

種子繁殖法による早咲きのサクラの  
品種形成に関する研究

Reproductive characteristics of early-flowering cherry  
trees (Sect. *Pseudocerasus*, ROSACEAE)

2016年1月13日

金澤 弓子

KANAZAWA Yumiko

# 目次

I 章 序	1
i . 研究の背景と目的	1
ii . 研究のフロー	8
iii . 本研究で扱う用語	9
II 章 材料及び方法	10
i . 原種候補種の推定	10
1. 既往知見による原種候補種の推定	10
2. 既成品種と原種の生育地	10
(1) 既往知見にみる既成品種と原種候補種の生育地	10
(2) 原種候補種の生育地調査	10
ii . 基準雑種の作出	13
1. 原種候補種の花粉稔性	13
(1) 花粉充実率及び花粉粒径の測定	13
(2) 花粉管発芽率	13
2. 受粉と結実	19
3. 原種候補種と既成品種の種子発芽	22
(1) 原種候補種及び既成品種の種子発芽	22
(2) 種子発芽に及ぼす温度と光、水分条件	23
4. 基準雑種の種子発芽	27
iii . 基準雑種の検証	29
1. 原種候補種と既成品種の種子と葉、花の形態	29
(1) 種子の形態	29
(2) 葉の形態	29
(3) 花の形態	29
2. AFLP 分析による原種候補種と既成品種、基準雑種の遺伝的組成	33
(1) AFLP 分析による基準雑種の検証	34
(2) AFLP 分析による原種候補種、既成品種の位置付け	34
(3) カンヒザクラの植栽個体と野生個体の遺伝的關係	35
iv . 生存率と残存率の算定	37
III 章 結果	38
i . 原種候補種の推定	38
1. 既往知見による原種候補種の推定	38
2. 既成品種と原種候補種の生育地	42
(1) 原種候補種の生育地調査	42

(2)	既往知見による既成品種と原種候補種の生育地	61
ii.	基準雑種の作出	68
1.	原種候補種の花粉稔性	68
(1)	花粉充実率及び花粉粒径の測定	68
(2)	花粉管発芽率	68
2.	受粉と結実	74
3.	原種候補種と既成品種の種子発芽	76
(1)	原種候補種及び既成品種の種子発芽	76
(2)	種子発芽に及ぼす温度と光、水分条件	79
4.	基準雑種の種子発芽	86
iii.	基準雑種の検証	89
1.	原種候補種と既成品種、基準雑種の各部形態	89
(1)	種子の形態	89
(2)	葉の形態	93
(3)	花の形態	95
2.	AFLP 分析による原種候補種と既成品種、基準雑種の遺伝的組成	97
(1)	AFLP 分析による基準雑種の検証	97
(2)	AFLP 分析による原種候補種・既成品種の位置付け	97
(3)	カンヒザクラの植栽個体と野生個体の遺伝的關係	99
iv.	生存率と残存率の算定	109
<b>IV章</b>	<b>考察</b>	<b>111</b>
i.	既往知見及び生育地からみた早咲きのサクラ品種の原種の推定	111
1.	既往知見による既成品種の原種の推定	112
2.	生育地からみた既成品種の原種の推定	115
(1)	既成品種の生育地	115
(2)	原種候補種の分布	115
(3)	既成品種の生育地と原種候補種の分布との関係	117
(4)	小括	118
ii.	基準雑種の作出過程にみる受粉から生長までの特性	123
1.	受粉(花粉稔性)	124
(1)	基準雑種を作出するための原種候補種の花粉稔性の確認	124
(2)	花粉稔性(花粉充実率、花粉粒径、花粉管発芽率)と種・品種の識別	125
(3)	原種候補種の花粉充実率、花粉粒径、花粉管発芽率とその寿命の相互関係	126
2.	結実	128
3.	種子発芽	130

(1) 原種候補種及び既成品種の発芽	130
(2) 種子発芽条件	131
(3) 作出した基準雑種の種子発芽率	133
iii. 形態と遺伝的組成による基準雑種の検証及び早咲きのサクラ品種の原種の推定	138
1. 原種候補種と既成品種、基準雑種の形態の検証	139
(1) 種子の形態	139
(2) 葉の形態	140
(3) 花の形態	140
2. AFLP 分析による基準雑種の検証	145
(1) 原種候補種と既成品種の DNA マーカーを用いた遺伝解析の既往知見	145
(2) 基準雑種の遺伝的組成の検証	145
3. AFLP 分析による早咲きのサクラ品種の原種の推定	148
(1) カンヒザクラとオオシマザクラの雑種	148
(2) カンヒザクラとヤマザクラの雑種	148
(3) 原種の種内変異個体	149
(4) 複数の遺伝的組成を示した品種	149
iv. 作出交雑種（基準雑種）の出来る確率	151
1. 生存率と残存率	151
2. 生存率、残存率に及ぼす受粉から種子発芽までの影響	151
3. 生存率からみる既成品種数の検討	151
v. 既成品種の作出に及ぼす受粉から種子発芽までの諸要因（相互関係）	154
1. 受粉（花粉稔性）と結実率	154
2. 結実率と種子発芽率と生存率	154
<b>V 章 総合考察</b>	<b>156</b>
1. 早咲きのサクラ品種の原種	156
2. 作出交雑種（基準雑種）の作出過程の課題と作出の確率	157
3. 遺伝的組成による基準雑種の検証及び早咲きのサクラ品種の原種の推	157
4. 早咲きのサクラ品種の形態	158
(1) 花粉充実率、花粉粒径と種・品種の違い	158
(2) 種子形態と種・品種の違い	158
(3) 花の形態と種・品種の違い	158
5. 本研究で得られた作出過程における新知見	158
引用文献	160
要旨	168
謝辞	175

## I 章 序

### i. 研究の背景と目的

サクラ属サクラ亜属 (*Prunus*, Subgenus *Cerasus*, 以下サクラ) には、300 以上の観賞用の品種がある (川崎 1993)。多くの品種が生まれた背景には様々な要因が関係していると考えられるが、その要因の一つとしてまずサクラの特性が挙げられる。バラ科樹木の多くは自家不和合性を示すことが知られている (Sassa ら 1996)。サクラについても一般に自家不和合性を示すとされ、いくつかの種においては確認がされてきた (Watanabe and Yoshikawa 1967)。自殖を避け、受粉・結実に他個体を必要とするこの機構がサクラの多様性を生み出す一つの要因と考えられている (Watanabe and Yoshikawa 1967)。その結果、野生種のサクラは形態的な変異が種内で多く確認されている (川崎 1993; 日本花の会 1986; Watanabe and Yoshikawa 1967)。また近年の DNA マーカーを用いた遺伝的組成の解析により、ヤマザクラ (*P. jamasakura*) やオオシマザクラ (*P. lannesiana* var. *speciosa*) では、集団間の遺伝的差異があることが明らかになってきた (Tsuda ら 2009; Kato ら 2011)。

一方、栽培品種のサクラは種間交雑の多い分類群と考えられている (日本花の会 1982; 川崎 1993; 日本花の会 2002; 遺伝学普及会 2006; 鶴田ら 2012a)。例えば国内で広く植栽されている‘染井吉野’ (*P.* × *yedoensis*) は、エドヒガンとオオシマザクラの雑種であると推定されている (竹中 1962; 竹中 1965; Kaneko ら 1986; Innan ら 1995)。

サクラの野生種は、北半球の温帯に分布しており (日本花の会 1982; 川崎 1993)、その大部分が東アジアに産し、分布の中心は中国南西部にあるとされる (川崎 1993)。サクラの野生種は日本には約 9 種が分布するが、中国には約 33 種が分布する (川崎 1993; 中国科学院植物研究所 1986)。これは種数で比較すると日本のサクラは多いとは言えない。しかし、日本の栽培品種数の多さは世界でも類を見ないほどである (川崎 1993)。これは先に述べたサクラの生態的特性に加え、人為的影響も大きいことが予測される。

日本人がサクラの花を観賞する習慣は古くからあったといわれている。奈良時代には鑑賞を目的として野生のサクラが庭園に植栽されたという記録がある (日本花の会 1982)。平安時代初期の弘仁 3 年 (812 年) には嵯峨天皇による今日の観桜会の始めと伝えられる花見が催され、このために多くのサクラが植えられたといわれている (日本花の会 1982)。これらの記録から、サクラは都を中心とした鑑賞の場において千年以上も昔から人為的に集められていたと考えられる。これは他個体との交配、あるいは自然環境下では発生しづらい種間の交配が起こりやすい環境であったとも考えられる。

その後、サクラの品種は江戸時代に飛躍的に増加したとされるが、明治時代までに多くが消失したといわれている (日本花の会 1982)。しかし、明治 19 年 (1886 年) に江北村 (現東京都足立区) 村長の清水謙吾がこうしたサクラを集めて荒川堤に 78 種類を

植栽したように（東京府 1931；森林総合研究所 2013）、江戸時代に出現した品種の一部はその後も保存され、現在も残っているものもあるとされる（本田・林 1974；日本花の会 1982；大場ら 2007）。

こうした昔からある品種を保存するだけでなく、現在も新しい品種の作出、育成は続いている。種苗法に基づく農林水産省の品種登録制度（<http://www.hinsyu.maff.go.jp/>, 2015年12月20日参照）では、サクラの登録は1981年から始まり、2015年現在までに既に育成者権が消滅した品種も含めると55品種が登録されている。サクラの品種はこのような経緯から長い年月の間に新たな作出や消失が繰り返されてきたことがうかがわれる。

その一方で、品種の多さは識別などで混乱も引き起こしている。サクラでは研究者により同種か変種か扱いが異なったり、複数の品種名を持ったりするものが多数存在している（大井・太田 1973；本田・林 1974；日本花の会 1982；川崎 1993；遺伝学普及会 2006）。

近年、数多くのサクラ品種について、DNA マーカーを用いた遺伝的組成の解析が行われている（Kato ら 2012；Kato S ら 2014）。それにより今まで識別が難しかった栽培品種においても系統関係の解明が進んできた。しかし、いつ、どこで、どのような個体から現存する品種が生まれたのかという記録は断片的なままである。また実際に品種が作出される際の種間の交配和合性の有無や、種子稔性の報告は限られており、それぞれの品種の作出過程に関しては不明な点も多い。

早咲きのサクラ品種は国内で最も普及している‘染井吉野’よりも1~3ヶ月程度早く咲くサクラであり、開花期の特性から話題にされることが多い。特に静岡県南伊豆地域において注目され、この地域の観光資源として重要な役割を担っている。例えば、2月中旬~3月上旬に満開となる‘河津桜’（*P. × kanzakura* cv. *Kawazu-zakura*）は、同地域河津町の「河津桜まつり」や南伊豆町の「みなみの桜と菜の花まつり」といった花見のイベントの対象となっており、毎年100万人近い人々が訪れる（静岡県 2014）。同じく伊豆半島の熱海市では、‘熱海桜’（*P. × kanzakura* cv. *Atami-zakura*）がウメ（*P. mume*）と同時期に咲く早咲きのサクラとして注目されている。‘熱海桜’は1920年代から市内で普及され（内田 1977）、その花の観賞価値が植物学者の牧野富太郎に評価されるなど（佐藤 1961）、古くから市民や観光客に親しまれてきた（図 I-1）。最近では、‘河津桜’をはじめとした早咲きのサクラを対象とした催し物が、千葉県や神奈川県三浦半島などの温暖な地域で盛んに行われている（図 I-2~図 I-8）。

本研究では‘染井吉野’の開花期（4月上旬、東京）を基準に、それより早い時期に咲くサクラを早咲きのサクラ品種とし、研究対象とした。‘染井吉野’は全国で広く植栽されており最も一般的なサクラであるとともに、クローンである（Innan ら 1995；Iketani ら 2007）。このことから生育場所が同じ場合にはほぼ同時期に開花する特徴を持つため（川上ら 2009；小元・青野 1990）、比較をする際の開花期の基準となる。

早咲きのサクラ品種の多くは、開花期が早く花が濃い紅色を呈するなどの特性を持っている。これはカンヒザクラ (*P. campanulata*) にも共通する。そのため、カンヒザクラは原種の一つとして早咲きのサクラ品種の形成に関与したものと考えられている (本田・林 1974 ; 川崎 1993 ; 日本花の会 1982)。カンヒザクラは江戸時代前期の延宝9年 (1681年) に園芸家である水野元勝の「花壇綱目」の中で「ひ桜」と表記があり (日本花の会 1982)、本州には江戸時代に伝わったとされる。またカンヒザクラが原種と推定される品種の多くは、明治時代以降、昭和になってから作出、発見されている (本田・林 1974 ; 川崎 1993 ; 日本花の会 1982)。前述の「熱海桜」はその中でも古く、明治初年 (1868年) に熱海市へ導入された記録がある (内田 1977)。また前述の荒川堤の桜においても、カンヒザクラ系統とされる「寒桜」 (*P. × kanzakura*)、*「薩摩寒桜」 (P. kanzakura 'Satsuma-kanzakura'*, 大井・太田 1973) が植栽された記録がある (東京府 1931)。そのためこれらは比較的早くから存在する品種であると考えられる。

カンヒザクラは鐘形の濃紅紫色の花で、沖縄では1月下旬から開花する (図 I-9)。またカンヒザクラは、その観賞価値だけでなく、品種改良の際に濃い花色を求める素材としても重要であると指摘されている (日本花の会 1986)。

海外でも、日本のサクラは人気のある花木の一つである。中でも八重咲きの「関山」 (*P. lannesiana* cv. *Sekiyama*) など紅色の濃い華やかな印象のある品種の人気が高い (本田・林 1974)。明治から昭和にかけて活躍したイギリスのサクラの収集・育種家であるコリングウッド・イングラムは、実際にカンヒザクラを原種に用いて紫紅色の花が咲く「オカメ」 (*P. campanulata* × *P. incisa*, 日本花の会 2002) の作出を行っている (Meyer and Lewandowski 1985)。他にも「クルサル」 (*P. 'Kursar'*) などの花色の濃い早咲きのサクラ品種の作出も行っている (大場ら 2007 ; 日本花の会 2002)。アメリカでは近年カンヒザクラ系統の品種として、「Dream Catcher」や「First Lady」などの複数の品種を育種している。これらの直立する樹形や濃い花色などが優れた特性として挙げられ、街路樹等への利用が期待されている (Pooler 2007 ; Pooler 2013)。

新たな品種に期待が高まる一方で、サクラ品種は一般的に短命のものが多いといわれている。これは早咲きのサクラも例外ではなく、カンヒザクラ系統のサクラを含んだ早咲きのサクラでは幼果菌核病の罹病率が高いという報告もある (長谷川ら 2010)。従って新たな早咲きのサクラ品種の作出は観賞および緑化材料としての観点から極めて重要である。品種の増殖には無性繁殖としての組織培養法などもある。しかし、現存する品種がいかんして形成 (作出) されたのかを解明するためにも、まずは作出が可能であるか、有性生殖による品種形成について検討を行う必要がある。

そこで本研究では、既に観光資源や園芸材料として注目されてきた早咲きのサクラ品種の作出する過程の繁殖 (有性繁殖) に関する諸問題について究明するため、代表的な早咲きのサクラ品種に類する個体を実際に交雑試験によって作出した。この作出個体を基準雑種とし、これによって基となった原種や既成品種との比較検討を可能に

し、原種推定の可能性を検討した。そして基準雑種を作出する際に生じる課題や割合を求めると共に、作出された基準雑種から、従来及早咲きのサクラ品種（種、あるいは個体）とその原種の遺伝的組成を明らかにすることを目的とした。





図 I-1 代表的な早咲きのサクラ品種

(左：‘河津桜’ *P. × kanzakura* cv. Kawazu-zakura、右：‘熱海桜’ *P. × kanzakura* cv. Atami-zakura)

神奈川県足柄上郡松田町（河津桜）  
まつだ桜まつり  
松田町ホームページより (<http://town.matsuda.kanagawa.jp/>)



図 I-2

神奈川県三浦市（河津桜）  
三浦海岸桜まつり  
三浦市ホームページより (<http://www.city.miura.kanagawa.jp/>)



図 I-3

静岡県焼津市（河津桜）  
焼津さくらマップ  
焼津市観光協会ホームページより (<http://www.yaizu.gr.jp/>)



図 I-4

静岡県熱海市（熱海桜）  
あたま桜パンフレット：熱海でひと足早い春に会う  
熱海市ホームページより (<http://www.city.atami.shizuoka.jp/>)



図 I-5

静岡県河津市（河津桜）  
河津桜まつり  
河津町まつりホームページより (<http://www.kawazu-onsen.com/sakura/>)  
伊豆・河津温泉郷 河津町観光協会



図 I-6

静岡県賀茂郡南伊豆町（河津桜）  
みなみの桜と菜の花まつり  
南伊豆町観光協会ホームページより (<http://www.minami-izu.jp/>)



図 I-7

神奈川県小田原市（おかめ桜）  
根府川おかめ桜まつり  
小田原市観光協会ホームページより (<http://www.odawara-kankou.com/>)



図 I-8

図 I-2～図 I-8

各地の早咲きのサクラのイベントのちらし



図 I-9 多くの早咲きのサクラ品種の原種と推定されているカンヒザクラ *P. campanulata*

## ii. 研究のフロー

本研究では、従来の早咲きのサクラ品種に類する個体を得るために、実際に交雑を行った。交雑し、結実、発芽した個体を基準雑種とし、指標として研究を進めた。以下に研究のフローを示す（図 I -10）。

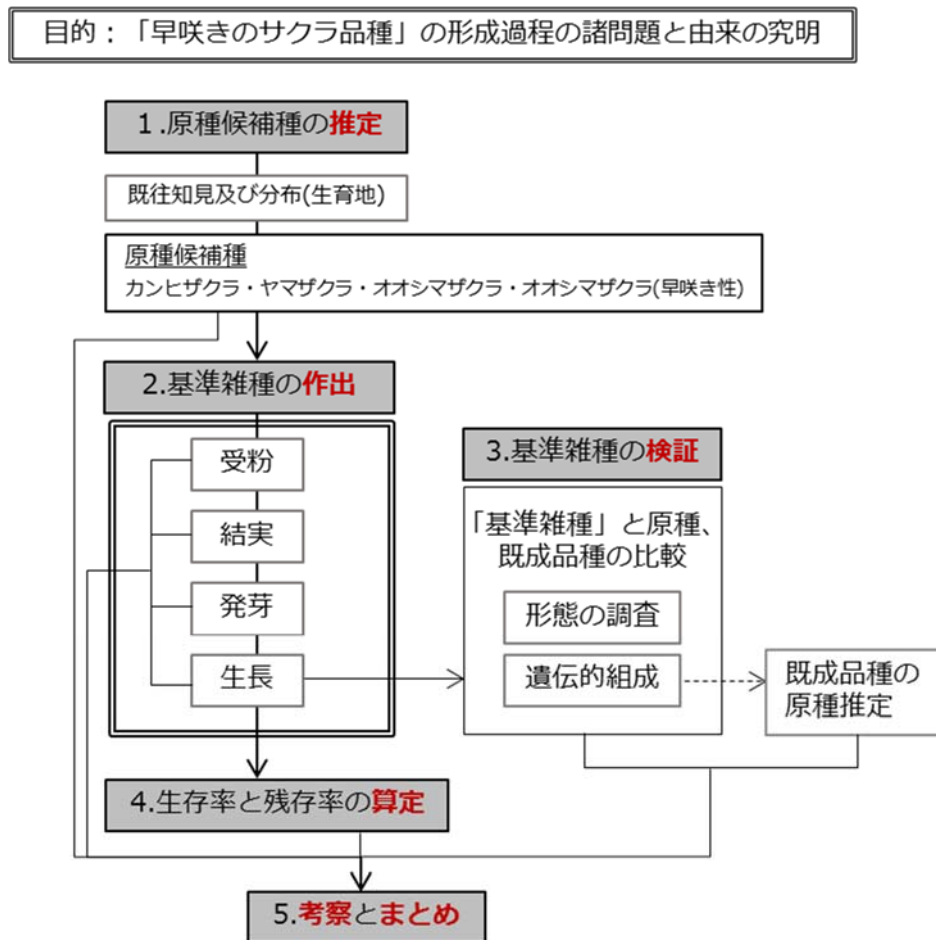


図 I -10 研究のフロー

### iii. 本研究で扱う用語

本研究で扱うサクラの名前(和名)の表記は、野生種と品種の判別が理解しやすいように、野生種はカタカナ、品種は引用符をつけ漢字で示した。例えば野生種の場合、「ヤマザクラ」と記し、品種の場合は「‘染井吉野’」と記した。現在のサクラの学名(属名)には、分類方法の見解の違いなどから *Prunus* または *Cerasus* の双方が使用されているが、本研究では川崎(1993)にならい、広く扱われてきた古典的な *Prunus* とした。

本研究で用いた用語とその定義について表 I-1 に示す。

表 I-1 本研究で用いた用語とその定義

---

<b>遺伝的組成</b> ：	どのような種、あるいは種以下の集団の遺伝子を、どのくらいの割合で保持しているのか、遺伝マーカーを用いた遺伝的多様性の解析の結果から推定される遺伝構造のこと。遺伝子のパターンとして示され、ある特定の遺伝子や遺伝子の機能を表すものではない。
<b>花粉親</b> ：	日本花粉学会(2002)に従い、雑種を得ようとする交配をするときに、父親(花粉提供側)に使う植物を指す。
<b>花粉充実率</b> ：	日本花粉学会(2002)に従い、観察花粉数に対して形態的に正常(稔性)な花粉の比率を指す。
<b>花粉稔性</b> ：	日本花粉学会(2002)に従い、花粉充実率、花粉粒径、花粉管発芽率を評価したものを指す。
<b>基準雑種</b> ：	本研究で交配試験により作出した雑種。すなわち交配組合せの種子親と花粉親が判明している。本研究で根幹となる指標となる雑種である。
<b>既成品種</b> ：	従来の早咲きのサクラ品種(自然環境下で出現したもの及び人為作出によるもの)を示す。
<b>原種</b> ：	八杉ら(1997)に従い、品種、栽培種の基となる(成立に関与する)種であり、種子親、花粉親となる種を指す。
<b>原種候補種</b> ：	原種の候補として推定される種。
<b>作出</b> ：	新しい雑種個体を「作り出すこと」を示す。法制上の「登録」の意義は含まれていない。
<b>残存率</b> ：	基準雑種の作出のために授粉を行った花の数[A]に対して、結実、種子発芽を経て、種子発芽後4年現在生存(残存)している個体数[X]の割合をいう $[A/X*100(\%)]$ 。
<b>種子親</b> ：	日本花粉学会(2002)に従い、雑種を得ようとする交配をするときに、母親(胚嚢側)に使う植物を指す。
<b>生存率</b> ：	交配し結実した果実数(種子数)[B]に対する、種子発芽後4年現在生存している個体数[X]の割合をいう $[B/X*100(\%)]$ 。
<b>早咲きのサクラ品種</b> ：	‘染井吉野’の開花期を基準に、それよりも早く咲くサクラの品種を示す。‘染井吉野’の開花が一般的ではない地域(沖縄など)では、他のサクラに比較し「早咲き」の記述が認められた品種とした。また、サクラには、変種、雑種の分類が厳密に判断されていないものも多い。変種を選抜したものの中には、品種として扱われている場合もある。本研究では変種、あるいは雑種かどうか不明なものについても、開花期が早期であることが明示されていたものは、まとめて早咲きのサクラ品種として扱った。
<b>繁殖</b> ：	八杉ら(1997)に従い、自然環境下における結実、散布、発芽の段階をいう。

---

## II 章 材料及び方法

### i. 原種候補種の推定

既往知見より、本研究の対象となる早咲きのサクラ品種（既成品種）を選定した。各既成品種の系統に関する情報を集め、それらの原種候補種を調べた。また、既成品種、原種候補種の生育地に関する知見を整理し、ヤマザクラ、カンヒザクラ等の生育地に不明点のあった原種候補種の生育地を現地踏査によって確認した。現地踏査の結果と既往知見をまとめ、既成品種と原種候補種の生育地を比較した。これらの既往知見及び生育地の調査の結果から、既成品種と原種候補種を推定し、既成品種に類する個体の作出の際に交雑に用いる原種を決定した。

#### 1. 既往知見による原種候補種の推定

既成品種はどのような原種が基になっているのかを、形態による分類や人為交配に用いたとされる種の記録などから調べた（三好 1980；大井・太田 1973；本田・林 1974；日本花の会 1982；日本花の会 1986；川崎 1993；村田 1997；日本花の会 2002；遺伝学普及会 2006；大場ら 2007；遺伝学普及会 2011；農林水産省品種登録 <http://www.hinsyu.maff.go.jp/>）。対象とした既成品種の中には、開花期が長く‘染井吉野’と一部開花期が重なるものもみられた。その場合は、開花期の始まりが‘染井吉野’より明らかに早い時期であると確認できたものを本研究の対象とした。文献のうち‘染井吉野’の記載がなかったもの、あるいは‘染井吉野’が開花しない地域の品種では、開花期が「早咲き」と記載が確認できたものを既成品種とした。いくつかの品種については文献によって開花期が異なっていた。この場合、いずれかの文献によって「早咲き」と確認できたものは、本研究の対象とした。

#### 2. 既成品種と原種候補種の生育地

既成品種の多くは雑種であることが示唆されている（日本花の会 1982；川崎 1993；日本花の会 2002；遺伝学普及会 2006）。またこれらは、後述するように人為的に作出されたものだけでなく、自然雑種と考えられる品種も少なくない（III 章）。

鶴田ら（2012b）は‘染井吉野’と野生種のサクラとの交雑の多くが比較的近距离で起こっていることを述べている。早咲きのサクラ品種についても、その多くは原種の近くで出現した、あるいは作出された可能性が高い。すなわち原種候補種と既成品種の地理的關係を見ることが原種をある程度推定できる資料になると考えた。そこで本項では、既成品種とその原種候補種の現地踏査と文献調査によって生育地の地理的關係を見た。

##### (1) 既往知見にみる既成品種と原種候補種の生育地

前項 1「既往知見による原種候補種の推定」で対象とした既成品種のうち、品種の出現や作出、栽培について場所の記載があるものを確認した。また既成品種と原種候補種として挙げられていた野生種についても既往知見から分布の確認を行った。

##### (2) 原種候補種の生育地調査

### ①台湾及び沖縄県におけるカンヒザクラの生育地

川崎 (1993)、日本花の会 (1982 ; 1986) によれば、カンヒザクラは中国及び台湾原産の野生のサクラとされる。日本の石垣島に生育するカンヒザクラは中国や台湾に分布するカンヒザクラの栽培したものが逸出したとする説 (初島・天野 1977 ; 三好 1980) と、日本の野生種ととらえる説 (林 1980) がある。また、カンヒザクラは花の形態 (花の色や大きさなど) に個体差が大きいという報告がある (日本花の会 1986 ; Zhang 2008)。さらに、台湾と日本の沖縄に生育するカンヒザクラでは花の形態 (花の開き方など) に違いがあるとして、沖縄の個体を '琉球寒緋桜' として区別することもある (林 1980)。

以上のように、原種候補種として挙げられるカンヒザクラは、日本での分布や個体変異について不明な点が多い。そこで、生育環境及び個体変異について把握するため、台湾及び沖縄にて現地調査を行った。また、この調査時に採取した花と葉は、後述する II 章 iii 項の [基準雑種の検証] における形態調査及び AFLP 分析の実験に用いた。

調査は 2013 年 2 月 25 日～3 月 1 日に台湾の台中の山地において、2015 年 2 月 1 日～2 日に沖縄県石垣市及び国領郡本部町八重岳にて行った。生育地は、実測した GPS データ及び RiChi Technology Inc. の Taiwan Contour Map のデータ (<http://www.richitech.com.tw/>) 及び地理院地図データ (地理空間情報ライブラリー <http://geolib.gsi.go.jp/>) を用いて地図上に示した。

### ②山梨県及び福島県における原種候補種の生育地

前項 1 「既往知見による原種候補種の推定」より、既成品種 of 原種候補種として野生種 7 種 (カンヒザクラ、シナミザクラ、エドヒガン、ヤマザクラ、オオシマザクラ、マメザクラ、キンキマメザクラ) が挙げられた。またこのうちオオシマザクラの自然分布は局所的であるが、ヤマザクラ、エドヒガンは国内に広く分布し、2 種の分布は一部で重なりがあると考えられている (川崎 1993 ; 日本花の会 1982)。既往知見によると、エドヒガン系統とヤマザクラ系統の既成品種の数ほとんど変わらない。しかしエドヒガン系統の既成品種にはカンヒザクラとの交雑により出来た雑種と推定されるものは確認できなかったのに対し、ヤマザクラ系統ではそのほとんどがカンヒザクラとの交雑によりできた雑種として推定されていた (III 章)。サクラの交雑の成功は、個体間の距離や個体の大きさ (胸高直径) によって影響されるとの報告があることから (鶴田ら 2012b)、分布が重なる場合もあるとされる 2 種の生育地及び生育環境の詳細な把握によって既成品種が生じる交雑の起こる可能性を推定した。

ヤマザクラとエドヒガンが同地域内で生育しており、ヤマザクラの分布が北限に近いと予測できた山梨県及び福島県で、2 種の生育地を確認した。特に本研究では、より長く生育してきた巨木を調べることによってより確かなサクラ各種の生育地を把握できるものとして、巨木を対象に調べた。サクラは一般に陽樹であり二次林に生育することが知られるが、中には数百年、あるいは千年の樹齢を越えるといわれる長寿のサクラも存在する。老木・名木といわれるサクラは人々によって大切に保護されてきたと考えられている (岩崎ら 2001 ;

本間 2008 ; 渥美ら 2011)。サクラの品種形成には人為も大きく影響すると考えられることから、生育地での人とサクラとの関わりについても調べた。調査対象の巨木のサクラは、環境庁 (1991) の定義に従い「地上から約 130cm の位置での幹周 (囲) が 300cm 以上のサクラ」とした。地上から約 130cm の位置において幹が複数に分かれている場合には、同定義に従い、主幹の幹周が 200cm 以上あり、複数の幹の幹周の合計が 300cm 以上のものを対象とした。調査に当たっては、日本さくらの会 (2002 ; 2003) による全国における巨樹・巨木林一覧のうち、該当する県の一覧を基本に、文献情報を加えリスト化した。このリストを基に、2005 年 9 月 17 日～2009 年 8 月 22 日に現地調査を行い、それぞれの巨木の①生育場所、②通称名、③種、④幹周、⑤健全度、⑥周囲環境、⑦標高、⑧緯度、経度を調べた。



## ii. 基準雑種の作出

本研究では前項 i の「原種候補種の推定」の結果（Ⅲ章-1）に基づき、実際に早咲きのサクラを作出し、その過程、すなわち生活史に従う受粉（交雑）、結実、種子発芽、生長の各過程における諸問題を明らかにするとともに、交雑して出来た個体を指標として既成品種や原種との関係を調べた。この実際に作出した個体を本研究では基準雑種と呼び、後述する 3 項の基準雑種の検証において、既成品種の原種を推定するための指標として用いた。基準雑種の作出にはカンヒザクラ、ヤマザクラ、オオシマザクラ、オオシマザクラ（早咲き性）の 4 種を用いた。これらの種の概要を川崎（1993）より引用し表Ⅱ-1 に示す。

## 1. 原種候補種の花粉稔性

受粉の段階では、交雑したときの原種の受精能力が種子生産において重要となる。夏ら（1986）はサクラについて、吉田ら（2012）はサクラソウ（*Primula*）について、花粉稔性は受精能力を予測することに役立つとしている。上田（1994）は、バラ属（*Rosa*）の植物における品種改良の重要な要因の一つは花粉稔性であると報告している。また、花粉の形態は品種や種で異なる傾向があるとされる（岩崎・神田 1988；岩崎 1990；染郷ら 2004）。そこで、前項 i の「原種候補種の推定」を受け、後述する交雑に用いる原種候補種の①花粉充実率及び花粉粒径、②花粉管発芽率を調べた。調べた花粉は、対象木から咲く直前の十分に膨らんでいるつぼみから採取した。採取後、葯のみを薬包紙に取り、シリカゲルを約 15g 入れた直径 4.3cm、高さ 7.5cm の円筒形の密閉容器に入れ、5℃下（恒温槽）に保存した。花粉稔性調査に用いた材料は表Ⅱ-2 に示すとおりである。

### (1) 花粉充実率及び花粉粒径の測定

保存していた花粉の、2～3 つの葯をスライドガラスに載せ、その上に酢酸カーミン液を 1 滴垂らし、ピンセットで花粉を葯から出すように広げた。その後、葯のみを取り除き、再度、酢酸カーミン液を 1 滴垂らし、カバーガラスを載せた。花粉が染色されるまで 10 分待ち、100 倍で観察し光学顕微鏡に取り付けたデジタルカメラで撮影した（図Ⅱ-1）。

#### ①花粉充実率

花粉の大きさや形に異常がなく、原形質がすみずみまで均質に濃染するものを正常（稔性）花粉とし、原形質が部分的、不均質に染まるもの、あるいは全く染まらないものを異常（不稔性）花粉とした。200 粒の観察花粉数に対する正常花粉数の割合を求め、花粉充実率とした。

#### ②花粉粒径

200 粒の正常花粉の最大直径を測定し、花粉粒径とした。その花粉粒径の出現頻度を 5µm 段階に分け、花粉曲線で示した。

### (2) 花粉管発芽率

花粉を寒天培地（グルコース率 8%）にのせ恒温槽にて 24 時間静置し、その後、光学顕微鏡で観察した。また、花粉の直径以上の大きさに花粉管が伸長したものを花粉管の発芽とし

た。花粉管発芽率は、約 900 粒の花粉に対する花粉管の発芽が認められる花粉数の割合とした (図 II-2)。花粉管発芽率は後述する①~③の各項目の検討において、一般化線形混合モデル (GLMM : Generalized Liner Mixed Model) による統計解析を行い、この時個体をランダムファクターとして組み込んだ。応答変数の確率分布は二項分布を仮定し、赤池の情報量基準 (AIC : Akaike' s Information Criterion) に基づくモデル選択を行った。これらの解析には、統計解析ソフト R version 3.0.2 を用いた。

#### ①温度条件の検討

調査個体及び採取日が同じ花粉を用いて、10、20、25、30℃の恒温下で花粉管発芽率の測定を行った。

#### ②種間差の検討

種または個体により花粉管発芽率に差があるのか否かを確認するため、カンヒザクラ、ヤマザクラ、オオシマザクラ、オオシマザクラ (早咲き性) の原種候補種 4 種について、20℃の恒温下で花粉管発芽率を求め比較した。

#### ③保存期間の検討

カンヒザクラ、ヤマザクラ、オオシマザクラ、オオシマザクラ (早咲き性) の 4 種の開花期は異なる (図 II-3)。これら 4 種間では、個体や年によって開花期の変動はあるものの、通常であればヤマザクラとオオシマザクラが後に開花する。このことから、開花期が後となる種の花粉を交雑に用いようとした場合、10 ヶ月程度の保存が必要となる。既成品種には人為交配により作出された品種も存在する (Ⅲ章)。従って、花粉の長期保存による交配の可能性も検討する必要があると考えられた。そこで、異なる保存期間に置いた花粉の花粉管発芽率を求め、長期保存による花粉の受精能力の変化を調べた。特に原種候補種のうち、保存が必要になると考えられる種、すなわち開花期の遅いヤマザクラ、オオシマザクラについて調べた。花粉採取後 4 ヶ月と 9 ヶ月保存した場合の花粉管発芽率を比較した。

表 II-1 基準雑種の作出に用いた原種候補種 4 種の概要

種	分布	花の特徴	開花時期	開花期間※
カンヒザクラ <i>Prunus campanulata</i> Maxim.	亜熱帯の山地 中国南部、台湾北中部、ベトナム、日本（石垣島）	濃紅紫色 花は下垂する	1 月下旬（沖縄） 3 月中旬（東京）	25 日間
ヤマザクラ <i>Prunus jamasakura</i> Sieb.	低山地～平地 日本南半部（宮城以南、新潟以南）、済州島、朝鮮半島	白色～淡紅色 花弁の色には変異が見られる	4 月上旬（東京）	14 日間
オオシマザクラ <i>Prunus lannesiana</i> Wils. var. <i>speciosa</i> Makino	暖帯の沿岸地 伊豆諸島、房総半島、三浦半島	白色 香りが強く、大型	3 月下旬（伊豆） 4 月上旬（東京）	17 日間 （変動が大きい）
オオシマザクラ（早咲き性） <i>P. lannesiana</i> var. <i>speciosa</i> cv. <i>Kanzaki-ohshima</i>	詳細は不明 オオシマザクラの生育場所（野生、栽培問わず）に散見する	白色 オオシマザクラに比較し花期が早い	2 月上旬（静岡）	詳細は不明 （おおよそ 20 日間）

川崎（1993）より引用。 ※開花期間は石井（1990）を参考とした。但しオオシマザクラ（早咲き性）は著者の観察による。

表Ⅱ-2 花粉稔性調査に用いた材料

種、品種	生育場所(採取地)	花粉の採取	記号	使用した実験および観察(測定)		
				花粉充実率	花粉粒径	花粉管発芽率
カンヒザクラ	茨城県結城市田間	2007年3月8日	結城カ①07	○	○	-
	静岡県熱海市海光町	2007年2月25日	海光カ07	○	○	○
		2008年2月22日	海光カ08	○	○	○
	静岡県田方郡函南町	2008年3月25日	函南カ08	○	○	○
	東京都稲城市坂浜	2007年3月10日	稲城カ①07	○	○	-
	東京都世田谷区成城	2007年2月15日	世田谷カ07	○	○	-
ヤマザクラ	神奈川県横浜市(四季の森公園)	2008年4月4日	四季ヤ③08	-	-	○
	東京都世田谷区砧(砧公園)	2008年4月10日	砧ヤ08①~⑥	-	-	○
	東京都世田谷区上用賀	2007年3月31日	用賀ヤ07	○	○	-
オオシマザクラ	神奈川県横浜市(四季の森公園)	2008年4月1日	四季オ08	-	-	○
	東京都世田谷区砧(砧公園)	2008年3月27日	砧オ08①~⑥	-	-	○
	東京都世田谷区上用賀	2007年3月5日	用賀オ07	○	○	-
オオシマザクラ(早咲き性)	静岡県熱海市和田浜南町	2007年2月19日	早咲オ07	○	○	-
		2008年2月24日	早咲オ08	○	○	○

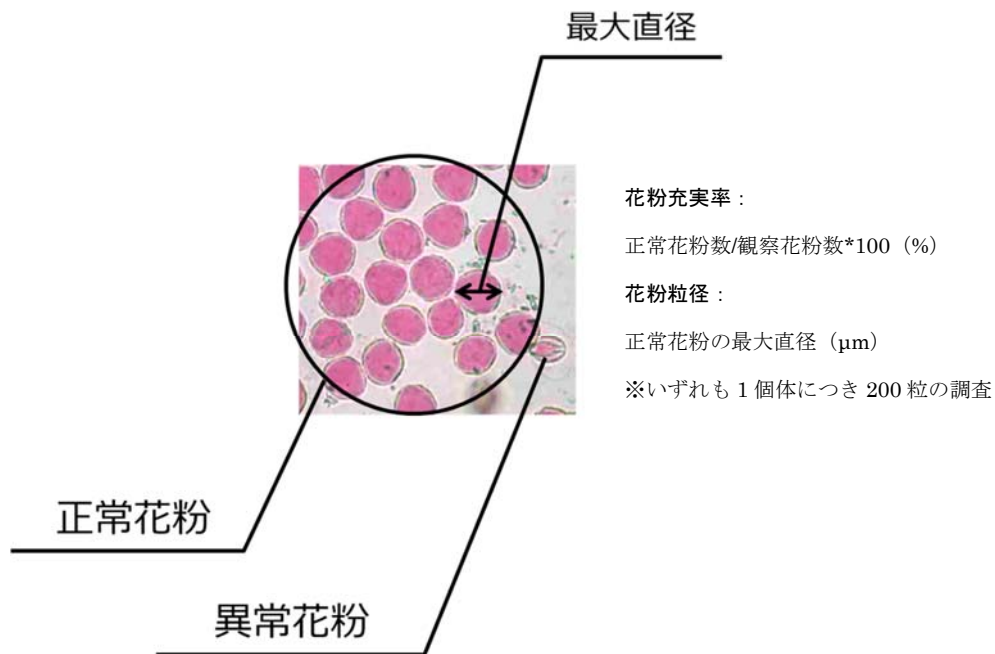


図 II-1 花粉充実率および花粉粒径の測定の概要

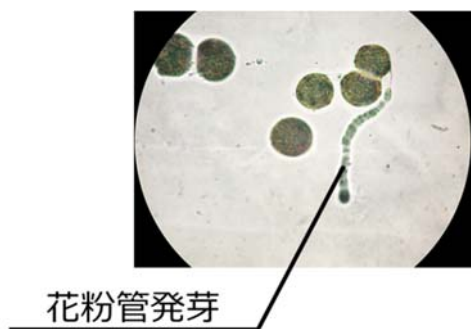


図 II-2 花粉管発芽の様子

種名	1月	2月	3月	4月
カンヒザクラ	◆.....(沖縄).....◆	◆————◆	◆————◆	◆————◆
ヤマザクラ			◆————◆	◆————◆
オオシマザクラ			◆————◆	◆————◆
オオシマザクラ(早咲き性)		◆.....(静岡).....◆		

□ ‘染井吉野’ の開花期（関東）

実線は関東での開花期を示す

石井（1990）をもとに作成 ※但し、オオシマザクラ（早咲き性）を除く

図Ⅱ-3 花粉稔性を調査した原種候補種4種の開花期

## 2. 受粉と結実

前項 i 「原種候補種の推定」を受けて基準雑種を作出するために用いる原種を決定した。既往の知見によれば、カンヒザクラは既成品種の中として最も多くの品種で挙げられており、また早咲きの性質や濃い紅色の花の特徴、生育地が暖地であることなどから最重要候補種とした。そこで交雑する際にはカンヒザクラを原種とすることを基本とした。

基準雑種を作出するためには2種の原種が必要となる。前項 i 「原種候補種の推定」によれば、①カンヒザクラ系統では、最も古い記録が残る既成品種は‘熱海桜’、‘寒桜’であった。これらはカンヒザクラとヤマザクラの雑種であると推定されていた。また②カンヒザクラとオオシマザクラの雑種と推定される既成品種が最も多い数で確認された。③オオシマザクラが原種と推定される既成品種では、早咲き型のオオシマザクラとして推定されていた品種も多かった。そのためカンヒザクラとオオシマザクラ（早咲き性）の交雑も検討する必要があると考えられた。

そこで本項ではカンヒザクラを原種とし、もう片方の原種には①ヤマザクラ、②オオシマザクラ、③オオシマザクラ（早咲き性）の3種を用いて正逆6通りの種の組合せで交雑試験を行った。

交雑試験はカンヒザクラ 10 個体、ヤマザクラ 4 個体、オオシマザクラ 4 個体、オオシマザクラ（早咲き性）1 個体を用い、2007 年 2～4 月、2008 年 2～4 月、2009 年 2～3 月に実施し、合計 27 個体で行った。交雑試験に用いた材料の一覧を表 II-3、交雑試験で掛け合わせた原種の組合せ（種と個体）と交雑試験日を表 II-4 に示す。

開花直前のつぼみが膨らんだ花を選定し、葯を取り除き柱頭に筆で花粉増量剤（石松子）を混ぜた花粉を受粉させた。花粉増量剤と花粉は、3 : 1 の割合で混ぜた。受粉後は他の花粉が付着しないように紙袋をかぶせ、さらにメッシュネットをかぶせた。交雑試験はいずれの日も一般的に受粉に適しているといわれる早朝～午前中に行った。

なお、結実率は前項 1 「原種候補種の花粉稔性」における花粉管発芽率と同様に、一般化線形混合モデルによる統計解析を行った。個体をランダムファクターとして組み込み、応答変数の確率分布は二項分布を仮定し AIC に基づくモデル選択を行った。

表 II-3 交雑試験に用いた材料

種、品種	生育場所(採取地)	個体記号	交雑 実施年	交雑試験への使用	
				種子親(♀)	花粉親(♂)
カンヒザクラ	茨城県結城市田間	結城カ①	2007	○	○
		結城カ②	2007	○	-
	静岡県熱海市海光町	海光カ	2007	-	○
			2008	○	○
	静岡県田方郡函南町	函南カ	2008	○	○
	東京都稲城市坂浜	稲城カ①	2007	○	○
		稲城カ②	2007	○	-
	東京都世田谷区桜丘 (東京農大)	農大中央カ	2007	○	-
		農大東カ	2009	○	-
		農大西カ	2009	○	-
東京都世田谷区成城	世田谷カ	2007	-	○	
ヤマザクラ	神奈川県横浜市 (四季の森公園)	四季ヤ①	2008	○	-
		四季ヤ②	2008	○	-
		四季ヤ③	2008	○	○
	東京都世田谷区上用賀	用賀ヤ	2009	-	○
			2007	○	○
			2008	-	○
オオシマザクラ	神奈川県横浜市 (四季の森公園)	四季オ	2008	○	-
			2008	○	○
	東京都世田谷区砧 (砧公園)		2009	-	○
			2008	○	-
	東京都世田谷区桜丘 (東京農大)	農大オ	2008	○	-
	東京都世田谷区上用賀	用賀オ	2007	○	○
		2008	-	○	
オオシマザクラ (早咲き性)	静岡県熱海市和田浜南町	早咲オ	2007	○	○
			2008	○	○



表 II-4 交雑試験で掛け合わせた原種の組合せ(種と個体)と交雑試験日

原種の組合せ ※種子親	(個体の組合せ)	交雑試験日
カンヒザクラ*×ヤマザクラ	海光カ×用賀ヤ 07	2008年2月22日
	農大東カ×四季ヤ③08	2009年2月21日
カンヒザクラ*×オオシマザクラ	結城カ①×用賀オ 07	2007年3月8日
	稲城カ②×用賀オ 07	2007年3月10日
	海光カ×用賀オ 07	2008年2月22日
	函南カ×砧オ 08	2008年3月25日
	農大西カ×砧オ 08	2009年2月2日
	農大中央カ×早咲オ 07	2007年2月26日
カンヒザクラ*×オオシマザクラ (早咲き性)	結城カ②×早咲オ 07	2007年3月8日
	稲城カ①×早咲オ 07	2007年3月10日
	海光カ×早咲オ 07	2008年2月22日
	海光カ×早咲オ 08	2008年2月26日
ヤマザクラ*×カンヒザクラ	用賀ヤ×結城カ①07	2007年4月1日
	用賀ヤ×稲城カ①07	2007年4月1日
	用賀ヤ×海光カ 07	2007年4月1日
	四季ヤ①×海光カ 08	2008年3月29日
	四季ヤ②×海光カ 08	2008年3月29日
	四季ヤ③×海光カ 08	2008年4月4日
	四季ヤ③×函南カ 08	2008年4月4日
オオシマザクラ*×カンヒザクラ	用賀オ×結城カ①07	2007年3月9日
	農大オ×海光カ 08	2008年3月22日
	砧オ×海光カ 08	2008年3月27日
	砧オ×函南カ 08	2008年3月27日
	四季オ×海光カ 08	2008年3月29日
オオシマザクラ (早咲き性) *×カンヒザクラ	早咲オ×世田谷カ 07	2007年2月25日
	早咲オ×海光カ 08	2008年3月2日

### 3. 原種候補種と既成品種の種子発芽

一般に同属、同亜属内の種の種子発芽特性は同じ傾向を示す（中村 1985；鈴木 2006）。本研究で自ら交雑し結実した基準雑種の実生を高い確率で得るために、基準雑種の作出に用いた原種候補種と既成品種の種子発芽習性を調べ、比較した。

サクラ品種の種子発芽特性については定量的な知見が少ない。自然環境下では多くのサクラ属の種は晩春から初夏に結実、散布し夏期を経る。その後の発芽過程は不明な点も多い。いずれにしても、これまで低温が種子発芽に及ぼす知見はみられるが（石井・小林 1984；横山・石井 1998）、夏期の暖温が発芽に及ぼす影響はあまり明らかにされていない。また、基準雑種の実生苗を高い確率で得られるようにするため、種子発芽の基礎知見となる発芽に影響を及ぼす温度や光、水分条件について求めた。

種子発芽試験は、室内の人工環境気象器内で行った。直径 9cm、深さ 1.5cm のガラスシャーレの中に水に浸した 2 枚重ねのろ紙を敷いてその上に所定数の種子を置床した。種子置床後は常時湿潤状態を保ち、1 週間に一度の頻度で約 2ml の水を注水した。発芽床としたシャーレは、明条件の場合、白熱蛍光灯で 1 日当たり 12 時間ずつ 900lux ( $28.7\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{S}^{-1}$ ) 照明し、 $10^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$  の範囲で  $5^{\circ}\text{C}$  間隔に設定してある温度勾配器（日本医化器械製作所製 Temperature gradient chamber、TG-200-ADCT）に置いた。

発芽した個体は種子発芽試験を実施しているシャーレとは別のシャーレに移し、全ての置床種子が発芽を終えるまで週 1 回の割合で数えた。

なお、種子発芽率は前項 1、2 と同様に、一般化線形混合モデルによる統計解析を行った。個体をランダムファクターとして組み込み、応答変数の確率分布は二項分布を仮定し、AIC に基づくモデル選択を行った。また異なる条件下での発芽の早さを比較するため発芽勢（倉本・小林 2005）を求め、Tukey の多重比較検定を行った。

#### (1) 原種候補種及び既成品種の種子発芽

##### ①交雑試験に用いた原種候補種と代表的既成品種の種子発芽

原種候補種のカンヒザクラ、ヤマザクラ、オオシマザクラ及び、原種候補種であり既成品種の原種として多く扱われてきた可能性もあるオオシマザクラ（早咲き性）、既成品種として代表的な‘熱海桜’の種子を用いて発芽試験を行った。各種子材料は 2007 年 5 月 10 日から 6 月 3 日の期間に採取した。種子発芽試験に用いた材料を表 II-5 に示す。種子は採取後すぐに果実の状態のまま（果肉がある状態）網袋へ入れて土壌中に埋め、1~1 ヶ月半（2007 年 6 月 30 日まで）後に取り出し、水洗して残存する果肉は除去した。種子発芽条件は、横山・石井（1998）、山中（1975）らの既往研究の方法にならい、 $5^{\circ}\text{C}$  の恒温下に置いた。種子は、1 シャーレ当たり 30 粒ずつ置床し、3 反復とした。

##### ②エドヒガン、シダレザクラの種子発芽

国内に広く分布し、既成品種の原種の可能性があるエドヒガン及びシダレザクラを対象に種子発芽試験を行った。福島県三春町及び郡山市に生育していた幹周 300cm 以上の巨木

のエドヒガン4個体、シダレザクラ3個体から2008年6月5日に採種した。発芽試験に用いた材料を表Ⅱ-5に示す。

種子は、採取直後から2008年7月20日までの間、土壌を充填した素焼きの鉢の中に入れて屋外に置いた。2008年7月20日から2008年8月31日の約6週間は、適量の水分を含んだバーミキュライトを充填した素焼きの鉢に入れ、室内に置いた（暖温処理とする）。図Ⅱ-4に示す通り温度は自記温度記録計で1時間おきに温度を測定した。

2008年8月31日より1シャーレ当たり100粒をセットし、5℃の恒温下で発芽試験を行った。また2008年11月8日より、三春滝桜を除く全ての種子材料で5℃から10℃の温度条件に移す実験区を50粒ずつ2反復設けた。

## (2) 種子発芽に及ぼす温度と光、水分条件

サクラの種子繁殖に適した発芽条件を検討するため、一度に大量の種子材料が採取可能であり、かつ前項(1)の原種候補種及び既成品種の種子発芽の実験で最も高い発芽率を示したオオシマザクラ（早咲き性）の種子を用いて、発芽に及ぼす温度と光、水分条件の詳細を調査した。自然環境下での発芽適温を調べるため、温度条件は5~30℃とした。またサクラでは発芽に光を必要とするか、光の有無が発芽に影響を及ぼすかを調べるために、明・暗の光条件を設定した。また乾燥した種子でも発芽力を失わないかを見るため、湿潤条件と乾燥条件での発芽の比較を行った。またより高い発芽率を獲るために、発芽促進処理としてジベレリン処理、内果皮の傷付け処理を行った。種子材料は2007年5月10日に種子を採取してから、果肉の除去後発芽試験を開始するまで（同年5月21日）の間、室内の常温無風下において保存した。

### ①発芽に影響を及ぼす温度と光条件

果肉の除去した後、直ちに5、10、15、20、25、30℃の恒温下に置いて観察した。10、15、20、25、30℃の恒温下においては、明条件と暗条件を設け、発芽に及ぼす光条件の影響も調べた。明条件は透明ガラスシャーレを用いて1日のうち12時間光が照射される状態とし、暗条件はステンレスシャーレを用いて24時間暗黒になるように設定した。いずれも1シャーレ当たり30粒ずつ種子を置床し、2反復した。

