

研究資料 (Research record)

冬季的那智川源流で顕著に観察された淡水藻類について

細田 育広¹⁾、吉村 真由美¹⁾

要旨

紀伊半島南部的那智大滝では、2011年紀伊半島豪雨以来、大雨時の滝水の透明度低下が意識されている。主な要因は2011年豪雨時に発生した崩壊土砂の流出と考えられるが、この影響は2019年段階で大きく軽減しているとみられた。一方、冬の渇水期の溪床には広い範囲で糸状藻類の繁茂がみられたが、6月初旬には消失していた。年間降水量3500mmを超える強雨環境の中で、糸状藻類は季節的な消長を繰り返していると考えられた。

キーワード：紀伊山地、花崗斑岩、壮齡林、溪流環境、糸状藻類

1. はじめに

熊野灘に注ぐ那智川上流には、一段の滝としては比高国内随一的那智大滝(以降、滝)がかかる。この滝は、摂関院政期の熊野三山興隆とともに知名度を上げ(小山ら2015)、2004年には世界遺産「紀伊山地の霊場と参詣道」を構成する資産となった(日本2003)。このためその保全には大きな注意が払われている(和歌山県2015)。この滝で、2011年紀伊半島豪雨(気象庁2011)以降、大雨の際の滝水の透明度の顕著な低下が指摘されるようになっていく。2019年1月の那智勝浦町企画観光課による聞き取り調査(私信)によれば、大雨のたびに黄～茶色となるという指摘が共通し、腐植臭を伴うとの指摘や、2011年以前からとの声もあった。これらは毎日のように滝を見ている人々の感覚的な証言であり、大雨の程度についても具体的な情報は得られていない。しかし、滝の集水域(以降、源流域)では、2011年の豪雨で複数の山腹崩壊(石田ら2014)が発生しており、その裸地化した斜面や堆積物が大雨時に浸食されて、滝水の透明度低下に大きく影響したことは間違いないものと思われる。一方、2019年7月以降半年間における同町同課の観察(私信)によれば、出水時を含めて滝水は光の乱反射で白く見え、滝下の飛瀧神社においても腐植臭は感じられなかった。このため、2011年の山腹崩壊に起因する滝水の透明度の低下は、8年を経過して大きく軽減しているとみられる。それでも、昔に比べると大雨時の滝水の透明度が落ちているとの指摘は根強い。水の清澄さの感覚における主因子は透明感にあるとされ(島谷・皆川1998)、水の色は心理的価値観に影響するため(許すら2006)、滝を御神体(篠原2001)とする見地からは、大雨時の滝水の透明度低下を放置で

きない状況にある。

そこで、冬の渇水期に源流域に立ち入る機会を得て現地状況を踏査したところ、渓流水中に顕著に繁茂する糸状藻類様群集が観察された。この糸状藻類様群集は6月初頭には肉眼上消失し、程度の差はあるものの冬季には群集を形成する季節的な消長を繰り返していることがうかがわれた。このため、群集形成後の短期間に限られるかもしれないが、出水時に剥離・流出し、滝水の透明度に影響するひとつの要因になりうると考えられた。この藻類群集が、何年前から繁茂するようになったかは不明であるが、渓流水の透明度の観点のほか、藻類は世代交代が早く、短い期間で環境に適応した群集を形成するため、水質指標としても有効とされる(渡辺編2005、加藤2009)。また自然状態として、森林流域からはさまざまな物質が流出し、海洋に至る生態系の維持に寄与しており(國松・村岡編1989、松永2000、国立環境研究所2011)、現時点で観察される優占的藻類について整理しておくことは、溪流環境の現状把握と今後の変化を評価するためにも不可欠と考えられる。そこで本稿では、冬季の源流域渓流水中に優占的な群集を形成する藻類について、その種構成を溪流環境に関する情報とともに記載した。

2. 調査地の概要

源流域は、紀伊半島南東部の北緯33°41'・東経135°53'付近に位置する(Fig. 1)。標高は約360～937mの範囲にあり、約4.7km²の面積がある(国土地理院2021における概略値)。源流域全体が熊野酸性火成岩類南岩体の南縁に位置し、硬質な花崗斑岩を基岩とする(村山1954、荒牧・羽田1965)。那智川本流(本谷)は、滝口のすぐ上

原稿受付：令和3年6月8日 原稿受理：令和3年12月3日

¹⁾ 森林総合研究所 関西支所

* 森林総合研究所 関西支所 〒612-0855 京都市伏見区桃山町永井久太郎68、E-mail:hosodaik@affrc.go.jp

流で支流の西谷を分岐し、蛇行しながら概ね北に向かって高度を上げる。

調査地近隣の AMeDAS 観測点における 1981～2010 年の平年値 (気象庁 2021) によれば、源流域中心部から約 8km 東の新宮 (標高 18m) の気温は、年平均 16.9°C、月平均最高 26.8°C (8 月)、最低 7.2°C (1 月) であった。また、源流域に最も近い色川 (中心部から西に約 3.4km、標高 275m) の年降水量は 3528mm で過去 40 年間の移動平均は増加傾向を示し、月降水量は 6～9 月に 400mm を超え、1・12 月に 100mm 前後となる季節変動がある。例年 5 回程度時間降水量 30mm 以上の降雨イベントがあり、時間降水量 50mm 以上の降雨イベントも毎年のように記録される。

