

## 論文の内容の要旨

生圏システム学 専攻

平成18年度博士課程 入学

氏 名 藤木宣成

指導教員名 岡本 研

論文題目 遺伝学的手法を用いた外来フジツボ、アメリカフジツボおよび  
ヨーロッパフジツボの分布拡大要因に関する研究

フジツボ類は海岸生態系を構成する重要な生物群の一つである。アメリカフジツボ *Amphibalanus eburneus* とヨーロッパフジツボ *Amphibalanus improvisus* は外来フジツボであるが、日本各地の内湾を中心に分布の拡大が確認され、そのため内湾生態系への影響が指摘されている。フジツボ類は固着性であり、いったん付着すると生息場所の移動が不可能であるが、浮遊幼生期をもつため、幼生分散を通じた分布拡大や地域個体群間の遺伝的交流が可能である。そのため、アメリカフジツボおよびヨーロッパフジツボの分布拡大について検証するためには、これらフジツボの幼生分散がどの程度おこなわれているかを知ることが重要であると考えられる。しかし現状では幼生の種同定が不可能なため、野外調査で幼生の分散について調べることは困難である。近年では幼生期をもつ生物の多くで、成体の遺伝情報から分布拡大や個体群間の交流について調べる手法がとられていることから、アメリカフジツボとヨーロッパフジツボの幼生分散に関して調べるためにも、遺伝学的手法を用いることが有効であると考えられる。

このようなことから、2種の外来フジツボの分布拡大要因を調べるため、まず東京湾内のフジツボ類の分布を調べ、これら外来フジツボ2種の分布特性を明らかにした。次に各地域の成体をもつ遺伝情報の類似性を比較し、分布拡大要因としての幼生分散の可能性について調べることを目的とした。

## 1. 東京湾におけるフジツボ類の分布

東京湾内の 558 地点においてフジツボ類の分布を調査した。出現地点数の多い順にシロスジフジツボ *Fistulobalanus albicostatus*、タテジマフジツボ *Amphibalanus amphitrite*、イワフジツボ *Chthamalus challenger*、アメリカフジツボ *Amphibalanus eburneus*、ドロフジツボ *Fistulobalanus kondakovi*、クロフジツボ *Tetraclita japonica*、ヨーロッパフジツボ *Amphibalanus improvisus*、サンカクフジツボ *Balanus trigonus*、オオアカフジツボ *Megabalanus volcano*、アカフジツボ *Megabalanus rosa* の 10 種が出現し、このうちタテジマフジツボ、アメリカフジツボ、ヨーロッパフジツボが外来種であった。湾奥部にのみ出現した種はアメリカフジツボ、ドロフジツボ、ヨーロッパフジツボ、外湾部にのみ出現した種はクロフジツボ、オオアカフジツボ、アカフジツボ、湾全域に出現した種はシロスジフジツボ、タテジマフジツボ、イワフジツボ、サンカクフジツボだった。各地点でのフジツボ類の種組成の類似度に基づくクラスター解析を行った結果では、調査地点は「開放海岸」と「遮蔽海岸」に分けられた。アメリカフジツボとヨーロッパフジツボは湾奥部の遮蔽海岸に分布が限られた。

## 2. 外来フジツボ 2 種の広域個体群間の遺伝的変異

東京湾に出現した外来フジツボ 3 種のうち、分布が湾奥部に限られていたアメリカフジツボとヨーロッパフジツボについて、広域の個体群間の遺伝的交流を明らかにするため、各地域個体群がもつミトコンドリア DNA の類似性について調べた。アメリカフジツボは東京（夢の島、越中島、芝浦、お台場、多摩川河口）、神奈川（横浜）、静岡（清水港、浜名湖）、愛知（藤前干潟）、大阪（新淀川河口）、兵庫（住吉川河口）、広島（本川河口）、佐渡から採集し、ヨーロッパフジツボは東京（葛西臨海公園、多摩川河口）、静岡（清水港）、名古屋（藤前干潟）、大阪（新淀川河口）、兵庫（住吉川河口）から採集した。アメリカフジツボはミトコンドリア DNA の CO I 領域、ヨーロッパフジツボはミトコンドリア DNA の D-loop 領域の塩基配列を比較対象領域とした。アメリカフジツボの CO I 領域については関東では 15 のハプロタイプが、関西では 12 のハプロタイプが検出され、関東と関西で共通のハプロタイプは 7 あった。ハプロタイプ多様度 ( $hd$ ) の値は 0.2731 から 0.8106 とあまり高くはなく、塩基多様度 ( $Pi$ ) の値は 0.0048 から 0.0017 と低かった。各個体群間の遺伝的分化係数 ( $F_{st}$ ) は東京・神奈川・静岡・愛知と大阪・兵庫・広島の多くの個体群間で有意な差を示した。そこで東京・神奈川・静岡・愛知の個体群を関東個体群、大阪・兵庫・広島の個体群を関西個体群とし、関東と関西の個体群の遺伝的分化係数 ( $F_{st}$ ) を求めたところ、0.06952 と有意な差がみられた。また、個体群間の遺伝距離 ( $d_{xy}$ ) を用いた近接結合法によるクラスター分析をした結果でも、日本におけるアメリカフジツボの遺伝的個体群構造は関東と関西の個体群に大きく分けられた。ヨーロッパフジツボの D-loop 領域については、関東では 14 のハプロタイプが、関西では 11 のハプロタイプが検出され、関東と関西で共通のハプロタイプは 6 あった。ハプロタイプ多様度

