

琉球列島における 造礁サンゴの集団遺伝学的研究

西川 昭
琉球大学大学院
理工学研究科

Population genetics of scleractinian corals in the Ryukyu Archipelago

A. Nishikawa

●はじめに

地域個体群間の交流パターンを明らかにすることは地域個体群の維持機構を理解するうえで極めて重要である。世界的規模のサンゴ白化現象などによりサンゴ地域個体群の減少・消失が危惧されている現在、造礁サンゴの分散に関する研究はサンゴ礁生態系の保全の観点からも非常に重要であると考えられる。

海産無脊椎動物である造礁サンゴは一般的に海底の岩盤等に固着しており、その移動は一部の種を除き、浮遊幼生期に依存している種が多い。そのため白化やオニヒトデによる捕食などの大規模な攪乱後サンゴ群集が回復するためには、攪乱を免れた地域で産出された幼生が分散し攪乱を受けた地域に加入することが不可欠である。1998年に世界的規模で起こったサンゴの白化は日本のサンゴ礁域にも及んだ。琉球列島においては、特に沖縄本島沿岸域でその被害が甚だしく、多くのサンゴが死亡した (Loya et al. 2001)。一方で慶良間列島では白化の程度が軽く、沖縄本島で特に死亡率の高かった樹状サンゴも比較的多く生き残っていた (谷口・岩尾 2000)。慶良間列島は沖縄本島から南西40kmと近くにあり、慶良間列島周辺海域において漂流ブイ、短波海洋レーダー、サンゴ幼生挙動、スリック動態調査 (灘岡ら 2002a, b) などから慶良間列島に現存するサンゴにより生産される幼生が、沖縄本島西岸域のサンゴ群集の回復を促すことが示唆されている。

本稿では慶良間列島と沖縄本島のサンゴ個体群の遺伝的な関係について、筆者のこれまでの研究を紹介する。両地域におけるサンゴ個体群間の遺伝的交流の程度を調べることは、慶良間列島域で産出されたサンゴ幼生が沖縄本島域に分散、定着している可能性を議論する際、有効であると考えられる。

●材料と方法

本研究では酵素多型を識別するアロザイム電気泳動を用いた。個体群間の遺伝的交流の程度を調べる指標として、集団間の遺伝的変異 θ (Weir and Cockerham 1984) を算出し、 $N_e m$ (1世代あたりの移動個体数) の推定を行った。実験に用いた種は、ウスエダミドリイシ (*Acropora tenuis*)、ショウガサンゴ (*Stylophora pistillata*)、パリカメノコキクメイシ (*Goniastrea aspera*) の3種である。

地域個体群として慶良間列島、沖縄本島に八重山諸島を加えた3地域を設定し (図1)、さらに各地域内に2-3の地点を設定することにより階層的なサンプリングを行った。電気泳動サンプルは各地点ごとに14-50のサンゴ群体片を採集した。採集した群体片を琉球大学熱帯生物圏研究センター瀬底実験所にてアロザイム電気泳動を行い、予備実験により判別可能と判断した遺伝子座における遺伝子頻度を数値化し、コンピュータ解析プログラム (TFPGA: Miller 1997) を用いて、各個体群間の θ を推定した。

●結果と考察

本研究で用いたサンゴ3種における $N_e m$ (1世代あたりの移動個体数) の値を図2に示す。これらの3種全てのサンゴにおいて、慶良間列島と沖縄本島間の $N_e m$ の値は八重山諸島間に比べ大きかった。これは八重山諸島に比べ、慶良間列島と沖縄本島間でより遺伝的交流の程度が高いことを示唆する。この結果は慶良間列島サンゴ群集が、白化によって大きなダメージをうけた沖縄本島サンゴ群集の回復における幼生供給源の一つであるという仮説を支持する。

