

# 石狩浜砂丘植物群落における開花フェノロジー、訪花昆虫、結実率の関係

西川 洋子 内藤 華子\*

## 要 約

北海道石狩浜砂丘植物群落の虫媒花植物について、種レベルおよび群落レベルの繁殖特性を明らかにするために、開花フェノロジー、訪花昆虫相および結実特性を調査した。砂丘植物群落の開花期は4月下旬から10月下旬までの約6ヶ月間であり、6月に開花種数が急激に増加し、7月には最も多くの植物が開花した。種レベルの開花期間は、開花のピークが5～6月の植物は短く、7月以降に開花のピークを持つ植物は長い傾向があった。訪花昆虫は34種が観察され、甲虫目が種数、個体数ともに最も多く、次いで膜翅目のコハナバチの仲間が多かった。訪花昆虫の出現種数は6月に最多となった。結実率は、種によって大きく異なり、多くの植物が、花粉不足により結実が制限されている可能性が高い。結実率が比較的高い植物では、多くの訪花昆虫が観察されたほか、自家受粉により花粉不足を補っている可能性がある。また、種子の食害が多く植物で観察され、種子生産に大きく影響していると考えられる。石狩浜砂丘植物群落の種子繁殖において、それぞれの植物の開花特性と訪花昆虫や食害昆虫との間には密接な関係がみられた。

Key Words: 石狩浜、開花フェノロジー、訪花昆虫、結実率、食害

## 1 はじめに

海浜地域は、地形の変化に応じた多様な植物群落が発達し、海浜地域特有の植物や希少植物の生育地であると同時に、様々な動物の生息場所となるなど、生物多様性の高い生態系である。近年、海浜植生の衰退が全国的に進行しているが、これらの保全あるいは復元を行うためには、海浜植物について、種レベルの生育特性を把握するとともに、群落レベルのフェノロジー（生物季節学）や訪花昆虫等動物との相互関係を明らかにする必要がある。特に、種子繁殖は、植物集団の存続に直接影響を与える重要な過程であり、対象となる植物の種レベル及び群落レベルにおける繁殖特性を把握することは、植生の保全上不可欠である。しかし、海浜植物の群落レベルにおける繁殖特性については、主要な植物の開花フェノロジーと訪花昆虫の出現頻度との関係を調査した事例はあるが非常に少ない<sup>1,2)</sup>。

本研究では、石狩浜砂丘植物群落における種及び群落レベルの繁殖特性を明らかにするために、群落を構成する主要な虫媒花植物について、開花フェノロジー、訪花昆虫相および結実特性の調査を行った。

## 2 調査地域

\* 石狩市石狩浜海浜植物保護センター

石狩浜は、石狩平野の北部に位置し、石狩湾に沿って発達した全長約30kmにおよぶ砂丘海岸である<sup>3)</sup>。現地調査は、石狩浜の石狩湾新港より北東側の地域において行った（図1）。この地域は、海岸に平行して海側に標高6m程度の第一砂丘、内陸側に標高10m程度の第二砂丘が存在する<sup>3)</sup>。これらの地形の変化に沿って、海岸側からテンキグサ群落、ハマナスーススキ群落が発達し、第二砂丘の内陸側にはカシワ林が成立している<sup>4)</sup>。

## 3 調査方法

### (1) 開花フェノロジー

石狩浜砂丘に生育する植物のうち、37種の虫媒花植物に



図1 調査地域

国土地理院発行 5万分の1地形図「石狩」を使用。

ついて開花期間および開花期間内の開花量の変化を調査した(表1)。対象種のうち、10種は外来種である(表1)。これらの植物の生育地に、3m×3mあるいは1m×5mの固定調査区を合計11カ所設定し、各調査区内に生育する調査対象種について、開花個体数、花序当たりの開花数あるいは開花割合を調査した。また、ヒロハクサフジおよび木本9種(ハマナス、ナワシロイチゴ、ヤマブドウ、ツルウメモドキ、アキグミ、マユミ、コマユミ、キンギンボク、イボタノキ)については、調査個体を5個体ずつ選定し、それぞれ1枝を観察の対象として、枝あたりのすべての花序について開花数、花序当たりの開花数あるいは開花割合を調査した。また、調査区外でも、開花が確認された種については、種名の記録を行った。

調査対象種のうち、出現頻度の高い11種については、個体毎の開花期間及び開花数の変化を調査した。調査個体は、石狩浜海浜植物保護センターの見本園の栽培個体あるいはその周辺の自生個体を用いた。調査個体数は種によって異なるが、4～11個体について調査を行った。

現地調査は、2003年4月から10月までの期間、原則として週1回実施した。

### (2) 訪花昆虫相

固定調査区内とマーキングを行った開花フェノロジー調査対象植物、ならびにその周辺で観察された昆虫を全て記録した。調査は開花フェノロジー調査と同時にを行い、1回の調査時間は約3時間で、調査区あたり10分程度の観察を行った。原則として、各種1頭以上捕獲し、標本作製して同定を行った後、訪花性の昆虫とそれ以外に分類した。

