

原著論文

西日本の里山林内における葉リター変形菌の分布パターン

高橋和成¹・井内由美²・野村貴子³

Distribution pattern of litter-inhabiting myxomycetes in a satoyama forest
of western Japan

Kazunari TAKAHASHI¹, Yumi IUCHI², and Takako NOMURA³

Abstract: Little is known about the species diversity of myxomycetes in a forest consisting of varied vegetation types. Present study was conducted to document myxomycetes occurring on leaf litters in a satoyama (anthropogenic secondary forest) in western Japan, characterized by different tree types including deciduous, evergreen, and coniferous. Myxomycetes occurring on leaf litters from six tree species, representing distinctive vegetation types on a forest slope, were observed regarding the species richness and community structure. Leaf litters from the sites dominated by (A) *Cerasus jamasakura*, (B) *Quercus serrata*, (C) *Quercus glauca*, (D) *Ilex pedunculosa*, (E) *Cryptomeria japonica*, and (F) *Pinus densiflora* yielded, respectively, (a) 13, (b) 8, (c) 10, (d) 4, (e) 4, and (f) 4 species. In total, there were found 20 species of litter-inhabiting myxomycetes in forest. Ordination plots of non-metric multidimensional scaling analyses showed the association between myxomycetes diversity, tree species diversity, and cellulose decomposition activity in leaf litter deposit. A single species, *Physarum melleum*, was found in all litter types. However, 12 myxomycete species were characteristic to specific litter types, differing in relative abundance. To rephrase, myxomycete species were not equally distributed in the forest, and were most diverse in site (A) dominated by *C. jamasakura* tree, and decomposition of cellulose in leaf litter was faster owing to the yield abundant myxomycete occurrences. The findings may help understand the patterns of myxomycetes distribution in association with the forest vegetation types.

Key words: *Cerasus jamasakura*, cellulose decomposition, forest vegetation, species richness, varied leaf litter

I. はじめに

森林生態系では、樹木がつくり出す環境に様々な微生物が生活している。林床に供給される倒木や落葉などの有機物は、微生物によって分解され、腐植を形成している。多くの変形菌は、こうした腐植で生活し、分解微生物である細菌や菌類を摂食したり (Madelin 1984), 有機物を分解したり (Fukasawa et al. 2017) するなど、森林生態系の一員として物質循環に関与すると考えられている。

変形菌は真核生物のアメーボゾア (Amoebozoa) に属する原生生物の仲間である。胞子が発芽して生じたアメーバ細胞やそれらが融合した多核単細胞の変形体は、細菌や有機物を摂食して増殖する。栄養増殖した変形体は、後に子実体を形成し胞子を拡散する。そのため、変形菌は森林内の倒木や落葉、草本遺体、樹幹の樹皮など様々な基物で広範囲に生育することが可能である。しかし、変形菌は均一に分布するのではなく、種によっ

て基物タイプや樹種に対して選好性をもつ (Ing 1994)。例えば、森林の落葉層には葉リター変形菌 (foliicolous myxomycetes) の種群が生活し、樹種への選好性が報告されている (Takahashi et al. 2009)。森林は地形や立地環境によって構成樹種が異なったり、特定の森林内でも異なる樹種が優占する林分で構成されていたりする。変形菌の樹種への選好性は、種多様性を豊かにする要因であるが、森林内における林分の構成と変形菌の分布パターンについては未だ十分に分かっていない。

森林植生と変形菌との関係は、マクロなスケールでの研究報告があり、北米 (Stephenson 1989), ヨーロッパ (Lado 1993), 中米の亜熱帯 (Novozhilov et al. 2001), フィリピン (Macabago et al. 2016), 日本 (Takahashi and Harakon 2010) などから報告され、地理的な境界や植生の違いにより変形菌群集も異なると言われている。しかし、特定の森林内において樹種構成の違いに関係づけたミクロな視点での研究はわずかである。タイ北部の雨緑樹林では二

¹. 〒700-0005 岡山県岡山市北区理大町1-1, 岡山理科大学附属高等学校 Okayama University Science High School, 1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama-shi, Okayama-ken 700-0005, Japan.

². 〒672-8082 兵庫県姫路市飾磨区付城, Tukeshiro, Shikama-ku, Himeji-shi, Hyogo-ken 672-8082, Japan.

³. 〒670-0971 兵庫県姫路市西延末440, 姫路花銀行 (姫路市まちづくり振興機構) Member of Himeji flower bank, 440 Nishinobusue, Himeji-shi, Hyogo-ken 670-0971, Japan.

つの樹種 (*Dipterocarpus sp.*と*Macaranga denticulata*)の葉リターで変形菌が豊富に発生することが報告されている (Tran et al 2006). 日本の里山二次林では, Takahashi (2013, 2015)により葉リター変形菌の群集構造が, 常緑広葉樹や落葉広葉樹といった樹種タイプにより異なり, 種によっては樹種タイプへ選好性があることが報告されている. しかし, 特定の林内で林冠の優占樹種による葉リターが変形菌の分布にどのように影響しているのかは分かっていない. 本研究では, 都市近郊の自然である里山において林冠構成樹種に焦点を当て, それによる葉リター樹種の違いが, 変形菌の多様性や分布パターンに与える影響を調査した.