( $h_d$ )の値は0.5758から0.7とあまり高くはなく、塩基多様度( $P_i$ )の値は0.0062から0.0127と低かった。アメリカフジツボと同様に、各個体群間の遺伝的分化係数( $F_{st}$ )は東京・静岡・愛知と大阪・兵庫の全ての個体群間で有意な差が認められたことから、東京・静岡・愛知の個体群を関東個体群、大阪・兵庫の個体群を関西個体群とし、関東と関西の遺伝的分化係数( $F_{st}$ )を求めたところ、0.2651で有意な差がみられた。また、個体群間の遺伝距離( $d_{xy}$ )を用いた近接結合法によるクラスター分析をした結果、アメリカフジツボと同様にヨーロッパフジツボの遺伝的個体群構造は関東と関西の個体群に大きくわけられた。これらの結果から、アメリカフジツボ、ヨーロッパフジツボともに関東と関西の個体群間では幼生分散を通じた遺伝的交流はないか、あったとしても頻繁ではないと考えられた。

### 3. 外来フジツボ2種の東京湾内地域個体群間の遺伝的変異

ミトコンドリアDNAを用いた手法では東京湾内の地域個体群間の遺伝的変異は検出されなかった。そこで高変異性遺伝子マーカーであるマイクロサテライトマーカーを開発し、作製したマイクロサテライトマーカーを用いて、東京湾内のアメリカフジツボとヨーロッパフジツボの地域個体群間の遺伝的変異を比較した。アメリカフジツボは江戸川放水路(東京都)、越中島(東京都)、海老取川(東京都)、ヨーロッパフジツボは葛西臨海公園(東京都)、豊洲(東京都)、多摩川河口(東京都)で採集した個体を用いた。開発したマイクロサテライトマーカーはアメリカフジツボで1組、ヨーロッパフジツボで2組だった。これらのマーカーの個体群間の遺伝的類似性について調べたところ、アメリカフジツボの遺伝的分化係数( $F_{st}$ )は各個体群間で0.052から0.074と有意な値となった。ヨーロッパフジツボでも遺伝的分化係数( $F_{st}$ )は各個体群間で0.058から0.072と有意な値となった。これらの結果から、両種とも場所ごとに遺伝的に異なる集団の存在が確認され、外来フジツボ2種の東京湾内地域個体群は幼生分散を通じた遺伝的交流があまり頻繁ではないことが示唆された。

本研究で行った東京湾内の分布調査から、アメリカフジツボとヨーロッパフジツボの分布は湾奥部の遮蔽海岸に限られることが明らかとなった。またマイクロサテライトマーカーを用いた解析から、これらの外来フジツボ2種の東京湾内地域個体群は、幼生分散を通じた遺伝的交流が頻繁ではないことが示唆された。さらにミトコンドリアDNAに基づく解析結果からは、関東と関西の個体群間で頻繁な遺伝的交流は認められなかった。これらのことは外来種であるアメリカフジツボとヨーロッパフジツボの日本国内での分布拡大は、幼生分散による可能性は低く、むしろ船体付着などによる人為的移動によるものの方が重要であったことを示唆している。したがって今後の両種の分布拡大を防止するための対策を考える際には、国内での分布のモニタリングだけでなく、船体付着についても考慮する必要があると考えられる。