

街中のスベリヒユの花は咲かない

国立環境研究所
気候変動適応センター
藤田 知弘

はじめに

地球上の風景は都市化によって急速に変わりつつある。アスファルトやコンクリートが地表を覆い、気温は周辺より高く（いわゆるヒートアイランド）、雨水は地中に染み込みにくく、土壌は乾きやすい。このような環境が広がると、普通、生き物は姿を消す——しかし、中には形や特性を進化させ、都市環境に適応するものもある。実際、同じ種であっても都市と農村で形やふるまいが違ってくる「都市における生物進化」の例が複数の生物で報告されている。植物についてみると、フランスではキク科の植物 (*Crepis sancta*) において興味深い現象が観察されている。都市部では、植物の生育に適した場所が街路樹の植え枡や花壇などの「小さな緑地パッチ」として点在する程度だ。これらの生息適地の間には

コンクリートや舗装面といった植物の生育に不適な空間が埋め尽くされている。このような環境で遠くまで飛ぶわたげ（種子）を持つ個体の場合、種子が不適地に落下する可能性が高くなってしまう。その結果、都市では親個体の近くに種子が落ちるような“飛ばないわたげ”に進化してきたことが示唆されている (Cheptou *et al.* 2008)。世界各地のシロツメクサ (*Trifolium repens*) では、草食に対する防御化学物質の産生が都市中心からの距離と相関するという広域的パターンが見られることが知られている (Santangelo *et al.* 2022)。これらの研究結果は、都市という新しい環境が生き物にとって単に“住みにくい場所”ではなく、生き物の進化の方向性そのものを変える舞台であることを示唆する。

本稿で扱うスベリヒユ (*Portulaca oleracea*) は、この問いに迫るのにとってつけの材料だ。スベリヒユには、花

びらが開く“普通の花”（図-1(a)。以降、開放花と呼ぶ）と、つぼみのまま自家受粉で種子をつくる“閉じた花”（図-1(b)。以降、閉鎖花と呼ぶ）の二つのタイプがあり、しかも個体ごとに「開放花しかつくらない」か「閉鎖花しかつくらない」かが遺伝的に決まっている珍しい性質をもっている (Furukawa *et al.* 2020)。閉鎖花は花づくりのコストが低く、花粉媒介者が少ない条件でも確実に種子が残せる一方、開放花は他個体と交配できるため子孫の遺伝的多様性を高められる——都市で花粉媒介者が減ったり、暑さや乾燥で成長期間が短くなるなら、どちらの戦略が“得”になるのかは彼らにとって大きな問題のはずだ。

今回紹介する研究 (Fujita *et al.* 2024) は、まさにこのポイントに焦点を当てた。私たちは、関東地方（東京都市圏とその周辺）の都市域 10 集団・農村域 10 集団からスベリヒユの

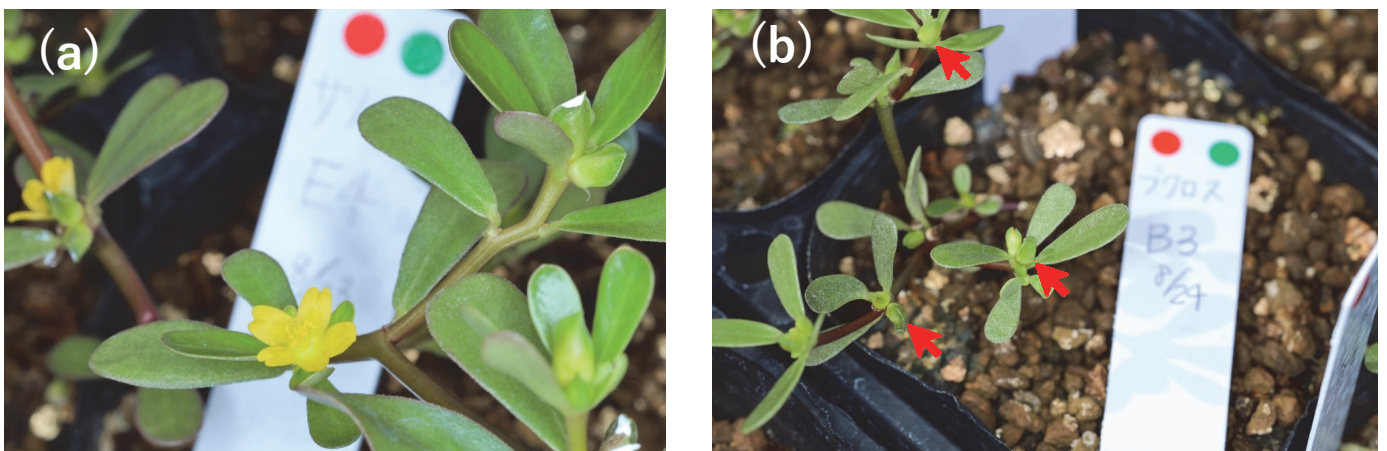


図-1 スベリヒユの花
(a) 開放花型 (b) 閉鎖花型 (赤矢印は閉鎖花を指す)

