

御蔵島の地下生菌相の特徴

折原貴道¹⁾・出川洋介²⁾

1) 神奈川県立 生命の星・地球博物館 〒250-0031 神奈川県小田原市入生田 E-mail: t_orihara@nh.kanagawa-museum.jp

2) 筑波大学山岳科学センター菅平高原実験所 〒386-2204 長野県上田市菅平高原 1278-294

緒言

菌類はあらゆる生物の中でも特に多様性の高いグループの一つで、菌界における、すでに学名のある種だけでもおよそ 13 万 5 千種、現在の推定種数では 510 万種とも 600 万種ともいわれている (Blackwell, 2011; Hibbett *et al.*, 2016; O' Brien *et al.*, 2005; Taylor *et al.*, 2014). このような多様性のもと、自然界のあらゆる環境において、適応的に進化した菌類が存在することは想像に難くない. 菌類は水中から岩場に至るまで多様な環境にみられるが、我々にとってなじみの深い菌類と言えば、食べ物につくカビや、食材として広く利用されるきのこであろう.

「きのこ」とは、肉眼で認識可能な大きさの子実体（有性の孢子を形成する、菌類の器官）の俗称であり、科学的な定義がなされている訳ではない. そのため、きのこをつくる菌類は分類学的に単一のグループを形成せず、担子菌門、子囊菌門という、菌界の二つの大きな門にまたがって存在する. きのこを形成する菌類（以下、きのこ類）の大半は、精巧なメカニズムにより孢子を自力で射出し、風により遠方へ散布する (Deering *et al.*, 2001 ; Roper *et al.*, 2010 ; Golan & Pringle, 2017). しかし、中には通常のきのこ類とは異なる環境に生育し、風を利用せずに特殊な方法で孢子を散布するきのこ類も存在する.

その最たる例が、土壌中やリター層中に子実体（きのこ）を形成する、地下生菌とよばれる菌類である. 代表的なものとしては、トリュフ類 (*Tuber* spp.) が挙げられる. 地下生菌の子実体は主に類球形～垂球形で、多くの場合、柄は退化し、孢子を形成する組織が外皮に被われた状態で成熟する. ほとんどの場合、孢子の形成細胞（担子器や子囊など）から自力で孢子を射出する仕組みも失っているため、自力で孢子を遠方へ散布することができない. 地下生菌は菌類の多数の系統から収斂進化した菌群であり、担子菌門、子囊菌門のきのこ類の他、ケカビ門の一部の分類群（アツギケカビ目やグロムス亜門）においてもトリュフ型の孢子集合体（孢子果）を地中に作るものが知られている (折原, 2018). これら地下生菌の子実体は、果物のような匂いや薬品臭、ガーリック臭など、特徴的なにおい

を有するものが多く、それにより小型哺乳類や節足動物を誘引し、摂食されることで胞子を遠方へ散布すると考えられている (Claridge & May, 1994; Fogel, 1975; Maser *et al.*, 1978). そのため、海峡の存在が分散の大きな障壁になると考えられ、伊豆諸島などの海洋島に分布を広げるチャンスは非常に少ないことが予想される。

筆者は伊豆諸島に分布を広げている地下生菌に着目し、その分類と系統学的・遺伝学的特徴について研究を進めている。御蔵島における地下生菌の報告は、Degawa (2001) による *Sclerocystis coremioides* Berk. & Broome の記録があるのみである。本種は一般的なきのこを形成する系統とは異なり、ケカビ門グロムス亜門に含まれる菌であるが、微小なトリュフ型の厚壁胞子集合体 (胞子果) を形成するため、地下生菌の範疇に含める場合がある。本稿では、御蔵島における地下生菌相の特徴について、現在までの調査結果に基づき予報的に報告する。

