

科学研究費補助金研究成果報告書

平成 24年 5月 14日現在

機関番号：10101  
 研究種目：基盤研究 (C)  
 研究期間：2008～2010  
 課題番号：20570011  
 研究課題名 (和文) アブラムシにおける性比と性的二型の進化：繁殖集団の遺伝学的分析と系統学的検証  
 研究課題名 (英文) Evolution of sex allocation and sexual dimorphism in aphids: genetic analysis of breeding populations and phylogenetic analysis  
 研究代表者  
 秋元 信一 (AKIMOTO Shinichi)  
 北海道大学・大学院農学研究院・教授  
 研究者番号：30175161

研究成果の概要 (和文)：アブラムシ類は単為生殖によって増殖し、1つのクローンの系列の中にオスとメスが産出される。クローン単位で見れば、アブラムシは動物では珍しく雌雄同体生物としての特徴を持っている。本研究では、こうした繁殖特性を持つアブラムシの性的投資について広範に調査を行い、その遺伝的、系統的観点からの特徴を浮き彫りにした。とりわけ、本年度の研究では、エンドウヒゲナガアブラムシを用いて、さまざまな有性生殖系統及び交雑系統がどのようなパターンで雌雄を生み出すのかを明らかにした。交雑系統では、卵生メスは産出されるものの、生存力を持つオスを産出することが出来ないことが明らかになった。この現象は、ホールデンのルールに適合することが示された。

研究成果の概要 (英文)：Aphids reproduce parthenogenetically and produce males and females in a single clonal line. In respect of each clone, aphids can be regarded as hermaphrodites. The present study investigated the pattern of sex allocation in several aphid species and obtained significant results from genetic and phylogenetic points of view. In particular, the study conducted in 2011 examined in what pattern the sexual and hybrid strains of *Acyrtosiphon pium* produce males and sexual females. I found that in a hybrid strain, the females reared in a short day condition produced no viable males. This phenomenon agrees with Haldane's rule.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生態・環境

キーワード：進化生態、行動生態

1. 研究開始当初の背景

母親がオスの子孫 (息子) とメスの子孫 (娘) にどのような割合で資源を投資するかという性比問題は、Fisher 以来、理論家によって研究され、さまざまな生態条件を考慮した仮説が提唱されてきた。一般の動物では、子に

対する母親の資源投資量を、給餌努力や防衛努力を含めて完全に定量化するのは困難である。アブラムシ亜科のアブラムシは、秋の低温と短日の下でオスとメスを一定のパターンで産出するために、飼育下で雌雄の比率を正確に把握することが容易である。アブラ

ムシでは、無性生殖のみで生活する系統が知られており、その進化的起源が明らかにされておらず、長期間議論の対象であった。仮説の一つとして、遺伝的にある程度の分化を遂げた2つの系統が交雑することによって無性生殖系統が生じるとする可能性が主張されてきた。この仮説の妥当性を検証するために、本研究ではエンドウヒゲナガアブラムシの2系統を掛け合わせ、その hybrid を飼育することによって、hybrid が果たして無性生殖系統の出発点となり得るか否かを検討した。

## 2. 研究の目的

エンドウヒゲナガアブラムシの2系統（ホストレース）を掛け合わせ、hybrid を作出することによって、hybrid が果たして無性生殖系統の出発点となり得るか否かを検討した。

## 3. 研究の方法

エンドウヒゲナガアブラムシのクサフジ系統、シナガワハギ系統、アルファルファ系統、アカツメクサ系統に加え、クサフジ×シナガワハギ系統、クサフジ×アルファルファ系統、クサフジ×アカツメクサ系統、さらにはアルファルファ×アカツメクサ系統の hybrid クローンを用いて、オスメスの産子パターンを明らかにした。有性世代の誘導は、15度C、8L:16Dの条件で行った。

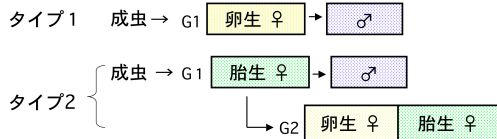
## 4. 研究成果

どのホストレースの有性生殖系統においても、雌雄の産子パターンには以下に示すように2つのタイプが見られた。1つは、卵生メスを生み、次にオスを生むタイプである。他方は、まず胎生メスが生まれて、次いでオスが生まれ、さらに第1世代の胎生メスの生む次の世代に卵生メスが現れるタイプである。この2つのタイプは、ホストレースによって優先的なタイプが異なっていたが、一つのクローン内に共存している場合も見られた。

