

令和 4 年 6 月 7 日現在

機関番号：24402

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H02224

研究課題名(和文) 無性生殖で殖える外来植物の分布拡大過程：日本の雑種タンポポをモデルケースとして

研究課題名(英文) Invasion process of apomictic plants: a case study of hybrid dandelions in Japan

研究代表者

伊東 明 (Itoh, Akira)

大阪市立大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：40274344

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,800,000円

研究成果の概要(和文)：無性生殖で増える外来のセイヨウタンポポと有性生殖種の在来タンポポの間にできた雑種タンポポの日本における定着・拡大過程の解明を目指し、多くの雑種が見られる西日本とまだほとんど雑種が見られない北海道を調査地とし、(1)西日本で雑種タンポポの10年間の変動、(2)雑種の形成地域と移動経路の推定、(3)北海道における雑種タンポポの分布状況、(4)栽培実験による雑種クローンの環境適応の検証を行った。その結果、雑種タンポポは、日本国内の様々な地域で繰り返し形成され、新しい環境に適応した雑種が無性的に増えることで分布を拡大してきたと推定された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

侵略的外来植物には無性的に繁殖する種が多いが、無性生殖で生まれる子供は遺伝的多様性が低く、移入後に新しい環境に適応するには不利である。近縁の在来種との交雑はこの不利を補う可能性があるが、実証的な研究例は限られている。本研究では、日本の雑種タンポポでは、在来種との交雑と無性的な繁殖を組み合わせられることで、新しい環境への適応と急速な分布拡大が可能になったことを示した。この成果は、無性的に繁殖する侵略的外来植物の防除法に貢献すると期待される。

研究成果の概要(英文)：The objective of this study is to clarify the process of establishment and distribution expansion of hybrid dandelions between asexually reproducing alien species, *Taraxacum officinale*, and sexually reproducing native species, e.g., *T. japonicum* and *T. platycarpum*. We 1) examined the 10-year changes in the ratio of hybrids to *T. officinale* in western Japan, 2) estimated the origin(s) and migration routes of hybrids, 3) investigated the distribution status of hybrid dandelions in Hokkaido, where few hybrids had been recorded, and 4) verified if various hybrid clones were adapted to different environments. As a result, it was estimated that hybrid dandelions have been formed repeatedly in various regions in Japan, creating various clones that adapted to new environments, and that these hybrids have expanded their distribution through asexual reproduction.

研究分野：植物生態学

キーワード：外来種 侵略的外来生物 雑種 無性生殖 タンポポ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

侵略的外来植物には無性的に繁殖する種が多い。これは、大量にクローンを生産できる無性生殖が、侵入先で少数の個体から数を増やすのに有利な繁殖様式であるためとされる。しかし、無性生殖で生まれる子供は遺伝的多様性が低く、移入後に新しい環境に適応した生態的特性を獲得するには不利である。無性生殖種が侵略的外来種になるには、この点を克服する必要がある。そうしたメカニズムのひとつに、移入先での在来種との雑種形成がある。日本では、外来のセイヨウタンポポと在来二倍体タンポポ(カンサイタンポポ、カントウタンポポ、等)が雑種を形成し、100年あまりの短期間に広範囲に分布を拡大したことがわかっている。そのため、日本における雑種タンポポの定着・拡大過程は貴重なモデルケースになり得るが、その詳細はわかっていなかった。

2. 研究の目的

無融合生殖(無性生殖)種のセイヨウタンポポが雑種形成によって、日本の環境に適応し、急速に分布を拡大した過程全体を明らかにすることを目的とした。具体的には、すでに多くの雑種が分布している西日本と、まだ雑種がほとんどない北海道を調査地とし、(1)西日本における雑種タンポポ分布の10年間の変動、(2)雑種の形成地域と移動経路の推定、(3)北海道における雑種タンポポの分布状況の把握と雑種形成初期過程の推定、(4)栽培実験による雑種クローンの環境適応の検証を行った。また、これらの結果を総合して、雑種タンポポの定着・拡大過程を推定するとともに、必要な対策を考えることも目的とした。

3. 研究の方法

(1) 西日本における雑種タンポポ分布の10年間の変動

市民参加型調査「タンポポ調査西日本」では、2010年、2015年、2020年に西日本各地でセイヨウタンポポとアカミタンポポに見える個体から果実が採取された。これらの果実の一部からDNAを抽出して雑種判別を行い、雑種割合の変化を明らかにした。また、大阪周辺の10カ所で2011年～2019年の8年間の雑種タンポポのクローン構造の変化をSSR法で調べた。

