

その他普及記事 (Other articles)

論文紹介：日本産アルポバ属の3新種と *Alpova* 属の生物地理学的な新たな知見Introduction to "Three new species of *Alpova* from Japan: new insights into biogeography in *Alpova*"

石川 陽

Akira Ishikawa

東京大学大学院新領域創成科学研究科, 〒 277-8563 千葉県柏市柏の葉 5-1-5

Evaluation of Natural Environment Laboratory, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, 5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa-shi, Chiba 277-8563, Japan

E-mail: ishikawaa95@gmail.com

Article Info: Submitted: 3 March 2026

Published: 31 March 2026

日本国内のハンノキ属 (*Alnus*) 樹木の樹下から採集された子実体標本に基づき、アジア初となる狭義のアルポバ属 (*Alpova sensu stricto*) 3 新種を Ishikawa et al. (2025) において記載したので、本普及記事にてその概略を紹介する。

ヒダハタケ科 (Paxillaceae) に属するアルポバ属は、ハンノキ属に特異的に外生菌根を形成する地下生菌である。本属はかつて、グレバがゲル状で淡色の胞子を持つなどの形態的特徴に基づき広義に定義されていたが (Trappe, 1975)、分子系統解析の結果、現在はハンノキ属との共生、皮層の偽柔組織構造 (pseudoparenchymatous structure)、グレバのバフファー細胞、淡色の胞子という共通形質を有する単系統群 (狭義のアルポバ属) として再定義されている (Moreau et al., 2013)。これまでに認められる種は約 8 種にとどまり、その多くはヨーロッパや北米から記載されてきた (Moreau et al., 2011, 2013; Hayward et al., 2014)。一方、宿主であるハンノキ属の多様性はアジアが世界最高 (18–23 種) であり、北米 (9 種) やヨーロッパ (4–5 種) を大きく上回る (Chen & Li, 2004)。それにもかかわらず、アジアにおけるアルポバ属の正式な記載は極めて限られており、中国からの既報 3 種も形態的特徴が狭義のアルポバ属と矛盾する点が多かった (外皮の構造が紡筋組織 (prosenchyma) であることや黒色のグレバなどのアカダマタケ属 (*Melanogaster*) 様の形態的特徴)。

地下生菌の胞子の多くは陸上動物の摂食によって散布されるため、地理的障壁を越えることが難しく、大陸間規模で顕著な生物地理的パターンを示すことが知られている (Elliott et al.,

2022)。セイヨウシヨウロ属 (*Tuber* 属) やシヨウロ属 (*Rhizopogon*) でも同様の傾向が報告されており (Bonito et al., 2013; Grubisha et al., 2007)、アルポバ属においても欧米の種がそれぞれの地域に固有であることが分子系統学的に確認されている (Hayward et al., 2014; Moreau et al., 2011, 2013)。こうした背景から、ハンノキ属多様性の中心地であるアジアには多数の固有未記載種が存在すると予測される。実際、日本のハンノキ属樹木の外生菌根からはアルポバ属の DNA 配列が複数報告されてきた (Pölmle et al., 2013; Ishikawa & Nara, 2023)。

本研究では 2002 年から 2023 年にかけて日本国内のハンノキ属樹種の樹下で採取された計 16 点の子実体標本を用いて顕微鏡による形態観察および分子系統解析を行なった。形態観察では、光学顕微鏡下で子実体および胞子の形態的特徴を評価した。分子系統解析には rDNA の ITS 領域および RPB2 遺伝子、GPD 遺伝子の計 3 領域を標的とし、ベイズ法および最大尤度法による系統推定を行なった。

その結果、日本産の標本は欧米既知種と遺伝的に明確に異なる 3 つの独立した系統を形成しており (図 1)、3 新種として記載された。1 つ目の新種 *Alpova fujisanensis* は、富士山の標高約 2000 m 付近、溶岩流や火山灰地に生育するミヤマハンノキの樹下のみで発見されており、種小名はタイプ標本の採取地である富士山に由来する。子実体は直径 0.8–1.5 cm で、表面は当初明るいオレンジ色だが成熟とともに赤褐色へと変化する (図 2)。胞子は平均 $4.3 \times 2.0 \mu\text{m}$ と 3 種中最も小さく、皮層下層 (subpellis) およびグレバに血栓状菌糸 (thromboplerous