II. 研究方法

1. 調査地

調査地は, 西日本の瀬戸内海沿岸地域の兵庫県姫路市太市中の丘陵地にある「姫路市自然観察の森」(図1)で, この森は1960年代までは地域の代表的な里山林として農耕資材林や薪炭林として利用されていた. 現在では国のモニター林の指定を受け, 市民の自然観察や環境体験学習の場として利用されている. 約59ヘクタールの森の南西斜面には, 林冠を形成する優占樹種により植生が異なる林分がモザイク状に分布している (日本野鳥の会 2014). 調査地の気候は瀬戸内型気候に属し, 気象庁のホームページにより近隣のアメダス地点 (標高38.2m, N34°50.3', E134°40.2') で, 過去30年間 (1981~2010) の日平均気温は15.2°C, 年降水量は1199mmで, 温暖少雨の気象条件下にある.

調査した森林は, 優占樹種により落葉広葉樹林, 常緑樹林, 針葉樹林の林分から構成され, かつて人間活動による森林利用の影響を受け, その後再生した二次林から成る里山地域 (環境省 2001) に立地している. 標高65m~105mの南向きの山腹 (960m×308m, 29.6ha) では, アカマツ *Pinus densiflora* Sieb. & Zucc., ヤマザクラ *Cerasus jamasakura* (Sieb. ex Koidz.) H. Ohba, コナラ *Quercus serrata* Murray, ソヨゴ *Ilex pedunculosa* Miq., アラカシ *Quercus glauca* Thunb., スギ *Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L.f.) D. Don がそれぞれ優占する林分がある. これらの優占種が異なる6地点 (図1) の林分で, 区画法による植生調査を行った. 林内で10m×10mの方形区をとり, 区画内に生育する樹木について, その樹種と樹高や被度を階層別 (高木層, 亜高木層, 低木層) に記録した. 被度は地表を樹木が覆う割合として, 1%以下: +, 10%: 1, 25%以下: 2, 50%以下: 3, 75%以下: 4, 75%を越える場合: 5として記録した. 6地点の森林構造の様子は, 図2に示した. 斜

面上部 (標高105m) には, 針葉樹のアカマツ (図2A) が残存し, 落葉広葉樹のヤマザクラ (図2B) が優占する林分がある. 斜面中部には落葉樹のコナラ (図2C, 標高90m) やソヨゴ (図2D, 標高85m) が優占する林分がある. コナラの樹齢は伐採木の年輪から39年と推定された. 斜面下部では常緑樹のアラカシ (図2E, 標高65m) が優占する林分がある. また, 斜面中部にはスギの植林地 (図1F, 標高90m) がある. 林分における構成樹種は, 落葉広葉樹, 常緑樹, 針葉樹の三つのタイプに類別し, 樹種タイプごとに被度の割合 (%: 樹種の被度合計値/15×100) を求めた (表1). ただし, 階層構造の被度合計値を最大被度5×3層=15とした. 腐植層の深さは, 表層土壌の色の違いで識別し記録した. 林分により林冠までの樹高は9~20m, 腐植層は3~22cm, 構成樹種は3~6種類であった (表1). 測定したデータは, 環境要因の変数として利用した.

2. 葉リターの採取とコンテナ自然培養

葉リターは毎年供給される新規葉リターとし, 林床の表層から採取した. 11月頃から落葉した広葉樹の葉リターは2014年3月下旬に採取し, 常緑樹の葉リターは落葉時期に合わせて4月下旬に採取した. 葉リターは6地点の林床の表層から熊手で集め, プラスチック袋 (90ℓ) の3袋に収集した. 葉リターからは, 太さ約5mm以上の小枝片はすべて除去した. その後, 斜面下部に位置するアラカシ林内の培養地点 (図1のE地点, 標高68m, N34.8851°, E134.6199°) に移し, 平置きしたコンテナ (容量60ℓ, L72cm×W41cm×H20cm) に樹種別に集積した (6樹種×3コンテナ). コンテナの底には水抜き穴 (直径8mm) を等間隔で4ヵ所あけ, コンテナと地面との間にはプラスチックシートを敷いた. こうしたコンテナ自然培養法 (高橋 2014) により葉リターで発生してくる変形菌の子実体を5月下旬から10月下旬まで2週間ごとに定期的に観察した.

樹種による葉リターの分解速度を比較する目的で, 葉リター中でのセルロースの分解を調べた. 先行研究 (佐藤ほか 2012, 高橋 2017) に従い, ベンチコートろ紙 (6.25g) をナイロン製の網袋 (2mmメッシュ, 20cm×25cm) に入れ, 樹種ごとにコンテナの葉リター堆積の底に埋設 (5月5日) した. 培養実験の終了時期 (10月26日) に6枚のろ紙による残存量を平均値 (乾燥重量) で求めた. そして, 減少したろ紙重量を求め, セルロース分解活性 (実験開始時からの重量減少量/6.25g×100) として%で示した.

