

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：34304

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K06284

研究課題名(和文) LTR型レトロトランスポソンの配列特異型転移特性の進化機構の解明

研究課題名(英文) Evolutionary studies on the sequence specific integration of LTR-retrotransposons

研究代表者

河邊 昭 (KAWABE, Akira)

京都産業大学・生命科学部・教授

研究者番号：10582405

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：動原体領域をターゲットとする転移様式を持ったトランスポゾンファミリーに関して、アブラナ科の種を材料として特性の把握と進化様式の解析をおこなった。ナズナ属では動原体領域とそれ以外の領域に存在する異なるタイプのサブグループを見出した。アブラナ科のシロイヌナズナとは比較的遠縁な種においても動原体領域に局在することが示され、アブラナ科においてはこのグループが動原体をターゲットにした転移特性を持つことが確認された。しかし多くの種で、動原体以外に分布するグループが出現しており、幾つかは高コピー領域をターゲットとする可能性が示唆される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

トランスポソンはゲノムの構造の詳細や変化パターン、進化機構を考えるうえで非常に重要なファクターである。トランスポソンはゲノム中にランダムに分布するわけではなく動原体やヘテロクロマチンに多く局在することがわかっていたがその詳細な機構は不明であった。本研究ではCopia93/20ファミリーについて、その進化様式をアブラナ科全体で調査し、動原体をターゲットとする挿入特異性が広くみられること、動原体特異性は幾つかの種や種の中でも特定のサブグループで失われていることを明らかにした。これらのパターンはトランスポソンの局在する機構やその変化を理解するうえで重要である。

研究成果の概要(英文)：Transposon families targeting the centromere region were characterized and their evolutionary mode was analyzed in Brassicaceae species. In the genus *Capsella*, we found different types of subgroups that distribute to centromere regions but other to non-centromere regions. This family in even a relatively distantly related species of *Arabidopsis* was shown to localize to the centromere region, confirming that this group in the Brassicaceae has integrated targeting to the centromere regions. However, in many species, groups distributed outside the centromere have emerged, and some may target to the high-copy regions.

研究分野：分子集団遺伝学

キーワード：トランスポソン 動原体 アブラナ科 シロイヌナズナ

## 1. 研究開始当初の背景

トランスポゾンとは種によってはゲノムの非翻訳領域の大部分を占めることがある。近年のゲノム解析の進展に伴ってゲノムサイズの変化や遺伝子発現ネットワークの改変、エピジェネティックな制御機構の調節などに重要な働きを持つことが明らかになってきている。トランスポゾンのゲノム上での分布は大きく二つのパターンに分類することができる。一つはゲノム中にランダムに分布するもので、もう一つはゲノムの特定の領域に局在するものである。後者に関しては特に動原体周辺のヘテロクロマチン領域に多くのトランスポゾンの集積がみられる。このトランスポゾンの偏在はゲノムの特定領域の遺伝子発現の抑制や組み換え率の低下などに貢献していると考えられ、ゲノムの構造や染色体の進化を考えるうえで非常に重要な現象である。この動原体周辺へのトランスポゾンの局在に関しては、これまでに、ヘテロクロマチンや動原体をターゲットとする転移特異性という能動的な機構と、自然選択の結果動原体周辺などの遺伝子密度が低い領域ではトランスポゾンの除去が起こらないという受動的な可能性の二つの仮説が考えられてきた。申請者を含む研究グループによって見出された COPIA93 ファミリーは植物で初めて同定された動原体への転移特異性を持つトランスポゾンであり、トランスポゾンの局在を理解するうえで一つの大きな研究材料となりうる。

## 2. 研究の目的

COPIA93 ファミリーはアブラナ科植物では広く存在しているがその特異性の機構や出現過程に関する詳細は不明である。COPIA ファミリーは一般に染色体腕領域に存在し、遺伝子近傍に挿入することが多い。その中でなぜ COPIA93 ファミリーが動原体への転移特異性を持つようになったのか、その起源や一般性に関して、アブラナ科植物のゲノム情報に基づいた比較ゲノム解析によって手掛かりを探り、ゲノム中での分布の異なるコピーをシロイヌナズナに形質転換することで配列特異的な転移機能の解析をおこなう。進化的な情報と機能的な解析を統合していくことで配列特異的挿入機構の解明につなげていく。

## 3. 研究の方法

アブラナ科の複数種において COPIA93 配列の網羅的な取得を進め、動原体を含む反復配列に挿入しているコピーを見出している。しかし、現在のゲノム配列決定は短鎖 DNA 配列決定による次世代シーケンス技術を利用しているものが多く、動原体を含む高度反復配列に富んだ領域は

配列の決定が不十分な場合が多い。そこでターゲットを絞った長鎖 DNA 断片の決定をおこなうことで効率的な配列情報を取得する。本申請によって多くの種の様々なゲノムの局在を示すグループの配列の解析をおこない、アブラナ科における COPIA93 ファミリーの比較ゲノム解析を推進する。動原体への転移特異性は実際に形質転換体を作成することで確認する。

#### 4. 研究成果

研究期間中にアブラナ科の複数種で第 3 世代シーケンス技術を用いた完全長ゲノム配列が公開された。これらを解析の対象とし、次世代シーケンスによるゲノム配列、実験的に取得した配列と比較した結果、第 3 世代シーケンス技術を用いたゲノム配列の優位性が明らかになったので、これまでの解析結果を一旦保留し、再解析をしたところ、これまでには見つかっていなかったグループが多くの種で明らかとなり、コピー数も多いものでは数千配列が得られた。いまだに rRNA 領域や複雑な構造の領域は不明な種も多いが動原体領域に関してはより詳細なデータが得られている。今後、これらのデータを再解析していくことが必要となるが、ゲノム配列の決定が加速的に増えている状態であり、解析の対象を絞る必要が有る。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 吉山浩平・小野夏実・宮村 弘・河邊 昭・原田 英美子	4. 巻 92
2. 論文標題 琵琶湖集水域の環境メタロミクス(10) 琵琶湖岸の希少植物タチスズシロソウ 環境要因が個体数に与える影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 金属	6. 最初と最後の頁 837-844
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 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 笹本悠馬、松井美羽、河邊昭
2. 発表標題 Capsella rubellaのCOP1A93/20ファミリーは動原体に局在するものとそうでないものが共存している
3. 学会等名 日本遺伝学会第95回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 河邊昭，西田早希，降旗初佳
2. 発表標題 オルガネラゲノムのRNAエディティングに関わるシロイヌナズナのPPR遺伝子の機能喪失型変異
3. 学会等名 日本遺伝学会第93回大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------