

ゾンビゼミを見た*



東京都農林総合研究センター / 東京都立大学

大林 隆司

Takashi Ohbayashi

はじめに

日本の夏を代表する昆虫といえばセミ。そのセミが人知れずゾンビ（正確にはゾンビの定義ではないのですが…）になっていることをご存じでしょうか…？自分は日本で“ゾンビゼミ”を最も見ている人間と自負しておりますが、“ゾンビゼミ”とは何なのか、その奇妙な生態と謎について記そうと思います。

*「ウルトラ Q」第12話「鳥を見た」へのオマージュ

1. 1997年10月1日：小笠原諸島母島

その当時、私は1994年7月から就職して実質最初の赴任地である小笠原諸島父島で暮らしていました（その後2003年3月まで約9年間暮らすことになったのですが…）。この日、私は父島の50 km南にある母島の森（図1）で小笠原諸島固有種とされ、国の天然記念物でもあるオガサワラゼミ（図2）の調査をしていました（もちろん各機関の許可を得て）。小笠原諸島はいわゆる“海洋島”ですが、一般的には一部に例外はあるものの、海洋島にセミは

分布しません。そのため、オガサワラゼミも琉球列島に分布する同属で近縁なクロイワツクツク（図3）が明治時代以降に人為的に植物と共に持ち込まれたものである可能性が指摘されており、その点を分類学的に明らかにするための調査をしていたのです。ちなみにこの件については、その後「オガサワラゼミは数十万年～数百万年前に沖縄のクロイワツクツクの祖先種から分かれたもので、100年ほど前に持ち込まれたものではないだろう」という結果が得られています⁽¹⁾。

さて、この年はオガサワラゼミが大発生しており（図4）、毒瓶（中に採集した虫を「締める」ための酢酸エチルを浸み込ませた脱脂綿が入っているガラスの管瓶）に入れたところで、あることに気付きました。「毒瓶の内側におがくずのようなものが付いている…蓋のコルク栓が古くなって崩れたのかな？」。しかし、瓶の中のセミを観たところ、お腹がボロボロになっている個体（図5）に気付いたのです。なんと、おがくずのようなものは蓋のコルク栓が崩れたのではなく、ボロボロになったセミのお腹の中から出ていたのです。そして、さらに採集し

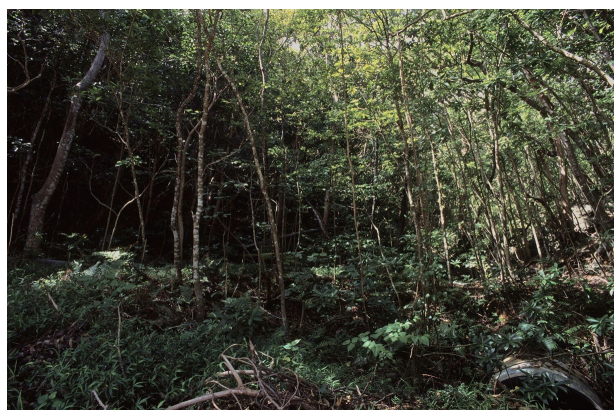


図1. 母島庚申塚の森



図2. オガサワラゼミ

たところ、腹部末端がなくなっているにもかかわらず、生きている個体（図6）が多数見つかり、やはりお腹の中には煉瓦色をしたおがくずのようなものが詰まっていました。通常、セミの雄は鳴き声を響かせるために腹部が「がらんどろ」になっており、雌では卵が詰まっていますが、雄でも雌でもそのような個体が見られたのです（図7）。

これは何なのか？父島に戻り、大学時代に受けた「昆虫病理学」という授業の教科書を紐解いてみたところ、『セミの成虫の腹部を侵し、分生子で充満

した腹部は……次々と脱落し』という今回の症状に一致する *Massospora*（マッソスポラ）属（17年蟬カビ属）というカビのことが書かれていました。さらに顕微鏡でおがくずのようなものを観てみたところ、インフルエンザウイルスのようなイガイガを持つ球体が見え（図8、9）、これはマッソスポラ属菌の休眠孢子（後述）らしいことがわかったのです。私はこの菌についてさらに知ろうと（当時は島ではインターネットはほとんど普及していなかった）、国の研究機関である森林総合研究所の大学院時代の