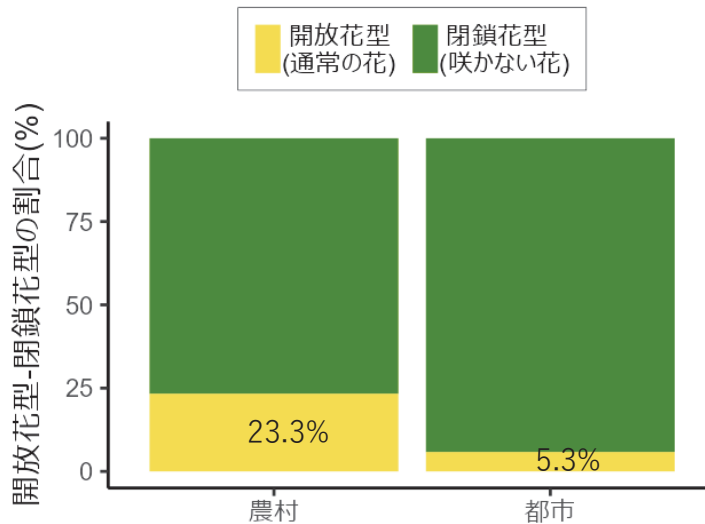


図-2 農村と都市における開放花型と閉鎖花型の割合の比較

種子を集め、同じ条件で育てて違いを見る共通圃場実験を実施した。この実験では、各個体が開放花型か閉鎖花型かのタイプ判定に加え、つぼみがつくまでの日数、果実が熟すまでの日数、果実・種子の数や平均種子重といった繁殖特性を記録し、都市と農村で何がどう違うのかを検証した。

背景として押さえておきたいのは、都市化がもたらす環境変化である。都市では地表面温度が高く、舗装や建物に囲まれた土壌はしばしば乾燥しがちである。また、昆虫などの花粉媒介者の種類や数が減ることも世界各地で報告されている。こうした非生物的要因（温度・水分）と生物的要因（花粉媒介者の減少）の両方が、花タイプや開花時期、種子の大きさのような繁殖形質に選択圧として働き得る。スベリヒユのように戦略がはっきり二分される種では、都市環境が「閉鎖花型が有利」「開放花型が有利」といった方向性を引き起こし、集団の“顔ぶれ”を変える可能性がある。これを検証するために私たちは次の三点を主要な問いとして掲げた。(1) 都市と農村で、開放花型と閉鎖花型の相対的な頻度は異なるか。(2) 同じ環境で育てたとき、開放花型と閉鎖花型のあいだにつぼ

み形成・結実時期や種子特性に遺伝的差はあるか。(3) 同じタイプ（たとえば閉鎖花型同士）でも、都市由来と農村由来で形質に差が見られるか。

方法

先述のとおり、私たちは2021年に東京都市圏およびその周辺の都市10集団・農村10集団からスベリヒユの種子を採集した。都市集団は高い都市化度の東京地域、農村集団は主に水田や畑地に位置する。採集地点ごとの環境要因として、地表面温度、標高、潜在蒸発散量を取得し、各地点の半径100m範囲で平均化して解析に用いた。採取した種子は適切な処理・保管し、2022年8月に温室内で播種・栽培実験を開始した。播種後85日間、以下を記録した。(i) つぼみ形成日と最初の果実成熟の日付、(ii) 茎長（初めてつぼみが現れた日に測定）。(iii) 開放花の開花数（毎日記録）、(iv) 成熟果数（1～3日間隔で継続記録）。各個体から3～8個の果実を採取し、果実あたりの種子数、総重量、および平均種子重を測定した。個体あたり総種子数は、平均種子数×果実数で推定した。

結果

栽培実験の結果、すべての個体は開放花か閉鎖花のいずれか一方のみを生産し、個体ごとに明確に分類することができた。共通圃場実験で育てた計288個体のうち、閉鎖花型が248個体、開放花型が40個体であったのに対し、都市では5.3%と著しく低かった（図-2）。両環境間の頻度差はカイ二乗検定で有意であった（ $\chi^2 = 16.9$, $P < 0.01$ ）。採集地の環境要因を用いた統計解析の結果では、地表面温度が高いほど開放花型個体の出現確率が低下することが示された（ $P < 0.01$ ）。

