

ゴキブリの生態学的地位と種分化

辻 英明 (環境生物研究会)

1) 生態系内の「種」

生物は「種」という個体の集まりで繁殖し生存している。現代の人類は生き物として「ヒト」ホモ・サピエンスという種名（種を示す名前）があり、いまのところ、日本人、アメリカ人、インド人など世界の人々は同じ種に属する生物である。ここで言う種とは”自然状態”で個体間で遺伝子の交流（結婚，交配，融合など）が可能で，代々同じ種の個体を生産し続ける個体の集まり（個体群）である。自然状態で自発的に交流しないか，あるいはできない 2 集団は別種と言えるだろう（人工的な交配や遺伝子操作を除外する）。ゴキブリ各種も，代々同じ種の子孫を生み続けて，物理環境や他種生物とのバランスを保ち生存している。

2) 生活場所と生態的地位

生き物各種はどこに住んでいるのか，そこで何をして生きているのかが定まっている。たとえば言えば，住所と職業である。生態学では生活場所（ハビタット，habitat）と生態的地位（エコロジカル ニッチ，ecological niche）である。ニッチは適所や一定の地位を示し，世俗的にはニッチ商品などと言って，隙間や穴場を示したりするが，必ずしも狭いことを示すわけではなく，他種と区別される役割範囲や広さを示す。

樹液，動植物の一部や遺体，ときには小昆虫などを補食するとみられるクロゴキブリの示す柔軟で扁平な形態は，樹洞の中や樹皮下，落ち葉や堆積物の狭い隙間に潜伏し，隙間を通り抜けて移動したり，逃走したりする忍者的な生活に適している。潜伏できない開けた危険な場所を，6本の脚で疾走して危険を避けることもできる。

これに対し，食植性のバッタは餌の植物上や地表に住み，主として生きた植物を食べ，危険が迫れば肥大した後脚を使ってジャンプして逃走する（補食性のものもある）。



隙間に潜伏し走って逃げるクロゴキブリと，草間や地上から跳躍するクルマバッタモドキ

3) ゴキブリの仲間でも分布、生活場所、ニッチが異なる

同じゴキブリ類でも人家に侵入できるゴキブリと、できないゴキブリとは明らかにニッチが異なり、後者の種類が圧倒的に多く、家屋の中に姿を見せるゴキブリの種類は限られている。後者には、もっぱら湿度の高い土壌周辺に住むもの、朽木の中に住む種類、幼虫が水中に住む種類、樹木の葉の上に住む種類など、生活場所や餌の相違がある。

通常われわれがゴキブリと言っている屋内に侵入できるゴキブリの中でも、大型で湿度の高い場所を好むクロゴキブリ、ヤマトゴキブリ、ワモンゴキブリ、トビイロゴキブリなどと、比較的乾燥した場所にも出没する小型種のチャバネゴキブリとは、生活場所やニッチのずれがある。

同じく屋内侵入性のゴキブリの中でも、温帯の屋外で越冬できる耐寒性の種類（クロゴキブリ、ヤマトゴキブリ、キョウトゴキブリ）と、それが不可能な熱帯・亜熱帯性の種類（ワモンゴキブリ、トビイロゴキブリ、コワモンゴキブリ、チャバネゴキブリ）があり、地理的分布や生息区域が異なっている。

熱帯・亜熱帯性のゴキブリは、温帯地域でも特定の人工環境をニッチとして侵入し定着している。すなわち、冬でも温度が高く保たれる建物や施設で、しかも暖かい部位に接近して常に飲み水と餌が存在する場所である。このような場所は食品工場、飲食店舗（特にビルや地下街）、動植物用の温室、オフィスビルの給湯室、温泉やサウナ設備などに多く見られるニッチである。