図3. クロイワツクツク



図4. 母島庚申塚のオガサワラゼミ多発状況



図5. マッソスポラ属菌感染♂



図6. マッソスポラ属菌感染♀（腹部末端が欠落）



図7. マッソスポラ属菌感染固体（左）&健全個体（右）

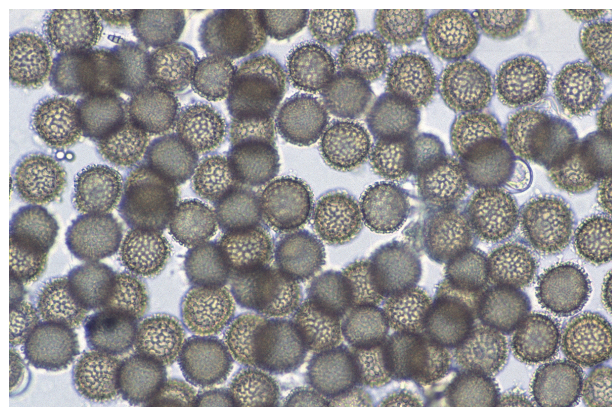


図8. マッソスポラ属菌休眠孢子

先輩に電話をかけ、このことについて聞いてみたのです。

「母島でオガサワラゼミにマッソスポラ感染個体らしきものが多数出たんですけど…」

それを聞いた先輩はものすごく驚き、
『何だってっ!!! マッソスポラは日本では過去に1例しか記録がないんだぞっ!!! すぐにまた母島行ってサンプル採ってこいっ!!!』

と言ったのでした…。

そこで私は翌々日には年休を取り、再び母島に向かったのです。

2. マッソスポラ（属菌）とは？

マッソスポラ属は昆虫に流行病を引き起こす昆虫疫病菌類というカビのグループで、ハエカビ目ハエカビ科に属します。セミのみから記録されており、アメリカで17年ゼミ（周期ゼミ）から最初に記載され、現在までにセミの種ごとに異なる数十種ほどが知られているにすぎません。このカビの日本国内からの記録はアマチュアのセミ研究の大家、加藤正世博士の娘さんが1946年に、現在は石神井公園の一部となっている自宅の庭で採集したニイニイゼミから得た1例のみでした⁽²⁾。先に述べたとおり、母島からの記録は国内2例目、実に51年ぶりの記録ということになったのです。このカビはセミの成虫に感染し、体内に胞子を作ります。菌の感染によりセミの体節が先端から、生きているうちから外れて落ち、感染したセミは腹部がない状態で飛び回ります。体内に形成された胞子はセミの飛翔により地上にばらまかれ、次の感染源となります。また、腹部先端の交尾器が失われているにもかかわらず、交尾行動をする例が観察されており⁽³⁾、交尾行動によ



図 9. マッソスポラ属菌休眠胞子走査電顕画像（スケール:10μm）

でも感染が拡大するため、いわば“セミエイズ”とも言えます。タイトルに書いた“ゾンビゼミ”とは、菌に侵された感染個体が菌に操られ菌をまき散らして次々と感染させることを例えたものです(図10)⁽⁴⁾。正確にはゾンビは蘇った死体が行動するので、ちょっと違いますが…。

さらに最近、この菌からはマジックマッシュルームに含まれる幻覚成分「シロシビン」と、中枢神経興奮作用を持つ「カチノン」（覚せい剤の一種）が検出され、腹部が脱落してもセミが飛び回り、交尾行動を続ける原因ではないかと推定されています⁽⁵⁾。この時の記録は先輩らと英語論文にまとめ、応動昆英文誌に掲載されました⁽⁶⁾。

3. 1999年9月23日：小笠原諸島母島

マッソスポラ属菌は2種類の胞子を作ることが知られています。1種類目は流行病の発生初期に作られる「分生子」で、おおむね米粒のような形をしており、すぐに感染する能力を持ちますが、寿命は短いとされています。2種類目は、1997年に母島で見つかった、インフルエンザウイルスのようなイガイガを持つ球体状の「休眠胞子」です。休眠胞子は流行の末期に形成され、すぐに感染する能力は持ちませんが、耐久性があり、土の中で10年以上耐え、セミの羽化時に発芽・感染するとされています。しかし分生子から休眠胞子への形成の切り換えや、休眠胞子の発芽・感染のメカニズムは明らかになっていません。なお、マッソスポラ属菌の休眠胞子はどの種も形や大きさが似ていて種の区別は困難であり、種の判別のためには分生子を診ることが必要です。



