

大阪南部における

ハマヒルガオの花形質変異と個体群面積の関係

楠瀬 雄三*・長谷川 匡弘**・村上 健太郎***

Relationship between variation in floral morphology and population area of *Calystegia soldanella* (L.) Roem. et Schult. in the southern Osaka.

Yuzo KUSUNOSE*, Masahiro HASEGAWA** and Kentaro MURAKAMI***

Abstract: This paper reports the variation of floral morphology of *Calystegia soldanella* (L.) Roem. et Schult. population in the southern Osaka. We measured the eight characters of flower (corolla length, style length, stigma length and width, filament length, anther length, involucral bract length and width) obtained from five places by using electronic calipers. And, the character that is appropriate for the identification of the individual was chosen by the ANOVA. As result, filament length and anther length were chosen. The regression analysis was not statistically significant though it indicates a correlation between coefficient of variation of these two characters and population area. It was thought that a decrease in variation in floral morphology of *Calystegia soldanella* was caused by a decrease in the number of individuals with the reduction of the population area.

Key words: *Calystegia soldanella*, floral morphology, population, conservation

キーワード: ハマヒルガオ, 花形質, 個体群, 保全

はじめに

ハマヒルガオ (*Calystegia soldanella* (L.) Roem. et Schult.) は主に海浜に生える、ヒルガオ科ヒルガオ属の多年生草本である。本種は、海岸線の95%が人工構造物で占められ(陸谷ほか, 1993), 自然海岸が著しく減少している大阪府では絶滅危惧種に指定されている(大阪府農林水産部緑の環境整備室, 2001)。府下では泉大津市や貝塚市, 泉南市, 阪南市, 岬町などに分布し(押田・上甫木, 2003; 楠瀬・村上, 2006), 他の海浜植物よりは比較的多くの生育地がある。しかし, 生

Contributions from the Natural History Museum, Kishiwada City, No. 16 (Received March 31, 2011)

*高知大学大学院総合人間自然科学研究科博士後期課程 Postgraduate of Graduate School of Integrated Arts and Science, Kochi University

高知大学理学部植生学研究室 〒780-8520 高知市曙町 2-5-1

Faculty Science, Kochi University 2-5-1 Akebonocho, Kochi, 780-8520 Japan

** パシフィックコンサルタンツ株式会社社員 Company employee of Pacific consultant Ltd.

パシフィックコンサルタンツ株式会社 〒541-0052 大阪市中央区安土町 2 丁目 3 番 13 号

Pacific consultant Ltd. 2-3-13 Chuouku-Azsuchicho, Osaka, 541-0052 Japan

***名古屋産業大学環境情報ビジネス学部准教授 Associate Professor, Faculty of Environment and Information Management, Nagoya Sangyo University

名古屋産業大学 〒488-8711 愛知県尾張旭市新居町山の田 3255-5

Nagoya Sangyo University 3255-5 Arai-cho-yamanota, Owari-asahi, Aichi, 488-8711 Japan

育地となっている海浜の大半は小規模で分断・孤立化しており，生育するハマヒルガオ個体群も小規模で孤立化している。

個体群の小規模化や孤立化は交媒相手や送粉昆虫の減少を通して，繁殖成功や他殖率の低下を招き，個体群の絶滅の危険性を高めると考えられている (Shaffer & Samson, 1985; Wilcox & Murphy, 1985)．実際に，シロバナサクラタデやオオバナノエンレイソウでは生育地の小規模化と分断化によって種子生産量が減少することが確かめられている (西廣ほか, 1998; Tomimatsu & Ohara, 2002; Tomimatsu & Ohara, 2004)．ハマヒルガオは主にハチ目によって送粉される虫媒花であり (井上・遠藤, 2006; 前田ほか, 2006; 楠瀬ほか, 2007)，さらに自家不和合性でもあるため (丑丸, 2000)，送粉される範囲内でのジェネット数の減少は種子繁殖に大きな影響を与えると考えられ，上述した事例と同様の事が危惧される．特に，小規模化・孤立化したハマヒルガオ個体群ではジェネット数が少なくなっている可能性があるが，ハマヒルガオは茎が砂の上や地中を這うように広がるため，目視によるジェネットの識別はほぼ不可能である．そこで，本研究ではハマヒルガオの花形質の個体差に注目し，その変異の幅によって相対的なジェネット数の規模評価を試みた．その上で，花形質の変異の幅と個体群の面積との関係性を調べた．