3. 変形菌の観察と同定

コンテナ内の葉リターで発生してくる変形菌の子実体の観察は, 目視とルーペを使って2週間に1回

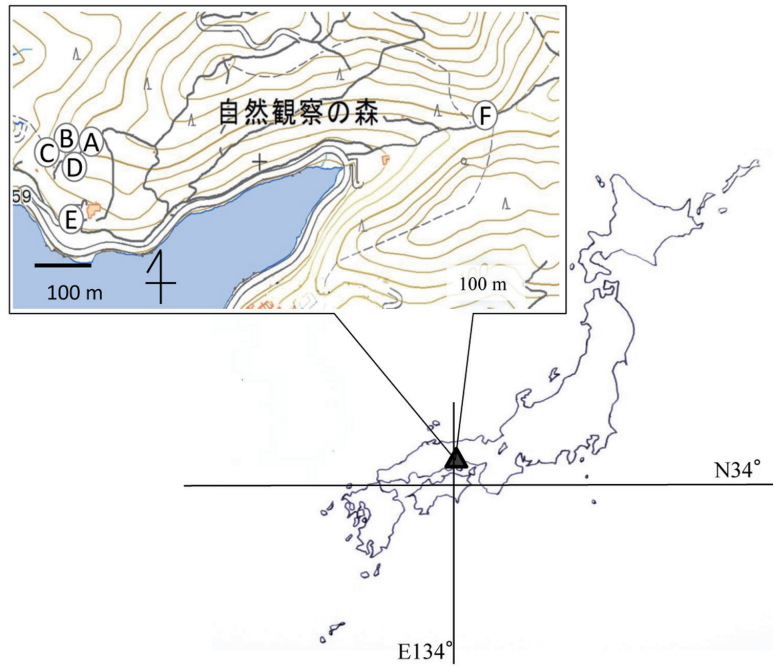


図1. 姫路市自然観察の森における葉リター採取地点. 各地点の林冠の優占樹種, A: アカマツ, B: ヤマザクラ, C: コナラ, D: ソヨゴ, E: アラカシ, F: スギ. 葉リターのコンテナ自然培養はE地点(標高68m, 34.8551°N, 134.6199°E)で行った. 地形図は地理院地図Globeを引用した.

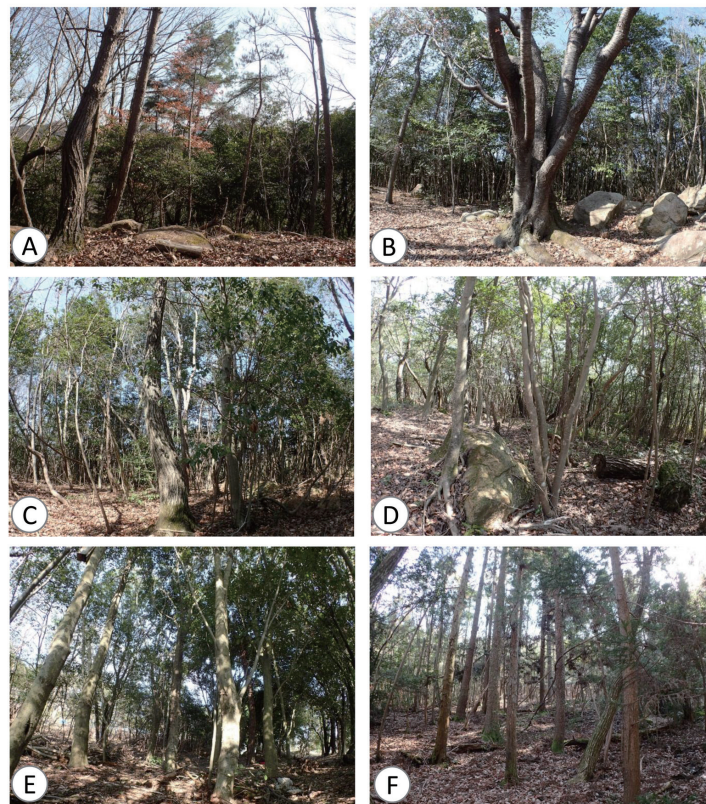


図2. 葉リター採取地点の森林構造と林床の様子. 林冠の優占樹種は, A: アカマツ, B: ヤマザクラ, C: コナラ, D: ソヨゴ, E: アラカシ, F: スギである. 3月下旬に撮影.