### (3) 結実特性

調査対象種として、在来の虫媒花植物を15種選定した(表1)。自然条件下における結実状況を把握するため、各対象植物の開花時期に20～40個体あるいは花序のマーキングを行い、あらかじめ花の数を記録した。結実時期に、果序のサンプリングを行い、胚珠数、果実数、種子数、食害数を調べて、花序あたりの結実率および食害率を算出した。開花期間が長いハマエンドウ・ナミキソウ・ヒロハクサフジ・ハマナスについては、2～4回のサンプリングを行った。

また、受粉における訪花昆虫への依存の程度や自動自家受粉の可能性を調べるため、20～40個体あるいは花序にネットをかけて訪花昆虫を遮断する袋掛け実験を行った。

さらに、10種については受粉実験を行った(表1)。訪花昆虫の不足による花粉制限の程度を調べるための人工他家受粉処理、自家不和合性の程度を調べるための人工自家受粉後に袋掛けを行う処理を、それぞれ20花序について行った。これらについても、結実時期に、果序のサンプリ

ングを行い、胚珠数、果実数、種子数を求めて、花序あたりの結実率を算出した。

ハマボウフウの花は、雄性期と雌性期をもつ雌雄異熟性であるが、通常最も大きい第1花序の一部の小花序の花のみが両性花として機能し、それ以外の小花序の花は雌性期への転換が見られず、雄花としてのみ機能する。そのため、両性花からなる小花序を選んで各処理を行い、結実率および食害率を求めた。

現地調査は2004年7月～9月および2005年5月～9月に行い、袋掛け実験および受粉実験は2005年に実施した。

各処理を行った場合の結実率とコントロールの結実率は、Mann-WhitneyのU検定によって比較した。

表1 調査対象種一覧

群落	植生別調査対象種
テンキグサ群落	イソスミレ*・ハマハタザオ*・ハマエンドウ*・ハマヒルガオ*・ハマニガナ・ハマボウフウ*・ウンラン
ハマナス・ススキ群落	ヒメイズイ*・オオヤマフスマ・エゾスカシユリ*・ナミキソウ・エゾカワラマツバ・コウゾリナ・エゾカワラナデシコ*・ノコギリソウ・ヒロハクサフジ・エゾヨモギギク・コガネギク・ハマナス*・ナワシロイチゴ・ヤマブドウ・ツルウメモドキ・アキグミ
カシワ林	(外来種) セイヨウタンポポ・シロツメクサ・タンポポモドキ・ムラサキツメクサ・ヒメジョオン・シナガワハギ・シロバナシナガワハギ・ノランジン・メマツヨイグサ・オオアワダチソウ・マユミ・コマユミ・キンギンボク・イボタノキ*

下線は結実特性調査対象種を示す。

\*: 結実状況調査対象種のうち受粉実験を行った種を示す。

## 4 結果

### (1) 開花フェノロジー

石狩浜砂丘に成立する植物群落の開花シーズンは、4月下旬から10月下旬までの約6ヶ月間であり、その間連続的に様々な植物が開花した(付図1)。調査対象種のうち開花が最も早い植物は4月下旬のイソスミレで、次いで5月にはいるとハマハタザオが開花した。開花種数は、6月に急激に増加し、7月には最多の27種となった(図2)。また、集団レベルにおいて開花数が最も多い時期(集団レベルの開花のピーク)が6月であった種は13種で、他の月に比べて多かった(表2)。草本種その他、ハマナスや、カシワ林に近い内陸側にみられるキンギンボク、ツルウメモドキなど多くの木本種も、6月に開花のピークを迎えた。8月以降開花種数は減少し、9月以降に新たに開花する種はみられなかった。しかし、10月でもウンランやコガネギクなど13種が開花していた。

開花のピークが5月および6月の植物は、開花期間が短

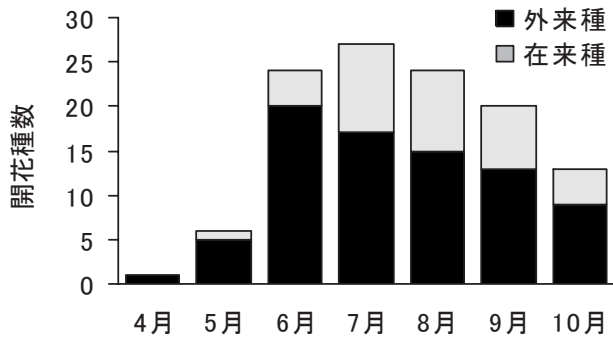


図2 石狩浜砂丘植物群落の開花シーズンにおける虫媒花植物の開花種数の変化 (2003年)

