

## 原著論文

# 日本で初めて検出されたブユ幼虫の腸内糸状菌 *Genistellospora* 属 (トリモチカビ門, ハルペラ目)

高木 望・陶山 舞・佐藤大樹・折原貴道

Nozomu Takagi, Mai Suyama, Hiroki Sato, and Takamichi Orihara: A new record of *Genistellospora* (Harpellales, Zoopagomycota), a gut-inhabiting genus of blackfly larvae in Japan

**Abstract.** A gut-inhabiting fungal genus, *Genistellospora* (Harpellales), was recorded in the larval hindgut of a blackfly species, *Simulium uchidai* (Simuliidae; Diptera), for the first time in Japan. The larvae were collected at a small brook (32 m above sea level) in the hilly area of the northeast of Chigasaki City, Kanagawa Prefecture. We found an unidentified species of *Genistellospora* and *Simuliomyces microsporus* in the hindgut, and *Harpella melusinae* in the midgut of the dissected larvae. Remarkably, this *Genistellospora* sp. did not produce azygospores, as known in species of this genus, but zygosporangia. *Simuliomyces microsporus* was exclusively observed on the thalli of *Genistellospora* sp. Triple infection by these harpellalean fungi in the same individuals, was observed.

## 緒言

ハルペラ目菌は、トリモチカビ門キクセラ亜門に属し (Spatafora *et al.*, 2016), 節足動物の消化管に生息する菌類である。本目の菌の多くは、カゲロウ目, カワゲラ目, ハエ目の昆虫を宿主とし, ハエ目のブユ科幼虫からはハルペラ目 2 科 9 属の菌種が報告されている (Lichtwardt *et al.*, 2001)。日本国内からは, *Harpella melusinae* L. Léger & Duboscq (産地: 北海道・青森県・栃木県・埼玉県・茨城県・神奈川県・新潟県・長野県・愛知県・静岡県・高知県), *Pennella angustispora* Lichtwardt (青森県・茨城県・東京都・神奈川県), *Smittium simulii* Lichtwardt (栃木県・茨城県・東京都・千葉県・香川県・高知県), *Simuliomyces microsporus* Lichtwardt (北海道・神奈川県) の 2 科 4 属 4 種が報告されているが (Lichtwardt *et al.*, 1987; Sato, 2002; 佐藤・出川, 2003; Sato, 2013; 佐藤, 2013a, b; 佐藤・折原, 2013; 陶山ほか, 2017; 陶山ほか, 2018), ブユ科幼虫に感染するハルペラ目菌にはまだ未記録の属や種が存在する。そこで, 筆者らは神奈川県下の河川においてブユ科幼虫を採集しハルペラ目菌を検出, 形態学的検討を行ったところ, 本邦初記録となる *Genistellospora* 属菌が得られたので報告する。

## 材料と方法

ブユの幼虫は, 神奈川県茅ヶ崎市堤, 清水谷 (しみずやと) で採集した。清水谷は茅ヶ崎市北東の丘陵地帯に位置する市の特別緑地保全地区である。幼虫は全長 600 m 程度の小さな流れの中の落葉や流れの中に倒れた草の葉に群れて生息していた。筆者らは 2021 年 3 月 29 日から 2021 年 6 月 26 日の間 17 回ブユ幼虫の採集を行い, 各回 12–25 頭のブユを観察した。ブユの幼虫は, 佐藤 (2013b) に従い解剖を行い, ブユの消化管に寄生した菌体をスライドガラス上で水封入により観察した。2021 年 4 月に採集したブユ幼虫の一部は, 佐藤 (2013a) に従い冷凍保存し (–20 °C), 2021 年 9 月に解凍, 解剖を行い観察した。水封入下の観察を終えた菌体は, 水をラクトグリセロールに置換後, アクリル系ラッカーでシールし, 保存用プレパラート標本とした。これらのプレパラート標本は, 生命の星・地球博物館 (KPM) に保管されている (KPM-NC 29131–29133, KPM-NC 29136–29151)。検出された菌体の各器官の計測には画像処理ソフトウェア ImageJ (Rasband, 1997–2018) を使用した。採集した幼虫は保管容器内でしばしば蛹化し, また幼虫と同時に採集された蛹はしばしば羽化した。幼虫, 蛹, 成虫の形態観察によりブユの種同定を行った。

表 1. ブユ幼虫を宿主とする清水谷産 3 種ハルペラ目菌類の検出頻度 (頭数)