(2) 種の形成地域と移動経路の推定

二倍体在来タンポポが分布している地域(四国、中国、近畿、東海、甲信、関東)のセイヨウタンポポに見える個体から果実を採取し、DNAを使って雑種判別と倍数性推定を行った。さらに、次世代シーケンサーを用いて(GRAS-Di法)ゲノム全体から配列情報を取得し、雑種タンポポのクローン多様性と空間遺伝構造を解析した。

(3) 北海道における雑種タンポポの分布状況の把握と雑種形成初期過程の推定

北海道固有種の二倍体在来タンポポ(ユウバリタンポポ)の分布地において、ユウバリタンポポ、セイヨウタンポポ、形態から雑種と思われるタンポポを採取し、葉緑体DNA(*trnL-trnF*遺伝子間領域)と核DNA(ITS遺伝子、MIGseq法で得たSNPs)を用いて雑種判定を行った。また、北海道各地のセイヨウタンポポに見える個体から果実を採取し、葉緑体DNAに基づいた雑種判定とSSR法を用いたクローン解析を行った。

(4) 栽培実験による雑種クローンの環境適応の検証

大阪周辺から採取した主要な6クローンの雑種タンポポの果実から得た実生を光強度と養分濃度の異なるインキュベータで水耕栽培し、各クローンの成長特性を比較して、異なる環境に適応しているか検証した。また、北海道のセイウタンポポの実生を異なる光環境下のポットで栽培し、セイウタンポポにも環境適応が見られるかを調べた。

4. 研究成果

(1) 西日本における雑種タンポポ分布の10年間の変動

セイウタンポポに見える個体に占める雑種の割合は、「タンポポ調査2020」では西日本全体で74.0%だった（府県によって54%～92%と幅があった）。山口を除く14府県の2020年の雑種割合は2015年の値よりも高く（図1）、8府県と西日本全体で統計的に有意に雑種の割合が増加していた。西日本全体の雑種割合は、2010年55%、2015年59%、2020年74%で、過去10年で雑種タンポポが増加増したことが示唆された。

アカミタンポポに見える個体に占める雑種の割合も、2010年2.0%、2015年3.2%、2020年6.3%と増えたが、2020年でも雑種割合は小さく、西日本では、アカミ型の雑種は少ないと考えられた。

2019年には、大阪周辺のセイウ型雑種164個体から17クローンが見つかった。このうち6つは広い範囲に分布しており、個体数も多かった。また、場所によって優占クローンが異なっており、環境と優占クローンには対応関係が認められた。2011年と2019年の間に環境が改変された場所では、クローン組成が大きく変化しており、雑種タンポポのクローン構造は環境変化に応じて急速に変化することが示唆された。

(2) 種の形成地域と移動経路の推定

雑種タンポポには三倍体と四倍体があり、三倍体雑種からは多様な葉緑体DNAを持つ多くのクローンが見つかったが、四倍体雑種のほとんどは同じ葉緑体DNAを持つクローンであった。西日本（中国、四国、近畿）の三倍体雑種は西日本の在来種（カンサイタンポポ）と同じ葉緑体DNAを持つ個体が多く、東日本の三倍体雑種は東日本（東海、甲信、関東）の在来種（カントウタンポポ、トウカイタンポポ、シナノタンポポ）と同じ葉緑体DNAを持つ個体が多かった。これは、三倍体雑種が在来二倍体タンポポの分布範囲の複数の地域で形成され、現時点では、形成地域から大きく移動していないことを示唆する。GRAS-Di法によるクローン解析の結果でも、同じクローンの分布範囲は比較的狭く、葉緑体DNAの結果を支持した。一方、四倍体雑種のほとんどは、調査地域全体に広く分布する同一クローンで、同じ起源地から日本中に広く移動したと考えられた。なお、今回調べた201個体の在来二倍体タンポポからは、この四倍体クローンの持つ葉緑体DNAは見つからず、四倍体雑種の形成地域は確定できなかった。朝鮮半島にも日本の在来二倍体タンポポと同種、もしくは近縁の種が分布しているため、四倍体雑種は日本国外で形成された可能性もある。

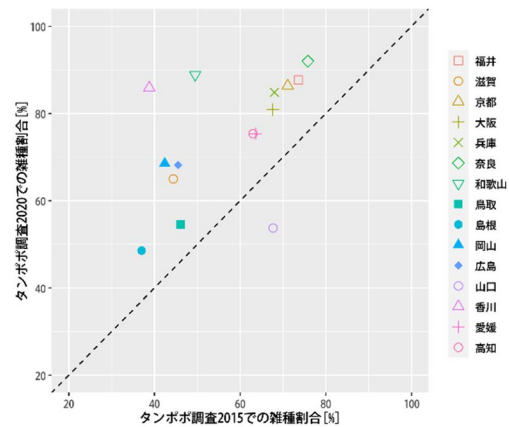


図1. 2015年と2020年の各府県のセイウ型雑種の割合の関係. 図中の点線は1:1の関係を示す.