### ②暖温処理と低温処理

2007年5月21日~8月21日までの3ヶ月間、暖温処理と低温処理を行い、発芽に及ぼす影響を調べた。低温処理は、果肉を除去した種子材料をポリエチレン袋に入れ、5℃の冷蔵庫に3ヶ月間置き、10、15℃の恒温下に移した。暖温処理は、素焼きの鉢に水で湿らせたパーライトを充填し、そこにガーゼで包んだ種子を乾かないように埋めて20~25℃の室内で3ヶ月間置き、5、10、15℃の恒温下に移した。またこの実験では、暖温処理後に20、25、30℃の恒温下に移した際、その後約10ヶ月間発芽が認められなかった。そのため10ヶ月後にこれらを10℃へ移す実験区も設けた。いずれの実験区においても1シャーレ当たり30粒の種子を置床し、これを2反復した。

### ③ジベレリン及び傷付けによる発芽処理

ジベレリン処理は、採取直後に果肉を除去した種子をシャーレに置床する際に、100ppmに調整したジベレリン ( $GA_3$ ) を種子置床と同時に浸す処理を行った。ジベレリン処理後はシャーレ内が乾かないように水道水を注水した。

傷付け処理は、骨質化した内果皮を紙やすりで傷付ける処理を行い、発芽に及ぼす影響を調べた。また、傷付け処理とジベレリン処理の併用も試みた。これらの処理は、採種直後から20℃の恒温下に種子を置いて約5ヶ月間(約21週)観察した。いずれの処理の実験も1シャーレ当たり30粒の種子を置床し、明・暗条件をそれぞれで2反復設定した。

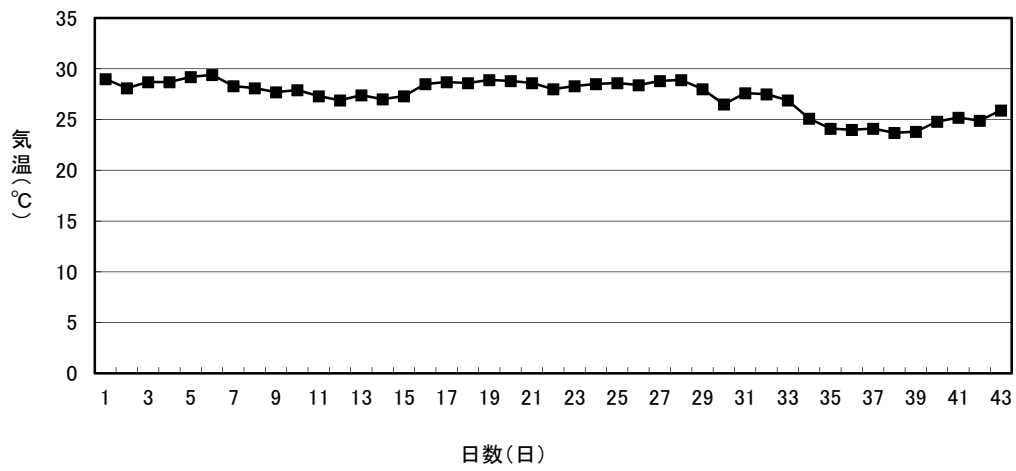
#### ④種子寿命に及ぼす水分条件

採取した種子を1ヶ月間、屋外で土壌中に埋め、果肉を除去した後、種子含水率が6%になるまで6ヶ月間室内にて風乾した。その後、5、10、15℃の恒温・明条件下に1シャーレ当たり30粒の種子を置床し、3反復設定した。

表 II-5 原種候補種及び既成品種の種子発芽試験に用いた材料

種、品種	生育場所(採取地)	採取年月日
カンヒザクラ	茨城県結城市田間	2007年5月25日
ヤマザクラ	東京都世田谷区上用賀	2007年6月2日
オオシマザクラ	東京都世田谷区上用賀	2007年5月11日
オオシマザクラ (早咲き性)	静岡県熱海市和田浜南町	2007年5月10日
熱海桜	静岡県熱海市海浜公園内	2007年6月3日
エドヒガン		
大桜	福島県三春町	2008年6月5日
天神桜		
成田神社の種蒔き桜		
七草木桜		
シダレザクラ		
三春滝桜		
渡辺家の枝垂れ桜		
上石の不動桜		

※  
 カンヒザクラ、ヤマザクラ、オオシマザクラ、熱海桜の種子は90粒を使用した。  
 オオシマザクラ (早咲き性) は、種子発芽条件の検討を行う実験にも使用したため、合計で1860粒を使用した。  
 エドヒガンとシダレザクラの種子は、1個体あたり200粒を使用した。



図Ⅱ-4 エドヒガン、シダレザクラ種子の暖温処理時に置いた鉢の温度  
(2008年7月20日～同年8月31日)

#### 4. 基準雑種の種子発芽

前項までに明らかにしたオオシマザクラ（早咲き性）の種子発芽の温度、光、水分条件によって、前述した2項の「受粉と結実」で交雑し結実した基準雑種の種子発芽を試みた。基準雑種の種子発芽試験に用いた材料を表II-6に示す。なお、種子発芽床については前項3「原種候補種と既成品種の種子発芽」と同じ条件とし、直径9cm、深さ1.5cmのガラスシャーレの中に水に浸した2枚重ねのろ紙を敷いてその上に所定数の種子を置床した。

##### 2007年の種子発芽試験

交雑後結実した種子は、採取後すぐに果実の状態のまま網袋へ入れて、1ヶ月間黒ぼく土壤に埋めた。2007年6月30日に、土壤から取り出し、水洗し残存する果肉は除去した後、低温（5℃）の水で湿らせたろ紙を敷いたガラスシャーレに移し、明条件で発芽試験を行った。

##### 2008年、2009年の種子発芽試験

前項3の「原種候補種と既成品種の種子発芽」の結果に基づき、暖温処理（約20℃に3ヶ月間）ののち低温（5℃）に種子を置き発芽試験を行った。種子は採取後すぐに果実の状態のまま網袋へ入れて3ヶ月間黒ぼく土壤に埋め、2008年8月31日に取り出した。水洗した後、種子を水に入れて浮いたものは空虚種子として取り除いた。水に沈んだ種子は充実種子とし、再び土中に保存し、約1か月後の2008年9月27日に土中から取り出した。種子は水洗し残存する果肉は除去した後、低温（5℃）の水で湿らせたろ紙を敷いたガラスシャーレに移し、明条件で発芽試験を行った。

なお、基準雑種の種子発芽率についても前項1、2、3と同様に、一般化線形混合モデルによる統計解析を行った。個体をランダムファクターとして組み込み、応答変数の確率分布は二項分布を仮定し、AICに基づくモデル選択を行った。

表 II-6 基準雑種の種子発芽試験に用いた材料

原種の組合せ ※種子親	個体記号	交雑実施年	採取年月日	種子数
カンヒザクラ※×ヤマザクラ	海光カ×用賀ヤ 07	2008	2008年5月19日	1
カンヒザクラ※×オオシマザクラ	農大西カ×砧オ 08	2009	ND	16
カンヒザクラ※×オオシマザクラ (早咲き性)	農大中央カ×早咲オ 07	2007	2007年5月11日	73
	結城カ②×早咲オ 07	2007	2007年5月25日	19
	稲城カ①×早咲オ 07	2007	2007年5月11日	38
	海光カ×早咲オ 07	2008	2008年5月19日	7
	海光カ×早咲オ 08	2008	2008年5月19日	2
ヤマザクラ※×カンヒザクラ	用賀ヤ×結城カ①07	2007	2007年6月2日	1
	用賀ヤ×稲城カ①07	2007	2007年6月2日	15
	用賀ヤ×海光カ 07	2007	2007年6月2日	9
	四季ヤ①×海光カ 08	2008	2008年5月24日	9
	四季ヤ③×海光カ 08	2008	2008年5月24日	4
	四季ヤ③×函南カ 08	2008	2008年5月24日	66
オオシマザクラ※×カンヒザクラ	用賀オ×結城カ①07	2007	2007年5月11日	5
	砧オ×海光カ 08	2008	2008年5月24日	32
	砧オ×函南カ 08	2008	2008年5月4日	20
	四季オ×函南カ 08	2008	2008年5月24日	8
オオシマザクラ (早咲き性) ※×カンヒザクラ	早咲オ×世田谷カ 07	2007	2007年5月10日	75
	早咲オ×海光カ 08	2008	2008年5月19日	57



### iii. 基準雑種の検証

本研究で作出した基準雑種の形態及び遺伝的組成の調査を行い、基準雑種がどのような特徴を持つ個体であるか確認するとともに、作出目的とした交雑ができていないかどうかの検証を行った。そして、原種の所在が判明している基準雑種を指標として原種候補種及び既成品種と比較し、その位置付けを明らかにした。

#### 1. 原種候補種と既成品種の種子と葉、花の形態

本研究で作出した基準雑種と原種候補種及び既成品種の形態の相違を見るため、基準雑種の種子と葉の形態を確認した。また原種候補種の中のオオシマザクラ（早咲き性）の種子の形態を確認した。さらに、サクラ品種の分類では花の形態が重要な要素となっているため（川崎 1993）、基準雑種が開花した際には花の形態についても比較が必要になる。そこで、既成品種及び原種候補種の花の形態についても既往の知見を整理すると共に、花の形態による分類で議論のあるカンヒザクラは、花を異なる生育地で採取し形態を比較した。これらの形態の比較に用いた材料を材料別に種子を表Ⅱ-7、葉を表Ⅱ-8、花を表Ⅱ-9に示す。

##### (1) 種子の形態

サクラ属の種子とは、本来、骨質化（果肉が分解し解離）した硬い内果皮の部分である核の中に入っているもの（無内乳種子）を示す（川崎 1993）。本研究では佐竹ら（1989）、横山・石井（1998）に従い、川崎（1993）の示す核に当たる部分を全て種子と呼ぶ。

オオシマザクラ（早咲き性）の種子は、50粒について長径（長さ）、短径1（幅）及び短径2（厚み）を測定した。基準雑種は2008年、2009年に交雑試験で得られた種子を対象に、長径（長さ）及び短径（幅）を測定した。

##### (2) 葉の形態

基準雑種の葉の形態を調べた。2007年の交雑試験で得られた個体の本葉を、種子発芽から約1年後の2008年9月20日に観察した。葉の形態は1個体につき10枚について、葉身の長径と短径との比、葉柄、葉脈の色、鋸歯の形、蜜腺の個数、葉身部の毛の有無を調べた。

##### (3) 花の形態

前述の生育地調査（i項）で確認したカンヒザクラは、生育地によって花の形態に相違があるかを比較検討するため、台湾と沖縄県で採取したカンヒザクラの花を対象に、形態を確認した。

花の形態は、1個体につき10個の花について、小花柄、萼筒、萼片、雄蕊、雌蕊、花弁の長径と短径の長さ、雄蕊数を測定した。

表 II-7 形態調査に用いた材料（種子）

	種、品種、交雑組合せ	種子数
原種候補種	オオシマザクラ（早咲き性） <sup>1)</sup>	50
基準種雑種	カンヒザクラ*×ヤマザクラ	1
（※種子親）	カンヒザクラ*×オオシマザクラ	10
	カンヒザクラ*×オオシマザクラ（早咲き性）	8
	ヤマザクラ*×カンヒザクラ	27
	オオシマザクラ*×カンヒザクラ	41
	オオシマザクラ*（早咲き性）×カンヒザクラ	10

<sup>1)</sup> 種子発芽試験で用いた材料と同じもの（表II-5）を使用した

表 II-8 形態調査に用いた材料（葉）

交雑組合せ ※種子親	個体記号	個体数	葉の枚数
カンヒザクラ*×オオシマザクラ（早咲き性）	農大中央カ×早咲オ 07	52	516
	稲城カ①×早咲オ 07	11	110
ヤマザクラ*×カンヒザクラ	用賀ヤ×稲城カ①07	5	42
	用賀ヤ×海光カ 07	3	30
オオシマザクラ（早咲き性）*×カンヒザクラ	早咲オ×世田谷カ 07	23	230

表 II-9 形態調査に用いた材料（花）

採取地	種・品種	個体数	花の数、花弁数
台湾 南投県	カンヒザクラ	5	47 花、177 枚
	琉球寒緋桜	1	10 花、34 枚
	上記 2 種の間中型	3	29 花、119 枚
沖縄県 石垣島	カンヒザクラ	8	26 花、102 枚

## 2. AFLP 分析による原種候補種と既成品種、基準雑種の遺伝的組成

従来、サクラ品種の分類では花の形態が重要な要素となっているが（川崎 1993）、開花までには数年の期間を要する。例えばカンヒザクラの自然交雑の実生から選抜された早咲きのサクラ品種の‘白睦月’では、播種から開花、選抜まで7年、特性の安定確認を行い品種登録に至るまではさらに5年を要している（名瀬市 1997）。

近年、DNA マーカーによる野生種及び品種間の遺伝的関係に関する研究が進んでいる。この分析手法を用いれば開花を待たずに高い確率で原種の推定を行うことも可能となってきた。そこで、本研究で交雑し作出した基準雑種が目的とした原種間で交雑が確実に行われていたのかどうかを、(1) 葉を用いた AFLP 分析による遺伝的組成の検証によって確認した。基準雑種が目的とする原種間の交配で得られたことを確認した後、さらにこの基準雑種を指標として、(2) 数種の既成品種を明らかにするとともに、基準雑種を作出するために用いた原種と既成品種との遺伝的組成の検証を行い、これらの遺伝的関係をみた。AFLP 分析では、生長の初期の段階で遺伝的関係を解析することが可能となり、花の形態を観察するまでの時間短縮となることや、ごくわずかな試料を用いての解析が可能であり、葉を試料とした場合では実験した個体を生存させたまま分析を行うことができるなどの利点がある。AFLP 分析及び遺伝的組成に用いた材料を表 II -10 に示す。また解析手順は以下に示す。

### [DNA の抽出]

DNA 抽出は CTAB 法（Stewart and Via 1993）に基づき行った。

### [AFLP 分析]

AFLP 分析は Vos ら（1995）の手法に基づき、*EcoRI* と *MseI* による制限酵素処理（37°C/1.5 時間）、アダプターのライゲーション（20°C/12 時間）、予備増幅プライマーによる予備的増幅を行い、予備増幅産物を用いて選択的増幅を行った。制限酵素処理及びライゲーション反応には 250ng の抽出 DNA を用い、アダプターは *EcoRI* Adapter（Up：5-CTCGTAGACTGCGTACC/Low：CATCTGACGCATGGTTAA-5）と *MseI* Adapter（Up：5-GACGATGAGTCCTGAG/Low：TACTCAGGACTCAT-5）を使用した。増幅には AFLP Amplification Core Mix（Applied Biosystems Inc.）と TaKaRa PCR Thermal Cycler Dice Gradient（タカラバイオ（株））を使用し、予備増幅反応はライゲーション産物（1/10 希釈）2µl、*EcoRI* 側及び *MseI* 側の予備選択プライマー（10µM）をそれぞれ 0.25µl、AFLP Amplification Core Mix 7.5µl の計 10µl で、72°C/2 分を 1 サイクル、94°C/20 秒、56°C/30 秒、72°C/2 分を 20 サイクル、60°C/30 分を 1 サイクルとした。選択的増幅には、*MseI*-CG と *EcoRI*-ACT、*MseI*-CTA と *EcoRI*-ACG、*MseI*-CA と *EcoRI*-AGC の 3 ペアのプライマーを使用した。選択的増幅反応は、予備増幅産物（1/20 希釈）1.5µl に、*MseI* 側の選択プライマー（5µM）0.5µl、*EcoRI* 側の選択プライマー（1µM）0.5µl、AFLP Amplification Core Mix 7.5 µl を加え、計 10µl で、94°C/2 分の後、94°C/20 秒、アニーリング 30 秒（アニーリング温度は、最初の 10 サイクルは 66°C から 57°C まで 1 サイクルにつき 1°C ずつ下げ、その後 20 サイクルは 56°C で一

定)、72°C/2分を30サイクル、60°C/30分を1サイクルとした。得られた増幅産物に GeneScan500LIZ Size standard (Applied Biosystems Inc.) を加え、3500 Genetic Analyzer (Applied Biosystems Inc.) と GeneMapper (Applied Biosystems Inc.) を用いて、フラグメントの検出及び解析を行った。

#### [データ解析]

得られた遺伝子型データ (フラグメントの有無) より、Huff ら (1993) の遺伝的距離 ( $D = n [1 - 2n_{xy}/2n]$ 、ここで  $n$  はフラグメントの総数、 $2n_{xy}$  は個体  $x$  と個体  $y$  で共通するフラグメント状態 (1/1 と 0/0) の数を表す) を算出し、共分散行列に変換し主座標分析 (PCoA) を行った。この分析には GenAlEx ver 6.5 (Peakall and Smouse 2012) を使用した。また、遺伝的組成について詳細に検討するため、STRUCTURE ver. 2.3.4 (Prichard ら 2000) を用いて STRUCTURE 解析を行った。クラスター数 ( $K$ ) は 1-8 まで設定し、各  $K$  について 100,000 回の burn-in の後、100,000 回の MCMC シミュレーションを 20 回ずつ行った。集団構造は混合モデル (Admixture Model) を仮定し、各クラスターの対立遺伝子頻度は独立 (Independent) とした。シミュレーション結果 ( $N=160$ ) に基づき、Structure Harvester ver. 0.6.94 (Earl and vonHoldt 2012) を用いて  $\Delta K$  及び  $\ln P(K)$  を算出した。最適な  $K$  は、Evanno ら (2005) の方法に基づき、 $\Delta K$  の最大値または  $\ln P(K)$  の平均値が頭打ちになった時の  $K$  とした。

#### (1) AFLP 分析による基準雑種の検証

基準雑種及び、その原種 (基準雑種の交雑試験で種子親、花粉親として使用した個体) の遺伝的関係の検証を行い、作出目的とした原種間で交雑が行われていたか否かの確認をした。基準雑種は 15 個体 (♀オオシマザクラ×♂カンヒザクラ 11 個体、♀ヤマザクラ×♂カンヒザクラ 4 個体) を使用した。原種候補種はオオシマザクラ、オオシマザクラ (早咲き性)、ヤマザクラ、カンヒザクラを使用し、オオシマザクラ (早咲き性) を除いた個体では著者が作出した個体を分析した Ogawa ら (2012) の一部を選定した。分析用の葉はシリカゲルの入ったケース内で保存したものを使用した。

#### (2) AFLP 分析による原種候補種、既成品種の位置付け

前項 (1) 「AFLP 分析による基準雑種の検証」と同様の方法で、これまで不明とされている既成品種の原種を推定できる。そこで、由来が不明、あるいは異なる系統が含まれる可能性のある既成品種を選定し、それらの原種を推定することを目的に、AFLP 分析による遺伝的組成の検証を行った。

既成品種として、計 14 品種 34 個体を分析した。また、これらの品種の成立に関与したと考えられている原種候補種として、オオシマザクラ (30 個体)、ヤマザクラ (43 個体)、カンヒザクラ (85 個体) を供試した。オオシマザクラとヤマザクラについては、東京都足立区の 2 個体を除き Ogawa ら (2012) が使用したものの一部を選定した。カンヒザクラについては地域によらず同種として扱った。カンヒザクラは野生個体を対象とした。ただし、中国福建省徳化市内の 2 個体のみ、明らかに植栽された個体を選定した。日本と台湾のカンヒザクラでは、植栽であるかどうか不明瞭である個体も多く見受けられたため、樹

形などからは野生と区別のつかない個体であっても、複数個体が直線的あるいは等間隔に近い配置であるなど植栽の可能性が疑われる個体は対象から外し、その地域の野生由来と思われる個体のみを選定した。また既成品種の一つである‘琉球寒緋桜’にはカンヒザクラと形態的に類似しており識別が難しい個体も存在するため、本研究では明らかに花が平開であると確認できた個体のみを‘琉球寒緋桜’として扱った。

全 192 個体のうち多くは葉を採取したが、採取時期に葉が展開していなかった個体では、芽または萼片、小花柄を採取し、シリカゲルの入ったケース内に保存して実験に使用した。

### (3) カンヒザクラの植栽個体と野生個体の遺伝的關係

既成品種の前種候補として最も有力であるカンヒザクラの遺伝的組成について、中国、台湾、日本のそれぞれの地域の野生個体と植栽個体間に違いが見られるかどうかを検討するため、前項 (2) 「AFLP 分析による前種候補種、既成品種的位置付け」において使用したカンヒザクラ野生個体に、台湾、日本の植栽個体、あるいは植栽か野生かが不明瞭である個体を合わせて 120 個体を追加し、遺伝的組成の検証を行った。また、前述の台湾のカンヒザクラ生育地調査 (i-2 項) において、花等の形態からはカンヒザクラ、‘琉球寒緋桜’のどちらにも区別されない中間型とした個体が 25 個体確認されたため、この個体についてもあわせて遺伝的組成をみた。これらの追加個体 145 個体は、多くは葉を採取したが、採取時期に葉が展開していなかった個体については、芽または萼片、小花柄を採取し、シリカゲルの入ったケース内に保存して実験に使用した。

表 II-10 AFLP 分析に用いた材料

種、品種、交配組合せ	生育場所(採取地)	個体数	実験内容	
原種候補種 カンヒザクラ	中国 福建省 武夷山 ※野生個体のみ	2	II章-iii-2-(2)	
	中国 福建省 德化 (自然保護区) ※野生個体のみ	2	II章-iii-2-(2)	
	中国 福建省 德化市内 ※植栽個体	2	II章-iii-2-(2)	
	中国 福建省 南平 (自然保護区) ※野生個体のみ	1	II章-iii-2-(2)	
	中国 雲南省 西双版纳 ※野生個体のみ	10	II章-iii-2-(2)	
	台湾 宜蘭県 ※野生個体のみ	26	II章-iii-2-(2)	
	台湾 宜蘭県 ※野生個体を除く	6	II章-iii-2-(3)	
	台湾 台中県 ※野生個体のみ	2	II章-iii-2-(2)	
	台湾 南投県 ※野生個体のみ	8	II章-iii-2-(2)	
	台湾 南投県 ※野生個体を除く	26	II章-iii-2-(3)	
	台湾 嘉義県 ※野生個体を除く	4	II章-iii-2-(3)	
	台湾 桃園県 ※野生個体を除く	1	II章-iii-2-(3)	
	沖縄県石垣市 ※野生個体のみ	10	II章-iii-2-(2)	
	沖縄県石垣市 ※野生個体を除く	7	II章-iii-2-(3)	
	沖縄県宮古島市 ※野生個体を除く	21	II章-iii-2-(3)	
	沖縄県国頭郡今帰仁村 ※野生個体を除く	23	II章-iii-2-(3)	
	沖縄県国頭郡本部町~名護市 (八重岳) ※野生個体のみ	22	II章-iii-2-(2)	
	沖縄県国頭郡本部町~名護市 (八重岳) ※野生個体のみ	28	II章-iii-2-(3)	
	沖縄県国頭郡本部町	11	II章-iii-2-(1)	
	沖縄県八重瀬町	3	II章-iii-2-(1)	
	沖縄県名護市	1	II章-iii-2-(1)	
	鹿児島県鹿児島市 ※植栽個体	7	II章-iii-2-(3)	
	静岡県熱海市函南町 ※植栽個体	2	II章-iii-2-(1)	
	静岡県熱海市海光町 ※植栽個体	1	II章-iii-2-(1)	
	東京都世田谷区桜丘 (東京農大) ※植栽個体	3	II章-iii-2-(1)	
	東京都稲城市 ※植栽個体	1	II章-iii-2-(1)	
	東京都世田谷区成城 ※植栽個体	1	II章-iii-2-(1)	
	ヤマザクラ	福島県石川郡石川町	1	II章-iii-2-(1)、II章-iii-2-(2)
		長野県安曇野市	1	II章-iii-2-(1)、II章-iii-2-(2)
		千葉県印西市	1	II章-iii-2-(1)、II章-iii-2-(2)
		東京都世田谷区 上用賀	1	II章-iii-2-(1)、II章-iii-2-(2)
		東京都世田谷区 (砦公園)	9	II章-iii-2-(1)、II章-iii-2-(2)
		東京都世田谷区 砦	1	II章-iii-2-(1)
		東京都稲城市 (高勝寺)	2	II章-iii-2-(1)、II章-iii-2-(2)
		東京都稲城市	2	II章-iii-2-(1)
神奈川県川崎市		5	II章-iii-2-(1)、II章-iii-2-(2)	
神奈川県川崎市 (早野聖地公園)		4	II章-iii-2-(1)、II章-iii-2-(2)	
神奈川県横浜市 緑区 (保存木)		1	II章-iii-2-(1)、II章-iii-2-(2)	
神奈川県横浜市 緑区		4	II章-iii-2-(1)	
神奈川県横浜市 西区		5	II章-iii-2-(1)、II章-iii-2-(2)	
神奈川県横浜市 (新治市民の森)		9	II章-iii-2-(1)、II章-iii-2-(2)	
神奈川県横浜市 (神奈川県立四季の森公園)		1	II章-iii-2-(1)、II章-iii-2-(2)	
静岡県三島市		1	II章-iii-2-(1)、II章-iii-2-(2)	
福岡県久留米市		1	II章-iii-2-(1)、II章-iii-2-(2)	
オオシマザクラ	東京都足立区	1	II章-iii-2-(2)	
	東京都世田谷区 (砦公園)	1	II章-iii-2-(1)	
	東京都大島町	10	II章-iii-2-(1)、II章-iii-2-(2)	
	神奈川県横浜市	1	II章-iii-2-(1)、II章-iii-2-(2)	
	静岡県三島市	1	II章-iii-2-(1)、II章-iii-2-(2)	
	静岡県賀茂郡南伊豆町	17	II章-iii-2-(1)、II章-iii-2-(2)	
オオシマザクラ (早咲き性)	静岡県熱海市和田浜南町	1	II章-iii-2-(1)	
中間型 カンヒザクラと‘琉球寒緋桜’の中間型	台湾 南投県	14	II章-iii-2-(3)	
	台湾 宜蘭県	10	II章-iii-2-(3)	
	台湾 桃園県	1	II章-iii-2-(3)	
既成品種	八重寒緋桜	台湾 南投県 仁愛郷 霧社地区	3	II章-iii-2-(2)
	琉球寒緋桜	台湾 南投県	5	II章-iii-2-(2)
		台湾 嘉義県	1	II章-iii-2-(2)
	寒桜	茨城県結城市	1	II章-iii-2-(2)
		東京都足立区	2	II章-iii-2-(2)
		東京都台東区	1	II章-iii-2-(2)
		静岡県三島市	1	II章-iii-2-(2)
	河津桜	静岡県熱海市	8	II章-iii-2-(2)
	大寒桜	茨城県結城市	1	II章-iii-2-(2)
		静岡県三島市	1	II章-iii-2-(2)
		静岡県熱海市	1	II章-iii-2-(2)
	土肥桜	静岡県伊豆市	1	II章-iii-2-(2)
	赤真珠	茨城県結城市	1	II章-iii-2-(2)
	姫の沢	茨城県結城市	1	II章-iii-2-(2)
	伊豆多賀白	茨城県結城市	1	II章-iii-2-(2)
	大漁桜	茨城県結城市	1	II章-iii-2-(2)
	伊豆多賀赤	茨城県結城市	1	II章-iii-2-(2)
	修善寺紅寒桜	静岡県三島市	1	II章-iii-2-(2)
	早咲八重大島	茨城県結城市	1	II章-iii-2-(2)
早咲大島	静岡県三島市	1	II章-iii-2-(2)	
基準種雑種 *種子親	オオシマザクラ*×カンヒザクラ	東京都世田谷区桜丘 (東京農大) ※養生個体	11	II章-iii-2-(1)
	ヤマザクラ*×カンヒザクラ	東京都世田谷区桜丘 (東京農大) ※養生個体	4	II章-iii-2-(1)



#### iv. 生存率と残存率の算定

種子から発芽が認められた基準雑種の実生は生長の様子を継続して観察した。そして発芽より4年後の苗を対象に、生存率及び残存率を求めた。生存率とは、交配し結実した果実数(種子数) [B] に対する、種子発芽後4年現在生存している個体数 [X] の割合をいう [B/X\*100(%)]. 残存率とは、基準雑種の作出のために授粉を行った花の数 [A] に対して、結実、種子発芽を経て、種子発芽後4年現在生存(残存)している個体数 [X] の割合をいう [A/X\*100(%)]. それぞれの値は交雑試験の組合せ(ペア)ごとに求めた。

### Ⅲ章 結果

#### i. 原種候補種の推定

##### 1. 既往知見による原種候補種の推定

既往知見より 82 品種の既成品種を選定した(表Ⅲ-1)。これら既成品種のうち原種について記載のないものは 6 品種であり全体の 7%となった。また、原種として複数種が挙げられているもの、同じ品種名であるが別の系統のものが混在している可能性のあるもの、違う品種名を記しているが同じ品種の可能性のあるもの、等の、混乱の生じている既成品種は 22% (18 品種)であった。

原種候補種には、カンヒザクラ、シナミザクラ、エドヒガン、ヤマザクラ、オオシマザクラ、マメザクラ、キンキマメザクラなどの野生種のほか、‘寒桜’や‘大寒桜’などの品種もあげられた。

カンヒザクラは既成品種 82 品種のうち 40 品種の原種候補種として確認でき、最も高い割合となった(49%)。次いで、「品種」(44%)、オオシマザクラ(26%)の順となった(図Ⅲ-1)。

この原種候補種として確認できた「品種」には、13 品種が挙げられた(表Ⅲ-1)。「品種」の内訳は、多い順に‘寒桜’9 品種、‘大寒桜’6 品種、‘染井吉野’及び‘琉球寒緋桜’5 品種となり、「品種」の 76%は既成品種が占めていた。また、既成品種の実生が原種候補種として挙げられているものも 2 品種が挙げられていた。

オオシマザクラには通常よりも開花期の早い「早咲き型」が原種として推定されている既成品種も多く挙げられた(表Ⅲ-1)。オオシマザクラが原種と推定される既成品種は 21 品種(26%)であったが、そのうち早咲き型のオオシマザクラは 13 品種であり、半数以上を占めていた。

雑種(種間交配)と推定されている既成品種は 58 品種(71%)となった。また、8 品種(10%)は雑種ではなく、原種の変異型、同種間交配(人為交配を含む)とみられた。残り 16 品種(19%)は雑種か否かは不明であった。

既成品種について、推定される原種候補種の交雑の組合せを見たところ(図Ⅲ-2)、カンヒザクラと品種(雑種、変種を含む)の雑種と推定されている既成品種が最も多く、11 品種(13%)で挙げられていた。また、カンヒザクラと品種の組合せに次いで、カンヒザクラとオオシマザクラの組合せが 10 品種(12%)で挙げられていた。

人為交配により作出されたとされる品種は 34 品種(41%)であった。これらの品種について、交配に用いた原種や作出後の花の形態、開花期等に関する記録はあっても、作出をどのように行ったか等の詳細な情報は確認できなかった。

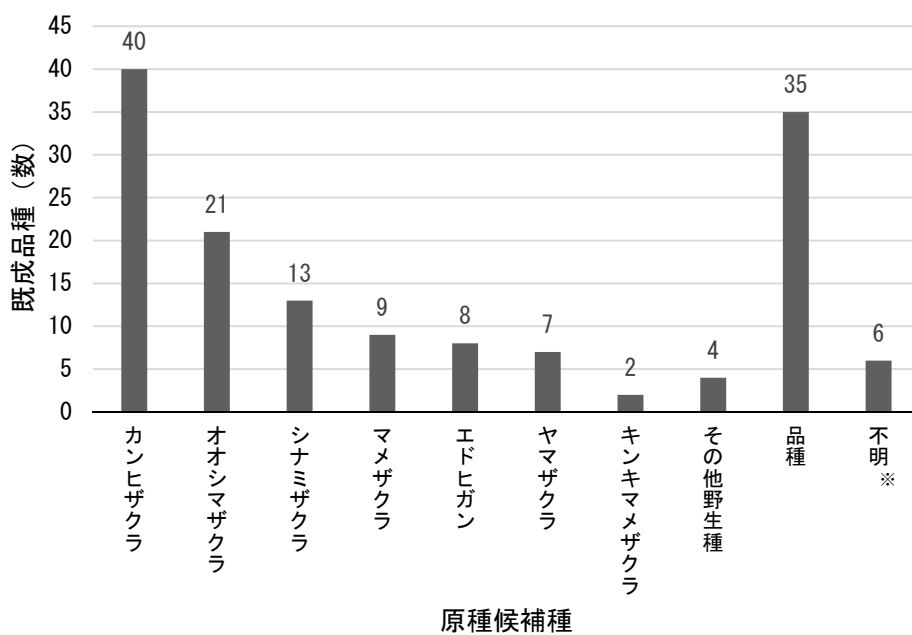
表Ⅲ-1 早咲きのサクラ品種

no.	品種名(別名)	カンヒザクラ	シナミザクラ	エドヒガン	ヤマザクラ	オオシマザクラ	マメザクラ	オシヤマザクラ	その他野生種	品種・その他	不明	文献	備考
1	赤伊豆	○※♂								○大寒桜※♀		(6)	
2	赤真珠	○※♂						○早咲※♀				(6)(8)	
3	赤富士	○※♂						○※♀				(6)	
4	赤弥生	○※♂								○寒桜※♀		(6)	
5	熱海桜	○			○							(9)(11)	寒桜と同一とする考え方も(文献:20)
6	熱海早咲	○※♂						○早咲		○寒桜		(6)(10)	
7	熱海彼岸	○※♂								○染井吉野※♀		(6)	
8	熱海緋桜	○※♂								○大寒桜※♀		(4)(8)	
9	アメリカ			○		○				○染井吉野※♀	○	(6)(10) (2)(8)(11)	
10	伊豆多賀赤	○				○						(8) (6)(10)	
11	伊豆多賀白											(8)	観種記載なし
12	伊豆土肥											(12)	観種記載なし
13	伊東桜	○						○※♀			○	(8)(12)	
14	薄紅寒桜	○			○							(1)(2)	
15	薄紅寒桜	○			○							(1)(2)	寒桜と同一とする考え方も(文献:10)
16	ウミネコ					○						(8) (6)(10)	
17	大寒桜(安行寒桜、安行桜、遅咲き寒桜)	○				○						(5)(9)(10) (4)(8)(11)	
18	オカメ	○										(2)(9) (11)	
19	お屏桜	○※♂								○大寒桜※♀		(5) (6)(8)(10)	
20	加茂の曙											(8)	
21	河津桜	○				○				○寒桜(系)		(8)(12)	観種記載なし(熊谷桜に似る)
22	河津正月					○				○河津桜※♀	○	(4)(5)(6)(8)(9)(10)(11)	
23	寒咲大島					■早咲						(7)	
24	寒桜	○										(4)(6)(8)(10)	
25	熊谷桜(八重咲山彼岸)	○							■八重			(2)(3)(4)(5)(6)(8)(9)(10)	
26	クルサル	○								○チシマザクラ		(4)(5)	
27	啓翁桜(啓翁桜、東海桜、岳南桜、啓太郎桜、Wadai)	○	△※台木									(6)(8)(10)	
28	小彼岸桜(彼岸桜、千本彼岸)	○								△彼岸桜※接木		(4)(9)	
29	薩摩寒桜	○			○					△啓太郎桜(シナミザクラ台木、彼岸桜接木)の実生選抜		(6)	
30	十六日桜	○										(8) (2)(3)(4)(6)(10)	
31	修善寺寒桜(修善寺紅寒桜)	○										(5) (6)	
32	勝道桜									○オオヤマザクラ		(4)(5)(9)(11) (6)(8)(10)	
33	勝道彼岸			○※♂								(8) (4)(6)(10)	
34	昭和桜									○勝道桜※♀		(9) (6)(10)(11)	
35	白伊豆	○※♂								○染井吉野※♀	○	(11)	
36	白富士	○※♀			○							(8)	
37	白朧月	○※♀										(11)	
38	白弥生	○						○早咲※♂		○寒桜※♀		(6)	
39	真珠	○						○早咲				(6)	
40	大漁桜							○早咲※♀		○寒桜※♂		(6)(10)	
41	多賀紅		○					○早咲		○寒桜	○	(4)(8)	
42	玉縄桜		○							○寒桜		(11)	
43	暖地桜桃		(シナミ系)							○染井吉野※♀	○	(9)	
44	椿寒桜(初美人)	○	○									(8)	
45	天人富士	○※♂								○寒桜		(2)(3)(4)(5)(6)(8)(9)(10)(11)	
46	東海桜	○	○							○小彼岸実生		(8)	
47	長咲桜		△※台木							△彼岸桜※接木		(5)(6)(10)	啓翁桜と混乱が生じている
48	長葉早咲大島	○								△啓太郎桜(シナミザクラ台木、彼岸桜接木)の実生選抜		(11)	
49	浮梨桜	○										(6)	
50	初脚代桜	○										(6)	
51	早咲大島			○						○啓翁桜		(5)(8) (6)(10)	
52	春めき									○染井吉野※♀		(2)(6)(9)(10)(11)	同名の異系統が存在していると思われ混乱が生じている
53	彼岸台桜	○										(11)	
54	日立紅寒											(5)	
55	雛尊									△無名実生種の枝変わり		(4)(11)	
56	雛菊桜(菊咲奥丁桜)											(12)	
57	雛八丈									○大寒桜		(6)	
58	姫の沢	○※♂								■ネクチャウジザクラ類		(10) (2)(3)(6)(8)(9)	
59	ピンククラウド	○								○八丈島寒桜♀		(8)	
60	斑入弥生桜	○								○古里桜※♂		(8)	
61	古里桜(雛桜)	○※♂	○※♀							○白雪※♀		(8) (6)	
62	平七桜	○※♂										(8)(10)	
63	紅寒桜									○大寒桜※♀		(8)	
64	紅枝垂	(同一種)										(7)	観種記載なし(修善寺寒桜に似る)
65	紅姫	○※♀										(3)	カンヒザクラの別名として使用する場合も
66	緑近畿豆桜			■シダレの濃色						○天城吉野※♂		(8) (6)(10)	
67	濃桜	○										(12)	
68	明正寺	○								○天城吉野※♂		(9) (6)(8)(10)	
69	もとぶ小町									○紅寒桜		(7)	
70	もとぶ花織									○寒桜		(5)(8)(9)	
71	もとぶみやらび									△琉球寒緋桜選抜		(2)(6)(9)(10)(11)	
72	もとぶ八重宿娘									△琉球寒緋桜選抜		(12)	
73	八重寒緋桜	■八重								△琉球寒緋桜選抜		(12)	
74	八重岳あかね									△琉球寒緋桜選抜		(12)	
75	八重紅彼岸			○								(8)	
76	弥生桜	○										(8) (4)(6)(10)	
77	ゆすら桜	○										(12)	
78	陽光	○※♀								○ユスラウメ		(8) (4)(6)(10)	
79	横浜緋桜	○※♂								○天城吉野※♂		(12) (6)(8)(10)(11)	
80	立春桜									○兼六園龍谷※♀		(8) (6)(10)	
81	琉球寒緋桜(琉球緋桜)	■平開型(同一種)								○寒桜×○大寒桜		(6)	
82	ワダイ											(4)(5)(8)	カンヒザクラの別名として使用する場合も
												(3)(6)(9)(10)	
												(8)	東海桜と同一品種の可能性も

○=交配、■=変異型、△=交配以外の記載あり

文献:①三好1938 ②大井・太田1973 ③本田・林1974 ④花の会1983 ⑤花の会1986 ⑥川崎1993 ⑦村田1997 ⑧花の会2002 ⑨遺伝研2006 ⑩大場ら2007 ⑪遺伝研2011 ⑫品種登録

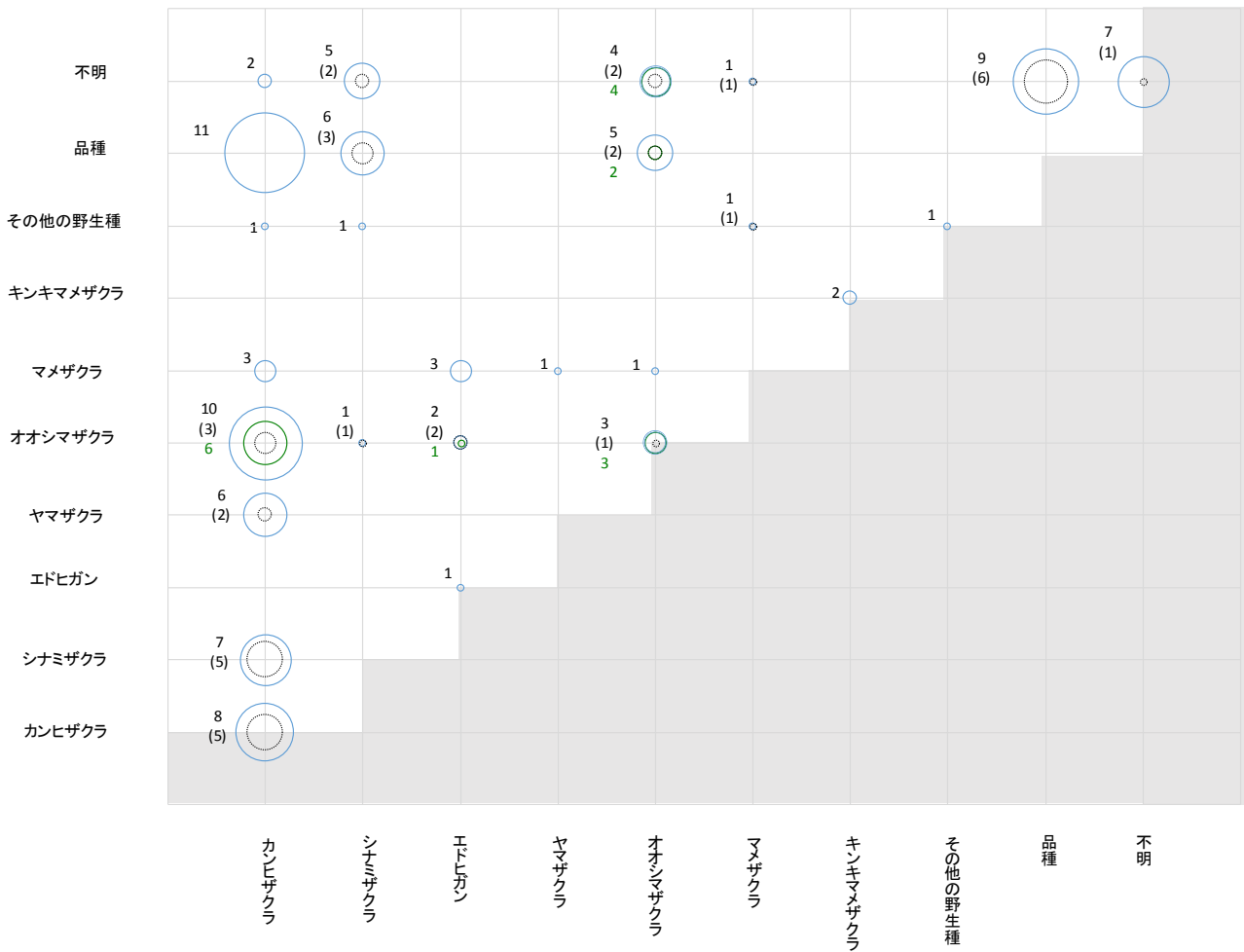
※文献の( )は早咲き種として扱っていないもの



図Ⅲ-1 早咲きのサクラ品種（既成品種）82 品種の原種候補種

既成品種は雑種、原種の変異型などがあり、ひとつの品種の成立に関与する原種の種数は品種によって異なる。また、原種に複数の説をもつ既成品種も多い。今回対象とした 82 品種の既成品種では、11 種+13 品種の 24 の原種候補種が挙げられていた（表Ⅲ-1）。この図Ⅲ-1 では、既成品種 82 品種について推定されている全ての説、全ての原種候補種を対象として、原種候補種を数えた（n=145）。

※原種に関する記載が無いもの。雑種と推定されている既成品種のうち片方の原種のみ不明のものは含んでいない。

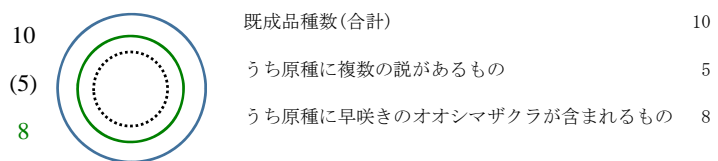


図Ⅲ-2 早咲きのサクラ品種の原種候補種（組合せ別）

n = 102 ※82 品種のうち 14 品種の複数系統、品種構成種(原種)に複数の説を含む。

- ・円の大きさは既成品種数の多さを表している。
- ・円にある左側の数字は品種数を示す。
- ・( )内の数字は複数系統があるなど混乱が生じている品種の内数とした。
- ・点線の円（黒線）は、混乱のある品種数を示す。
- ・緑線の円は早咲きのオオシマザクラの記載確認がされた品種を示す。

例)



## 2. 既成品種と原種候補種の生育地

特に自然環境下で作られた（出現した）品種である場合、品種と原種との生育地の地理的關係は、品種が作られた原種を知るためにも重要な知見となる。そこで、主な既成品種の生育地と原種候補種の生育地を調べた。

### (1) 原種候補種の生育地調査

原種候補種の中でも、多くの既成品種の原種として推定されており、重要な種であると考えられるカンヒザクラは、日本での分布や個体変異について不明点があることから現地調査を行った（①項）。また、数種の既成品種の原種候補種として挙げられていたヤマザクラは、後述するように、国内で広く分布し（川崎 1993；日本花の会 1982）、生育できる範囲は広いと考えられるが、分布が北限に近いと予測される場所でも既成品種の生じる交雑が起こる可能性はあるのかを検討するために現地調査を行った（②項）。

#### ①台湾及び沖縄県におけるカンヒザクラの生育地

##### a. 台湾におけるカンヒザクラの生育地調査

台湾北・中部を中心にカンヒザクラの生育地調査を行い（図Ⅲ-3, Ⅲ-4）、92 個体の生育を確認した。カンヒザクラは中国及び台湾原産のサクラであり、日本では沖縄県石垣市の荒川のカンヒザクラ自生地が 1972 年に国の天然記念物に指定されている（文化省国指定文化財等データベース <http://kunishitei.bunka.go.jp/bsys>）。しかし、日本の石垣島に生育するものは、中国や台湾に分布するカンヒザクラが栽培逸出したとする説（初島・天野 1977；三好 1980）と、日本の野生ととらえる説（林 1980）がある。さらに、台湾と日本の沖縄に生育するカンヒザクラでは花の色や大きさに違いがあるとして、沖縄の個体を‘琉球寒緋桜’（*P. campanulata* cv. *Ryukyu-hizakura*）の名称で園芸品種として区別することがある（林 1980）。このように、日本に分布するカンヒザクラの分類学的位置づけは不明瞭であり、カンヒザクラの分布については国外の文献でも見解が分かれていた（2 項(2)）。また、カンヒザクラに含めるか、別の品種として扱うか議論のある‘琉球寒緋桜’では、カンヒザクラと形態的に類似しており識別が難しい個体も存在する（川崎 1993）。そこで今回は明らかに花が平開であると確認できた個体のみを、‘琉球寒緋桜’として扱い（図Ⅲ-5、農林水産省品種登録審査基準 [http://www.hinsyu.maff.go.jp/info/sinsakijun/botanical\\_taxon.html](http://www.hinsyu.maff.go.jp/info/sinsakijun/botanical_taxon.html)（サクラ属）より引用）、12 個体を確認した。さらに、カンヒザクラ及び‘琉球寒緋桜’のどちらとも区別できない中間型として 30 個体の生育を確認した。これらの調査結果から明らかに植栽されたものを除くと、カンヒザクラ 59 個体、‘琉球寒緋桜’ 1 個体、中間型 24 個体が確認できた。

確認した生育地を図Ⅲ-4 に示す。台湾北・中部では東部の山地に多く、中央山脈と雪山山脈の谷部の斜面、玉山と阿里山の中間地点に近い斜面（両山から約 10km 地点、図Ⅲ-4★5 の位置）で確認した。北部から南下するに従い生育地の標高は高くなり、桃園県と宜蘭県の境

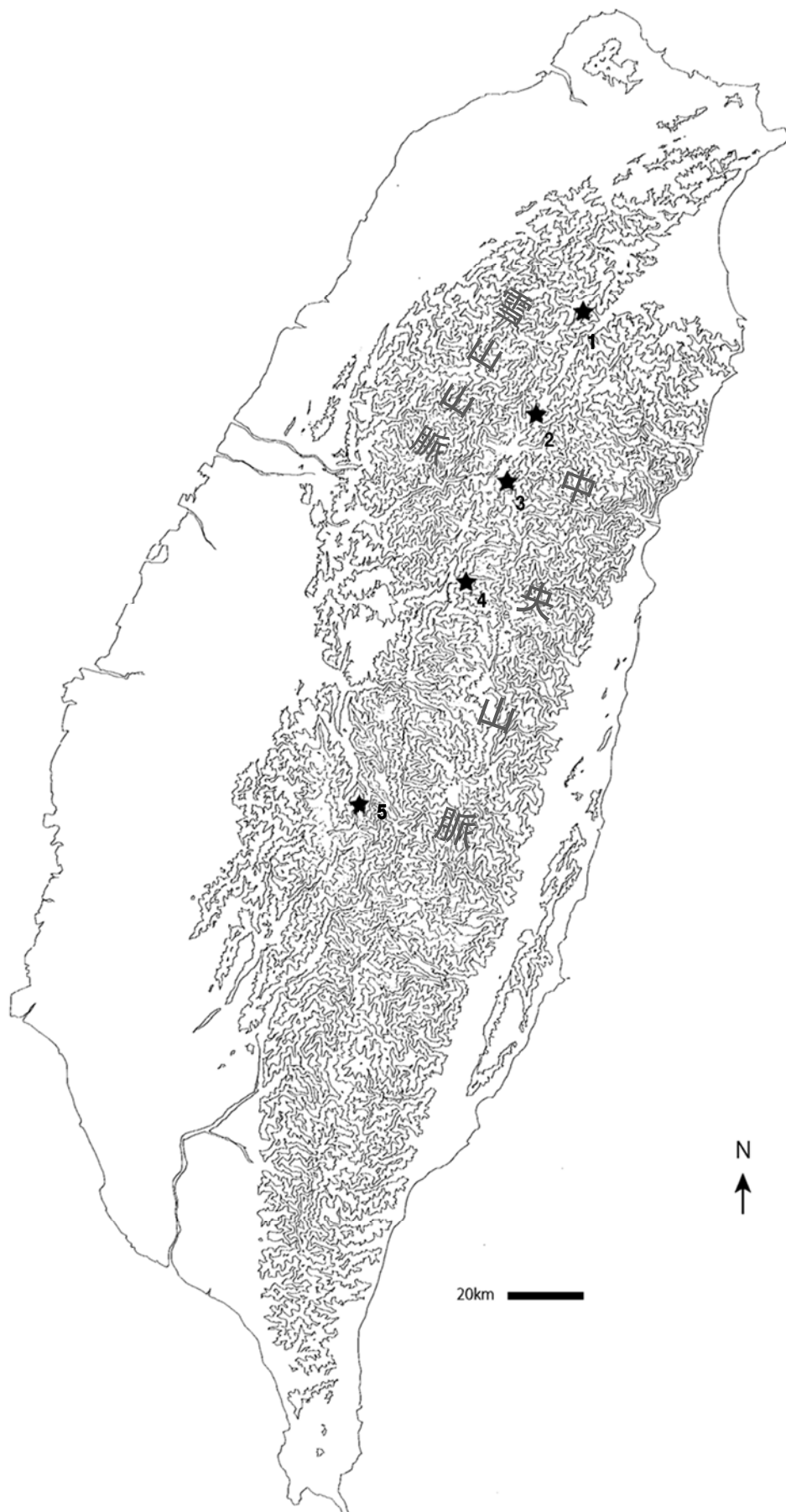
界付近（図Ⅲ-4★1）では、標高 1000～1200m に生育しているのに対し（図Ⅲ-6）、宜蘭県と台中県の境界付近（図Ⅲ-4★2）では標高 1400～1800m（図Ⅲ-7）、台中県と南投県の境界付近（図Ⅲ-4★3）では標高 1800～2200m（図Ⅲ-8）、南投県（図Ⅲ-4★4）では標高 2000～2200m（図Ⅲ-9）、南投県と嘉義県の境界付近（図Ⅲ-4★5）では、標高 2200～2400m（図Ⅲ-10）で生育地を確認した。なお、古くからカンヒザクラの原産地とされる阿里山は、阿里山森林遊楽区として観光地の役割も担っており、カンヒザクラの植栽個体や‘染井吉野’などの日本のサクラも確認した。