源流域の渓流水勢は、滝口から流路に沿って Fig. 1 の A 地点の約 150m 上流までの本谷は、基岩の急崖による段差を除いて溪床勾配は比較的緩やかであり、溪流の幅も一部を除いて滝口付近と大きく変わらない。また、現地調査の際の観察によれば、西谷と比べて集水面積が相対的に大きい本谷の渓流水量は、西谷よりも目視でわかる程度に多かった。那智勝浦町観光企画課が撮影した 2019 年 7 月～翌年 1 月の滝姿の写真 (私信) によれば、普段は滝口に至って基岩の節理に沿う 3 筋に分流するが、一降水量 (3 時間以上の間断無く 0.5mm 以上の降水量が記録された期間の降水量) 50mm 前後で最大約 13m (佐藤・佐藤 1930) と推定される滝口幅一杯の流れとなり、少なくとも降水終了後 10 時間は 3 筋に分流しない状態が維持

される傾向があった。その後、1 週間以上経過したとき、先行 30 日間積算降水量 (AP30) が 80mm 前後を下回ると西側 2 筋に遷移しつつあった。

源流域の植生は、明治期末までは江戸期から続くカシ林だったとされる (仁井田編 1970, 南方熊楠顕彰会学術部編 2006)。大正期から昭和期前半までに滝周辺を除く大部分がスギ・ヒノキの人工林に置き換わった。1940～1960 年代の空中写真 (国土地理院 2021) には、源流域の大部分で地山が白く透ける状態が確認される。現在の源流域は、20 世紀前半の盛大な伐採・再造林からの、植生及び土壌の回復過程にあるといえるだろう。滝水の透明度低下の感覚は、この経過の中でとらえられている。現在は源流域面積の約 8 割を人工林率 75% 以上の民有林が占める (那智勝浦町企画課・農林課 2001; Fig.1)。面積率で、人工林の約 9 割はスギ・ヒノキ林 (面積比率は同順に約 2:1) であり、2018 年現在 50～70 年生林分が約 8 割を占める偏った林齢構成となっている (和歌山県 2018)。源流域面積の残りの約 2 割の大部分を占める国有林では、自然に混交林化させる方向で現在管理されており、伐採計画は無く、貴重植物の自生が確認されている (和歌山森林管理署 2008)。国有林も 2008 年時点で 50～83 年生林分面積が約 7 割を占めており、源流域はほぼ全山壮齢林状態にある。

現地調査の際の踏査経路沿いの露頭観察によれば、源流域の土壌は薄く、地表面下 30cm 以深は酸性岩のコアストーンと、その周辺が風化した黄系色の砂礫で構成される風化帯となっていた。また、薄い土壌の地表面付近には根系が密に発達しており、多雨気候の下で砂質な土壌の浸食を抑制しているとみられた。2011 年山腹崩壊地は 2019 年 1 月時点でも裸地状態にあるが、山脚の砂質堆積物上では植生の回復が進みつつあった。また、Fig. 1 の A 地点から流路に沿って約 150m 上流地点から、その上流約 300m の本谷流路上には、長径 1m を超える大量のコアストーンが流木を挟在して堆積していた。これら山腹崩壊地脚部付近の溪床に堆積するコアストーンは白く目立つ。またその下流の、基岩が滑らかな溪床を形成する区間に砂礫の堆積はほぼ見られず、崩壊当時大量に存在したと考えられる崩壊土砂の細粒物質は大方洗い流されていた。

3. 方法

現地調査は 2019 年 1 月と 6 月、および 2020 年 1 月と 12 月の計 4 回おこなった。そのうち 2019 年 1 月を除く計 3 回、本谷中流部 (Fig. 1 の A 地点) において藻類の採取を試みた。採取には歯ブラシ (AEON L263H) を使い、渓流水中の岩肌を刮ぎ、ブラシに絡まった藻類を渓流水で満たされたガラス製 20mL カウンティングバイアル (AS ONE 2-4528-03) に入れて密閉した。また、藻類採取地点および西谷の本谷合流手前 (Fig. 1 の B 地点)、滝下 (Fig. 1 の C 地点) の 3 箇所を渓流水を 100mL ポリビン (AS

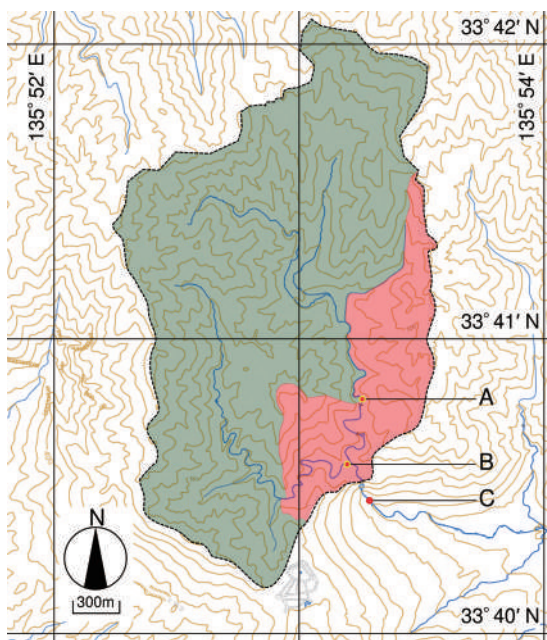


Fig. 1. Topography and the artificial forest rate in the headwater of Nachi River.