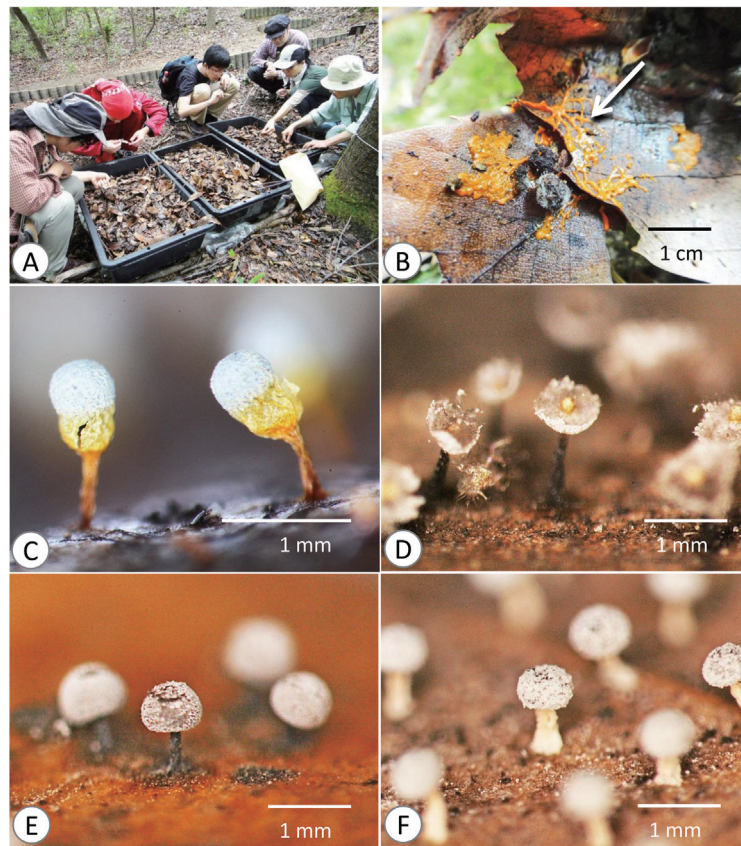


図3. 葉リターの自然培養と発生した変形体および子実体。A: コンテナに集積した葉リターと変形菌の観察風景, B: 落ち葉に発生した変形体(矢印), C: マルサカズキホコリ, D: ゴマシオカタホコリの胞子散布した後の胞子のうと軸柱, E: コカタホコリ, F: シロエノカタホコリ。スケールバー = 1 mm。

のペースで定期的に行った(図3A)。子実体が着生した落葉や小枝は、すべて採取し、紙袋に入れて保存した。変形菌の発生量はコロニー数で表し、ある種の子実体の1コロニーを1サンプルとして記録した。ただし、基物である葉や葉片(葉の1/2以上が残存しているもの)、および小枝片(直径5 mm以下の長さ5 cm以上)に3個以上の子実体が着生している状態を1コロニーとした。種の同定にあたり、子実体の外部形態を実体顕微鏡で観察し、さらにプレパラートを作成して内部形態の細毛体や胞子を顕微鏡観察した。種名は山本(1998)に従い、同定した標本は葉リターの樹種ごとに整理し、出現種と発生量を一覧表にした。

4. 解析方法

出現種は葉リターの樹種別にまとめて変形菌群集とした。それぞれの群集内で種の相対優占度(ある種の出現数 n /総出現数 $N \times 100$)を%で求め、最大値を占める種をその群集の優占種とした。変形菌群集間の比較には、百分率類似度(PS)を利用し、葉リターの樹種タイプ間(落葉樹, 広葉樹, 針葉樹)で比較した。百分率類似度は、 $PS = \sum \min(a, b, c, \dots, x)$ で求めた。ここで、 a, b, c, \dots, x は出現した i 種の2つの

樹種における相対優占度のうち小さい方の値で、それらをすべての種について積算した値が PS の値となる。その値は2つの樹種間ですべての種の相対優占度が完全に一致すれば $PS=1$ となり、全く一致しないときは $PS=0$ となる。

変形菌の種による樹種選好性は、独立性の検定により、特定の樹種に偏った出現をした種を抽出した。解析には、エクセル統計解析ソフト(エスミ)を使用した。変形菌群集は、非計量多次元尺度構成法(NMDS)により群集構造を解析し、序列化した。この解析は、分析ソフトPAST v. 2.17(Hammer et al. 2001)を利用し、先行研究(Takahashi 2015)において葉リター変形菌群集の構造解析で利用され、有用性が実証されている。変形菌群集のNMDSによる第1軸と第2軸のスコア値は環境要因と相関分析し、変形菌の生育に影響する要因を検討した。

III. 結果

1. 出現種

葉リターでは変形体の発生が観察され(図3B)、6タイプの葉リターから5属20種(変種を含む)の子実体が出現し、それらの発生量は全体で709サンプルになった。葉リターの樹種による出現種数は、落

表1. 葉リター採取林分の優先樹種と森林構造およびセルロース分解割合と変形菌の出現種数と発生量。

優占種	ヤマザクラ	コナラ	アラカシ	ソヨゴ	スギ	アカマツ
標高(m)	100	90	65	85	90	65
樹高(m)	12	11	12	9	20	10
腐植層(cm)	6	10	22	10	3	4
樹種数	6	5	3	3	4	3
樹種構成(%)						
落葉樹	33	47	0	7	7	14
常緑樹	27	40	53	47	7	7
針葉樹	0	0	0	0	27	20
セルロース分解(%)	60.5	41.9	49.1	40.2	51.6	37.5
変形菌の種数	13	8	10	4	4	4
発生量(コロニー数)	258	177	64	5	199	6

表2. 姫路市自然観察の森の樹種が異なる葉リターに出現した変形菌の出現種と発生量及び群集間の百分率類似度。全体の相対優先度と類似度はイタリックで示す。独立性の検定による有意水準, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ を示す。