図 10. 2020年の北米での周期ゼミの大発生に伴う“ゾンビゼミ”の多発を報じた報道(CNN, 2020年8月4日付: <https://www.cnn.co.jp/fringe/35157666.html>)

1997年の母島での発見時には休眠胞子しか見つからず、流行病の末期と推察され、既存の種との比較・同定ができませんでした。私は「小笠原に間に分生子を形成した個体と出会えるだろうか…?」と期待と不安が入り交じった思いを抱いていました。マッソスポラ属菌はセミの多発時に流行が起るため、セミの発生が少ない時には出会うことは困難だからです。1997年の発見から2年後の1999年9月、母島へ出張していた私は、2年前にマッソスポラを発見した地点で腹部末端に灰色で表面がビロードのような質感のキノコのようなものができているオガサワラゼミを見つけたのです(図11)。父島に戻り、キノコのようなものの表面の粉末を顕微鏡で観たところ、米粒のような粒子が多数見え(図12)、ついに分生子を診ることができたのでした。そこで分生子の長さ・幅を既知のマッソスポラ属菌と比較してみたところ、長さ・幅ともに一致するものではなく、「おそらく未知種、つまり新種であろう」ということになったのです。

4. 2012年10月10日：小笠原諸島母島

その後、私は2003年に父島から本土に異動し、その後もほぼ毎年1回ほど父島を訪れていましたが、母島を訪れる機会はなかなかありませんでした。ところが小笠原諸島がちょうど世界自然遺産に登録されることになった2011年から再び8年ぶりに父島で暮らすことになったのです(2016年まで)。2回目の小笠原生活でも、オガサワラゼミの分類学的研究のために採集許可を得ていました。再赴任した翌年の2012年、この年は母島でオガサワラゼミの発生が多く、採集に向かいました。「マッソスポラによる流行病が発生しているかもしれない」と期待しつつ、10年以上ぶりに同じ地点に向

かいましたが、やはり分生子を形成している個体が見つかりました(図13)。日本ではほぼ毎年のようにマッソスポラによる流行病を見ることができるのは、恐らく母島だけでしょう(とこの時は思っていました…)

5. 2015年10月23日： 東京都練馬区石神井公園

父島から出張で上京中のこの日、仕事を終えた私はどきどきしながら石神井公園にある、ふるさと文化館に向かっていました。なぜどきどきしていたのか?この時、ここでは日本で初めてマッソスポラ属菌を記録した加藤正世に関する企画展「『蟬類博物館』—昆虫黄金期を築いた天才・加藤正世博士の世界」が開催されており、彼が日本で初めて記録したマッソスポラ属菌の標本が展示されていたからです(普段は東京大学総合研究博物館に保管)。会場に着き、膨大なセミのみならず他の昆虫などの標本展示エリア(オガサワラゼミの標本もありました)の先の、キノコなどの標本が展示されているエリアにそ

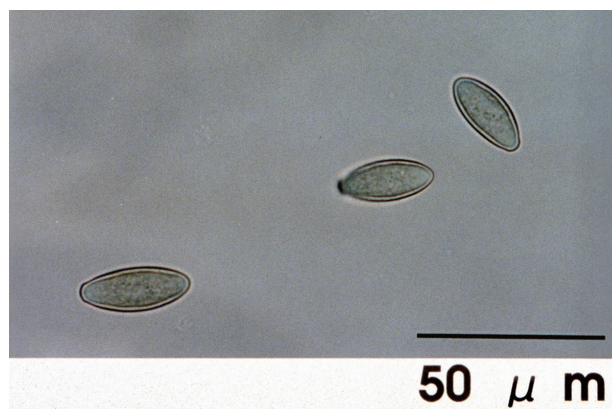


図12. オガサワラゼミのマッソスポラ属菌分生子



図11. 母島マッソスポラ属菌分生子形成個体(1999年)



図13. 母島マッソスポラ属菌分生子形成個体(2012年)

れはありました…。文献でしか見たことがなく、しかももうこの世から失われているかもしれないと思っていた幻の標本が。展示物は撮影不可でしたが、職員の方に「自分は加藤正世以外に唯一マッソスポラを日本から記録した者です。ぜひ標本の前で記念写真を撮りたいのですが…」と事情を話し、東京大学総合研究博物館の矢後さん（面識はあった）に連絡を取っていただき、許可が得られ記念写真（図14）を撮っていただいたのでした。