ショウガサンゴはウスエダミドリイシに比べ、 $N_e m$ が相対的に低かった。この結果はショウガサンゴでは地域集団間の遺伝的交流が相対的に制限さ

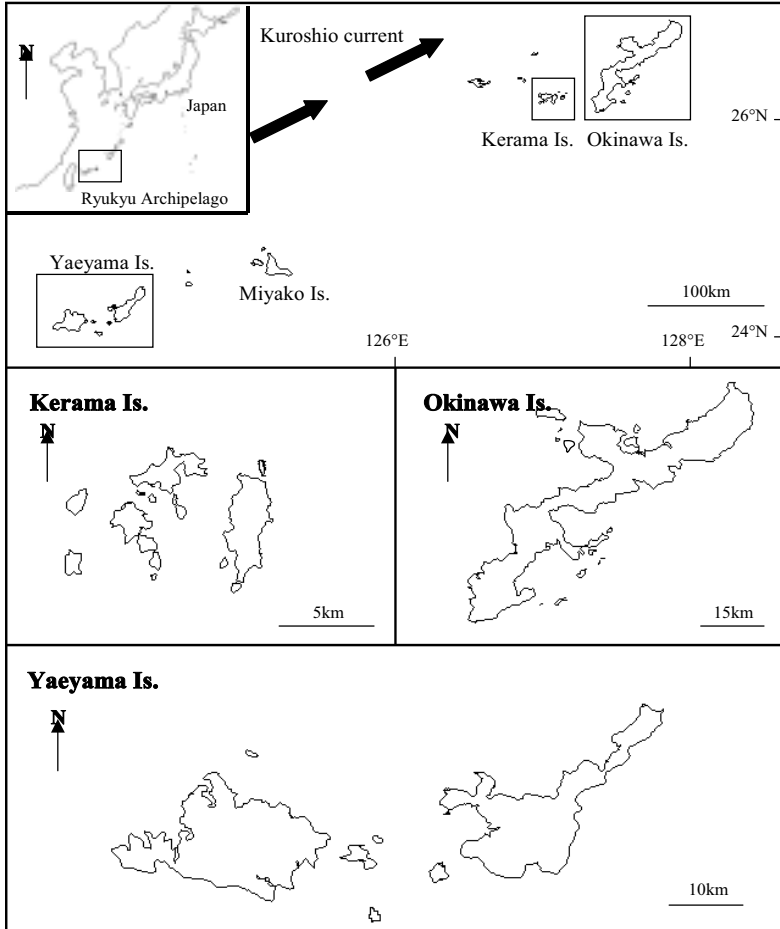


図1. 琉球列島地図

れていることを示唆する。その要因の一つとして繁殖様式の違いが考えられる。放卵放精を行うウスエダミドリイシは卵と精子をポリプ外に放出して海水中で受精・発生が進み、幼生が定着できるまでに数日の期間が必要とされている。この配偶子放出から定着までの数日間、幼生は海流等の影響を受けるとなり、サンゴ礁の外域にまで流されれば、その後長距離分散する可能性も考えられる。一方、幼生保育を行うショウガサンゴはポリプ内で受精が起こり、プラヌラ幼生となった状態で海水中に放出され数時間で定着することが観察されている。定着までの期間が放卵放精型サンゴに比べ相対的に短いことは、保育された幼生で親群体近くに定着する可能性が高いことを示唆し、その結果遺伝的な交流が制限

されると推測される。さらに遺伝的な交流が制限されている種（例えば幼生保育型サンゴ）において、白化等の攪乱により局所的な絶滅のような大きなダメージを受けた地域個体群では他地域からの幼生の加入の可能性が低いと考えられ、その回復が遅れることも予想される(Nishikawa et al. 2003)。

幼生保育・放卵放精の両方を行うパリカメノコキクメイシの $N_e m$ の値は放卵放精のみを行うウスエダミドリイシよりも低かった。一般に個体群間の対立遺伝子頻度の違いは長期間におよぶ遺伝子流動の制限から中立突然変異と遺伝的浮動のバランスにより維持されていると考えられている。一方、個体群間で遺伝的交流がある場合、遺伝子流動は対立遺伝子頻度の違いをなくすよう作用する。そのためパリカメノコキクメイシの放卵放精起源幼生が幼生保育起源幼生に比べ遺伝的交流の程度が大きいと仮定した場合、個体群間における遺伝的変異は蓄積されず、ウス

エダミドリイシと同様な $N_e m$ の値を示すと予想される。しかし本研究結果はこの予測とはっきり一致する結果ではなかった。サンゴ幼生が定着するまでの期間に加え、幼生がサンゴ礁域の外域に出た後、どの程度の期間生存でき (survival rate)、さらに定着できるか (settlement competency periods) という要因が影響している可能性がある (Nishikawa and Sakai 2003)。

八重山-慶良間と八重山-沖縄本島の地域個体群間の $N_e m$ 推定値は種によって異なり、さらに同種内においても $N_e m$ の値はこれら2つの地域間で1.9-2.9倍異なった(図2)。八重山-慶良間、八重山-沖縄本島間の地理的距離はどちらもおよそ400kmであり、慶良間-沖縄本島間はおおよそ40km程度である。これ