材料および方法

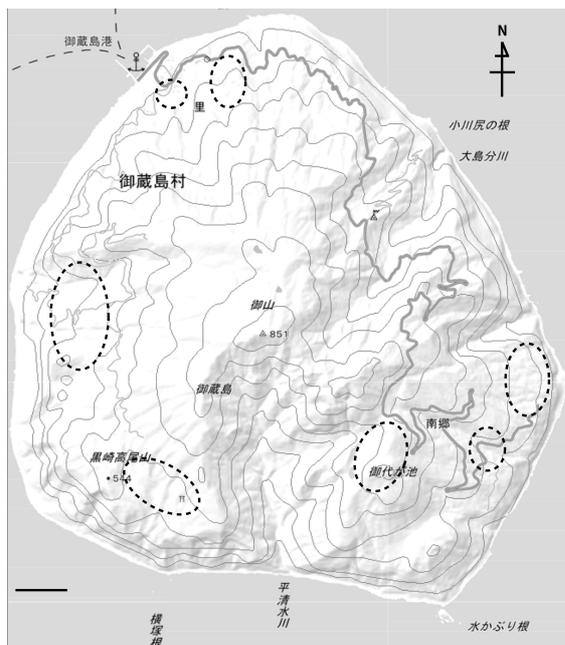


図 1. 本研究における地下生菌調査地。点線で囲われたエリアのスダジイ林において探索を行った。図は国土地理院地理員地図 (<http://maps.gsi.go.jp/>) を基に作成した。

子果形成トリュフ型菌類 (グロムス亜門, アツギケカビ目および *Modicella* 属の菌) は除外した。

御蔵島における地下生菌調査は 2017 年 4 月 27–29 日、および 2018 年 3 月 16–18 日にかけて実施した。島内の複数地点のスダジイが優占する森林において (図 1), 園芸用のレーキを用いてリター層および土壌表層を掻き分けて、地下生菌子実体の探索を行った (図 2)。採集した子実体はアルミホイルに包んで持ち帰り、子実体組織から DNA 抽出を行った後、温風乾燥 (48°C, 48 時間) もしくは真空凍結乾燥により、標本を作成した。光学顕微鏡による子実体微細構造の明視野観察には、OLYMPUS BX50 (Olympus Co. Ltd., 東京) を用いた。胞子径の計測の際には、表面のオーナメントを除いた。標本は神奈川県立生命の星・地球博物館 (KPM) に収蔵されている。その他、神奈川県立生命の星・地球博物館に収蔵されている、2000 年 6 月～7 月御蔵島菌類調査時の標本コレクションについても、地下生菌標本の観察、同定を行った。なお、本研究での調査対象種は担子菌および子囊菌門の地下生菌に限定し、ケカビ門の胞子果形成トリュフ型菌類 (グロムス亜門, アツギケカビ目および *Modicella* 属の菌) は除外した。



図 2. 地下生菌の探索の様子. 園芸用の熊手もしくはレーキを用い、表土や落葉（リター）層を掻き分けて地下生菌子実体を探す. 基本的には土をあまり深く掘り返す必要は無い.

結果

2017年4月および2018年3月の調査の結果、3属3種（ヒメノガステル属の一種 *Hymenogaster* sp., コイシタケ *Russula* sp., ツチダンゴ属の一種 *Elaphomyces* sp.）の地下生菌が採集された. また、神奈川県立生命の星・地球博物館所蔵の御蔵島産標本を再検討した結果、2000年6月に里の稻根神社で採集されたツチダマタケ属の一種 *Rossbeevera* sp. が見いだされた. その他、同じく2000年6月に同地で採集されたセイヨウショウロ属（トリュフ）の一種 *Tuber* sp. の標本情報が残されていたものの、標本の所在は確認できなかった. 以下に各地下生菌の特徴を概説する.

