 辞

本調査の実施に当っては、新湊漁業協同組合のご理解をいただき、標本の採取に格別のご協力をいただいた。また、本論文をまとめるに当たり、国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産資源研究所の坂西芳彦博士、富山県農林水産総合技術センター水産研究所の松村航博士および内山勇技師を初め、職員の方々にご助言を賜った。ここに記して感謝の意を表します。

## 文 献

- 鱒坂哲朗 1993. *Papenfussiella kuromo* (Yendo) Inagaki (クロモ). pp.24-25. 藻類の生活史集成 一第2巻 褐藻・紅藻類一 (堀 輝三編). 内田老鶴圃, 東京.
- 新井章吾 1988. 磯根生物と住み場環境の安定性. 月刊海洋科学, 20 : 355-362.
- 又野康男 2007. 能登地域で珍重されている食材<海藻編>, のと海洋ふれあいセンターだより, 27 : 2-5.
- 松村 航 2008. 海の森づくり技術開発研究. pp.84-89, 平成19年度富山県農林水産総合技術センター 水産研究所年報.
- 松村 航 2009. 海の森づくり技術開発研究. pp.101-109, 平成20年度富山県農林水産総合技術センター 水産研究所年報.
- 松村 航 2010. 海の森づくり技術開発研究. pp.101-122, 平成21年度富山県農林水産総合技術センター 水産研究所年報.
- 松村 航 2013. 海の森づくり技術開発研究. pp.70-79, 平成23年度富山県農林水産総合技術センター 水産研究所年報.
- 佐藤庸子 2006. 海藻の幸による清らかな里づくり試験 (クロモ増殖試験). pp.249-250. 青森県水産総合研究センター増養殖研究所事業報告書第36号 (平成17年度), 青森県水産総合研究センター増養殖研究所.

- 田中次郎・中村庸夫 2004. 日本の海藻. 株式会社平凡社, 東京, 73p.
- 富山県水産試験場 1999. 富山県東部(黒部市・入善町・朝日町)沿岸域の漁場環境. 漁業振興特別対策事業報告書. 31p.
- 浦邊清治・本江 薫 2013. 有用海藻クロモの養殖技術および保存技術の開発. とやま農林水産研究ニュース, 5:5.
- 山田嘉暢・桐原慎二 2009. 多機能静穏域関連調査(養殖試験). pp.327-328. 青森県水産総合研究センター増養殖研究所事業報告書第38号(平成19年度), 青森県水産総合研究センター増養殖研究所.
- 吉岡武志・福澄賢二・瀧口克己・行武 敦・篠原直哉・瀧上 哲・中村真由美 2007. フトモズク量産化に向けた海面養殖試験. 福岡水海技セ研報, 17:21-27.