

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 9 日現在

機関番号：82617

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25440224

研究課題名(和文) 渡り鳥種子散布による水生植物のアジア-オセアニア隔離分布の存在と成因の解明

研究課題名(英文) Elucidation of the existence and the cause of the Asia-Oceania isolation distribution of aquatic plants by long-distance seed dispersals of migratory birds

研究代表者

田中 法生 (Tanaka, Norio)

独立行政法人国立科学博物館・植物研究部・研究主幹

研究者番号：10311143

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、水生植物が、南半球と北半球や大陸間のような長距離に隔離されて分布する事例を探索し、それが渡り鳥によって種子が散布されることによって起こったという仮説を検証することを目的とした。

研究の結果、いくつかの水生植物において、種子散布が長距離の隔離分布を起こしていることが明らかになった。しかし、予想通り渡り鳥による可能性が高い場合の他に、風による散布の場合もあることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：In this study, we search the cases where aquatic plants are distributed and isolated in long distances such as between the Southern Hemisphere and the Northern Hemisphere or the Continent, and to verify the hypothesis that they occurred due to seed dispersal by migratory birds. As a result, it became clear that in some aquatic plants, seed dispersals caused their long distance isolation distributions. However, it was suggested that besides being highly probable by migratory birds as expected, there might be cases of wind dispersal.

研究分野：植物系統分類学

キーワード：水生植物 長距離散布 分子系統 系統地理

1. 研究開始当初の背景

(1) 生物の分布は、その起源・進化、その後の種の維持・分化過程、さらには周辺生物相および環境との相互作用が強く反映して現れるため、生物群の実体を理解する上で非常に重要な要素である。これまで、長距離の隔離分布の成因としては、主に分断(大陸移動などによって、分布域が分断される)と移動(氷期・間氷期の繰り返しの気候変動と標高差によって移動)が確からしい解釈とされてきた。しかし、申請者らが行った水生植物カワツルモ属の分子系統学的研究において、本属の1種ネジリカワツルモ(*Ruppia megacarpa*)が東アジア北部とオセアニア南部にそれぞれ分集団を持つことが明らかになった。カワツルモ属の果実は、渡り鳥によって散布されると推測されていたが、8000 kmにも及ぶ散布が示されたことは衝撃的な結果であった。この結果はしかし、以下の2点から、湿地に生育する水生植物においては決して稀な事象ではない可能性が推察された:a)ネジリカワツルモの分布域は渡り鳥の移動ルート(フライウェイ)の1つ(アジア・オセアニアフライウェイ)によって結ばれている(図1); b)南北両半球間を移動する渡り鳥はシギ・チドリ、アジサシ類に限られ、そのほとんどが湿地性の種類である。そこで、カワツルモ属で発見された長距離隔離分布の一般性を探るため、複数の水生植物種の分子系統解析、分岐年代解析および種内遺伝的構造解析によって、同一種の南北両半球における隔離分布の存在と成因が明らかになることが期待できる。

(2) 渡り鳥による長距離種子散布が起こる頻度や実際の散布に関する直接的な証拠は国内外問わず皆無である。申請者らは、海産性水生植物(海草)の種子の海流散布の実態を、遺伝的構造という間接的証拠と、実際に漂流する葉の遺伝的帰属性解析からの直接的証拠の両面から明らかにしたが、同様なアプローチを用いて、渡り鳥による種子散布の実際の動きを解明できると考えられる。

2. 研究の目的

本研究は、渡り鳥による長距離種子散布による南北両半球での隔離分布が推測される水生植物について、分子系統解析および分岐年代解析により、長距離種子散布による南北両

半球での隔離分布の存在と成因について、明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 文献および標本情報等から、隔離分布が推測される水生植物種を含む属または科を検討する。候補となる水生植物について、現地および標本庫等からのDNA抽出用葉サンプルを収集する。

(2) 収集したサンプルから、DNAを抽出し、葉緑体および核DNAについて、個々の対象種群に適切な領域を検討し、塩基配列を決定する。

(3) 得られた配列情報を用いて、分子系統樹を構築し、分岐年代解析、系統地理学的解析を行う。これらの結果を総合して、長距離に隔離される分布の成立過程を明らかにして、長距離隔離分布の成立に長距離散布が関与しているか否かを検証する。