### クローンによる有性世代生み分けパターン

15°C 8D16Lでの飼育

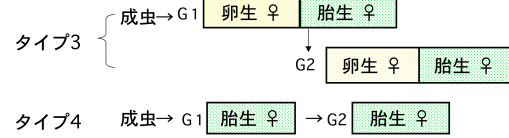
#### 有性生殖タイプ



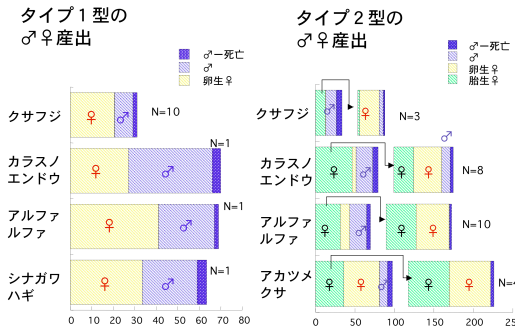
これに対して、無性生殖の系統では、以下のような産み分けパターンが見られた。

無性クローンの中にも、卵生メスを産出可能なタイプと、胎生メスしか産出できないタイプとが見られた。

#### 無性生殖タイプ



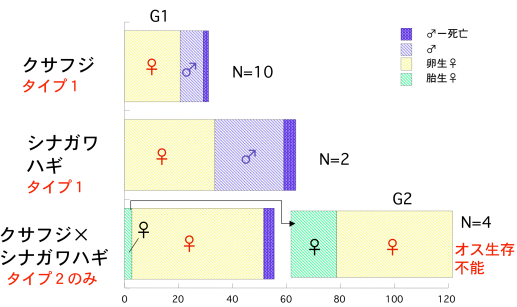
それぞれのホストレースごとに産子パターンを平均したものが、以下のグラフである。



何れのタイプにおいても、オスと卵生メスが産出されている。

ところが、hybrid クローンの産子パターンを調べてみると、生存可能なオスが産出されていないことが明らかになった。オスは産出されても、すぐに死亡してしまうか、または産下される数もきわめて少ない。以下の例は、クサフジ×シナガワハギ系統間の hybrid の産子パターンを、その親クローンの産子パターンとともに表示したグラフである。

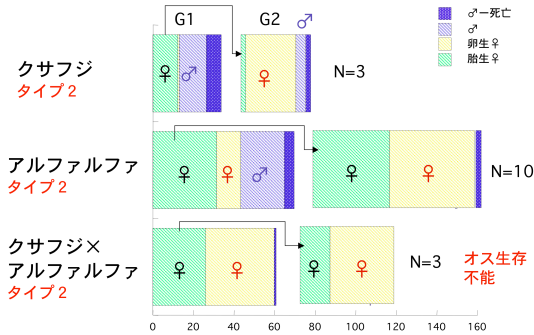
#### Hybrid個体によるオスの非生産、非生存 その1 (クサフジ×シナガワハギ)



さらに、次の例は、クサフジ×アルファルファ系統間 hybrid における産子パターンを、親クローンの場合とともに示している。

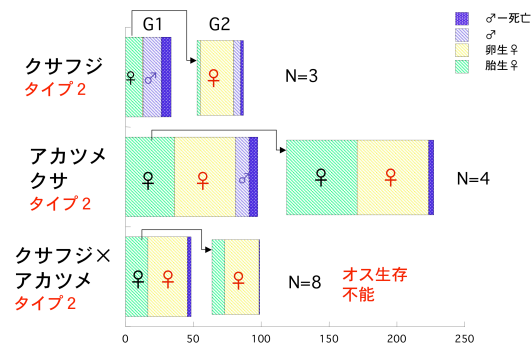
この場合においても、hybridはほとんどオスを産出しないか、あるいは産出しても若齢期において死亡してしまう。

Hybrid個体によるオスの非生産、非生存 その2  
(クサフジ×アルファルファ)



