

令和 4 年 6 月 21 日現在

機関番号：64401

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H04614

研究課題名(和文) 東南アジアにおけるサトイモの遺伝的多様性のマッピングによる栽培化モデルの検証

研究課題名(英文) Mapping Genetic Diversity in Taro (*C. esculenta*) to Test Domestication Models

研究代表者

Matthews Peter (Matthews, Peter)

国立民族学博物館・超域フィールド科学研究部・教授

研究者番号：70281590

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,300,000円

研究成果の概要(和文)：バングラデシュ、中国、インド、日本、マレーシア、タイ、ベトナムにおいて、サトイモ(*C. esculenta*)と他のコロカシア種の野生個体群をマッピングした。*C.* の野生サトイモは中国、ベトナム、タイに広く分布し、バングラデシュでは、CIの栽培種サトイモに近いサブクレードを含むCI野生サトイモのみが見いだされた。新種*C. spongifolia* が中国とベトナムで見つかった。6種のコロカシア種で完全な葉緑体ゲノム配列が分析された。サトイモは明らかに多系統であり、栽培種サトイモはCIとCに限定される。Cの野生サトイモは別種であるか、東南アジアの野生種から古い葉緑体が捕獲されできた雑種でありうる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

この研究の結果、ガンジス川とブラマプトラ川の流域とデルタは、熱帯湿地サトイモ(CI)の一次栽培化の有力な候補地域であり、*C. formosana*は*C. esculenta*と明確に別種であり、インドから中国、ベトナムまでの東南アジア山岳地域は、サトイモ属の種多様性の中心であることが確認された。また、熱帯アジアの低地におけるCIIの野生サトイモの不在は、日本のCIIの栽培品種がヒマラヤの山地で生まれたというこれまでの指摘と矛盾しない。本研究は、育種家が進化の歴史を参考にして育種材料を選択できるようになる点で重要である。また、日本に存在するサトイモの多様な進化的・地理的起源も明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Wild populations of taro (*Colocasia esculenta*) and other wild *Colocasia* species were mapped in Bangladesh, China, India, Japan, Malaysia, Thailand, and Vietnam. Nuclear and chloroplast loci were sequenced. Three evolutionary clades (CI-CIII) were found in the newly surveyed areas. Wild CIII taros are widespread in China, Vietnam and Thailand, and absent in Bangladesh. In Bangladesh, only CI wild taros were found, including subclades close to cultivated CI taros. A new species, *C. spongifolia* (Matthews et al. 2022), was found in China and Vietnam. Complete chloroplast genome sequences were analysed in six *Colocasia* species. Taro is clearly polyphyletic, with cultivated taros confined to Clades I and II. Wild CIII taro may be a distinct species, or a hybrid produced by ancient chloroplast capture from a different wild species in Southeast Asia.

研究分野：民族植物学 先史学

キーワード：Araceae *Colocasia* *C. esculenta* *C. spongifolia* domestication chloroplast genome wild taro

## 1. 研究開始当初の背景

(1)長年にわたるこれまでの現地調査により、熱帯アジア全域の *Colocasia esculenta* (サトイモ科) と他のサトイモ属野生種の個体群の分布域が特定され、本研究で使用する初期標本が提供された (Matthews 2014)。 (2) 本研究のメンバーである Dr Ibrar Ahmed は、マッセイ大学 (ニュージーランド) の博士課程研究として、サトイモ栽培種の2つの進化系統の葉緑体全ゲノムを解読し、*C. esculenta* および他のサトイモ属の進化系統を特定するために使用できる遺伝子座を特定した (Ahmed *et al.* 2020)。こうして、*C. esculenta* や他のサトイモ属の野生個体群における遺伝的多様性の、より詳細なマッピングを開始するための材料と方法が準備された。

## 2. 研究の目的

主要な2つの目的は、交雑によって栽培化の過程に寄与したと考えられるサトイモ属の近縁種を調査することと、サトイモ栽培種の祖先となりうる *C. esculenta* の野生個体群を探し出すことであった。これまでの調査や標本分析から、インドから東南アジア、中国南部までのアジア大陸地域が本研究の重点地域となることが示唆された。

## 3. 研究の方法

現地調査の実施、訪問国のカウンターパートとの協力関係の構築 (その他、本研究計画策定を支援した多くの人々)。

(i) Dr Ibrar Ahmed, AlphaGenomics Ltd, Islamabad, Pakistan.

(ii) Dr LONG Chunlin, College of Life and Environmental Sciences, Minzu University of China.

(iii) Dr Mohammad Anwar Hossain, Dept. of Genetics and Plant Breeding, Bangladesh Agricultural University, Mymensingh, Bangladesh.

(iv) Dr NGUYEN Van Du, Ethnobotany Department, Institute for Ecology and Biological Resources (IEBR), Hanoi, Viet Nam.No.

