

令和 8 年 2 月 24 日

PRESS RELEASE

葉緑体 DNA は「固定された設計図」ではなかった —スリランカ出身の大学院生が発見—

【研究のポイント】

- 植物は、核 DNA や葉緑体 DNA など、複数の遺伝情報系をもち、それぞれ異なる進化の道筋をたどる。
- スリランカ出身の大学院生が、葉緑体 DNA は固定されたものではなく、数千万年にわたって徐々に構造を変えてきたことを発見した。
- 核 DNA が細胞あたり 2 コピーしか存在しないのに対し、葉緑体 DNA は数百～数千コピー存在するため、小さな構造の違いが世代を超えて残る可能性がある。
- 本研究により、1 つの植物の中に、構造の異なる 2 種類の葉緑体 DNA が共存しうることが明らかになった。
- これらの構造の違いは、中新世初期(約 1,200 万～2,800 万年前)に生じ、長い進化の時間を通じて維持されてきた。
- カンキツ類およびその近縁植物(スリランカの文化的・薬用的に重要な植物を含む)を用いて研究を行った。
- 葉緑体 DNA を「安定した遺伝的設計図」とみなす従来の考えに疑問を投げかけ、植物進化に新たな視点を与える成果である。
- 本成果は、国際的学術誌 Nucleic Acids Research(インパクトファクター 13.1)に掲載された。

【研究者】

エランガ・パワニ・ウィタラナ

鹿児島大学大学院 連合農学研究科 博士課程学生

(研究は佐賀大学農学部で行いました)



【研究成果の概要】

植物は、複数の遺伝情報をもっています。細胞核に存在する核 DNA に加えて、植物細胞には、光合成を行う細胞小器官である葉緑体の中に存在する葉緑体 DNA も含まれて

います。スリランカ出身の大学院生、エランガ・パワニ・ウィタラナさんは、葉緑体ゲノムが、核 DNA とは本質的に異なる進化様式に従い、数千万年にわたってゆっくりと、しかし連続的に構造を変えてきたことを明らかにしました。

DNA はしばしば「設計図」や「説明書」に例えられます。植物の核 DNA は細胞あたり 2 コピーしか存在せず、2 冊しか存在しない大切な本のようなものです。そのため、仮に大きな構造変化が起きた場合でも、子孫を残す過程で、どちらか一方の型にそろえられ、速やかに固定されます。

一方、葉緑体 DNA は 1 つの細胞内に数百～数千コピー存在します。本研究は、この多コピー性によって、わずかな構造の違いが消えずに残り、数千万年という長い時間をかけて少しずつ変化しながら受け継がれてきたことを、植物の進化の歴史に基づいて示しました。

カンキツ類およびその近縁種を含む「ミカン亜科」28 種の葉緑体 DNA を解析した結果、ウィタラナ氏は、1 つの植物の中に、構造の異なる 2 種類の葉緑体ゲノムが共存していることを発見しました。一方は通常の遺伝子配列をもち、もう一方は DNA の大きな部分が逆向きに配置された構造で、本の 1 章だけが逆向きに印刷された別バージョンの本のような状態です。

この構造の違いは、特定の位置に存在する非常に短い DNA 配列が「目印」として対応し合うことで生じます。DNA の複製や修復の過程で、これらの配列が認識されると、その間の DNA 領域が逆向きに再構成されることがあり、遺伝情報そのものを失うことなく、別の構造が生み出されます。

解析の結果、これらの構造の違いは、約 1,200 万～2,800 万年前(中新世初期)に生じ、それ以降現在まで維持されてきたことが分かりました。また、この長い時間の中で、いくつかの植物種では、元の構造が主流だった状態から、別の構造が主流へと徐々に移行していました。

研究対象には、スリランカの市場で広く見られるウッドアップル (*Limonia acidissima*, 現地名 Divul)、ベル (*Aegle marmelos*, Beli)、さらにスリランカ固有種で、伝統医療や食文化に利用される *Atalantia ceylanica* (Yaki Naran / Wal Dehi) など、文化的・薬用的に重要な植物も含まれています。

本研究は、葉緑体 DNA が「固定された設計図」ではなく、核 DNA とは独立して、数千万年にわたりゆっくりと変化し続ける遺伝情報体系であることを示しました。本成果は、国際的学術誌 *Nucleic Acids Research* (インパクトファクター 13.1) に掲載されました。

【研究成果の公表媒体】

- 掲載誌: *Nucleic Acids Research*
- 論文タイトル: Ongoing structural changes highlight the dynamic nature of chloroplast genomes
- 著者: Eranga Pawani Witharana, 古藤田 信博、関 清彦、福田 伸二、永野 幸生
- 情報解禁日時: 2026 年 2 月 24 日 午前 9 時 01 分
- DOI: <https://doi.org/10.1093/nar/gkag117>

【今後の展開】

本研究で開発された低コストで実用的な解析ワークフローは、葉緑体 DNA における現在進行中の構造変化を検出するための、拡張性の高い手法です。本手法は、既存の DNA シーケンスデータを用いて、植物だけでなく、藻類などの葉緑体をもつ他の生物にも適用できます。

この手法により、1 つの生物内に存在する複数の葉緑体ゲノム構造を識別・比較することが可能となり、ゲノム構造が長い進化の時間の中でどのように少しずつ変化してきたのかを調べる新たな研究の道が開かれます。植物や藻類の進化研究、生物多様性の評価、農業的・生態学的に重要な種の遺伝的特徴の解明にも貢献すると期待されます。

将来的には、本手法は、ゲノムの安定性、環境適応、種分化の理解を深めることで、作物科学や保全生物学など、応用的な植物科学分野の発展にもつながる可能性があります。

【その他 PR したい特記事項】

本研究は、日本政府(文部科学省)奨学金の支援を受けて、エランガ・パワニ・ウィタラナさんによって実施されました。

【researchmap のリンク先】

https://researchmap.jp/eranga_witharana

【本件に関する問い合わせ先】

エランガ・パワニ・ウィタラナ

(指導教員:永野幸生)

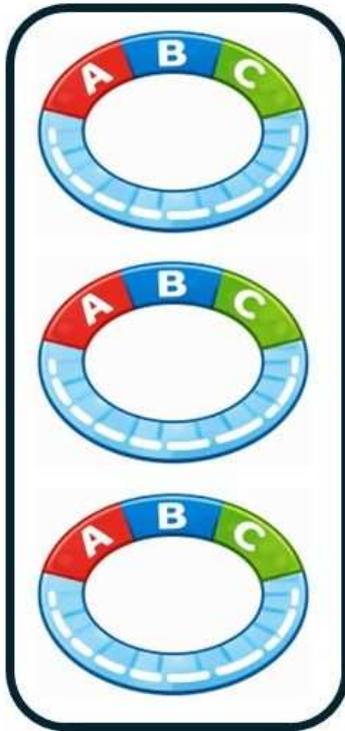
鹿児島大学大学院 連合農学研究科

住所:〒840-8502 佐賀県佐賀市本庄町 1 佐賀大学 農学部

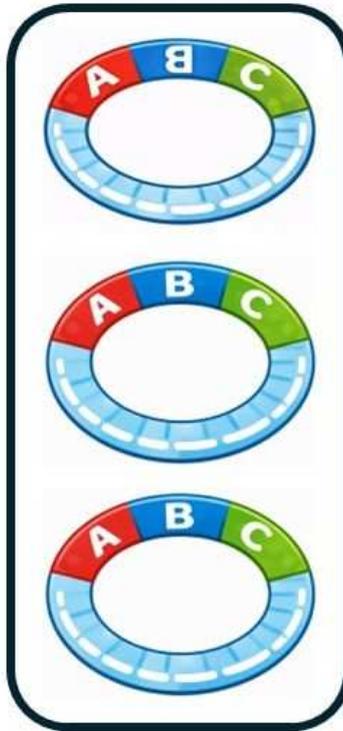
TEL:0952-28-8753 (指導教員)

E-mail:k2734695@kadai.jp および nagano@cc.saga-u.ac.jp (指導教員)

昔：
細胞の中には、同じ構造を
もつ葉緑体DNAが多数存在
していた。



何が起こったのか？
一部のDNAで構造の変化が
起こった(B領域が反転)。

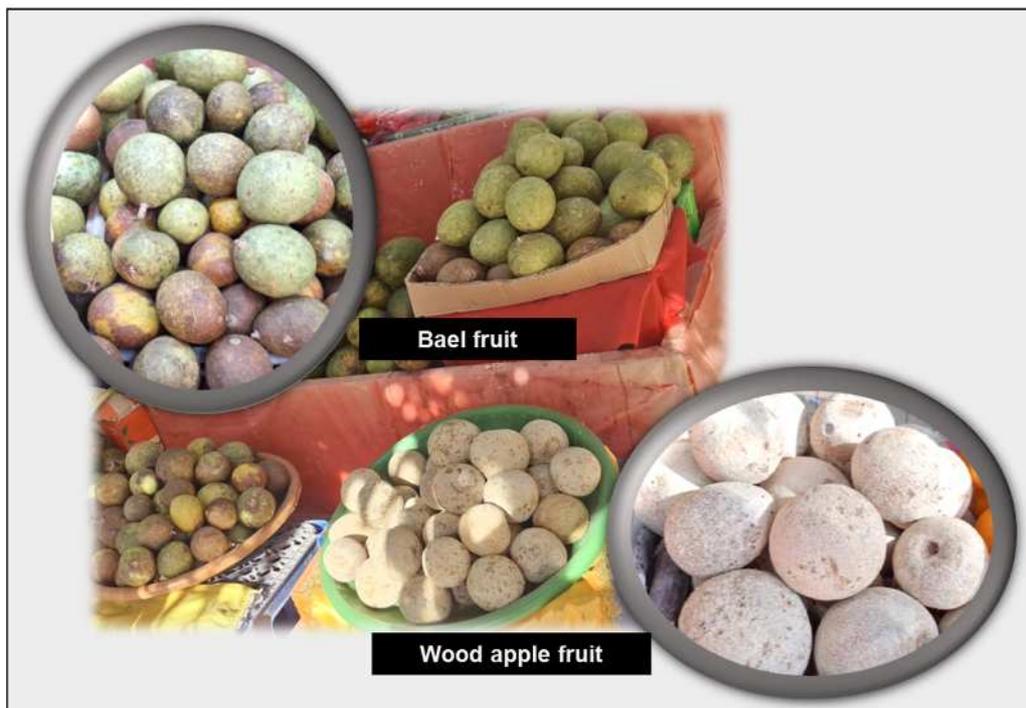


その結果：
異なる構造をもつ葉緑体DNA
が、同じ細胞内で共存する
ようになった。

重要な点：
この共存状態は1,000万年
以上も続いており、植物の
種類によっては反転型が主流
になっている。
一方で、核DNAでは、このよ
うな異なる構造の共存状態が
長期間維持されることはない。

主な発見：
これは、核DNAとは異なる、
これまで知られていなかった
進化の仕組みを明らかにした
ものである。

研究の概要



スリランカの市場で一般的に見られるウッドアップルおよびベルの果実
(撮影:Manoj Namal Sudusinghe 氏/スリランカのモラトゥワ大学卒業生)



スリランカにおいて料理店で提供されたベル(左)とウッドアップル(右)のジュース
(撮影:永野幸生/佐賀大学)

PRESS RELEASE

Sri Lankan Graduate Student Discovered That Chloroplast DNA Is Not a “Fixed Blueprint”

【Key Points of the Research】

- Plants possess multiple genetic systems, including nuclear DNA and chloroplast DNA, each following a different evolutionary pathway.
- A graduate student from Sri Lanka discovered that chloroplast DNA is not fixed but has gradually changed its structure over tens of millions of years.
- While nuclear DNA exists in only two copies per cell, chloroplast DNA is present in hundreds to thousands of copies, allowing small structural differences to potentially persist across generations.
- This study revealed that two structurally different forms of chloroplast DNA can coexist within a single plant.
- These structural differences originated during the early Miocene (approximately 12–28 million years ago) and have been maintained over long evolutionary timescales.
- Research was conducted using *Citrus* species and their related plants, including culturally and medicinally important plants from Sri Lanka.
- The findings challenge the traditional view of chloroplast DNA as a stable genetic blueprint and provide new perspectives on plant evolution.
- The findings have been published in *Nucleic Acids Research* (impact factor 13.1).

【Researcher】

Eranga Pawani Witharana

Graduate Student, The United Graduate School of Agricultural Sciences, Kagoshima University, Kagoshima

(The research was conducted at the Faculty of Agriculture, Saga University.)



【Summary】

Plants carry more than one set of genetic information. In addition to nuclear DNA stored in the cell nucleus, plant cells also contain chloroplast DNA, which is found inside chloroplasts, the organelles responsible for photosynthesis. Ms. Eranga Pawani Witharana, a graduate student from Sri Lanka, discovered that chloroplast genomes

have been slowly and continuously changing their structure over millions of years, following an evolutionary pathway fundamentally different from that of nuclear DNA.

DNA is often described as a “blueprint” or an “instruction book” for life. Nuclear DNA exists in only two copies per cell, like a valuable book available in just two editions. Even if a large structural change occurs, having only two copies means that, as the plant produces offspring, one version is passed on and quickly becomes fixed.

In contrast, chloroplast DNA exists in hundreds to thousands of copies within a single cell. This study demonstrates that, because of this high copy number, small structural differences do not disappear but instead remain and are passed on while gradually changing over tens of millions of years, as revealed by the evolutionary history of these plants.

By analyzing chloroplast DNA from 28 species of the plant subfamily Aurantioideae, which includes *Citrus* and its relatives, Ms. Witharana found that two different structural versions of chloroplast DNA can coexist within a single plant. In one version, the genetic “chapters” are arranged normally; in the other, a large section is arranged in the opposite direction—like a book in which one chapter is printed backwards. This structural difference arises because very short DNA sequences at specific positions act as matching markers, occasionally causing the DNA segment between them to be reassembled in the opposite direction during DNA copying or repair, without losing genetic information.

Analyses show that these structural differences originated 12 to 28 million years ago, during the early Miocene, and have been maintained ever since. Over this long period, some plant species gradually shifted from having mostly the original structure to predominantly carrying the alternative structure.

Notably, the research targets include plants of major cultural and medicinal importance in Sri Lanka, such as wood apple (*Limonia acidissima*, locally known as Divul), bael (*Aegle marmelos*, Beli), and *Atalantia ceylanica* (Yaki Naran or Wal Dehi), a Sri Lankan endemic species used in traditional medicine and cuisine.

This study shows that chloroplast DNA is not a fixed blueprint but a genetic system that can change slowly and persistently over millions of years, independently of nuclear DNA. The findings have been published in *Nucleic Acids Research* (impact factor 13.1).

【Publication Media for Research Findings】

- **Journal:** *Nucleic Acids Research*
- **Title:** Ongoing structural changes highlight the dynamic nature of chloroplast genomes
- **Authors:** Eranga Pawani Witharana, Nobuhiro Kotoda, Kiyohiko Seki, Shinji Fukuda, Yukio Nagano
- **Information Release Date and Time:** 9:01 AM, February 24, 2026
- **DOI:** <https://doi.org/10.1093/nar/gkag117>

【Future Developments】

The cost-effective analytical workflow developed in this study provides a practical and scalable approach for detecting ongoing structural changes in chloroplast genomes. This method can be applied not only to plants but also to other chloroplast-bearing organisms, such as algae, using existing DNA sequencing data.

By making it possible to identify and compare alternative forms of chloroplast genomes within the same organism, the workflow opens new opportunities to study how genome structures change gradually over long evolutionary timescales. It also offers a valuable tool for future research in plant and algal evolution, biodiversity assessment, and the genetic characterization of agriculturally and ecologically important species.

In the longer term, this approach may contribute to applied plant sciences by improving our understanding of genome stability, adaptation, and diversification, thereby supporting advances in crop science, conservation biology, and related fields.

【Other Special Notes for Promotion】

This research was conducted by Ms. Eranga Pawani Witharana with the support of the Japanese Government (Monbukagakusho: MEXT) Scholarship.

【Researchmap page】

https://researchmap.jp/eranga_witharana

【contact】

Eranga Pawani Witharana (Supervisor: Dr. Yukio Nagano)

The United Graduate School of Agricultural Sciences, Kagoshima University, Kagoshima

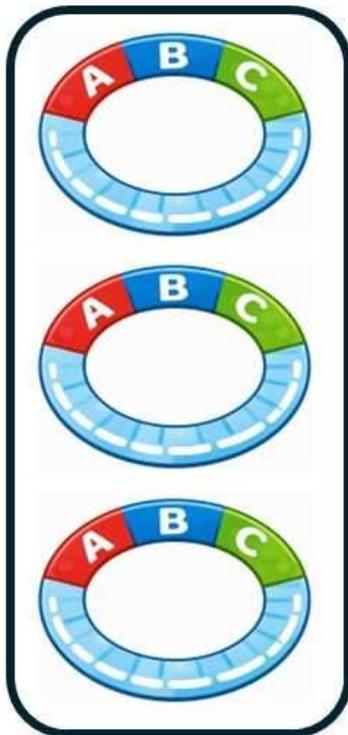
Address: Faculty of Agriculture, Saga University, 1 Honjo-machi, Saga 840-8502, Japan

TEL: +81-952-28-8753 (Supervisor)

✉E-mail: k2734695@kadai.jp and nagano@cc.saga-u.ac.jp (Supervisor)

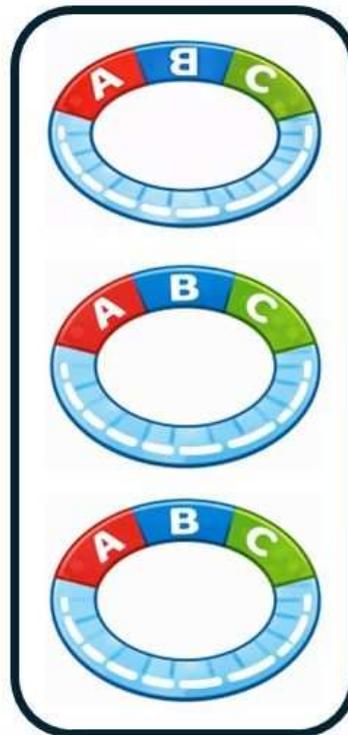
Previously:

Many copies of chloroplast DNA with the same structure existed within a cell.



What happened?

Structural changes occurred in some copies (segment B was inverted).



As a result:

Chloroplast DNAs with different structures coexist within the same cell.

Importantly:

This coexistence has persisted for more than ten million years, and in some plant species the inverted type has become dominant. In contrast, such long-term coexistence of different structures is not observed in nuclear DNA.

Key finding:

This reveals a previously unknown evolutionary mechanism that is distinct from that of nuclear DNA.

Overview of the Research



Wood apple and bael fruits commonly found in Sri Lankan local markets (Photographed by Mr. Manoj Namal Sudusinghe, a graduate of the University of Moratuwa, Sri Lanka)



Bael (left) and wood apple (right) juice served at a restaurant in Sri Lanka (photographed by Dr. Yukio Nagano, Saga University)