逆に、温帯性のクロゴキブリなどは越冬前に休眠に入り、休眠を終了して成虫となるためには冬季の寒冷に一定期間保たれる必要があるため（当然その間は耐寒性がある）、継続的な高温条件では成虫になり難い。これは熱帯・亜熱帯性の種類に比べて圧倒的に不利な増殖条件である。そのため沖縄以南の南西諸島にはクロゴキブリは分布せず、その代わりにワモンゴキブリが繁殖している。

4) 生物多様性と棲み分け

上記のように、ゴキブリも他の生物と同様に、地理的分布、生息場所、自分のニッチ、それに伴う耐寒性、発育経過などに多様性を示している。また特定の種類の植物を食べるチョウ類幼虫や、甲虫のハムシやマダラテントウムシ類ほど決定的ではないが、屋内ゴキブリに限ってみても、種によって食べ物にも若干の相違が見られ、クロゴキブリやコワモンゴキブリは生の植物をも食べる傾向があり、チャバネゴキブリとはやや異なる。

このような多様性は、環境の多様性に対応した生物の「種」の多様性である。こうした環境と生物の関係が安定した環境区域（生態系）の中で類似種を比べると、一つのニッチを一種が優勢に利用している傾向があり、いわゆる棲み分け現象が認められる。しかし、同一や類似したニッチを要求する別種が外部から侵入、あるいは接近しすぎると、2種の間に競争関係が発生して、一方が増加すると他方が減少し、極端な場合は一方が駆逐される。植物のニホンタンポポがセイヨウタンポポに追われるような状態である。

ゴキブリについて言えば、東京都内の公園（屋外）において、在来種のヤマトゴキブリの生息区域が、外来種とみられるクロゴキブリの侵入によって次第に圧迫されつつある傾向が認められている。

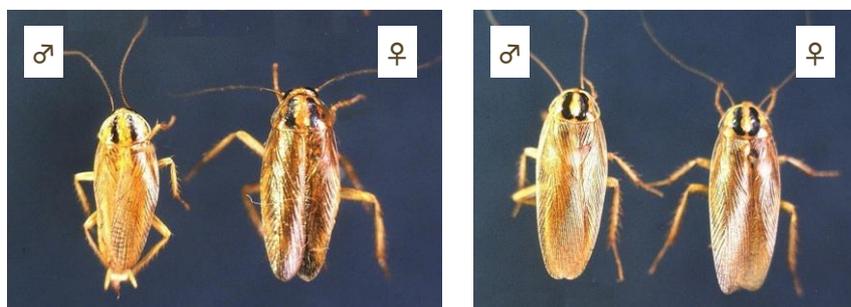
5) 種の多様性の原動力

地球上における生物の多様性は「種」の多様性、すなわち「種」の数の多いことを示す。「種」はそれぞれがニッチを占めているので、種の多様性はニッチの多様性、すなわち環境が複雑多様であることを示す。

今日、無数の種類の生物が存在するから、ゴキブリもそれなりの種類数がいっても当然である。化石として残る、固形でそれなりのサイズの生物の種類だけみても、数え切れないほどの種類の生物が出現し、変化する環境の中でニッチを失って絶滅していったことも明らかだ。その間、新しいニッチに適応した種類が出現し、既存の種類も姿や生活態度を適応的に変化（進化）させて生き残ったからこそ、今日の種の多様性がある。ゴキブリ類は3億年の昔から今日に近い姿で生息していたが、それなりの変化も示している。たとえば、太古の時代の雌はギリギリスの様な長い産卵管をもっていたが、今はない。

だが既存の種が変化するだけでは種類数が増加することはできない。その種は進化して昔と違う姿になったとしても、種の数が増えたことにはならない。種数が増加するためには、さらに加えて新しい別種ができなければならない。われわれは通常それを「種の分化」と称し、昔からの種から新しい類似種が「枝分かれ」したと理解されてきた。つまり1種が2種かそれ以上になるのである。