図Ⅲ-3 台湾での生育地調査の様子

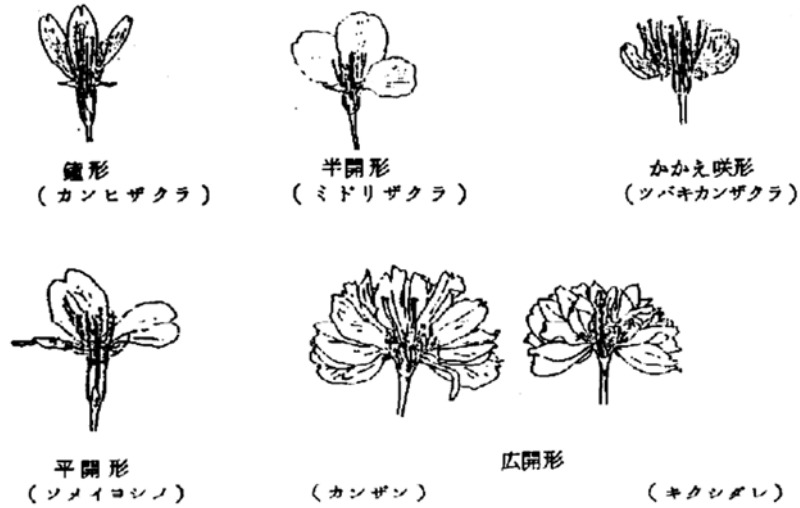
(左) 開花時に調査を行うことができたため種の識別は比較的容易であった(右上) 急斜面上に生育している場合が多かったが可能な限り幹周等の計測をした(右下) もともと生育しているカンヒザクラを切断し、琉球寒緋桜を穂木として接いである個体が多数確認された





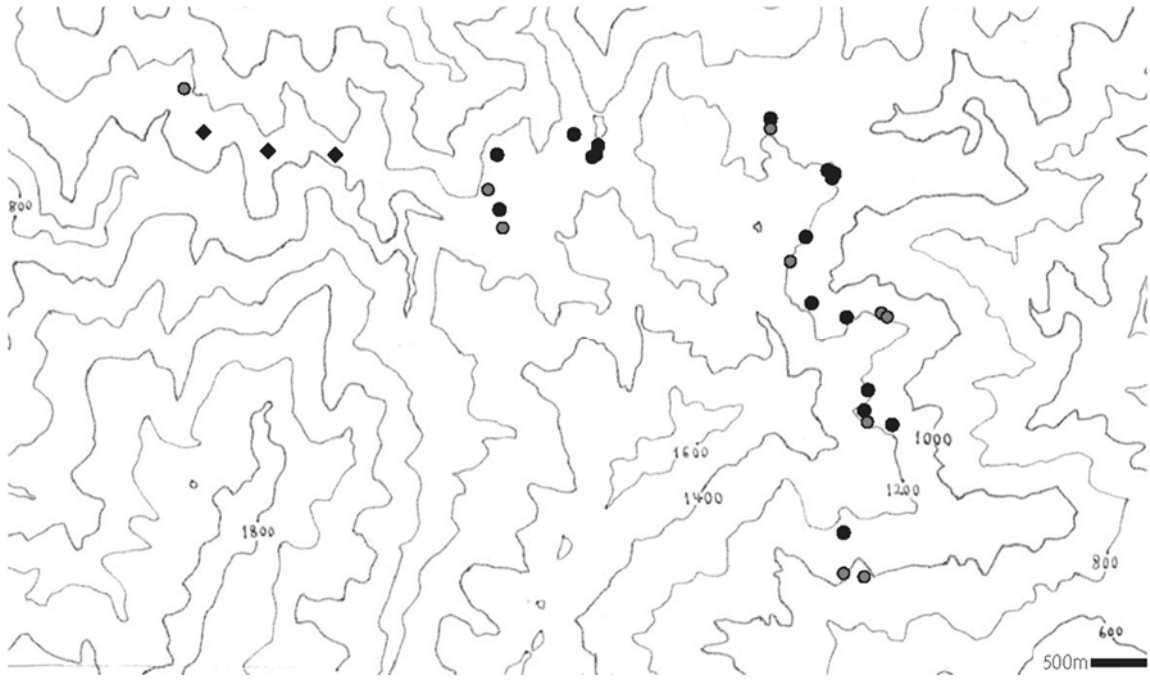
図Ⅲ-4 現地調査で確認したカンヒザクラの台湾における生育地の概要

図-14 ② 花のひらき方

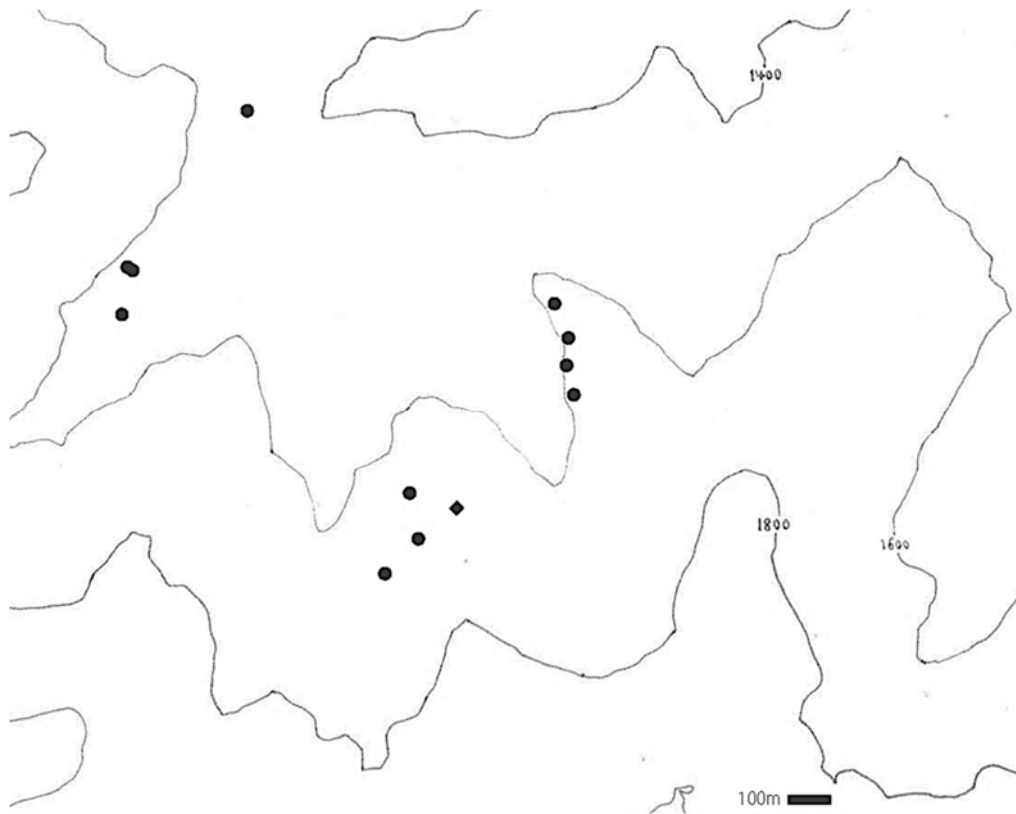


本研究で調査した‘琉球寒緋桜’は、花のひらき方が「平開形」であるものとした。

図III-5 本研究で対象とした‘琉球寒緋桜’の花の形態

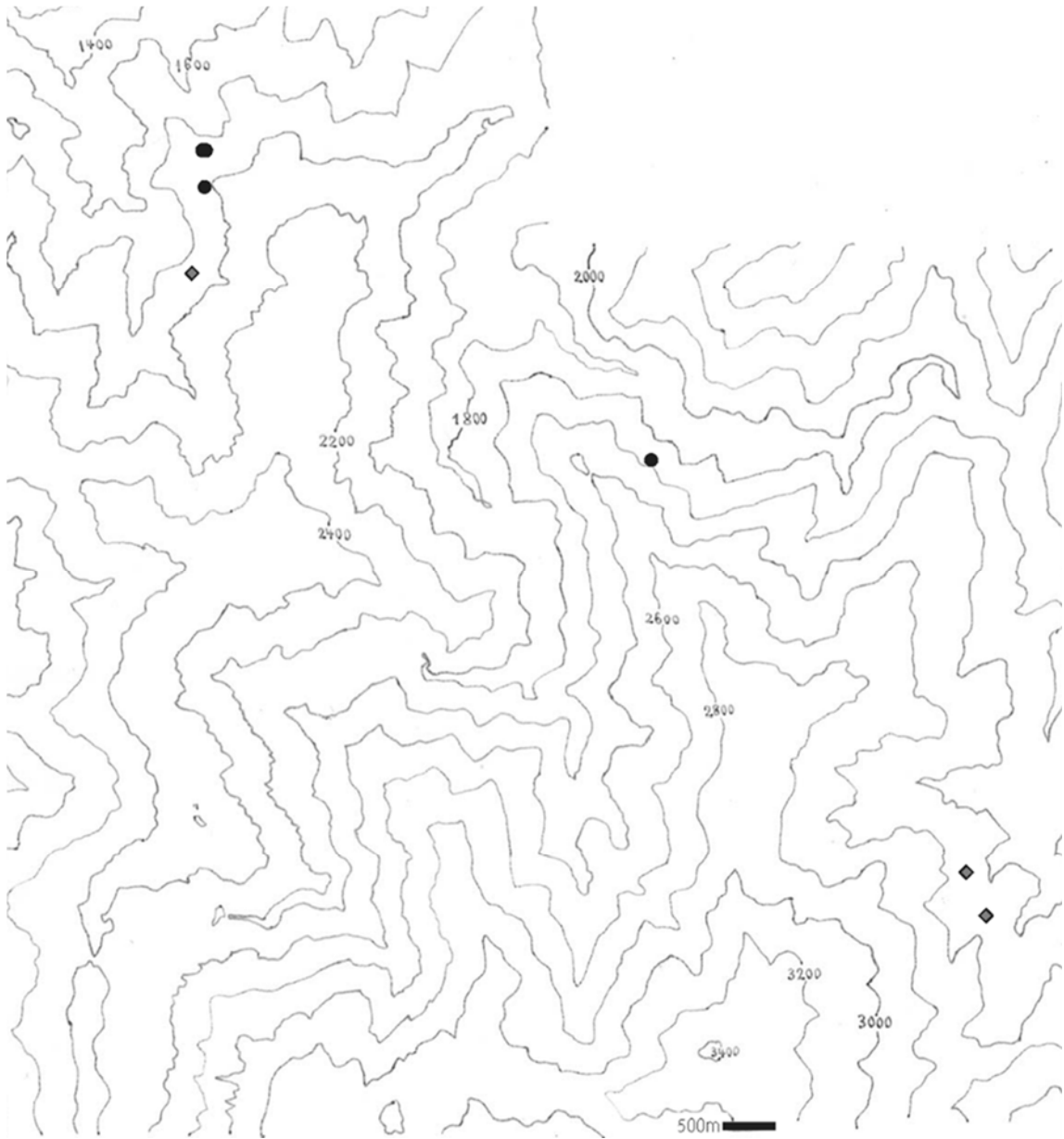


図Ⅲ-6 図Ⅲ-4の★1 地点詳細



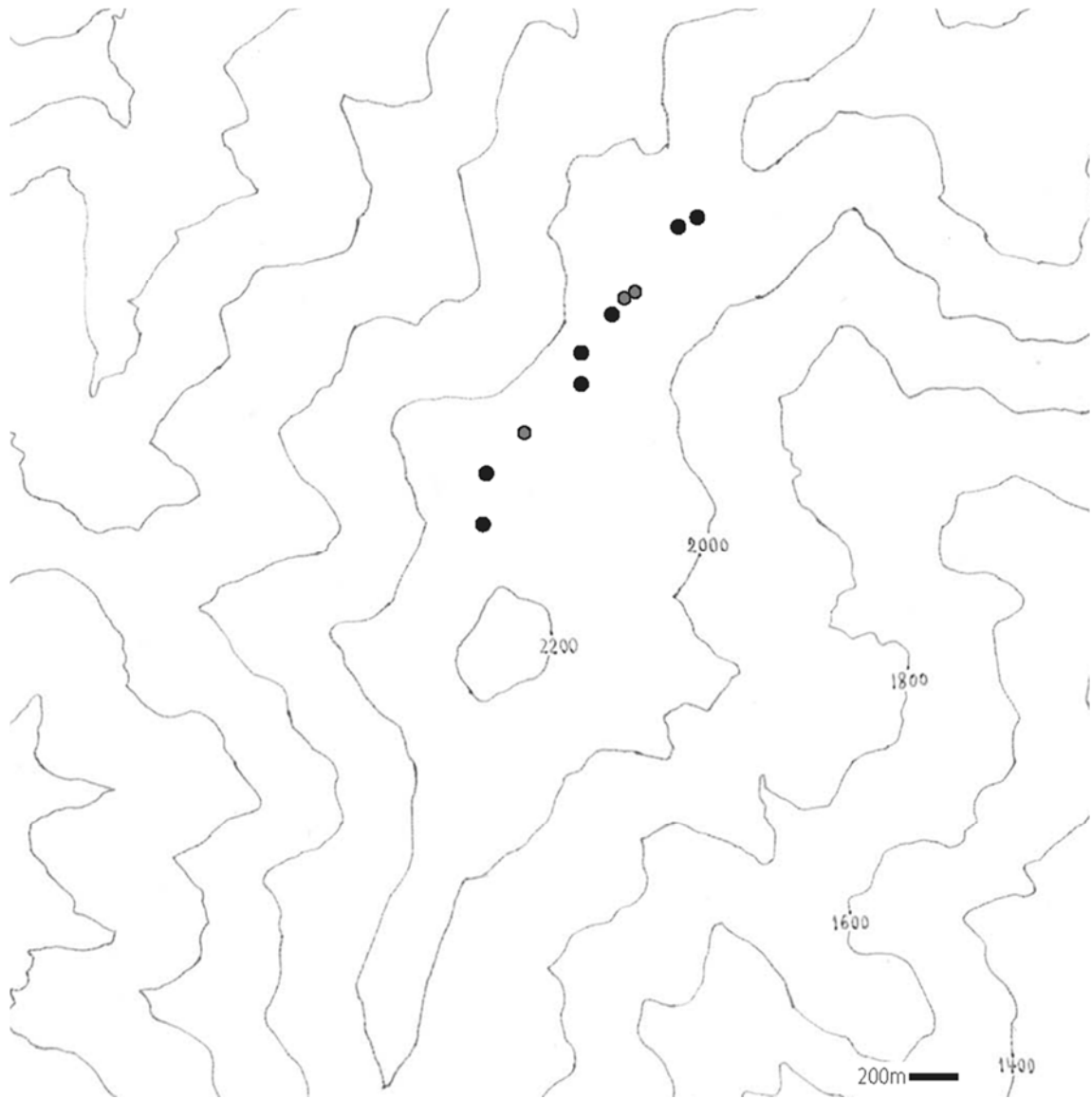
図Ⅲ-7 図Ⅲ-4の★2 地点詳細

※図Ⅲ-6、Ⅲ-7 共通  
 丸印(○)は野生個体、ひし形印(◇)は野生か植栽か疑わしい個体を示す。  
 黒：カンヒザクラ、灰：中間型(図Ⅲ-7は中間型無し)



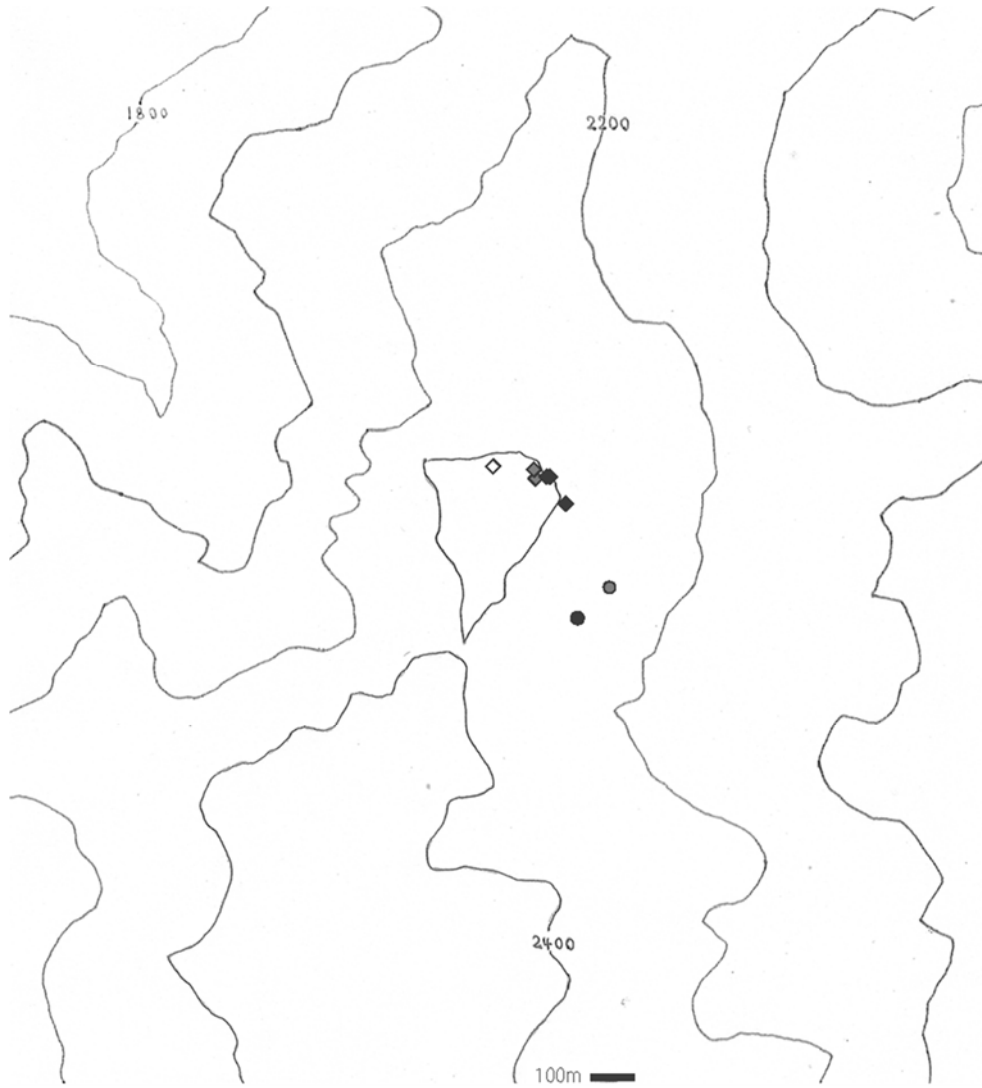
図Ⅲ-8 図Ⅲ-4の★3地点詳細

※  
 丸印(○)は野生個体、ひし形印(◇)は野生か植栽か疑わしい個体を示す。  
 黒：カンヒザクラ、灰：中間型



図Ⅲ-9 図Ⅲ-4の★4地点詳細

※  
 ここでは野生個体のみ確認された。  
 黒：カンヒザクラ、灰：中間型



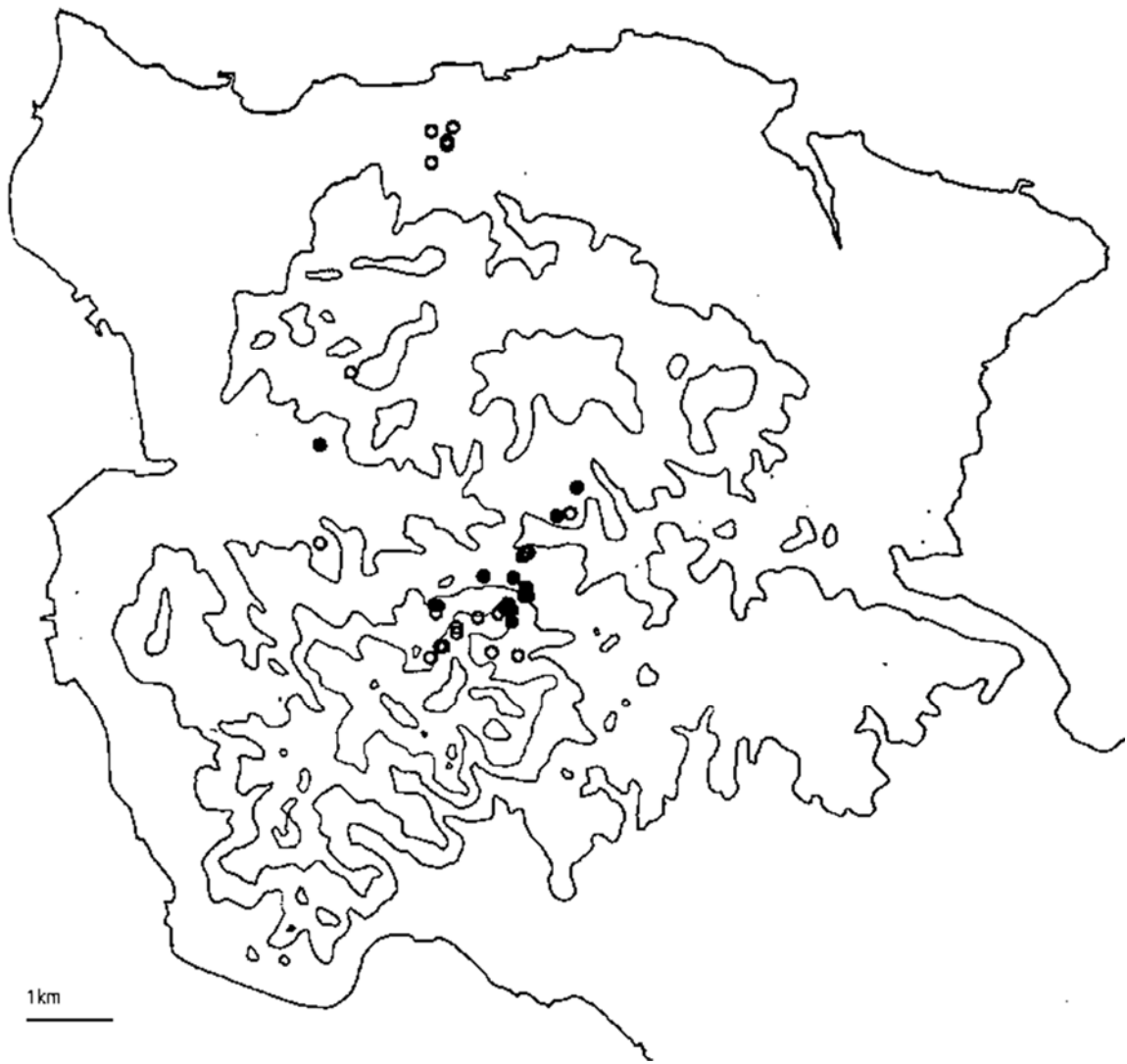
図Ⅲ-10 図Ⅲ-4の★5地点詳細

※  
 丸印(○)は野生個体、ひし形印(◇)は野生か植栽かの違いが不明。  
 黒：カンヒザクラ、灰：中間型 白：琉球寒緋桜

#### b. 沖縄県におけるカンヒザクラの生育地調査

沖縄県のカンヒザクラ野生個体は標高 50～340m の範囲で生育が確認され、特に標高 220～320m 付近で多く確認された。本部町及び石垣島におけるカンヒザクラの生育場所を図Ⅲ-11、Ⅲ-12 に示す。野生個体とほとんど距離のない位置にも植栽個体が多く存在しており、生育地調査からは沖縄のカンヒザクラが自生かどうかの判断はできなかった。

以上の調査の結果から、原種候補種のカンヒザクラは、台湾、沖縄県ともに植栽個体と野生個体が混在して生育していることを確認した。また、台湾では、カンヒザクラと、‘琉球寒緋桜’、またその中間型個体が生育していることがわかった。



図Ⅲ-11 本部半島におけるカンヒザクラの生育地

※黒塗り (●) は野生個体、白抜き (○) は植栽個体を示す





図Ⅲ-12 石垣島におけるカンヒザクラの生育地

※黒塗り (●) は野生個体、白抜き (○) は植栽個体を示す  
 野生個体は「荒川のカンヒザクラ自生地」の範囲内に集中していた (中央北部)。

## ②山梨県及び福島県における原種候補種の分布

### a. 山梨県内における巨木のサクラの種と生育地

巨木のサクラとして確認された個体は合計 37 個体となった。調査した個体を種別に幹周の大きい順から表Ⅲ-2、Ⅲ-3、Ⅲ-4 に示した。このうち 1 本のみがヤマザクラであり、エドヒガンが最も多く 22 本 (60%)、続いてシダレザクラが 13 本 (35%) 確認された。なお、ヤマザクラは、現地の解説板によればヤマザクラ系園芸品種と記されていたが詳細は不明である。その他の種・品種では‘染井吉野’が 1 本確認された。また、調査個体は山梨県内の主要な河川沿いに生育していることが確認された (図Ⅲ-13)。

唯一のヤマザクラである称願寺のサクラ (図Ⅲ-13★印) の幹周は 4.53m であった。全個体の中ではエドヒガンの山高の神代桜 (図Ⅲ-13①印) が 10m を超える幹周となり最大であった。エドヒガン (表Ⅲ-2) では幹周が 5m 以上の個体は本村の関の桜 (個体番号 2)、阿夫利神社の桜 (同 3)、熱那神社の桜 (同 4)、小和田の桜 (同 5)、降谷沢の桜 (同 6)、中の家の桜 (同 7) の 6 本が確認され、種別に見ても太いものが多かった。これらのうち、阿夫利神社の彼岸桜は主幹が枯れており、その根元から新たに生長した幹がみられたが、今回の生育地調査では、より幹周の大きいものを記録として残すことが重要であると考え、枯死した主幹の幹周を記録した。シダレザクラ (表Ⅲ-3) では、幹周が 5m 以上の個体は、神田の大系桜 (665cm) 1 本のみであった。

根元周は、概ね幹周と同じか、幹周よりも若干太くなる傾向を示した。しかしエドヒガンの膝立の天王桜、桂林寺の彼岸桜のように、幹周よりも 2m 以上太くなるものもみられた。樹高は、4.8~22.0m まで様々みられた。

なおエドヒガンの吉祥寺の新羅桜 (表Ⅲ-2、個体番号 21) は、樹高は 7.3m とある程度高いが、幹周は 264cm と細かった。これは、倒れた主幹に残っていた枝が幹となって成長し、倒れた主幹がそれを支えているためであった。巨木の定義 (環境庁 1991) に該当しないが、倒木以前の推定樹齢 (現地解説版によると約 400 年) などの理由からリストに加えた。

表Ⅲ-2 サクラの巨木の調査対象種一覧（エドヒガン）

個体 番号	通称 <sup>1)</sup>	生育地	生育地 の標高 (m)	形状			調査年月日
				幹周 (cm)	根元周 (cm) <sup>2)</sup>	樹高 (m)	
1	山高の神代桜	北巨摩郡北杜市武川町山高2779	570	1065	—	12.0	2005年9月17日
2	本村の関の桜	北杜市白州町横手2699	680	615	829	13.0	2008年3月11日
3	阿夫利神社の彼岸桜	都留市玉川	490	570 <sup>3)</sup>	622	21.0	2008年3月15日
4	熱那神社の桜	北杜市高根町村山西割1714	670	530	720	22.0	2008年3月11日
5	小和田の桜	大月市七保町林1047	360	530	600	15.0	2008年3月19日
6	降谷沢の桜	上野原市秋山6210-2	650	510	550	12.0	2008年4月29日
7	中の家の桜	韮崎市清哲町青木	430	507	509	8.5	2008年3月11日
8	白州殿町の桜	北杜市白州町白須殿町481	610	486	494	6.0	2008年3月11日
9	本郷の千年桜	南巨摩郡南部町本郷3230	150	486	—	13.0	2005年9月17日
10	八坂神社の江戸彼岸 (神代桜)	甲州市塩山藤木2353	500	473	630	13.7	2008年3月19日
11	膝立の天王桜	東山梨郡牧丘町牧平2078	850	456	720	13.0	2006年9月23日
12	雲峰寺の桜(峰の 桜)	甲州市塩山上萩原2678	950	456	—	13.7	2006年9月23日
13	山高の江戸彼岸	武川村山高	590	439	505	16.0	2008年3月11日
14	桂林寺の彼岸桜	都留市金井	480	420	670	11.0	2008年3月19日
15	北原金峰山の桜	山梨市牧丘町北原1477	860	415	590	7.1	2007年9月5日
16	わに(王仁・鰐)塚の 桜	韮崎市神山町北宮地柳田624	420	393	—	20.0	2005年9月17日
17	洞雲寺の江戸彼岸桜	山梨市牧丘町北原1116	860	390	390	12.3	2007年9月5日
18	滝の大桜	南巨摩郡身延町久成上河原	620	385	448	10.5	2008年3月26日
19	間明野の桜(いも植 え桜)	大月市大月町真木間明野地区	660	341	448	9.4	2008年3月19日
20	諏訪神社の江戸彼岸 (彼岸桜)	南アルプス市曲輪田	360	308	285	7.5	2008年3月26日
21	吉祥寺の新羅桜	東山梨郡三富村徳和2徳和地内	850	264 <sup>4)</sup>	270	7.3	2008年3月19日
22	能蔵の江戸彼岸桜	南アルプス市野牛島2740 (八田町野牛島)	320	128+ 298 <sup>5)</sup>	460	4.8	2008年3月26日

注 1) 通称の「さくら」の呼称は、全て漢字で表した。

2) 「—」: 未測定。

3) 幹周は枯死した主幹の値、1936年(昭和11年)に倒木、新幹の幹周は166cm。

4) 測定した幹周は倒木(1949年)から伸長した枝が幹となったもの。

5) 株立ち

表Ⅲ-3 サクラの巨木の調査対象種一覧（シダレザクラ）

個体 番号	通称 <sup>1)</sup>	生育地	生育地 の標高 (m)	形状			調査年月日
				幹周 (cm)	根元周 (cm) <sup>2)</sup>	樹高 (m)	
1	神田の大糸桜	北巨摩郡小淵沢町松向 1904	820	665	—	10.0	2005年9月17日
2	学定寺の糸桜	南巨摩郡早川町夏秋1521	610	430	430	10.2	2008年3月26日
3	鏡圓坊の桜	南巨摩郡身延町梅平2780	230	402	422	15.0	2008年3月25日
4	上市之瀬の糸桜	中巨摩郡櫛形町（南アル プス市上市之瀬）	500	401	428	10.0	2008年3月26日
5	乙ヶ妻の枝垂桜	山梨市牧丘町室伏字乙ヶ 妻	680	390	440	9.0	2007年9月5日
6	慈雲寺の糸桜	甲州市塩山中萩原352	570	350	—	15.0	2005年9月18日
7	久遠寺の枝垂桜②	南巨摩郡身延町身延	370	350	400	8.7	2008年3月25日
8	原間の糸桜	南巨摩郡南部町本郷1547	250	343	—	—	2005年9月17日
9	江尻窪の糸桜	南巨摩郡身延町江尻窪	420	340	348	13.0	2008年3月26日
10	本遠寺の枝垂桜	南巨摩郡身延町大野839	160	340	407	12.0	2008年3月25日
11	久遠寺の枝垂桜①	南巨摩郡身延町身延	370	320	380	7.0	2008年3月25日
12	矢細工の糸桜	南巨摩郡身延町矢細工	650	314	363	15.0	2008年3月26日
13	清光寺の枝垂桜	北杜市長坂町大八田栗林	740	300	290	10.5	2008年3月11日

注 1) 通称の「さくら」の呼称は、全て漢字で表した。

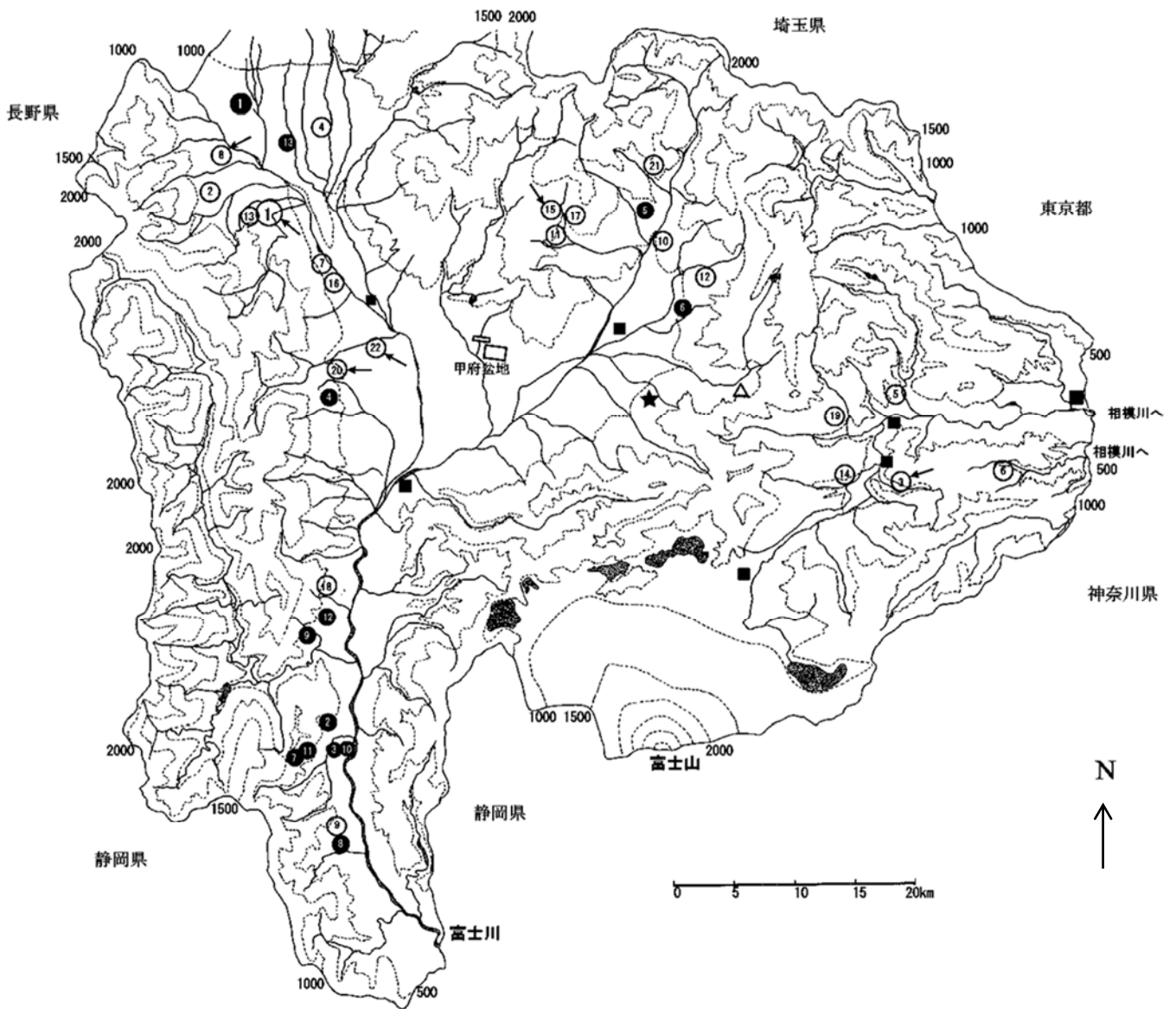
2) 「—」: 未測定。

表Ⅲ-4 サクラの巨木の調査対象種一覧（ヤマザクラ、染井吉野）

種	通称 <sup>1)</sup>	生育地	生育地 の標高 (m)	形状			調査年月日
				幹周 (cm)	根元周 (cm)	樹高 (m)	
ヤマザ クラ <sup>2)</sup>	称願寺の桜	東八代郡御坂町上黒駒 2969-1	530	453	512	5.0	2008年3月19日
ソメイ ヨシノ	景德院の桜	甲州市大和町田野389	730	370	448	7.7	2008年3月19日

注 1) 通称の「さくら」の呼称は、全て漢字で表した。

2) 解説版によるとヤマザクラ系園芸品種という。



図Ⅲ-13 山梨県の巨木のサクラ

○：エドヒガン，●：シダレザクラ，★：ヤマザクラ，△：ソメイヨシノ。番号は表-1～3 に従う。数値の小さい順に幹周が大きい。ただし、エドヒガン（○）の22番は株立ち、破線は500m間隔の等高線、数値は標高（m）。矢印は枯死寸前の個体。

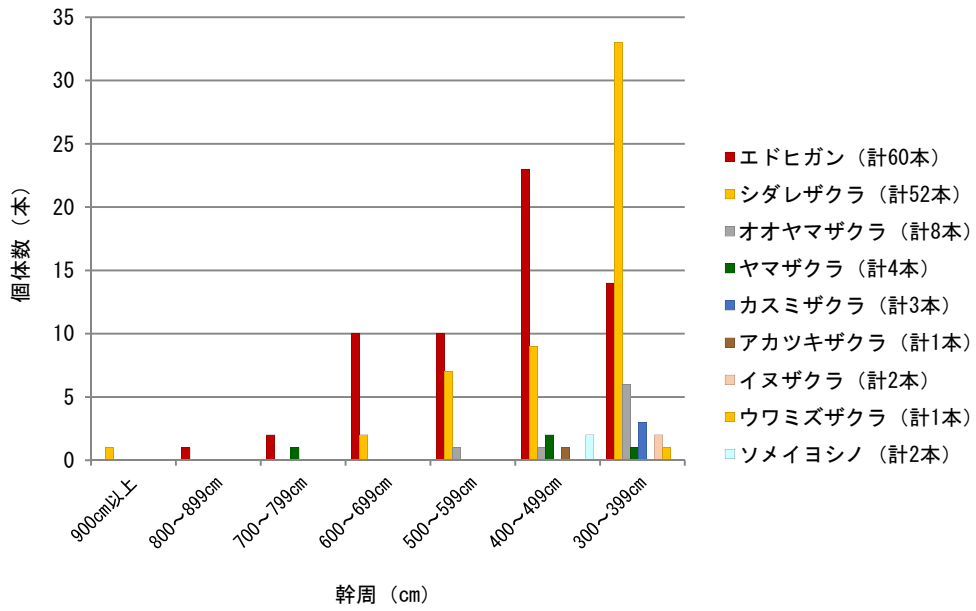
## b. 福島県内におけるサクラの巨木の種と生育地

巨木のサクラとして確認された個体は合計 133 個体であった。種別には、エドヒガンとシダレザクラが著しく多く、それぞれ 60 個体と 52 個体となり、全体の 84% を占めた。ヤマザクラは 4 個体 (3%) が確認され、その他は、オオヤマザクラ 8 個体 (6%)、カスミザクラ (*P. verecunda*) 3 個体 (2%)、アカツキザクラ (*P. × compta*) 1 個体 (0.8%) であった。また雑種 (園芸種) といわれているサトザクラ (*P. lannesiana* cv.) が 3 個体 (2%) と ‘染井吉野’ が 2 個体 (1.5%) みられた。

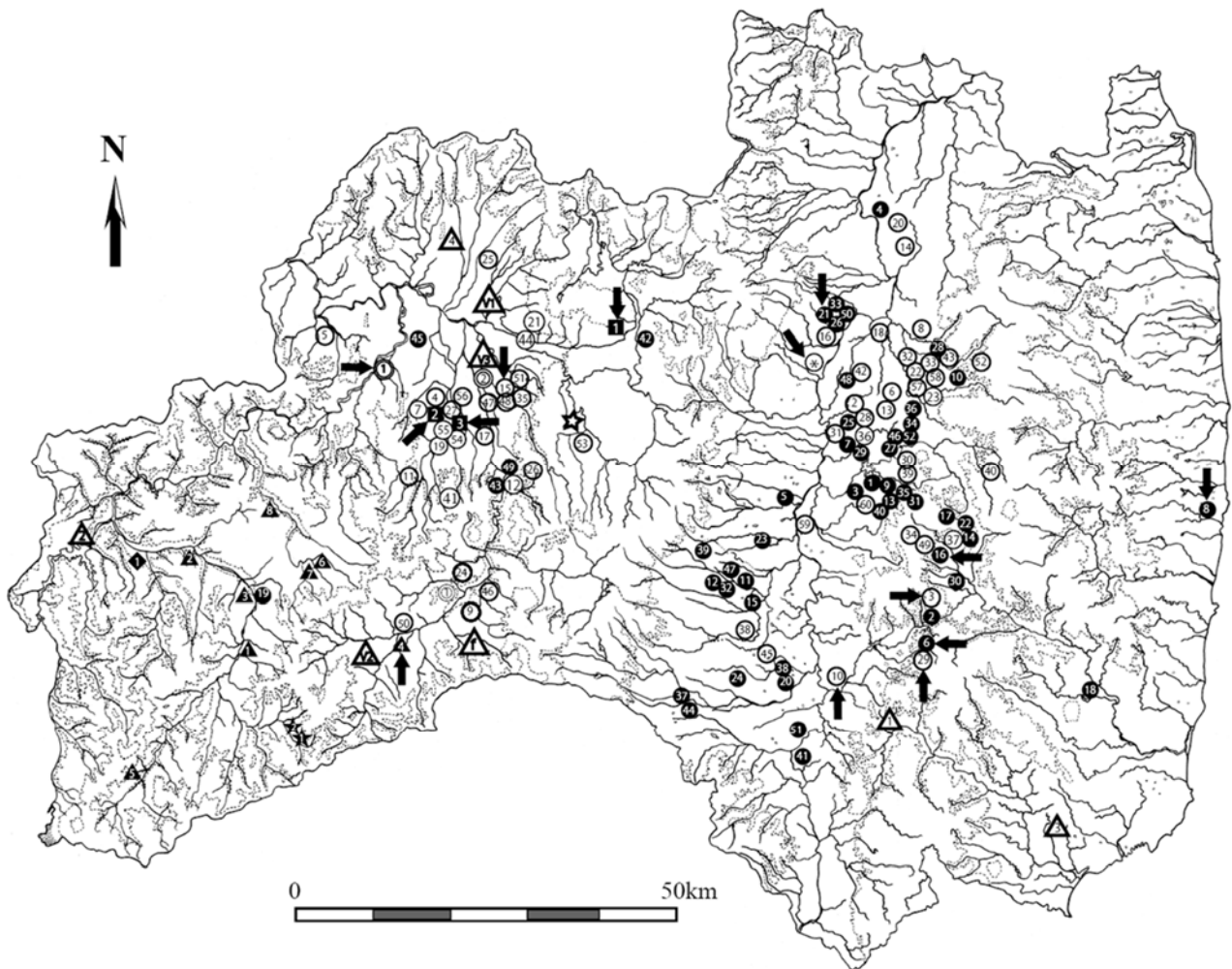
幹周 950cm の三春の滝桜は、調査個体中で最大であり国の天然記念物に指定されていることはよく知られている。シダレザクラに比べて、エドヒガンでは幹周の大きいものが多かった。ヤマザクラの 1 本のみ 700cm を越えたが、オオヤマザクラとあわせてその他は全て 600cm 未満であった。カスミザクラ、アカツキザクラ、イヌザクラ、ウワミズザクラは 400cm 以下、ソメイヨシノは 500cm 以下であった。サトザクラは全て株立ちであった。形状 (幹周) と本数、種を図Ⅲ-14 にまとめた。

図Ⅲ-15 に示すように、サクラの巨木は盆地の標高 1,000m 以下の川沿いに多く生育していた。県内東側 (通称：浜通り) には、サクラの巨木が少なく、シダレザクラとヤマザクラが数本みられたのみであった。県内内陸部 (通称：中通り) には福島盆地と郡山盆地があり、そのほぼ中央に阿武隈川がある。その阿武隈川とその支流近くにサクラの巨木が多くみられた。この地域には、エドヒガンとシダレザクラが多く、若干ヤマザクラとソメイヨシノがみられた。県内西側 (通称：会津地方) では会津盆地を中心に巨木が集まっていた。この地域では中通りと同様にエドヒガンが多かったが、中通りに比べてシダレザクラは少なく、オオヤマザクラ、ヤマザクラが多い傾向を示した。

以上の調査より、ヤマザクラの分布北限域と思われる山梨県では植栽されたと思われるヤマザクラが寺社内に一本あるのみで、巨木としてはエドヒガンが多いことを確認した。福島県においては、南部と内陸側にヤマザクラが散見されるのみであった。また内陸ではオオヤマザクラの巨木を確認した。



図Ⅲ-14 福島県の巨木サクラの形状（幹周）と本数、種



図Ⅲ-15 福島県の巨木のサクラ

○:エドヒガン, ●:シダレザクラ, △:ヤマザクラ, ▲:オオヤマザクラ, △v:カスミザクラ, △f:アカツキザクラ, ■:サトザクラ, ☆:ウワミズザクラ, ★:イヌザクラ, ◆:シキザクラ, ◎:染井吉野. 数値の小さい順に幹周が大きい. \*: 主幹の枯死により幹周の測定不可能. 破線は 500m 間隔の等高線. 河川は国土地理院 1/200,000 地勢図に示されているもの. 矢印 (↓): 枯死寸前の個体.



## (2) 既往知見による既成品種と原種候補種の生育地

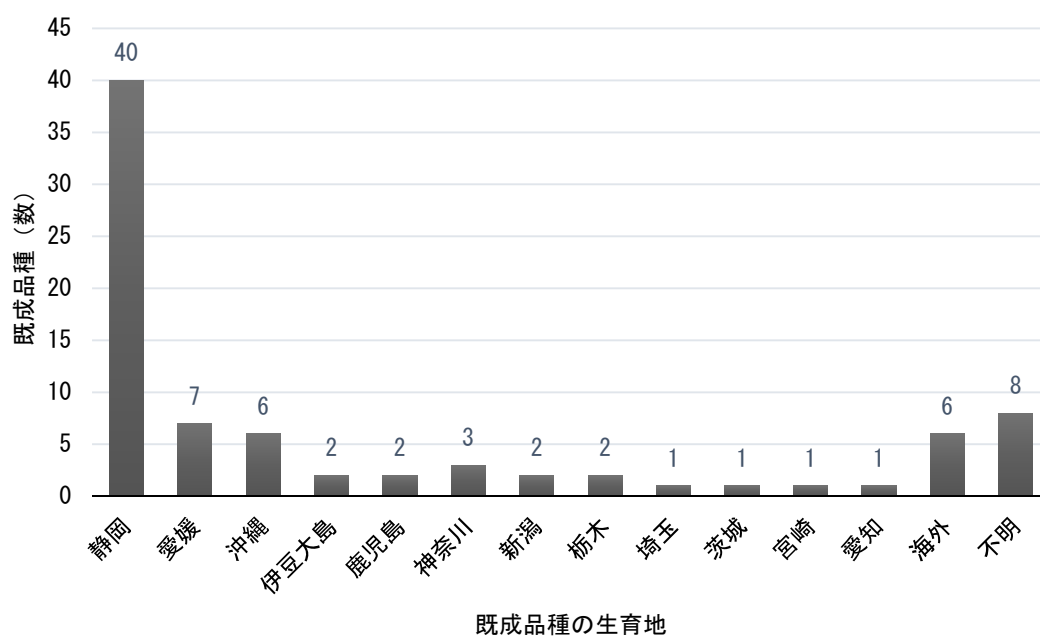
### ①既成品種の生育地

既成品種はどこで生育しているのか、発見、作出、栽培等の場所の記載を確認した。

前項1「既往知見による原種候補種の推定」でまとめた82品種のうち8品種（‘寒桜’、‘熊谷桜’、‘啓翁桜’、‘小彼岸桜’、‘暖地桜桃’、‘紅枝垂’、‘八重紅彼岸’、‘ワダイ’）を除いた74品種の記載が確認できた。これらのうち静岡県に生育するものが40品種と最も多くなった（図Ⅲ-16）。

### ②原種候補種の分布

前項1「既往知見による原種候補種の推定」で既成品種の有力な原種候補種として挙げられたもののうち、国内に自生しているヤマザクラ、オオシマザクラ、エドヒガン、マメザクラ、キンキマメザクラの分布は図Ⅲ-17～図Ⅲ-20の通りである（日本花の会1982より引用）。カンヒザクラは、南中国および台湾の原産であり、日本では沖縄県石垣島の「荒川のカンヒザクラ自生地」が国の天然記念物として指定されているが、石垣島のカンヒザクラが日本の野生かどうかについては議論がみられた（表Ⅲ-5）。

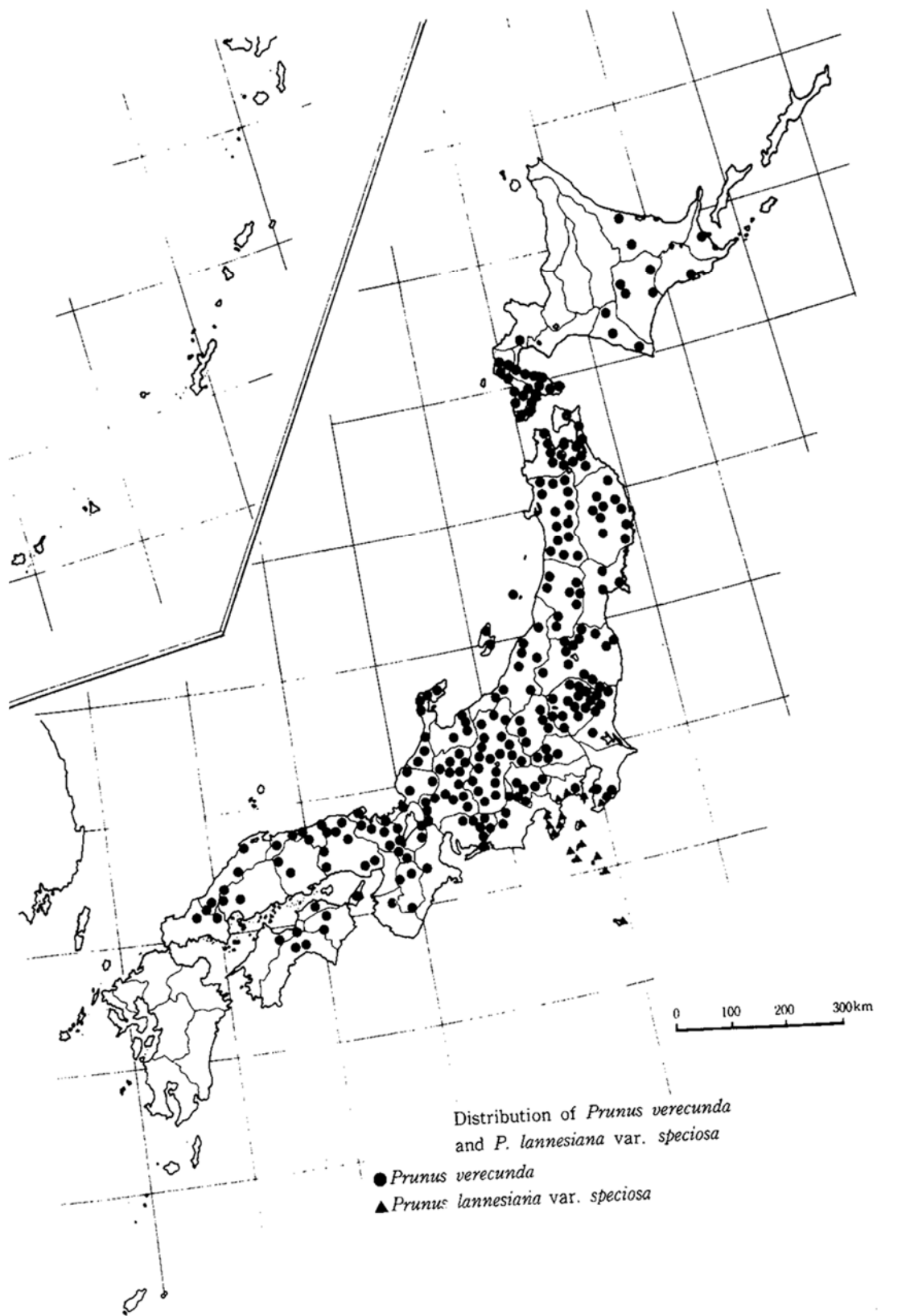


図Ⅲ-16 早咲きのサクラ品種(既成品種) 82 品種の生育地 (n=82)