い傾向があった (表2)。6月から7月上旬に開花のピークとなるコマユミ、キンギンボクなどハマナスを除く木本種は、いずれも開花期間が短く、一斉に開花した。一方、6月に開花のピークを持つ植物のなかでも、ハマエンドウやハマヒルガオなど5種は開花期間が長く、9月あるいは石狩浜の開花シーズンが終了する10月まで開花が続いた。ハマエンドウとハマナスは、開花ピーク直後から多くの葉や花芽がドクガの幼虫による食害を受けたため、7月にはほとんど開花がみられなくなったが、8月以降再び開花が観察された。7月以降に開花のピークを持つ植物は、開花期間が長い傾向があった。長い開花期間を持つ植物の多くは、開花開始後まもなくピークを迎え、その後開花数が減少した。逆に、ウンランは、7月に開花を開始し、開花のピークが9月であった。集団レベルで長い開花期間を持つ植物であっても、個体レベルの開花期間は9~27日間と短く、集団のピークから大きくはずれて開花する個体もみられ、個体間で開花時期の変異が大きかった。しかし、ナミキソウは集団レベルでも個体レベルでも開花期間が長かった。

外来種の集団レベルの開花のピークは7月~8月で、開花期間は長い傾向がみられた (表2)。

(2) 訪花昆虫相

観察された昆虫のうち、訪花昆虫と考えられる種は、甲虫目:17種、双翅目:4種、半翅目:3種、膜翅目:9種、鱗翅目:1種の合計34種であった (付図2)。

訪花昆虫は、5月下旬からみられたが、6月には調査期間中に記録された種の約60%にあたる20種が確認され、その後減少し、9~10月は7種であった (図3)。開花シーズンのほぼ全期間を通じて観察された訪花昆虫は、甲虫目のケシキスイの仲間、膜翅目のコハナバチの仲間およびセイヨウミツバチであった。また、5月~7月にかけては、モモトカミキリモドキ、クロフナガタハナノミなど甲虫目の種が多く確認された (図3)。

訪花昆虫が最も多く確認された植物はハマナスで、21種57個体が記録され、次いで、13種21個体が記録されたハマ

表2 石狩浜砂丘植物群落における虫媒花植物の開花パターン (2003年)

集団の開花ピーク	種名	集団の開花期間	個体の平均開花期間
5月	イソスミレ	42	17 (n=5)
	ハマハタザオ	49	27 (n=5)
6月	ヒメイズイ	21	—
	エゾスカシユリ	28	—
	コマユミ	35	—
	キンギンボク	28	—
	アキグミ	28	—
	マユミ	28	—
	ヤマブドウ	21	—
	ツルウメモドキ	35	—
	ハマエンドウ	140	9 (n=6)
	オオヤマフスマ	126	—
	ハマニガナ	133	—
ハマヒルガオ	126	—	
ハマナス	147	12 (n=4)	
7月	ナワシロイチゴ	28	—
	イボタノキ	42	—
	ハマボウフウ	56	22 (n=11)
	コウゾリナ	63	—
	ノコギリソウ	77	22 (n=7)
	エゾカワラナデシコ	119	20 (n=7)
	エゾノカワラマツバ	126	21 (n=5)
	シナガワハギ*	77	—
	ムラサキツメクサ*	84	—
	タンポポモドキ*	140	—
シロバナシナガワハギ*	119	—	
8月	エゾヨモギギク	35	—
	ヒロハクサフジ	70	—
	ナミキソウ	91	66 (n=7)
	ノランジン*	63	—
オオアワダチソウ*	63	—	
9月	コガネギク	77	27 (n=5)
	ウンラン	105	11 (n=6)

\*: 外来種

ボウフウ、8種が記録されたハマヒルガオとコガネギクであった (図4)。これらの植物の訪花昆虫は、甲虫目の占める割合が高く、また、コハナバチの仲間も多く観察された。その他の植物の訪花昆虫は、種数が少なく、個体数も5個体以下と少なかった。

(3) 結実特性

① 自然状態における結実率

自然状態における結実率は、種によって大きく異なっていた (図5)。ハマハタザオ、ハマボウフウ、ハマヒルガオは花序あたりの結実率が50%を超えた。一方、草本種のヒロハクサフジ、ウンラン、ハマエンドウ、ナミキソウ、ヒメイズイや、木本種のイボタノキ、マユミ、キンギンボク、ハマナスは20%以下の低い結実率を示した。