いっぽう、枝分かれから近い関係の2種は非常によく似た形態と考えられており、たとえば素人では見分けがつかないようなチャバネゴキブリとオキナワチャバネゴキブリ、モリチャバネゴキブリのような関係がそれである。クロゴキブリとヤマトゴキブリの雄同士や、ワモンゴキブリとトビイロゴキブリの関係も一般の人々には見分けにくい。



近縁な2種類のゴキブリ 左：チャバネゴキブリ 右：モリチャバネゴキブリ

6) 枝分かれ（種の分化）はどうして起こるか

種の分化については、1)「生物がいろいろな方向に進化し（適応し）、互いに異なる形

態になり、異なる種となった」ように説明されたり、2)「それは、1種の生物が海や山で複数の群に分割され、各群が長年隔離されている間に変異が生じ、別種になる」とされていたりするが、これらは種の枝分かれの説明とはなっていない。

1)では形の変化と適応を説明しているが、1種から互いに遺伝子の交流をしない2種となるプロセスの説明が抜けているのである。そもそも、同じ行動範囲において交配や結婚を行う間には、個体同士互いの類似性が保たれ、適者生存によって形態が同じ方向に変化（進化）することはあっても、異なる方向の2群にはならない筈である。

2)では行動範囲が隔離されているので、2区域の各群が異なる方向に変化することは十分ある。実際同じ種類でも地域が異なれば地域ごとに適応した変異を示すだろう。しかし、その程度の地理的変異を示す2群の実例（地理的亜種などと呼ばれる）は数多いが、長年分割された地理的關係であっても別種となっていないのが通例で、調べてみると交配が可能のままである。それ以上長年の分割が必要だとすると、地球上の海や山岳による生息域の分割の頻度や年数が少なすぎて、現存の、あるいは絶滅した種数の多さをとても説明できないのである。

そもそも、隔離された2群が互いに別種になるためには、少なくとも一方の群が自分たちの地域で別種にならなければならない。しかし、その1群が1匹残らず一気に別種に変異するだろうか？ もし変異するなら、むしろ一部が別種となり、それが増えて以前の種を駆逐するか、あるいは棲み分ける状態となるのが自然ではないだろうか。もしそうなら、地理的隔離なしでよいということになり、その説明が必要になる。

7) 種分化の物質的基礎

1984年、筆者は「もし、わずかな変異で、従来の系統と遺伝的交流（つまり交配）が行われず、自分たちだけで交流の成立する雌雄（または2個体）が生じ、子孫がその性質を保てば、地理的隔離なしで新種が生まれよう」、また「結局、種の分化機構の中心問題は、不妊や不交尾など遺伝的交流の不能化をもたらす変異の内容と、その分子遺伝学的裏付けである」と述べた（辻, 1984, 2004; Tsuji, 2013）

具体的には以下の例のような**種分化要素の突然変異**の例が想定される。

イ) 同種と認めさせる性フェロモンの分子構造と相手の感受器の分子構造

ゴキブリその他の雌のフェロモンの構造・構成と、雄の触角の感受部分の膜や酵素の分子構造。

ロ) 交尾産卵空間の決定要因、たとえば誘引する植物成分に対する感受器の分子構造。

植物の誘引成分と生物側の感受分子。環境因子と感受細胞の分子構造。

ハ) 同種と認めさせる発音音声と対応する聴覚器の感受分子の構造

雄の発音と雌の感受性。カンタンより僅かに低い声で鳴くコガタカンタンなど

ニ) 同種と認めさせる視覚マーカー（色、パターンなど）と感受器。

特定のマーカーに反応して種類を区別する魚など

ホ) その他、個体同士の融合や遺伝子交流を可能としている信号の物質的基礎

これらから発信される信号の僅かな変異と、それを感受する感受器（レセプター）の僅かな変異の組み合わせで、従来の種とは異なる遺伝子の交流集団、すなわち別種個体群を形成することができる。そして、この変異は、生物の発信部分と受信部分の物質的基礎、すなわち分子構造の僅かな変異で発生する。したがって、その合成に関与する酵素の変異が原因であり、その酵素の構造を決定するDNA（遺伝子）の僅かな突然変異によって可能であると考えられる。このような僅かなDNAの突然変異は、個体群の地理的隔離の必要性もなく、しかも高頻度で起こり得るので、現実の種の多様性を十分説明できるものである。