材料と方法

ハマヒルガオの花形質における変異の幅を明らかにするために5地区のハマヒルガオ個体群から均一に，花柄ごと花を採集し，70%アルコールで保管した (図1)．保管後，①花冠長，②花柱長，③雄蕊長，④柱頭分岐長，⑤柱頭分岐幅，⑥葯長，⑦苞長，⑧苞幅を計測した (図2)．①から③については最も下側についた苞の付け根から計測した．計測には電子ノギスを用いて0.1 mm間隔で行った．ジェネット内にみられる変異とジェネット間にみられる変異を調べるために，岡田浦と加太では同じ地上茎についていることを確認した上で花を採取し，地上茎ごとに1株とした (表1)．花を採集した地上茎は，可能な限りお互いに離れた場所を選んだ．

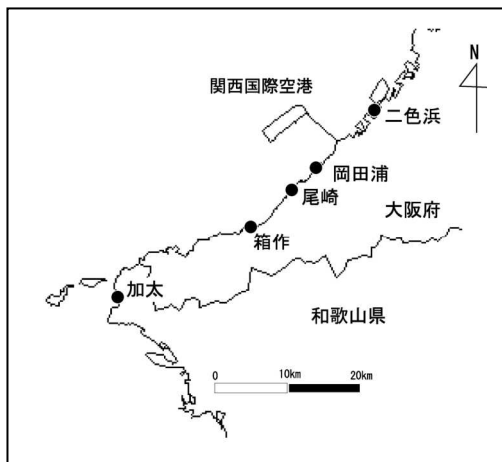


図1. 調査地.

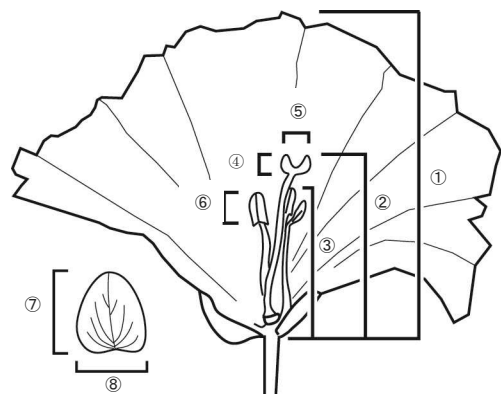


図2. 計測部位の模式図

- ①：花冠長，②：花柱長，③：雄蕊長，
④：柱頭分岐長，⑤：柱頭分岐幅，⑥葯長，⑦
苞長，⑧苞幅

表 1. 調査地区の概要

地区	採集日	採集した 花数	地上茎の数	個体群面積 (m ²)	海浜面積 (m ²)	緯度・経度	地区間距離 (km)
近木川	2007/6/11	35	—	200	1240	34°26'31" N 135°20'16" E	8.04
岡田浦	2007/5/11	83	14	1200	4150	34°23'27" N 135°16'34" E	
尾崎	2007/6/11	33	—	720	1560	34°22'05" N 135°22'05" E	4.63
箱作	2007/5/5	33	—	340	1200	34°20'28" N 135°12'14" E	18.26
加太	2007/5/11	64	15	550	2400	34°20'28" N 135°12'14" E	18.26