(4) 複数の事例を検証することにより、水生植物の長距離隔離分布の成立と渡り鳥による種子散布の関係を明らかにする。

4. 研究成果

(1) キタミソウ属(ゴマノハグサ科)は、両半球の冷温帯に広く分布する。その1種である*Limosella curdieana*は、オーストラリアとニュージーランドに固有である。分子系統と系統地理学的解析の結果、同種は過去のアフリカ南部からの直接あるいは北半球を経由した長距離の種子散布に起源する可能性が高いことが明らかとなった。

(2) ビャッコイ属(カヤツリグサ科)の*Isolepis fluitans*は、種内分類群が地中海、アフリカ中南部、オーストララシアに隔離分布する。分子系統と系統地理学的解析の結果、この種群の単系統性は示されなかった。しかし、この隔離分布を含んだFruitantes亜属の中で、アフリカからオーストララシアへの長距離散布の可能性が示された。また日本でただ1カ所にだけ生育地のあるビャッコイ*I. crassiuscula*は、これまでに推察されていた通り、オーストララシアから日本への長距

離種子散布によって成立したと考えられた。

(3) 旧イトクズモ科(アルテニア属、レピラエナ属、シュードアルテニア属、イトクズモ属から構成される単系統群。現在はヒルムシロ科に含まれる)は、分布パターンが特徴的である。分子系統と系統地理学的解析の結果、オーストララシアを分布の中心に持つアルテニア属の中で、オーストララシアから地中海周辺への長距離散布の可能性が示され、さらに、アルテニア属から、シュードアルテニア属およびイトクズモ属への分化において、オーストララシアからアフリカ南部、さらに地中海ユーラシアへの長距離散布の可能性が示された。

(4) 得られた結果を総合的に考察すると、水生植物において、長距離種子散布により成立する長距離隔離分布は、稀な事象ではなく、広く多様な水生植物群において起こりうるもので、その分布形成、種および属の多様化において重要な役割を果たしていることが明らかになった。また、長距離種子散布の方法は渡り鳥による可能性が高い事例(カワツルモ、ビャッコイ)の他に、ビャッコイ属 *Fruitantes* 亜属や旧イトクズモ科のように、南北の移動ではないケースが検出された。これは渡り鳥による可能性の他に、風による長距離散布も候補要因とすべきと考えられた。

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6件)

Ito, Y., N. Tanaka, D.C. Albach, A.S. Barfod, B. Oxelman, A.M. Muasya. (2017) Molecular phylogeny of the cosmopolitan aquatic plant genus *Limosella* (Scrophulariaceae) with a particular focus on the origin of the Australasian *L. curdieana*. *Journal of Plant Research* 130: 107-116. doi: 10.1007/s10265-016-0872-6

Ito, Y., G. Lucio, L. Iharlegui, N. Tanaka (2016) Phylogeny of *Potamogeton* (Potamogetonaceae) revisited: implications for hybridization and introgression in Argentina. *Bulletin of the National Museum of Nature and Science. Series B* 42: 131-141.

Y. Ito, N. Tanaka, P. Garcia-Murillo, A. M. Muasya (2016) A new delimitation of the

Afro-Eurasian plant genus *Althenia* (Potamogetonaceae) to include its Australasian relative: evidence from DNA and morphological data. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 98: 261-270.

Y. Ito, J. Viljoen, N. Tanaka, O. Yano and A. M. Muasya. 2016. Phylogeny of *Isolepis* (Cyperaceae) revisited: non-monophyletic nature of *I. fluitans* sensu lato and resurrection of *I. lenticularis*. *Plant Systematics and Evolution*, 302: 231-238.

Y. Ito, N. Tanaka, C. Kim, R. B. Kaul and D. C. Albach. 2016. Phylogeny of *Sparganium* (Typhaceae) revisited: non-monophyletic nature of *S. emersum* sensu lato and resurrection of *S. acaule*. *Plant Systematics and Evolution*, 302: 129-135.

Yu Ito and N. Tanaka. 2013. Additional *Potamogeton* hybrids from China: Evidence from a comparison of plastid *trnT-trnF* and nuclear ITS phylogenies. *Acta Phytotaxonomica et Geobotanica*. 64(1):15-28.

[学会発表](計12件)

Yu Ito, Norio Tanaka, Anders S. Barfod, Robert B. Kaul, A. Muthama Muasya, Pablo Garcia-Murillo, Natasha de Vere, Brigitta de Wilde and Dirk C. Albach. From terrestrial to aquatic habitats and back again - Molecular insights into the evolution and phylogeny of *Callitriche* (Plantaginaceae). 38th Australasian Systematic Botany Society meeting. 2016.9.27. Alice Springs, Australia.

