

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2008

課題番号：18510204

研究課題名（和文） 近畿における雑種タンポポの形成・拡大過程の解明

研究課題名（英文） Origin and expansion of hybrid dandelions in the Kinki region, Japan

研究代表者

伊東 明（ITO AKIRA）

大阪市立大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号：40274344

研究成果の概要：近畿では、形態上セイヨウタンポポに見える個体の70%が雑種タンポポだった。ただし、雑種比率には地域差が大きく、在来タンポポと外来タンポポの両方が見られる新興住宅地域で雑種比率が高く、在来タンポポがほとんど見られない大都市部や外来タンポポの少ない農村部で低かった。雑種タンポポは、雑草の多い日本の環境に適応的とされる高温発芽抑制を部分的に獲得しており、これが雑種の急速な分布拡大と関係している可能性がある。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,000,000	0	1,000,000
2007年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	780,000	4,380,000

研究分野：植物生態学

科研費の分科・細目：資源保全学

キーワード：保全生物・植物・生態学・進化・外来種・タンポポ調査

1. 研究開始当初の背景

約100年前に日本に移入された外来タンポポ（セイヨウタンポポ）は、在来種との間に雑種をつくったとされている。現在では、形態上外来種と思われるタンポポの多くが、実際には雑種であることが分かっている。これは、日本における外来タンポポの急速な分布の拡大において、在来種とセイヨウタンポポの雑種化が重要な役割を果たしていた可能性を示唆する。

在来種と外来種の雑種化による移入生物の分布拡大は、在来生態系の保全において危惧すべき重大な課題とされている。市民参加

型の調査によって外来種の分布拡大過程がよく記録されているタンポポは、この課題を研究するための格好の研究材料である。しかし、日本の雑種タンポポがどこで形成され、どうやって分布を拡大していったかについては、今のところ良くわかっていない。

研究者、環境NPOと多くの市民の協働によって2004、2005年に「タンポポ調査・近畿2005」が行われた。調査では、参加した市民に在来、外来タンポポの分布を調べてもらうと同時に、頭花と瘦果の送付をお願いした。送られてきた瘦果は、近畿における雑種タンポポの現状を把握するために使われた。

予備的な雑種解析の結果、近畿でも形態的にセイヨウタンポポの多くが雑種であること、雑種比率が地域によって大きく異なっていることが明らかになった。しかし、本研究開始時点では、地域による雑種比率の差がなぜ生じたのかなど、雑種タンポポの分布の詳細は不明であった。

近畿の雑種タンポポの形成と拡大の過程を明らかにするためには、より詳しい雑種タンポポの空間解析を行い、雑種の空間分布と関係のある環境要因を抽出する必要がある。また、外来タンポポの分布拡大に雑種化が重要であったとすれば、雑種タンポポは分布拡大に有利となる何らかの生態特性を獲得していることが予想される。しかし、雑種タンポポの生態特性は十分に明らかにされておらず、生態特性を把握するための研究も必要である。

そこで、「タンポポ調査・近畿 2005」で集められた瘦果サンプルと分布データを利用して、近畿における雑種タンポポの形成と拡大の過程を明らかにする本研究計画を策定した。

2. 研究の目的

近畿を対象として雑種タンポポの形成・拡大過程を解明することを目的に以下の研究を行った。

(1) 近畿各地から採取されたタンポポの果実を用いて雑種解析を行い、近畿における雑種タンポポの分布状況を詳細に把握する。

(2) 様々な環境軸に沿って雑種比率を解析し、雑種比率と環境条件との関係を明らかにする。

(3) 雑種タンポポと非雑種タンポポの生態特性を比較するために、種子発芽の高温抑制の程度を実験によって明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 「タンポポ調査・近畿 2005」で、近畿 2 府 6 県から集められたセイヨウタンポポの果実を播種して苗を育てた。得られた苗 486 サンプルの葉を材料に以下の雑種解析を行った。まず、フローサイトメーター (FACS Calibur, 日本 DB 社) を用いて倍数性を測定し、3 倍体雑種、4 倍体雑種、それ以外に区分した。それ以外に区分された個体については、葉から DNA を抽出し、葉緑体 DNA の *trnL-trnF* 領域の塩基数を計測して、雄核単為生殖雑種か純粋のセイヨウタンポポかを判断した。