本研究では、花サイズの差異の幅によってジェネットを識別する。そのため、まず、各形質がどの程度、花サイズと関連しているかを明らかにするため、花サイズを花冠長によって代表させて、花冠長に対する各形質の比率のばらつきを比較することで、花サイズと同調する形質を調べた。次に、ジェネット間によって大きさに違いの現れやすい形質を明らかにするために、岡田浦と加太で採集したそれぞれの株を一つのジェネットとみなして一元配置分散分析を行い、ジェネット内の変異の幅とジェネット間の変異の幅を比較した。

以上の解析によって得られた結果を総合的に検討して二つの形質を選び、その形質の値を2軸に展開させた象形散布図を描き、各地区の個体群における変異の領域を示した。さらに、二つの形質の変動係数を掛け合わせた値と個体群の面積との単回帰分析を行った。

結果

表 2 に各形質と花冠長の比の変動係数を示す。最も変動係数が小さかったのは雄蕊長であり、次いで花柱長、葯長の順であった。一方、柱頭分岐幅の変動係数は 44.1% と著しく大きかった。その他、比較的変動係数が大きかったのは柱頭分岐長、苞幅、苞長であった。これらのことから、柱頭は花冠長、すなわち花サイズに関わらず大きさが変動しやすい形質と考えられる。

加太と岡田浦における一元配置分散分析を表 3 および表 4 に示す。ジェネット間変異がジェネット内変異を有意に上回ったのは、岡田浦では花冠長、花柱長、雄蕊長、苞長、苞幅であったのに対し、加太では雄蕊長、柱頭分岐長、柱頭分岐幅、葯長であり、両地区で共通していたのは雄蕊長であった。

図 3 に雄蕊長と葯長を 2 軸に展開した象形散布図を示す。なお、軸の選定には以下の検討を行った。雄蕊長は加太と岡田浦の両地区においてジェネット間変異がジェネット内変異を有意に上回ったことから最もジェネット間の差が現れやすく、かつ、花冠長の比の変動係数が最も小さいことから花サイズに比例した安定した形質であると考えられた。同様の視点で他の形質をみると、葯長は加太でジェネット間変異がジェネット内変異を有意に上回り、岡田浦でも有意ではなかったものの、分散比は 1 を超えていた。また、花冠長の比の変動係数も比較的小さく、花サイズに比例した安定した形質であると考えられた。そこで、雄蕊長と葯長の二つを象

形散布図の軸に選定した。

象形散布図では、岡田浦の示す領域が最も大きく、次いで加太、二色浜、尾崎の順で、箱作が最も小さかった。加太を除く 4 地区では、岡田浦の示す領域に他の 3 地区がほぼ含まれる形になった。この 3 地区のうち、尾崎と二色浜はほぼ同じ領域を示したのに対し、箱作はこれら 2 地区とほとんど重ならず、右よりに位置した。加太は最も左よりに位置した。

これら 5 地区の領域を各形質の大小によって整理すると以下ようになる。雄蕊長については、箱作がいずれの地区よりも有意に長かったほか、二色浜、尾崎、岡田浦の間には有意な差はなく、加太が岡田浦よりも有意に短かった（ボンフェロニの多重比較、 $p < 0.05$ ）。葯長については、箱作がいずれの地区よりも有意に短かったほか、二色浜、尾崎、加太の間には有意な差はなく、岡田浦が尾崎と加太よりも短かった（ボンフェロニの多重比較、 $p < 0.05$ ）。地区で比較すると、箱作は雄蕊長が長く葯長が短い。加太は雄蕊長が短く、岡田浦は葯長がやや短い。二色浜、尾崎は平均的であった。

ハマヒルガオ個体群の面積と形質の変異の幅との関係を明らかにするために、雄蕊長と葯長の変動係数を掛け合わせた値と、個体群の面積の間で単回帰分析を行った（図 4）。その結果、個体群の面積が小さくなるにしたがって、変動係数が小さくなる傾向は認められたものの、統計的に有意ではなかった。

表 2. 花柱長、雄蕊長、柱頭分岐長、柱頭分岐幅、葯長、苞長、苞幅と花冠長との比の変動係数 (%)