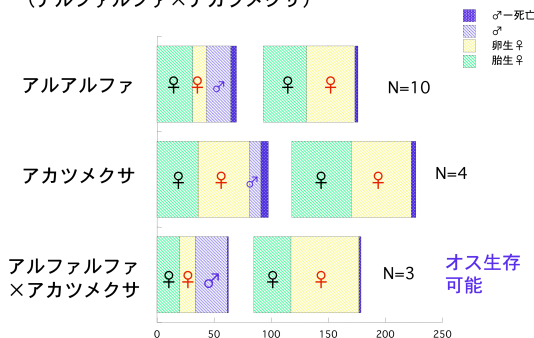
クサフジ×アカツメクサ間 hybrid の産子パターンでも同様の結果が観察された。

Hybrid個体によるオスの非生産、非生存 その3  
(クサフジ×アカツメクサ)



ところが、一つの組み合わせの hybrid では、オスの生存が阻害されることはなかった。クサフジ系統を用いず、アルファルファ系統×アカツメクサ系統間 hybrid の産子パターンを調べると、オスは問題なく出現し、成虫にまで達した。

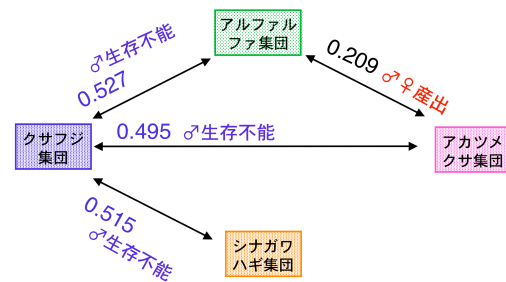
Hybrid個体によるオスの生産、生存  
(アルファルファ×アカツメクサ)



こうした交配組み合わせ間の結果の違いは、交配させるホストレース間の遺伝的分化の程度の依存することが推測された。そこで、今回用いたホストレース間の遺伝的分化の程度を、マイクロサテライト多型7遺伝子座の  $F_{st}$  統計量で示すと、遺伝的距離の比較的近い関係での交雑は生存能力のあるオスの出現を可能にする一方、遺伝的距離の遠いホストレース同士の交配では、生存力を持つオスの出現が観察されなかった。

以下のグラフに、遺伝的分化の程度とオスの生存力の程度との関係を示した。

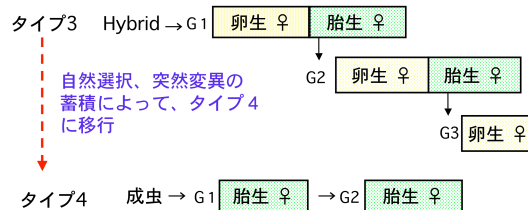
$F_{st}$  統計量による host race 間の分化と和合性、♂♀産出  
Microsatellite 7 polymorphic loci



現時点での実験から、遺伝的に分化を遂げたホストレース間の交雑によって、オスの出現が阻害されることを通じて、無性生殖系統出現への第一歩が生じることが明らかとなった。しかしながら、交雑だけでは、一気に無性生殖の起源には結びつかないこともまた明らかとなった。下記のスキームに示すように、まず、オスを産出できないクローンが生じて、このタイプが長い時間を経て、卵生メス産出の能力を失ってから初めて完全無性生殖系統の出現に結びつくと思定された。

### 交雑実験からの結論

クサフジ系統と他の系統との交雑個体は生存可能。しかし、交雑個体は、生存力のあるオスを産出できなくなる (Haldaneの原則に適用)



今後とも、交配実験を積み重ね、こうした仮説の妥当性を検討していく必要がある。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

秋元信一・神戸崇 (2012) アブラムシの寄主レース分化と無性生殖集団の起源。植物防疫第 66 号、71-76.

[学会発表] (計 2 件)

1. 秋元信一・神戸崇 無性生殖性アブラムシに対する交雑起源説の検証。日本昆虫学会 71 回大会、松本市、2011, 9 月

2. 神戸崇・秋元信一 核遺伝子の解析から推定された無性生殖型アブラムシの起源。日本昆虫学会 71 回大会、松本市、2011, 9 月

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等 なし

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

北海道大学・大学院農学研究院・教授

秋元 信一 (AKIMOTO Shinichi)

研究者番号: 30175161