

平成 21 年 4 月 20 日現在

研究種目：基盤研究 (C)
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19570085
 研究課題名 (和文) 生育環境の異質性が植物種にもたらす選択圧と種内分化を促進する機構
 についての解析
 研究課題名 (英文) Mechanisms of infra-specific differentiation of plant species with
 special reference to selective pressure induced by heterogeneous habitats.
 研究代表者
 瀬戸口 浩彰 (SETOGUCHI HIROAKI)
 京都大学・大学院人間・環境学研究科・准教授
 研究者番号：70206647

研究成果の概要：

ミヤマタネツケバナで、緯度傾度に沿って環境からもたらされる自然選択圧がフィトクロム遺伝子群に与える影響について調べた。*phyA*～*phyE*までの塩基配列を解析して、非中立進化を検証した。そして *phyE* が緯度傾度に沿って自然選択を受けており、非同義的置換が PHY ドメインに集中して蓄積していた。このことは、緯度によって異なる光環境に対して適応し、種内で種内分化が起きていることを示唆している。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学 ・ 生物多様性・分類

キーワード：進化・多様性・光環境・緯度傾度・フィトクロム・地質固有種・蛇紋岩土壌・溪流環境

1. 研究開始当初の背景

植物は移動能力に劣るために発芽した場所から逃れることが出来ない。そのために生育地の環境圧に対して外部形態や生理的特性を変化させながら多様化を遂げることが必然となる。これが植物を多様性科学の対象として選択することの大きな特質の一つである。植物の種あるいは種内に見られる分化は、標高や緯度の傾度に伴ってよく見られる他に、石灰岩や蛇紋岩を母岩とする特殊土壌と普通土壌、あるいは溪流帯と林床の間で顕著

に見られる。そこで、身近な国内の場所の植物種で、多様な生育環境を背景として種内分化が認識されているものを実験系として選定して、広範囲なゲノムワイドの探索研究 (AFLP による outlier loci の探索) や、核の機能遺伝子の塩基配列に基づく直接比較を行うことを想定するに至った。

2. 研究の目的

「蛇紋岩／通常土壌」、「溪流帯／林床」そして「高緯度／低緯度」、「高標高／低標高」の

ように生育環境が異なる実験系において、環境からもたらされる自然選択圧が、どのような遺伝子座に影響しているのかを検出することを目的にして研究を行った。

3. 研究の方法

AFLP を使ったゲノミックスキャンで中立進化から外れる遺伝子座 (outlier loci) を網羅的に探索した。また、具体的な核遺伝子に絞り込んで、フィトクロム遺伝子群 phyA~phyE までの塩基配列を解析して、非中立進化を検証した。さらに、モデル植物シロイヌナズナに近縁なアブラナ科植物を研究対象にすることによって、データベース情報を利用し、核遺伝子の塩基配列を解析することを進め、非中立進化を検定した。

4. 研究成果

蛇紋岩植物(ヤナギノギク)については、蛇紋岩耐性が平行進化の結果として獲得されたことが示唆され、論文にまとめた。溪流沿い植物リュウキュウツワブキとツワブキの間では、AFLP でこのような outlier loci を発見できなかった。そこで両者が混生する集団において、遺伝子流動をマイクロサテライトマーカーで調べたところ、両者間には頻繁な遺伝子流動が生じていた。同一個体の種子から形成される子株には様々な葉形態のものが形成されており、これが発芽、定着した場所で流水などの自然選択圧によって淘汰されているものと思われる。標高差に沿った環境傾度の系(イブキハタザオとハクサンハタザオ)では、AFLP で検出した総アレルの約4%が outlier で、分類とは関係なく標高の環境傾度に沿って選択的に見出された。ミヤマハタザオでは、緯度傾度に沿ってフィトクロム遺伝子群の中の phyE に非同義的置換が蓄積しており、positive selection であることが判った。これらの変異は PHYE ドメインに集中しており、このフィトクロム分子の安定性に関わっている可能性が見出された。これらの知見は、緯度の違いに伴う光環境の違いに適応して、種内でも機能遺伝子に分化を起していることが示唆された。

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24件)

1. Ikeda H. and Setoguchi H. 2009. Glacial range expansions and postglacial fragmentations shaped homogenous genetic structure of *Arctericia nana* (Maxim.) Makino (Ericaceae). *Journal of Plant*

