

研究の“森”から No.194

種の壁を越えた 遺伝子の転移

～マツノマダラカミキリの染色体上に共生細菌ボルバキアの遺伝子を発見～



相川 拓也
(東北支所 主任研究員)



写真1 マツノマダラカミキリ
マツ材線虫病の病原体であるマツノサイセンチュウを媒介する森林害虫

マツノマダラカミキリから検出された
細胞内共生細菌「ボルバキア」の遺伝子

ボルバキアは主に昆虫類の細胞内に共生する細菌で、全昆虫種の約60%がこの細菌に感染していると言われています。この細菌は、宿主昆虫の生殖機能を作するというユニークな特徴を持ち、たとえば、細胞質不和合性(感染雄と非感染雌との間で次世代を作らない)、雄殺し(雄に発育すべき卵を孵化させない)、そして雄の雌化(遺伝的には雄でも雌に発育させる)などが代表的な例として挙げられます。

マツ材線虫病の媒介昆虫であるマツノマダラカミキ

リ(写真1、以下カミキリ)の体内からもボルバキアの遺伝子が検出されていたことから、当然、カミキリにもボルバキアが感染していると考えられていました。もし、このボルバキアがカミキリに次世代を作らせなくするような生殖操作をするのであれば、マツ材線虫病の防除素材として利用できるのではないかと本研究所はそのような発想からスタートしました。

メンデルの法則にしたがって遺伝するボルバキア遺伝子

ボルバキアがカミキリの細胞内で共生しているとすれば、雌から次世代へと感染するのみで、雄から次世代へは決して感染しません。ボルバキアの遺伝子が検出される系統(感染系統)と検出されない系統(非感染系統)を用いて三世代(G1～G3)にわたる交配実験を行った結果、非感染雄×感染雌の組み合わせでは、他の昆虫で一般的に見られるボルバキアと同様に母親(G1)から次世代(G2)へ完全にボルバキアの遺伝子が移行しましたが、感染雄×非感染雌の組み合わせでも、得られた子孫はすべてボルバキアの遺伝子を持っていました(図1)。すなわち、細胞内で共生していればあり得ないはずの、父親から次世代への移行が起こったのです。さらに、ボルバキアの遺伝子が検出されたG2世代の雌と非感染雄を交配させたところ、今度は感染個体と非感染個体が約一対一の割合で出現しました(図1、G3)。このボルバキアの遺伝子は、まるでカミキリの常染色体と連鎖しているかのように、生物の教科書に載っているメンデルの法則にしたがって遺伝したのです。

マツノマダラカミキリの七番染色体上に存在したボルバキア遺伝子

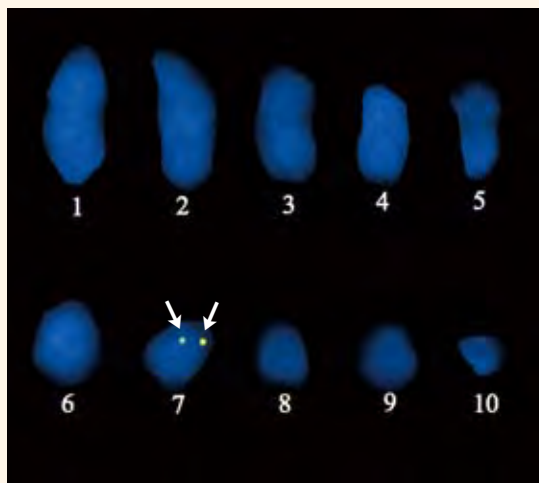


写真2 マツノマダラカミキリの染色体上に存在するボルバキアの遺伝子
マツノマダラカミキリが持つ10本の染色体（青色）のうち、大きい方から数えて7番目の常染色体上にボルバキアの遺伝子の存在を示す黄色のシグナルが見える（矢印）

本当にカミキリの常染色体上にボルバキアの遺伝子が存在するかどうかを視覚的に確かめてみると、ボルバキアの遺伝子は、カミキリの10本の染色体のうち、七番目の常染色体上に存在することが確認できました（写真2）。このことは、ボルバキアの遺伝子の断片が、何らかのプロセスによって、ボルバキアからカミキリの常染色体に転移した（水平転移した）ことを示します。