採集日	解剖数	<i>Harpella melusinae</i>	<i>Genistellospora</i> sp.		<i>Simulium microspor</i>
		菌検出	菌検出	接合胞子検出	菌検出
2021. 3.29	15	11	0	0	0
2021. 4. 4	20	17	1	0	0
2021. 4.10	23	23	7	0	0
2021. 4.16	20	20	4	0	2
2021. 4.22	20	20	12	0	2
2021. 4.29	20	20	8	0	3
2021. 5. 5	20	20	10	0	2
2021. 5.11	21	21	14	3	3
2021. 5.15	24	24	17	2	2
2021. 5.20	20	20	17	2	3
2021. 5.24	20	20	6	1	1
2021. 5.29	20	20	4	1	0
2021. 6. 1	25	25	9	1	2
2021. 6. 7	22	22	8	2	2
2021. 6.13	20	20	5	1	0
2021. 6.18	20	20	7	0	0
2021. 6.26	12	12	2	0	0
計	342	335	131	13	22

## 結 果

宿主昆虫は、林 (2017) に基づきウチダツノマユブユ *Simulium uchidai* (Takahasi) と同定した。本種は神奈川県をはじめ全国的に分布し (斎藤・金山, 1993), 流れが緩やかで、水中に植物が多く生えた小規模な河川に特に高密度で生息している (林, 2017)。ブユ幼虫の解剖の結果 (表 1), 全 342 頭のうち 98 % (335 頭) の中腸には *Harpella melusinae* (ハルペラ目ハルペラ科), 38 % (131 頭) の後腸には、ハルペラ目レゲリオミケス科の菌体の感染が認められた。後腸に感染する菌体の形態的特徴、ならびに各器官の計測値を Lichtwardt (1972, 1986, 1997), Alencar *et al.* (2003) および Valle *et al.* (2011) と照合した。その結果、トリコスポアの形態、アペンデージの本数、接合胞子と接合胞子柄が平行をなすといった特徴から本菌を *Genistellospora* 属菌と同定した。本属菌は 4 月中旬から 5 月下旬まで 4 割を超える感染があり、有性生殖は 5 月中旬から 6 月中旬まで認められた。全 342 頭のブユ幼虫のうち 6.4 % (22 頭) の後腸にはハルペラ目レゲリオミケス科の *Simulium microspor* の感染が 4 月中旬から 6 月上旬まで認められた。*Simulium microspor* はすべて *Genistellospora* 属菌に付着し、後腸壁に直接付着した菌体は確認されなかった。また、*S. microspor* の後腸への単独感染は認められなかった。*Harpella melusinae* と *Genistellospora* 属菌の 2 種の菌に同時に感染 (二重感染) した幼虫は解剖数の 37.5 %, *S. microspor* を含めた三重感染は 6.3 % であった (図 4)。

神奈川県では *H. melusinae* と *S. microspor* はすでに記録されていることから (佐藤・出川, 2003; 陶山ほか, 2017), 本稿では *Genistellospora* 属菌に着目し、得られた標本の形態的特徴を記す。

## *Genistellospora* sp.

(図 1-3, 4A, C)

### 観察標本

KPM-NC 29137 (2021 年 4 月 22 日採集), KPM-NC 29138 (2021 年 4 月 29 日採集), KPM-NC 29140 (2021 年 5 月 5 日採集), KPM-NC 29141 (2021 年 5 月 11 日採集), KPM-NC 29142 (2021 年 5 月 11 日採集), KPM-NC 29143 (2021 年 5 月 11 日採集), KPM-NC 29145 (2021 年 5 月 20 日採集), KPM-NC 29147 (2021 年 5 月 29 日採集), KPM-NC 29148 (2021 年 6 月 1 日採集), KPM-NC 29150 (2021 年 6 月 7 日採集), KPM-NC 29151 (2021 年 6 月 13 日採集)。

成熟菌体は主軸を持ち分岐する (図 1A, E-G)。主軸の細胞は 52-133 × 6-10 μm, 主軸基部の細胞端は若干太く、付着器 (holdfast) でブユの後腸壁に付着する (図 1E-G)。付着器は輪郭が明瞭な倒円錐台形または円盤形、高さ 6 μm 以下、径 10 μm 以下。分枝先端に末端付近が非対称に膨らんだ胞子形成細胞を 1-4 個有し、細胞の先端直下側方にトリコスポアを形成する (図 1B, C)。トリコスポアは襟なし、やや非対称な卵形~長卵形、基部から先端にかけての約 1/4 から 1/3 の位置に最大径を持ち、27.3-38.4 × 8.7-13.0 μm (平均: 33.6 × 11.2 μm, n = 35), 細まった先端部の径は 6.3-8.6 μm。トリコスポアはその中心軸から 3.0-3.5 μm 離れた面で胞子形成細胞に接続し、接続面の径は約 3 μm。トリコスポアは少なくとも 6 本のアペンデージを持つ (図 1D)。細胞質にはスポアボディ (液胞状の構造) がトリコスポアの長軸方向に並ぶ (図 1B)。接合胞子形成は同一菌体上で生じ、まず、一方の菌糸の先端が他方の菌糸先端の細胞の側面と融合する。後者の細胞はその基部から菌糸融合部を経て接合胞子柄の分岐