地区名	計測部位						
	花柱長	雄蕊長	柱頭分岐長	柱頭分岐幅	葯長	苞長	苞幅
二色浜	7.5	4.4	14.8	49.4	8.1	11.4	11.6
岡田浦	7.6	5.2	11.8	34.3	7.9	12.3	14.2
尾崎	5.7	4.3	12.6	65.8	8.7	10.3	13.8
箱作	4.6	4.2	7.7	23.9	6.6	8.8	8.3
加太	9.1	7.5	13.6	44.6	10.7	13.3	18.9
全体	9.1	7.6	17.4	44.1	11.2	13.3	16.2

表 3. 岡田浦地区におけるハマヒルガの株ごとの花形質の平均値, 標準偏差, 一元配置分散分析

計測部位	平均 (mm) (標準偏差)	一元配置分散分析		
		個体間変動 (SA)	個体内変動 (SE)	分散比SA/SE
花冠長	48.72 (3.44)	651.39	266.93	5.96 **
花柱長	28.68 (2.36)	363.36	85.21	18.18 **
雄蕊長	25.57 (1.5)	132.57	43.04	9.49 **
柱頭分岐長	3.63 (0.45)	7.84	8.48	0.86
柱頭分岐幅	2.97 (0.97)	18.46	54.40	0.12
葯長	6.20 (0.44)	8.01	7.73	1.07
苞長	12.10 (1.37)	91.43	61.05	2.24 *
苞幅	12.34 (1.8)	202.47	53.79	14.17 *

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.001$ F-test

表 4. 加太地区におけるハマヒルガの株ごとの花形質の平均値, 標準偏差, 一元配置分散分析

計測部位	平均 (mm) (標準偏差)	一元配置分散分析		
		個体間変動 (SA)	個体内変動 (SE)	分散比SA/SE
花冠長	44.83 (2.74)	252.32	1164.94	0.05
花柱長	29.39 (2.59)	269.10	2359.15	0.01
雄蕊長	24.24 (1.23)	72.13	12.81	31.69 **
柱頭分岐長	4.03 (0.49)	8.57	0.77	123.17 **
柱頭分岐幅	2.03 (0.91)	30.94	14.09	4.82 *
葯長	6.35 (0.62)	17.21	2.18	62.28 **
苞長	12.48 (1.69)	112.40	136.99	0.67
苞幅	11.64 (2.17)	200.92	333.13	0.36