- Research 122: 141-151. 査読あり
2. Ikeda, H. Senni, K., Fujii, N. and Setoguchi, H. 2009. High mountains in the Japanese archipelago were refugia of arctic-alpine plants: phylogeography of *Loiseleuria procumbens* (L.) Desvauz. *Biological Journal of the Linnean Society* (in press)査読あり
3. Yokoo, T., Kobayashi, S., Fujikawa, S., Oginuma, K., Mitsui, Y., Ikeda, H. and Setoguchi, H. 2009. Genetic structure among and within populations of serpentine endemic *Heteropappus hispidus* ssp. *leptocladus* (Compositae). *Biochemical Systematics and Ecology* (in press)査読あり
4. Ikeda, H., Fujii, N. and Setoguchi, H. Molecular evolution of phytochromes in *Cardamine nipponica* (Brassicaceae) suggests the involvement of *PHYE* in local adaptation. *Genetics* (in press)査読あり
5. Kurata, K., Jaffre, T. and Setoguchi, H. 2008. Genetic diversity and geographical structure of the pitcher plant in New Caledonia: a chloroplast DNA haplotype analysis. *American Journal of Botany* 95: 1632-1644. 査読あり
6. Nomura, N., Fujiwara, K., Takaso, T., Ito, M., and Setoguchi, H. Development and characterization of microsatellite loci in *Farfugium japonica*. *Conservation Genetics* (in press). 査読あり
7. Noda, A., Nomura, N., Mitsui, Y. and Setoguchi, H. Isolation and characterization of microsatellite loci in *Calystegia solandrii*. *Conservation Genetics* (in press). 査読あり
8. Setoguchi, H., Nakagawa, M. and Momohara, A. 2008. Plant-size and leaf dimorphism of vulnerable *species Ilex dimorphophylla* (Aquifoliaceae) on Amamioshima Island in the Ryukyu Archipelago. *Journal of Phytogeography and Taxonomy* 56: 7-11. 査読あり
9. Dan, T., Ikeda, H., Mitsui, Y., Isagi, Y. and Setoguchi, H. 2008. Genetic structure of refugial populations of the temperate plant *Shortia rotundifolia* (Diapensiaceae)

- on a subtropical island. Conservation Genetics (in press). 査読あり
10. Mitsui, Y., Isagi, Y. and Setoguchi, H. 2008. Isolation and characterization of microsatellite loci in *Ainsliaea faurieana* (Asteraceae), an endemic plant species on Yakushima Island, Japan, and cross-species amplification in closely related taxa. Molecular Ecology Resources (in press) 査読あり
11. Setoguchi, H., Mitsui, Y., Ikeda, H., Nomura, N., Tamura, A. 2008. Development and characterization of microsatellite loci in the endangered *Tricyrtis ishiiana* (Convallariaceae), a local endemic plant in Japan. Conservation Genetics (in press) 査読あり
12. Kono, Y., Okada, M., Setoguchi, H., Oginuma, K. 2008. Karyomorphology of *Corylopsis glabrecens* and *C. gotoana* endemic to Japan (Hamamelidaceae; Hamamelidoideae). Chromosome Science 3: 27-29. 査読あり
13. Dan, T., Mitsui, Y. Isagi, Y. and Setoguchi, H. 2008. Isolation and characterization of microsatellite loci in *Shortia rotundifolia* (Diapensiaceae), an endangered relict plant on the Ryukyu Islands and Taiwan. Conservation Genetics (in press) 査読あり
14. Ikeda, H. Senni, K., Fujii, N. and Setoguchi, H. 2008. Multiple sequences of chloroplast and nuclear DNA revealed postglacial range contraction and strong bottleneck in *Cardamine nipponica* Franch. et Savat. (Brassicaceae). Molecular Ecology 17: 3178-3188. 査読あり
15. Yamanaka, M., Kobayashi, S. and Setoguchi, H. 2008. Distinct geographic structure across species units evidenced by chloroplast DNA haplotypes and nuclear ribosomal ITS genotypes of *Corylopsis* (Hamamelidaceae) in the Japanese islands. Botanical Journal of the Linnean Society 157: 501-518. 査読あり
16. Ikeda, H. Senni, K., Fujii, N. and Setoguchi, H. 2008. High mountains in central Japan were important area for surviving climatic oscillations and genetic divergence of an arctic- alpine plants, *Diapensia lapponica* L. subsp. *obovata* (Fr. Schm.) Hulten (Diapensiaceae). Plant Systematics and Evolution 272: 197-210. 査読あり
17. Koga, K., Kadono, Y. and Setoguchi, H. 2008. Phylogeography of Japanese water crowfoot based on chloroplast DNA haplotypes. Aquatic Botany 89: 1-8. 査読あり
18. Mitsui, Y., Chen S.T., Zhou, Z.K., Peng, C.I., Deng Y.F., and Setoguchi, H. 2008. Phylogeny and biogeography of the genus *Ainsliaea* (Asteraceae) in the Sino-Japanese Region based on nuclear rDNA and cpDNA sequence ~~DATA~~⁺data. Annals of Botany 101: 111-124. 査読あり
19. Setoguchi, H., Watanabe, W. and Maeda, Y. 2008. Molecular phylogeny of the genus *Pieris* (Ericaceae) with special reference to phylogenetic relationships of insular plants on the Ryukyu Islands. Plant Systematics and Evolution 270: 217-230. 査読あり
20. Ikeda, H., Senni, K., Fujii, N. and Setoguchi, H. 2008. Postglacial range fragmentation is responsible for the current distribution of *Potentilla matsumurae* (Rosaceae) in the Japanese archipelago. Journal of Biogeography 35: 791-800. 査読あり
21. Oginuma, K., Chen, S.T., Zhou, Z.K., Peng, C.I., Momohara, A. and Setoguchi, H. 2007. Intraspecific polyploidy of *Houttuynia cordata* and chromosome number evolution in Saururaceae. Chromosome Botany 2: 87-91. 査読あり
22. Nomura, N., Setoguchi, H., Yasuda, K. and Takaso, T. 2007. AFLP analysis of stenophylly for leaf productivity: comparison of the anatomy and physiology of a rheophyte, *Farfugium japonicum* var. *luchuence*, and a related non-rheophyte, *F. japonicum* (Asteraceae). Canadian Journal of Botany 85: 637-643. 査読あり
23. Koga, K., Kadono, Y. and Setoguchi, H. 2007. Genetic structure of populations of the vulnerable aquatic macrophyte

