

平成21年6月1日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2008

課題番号：19770208

研究課題名（和文）種分化種形成の分子レベルのメカニズムの解明

研究課題名（英文）The mechanism of speciation at molecular level

研究代表者

寺井 洋平（TERAI YOHEY）

東京工業大学 大学院生命理工学研究科 グローバル COE 教員

研究者番号：30432016

研究成果の概要：

短期間に爆発的な種分化を起こしてきたヴィクトリア湖産カワスズメ科魚類(シクリッド)を用いて、種の分化と形成のメカニズムを分子レベルで明らかにすることを試みた。その結果、光受容体の遺伝子が生息する光環境に適応し、次いで婚姻色が、適応した光受容体に感度良く吸収される光を反射する色に進化し、これらにより別種との認識が弱くなり種分化が引き起こされることを明らかにした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,800,000	0	1,800,000
2008年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	480,000	3,880,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：生物科学・進化生物学

キーワード：種分化、種形成、光受容体、婚姻色、生殖的隔離

1. 研究開始当初の背景

生物の多様性は研究者ばかりでなく、一般の人々にも強く興味を持たれている。しかし、それがどのように獲得されてきたかについては、ゲノム上に突然変異が起こるといったような古典的な説明しかない現状である。生物の多様性は時間とともに獲得されてきたが、そこには大きく分けて二つの要因が関わっている。集団が分離し遺伝的交流がなくな

る過程、種分化と、集団が新しい生態要因に適応する過程、種形成である。これらの過程を分子レベルで明らかにするためには、どのような遺伝子に、いつ変異が起こり、どのような作用があり、集団が分化し適応していくのかを研究しなければならない。しかしこれまでにほとんど明らかになっていなかった。

2. 研究の目的

ヴィクトリア湖産シクリッドを用いて、視覚の進化により引き起こされる光環境への適応と生殖的隔離(種分化)を視覚関連遺伝子の解析により明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では環境の異なる様々な採集地点から1つの種が多数個体採集されている種をサンプルと用いた。視覚を総合的に調べるため、オプシン遺伝子の配列の解析、オプシン遺伝子の発現量の解析、オプシン遺伝子の機能解析を行った。オプシン遺伝子の配列の解析では、始めにシクリッドで知られているオプシン遺伝子、SWS1, SWS2A, SWS2B, RH2B, RH2A α , RH2A β , LWS, RH1の配列を決定した。決定した配列に種間で差異がある場合、それが種特異的であるか複数個体を用いて調べた。次にオプシン遺伝子の発現量の解析であるが、始めに用いる種の個体の網膜よりRNAを抽出しcDNAの合成を行った。そしてRT-PCRによりそれぞれの種が発現している、つまり用いているオプシンを明らかにした。種特異的な変異を持つ配列については、その配列の機能を調べた。機能を調べるために、その遺伝子を培養細胞中で発現させた後にレチナールを取り込ませて視物質を再生させ、この視物質の吸収波長を測定することにより種特異的な変異や発現がどのような機能的違いを生じさせるか明らかにした。種特異的な変異のある配列については選択圧解析を行った。、選択圧解析は始めに種特異的なオプシン遺伝子の周辺領域の配列を決定し、次いで集団遺伝学的解析を行い、選択を受けた領域を特定した。オプシン遺伝子が適応的に進化している場合、適応に重要な領域のみで集団間の分化が見られた。選択圧により適応的に分化した適応的な機能を持ったオプシン配