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.001$ F-test

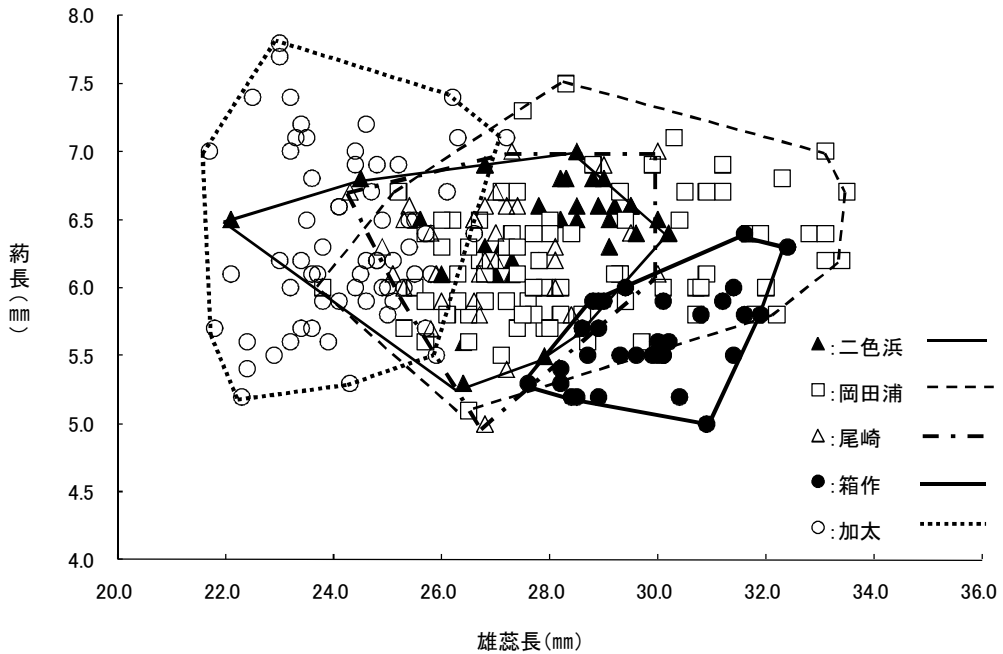


図 3. 雄蕊長と葯長による象形散布図.

考察

ハマヒルガオは地下茎を伸長させるため、地上からの目視では株の広がりを確認することが困難である。また、離れて生える株も、元は一つの株であったものが、何らかの理由で切り離された可能性もある。そのため、採集した元の株をそれぞれ別ジェネットとして解析した一元配置分散分析は、本来は同じ株であるものを別の株として扱っている可能性があり、分析結果は過小評価されている可能性がある。ハマヒルガオのようにジェネットの広がりを目視で判別できない植物の場合、可能性として、一つのジェネットが調査地区の全域を占めていることもあり得る。

しかし、本調査地区のうち岡田浦と加太については以下のように否定できる。上述したように、ハマヒルガオは主にハチ目によって送粉される虫媒花であり(井上・遠藤, 2006; 前田ほか, 2006; 瀬ほか, 2007), さらに自家不和合性でもあるため(丑丸, 2000), 送粉される範囲内に異なるジェネットが存在していなければ結実しない。岡田浦や加太の個体群の送粉される範囲に調査対象外の個体群があるかは不明であるが、それぞれの地区の個体群から採集した花粉を人工的に同一地区の別の個体の雌蕊へ添加すれば結実するため(楠瀬ほか, 2008), 異なるジェネットが

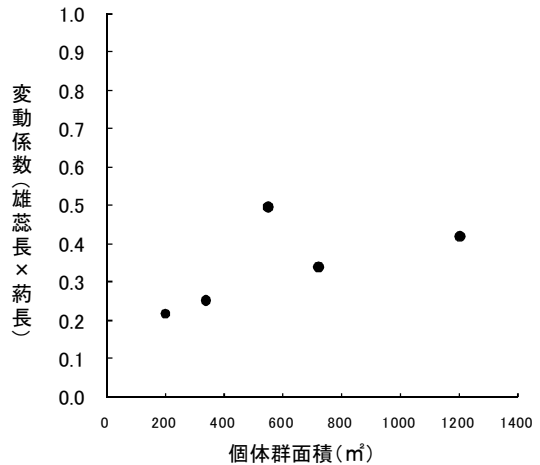


図 4. 雄蕊長と葯長の変動係数の積と個体群面積の関係.

それぞれの地区に存在しているのは確かである。

花冠長とそれ以外の形質との比率と一元配置分散分析の結果を総合的に検討し、ジェネット数の規模の比較に適した形質として雄蕊長と葯長が選ばれた。したがって、この二つの形質によって描いた象形散布図が示す各地区の領域はハマヒルガオのジェネット数の規模を現していると考えられる。その領域は岡田浦が最も大きく、箱作で最も小さかったので、ジェネット数の規模は岡田浦で最も大きく、箱作で最も小さいと考えられる。しかし、雄蕊長と葯長の変異幅と個体群の面積との関係については、ジェネット数の規模を二つの形質の変動係数を掛け合わせた値に置き換えて、個体群面積と単回帰分析したが有意な相関は認められなかった。これは、加太の個体群が面積では3番目に大きいものの、変動係数の積が最も高い値を示したため、外れ値状になったためである。なお、加太を除いた4地区に限ると有意に正の相関になる ($r = 0.997$, $p < 0.005$)。このように、ハマヒルガオ個体群の面積の大小とジェネット数の規模に関連がある可能性はあるが、それを明らかにするにはより多くの調査地区を比較する必要があると考えられる。