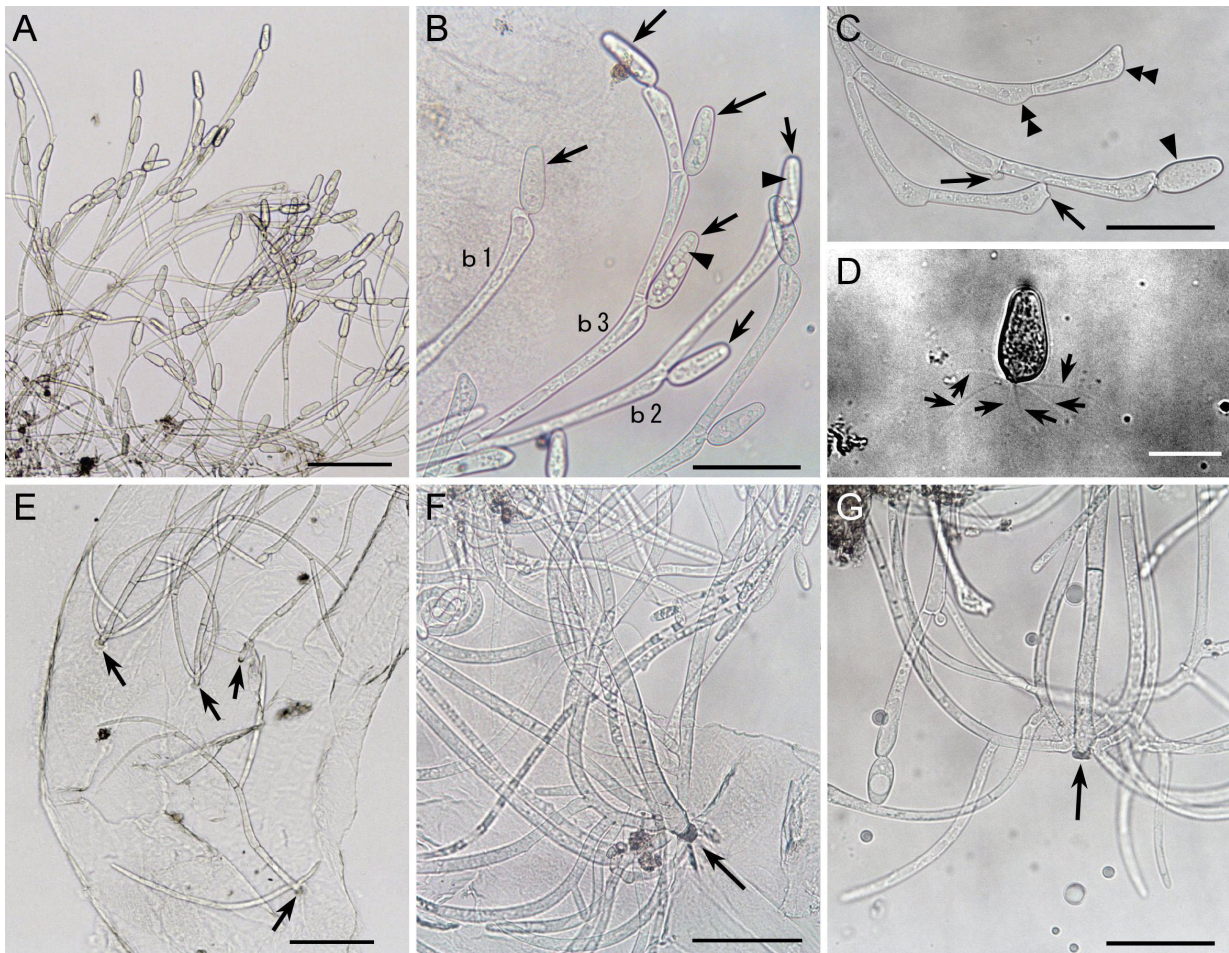


図 1. 水封入による *Genistellospora* sp. の顕微鏡写真 . A: 菌体, KPM-NC 29141; B: トリコスポアと胞子形成細胞 (矢印: トリコスポア; くさび印: スポアボディ; b1: 胞子形成細胞数が 1 細胞の菌糸先端; b2: 2 細胞; b3: 3 細胞), KPM-NC 29143; C: トリコスポア形成 (矢印: 形成初期のトリコスポア; くさび印: 成熟したトリコスポア; 二重くさび印: トリコスポア形成前の胞子形成細胞), 標本なし; D: 離脱したトリコスポア (矢印: アペンデージ), KPM-NC 29137; E: 後腸と菌体 (矢印: 後腸壁に付着した菌体), KPM-NC 29137; F: 菌体基部 (矢印: 倒円錐台形の付着器), KPM-NC 29138; G: 菌体基部 (矢印: 円盤形の付着器), KPM-NC 29140. 図 A および E のスケールバー: 100  $\mu$ m; 図 B および C, F, G のスケールバー: 50  $\mu$ m; 図 D のスケールバー: 20  $\mu$ m.