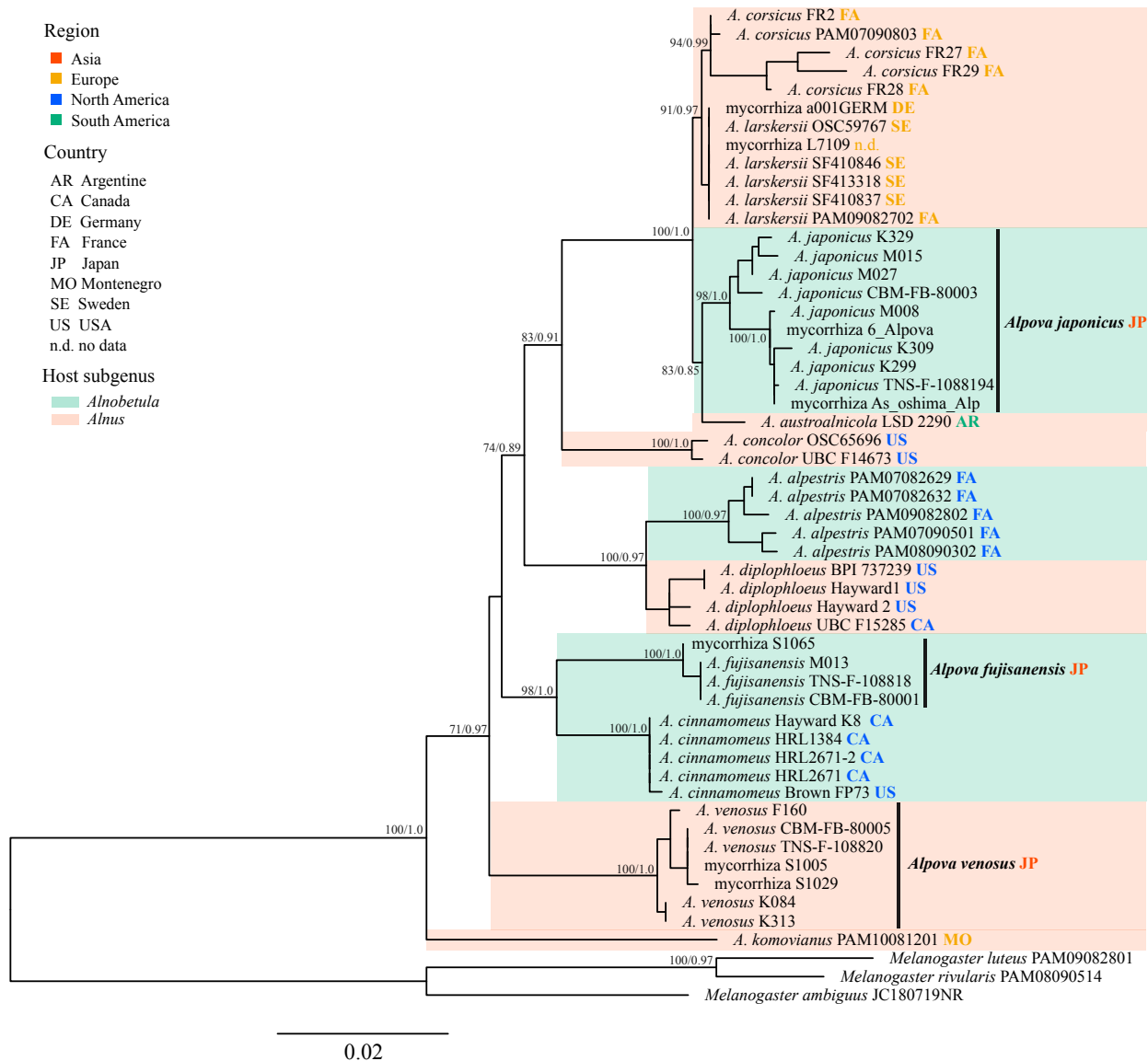


図 1. 3つの核遺伝子座 (ITS, RPB2, GPD) のDNA配列に基づいた、日本産3新種を含むアルポバ属の最尤系統樹。分岐点には、最尤系統樹におけるブートストラップ値またはベイズ推定系統樹における事後確率がそれぞれ70%または95%を超えた場合の値を示す (Ishikawa et al. (2025) から許諾を得て転載)。