(2) 雑種解析の結果に基づいて、雑種比率の空間分布を解析した。以下の式を用いて、調査地全域の約 4 km × 4 km の格子点について雑種比率 (H) を推定した。

$$H = \frac{\sum_{i=1}^n h(i)w(x_i)}{\sum_{i=1}^n w(x_i)} \quad (1)$$

ここで、 n は雑種解析に用いたサンプル総数、 $h(i)$ は i 番目のサンプルが雑種ならば 1、雑種でなければ 0 になる関数、 x_i は格子点から i 番目のサンプルまでの距離 (km)、 $w(x_i)$ は重み付けのための関数で標準偏差 6 km の正規分布密度関数である。

また、雑種比率の空間分布と関連する要因を抽出するために、雑種解析に用いた瘦果が採取された場所の環境を①堤防、②農地、③都市的公園、④道路、⑤造成地、⑥その他に区分し、環境ごとの雑種比率を比較した。さらに、各個体の採取位置を中心に雑種比率と在来種の比率を (1) 式を用い計算し、両者の関係を解析した。ただし、在来種比率の計算では、 $h(i)$ の値を在来 2 倍体タンポポ (セイヨウタンポポ、または、トウカイタンポポ) ならば 1、セイヨウタンポポ (雑種を含む) ならば 0 とした。

(3) 在来タンポポは、日本での成育に不適な夏季の発芽を避けるために、高温では発芽が抑制される。雑種タンポポがこの特性を獲得しているかどうかを調べるために、温度を変えて発芽実験を行った。

発芽試験は、カンサイタンポポ、セイヨウタンポポ、3 倍体雑種、4 倍体雑種の 3 種類の種子を材料として行った。セイヨウタンポポと雑種タンポポではクローン間の違いも検討した。発芽試験の温度は、16°C、24°C、32°C の 3 通りとし、4 種類のタンポポ各 5 個体から採取した瘦果を用いて 39 日間発芽試験を実施した。その後、すべての種子を 16°C に移し、さらに 9 日間発芽試験を継続し、発芽可能な種子数を求めた。

データはワイブル分布モデルを用いて解析した。実験開始から t 時間後の発芽率 $F(t)$ (発芽可能種子総数に占める発芽種子数の積算値) が以下のワイブル分布関数に従うと仮定した。

$$F(t) = N \left[1 - \exp \left[- \left(\frac{t - t_0}{a} \right)^m \right] \right] \quad (2)$$

ただし、 N 、 t_0 、 m 、 a はワイブル分布の係数で、その値は非線形最小二乗法で推定し

た。さらに、発芽特性を表す指標として、各個体の最終発芽率、発芽までに要した日数の平均値、中央値、標準偏差をモデルから算出した。これらの値が種類間で異なるかどうかは多変量分散分析で解析した。

4. 研究成果

(1) 近畿における雑種タンポポの現状

頭花と瘦果の形態からはセイヨウタンポポと見える 486 個体のうち、70.4%が雑種タンポポであった。この値は、これまでに報告されている日本全体の雑種比率（約 85%）より少し小さかった。また、雑種比率は府県によって大きく異なっており、最も雑種の割合が低かったのは和歌山県（49%）、最も高かったのは奈良県（92%）であった（図 1）。いずれの府県でも四倍体雑種が多く、三倍体雑種、雄核単為生殖雑種は少なかった。

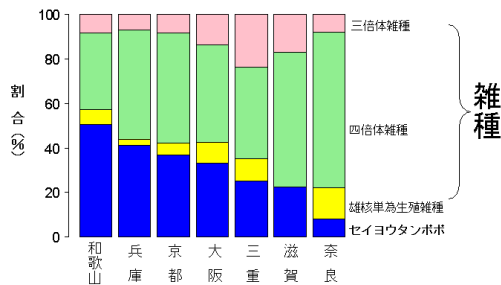


図 1. 各府県の雑種比率.

雑種比率の空間分布を図 2 に示した。阪神中心部と和歌山南部、京都北部では雑種比率が低かった。一方、雑種比率が高い地域は、兵庫県東部から大阪府北部にかけて、京都府南部と奈良県北部、滋賀県南部から三重県の伊賀地方に広がっていた。これらの地域は、最近数十年間に開発された比較的新しい住宅地が多く、1970 年代までは在来タンポポが優勢だったが、その後、急速に外来種（雑種を含む）の割合が増加した地域である。