Yu Ito, Norio Tanaka, Tetsuo Ohi-Toma & Jin Murata. Phylogeny and systematics of the cosmopolitan aquatic genus *Ruppia* (Ruppiaceae): Implication for conservation *FAPESP - JSPS Joint Research workshop. University of São Paulo, Brazil. Feb 2-4, 2015.* (Poster, No. 34)

Yu Ito, Okihito Yano, Norio Tanaka, Jie Li. Phylogeny of *Najas* revisited (Hydrocharitaceae): implications for taxonomy, biogeography, and polyploid evolution. Botanical research in Tropical Asia, Dec 6 - 11, 2015, Vientiane, Lao PDR

Yu Ito, Okihito Yano, Norio Tanaka & Jie Li. Phylogeny of *Najas* (Hydrocharitaceae) revisited: Implications for taxonomy, biogeography, and polyploid evolution. Botanical Research in Tropical Asia. Vientiane, Laos. Dec, 2015. (Oral, No. 78658)

伊藤 優、田中法生、Garcia-Murillo P.、Pelsner P. B. Phylogeny and biogeography of *Zannichellia* and its allied genera (Potamogetonaceae), inferred from plastid

and nuclear ITS DNA sequences. 日本植物分類学会第13回大会(熊本)(2014.3.21)

伊藤 優、Kim C.-K、Albach D. C.、Kaul R.、田中法生. 水生植物ミクリ属(ガマ科)の沈水種の進化に着目した分子系統解析と分岐年代推定. 日本植物分類学会第13回大会(熊本)(2014.3.21)

Yu Ito, Dirk C. Albach, Robert Kaul, A. Muthama Muasya, Pablo Garcia-Murillo, Norio Tanaka, Natasha de Vere, Brigitta de Wilde & Pieter B. Pelser. Phylogeny and biogeography of a cosmopolitan aquatic plant, *Callitriche* (Plantaginaceae). Second International Symposium of Aquatic Plant Biology, *MACROPHYTE2014. Wuhan Botanical Garden, China. Oct 27-31, 2014.* (Oral, Abstract P. 51)

Yu Ito, Dirk C. Albach, Muthama A. Muasya, Bengt Oxelman, Norio Tanaka. Phylogeny and biogeography of a cosmopolitan aquatic genus *Limosella* (Plantaginaceae): a test of the South African origin of an Australasian endemic species. *36th Australasian Systematic Botany Society meeting. Palmerston North, NZ. Nov 26, 2014. AgHort lecture block, Massey campus, Palmerston North, NZ* (Poster, Abstract P.42)

Yu Ito, Pablo Garcia-Murillo, Norio Tanaka. Redefined ...again! A new delimitation of the genus *Althenia* (Potamogetonaceae). *36th Australasian Systematic Botany Society meeting. Palmerston North, NZ. Nov 26, 2014. AgHort lecture block, Massey campus, Palmerston North, NZ* (Oral, Abstract P.34)

Yu Ito, Changkyun Kim & Norio Tanaka. Phylogeny, habitat transition, and biogeography of an aquatic genus *Sparganium* (Typhaceae). *The Fifth International Conference: The Comparative Biology of the Monocotyledon. New York, USA. July, 2013. Abstracts p. 59.*

Yu Ito, Norio Tanaka, and Pieter Pelser. Phylogeny and biogeography of an aquatic genus *Potamogeton* (Potamogetonaceae). *The Fifth International Conference: The Comparative Biology of the Monocotyledon. New York, USA. July, 2013. Abstracts p. 58.*

Yu Ito and Norio Tanaka. Phylogeny, hybridization, and biogeography of an aquatic genus *Zannichellia* and its allies (Potamogetonaceae). *The Fifth International Conference: The Comparative Biology of the Monocotyledon. New York, USA. July, 2013. p.166.*

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ

<http://www.kahaku.go.jp/research/researcher/researcher.php?d=ntanaka>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 法生 (TANAKA, Norio)

国立科学博物館・植物研究部・研究主幹

研究者番号: 10311143

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

濱尾 章二 (HAMA0, Shoji)

国立科学博物館・動物研究部・グループ長

研究者番号: 60360707

(4) 研究協力者

伊藤 優 (ITO, Yu)