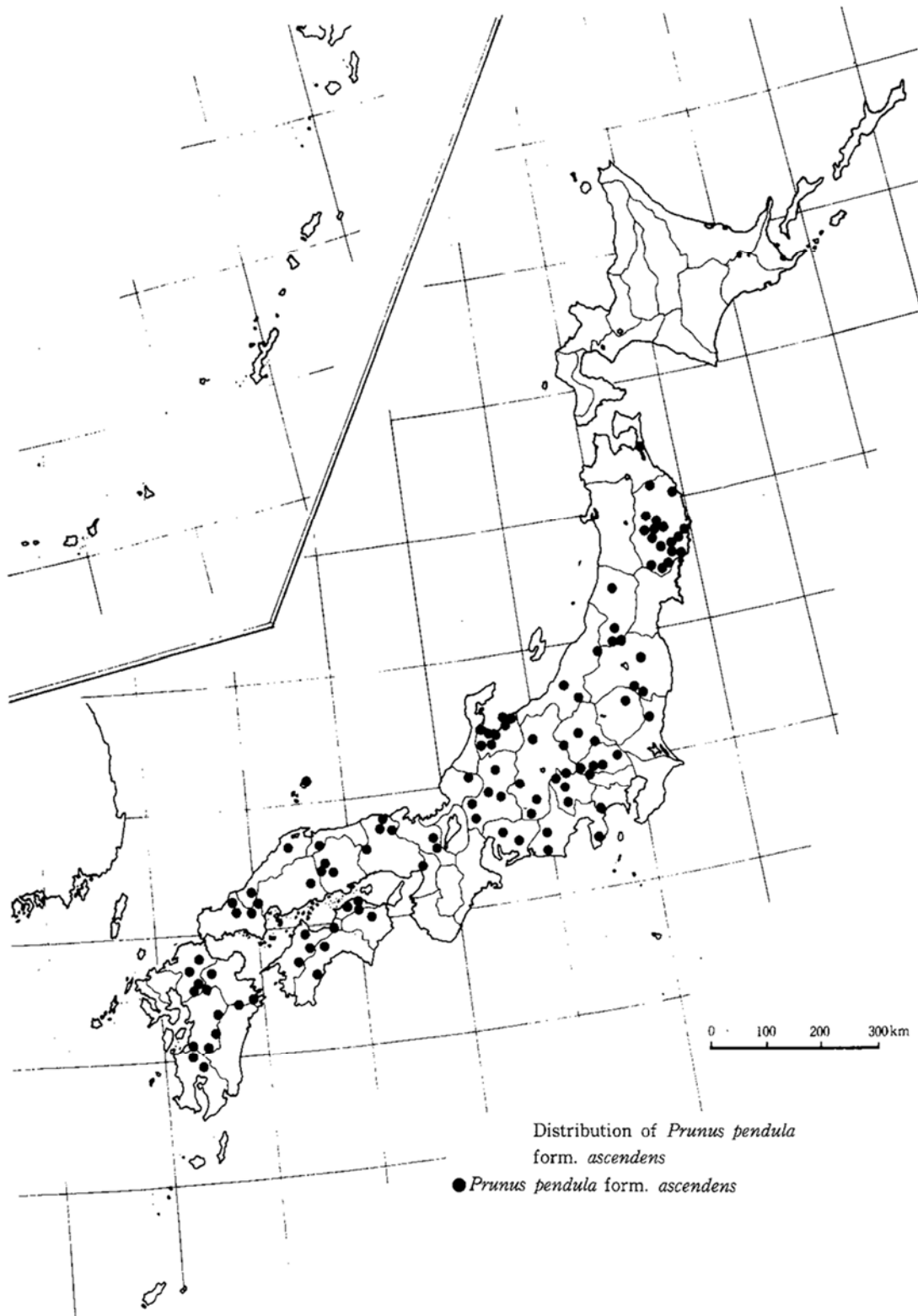
図Ⅲ-17 ヤマザクラの分布（日本花の会 1982 より引用）

※ ●：ヤマザクラ ○：オオヤマザクラ

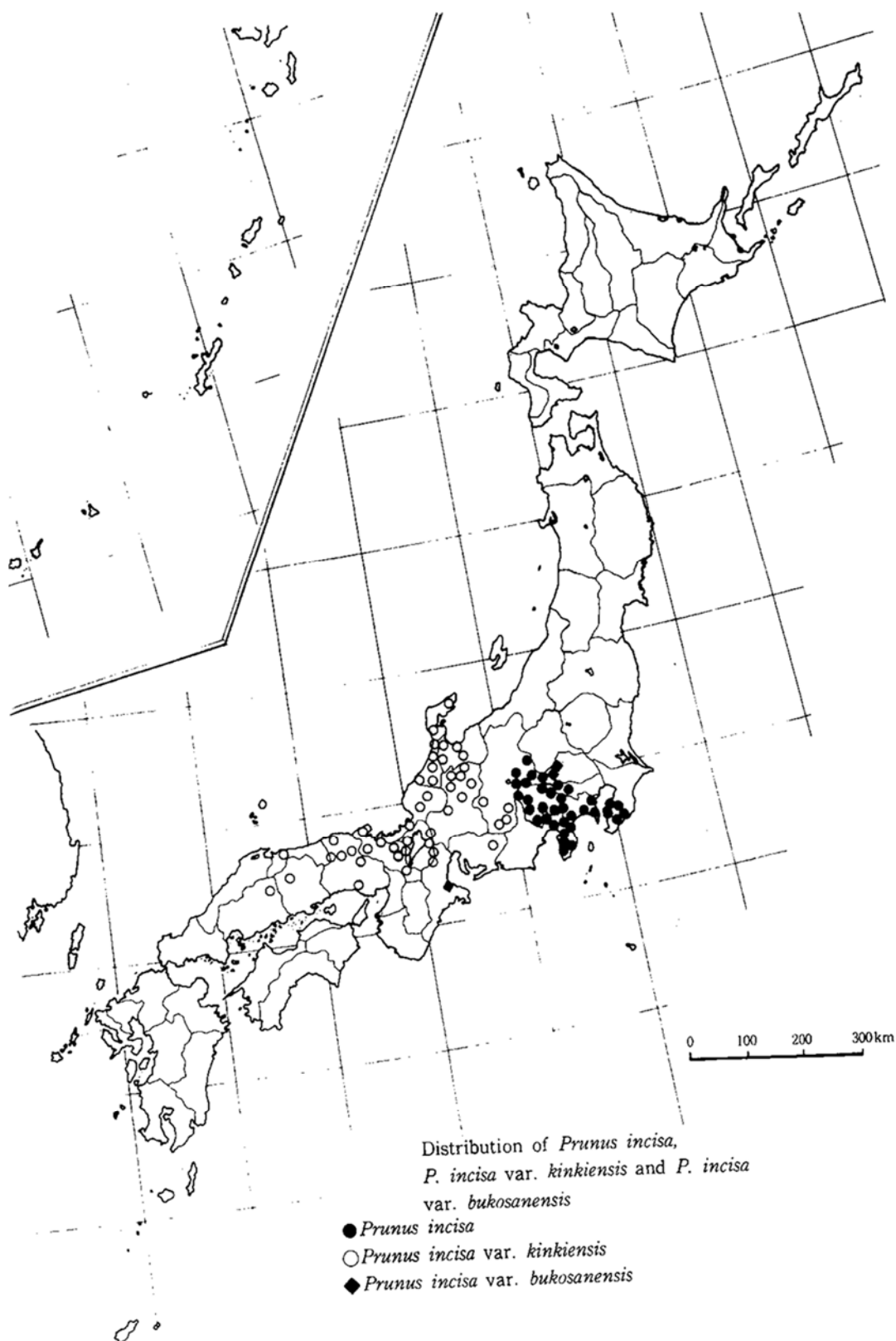


図Ⅲ-18 オオシマザクラの分布（日本花の会 1982 より引用）

※ ▲：オオシママザクラ ●：カスミザクラ



図Ⅲ-19 エドヒガンの分布 (日本花の会 1982 より引用)



図Ⅲ-20 マメザクラ、キンキマメザクラの分布（日本花の会 1982 より引用）

※ ●：マメザクラ ○：キンキマメザクラ ◆：ブコウマメザクラ

表 III-5 カンヒザクラの分布の知見

文献名	著者、編者または発行者、発行年	中国	各省別					台湾	日本(琉球)	その他
			広西	浙江	福建	広東	雲南			
東京帝国大学紀要 (1906)	東京帝国大学 1906	○	—	—	—	—	—	○ (竹子湖)	植栽	
東京帝国大学紀要 (1908)	東京帝国大学 1908	○南中国	—	—	○	—	—	○台中	○※植栽の記述なし	
臺灣植物圖譜	台湾總督府民政部殖産局 1911	○	—	—	—	—	—	○ (竹子湖)	植栽	
PLANTAE WILSONIANAE	Cambridge University Press 1913	—	—	—	○	—	—	—	○※自生、野生化の両説を記述	
臺灣木本植物圖誌	劉、陳 1960	○南東部	—	—	—	—	—	○北、中部	○	
日本のサクラ	本田、林 1974	○南部	—	—	—	—	—	○	○※自生、野生化の両説を記述	
琉球植物目録	初島、天野 1977	○	—	—	—	—	—	—	野生化 (石垣)	
琉球の植物	初島、中島 1979	○南中国	—	—	—	—	—	○	野生化 (石垣、久米島)	
桜	三好 1980	—	—	—	—	—	—	○阿里山など	移植	
日本のサクラの種・品種マニュアル	日本花の会 1982	○南部	—	—	—	—	—	○	○石垣、久米島 ※自生、野生化の両説を記述	
福建植物志	福建省科学技術委員会 1985	—	○	—	○	○	—	○	—	
中国樹木志	中国樹木志編輯委員会 1985	—	○	○	○	○	—	○	—	
中国植物志	中国科学院植物研究所 1986	—	○	○	○	○	—	○	○	ベトナム
日本の桜	川崎 1993	—	○	○	○	○	—	○	自生はない (自生説も紹介)	
広西植物志	中国科学院広西植物研究所 2005	—	○	○	○	○	—	○	—	
云南植物志	中国科学院昆明植物研究所 2006	—	○	○	○	○	○	○	○	ベトナム
新 日本の桜	大場ら 2007	—	○	○	○	○	—	○※台北の平地は野生化	自生はない (自生説も紹介)	
天目山植物志	丁、李ら 2010	—	○	—	○	○	—	○	○	ベトナム

## ii. 基準雑種の作出

### 1. 原種候補種の花粉稔性

基準雑種を作出するために、4種の原種候補種を用いて、結実に影響すると考えられた受粉段階の花粉稔性（花粉充実率、花粉粒径、花粉管発芽率）を調べた。

#### (1) 花粉充実率及び花粉粒径の測定

##### ①花粉充実率

原種候補種の花粉充実率は個体ごとに79.3～98.5%の花粉充実率を示した（表Ⅲ-6）。カンヒザクラ、ヤマザクラ、オオシマザクラ、オオシマザクラ（早咲き性）の4種10個体で花粉充実率を見たところ、同種では同程度の値を示した（図Ⅲ-21）。しかし、種間に明確な差は認められなかった。

##### ②花粉粒径

カンヒザクラ（稲城カ①07、海光カ07、海光カ08、函南カ08）及び、ヤマザクラ（用賀ヤ07）の花粉粒径は、40～44 $\mu\text{m}$ が約70～80%を占めた。花粉粒径曲線（図Ⅲ-22）より、花粉粒の大きさのばらつきは種ごとに似た傾向がみられた。オオシマザクラ（早咲き性）（早咲オ07、早咲オ08）及びオオシマザクラ（用賀オ07）ではカンヒザクラやヤマザクラに比較しやや小さい花粉が認められ、また花粉の大きさにばらつきがあった。

#### (2) 花粉管発芽率

##### ①温度条件

オオシマザクラ（四季オ08）の花粉管発芽率は、約6～9%を示し、10、20、25、30 $^{\circ}\text{C}$ の異なる温度条件下において、花粉管発芽率に有意差は認められなかった（図Ⅲ-23）。

##### ②種間差

花粉管発芽率は、オオシマザクラが平均で14%、ヤマザクラ、カンヒザクラが7%、オオシマザクラ（早咲き性）が1%を示した（図Ⅲ-24）。オオシマザクラ（早咲き性）は、オオシマザクラ及びヤマザクラに比較し花粉管発芽率は低くなった（表Ⅲ-7）。

##### ③保存期間

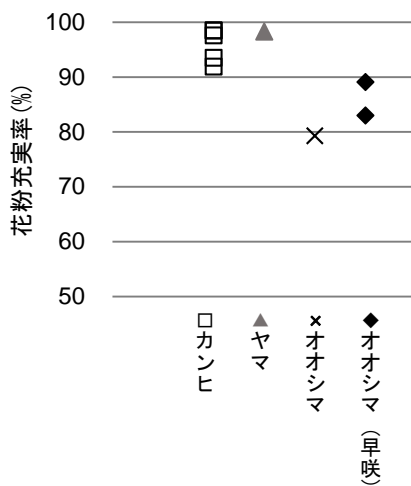
ヤマザクラとオオシマザクラの花粉を採取後4ヶ月後と9ヶ月後の比較を行った結果、いずれの個体も9ヶ月後の花粉管発芽率が著しく低下した（図Ⅲ-25、図Ⅲ-26、表Ⅲ-8、Ⅲ-9）。また、9ヶ月後の花粉管発芽率は、ヤマザクラ、オオシマザクラいずれも10%以下となった（図Ⅲ-25、図Ⅲ-26）。



表Ⅲ-6 原種候補種の花粉充実率

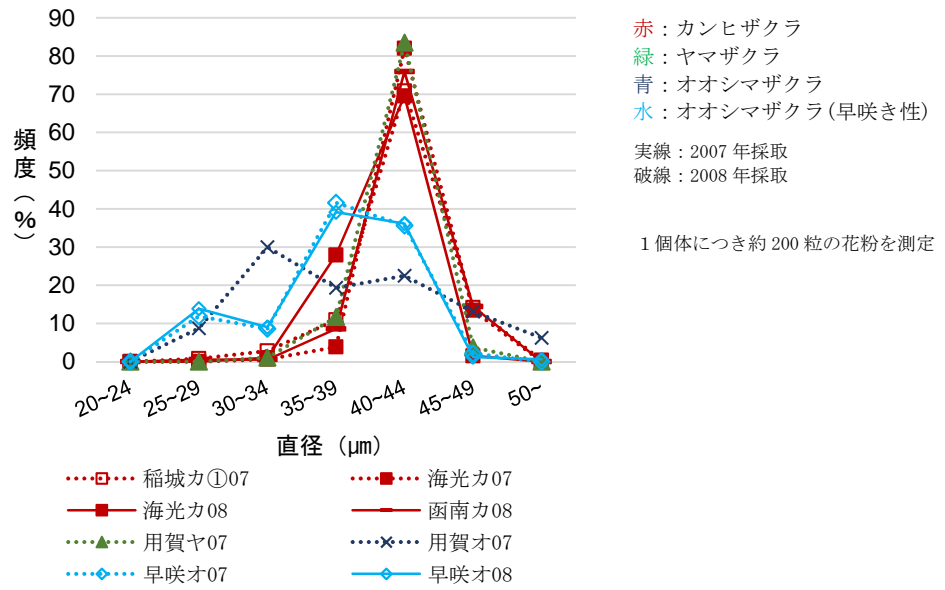
種	記号	花粉充実率(%)
カンヒザクラ	結城カ①07	測定できず※
	海光カ 07	97.6
	海光カ 08	98.5
	函南カ 08	93.5
	稲城カ①07	91.9
	世田谷カ 07	98.5
ヤマザクラ	用賀ヤ 07	98.3
オオシマザクラ	用賀オ 07	79.3
オオシマザクラ (早咲き性)	早咲オ 07	89.1
	早咲オ 08	83.0

※花粉の量が少なく (200 粒未満)、測定ができなかった  
1 個体につき花粉約 200 粒を使用

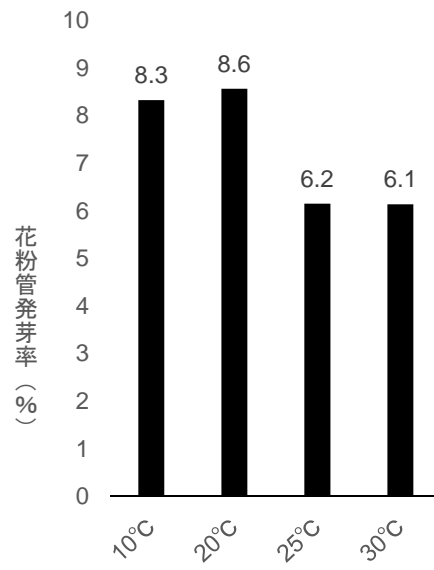


図Ⅲ-21 原種候補種の花粉充実率(種別)

個体数=9 (表Ⅲ-6 と同個体)  
※1 個体につき花粉約 200 粒を使用



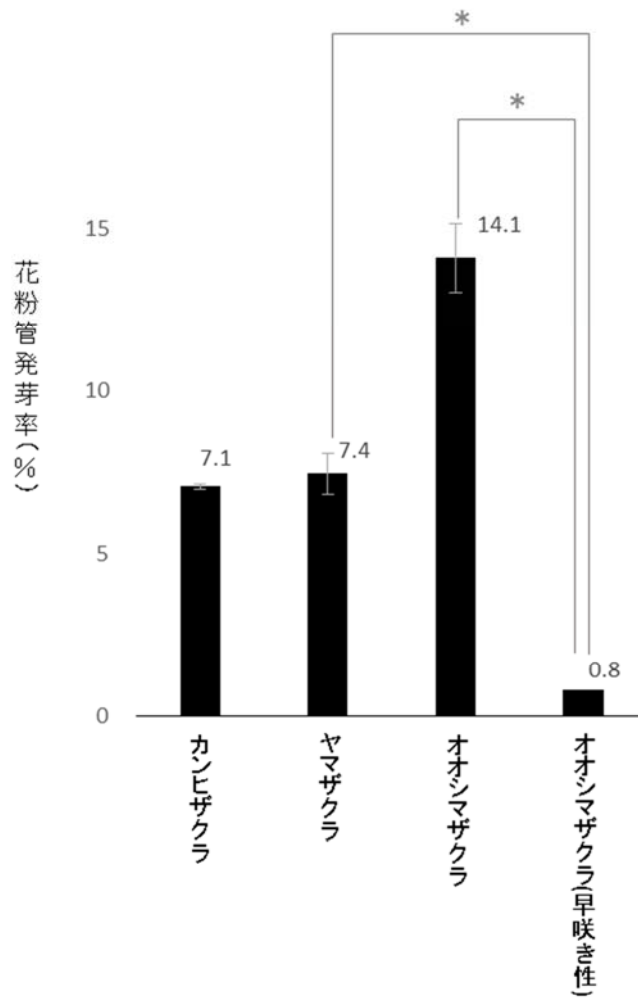
図Ⅲ-22 原種候補種の花粉粒径曲線（花粉粒径と出現頻度の関係）



図Ⅲ-23 異なる温度条件下におけるオオシマザクラ（四季オ 08）の花粉管発芽率

各温度条件で約 900 粒の花粉を使用  
 四季オ 08 の花粉は 2008 年 4 月 1 日に採取（表Ⅱ-2）し、約 4 ヶ月後  
 （同年 7 月 31 日～8 月 3 日）に花粉管発芽をみた

\* : P<0.05



図Ⅲ-24 原種候補種の花粉管発芽率（種別）

個体数=17（表Ⅱ-2） ※花粉は採取後約4ヶ月のものを使用し、1個体あたり約900粒をみた

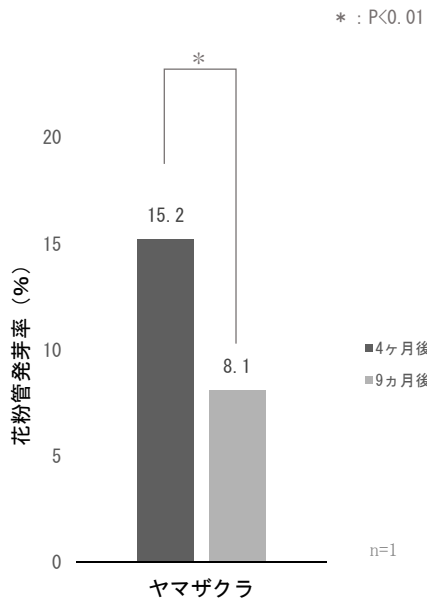
表Ⅲ-7 原種候補種の花粉管発芽率（種別）の比較

説明変数	coef	se(coef)	z値	P値
切片(オオシマザクラ早咲き性)	-5.007	1.106	-4.528	5.95E-06
カンヒザクラ	2.418	1.288	1.878	6.04E-02
オオシマザクラ	2.976	1.161	2.564	1.03E-02 *
ヤマザクラ	2.374	1.163	2.041	4.12E-02 *

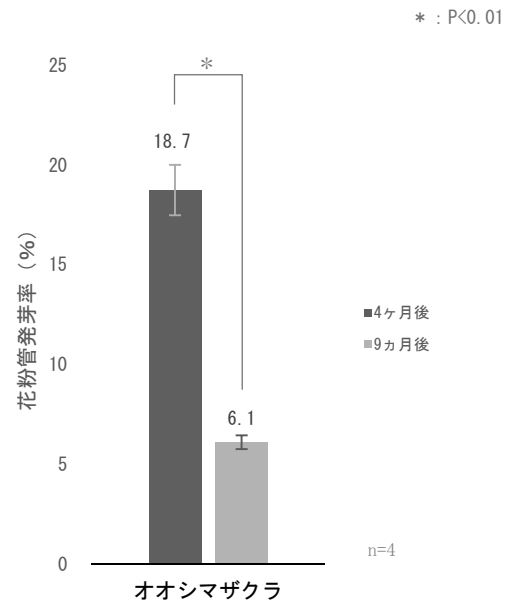
AIC=95.67

花粉管発芽率を応答変数、原種候補種を説明変数として一般化線形混合モデルによる分析を行った結果、オオシマザクラ（早咲き性）に比較し、オオシマザクラ、ヤマザクラでは花粉管発芽率が高くなることが示された。

\*5%水準で有意



図Ⅲ-25 保存期間別の花粉管発芽率（ヤマザクラ）



図Ⅲ-26 保存期間別の花粉管発芽率（オオシマザクラ）

図Ⅲ-25、Ⅲ-26 共通：使用した花粉材料は表Ⅱ-2 に示す。1 個体につき約 900 粒を使用。

表Ⅲ-8 ヤマザクラの異なる保存期間の花粉管発芽率の比較

説明変数	coef	se(coef)	z値	P値
切片(採取後4ヶ月)	-1.717	0.0928	-18.51	0.00E+00
採取後9ヶ月	-0.706	0.1665	-4.24	2.23E-05 *

AIC=6

\*1%水準で有意

表Ⅲ-9 オオシマザクラの異なる保存期間の花粉管発芽率の比較

説明変数	coef	se(coef)	z値	P値
切片(採取後4ヶ月)	-1.595	0.3276	-4.87	1.11E-06
採取後9ヶ月	-1.231	0.4664	-2.64	8.30E-03 *

AIC=28.3

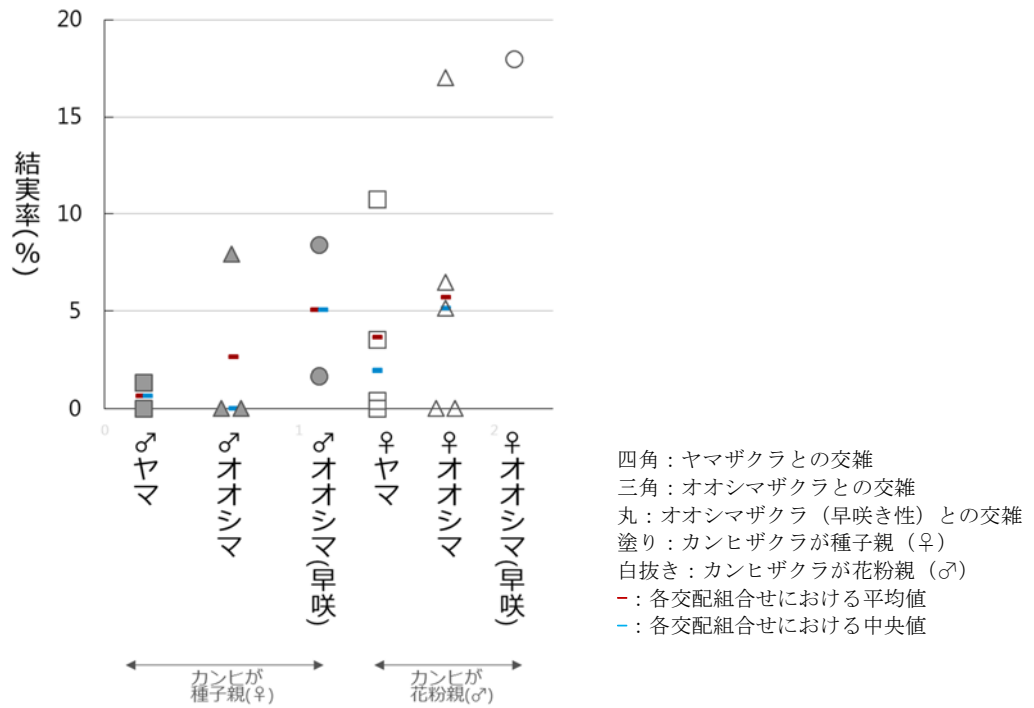
\*1%水準で有意

表Ⅲ-8、Ⅲ-9 いずれも花粉管発芽率を応答変数、保存期間を説明変数として一般化線形混合モデルによる分析を行った。オオシマザクラ、ヤマザクラのいずれも長期保存（9ヶ月）では花粉管発芽率は低くなることが示された。

## 2. 受粉と結実

交雑試験の結果を表Ⅲ-10～Ⅲ-12に、各個体の結実率を図Ⅲ-27にまとめた。カンヒザクラを原種として交雑試験を27組で行った結果、19の組合せ、すなわち70%の確率で結実が認められた。また、カンヒザクラとヤマザクラ、カンヒザクラとオオシマザクラ、カンヒザクラとオオシマザクラ(早咲き性)の正逆を含めた6通り全てにおいて結実が認められた。

結実率は組の違いによって差がみられた。カンヒザクラとの交雑で、もう一方の原種をヤマザクラとした交雑では、もう一方の原種をオオシマザクラ(早咲き性)とした交雑に比較し、低くなる傾向がみられた。また、カンヒザクラとの交雑で、もう一方の原種をオオシマザクラ(早咲き性)とした交雑では、オオシマザクラ(早咲き性)を種子親(♀)とした場合に、雌雄逆のオオシマザクラ(早咲き性)が花粉親(♂)となる場合に比べて結実率は高くなった(表Ⅲ-10)。



図Ⅲ-27 カンヒザクラとの交雑（2008～2009年）における結実率（n=17）

表Ⅲ-10 カンヒザクラとの交雑（2008～2009年）における結実率の比較

a	説明変数	coef	se(coef)	z値	P値
	切片(オオシマザクラ早咲き性との交雑、カンヒザクラが種子親(♀))	-3.242	1.058	-3.065	2.17E-03
	カンヒザクラが花粉親(♂)	1.595	1.01	1.579	1.14E-01
	オオシマザクラとの交雑	-2.036	1.272	-1.6	1.10E-01
	ヤマザクラとの交雑	-2.664	1.348	-1.977	4.81E-02 *

AIC=68.6

種間の結実率は原種の雌雄と種を複数変数とした場合に差がないとはいえないという結果を示した

b	説明変数	coef	se(coef)	z値	P値
	切片(オオシマザクラ早咲き性が花粉親(♂))	-3.071	0.341	-9.005	0.00E+00
	オオシマザクラ早咲き性が種子親(♀)	1.553	0.371	4.186	2.84E-05 *

AIC=11.3

一方の原種をオオシマザクラ早咲き性とした交雑ではその雌雄によって結実率に差がないとはいえないという結果を示した

\*5%水準で有意

a, b いずれも結実率を応答変数として一般化線形混合モデルによる分析を行った。

### 3. 原種候補種と既成品種の種子発芽

#### (1) 原種候補種及び既成品種の種子発芽

原種候補種、主要な既成品種及び作出した基準雑種の種子発芽率をより高めるために、種子発芽条件を究明した。

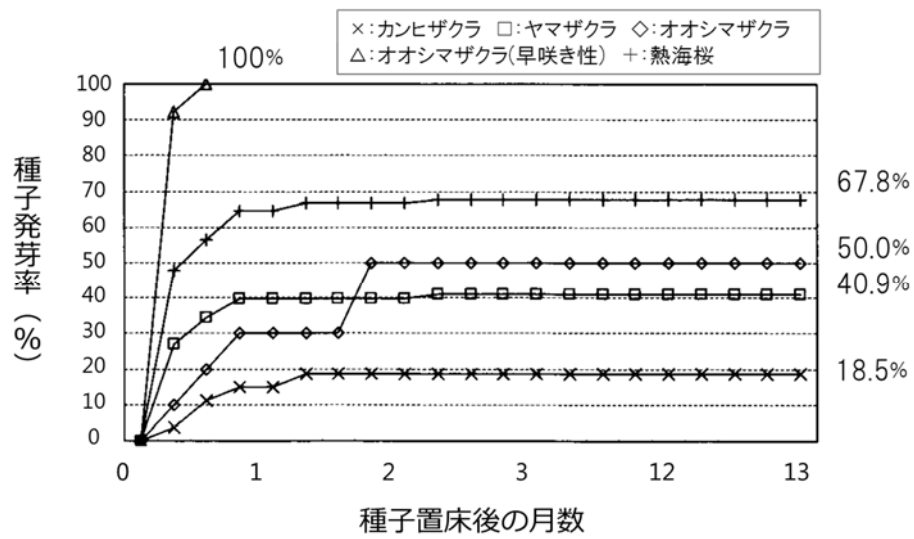
##### ①交雑試験に用いた原種候補種と代表的な既成品種の種子発芽

種子発芽率は高い順に、オオシマザクラ（早咲き性）100%、‘熱海桜’ 67.8%、オオシマザクラ 50%、ヤマザクラ 40.9%、カンヒザクラ 18.5%となった。また発芽率が最高値に達する日数は、オオシマザクラ（早咲き性）20日、熱海桜 70日、オオシマザクラ 56日、ヤマザクラ 70日、カンヒザクラ 42日となった。種子発芽状況は13ヶ月間観察したが、いずれの種及び品種も種子置床後、約2ヶ月半を経過すると発芽しなかった（図III-28）。この結果から、‘熱海桜’のような雑種の種子も発芽すること、またその発芽率も他の野生種より高い値となることがわかった。

##### ②エドヒガン、シダレザクラの種子発芽

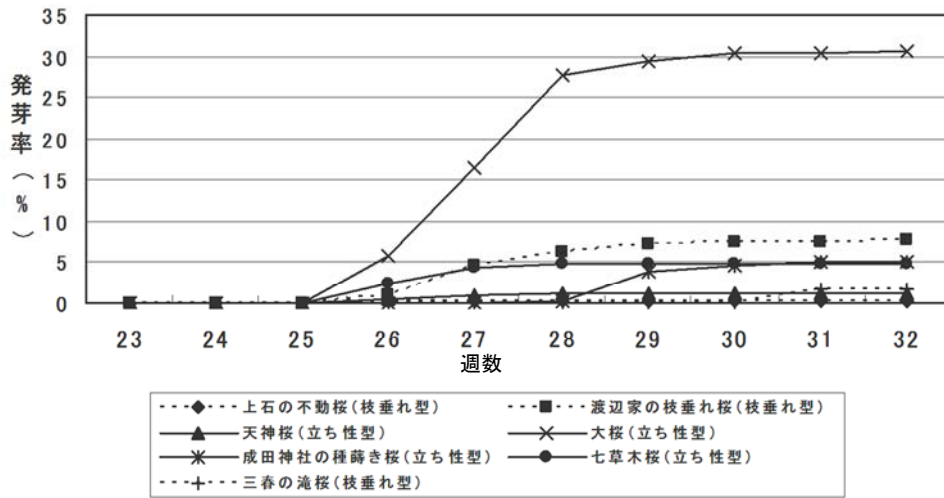
エドヒガン4個体、シダレザクラ3個体の種子は、採取後から5℃下に置いた場合では26週目（約6ヶ月後）、約2ヶ月5℃下に置いた後10℃下へ置いた場合は24週目（約5ヶ月半後）に発芽した。種子置床後32週（約7ヶ月半）を経過するといずれの個体、温度下でも発芽しなかった。この時点での種子発芽率は5℃と10℃のいずれも概ね10%以下と低い発芽率を示した。ただし1個体「大桜」（エドヒガン）では5℃で31%、10℃で35%の発芽率となり、他の個体よりも高い値を示した（図III-29、III-30）。この結果から、「大桜」を除いた個体では、エドヒガン、シダレザクラの種子発芽率に差はないこと、またこれらの発芽率は、前述の発芽試験で行った種や品種の発芽率よりも低い値となることがわかった。





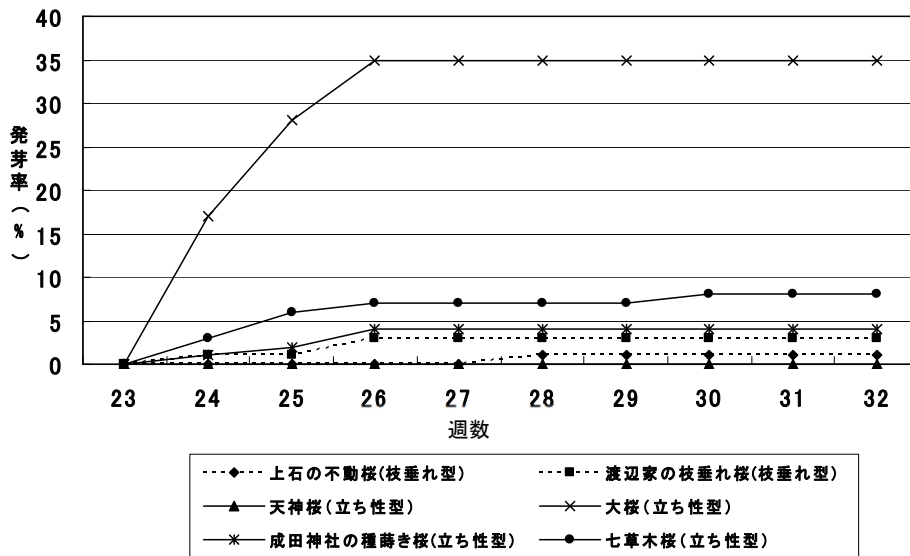
図Ⅲ-28 交雑試験に用いた原種候補種と代表的既成品種の種子発芽 (5°C、明条件)

実験に使用した種子は約1ヶ月の埋土処理後に置床。



図Ⅲ-29 エドヒガンとシダレザクラ種子発芽率（明条件、5°C）

種子は約1ヶ月の埋土処理後に置床。



図Ⅲ-30 エドヒガンとシダレザクラの低温から暖温荷移動させた場合の種子発芽率（明条件、5°Cに2ヶ月置床した後、10°C下）

種子は約1ヶ月の埋土処理後に置床。

## (2) 種子発芽に及ぼす温度と光、水分条件

### ①温度条件、光条件

前項(1)で最も種子発芽率の高かったオオシマザクラ(早咲き性)の種子を用いて採取直後の種子発芽に及ぼす温度(5、10、15、20、25、30℃)と光(明条件・暗条件)条件の影響を調べた。その結果、10℃と15℃の環境下では、採種後約2ヶ月後から発芽を始めた。5℃下(明条件のみ)では、種子置床後1週目から発芽が見られた。また20、25、30℃の環境下では約10ヶ月間観察したが、発芽しなかった。10℃では、明・暗条件いずれも約7ヶ月かけて70%、約10ヶ月で80%の発芽率を示し、約18ヶ月で明条件88%、暗条件83%に達した。15℃では明条件の場合、種子置床後8ヶ月で30%の発芽率を示し、暗条件では約8ヶ月で8%の発芽率となり、約18ヶ月後では明条件42%、暗条件17%を示した。5℃では、約3ヶ月で91%、約7ヶ月で94%の高い発芽率を示した(図Ⅲ-31)。5、10、15℃の温度下での種子発芽率を比較すると、15℃では5、10℃の低温に対して低い発芽率を示した(表Ⅲ-11)。また、温度、光条件によって発芽速度に変化があるかの検討を行うため、置床後28週における発芽勢(一定期間内の累積発芽率を測定回数で割ったもの、倉本・小林 2005)を求めた結果、5℃では、10、15℃と比較し発芽勢が高い(発芽に至るまでの日数が短い)ことが示された(表Ⅲ-12)。

### ②暖温処理と低温処理

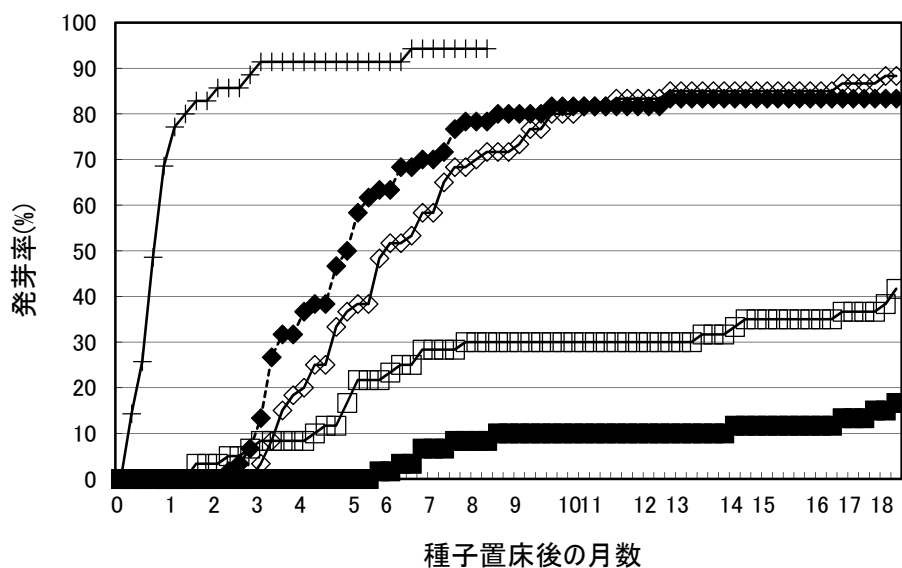
採種後から5℃湿潤条件下に3ヶ月間置いた後、10、15℃に置いた場合(低温処理)、約1ヶ月後に15℃は38%、その後2ヶ月半で40%に達した。10℃では1ヶ月半で45%の発芽率を示した。いずれも種子置床後、約3ヶ月を経過すると発芽しなかった(図Ⅲ-32)。また、採種後3ヶ月間20℃の湿潤条件下に置いた後、5、10、15℃に置いた場合(暖温処理)、約2ヶ月後から発芽を始め、5℃では約4ヶ月後に発芽率100%に達した。10℃は約5ヶ月で発芽率85%に達し、約12ヶ月後には92%となった。15℃は約4ヶ月で発芽率68%となり、約15ヶ月後には80%に達した(図Ⅲ-33)。低温処理、暖温処理と採取直後に無処理で播種した場合の種子発芽率の比較では、置床温度15℃の条件下で、暖温処理の種子発芽促進効果が示唆された(表Ⅲ-13)。低温処理と無処理では種子発芽率に差は認められなかった。また、種子置床後28週における発芽勢では、低温(5℃)における発芽は無処理(採取直後)で早くなり、10、15℃における発芽は暖温処理を行った場合に早くなった(表Ⅲ-14)。約10ヶ月間発芽が見られなかった種子、すなわち採取直後に20、25、30℃の環境下に置いた種子を、10ヶ月後に10℃に移した。その結果、20、25℃から10℃に移した種子では発芽が認められ、約16ヶ月後には明条件でいずれも発芽率95%に達した。しかし10ヶ月間30℃下で発芽しなかった種子を10℃に移しても、発芽はみられなかった(図Ⅲ-34)。

### ③ジベレリン及び傷付けによる発芽処理

100ppmのジベレリン(GA<sub>3</sub>)処理、傷付け処理、及びこれらの併用処理を行い、採種直後から20℃で発芽実験を試みたが、いずれの種子も発芽しなかった。

### ④種子寿命に及ぼす水分条件

果肉の除去後、6%の種子含水率になるまで室内で風乾し、5、10、15℃で発芽実験を行ったところ、全く発芽しなかった。この乾燥した種子（核果）の切断面を観察したところ、骨質化した硬い内果皮と胚の間に広い空隙がみられ、胚が萎縮していた（図Ⅲ-35）。



図Ⅲ-31 採取直後の種子（オオシマザクラ（早咲き性））の、異なる温度、光条件下における種子発芽率  
 5°C (+)、10°C (◇・◆)、15°C (□・■)  
 白抜き・実線：明条件、黒塗り・破線：暗条件 ※5°Cの暗条件は発芽試験を行っていない

表Ⅲ-11 異なる温度条件下での種子発芽率の比較

説明変数	coef	se(coef)	z値	P値
切片 (15°C)	-0.3754	0.7779	-0.4826	6.29E-01
5°C	2.8759	1.2781	2.2501	2.44E-03 *
10°C	2.8955	1.2441	2.3275	1.99E-02 *

AIC = 24.38

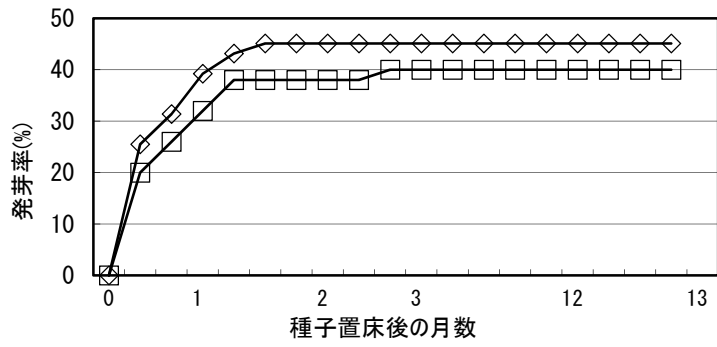
\*5%水準で有意

種子発芽率を応答変数、置床温度を説明変数として一般化線形混合モデルによる分析を行った。15°Cに比較して5°C、10°Cに置床した場合には種子発芽率が高くなること  
 が示された。

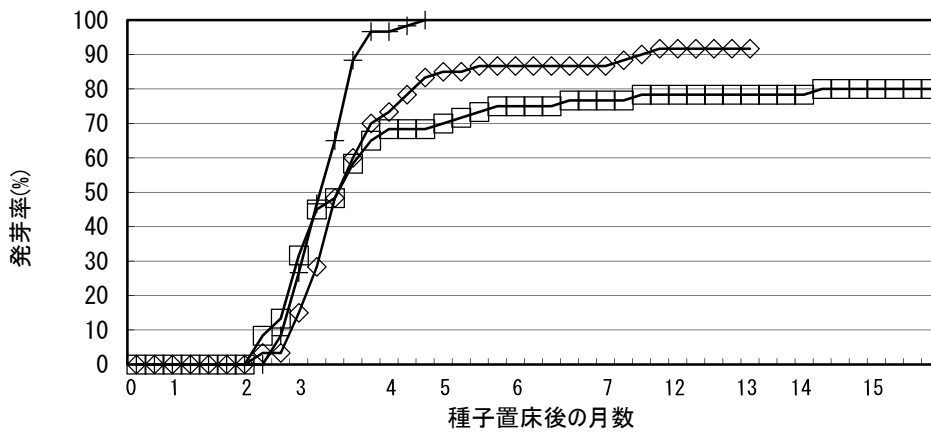
表Ⅲ-12 異なる温度、光条件下での発芽勢 (置床後 28 週で比較)

置床温度	光条件	発芽勢(平均±標準偏差)	
15°C	明	9.17 ± 5.39	ab
	暗	0.36 ± 0.17	a
10°C	明	16.67 ± 3.37	ab
	暗	25.30 ± 1.09	b
5°C	明	74.18 ± 7.54	c

表中のアルファベットは有意差があることを示す  
 (Tukey の多重比較検定 p<0.05)



図Ⅲ-32 低温処理(5°C、3ヶ月)後に10°C(◇)、15°C(□)に置いたときの種子発芽率(明条件)



図Ⅲ-33 暖温処理(20°C、3ヶ月)後に5°C(+)、10°C(◇)、15°C(□)に置いたときの種子発芽率(明条件)

表Ⅲ-13 暖温処理と低温処理の違いによる種子発芽率の比較 (15°C下)

説明変数	coef	se(coef)	z値	P値
切片(暖温処理)	1.119	0.4029	2.778	5.48E-03
低温処理	-1.542	0.5672	-2.719	6.55E-03 *
無処理	-1.47	0.5531	-2.657	7.88E-03 *

AIC = 17.6

\*5%水準で有意

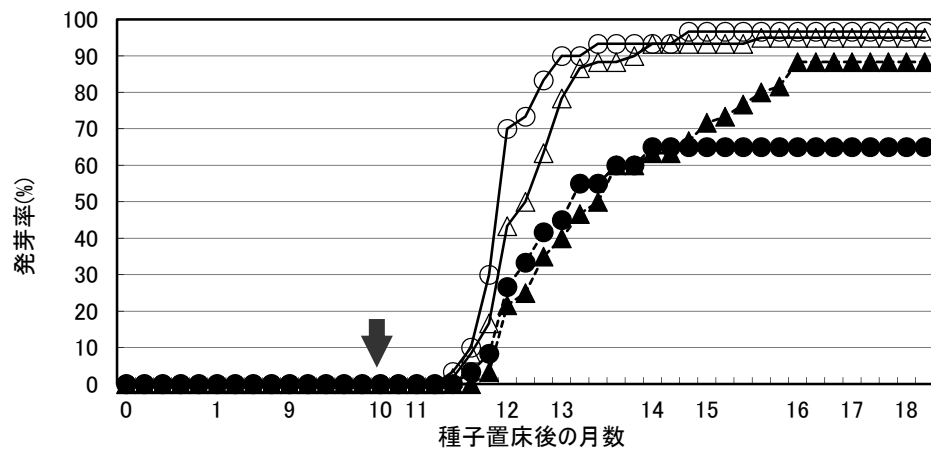
種子発芽率を応答変数、種子置床前の暖温・低温処理を説明変数として一般化線形混合モデルによる分析を行った。15°C下では暖温処理に効果があることが示された。

表Ⅲ-14 異なる変温処理条件下での発芽勢(置床後28週で比較)

変温条件	置床温度	発芽勢(平均±標準偏差)	
無処理	15°C	9.17 ± 5.39	a
	10°C	16.67 ± 3.37	a
	5°C	74.18 ± 7.54	b
暖温湿潤処理	15°C	46.31 ± 9.43	c
	10°C	50.54 ± 6.65	bc
	5°C	61.67 ± 1.52	bc

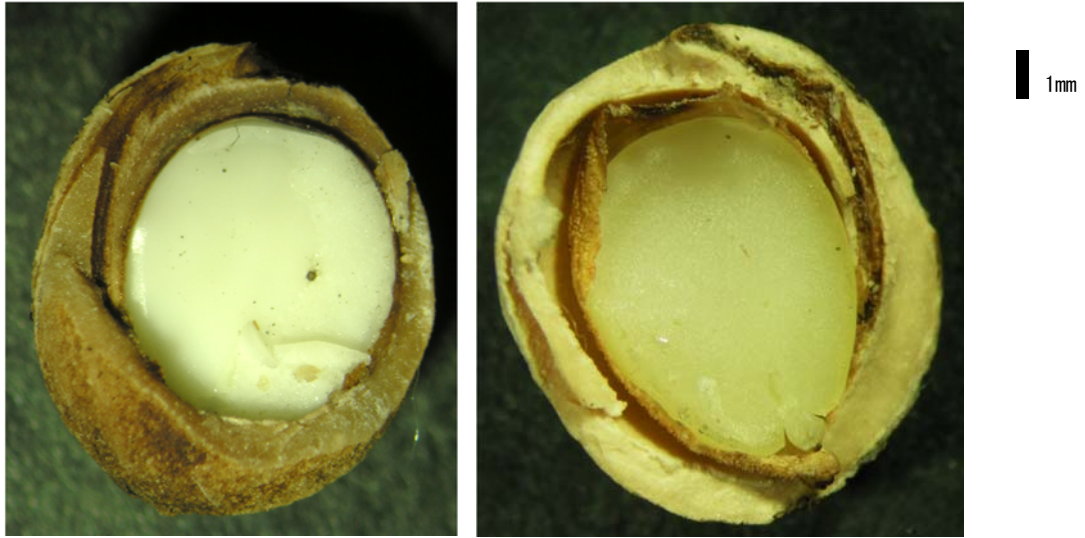
表中のアルファベットは有意差があることを示す

(Tukey の多重比較検定 p<0.05)



図Ⅲ-34 採取直後 20°C(△・▲)、25°C(○・●)、に置き、10ヵ月後(↓)に 10°Cへ移した時の種子発芽率  
 白抜き・実線：明条件、黒塗り・破線：暗条件





図Ⅲ-35 オオシマザクラ(早咲き性)の乾燥していない種子(左)と、種子含水率約6%に乾燥した種子(右)の切断面

#### 4. 基準雑種の種子発芽

前項3「原種候補種と既成品種の種子発芽」で得られた原種候補種及び既成品種の種子発芽試験で得られた発芽条件（明暗に関わりなく、乾燥しないように約1ヶ月間20℃内外の暖温湿潤下に置き、その後5℃内外に移す）に基づき、2項「受粉と結実」の交雑試験より得られた基準雑種の発芽を試みた。その結果、基準雑種の種子発芽率は高い順から、♀オオシマザクラ（早咲き性）×♂カンヒザクラ 83.2±1.1%、♀オオシマザクラ×♂カンヒザクラ 49.4±47.1%、♀カンヒザクラ×♂オオシマザクラ（早咲き性） 39.3±39.5%、♀ヤマザクラ×♂カンヒザクラ 37.1±36.8%の順となり、♀カンヒザクラ×♂オオシマザクラおよび♀カンヒザクラ×♂ヤマザクラでは発芽しなかった。各個体の種子発芽率を表Ⅲ-15、Ⅲ-16に示す。また原種の組み合わせ別の種子発芽率を図Ⅲ-36に示す。

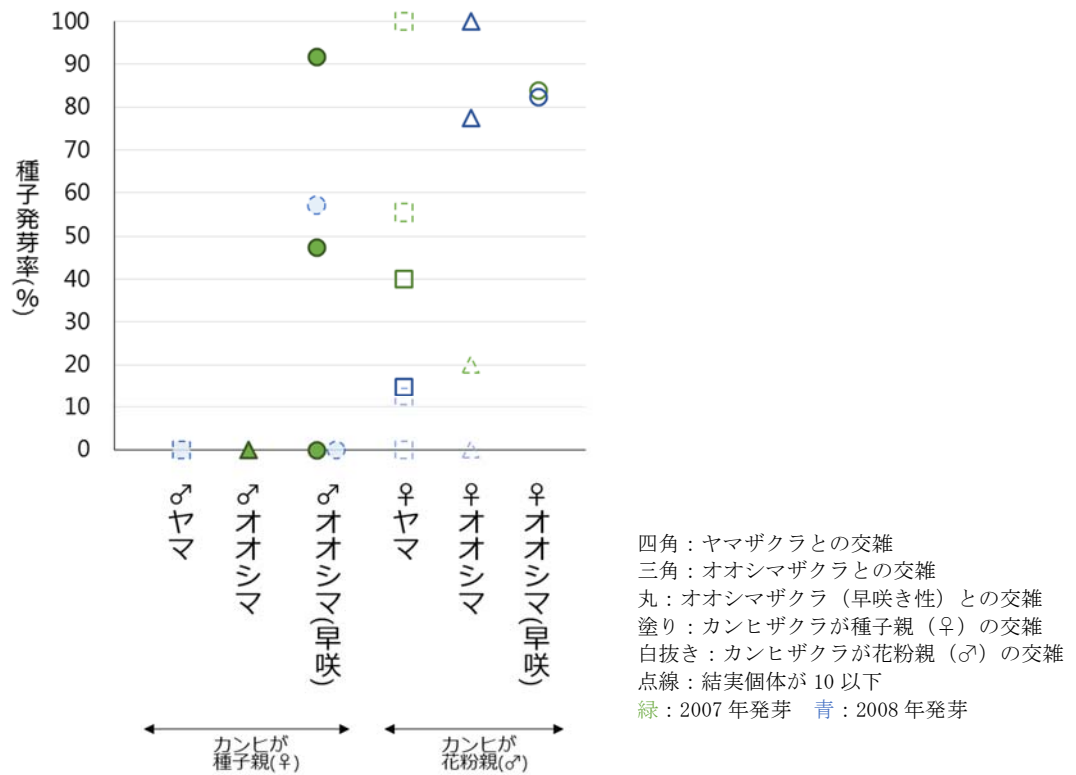
この結果、一方の原種をオオシマザクラ（早咲き性）とした交雑により得た種子は、一方の原種をヤマザクラ、オオシマザクラとした交雑により得た種子に比較し種子発芽率は高くなる傾向がみられ、カンヒザクラを花粉親（♂）とした場合の交雑により得た種子はカンヒザクラを種子親（♀）とした交雑により得た種子と比較し種子発芽率が高くなる傾向がみられた（表Ⅲ-17）。

表Ⅲ-15 2007年交雑試験結実個体（基準雑種）の種子発芽率

種子親(♀)		花粉親(♂)	結実数	種子発芽数	種子発芽率	
カンヒザ クラが種 子親 (♀)	カンヒザクラ	×	オオシマザクラ(早咲き性)			
	農大中央カ	×	早咲オ 07	73	67	91.78
	結城カ②	×	早咲オ 07	19	0	0.00
	稲城カ①	×	早咲オ 07	38	18	47.37
カンヒザ クラが花 粉親 (♂)	ヤマザクラ	×	カンヒザクラ			
	用賀ヤ	×	結城カ①07	1	1	100.00
	用賀ヤ	×	稲城カ①07	15	6	40.00
	用賀ヤ	×	海光カ 07	9	5	55.56
	オオシマザクラ	×	カンヒザクラ			
	用賀オ	×	結城カ①07	5	1	20.00
	オオシマザクラ(早咲き性)	×	カンヒザクラ			
	早咲オ	×	世田谷カ 08	75	63	84.00