The topographic map was processed using Chiri-inchizu (GSI 2021). Artificial forest rate: ■ $\geq 75\%$, ■ $25\% \leq$ ■ $< 50\%$ (Nachikatsuura Town, 2001). A-C: Sampling points.

ONE 5-002-02) に満水採取した。採取試料は断熱性容器に入れ、保冷剤で低温を維持して持ち帰り、約 5°C 保温の冷蔵庫で保管した。

採水地点では、高さ約 1.5m の大気、および渓流水の温度 (FUSO CENTER370)、pH (HORIBA B-712)、電気伝導度 (HORIBA B-173) を測定した。また、持ち帰った試料水の亜硝酸および硝酸のイオン濃度をパックテスト (共立理化学研究所 2019, 2020) により、また溶存ケイ酸濃度をポータブル吸光度計 (HACH DR890) によりそれぞれ定量した。

藻類試料は攪拌分散させ、0.1mL 程度をスライドガラスに載せて一時プレパラートを作成した。プレパラート上に見られた藻類を、山岸編 (1999) および渡辺編 (2005) に基づき生物顕微鏡 (NIKON ECLIPSE E200、対物レンズ 4・10・40 倍、接眼レンズ 10 倍) を用いて定性的に属レベルまで同定した。また、色素体にデンプンを貯蔵するピレノイドが存在する緑藻と、それを欠く黄緑色藻類 (山岸編 1999) の識別はヨウ素デンプン反応によりおこなった。微量の藻類試料を 70°C の湯に約 30 分浸けた後、同温に湯煎した 95vol% エタノールに入れ最大約 2 時間浸漬し、スライドガラス上に載せ、脱イオン水で約 10 倍に薄めたコサジン・ガーグル (大洋製菓) を垂下拡散させて観察した。

4. 結果

4.1 現地調査時の渓流水質と気象条件

現地調査時の渓流水質と気象条件を Table 1 にまとめた。採水地点の気温は概ね同時刻の新宮の気温よりも 1.3 ~ 6.3°C 低く、渓流水温はさらに 0.4 ~ 2.9°C 低かった。pH は 7.0 ~ 8.1 を示し、近傍流域で 6.5 ~ 6.7 を報告する既往文献 (Kobayashi 1960, 木平ら 2006) よりも高く、滝の下流の値 (和歌山県 2021) に近い値であった (水質分析時の採水試料の値は平均 0.4 低い 6.8 ~ 7.7 であった)。電気伝導度は 22 ~ 33 $\mu\text{S cm}^{-1}$ と、国内の一般的な森林溪流にみられる値 (木平ら 2006) と比べて低めであった。B

地点においては 2005 年冬の 32 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (吉村真由美, 森林総合研究所関西支所, 私信) よりも約 10 $\mu\text{S cm}^{-1}$ 低かった。亜硝酸イオン濃度は 0.02 mg L^{-1} (亜硝酸態窒素として 0.005 mg L^{-1}) 未満と極めて低いレベルにあった。硝酸イオン濃度は 1 mg L^{-1} (硝酸態窒素として 0.2 mg L^{-1}) 未満であり、木平ら (2006) における和歌山県の値よりも低いレベルにあった。硝酸態窒素としては Kobayashi (1960) が、那智川と地理的に近い古座川で 0.05 mg L^{-1} 、熊野川で 0.06 mg L^{-1} を報告しており、より低濃度の検出ができる分析が必要なレベルにあるといえる。溶存ケイ酸濃度は、大きな降雨イベント後の 2019 年 6 月時に比べ、約 1 ヶ月間ほぼ無降雨だった 2020 年 12 月時の数値の方がやや高いものの、本谷中流~滝下で 10 ~ 13 mg L^{-1} の狭い範囲に収まった。この値は、紀南の他の河川同様、日本の河川の平均的範囲の中では低いレベルにある (Kobayashi 1960)。自然界において、溶存ケイ酸濃度は水-岩石反応で濃度が決まり、山地流域においては滞留時間を反映しやすい (鹿園・藤本 1996)。調査時の先行降水条件が大きく異なるにもかかわらず、溶存ケイ酸濃度の変動幅が小さいことから、渓流水の主成分が比較的循環の早い浸透水であることがうかがえる。