マユミ、キンギンボク、ヒロハクサフジ、ウンラン、ハマエンドウ、ナミキソウ、エゾカワラナデシコでは、果実の中で種子を食害するガヤゾウムシなどの幼虫が観察され



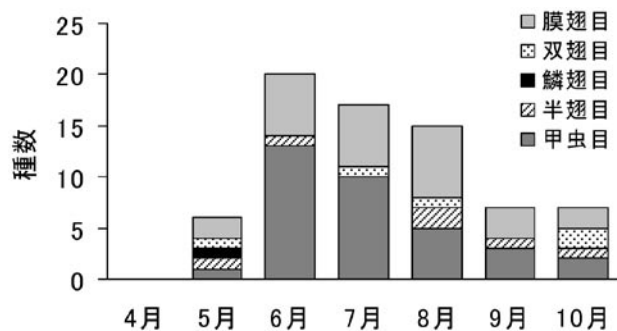


図3 石狩浜の海浜植物における訪花昆虫の出現種数の変化

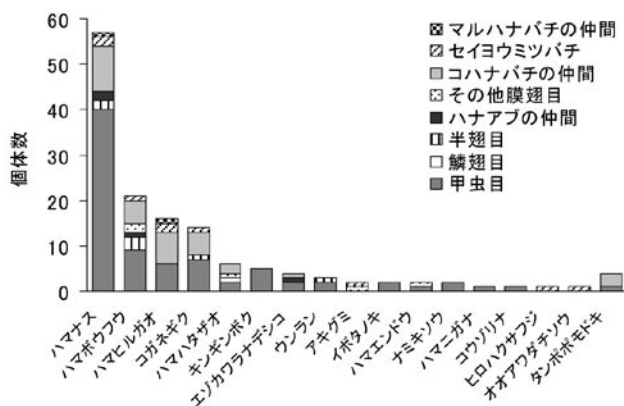


図4 石狩浜の海浜植物で確認された訪花昆虫の個体数

た。果実の食害率は、ウンランで46.7% (2005年) と非常に高く、ヒロハクサフジ、ナミキソウ、エゾカワラナデシコ、ハマエンドウ、マユミでも10%を超える高い値を示した (図6)。また、エゾスカシユリは、2005年に、成熟前のほぼ全ての果実が食害を受けて消失したが、植食者は不明である。

## ② 交配様式

エゾスカシユリおよびイボタノキ (処理花序のみ) は果実の食害により、また、ハマヒルガオはコントロールの結実が得られなかったため、袋掛け実験および受粉実験の結果を比較することができなかった。

袋掛け実験の結果、ナミキソウおよびハマボウフウは、自然状態の結実率と同程度の高い結実率を示した (それぞれ  $p=0.585$ ,  $p=0.181$ ; 図7)。その他の植物については、コントロールの結実率との有意な差が認められた (マユミ:  $p<0.05$ , その他:  $p<0.01$ )。エゾカワラナデシコ、ハマハタザオは、コントロールの50%近い結実率を示したが、他の8種は、袋掛けによって結実率が著しく低下するか、全く結実しなかった。ハマヒルガオ、エゾスカシユリについても、袋掛けを行った花は、結実しなかった。

受粉実験の結果、自家不和合性が認められたのは、7

種のうちハマエンドウのみであった (図8)。しかし、ハマナスについては、自家受粉処理を行わなかったが、花に自家受粉を避ける機構がみられないにもかかわらず、袋掛けによって結実しなかったことから、自家不和合であることが考えられる。ハマヒルガオ、エゾスカシユリについても、自家受粉処理を行った花はほとんど結実しなかったことから、自家不和合であると考えられる。また、ハマハタザオおよびエゾカワラナデシコについては、人工自家受粉によって結実するものの、結実率は有意に低下した ( $p<0.05$ )。一方、他家受粉処理によって結実率がコントロールより明らかに高くなった植物は、エゾカワラナデシコのみであった ( $p<0.01$ )。

## 5 考察

石狩浜砂丘植物群落では、4月下旬から10月下旬までの開花シーズンの間、とぎれることなく様々な植物の開花がみられた。集団レベルで開花のピークを迎える植物は、6月が最も多く、その後減少したが、この傾向は、訪花昆虫の出現種数の季節的变化と一致していた。一方、集団レベルあるいは個体レベルの開花フェノロジーは種間で大きく異なった。

5~6月に多かった比較的短い開花期間をもつ植物は、一斉開花することにより、効率的に訪花昆虫を獲得することができると考えられる。訪花昆虫の少ない4月に開花するイソスミレは、自家和合性があるものの受粉には昆虫の働きを必要とするため、結実率は高くないが、開放花の結実後に閉鎖花をつける。また、イソスミレに次いで開花が早いハマハタザオは袋掛けを行っても結実率が高く、高い自家和合性を示した。従って、両種とも訪花昆虫の不足を自家受粉で補っていると考えられる。

集団レベルの開花期間が長い植物は、ナミキソウを除き、個体レベルの開花期間が短かった。これらの植物のうち、ハマボウフウ、ハマヒルガオ、エゾカワラナデシコは比較的結実率が高かった。ハマボウフウとハマヒルガオでは、いずれも多く訪花昆虫が観察された。また、ハマボウフウとエゾカワラナデシコは、袋掛けを行っても結実率は比較的高く、自家受粉の割合が高いと考えられ、花粉不足を自家受粉によって補っている可能性がある。