表Ⅲ-16 2008、2009年交雑試験結実個体（基準雑種）の種子発芽率

種子親(♀)		花粉親(♂)	年	結実数	充実種子数	種子発芽数	種子発芽率 (充実種子)	
カンヒザ クラが種 子親 (♀)	カンヒザクラ	×	ヤマザクラ					
	海光カ	×	用賀ヤ 07	2008	1	1	0	0.00
	カンヒザクラ	×	オオシマザクラ					
	農大西カ	×	砧オ 08	2009	16	16	0	0.00
	カンヒザクラ	×	オオシマザクラ(早咲き性)					
	海光カ	×	早咲オ 07	2008	7	7	4	57.14
	海光カ	×	早咲オ 08	2008	2	1	0	0.00
カンヒザ クラが花 粉親 (♂)	ヤマザクラ	×	カンヒザクラ					
	四季ヤ①	×	海光カ 08	2008	9	8	1	12.50
	四季ヤ③	×	海光カ 08	2008	4	3	0	0.00
	四季ヤ③	×	函南カ 08	2008	66	34	5	14.71
	オオシマザクラ	×	カンヒザクラ					
	砧オ	×	海光カ 08	2008	32	31	24	77.42
	砧オ	×	函南カ 08	2008	20	17	17	100.00
	四季オ	×	函南カ 08	2008	8	8	0	0.00
オオシマザクラ(早咲き性)	×	カンヒザクラ						
	早咲オ	×	海光カ 08	2008	57	57	47	82.46



図Ⅲ-36 基準雑種の種子発芽率（原種の組み合わせ別 n=19）

表Ⅲ-17 基準雑種の原種の組み合わせによる種子発芽率の比較

説明変数	coef	se(coef)	z値	P値
切片(オオシマザクラ早咲き性との交雑, カンヒザクラが種子親(♀))	-0.8519	0.8773	-0.971	3.32E-01
カンヒザクラが花粉親(♂)	3.0481	1.3502	2.258	2.40E-02 *
オオシマザクラとの交雑	-2.8142	1.3947	-2.018	4.36E-02 *
ヤマザクラとの交雑	-3.4657	1.3974	-2.48	1.31E-02 *

AIC=63.33

\*5%水準で有意

種子発芽率を応答変数として一般化線形混合モデルによる分析を行った。  
 基準雑種の種子発芽率は原種の雌雄と種を複数変数とした場合に差がないとはいえないという結果を示した。

### iii. 基準雑種の検証

#### 1. 原種候補種と既成品種、基準雑種の各部形態

##### (1) 種子の形態

###### ① 基準雑種の種子の形態

ii-2 項「受粉と結実」より得られた基準雑種の種子の長径と短径を表Ⅲ-18 に示す。また原種の組み合わせ別の種子の長径/短径比を図Ⅲ-37 に、形態を測定した基準雑種全個体の長径と短径を図Ⅲ-38 に示す。

基準雑種の種子の形態は、カンヒザクラを種子親(♀)とした場合、カンヒザクラを花粉親(♂)とした場合に比較して長径および短径にばらつきが少なく、種子は細長い形状を示す傾向が見られた。また、カンヒザクラを種子親、花粉親としたどちらの場合でも、一方の原種をヤマザクラとした交雑で得た種子の大きさは、一方の原種をオオシマザクラ、オオシマザクラ(早咲き性)とした交雑で得た種子の大きさに比較しやや細長い形状を示す傾向が見られた。また種子親(♀)の種の違いによって種子の粒径が異なる傾向が見られ、特にヤマザクラが種子親(♀)である個体は、カンヒザクラやオオシマザクラ、オオシマザクラ(早咲き性)を種子親(♀)とした個体に比較し大きさは小さくなった。

###### ② 原種候補種の種子の形態

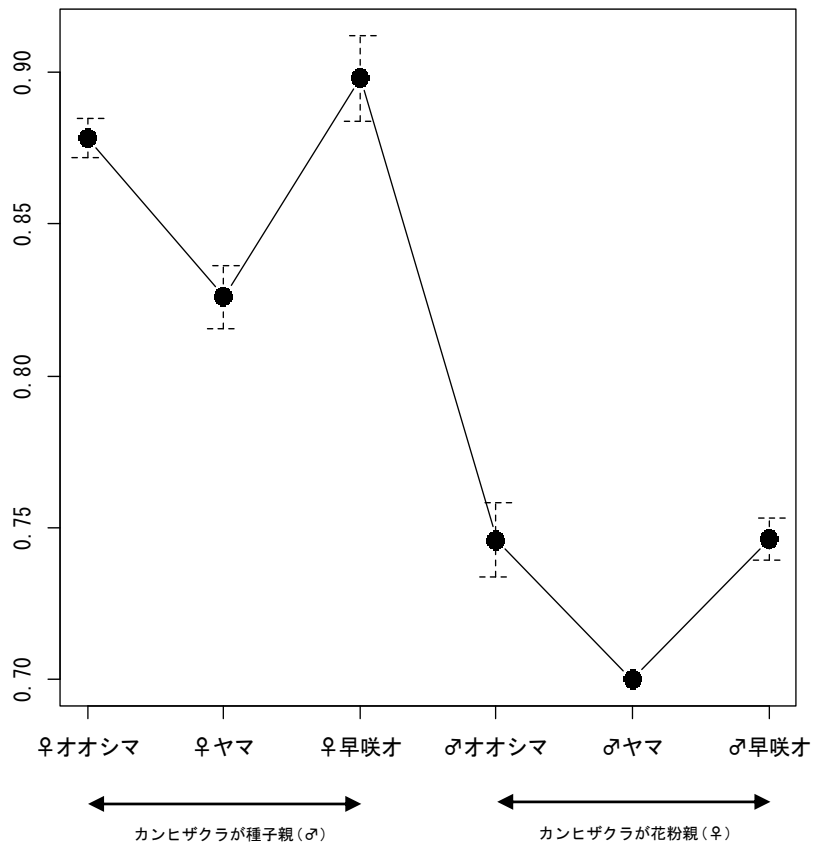
原種候補種で既往の知見が確認できなかったオオシマザクラ(早咲き性)の種子の形態を調査した結果、長径(長さ)は  $8.40 \pm 0.49$ mm、短径1(幅)は  $6.98 \pm 0.46$ mm、短径2(厚さ)は  $5.58 \pm 0.36$  mm となった。

表Ⅲ-18 基準雑種の種子の粒径（2008、2009年交雑試験により得た種子）

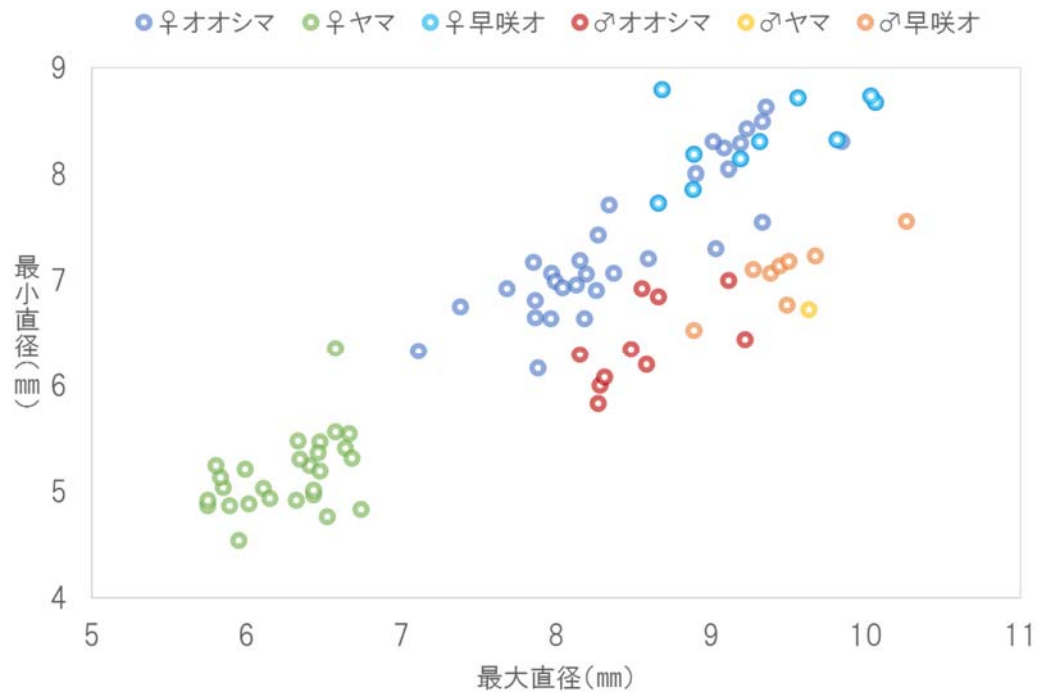
		種子親(♀)	×	花粉親(♂)	長径(mm)	短径(mm)
カンヒザクラ が種子親 (♀)		カンヒザクラ	×	ヤマザクラ		
		海光カ	×	用賀ヤ	9.63	6.73
		カンヒザクラ	×	オオシマザクラ		
		農大西カ	×	砧オ	8.56±0.36	6.40±0.40
		カンヒザクラ	×	オオシマザクラ(早咲き性)		
	海光カ	×	早咲オ	9.49±0.39	7.07±0.31	
カンヒザクラ が花粉親 (♂)		ヤマザクラ	×	カンヒザクラ		
		四季ヤ①	×	海光カ	6.02±0.31	4.95±0.12
		四季ヤ③	×	海光カ	6.62±0.14	5.24±0.35
		四季ヤ③	×	函南カ	6.32±0.27	5.26±0.40
		オオシマザクラ	×	カンヒザクラ		
		砧オ	×	海光カ	7.83±0.35	6.89±0.27
		砧オ	×	函南カ	8.25±0.36	6.93±0.37
		四季オ	×	函南カ	9.16±0.37	8.19±0.33
		オオシマザクラ(早咲き性)	×	カンヒザクラ		
	早咲オ	×	海光カ	9.31±0.54	8.35±0.38	

※長径および短径は、平均値±標準偏差

但し♀カンヒザクラ×♂ヤマザクラは結実数が1であったため実測値



図Ⅲ-37 基準雑種の種子の長径/短径比 (平均値と偏差)



図Ⅲ-38 基準雑種の種子の粒径

(2008、2009年の交雑試験で結実した種子 n=97)



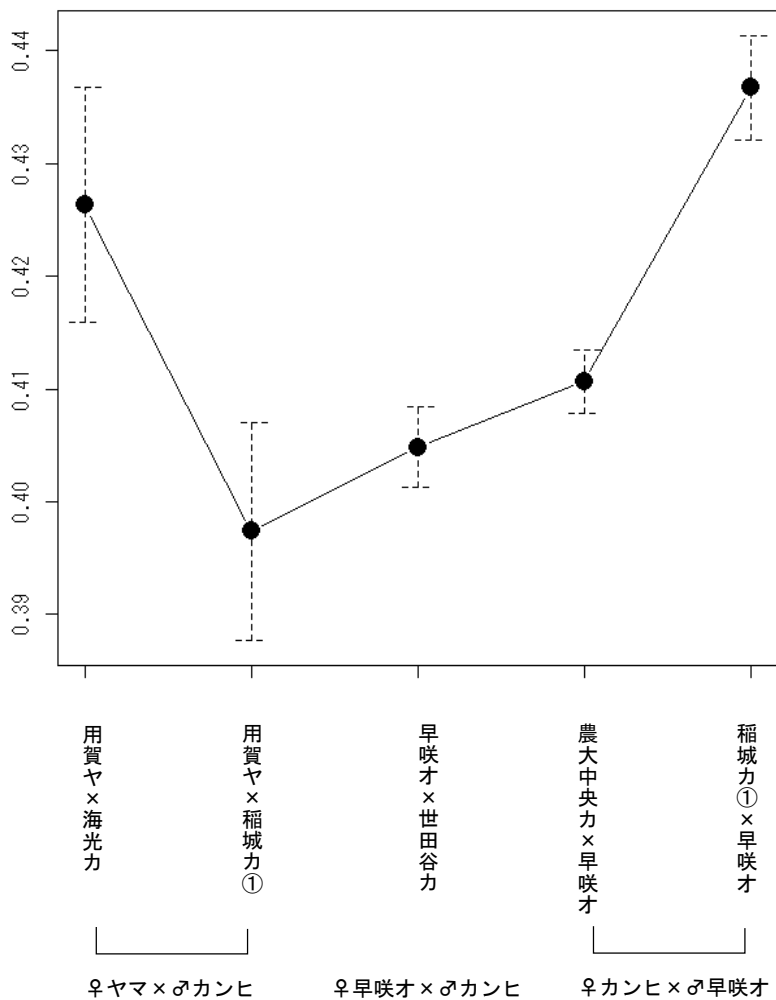
## (2) 葉の形態

基準雑種の葉の形態は、2007 年の交雑試験で得られた個体の発芽後約 1 年後の苗で調査を行った。調査時に生存が確認できた個体は、♀カンヒザクラ×♂オオシマザクラ（早咲き性）、♀ヤマザクラ×♂カンヒザクラ、♀オオシマザクラ（早咲き性）×♂カンヒザクラの、3 つの組合せによりできた個体（合計 94 個体）のみであった。これらの基準雑種の葉の形態調査の結果を表Ⅲ-19、原種の組み合わせ別の葉の長径/短径比を図Ⅲ-39 に示す。

葉の長径短径比は、個体による差が大きく、種の組合せによる差は認められなかった。

表Ⅲ-19 基準雑種の葉の形態

	種子親(♀)	花粉親(♂)	計測に用いた		長径短径比 平均±標準偏差	葉柄・葉脈の色(%)		鋸歯(%)		蜜腺の個数(%)		葉上の毛(%)	
			個体数	葉の数		赤色	緑色	重鋸歯	重+短鋸歯	2個	4個	有	無
カンヒザク ラが種子親 (♀)	カンヒザクラ	× オオシマザクラ (早咲き性)											
	農大中央カ	× 早咲オ07	52	516	0.41±0.06	65.4	34.6	98.0	2.0	98.0	2.0	42.0	58.0
	稲城カ①	× 早咲オ07	11	110	0.44±0.05	45.5	54.5	100.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0
カンヒザク ラが花粉親 (♂)	ヤマザクラ	× カンヒザクラ											
	用賀ヤ	× 稲城カ①07	5	42	0.40±0.06	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0
	用賀ヤ	× 海光カ07	3	30	0.43±0.06	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0
	オオシマザクラ (早咲き性)	× カンヒザクラ											
	早咲オ	× 世田谷カ07	23	230	0.40±0.05	13.0	87.0	90.0	10.0	86.0	14.0	19.0	81.0



図Ⅲ-39 基準雑種の葉の長径/短径比 (平均値と偏差)

### (3) 花の形態

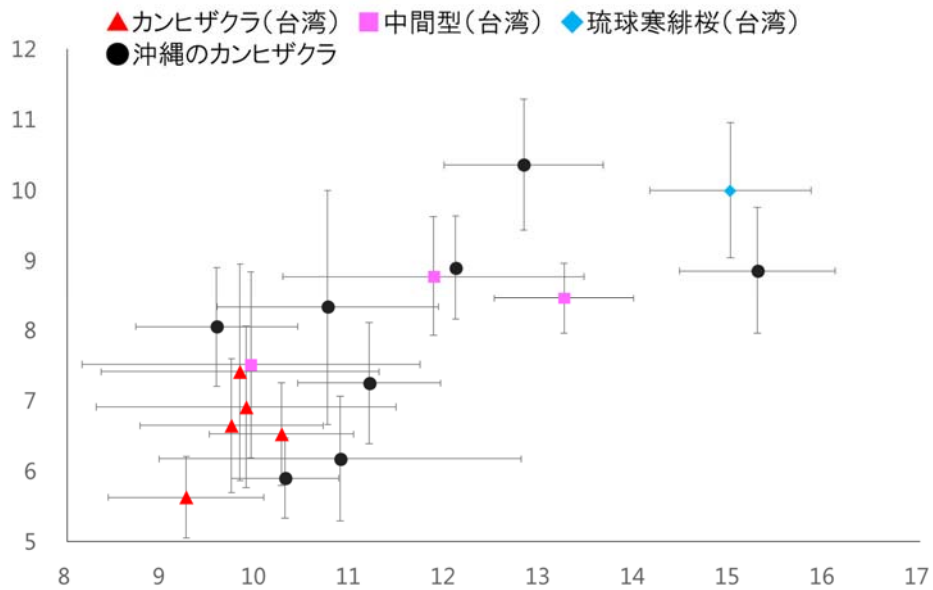
既成品種と原種候補種の中でカンヒザクラには花の形態による分類で議論があるため、i-2 項「既成品種と原種候補種の生育地」で原種候補種の生育地調査を行い、あわせて花を採取し形態を比較した(表Ⅲ-20、Ⅲ-21)。また、カンヒザクラ、‘琉球寒緋桜’とまたそれらのどちらとも区別できない‘中間型’個体の花弁の長径と短径を図Ⅲ-40に示す。花弁の大きさ(形)から、台湾に生育していたカンヒザクラは、近縁種とみられる‘琉球寒緋桜’及びその中間型とは差がみられる傾向があった。また、沖縄県で採取したカンヒザクラは台湾のカンヒザクラに比較し花弁の大きさ(形)に個体変異が大きい傾向がみられた。

表Ⅲ-20 台湾で採取したカンヒザクラ、琉球寒緋桜、2種の間中型の花の形態

種・品種	(使用した個体数、花数、花弁数)	小花柄(mm)	萼筒(mm)	萼片(mm)	雄蕊(mm)	雌蕊(mm)	花弁長径(mm)	花弁短径(mm)	雄蕊数(本)
カンヒザクラ	5個体、47花、177枚	14.02±4.38	7.51±1.38	3.32±0.69	8.87±1.90	15.41±2.03	9.78±1.18	6.51±1.10	31.87±5.34
琉球寒緋桜	1個体、10花、34枚	20.10±1.73	11.40±0.84	4.80±0.92	9.10±0.74	15.30±1.34	15.00±0.85	10.00±0.95	43.50±5.06
上記2種の間中型	3個体、29花、119枚	17.38±3.91	8.86±0.95	4.72±0.70	10.62±1.21	18.64±1.62	11.81±1.92	8.32±1.05	35.14±4.86

表Ⅲ-21 沖縄で採取したカンヒザクラの花の形態

種・品種	(使用した個体数、花数、花弁数)	小花柄(mm)	萼筒(mm)	萼片(mm)	雄蕊(mm)	雌蕊(mm)	花弁長径(mm)	花弁短径(mm)
カンヒザクラ	8個体、26花、102枚	13.47±3.56	5.12±0.91	4.31±0.97	9.09±1.20	15.71±2.92	11.25±1.81	7.82±1.64



図Ⅲ-40 カンヒザクラ、琉球寒緋桜、2種の間中型の花弁の長径/短径比

## 2. AFLP 分析による原種候補種と既成品種、基準雑種の遺伝的組成

本研究で交雑し作出した基準雑種が目的とした原種間で交雑が確実に行われていたのかを検証し、さらにこの基準雑種を指標として数種の既成品種の実種を明らかにすること、また原種候補種は異なる地域集団で遺伝的な違いがあるのかを調べることを目的に、AFLP 分析によって遺伝的組成をみた。

### (1) AFLP 分析による基準雑種の検証

基準雑種の検証を行うため、基準雑種と交雑に用いた原種候補種の AFLP 分析を行った結果、230 本のバンドによって 118 の遺伝子型が識別された。

主座標分析 (PCoA) の結果、第一軸で 21.22%、第二軸で 10.83% を説明できた。種子親、花粉親として用いた種は、座標上に 3 つのグループとして示され、ヤマザクラ、オオシマザクラ、カンヒザクラに分かれた。オオシマザクラ (早咲き性) はこれら 3 つのグループには分けられず、カンヒザクラとオオシマザクラのグループの中間に位置していた

(図 III-41)。基準雑種は、2 つに分けられた。ひとつはカンヒザクラとヤマザクラのグループの中間に位置し、♀ヤマザクラ×♂カンヒザクラの交雑個体 4 個体が分けられた。もう一つはカンヒザクラとオオシマザクラのグループの中間に位置しており、♀オオシマザクラ×♂カンヒザクラの交雑個体 11 個体が分けられ、オオシマザクラ (早咲き性) も同じグループに分けられた。

STRUCTURE 解析では、 $\Delta K$  が最大となったのは、 $K=2$  の時であり、 $\text{Ln}P(K)$  の平均値は  $K=3$  で飽和した (図 III-42)。この結果に基づき、 $K=2$  の場合と、 $K=3$  の場合のそれぞれについて、遺伝的組成を検証した。 $K=2$  の場合、クラスター 1 はカンヒザクラ、クラスター 2 はオオシマザクラとヤマザクラで構成され、基準雑種はクラスター 1 とクラスター 2 で構成されていた (図 III-43)。 $K=3$  の場合、クラスター 1 はクラスター A、クラスター 2 はクラスター B、C にそれぞれ分けられた (図 III-44)。クラスター A はカンヒザクラ、クラスター B の大半はヤマザクラによって構成されており、クラスター C はオオシマザクラによって構成されていた。オオシマザクラ (早咲き性) はクラスター A とクラスター C で構成されており、カンヒザクラとオオシマザクラの雑種である可能性が示された (表 III-22)。

基準雑種は、♀ヤマザクラ×♂カンヒザクラの交配個体はクラスター A とクラスター B、すなわちカンヒザクラとヤマザクラの雑種であること、♀オオシマザクラ×♂カンヒザクラの交配個体はクラスター A とクラスター C、すなわちカンヒザクラとオオシマザクラの雑種であることが示された (表 III-22)。

### (2) AFLP 分析による原種候補種・既成品種の位置付け

由来が不明、あるいは一つの品種内に異なる系統 (異なる原種から成立する系統) が含まれる可能性のある既成品種と、原種候補 (カンヒザクラ、ヤマザクラ、オオシマザクラ) についての AFLP 分析を行った結果、178 本のバンドによって 186 の遺伝子型が識別された。

沖縄県石垣市で採取したカンヒザクラの 2 サンプル、‘八重寒緋桜’の 1 サンプル、‘河津桜’の 3 サンプルでは、他のサンプルと全く同じ遺伝子型、あるいはほぼ同一の遺伝子型を示した。これらをクローンとみなし、以下、クローンを除いた 186 遺伝子型で分析を行った。

主座標分析 (PCoA) の結果、第一軸で 29.61%、第二軸で 7.29%を説明できた。原種候補は、座標上に 5つのグループとして示され、ヤマザクラ、オオシマザクラ、中国のカンヒザクラ、台湾のカンヒザクラ、日本のカンヒザクラに分かれた。ただし、台湾と日本のカンヒザクラは非常に近い位置にあり、どちらのグループに分けられるか不明瞭なサンプルも存在した。また、植栽個体である中国の福建省徳化市内のカンヒザクラ 2 サンプルは他の中国のサンプルとは明らかに異なり、台湾と日本のカンヒザクラのグループに分けられた (図Ⅲ-45)。

既成品種は、大きく 3つに分けられた (グループⅠ、Ⅱ、Ⅲ)。グループⅠは、カンヒザクラとヤマザクラのグループの中間に位置し、該当する品種は、‘寒桜’、‘土肥桜’、‘姫の沢’、‘大寒桜’であった。グループⅡは、台湾または日本のカンヒザクラのグループとオオシマザクラのグループの中間に位置し、該当する品種は、‘河津桜’、‘伊豆多賀赤’、‘赤真珠’、‘大漁桜’、‘修善寺紅寒桜’であった。ただし、‘河津桜’のうち 2 サンプルがオオシマザクラのグループに分けられた。グループⅢは、グループⅡとオオシマザクラのグループの中間に位置し、該当する品種は、‘伊豆多賀白’、‘琉球寒緋桜’であった。ただし、‘琉球寒緋桜’は、グループⅠにも 1 サンプル、台湾のカンヒザクラのグループにも 2 サンプルが認められた。‘八重寒緋桜’は台湾のカンヒザクラのグループに、‘早咲大島’と‘早咲八重大島’はオオシマザクラのグループに、それぞれ分けられた。

STRUCTURE 解析では、 $\Delta K$ が最大となったのは、 $K=2$ の時であり、 $\text{Ln}P(K)$ の平均値は  $K=5$  で飽和し、頭打ちになった (図Ⅲ-46)。この結果に基づき、 $K=2$ の場合と、 $K=5$ の場合のそれぞれについて、遺伝的組成を検証した。 $K=2$ の場合、クラスター1はオオシマザクラとヤマザクラ、クラスター2は各地域のカンヒザクラで構成され、既成品種はそれらをさまざまな割合で含んでいた (図Ⅲ-47)。 $K=5$ の場合、クラスター1はクラスターA、Bに、クラスター2はクラスターC、D、Eにそれぞれ分けられた (図Ⅲ-48)。クラスターAはオオシマザクラ、クラスターBの大半はヤマザクラによって構成されており、クラスターCの大半は中国のカンヒザクラ、クラスターDの大半は台湾のカンヒザクラ、クラスターEは日本のカンヒザクラによって構成されていた。これらの結果から、中国、台湾、日本のカンヒザクラは遺伝的に異なることが示された。

形態でヤマザクラとされた 43 サンプルのうち、5 サンプル (11.6%) はクラスターAとクラスターB、すなわちヤマザクラとオオシマザクラの雑種、1 サンプル (2.3%) はクラスターBとクラスターC、すなわちヤマザクラとカンヒザクラの雑種である可能性が示唆された。また、台湾のカンヒザクラは大半がクラスターDで構成されていたが、36 サンプル中 3 サンプル (8.3%) でクラスターEが確認され、日本のカンヒザクラの遺伝子を保有

することが示唆された。中国のカンヒザクラは、雲南省のサンプルは明瞭にクラスターCに分けられた。福建省のカンヒザクラでは、徳化市内に植栽された2サンプルはクラスターDとクラスターEが存在し、台湾や日本のカンヒザクラ由来と考えられた。また野生個体でも、福建省のサンプルにはクラスターDやクラスターEが一定の頻度で確認され、台湾や日本のカンヒザクラの遺伝子を保有することが示唆された(図III-48)。

既成品種14品種は、‘赤真珠’、‘伊豆多賀白’、‘大漁桜’、‘伊豆多賀赤’、‘修善寺紅寒桜’の5品種はクラスターEとクラスターAで構成され、‘寒桜’、‘大寒桜’の2品種はクラスターEとクラスターBで構成されていた。‘姫の沢’はクラスターDとクラスターBで構成されていた。‘八重寒緋桜’はクラスターDで構成され、‘早咲八重大島’、‘早咲大島’はクラスターAから構成されていた。‘琉球寒緋桜’と‘河津桜’は遺伝的組成に複数のパターンが見られた(表III-23)。

これらの結果より、既成品種は、台湾で採取したものはクラスターD、日本で採取したものはクラスターEの遺伝子を保有する個体が多く存在することが示された。しかし、台湾で採取した‘琉球寒緋桜’1サンプル(個体ID;K121)には、60%の割合でクラスターEの存在が認められ、日本のカンヒザクラとの雑種であることが示唆された。また、日本で採取した‘河津桜’1サンプル(個体ID;K39)、‘姫の沢’1サンプル(個体ID;K4)では、クラスターDが約30~40%の割合で認められ、台湾のカンヒザクラの遺伝子を保有していることが示唆された。形態的に‘琉球寒緋桜’や‘河津桜’と識別されたサンプルの中には、主座標分析と同様にSTRUCTURE解析においても明らかに遺伝的組成が異なるものが認められた(表III-23)。

### (3) カンヒザクラの植栽個体と野生個体の遺伝的関係

前項(2)の結果より、カンヒザクラは地域集団(中国、台湾、日本)によって異なる遺伝的組成が示された。この結果が交雑に用いられた原種及び植栽に用いられている個体、台湾で確認されたカンヒザクラの野生個体と‘琉球寒緋桜’の中間型とした個体を比較検討するため、前項(2)で使用したカンヒザクラに、台湾、日本の植栽個体のカンヒザクラ及び台湾で採取した中間型個体を追加し、遺伝的関係をみた。

AFLP分析の結果、178本のバンドによって228の遺伝子型が識別された。新たに追加した植栽個体のうち、沖縄県石垣市で採取した2サンプル、鹿児島県鹿児島市内で採取した3サンプルは、それぞれ全く同じ遺伝子型を示した。これらをクローンとみなし、以下、クローンを除いた228サンプルで分析を行った。

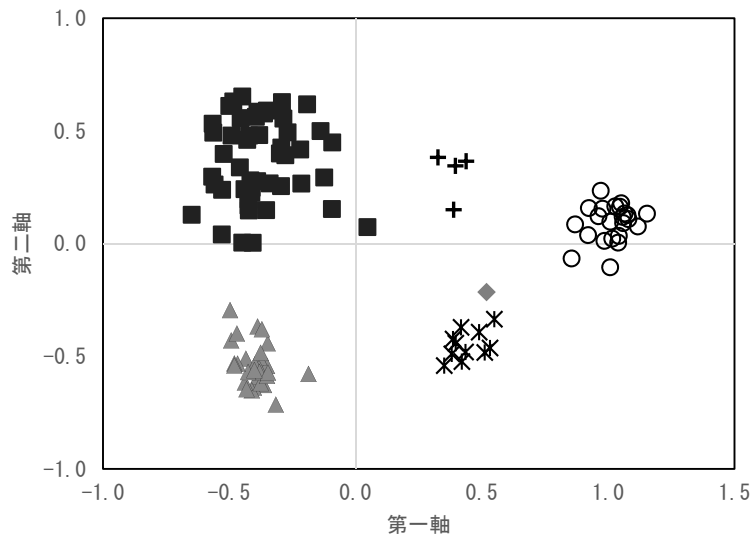
主座標分析(PCoA)の結果、第一軸で18.09%、第二軸で8.53%を説明できた。カンヒザクラは、座標上に3つのグループとして示され、中国のカンヒザクラ、台湾のカンヒザクラ、日本のカンヒザクラに分かれた。ただし、鹿児島市内の2サンプルでは日本のグループではなく、中国のグループに近い位置に示された(図III-49)。

STRUCTURE解析では、 $\Delta K$ が最大となったのは、 $K=3$ の時であり、 $\text{Ln}P(K)$ の平均値は $K=3$ で飽和し、頭打ちになった(図III-50)。この結果に基づき、 $K=3$ の場合の遺伝的

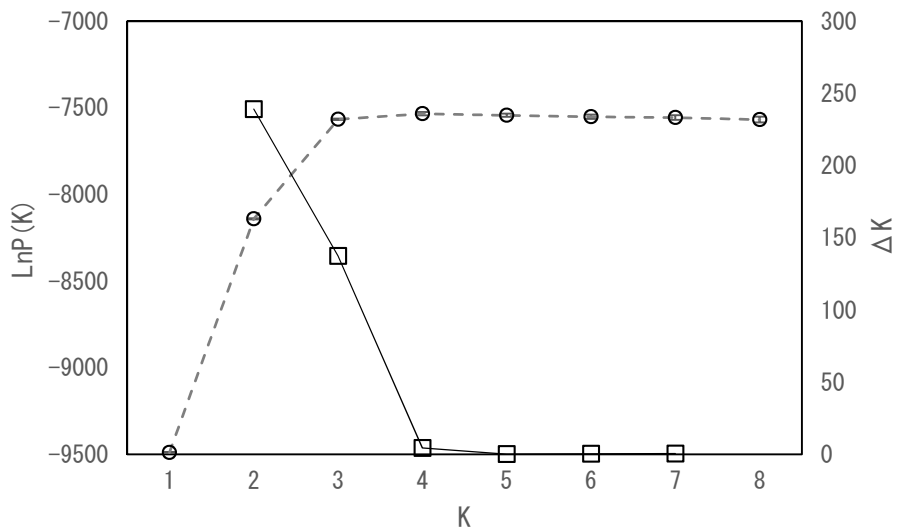
組成を検証した。 $K=3$ の場合、クラスター1の大半は日本のカンヒザクラによって構成されており、クラスター2の大半は中国のカンヒザクラ、クラスター3の大半は台湾のカンヒザクラによって構成されていた。台湾の植栽個体（植栽が疑わしい個体を含む、野生個体以外のサンプル）37サンプルのうちの1サンプルでは、クラスター1とクラスター3が存在し、日本のカンヒザクラの遺伝子を保有することが示唆された。また、形態でカンヒザクラと‘琉球寒緋桜’の中間型とした個体は、全25サンプルのうち1サンプルでクラスター1とクラスター3が存在し、日本のカンヒザクラの遺伝子を保有することが示唆された。残りの24サンプルは全てクラスター3に分けられた。日本のカンヒザクラでは、植栽個体（植栽が疑わしい個体を含む、野生個体以外のサンプル）83サンプルのうち、主座標分析で中国グループに近い位置に示された2サンプルについて、1サンプルは、クラスター1とクラスター2が存在し、中国のカンヒザクラの遺伝子を保有することが示唆され、もう一方の1サンプルはクラスター2で構成されており、日本系統のカンヒザクラではなく、中国系統のカンヒザクラである可能性が考えられた。残りの82サンプルは全てクラスター1に分けられた（図Ⅲ-51）。

これらの結果、植栽個体であっても、大部分の個体は生育する地域集団と同じクラスターに分けられていた。また形態からカンヒザクラとは異なる種の可能性が考えられた中間型についても、大部分は生育する地域のカンヒザクラ野生個体と同様の遺伝的組成であることが示された。ただし、台湾の一部の植栽個体では、野生とみなした個体と同様に、日本のカンヒザクラの遺伝子を保有している可能性のある個体も見られた。

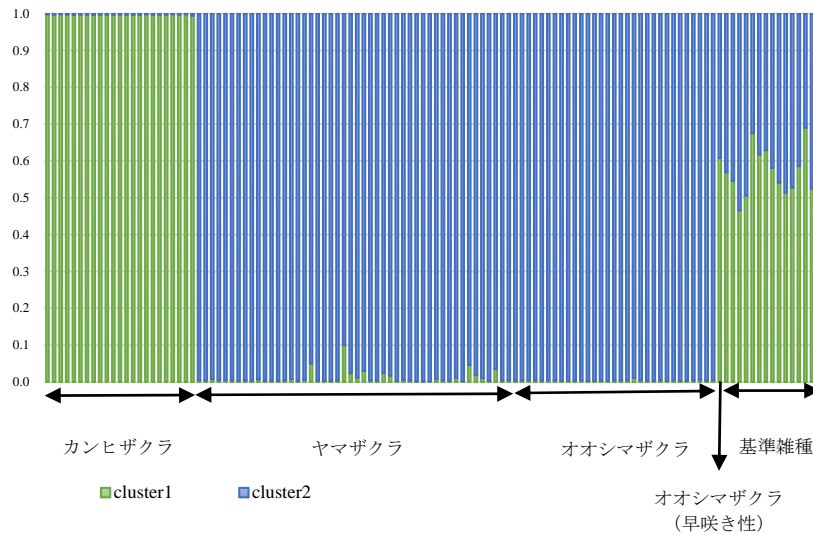




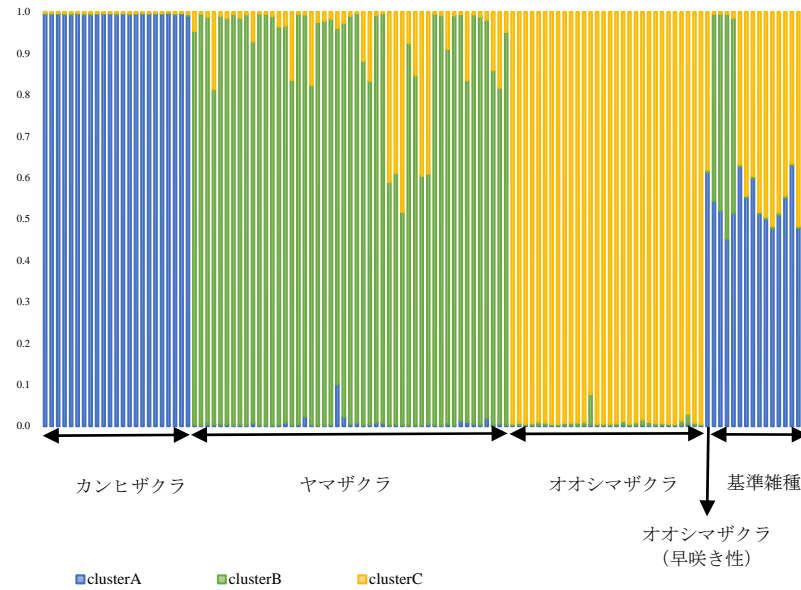
図Ⅲ-41 基準雑種とその原種を対象にした主座標分析 (PCoA) の結果  
 (原種) ○ : カンヒザクラ ■ : ヤマザクラ ▲ : オオシマザクラ ◆ : オオシマザクラ (早咲き性)  
 (基準雑種) + : ♀ヤマザクラ×♂カンヒザクラ \* : ♀オオシマザクラ×♂カンヒザクラ



図Ⅲ-42 基準雑種とその種子親、花粉親として用いた原種を対象にした STRUCTURE 解析における  $\text{Ln}P(K)$  および  $\Delta K$  の値  
 ○印およびエラーバーは、各  $K$  における 20 回のランの  $\text{Ln}P(K)$  の平均値と標準偏差を示す。□印は  $\Delta K$  の値を示す



図Ⅲ-43 基準雑種とその原種候補種を対象にした、 $K=2$ における STRUCTURE 解析の結果  
 遺伝的に異なる2つの系統(クラスター1,2)があるとした時、各サンプルにおけるクラスターの割合を縦軸に示す。横軸は各々のサンプル。



図Ⅲ-44 基準雑種とその種子親、花粉親として用いた原種を対象にした、 $K=3$ における STRUCTURE 解析の結果  
 遺伝的に異なる3つの系統(クラスターA,B,C)があるとした時、各サンプルにおけるクラスターの割合を縦軸に示す。横軸は各々のサンプル。

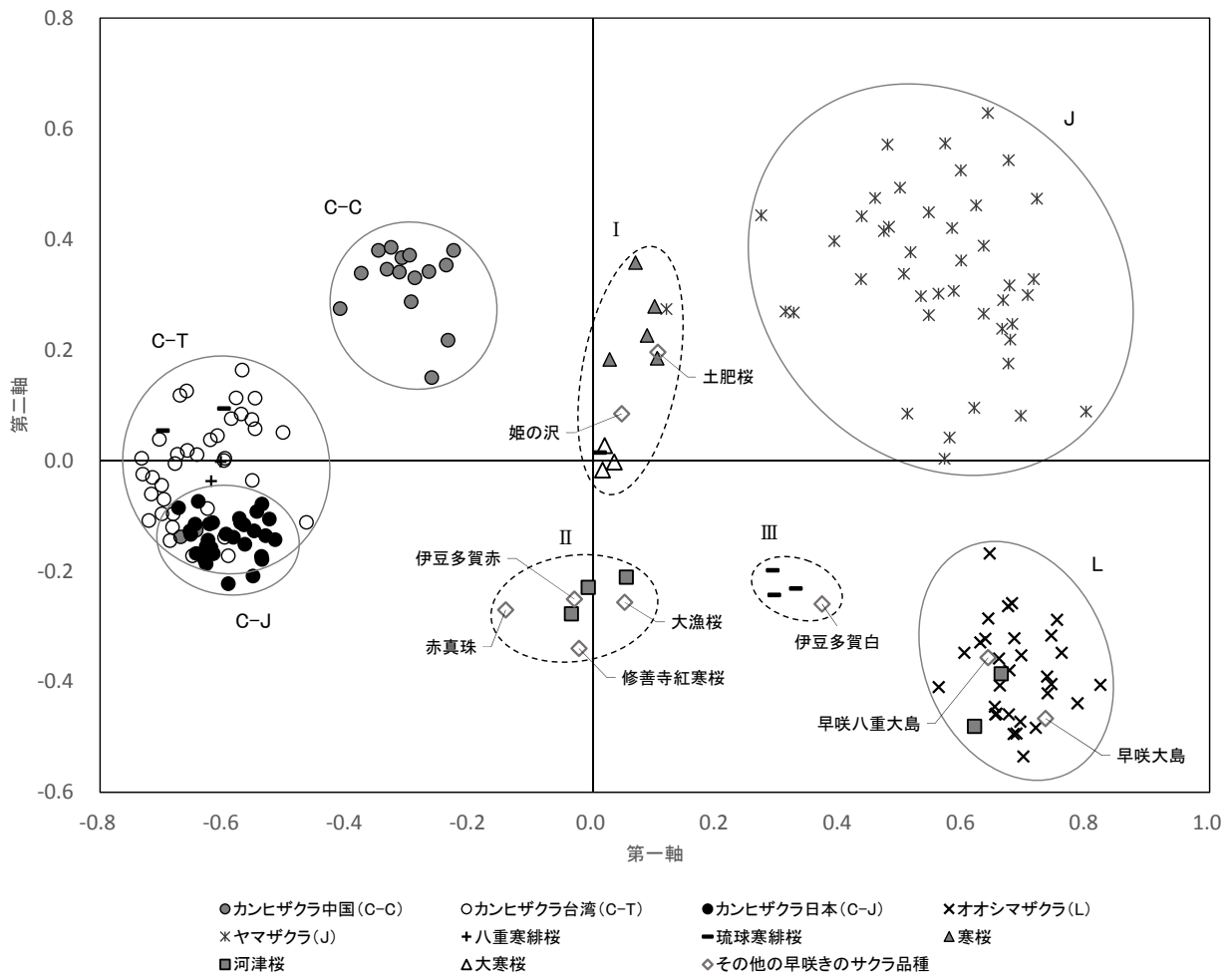
表Ⅲ-22 STRUCTURE 解析 (K=3) で示された基準雑種とオオシマザクラ (早咲き性) の遺伝的組成

種	Cluster <sup>z</sup>		
	A	B	C
オオシマザクラ(早咲き性)	<b>0.61</b>	0.01	<b>0.38</b>
基準雑種			
♀ヤマ×♂カンヒ218	<b>0.54</b>	<b>0.45</b>	0.00
♀ヤマ×♂カンヒ219	<b>0.52</b>	<b>0.48</b>	0.00
♀ヤマ×♂カンヒ220	<b>0.45</b>	<b>0.54</b>	0.01
♀ヤマ×♂カンヒ221	<b>0.51</b>	<b>0.47</b>	0.01
♀オオシマ×♀カンヒ195	<b>0.63</b>	0.01	<b>0.37</b>
♀オオシマ×♀カンヒ196	<b>0.55</b>	0.00	<b>0.44</b>
♀オオシマ×♀カンヒ200	<b>0.60</b>	0.01	<b>0.40</b>
♀オオシマ×♀カンヒ208	<b>0.51</b>	0.00	<b>0.48</b>
♀オオシマ×♀カンヒ209	<b>0.50</b>	0.01	<b>0.50</b>
♀オオシマ×♀カンヒ210	<b>0.48</b>	0.01	<b>0.52</b>
♀オオシマ×♀カンヒ211	<b>0.51</b>	0.01	<b>0.48</b>
♀オオシマ×♀カンヒ214	<b>0.55</b>	0.01	<b>0.44</b>
♀オオシマ×♀カンヒ215	<b>0.63</b>	0.00	<b>0.37</b>
♀オオシマ×♀カンヒ216	<b>0.48</b>	0.01	<b>0.52</b>
♀オオシマ×♀カンヒ217	<b>0.51</b>	0.00	<b>0.49</b>

<sup>z</sup>各Clusterは、主に以下の種から構成されている

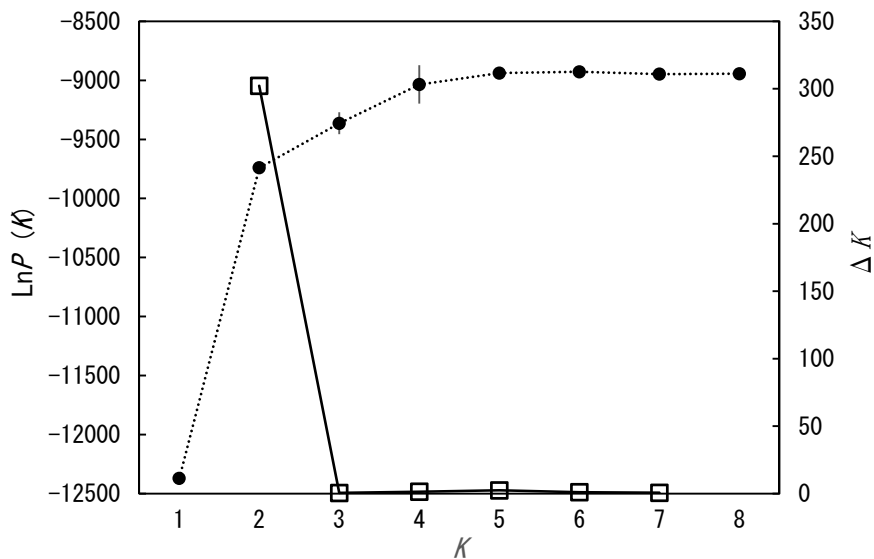
A: カンヒザクラ B: ヤマザクラ C: オオシマザクラ

<sup>y</sup> 各個体が推定集団 (Cluster) に由来する確率 (q) が  $q > 0.2$  のものは太字で表記



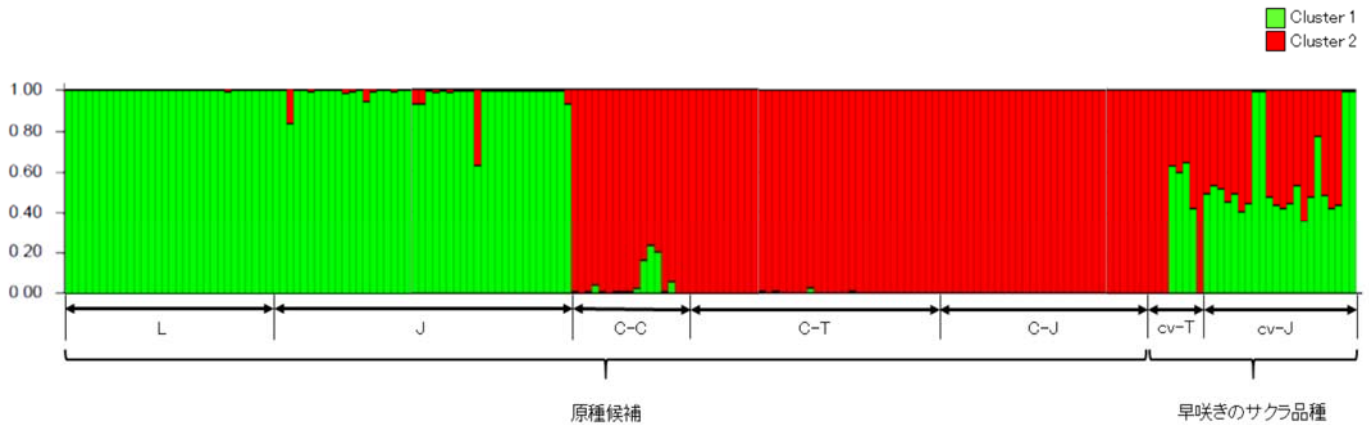
図III-45 原種および早咲きのサクラ品種の、遺伝的距離にもとづいた主座標分析 (PCoA) の結果

主座標分析で得られた主座標のうち寄与率の高い 2 軸を用いた。実線の囲みは原種候補のグループを表し、破線の囲みは早咲きのサクラ品種のグループを表す。早咲きのサクラ品種は I, II, III のグループに分かれた



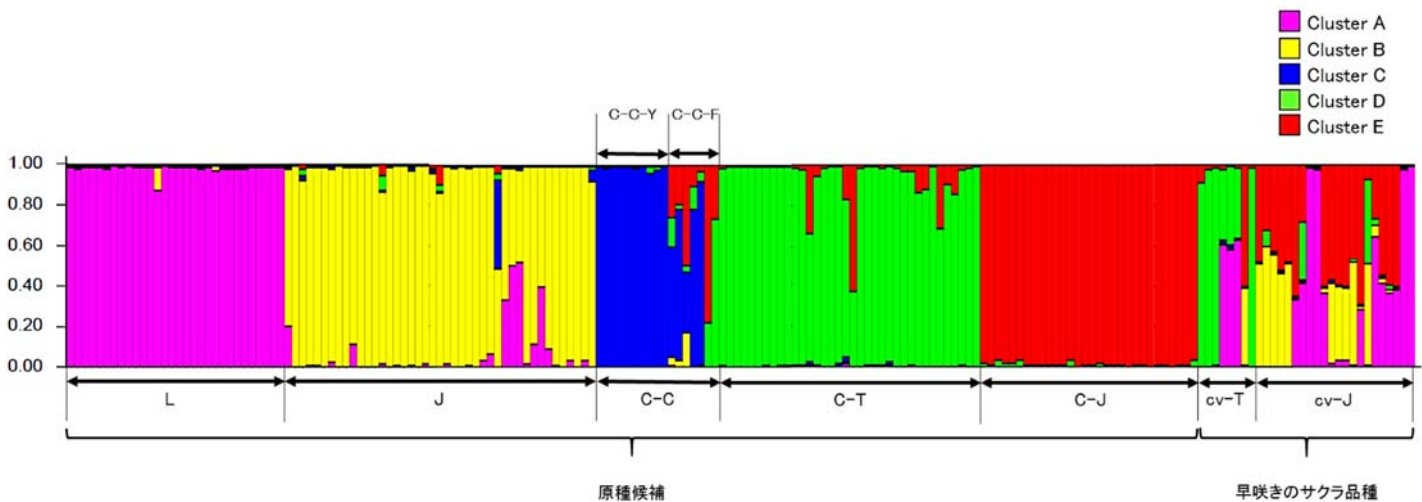
図III-46 原種および早咲きのサクラ品種 186 サンプルの STRUCTURE 解析における  $\ln P(K)$  および  $\Delta K$  の値

●印およびエラーバーは、各  $K$  における 20 回のランの  $\ln P(K)$  の平均値と標準偏差を示す。□印は  $\Delta K$  の値を示す



図Ⅲ-47 原種および早咲きのサクラ品種 186 サンプルの、 $K=2$ における STRUCTURE 解析の結果

遺伝的に異なる2つの系統(クラスター1,2)があるとした時,各サンプルにおけるクラスターの割合を縦軸に示す.横軸は各々のサンプルであり,アルファベットは以下の種および品種を表す.L:オオシマザクラ J:ヤマザクラ C-C:カンヒザクラ(中国) C-T:カンヒザクラ(台湾) C-J:カンヒザクラ(日本) cv-T:台湾の早咲きのサクラ品種 cv-J:日本の早咲きのサクラ品種



図Ⅲ-48 原種および早咲きのサクラ品種 186 サンプルの、 $K=5$ における STRUCTURE 解析の結果

遺伝的に異なる5つの系統(クラスターA~E)があるとした時,各サンプルにおけるクラスターの割合を縦軸に示す.横軸は各々のサンプルであり,アルファベットは以下の種および品種を表す.L:オオシマザクラ J:ヤマザクラ C-C:カンヒザクラ(中国) C-T:カンヒザクラ(台湾) C-J:カンヒザクラ(日本) cv-T:台湾の早咲きのサクラ品種 cv-J:日本の早咲きのサクラ品種 C-C-Y:中国のカンヒザクラのうち雲南省のもの C-C-F:中国のカンヒザクラのうち福建省のもの

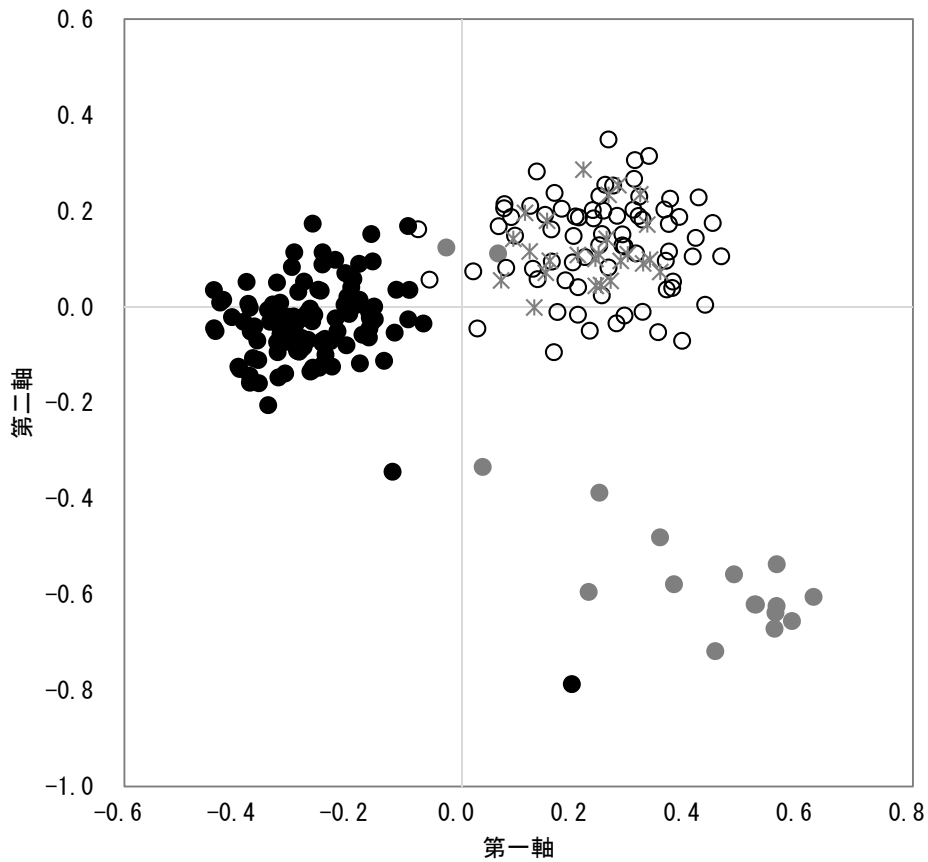
表Ⅲ-23 STRUCTURE 解析 (K=5) で示された早咲きのサクラ品種の遺伝的組成