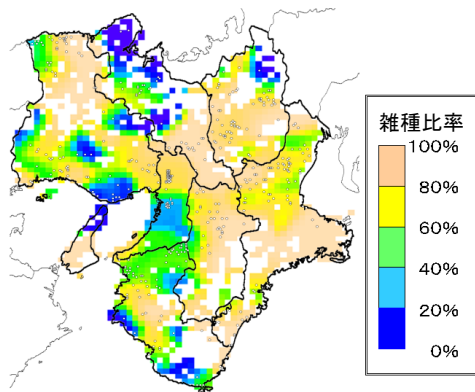


図 2. 雑種比率の空間分布. (○は瘦果採取地点)

(2) 雑種比率に関する環境要因

成育環境による雑種比率の違いは統計的に有意ではなかった(カイ二乗検定、 $p=0.90$)

(図 3)。ただし、今回用いた環境分類は主に土地利用形態によるもので、同じ環境分類の中にも実際には様々な条件の場所が含まれている点に注意する必要がある。例えば、同じ道路でもよく整備された大きな国道の中央分離帯と農地の路側帯では他の植物の成育状況や土壌条件に大きな違いがあるだろう。また、緑地の中にも様々な植生や土壌条件の場所が混在している。雑種タンポポとセイヨウタンポポの成育環境の違いを検討するには、より詳細な環境条件の調査が必要であろう。

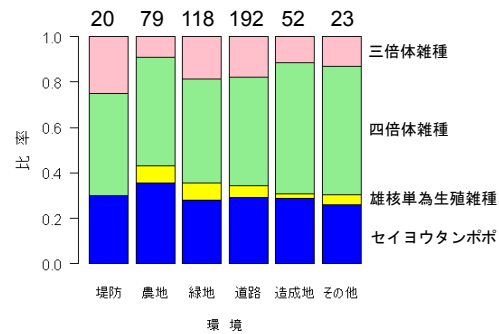


図 3. 生育環境ごとの雑種比率. (上の数字はサンプル数)

(3) 在来の割合と雑種比率の関係

図 4 に、(1)式を用いて推定した在来種の割合と雑種比率の関係を示す。全体の傾向が明らかになるように、瘦果採取地点を在来種の割合の少ないものから順に並べ、100 地点の雑種比率の移動平均を示している。

在来種の割合が 30%~40%の場所で雑種比率は最大となり、在来種がほとんどない場所や在来種が多い場所では雑種比率は比較的小さくなった。この結果は、雑種比率が高いのは、外来種（雑種を含む）が多いが、まだ在来種も残っている地域であることを示唆する。こうした地域は比較的新しい住宅地に多いため、図 2 の結果と矛盾しない。

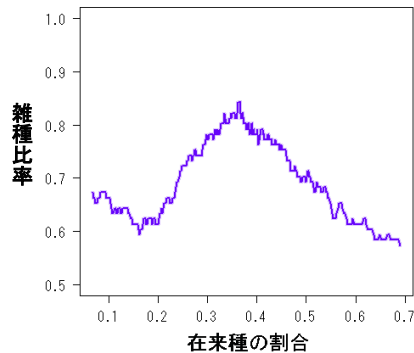


図 4. 在来種の割合と雑種比率の関係.

(4) 雑種タンポポの発芽特性

雑種タンポポには高温によって発芽が抑制されるものがあることが分かった。図5に個体ごとの発芽曲線を示す。カンサイタンポポは24℃では発芽が強く抑制され、32℃ではほとんど発芽が見られなかった。一方、純粋のセイヨウタンポポは32℃で少し発芽の遅くなる個体もあったが、いずれの温度でも最終的にはほぼすべてが発芽した。三倍体雑種と四倍体雑種では、セイヨウタンポポとカンサイタンポポの中間的な発芽曲線を示した。ただし、雑種では、同じ三倍体や四倍体であっても個体によって発芽曲線が異なり、雑種の発芽特性は個体によって様々であることがわかる。これらの結果はすでに公表されているセイヨウタンポポとカントウタンポポとの間にできた雑種タンポポの発芽特性と共通するものであった。

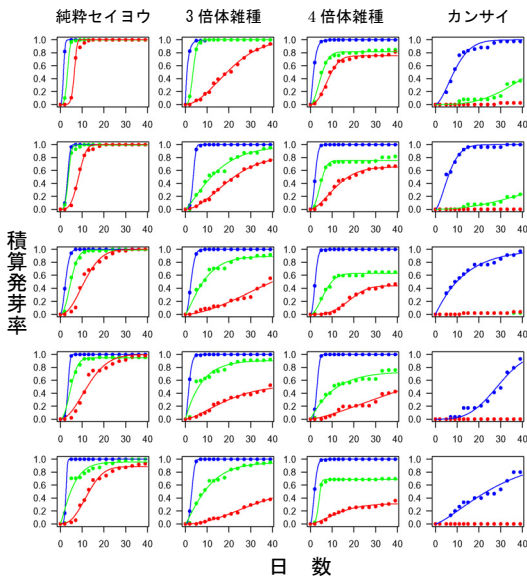


図5. 異なる温度条件での個体別の発芽曲線。
(青：16℃、緑：24℃、赤：32℃)

