

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05633

研究課題名（和文）染色体突然変異がもたらす外来種タンポポの多様性の解析

研究課題名（英文）Exploring diversity through chromosomal rearrangements in alien *Taraxacum* in Japan

研究代表者

佐藤 杏子 (Sato, Kyoko)

富山大学・学術研究部理学系・助教

研究者番号：70515311

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）：本研究では、核型分析技術を活用した細胞学的特徴に基づく系統識別により、日本に分布するセイヨウタンポポの多様性を把握し、その起源を明らかにすることを目的として詳細な染色体観察を行った。観察・分析の結果、日本に産するセイヨウタンポポ三倍体に、体細胞性の染色体突然変異によって生じたと強く推定される新規の核型が初めて確認されたことから、無融合種子形成を行うセイヨウタンポポでは、体細胞性の構造変化が核型の多様化に関与していると判断された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

染色体の観察・分析を通じた植物の種分化と分類、生殖法に焦点を当てた細胞分類学的研究と、それらの成果の発信・共有により、SDGsが目指す生物多様性の保護（維持）保全への貢献と共に、自然史研究の意義の周知啓発も期待できる。また本研究の発展として、高等植物がどのように種分化（多様化）を成し遂げているかの解明により、特殊な遺伝様式や表現形質が有用植物（特に農作物）の育種への応用等の進展も見込まれる。

研究成果の概要（英文）：A new karyotype was identified in Japanese triploid *Taraxacum officinale* Weber ex F. H. Wigg. s.l. Such a line can diversify and evolve without sexual intervention. These findings indicate that karyotypic diversities of apomictic *Taraxacum* are increased by the occurrence of chromosome mutations, such as structural changes in chromosomes. The present study adds to knowledge of the speciation of apomictic plants.

研究分野：植物細胞分類学

キーワード：染色体数 核型 倍数性 タンポポ属 染色体突然変異

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ヨーロッパ原産のセイヨウタンポポ (common dandelion, キク科タンポポ属) は「雑種に起源する多様な系統を含む倍数性複合体である」とされている (Stebbins 1971, Solbrig 1971)。つまり雑種を包含した多様性を示す種として認識されている。

キク科タンポポ属 (*Taraxacum*) は、二倍体は通常の有性生殖が行われ、三倍体以上の倍数体では無融合種子生殖が行われている (Stebbins 1971, Richards 1973)。そのため、三倍体以上の倍数体は、個々の系統は遺伝的に均一な無配種を形成しやすい。タンポポ属において無融合種子生殖の各系統は、微細種 (microspecies) として区別され、セイヨウタンポポでは約 1,000 が知られている (森田 1997)。

セイヨウタンポポの多様性は、日本でも例外でなく、国内の外来タンポポ (セイヨウタンポポ) が在来タンポポ (ニホンタンポポ) と雑種を形成し、分布を広げている可能性が指摘されている (Morita *et al.* 1990)。そして、セイヨウタンポポとされる植物には、雑種を含む形態的・遺伝的多様性が存在することがわかっている (e.g. 芝池ら 2005)。

雑種の親種と推定されているのは、在来のニホンタンポポ (二倍体, 胚珠親) と、外来のセイヨウタンポポ (三倍体, 花粉親) であるが、それらから生ずる雑種 (F₁雑種) に複数の雑種形成様式の存在や、戻し交雑によるさらなる多様化が示唆されている (保谷 2010, Mitsuyuki *et al.* 2014)。

セイヨウタンポポと雑種の間には明瞭な形態的差異がなく (渡邊ら 1997)、雑種を含むセイヨウタンポポの調査は、主として分子遺伝学的手法に基づく解析で雑種判定が行われ、分子マーカーを使った起源の推定が多く行われて来た (芝池 2016)。しかし、これらの先行研究により示された多様性は、国内で生じたと推定される雑種に起源するセイヨウタンポポの多様な系統の一部を明らかにしたに過ぎず、染色体突然変異に起因する多様性や原産地での多様性は、大きな課題となっている。

このような問題について、Richards (1989, 1997) は、無性的生殖を行う系統の多様性は、核型の二次狭窄を持つ染色体の認識により容易に識別できるとした。本研究で用いるタンポポ属には特徴的な二次狭窄を持つ染色体 (サテライト染色体) が存在し、'H' (Sorensen & Gudjonsson 1946), 'Type VI' (Malecka 1962), '1.8+1.0' (Richards 1972), 'Taraxacum type' (Mogie & Richards 1983) として表され、区別されて来た。したがって、セイヨウタンポポの多様性の解明には、この特徴的なサテライト染色体に注目した核型分析を活用する染色体研究のアプローチが特に有効とわかっている。