このように、本調査地区間で雄蕊長と葯長の変異の幅に差がみられたのは個体群の面積とは関係なく、偶然に生じた可能性もある。そこで、より広い個体群から採集されたハマヒルガオの花の変異幅を調べた既往研究である山田 (1992) と本研究結果を比較することで、前述の可能性について検討する。ただし、山田 (1992) で調べられた花形質は花冠長と苞長であったので、雄蕊長と葯長の比較はできなかった。山田 (1992) と本調査地区を比較した結果、苞長については変異の幅である変動係数に大きな差はみられなかったものの、花冠長については日本海側や琵琶湖、和歌山西部のいずれの個体群でも変動係数が平均で 16.7 %であったのに対し、本調査地区の変動係数は平均で 6.0 %であり、明らかに本調査地区の変異の幅が小さかった (表 5)。山田 (1992) では地理的に離れた二つの個体群を一つにまとめて計測しているため、地域的な変異の偏りが混合されることで変異の幅が増幅している可能性はあるものの、花サンプルはいずれの地区でも 100 m 以上にわたって広がるハマヒルガオ個体群から採集された (山田, 1992) 結果、より多くのジェネットが採集されたことで花冠長の変異の幅が大きくなった可能性があるだろう。ただし、本研究では、花冠長はジェネット数の規模の比較に適した形質として抽出されなかったため、花冠長による比較では前述した偶然性を否定できない。

単位面積あたりのジェネット数が同じであるとすれば、個体群の面積が小さくなることによって確率論的にジェネット数は減少する。これに海浜という環境の特性とハマヒルガオの種生態を考慮して個体群面積の大小とジェネット数の規模の関係性について考察する。ハマヒルガオ

表 5. 本調査地および近畿地方におけるハマヒルガオ個体群の花冠長、苞長の変動係数 (%)

	山田 (1992)				本調査対象地区					
	神崎*	那智***	日野川****	平均	二色浜	岡田浦	尾崎	箱作	加太	平均
標本数	21	31	21		35	83	33	33	64	
花冠長	15.4	14.3	20.4	16.7	5.1	7.1	6.7	5.0	6.1	6.0
苞長	11.6	12.3	11.4	11.8	12.1	11.4	10.5	10.2	13.5	11.5

*京都府, **福井県, ***和歌山県, ****滋賀県

は海流散布によって分布拡大することが可能であり（澤田・津田, 2005）、大阪湾内には多くの生育地がある（押田・上甫木, 2003）。海浜植物の中では遷移初期に定着するパイオニア種であり（Ishizuka, 1963）、さとうみ公園（阪南市～岬町）や岸和田市沖に造られた人工海浜の造成初期に定着しているなど、調査地周辺における分布拡大は比較的容易と考えられる。それにもかかわらず、個体群面積の減少によってジェネット数が少なくなる可能性があるのは、箱作のような小さな面積の海浜の場合では、海流散布によって種子が到達できる確率が大きな面積の海浜より低く、また、到達できたとしても実生の発芽に適した立地や個体が成長して広がっていく立地が小さいため、定着するのが困難なのだろう。その結果、小さな海浜のハマヒルガオ個体群の面積は小さくなり、一つの個体が消失しても、新たに別の個体が参入することが難しいため、ジェネット数が減少すると考えられる。

これまで述べたように、本研究結果からはハマヒルガオのジェネット数の規模の比較には雄蕊長と葯長が有効であると考えられたものの、これらの花形質の変異幅と個体群面積については関連がある可能性が唆されるにとどまった。ジェネット数の減少はハマヒルガオの種子繁殖の低下を招くと考えられることから、自然海浜が減少したことで、小規模化、孤立化している大阪湾のハマヒルガオ個体群についても、その保全にあたっては花形質による変異幅の大小を検討対象の一つにすることが望ましい。その際、雄蕊長や葯長の変異の幅が有効な指標のひとつになり得ると考えられる。