また、2018 ~ 2020 年における、新宮の最高・最低気温の 10 日間移動平均および色川の日最大時間降水量 (Pi, > 5 mm h^{-1})、先行 10 日間積算降水量 (AP10)、AP30 の経過を Fig. 2 に示す。冬季の各調査日の気象条件を比較すると、2020 年 1 月時は 2019 年 1 月時よりも冷え込みが弱く、2020 年 12 月時はさらに高めて推移していた (Fig. 2A)。Pi は、2019 年 1 月時の前 60 日間の最大値が 8.5 mm h^{-1} であったのに対し、2020 年 1 月時は 39 日前に 21.5 mm h^{-1} 、2 日前に 19.5 mm h^{-1} 、2020 年 12 月時は 33 日前に 36 mm h^{-1} をそれぞれ記録していた (Fig. 2B)。AP10 は 2019 年 1 月時と 2020 年 12 月時に 0.5 mm 以下だったのに対し、2020 年 1 月時は 30 mm を超えていた (Fig. 2C)。AP30 は 2019 年 1 月時に 62.5 mm 、2020 年 1 月時に 113.5 mm 、2020 年 12 月時は 12 日前の 1 回の降雨による 2.5 mm であった (Fig.

Table 1. Air temperature (Ta), water temperature (Tw), pH, electric conductivity (EC), and SiO₂ of the stream water at the sampling points.

Date	Site ^{*1}	Weather	Ta °C	Tw °C	pH	EC $\mu\text{S cm}^{-1}$	SiO ₂ mg L^{-1}	Ta ^{*2} °C	CP ^{*3} mm	AP10 ^{*3} mm	AP30 ^{*3} mm	Pi60 ^{*3} mm h^{-1}
10-Jan-2019	A	Fine	- ^{*4}	- ^{*4}	- ^{*4}	- ^{*4}	- ^{*4}	9.3	0.0	0.5	62.5	8.5
02-Jun-2019	A	rainy	16.0	14.7	7.7	28	11.5	20.1	4.0	76.5	311.0	29.0
	B	rainy	16.3	14.8	7.2	26	10.7	18.9	5.0			
	C	rainy	17.9	16.2	7.6	33	10.8	19.2	6.5			
10-Jan-2020	A	Fine	= ^{*5}	= ^{*5}	8.1	25	12.0	10.3	0.0	31.0	113.5	21.5
	B	Fine	= ^{*5}	= ^{*5}	7.3	22	10.3	11.0				
	C	Fine	= ^{*5}	= ^{*5}	7.3	23	10.8	11.3				
23-Dec-2020	A	Fine	8.0	6.9	7.8	29 ^{*6}	12.5	13.1	0.0	0.0	2.5	36.0
	B	Fine	6.5	6.1	7.8	23	11.2	12.8				
	C	Fine	8.4	5.5	7.0	27	11.7	10.9				

*1: shown in Fig. 1, *2: Ta at around the same time in Shingu (JMA 2021), *3: cumulative rainfall before water sampling on the sampling day (CP), 10-day (AP10) or 30-day (AP30) antecedent rainfall, and 60-day antecedent maximum hourly rainfall (Pi60) in Irokawa (JMA 2021), *4: no measurement, *5: missing by malfunction, and *6: value at the time of analysis.

2D)。冬季調査日に比べると、2019年6月時は先行13日間に3回の 20mm h^{-1} を超える降雨があり、AP10・AP30は順に $76.5\text{mm} \cdot 311\text{mm}$ といずれの値も大きかった。

4.2 藻類群集の繁茂状況

2019年1月に本流を遡上した際には、暗緑灰色の糸状藻類群集が、渓流水中の広い範囲で観察された(Photo 1A)。糸状藻類の群集は、主として基岩や小礫の表面に形成され、水勢が弱く水深が浅い区間では全面的に繁茂していた(Photo S1)。長いものは1本が5cm程に伸び、緩い水流でも逆らわずに揺らめく柔軟性が認められた。

同年6月には、この糸状藻類群集は肉眼上消失していた。このとき雨でやや増水した溪岸付近の優占植物種は、湿った岩上や溪流沿いの湿地などに一般的なサワゴケ属の1種(*Philonotis* spp.)であった。コケの生えていない渓流水のかかる溪岸の岩は褐色を呈し、ヌメリがあり非常に滑りやすかった。

2020年1月にも2019年1月のような糸状藻類群集の顕著な繁茂は肉眼上みられなかった(Photo S2)。しかし、採取試料からは無分枝糸状の藻類が優占的に検出された。同年12月には2019年1月時と同種と思われる糸状藻類群集の繁茂が観察された(Photo S3)。1本の長さは長いも

ので2cm程度、多くは数ミリ程度であった。水勢の弱い岩や礫の亀裂や微小な窪みに小群集を形成し、滝下を含む広い範囲で観察された。

藻類群集が繁茂していた2019年1月時と2020年12月時は、直近の降水強度が小さく、先行降水量も少なかった点が共通する(Fig. 2)。ただしAP30は、藻類群集が最も繁茂していた2019年1月時が 62.5mm 、2020年12月時が 2.5mm であり、前60日間の最大Pi(Pi60)は、2019年1月時が 8.5mm h^{-1} (29および37日前)、2020年12月時が 36mm h^{-1} (33日前)であった(Table 1)。この藻類群集にとっては、降雨強度が繁茂状況に大きく影響すると推察される。