(v) Dr Duangchai Sookchaloem, Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

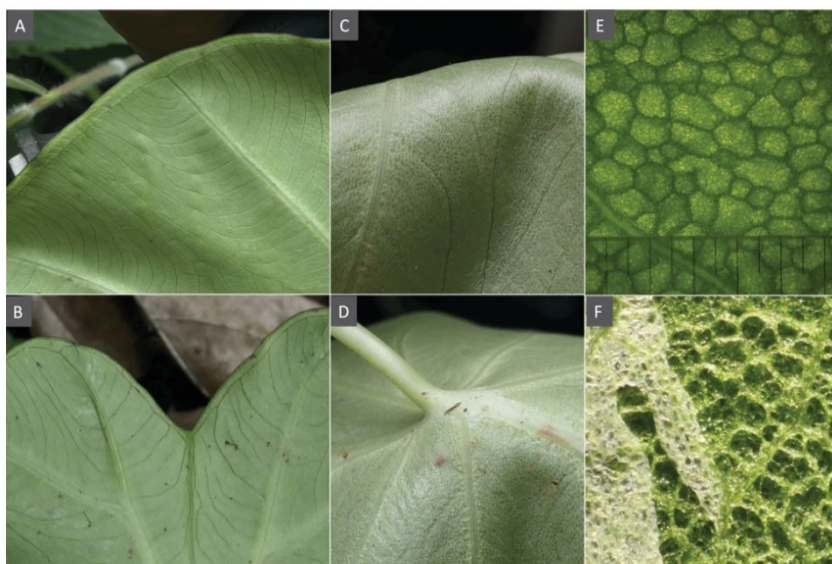
(vi) Dr WONG Sin Yeng, Institute of Biodiversity and Environmental Conservation, Universiti Malyasia Sarawak, Kuching, Sarawak, Malaysia.

現地調査では、手書きのフィールドノート、GPS 装置、写真撮影により、観察と聞き取りを記録した。のちの DNA 分析のために、現地でシリカゲルを用いて乾燥葉の標本を収集した。国立民族学博物館の動植物標本資料室にて、一般的な市販の抽出キットを用いて DNA を抽出し、分析を委託するまで -20 度で保存した。DNA 抽出物は比較的低品質 (断片化) であったが、短い標的配列 (約 800-1000 bp) の増幅 (PCR) には十分であった。葉緑体全ゲノムの次世代シーケ

ンシング (NGS) には、シーケンシングサービス会社に委託し、高品質の DNA 抽出物を得た。現地調査は、低地から山地 (中国、ベトナム)、デルタ氾濫原の河川から河川間 (バングラデシュ、タイ)、北から南 (中国、ベトナム) と、地域ごとに生態系の大分岐に沿った形で行った。このようにして、多様なサトイモ野生種と、その個体群に出会うことができた。

#### 4. 研究成果

本研究の期間中、Ahmed ら (2020) (*C. esculenta* 内の 3 つの進化系統を特定) と Matthews ら (2022) (中国とベトナムにおける *C. esculenta* の野生近縁種 *C. spongifolia* の発見と記述) の 2 つの主要な論文が発表された。また、サトイモ科の主な栽培属が属する *Dracunculus* クレードの系統解析 (Abdullah et al. 2020) や、南ポリネシアの遺跡におけるサトイモの花粉の研究に対する新しい解釈の提示 (Prebble et al.) に寄与した。さらに、サトイモが孤児作物として扱われている理由を示唆し、栽培植物としてのサトイモの新しい世界分布図を提供するポジションペーパーも発表した (Matthews and Ghanem 2021)。



*Colocasia spongifolia* (スポンジ葉サトイモ) の葉 (Matthews et al. 2022)。

さらに未発表の結果を出版すべく以下の準備を行っている。(i) *C. esculenta* とサトイモ属野生種の局所的な交雑、(ii) サトイモの 2 つの主要進化系統 (山地 / 温帯乾燥地 vs 低地 / 熱帯湿地) 間の交雑、(iii) "*Colocasia esculenta*" が分類群として多系統であることの証拠、(iv) サトイモおよびサトイモ属近縁種の近いアウトグループとしてのボルネオ島 (マレーシア) の *C. oresbia* の位置付け、(v) *C. spongifolia* の系統的 position 付け、(vi) 中国南部の温帯気候帯へのサトイモ野生個体群の広がり、(vii) ガンジス川とブラマプトラ川の氾濫原 (バングラデシュ、西ベンガル、アッサム) における低地 / 熱帯湿地性栽培種の起源可能性。

#### 参考文献

2022 Matthews, P. J., V. D. Nguyen, Q. Fang, and C-L. Long *Colocasia spongifolia* sp. nov. (Araceae) in southern China and central Vietnam. *Phytotaxa*, 541: 1-9.