ナミキソウは、個体レベルの開花期間を長くすることで、訪花昆虫による受粉のチャンスを大きくしていると考えられる。また、袋掛けを行っても、自然状態の結実率との差がなく、自動的自家受粉を行っていることが示されたが、いずれも結実率は低いという結果が得られた。

一方、他の植物はいずれも自然状態での結実率が低かった。これらの植物は、袋掛けによってさらに著しく結実率が低下したことから、受粉をもつばら訪花昆虫の働きに頼

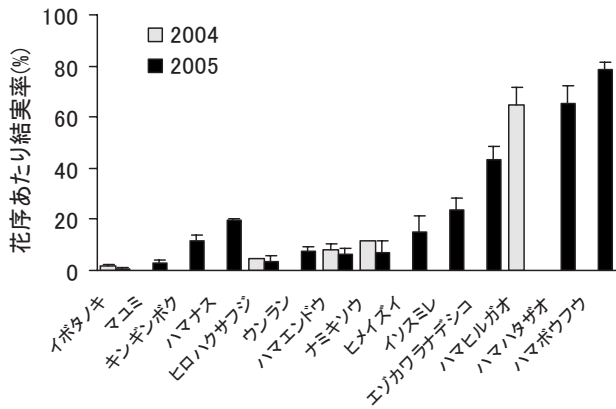


図5 石狩浜海浜植物14種の花序あたり結実率

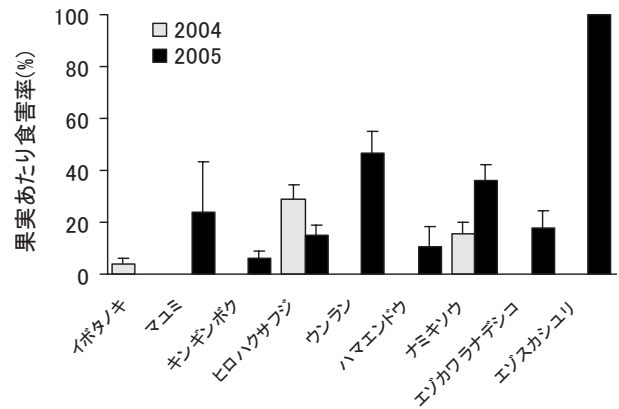


図6 石狩浜海浜植物10種の果実あたり被害率

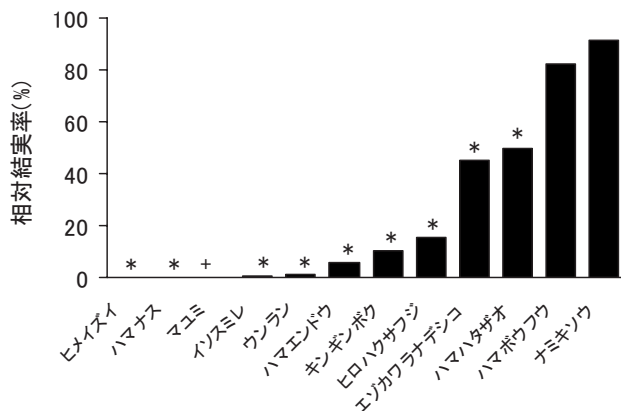


図7 石狩浜海浜植物12種についての袋掛け実験の結果

自然結実率を100としたときの相対結実率を示す。  
+、\*は、コントロールに対して有意水準 $p < 0.05$  及び $p < 0.01$  で差があることを示す。

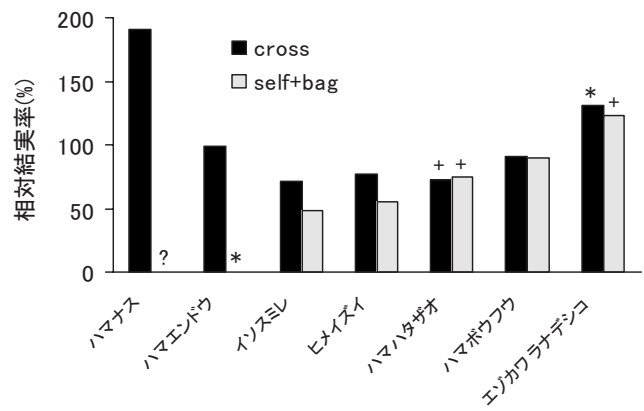


図8 石狩浜海浜植物7種についての受粉実験の結果

cross：人工他家受粉、self+bag：人工自家受粉処理後袋掛け。自然結実率を100としたときの相対結実率を示す。  
ハマナスは自家受粉を行っていない。+、\*は、コントロールに対して有意水準 $p < 0.05$  及び $p < 0.01$  で差があることを示す。