品種名	ID	Cluster <sup>z</sup>				
		A	B	C	D	E
八重寒緋桜	K147	0.00	0.00	0.00	<b>0.91<sup>yx</sup></b>	0.08
	K148	0.00	0.00	0.00	<b>0.98<sup>yx</sup></b>	0.02
琉球寒緋桜	K86	0.00	0.00	0.01	<b>0.98<sup>yx</sup></b>	0.01
	K101	<b>0.61<sup>y</sup></b>	0.01	0.02	<b>0.34<sup>y</sup></b>	0.02
	K103	<b>0.59<sup>y</sup></b>	0.01	0.01	<b>0.38<sup>y</sup></b>	0.01
	K119	<b>0.63<sup>y</sup></b>	0.01	0.01	<b>0.34<sup>y</sup></b>	0.01
	K121	0.02	<b>0.38<sup>y</sup></b>	0.00	0.01	<b>0.60<sup>y</sup></b>
	K141	0.00	0.00	0.00	<b>0.99<sup>yx</sup></b>	0.01
寒桜	K9	0.00	<b>0.51<sup>y</sup></b>	0.00	0.01	<b>0.48<sup>y</sup></b>
	K19	0.00	<b>0.60<sup>y</sup></b>	0.01	0.08	<b>0.32<sup>y</sup></b>
	K22	0.00	<b>0.56<sup>y</sup></b>	0.00	0.02	<b>0.42<sup>y</sup></b>
	K25	0.00	<b>0.46<sup>y</sup></b>	0.01	0.01	<b>0.52<sup>y</sup></b>
	K70	0.00	<b>0.51<sup>y</sup></b>	0.00	0.01	<b>0.47<sup>y</sup></b>
河津桜	K37	<b>0.34<sup>y</sup></b>	0.01	0.00	0.01	<b>0.65<sup>y</sup></b>
	K39	<b>0.42<sup>y</sup></b>	0.01	0.00	<b>0.30<sup>y</sup></b>	<b>0.27<sup>y</sup></b>
	K58	<b>0.99<sup>yx</sup></b>	0.00	0.00	0.00	0.00
	K61	<b>0.98<sup>yx</sup></b>	0.01	0.00	0.00	0.00
	K63	<b>0.37<sup>y</sup></b>	0.03	0.00	0.01	<b>0.59<sup>y</sup></b>
大寒桜	K8	0.03	<b>0.39<sup>y</sup></b>	0.01	0.01	<b>0.57<sup>y</sup></b>
	K17	0.04	<b>0.37<sup>y</sup></b>	0.00	0.00	<b>0.59<sup>y</sup></b>
	K26	0.04	<b>0.35<sup>y</sup></b>	0.00	0.00	<b>0.60<sup>y</sup></b>
土肥桜	K2	0.01	<b>0.51<sup>y</sup></b>	0.00	0.01	<b>0.46<sup>y</sup></b>
赤真珠	K3	<b>0.29<sup>y</sup></b>	0.01	0.00	0.01	<b>0.69<sup>y</sup></b>
姫の沢	K4	0.02	<b>0.50<sup>y</sup></b>	0.01	<b>0.41<sup>y</sup></b>	0.07
伊豆多賀白	K6	<b>0.65<sup>y</sup></b>	0.05	0.01	0.03	<b>0.26<sup>y</sup></b>
大漁桜	K7	<b>0.42<sup>y</sup></b>	0.02	0.00	0.02	<b>0.54<sup>y</sup></b>
伊豆多賀赤	K11	<b>0.37<sup>y</sup></b>	0.02	0.00	0.02	<b>0.59<sup>y</sup></b>
修善寺紅寒桜	K13	<b>0.39<sup>y</sup></b>	0.01	0.01	0.01	<b>0.60<sup>y</sup></b>
早咲八重大島	K5	<b>0.98<sup>yx</sup></b>	0.01	0.01	0.00	0.00
早咲大島	K12	<b>0.99<sup>yx</sup></b>	0.00	0.00	0.00	0.00

<sup>z</sup> 各 Cluster は、主に以下の種から構成されている

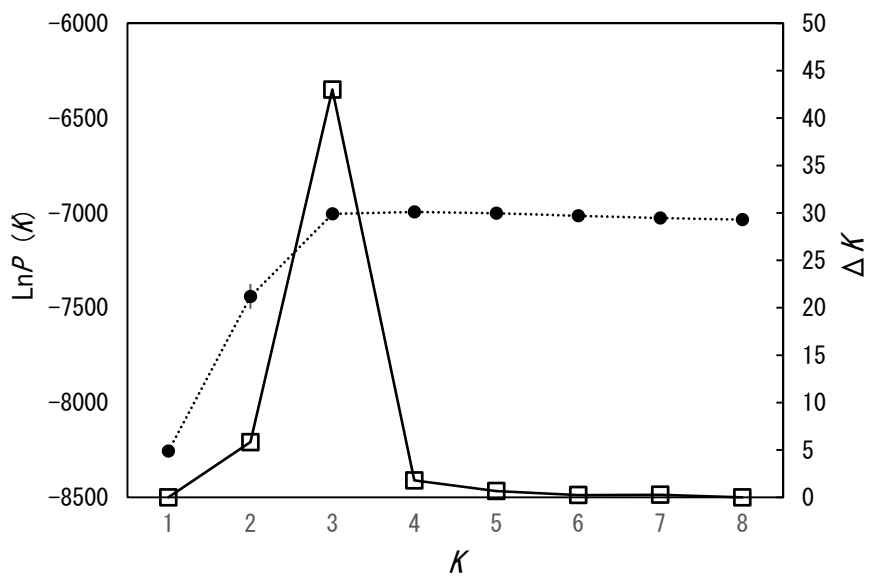
A : オオシマザクラ B : ヤマザクラ C : カンヒザクラ (中国) D : カンヒザクラ (台湾) E : カンヒザクラ (日本)

<sup>y</sup> 各個体が推定集団 (Cluster) に由来する確率 (q) が q > 0.2 のものは太字で表記, <sup>x</sup> q > 0.9 のものは網掛けで表記

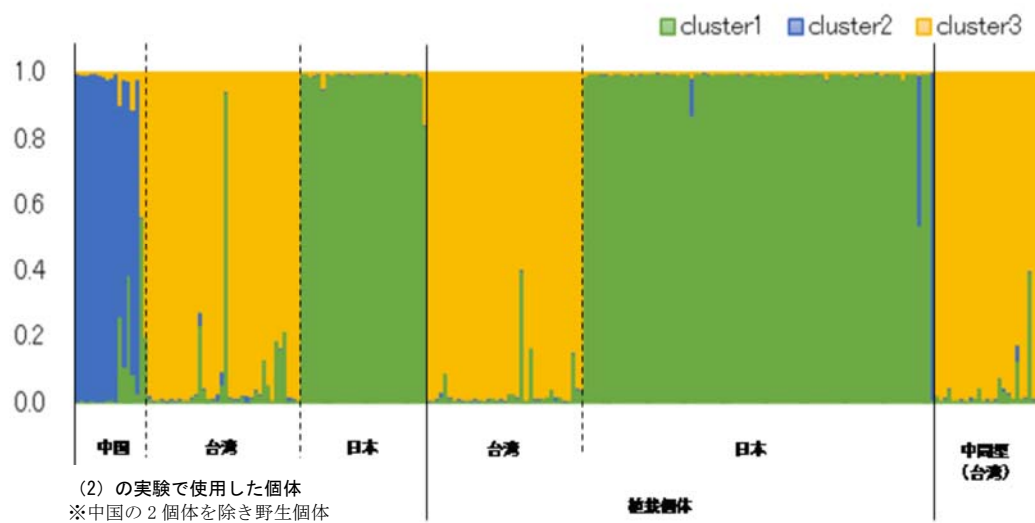


図Ⅲ-49 カンヒザクラを対象にした主座標分析 (PCoA) の結果

● : 中国のカンヒザクラ ○ : 台湾のカンヒザクラ ● : 日本のカンヒザクラ \* : 中間型 (台湾)



図Ⅲ-50 カンヒザクラおよび中間型個体の 228 サンプルを対象にした STRUCTURE 解析における  $\text{Ln}P(K)$  および  $\Delta K$  の値  
●印およびエラーバーは、各  $K$  における 20 回のランの  $\text{Ln}P(K)$  の平均値と標準偏差を示す。□印は  $\Delta K$  の値を示す



図Ⅲ-51 カンヒザクラ及びカンヒザクラと琉球寒緋桜の中間型個体の228サンプルの、 $K=3$ におけるSTRUCTURE解析の結果

遺伝的に異なる3つの系統（クラスター1, 2, 3）があるとした時、各サンプルにおけるクラスターの割合を縦軸に示す。横軸は各々のサンプルを示し、採取した生育地を記す。



#### iv. 生存率と残存率の算定

基準雑種の生存率（交配し結実した果実数(種子数) [B] に対する、種子発芽後 4 年現在生存している個体数 [X] の割合をいう  $[B/X*100(\%)]$ ）、残存率（基準雑種の作出のために授粉を行った花の数 [A] に対して、結実、種子発芽を経て、種子発芽後 4 年現在生存（残存）している個体数 [X] の割合をいう  $[A/X*100(\%)]$ ）を表Ⅲ-24 に示す。

受粉・結実・発芽した個体（基準雑種）のうち種子発芽から 4 年目に生存している個体は、カンヒザクラを種子親（♀）に用い交雑したものでは、オオシマザクラ（早咲き性）を花粉親（♂）として交雑した個体のみであった。またカンヒザクラを花粉親（♂）に用い交雑したものは、種子親（♀）をヤマザクラ、オオシマザクラ、オオシマザクラ（早咲き性）とした全ての組合せで生存が確認でき、発芽後 4 年目の生存率（平均）は、種子親（♀）がヤマザクラの交雑個体で 1.5%、オオシマザクラの交雑個体で 7.7%、オオシマザクラ（早咲き性）の交雑個体で 22.8% となった。またカンヒザクラとオオシマザクラ（早咲き性）の雑種個体の生存率は、表Ⅲ-25 に示すように、カンヒザクラとオオシマザクラの雑種個体、カンヒザクラとヤマザクラの雑種個体に比較して高い値となった。

表Ⅲ-24 基準雑種の発芽後4年目の生存率、残存率

基準雑種	生存率(%)	残存率(%)
♀カンヒザクラ×♂オオシマザクラ (早咲き性)		
♀農大中央カ×♂早咲オ07	56.2	ND
♀稲城カ①×♂早咲オ07	28.9	ND
♀ヤマザクラ×♂カンヒザクラ		
♀四季ヤ③×♂函南カ08	1.5	0.2
♀オオシマザクラ×♂カンヒザクラ		
♀砧オ×♂海光カ08	3.1	0.5
♀砧オ×♂函南カ08	15.0	1.0
♀オオシマザクラ (早咲き性) ×♂カンヒザクラ		
♀早咲オ×♂世田谷カ07	28.0	ND
♀早咲オ×♂海光カ08	17.5	3.2

表Ⅲ-25 基準雑種の原種の組み合わせによる種子発芽後4年目の生存率の比較

説明変数	coef	se(coef)	z値	P値
切片(オオシマザクラ早咲き性との交雑)	-1.474	0.518	-2.846	4.43E-03
オオシマザクラとの交雑	-1.948	0.895	-2.178	2.94E-02 *
ヤマザクラとの交雑	-3.684	1.321	-2.789	5.29E-03 *

AIC=37.02

生存率(発芽後4年目)を応答変数として一般化線形混合モデルによる分析を行った。カンヒザクラとの交雑によって得た基準雑種の生存率は原種の種を複数変数とした場合にもう一方の原種をオオシマザクラ(早咲き性)とした場合で高くなることが示された。

\*5%水準で有意

## IV章 考察

### i. 既往知見及び生育地からみた早咲きのサクラ品種の原種の推定

代表的な早咲きのサクラ品種（既成品種）に類する個体（基準雑種）を作出するための原種を選定することを目的に、まず既往知見より既成品種を整理し、それらの原種候補種を調べた。確認した原種候補種は分布および生育地を調べ、既往知見で不明点のあった種、すなわちヤマザクラ及びカンヒザクラについては現地踏査を行った。

この現地踏査の結果に既往の生育地の情報を加え、原種候補種と既成品種の生育地の関係を見て代表的な既成品種の原種候補種を推定した。

## 1. 既往知見による既成品種の実生の推定

既往知見より、「早咲きのサクラ品種」(既成品種)を82品種確認した。これらの既成品種の実生(原種候補種)として、カンヒザクラ、シナミザクラ、エドヒガン、ヤマザクラ、オオシマザクラ、マメザクラ、キンキマメザクラなどが挙げられていた。‘寒桜’、‘大寒桜’といった野生種ではない品種(雑種、変種を含む)も13品種で原種候補種として挙げられていた。ただし、この13品種うち2品種は、品種の実生が原種候補種とされていた。

既成品種82品種の実生候補種のうち、カンヒザクラが40品種の実生候補として確認でき、最も高い割合を占めた(既成品種の約49%)。次いで、品種(44%)、オオシマザクラ(26%)の順となった。カンヒザクラは早咲きの特徴や花の形態等から多くの既成品種の実生である可能性があることが従来から指摘されている(日本花の会1982;川崎1993)。次いで実生候補種であることが高い割合で挙げられた「品種」として、‘寒桜’が9品種、‘大寒桜’6品種、‘染井吉野’および‘琉球寒緋桜’5品種、その他の品種は1~2品種が挙げられていた。これら実生候補種とされた品種の内訳は、その76%を‘寒桜’をはじめとする早咲きのもの(既成品種)が占めており、既成品種を実生とすることで早咲き性のサクラが得られる可能性がある。また実生候補として3番目に高い割合を示したオオシマザクラについても、そのうち62%では「早咲き型」であることが推定された。既成品種の実生として早く咲く特徴を持つサクラも多く関わっている可能性があると考えられた。

また、既成品種は58品種(約71%)が雑種、一部(約10%)は雑種ではないもの(実生の変異型あるいは同種間交配(人為交配を含む))と推定されていたことも確認した。

この雑種と推定される既成品種(58品種)の実生候補種の交雑の組合せは、カンヒザクラと「品種」の交雑によるものと推定されるものが最も多かった(11品種)。次いでカンヒザクラとオオシマザクラの交雑(10品種)、カンヒザクラとヤマザクラの交雑(6品種)がみられた。

サクラ品種は複雑な交雑過程を経て生じているものも多いとされている。人為作出された品種の多くは、作出者が「品種」を実生とした交雑を試みている。例えば‘陽光’(*P. × yedoensis* cv. Amagi-yoshino × *P. campanulata*)は高岡正明によって、カンヒザクラに‘天城吉野’(*P. × yedoensis* cv. Amagi-yoshino)の花粉を用いて交雑し作出されている(高岡1981)。また‘横浜緋桜’(*P. jamasakura* cv. Kenrokuen-kumagai × *P. campanulata*)は白井勲によって、‘兼六園熊谷’(*P. jamasakura* cv. Kenrokuen-kumagai)にカンヒザクラの花粉を用いて交雑し作出されている(白井1985)。Kato Shuriら(2014)は、核DNAマーカーを用いた遺伝解析によって、本稿でいう既成品種について、雑種第一代ではないものがあることを示唆している(Kato Shuriら2014;太田ら2011)。

オオシマザクラは数多くのサトザクラの実生として推定されている(Koidzumi1913;日本花の会1982;川崎1993;日本花の会2002;遺伝学普及会2006)。サトザクラとは、山桜に対しての里桜であり、人里近いところに植えられるサクラ栽培品種の総称である。狭義にはオオシマザクラを主としてヤマザクラ、オオヤマザクラなどが交雑したものから改良選定

されたものを示す(平凡社 2006)。既往知見の調査結果から、変異型も含むオオシマザクラは数多くの他種間との交雑和合性を持つ可能性があると考えられ、オオシマザクラはカンヒザクラに対しても交雑和合性を持つことが示唆された。

また形態的特徴から、従来、ヤマザクラはオオシマザクラと近縁であると考えられている(日本花の会 1982; 川崎 1993)。Ohta ら(2005)の核 DNA の解析でもこの 2 種は近縁であることが示唆されている。ヤマザクラもいくつかのサトザクラやその他の品種の原種として推定されている(Koidzumi 1913; 日本花の会 1982; 川崎 1993; 日本花の会 2002; 遺伝学普及会 2006)。しかしカンヒザクラとヤマザクラの雑種と予測される既成品種は 6 品種を確認したのに対し、オオシマザクラとカンヒザクラの雑種と予測される品種は 10 品種が確認できた。このことは、オオシマザクラとヤマザクラではカンヒザクラに対する交雑親和性の程度に違いがある可能性も考えられた。

角田(1976)は、カンヒザクラとオオシマザクラ(「早咲き」等の変異型を含む)との交雑を行い多数の品種を作出している。これは、サクラ品種が一般に病虫害等に弱いことから、他種と比較してストレス耐性が高いといわれているオオシマザクラを原種とし、病虫害等に強い品種を作出することを一つの目的としている。また岡田(日本花の会 1986)は「早咲系サクラの潮風害抵抗性」において 12 の早咲きのサクラを用いて塩水処理を施す実験を行っており、オオシマザクラ系とされる品種、または品種オオシマザクラが交雑された品種では潮風害抵抗性の強い系統が多いと報告している。このことから、オオシマザクラを原種とする既成品種では生存率が高く、現在まで多く生育している可能性も考えられた。

カンヒザクラとオオシマザクラ、カンヒザクラとヤマザクラの雑種と予測されるそれぞれの品種数に差があるもう一つの要因として、品種の形態の変異の幅(範囲)とその同定結果の相違が関わっていることも考えられた。今までヤマザクラとカンヒザクラの交雑によってできた雑種はカンヒザクラとオオシマザクラの組合せによる品種のようにそれぞれに品種名がついておらず「寒桜」という一つの品種にまとめられてきた。しかしオオシマザクラとカンヒザクラの雑種と推定される品種は静岡県に集中し多くみられたが、ヤマザクラとカンヒザクラの雑種と推定される品種は静岡県の他、愛媛県や鹿児島県にも生育していた(大井・太田 1973)。大井・太田(1973)は、ヤマザクラが地域によっても様々な系統があると述べており、このことから、カンヒザクラとヤマザクラの雑種の系統には様々なものが生まれる確率が高いとしている。ヤマザクラの変異の多いことは川崎(1993)も指摘している。また渡辺ら(1964; 1966)は個体間の相違について定量的検証を試みている。近年の DNA マーカーを用いた分析でも、ヤマザクラは本州と九州に生育している個体では遺伝的に異なることが示されている(Tsuda ら 2009)。またカンヒザクラとヤマザクラを原種とする雑種である「寒桜」は、クローンではなく様々な系統をもつ品種であることが明らかにされている(Kato Shuri ら 2014)。一方、オオシマザクラもヤマザクラと同様に変異の多さが指摘されており、遺伝的集団構造は伊豆七島の島嶼間でも異なることが示されている(Kato Shuri ら 2011)。しかし、カンヒザクラとオオシマザクラの雑種と推定される品種では前述

の‘寒桜’のように複数系統を含む品種はほとんど確認されていない。これまでカンヒザクラとヤマザクラの交雑による品種とされてきた品種数はさらに増える可能性もある。

既成品種のうち、原種候補種的一方がヤマザクラと推定される品種と、エドヒガンと推定される品種数の差はほとんどなかった。しかし、ヤマザクラが原種と推定される多くの品種で、もう一方の原種がカンヒザクラであると推定されていたのに対し、エドヒガンが原種と推定される品種ではもう一方の原種がカンヒザクラとの交雑と推定されていたものは確認できなかった。このことから、既成品種の作出において、エドヒガンとヤマザクラとでは交雑が可能な種あるいは交雑しやすい種が異なる可能性も考えられた。

以上の知見から、既成品種の代表的な原種はカンヒザクラであり、カンヒザクラを原種とする既成品種において、対するもう一方の原種候補種としてはオオシマザクラが最も有力であると考えられ、またその近縁種であるヤマザクラとオオシマザクラの早咲き型も挙げられた。

## 2. 生育地からみた既成品種の実原種の推定

### (1) 既成品種の生育地

既成品種 82 品種のうち 8 品種（‘寒桜’、‘熊谷桜’、‘啓翁桜’、‘小彼岸桜’、‘暖地桜桃’、‘紅枝垂’、‘八重紅彼岸’、‘ワダイ’）を除いた 74 品種の生育地の記載が確認できた。これらのうち静岡県に生育するものが 40 品種と最も多くなった。これは、静岡県熱海市で早咲きのサクラ品種の育種をした角田春彦の影響が大きく、静岡県にみられる品種の半数以上が角田の作出によるものであった。川崎（1993）はこれら角田によって作られた品種を熱海品種群と呼んでいる。人為的に作出された品種を見ると局所的に強い偏りがみられる可能性が高いと考えられたため、人為作出の 34 品種を除いた 40 品種の生育地の記載をみた。その結果、静岡県、沖縄県、愛媛県で多くの品種の生育地を確認できた（表IV-1）。これら 40 品種のうち、国内で生育するものの中から市区町村レベルでの場所の記載が確認された 34 品種の生育地を見ると、比較的沿岸地に集中していた（図IV-1）。特に、静岡県の伊豆半島、愛媛県の松山市ほか瀬戸内海側には、比較的古くから早咲きのサクラ品種が生育していることを確認した。また、静岡県伊豆半島ではカンヒザクラとオオシマザクラの雑種と推定されていた品種が比較的多く、愛媛県松山市周辺ではカンヒザクラとシナミザクラの雑種と推定されていた品種が多かった。

### (2) 原種候補種の分布

前項1「既往知見による既成品種の実原種の推定」で挙げられた既成品種の多くの原種（原種候補種）の分布は、これまでも報告がある。既成品種の実有力な原種候補種として挙げられたカンヒザクラ、シナミザクラ、エドヒガン、ヤマザクラ、オオシマザクラ、マメザクラ、キンキマメザクラを確認した。但し、カンヒザクラは、南中国および台湾の原産であり、日本では沖縄県石垣島の「荒川のカンヒザクラ自生地」が 1972 年に国の天然記念物として指定されているが（文化省国指定文化財等データベース <http://kunishitei.bunka.go.jp/bsys>）、石垣島のカンヒザクラが日本の野生かどうかについては議論がある（Ⅲ章）。これら 7 種の分布について以下にまとめた。

#### ①主に日本国外に分布が認められる種

シナミザクラは、中国の原産のサクラであり（川崎 1993；日本花の会 1982；中国科学院植物研究所 1986）、果実は食用され、中国では経済的にも利用価値の高いサクラとされる（Chen ら 2015）。日本には明治初年中国から渡来したといわれる（日本花の会 1982）。

カンヒザクラは中国及び台湾原産のサクラであり、日本では沖縄県石垣市の荒川のカンヒザクラ自生地が 1972 年に国の天然記念物に指定されている（文化省国指定文化財等データベース <http://kunishitei.bunka.go.jp/bsys>）。しかし、日本の石垣島に生育するものは、中国や台湾に分布するカンヒザクラが栽培逸出したとする説（初島・天野 1977；三好 1980）と、日本の野生ととらえる説（林 1980）がある。さらに、台湾と日本の沖縄に生育するカンヒザクラでは花の色や大きさに違いがあるとして、沖縄の個体を‘琉球寒緋桜’（*P. campanulata* cv. Ryukyu-hizakura）の名称で園芸品種として区別することがある（林 1980）。このように、

日本に分布するカンヒザクラの分類学的位置づけは不明瞭であり、カンヒザクラの分布については国外の文献でも見解が分かっていた。カンヒザクラ、シナミザクラの分布の知見から、シナミザクラとカンヒザクラの中国、台湾における分布の概要を図IV-2に示す。この2種間ではカンヒザクラがより南で湿度の高い地域に、シナミザクラがやや北のやや乾燥した地域にも分布しており、広西省、浙江省など一部は2種共に分布が確認されている地域があった。

本研究の台湾および沖縄県における現地調査では、カンヒザクラは亜熱帯の比較的標高の高い山地に生育し、南下するほど生育地の標高は高くなり、また自生地とされる場所付近でも植栽が疑わしい個体も多数生育していることを確認した。また、沖縄県本部町及び石垣島の調査においては、野生個体と見られる個体と植栽が疑わしい個体が近い範囲で生育していることを確認した。

また、日本におけるカンヒザクラ及びシナミザクラの植栽に関しては、シナミザクラについては温暖な地方で栽培されるとあるが(川崎 1993)、詳細については不明である。伊豆半島ではシナミザクラが1945年以降に導入されていることが報告されている(村田ら 2012)。カンヒザクラは主に関東地方南部以西で広く見られる(大場ら 2007)。(一社)日本植木協会による平成26年度都道府県別供給可能量調査(<http://www.ueki.or.jp/>)によると、現在国内で緑化樹木として扱われている(一定供給量を持つ)サクラ野生種には、オオシマザクラ、オオヤマザクラ、カンヒザクラ、シダレザクラ、ヤマザクラが挙げられており、カンヒザクラ植栽個体はある程度の流通量があることがわかる。

#### b. 日本の野生種

ヤマザクラは本州、四国、九州の暖帯から温帯に広く分布し、低いところでは海岸近くから、高いところでは四国の石鎚山脈の海拔1400m付近、関東の日光では700m付近まで生育する(日本花の会 1982)。太平洋側は宮城県以南、日本海側は新潟県以南にみられる(川崎 1993)。なお、Tsudaら(2009)の核DNAマーカーを用いた国内12集団(福島から鹿児島まで)の解析の結果、ヤマザクラは本州と九州の集団では遺伝的に異なることが示され、葉緑体DNAによる解析でも同様に九州地方とその他の地域では遺伝的に異なることが示されている(津村・陶山 2015)。

既往知見からわかるように、ヤマザクラの分布は九州から東北までと広い。既成品種のみられる地域は前項の(1)「既成品種の生育地」で述べたように伊豆半島や四国、沖縄の沿岸の地域に多いが、それらよりも北の地域では見られず、既成品種がみられない地域はヤマザクラの北限域にあたる。そこでこの地域のサクラの種の分布について巨木を対象に踏査した。その結果、山梨県、福島県では、巨木のヤマザクラはエドヒガン、シダレザクラに比較し生育数が極めて少なく、樹高や幹周の大きさでもこれらと比較して著しく大きいものはないことがわかった。

オオシマザクラは暖帯の沿岸に分布し、伊豆七島の各島に生育する(日本花の会 1982)。房総半島、伊豆半島のものは植栽されたものが野生化しているといわれる(日本花の会



1982 ; 川崎 1993)。カスミザクラの海岸型あるいは島嶼型という見解と、ヤマザクラの海岸型という見解がある (川崎 1993)。また、Ohta ら (2005) の核 DNA の解析では、オオシマザクラとヤマザクラは近縁であることが示唆されている。Kato ら (2011) は、伊豆半島と伊豆諸島に生育するオオシマザクラを対象に、葉緑体 DNA、AFLP、核 DNA の解析を行い、これらの中で大きく 3 つの遺伝的グループ (①伊豆半島、大島、新島、神津島、②三宅島、御蔵島、③八丈島) に分けられることを示している。エドヒガンは本州、四国、九州に分布し、低山地に生育する。中国中部や台湾でも分布するといわれるが (日本花の会 1982)、これを同種とするか近縁種とするかは議論がある (川崎 1993)。マメザクラは関東の南西部から静岡県東半部、山梨県、長野県の釜無山脈、八ヶ岳山脈、房総半島南部の山地に生える。富士山、箱根山等の火山帯に多く、フォッサマグナ要素の一つとされる (日本花の会 1982)。キンキマメザクラは本州中部以西に分布し、ことに近畿地方に多いとされ (日本花の会 1982)、日本海側に多い (川崎 1993)。

### (3) 既成品種の生育地と原種候補種の分布との関係

自然環境下での雑種の出現 (作出) を想定した場合、サクラの交配範囲は比較的近距离であることが示唆されており (鶴田ら 2012b)、自然環境下における原種間の生育地の距離は近いことが予測される。さらにサクラの種子は一般に動物によって散布されることが知られ、果実は哺乳類や鳥類によって食べられる (Koike ら 2008 ; 八木橋 2001 ; 持田ら 2003)。動物による種子散布では、外部付着散布に対し被食型散布では比較的近距离散布であるという報告がある (Howe 1977 ; 唐沢 1978)。また、夏季に結実する種子では、鳥類の被食率が比較的低いとの報告がありサクラの種子もこれに該当する (八木橋 2001)。したがって、果実が被食されずに重力散布がされる可能性もある。これらの知見から、種子親 (♀) とその子にあたる雑種についても、生育地の距離は近いことが予測される。

交雑する原種同士が近距离に生育していることは交雑頻度に影響すると考えられることから、カンヒザクラとの雑種は、カンヒザクラと同じ (近い) 場所に生育している種との交雑で生じる確率は高くなると考えられる。既成品種でカンヒザクラとの雑種のもう一方の原種候補種としてはオオシマザクラ、ヤマザクラ、シナミザクラ、マメザクラが確認できた。このうち、シナミザクラは中国において分布の一部がカンヒザクラの分布と重なる可能性もある。しかし、シナミザクラは日本での自生はなく、また元々食用であったことから現在国内ではあまり流通していない。よって、中国国内では自然環境下でこの 2 種が交雑する可能性も否定できないが、日本国内では高頻度の交雑は起こりにくいと考えられた。

ヤマザクラを原種とする場合には、生育調査を行った地域 (山梨県・福島県) 以北での結実及び生育の可能性は小さくなると考えられた。これはカンヒザクラの生育地 (植栽地域を含む) から考えても、カンヒザクラとヤマザクラの雑種は自然環境下では関東以北の作出の可能性はきわめて小さくなると考えられた。エドヒガンの分布はカンヒザクラの生育地 (植栽) と重なる部分がある。しかし前項の既往知見から推定される既成品種の原種候補ではカンヒザクラとエドヒガンの雑種は確認されなかった。国内で最も一般的に見られるサクラ

である‘染井吉野’はエドヒガンとオオシマザクラの雑種と推定されている（竹中 1962；竹中 1965；Kaneko ら 1986；Innan ら 1995）ことは良く知られ、Watanabe and Yoshikawa(1967)や、鶴田ら(2012a)による、エドヒガンと他のサクラとの交雑の結果からも、エドヒガンは他種との交雑和合性を持つと考えられる。よって、エドヒガンとカンヒザクラの2種はそれぞれ他のサクラとの交雑和合性は持つが、この2種間では交雑が起こりにくい、あるいは交雑が起きた場合に品種が出来るまでの過程で失われている可能性があると考えられた。マメザクラの分布はカンヒザクラの生育地(植栽地域)と重なる部分があり、既往知見よりこの2種間の雑種も確認されているが、3品種と数は多くはなく、またこの3品種はいずれも人為交雑により作出されているものである(川崎 1993)。マメザクラは富士山、箱根山等の火山帯に多く、分布は他のサクラと比較し限定的である。マメザクラは近年、関東では多少の苗木生産(流通)が確認されており( (一社) 日本植木協会による平成 27 年度都道府県別供給可能量調査 (<http://www.ueki.or.jp/>) )、今後植栽される量や範囲が拡大した場合、植栽のカンヒザクラとの自然交雑の機会増加の可能性もあると考えられた。オオシマザクラは植栽で使用されることが多いサクラのひとつであり、野生では暖地の沿岸に分布し、伊豆半島、伊豆諸島に生育しているが、サクラ類の耐寒性の研究(北村・堀内 1983)から、オオシマザクラは暖地性のサクラであるにもかかわらず、サクラの中では比較的耐寒性が高い。このことから植栽は広域で可能であると考えられ、カンヒザクラの生育地(植栽地域)とオオシマザクラが生育できる場所には重なりがあると考えられた。

#### (4) 小括

既成品種として多く存在するものはカンヒザクラを原種候補種とした雑種であり、これらは暖地の沿岸地で比較的多く生育していた。また、既成品種のうちカンヒザクラが原種候補種である品種に注目し、それらの生育地とカンヒザクラ雑種として推定されている品種のもう一方の原種候補種のうち日本で分布が確認されているヤマザクラ、オオシマザクラ、マメザクラの生育地を比較すると、ヤマザクラ、オオシマザクラの分布は既成品種の生育地と大部分で一致していることが確認でき、マメザクラは一部では既成品種の生育地と重なりがあつた(図IV-3)。これは、既往知見で推定された、カンヒザクラの雑種が、もう一方の原種をオオシマザクラ、ヤマザクラ、マメザクラ(一部)とする交雑で生じている可能性を支持すると考えられた。したがって、国内に生育する既成品種の大部分は、自然環境下ではカンヒザクラとオオシマザクラ(変異型も含む)、カンヒザクラとヤマザクラの交雑より生じた品種である可能性が考えられた。

表IV-1 人為作出を除いた既成品種 40 品種の生育地

生育地	品種名	
静岡県	熱海桜（熱海市）、伊豆土肥（伊豆市）、伊東桜（伊東市）、河津桜（河津町）、河津正月（河津町）、修善寺寒桜（伊豆市）、多賀紅（熱海市）、彼岸台桜（三島市）、斑入弥生桜（詳細不明）、紅寒桜（南伊豆町～松崎町）、緑近畿豆桜（御殿場市）、湊桜（南伊豆町）	12 品種
沖縄県	琉球寒緋桜（詳細不明）、もとぶ小町（本部町）、もとぶ花織（本部町）、もとぶみやらび（本部町）、もとぶ八重岳娘（本部町）、八重岳あかね（本部町）	6 品種
愛媛県	薄寒桜（松山市）、薄紅寒桜（松山市）、十六日桜（松山市）、椿寒桜（松山市）、明正寺（新居浜市）	5 品種
鹿児島	薩摩寒桜（詳細不明）、白睦月（奄美市）	2 品種
神奈川県	玉縄桜（鎌倉市）、春めき（南足柄市）	2 品種
栃木県	勝道桜（日光市）、勝道彼岸（日光市）	2 品種
新潟県	加茂の曙（加茂市）、雛菊桜（弥彦村）	2 品種
(伊豆大島)	寒咲大島、昭和桜	2 品種
茨城県	日立寒桜（日立市）	1 品種
愛知県	東海桜（詳細不明）	1 品種
埼玉県	大寒桜	1 品種
(海外)	アメリカ（アメリカ）、ウミネコ（ヨーロッパ、詳細不明）、ピンククラウド（アメリカ）、八重寒緋桜（台湾）	4 品種



図IV-1 既成品種 (★) の生育地 (N=34)

人為作出を除く 40 品種のうち国内 (市区町村) で生育地が確認されたもの





図IV-3 既成品種の生育地と原種候補種の分布

## ii. 基準雑種の作出過程にみる受粉から生長までの特性

前項 i より既成品種<sup>1</sup>の原種候補種としてカンヒザクラが最も多く挙げられた。またカンヒザクラとオオシマザクラ、カンヒザクラとヤマザクラで交雑が起こり、雑種が出来たと推定された。また、既成品種<sup>1</sup>の原種候補種には、カンヒザクラ、既成品種<sup>1</sup>、オオシマザクラの早咲き型など、「早咲き」の特徴を持つサクラも多く確認された。そこで、本研究では代表的な既成品種<sup>1</sup>に類する個体を作成するため、カンヒザクラと、もう一方の原種にはオオシマザクラ、オオシマザクラ(早咲き性)、ヤマザクラを用いた。交雑して出来た個体は「基準雑種」として既成品種<sup>1</sup>や原種との比較をする際の指標として用いる本研究の要となるものである。これまでも遺伝子マーカーを用いた遺伝的組成の解析によって多くのサクラ品種の原種の推定が行われてきたが、実際に作出をする際にどのような課題があるのかわかっていない。特に木本を用いて実際に既成品種<sup>1</sup>に類似する個体を作る研究は時間を要するため困難であった。

そこで本項では実際に原種候補種を用いて早咲き性サクラ品種(既成品種<sup>1</sup>)の作出を試み、その際の過程を、受粉、結実、発芽の各段階に分けてそれぞれの段階の諸問題を明らかにし、相互関係を求めた。具体的には①受粉の前段階として、交雑試験に用いる原種の花粉の受精能力をみるために、花粉稔性(花粉充実率、花粉粒径、花粉管発芽率)、また保存時の花粉管発芽率の寿命(花粉の寿命)をみた。②実際に交雑試験を行い、基準雑種(種子)を得た。③交雑試験で得られた基準雑種の種子を高い確率で発芽させるため、前段階として原種候補種及び既成品種<sup>1</sup>の種子を用いて発芽特性の検証を行い、より高い種子発芽率を得るための条件(温度、光、水分条件)を調べた。これらの種子発芽試験の結果から設定した温度や光条件で基準雑種の種子発芽を試みるとともに、交雑に用いた種の組合せの違いによる種子発芽率の違いをみた。④受粉、結実、発芽の各段階の相互関係をみて作出に及ぼす諸要因を究明した。

## 1. 受粉（花粉稔性）

### (1) 基準雑種を作出するための原種候補種の花粉稔性の確認

#### a. 花粉充実率

本実験の結果、基準雑種を作出する交雑試験に用いた原種候補種 4 種の花粉充実率は、カンヒザクラ 96%、ヤマザクラ 98%、オオシマザクラ 79%、オオシマザクラ（早咲き性）86%を示した。またこの 4 種間での有意差は認められなかった。表IV-2 に示すとおり、既往知見でも野生種は比較的高い花粉充実率を示している。受精能力を持つ個体では比較的高い花粉充実率が示される可能性が考えられた。また、既往知見から、前項で原種候補種として挙げられていた既成品種の中には、‘河津桜’など花粉充実率が 30%以下の比較的低い値を示すものや、‘寒桜’など同品種間でも個体により異なる値を示す品種も確認された（表IV-2）。

一般には、花粉充実率が高くなる、すなわち正常花粉の割合が高くなる場合、花粉の受精能力は高くなる。例えばスギ (*Cryptomeria japonica*) では雄性不稔スギでは正常花粉がほとんど見られないとの報告がある(斎藤ら 2005)。

一方、八重垣ら (2002) はウメの品種（実ウメ 59 品種、花ウメ 25 品種）において、染色率（正常花粉率）が低い場合でも花粉管発芽能力を持つ個体も確認しており、また逆に花粉が染色性を示しても花粉の発芽が全く認められない品種を多数確認している。またこの時、花粉の量および染色率が花粉管発芽率との間で有意な相関を示したこともあわせて報告している。このことは、花粉充実率だけで受精能力の有無や高低を決定することは難しいこと、しかし花粉充実率が高いものは花粉管発芽能力を有する割合も高くなることを示唆しており、各個体の受精能力を直接把握するには花粉管発芽率を見ることが有効であるが、花粉充実率をみることも受精能力の指標の一つとなる可能性がある。

#### b. 花粉粒径

交雑試験に用いた原種候補種 4 種の花粉粒径は、カンヒザクラ、ヤマザクラでは平均直径が 40 $\mu$ m 以上とオオシマザクラ及びオオシマザクラ（早咲き性）に比べて大きく、また粒径のばらつきは少なくなっていた。岩崎・神田 (1988)、岩崎 (1990) は、サクラの花粉では大粒、小粒とも大きさに関わらず発芽することを確認しており、花粉粒径のみでは花粉の受精能力の判断は難しいと考えられた。

#### c. 花粉管発芽率とその寿命

花粉管発芽率はオオシマザクラが 14%、ヤマザクラ、カンヒザクラが 7%、オオシマザクラ（早咲き性）が 1%を示した。これにより交雑試験に用いた花粉はいずれも受精能力を有すると考えられた。また、花粉管発芽率は花粉の保存期間によって変化し、採取 4 ヶ月後と 9 ヶ月後の花粉管発芽率を比較したところ、ヤマザクラでは 15%から 8%へ、オオシマザクラは 19%から 6%へ、低下することが示された。従って、花粉管発芽能力が低下する前に交雑を行うことが、より花粉の受精能力を保ったまま受粉を行うことになると考えられた。



なお、八重垣ら（2002）が指摘するように、実際の受粉では、花粉の量も考慮する必要がある。サクラの 1 花あたりの花粉産出量は、オオシマザクラで平均 19,780 粒（0.6416mg）（内山ら 2007）、‘染井吉野’で平均 58,380 粒（1.213mg）（芦原・齋藤 2008）という報告があり、花粉管発芽率が低い場合でも結実には十分な花粉管の発芽が期待できる可能性もある。

## （2）花粉稔性（花粉充実率、花粉粒径、花粉管発芽率）と種・品種の識別

花粉稔性の調査は受精能力の程度に加えて、種・品種の識別に役立つとされる（夏ら 1986）。染郷（1985）はミヤマハンノキ亜属において、減数分裂の異常が花粉粒の大きさに影響しており、種によって異なる花粉の形態を示すことを示唆している。これはサクラにおいても同様の傾向がみられるとし、花粉粒の大小のばらつきが品種や種で異なることに着目してサクラ品種の花粉粒径曲線を求めている（染郷ら 2004）。また、岩崎（1990）は雑種と推定されるサクラの花粉では大小の花粉粒が混在することから、同様に花粉の大きさによって種や品種の特徴の整理を試みている。

### a. 花粉充実率

原種候補種 4 種の花粉充実率は、どの個体においても 70%以上の値が示され種間での有意差は認められなかった。既往知見ではこの 4 種の中でカンヒザクラとオオシマザクラの 2 種で花粉充実率の報告があり、これらの知見（表IV-2）と、本研究のカンヒザクラ、オオシマザクラの花粉充実率は同種間で同程度を示していた。花粉稔性の算出として、観察花粉数に対する形態的正常花粉また可染花粉数の比率を採用することは多く（日本花粉学会 2002）、八重垣ら（2002）はウメの品種において、花粉充実率（染色率）は年次変動が少なく、品種ごとに安定した結果が得られることを報告している。サクラについても本研究の結果と既往知見より、オオシマザクラ、カンヒザクラでは同種間の花粉充実率の値の差は小さく、品種ごとに安定した値が期待できると考えられた。しかし、本研究で用いた原種候補種 4 種では、種間の花粉充実率の値の差が小さく、この値による種の判断は難しいと考えられた。

一方、既往知見では、既成品種の花粉充実率に同品種間でも差のある値が示されているものを確認した（表IV-2）。サクラ品種は種名や系統に混乱があり（III章）、DNA マーカーを用いた遺伝的組成の解析でも、品種によってはクローンではなく同品種で複数の系統、中には違う原種が含まれる系統が存在することが報告されている（Kato Shuri ら 2014）。花粉充実率は種や品種ごとに似た値を示す傾向があると考えられるが、分類に混乱の起きている品種の場合、異なる系統の存在が同品種間での花粉充実率の大きな差として示されている可能性もある。

### b. 花粉粒径

オオシマザクラおよびオオシマザクラ（早咲き性）では大小の花粉が確認され、花粉粒径曲線は頻度のピークが 2 つある二山型で示された。オオシマザクラは、既往研究（岩崎・神田 1988；岩崎 1990）の結果でも大粒が約 68%、小粒が約 33%の割合で存在し、花粉の大きさにばらつきのある種であることが示唆された。加えてカンヒザクラでも、本研究の結果と

既往知見の花粉粒径曲線は似た形（一山型）を示した。これらから、花粉充実率のみでは種の判別は難しいが、花粉粒径、特に花粉の大きさのばらつきをあわせて種間で比較することで、種の識別の一助となる可能性がある。

#### c. 花粉管発芽率

花粉管発芽率はオオシマザクラ 14%、ヤマザクラ、カンヒザクラ 7%、オオシマザクラ（早咲き性）1%を示した。これらからサクラでも種により花粉管発芽率に差があることが示唆された。麓（1954）は、サクラ亜属の果樹であるカラミザクラ（*P. pauciflora* Bunge 中国桜桃、この研究内では現在カラミザクラの別名として扱われるシナミザクラとは別のものとされており、現在シナミザクラの学名として一般的な *P. pseudo-cerasus* Lindl. は、シロバナカラミザクラ（白花中国桜桃）となっている）において、 $-1.2\sim 6^{\circ}\text{C}$ の室内において 35~39%の花粉管発芽率を示すことを報告している。また、スモモ亜属の果樹（ウメ、アンズ、スモモ、モモ）を対象とした品種の作出の研究では、花粉管発芽率は品種により 1%以下のものから 50%近いものまで差異があることが報告されている（村上ら 2012）。本研究の実験結果から、花粉管発芽率には種間差がみられている。しかし、後述するように保存期間や保存条件の影響を受けやすいとも考えられるため、種や品種の識別の判断に役立つためには、同時期に採取した個体を同条件で管理したものを比較する必要がある。

#### d. 花粉管発芽の寿命

花粉の保存期間により同個体でも花粉管発芽率は変化し、9ヶ月の長期保存では花粉管発芽率は 1/2~1/3 程度にまで低下した。八重垣ら（2002）のウメの品種では花粉管発芽率は年変動があるとし、Szymajda ら（2015）もスモモ亜属の果樹で花粉管発芽率の年変動について報告している。花粉の保存による生存率の低下に種間差があるかどうかは依然不明な点が多い。従って、花粉管発芽率は調査した段階で受精能力がどの程度あるかどうかを確認することには有効だが、種や品種だけでなく、保存期間、個体間による変動が大きいと考えられ、花粉管発芽率のみでは種や品種の識別は難しいと考えられた。

#### (3) 原種候補種の花粉充実率、花粉粒径、花粉管発芽率とその寿命の相互関係

本実験の結果から、原種候補種の花粉稔性の各項目間の相互関係を見た。花粉充実率、花粉粒径は同種の異なる個体間ではその差はみられなかったことから、これらは比較的安定した値を示すことが示唆された。また本実験で用いた4種間で、花粉充実率が最も低い値となったオオシマザクラは、比較的高い花粉管発芽率を示しており、花粉充実率が高いほど花粉管発芽率が高いとはいえなかった。その他の種の結果からも花粉充実率と花粉管発芽率には直接の相関はないものと考えられた。また花粉粒径と花粉管発芽率にも明確な相関はなかった。さらに花粉管発芽の寿命は、花粉充実率や花粉粒径に関係なく、いずれの種、個体も長期保存で発芽能力が徐々に失われていくことが示唆された。

表IV-2 原種候補種と既成品種の花粉稔性

種・品種	花粉充実率 (%)	花粉粒直径(μm)			本研究で得られた 知見(個体名)	既往知見	
		最大(大粒 <sup>1)</sup> )	最小(小粒 <sup>1)</sup> )	平均±標準偏差			
原種候補種	カンヒザクラ	97.6	48	33	43.5±2.50	海光力07	
		98.5	-	-	40.6±3.06	海光力08	
		93.5	-	-	42.2±3.47	函南力08	
		91.9	51	26	41.8±3.50	稲城力①07	
		98.5	-	-	-	世田谷力07	
		95.4	-	-	-	-	夏ら(1986)
		94	38	29	34.0±1.73	-	熱海市(2004)
	91	46	35	39.6±3.04	-	熱海市(2004)	
	98	49	38	43.2±2.35	-	熱海市(2004)	
	ヤマザクラ	98.3	-	-	41.5±2.76	用賀ヤ07	
	オオシマザクラ	79.3	51	26	38.2±6.30	用賀オ07	
		75.7	-	-	-	-	夏ら(1986)
	オオシマザクラ(早咲き性)	-	40-45	20-25	-	-	岩崎(1988;1990)
		89.1	-	-	37.4±5.03	早咲オ07	
	83.0	-	-	37.2±5.80	早咲オ08		
エドヒガン	90.6	-	-	-	-	夏ら(1986)	
キンキマメザクラ	97.0	-	-	-	-	夏ら(1986)	
既成品種	熱海早咲	19	52	35	45.3±2.49	-	熱海市(2004)
		79	44	23	34.0±3.36	-	熱海市(2004)
	大寒桜	92	42	25	35.8±3.31	-	熱海市(2004)
		98	42	28	36.3±3.38	-	熱海市(2004)
		98	46	29	38.2±4.84	-	熱海市(2004)
		98	46	29	38.2±4.84	-	熱海市(2004)
	オカメ	87	49	35	45.7±2.51	-	熱海市(2004)
		95	52	41	43.5±2.25	-	熱海市(2004)
		77	48	25	35.4±4.82	-	熱海市(2004)
	河津桜	26	63	21	35.9±7.13	-	熱海市(2004)
	寒咲大島	91.1	-	-	-	-	夏ら(1986)
		-	45-50	25-30	-	-	岩崎(1988;1990)
	寒桜	98	-	-	-	-	夏ら(1986)
		54	52	23	39.1±7.91	-	熱海市(2004)
		60	46	29	40.8±3.98	-	熱海市(2004)
		-	40-50	25-30	-	-	岩崎(1988)
	啓翁桜	40.9	-	-	-	-	夏ら(1986)
		-	45-50	25-30	-	-	岩崎(1988)
	修善寺寒桜	59	-	-	-	-	夏ら(1986)
		75	54	25	38.9±7.26	-	熱海市(2004)
	勝道彼岸	-	30-35	20-25	-	-	岩崎(1988)
	東海桜	-	30-35	15-20	-	-	岩崎(1988)
	蜂須賀桜	56	52	26	39.9±5.37	-	熱海市(2004)
	早咲大島	97.7	-	-	-	-	夏ら(1986)
	早咲八重大島	-	40-45	30-35	-	-	岩崎(1988)
	雛菊桜	-	35-40	25-30	-	-	岩崎(1988)
	明正寺	27.9	-	-	-	-	夏ら(1986)
	陽光	98	52	35	46.3±2.36	-	熱海市(2004)

<sup>1)</sup> 岩崎(1988;1990)の花粉粒径の測定は大粒と小粒で分けられているが、他の文献とあわせ、最大と最小の項に記載した

## 2. 結実

基準雑種を作出する交雑試験は、原種の一種をカンヒザクラとし、もう一方の原種としてヤマザクラ、オオシマザクラ、オオシマザクラ（早咲き性）を用い、これらの正逆6通りの組合せで行った。その結果、この6通り全ての組合せで結実が認められた。

また、結実率は原種の組合せにより差が認められ、高い順に♀オオシマザクラ（早咲き性）×♂カンヒザクラ 18.0%、♀オオシマザクラ×♂カンヒザクラ 5.7%、♀カンヒザクラ×♂オオシマザクラ（早咲き性） 5.1%、♀ヤマザクラ×♂カンヒザクラ 3.7%、♀カンヒザクラ×♂オオシマザクラ 2.6%、♀カンヒザクラ×♂ヤマザクラ 0.7%となった。このうち、カンヒザクラとオオシマザクラ（早咲き性）の組合せの交雑は雌雄の区別無くカンヒザクラとヤマザクラの組合せの交雑に比較し高い結実率を示した。

さらに、カンヒザクラを花粉親（♂）とした交雑はカンヒザクラを種子親（♀）とした交雑に比較し、高い結実率を示す傾向が見られ、カンヒザクラとオオシマザクラ（早咲き性）の組合せでは雌雄逆の交雑で結実率に差がみられた。

カンヒザクラの近縁種の交雑の知見を見ると、麓（1954）が交雑に用いたカラミザクラ（中国桜桃）は早咲きであることが示されているが、このカラミザクラと、エドヒガンとマメザクラの雑種と考えられている既成品種である‘小彼岸’（日本花の会 2002）の交雑試験では、受粉個体数は60花と少ないものの、‘小彼岸’を花粉親（♂）とした交雑で27.5%、40.0%の結実率が示されており、これはカラミザクラの放任区（袋がけを何もしない）、及び自家受粉区と比較して高い結実が示されている。また、観賞用のサクラ品種の作出では、Watanabe and Yoshikawa（1967）が、ヤマザクラ、オオシマザクラ、エドヒガンおよびその近縁種、‘染井吉野’を対象に交雑を行い、花粉親の種により結実率が異なることを報告している。

近年では鶴田ら（2012a）が‘染井吉野’の交雑親和性について、‘染井吉野’を種子親（♀）とした野生種のサクラとの交雑では、種によって異なる結実率を示し、特にオオシマザクラを花粉親（♂）とした場合には他種（マメザクラ、キンキマメザクラ、エドヒガン）と比較し高い結実率（35%）を示すことを報告している。このように、サクラの交雑は種の組合せにより差があることが示唆される。

また、サクラ属との近縁種を対象とした品種の作出の研究においても、結実には花粉親の種が影響することが示唆されている。スモモ亜属の果樹（ウメ、アンズ、スモモ、モモ）の種間交雑では、ウメとアンズはよく交雑するが、ヨーロッパ系アンズとウメは交雑親和性が低い（吉田ら 1975）。ニワウメ、ユスラウメと果樹の交雑では種子親とする種によって交雑親和性に違いが生じるとされる（片岡ら 1988）。さらに、これらの果樹では近縁種間において交雑親和性が高いことが示唆されている（吉田ら 1975；村上ら 2012）。

サクラでは、近縁とされるヤマザクラとオオシマザクラ間（Watanabe and Yoshikawa 1967；岩佐・伊丹 1962）や、‘染井吉野’とその原種の一つとされるオオシマザクラ間（Watanabe and Yoshikawa 1967；鶴田ら 2012a）には強い親和性があることが示されている。