4.3 藻類試料の種構成

顕微鏡観察による形態分類に基づく、2020年12月に採取した藻類(Photo S4)の種構成をTable 2にまとめた。優占的な糸状藻類(Photo 1B)は、円筒形の細胞が細長く糸状に縦列し、細胞の間で破断するH片構造を示す(Photo S5-S8)。優占的糸状藻類43本の計88個の細胞の列幅は $9.3 \sim 33.5\mu\text{m}$ (平均 $20.7\mu\text{m}$ 、標準偏差 $4.8\mu\text{m}$)、細胞1個の長さは列幅の $0.75 \sim 2.4$ 倍(平均1.4倍、標準偏差0.4倍)であった。個々の細胞の形態(Photo S9)は珪藻

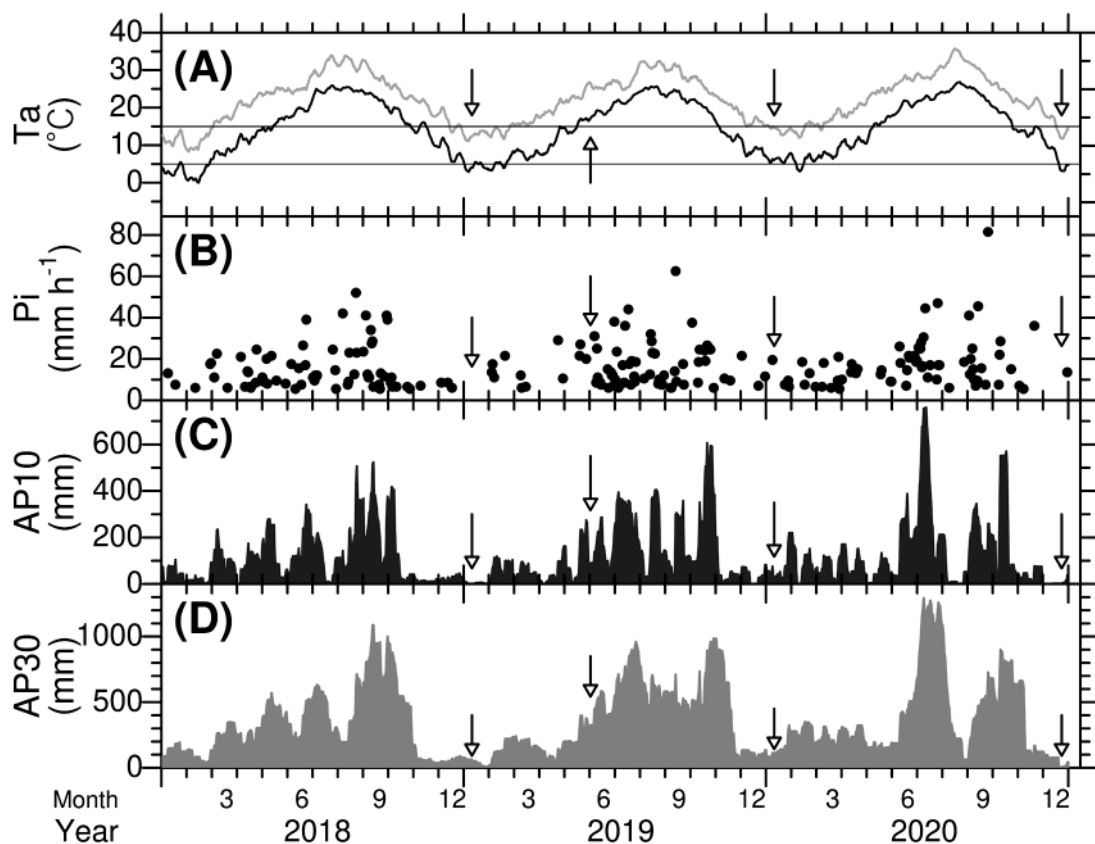


Fig. 2. Daily air temperatures in Shingu and rainfall conditions in Irokawa from 2018 to 2020. Shingu and Irokawa are the observation points of AMeDAS (JMA 2021) near the headwater. Arrows indicate field survey days. **A:** 10-day running mean of daily maximum (light gray line) and minimum (dark gray line) temperature (T_a ; horizontal lines indicate 5°C and 15°C), **B:** daily maximum hourly rainfall (P_i ; $>5\text{mm h}^{-1}$), **C:** 10-day antecedent rainfall (AP10), and **D:** 30-day antecedent rainfall (AP30).