り、他家受粉の割合が高いと考えられる。しかし、確認された訪花昆虫の数はいずれも少なかった。人工他家受粉で結実率の上昇が認められた植物は、エゾカワラナデシコのみであったが、多くの植物が、花粉不足により結実が制限されている可能性も高いと考えられる。

石狩浜の訪花昆虫相は、種数、個体数ともに甲虫目が最も多く確認された。また、植物毎の訪花昆虫の種構成においても、甲虫類の占める割合が高い植物が多かった。石狩浜の植物にとって、甲虫類は重要な訪花昆虫と考えられる。一方、島根県大社砂丘における訪花昆虫相の調査では、膜翅目が種数、個体数ともに圧倒的に多いが、ハナバチ相は貧弱で、また、甲虫類も種数、個体数ともに少なかった<sup>2)</sup>。大社砂丘では、石狩浜には生育していない、ツチバチ科が多く訪花する植物が主要な群落構成種となっているほか、海浜生態系の破壊が進んでいることも指摘されており、これらの要因が、訪花昆虫相の違いにも反映していると考えられる。

石狩浜では、受粉効率が高いとされるハナバチ類のなか

では、コハナバチの仲間が多く観察され、マルハナバチの仲間の観察数は非常に少なかった。北海道浜小清水におけるハナバチ相の調査においては、コハナバチの仲間が最も優占し、次いでマルハナバチの仲間が多く観察されている<sup>1)</sup>。マルハナバチは、ハナバチ類のなかでも学習能力が高く、特に受粉効率が高い訪花昆虫である<sup>5)</sup>。ヒメイズイ、ハマエンドウ、ヒロハクサフジ、コガネギク<sup>3)</sup>、ハマヒルガオ<sup>6)</sup>、コウゾリナ<sup>1)</sup>は、マルハナバチが訪花する植物とされているが、いずれも石狩浜では比較的出現頻度の高い植物である。調査区外では、これらの花を訪れるマルハナバチの仲間が観察されている。また、他のハナバチ類についても、ナミキソウ、ウンラン、ヒロハクサフジでは、調査区外において、コハナバチの仲間やセイヨウミツバチの訪花が観察された。ハナバチ類は行動が天候に左右されるため、週に1度の移動しながらの調査では、ハナバチ媒花植物の開花状況を十分反映した訪花頻度の定量的なデータは得られなかったと考えられる。

ハマナスやハマボウフウでは、他の植物と比較し、種数、

個体数ともに多くの訪花昆虫が観察された。このような傾向は、他の海浜地域でも報告されている<sup>1,2)</sup>。ハマナスは、花のサイズが大きく花弁が筒状に開いているため、花を訪れる昆虫の形態や大きさが制限されないことや、蜜と花粉を多量に供給できること、開花期間が長いことなどの理由によって、多くの訪花昆虫を集めたと考えられる。大型の花を長期にわたって次々と開花するハマヒルガオでも比較的多くの訪花昆虫が観察された。また、ハマボウフウは、小花が密生して大きな花序を作るため、昆虫にとっては効率よく花粉や蜜を集めることができる。ハマボウフウの訪花昆虫として、コモンツチバチが観察されたが、ツチバチ科はハマボウフウの送粉者であることが、皆木らによって報告されている<sup>2)</sup>。また、ハマハタザオとコガネギクの2種は、群落全体の開花シーズンの始めあるいは終わりに大量の花を咲かせるため、訪花昆虫にとっては、他の植物の開花が少ない時期の貴重な蜜源、花粉源となっていると考えられる。

調査を行った15種の植物のうち、9種で種子の食害がみられた(図6)。エゾスカシユリは、2005年の結実直前にほとんどの果実を食害された。また、2003年には、ハマエンドウとハマナスがドクガの食害によって、7月にほとんど開花がみられなかった。集団レベルの開花期間が長い植物の多くは、個体レベルでは開花期間が短く、多くの個体が開花している時期から大きくはずれて開花する個体もみられた。このような個体は、食害による壊滅的な被害を避けることができるのではないかと考えられる。また、イソスミレやハマハタザオにみられる他家受粉に不利な早い時期の開花は、気温の上昇と共に増加する花や果実の食害昆虫を避けるためと考えられる<sup>7)</sup>。

石狩浜砂丘植物群落における種子繁殖は、様々な開花特性を持つ構成種と多様な昆虫との密接な関わりによって成立していることが明らかになった。海浜地域の植生を維持するためには、地域全体を海浜生態系としてとらえ、保全する必要がある。

## 6 謝 辞

開花フェノロジーの現地調査は、多くのボランティアの方々とともに実施した。石狩浜海浜植物保護センターの職員の方々には、開花フェノロジーの詳細調査にご協力いただいた。また、訪花昆虫については、現地調査、標本作製、同定に至るまで、小林英男氏にご協力いただいた。当センター主査 柏崎 昭氏及び北海道大学院農学研究科昆虫大系学教室 研究生 杉島一広氏には、食害昆虫についてご教示いただいた。当センター臨時研究補助員 助野実樹郎氏、同 鈴木有氏、同 村上智子氏には、現地調査及びデータの整理にご協力いただいた。記して、深く感謝申し上げます。

