

特集：SS リーグ研究報告

虫こぶの研究 ～大きな力を導く小さな共生関係～

ジポーリン周樞(横浜インターナショナルスクール10年)

■背景

三浦半島の先端（神奈川県三浦市）にある小網代の森に、小学二年生の頃から行き、様々な生物や鉄バクテリアの赤い沼の観察をしてきた。この森は、面積約70 haの小さな森で、その真ん中には「鈴の川（浦の川ともいう）」という全長1.2 kmの川が流れ、谷を作っている。森の最高標高は約60 m。源流から河口まで流れをさえぎる人工物がなく海まで流れている。この森の植物に、エゴノネコアシフシをはじめ、たくさんの虫こぶができているのを見つけた。先生から虫こぶは様々な植物と虫が共生をしたものだと言った。虫こぶとは、昆虫が植物に卵を産みつけ、幼虫が植物内で育つために、植物の組織を変形させた物。そんな不思議な現象に興味を持ち始めた。

■研究の目的

1. 小網代の森にどのような種類の虫こぶが、どの流域(上流、中流、下流)に、どれくらいいるかを探り、“小網代の森、虫こぶ分布地図”を作る。
2. その中から、ヒカゲイノコズチ(ヒユ科で、低地の日陰に生息する多年草)の節に紡錘形～垂球形のこぶを作る、イノコズチクキマルズイフシ(形成者がイノコズチウロコタマバエ)を選び、こぶの発達と虫の成長の関係、植物と虫の相互関係を探る。 それにあたって、このこぶ形成の要因を探る。

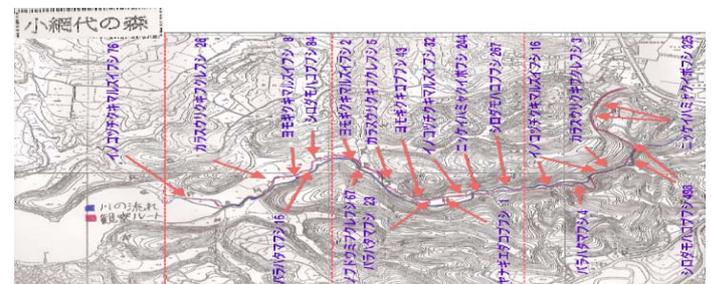
■実験材料および方法

1. 小網代の森で、2009年7月4日に調査を行った。森を、環境がそれぞれ違う、3つの地域：上流、中流と下流域に分けた。上流域は地形が谷のため日陰で樹木は高く伸び茂っていた。中流域はジャナナギやハンゲショウ等が多い湿地帯で、下流域は海に近く比較的平たい地形で日当たりの良い草原になっていた。その3つの地域の中で、虫こぶとホストの数を調べた。虫こぶの同定は「虫こぶハンドブック」(薄葉2003)に従った。観察ルートは両側2 m以内のみを記録した。できかけの半端なゴールが発生するという問題点があったため、形成者の孵化が成功したこぶの個体のみ数えた。また、各流域の一年間の平均気温を出すため、月2回、午後3時から4時の間に気温を測った。
2. ①野外でのこぶの継続観察と解剖観察：森で見つけたイノコズチクキマルズイフシ76個について、2009年の7月から翌年2月まで定期観察を行った。ムシこぶは、直径0.5cm以下、1.0cm以下、1.5cm以下、2.0cm以下の4階級に分け、個数を記録した。9月5日からは2～3週間おきに各階級のこぶを一つずつ採取して家に持ち帰り、解剖して虫こぶ内部の変化を観察した。②菌類の分離観察：こぶ内で見つかった菌がどのような種であるのか明らかにするため、こぶの様々な組織と幼虫から、菌の分離を2回行った。1回目の分離は2009年秋に行い、分離に使ったこぶは新鮮で、孔道には皆黄色い幼虫がいて、孔道の壁には菌が生えてい

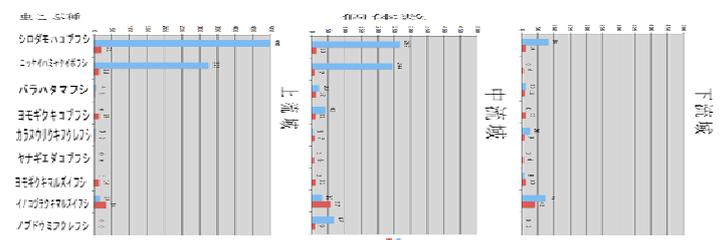
た。こぶ内組織、幼虫の孔道組織、幼虫と、こぶ表面組織の4つの区を作り分離した。2回目は2010年初夏に行い、こぶは新鮮なもので、中には主に幼虫がいたが、蛹も確認できた。こぶ内の菌は内部全体に広がっていた。幼虫の孔道組織と幼虫の2つの区を作った。また、2009年からの継続観察中に虫が死んでしまったこぶからも分離してみた。