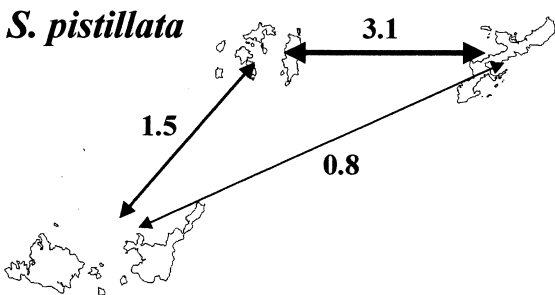
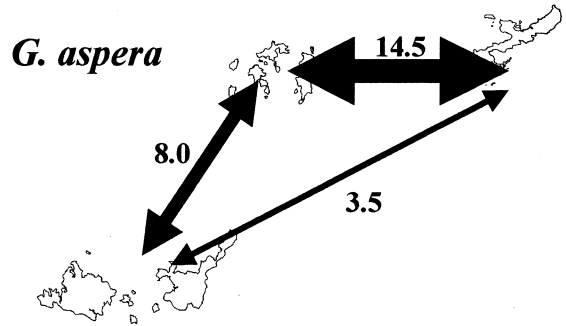
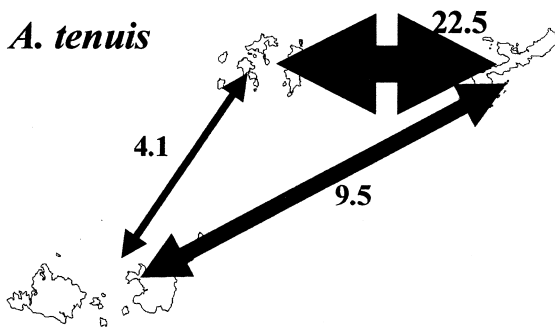


図2. 琉球列島におけるサンゴ3種〔ウスエダミドリイシ (*Acropora tenuis*)、バリカメノコキクメイシ (*Goniastrea aspera*)、シヨウガサンゴ (*Stylophora pistillata*)〕の遺伝子流動 ($N_e m$)。矢印の太さは $N_e m$ の大きさを表す。

ら遺伝的交流の程度と地理的距離は一致していない。本研究で用いたサンゴ種数は依然少なく、この問題についての包括的な議論をするまでには至っていない。さらに種数を増やし少なくとも統計テストにかけられる程度のデータを取得することは、サンゴ幼生の供給源となっている可能性の高い慶良間列島サンゴ個体群の維持機構（例えば八重山諸島からの幼生加入があるのかどうか）についても重要な情報を提供することが期待される。

●謝辞

本研究を進めるにあたり、サンプリング等において阿嘉島臨海研究所研究員の方々に大変お世話になりました。ここにお礼申し上げます。

●引用文献

Loya, Y., K. Sakai, K. Yamazato, Y. Nakano, H. Sambali, R. Van Woesik 2001. Coral bleaching: the winners and losers. *Ecology Letters*, 4:122-131.
 Miller, M. P. 1997. Tools for population genetic analysis (TFPGA) 1.3: a Windows program for the analysis of allozyme and molecular population genetic

data. Computer software distributed by the author.
 瀬岡和夫・波利井佐紀・三井 順・田村 仁・花田岳・Enrico Paringit・二瓶泰雄・藤井智史・佐藤健治・松岡建志・鹿熊信一郎・池間健晴・岩尾研二・高橋孝昭 2002a. 小型漂流ブイ観測および幼生定着実験によるリーフ間広域サンゴ幼生供給過程の解明. *海岸工学論文集*, 49: 366-370.
 瀬岡和夫・波利井佐紀・池間健晴・Enrico Paringit・三井 順・田村 仁・岩尾研二・鹿熊信一郎 2002b. 沖縄・慶良間列島におけるサンゴ産卵とスリック動態に関する観測. *海岸工学論文集*, 49: 1176-1180.
 Nishikawa, A., M. Katoh and K. Sakai 2003. Larval settlement rates and gene flow of broadcast-spawning (*Acropora tenuis*) and planula-brooding (*Stylophora pistillata*) corals. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 256: 87-97.
 Nishikawa, A. K. Sakai 2003. Genetic variation and geneflow of broadcast spawning and planula brooding coral, *Goniastrea aspera* (Scleractinia) in the Ryukyu Archipelago, southern Japan. *Zool. Sci.*, 20:1031-1038.
 谷口洋基・岩尾研二 2000. 白化から1年、阿嘉島マエノハマのサンゴ被度及び群体数の変化. *みどりいし*, (11): 22-23.
 Weir, B. S. and C. C. Cockerham 1984. Estimating F-statistics for the analysis of population structure. *Evolution*, 38: 1358-1370.