担子菌門 Basidiomycota

ハラタケ目 Agaricales

ヒメノガステル科 Hymenogastraceae

Hymenogaster sp. ヒメノガステル属の一種（図 3a-b）

子実体は地下生、直径最大 22 mm、類球形～塊形、表面は類白色～象牙色～黄褐色、やや粗面、基部の柄は発達しないが、末端に子実体表面と同色の根状菌糸束をつけることがある. 外皮は幅 0.3 mm 未満. 子実体内部のグレバは未熟時象牙色、のちに帯赤褐色となるが、黒褐色にはならない. 外皮は顕微鏡下では幅 1.8–12 μm の部分的にやや膨張した糸状菌糸からなる. グレバの腔室は不定形で、最大径 1 mm. 担子器は短棍棒型～短円筒形、2胞子性、無色. 担子胞子は 13.3–17 \times 6.8–10.2 μm , 平均 14.8 \times 8.3 μm (n = 25), レモン型, 褐色, 表面は厚さ約 1 μm の膜状層に被われ, その内部に微疣が散生～部分的に密生する. 子実体, 特に内部は果実臭と薬品臭が混合したような臭気を発する.

発生環境：春，スダジイ樹下に発生．リターの腐食層のある，柔らかい土壌を好む傾向にある．御蔵島島内に広く発生（南郷，御代ヶ池，ボロ沢，家の沢周辺）．

観察標本（御蔵島産）：KPM-NC 26016, KPM-NC 26025, KPM-NC 26026, KPM-NC 26027, KPM-NC 26028, KPM-NC 26183, KPM-NC 26185, KPM-NC 26186, KPM-NC 26187.

注記：本研究での調査において，島内で最も頻繁に採集された地下生菌である．形態的にはマメツブタケ *H. arenarius* Tul. & C. Tul. に類似するが，異同についてはさらなる多面的検討を要する．

ベニタケ目 Russulales

ベニタケ科 Russulaceae

ベニタケ属 *Russula*

コイシタケ類似種 *Russula* sp. (図 3c)

2 子実体を採集．子実体は類球形，直径は大型の方が 14 mm，亜球形～類球形，表面はほぼ平滑，変色性は無く，白色，時にやや黄色味を帯びる．子実体基部の柄は発達しない．外皮は厚さ 0.4 mm 以下，紙質で，グレバから容易に剥がれる．グレバは成熟時淡黄褐色，基層板が密に広がり，腔室は微細．担子器は棍棒型，1 孢子性．担子胞子は 14.4–18 × 11.5–14.2 μm，平均 16 × 13.2 μm (n = 20)，広楕円形～卵型，非アミロイド，表面は高さ 1.1–4.2 μm の細長い刺に被われる．子実体には甘い匂いがある．

発生環境：スダジイ樹下に発生．湿り気のある，硬い裸土を好み．土にやや埋没するか，露出した状態で発生する．2018 年 3 月の調査で採集されたが，子実体は頑丈で，比較的長期間残存するため，他の時期でも発生の確認は可能であると考えられる．

観察標本（御蔵島産）：KPM-NC 26188

イグチ目 Boletales

イグチ科 Boletaceae

ツチダマタケ属の一種 *Rossbeevera* sp.

観察標本：KPM-NC 6789.

注記：2000 年 6 月に御蔵島の里の稻根神社で採集された標本が残されており，子実体が強い青変性を有している点で，アオゾメクロツブタケ *R. eucyanea* Orihara, *R. cryptocyanea* Orihara, および *R. paracyanea* Orihara に類似している (Orihara *et al.*, 2016)．しかし，標本として残されているのは未熟子実体の断片のみであり，孢子や成熟した担子器等は観察出来なかったため，形態的特徴による種同定には至らなかった．また，これまでに本標本から核およびミトコンドリア DNA 複数領域のシーケンスの取得を試みたものの，未だ成功していない．今後，当該の産地における，本種標本の追加採集が望まれる．