に到るまで漸次太くなり, 先端に向かい先細りする (図 2A-F, 3). 接合胞子柄は  $32.6\text{--}45.5 \times 9.7\text{--}18.2 \mu\text{m}$  (平均:  $39.8 \times 14.1 \mu\text{m}$ ,  $n = 24$ ). 接合胞子は双円錐形,  $87.9\text{--}109 \times 15.0\text{--}23.4 \mu\text{m}$  (平均:  $96.4 \times 18.0 \mu\text{m}$ ,  $n = 28$ ), 接合胞子中心部で接合胞子柄と平行をなす. 接合胞子は接合胞子柄を残して離脱し, 襟を欠く (図 2F).

### 考 察

菌類の学名に関する国際データベースである MycoBank (<http://www.mycobank.org>) 上には, *Genistellospora* 属には以下の 6 種, *G. homothallica* Lichtwardt (Lichtwardt, 1972), *G. guanacastensis* Lichtwardt (Lichtwardt, 1997), *G. nubila* Lichtwardt (Lichtwardt, 1997), *G. tepidaria* Lichtwardt (Lichtwardt, 1997), *G. tropicalis* Ríos-Velázquez, Alencar, Lichtwardt & Hamada (Alencar *et al.*, 2003), *G. dorsicaudata* L.G. Valle, M.M. White & Cafaro (Valle *et al.*, 2011) が登録されている. 観察標本のトリコスポアは卵形~長卵形で, アペンデージは少なく

とも 6 本あり, これらの特徴は 6 既知種とほぼ共通する. トリコスポアの大きさは *G. homothallica* および *G. dorsicaudata* に近い. 付着器の形状と付着器直上の基部の細胞が分枝する様式は既知種, 特に *G. homothallica*, *G. dorsicaudata*, 及び *G. tepidaria* に類似している. 有性生殖による胞子も双円錐形で, 中心部で接合胞子柄と平行に接続する様式は, 既知 6 種の中の, 有性生殖が未確認である *G. nubila* を除く 5 種の構造と共通する. 大きさは, トリコスポアの場合と同様 *G. homothallica* 及び *G. dorsicaudata* に近い. これらトリコスポアの形状, アペンデージの本数, 有性生殖による胞子の形態とそれに連なる胞子柄の配置の状態の点では, 本菌は *Genistellospora* 属の定義を満たしている.

しかし, 本観察標本は, 有性生殖による胞子形成様式が同属の既知種と大きく異なっていた. すなわち, 本菌では接合胞子 (zygospore) が観察されたが, 既知種 (有性生殖未確認の *G. nubila* を除く) は接合を伴わず, 単為接合胞子 (azygospore) を形成する. 本属の有性生殖による胞子構造には, 属の記載以来, 接合胞子という用