## 7 引用文献

- 1) 福田弘己, 坂上昭一, 山内克典, 松村雄: 東北海道, 浜小清水におけるハナバチ相の生態的調査. 日本生態学会誌, 23, 160-170, 1973.
- 2) 皆木宏明, 前田泰生, 北村憲二: 海浜における送粉生態系の保全に関する研究. 1. 大社砂丘における訪花昆虫の種類とそれらの季節消長. ホシザキグリーン財団研究報告, 4, 139-160, 2000.
- 3) 石狩海浜植物保護センター(編): 石狩浜自然観察ハンドブック. 石狩市, 2003.
- 4) 石狩町・日本データサービス(株): 石狩海浜地区植生調査委託業務. 石狩町, 1989.
- 5) 鷺谷いづみ, 鈴木和雄, 加藤真, 小野正人: マルハナバチ・ハンドブック. 文一総合出版, 東京, 1997.
- 6) 丑丸敦史: 花の性: 両性花植物における自家和合性と自動的自家受粉の進化. 種生物学会(編) 花生態学の最前線~美しさの進化的背景を探る~. pp. 75-95, 文一総合出版, 東京, 2000.
- 7) 矢原徹一: 花の性 その進化を探る. pp. 183-201, 東京大学出版会, 東京, 1995.

**Relationship among flowering phenology, insect visitors and seed-set in a sand dune plant community of Ishikari beech**

**Yoko NISHIKAWA**

**and**

**Hanako NAITOU**

(Ishikari-hama Seasideplants Conservation Center, Ishikari city)

**Abstract**

Surveys on flowering phenology, seasonality of pollinator insects and seed production of insect-pollinated plants were conducted in a sand dune plant community of Ishikari beech, Hokkaido, northern Japan. The purpose of this study is to clarify the reproductive features of sand dune plants in both species and community level. Flowering season of this community lasts about six months from the end of April to the end of October. The number of flowering species rapidly increased in June, and reached the maximum in July. Species which has

flowering peak during May to June generally had a short flowering period, while species whose flowering peak in later season tended to show a longer flowering period. In total, 34 species of flower visiting insects were identified. In these insects, Coleopteran insects were most common, and Halictine bees were second. The species number of pollinator insects reached the maximum in July. Seed-sets highly varied among plant species. Seed production of many species seemed to be restricted by pollen limitation in some extent. Some species having higher seed-set had frequent pollinator visits or were assured by self pollination. Seed predation by insects was a serious problem in many plants. The seed production in this community was strongly influenced by the interaction among flowering phenology, pollinator availability and predation activity.

**Key words:** Ishikari beech, Flowering phenology, pollinator insects, seed-set, seed predation

付図1 石狩浜砂丘植物群落における虫媒花植物の開花期間 (2003年)