■実験結果

1. 合計9種の虫こぶが見つかった。シロダモハコブフシは森全体的で多く見られ、上流域ほど多かった。ニッケイハミヤクイボフシも上流、中流域で多かった。下流域で多



かったのはイノコズチクキマルズイフシであった。気温は



- 下流に行くにつれて上昇する傾向にあった。各流域における虫こぶ数とホスト個体数
2. ①野外でのこぶの継続観察と解剖観察：ムシこぶは10月中旬まで徐々に大きくなったが、それ以降はほとんど大きさが変わらなくなった。こぶの中には孔道があり、中には黄色い幼虫がいた。また、大きなこぶには大きな幼虫がいた。そして、幼虫が作った空洞には菌が生えていた。幼虫も菌で被われていて、幼虫の体内には白い固まりが多数見えた。幼虫と組織が接触し、虫の皮が破れないととれないくらい接着していることもあった。冬にこぶは枯れても固いままで腐らず、中には幼虫がいて、蛹にならず越冬した。2010年の4月下旬頃に蛹になった。残念ながら、羽化は確認できなかった。



こぶ内の様子



イノコズチクキマルズイフシの継続観察結果

観察年月日	こぶの直径 0.5 cm 以下		1.0 cm 以下		1.5 cm 以下		2.0 cm 以下	
	こぶの個数	幼虫の大きさ (mm)	こぶの個数	幼虫の大きさ	こぶの個数	幼虫の大きさ	こぶの個数	幼虫の大きさ
9/5/2009	11	3.4x1.0	25	4.2x1.0	24	4.9x1.8	16	5.3x1.6
9/19/2011	10	3.2x1.2	24	4.9x1.2	23	5.1x2.1	15	5.2x1.4
10/3/2011	9	3.6x1.3	23	4.7x1.2	22	5.2	14	5.2x2.1
10/17/2011	4	4.1x1.2	27	3.9x1.1	21	4.9x2.0	13	5.2x2.3
11/7/2011	3	3.7x1.2	26	4.3x1.2	20	4.6x1.8	12	5.8x2.4
11/21/2011	2	3.1x1.1	25	4.7x1.2	19	4.3x1.9	11	5.4x2.1
12/5/2011	1	2.7x1.1	24	4.3x1.2	18	4.8x1.8	10	5.4x2.2
12/19/2011	0		23	4.8x1.3	17	4.8x1.8	9	5.8x2.3
1/2/2010	0		22	4.5x1.2	16	4.8x1.7	8	5.3x2.0
1/16/2011	0		21	4.5x1.2	15	4.6x1.7	7	5.1x1.9
2/6/2011	0		20	4.4x1.2	14	4.6x1.8	6	5.2x2.1
2/20/2011	0		19	4.3x1.2	13	4.6x1.6	5	5.2x2.2

②菌類の分離観察：1回目は合計7種のカビが分離できた。こぶの表面組織からは*Phoma*属菌と*Acremonium*属菌、孔道組織からは*Plectosphaerella*属菌と*Arthrimum*属菌、こぶ内組織からは*Alternaria*属菌と*Fusarium*属菌、幼虫からは*Penicillium*属菌が確認できた。

2回目は孔道と幼虫から分離した。その結果、*Fusarium*属菌、*Penicillium*属菌、*Bionectria*属菌、*Trametes*属菌と

#### こぶ内の幼虫や孔道からの分離結果

分離された微生物	出現頻度 (%)			
	幼虫 n=3	孔道 n=4	古い蛹 n=2	古い孔道 n=1
<i>Fusarium</i>	66	25	100	0
<i>Trametes</i>	33	25	0	0
<i>Bionectria</i>	0	25	0	0
<i>Penicillium</i>	0	25	50	0
放線菌	33	50	0	100

放線菌が分離できた。そのうち*Fusarium*属菌と放線菌が、比較的出現頻度が高かった。ムシが死んでしまったこぶからも*Fusarium*属菌、*Penicillium*属菌と放線菌が分離できた。