hyphae) を有する (図 2)。血栓状菌糸はこれまでアルポバ属では *A. komovianus* のグレバのみで報告されていた構造であり、本種では外皮層とグレバの両組織に存在する。系統的には北米産の *A. cinnamomeus* と姉妹クレードを形成した (図 1; BS/PP = 98/1.0)。2つ目の新種 *Alporobasporium japonicum* は3種の中で最も広い分布域を持ち、北海道から九州、伊豆諸島まで国内各地で確認された。低地の公園から亜高山帯、火山一次遷移地まで多様な環境に生育し、基部に明瞭な暗褐色の根状菌糸束 (rhizomorphs) を持つ (図 3)。胞子は平均 $4.6 \times 2.2 \mu\text{m}$ で、ヤシバシ亜属 (subgen. *Alnobetula*) の樹木と共生する。タイプ標本は本土から約 22 km 離れた海洋島の伊豆大島で採集されており、地下生菌がいかにかして島へ到達したかという問題を提起している。島と本土の距離が比較的小さいことから、風による分散や子実体を直接あるいは間接的に接触したアカネズミなどの齧歯類あるいは鳥類が胞子を運搬した可能性が推測される。3

つ目の新種 *Alporobasporium venosus* は、福島県・神奈川県などの山地林においてケヤマハンノキの樹下から採集された。外皮実質内の血栓状菌糸が豊富であることから「静脈のある」を意味する *venosus* と命名した。子実体は直径 1.2–1.8 cm で成熟するとアカダマタケ属様の微かな甘い香りを放ち、胞子は平均 $5.6 \times 2.1 \mu\text{m}$ と3種中最も大きい長楕円形を呈する (図 4)。ハンノキ亜属 (subgen. *Almus*) と共生し、系統的には大部分の欧米産種よりも基部に位置するクレードを形成した (図 1; BS/PP = 71/0.97)。

系統解析では3種が欧米の既知種と大陸スケールで明確に分離した独立のクレードを形成し、種レベルで大陸を跨ぐ分布は確認されなかった (図 1)。これは *Tuber* 属や *Rhizopogon* 属で報告されている生物地理的パターンと一致する。また *A. japonicum* と *A. venosus* では日本国内においても地理的に近い標本が系統的に近縁な位置に置かれる傾向が見られ、国内スケールでも微細な生物地理的構造の存在が示唆された。さらに国内