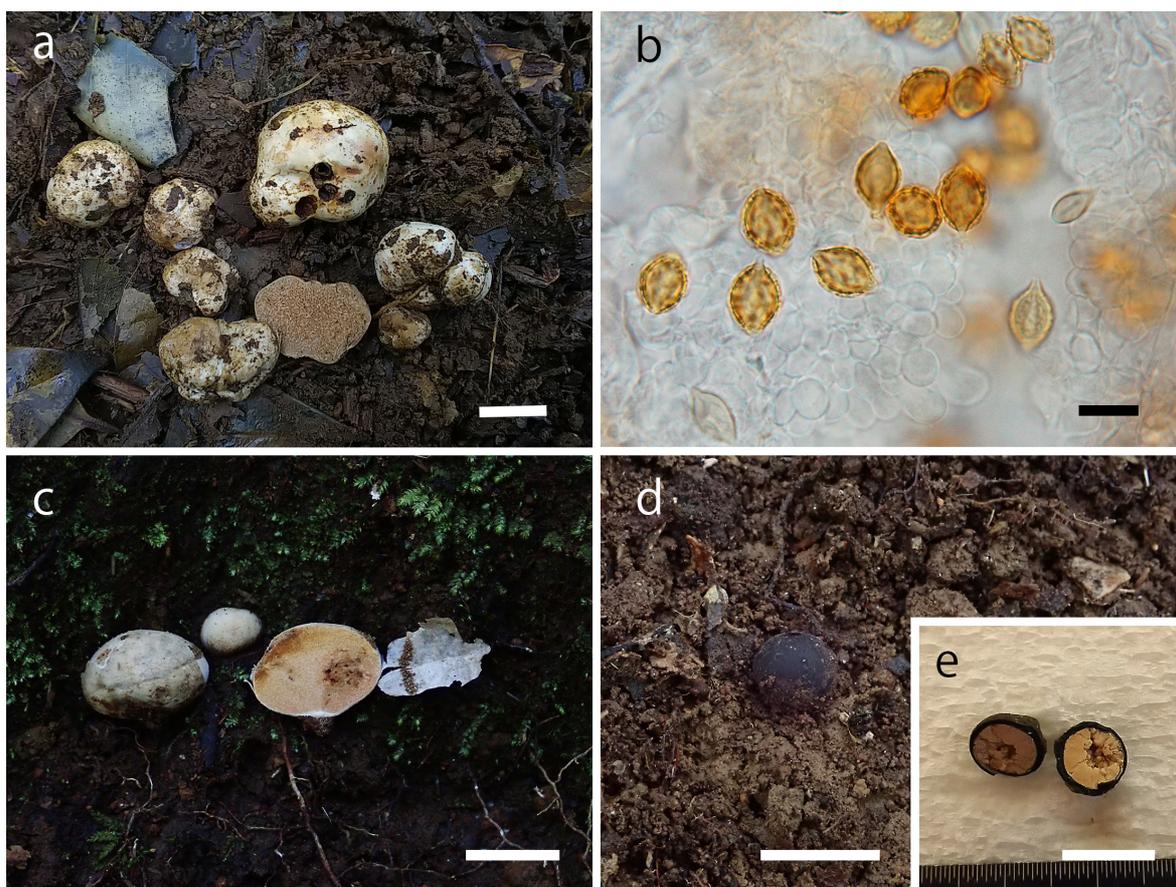


図3. 採集された地下生菌. a-b. ヒメノガステル属の一種 *Hymenogaster* sp. : a. 子実体 (KPM-NC 26187) ; b. 担子孢子 (KPM-NC 26185) ; c. コイシタケ類似種 *Russula* sp. 子実体 (KPM-NC 26188) ; d-e. ツチダンゴ属の一種 *Elaphomyces* sp. 子実体 (KPM-NC 26190). e は切断面. スケール : a, c-e = 1 cm ; b = 10 μ m.

子囊菌門 Ascomycota

ユーロチウム目 Eurotiales

ツチダンゴ科 Elaphomycetaceae

ツチダンゴ属の一種 *Elaphomyces* sp. (図3d-e)

子実体は歪球形，直径7 mm，弾力は無く，非常に脆い．子実体表面は黒色，平滑，子実体基部に柄や根状菌糸束を欠く．外皮断面は黒色，硬く脆い最外殻皮と，水分を多く含む内部の実質（厚さ最大0.8 mm）からなるが，乾燥すると実質はほぼ消失する．グレバは成熟時粉状，淡黄褐色～肌色．子嚢孢子は直径14.6–17.9 μ m，平均16.8 μ m (n = 30)，球形，ほぼ無色～淡赤褐色，表面は厚さ約1.6–2.6 μ mの突起に密に被われ，細かな畝状～波状模様を呈する．なおいは不明瞭．

発生環境：春（3月），スダジイ樹下表土中に発生．採集されたのは1子実体のみ．

観察標本（御蔵島産）：KPM-NC 26190.