もちろん、枝分かれした新しい個体群（個体の集まり）がそのまま生き残るわけではない。さらに一定の生態学的プロセスが必要である。まずある程度の個体数が存在しなければ、変異個体数が少なすぎて同種個体を見つけられず増殖できない。しかし、僅かな突然変異であるほど、起こるべくして起こる傾向があり、同様な変異個体の雌雄1対が高頻度で成立することが期待できる。しかも、昆虫のように1個体が多数の子孫を生む場合は、1対の交配が成立すると、同じ変異個体が多数生まれることになり、とりあえず基礎集団ができやすい筈である。

8) 種分化が先、進化はあと

さらに重要なことは、この新種個体のグループ（個体群）は、旧種個体のグループ（個体群）と交配しないが、その他の性質は旧種個体群とほとんど相違がなく、極端なマーカー変異を示した場合以外は、われわれの見た目には新旧の区別がつかないだろう。したがって、新種が交配や産卵の場所としての植物を変更した場合以外は、当初は見分けのつかない2種が混在することになる。

ある環境内に住む1種類の昆虫（生物）の数は年々変動するが、無限には増加しない。ある範囲内の数を示すのが現実である。上記のような変異の結果、区別できないが交配しない2群（種）が同じ環境に生じた場合、両者の要求は当面同じであるから、従来1種に許された生息個体数を新旧2種で分け合わねばならない。両者の数の比率はどうなるのか。単純な環境では競争が激しくなり、偶然あるいは僅かの変異で有利となった方が生き残り、他方が絶滅することも起こる。複雑な環境では、互いに棲み分ける方向への変異個体が生き残り、次第に2種の区別が明らかになると予想される。

つまり、種分化要素の突然変異によって、まず見分けのつかない種分化が起こり、新旧2種間の競争の結果、他種と競争の少ない環境への適応的变化（棲み分け）に成功し、外形の変化を伴って生存するのが進化であって、進化の結果として種分化が起こるのではないと言えよう。

いっぽう、同種内でも常に競争ないし選択生存があり、それは当面の環境で種を強化す

るのに役立っている。

註：

1984 年以来、筆者はフェロモンとその受容体などの種分化要素が変異して種分化が起こるという仮説を提唱し（辻，1984，2004），ゴキブリに関する本論考もそれに準じている。この仮説に基づき，2015 年には酵母を材料にして新種の作成が成功したので（Seike, Uemura, and Shimoda, 2015），実験的な根拠も与えられたと言えよう。

文 献

Taisuke Seike, Taro Nakamura, and Chikashi Shimoda (2015) Molecular coevolution of a sex pheromone and its receptor triggers reproductive isolation in *Schizosaccharomyces pombe*. PNAS 2015, 112: 4405-4410.

辻 英明（1984）本邦蝶類における生態学的諸問題 3. 種の分化の機構と形質進化の方向性、本邦チョウ類類における生態学的諸問題、環境生物研究会、京都、41pp 中 23～26（1984）

辻 英明（2004）種の分化（種分化）に関する論文2題の再録について。環動昆，15 巻3号 189～195 ページ）。（Reprinting Two Papers on Mechanisms of Speciation and Directions of Character Evolution, especially on the Role of Pheromone Mutations. In Japanese）

Hideakira Tsuji (2013) Reprinting 2 papers on speciation, KSK Institute for Environmental Biology, Kyoto, Japan, 25pp. (Translated from the Japanese Journal of Environmental Entomology and Zoology Vol. 15 (2004) No. 3 P 189-195)