る。一方で、‘染井吉野’ともう一つの原種であるとされるエドヒガン間の交雑では、オオシマザクラ間との交雑に比較し結実率が低いことが報告されている (Watanabe and Yoshikawa 1967 ; 鶴田ら 2012a)。また、比較的遠縁と考えられている‘小彼岸’ (エドヒガンとマメザクラの雑種と考えられている早咲きのサクラ品種 (日本花の会 2002)) とシナミザクラとの交雑や (岩佐・伊丹 1962) 、‘小彼岸’ とカラミザクラ (中国桜桃) との交雑 (麓 1954) において強い親和性があるという報告がある。このことから、サクラは遠近縁の関係と交雑和合性の有無の関係は少ないと考えられる。本研究で原種として交雑に使用したヤマザクラ、オオシマザクラ、オオシマザクラ (早咲き性) は近縁であると考えられたが、この3種間でもカンヒザクラとの結実率には差がある傾向がみられた。

またカンヒザクラとオオシマザクラ (早咲き性) の組合せでは雌雄逆の交雑によって結実率に差が示された。サクラでの雌雄逆の交雑で結実率に差が示されている例として、‘染井吉野’ とヤマザクラの交雑では、ヤマザクラが種子親 (♀) の場合の結実率が約 40 ~70% と極めて高いのに対し、‘染井吉野’ を種子親 (♀) とした場合には結実率は約 10% を示すとの報告がある (Watanabe and Yoshikawa 1967)。鈴木ら (2006) はオウトウ (*P. avium* L.) と‘染井吉野’ との種間雑種で雌雄逆の組合せでは結実率に差が認められ、花柱内での不和合機構の関与の可能性を指摘している。吉田ら (1975) によるスモモ亜属の果樹の種間交雑においても、ウメが種子親 (♀) でスモモが花粉親 (♂) の場合の交雑では結実しないが、スモモが種子親 (♀) でウメが花粉親 (♂) の場合の交雑では品種間の差異はあるものの結実することが示されている。カンヒザクラが花粉親 (♂) の交雑で種子発芽率が高くなった要因として、一側交雑性と呼ばれる機構による可能性も考えられる (鈴木 2006)。なお、本研究では自然環境下での受粉を想定し、既成品種の形成過程を種子繁殖の観点から検討しており、今回は胚培養等の検討は行っていない。サクラに近縁の果樹や他種の園芸品種では胚珠培養による雑種獲得も多数試みられており (Liu ら 2007 ; Arbeola ら 2003 (スモモ属果樹) ; 飯塚ら 2008 (*Spiraea*) ; 巢山ら 2008 (*Hydrangea*) ; 西本ら 2003 (*Camellia*))、サクラでも正常に発達しなかった胚は早期段階で培養を行うことで雑種が獲得できる可能性もあるため (鈴木ら 2006)、育種上の課題としては、受精前、受精後の両面から不和合現象がいつ起きるのかを確認し、交雑親和性の低い組合せでも胚珠培養により雑種の獲得が可能かどうかの検討を今後行うことも重要な意味を持つと考えられた。

### 3. 種子発芽

本研究では既成品種に類する個体を、前項 i 「既往知見及び生育地からみた早咲きのサクラ品種の原種の推定」で推定した原種の組合せによって交雑し、この作出過程である繁殖の各段階の諸問題を究明することを目的としている。

新品種の作出にあたっては、通常は作出結果後の形態の特徴が最重要課題となるため、作出の途中段階、特に種子発芽特性についての議論はあまりなされていない。また自然環境下における種子発芽生態の報告も少ない。本研究では種子の発芽能率を高め、より多くの基準雑種（実生苗）を得るためにいかなる発芽温度条件、光条件、水分条件が望ましいのかを探ることを目的としている。そのため本項（ii-3）では、作出過程で「基準雑種」および作出に用いる原種や既成品種の種子発芽特性を求めた。

#### (1) 原種候補種及び既成品種の発芽

サクラの種子発芽特性については定量的な知見が少なく、その発芽要因には不明点も多い。また一度出来た品種の大量増殖のためには普通無性繁殖を行うため種子発芽特性に関する知見が少ない。

一般に同属、同亜属内の種の種子発芽特性は同じ傾向を示す（中村 1985；鈴木 2006）ことから、まず基準雑種の原種として用いた原種候補種 4 種（カンヒザクラ、ヤマザクラ、オオシマザクラ、オオシマザクラ（早咲き性））の種子発芽特性を調べた。また代表的な早咲きのサクラ品種である既成品種の‘熱海桜’（‘寒桜’の一品種といわれる（大井・太田 1973；村田 1997））の種子発芽試験をあわせて行い、後述する「基準雑種」の種子発芽の基礎知見とした。

さらに前項 i より代表的既成品種はカンヒザクラ雑種であることが推定されたが、カンヒザクラを原種候補種として含まない既成品種ではエドヒガンを原種と推定されるものも確認されたため、エドヒガン、またその変種と考えられるシダレザクラについても種子発芽試験を試みた。

その結果得られた原種候補種と既成品種の種子発芽率は、高い順に、オオシマザクラ（早咲き性）100%、‘熱海桜’ 68%、オオシマザクラ 50%、ヤマザクラ 41%、カンヒザクラ 19% となった。オオシマザクラ（早咲き性）は全てが発芽し、オオシマザクラの種子発芽率と比較しても高い種子発芽率を示した。エドヒガンおよびシダレザクラは 7 個体の種子を供試したが、そのうち 1 個体（個体名：「大桜」）が 30%以上になった他は 10%以下の低い種子発芽率を示した。

北村・伊奈（1958）は 4 種のサクラの種子発芽率について、高い順に、ヤマザクラ、‘十二月桜’（*P. lannesiana* var. *speciosa* cv. ；サトザクラの一品種）、シダレザクラ、‘染井吉野’であったことを報告している。城田ら（2015）は、ウワミズザクラ（*P. grayana*）、カスミザクラ（*P. verecunda*）、エドヒガンを用いた種子発芽率の調査でエドヒガンの種子発芽率が 1.3%と極めて低い値を示したこと、自然条件下ではエドヒガン、カスミザクラは、ウワミズザクラに比較して種子発芽率が低くなることを示唆している。石井（2011a）はサ

クラ属数種の種子発芽率について異なる貯蔵(保存)条件、発芽温度等の検討を行っている。その中で、ヤマザクラ、オオシマザクラは比較的高い種子発芽率を示し、カンヒザクラや‘染井吉野’は比較的低い種子発芽率を示したことを報告している。本研究で調査したオオシマザクラ、ヤマザクラ、カンヒザクラの種子発芽率は、これらの研究結果と同じ傾向を示した。

石井(2011a; 2011b)はまた、ヤマザクラとオオシマザクラの種子発芽率では、発芽条件によってはこの2種は同程度か、ヤマザクラでより高い発芽率を示すことを報告している。これは、本研究のヤマザクラ、オオシマザクラの種子発芽率の結果とは一致しない部分もある。ヤマザクラ、オオシマザクラは従来から形態的個体差が大きいと指摘されている種でもあり(渡辺ら1964; 渡辺ら1966; 川崎1993)、また近年の遺伝的組成の研究では生育地によって遺伝的に異なる集団の存在が示されている(Tsudaら2009; Kato Shuriら2011)。このことから種子発芽率の種間差は発芽条件、個体差による影響を受けると考えられる。

また、本研究の結果では‘熱海桜’の種子発芽率が他種と比較しても高い値を示した。‘熱海桜’は遺伝的組成の解析の結果、カンヒザクラとヤマザクラの雑種であることが示されている(Ogawaら2012)。一般に、雑種の種子発芽率は低いといわれており、様々な種において原種よりも種子発芽率が低くなることが知られている(福原1978(*Chamaecyparis*); Fritzら2006(*Salix*); 谷ら2014(*Magnolia*))。北村・伊奈(1958)によると、‘染井吉野’(エドヒガンとオオシマザクラの雑種と推定(竹中1962; 竹中1965; Kanekoら1986; Innanら1995))の種子では採取直後の播種(地温 $11.0 \pm 1.6^{\circ}\text{C}$ )における種子発芽率は6%と低い値を示したという。

南伊豆地域の観光資源として利用を進められてきた‘河津桜’は、発見された静岡県河津町では良好な結実が確認されており(村田1997)、1975年頃に河津営林署で行われた植樹祭で来場者に配布された‘河津桜’の苗(約1,000本)は‘河津桜’そのもの(接木等のクローン苗)ではなく、‘河津桜’の実生苗である(末松・水戸2003)。このことから、‘河津桜’は、その結実種子において実生繁殖が難しい品種であることが予想される。この‘河津桜’は、カンヒザクラとオオシマザクラの雑種であり(Ogawaら2012; Kato Shuriら2014)、‘熱海桜’と同様にカンヒザクラ雑種であることが示されている既成品種である。後述する本研究で作出した基準雑種の種子発芽においても、50%を越える高い発芽率を示すものもあり、雑種を構成する種(原種)によっては高い種子発芽率を示す可能性がある。

## (2) 種子発芽条件

基準雑種の種子発芽条件(温度条件や光条件、保存時の水分条件)を決定するために、前述(1)「原種候補種及び既成品種の発芽」の種子発芽試験で最も発芽率が高く、また大量の結実を確認したオオシマザクラ(早咲き性)を用いて、より高い種子発芽率が期待できる条件の検討を行った。

発芽温度条件の検討では、オオシマザクラ(早咲き性)の種子を採取直後、 $5 \cdot 10 \cdot 15 \cdot 20 \cdot 25^{\circ}\text{C}$ に置床した。この結果、 $20^{\circ}\text{C}$ 以上( $20 \cdot 25 \cdot 30^{\circ}\text{C}$ )の恒温下では発芽せず、 $5 \cdot 10^{\circ}\text{C}$ の低温では80%を超える種子発芽率を示した。この時、種子の置床温度が低温となるほど

発芽までの日数が短くなった。サクラの種子発芽に関する既往研究のうち、種子発芽率が明記してあったものを表IV-3にまとめた。この表IV-3から、ヤマザクラやカンヒザクラでは温度が高くなるほど低発芽率となることが示唆される。石井(2011b)のサクラ属数種の種子発芽試験でも、種間差はあるものの、どの種においても5°Cの低温で最も発芽率は高くなり、10°C、15°C、20°Cの順に低下する傾向を報告している。本研究においてもこれらの研究結果と同じ傾向を示しており、サクラの種子発芽適温は低温(5・10°C)であると考えられた。

本研究ではまた、変温処理による種子発芽への影響を見た。このうち、種子採取後3ヶ月間20°Cの湿潤条件下に置く暖温処理を行い、処理後に5・10・15°Cへ置床した場合では、前述の採取直後の発芽試験と同様に低温ほど高い発芽率を示した。この時、10・15°Cへ置床した種子は、採取直後に10・15°Cへ置床した無処理の種子に比較し発芽までにかかる日数が短くなることが示された。この試験結果より、採取直後に発芽しなかった20°C以上に置床した種子は死亡したとは限らず発芽能力を保持している可能性が示されたため、この採取直後の発芽試験で発芽しなかった20・25・30°Cの暖温に置床していた種子を、置床より10ヵ月後の段階で10°Cの低温に移動し発芽を見た。この変温環境においた種子では、20・25°Cから10°Cに移動した場合に発芽が認められ、明条件でいずれも約95%の高い発芽率が示された。この時、30°Cから10°Cに移動した種子では発芽しなかった。この結果から20・25°Cの暖温条件下では10ヶ月間置かれた種子では発芽能力を保持しているが発芽が抑制された状態であり、30°Cになると暖温条件下であっても10ヶ月間置かれた場合では発芽能力を失うものと考えられた。また、20~25°Cに置くことによって、いわゆる二次休眠(不適環境によって起こされた休眠, 中山1966)に入ることも考えられた。

光条件が種子発芽に及ぼす影響については、明条件下に置床した場合、暗条件下に比較しやや高い発芽率が示される傾向が見られたものの有意差は認められなかった。特に採取直後に10°Cに置床した場合や、採取直後20°Cに10ヶ月間置床した後に10°Cへ移動した場合などの高発芽率を示す環境下では光の有無の影響は小さいことが示唆された。一般に発芽に不適な温度条件であるほど発芽に及ぼす光の影響が高まると考えられている(中村1985)。したがって、発芽温度条件が揃っている場合(低温時)では発芽に及ぼす光の影響はほとんどないものと考えられた。

種子を保存する際の水分条件では、種子含水率が6%まで低下した場合、全く発芽しなかった。この時、乾燥した種子(核果)の切断面は内果皮と胚の間に広い空隙がみられ、胚が萎縮しており発芽能力を持たないことが示された。また前述の試験結果から湿潤条件下では25°C以下で10ヶ月間発芽能力は失われず、保存後の発芽試験で高い種子発芽率が示された。また、低温条件下(5°C・3ヶ月)では、発芽能力は失われないものの採取直後(無処理)および暖温条件下(20°C・3ヶ月)に比較し種子発芽率は低い傾向が見られ、特に10°Cへ置床したものでは、無処理、暖温処理の約1/2の種子発芽率を示した。

北村・伊奈(1958)によれば、ヤマザクラ、‘染井吉野’、シダレザクラ、‘十二月桜’(P.



*lannesiana* var. *speciosa* cv.)、山中 (1975) によれば、カンヒザクラとマメザクラは、いずれも乾燥した場合に発芽しなかった報告がある。本研究の結果でも、6ヶ月間の暖温保存の際に乾燥条件下では発芽力を失うことが示された。したがって、サクラの種子の多くは乾燥条件下で発芽力を失うものと考えられた。またこれまでの知見では、多くのサクラの種子は低温湿層処理(貯蔵)によって発芽するとされている(山中 1974, 仲宗根・屋我 1970)。このことから、低温処理では高い種子発芽率が期待されたが、置床温度にもよるものの、本研究の結果では無処理と同程度かそれ以下の種子発芽率を示した。低温処理では、いくつかの種では処理(貯蔵)中に腐敗してしまう報告がある(崎尾 1998 (*Fraxinus*); 嬉野ら 2006 (*Acanthopanax*); 近藤 1993 (草本類: *Lotus*, *Hosta*))。石井 (2011a; 2011b) はサクラの種子について低温処理を行う場合、処理中に発芽してしまうことがあるため、より低温(0~3℃)での処理が適していることも報告している。本研究でも低温処理で発芽した個体は初期成育状態の悪いものが見られ(定性的判断)、これらから種子の低温処理(貯蔵)は保存時の腐敗や発芽を考慮して温度や期間を調整する必要がある、技術的難易度が高いことがうかがわれた。本研究の結果から、サクラの種子は10ヶ月程度の保存であれば、暖温湿条件下での保存で、より簡便かつ高い発芽率が期待できると考えられる。また、石井 (2011a) は、ヤマザクラの種子は種子含水率 13%前後では発芽力を失わないとし、また同程度の含水率の種子であっても高温(60℃以上)で乾燥した場合では発芽しなくなることを報告している。これら既往知見と本研究の結果より、種子の保存の際には乾燥条件、湿潤条件いずれも高温での保存は発芽能力が失われると考えられた。ただし、種子の乾燥の程度(含水率)、また種子が乾燥するまでの温度や時間によっては発芽能力を維持できる可能性もあり、今後人為的に実生繁殖を行う場合、またサクラ種子のより長期の保存を検討する際には種子の乾燥保存条件について詳細の調査が必要となる。

以上のことから自然環境下でのサクラの種子発芽を想定すると、まずサクラには落葉樹林に生育する種が多いことから種子もリターのある場所に多く散布されるものと考えられる。このリター下は湿っていることが多く、また関東地域においてリター下は夏季においても25℃以上になることが少ない。逆に冬季は0~5℃を維持し、0℃未満の温度にはなりにくい。なお、リターには光が透過しない(鈴木 2006)。したがって、自然環境下では6月に結実し、リター下の水分の多い地表面で夏季を超え、秋から冬にかけて15℃以下になると発芽すると考えられた。浜田ら(1988)によれば、伊豆大島ではオオシマザクラの苗木生産の際に5~6月に採取した種子を翌年2月末まで土中に埋め播種する方法がとられているという。これは露地において乾燥や高温を防止して保存し、低温下で発芽をさせる環境を設定していると考えられ、経験的に高い種子発芽率を得られる条件が作られているものと考えられた。

### (3) 作出した基準雑種の種子発芽率

これまでの(1)「原種候補種及び既成品種の発芽」の結果から、カンヒザクラ雑種の種子は実生繁殖が可能であり、他のサクラと比較しても良好な種子発芽が期待できる。また、(2)

「種子発芽条件」の結果から、サクラの種子は低温 (5・10℃) でよく発芽し、また暖温 (20・25℃) 条件から低温に移動させた場合、採取直後の播種と同等かそれ以上の種子発芽率となり、発芽までの日数はより短くなることが期待できる。さらに低温条件下の高い種子発芽率を示す環境では発芽に対する光の有無の影響は小さいこと、種子を保存する際には暖温条件下であっても約半年間の長期間で含水率 6%まで乾燥させた場合は発芽しないことが示された。これらの結果を踏まえ、前項 (i-2) で交雑し得た基準雑種 (種子) を発芽させた。

基準雑種の発芽では、♀オオシマザクラ (早咲き性) × ♂カンヒザクラ 83.2±1.1%、♀オオシマザクラ × ♂カンヒザクラ 49.4±47.1%、♀カンヒザクラ × ♂オオシマザクラ (早咲き性) 39.3±39.5%、♀ヤマザクラ × ♂カンヒザクラ 37.1±36.8%の順となり、♀カンヒザクラ × ♂オオシマザクラおよび♀カンヒザクラ × ♂ヤマザクラでは発芽しなかった。これは概ね結実率と同じ順序になり、またこの結果から、交雑した種の組合せ、また交雑した種の雌雄逆の組合せが、種子発芽率に影響を及ぼしていることが示唆された。結実段階でも、カンヒザクラとオオシマザクラ (早咲き性) では雌雄逆の交雑で結実率に差が示されたが、種子発芽段階では、カンヒザクラが種子親 (♀) の交雑では、対の種を限定せずカンヒザクラが花粉親 (♂) の交雑と比較し低い種子発芽率を示した。このことから、既成品種の作出では原種候補種の雌雄、つまり交雑の方向が繁殖のしやすさに関係すると考えられ、またその差が種子発芽段階でより明瞭になることが示唆された。

これまでの (1) 「原種候補種及び既成品種の発芽」の結果より、カンヒザクラ雑種ではある程度の種子発芽が得られると期待されたが、基準雑種の種子発芽率の結果ではカンヒザクラが種子親 (♀) の交雑で、花粉親 (♂) がヤマザクラ、オオシマザクラの場合発芽しなかった。そこで既成品種のうち、人工交配による作出品種で正逆交雑の記載が確認できたものから、カンヒザクラ雑種の交雑を表IV-4にまとめた。この、カンヒザクラを花粉親 (♂) とした作出では、角田春彦の作出した 12 品種、イングラムの作出した ‘オカメ’、古里和夫の作出した ‘古里桜’ (*P. pseudo-cerasus* × *P. campanulata* 別名: 雛桜)、白井勲の作出した ‘横浜緋桜’ の計 15 品種が確認された (角田 1976; 川崎 1993; 日本花の会 2002; Meyer and Lewandowski 1985; 白井 1985)。一方、カンヒザクラを種子親 (♀) とした作出では、高岡らの作出した ‘陽光’ (高岡 1981)、‘紅姫’ (‘陽光’と同様に♀カンヒザクラ × ♂ ‘天城吉野’ (♀オオシマザクラ × ♂エドヒガン) の交雑で作出された品種、高岡ら 1990) の計 2 品種を確認した。これらの既往知見から、カンヒザクラ雑種における人工交配品種では、カンヒザクラを花粉親 (♂) とした作出は比較的多いことが確認できる。これら既往知見からみたカンヒザクラ雑種の雌雄逆の交雑間の作出された品種数の差からも、雌雄逆の交雑が既成品種の繁殖のしやすさに関係する可能性がある。

また、この雌雄逆の交雑間の差の生じる時期については、いくつかの種間雑種では成熟種子形成段階において生じることが報告されている (谷ら 2014 (*Magnolia*); Kato Kら 2014 (*Acacia*))。サクラでは雌雄逆の交雑間の差の生じる時期について検討したものは無いが、鶴田ら (2012a) は ‘染井吉野’ を種子親 (♀) とした種間交雑で花粉親による親和性に違

いが見られるようになるのは結実段階であり、受粉後約 20 日後の胚の生存においてであることを報告している。本研究で行ったカンヒザクラを原種とする交雑では、結実段階ではどの組合せにおいても消失量が大きく、交雑間の差が結実段階では不明瞭となった可能性も考えられた。

以上のことから、基準雑種を作出する交雑ではカンヒザクラを花粉親 (♂) とした場合で実生苗は比較的得られやすいことが示唆され、また結実段階において交雑親和性の差が不明瞭だった交雑の組合せの差は、種子発芽段階までの経過を見ることが重要となる可能性がある。

表IV-3 原種候補種と既成品種の種子発芽特性

種・品種	前処理	置床温度	光条件	種子発芽率 (%)	本研究の結果	既往知見	
カンヒザクラ	1~1.5ヶ月間、屋外で土壌に埋めた後置床	5℃	明	19	○		
		7±1℃		80		仲宗根・屋我 (1970)	
	無処理	20℃	暗	0.2		仲宗根・屋我 (1970)	
		25~30℃ (室温)		0		仲宗根・屋我 (1970)	
ヤマザクラ	1~1.5ヶ月間、屋外で土壌に埋めた後置床	5℃	明	41	○		
	低温 (1~3℃) 湿潤条件に30日間おいた後に置床	室温	-	20		石井・小林 (1984)	
	低温 (1~3℃) 湿潤条件に40~90日間おいた後に置床	室温	-	41~48		石井・小林 (1984)	
	無処理	5℃	-	80		石井 (1986)	
		10℃	-	73		石井 (1986)	
		15℃	-	63		石井 (1986)	
		20℃	-	58		石井 (1986)	
		5℃	-	65		石井 (1986)	
		10℃	-	57		石井 (1986)	
	オオシマザクラ	1~1.5ヶ月間、屋外で土壌に埋めた後置床	5℃	明	50	○	
		低温 (1~3℃) 湿潤条件に60日間おいた後に置床	5℃	-	53		石井 (1986)
			10℃	-	63		石井 (1986)
15℃			-	73		石井 (1986)	
20℃			-	57		石井 (1986)	
無処理		5℃	-	43		石井 (1986)	
		10℃	-	0		石井 (1986)	
		15℃	-	0		石井 (1986)	
	20℃	-	0		石井 (1986)		
オオシマザクラ (早咲き性)	1~1.5ヶ月間、屋外で土壌に埋めた後置床	5℃	明	100	○		
		5℃	明	94	○		
	果肉除去後、直ちに恒温下に置床	10℃	明	88	○		
		15℃	明	42	○		
		暗	暗	17	○		
		20℃→10℃	明	95	○		
		暗	暗	88	○		
		25℃→10℃	明	97	○		
	直ちに恒温下に置床後、10ヶ月間発芽が見られなかったため、10ヵ月後に10℃明条件下に移動 (置床温度は移動前→移動後)	暗	暗	65	○		
		30℃→10℃	明	0	○		
	低温 (5℃) 湿潤条件に3ヵ月おいた後に置床	暗	暗	0	○		
		10℃	明	45	○		
	暖温 (20℃) 湿潤条件に3ヵ月おいた後に置床	15℃	明	40	○		
		5℃		100	○		
	1.5ヶ月間、屋外で土壌に埋めた後、6ヶ月間室内で風乾し置床	10℃	明	92	○		
		15℃		80	○		
		5℃		0	○		
	ジベレリン処理	10℃	明	0	○		
		20℃	暗	0	○		
	傷付け処理	20℃	明	0	○		
		20℃	暗	0	○		
	ジベレリン処理と傷つけ処理の併用	20℃	明	0	○		
20℃		暗	0	○			

表IV-4 既成品種のうち人工交配にカンヒザクラを使用して作出されたもの

品種名(別名)	(作者)	種子親(♀)	花粉親(♂)
赤伊豆	角田春彦	大寒桜	カンヒザクラ
赤真珠	角田春彦	オオシマザクラ (早咲)	カンヒザクラ
赤富士	角田春彦	マメザクラ	カンヒザクラ
赤弥生	角田春彦	寒桜	カンヒザクラ
熱海彼岸	角田春彦	染井吉野	カンヒザクラ
熱海緋桜	角田春彦	大寒桜	カンヒザクラ
伊豆多賀赤	角田春彦	染井吉野	カンヒザクラ
オカメ	イングラム	マメザクラ	カンヒザクラ
お房桜	角田春彦	大寒桜	カンヒザクラ
白伊豆	角田春彦	オオシマザクラ (早咲)	カンヒザクラ
天人富士	角田春彦	マメザクラ	カンヒザクラ
姫の沢	角田春彦	白雪	カンヒザクラ
古里桜 (雛桜)	古里和夫	シナミザクラ	カンヒザクラ
平七桜	角田春彦	大寒桜	カンヒザクラ
紅姫	高岡照海ら	カンヒザクラ	天城吉野
陽光	高岡正明	カンヒザクラ	天城吉野
横浜緋桜	白井勲	兼六園熊谷	カンヒザクラ

### iii. 形態と遺伝的組成による基準雑種の検証及び早咲きのサクラ品種の原種の推定

前項 ii 「基準雑種の作出過程にみる受粉から生長までの特性」で交雑を行った基準雑種を指標として、原種候補種及び既成品種と比較し、その位置付けを明らかにすることを目的に、形態と遺伝的組成の検証を行った。形態の検証では基準雑種の形態的特徴を確認し、原種候補種及び既成品種と比較を行う中で、種間や品種間の比較を行う際に有効となる形質の検討も行った。遺伝的組成の解析では、まず作出した基準雑種が目的とする原種間の交雑で得られたかを確認した。

## 1. 原種候補種と既成品種、基準雑種の形態の検証

本研究で作出した基準雑種と原種候補種及び既成品種の形態を比較するため、まず基準雑種の種子と葉の形態を確認した。原種候補種及び既成品種では、種子と葉の形態に関する既往知見をまとめ、既往知見の無い原種候補種では新たに形態を調査した。また、サクラ品種の分類では花の形態が重要な要素となっているため（川崎 1993）、将来的に基準雑種が開花した際には花の形態についても比較が必要になると考えられる。そこで、花の形態についても原種候補種と既成品種の既往知見をまとめ、花の形態による分類で議論のあるカンヒザクラおよびその近縁とされる‘琉球寒緋桜’については生育地で花を採取し形態を調べた。これらの結果から、種間や品種間の比較を行う際に有効、無効となる形質や、その要因について考察した。

### (1) 種子の形態

基準雑種の種子の形態は、カンヒザクラを種子親(♀)とした場合、カンヒザクラを花粉親(♂)とした場合に比較して長径および短径にばらつきが少なく、種子は細長い形状を示す傾向が見られた。また、種子親(♀)の種の違いによって種子の大きさが異なる傾向が見られ、特にヤマザクラが種子親(♀)である個体は、他種を種子親(♀)とした個体に比較し大きさは小さくなった。この結果から、基準雑種の種子形態では、交雑した種の正逆間の差が種子の形態に影響を及ぼしており、さらに交雑する種の組合せによっても種子の形が変化することが示唆された。

基準雑種と原種候補種および既成品種の種子の形態を比較するため、既往知見より対照とする種・品種の種子の形態をまとめた(表IV-5)。基準雑種の計測結果に、既往知見と計測から得た、基準雑種を作出する交雑に用いた原種候補種4種(カンヒザクラ、ヤマザクラ、オオシマザクラ、オオシマザクラ(早咲き性))の種子の長径と短径の値を追加したものを図IV-4に示す。この結果、種子の大きさ(形)は、基準雑種個体では種子親(♀)に用いた種と近い位置づけとなっていた。また、オオシマザクラ(早咲き性)とカンヒザクラの種子は、似た大きさ(形)となった。

さらに、基準雑種の種子の長径と短径の計測結果に、カンヒザクラが原種と推定される既成品種の計測値を既往知見から引用し追加した(図IV-5)。ここで扱った既成品種の‘陽光’はカンヒザクラを種子親(♀)とし‘天城吉野’(♀オオシマザクラ×♂エドヒガン、竹中要が作出(日本花の会 2002))を花粉親(♂)として人為的に作出された品種である(高岡 1981)。また、‘琉球寒緋桜’はカンヒザクラ系統とされるが、カンヒザクラの変異の一つとする説(川崎 1993)とカンヒザクラと他種の雑種である説(林 1980)がある。‘寒桜’はカンヒザクラとヤマザクラの雑種、‘河津桜’と‘修善寺寒桜’はカンヒザクラとオオシマザクラの雑種であることが近年の遺伝的組成の分析の結果から示されているが(Ogawaら 2012; Kato Shuriら 2014)、種子親、花粉親の種までは解明されていない。

これら既成品種の種子で、人工交配のため種子親(♀)がカンヒザクラであることが判明している‘陽光’では、基準雑種のカンヒザクラが種子親(♀)の個体と似た大きさ(形)

であることが示されており、種子の大きさ（形）は原種推定に有効な形質の可能性はある。また、‘河津桜’、‘修善寺寒桜’、‘寒桜’は基準雑種のカンヒザクラが花粉親（♂）の個体と似た大きさ（形）であることが示され、‘琉球寒緋桜’は基準雑種のカンヒザクラが種子親（♀）と花粉親（♂）の中間に近い位置に示されており、それぞれ推定される原種との関係が得られた。種子は、種や品種によって遺伝的に定まった形と大きさを持っているとされている（鈴木 2003）。これらの基準雑種と原種および既成品種を比較した結果から、カンヒザクラの交雑によりできた個体は種子親（♀）によって種子の大きさ（形）が異なっており、このことが種や品種の識別、既成品種の原因推定の一助となる可能性が示唆された。今後、人工交配で作出された品種を含めた既成品種の種子形態の検証を行うことで、品種の原因推定への有効性を確認する必要がある。

## (2) 葉の形態

基準雑種の葉の形態は、後述する生存率が低いこともあり、♀カンヒザクラ×♂オオシマザクラ（早咲き性）、♀ヤマザクラ×♂カンヒザクラ、♀オオシマザクラ（早咲き性）×♂カンヒザクラの3つの組合せによりできた個体でのみの調査となった。葉の長径短径比は、個体による差が大きく、これらの種の組合せによる差は認められなかった。

大場ら（2007）は、サクラの葉の形態は種を識別する際には役立つものの、葉の形は一般的に花卉などと比較し変異が大きい傾向があるとしている。また、末松・水戸（2003）は、‘河津桜’の実生と思われる個体のなかには、花の色や形（開き方）がカンヒザクラおよびオオシマザクラに類似した、異なる形質を持つ個体が認められたが、これらは葉の形質では‘河津桜’と差がみられないと報告している。本研究で扱った基準雑種は、一方の原種が同じカンヒザクラであり、もう一方の原種3種は近縁と考えられる種を用いて交雑した。その結果、作出された個体はそれぞれ近縁であり、葉の形態では種の組合せによる差は明らかにならなかったと考えられた。

## (3) 花の形態

既往知見より原種候補種および既成品種の花の形態をまとめた（表IV-6）。しかしこれらは定量的に明示されておらず、大まかな種の傾向は示されたものの、種間、品種間の明確な差は確認できなかった。本研究で生育地を調査し採取した花の形態を調べたカンヒザクラ、‘琉球寒緋桜’とまたそれらのどちらとも区別できない‘中間型’個体では、台湾に生育するこれら3つの花の形態（花卉の大きさ）に差がみられた。また、沖縄と台湾のカンヒザクラの花の形態（花卉の大きさ）に明確な差はみられなかった。ただし、沖縄のカンヒザクラは花卉の大きさにばらつきがみられ、台湾のカンヒザクラに比較し個体変異が大きいことが示唆された。

これらから、近縁種であっても花卉の大きさは比較を行う際に有効となる形質であることが示唆された。また、小林（日本花の会 1986）は、沖縄に栽培されているカンヒザクラでは台湾系のカンヒザクラとは違いがあり、変異が著しいことを報告している。このことは、沖縄に生育する個体で花の形態に変化が大きかった本研究の結果を支持し、同じ種でも生



育地によって花卉の大きさのばらつきに差が生じることが示唆された。

表IV-5 原種候補種と既成品種の種子形態（既往知見より引用）

	種・品種	種子			引用	
		長さ(mm)	幅(mm)	厚さ(mm)		
原種候補種	カンヒザクラ	9.5±0.6	7.0±0.4	5.7±0.3	中山ら (2000)	
		8.2	6.4		石井 (2009)	
	ヤマザクラ	6.5	4.7	3.8	北村・伊奈 (1958)	
		6.4±0.3	5.5±0.2	4.4±0.1	中山ら (2000)	
	オオシマザクラ	5.9	6.1		石井 (2009)	
		7.2±0.2	5.8±0.2	5.0±0.1	中山ら (2000)	
	オオシマザクラ (早咲き性)	7.3	5.9		石井 (2009)	
		8.40±0.49	6.98±0.46	5.58±0.36	本研究 (III章iii-1)	
	エドヒガン	6.6	5.5		石井 (2009)	
		6.50±0.49	5.52±0.34	4.60±0.28	城田ら (2015)	
	シダレザクラ <sup>1)</sup>	6.5	5.1		石井 (2009)	
		6.7	5.1	3.8	北村・伊奈 (1958)	
既成品種 <sup>2)</sup>	マメザクラ	5.6	3.8		石井 (2009)	
	◎ 河津桜	8.4	7.2		石井 (2009)	
	◎ 寒桜	6.7	6.3		石井 (2009)	
	◎ 修善寺寒桜	8.5	7.3		石井 (2009)	
	○ 陽光	8.7	6.2		石井 (2009)	
	○ 琉球緋桜 (琉球寒緋桜)	9.2	7.3		石井 (2009)	
	ウミネコ	5.5	4.8		石井 (2009)	
	小彼岸	7.5	5.1		石井 (2009)	
	紅枝垂	6.7	5.1		石井 (2009)	
	交配結果 <sup>3)</sup>	♀中国桜桃 ( <i>P. pauciflora</i> Bunge) × ♂小彼岸	9.16±0.39	7.16±0.58	5.39±0.33	麓 (1954)

1) シダレザクラは品種に分類される場合もあるが、ここではエドヒガンの変異型として原種候補種として扱った。

2) カンヒザクラが原種と予測されている既成品種のうち、本研究の基準雑種と同じ種の組合せ（ヤマザクラまたはオオシマザクラとの交配）と考えられているものを◎印で示し、それ以外の品種（カンヒザクラが原種の一部に含まれると予測される品種を）○印で示した。印のないものはカンヒザクラではない原種からできたと予測される既成品種。

3) 開花が確認されていないものであっても、原種が早咲きの場合は対象に含めた。



表IV-6 原種候補種と既成品種の花弁の形態（日本花の会 1981 より引用）

	品種名(別名)	花弁幅		花弁長	
		分類	cm	分類	cm
原種候補種	カンヒザクラ	中	0.9~1.1	短	1~1.3
	カンヒザクラ	中	0.8~1.1	短	1~1.3
	ヤマザクラ	中	1.1~1.4	中	1.5~2.0
	オオシマザクラ	中	1.5~2.1	中	2.1~2.5
	エドヒガン	狭	0.7~1.1	短	0.9~1.5
	(シダレザクラ)	狭	0.7~0.8	短	1.1~1.2
	マメザクラ	狭	0.6~0.8	短	0.9~1.2
	マメザクラ	狭	0.6~0.9	短	0.7~1.2
	キンキマメザクラ	狭	0.7~0.9	短	0.8~1.0
既成品種 <sup>1)</sup>	◎ 寒桜	中	0.8~1.2	中	1.2~1.5
	○ 大寒桜	中	1.0~1.2	短	1.0~1.4
	○ 大寒桜	中	0.7~1.2	短	1.0~1.4
	○ オカメ	狭	0.6~0.9	短	1.0~1.4
	○ クルサル	中	0.7~1.0	短	0.9~1.2
	○ 啓翁桜	中	0.8~0.9	中	0.8~1.3
	○ 椿寒桜	中	1.1~1.2	短	1.2~1.3
	アメリカ	中	1.4~2.0	中	1.3~2.1
	ウミネコ	広	1.4~1.6	中	1.4~1.6
	小彼岸桜	狭	0.9~1.1	短	1.0~1.3
	勝道桜	中	1.3~2.0	中	1.6~2.0
	勝道彼岸	中	1.0~1.3	中	1.4~1.8
	八重紅彼岸	狭	0.8~0.9	短	1.1~1.4

1) カンヒザクラが原種と予測されている既成品種のうち、本研究の基準雑種と同じ種の組合せ（ヤマザクラまたはオオシマザクラとの交配）と考えられているものを◎印で示し、それ以外の品種（カンヒザクラが原種の一部に含まれると予測される品種を）○印で示した。印のないものはカンヒザクラではない原種からできたと予測される既成品種。

## 2. AFLP 分析による基準雑種の検証

従来、サクラ品種の分類は花の形態が重要な要素となっているが（川崎 1993）、近年では DNA マーカーによる野生種及び品種間の遺伝的關係に関する研究が進んできており、これらの分析手法を用いれば開花を待たずに高い確率で原種の推定を行うことも可能となってきた。これらの手法を用い遺伝的關係の解析が試みられている品種について、分析に用いた具体的な方法、推定された原種の情報の知見をまとめ、まず先行研究の概要を把握した。そこから、本研究では先行研究よりサクラの種や品種間の差異を明らかに示すことが可能であると考えられた AFLP 法を用いて基準雑種の遺伝的組成の検証を試みた。本項（iii-2）では、本研究で交雑して出来た基準雑種の遺伝的組成を確認し、基準雑種が目的とする原種間の交雑で得られているかどうか検証した。

### (1) 原種候補種と既成品種の DNA マーカーを用いた遺伝解析の既往知見

DNA マーカーを用いて遺伝的組成の解析がなされている既往品種は 32 品種が確認できた（表IV-7）。これらの遺伝的關係の解析結果は、大部分では形態から推定された原種候補種と対応していたが、これらのうち、複数の系統（異なる親種の組合せ）が一つの品種として扱われていたことが確認された品種は 3 品種あり、形態から分類された従来の見解とは異なる種から構成されていた品種も複数品種、あるいは系統で確認された。既成品種の構成に関わる種（原種候補種）としては、ここでもカンヒザクラとオオシマザクラが多かったが、現時点では他種と明確に識別することが難しいマメザクラ等を含んだ野生種も既成品種の原種候補種として示唆されていた。

### (2) 基準雑種の遺伝的組成の検証

基準雑種と、基準雑種の交雑に用いた原種 4 種（カンヒザクラ、ヤマザクラ、オオシマザクラ、オオシマザクラ（早咲き性））を用いて AFLP 分析を行った。本研究の結果、原種として交雑に用いた種は、3 つの集団として示され、ヤマザクラ、オオシマザクラ、カンヒザクラに分かれた。オオシマザクラ（早咲き性）はカンヒザクラとオオシマザクラの雑種である可能性が示された。また基準雑種は、♀ヤマザクラ×♂カンヒザクラの交配個体はカンヒザクラとヤマザクラの雑種であること、♀オオシマザクラ×♂カンヒザクラの交配個体はカンヒザクラとオオシマザクラの雑種であることが示された。この結果から、基準雑種は目的とする原種間の交雑で得られていたことが確認できた。一方で、オオシマザクラ（早咲き性）はオオシマザクラの変異型ではなく、オオシマザクラとカンヒザクラの雑種であることが示された。

オオシマザクラとオオシマザクラ（早咲き性）は、葉や花、樹皮などの外部形態において定性的判断として明らかな差異は認められず、開花期のみが異なるとしていた。しかし、本研究のこれまでの結果から、花粉充実率や花粉粒径では 2 種間で似た傾向が示されたものの、花粉管発芽率、種子発芽特性、カンヒザクラと交雑させ結実した基準雑種の種子発芽率、種子形態において 2 種間で異なった。AFLP 分析の結果より、これらオオシマザ

クラとオオシマザクラ（早咲き性）の特性の様々な違いは、遺伝的な違いによって起きていたことが示唆された。

表IV-7 既成品種のDNAマーカーを用いた遺伝的解析の知見

品種名	カンヒザクラ	シナミザクラ	エドヒガン	ヤマザクラ	オオヤマザクラ	その他野生種	品種	不明	形態等(表-1)の知見との比較	文献
熱海桜	○			○						iv
アメリカ			○	○					異なる	v
伊豆土肥	○				○					iii
伊東桜					○				○(カンヒザクラ系か?)	iii
ウミネコ						◆マメザクラ系				ii
大寒桜	○			(○)	(○)	○*2				v
オカメ	◆					○*2				ii
河津桜	○					○				iii、iv、v
河津正月							○河津桜※♀	○		iii
寒咲大島						○				v
寒桜*1	◆			○						ii
	○		○							v
	○		○		(○)				異なる	ii
クルサル	◆						○タカネザクラ			v
	○									ii
小彼岸桜*1			◆							v
			○			○*2				異なる
			○	○						iii、v
修善寺寒桜	○				○					v
勝道桜			○		○	○*2			異なる	i
昭和桜					◆					v
			○		○					v
多賀紅	○	○								v
椿寒桜	○	○								v
東海桜		○				○*2				v
早咲大島					○				異なる	v
彼岸台桜			○			○*2				v
雛菊桜				(○)		○*2				v
古里桜	○	○								v
緑近畿豆桜*1						○*2				v
						○*2、○チョウジザクラ、(○オオヤマザクラ)				iii
湊桜		○※♀						○(2倍体種)※♂		v
明正寺		○			○					v
弥生桜	○	○							異なる	v
琉球寒緋桜						◆			異なる	i
	○									v
横浜緋桜	○			(○)	(○)	(○タカネザクラ)				v
八重寒緋桜	◆									i
八重紅彼岸			○			○*2				v
陽光	○		(○)		○					v

◆系統 ○種

文献と方法：i 温、張2005 (RAPD)、ii Maら2009 (SSR)、iii 太田ら2011 (SSR、葉緑体DNA)、iv Ogawaら2012 (AFLP)、v Katoら2014 (SSR) ※K=11の時の結果を参照、遺伝的組成の割合が20%以下のものは( )で示す

\*1：複数系統が確認された品種 \*2：マメザクラまたはオクチョウジザクラのクラスターに分類

### 3. AFLP 分析による早咲きのサクラ品種の原種の推定

AFLP 分析を用いて既成品種 14 品種の遺伝的組成の検証を行った結果、既成品種の原因の推定をすることができた。また、本研究の結果から、日本・中国・台湾のカンヒザクラ地域集団は、それぞれで遺伝的組成が異なることが示され、このような遺伝的組成の違いは、既成品種の遺伝的組成の違いとしても示された。すなわち、日本で採取した既成品種は、その大半が日本のカンヒザクラに由来しており、台湾で採取した既成品種は、その大半が台湾のカンヒザクラに由来していることが示唆された。このことから、カンヒザクラを原種とする既成品種は、原種の地域系統の違いによっても遺伝的に多様となることが示唆された。既成品種には雑種起源と原種の変異起源の存在が示唆され、大きく以下の 4 つのタイプに整理ができた。

#### (1) カンヒザクラとオオシマザクラの雑種

本研究で使用した既成品種のうち、‘伊豆多賀赤’、‘大漁桜’、‘修善寺紅寒桜’、‘赤真珠’、‘伊豆多賀白’ は、カンヒザクラとオオシマザクラの雑種と考えられた。また、カンヒザクラの地域集団に着目すると、これらすべての品種は日本のカンヒザクラに由来することが示された。

‘伊豆多賀赤’ についてはカンヒザクラとオオシマザクラの雑種とする説があり（川崎 1993）、これを裏付ける結果となった。‘大漁桜’ は早咲きのオオシマザクラに‘寒桜’の花粉が自然に交雑し得られた品種ではないかとする説がある（角田 1976）。この‘寒桜’は、カンヒザクラとヤマザクラの雑種とされ（Kato Shuri ら 2014; Ogawa ら 2012）、本研究結果とも一致する。しかし‘大漁桜’において、STRUCTURE 解析の結果からは、‘寒桜’とオオシマザクラの雑種ではなく、カンヒザクラとオオシマザクラの雑種である可能性が高い。

‘修善寺紅寒桜’は‘修善寺寒桜’の別名とされ、カンヒザクラとオオシマザクラの雑種とする説がある（遺伝学普及会 2006）。また、Kato Shuri ら（2014）の SSR 分析の結果でも、カンヒザクラとオオシマザクラの雑種であるとされており、本研究においてもこれを支持する結果となった。‘赤真珠’は早咲きのオオシマザクラとカンヒザクラの自然交雑によってできたと考えられている（角田 1976）。今回の分析からはオオシマザクラに早咲きの特性があるかは判断できないが、カンヒザクラとオオシマザクラの雑種であることが示唆された。‘伊豆多賀白’については今回の AFLP 分析によりカンヒザクラ由来の品種である可能性が推察された。しかし、‘伊豆多賀白’を含めたいくつかの既成品種は、花の色などの形態的な特徴ではその作出にカンヒザクラが関与したかどうかは不明である。これらの中には中国原産のシナミザクラが原種と考えられているものもあることから（Kato Shuri ら 2014）、シナミザクラを含めた今後の検討が必要である。

#### (2) カンヒザクラとヤマザクラの雑種

‘寒桜’、‘土肥桜’、‘大寒桜’、‘姫の沢’はカンヒザクラとヤマザクラの雑種と考えられた。これらのうち、‘姫の沢’を除いた 3 品種はいずれも日本のカンヒザクラとの雑種であることが示唆された。‘寒桜’については、Ogawa ら（2012）と Kato Shuri ら（2014）も同



様の結果を得ている。‘土肥桜’は、静岡県伊豆市土肥地区で早く咲くサクラで、紅白2タイプの花があるが、紅色の花のみが‘伊豆土肥’として品種登録された(山田・勝呂 2007)。本研究では白花の‘土肥桜’を解析し、これは、カンヒザクラとヤマザクラからなる雑種と考えられた。一方、紅花の‘伊豆土肥’は、太田ら(2011)の核および葉緑体DNA解析によってオオシマザクラとカンヒザクラが作出に関与したと推定されている。このことから、‘土肥桜’の紅白の2タイプは遺伝的に異なることが示唆された。‘大寒桜’は花の形態からカンヒザクラとオオシマザクラの雑種とする説がある(川崎 1993)。また Kato Shuri ら(2014)は、カンヒザクラとオオシマザクラ、ヤマザクラからなる雑種であるとしている。今回の結果はこれらとは異なるものであり、更なる検討が必要である。‘姫の沢’は、日本で採取したものであるが、台湾のカンヒザクラとヤマザクラとの雑種であることが示唆された。角田(1976)は‘姫の沢’はカンヒザクラと‘白雪’というオオシマザクラ系のサトザクラとの人工交配によって作出されたと述べている。しかし、今回の分析結果では、‘姫の沢’の遺伝的組成にオオシマザクラの存在はほとんど認められなかった。Kato Shuri ら(2014)の分析では、‘白雪’はオオシマザクラ系統の雑種であり、他に何種かの野生のサクラが関係する複雑な品種であることが示唆されている。今回、原種候補として扱ったのは、カンヒザクラ、オオシマザクラ、ヤマザクラの3種のみであり、今後、他の原種候補を含めた検討が必要である。

### (3) 原種の種内変異個体

‘八重寒緋桜’、‘早咲大島’、‘早咲八重大島’は原種の種内変異個体と考えられた。これらは形態や開花期に原種と明確な違いがみられるが(遺伝学普及会 2006; 日本花の会 2002)、AFLP 分析では原種と同じクラスターに区分された。Kato Shuri ら(2014)のSSR分析でも、‘早咲大島’はオオシマザクラの変異個体であることが示されている。以上の結果は、既成品種の中には、カンヒザクラとの雑種起源の品種と、原種の突然変異起源の品種が存在することを示唆している。

### (4) 複数の遺伝的組成を示した品種

本研究の結果より、多くの‘河津桜’および、‘琉球寒緋桜’の半数では、カンヒザクラとオオシマザクラの雑種であることが示唆されたが、一部は異なる系統を示した。

‘河津桜’はカンヒザクラとオオシマザクラの雑種であり、単一クローンからなる品種とされている(Kato Shuri ら 2014; Ogawa ら 2012)。しかし、今回‘河津桜’として分析したサンプルの中にはオオシマザクラと同様の遺伝的組成を示すものが見られた。前述(iii項)のように、葉の形態では近縁の雑種の識別は難しいことが示唆され、また川崎(1993)はオオシマザクラの種の特徴として形態や開花期に個体差が大きいことをあげている。さらに、石井ら(2007)は形態調査から、‘河津桜’の生育している河津町を含む南伊豆地域には少なくとも300を超えるサクラの変異系統が認められるとしている。また、末松・水戸(2003)は、1975年ごろ河津町で行われた植樹祭の際に‘河津桜’として‘河津桜’の実生苗が配布されたことを報告しており、‘河津桜’は普通品種の増殖で行われる無性繁殖での増殖だけ

でなく有性繁殖による増殖が行われ、名称等区別することなく扱われていたことになる。これらのことから、オオシマザクラあるいはオオシマザクラを原種とする個体には、形態的特徴からは種や品種の識別が難しいものが多数存在していること、また‘河津桜’の中にも様々な遺伝的組成を持つものが存在していることが考えられた。

‘琉球寒緋桜’とされたサンプルの中にも遺伝的組成が異なるものが認められ、カンヒザクラとオオシマザクラの雑種、カンヒザクラとヤマザクラの雑種、カンヒザクラの変異個体のそれぞれがあることが示唆された。カンヒザクラと‘琉球寒緋桜’はともに形態的特徴の変異が大きい(川崎(日本花の会 1986);小林(日本花の会 1986);Zhang 2008)。そのためこれら両系統の分類学的な関係についての解釈が困難なものになっている。久保田(本田・林 1974)はカンヒザクラの別名の一つに「リュウキュウヒザクラ」を挙げているが、これは‘琉球寒緋桜’を指すものと推測される。また、川崎(1993)は、カンヒザクラは個体差が大きく、‘琉球寒緋桜’という品種を特に設けて区別する必要があるか疑問であるとしている。一方、林(1980)は、‘琉球寒緋桜’についてカンヒザクラと他のサクラとの雑種ではないかと指摘している。本研究の結果より、‘琉球寒緋桜’には、カンヒザクラと遺伝的に類似したものと、カンヒザクラと他のサクラとの雑種個体の両方が含まれていることが示唆された。このように‘琉球寒緋桜’の遺伝的組成が多様なことが、‘琉球寒緋桜’とカンヒザクラとの分類学的関係の解釈を困難にしている原因の一つであると考えられる。

#### iv. 作出交雑種（基準雑種）の出来る確率

##### 1. 生存率と残存率

本研究で作出した基準雑種は、種子発芽後も継続して生長を観察し、発芽後4年現在の生存率（交配し結実した果実数(種子数) [B] に対する、種子発芽後4年現在生存している個体数 [X] の割合  $[B/X*100(\%)]$ ）を求めた。その結果、基準雑種は、カンヒザクラを種子親（♀）に用い交雑した個体のうち発芽後4年目で生存している個体はオオシマザクラ（早咲き性）を花粉親（♂）として使用した個体のみとなった。カンヒザクラを花粉親（♂）に用い交雑した個体では、ヤマザクラ、オオシマザクラを種子親（♀）として使用した個体と比べてオオシマザクラ（早咲き性）を種子親（♀）とした個体の生存率は高くなった。そのカンヒザクラを花粉親（♂）とした交雑で、発芽後4年目の生存率は、種子親（♀）がヤマザクラの場合1.5%、オオシマザクラの場合7.7%、オオシマザクラ（早咲き性）の場合22.8%となった。

残存率（基準雑種の作出のために授粉を行った花の数 [A] に対して、結実、種子発芽を経て、種子発芽後4年現在生存（残存）している個体数 [X] の割合をいう  $[A/X*100(\%)]$ ）は、カンヒザクラを花粉親（♂）に用い交雑した個体で種子親（♀）がヤマザクラの場合0.2%、オオシマザクラの場合0.8%、オオシマザクラ（早咲き性）の場合3.2%となった。