謝辞

頌栄短期大学の黒崎史平教授ときしわだ自然資料館の岡本素治館長には本稿に有益なご助言をいただきました。ここに記し厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 井上牧子・遠藤知二, 2006. 京都府箱石海岸における海浜植物の訪花性昆虫群集の種構成. ヒューマンサイエンス, 9: 39-46.
- Ishizuka, K. 1962. Ecological studies on the vegetation of coastal sand bars. II. Succession in vegetation and developmental processes of dunes. *The Annual Report Gakugei Faculty of the Iwate University*, 20: 140-168.
- 楠瀬雄三・村上健太郎, 2006. 大阪府泉南市の砂浜海岸における海浜植物の観察. きしわだ自然友の会誌 *Melange*, 5: 19-22.
- 楠瀬雄三・村上健太郎・伊東憲正・遠藤知二, 2007. 海浜周辺の緑地減少によるハマヒルガオ訪花昆虫の喪失. 日本緑化工学会誌, 33: 243-246.
- 楠瀬雄三・村上健太郎・伊東憲正・遠藤知二・中上喜史・長谷川匡弘, 2008. 大阪府の小規模海浜で優占するセイヨウミツバチのハマヒルガオにおける送粉効率. *ELR2008 福岡3 学会合同大会講演要旨集*.
- 前田泰生・北村憲二・松本圭司・宮永龍一, 2004. 海浜における送粉生態系の保全に関する研究 2. 山陰地方の海浜性植物ハマゴウ(クマツヅラ科)における有剣類の送粉様式. *ホンザキグリーン財団研究報告*, 7: 275-303.
- 陸谷一馬・矢持進・鍋島靖信・有山啓之・日下部敬之・佐野雅基, 1993. 渚の環境構造とその役割に関する調査報告書. 12pp.
- 西廣淳・友部恭子・鷺谷いづみ, 1996. シロバナサクラタデの種子生産に対するヨシ原の分断化の影響. 保全生態学研究, 3: 97-110.
- 大阪府環境農林水産部緑の環境整備室, 2001. 大阪府における保護上重要な野生生物: 大阪府レッドデータブック. 442pp. 大阪府農林水産部緑の環境整備室, 大阪.
- 押田佳子・上甫木昭春, 2003. 大阪湾沿岸域における海浜植物の現状への影響要因の検討. *ランドスケープ研究*, 66: 559-564.

- 澤田佳宏・津田智, 2005. 日本の暖温帯に生育する海浜植物 14 種の海流散布の可能性. 植生学会誌, 22: 53-61.
- Shaffer, M. L. & Samson, F. B. 1985. Population size and extinction: a note on determining critical population size. *American Naturalist*, 125: 144-152.
- Tomimatsu, H. & M. Ohara. , 2002. Effects of forest fragmentation on seed production of the understory herb *Trillium camschatcense*. *Conservation Biology*. 16: 1277-1285.
- Tomimatsu, H. & M. Ohara. , 2004. Edge effects on recruitment of *Trillium camschatcense* in small forests fragments. *Biological Conservation*, 117: 509-519.
- 丑丸敦史, 2000. 花の性: 両性花植物における自家不和合性と自動的自家受粉の進化. 花生態学の最前線~美しさの進化的背景を探る~(種生物学会編). pp. 75-95, 文一総合出版.
- Wilcox, B. A. & Murphy D. D. 1985. Conservation strategy: the effects of fragmentation on extinction. *American Naturalist*, 125: 879-887.
- 山田哲司, 1992. 海岸と琵琶湖湖岸に生育するハマヒルガオの花と種子の大きさに見られた分化. 植物分類・地理, 43: 45-52.