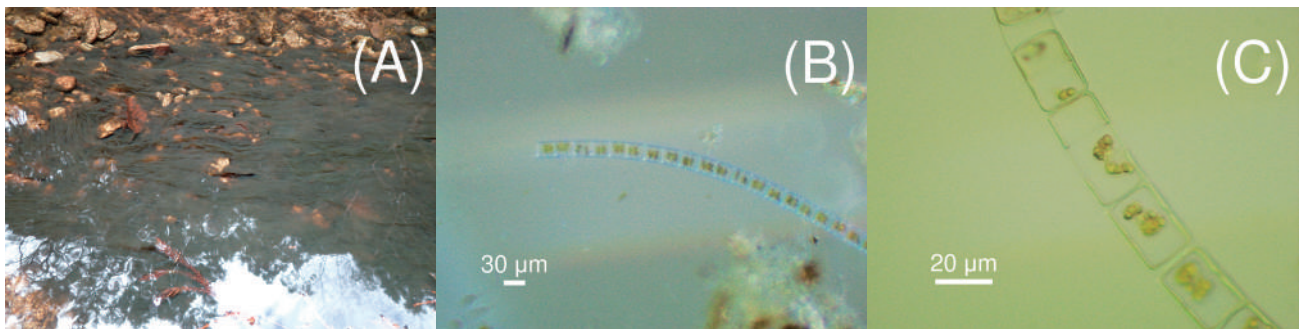


Photo 1. Appearance and microscopic forms of the filamentous algae in the headwater of Nachi River.

A: growing state in January 2019, B: microscopic appearance (obliquely irradiated using a white LED penlight), and C: microscopic appearance in iodine solution.

の *Melosira varians* に類似するが、球形の増大胞子 (山岸編 1999) が見られず、色素体が粒状で黄～緑色を呈することなどから珪藻でない判断された。また、色素体にヨウ素デンプン反応は生じないため (Photo 1C)、ピレノイドを有する糸状の緑藻ではなく、緑藻ではあるが同じくピレノイドを欠き形態的に類似する *Micospora* sp. (月井 2010) とは細胞壁や色素体の形状が異なり、トリボネマ属 (*Tribonema* spp.) と鑑別された。この優占的糸状藻類の細胞形態は、2020 年 1 月採取試料から検出された糸状藻類と同一であった。

Ioriya (1986) に記載される日本産 *Tribonema* spp. の細胞幅は 4～8μm が多いものの、約 35 種知られる本属 (山岸編 1999) の細胞幅は 3～25μm と幅広い (Zuccarello and Lokhorst 2005, Kiryakov et al. 2011)。また、細胞分裂時などには大きさに変化が生じる。本研究の採取試料の細胞幅の変動幅は大きく、数種が含まれている可能性が考えられる。もともと *Tribonema* spp. は低水温の湖沼や湧水などにみられるが、生育温度は高い方が成長は良い傾向がある (Ioriya 1986)。源流域は標高がやや高く、沿岸部よりも 4～5°C 気温が低いものの (Table 1)、南紀の温暖な気象条件の下で大きく、早く成長している可能性が考えられる。一方、*Tribonema* spp. は浮遊性のため水勢が強いと流されやすいが、生育環境が悪化するとアキネート (休眠期細胞) を形成し、乾燥や低温に良く耐える (Ioriya 1986, Nagano et al. 1999)。このため、鳥や動物等により上流方向へも運搬され、水系の中で分布を保ちうるものと

思われる。

本調査では優占的に繁茂する糸状藻類の採取を目的としていたため、採取地点や採取方法、季節によって種類や構成比が大きく変わる可能性はあるが、採取した糸状藻類の試料には、数種類の珪藻が含まれていた。バイアル 1 個の試料における構成比は、*Tribonema* spp. を 100 とすれば、概ね *Neidium* spp. 10、*Synedra* spp. 3、その他合わせて 1 であった (Table 2 には試料全体を 100 とした構成比を掲載)。その他に、希に色素体が濃い緑色の糸状藻類がみられた (Photo S10, S11)。また、本谷中流の荒廃支流合流点の小さな滞水 1 箇所で、強腐水性環境によく見られる鉄酸化細菌と思われる黄褐色の綿状塊 (Photo S12) が局所的に観察されたが、2019 年 6 月時を含めて調査時における源流域渓流水の目視上の透明度は高かった。好清水性の *Tribonema* spp. が優占種であることに加え、珪藻類として *Neidium* spp.、*Coconeis* spp.、*Cymbella* spp. が出現しており (Table 2)、現在の渓流水は概ね清冽とみることができるだろう (渡辺編 2005)。

5. まとめ

近年、大雨時の水の透明度低下が指摘される那智大滝の源流域において、季節的に顕著な繁茂がみられる糸状藻類群集について種構成を調べ、その消長と溪流環境について概要を述べた。種構成については、優占種は円筒形細胞が無分枝縦列する *Tribonema* spp. と鑑別され、数種類の珪藻類と希に糸状緑藻類が観察された。採取試料中、全体を 100 とすれば、*Tribonema* spp. の出現率は 87 であった (Table 2)。本稿における *Tribonema* spp. の細胞 1 個の平均的なサイズは本属既往文献値の中で大きい範囲にあり、細胞幅の変動幅が大きいことから数種が含まれている可能性が考えられた。繁茂の条件としては、降水条件が強く影響していると推察され、顕著な繁茂には Pi60 が 10mm h⁻¹ 未満で AP10 は 0mm に近く、AP30 は 60mm 以下が条件とみられた。一方、肉眼上消失する条件としては 20mm h⁻¹ 以上の Pi が目安とみられた。藻類群集の消失は剥離・流下により生じると考えられ、このとき滝水の透明度に影響を与える可能性がある。こうし

Table 2. Dominant species of algae by optical microscopic classification in the samples collected in December 2020.