		落葉樹		常緑樹		針葉樹		全体	相対優占度(%)
		ヤマザクラ	コナラ	アラカシ	ソヨゴ	スギ	アカマツ		
マルサカズキホコリ	<i>Craterium leucocephalum</i> var. <i>syphoides</i>	88 *				110 **		198	28
ツツサカズキホコリ	<i>Craterium leucocephalum</i> var. <i>cylindricum</i>	4	119 **	12				135	19
ゴマシオカタホコリ	<i>Didymium iridis</i>	2		21 **	2	82 **		107	15
ハイイロフクロホコリ	<i>Physatum cinereum</i>	42 **	14	10		1		67	9
カタホコリ	<i>Didymium melanosporum</i>	47 **						47	7
シロジクモジホコリ	<i>Physarum melleum</i>	16	3	5	1	6	3	34	5
コカタホコリ	<i>Didymium minus</i>	23 **						23	3
ヘビヌカホコリ	<i>Hemitrichia serpula</i>	15 **	4	1				20	3
アカモジホコリ	<i>Physatum roseum</i>	1	19 **					20	3
ヘビフクロホコリ	<i>Physatum serpula</i>		16 **	2				18	3
バークレイホネホコリ	<i>Diderma saundersii</i>	11 **	1	2	1			15	2
シロエノカタホコリ	<i>Didymium squamulosum</i>			9 **				9	1
ヒメカタホコリ	<i>Didymium nigripes</i>	6 **						6	1
サカズキホコリ	<i>Craterium minutum</i>	2		1				3	0.4
ワラベキモジホコリ	<i>Physarum oblatum</i>		1				1	2	0.3
マリジクホコリ	<i>Diachea subsessilis</i>						1	1	0.1
ホネホコリ	<i>Diderma effusum</i>	1						1	0.1
ナバカタホコリ	<i>Didymium cluvus</i>			1				1	0.1
クラカタホコリ	<i>Didymium megalosporum</i>				1			1	0.1
ヘビカタホコリ	<i>Didymium serpula</i>						1	1	0.1
合計		258	177	64	5	199	6	709	100
類似度		1.0	0.14	0.30	0.11	0.38	0.06		

葉樹のヤマザクラ13種, コナラ8種, 常緑樹のアラカシ10種, ソヨゴ4種, 針葉樹のスギ4種, アカマツ4種であった(表1)。また, 各種の発生量は表2に示した。ヤマザクラでは発生量が最大の258サンプルに達し, 次にスギでは199サンプル, コナラでは177サンプル, アラカシでは64サンプル, アカマツでは6サンプル, ソヨゴでは5サンプルであった。

出現種の相対優占度を比較すると, マルサカズキホコリ(28%), 次にツツサカズキホコリ(19%), ゴマシオカタホコリ(15%)であった(表2)。分類群の目ごとに整理すると, ケホコリ目のヘビヌカホコリ(*Hemitrichia serpula*)を除き, 他の19種はモジホコリ目(Physarales)に属し, それらの発生量は全体の97%を占めた。葉リターの樹種によって変形菌の優占種は異なり, ヤマザクラではマルサカズキホコリ(図3C), コナラではツツサカズキホコリ, アラカシではゴマシオカタホコリ(図3D), スギではマルサカズキホコリであった。一方, ソヨゴとアカマツでは数個の発生量しかないため, 優占種は明らかではなかった。

2. 樹種と出現種との関係

独立性の検定から, 葉リターの樹種による偏った

出現が12種でみられた(表2)。ヤマザクラには, マルサカズキホコリ, ハイイロフクロホコリ, カタホコリ, コカタホコリ(図3E), ヘビヌカホコリ, バークレイホネホコリ, ヒメカタホコリの7種が遍在した。コナラには, ツツサカズキホコリ, アカモジホコリ, ヘビフクロホコリの3種が遍在した。アラカシにはゴマシオカタホコリ, シロエノカタホコリ(図3F)の2種が遍在した。また, スギにはマルサカズキホコリ, ゴマシオカタホコリが遍在した。樹種タイプでは, 落葉樹で10種, 常緑樹で2種, 針葉樹で2種の遍在が見られた。

変形菌の出現種数と環境要因(標高, 樹高, 腐植層, 樹種構成, セルロース分解)との関係を相関分析した(表3)。セルロースの分解活性は, ヤマザクラで60.5%の最大で, アカマツで37.5%の最少であった(表1)。変形菌の出現種数と正の相関をもった環境要因は, 林分の樹種数($r=0.663$, $p=0.172$)とセルロース分解($r=0.716$, $p=0.124$)であった。しかし, 樹種構成で発生量は樹種数に有意な正の相関($r=0.908$, $p=0.009$)をもち, セルロース分解にも正の相関($r=0.795$, $p=0.062$)を示した。変形菌の出現種数と発生量は, 葉リターを形成する広葉樹の種数が多いことと落葉の成分であるセルロースの分解活

表3. 変形菌の出現種数・発生量と環境要因との相関関係. 有意水準** $p < 0.01$.

	出現種数	発生量
発生数	0.569	—
標高	0.300	0.790
樹高	-0.138	0.544
腐植層	0.391	-0.295
樹種数	0.663	0.908 **
落葉樹(%)	0.423	0.575
常緑樹(%)	0.388	-0.209
針葉樹(%)	-0.633	-0.013
セルロース分解(%)	0.716	0.795

表4. 非計量多次元尺度構成法の第1軸と第2軸における変形菌群集のスコアと環境要因との相関関係. 有意水準* $p < 0.05$.

	Axis 1	Axis 2
標高(m)	-0.529	-0.214
樹高(m)	-0.682	-0.307
腐植層(cm)	-0.104	0.410
樹種数	-0.616	0.177
落葉樹(%)	-0.159	0.568
常緑樹(%)	-0.030	0.334
針葉樹(%)	0.046	-0.363
セルロース分解(%)	-0.877 *	-0.266

性に影響を受けていた.