科	種	外来種	5			6			7			8			9			10		
			上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
スミレ	イソスミレ <i>Viola grayi</i>		—▼—																	
アブラナ	ハマハタザオ <i>Arabis stelleri</i> var. <i>japonica</i>		—▼—																	
キク	セイヨウタンポポ <i>Taraxacum officinale</i>	●	—			—			—			—			—			—		
マメ	ハマエンドウ <i>Lathyrus japonicus</i> subsp. <i>japonicus</i>		—▼—			—			—			—			—			—		
ユリ	ヒメイズイ <i>Polygonatum humile</i>		—																	
ニシキギ	コマユミ <i>Euonymus alatus</i> forma <i>striatus</i>		—▼—																	
スイカズラ	キンギンボク <i>Lonicera morrowii</i>		—▼—																	
グミ	アキグミ <i>Elaeagnus umbellata</i>		—▼—																	
ナデシコ	オオヤマフスマ <i>Moehringia lateriflora</i>		—▼—			—			—			—			—			—		
バラ	ハマナス <i>Rosa rugosa</i>		—▼—			—			—			—			—			—		
ブドウ	ヤマブドウ <i>Vitis coignetiae</i>		—▼—																	
ニシキギ	ツルウメモドキ <i>Celastrus orbiculatus</i>		—▼—																	
ユリ	エゾスカシユリ <i>Lilium maculatum</i> subsp. <i>dauricum</i>		—▼—																	
ニシキギ	マユミ <i>Euonymus sieboldianus</i>		—▼—																	
バラ	ナワシロイチゴ <i>Rubus parvifolius</i>		—▼—																	
マメ	シロツメクサ <i>Trifolium repens</i>	●	—			—			—			—			—			—		
キク	ハマニガナ <i>Ixeris repens</i>		—▼—			—			—			—			—			—		
ヒルガオ	ハマヒルガオ <i>Calystegia soldanella</i>		—▼—			—			—			—			—			—		
キク	ブタナ <i>Hypochoeris radicata</i>	●	—▼—			—			—			—			—			—		
マメ	ムラサキツメクサ <i>Trifolium pratense</i>	●	—			—			—			—			—			—		
モクセイ	イボタノキ <i>Ligustrum obtusifolium</i>		—▼—																	
セリ	ハマボウフウ <i>Glehnia littoralis</i>		—▼—																	
シソ	ナミキソウ <i>Scutellaria strigillosa</i>		—▼—			—			—			—			—			—		
アカネ	エゾノカワラマツバ <i>Galium verum</i> var. <i>trachycarpum</i>		—▼—			—			—			—			—			—		
マメ	シナガワハギ <i>Melilotus officinalis</i> subsp. <i>suaveolens</i>	●	—▼—			—			—			—			—			—		
キク	コウゾリナ <i>Picris hieracioides</i> subsp. <i>japonica</i>		—▼—																	
キク	ヒメジョオン <i>Erigeron annuus</i>	●	—			—			—			—			—			—		
ナデシコ	エゾカワラナデシコ <i>Dianthus superbus</i> var. <i>superbus</i>		—▼—			—			—			—			—			—		
マメ	シロバナシナガワハギ <i>Melilotus officinalis</i> subsp. <i>albus</i>	●	—▼—			—			—			—			—			—		
キク	ノコギリソウ <i>Achillea alpina</i>		—▼—			—			—			—			—			—		
ゴマノハグサ	ウンラン <i>Linaria japonica</i>		—▼—			—			—			—			—			—		
セリ	ノラニンジン <i>Daucus carota</i>	●	—▼—																	
アカバナ	メマツヨイゲサ <i>Oenothera biennis</i>	●	—▼—																	
マメ	ヒロハクサフジ <i>Vicia japonica</i>		—▼—																	
キク	オオアワダチソウ <i>Solidago gigantea</i> var. <i>leiophylla</i>	●	—▼—																	
キク	エゾモギギク <i>Tanacetum vulgare</i>		—▼—																	
キク	コガネギク <i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>leiocarp</i> forma <i>japonalpestris</i>		—▼—																	

破線は、数は少ないが、開花が見られることを示す。  
▼：集団レベルの開花ピーク。



付図2 石狩浜砂丘植物群落で観察された訪花昆虫とその出現時期（2003年）

目	科以上	種	5			6			7			8			9			10		
			上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
甲虫	カミキリモドキ	モモトカミキリモドキ			■	■	■	■	■	■										
	コメツクムシ	コガタクシコメツク				■	■	■	■											
	ハナノミ	オオクロフナガタハナノミ				■	■	■	■											
	ハナノミ	クロハナノミ				■	■	■	■											
	ハナノミ	クロフナガタハナノミ				■	■	■	■			■	■	■						
	ケシキスイ	クロハナケシキスイ				■	■	■	■			■	■	■	■	■	■			■
	ケシキスイ	キペリチビケシキスイ				■	■	■	■			■	■	■	■	■	■			■
	コメツクムシ	コガタクシコメツク				■	■	■	■											
	ジョウカイモドキ	ツマキアオジョウカイモドキ				■	■	■	■											
	コガネムシ	カタモンコガネ				■	■	■	■											
	キスイモドキ	キスイモドキ				■	■	■	■											
	カミキリムシ	エグリトラカミキリ				■	■	■	■											
	ジョウカイモドキ	クロキオビジョウカイモドキ				■	■	■	■					■	■					
	コメツクムシ	クロコハナコメツク							■	■										
	コガネムシ	ツヤコガネ								■	■									
	コメツクムシ	アカアシコハナコメツク									■	■								
ヒメハナムシ	ヒメハナムシの一種										■	■	■	■	■					
双翅	ハエ	ハエの仲間			■															
	ハナアブ	ヒラタアブの仲間1																		
	ハナアブ	ヒラタアブの仲間2																		
	ハナアブ	ハナアブの仲間																		
半翅	ハナカメムシ	ハナカメムシの一種			■															
	カメムシ	ブチヒゲカメムシ																		
	ナガカメムシ	コバネナガカメムシの仲間																		
膜翅	アリ	アリの仲間			■															
	コハナバチ	コハナバチの仲間1			■															
	コハナバチ	コハナバチの仲間2																		
	コハナバチ	コハナバチの仲間3																		
	ミツバチ	セイヨウミツバチ																		
	ジガバチ	ジガバチの仲間																		
	ミツバチ	ハイロマルハナバチ																		
	コハナバチ	コハナバチの仲間4																		
	ツチバチ	コモンツチバチ																		
鱗翅	シロチョウ	オオモンシロチョウ			■															