Ranunculus nipponicus (Ranunculaceae).
Journal of Plant Research 120: 167-174.
査読あり

24. Ikeda, H. and Setoguchi, H. 2007.
Phylogeography and refugia of the
Japanese endemic alpine plant *Phyllodoce
nipponica* Makino (Ericaceae). Journal of
Biogeography 34: 169-176. 査読あり

[学会発表] (計 11件)

1. 三井裕樹・野村尚史・井鷲裕治・戸部博・瀬戸口浩彰 (2008) 屋久島の溪流帯と林床におけるホソバハグマとキッコウハグマの遺伝的・生理生態的分化：浸透性交雑の検証と光合成特性の比較解析. 日本生態学会第56回大会・岩手県立大学(盛岡市) 2009年3月17~21日.
2. 野村尚史・藤原健人・伊藤元己・瀬戸口浩彰・高相徳史郎 (2008) 溪流沿い植物の葉形態変異と分断化淘汰：ハビタット構造と自然選択. 日本生態学会第56回大会・岩手県立大学(盛岡市) 2009年3月17~21日.
3. 池田啓・瀬戸口浩彰 (2008) *PHYE* 遺伝子によるコメバツガザクラ (*Arctericana*) の系統地理. 日本植物分類学会第8回大会・東京エレクトロンホール宮城(仙台市) 2009年3月13~15日.
4. 三井裕樹・野村尚史・井鷲裕治・戸部博・瀬戸口浩彰 (2008) 屋久島の溪流帯と林床におけるホソバハグマとキッコウハグマの遺伝的・生理生態的分化：浸透性交雑の検証と光合成特性の比較解析. 日本植物分類学会第8回大会・東京エレクトロンホール宮城(仙台市) 2009年3月13~15日.
5. 野田明日香・瀬戸口浩彰 (2008) 琵琶湖に生育するハマヒルガオの長期的隔離と遺伝的特性. 日本植物分類学会第8回大会・東京エレクトロンホール宮城(仙台市) 2009年3月13~15日.
6. 東浩司・長澤淳一・瀬戸口浩彰 (2008) ヤエヤマカンアオイにおける花の匂いの発見. 日本植物分類学会第8回大会・東京エレクトロンホール宮城(仙台市) 2009年3月13~15日.
7. 菅原可奈子・金子有子・瀬戸口浩彰 (2008) 日本列島におけるトチノキ (*Aesculus turbiana*) の系統地理. 日本植物分類学会第8回大会・東京エレクトロンホール宮城(仙台市) 2009年3月13~15日.
8. 三井裕樹・野村尚史・瀬戸口浩彰 (2008) 溪流沿い植物ホソバハグマと林床生近縁種キッコウハグマの光合成特性の比較解析. 日本植物学会第72回大会・高知大学(高知市) 2008年9月25~27日.
9. 池田啓・藤井紀行・瀬戸口浩彰 (2008) ミヤマタネツケバナ (*Cardamine nipponica*) の *PHYE* 光センサードメインにおける南北間での適応的分化. 日本植物学会第72回大会・高知大学(高知市) 2008年9月25~27日.
10. 野村尚史・藤原健人・瀬戸口浩彰・伊藤元己・高相徳史郎 (2008) リュウキュウツワブキの表現形多型と選択圧. 日本植物学会第72回大会・高知大学(高知市) 2008年9月25~27日.
11. Ikeda H, Senni K, Fujii N, Setoguchi H. (2008). Vicariance and Evolutionary History of *Cardamine nipponica* (Brassicaceae), Japanese endemic alpine plant. Botany 2008 (アメリカ合衆国植物学会), ブリテイッシュコロロンビア大学 2008年7月18-22日.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

瀬戸口 浩彰 (SETOGUCHI HIROAKI)
京都大学・大学院人間・環境学研究科・准教授
研究者番号：70206647

(2) 研究分担者

荻沼 一男 (OGINUMA KAZUO)
高知女子大学・生活科学部・教授
研究者番号：30106794
(平成20年度より連携研究者)

小林史郎
財団法人高知県牧野記念財団・研究員
研究者番号：50393434
(平成20年度より研究分担者から外れた)