3. 変形菌群集の類似性

6種類の葉リターにおける変形菌群集は非計量尺度構成法(NMDS)により序列化(図4)され, 環境要因との関係が示された(表4). NMDSの第1軸に対し, 変形菌群集はアカマツ, ソヨゴ, コナラ, アラカシ, ヤマザクラ, スギの順に配置した. ヤマザクラとスギは樹種のタイプが異なっても群集の類似性は近い関係にあった. 第1軸は8つの環境要因の中で, セルロースの分解にのみ有意な負の相関を示した(表4, $r = -0.877$, $p = 0.019$). 一方, 第2軸はいずれの環境要因にも顕著な相関を示さなかった.

ヤマザクラの高木が生育する林分は, 変形菌の出現種数と発生量が最多になっていた(表1). そこで, ヤマザクラの変形菌群集を基準として, 他の葉リター群集の百分率類似度を求めた(表2). 類似性の高い順にスギ $PS = 0.38$, アラカシ $PS = 0.30$, コナラ $PS = 0.14$, ソヨゴ $PS = 0.11$, アカマツ $PS = 0.06$ であった. これは, NMDSの第1軸の序列化に一致した. 樹種のタイプ別では, 落葉広葉樹と常緑広葉樹の間では出現種はそれぞれ15種と11種で, 類似度は $PS = 0.43$ であった. また, 常緑広葉樹と針葉樹(7種)の間では $PS = 0.38$, 落葉広葉樹と針葉樹の間では $PS = 0.26$ であった. 里山林における林分間では落葉広葉樹と常緑広葉樹の間で, 葉リター変形菌群集の類似性が, より高くなっていた.

4. 変形菌の林内分布

NMDSの第1軸で負のスコアに序列化されたヤマザクラとスギでは, 樹種のタイプが異なっても葉リター堆積中のセルロース分解活性が高く, 発生量が多い変形菌群集になっていた(表1). 一方, 第1軸の正のスコアにはセルロースの分解活性が低いアカマツとソヨゴの群集が配置し, それらでは出現種数と発生量が少なくなっていた. 調査した林分は山腹の同一斜面で標高60m~100mの範囲にあり, 地形的な立地が変形菌群集に影響してはいなかった. それ

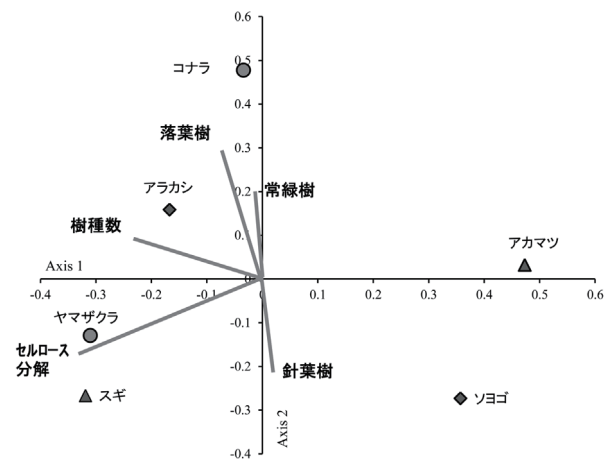


図4. 非計量多次元尺度構成法による変形菌群集の序列化および環境要因との関係. 葉リター樹種による変形菌群集は, ▲: アカマツ, スギ, ●: ヤマザクラ, ○: コナラ, ◆: アラカシ, ◇: ソヨゴである.

よりも, 林分による林冠優占樹種の違いと葉リターの分解活性が変形菌の分布に強く影響していた. 分解速度が速い葉リターでは, 変形菌の発生量が多くなり, 種の豊富さは葉リターの樹種に依存していた. スギやアカマツの針葉樹葉リターでは変形菌の出現種数が4種と少ない一方で, ヤマザクラ葉リターでは最大の13種が出現した. 里山の優占樹種が異なる林分により, 葉リター変形菌の群集構造は異なった.

IV. 考察

岡山県南部の里山で落葉広葉樹のアベマキ林と常緑広葉樹のアラカシ林の葉リターに発生する変形菌群集は, 先行研究(高橋・波田 2008)によってそれぞれ20種と25種が確認され, それらの群集間の百分率類似度は $PS = 0.231$ と報告されている. また, 岡山市近郊の里山林では, ヤマザクラ, アベマキ, アラカシ, コジイ, クスノキ, アカマツの樹下で採取した新規葉リターおよび竹林の葉リターから48種の変形菌が記録され, 落葉広葉樹(34種)と常緑広葉樹(38種)の群集間の百分率類似度は $PS = 0.44$ と報告されて