閉鎖花型は開放花型より早くつぼみ形成・果実成熟に達することも明らかになった（いずれも $P < 0.01$ ）。茎長（つぼみ出現日の植物サイズ）は閉鎖花型の方が短いという差も見られた。すなわち、閉鎖花型は“短期決戦型”の生活史をとるのかもしれない。さらに平均種子重は閉鎖花型の方が有意に重い（ $P < 0.01$ ）。一方、果実数は開放花型・閉鎖花型で差がなく、1果あたりの種子数は開放花型が多いた

め、個体あたり総種子数は開放花型の方が多という結果であった。つまり、閉鎖花型は大粒、開放花型は多産という対照的な資源配分が示唆される。

閉鎖花型に限った都市農村間比較では、都市由来の閉鎖花型でやや早く果実が熟す傾向が見られたが、統計的有意差は見られなかった（つぼみ形成 $\chi^2 = 1.4$, $P = 0.23$; 果実成熟 $\chi^2 = 1.9$, $P = 0.17$ ）。なお、都市では開放花型個体数が少なかったため、都市農村間比較は行っていない。

以上より、都市では“花が開かない（閉鎖花型）”の個体が相対的に多く、その背景には採集地の高温が関与していることが示唆された。同一環境下での遺伝的差として、閉鎖花型は早生・小型化・重い種子という組み合わせを示し、暑さ・乾燥の回避に適した戦略である可能性が考えられる。

まとめ

「街中のスベリヒユの花は咲かない」という詩的(?)なタイトルどおり、都市化がスベリヒユの繁殖形質に進化的な偏りを生む可能性を示した。同一環境下で比較した結果、都市個体群では開放花型が著しく少なく、閉鎖花型が優勢であり、採集地の地表面温度が高いほど開放花型出現確率が下がるという関係が得られた。すなわち、都市の高温環境では「花が咲かない戦略」が相対的に利するという像が浮かび上がったのである。形質の比較でも、閉鎖花型は開放花型より早くつぼみ形

成・結実に至り、つぼみ形成時の莖長は短く、平均種子重は重いという組み合わせが確認された。一方で1果あたりの種子数は開放花型が多く、果実数に差がないため、個体あたり推定総種子数は開放花型の方が大きい。これらは都市の高温・乾燥に対する回避戦として理解できるかもしれない。一般に、生活史を早めることは干ばつのリスクを回避する理にかなった戦略であり、都市のヒートアイランドや低含水の土壤環境と整合する。

もっとも、これらの解釈には注意点がある。第一に、大きい種子=適応的と即断はできない。本研究で測定した種子はすべて自殖由来であり、近交弱勢が種子を小さくする既知の効果が混じっている可能性があるからである。種子・実生段階についてより詳細な追試が必要である。第二に、本研究は主として非生物要因（温度）に焦点を当てたが、送粉者の減少といった生物要因が閉鎖花型の優勢に寄与している可能性も残る。都市では送粉者の著しい減少が世界各地で報告されており、自殖有利の形質が進化する道筋も考えられる。今後、送粉者の実測や操作実験を伴う検証が望まれる。第三に、表現型の可塑性の余地や、非適応的過程（遺伝的浮動や導入経路の違い）も完全には排除できない。温度操作や分子遺伝学的アプローチ、広域サンプリングによる検証が必要であろう。したがって、今回の知見は関東圏という地域・対象種におけるシグナルでありつつ、一般化には段階的検証が要ると言える。

それでも、本研究の意義は大きい。これまでの都市進化研で植物の生殖形質の進化に関する実験的証拠はまだ少なかった。本論文は、共通圃場実験で都市化が繁殖形質に進化的影響を与える可能性を示したといえるだろう。都市という人為環境が、植物の花という特徴をも変化させようという示唆は、都市緑化や在来生態系の保全、さらには将来の気候変動に備えるうえでも重要な知見である。

引用文献

- Cheptou, P-O, O. Carrue, S. Rouifed, and A. Cantarel 2008. Rapid Evolution of Seed Dispersal in an Urban Environment in the Weed *Crepis Sancta*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105(10), 3796-3799.
- Fujita, Tomohiro, Naoe Tsuda, Dai Koide, Yuya Fukano, and Tomomi Inoue 2024. The Flower Does Not Open in the City: Evolution of Plant Reproductive Traits of *Portulaca Oleracea* in Urban Populations. *Annals of Botany* 135(August), 269-276.
- Furukawa, Tomoyo, Tomoyuki Itagaki, Noriko Murakoshi and Satoki Sakai 2020. Inherited Dimorphism in Cleistogamous Flower Production in *Portulaca Oleracea*: A Comparison of 16 Populations Growing under Different Environmental Conditions. *Annals of Botany* 125(3), 423-431.
- Santangelo, James S., Rob W. Ness, Beata Cohan, Connor R. Fitzpatrick, Simon G. Innes, Sophie Koch, Lindsay S. Miles *et al.* 2022. Global Urban Environmental Change Drives Adaptation in White Clover. *Science* 375(6586): 1275-1281.