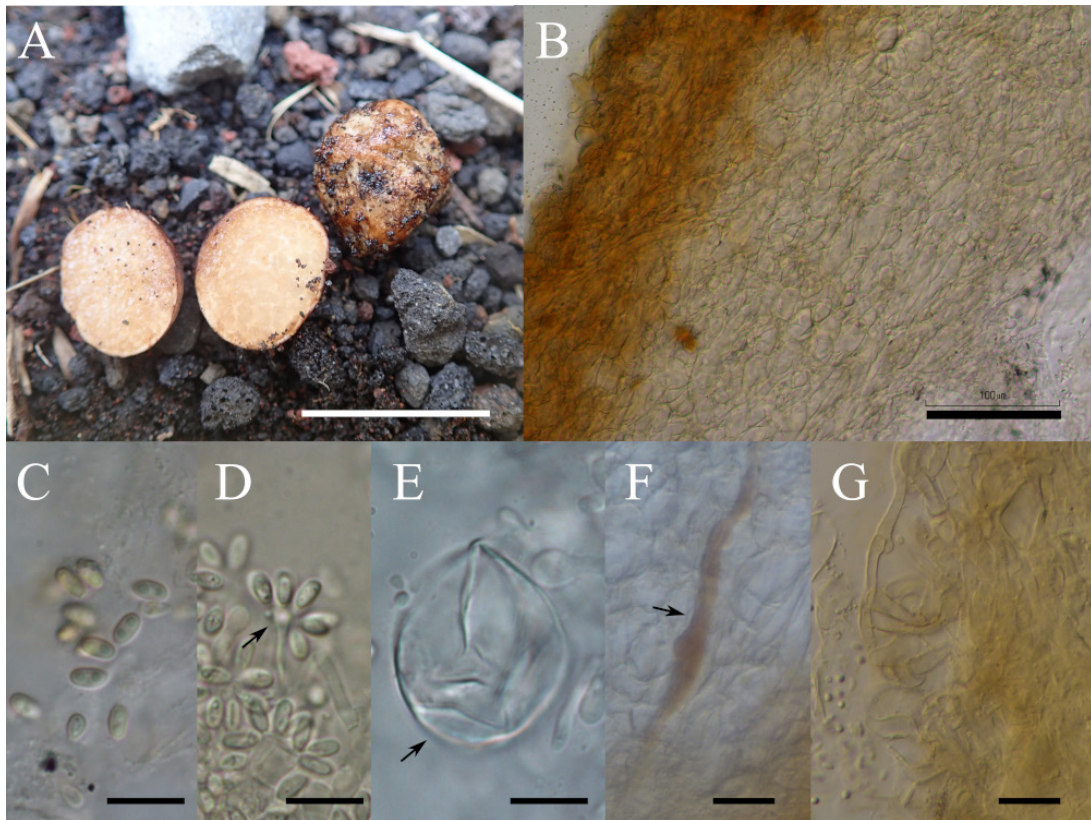


図 2. *Alpova fujiisanensis* (TNS-F-108818) (Ishikawa et al. (2025) から許諾を得て転載). A: 子実体. 外皮表面および子実体断面. B: 外皮の横断面. C: 担子胞子. D: 担子器 (矢印). E: パフファー細胞 (矢印). F: 外皮下層 (subpellis) における血栓状菌糸 (矢印). G: 皮層シスチジア. スケール: A = 1 cm; B = 100 μ m; C-G = 10 μ m.

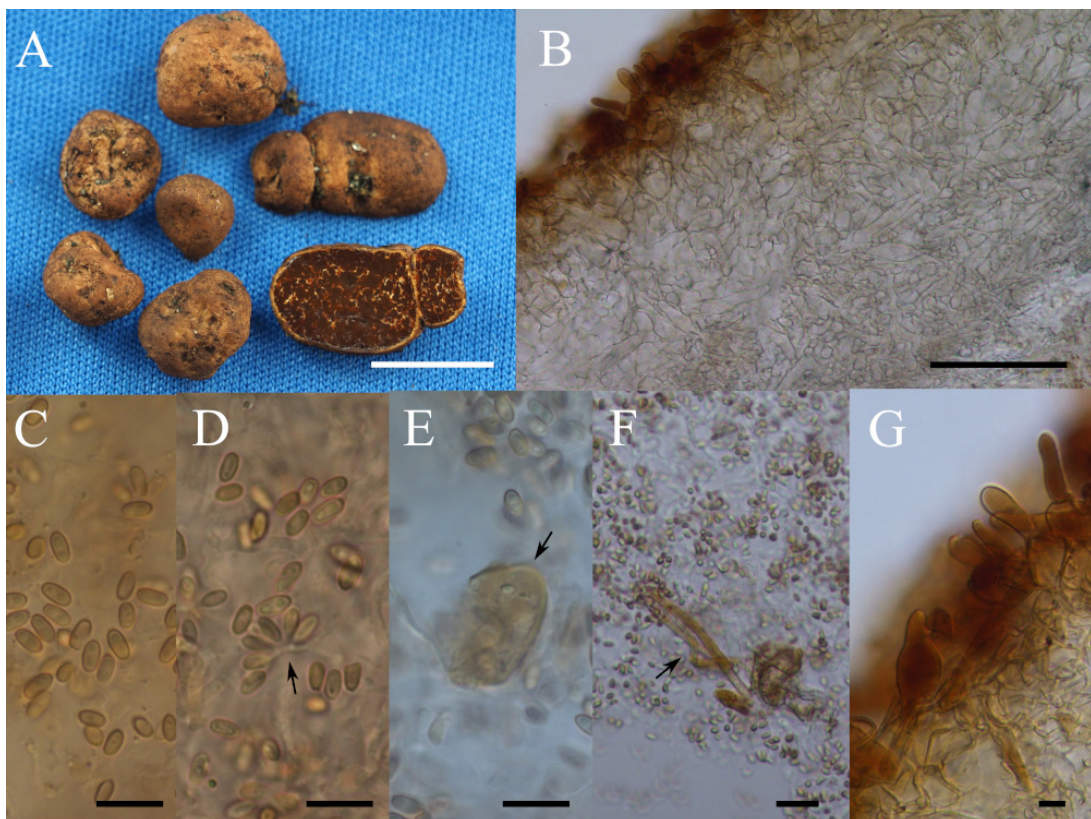


図 3. *Alpova japonicus* (TNS-F-108819) (Ishikawa et al. (2025) から許諾を得て転載). A: 子実体. 外皮表面および子実体断面. B: 外皮の横断面. C: 担子胞子. D: 担子器 (矢印). E: パフファー細胞 (矢印). F: グレバにおける血栓状菌糸 (矢印). G: 皮層シスチジア. スケール: A = 1 cm; B = 100 μ m; C-G = 10 μ m.