考察

伊豆諸島における菌類相についての報告はごく限られており、Doi (2001) による子囊菌類ボタタケ属の1新種、Degawa (2001) による *Sclerocystis coremioides* Berk. & Broome の日本新産種報告、常盤 (2016)、常盤ほか (2016) による菌寄生菌 *Hypomyces* 属の新産種報告、大村 (2017) による御蔵島の地衣類相の報告等があるに過ぎない。特に、御蔵島の野生きのこ類についての知見は甚だ乏しく、その多様性を把握することは現状では困難である。本研究において実施された地下生菌の調査も、2017年4月および2018年3月の2回の他には、2000年6月～7月の菌類調査時に補足的に行われたに過ぎず、現時点では御蔵島の地下生菌相を俯瞰的に把握することはできない。

調査回数や実施時期は限定的ではあるものの、本研究において、4属4種（現時点で標本の所在不明の *Tuber* sp.を除いた数）の地下生担子菌類および子囊菌類が確認された。そのうちの3種については、全調査期間を通じてそれぞれ一度しか採集されなかった。地下生菌の多くは、スタジイなどのブナ科樹木や、マツ科樹木などの植物と菌根と呼ばれる構造を地中に形成し、共生関係にある (Castellano *et al.*, 2004)。島内のスタジイ極相林の占める面積の広さを考慮すると (大場, 1971)、本調査の結果からは御蔵島の地下生菌多様性は国内の一般的なスタジイ林と比較して貧弱であることが示唆される。しかし、その実態の正確な把握のためには、今後、地下生菌のより集中的な発生が期待される夏～晩秋にかけての追加調査が必要であろう。

今回の調査において非常に特徴的であったのは、島内のスタジイ林各地において、ヒメノガステル属の一種が頻繁に観察されたことである。2017年および2018年時の調査を通じて、島内各地から合計9標本が採集され、本種が島内に広く分布していることが明らかになった。これは、同様に海洋島である御蔵島に分布を広げた比較的少数の地下生菌のうち、特に本種が御蔵島の環境に適応的に定着・分散したことによるものと考えられる。同様に、Doi (2001) は、御蔵島を除く地域では発生が稀な子囊菌 *Hypocrea mikurajimensis* Doi が、御蔵島では多産することに言及している。さらには、御蔵島のヒメノガステル属菌 (*Hymenogaster* sp.) および *Hypocrea mikurajimensis* 集団間において、海洋島に特徴的な創始者効果 (founder's effect ; Mayr, 1942) が生じていることも予想される。今後、これらの種の遺伝的特性が精査されることにより、御蔵島のユニークな菌類相、ひいては御蔵島の生物相のより深い理解に繋がるものと期待される。

謝辞

本研究を進めるにあたり、御蔵島観光協会の小木万布氏には、島内各地の調査立ち入り許可申請手続きをはじめ、現地での調査協力など、多面的ご助力をいただいた。大場由美子氏には、2017年調査時に現地での野外調査協力や調査のアレンジを行っていただいた。栗本道雄氏には、現地調査のための車両を貸し出していただいた。この場を借りて御礼申

し上げる。本研究の一部は、公益財団日本自然保護協会 第 27 期プロ・ナトゥーラ・ファンド助成および独立行政法人日本学術振興会 科研費 若手研究 (B) (研究課題番号: 17K15184) による研究助成を受けて行われた。