#### ■考察

ニッケイハミヤクイボフシとシロダモハコブフシは他の種と比べ、一つの葉にたくさんの卵を密集して産み、ホストは大きな木になる物である。だから全体的に、ホスト一個体あたりの虫こぶ数で比べても、多いと思われる。また、ヤブニッケイとシロダモはほぼ全域に分布していたのに虫こぶの分布は上流域に片寄ってっていた。一方、イノコズチクキマルズイフシは下流域でホスト数と比べても多かった。イノコズチクキマルズイフシは日当たりの良い比較的高温の環境を好み、前二者は比較的低温で、潮風があたりやすい環境を好むのではないかと推測した。つまり、ムシこぶを作る昆虫にはそれぞれ温度や湿度に好みがあり、ムシこぶの分布に影響を与えていると考えられる。全体的にみて、下流域の方が虫こぶ数が多いことから、小網代の森では、高温を好む種の方が多いと思われる。

イノコズチクキマルズイフシの野外での継続観察と解剖観察の結果から、より大きなこぶの中には大きな幼虫がいること、冬の間も最後までゴールの組織が腐ることはなく越冬中の幼虫を守っていることから、幼虫は何らかの方法で、宿主植物の細胞を増殖させてこぶを発達させ、また冬の間腐らないように維持しているのではないかと考えた。また、幼虫が作った孔道の壁に菌が生えていたこと、幼虫の体内に白い固まりが見えたことから、幼虫は菌をこぶ内で繁殖させ、それを餌にしているのではないかと考えた。この菌は、こぶ形成、維持にも関係しているのではないかと

2回の分離実験の結果から、*Fusarium*属菌と*Penicillium*属菌はイノコズチクキマルズイフシとのアソシエーションが強いと考えられる。特に*Fusarium*属菌は出現率が高かったため、アソシエーションが強いと思われる。また、2回目の分離で比較的出現頻度が高かった放線菌の仲間には、抗生物質を作るものがあることから、こぶ内で重要な役割がある可能性が考えられる。古いこぶ内の蛹と孔道からも*Fusarium*属菌、*Penicillium*属菌と放線菌が分離できた。今回の分離実験では、試料数が少なかったため正確には言えないが、これら3種の微生物がこぶの形成、維持や、幼虫の成育に重要な役割を果たしている可能性があるのではないかと。タマバエの仲間は*Botryosphaeria*属菌と共生関係を結んでいることが知られているが、今回は分離できなかった。今後、分離する時期、ムシの成長段階に注意しながら、より多くのこぶから分離も試みたい。

今回の研究で、小網代の森にはたくさんの種類のムシこぶがあり、種類によってその分布に特徴があることが分かった。また、その中の一つ、イノコズチクキマルズイフシでは、こぶ内の幼虫の孔道に菌がいることが分かった。今後は、こぶの形成要因や、菌の役割を詳しく探るため、形成者の親の段階から厳密にこぶ形成の流れを調べる必要がある。また、成虫のマイカンギアを調べたり、分離した菌をホストに接種してみるなどして、菌とこぶの関係や菌と虫の関係を明らかにする様々な実験をすることが必要である。

#### ■参考文献

- 小舟瞬・升屋勇人・梶村恒. 2010. 昆虫共生菌の生態—Asphondyliini族タマバエのゴールから分離された菌類の系統関係. 日本菌学会第54回大会講演要旨集. p 45.
- 国立科学博物館編. 2008. 菌類のふしぎ—形とはたらきの驚異の多様性. 東海大学出版会.
- 細矢剛・出川洋介・勝本譲著. 2008. 野外で見つけるかびの暮らし発見ガイド. 全国農村教育協会.
- 薄葉重著. 2003. ムシこぶハンドブック. 文一総合出版.
- 薄葉重著. 2007. ムシこぶ入門—虫えい・菌えいの見かた、楽しみかた. 八坂書房.
- Rohfritsch, O. 2008. Plants, gall midges, and fungi: a three-component system. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 128: 208-216.
- Yukawa, J., Uechi N., Tokuda, M. and Sato, S. 2005. Radiation of gall midges (Diptera: Cecidomyiidae) in Japan. *Basic and Applied Ecology* 6: 453-461.
- Miyadoh S., Tsuchizaki N., Ishikawa J., Hotta K., 2002, Digital Atlas of Actinomycetes, <http://www.nih.go.jp/saj/DigitalAtlas/index.htm>.