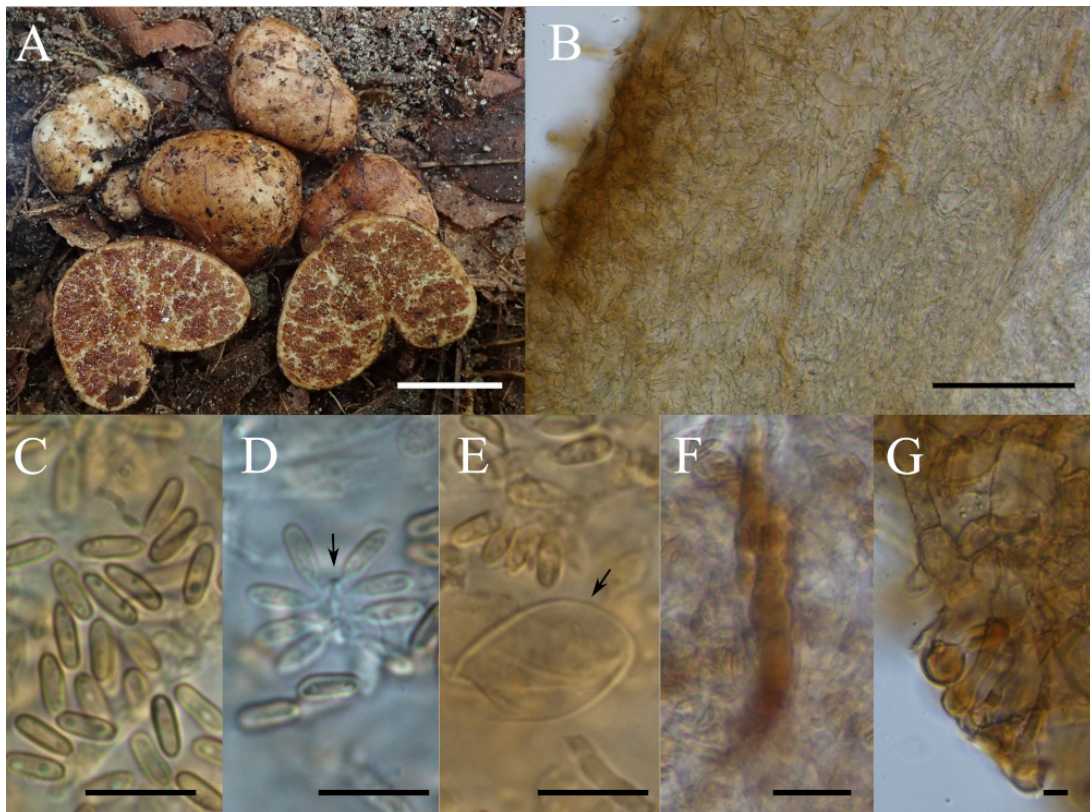


図 4. *Alpova venosus* (TNS-F-108820) (Ishikawa et al. (2025) から許諾を得て転載). A: 子実体. 外皮表面および子実体断面. B: 血柱状菌糸を伴う外皮の横断面. C: 担子胞子. D: 担子器 (矢印). E: パツファー細胞 (矢印). F: グレバにおける血柱状菌糸. G: 皮層システジア. スケール: A = 1 cm; B = 100 μ m; C-G = 10 μ m.

のアルポバ属3種は、*A. fujiisanensis* と *A. japonicus* はヤシヤブシ亜属にのみ、*A. venosus* はハンノキ亜属に主として共生している可能性が高く、アルポバ属がハンノキ属の亜属レベルで宿主特異性を持つという既存研究のパターンと一致している (Hayward et al., 2014; Moreau et al., 2011, 2013)。

成木のハンノキ属樹種を対象としたこれまでの外生菌根菌群集の研究ではアルポバ属の検出はまれであったが (Pölme et al., 2013; Roy et al., 2013)、実生・若齢林では本属が高頻度で検出されることが近年示されており (Ishikawa & Nara, 2023; Yamanaka et al., 2022)、比較的若い個体の方がアルポバ属と共生している可能性が高い。また、これまでの子実体の発生傾向から、林道脇など土壌が未発達な環境を好む可能性もある。アルポバ属は火山地帯など過酷な環境においても宿主の定着を支える菌根パートナーとして機能しており、ハンノキ林の更新において重要な役割を担っていると考えられる。地下生菌はその生態や多様性の多くが未解明のままであり、本研究のような分類学的知見の蓄積が、森林生態系を支える菌類の多様性と機能の理解を深める一歩となることを期待したい。