列と、婚姻色の対応から、その光受容体を構成するオプシンが生殖的隔離に重要であることを明らかにした。

4. 研究成果

始めに生息水深の異なる近縁な2種を用いて視覚の適応と種分化について研究を行った。その結果、生息水深により異なる光環境に光受容体遺伝子が適応し、適応した光受容体に高感度で検知される色に婚姻色が進化し種分化を引き起こしてきたことを明らかにした。次にヴィクトリア湖の様々な環境に生息する種の光受容体遺伝子が、生息環境の光に適応するように分化していることを調べ、これらの遺伝子の配列から光受容体を再構築し吸収波長の測定を行った。その結果、これらの遺伝子から再構築された光受容体が535-560 nmの範囲で異なった最大吸収波長を持つことが明らかになり、それぞれの種が生息する環境の光に適応してきたことが明らかになった。また光受容体遺伝子の近傍領域の配列を用いて系統樹を構築し、ヴィクトリア湖の種の適応の歴史を推定した。その結果、最も古くに分岐した配列は透明度の低い岩場のアリルでこのアリルの配列間の遺伝的多様性は大きかった。深場に適応的なアリルや透明度の高い岩場に適応的なアリルはヴィクトリア湖の中でも派生的なアリルであり、最近に生じたためアリル間の遺伝的多様性は小さかった。これらのことからヴィクトリア湖の種は透明度の低い河川の環境から深場や透明度の高い岩場などの湖特異的環境に適応して来たことが推定された。また、薄明視で働く光受容体、RH1についても同様に様々な環境に生息する種の配列を解析した。その結果、深さにより特定のアリルをもつことが明らかになった。次にそれらRH1アリルの機能を調べるために光受容体の構築と吸収波長の測定を行った。

その結果、深い生息水深の種から浅い生息水深の種になるにつれて、RH1のアリルが遷移し最大吸収波長は長波長側から短波長側にシフトする(515-502 nm)ことが明らかになった。これらのことからヴィクトリア湖の種は透明度や深さによって変化する光環境にLWS, RH1のアリルを適応させ進化してきたことが明らかになった。また、適応した光受容体の吸収波長と婚姻色の対応から視覚の適応が引き起こす種分化はヴィクトリア湖のシクリッドで広く一般に見られる現象であることが明らかになった。

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3件)

① Maeda K., Takeda M., Kamiya K., Aibara M., Mzighani S. I., Nishida M., Mizoiri S., Sato T., Terai Y., Okada N., Tachida H. Population structure of two closely related pelagic cichlids in Lake Victoria, *Haplochromis pyrrhocephalus* and *H. laparogramma*. *Gene* in press. (2009)
査読あり

② Seehausen, O, Terai, Y., Magalhaes, I. S., Carleton, K. L., Mrosso, H. D. J., Miyagi, R., van der Sluijs, I., Schneider, M. V., Maan, M. E., Tachida, H., Imai, H. Speciation through sensory drive in cichlid fish. *Nature*, 455, 620-626. (2008)
査読あり

③ Fujimura, K., Terai, Y., Ishiguro, N., Miya, M., Nishida, M., Okada, N. Heterotypy in the N-terminal region of Growth/Differentiation Factor 5 (GDF5)

mature protein during teleost evolution. *Mol Biol Evol.* 25, 797-800. (2008)
査読あり

[学会発表] (計5件)

① Yohey Terai, Ole Seehausen, Shinji Mizoiri, Mitsuto Aibara, Ryutaro Miyagi, Hidenori Tachida, Hiroo Imai, Norihiro Okada, Adaptation of Opsins Drives Speciation in Lake Victoria Cichlids, Memorial Symposium: 24th International Prize for Biology, 2009年12月11日、東北大学 (仙台)

② 寺井洋平、Ole Seehausen、宮城竜太郎、今井啓雄、館田英典、岡田典弘、Sensory drive: 感覚器の適応が引き起こす種分化の起きる条件、日本進化学会 第10回大会、2009年8月22日、東京大学 (東京)

③ Yohey Terai, Ryutaro Miyagi, Shinji Mizoiri, Mitsuto Aibara, Hiroo Imai, Semvua I. Mzighani, Hidenori Tachida, and Norihiro Okada, Adaptation of opsins causes the species diversity of Lake Victoria cichlid fishes, Asia-Africa evolution meeting, 2007年12月5日、千葉・生命の森リゾート

④ 寺井洋平、宮城竜太郎、溝入真治、相原光人、Semvua I. Mzighani、岡田典弘、視覚の適応と婚姻色の進化を介した生殖的隔離が引き起こした種の多様性、日本進化学会第9回大会、2007年9月1日、京都・京都大学

⑤ Yohey Terai, Sinji Mizoiri, Mitsuto Aibara, Ryutaro Miyagi, and Norihiro Okada,

Adaptation of opsins causes the species
diversity of Lake Victoria cichlid fishes,
Evolution 2007, 2007 年 6 月 17 日, New
Zealand Christchurch

[その他]
日本進化学会 第 10 回大会
研究奨励賞受賞

6. 研究組織

(1) 研究代表者

寺井 洋平 (TERAI YOHEY)
東京工業大学・大学院生命理工学研究科・
グローバル COE 教員
研究者番号 : 30432016

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし