

令和 4 年 6 月 21 日現在

機関番号：15101

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K15817

研究課題名（和文）イネ科亜科間交雑での染色体脱落：染色体脱落を制御している雄側因子の特定

研究課題名（英文）Chromosome elimination in sub-family distance wide hybridization in poaceae species: elucidat the paternal factor X in chromosome elimination

研究代表者

石井 孝佳 (ISHII, Takayoshi)

鳥取大学・乾燥地研究センター・講師

研究者番号：80823880

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000 円

研究成果の概要（和文）：植物育種では、様々な変異を持つ親を交配し両親よりも優れた子供を作り出す方法がある。一般的に、種を超えての交配は様々な形質を持つ子供を作る事ができ、魅力的な方法である。しかし、遠縁の種を交配に用いた場合、雑種初期胚から片親の染色体が選択的に排除される、染色体脱落現象が報告されている。コムギ、エンバクを雌親にペニセタム属10種と交雑した。その結果、雄親の違いによって染色体脱落には様々なレベルがある事が分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

環境変動、突発的な戦争、人口増加などにより、世界の食料生産は人類がこれまで経験したことのないレベルで危機的な状況にある。よって、食料の増産が求められるが、これまでの通常の品種改良には限界が来ており、新たな方法による作物改良が必須である。本研究により世界で初めて、染色体脱落における雄側の因子特定に結び付く基礎的な発見ができた。よって、本研究で明らかになった染色体脱落の基礎的知見は、人類の新たな植物改良への基盤情報になった。

研究成果の概要（英文）：In plant breeding, parents with various mutations are crossed to produce offspring that are superior to their parents. In general, crossbreeding across species is an attractive method because it can produce offspring with a variety of traits. However, when distantly related species are used in crossbreeding, chromosome elimination has been reported, in which one parent's chromosome is selectively eliminated from the early hybrid embryo. Wheat and oat were crossed with 10 species of Penicetum species using wheat and oat as female parents. The results showed that there were various levels of chromosome eliminaiton depending on the male parent.

研究分野：遺伝育種科学関連

キーワード：遠縁交雑 未熟胚 交雑障壁 染色体脱落 ムギ類 トウジンビエ

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

植物育種では、様々な変異を持つ親を交配し両親よりも優れた子供を作り出す方法がある。一般的に、種を超えての交配は様々な形質を持つ子供を作る事ができ、魅力的な方法である。交雑による作物の変異の拡大は様々な環境、気候変動に対応した作物育種に必須の方法である。しかし、生物学的に離れている種を交雑した際には各種の交雑障壁が問題となり、変異の拡大の妨げになる場合がほとんどである。そこで本研究では、受精後の交雑障壁の一つである片側親の染色体が選択的に脱落する染色体脱落現象の解明に向けた研究を行った(図1、図2)。