(3) 北海道における雑種タンポポの分布状況の把握と雑種形成初期過程の推定

遺伝解析の結果、オオタカネタンポポとセイヨウタンポポの雑種個体は確認できなかった。また、北海道各地のセイヨウタンポポに見える個体の中からも雑種タンポポはほとんど見つからなかった。これらの結果から、北海道では、雑種の形成/移入・定着・拡大はほとんど起きておらず、セイヨウタンポポは無性的に分布を拡大したと考えられる。また、SSR法の結果、北海道各地のセイヨウタンポポには大きく3系統に分かれる複数のクローンがあることがわかった。

(4) 栽培実験による雑種クローンの環境適応の検証

大阪周辺の主要クローンでは、初期成長速度、開花までの日数、花茎長、繁殖投資がクローン間で異なっており、成長と繁殖に適した環境はクローンごとに異なることが示唆された。環境の安定した場所で優占していたクローンは繁殖成長より栄養成長を優先し、開花までに時間がかかった。大きな攪乱の直後に個体数が増えたクローンは、開花までの時間が短く、小さいうちから繁殖への投資が大きかった。常に裸地状態に近く他の草が少ない場所で優占していたクローンは、成長速度が速く、開花までに時間がかかるものの開花後は繁殖への投資が大きく、大きな頭花と多くの果実を生産した。このように主要クローンの成長特性と生育環境の間には関連が認められたことから、それぞれの場所で雑種クローンの選択が起きており、環境に適したクローンが個体数を増やしていることが示唆された。

北海道のセイヨウタンポポでも、同じ条件で栽培したクローンの成長特性にはクローン間で違いがあったが、各クローンが現在の生育環境に特殊化しているとは言えなかった。大阪の雑種タンポポと違い、北海道のセイヨウタンポポでは環境への特殊化は起きていないと考えられた。

以上の結果より、日本の雑種タンポポは、様々な地域で繰り返し形成されることで、新しい環境に適応したクローンが生まれ、そうしたクローンが定着した後、無性的に殖えることで分布範囲を拡大してきたと推測される。雑種タンポポの一部は、花粉親として在来種と戻し交雑ができることが交配実験で分かっている。戻し交雑によって、さらに新しい環境に適応した個体が生まれる可能性もあるため、野外での戻し交雑の実態についても詳しく調べる必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 0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 今村彰生・山崎萌・山田幹久・伊東明	4. 巻 10
2. 論文標題 セイヨウタンポポと同所的なオオタカネタンポポは雑種形成していなかった	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 旭川市北邦野草園研究報告	6. 最初と最後の頁 23-32
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 無
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 -

1. 著者名 今村彰生, 齋藤輝志, 伊東明	4. 巻 6
2. 論文標題 北海道にも雑種タンポポが生育している可能性について	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 旭川市北邦野草園研究報告	6. 最初と最後の頁 15-20
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 無
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13件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 伊東明, 長船友紀, 城垣徹, 名波哲
2. 発表標題 日本における在来・外来・雑種タンポポの地理的遺伝構造
3. 学会等名 第69回日本生態学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松山周平, 松本珠季, 松永高広, 齋藤優衣, 伊東明
2. 発表標題 北海道産セイヨウタンポポの遺伝子型および表現型の多型
3. 学会等名 第69回日本生態学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松山周平, 松本珠季, 松永高広, 齋藤優衣, 伊東明
2. 発表標題 北海道におけるセイヨウタンポポの遺伝子型および表現型の多様性
3. 学会等名 第68回日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 浅野旭宏, 伊東明, 今村彰生
2. 発表標題 北海道の雑種タンポポについて
3. 学会等名 第67回日本生態学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊東明, 特度恩, 名波 哲
2. 発表標題 セイヨウタンポポと雑種タンポポの遺伝的多様性
3. 学会等名 第66回日本生態学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松山周平, 松永高広, 齋藤優衣, 小玉愛子, 今村彰生, 伊東明
2. 発表標題 北海道における外来タンポポのクローン多様性
3. 学会等名 第66回日本生態学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齋藤輝志・伊東明・今村彰生
2. 発表標題 北海道の在来タンポポ3種の雑種形成について
3. 学会等名 第66回日本生態学会大会
4. 発表年 2019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
研究分担者	今村 彰生 (Imamura Akio) (00390708)	北海道教育大学・教育学部・准教授 (10102)	
研究分担者	松山 周平 (Matsuyama Shuhei) (30570048)	酪農学園大学・農食環境学群・准教授 (30109)	
研究分担者	名波 哲 (Nanami Satoshi) (70326247)	大阪市立大学・大学院理学研究科・准教授 (24402)	

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