いる (Takahashi 2013). このように、落葉の時期や樹種タイプが異なる葉リター間では、生育する変形菌の群集構造が異なることが明らかである。本研究の調査地である「姫路市自然観察の森」では、過去2年間の調査で林内の葉リターから33種の変形菌が確認され (Takahashi and Iuchi 2014)、落葉広葉樹 (23種) と常緑広葉樹 (24種) の群集間の類似度は $PS=0.36$ とされた。本研究では、29ha程度の限られた森林域で落葉広葉樹と常緑広葉樹の群集間の類似度が $PS=0.43$ となった。これは、近接した林分間では類似性が高くなることを示唆している。落葉広葉樹や常緑広葉樹の樹種数が多い林分では変形菌の種数は増える一方で、針葉樹が優占すると変形菌の出現種数は減少した。つまり、森林内の樹種構成は、変形菌の種分布に強い影響を与える要因であるといえる。また、樹種や立地による葉リターの分解速度の違いは、変形菌の発生量に影響することが示された。

樹木の樹種によって樹皮pHが異なり、樹皮生変形菌は樹種やpHに選好性をもつことが知られている (Takahashi 2014)。葉リターでは、樹種により含まれる成分や分解に伴う養分量の変化に違いがあり (片桐ほか 1970)、新規葉リターの堆積層では樹種によりpHが異なることやセルロースの分解活性が異なることが報告されている (Takahashi 2015)。したがって、葉リターの化学的・微生物的な特性は変形菌の葉リターへの分布や発生量に影響すると考えられる。アベマキ葉リターに化学肥料投与することで、その基質のpHを変化させると、セルロース分解活性や変形菌の発生に影響を受けている (高橋 2017)。つまり、葉リターの樹種と分解環境の違いは、変形菌群集の種構成や発生量に影響を与えている。森林生態系において、変形菌は腐食連鎖を通して腐植形成に係わり、林内の物質循環に寄与していると推定される。

「姫路市自然観察の森」での調査 (Takahashi 2015) では、5種の林冠構成樹の下で葉リターに発生する変形菌を調べている。その結果、ヤマザクラ高木の樹下で他の樹種よりも多い21種の変形菌が確認されている。それを基準にして他の樹種との変形菌群集の類似度を求めると、コナラ樹下 (15種) は類似度が $PS=0.40$ 、アラカシ樹下 (20種) は $PS=0.26$ 、ソヨゴ樹下 (12種) は $PS=0.20$ となる。ヤマザクラ以外の樹種では出現種数が減少し、ヤマザクラ樹下との類似性が低下しているのである。本研究では、葉リターを一か所に移設して自然培養したが、やはりヤマザクラ林分の葉リターで変形菌の出現種数と発生量が最大になった。したがって、ヤマザクラ林分は変形菌に最適な生育環境を提供し、里山において変形菌の種多様性を高めているといえる。ヤマザクラは里山の広範囲に散在的に自生し、四季の景観にとって重要な役割を果たしているが、実はヤマザクラは選

択的に刈り残され意識的に保護された樹木と言われる (山本・高橋 1990)。ヤマザクラは、変形菌の種多様性にとっても重要な樹木であり、景観的価値とともに身近な里山に残されるべき有用木といえる。しかし、今日では常緑広葉樹林化によって好陽性のヤマザクラは周辺の林冠構成木から被圧され、立ち枯れ等が生じている (藤井ほか 2009)。里山の適切な植生管理がなされることにより、四季の景観や微生物を含めた生物多様性が維持されることを望む。

近年では、都市域と原生的な自然との中間に位置する里山は、生物多様性の維持に欠かせない場として注目されている (環境省 2001)。里山林における落葉樹と常緑樹の異なる植生では、変形菌群集の百分率類似度は高くはなく、先行研究を含め $PS=0.23-0.44$ の範囲であることが分かってきた。変形菌の胞子は風散により広域に分布する (Kamono *et al.* 2009) が、種によっては葉リター樹種への選好性があり、森林の樹種構成により変形菌の出現種と発生量が影響を受ける。こうした変形菌相の違いは森林内の微環境を知るためのバロメーターとなり、大型の動植物での調査からは得られない情報が得られる。すでに、都市公園においては変形菌相によって、自然成熟度の評価を試みた研究がある (岩田・鈴木 2008)。今後は、地域の里山林や都市公園などにおいて変形菌の多様性を広く調査し、自然環境の新たな評価につなげたい。

謝辞

本研究の遂行にあたり、実験地としての利用を許可して下さった「姫路市自然観察の森」の管理者および管理担当の皆様へ深く感謝します。

引用文献

- Fukasawa, Y., Komagata, Y. and Kawakami, S. (2017). Nutrient mobilization by plasmodium of myxomycete *Physarum rigidum* in dead wood. *Fungal ecology* 29: 42-44.
- 藤井義久・志賀壮史・朝廣和夫・重松敏則 (2009). 都市内残存林における9年間のヤマザクラの着花状況と消長. *ランドスケープ研究* 72: 523-526.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T. and Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4: 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm (2018. 5. 5 閲覧).
- Ing, B. (1994). The phytosociology of myxomycetes. *New Phytol.* 126: 175-201.
- 岩田 樹・鈴木雅和 (2008). 都市緑地における変形菌 (真正粘菌) の環境指標性の可能性. *ランドスケープ研究* 71: 653-658.
- Kamono, A., Kojima, H., Matsumoto, J., Kawamura, K. and Fukui, M. (2009). Airborne myxomycete spores:

- detection using molecular techniques. *Naturwissenschaften* 96: 147-51.
- 片桐成夫・千葉喬三・堤 利夫(1970). 落葉落枝の分解にともなう養分量の変化. 京都大学農学部演習林報告 41: 106-115.
- 環境省(2001). 日本の里地里山の調査・分析について(中間報告). <https://www.env.go.jp/nature/satoyama/chukan.html>. (2018. 10. 24閲覧).
- 気象庁ホームページ: https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=63&block_no=47769&-year=&month=&day=&view=. 過去の気象データ検索. (2018. 10. 15閲覧).
- Lado, C. (1993). Myxomycetes of Mediterranean woodlands. In Pegler, D. N., Boddy, L., Ing, B. & Kirk, P. M. (eds.), *Fungi of Europe: Investigation, Recording and Conservation*, pp. 93-114. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Macabago, S.A.B., Stephenson, S.L. and dela Cruz, T.E.E. (2016). Diversity and distribution of myxomycetes in coastal and mountain forests of Lubang Island, Occidental Mindoro, Philippines. *Mycosphere* 7: 18-29.
- Madelin, M.F. (1984). Myxomycetes, microorganisms and animals: a model of diversity in animal-microbial interactions. In: Anderson J.M., Rayner A.D.M., Walton D.W. (eds) *Invertebrate-microbial interactions*. Cambridge University Press, Cambridge, 1-33 pp.
- 日本野鳥の会(2014). 姫路市自然観察の森林内基礎調査報告書. 第6号植生調査編. 姫路市自然観察の森.
- Novozhilov, Y. K., Schnittler, M., Rollins, A. W. and Stephenson, S. L. (2001). Myxomycetes from different forest types in Puerto Rico. *Mycotaxon* 52:285-299.
- 佐藤紀男・小林 淳・平井英明(2012). ベンチコートシート法による水稻収穫後水田におけるセルロース分解促進技術の検証. *日本土壌肥科学雑誌* 83: 589-593.
- Stephenson, S. L. (1989). Distribution and ecology of myxomycetes in temperate forest. II. Patterns of occurrence on bark surface of living trees, leaf litter, and dung. *Mycologia* 81: 608-621.
- Takahashi, K. (2013). Myxomycete distribution varies among leaf litters of different vegetation in a local secondary forest of warm-temperate western Japan. *Mycoscience* 54: 368-377.
- 高橋和成(2014). ブナ林の葉リターに発生する変形菌の自然培養法による調査. *HIKOBIA*, 16: 467-473.
- Takahashi, K. (2014). Influence of bark characteristics on the occurrence of corticolous myxomycetes in Western Japan. *J. Jap. Bot.* 89: 35-47.
- Takahashi, K. (2015). Distribution of myxomycetes on varied leaf litter types in a mixed forest in warm-temperate western Japan. *Open J. Forestry*. 5: 686-696.
- 高橋和成(2017). 化学肥料投与が落葉生変形菌の発生に及ぼす影響を調べる予備的実験. *Naturalistae* 21: 49-58.
- 高橋和成・波田善夫(2008). 岡山県南部の二次林における異なる林分の葉リターに発生する変形菌群集の比較. *Naturalistae* 12: 21-32.
- Takahashi, K., Hada, Y. and Michell, D.W. (2009). Substrate preference of lignicolous myxomycetes relative to wood types in temperate Japanese forests. *Hikobia* 15: 287-298.
- Takahashi, K. and Harakon, Y. (2010). Ecology of wood-inhabiting myxomycetes in three different types of natural forests on the Kirishima Mountains of south-western Japan. *Hikobia*, 15. 499-510.
- Takahashi, K. and Iuchi, Y. (2014). Seasonal Patterns of Myxomycete Occurrences on Varied Leaf- Litters in a Mixed Forest of Warm Temperate Western Japan. *J. Jap. Bot.* 89: 383-393.
- Tran, H.T.M., Stephenson, S.L., Hyde, K.D. and Mongkolporn, O. (2006). Distribution and occurrence of myxomycetes in tropical forests of northern Thailand. *Fungal Diversity* 22: 227-242.
- 山本幸憲(1998). 「図説日本の変形菌」. 700pp. 東洋書林, 東京.
- 山本聡・高橋理喜男(1990). 里山におけるヤマザクラ群生地の成立過程について. *造園雑誌* 54: 173-178.

要約

多くの変形菌が森林の葉リターで生活するが、森林を構成する樹種との関係は明らかではない。本研究では、西日本の里山林で一つの山腹を構成する樹種が異なる林分(常緑広葉樹, 落葉広葉樹, 針葉樹林)で、葉リターに発生する変形菌相を比較した。葉リターは、ヤマザクラ, コナラ, アラカシ, ソヨゴ, スギ, アカマツのそれぞれが優占する林分から採取し、各葉リターに発生する変形菌を5月から10月の期間を通して調べた。その結果、各葉リターからは13種, 8種, 10種, 4種, 4種, 4種の変形菌が発生し、全体では20種が確認された。非計量多次元尺度構成法で変形菌群集を序列化すると、その配置は林分の構成樹種数と葉リター中でのセルロース分解活性とに有意な正の相関を示した。シロジクキモジホコリはすべての樹種の葉リターに出現したが、12種は樹種により偏って出現した。変形菌の里山林内での分布パターンは均一ではなく、種の多様性はヤマザクラ林分で最大となり、発生量はセルロース分解活性の高い葉リターで多くなることが明らかになった。

(2018年12月7日受理)