染色体脱落現象機構を理解し、操ることによって育種における爆発的な遺伝資源の利用拡大を大きな目的とし、本研究を遂行した。

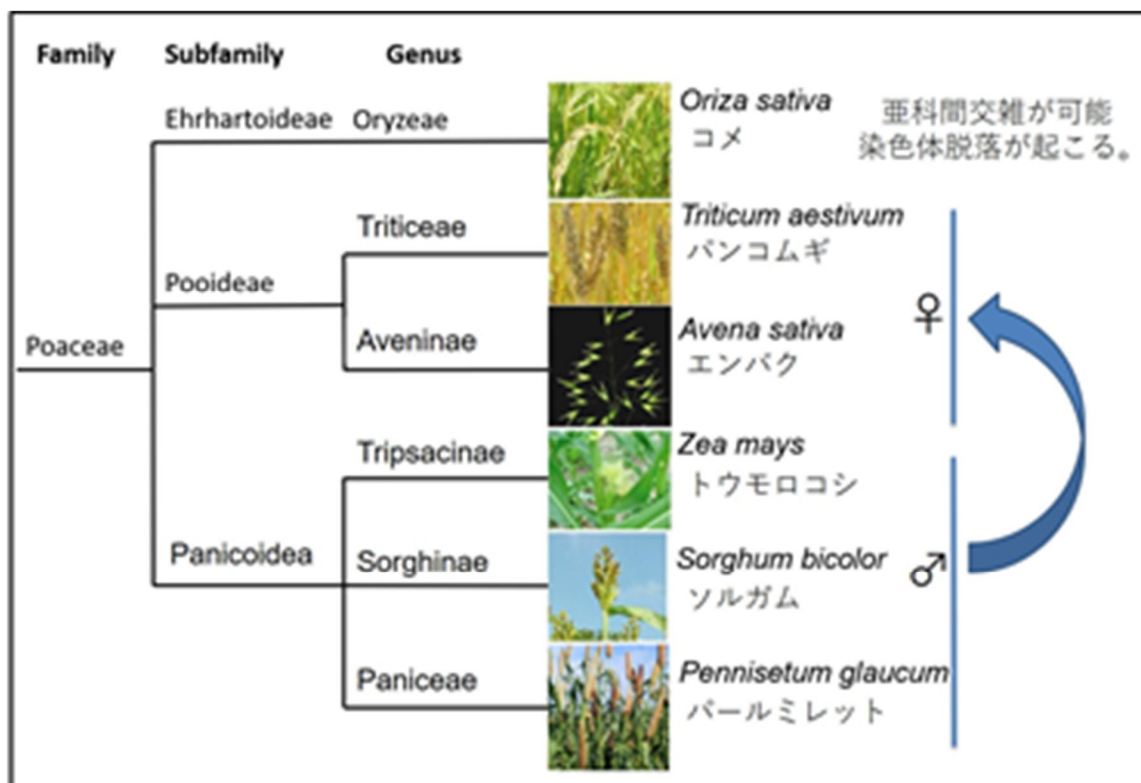


図1；イネ科の系統樹、イネ科では亜科間で花粉を雌蕊にかける通常の交雑が可能な組み合わせがある。

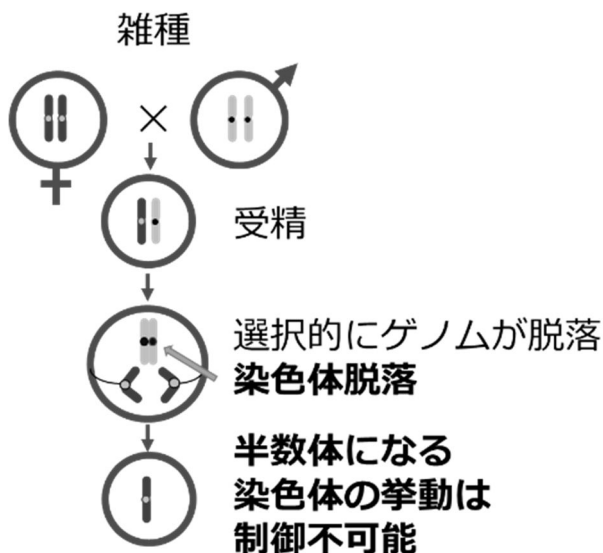


図2；染色体脱落の概念図

2. 研究の目的

本申請では、雌親にパンコムギとエンバクを使用し、花粉親に、イネ科キビ亜科に属する 10 種の *Pennisetum* 属植物を用いる。様々な遺伝的多様性を持つ花粉親が及ぼす染色体脱落への影響を調べた。

3. 研究の方法

- ・雌親として、パンコムギとエンバクを使用する。
 - ・花粉親として、10 種の *Pennisetum* 属植物を使用する（表 1，図 3）。
- これらの栽培し、交雑し未熟な雑種胚（交雑 7 日後）の細胞を FISH 法を用いて *Pennisetum* 属の染色体の挙動を調べた。

表1: 様々な倍数性、染色体数、起源地の *Pennisetum* 属植物

♂	倍数性 n	C値 (pg)	起源地
<i>P. mollissimum</i>	7(2x)	2.25	ニジェール
<i>P. glaucum</i>	7(2x)	2.36	西アフリカ
<i>P. violaceum</i>	7(2x)	2.26	ニジェール
<i>P. pedicellatum</i>	27(6x)	2.2	マラウイ
<i>P. polystachion</i>	26(6x)	2.13	インド
<i>P. orientale</i>	9(4x)	1.9	マラウイ
<i>P. schweinfurthii</i>	7(2x)	2.49	スーダン
<i>P. flaccidum</i>	28(4x)	2.62	インド
<i>P. alopecuroides</i>	9(2x)	0.95	アメリカ
<i>P. villosum</i>	18(4x)	1.75	インド