日本に分布するセイヨウタンポポの多様性の原因として主に以下の3つが考えられる。

- (1) 原産地ヨーロッパにおいて多様性が形成されたのち、それらが国内へ帰化した
- (2) 国内で同属他種との交雑により新たな系統が出現した
- (3) 国内で種々の突然変異により新たな系統が出現した

以上の、どれがセイヨウタンポポの種分化 (多様化) に重要な役割を果たしているかはわかっていない。本研究はこの問いへの解を得ることを目指している。核型分析技術の活用で、多様性の把握とその原因解明が期待できる。

2. 研究の目的

日本に産するセイヨウタンポポについて、核型分析技術を活用した系統識別により、地理的分布とその多様性、雑種の判定、倍数性・異数性の有無、類縁や起源を検証し、多様性の把握と起源を解明することを目的とした。

タンポポ属は、倍数体の出現頻度が高く、かつ倍数体は無融合種子生殖を行うので、突然変異・交雑により誕生した系統の増加で多様性が増大する。その結果、相互に生殖的隔離のある多数の系統が出現し、外部形態の著しい多様性が生じたと考えられている。セイヨウタンポポは、世界で二倍体～六倍体の多様で複雑な種内倍数性が報告されている。一方、日本では、

- ・北海道から九州・沖縄まで広く分布すること
- ・三倍体・四倍体の種内倍数性が存在すること
- ・三倍体・四倍体それぞれに、核型分析により明瞭に識別できる系統が多数存在すること

が判明し、染色体構造変化による多様性の一部も明らかになっている。また多様性の一因をなす F₁雑種の親種と推定されるセイヨウタンポポ 1 系統 (三倍体)、ニホンタンポポ (二倍体) の核型はいずれも変異がなく一定であることも明らかになっている。

これらについて、染色体突然変異 (塩基配列の変異を伴わないが生殖的隔離を生む) に起因する多様性を可視化する手法は、染色体の直接観察以外に知られていない。

3. 研究の方法

本研究は以下の 2 step により遂行した。

倍数性・異数性の有無の確認、詳細な核型分析による系統識別 多様性の把握

分布域全体から広く材料 (生個体) を採取するとともに、現地調査により生育環境や集団サイズの評価や同所的に生育する同属他種の状況を把握した。採取した個体を実験場にて

栽培・維持・管理し、細胞学的調査の材料とした。この調査で、倍数性・異数性、ならびに過剰染色体（B染色体）の有無を確認した。顕微鏡カメラシステムを用いた染色体像の撮影、ならびに画像解析による核型分析を行い、個体間の比較から無配生殖に基づく系統識別を行った。

交雑可能性の評価、雑種の判定、類縁・起源の推定 多様性の原因の解明
減数分裂の対合状態は、ゲノム構成を如実に反映するため、交雑（繁殖）可能性を評価する目的で、花粉母細胞の減数分裂の対合状態を分析した。

4. 研究成果

これまでに、日本に産するセイヨウタンポポには三倍体ならびに四倍体が存在することが報告されており、本研究においても従前の報告を支持する結果を得た。三倍体・四倍体以外の倍数体やB染色体、異数体は確認されなかった。

核型分析の結果、日本産セイヨウタンポポ三倍体には、わが国の他の地域には見られない核型を示す個体が確認された。付随体（サテライト）は、1本の中部動原体型染色体の長腕と短腕と、1本の中部動原体型染色体の長腕に存在した。この核型は、最長の1本に二次狭窄を短腕にも長腕にも持っていた。これまで国内外のセイヨウタンポポの核型に関する報告において、このような染色体を持つ核型は見つかっていない。今回観察したセイヨウタンポポの核型には、長腕に二次狭窄を持つ染色体のみが観察されたことや、1細胞に含まれる二次狭窄の数が3個であることから、二次狭窄を含む染色体腕における体細胞性の相互転座の結果生じた新しい核型であると考えられる。

今回の研究で明らかにされたセイヨウタンポポの多様性は、染色体数では $2n=24$ および $2n=32$ 以外はわが国には生育していないこと、核型の多様性が著しいこと（Sato *et al.* 2014）、構造変化によって生じたと考えられる新しい核型が見つかったこと、および Sato *et al.* (2007) において構造変化が原因と考えられる対合の状態が著しく異なる個体が見つかることから、無融合種子形成を行うセイヨウタンポポでは、体細胞性の構造変化が核型の多様化に大きく関与していると考えられた。