6. 2020年8月8日： twitter（74年ぶりの再発見）

2016年3月に2回目の父島赴任を終えた私は本土東京に戻っていました。“ガセネタ”が多いtwitter等のSNSですが、中には驚くような情報もたらされることもあります。この日、セミ関連の知り合いから、

『“ゾンビ蝉ともまた違うが、今年は腹部の中に寄生しているセミを3個体発見した。#ゾンビセミ”というツイート（<https://twitter.com/Cicadatom/status/1291685248191758338>：図15）があったんですけど、これってマッソスポラではないでしょうか？』

という連絡が来たのです。それまでもtwitter上で『このセミ、マッソスポラ感染個体？』というツイートは山ほど見てきましたが、すべて“ガセネタ”でした…。しかし、このツイートの内容は、①過去にマッソスポラ属菌の記録があるニイニゼミである、②腹部末端の症状（菌体らしきもの）がどう見てもマッソスポラ属菌、③そのような症状の個体が複数個体得られている、ということで、もしこれがマッソスポラ属菌であれば、何と74年ぶりの再発見、ということになります。私はこのツイート



図14. 加藤正世記録マッソスポラ属菌標本と対面した私

は“マジネタ”であろう、と確信し、ツイ主に連絡を取ったのです。

ツイ主は、千葉県N市在住の、何と高校1年生の男の子でした。彼は大のセミ好きで、今回の発見場所（同市内）では10年前から毎年セミ採りをしており、今回は例年になくニイニゼミが大発生しているとのことで、昆虫疫病菌であるマッソスポラ属菌による流行病の発生条件にも合致しています。そして彼は私も所属している「日本セミの会」にも入っていました（その後、彼は会を辞めてしまいましたが…）。N市は比較的近いことから、その翌日に現地を訪れ、彼に案内してもらい調査することにしたのでした。

7. 2020年8月9日：千葉県N市

この日の夕方、私はつくばエクスプレスの某駅に降り立ちました。駅前に、74年ぶりの“大発見”をした（かもしれない）男の子が自転車に乗って現れました（虫採り網を持っていたのですぐに分かりました）。話してみると、とても素直な感じの子でした。さっそく、駅から歩いて5分ほどの発見場所である運動公園へと向かいました。最初に、どうということはない感じの、周りにまばらにケヤキやサクラが植えられている広場（図16）で何個体かのニイニゼミを採集してみました。すると、通常であれば腹部を伸び縮みさせるはずが、ほとんどしない個体（図17）や、彼がツイートしたような、腹部末端が欠落して白い塊ができていない個体（図18）が見つかりました（図18）。休眠胞子や分生子を顕微鏡で確認する必要はありますが、ほぼマッソスポラ属菌感染個体と言って良さそうです！その日はとりあえ



図15. 再発見の tweet
(<https://twitter.com/Cicadatom/status/1291685248191758338>)

ず、彼には今後も現地で観察・採集を続けてもらうことをお願いし、10 個体ほどの感染個体らしき個体を持ち帰りました。

翌日、腹部が動かない個体の腹部からこぼれ出た煉瓦色の粉末や（図 19）、腹部末端の白い塊を検鏡してみました。するとやはり煉瓦色の粉末はイガイガのある球形のもの（図 20）、白い塊の表面からは米粒型のものが確認され（図 21）、まさしくマッソスポラ属菌の休眠孢子と分生子であることが判明したのです。日本国内からは 1997 年のオガサワラゼミから以来 3 例目、ニイニゼミからは 1946 年以

来 74 年ぶりの発見となりました。そして今回特筆すべきは、74 年前は休眠孢子しか記録されていなかったのに対し、分生子形成個体も記録されたことです。先に述べたとおり、マッソスポラ属菌の休眠孢子はどの種も似ているので区別が困難ですが、分生子なら区別可能で、既知の種との比較ができます。実はニイニゼミからのマッソスポラ属菌は *Massospora cicadina* ということになっていますが、この種は別種のセミから記録されており、おそらくニイニゼミからのものは別種であり、すなわち新種であることはほぼ間違いありません。今回の発見