謝辞

本研究は、Ishikawa et al. (2025) Three new species of *Alpova* from Japan: new insight into biogeography in *Alpova*. Mycoscience 66: 272–281 として発表された。本稿の執筆にあたり、共著者であ

る奈良一秀教授、木下晃彦博士、佐々木廣海氏、藤井恵理奈氏に深く御礼申し上げます。また、日本地下生菌研究会の金子義紀氏、平尾知也氏、谷口雅仁氏、波多野敦子氏には標本の採取に多大なるご協力をいただいた。この場を借りて厚くお礼申し上げます。本研究は、JST SPRING (Grant Number JPMJSP2108) の支援を一部受けて実施された。

引用文献

- Bonito G., Smith M.E., Nowak M., Healy R.A., Guevara G., Cázares E., Kinoshita A., Nouhra E.R., Domínguez L.S., Tedersoo L., Murat C., Wang Y., Moreno B.A., Pfister D.H., Nara K., Zambonelli A., Trappe J.M., Vilgalys R. (2013) Historical biogeography and diversification of truffles in the Tuberales and their newly identified Southern Hemisphere sister lineage. PLOS ONE 8: e52765.
- Chen Z., Li J. (2004) Phylogenetics and biogeography of *Alnus* (Betulaceae) inferred from sequences of nuclear ribosomal DNA ITS region. International Journal of Plant Science 165: 325–335.
- Elliott T.F., Truong C., Jackson S.M., Zúñiga C.L., Trappe J.M., Vernes K. (2022) Mammalian mycophagy: A global review of ecosystem interactions between mammals and fungi. Fungal Systematics and Evolution 9: 99–159.
- Grubisha L.C., Bergemann S.E., Bruns T.D. (2007) Host islands within the California Northern Channel Islands create fine-scale genetic structure in two sympatric species of the symbiotic ectomycorrhizal

- fungus *Rhizopogon*. *Molecular Ecology* 16: 1811–1822.
- Hayward J., Tourtellot S.G., Horton T.R. (2014) A revision of the *Alpova diplophloeus* complex in North America. *Mycologia* 106: 846–855.
- Ishikawa A., Nara K. (2023) Primary succession of ectomycorrhizal fungi associated with *Alnus sieboldiana* on Izu-Oshima Island, Japan. *Mycorrhiza* 33: 187–197.
- Ishikawa A., Sasaki H., Kinoshita A., Fujii E., Nara K. (2025) Three new species of *Alpova* from Japan: new insights into biogeography in *Alpova*. *Mycoscience* 66: 272–281.
- Moreau P.-A., Rochet J., Richard F., Chassagne F., Manzi S., Gardes M. (2011) Taxonomy of *Alnus*-associated hypogeous species of *Alpova* and *Melanogaster* (Basidiomycota, Paxillaceae) in Europe. *Cryptogamie, Mycologie* 32: 33–62.
- Moreau P.-A., Welti S., Perić B., Jargeat P., Manzi S., Vizzini A. (2013) *Alpova komoviana* (Boletales, Paxillaceae), a new sequestrate fungus from Montenegro, with a revised phylogeny of the genus in Europe. *Mycological Progress* 12: 109–119.
- Pölme S., Bahram M., Yamanaka T., Nara K., Dai Y.C., Grebenc T., Kraigher H., Toivonen M., Wang P., Matsuda Y., Naadel T., Kennedy P.G., Kõljalg U., Tedersoo L. (2013) Biogeography of ectomycorrhizal fungi associated with alders (*Alnus* spp.) in relation to biotic and abiotic variables at the global scale. *New Phytologist* 198: 1239–1249.
- Roy M., Rochet J., Manzi S., Jargeat P., Gryta H., Moreau P., Gardes M. (2013) What determines *Alnus*-associated ectomycorrhizal community diversity and specificity? A comparison of host and habitat effects at a regional scale. *New Phytologist* 198: 1228–1238.
- Trappe J.M. (1975) A revision of the genus *Alpova* with notes on *Rhizopogon* and the Melanogastraceae. *Beihefte Zur Nova Hedwigia* 51: 279–309.
- Yamanaka T., Taniguchi T., Ogawa Y., Imai A., Kaneko S., Daimaru H. (2022) Distribution of *Frankia* and ectomycorrhizal fungi in a denuded volcanic soil exposed by a landslide during heavy rainfall caused by typhoon No. 26 (Wipha) in 2013. *Journal of Forest Research* 27: 133–139.