昆虫を含む高等生物では、こうした遺伝子水平転移の実証例が極めて少ないことから、今回の発見は水平転移の役割を考える上で大変重要な知見となります。また、遺伝子水平転移が起こるプロセスを解明することも今後の課題です。

防除素材としての可能性は？

このように、カミキリにはボルバキアが感染していないことが明らかとなりましたが、ボルバキアの遺伝子が転移していたという事実は、カミキリが過去には確実に感染を受けていたことを物語っています。つまり、まだ日本のどこかにボルバキアを保持したカミキリ個体群が残っている可能性が十分にあるのです。そのような個体群を発見し、そのボルバキアが持つ性質を明らかにしていくことで、今後、ボルバキアをマツ材線虫病に対する防除素材として利用するための道が開けてくると考えられます。

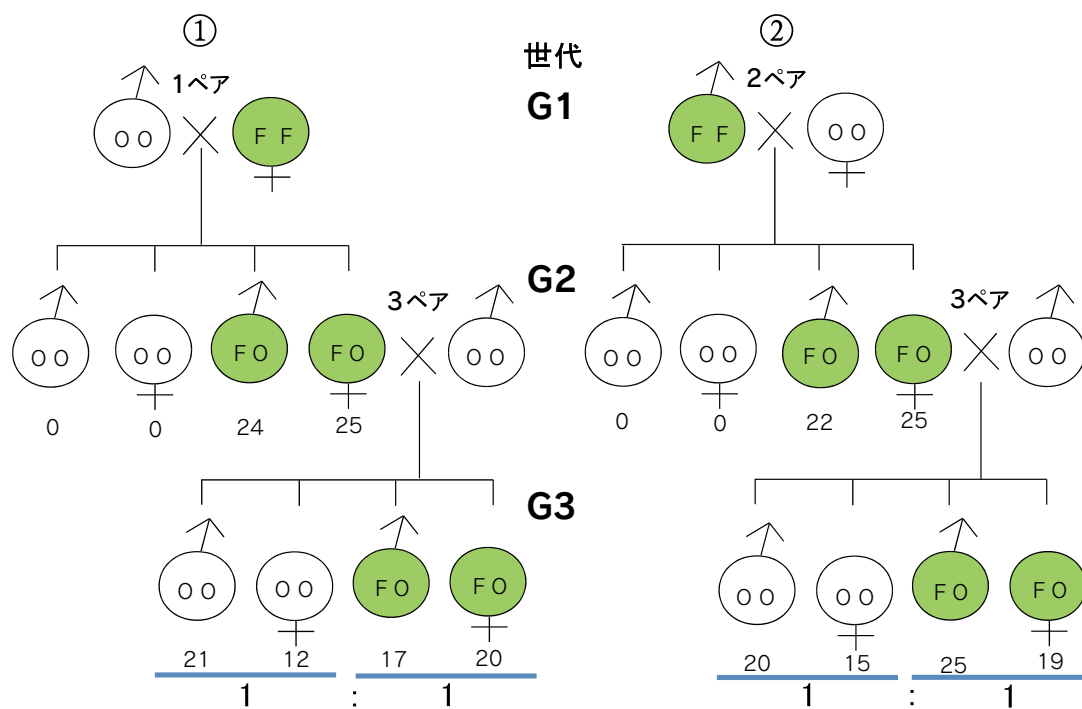


図1 マツノマダラカミキリにおけるボルバキアfsz遺伝子の遺伝様式
①: 非感染系統の雄と感染系統の雌の組み合わせ、②: 感染系統の雄と非感染系統の雌の組み合わせ。黄緑色の雌雄シンボルはfsz遺伝子が検出されたことを示す。雌雄シンボルの円中の文字は、fsz遺伝子をホモで持つ個体 (FF)、fsz遺伝子を持たない個体 (OO)、fsz遺伝子をヘテロで持つ個体 (FO) を示す。雌雄シンボル下の数値は得られた子孫の数を示す。