図 16. マッソスポラ属菌が再発見された運動公園広場



図 17. 腹部がほとんど伸び縮みしない個体（右）



図 18. 腹部末端が欠落している個体



図 19. 腹部からこぼれ出た煉瓦色の粉末

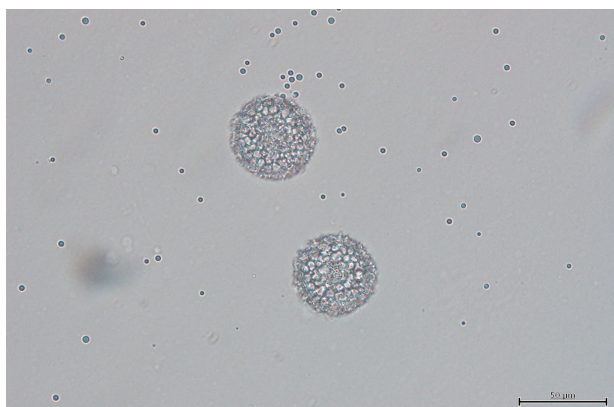


図 20. ニイニゼミのマッソスポラ属菌の休眠孢子



図 21. ニイニゼミのマッソスポラ属菌の分生子

については、記載はまだ先の話ですが、発見の経緯を発見者の男の子と共著で論文にまとめ、発表しました⁽⁷⁾。

8. 2020 年 11 月 20 日：職場にて

この日、私は筑波大学の学生さんが主催するオンラインのセミナーで「セミと冬虫夏草の共生関係」という大変興味深い内容を拝聴していました。講演者は、遺伝子関連の研究もされていたので、マッソスポラ属菌に関し、遺伝子による解析をお願いできるかもしれない…と思いつき、セミナー終了後に連絡を取ってみました。なんとその方は森林総研の先輩と知り合いで、もちろんマッソスポラもご存じで、いわゆる手弁当ですが、解析を引き受けていただけることになり、現在に至っています。

おわりに

これほど身近な昆虫であるセミに、これほど特徴のある症状の病気がなぜいまだに国内で 3 例しか見つかっていないのか、他の日本のセミにこのカビが発生していないのかずっと気になっています。加藤正世博士がマッソスポラ属菌を初めて記録した自宅庭（後の石神井公園の一部）の辺りは、その数十年前には畑で、森はおろか樹々もありませんでした⁽⁸⁾。ですから、我が国最初のマッソスポラは、どこか別の場所から植木と共に持ち込まれた可能性があります。そして、オガサワラゼミに極めて近い、奄美群島や沖縄諸島に分布するクロイワツクツクにマッソスポラ属菌による流行病が発生していないか、そしてこのカビが絶海の孤島である小笠原にどこからどうやって入ってきたのか、オガサワラゼミの由来とともに思いを馳せるのです。

引用文献

(1) Nagata, N., Toda, M., Ohbayashi, T., Hayashi, M., & Sota, T., (2021). Phylogeography of

cicadas on continental and oceanic islands in the northwestern Pacific region. *Journal of Biogeography*, 48: 3060-3071.

- (2) 小林義雄, (1951). 菌誌 (1) 新に日本にて発見せられたマッソスポラ属について. 植物研究雑誌, 26 (4) : 117-119.
- (3) エキサイトニュース, (2018). セミを“性蟲”に変貌させる菌が発見される！オスメス構わず交尾し、最後は「性器爆発」壮絶症状！（最新研究）
<https://www.excite.co.jp/news/article/Tocana_201810_post_18552/> (2018 年 10 月 30 日付).
- (4) Cable News Network, (2020). 病菌が操る「ゾンビゼミ」、腹部脱落したまま飛行交尾で感染拡大.
<<https://www.cnn.co.jp/fringe/35157666.html>> (2020 年 8 月 4 日付).
- (5) Boyce *et al.*, (2019). Psychoactive plant- and mushroom-associated alkaloids from two behavior modifying cicada pathogens. *Fungal Ecology*, 41: 147-164.
- (6) Ohbayashi, T., Sato, H., & Igawa, S., (1999). An epizootic on *Meimuna boninensis* (Distant) (Homoptera: Cicadidae), caused by *Massospora* sp. (Zygomycetes: Entomophthorales) and *Nomuraea cylindrospora* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) in the Ogasawara (Bonin) Islands, Japan. *Applied Entomology and Zoology*, 34 (3) : 339-343.
- (7) 大林隆司・千代田斗夢, (2020). セミを“ゾンビ化”するマッソスポラ属菌：ニイニイゼミから 74 年ぶり、日本国内 3 例目の記録. *Cicada* 27 (1) : 21-23.
- (8) 練馬区立石神井公園ふるさと文化館編, (2015). 蟬類博物館：昆虫黄金期を築いた天才・加藤正世博士の世界. 練馬区立石神井公園ふるさと文化館, 東京. 158 p.