2021 Matthews, P. J. and M. E. Ghanem. Perception gaps that may explain the status of taro (*Colocasia esculenta*) as an “orphan crop” . *Plants People Planet* 3, 99-112. DOI: 10.1002/ppp3.10155

2021 Matthews, P. J. Plant exploration as an iterative process: routine and serendipity.

*Webinar Proceedings of Botany, Computer Science, Physiology and NSS*. D. Saha, U. Naushad and M. K. Yadav. Kolkata, AJC Bose College, pp. 6-15.

2020 Ahmed, I., P. J. Lockhart, E. M. G. Agoo, K. W. Naing, D. V. Nguyen, D. K. Medhi and P. J. Matthews. Evolutionary origins of taro (*Colocasia esculenta*) in Southeast Asia.

*Ecology and Evolution* 10:13530-13543. DOI: 10.1002/ece3.6958

2020 Abdullah , C. L. Henriquez, F. Mehmood, A. Hayat, A. Sammad, S. Waseem, M. T. Waheed, P. J. Matthews, T. B. Croat, P. Poczai, I. Ahmed. Chloroplast genome evolution in the *Dracunculus* clade (Aroideae, Araceae). *Genomics* 113:183-192. DOI: 10.1016/j.ygeno.2020.12.016

2019 Prebble, M., P. J. Matthews, and 12 others. Early tropical crop production in marginal subtropical and temperate Polynesia *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116: 8824-8833. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1821732116](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1821732116)

2014 Matthews, P. J. *On the Trail of Taro: An Exploration of Natural and Cultural History*. Osaka, National Museum of Ethnology.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 7件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Matthews, PJ, ME Ghanem	4. 巻 3
2. 論文標題 Perception gaps that may explain the status of taro ( <i>Colocasia esculenta</i> ) as an “orphan crop”	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plants People Planet	6. 最初と最後の頁 99-112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ppp3.10155	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Ahmed, I, PJ Lockhart, EMG Agoo, KW Naing, DV Nguyen, DK Medhi and PJ Matthews	4. 巻 10
2. 論文標題 Evolutionary origins of taro ( <i>Colocasia esculenta</i> ) in Southeast Asia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 13530-13543
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ece3.6958	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Abdullah, CL Henriquez, F Mehmood, A Hayat, A Sammad, S Waseem, MT Waheed, P J Matthews, TB. Croat, P Poczai, I Ahmed	4. 巻 113
2. 論文標題 Chloroplast genome evolution in the <i>Dracunculus</i> clade (Aroideae, Araceae)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Genomics	6. 最初と最後の頁 183-192
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ygeno.2020.12.016	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 M. Prebble, A. J. Anderson, P. Augustinus, J. Emmitt, S. J. Fallon, L. L. Furey, S. J. Holdaway, A. Jorgensen, T. N. Ladefoged, P. J. Matthews, J.-Y. Meyer, R. Phillipps, R. Wallace, and N. Porch	4. 巻 116(18)
2. 論文標題 Early tropical crop production in marginal subtropical and temperate Polynesia	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Science	6. 最初と最後の頁 8824-8833
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.1821732116	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Matthews, P. J. , & Nguyen, D. V.	4. 巻 Live-Online
2. 論文標題 Taro: Origins and Development	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Encyclopedia of Global Archaeology	6. 最初と最後の頁 e1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Matthews, PJ	4. 巻 -
2. 論文標題 Evolution and Domestication of Clonal Crops	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Routledge Handbook of Agricultural Biodiversity (Routledge) , chap10	6. 最初と最後の頁 168-191
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Matthews, PJ, PJ Lockhart and I Ahmed	4. 巻 97(1)
2. 論文標題 Phylogeography, ethnobotany, and linguistics: Issues arising from research on the natural and cultural history of taro <i>Colocasia esculenta</i> (L) Schott	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Man in India	6. 最初と最後の頁 353-380
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計3件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Matthews, PJ
2. 発表標題 Plant Exploration as an Iterative Process: Routine and Serendipity
3. 学会等名 the webinar Field Explorations in Botany: Internationalization, Documentation, Value Addition, and Conservation (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Matthews, P. J.
2. 発表標題 Recent Research on the Origins and Domestication of Taro ( <i>Colocasia esculenta</i> )
3. 学会等名 the Faculty of Agriculture, Bangladesh Agricultural University, 11th Feb. 2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Matthews, P. J.
2. 発表標題 Recent Research on the Origins and Domestication of Taro ( <i>Colocasia esculenta</i> )
3. 学会等名 Botany Department, Bernice P. Bishop Museum, Honolulu, Hawaii (招待講演)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

wild-taro-research-project <a href="https://researchcooperative.org/wild-taro-research-project">https://researchcooperative.org/wild-taro-research-project</a> Wild Taro Research Project <a href="http://colocasia.net">http://colocasia.net</a> wildtaro research project <a href="https://researchcooperative.org/wild-taro-research-project">https://researchcooperative.org/wild-taro-research-project</a>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	池谷 和信  (Ikeya Kazunobu)  (10211723)	国立民族学博物館・人類文明誌研究部・教授    (64401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------