引用文献

- 保谷彰彦. 2010. 雑種性タンポポの進化. 種生物学会(編). 外来生物の生態学 進化する脅威とその対策 . 文一総合出版, 東京.
- Malecka, J. 1962. Cytological studies in the genus *Taraxacum*. Acta Biol. Cracov., Ser. Bot. 5: 117-136 with pls. 21-22.
- Mitsuyuki, C., Hoya, A., Shibaike, H., Watanabe, M. and Yahara, T. 2014. Formation of a hybrid triploid agamosperm on a sexual diploid plant: evidence from progeny tests in *Taraxacum platycarpum* Dahlst. Plant Syst. Evol. 300: 863-870.
- Mogie, M. and Richards, A. J. 1983. Satellited chromosomes, systematics and phylogeny in *Taraxacum*. Plant Syst. Evol. 141: 219-229.
- 森田竜義. 1997. 世界に分布を広げた盗賊種セイヨウタンポポ. 山口裕文(編著). 雑草の自然史 たくましさの生態学 . 北海道大学図書刊行会, 札幌.
- Morita, T., Menken, S. B. J. and Sterk, A. A. 1990. Hybridization between European and Asian dandelions (*Taraxacum* section *Ruderalia* and section *Mongolica*) 1. Crossability and breakdown of self-incompatibility. New Phytol. 114: 519-529.
- Richards, A. J. 1972. The karyology of some *Taraxacum* species from alpine regions of Europe. Bot. J. Linn. Soc. 65: 47-59.
- Richards, A. J. 1973. The origin of *Taraxacum* agamospecies. Bot. J. Linn. Soc. 66: 189-211.
- Richards, A. J. 1989. A comparison of within-plant karyological heterogeneity between agamospermous and sexual *Taraxacum* (Compositae) as assessed by the nucleolar organizer chromosome. Plant Syst. Evol. 163: 177-185
- Richards, A. J. 1997. Plant Breeding Systems. Chapman and Hall, London.
- Sato, K., Iwatsubo, Y., Watanabe, M., Serizawa, S. and Naruhashi, N. 2007. Cytogenetic study of Japanese triploid *Taraxacum officinale* (common dandelion; Asteraceae). Cytologia 72: 475-482.
- Sato, K., Yamazaki, T. and Iwatsubo, Y. 2014. Chromosome diversity of Japanese *Taraxacum officinale* Weber ex F. H. Wigg. s.l. (common dandelion; Asteraceae). Cytologia 79: 395-408.
- Sorensen, Th. and Gudjonsson, G. 1946. Spontaneous chromosome-aberrants in apomictic taraxaca. Morphological and cyto-genetical investigations. K. Danske Videnskab. Selskab. Biol. Skr. 4(2): 1-48 with pls. I-VI.
- 芝池博幸. 2016. 外来性タンポポ種群 (*Taraxacum officinale* agg.) 学名から考える侵入・

- 定着・交雑 . 草と緑 8: 64-72.
- 芝池博幸・植竹朋子・楠本良延・矢野初美・井手 任. 2005. 関東地方における雑種性タンポポの遺伝的構造とクローン分布. 環境情報科学論文集 (19): 279-284.
- Solbrig, O. T. 1971. The population biology of dandelions. *Am. Sci.* 59: 686-694.
- Stebbins, G. L. 1971. *Chromosomal Evolution in Higher Plants*. Edward Arnold Ltd., London.
- 渡邊幹男・丸山由加理・芹沢俊介. 1997. 東海地方西部における在来タンポポと帰化タンポポの交雑(1)ニホンタンポポとセイヨウタンポポの雑種の出現頻度と形態的特徴. 植物研究雑誌 72: 51-57

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 Sato Kyoko, Iwatsubo Yoshikane	4. 巻 89
2. 論文標題 Novel karyotype of triploid <i>Taraxacum officinale</i> Weber ex F. H. Wigg. s.l. (common dandelion; Asteraceae) in Japan	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 CYTOLOGIA	6. 最初と最後の頁 71~73
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1508/cytologia.89.71	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2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 佐藤杏子
2. 発表標題 大型のタンポポの正体は何か？
3. 学会等名 令和4年度富山県生物学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤杏子
2. 発表標題 立山黒部アルペンルート沿いのセイヨウタンポポの倍数性
3. 学会等名 令和3年度富山県生物学会研究発表会
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
---------	---------