Class	Genus	Appearance ^{*1}
Xanthophyceae	<i>Tribonema</i> spp. ^{*2}	87
Diatom	<i>Neidium</i> spp.	9
	<i>Synedra</i> spp.	3
	<i>Achnanthes</i> spp.	} 1
	<i>Coconeis</i> spp.	
	<i>Gomphonema</i> spp.	
<i>Cymbella</i> spp.		

* Approximate appearance frequency (%) per preparation of the specimen.

た消長の実態から、*Tribonema* spp. は通年存在していると推察されるが、20mm h⁻¹以上のPiが頻発し、AP10がしばしば100mmを超える温暖期の降水条件では、肉眼上顕著な藻類群集は形成されにくいと考えられる。

謝辞

本研究は森林総合研究所の運営費交付金を原資とした。淡水藻類の現地採取にあたっては、那智勝浦町、熊野那智大社、吉野熊野国立公園事務所のお世話になりました。特に那智勝浦町には交通費をご助成頂き、同町職員の橋爪卓郎氏・赤岡 誠氏・佐古成生氏に源流域をご案内頂いた。また、水質分析では当支所森林環境研究グループに土壌物理実験室ドラフトを、高倍率写真撮影に際しては多田泰之主任研究員にも顕微鏡をお借りした。ここに記し、謝意を表します。

引用文献

- 荒牧 重雄・羽田 忍 (1965) 熊野酸性火成岩類の中部および南部の地質. 地質学雑誌, 71, 494–512.
- Ioriya, T. (1986) Taxonomic studies of the genus *Tribonema* (Xanthophyceae Chrysophyta) from Japan. Journal of the Tokyo University of Fisheries, 73(1), 1–47.
- 石田 優子・藤本 将光・江種 伸之・深川 良一 (2014) 那智川水系の小流域における変状地の地形地質的特徴. 砂防学会研究発表会概要集, 63, B-278–B-279.
- 加藤 和弘 (2009) DAIPo (付着珪藻群集に基づく有機汚濁指数) の概要と課題. Diatom, 25, 2–7.
- 木平 英一・新藤 純子・吉岡 崇仁・戸田 任重 (2006) わが国の渓流水質の広域調査. 日本水文学会誌, 36(3), 145–149.
- 気象庁 (2011) “平成23年台風第12号による8月30日から9月5日にかけての大雨と暴風”, 災害時気象速報. 気象庁, 79pp. https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/saigaiji/saigaiji_201103/saigaiji_201103.html, (参照 2021-08-06).
- 気象庁 JMA (2021) “過去の気象データ検索”, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, (参照 2021-08-06).
- Kiryakov, I.K., Velichkova, K.N. and Dragieva, K.D. (2011) Species composition and distribution of genus *Tribonema* (Xanthophyceae) in Bulgaria. Phytologia Balcanica, 17(3), 273–277.
- Kobayashi, J. (1960) A chemical study of the average quality and characteristics of river water of Japan. Berichte des Ohara Instituts für landwirtschaftliche Biologie, Okayama Universität, 11, 313–358.
- 国土地理院 GSI (2021) “地理院地図”, <https://maps.gsi.go.jp/>, (参照 2021-08-06).
- 国立環境研究所 (2011) 「シリカ欠損仮説」と海域生態系の変質. 環境儀, 39, 14pp.
- 小山 靖憲・武内 雅人・柴原 永遠男・弓倉 弘年・笠原 正夫・高嶋 雅明 (2015) 和歌山県の歴史, 第2版. 山川出版, 337pp.
- 國松 孝男・村岡 浩爾編 (1989) 河川汚濁のモデル解析. 技報堂出版, 34–49.
- 許士 達広・光野 清・岩山 尚央 (2006) 水質および景観の関係からみたダム湖の水色に関する研究. 北海道河川協会研究紀要, 17, 14:1–15.
- 共立理化学研究所 (2019) “亜硝酸”, 共立パケットテスト使用法. 2pp.
- 共立理化学研究所 (2020) “硝酸”, パケットテスト利用方法. 2pp.
- 松永 勝彦 (2000) 森林起源物質が海の光合成物質に果たす役割. 日本海水学会誌, 54(1), 3–6.
- 南方熊楠顕彰会学術部編 (2006) 原本翻刻「南方二書」. 南方熊楠顕彰会, 9–10.
- 村山 正郎 (1954) “新宮・阿田和”, 5万分の1地質図幅説明書. 地質調査所, 27pp.
- 那智勝浦町企画課・農林課 Nachikatsuura Town (2001) “水は森から”, 那智勝浦町水源涵養林整備計画書. 那智勝浦町, 100pp.
- 仁井田 好古編 (1970) “寺山樫ノ実”, 紀伊続風土記 (三). 歴史図社, 79–80.
- Nagano, M., Arakawa, K., Takezawa, D., Yoshida, S. and Fujikawa, S. (1999) Akinete formation in *Tribonema bombycium* Derbes et Solier (Xanthophyceae) in relation to freezing tolerance. Journal of Plant Research, 112, 163–174.
- 日本 (2003) “世界遺産一覧表記載推薦書: 紀伊山地の霊場と参詣道”, 文化遺産オンライン, https://bunka.nii.ac.jp/special_content/hlinkA, (参照 2021-08-06).
- 佐藤 傳藏・佐藤 源郎 (1930) “三、那智ノ瀧 (昭和二年七月調査)”, 天然記念物調査報告 地質鉱物之部第四輯. 文部省, 27–32.
- 鹿園 直建・藤本 光一郎 (1996) 珪酸塩鉱物の水溶液に対する溶解速度—実験値とフィールド値の比較と流動・溶解カインティックモデルによる地下水組成の解釈. 地球化学, 30, 91–97.
- 島谷 幸宏・皆川 朋子 (1998) 景観からみた河川水質に関する研究. 環境システム研究, 26, 67–75.
- 篠原 四郎 (2001) “瀧と那智大社”, 熊野大社, 改訂版. 学生社, 97–119.
- 月井 雄二 (2010) “ミクロスポラ”, 淡水微生物図鑑. 誠文堂新光社, 152.
- 和歌山県 (2015) “世界遺産「紀伊山地の霊場と参詣道」和歌山県保存管理計画 (分冊3)”, 和歌山県, 70pp, <https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/500700/d00155849.html>, (参照 2021-08-06).
- 和歌山県 (2018) “森林資源情報”, https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/070600/jyouhou_teikyou/index.