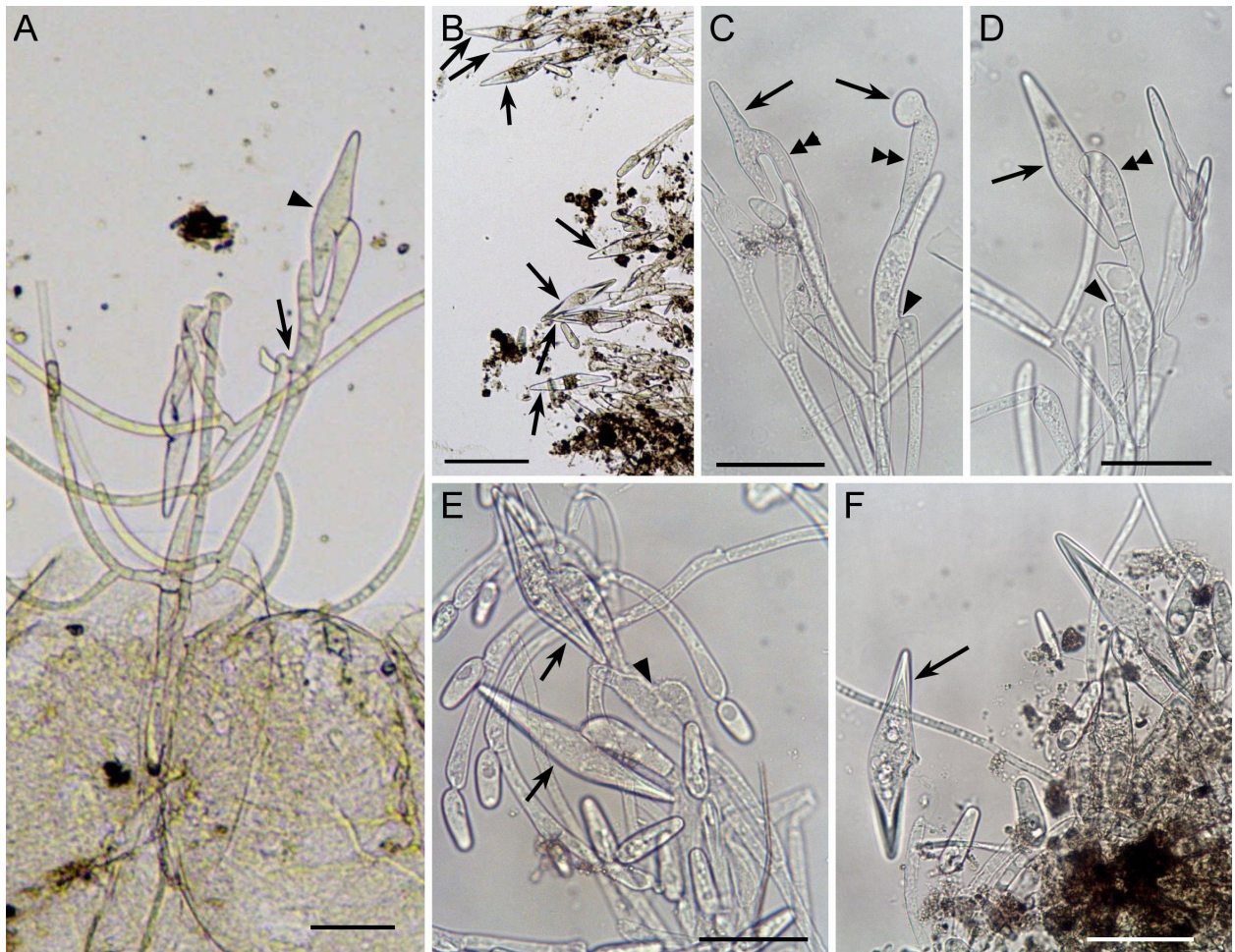


図2. 水封入による接合・接合胞子の顕微鏡写真. A: 同一菌株内における接合と接合胞子の形成 (矢印: 接合部; くさび印: 接合部), KPM-NC 29148; B: 接合胞子を形成した菌体 (矢印: 接合胞子), KPM-NC 29142; C: 形成初期の接合胞子 (矢印: 接合胞子; くさび印: 接合部; 二重くさび印: 接合胞子柄), KPM-NC 29145; D: 未熟な接合胞子 (矢印: 接合胞子; くさび印: 接合部; 二重くさび印: 接合胞子柄), KPM-NC 29143; E: ほぼ成熟した接合胞子 (矢印: 接合胞子; くさび印: 接合部), KPM-NC 29145; F: 離脱した接合胞子 (矢印: 接合胞子), KPM-NC 29142. 図Aのスケールバー: 50  $\mu\text{m}$ ; 図Bのスケールバー: 100  $\mu\text{m}$ ; 図C-Fのスケールバー: 50  $\mu\text{m}$ .

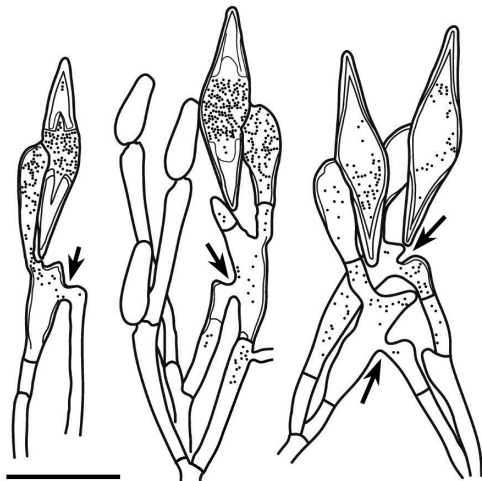


図3. *Genistellospora* sp. の接合胞子形成 (矢印: 接合部; スケールバー: 50  $\mu\text{m}$ ). 左: KPM-NC 29147; 中央: KPM-NC 29150; 右: KPM-NC 29151.