引用文献

- Blackwell, M. 2011. The fungi: 1, 2, 3 ... 5.1 million species? *American Journal of Botany* 98: 426–438.
- Castellano, M. A., J. M. Trappe and D. L. Luoma. 2004. Sequestrate fungi. In: G.M. Mueller, G.F. Bills and M.S. Foster (eds.). *Biodiversity of Fungi: inventory and monitoring methods*, pp. 197–213, Elsevier, Burlington.
- Claridge, A.W. and T. W. May. 1994. Mycophagy among Australian mammals. *Australian Journal of Ecology* 19: 251–275.
- Deering, R., F. Dong, D. Rambo and N. P. Money. 2001. Airflow patterns around mushrooms and their relationship to spore dispersal. *Mycologia* 93: 732–736.
- Degawa, Y. 2001. *Sclerocystis coremioides* (Glomales, Zygomycetes) New to Japan, Collected from Mikurajima Island and the Kanto Districts (御蔵島及び関東地方より採集された日本新産の *Sclerocystis coremioides* (接合菌綱, グロムス目)). *Memoirs of the National Science Museum Tokyo, Japan* (37): 119–123.
- Doi, Y. 2001. A New Species of *Hypocrea* (Ascomycota, Hypocreales) from Mikurajima Island, Japan (御蔵島から発見されたボタнтаケ属 (子囊菌門, ボタнтаケ目) の 1 新種). *Memoirs of the National Science Museum Tokyo, Japan* (37): 113–118.
- Fogel, R. and S. B. Peck. 1975. Ecological studies of hypogeous fungi. I. Coleoptera associated with sporocarps. *Mycologia* 67: 741–747.
- Golan, J. J. and A. Pringle. 2017. Long-Distance Dispersal of Fungi. *Microbiology Spectrum* 5: FUNK-0047-2016.
- Hibbett, D., K. Abarenkov, U. Kõljalg, M. Öpik, B. Chai, J. Cole, Q. Wang, P. Crous *et al.* 2016. Sequence-based classification and identification of Fungi. *Mycologia* 108: 1049–1068.
- Maser, C., J. M. Trappe J.M. and R. A. Nussbaum. 1978. Fungal-small mammal interrelationships with emphasis on Oregon coniferous forests. *Ecology* 59: 799–809.
- Mayr, E. 1942. *Systematics and the origin of species*. Columbia University Press, New York.
- 大場達之. 1971. 御蔵島の植生. 神奈川県博物館研究報告 自然科学 (4): 25–55.
- O'Brien, H., J. Parrent, J. Jackson, J. Moncalvo and R. Vilgalys. 2005. Fungal community analysis by large-scale sequencing of environmental samples. *Applied and Environmental Microbiology* 71: 5544–5550.
- 大村嘉人. 2017. 御蔵島の地衣類相の特徴. *Mikurensis* 6: 3–12.

- 折原貴道. 2018. 日本地下生菌研究会の設立、および日本地下生菌研究会会報 “Truffology” 発刊を記念して—日本の地下生菌研究のこれまでとこれから—. *Truffology* 1: 2–4.
- Orihara, T., T. Lebel, Z.-W. Ge, M. E. Smith and N. Maekawa. 2016. Evolutionary history of the sequestrate genus *Rossbeevera* (Boletaceae) reveals a new genus *Turmalinea* and highlights the utility of ITS minisatellite-like insertions for molecular identification. *Persoonia* 37: 173–198.
- Roper, M., A. Seminara, M. M. Bandi, A. Cobb, H. R. Dillard and A. Pringle. 2011. Dispersal of fungal spores on a cooperatively generated wind. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107: 17474–17479.
- Taylor, D.L., T. N. Hollingsworth, J. W. McFarland, N. J. Lennon, C. Nusbaum and R. W. Ruess. 2014. A first comprehensive census of fungi in soil reveals both hyperdiversity and fine-scale niche partitioning. *Ecological Monographs* 84: 3–20.
- 常盤俊之. 2014. 御蔵島産 *Hypomyces subiculosus* について. *Mikurensis* 3: 3–10.
- 常盤俊之・広瀬大・石崎孝之. 2016. 日本産菌寄生 *Hypomyces* 属とそのアナモルフ VI. 日本菌学会会報 57: 59–67.