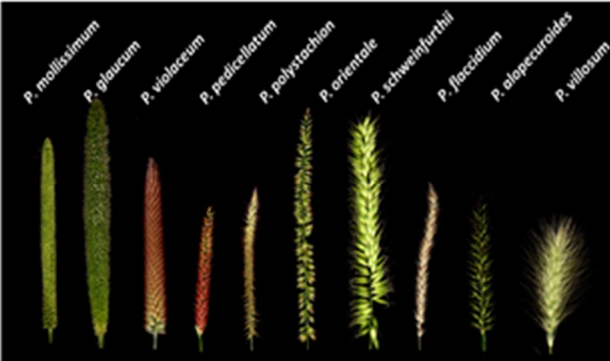
Figure 3 shows ten different species of Pennisetum panicles, labeled from left to right: P. mollissimum, P. glaucum, P. violaceum, P. pedicellatum, P. polystachion, P. orientale, P. schweinfurthii, P. flaccidum, P. alopecuroides, and P. villosum. The panicles vary in color (green, brown, yellow) and shape (dense, loose, spike-like).

図 3 ; 多様な変異を持つ *Pennisetum* 属植物の穂

4. 研究成果

交雑したペニセタム属植物の種によって染色体脱落の程度が異なる事が本研究から明らかになった。つまり、染色体脱落は雄側の因子によっても制御されている事を明らかにした。

さらに、染色体脱落の時期を特定する目的で受精後極初期の小花も大量に固定し、観察す体制を整えた。これにより、ムギ類とペニセタム属で起こる染色体脱落の正確なタイミングをつかむことが可能になり、染色体脱落の理解がさらに進むことが期待される。

本研究によって、雄側の交雑組み合わせで染色体脱落に差がある事がわかった。よって、次にその因子を特定する必要がある。しかし、ムギ類とペニセタム属はともに倍数性、大きなゲノムサイズ、遺伝子組み換えの困難な植物であり、因子の特定に時間を要する可能性がある。本研究で発見した染色体脱落が生じる組み合わせと起きない組み合わせを使用した実験をこれからさらに進めるが、将来的な原因因子の評価などを考えると、より単純な系で発生する染色体脱落現象を用いる事も重要になると考える。

しかしながら、ペニセタム属が染色体脱落を研究する上で非常に魅力的な材料である事を本申請で証明する事ができた。世界的に見て、本研究は非常にユニークな研究であり、根気強く本研究を推進していく必要があると考える。

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 1件）

1. 著者名 Maryenti Tety, Ishii Takayoshi, Okamoto Takashi	4. 巻 232
2. 論文標題 Development and regeneration of wheat-rice hybrid zygotes produced by in-vitro fertilization system	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 New Phytologist	6. 最初と最後の頁 2369 ~ 2383
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/nph.17747	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 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 5件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 石井孝佳
2. 発表標題 Chromosome elimination in plant wide hybridization for sustainable agriculture in future dryland
3. 学会等名 Advances in Agricultural Sciences（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石井孝佳
2. 発表標題 ゲノム編集で染色体を可視化
3. 学会等名 染色体学会（招待講演）（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石井孝佳
2. 発表標題 CRISPR/Cas9 による新規細胞遺伝学技術の開発
3. 学会等名 日本遺伝学会（招待講演）（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石井孝佳
2. 発表標題 ゲノム編集技術の応用によるCRISPR-FISH法(RGEN-ISL法)の開発と 細胞遺伝学への展開
3. 学会等名 農芸化学会中四国支部 3 3 回若手シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石井孝佳
2. 発表標題 Manipulation of centromere specific histone H3 (CENH3) in crop plants for haploid breeding: towards sustainable food production in dryland.
3. 学会等名 13th International Conference on Development of Drylands (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 石井孝佳, 長岐清孝, 菊池真司	4. 発行年 2020年
2. 出版社 化学と生物	5. 総ページ数 11
3. 書名 細胞遺伝学の新潮流-より速く,より広く,より細かく,そして創出へ 古くて新しいゲノムの見える化技術	

1. 著者名 Ishii Takayoshi, Nagaki Kiyotaka, Houben Andreas	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 7
3. 書名 Cytogenomics	

〔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
---------	---------