語が当てられてきたが (Lichtwardt, 1972, 1997; Alencar *et al.*, 2003; Valle *et al.*, 2011), 厳密には単為接合胞子であるため, ここでは後者を用いた。今回の観察は, 本属において接合が確認された最初の事例と考えられる。さらに, 本菌は, 胞子・胞子柄を形成する細胞上に親指状の突起を持たず, 突起を形成する既知の5種と異なっている。これらより, 今回の標本は, *Genistellospora* 属の未記載種だと考えられた。

本属の定義について, Lichtwardt (1972) の記載文では, 接合胞子は菌糸の接合なしに形成されると記述されている。一方, 本種は明らかに接合後に接合胞子を形成した。*Genistellospora* 属の概念を本種が含まれるように改定する必要があると考えられる。本種の命名のためには, 追加試料の検討に基づく分類学的再定義を要するため, ここでは形態の観察報告のみにとどめる。

*Genistellospora* 属菌のうち *G. homothallica* は南北アメリカ, ヨーロッパ, 及びアルメニアに分布, 他5種は中南米に分布し (Lichtwardt *et al.*, 2001), 地理的にヨーロッパに近いアルメニアを除けばアジアからの報告は本研究が初である。本属では, ハルペラ目内の系統解析の

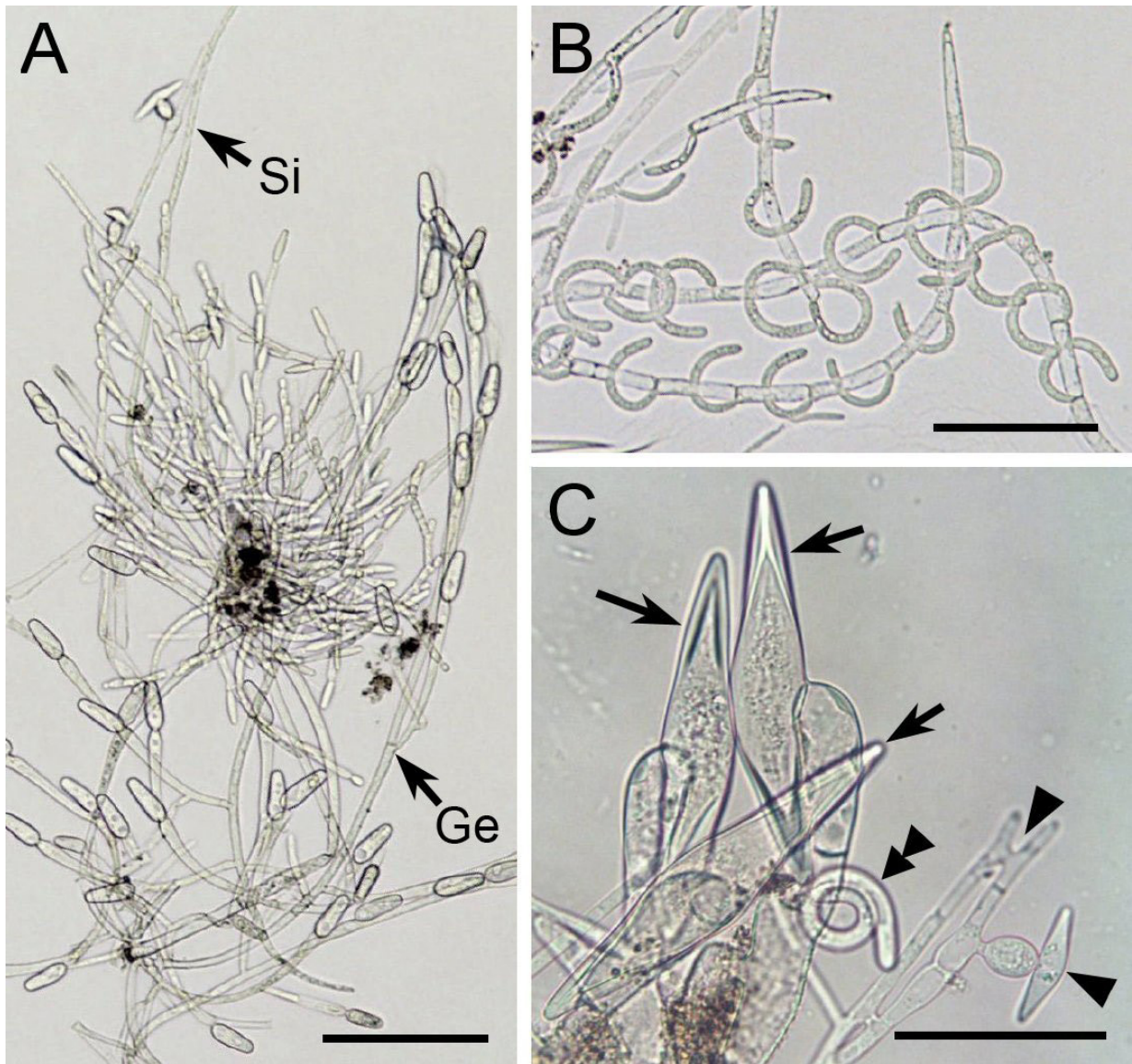


図4. 水封入によるウチダツノマユブユ同一個体におけるハルペラ目菌類の三重感染を示す顕微鏡写真. A: 後腸の寄生菌 (Ge: *Genistellospora* sp.; Si: *Simuliomyces microsporus*), KPM-NC 29140; B: 中腸に付着した *Harpella melusinae*, KPM-NC 29135; C: 後腸内の3菌種 (矢印: *Genistellospora* sp. の接合胞子; くさび印: *S. microsporus* の接合部と接合胞子; 二重くさび印: 中腸から後腸内に移動した *H. melusinae* のトリコスポア), KPM-NC 29144. A および B のスケールバー: 100  $\mu\text{m}$ ; C のスケールバー: 50  $\mu\text{m}$ .