雑種種子の一部で高温による発芽抑制が見られることがわかったが、そのメカニズムは三倍体雑種と四倍体雑種で異なっている可能性がある。

図6にワイブル分布モデルから求めた発芽特性値を示す。四倍体雑種では高温での最終発芽率が平均60%程度まで下がっているが、三倍体雑種では80%程度にしか低下しなかった。一方、発芽日数の平均値と中央値の平均は四倍体雑種よりも三倍体雑種で大きかった。これは、高温による発芽抑制が四倍体雑種では、主に最終発芽率を下げることで、三倍体雑種では発芽速度を遅らせることでなされている可能性を示す。従って、野外での夏季の発芽抑制は三倍雑種よりも四倍体雑種でより機能する可能性が高いと考えられる。しかし、本実験で見られた程度の発芽

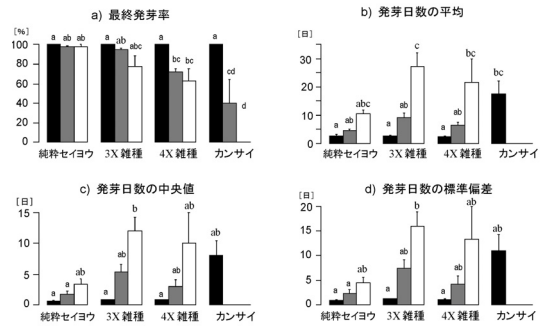


図6. ワイブル分布モデルによる発芽特性値の平均値。
(黒：16℃、灰色：24℃、白：32℃)
※同じアルファベット同士は温度間で統計的な有意差がないことを表わす。

抑制が、雑種タンポポの夏季の発芽を十分に抑制できるかどうかはわからない。今後、野外での実験を行い、雑種の発芽時期を実際に確かめる必要があるだろう。

(5) まとめ

本研究によって近畿では雑種タンポポの割合には地域による違いが大きく、在来種と外来種の両方が見られる地域で雑種の割合が高いことがあきらかになった。これは、在来種と外来種の接触機会が増えることで雑種がより頻繁に形成されるためかもしれない。しかし、一方で、雑種化によって在来種の成育環境と良く似た環境でも生育できる生態特性を獲得した個体が、在来種の生育環境の近くに分布を拡大した可能性も否定できない。雑種タンポポが、雑草の多い日本の環境に適応的と考えられる高温発芽抑制を部分的とはいえ獲得している事実は、雑種の生育環境が在来タンポポに近づいていることを示唆する。雑種タンポポの形成・拡大の過程を明らかにするためには、野外での雑種形成頻度と雑種の生育特性のより詳しい調査が必要である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① 赤阪俊介・伊東明・名波哲・平山大輔・山倉拓夫. 近畿の雑種タンポポの発芽に及ぼす温度の影響. KONC(関西自然保護機構会誌) 29(2) : 103-112. 2007. 査読有.
- ② 伊東明・名波哲. 近畿における在来, 外来, 雑種タンポポの分布状況. KONC(関西自然保護機構会誌) 28: 27-36. 2006. 査読有.

〔学会発表〕（計 1 件）

- ① 伊東明・名波哲, 近畿における在来, 外来, 雑種タンポポの分布状況. 関西自然フェスタ, 関西自然保護機構「四手井賞」受賞講演. 2008 年 11 月 16 日, 大阪市立自然史博物館.

〔その他〕

「タンポポ調査・近畿 2005」最終報告書公開ホームページ

http://www.nature.or.jp/shoko/Tampopo/Kinki_2005/Final_Report/Final_Report_Mokuji.htm

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊東 明 (ITO AKIRA)

大阪市立大学・大学院理学研究科・准教授
研究者番号：40274344

(2) 研究分担者

名波 哲 (NANAMI SATOSHI)

大阪市立大学・大学院理学研究科・講師
研究者番号：70326247

(3) 連携研究者

なし