html, (参照 2018-11-26).

和歌山県 (2021) "公共用水域水質測定結果 河川",
https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/032100/kekka_suisitu/koukyou/koukyouyousuiikisuisitu.html, (参照 2021-08-02).

和歌山森林管理署 (2008) 那智山国有林における貴重植物等の分布状況等調査業務報告書. 和歌山森林管理署, 160pp.

渡辺 仁治編 (2005) 淡水珪藻生態図鑑: 群集解析に基づく汚濁指数 DAIPo, pH 耐性能. 内田老鶴圃, 666pp.

山岸 高旺編 (1999) 淡水藻類入門: 淡水藻類の形質・種類・観察と研究. 内田老鶴圃, 646pp.

Zuccarello, G.C. and Lokhorst, G.M. (2005) Molecular phylogeny of the genus *Tribonema* (Xanthophyceae) using *rbcL* gene sequence data: monophyly of morphologically simple algal species. *Phycologia*, 44 (4), 384–392.

補足電子資料

以下はオンライン版のみの掲載となります。

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/bulletin/461/index.html>

Photo S1. Filamentous algae communities on the bedrock stream channel in January 2019.

The flow of the stream water was from right to left.

Photo S2. The same place as in Photo S1 in January 2020. *Tribonema* spp. was dominant in the submerged riparian.

Photo S3. Growing state of the filamentous algae on the bedrock stream channel in December 2020.

The leaves found on the bedrock were of *Chamaecyparis obtusa*.

Photo S4. Appearance of a droplet of the sample collected in

December 2020.

Photo S5. Dominant filamentous algae in the sample collected in December 2020.

The cells are cylindrical and form filaments. The filament is composed of an array of H-shaped bipartite walls.

Photo S6. Elongated cell between the H-shaped bipartite cell walls of the sample collected in December 2020 (obliquely irradiated using a white LED penlight).

Photo S7. Formation of new cell walls after the elongation between the H-shaped pieces of the sample collected in December 2020 (arrowhead position).

Photo S8. Primary cell wall retaining loose cells after soaking in water and ethanol at 70°C for conducting iodine-starch test of the sample collected in December 2020 (arrowhead position, in iodine solution).

Photo S9. Circumstantially visible internal configuration of a sample prepared for the iodine-starch test collected in December 2020 (obliquely irradiated using a white LED penlight).

Photo S10. Rarely existing green plastid filamentous alga in the sample collected in December 2020 (obliquely irradiated using a white LED penlight).

Photo S11. Configuration of the rarely existing green plastid filamentous alga in the sample collected in December 2020.

Photo S12. Focally identified community of an iron bacterium at a junction of eroded branch about 300 m north from the point A depicted in Fig. 1 in January 2019.

Freshwater algae dominantly found in the headwater of the Nachi River, Japan during winters

Ikuhiro HOSODA^{1)*} and Mayumi YOSHIMURA¹⁾

Abstract

The Nachi Falls in the southern Kii Mountain Range in Japan has been experiencing high water turbidity during heavy rainfall, primarily because of debris from landslides triggered by torrential rain during the severe typhoon Talas in 2011. In recent years, however, the impact of debris on turbidity appears to have sharply declined. At the same time, filamentous algae communities bloomed extensively in the submerged stream channels of the headwater in early 2019 but were undetectable by mid-2019 in the regional climate of humid subtropical type and annual rainfall exceeds 3500 mm.

Key words : Kii Mountain Range, granite porphyry, mature stand, stream environment, filamentous algae

Received 8 June 2021, Accepted 3 December 2021

1) Kansai Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

* Kansai Research Center, FFPRI, 68 Nagaikutaroh, Momoyama, Fushimi, Kyoto, 612-0855 JAPAN; E-mail: hosodaik@affrc.go.jp