ためにアメリカ合衆国産の *G. homothallica* が分子系統解析されているのみであり (White, 2006), 今回報告する *Genistellospora* sp. を含め属内種間の分子系統学的な関係の解明が待たれる。

神奈川県では小田原市入生田において、アシマダラブユの幼虫から *Harpella melusinae* (佐藤・出川, 2003), *Pennella angustisporea* (佐藤・折原, 2013), *Simuliomyces microsporus* (陶山ほか, 2017) および *Smittium* sp. (陶山ほか, 2018) が得られている。本研究において、ウチダツノマユブユに対する *H. melusinae* の感染率は高く、調査期間中平均 98 % であった。入生田における *H. melusinae* のアシマダラブユに対する感染率は年間を通して 100 % であった (陶山ほか, 2018)。*Harpella melusinae* は宿主のブユ科の種が異なっても寄生率は極めて高く、広い宿主範囲が想定された。*Simuliomyces microsporus* は

北海道帯広市において、オオイタツノトゲブユ (旧種名: アオキツメトゲブユ, *Simulium aokii* (Takahasi)) から検出されている (佐藤, 2013a)。今回の *S. microsporus* の検出は、入生田の検出例に続き国内 3 例目であり、それぞれ異なる宿主から検出されている。すなわち、*S. microsporus* は広い宿主範囲を持つものと考えられた。

*Simuliomyces microsporus* の付着部位について、Lichtwardt (1972) はブユの後腸壁と、後腸内の *Paramoebidium* sp. や *G. homothallica* の菌糸上に付着することを示した。今回、*S. microsporus* が *Genistellospora* sp. の菌糸上に付着することが確認されたが、後腸壁に付着する菌体は認められなかった。一方、*Paramoebidium* sp. は検出されなかった。これらのことから、ブユ腸内における *S. microsporus* の付着部位は、必ずしも一定でないことが示唆される。

本調査地（茅ヶ崎市清水谷）で確認された菌類相には、小田原市入生田で記録された種と共通するものがある一方、茅ヶ崎市ではウチダツノマユブユの幼虫から *P. angustispora* は検出されず、新たに *Genistellospora* sp. が検出された。*Pennella* の宿主であるアシマダラブユの採集地は入生田の溪流で、ウチダツノマユブユの採集地は流れが緩やかな細流で源は湧水である。このことから、地域の寄生菌感染様相の相違には、水環境の相違が影響していることが予想される。しかし、入生田では同地点の継続的な観察の蓄積によりハルペラ目菌類の検出種数が漸次増加していることから（佐藤・出川, 2003; 佐藤・折原, 2013; 陶山ほか, 2017, 2018）、本調査地（茅ヶ崎市清水谷）においても継続的な観察が必要である。併せて、宿主特異性、腸内における菌種間の競合等、想定される感染に関わる要因の解明には、全国的に分布するウチダツノマユブユを用いた、より多くの試料による比較検討が必要だと考えられる。

本研究では、冷凍保存したブユ幼虫を解凍・解剖し、水封状態でトリコスポアから伸長するアペンデージを観察した。佐藤（2013a）は *S. microsporus* の研究において、宿主オオイトツノトゲブユの冷凍保存試料を解剖して得られた菌体の形態は、生体解剖して得られた菌体の形態とほぼ変わらず安定であることを示した。今回、ブユ幼虫が冷凍・解凍の処理を受けても、ごく細いアペンデージを毀損することなく観察できた。このことは、*S. microsporus* 同様、*Genistellospora* 属の菌体でも、冷凍・解凍を経ても安定的に観察可能であることを示すものである。ハルペラ目菌類の観察にあたっては、宿主の採集後、速やかに生体解剖を行う必要があると考えられていたが、今後、宿主の冷凍保存を前提とした調査・採集や観察も可能になることが期待される。

## 謝 辞

本研究における野外調査を実施するにあたり、清水谷特別緑地保全地区における採集に便宜を図っていただいた茅ヶ崎市都市部景観みどり課の皆様へ深謝する。また、当地区で環境保全活動をされている清水谷を愛する会の皆様へ感謝を申し上げる。

## 引用文献

Alencar, Y. B., C. M. Ríos-Velásquez, R. W. Lichtwardt & N. Hamada, 2003. Trichomycetes (Zygomycota) in the digestive tract of arthropods in Amazonas, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, **98**: 799–810.

林 成多, 2017. 島根県産ブユ科の同定と分布. ホシザキグリーン財団研究報告特別号, (21): 1–122.

Lichtwardt, R. W., 1972. Undescribed genera and species of Harpellales (Trichomycetes) from the guts of aquatic insects. *Mycologia*, **64**:167–197.

Lichtwardt, R. W., 1986. The Trichomycetes, fungal associates of arthropods. 343 pp. Springer-Verlag, New York.

Lichtwardt, R. W., 1997. Costa Rican gut fungi (Trichomycetes) infecting lotic insect larvae. *Revista de Biología Tropical*, **45**(4): 1349–1383.

Lichtwardt, R. W., M. J. Cafaro & M. M. White, 2001. The Trichomycetes, fungal associates of arthropods, revised edition. <https://keyserver.lucidcentral.org/key-server/data/0b08020c-0f0c-4908-8807-030c020a0002/media/Html/monograph/text/mono.htm> (accessed on 2022-July-4).

Lichtwardt, R. W., Y. Kobayasi & H. Indoh, 1987. Trichomycetes of Japan. *Transactions of the Mycological Society of Japan*, **28**(4): 359–412.

Rasband, W. S., 1997–2018. ImageJ. U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <https://imagej.nih.gov/ij/> (accessed on 2021-August-6).

斎藤一三・金山彰宏, 1993. 神奈川県産ブユ科(Simuliidae)の目録. 神奈川自然誌資料, (14): 59–65.

Sato, H., 2002. Two ultrastructural aspects of the trichospore of *Pennella angustispora* (Harpellales): canals in the sporangiospore cell wall and appendage formation. *Mycoscience*, **43**(1): 33–36.

Sato, H., 2013. Gut-living fungi of aquatic insects: preliminary collection record of Harpellales (Kickxellomycotina) in Tsukuba, Japan. In Tojo, K., K. Tanida & T. Nozaki (eds.), Proceedings of the 1st Symposium of the Benthological Society of Asia (Biology of Inland Waters, Supplement No. 2), pp. 109–114. Scientific Research Society of Inland Water Biology, Sakai, Osaka.

佐藤大樹, 2013a. ブユ幼虫の腸内寄生菌 *Simuliomyces microsporus* (ハルペラ目) の日本初記録とその解剖用昆虫試料の冷凍保存法の検討. 日本菌学会会報, **54**(2): 54–59.

佐藤大樹, 2013b. ブユ幼虫を用いたハルペラ目の観察方法. 日本菌学会会報, **54**(2): 70–78.

佐藤大樹・出川洋介, 2003. 神奈川県産昆虫腸内寄生菌の一種 *Harpella melusinae* (トリコミケス綱: ハルペラ目) の記録. 神奈川自然誌資料, (24): 85–87.

佐藤大樹・折原貴道, 2013. ブユ幼虫の腸内寄生菌 *Pennella angustispora* (ハルペラ目) の神奈川県初記録. 神奈川自然誌資料, (34): 21–23.

Spatafora, J. W., Y. Chang, G. L. Benny, K. Lazarus, M. E. Smith, M. L. Berbee, G. Bonito, N. Corradi, I. Grigoriev, A. Gryganskyi, T. Y. James, K. O'Donnell, R. W. Roberson, T. N. Taylor, J. Uehling, R. Vilgalys, M. M. White & J. E. Stajich, 2016. A phylum-level phylogenetic classification of zygomycete fungi based on genome-scale data. *Mycologia*, **108**(5): 1028–1046.

陶山 舞・佐藤大樹・折原貴道, 2018. 入生田におけるアシマダラブユ幼虫腸内寄生菌の通年観察. 神奈川自然誌資料, (39): 1–4.

陶山 舞・高木 望・佐藤大樹・折原貴道, 2017. 本州初記録となるブユ幼虫の腸内糸状菌 *Simuliomyces microsporus* (ハルペラ目) の神奈川県からの発見. 神奈川自然誌資料, (38): 1–4.

Valle, L. G., M. M. White & M. J. Cafaro, 2011. Dipteran-associated Harpellales from lowland and submontane tropical rain forests of Veracruz (Mexico). *Mycologia*, **103**(3): 656–673.

White, M. M., 2006. Evolutionary implications of a rRNA-based phylogeny of Harpellales. *Mycological Research*, **110**(9), 1011–1024.

高木 望・陶山 舞: 神奈川県立生命の星・地球博物館菌類ボランティア; 佐藤大樹: 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所; 折原貴道: 神奈川県立生命の星・地球博物館

(受領 2022 年 10 月 31 日; 受理 2023 年 3 月 5 日)