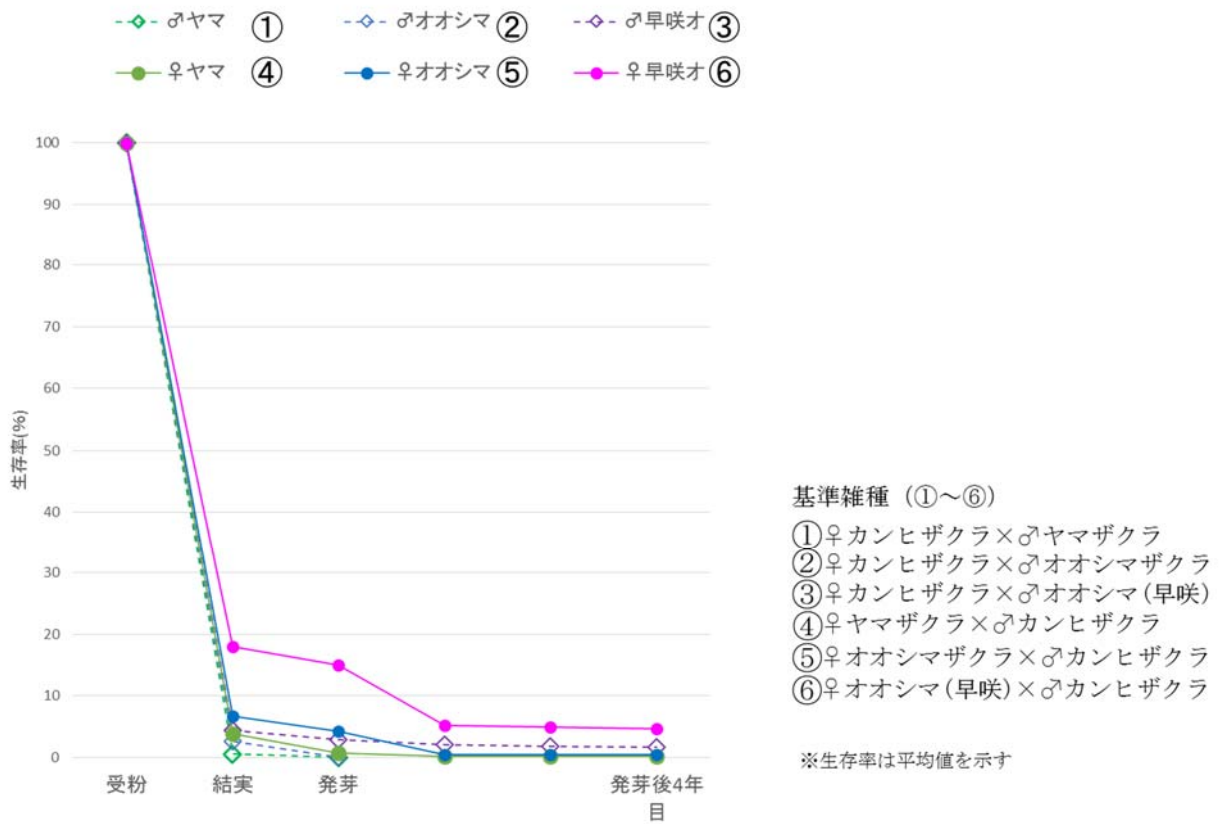
##### 2. 生存率、残存率に及ぼす受粉から種子発芽までの影響

図IV-6に基準雑種の作出過程の受粉、結実、発芽、生長（発芽後4年）の各段階の生存率について、交雑した組合せごとに示す。この結果より、基準雑種は受粉の段階でいずれの交雑組合せにおいても8割以上が失われ、その後は急激に大幅な消失はなく、ゆるやかに失われていることが示された。

##### 3. 生存率からみる既成品種数の検討

前項iii「形態と遺伝的組成による基準雑種の検証及び早咲きのサクラ品種の原種の推定」より、オオシマザクラ（早咲き性）はカンヒザクラとオオシマザクラの雑種であることが示唆されたことから、本研究で作出した基準雑種は、種の組合せでは生存率の高い順に、カンヒザクラとオオシマザクラの雑種とカンヒザクラの交雑個体、オオシマザクラとカンヒザクラの交雑個体、ヤマザクラとカンヒザクラの交雑個体として考えられる。既往知見から、既成品種の原種候補種として、品種とカンヒザクラの組合せ、オオシマザクラとカンヒザクラの組合せは、品種数では明らかな差は無かった。しかし本研究の結果では特にカンヒザクラが花粉親（♂）の場合で、種子親（♀）がオオシマザクラ（早咲き性）の場合とオオシマザクラの場合では明確な差が示された。これは、前述(v)のように、既往知見で原種候補種として推定されていたオオシマザクラのうち、早咲き型のオオシマザクラが原種と推定されていたものには、形態的にはオオシマザクラに分類されていても遺伝的に異なる雑種も含んでいる可能性があるために、数が多くなっている可能性もあると考えられた。また通常カンヒザクラとオオシマザクラ、ヤマザクラではフェノロジーから交

雑の機会は少ないと考えられ、既成品種ではその基となった原種よりも早咲きの特徴を示すものが多くカンヒザクラと開花期が重なる場合が生じやすくなると考えられることから、既成品種とカンヒザクラの交雑によって新たな個体が生じることはフェノロジーからみても最も自然であると考えられた。既往知見から、多くの既成品種が生じている原種候補種の組合せは、品種として成立する個体が生じやすいとも考えられ、すなわちこれはその原種の交雑で生じた雑種個体に形態的変異の多さが出やすいことが期待できるとも考えられた。



図IV-6 基準雑種の作出過程における生存率

## v. 既成品種の作出に及ぼす受粉から種子発芽までの諸要因（相互関係）

既成品種の作出確率に影響を及ぼす要因を探るため、交雑して出来た基準雑種の生存率（残存率）に及ぼす受粉（花粉稔性）、結実、発芽の、作出過程の各段階の相互関係をみた。概要を表IV-8に示す。

### 1. 受粉（花粉稔性）と結実率

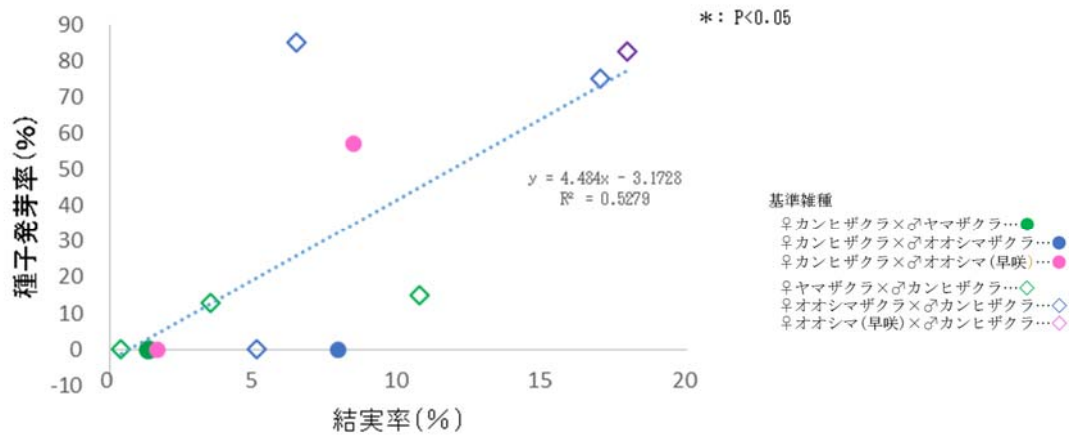
花粉充実率が高くなる（正常花粉の割合が高くなる）場合、花粉の受精能力は高くなることが予想され、それに伴い結実率も高くなることが予想された。作出に用いた原種のカンヒザクラ、ヤマザクラ、オオシマザクラ、オオシマザクラ（早咲き性）の花粉充実率はいずれも約80%以上となり有意差はなかったが、結実率ではカンヒザクラが花粉親の場合の交雑で比較的高い結実率となり、カンヒザクラとオオシマザクラ（早咲き性）の交雑では、カンヒザクラを花粉親とした場合にオオシマザクラ（早咲き性）を花粉親とした場合よりも高い結実率を示し違いがみられるなど、花粉充実率と結実率に相関は認められなかった。あわせて、本研究の結果からは、花粉粒径と結実率、花粉管発芽率と結実率の関係についても直接的相関は認められなかった。スモモ亜属の果樹の種間交雑では、同じ花粉親個体を用いた交雑でも、交雑を行う種や品種の組合せによって結実率が大きく変わることが報告されており（吉田ら1975）、花粉発芽能力が同程度であると考えられる個体を用いた交雑でも花粉親とする種（品種）によって交雑親和性が異なることが示唆されている（村上ら2012）。これらは花粉稔性よりも種間の交雑親和性が結実率に大きく影響を及ぼすことを示唆している。ただし、花粉管発芽の寿命と結実率の関係では、本研究の結果から花粉の長期保存（採取後9ヶ月）では花粉管発芽率の大幅な低下が認められたことから、開花直後の受粉が望ましく、これはフェノロジーから見ても自然であると考えられた。すなわち、先に開花するカンヒザクラを花粉親とし、オオシマザクラ、ヤマザクラを種子親とした交雑では花粉管発芽力の低下を抑えることが可能であると考えられ、人為作出を行う際など花粉の保存期間が長期になる場合には結実率が低下する可能性も示唆された。

### 2. 結実率と種子発芽率と生存率

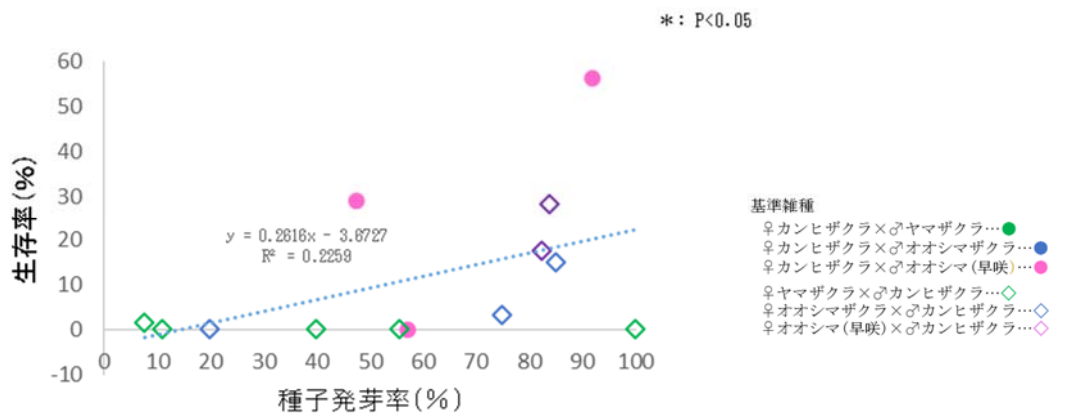
基準雑種の交雑では、結実率が高い組合せ（ペア）ほど、その後の種子発芽率は高く、結実率と種子発芽率には正の相関が認められた（図IV-7）。結実率、種子発芽率は交雑した種の組合せにより影響されることが示唆されている（ii項）。これらより、結実の良い交雑では、得られた種子の発芽率も高くなることが期待できると考えられた。また、基準雑種の種子発芽率と種子発芽後4年現在の生存率にも正の相関が認められた（図IV-8）。従って、既成品種の形成過程では、受粉から結実までの消失量が最も大きく、種子発芽率の高い雑種では、比較的高い生存率が期待でき、実生苗が得られやすいと考えられた。

表IV-8 基準雑種の作出に及ぼす諸要因の相互関係の概要

	結実率	発芽率	生存率
花粉稔性	×	×	×
結実率	-	○	×
発芽率	-	-	○



図IV-7 基準雑種の結実率と種子発芽率



図IV-8 基準雑種の種子発芽率と生存率

## V章 総合考察

早咲きのサクラ品種は開花期が早くまた花色の濃い華やかなものが多いことから観光資源として活用されており、近年では緑化材料としても注目されつつある。しかし、作出過程には不明点が多く、実際に品種が作出される際の種間の交雑和合性や種子稔性の報告は限られる。本研究は、現存する早咲きのサクラ品種の形成過程の諸問題を究明することを目的とし、実際に早咲きのサクラ品種を作出し、これを指標として現存する品種との比較を行い、また品種の原種を推定したところに大きな特徴がある。

現存する早咲きのサクラ品種（本研究では既成品種と呼ぶ）の原種を確認するために、実際に雑種を作り（本研究では基準雑種と呼ぶ）、それを比較指標として用いる本研究の手法は、生長に時間を極めて要する。特に木本では時間を要するためこれまでも同様な研究事例は見られない。基準雑種を作るためには、人為による交雑試験を行い、結実した種子の発芽を待ち、さらに生長までの過程を見る必要がある。この過程を各々究明しながら早咲きのサクラを作出する可能性（確率）を求めることは意義が大きい。

本研究は、早咲きのサクラ品種（以下、既成品種とする）について、①文献及び生育地調査によって原種を推定する、②推定された原種間での交雑を行い受粉から結実、種子発芽を経て生長に至る諸問題を明らかにする、③交雑して出来た個体を「基準雑種」としてこれを検証する、④「基準雑種」を指標として既成品種や原種に関する遺伝的組成の解析を行う、という段階を経た。この過程で現存する早咲きのサクラ品種の原種の推定および花粉稔性や種子発芽特性の解明、またこれらの過程でみられる新知見を明らかにし、早咲きのサクラ品種のできる最終的な可能性（確率）を求めた。

### 1. 早咲きのサクラ品種の原種

早咲きのサクラ品種（既成品種）の原種候補種として、既往知見によると大部分でカンヒザクラが挙げられており、もう一方の原種としてはオオシマザクラ（変異型を含む）やヤマザクラが挙げられていた。DNA マーカー等を用いた遺伝解析による既成品種の原種候補種の推定の既往知見及び本研究の AFLP 分析による遺伝的組成の解析結果においても、従来の形態分類による推定と多くは整合することが確認できた。また形態による識別で議論のある種や品種では、遺伝的組成をみても複数系統が確認され、このことは分類を困難にしている原因の一つであると考えられた。本研究ではカンヒザクラの雑種を作出するもう一方の原種として、ヤマザクラ、オオシマザクラ、オオシマザクラ（早咲き性）を用いたが、このうちオオシマザクラ（早咲き性）は遺伝的組成の解析結果からカンヒザクラとオオシマザクラの雑種であることが示唆された。したがって、原種の変異型と推定されている種では、形態では違いが判断できないものでも遺伝的に異なるものが含まれている可能性がある。作出交雑種（基準雑種）の種子発芽率や生存率ではオオシマザクラ（早咲き性）を用いた雑種個体は他の 2 種の雑種よりも高い割合で得られることが示唆された。この結果と形態分類の知見、遺伝的組成の解析結果の関係から、カンヒザクラとオオシマザクラを原種とした雑種、



あるいはこれらを原種として含む雑種（雑種後代）は、既成品種として広く存在していることが示唆された。また本研究で用いたオオシマザクラ（早咲き性）のような雑種（既成品種）についても、既成品種の前種の候補種として挙げられていることが示唆された。

## 2. 作出交雑種（基準雑種）の作出過程の課題と作出の確率

本研究では基準雑種として、カンヒザクラとヤマザクラ、カンヒザクラとオオシマザクラ、カンヒザクラとオオシマザクラ（早咲き性）の正逆6通りの組合せの交雑個体を得た。この基準雑種の作出過程のうち、いずれの前種の交雑でできた雑種においても受粉の段階で8割以上が失われた。受粉の段階では、花粉親として使用した花粉の受精能力と結実率には相関が確認できず、結実率では原種として使用した種により差がみられたことから、花粉稔性よりも原種の組合せが影響すると考えられた。種子発芽段階においても、発芽率は原種の組合せが影響すると考えられ、また雌雄の方向性も影響することが示唆された。種子発芽では、カンヒザクラを花粉親として交雑、結実した種子では、カンヒザクラが種子親として交雑、結実した種子に比較し高い発芽率を示し、種の組合せでは、カンヒザクラとオオシマザクラ（早咲き性）の組合せによる交配でできた種子は、カンヒザクラとオオシマザクラ、ヤマザクラの組合せによる交配でできた種子に比較して高い発芽率を示した。また、基準雑種の結実率はその発芽率と相関があり、結実の良好であった雑種個体ではその後の種子発芽も比較的高い割合で得られることが期待できると考えられた。種子発芽後4年目の苗の生存率においても、原種の組合せが影響すると考えられ、また基準雑種の種子発芽率と種子発芽後4年目の苗の生存率でもある程度の相関があることから、種子発芽が良好であった雑種個体はその後の生長も期待できることが示唆された。カンヒザクラとオオシマザクラ（早咲き性）の雑種は結実から生存までのどの段階においても比較的高い値を示し、カンヒザクラとヤマザクラ、カンヒザクラとオオシマザクラとの交雑に比較し作出しやすいと考えられ、またカンヒザクラが花粉親となる雑種個体はその逆（カンヒザクラが種子親となる雑種個体）に比較して作出しやすいと考えられた。したがって、基準雑種の作出では、交雑する原種の違い、原種の雌雄の組合せの違いにより、作出できる確率が異なることが示唆された。

## 3. 遺伝的組成による基準雑種の検証及び早咲きのサクラ品種の前種の推定

AFLP分析を行い遺伝的組成の検討をした結果、オオシマザクラ（早咲き性）は、オオシマザクラとは遺伝的に異なり、オオシマザクラとカンヒザクラの雑種であることが示され、この2種間の特性の様々な違いは、遺伝的な違いによって起きていたことが示唆された。また、オオシマザクラ（早咲き性）の種子発芽率は他種と比較し高い値を示していたが、これは雑種である‘熱海桜’の種子発芽率が比較的高い値を示したことから、カンヒザクラとオオシマザクラあるいはヤマザクラの交雑で得られた雑種では基となる原種よりも種子発芽率が高くなる可能性があることも示唆された。

既往知見から、カンヒザクラが原種と推定される既成品種のもう一つの前種として、‘寒桜’や‘大寒桜’等の既成品種の可能性も示唆されている。オオシマザクラ（早咲き性）を原種に使用した基準雑種の結実率や種子発芽率の高さからも、カンヒザクラ雑種である既

成品種は原種候補種として効果的な個体であることが示唆された。また、既往の知見では、早咲き型のオオシマザクラが原種と考えられている既成品種も多く存在していた。本研究の結果から、原種と推定された早咲きのオオシマザクラが、形態的にはオオシマザクラそのものであっても遺伝的には雑種である可能性がある。したがって、これらの早咲きのオオシマザクラが原種として推定されている既成品種の中には、雑種第一代ではないものが含まれる可能性もあると考えられた。

#### 4. 早咲きのサクラ品種の形態

従来分類は、主に花や葉の形態から種や品種が推定されていた。遺伝的組成と形態分類による種や品種識別の関係をみた。

##### (1) 花粉充実率、花粉粒径と種・品種の違い

花粉稔性のうち、花粉充実率と花粉粒径は種の識別の一助となる可能性が考えられた (IV章 ii 項)。これらは従来、雑種性の区別に役立つとされてきた (岩崎 1990)。本研究の遺伝的組成の解析結果から、カンヒザクラとオオシマザクラの雑種であることが示唆されたオオシマザクラ (早咲き性) では、花粉充実率は他種と比較し同程度を示し、またオオシマザクラは雑種ではないことが確認されたが、花粉充実率は他種と比較しやや低く、花粉粒系ではばらつきが見られた。したがって、花粉稔性は種や品種によって安定した結果が得られることが示唆されたが、これは雑種性とは直接の相関はみられないと考えられた。

##### (2) 種子形態と種・品種の違い

基準雑種の種子を計測した結果、交雑した原種の組合せによって種子形態が異なることが示唆され、原種候補種や既成品種の知見と比較した結果から、種や品種の識別、既成品種の原種推定の一助となる可能性が示唆された (IV章 iii 項)。

##### (3) 花の形態と種・品種の違い

花の形態ではカンヒザクラの地域集団の違いなど、以前から分類に議論のある種などでは、形態で分類された種や品種と遺伝的組成は必ずしも一致しないことが示された。本研究で基準雑種の原種として使用したオオシマザクラとオオシマザクラ (早咲き性) は形態では区別は無いとみなしたが遺伝的には異なっていた。これらの花粉管発芽率、種子発芽特性、種子形態では違いがみられた。

#### 5. 本研究で得られた作出過程の新知見

本研究で得られた新知見を表 v-1 にまとめた。

本研究の作出交雑種 (基準雑種) の作出過程を経て、早咲きのサクラ品種に類する個体は、カンヒザクラとヤマザクラ、カンヒザクラとオオシマザクラ、カンヒザクラとオオシマザクラ (早咲き性) の交雑で作出できること、これらは受粉段階で多くが失われ、その段階で生存できた割合の高い個体ではその後の段階での生存についても期待できること、作出の出来る確率は交雑する原種の組合せ (種と雌雄) が影響し、カンヒザクラとオオシマザクラ (早咲き性) の交雑で比較的高い確率で苗が得られることがわかった。

表 v-1 本研究で得られた新知見の概要

### 受粉

- 原種候補種 4 種の花粉充実率：約 80%以上、種間差無し。
- 原種候補種 4 種の花粉粒径：カンヒザクラとヤマザクラは一山型、オオシマザクラとオオシマザクラ（早咲き性）は二山型の花粉粒径曲線を示す。
- 原種候補種 4 種の花粉管発芽率：種間差有り…オオシマザクラ約 14%、ヤマザクラ約 7%、カンヒザクラ約 7%、オオシマザクラ（早咲き性）約 1%。
- 花粉の保存と花粉管発芽率：9 か月の長期保存で 1/2~1/3 程度まで低下。

### 結実

- カンヒザクラとの交雑で、もう一方の原種をヤマザクラ、オオシマザクラ、オオシマザクラ（早咲き性）とした時、いずれも結実可能。
- カンヒザクラとヤマザクラの交雑による結実率は比較的低い。
- カンヒザクラとオオシマザクラ（早咲き性）の交雑では雌雄逆の組合せでは結実率に差があり、カンヒザクラを花粉親とした交雑で比較的高い。

### 発芽

- 種子発芽特性：既成品種（雑種）でも高い発芽率。
- 種子発芽条件：低温（5, 10℃）で発芽、暖温処理によって高い発芽率と速い発芽速度を示す。光条件差無し、含水率 6%では発芽力を失う。
- 基準雑種の種子発芽：種及び雌雄の組合せの違いによって種子発芽率の値に差有り。
- カンヒザクラを花粉親に用いた交雑で得た種子の発芽率は、カンヒザクラを種子親に用いた赤穂雑で得た種子の発芽率に比較し高くなった。
- カンヒザクラとオオシマザクラ（早咲き性）の交雑で得た種子の発芽率は比較的高い。

### 形態

- 種子形態：交雑の組合せ、種や品種により異なる…基準雑種は特に種子親として用いた原種と似た大きさを示す。例えば、♀ヤマザクラ×♂カンヒザクラの交雑で得た種子は、ヤマザクラの種子に近い大きさとなった。
- 花卉の形態：同種の生育地域間、近縁種間で違い…カンヒザクラは日本（沖縄）に生育するものでは、台湾に生育するものと比較し花卉の大きさにばらつきが見られた。

### 遺伝的組成

- 原種の遺伝的組成：カンヒザクラは中国・台湾・日本（沖縄）の集団で遺伝的に異なる。中国、台湾の一部の個体では日本の遺伝子を保有しているものがみられた。
- オオシマザクラ（早咲き性）はオオシマザクラの変異種と推定されていたが、遺伝的組成からオオシマザクラとカンヒザクラの雑種であることが示唆された。
- 早咲きのサクラ品種の遺伝的組成：カンヒザクラの地域集団の違いは品種にも影響しており、日本に生育していた早咲きのサクラ品種はその多くが日本のカンヒザクラに由来し、台湾に生育していた早咲きのサクラ品種は多くは台湾のカンヒザクラに由来していた。また早咲きのサクラ品種は①カンヒザクラとオオシマザクラの雑種（‘伊豆多賀赤’等）、②カンヒザクラとヤマザクラの雑種（‘寒桜’等）、③複数系統を持つ品種（‘河津桜’等）、④種内変異の品種（‘八重寒緋桜’等）の、大きく 4 タイプに分けられた。

## 引用文献

- 芦原克昌・齋藤秀樹. 2008. ソメイヨシノの花粉生産. 日本花粉学会会誌. 54: 23-27.
- 熱海市. 2004. アタミ桜品種調査検討業務委託報告書. 熱海市.
- 渥美直子・金澤弓子・鈴木貢次郎. 2011. 三春滝桜の樹形変化の解析. 櫻の科学. 15: 15-23.
- Cambridge University Press. 1913. *Plantae Wilsonianae*: an enumeration of the woody plants collected in western China for the Arnold arboretum of Harvard university during the years 1907, 1908, and 1910 /by E. H. Wilson, ed. by Charles Sprague Sargent. 1: 253
- Chen, T., Q. Chen, , Luo, Z. L. Huang, J. Zhang, H. R. Tang, D. M. Pan, and X. R. Wang. 2015. Phylogeography of Chinese cherry (*Prunus pseudocerasus* Lindl.) inferred from chloroplast and nuclear DNA: insights into evolutionary patterns and demographic history. *Plant Biology*. 17: 787-797
- 中国科学院植物研究所. 1986. 中国植物志. 中国科学院植物研究所. (in Chinese)
- 中国樹木志編輯委員会. 1985. 中国樹木志;第2卷. 中国林業出版社. (in Chinese)
- 中国科学院昆明植物研究所. 2006. 云南植物志;第12卷. 科学出版社. (in Chinese)
- 中国科学院广西植物研究所. 2005. 广西植物志;第2卷. 广西科学技術出版社. (in Chinese)
- Earl, D. A., and B. M. vonHoldt. 2012. STRUCTURE HARVESTER: a website and program for visualizing STRUCTURE output and implementing the Evanno method. *Conserv Genet Resour*. 4: 359-361.
- Evanno, G., S. Regnaut, and J. Goudet. 2005. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. *Mol. Ecol*. 14: 2611-2620.
- Fritz, R. S., Hochwender, C. G., Albrechtsen, B. R., and Czesak, M. E. 2006. Fitness and genetic architecture of parent and hybrid willows in common gardens. *Evolution*, 60(6), 1215-1227.
- 福建省科学技術委員会. 1985. 福建植物志. 福建科学技術出版社. (in Chinese)
- 福原檜勝. 1978. ヒノキとサワラの種間雑種の花粉母細胞の減数分裂. 日本林學會誌, 60(12), 437-441.
- 麓次郎. 1954. *Prunus pauciflora* BUNGE に就いて. 西京大学学術報告 農学. 6: 97-105.
- 浜田豊・尾川武雄・田中秀明. 1988. オオシマザクラにおける種子休眠の打破のための低温と貯蔵期間の影響. 東京都農業試験場研究報告. 21: 23-31.
- 長谷川絵里・秋庭満輝・岩本宏二郎・勝木俊雄・太田祐子・高畑義啓・窪野高德. 2010. サクラ系統の病害調査 (中間報告). 樹木医学研究, 14: 48-49.
- 初島住彦・天野鉄夫. 1977. 琉球植物目録. でいご出版社.

- 初島住彦・中島邦雄. 1979. 琉球の植物. 講談社.
- 林弥栄. 1980. サクラ 100 選. ニュー・サイエンス社.
- 平凡社. 2006. 世界大百科事典 第2版. 平凡社.
- 本田正次・林弥栄. 1974. 日本のサクラ. 誠文堂新光社.
- 本間暁. 2008. 天然記念物 角館のシダレザクラ (天然記念物保全の最前線). 樹木医学研究. 12: 222-227.
- Howe, H. F. 1977. Bird activity and seed dispersal of a tropical wet forest tree. Ecology, 539-550.
- Huff, D. R., R. Peakall, and P. E. Smouse. 1993. RAPD variation within and among natural populations of outcrossing buffalograss [*Buchloë dactyloides* (Nutt.) Engelm.]. Theoret. Appl. Genet. 86: 927-934.
- 遺伝学普及会 (編著). 2006. 遺伝研の桜. 遺伝学普及会.
- 遺伝学普及会 (編著). 2011. 遺伝研のさくら. 遺伝学普及会.
- Ien-Chie Wen and Ching-Yi Chang. 2005. Evaluation and Genetic Relationship Analysis Using RAPD on Flowering Cherry Germplasm. J. Taiwan Agric. Res. 54:245-256. (in Chinese)
- 飯塚正英・工藤暢宏・木村康夫・萩原 勲. 2001. 胚珠培養による *Spiraea thunbergii* Sieb. と *Spiraea japonica* L. との種間雑種の作出. 園学雑. 70: 767-773.
- 池谷祐幸. 2014. 桜の観賞と栽培の歴史: 野生種から栽培品種への道. 森林科学. 70: 3-7.
- Iketani H, S. Ohta, T. Kawahara, T. Katsuki, N. Mase, Y. Sato, and T. Yamamoto. 2007. Analyses of clonal status in 'Somei-yoshino' and confirmation of genealogical record in other cultivars of *Prunus* × *yedoensis* by microsatellite markers. Breed. Sci. 57: 1-6
- 今西純一・金鉸俊・飯田義彦・奥川裕子・森本幸裕・山中勝次・小島玉雄. 2012. 地形によって規定される日照条件が奈良県吉野山のヤマザクラの生育状態に及ぼす影響. 日本緑化工学会誌. 38: 15-20.
- Innan, H., R. Terauchi, N. T. Miyashita and K. Tsunewaki. 1995. DNA fingerprinting study on the intraspecific variation and the origin of *Prunus yedoensis* (Someiyoshino). Japan. J. Genet. 70: 185-196.
- 石田弘明・浅見佳世・黒田有寿茂・青木秀昌・服部保. 2009. 猪名川上流域における希少樹種エドヒガンの生育立地と個体群構造. 保全生態学研究. 14: 143-152.
- 石井ちか子・杉山和美・久保田栄. 2007. 伊豆半島内に自生するサクラの特性. 園芸学研究. 別冊, 6, 290.
- 石井幸夫. 1986. ヤマザクラ種子の乾燥方法の違いが発芽におよぼす影響. 日本林学会誌 68: 517-520.

- 石井幸夫. 1990. 多摩森林科学園サクラ保存林の開花期. 森林総合研究所研究報告. 357: 95-152.
- 石井幸夫. 2009. サクラ種子の発芽特性とその取り扱い法 I. 結実と採取. 櫻の科学. 14: 3-10.
- 石井幸夫. 2011a. サクラ種子の発芽特性とその取り扱い法 II. タネの調整と貯蔵. 櫻の科学. 15: 3-9.
- 石井幸夫. 2011. サクラ種子の発芽特性とその取り扱い法 III. タネの発芽. 櫻の科学. 16: 3-8.
- 石井幸夫・小林義雄. 1984. サクラ種子の取り扱いに関する研究 (II) ヤマザクラ、オオシマザクラ種子の冷処理期間が発芽におよぼす影響. 34 回日林関東支論. 85-86
- 岩佐亮二・伊丹清. 1962. サクラ属の種間交雑. 育学雑 (講演要旨). 12: 189.
- 岩崎文雄. 1990. ソメイヨシノおよびその近縁種の形態学的検討. 筑波大農林研報. 2: 107-125
- 岩崎文雄・神田勝弘. 1988. サクラの花粉粒の大きさ. 農業および園芸. 63: 551-552
- 岩崎義信・大津正英・佐々朋幸. 2001. 久保ザクラ樹勢回復に向けた根圏改良の記録. 樹木医学研究. 5: 85-92.
- 伊豆市. 2007. 伊豆土肥. 品種登録 15225.
- Kaneko, T., T. Terachi and K. Tsunewaki. 1986. Studies on the origin of crop species by restriction endonuclease analysis of organellar DNA. II. Restriction analysis of ctDNA of 11 *Prunus* species. Japan. J. Genet. 61: 157-168.
- 環境庁. 1991. 日本の巨樹・巨木林 (甲信越北陸版). 19: 3-63. 大蔵省印刷局
- 唐沢孝一. 1978. 都市における果実食鳥の食性と種子散布に関する研究. 鳥, 27, 1-20.
- 片倉正行. 1993. 広葉樹類の耐陰性について -広葉樹林の造成と利用に関する研究 (i) - 長野県林業総合センター研究報告書. 7: 1-10
- 片岡郁雄・杉浦明・菅名孝. 1988. *Microcerasus* を中心とする *Prunus* 属果樹の種間交雑. 園芸學會雑誌. 56: 398-407.
- Kato, S., Iwata, H., Tsumura, Y., Mukai, Y. 2011. Genetic structure of island populations of *Prunus lannesiana* var. *speciosa* revealed by chloroplast DNA, AFLP and nuclear SSR loci analyses. J. Plant Res. 124: 11-23.
- Kato, S., A. Matsumoto, K. Yoshimura, T. Katsuki, K. Iwamoto, Y. Tsuda, S. Ishio, K. Nakamura, K. Moriwaki, T. Shiroishi, T. Gojobori, and H. Yoshimaru. 2012. Clone identification in Japanese flowering cherry (*Prunus* subgenus *Cerasus*) cultivars using nuclear SSR markers. Breed. Sci. 62: 248-255
- Kato, Shuri., A. Matsumoto, K. Yoshimura, T. Katsuki, K. Iwamoto, T. Kawahara, Y. Mukai, Y. Tsuda, S. Ishio, K. Nakamura, K. Moriwaki, T. Shiroishi, T. Gojobori, and H. Yoshimaru, 2014. Origins of Japanese flowering cherry (*Prunus* subgenus

- Cerasus*) cultivars revealed using nuclear SSR markers. *Tree Genet. Genomes*. 10: 477-487.
- Kato, Kazutaka., Yamaguchi, S., Chigira, O., Hanaoka, S. 2014. COMPARATIVE STUDY OF RECIPROCAL CROSSING FOR ESTABLISHMENT OF "ACACIA" HYBRIDS. *Journal of Tropical Forest Science*, 469-483.
- 川上皓史・山尾僚・森岡耕一・池田博・波田善夫. 2009. 温度変換日数法を用いたソメイヨシノ（バラ科サクラ属）の開花調節. *Naturalistae*. 13: 1-7.
- 川崎哲也. 1993. 日本の桜. 山と溪谷社.
- 北村文雄・堀内孝雄. 1983. サクラ類の耐寒性に関する実験的研究. *造園雑誌*. 47: 112-116.
- 北村文雄・伊奈寛. 1958. 日本桜の実生繁殖について. *造園雑誌* 22: 1-4
- Koidzumi G. 1913 *Conspectus Rosacearum Japonicarum*. *J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo* 34 Art 2: 1-312
- Koike, S., Kasai, S., Yamazaki, K., Furubayashi, K. 2008. Fruit phenology of *Prunus jamasakura* and the feeding habit of the Asiatic black bear as a seed disperser. *Ecological Research*, 23, 385-392.
- 近藤哲也. 1993. 野草の発芽特性. *造園雑誌*, 57, 121-128.
- 小山浩正. 2002. シラカンバの発芽フェノロジーと適応戦略としての意義. 北海道林業試験場研究報告, (39), 1-38.
- 倉本宣・小林美絵. 2005. 多摩川河川敷におけるマツヨイグサ属植物の交替現象について—植物相の変化の要因と影響の解析—. 財団法人とうきゅう環境浄化財団 研究助成・学術研究. VOL. 34-N0. 251
- Liu, W., Chen, X., Liu, G., Liang, Q., He, T., Feng, J. 2007. Interspecific hybridization of *Prunus persica* with *P. armeniaca* and *P. salicina* using embryo rescue. *Plant cell, tissue and organ culture*, 88(3), 289-299.
- Ma, H., Olsen, R., Pooler, M., Kramer, M. 2009. Evaluation of flowering cherry species, hybrids, and cultivars using simple sequence repeat markers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 134: 435-444.
- Meyer, P. W., and R. Lewandowski, 1985. The "Okame" cherry. *Arnoldia*, 45: 23-24.
- 三好学. 1980. 桜. 富山房.
- 持田誠・谷村愛子・吉沼利晃. 2003. 北海道張碓海岸で採集されたアオバト *Sphenurus sieboldii* の消化器官内に見られた植物. *森林野生動物研究会誌*, 29, 3-7.
- 村上覚・神谷健太・鎌田憲昭・山田晋也. 2012. ニホンスモモとウメの自然種間雑種 '李梅' (*Prunus salicina* Lindl. × *P. mume* Sieb. et Zucc.) における S-haplotype と受粉品種の検討. *園芸学研究*. 11: 315-320.
- 村田治重. 1997. 南伊豆の早咲きサクラ. *静岡県農業試験場研究報告*. 42: 67-75.

- 中村俊一郎. 1985. 農林種子学総論. 養賢堂.
- 仲宗根平男・屋我嗣良. 1970. サクラ種子の発芽と成分に及ぼす温度の影響. 日本林学会誌 52: 319-321.
- 中山包 1966. 発芽生理学. 内田老鶴圃新社,  
名瀬市. 1997. 白睦月. 品種登録 5476.
- 日本花の会. 2002. さくら図鑑. 日本花の会.
- 日本花の会 (サクラの品種に関する調査研究報告書編集委員会編). 1982. 日本のサクラの種・品種マニュアル. 財団法人日本花の会.
- 日本花の会 (滝島義之編). 1986. 暖地・亜熱帯地方および臨海地域における桜の名所づくりの調査研究. 財団法人日本花の会.
- 日本花粉学会. 2002. 花粉学辞典(第4刷). 朝倉書店.
- 日本さくらの会. 2002. 2001年 第1回サクラ名木・巨木概況調査報告書. 財団法人日本さくらの会.
- 日本さくらの会. 2003. 2002年 第2回サクラ名木・巨木概況調査報告書. 財団法人日本さくらの会.
- 西本慎一, 清水圭一, 橋本文雄, 坂田祐介. 2003. はい珠培養によるツバキ属種間雑種 (キンカチャ× ヤブツバキ) の作出. 園芸學會雑誌, 72, 236-242.
- 農林水産省品種登録制度ホームページ <http://www.hinsyu.maff.go.jp/> (2015年9月15日参照)
- Ogawa, T., Y. Kameyama, Y. Kanazawa, K. Suzuki, and M. Somego. 2012. Origins of early-flowering cherry cultivars, *Prunus*× *kanzakura* cv. Atami-zakura and *Prunus*× *kanzakura* cv. Kawazu-zakura, revealed by experimental crosses and AFLP analysis. *Scientia horticulturae*. 140: 140-148.
- 大場秀章・川崎哲也・田中秀明・木原浩. 2007. 新日本の桜. 山と溪谷社.
- 大井次三郎・太田洋愛. 1973. 日本桜集. 平凡社.
- 太田智・村上覚・勝木俊雄・石井ちか子・稲葉善太郎・山本俊哉. 2011. 核および葉緑体 DNA 多型に基づく静岡県伊豆地域のサクラの解析. 園芸学研究. 10: 151-159
- Ohta, S., T. Katsuki, T. Tanaka, T. Hayashi, Y. Sato, and T. Yamamoto. 2005. Genetic variation in flowering cherries (*Prunus* subgenus *Cerasus*) characterized by SSR markers. *Breeding science*, 55: 415-424.
- 小元敬男・青野靖之. 1990. 都市昇温のサクラの開花に及ぼす影響について. 農業気象. 46: 123-129.
- Peakall, R., and P. E. Smouse. 2012. GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research—an update. *Bioinformatics*. 28: 2537-2539.
- Pooler, M. R. 2007. ‘Dream Catcher’ and ‘First Lady’ Flowering Cherry.



- HortScience. 42: 174-175.
- Pooler, M. R. 2013. 'Helen Taft' and 'Abigail Adams' Flowering Cherries. HortScience. 48: 1195-1196
- Pritchard, J. K., M. Stephens, and P. Donnelly. 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. Genetics. 155: 945-959.
- 劉崇瑞・陳建鏞. 1960. 臺灣木本植物圖誌. 國立臺灣大學. (in Chinese)
- 斎藤真己・古賀由美子・古田喜彦・平英彰. 2005. 採種園産実生個体からの雄性不稔スギの選抜. 日本森林学会誌, 87(1), 1-7.
- 酒井昭. 1978. 日本の常緑及び落葉広葉樹の耐凍性. 低温科学. 生物篇 35: 15-43.
- 崎尾均. 1998. シオジ翼果の長期貯蔵方法. 日本林學會誌, 80(1), 38-40.
- Sassa, H., T. Nishio, Y. Koyama, H. Hirano, T. Koba and H. Ikehashi. 1996. Self-incompatibility (S) alleles of the Rosaceae encode members of a distinct class of the T2/S ribonuclease superfamily. Mol. Gen. Genet. 250: 547-557.
- 佐竹義輔・原寛・亘理俊次・富成忠夫. 1989. 日本の野生植物 木本. 平凡社.
- 佐藤達夫. 1961. 牧野先生と緋カンザクラ. 農耕と園芸. 16: 87
- 森林総合研究所. 2013. 桜の新しい系統保全 : 形質・遺伝子・病害研究に基づく取組. 森林総合研究所多摩森林科学園.
- 白井勲. 1985. 横浜緋桜. 品種登録 777.
- 城田徹央, 宮内郁美, 斎藤大, 丸山一樹, 岡野哲郎. 2015. 信州大学農学部構内に自生するサクラ属 3 種の種子サイズ, 発芽率および初期成長の比較. 信州大学農学部 AFC 報告, 13, 75-80.
- 静岡県. 2014. 平成 25 年度静岡県観光交流の動向. 静岡県文化・観光部観光交流局 観光政策課.
- 染郷正孝. 1985. ハンノキ植物の細胞遺伝樹木進化の一断面. 林木育種協会.
- 染郷正孝・鈴木貢次郎・北島厚之. 2004. '熱海桜'の遺伝的特性. 櫻の科学. 11: 11-25.
- Stewart, C. N., and L. E. Via. 1993. A rapid CTAB DNA isolation technique useful for RAPD fingerprinting and other PCR applications. Biotechniques. 14: 748-750.
- 末松信彦・水戸喜平. 2003. 'カワヅザクラ'の実生と思われるサクラの特性. 静岡農試研報. 48: 47-56.
- 巢山拓郎, 谷川孝弘, 山田明日香, 松野孝敏, 國武利浩. 2008. *Hydrangea serrata* (Thunb.) Ser. と *Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser. との交雑親和性の解明と胚珠培養による雑種獲得の効率化. 園芸学研究, 7(3), 337-343.
- 鈴木貢次郎. 2006. 日本産ユリ科植物の種子繁殖に関する研究. 造園学論集. 別 10
- 鈴木善弘. 2003. 種子生物学. 東北大学出版会.
- 鈴木洋・江頭宏昌・山田拓・藤田真弓・小笠原宣好. 2006. オウトウとサクラ 'ソメイヨシ

- ノ' との種間交雑. 園芸学研究, 5: 343-349.
- Szymajda, M., Napiórkowska, B., Korbin, M., Zurawicz, E. 2015. Studies on the interspecific crossing compatibility among three *Prunus* species and their hybrids. Horticultural Science, 42(2), 70-82.
- 橘隆一, 中村華子, 福永健司. 2009. 国内採取した落葉性在来低木類の種子発芽率. 日本緑化工学会誌, 35, 99-102.
- 台湾総督府民政部殖産局. 1911. 臺灣植物圖譜. 台湾総督府民政部殖産局.
- 高岡正明. 1981. 陽光. 品種登録 147.
- 高岡照海, 高岡正明, 高岡豊. 1990. 紅姫. 品種登録 2262.
- 竹中要. 1962. サクラの研究 (第一報). 植物学雑誌, 75: 278-287.
- 竹中要. 1965. サクラの研究 (第二報). 植物学雑誌, 78: 319-331.
- 谷早央理, 玉木一郎, 鈴木節子, 戸丸信弘. 2014. シデコブシとタムシバの正逆種間交配間における種子形成と発芽率の差異. 日本森林学会誌, 96(4), 200-205.
- 丁炳揚・李根有・傅承新・楊淑貞. 2010. 天目山植物志;第 2 卷. 浙江大学出版社. (in Chinese)
- 東京帝国大学. 1906. 東京帝国大学紀要 理科. XXII: 117.
- 東京帝国大学. 1908. 東京帝国大学紀要 理科. XXV: 77.
- 東京府. 1931. 東京府名勝天然紀念物調査報告第 8 冊 (荒川堤の櫻). 東京府.
- Tsuda, Y., Kimura, M., Kato, S., Katsuki, T., Mukai, Y., Tsumura, Y. 2009. Genetic structure of *Cerasus jamasakura*, a Japanese flowering cherry, revealed by nuclear SSRs: implications for conservation. J. Plant Res. 122: 367-375.
- 津村義彦・陶山佳久. 2015. 地図でわかる樹木の種苗移動ガイドライン. 文一総合出版.
- 角田春彦. 1976. 桜. 静岡県さくらの会.
- 鶴田燃海・王成・向井謙. 2012a. ソメイヨシノの自家不和合性およびサクラ属野生種との交雑親和性に違いが生じる時期. 園学研. 11: 321-325
- 鶴田燃海・石川啓明・加藤珠理・向井謙. 2012b. ソメイヨシノとサクラ属野生種との交雑範囲および遺伝子流動に影響する要因の推定. 日林誌. 9: 229-235.
- 内田勇次. 1977. 熱海桜の由来.
- 内山林子・芦原克昌・齋藤秀樹. 2007. オオシマザクラ植栽群落の花粉生産. 日本花粉学会誌. 53: 113-117.
- 上田善弘. 1994. バラ属植物の分類学的研究. 千葉大園学報. 48: 241-328.
- 上里健次・安谷屋信一・米盛重保. 2002. ヒカンザクラの開花の早晩性における地域間差, 個体間差. 琉球大学農学部学術報告. 49: 15-23.
- 嬉野健次, 市川寛子, 金澤俊成. 2006. コシアブラ種子の胚発育に及ぼす湿潤低温処理時期と期間および GA3 処理時期の影響. 園芸学研究, 5, 369-374.
- Vos, P., R. Hogers, M. Bleeker, M. Reijans, T. Van de Lee, M. Hornes, A. Friters,

- J. Pot, J. Paleman, M. Kuiper and M. Zabeau. 1995. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Res.* 23: 4407-4414.
- Watanabe, K. and K. Yoshikawa. 1967. Notes on variation and self-incompatibility in Japanese flowering cherries. *Bot. Mag. Tokyo* 80: 257-260.
- 渡辺光太郎. 1964. ヤマザクラの個体変異に関する研究 (第 I 報). 京都大学農学部演習林報告, 35, 39-109.
- 渡辺光太郎・吉川勝好・今村駿一郎. 1966. ヤマザクラの個体変異に関する研究 (第 II 報). 京都大学農学部演習林報告, 38, 76-95.
- 夏宝森・河村重行・岩崎文雄. 1986. サクラの花粉稔性にみられた品種間差異. *花粉誌*. 32: 75-80.
- 八重垣英明・土師岳・山口正己. 2002. ウメにおける花粉の量, 染色率および発芽率の品種間差異. *果樹試報*, 1, 47-53.
- 八木橋勉. 2001. 鳥類による木本種果実の被食が種子発芽に与える影響. 北海道大学農学部 演習林研究報告, 58, 37-59.
- 山本聡・高橋理喜男. 1991. 里山におけるヤマザクラ群生地 of 成立過程について. *造園雑誌*. 54: 173-178.
- 山中寅文. 1975. 植木の実生と育て方. 誠文堂新光社.
- 八杉龍一・小関治男・古谷雅樹・日高敏隆(編). 1997. 岩波 生物学辞典 第4版. 岩波書店.
- 横山敏孝・石井幸夫. 1998. サクラ属 *Prunus Linn.* (Cherry) (勝田 栞・森徳典・横山敏孝編 日本の樹木種子 広葉樹編). 社団法人林木育種協会.
- 吉田康子・小玉昌孝・本城正憲・大澤良. 2012. 埼玉県荒川水系江川下流域に自生するサクラソウ野生集団における遺伝的多様性の維持・回復のための保全遺伝学的研究. *保全生態学研究*, 17: 211-219.
- 吉田雅夫・京谷英寿・安野正純. 1975. *Prunus* 属の種間交雑に関する研究: I. 交配親和性について. *育種学雑誌*. 25: 17-23.
- Zhang, C. 2008. Phenotypic variation in natural populations of *Cerasus campanulata* Maxim. *J. Trop. Subtrop. Botany*. 16: 61-68. (in Chinese)

## 要旨

### 研究の背景と目的

サクラ属サクラ亜属 (*Prunus* subgenus *Cerasus*, 以下サクラ) は広く自家不和合性による他殖性であることが知られている。そのため種内変異が多く、300以上の品種がある。古来、人為的にも多く選抜されてきた結果、多数の品種が現存し、国内での品種数の多さは世界でも類を見ない。近年、数多くのサクラの品種についてDNAマーカーを用いた遺伝的組成の研究が行われ、従来は識別が難しかった栽培品種においても系統に関わる研究が進んできている。しかし、品種ができる間に生じる受粉や結実、種子発芽等の問題に関しては不明点も多く実務上の課題が残っている。例えば品種が作出される際の種間の交雑親和性や種子稔性の報告は限られている。またサクラの品種は短命のものが多くといわれ、近年、多くの品種が枯死している状況でもある。

本研究では‘染井吉野’ (*P.* × *yedoensis*) の開花期(4月上旬、東京)を基準に、それより早い時期に咲くサクラを「早咲きのサクラ品種」とした。そして実際に早咲きのサクラ品種に類する個体を作出し、受粉や結実、種子発芽、生長の作出過程の諸問題と作出の確率を究明した。作出した雑種を「基準雑種」とし、原種の推定を行い、原種の候補種や早咲きのサクラ品種の遺伝的組成の解析を行った。

### 本研究の内容と論文の構成

本研究は、早咲きのサクラ品種(以下、既成品種とする)について、①文献及び生育地調査によって原種を推定する、②推定された原種間での交雑を行い、受粉から結実、種子発芽を経て生長に至る諸問題を明らかにする、③交雑して出来た個体を「基準雑種」とし、これを遺伝的組成の解析を行い検証する、④「基準雑種」を指標として既成品種や原種に関する遺伝的組成の解析を行う、という段階を経ている。この過程で、現存する早咲きのサクラ品種の原種の推定及び花粉稔性や結実、種子発芽の特性、早咲きのサクラ品種のできる確率を求めた。

これらを明らかにするための本論文の構成は、Ⅰ.序、Ⅱ.材料及び方法、Ⅲ.結果、Ⅳ.考察、Ⅴ.総合考察となっている。Ⅰ.「序」では「研究の背景と目的」と「研究のフロー」、「用語の定義」について述べた。Ⅱ.「材料及び方法」では、著者が本研究で行った実験、調査の方法と材料を述べた。Ⅲ.「結果」では著者が行った実験及び調査の結果として、「i.原種候補種の推定」、「ii.基準雑種の作出」、「iii.基準雑種の検証」、「iv.生存率と残存率の算定」を述べた。Ⅳ.「考察」では、得られた結果から、「i.既往知見及び生育地からみた早咲きのサクラ品種の原種の推定」、「ii.基準雑種の作出過程にみる受粉から生長までの特性」、「iii.形態と遺伝的組成による基準雑種の検証及び早咲きのサクラ品種の原種の推定」、「iv.作出交雑種(基準雑種)の出来る確率」、「v.既成品種の作出に及ぼす受粉から種子発芽までの諸要因(相互関係)」を、既往知見等も含めて考察した。Ⅴ.「総合考察」では本研究の結果及び考察の総括を述べた。なお、

本研究で扱うサクラの学名表記は文献に基づき *Prunus* を使用した。

## 調査及び実験の結果

### 1. 原種候補種の推定

既往知見より、既成品種として 82 の早咲きのサクラ品種を確認した。既成品種（現在品種として広く認知されているもの）の原種の候補として、カンヒザクラ (*P. campanulata*)、シナミザクラ (*P. pseudocerasus*)、エドヒガン (*P. pendula* f. *ascendens*)、ヤマザクラ (*P. jamasakura*)、オオシマザクラ (*P. lannesiana* var. *speciosa*)、マメザクラ (*P. incisa*)、キンキマメザクラ (*P. incisa* var. *kinkiensis*) が挙げられた。そのうちカンヒザクラは、既成品種の前原種の候補（以下、原種候補種）として約半数で挙げられた。

既成品種はカンヒザクラと品種(雑種、変種を含む)の雑種と推定されているものが最も多く確認され (11 品種、13%)、次いでカンヒザクラとオオシマザクラの雑種と推定されているものが 10 品種で確認された (12%)。カンヒザクラとヤマザクラの雑種と推定されているものは 6 品種であった (7%)。全 82 品種のうちオオシマザクラが原種に含まれていると推定された品種は 21 品種であったが (26%)、そのうちの約 57%にあたる 12 品種で早咲きタイプのオオシマザクラが原種候補として挙げられた。また、既成品種の生育地を文献と踏査によって調べ、カンヒザクラの雑種と推定される品種は、関東以南の沿岸地に多く生育していることを確認した。

### 2. 原種候補種による交雑試験(基準雑種の作出)

前項 1 より既成品種の前原種として、カンヒザクラとヤマザクラ、オオシマザクラ、オオシマザクラ (早咲き性) (*P. lannesiana* var. *speciosa* cv.) の 4 種の可能性があるため、これら 4 種を用いて基準雑種の作出を試みた。基準雑種の作出は受粉、結実、発芽、生長の各段階に分けて検討し、この各段階別の特徴を調べて結果を述べた。

「受粉」では、はじめに交雑に用いた原種の受精能力を調べるため、花粉充実率と花粉粒径、花粉管発芽率について調べた。その結果、花粉充実率は、原種候補種 4 種のどの個体においても約 80%以上の比較的高い値を示し、4 種の差は認められなかった。オオシマザクラ及びオオシマザクラ (早咲き性) の花粉粒径は、カンヒザクラ、ヤマザクラに比べてやや小さい傾向を示した。花粉管発芽率は種によって異なり、オオシマザクラ 14%、ヤマザクラ、カンヒザクラ 7%、オオシマザクラ (早咲き性) 1%を示した。また、ヤマザクラ、オオシマザクラのいずれの花粉も 9 ヶ月後では約 1/2~1/3 にまで発芽能力が低下した。

次に交雑試験を行った。交雑試験は、カンヒザクラ及びもう一方の前原種としてのヤマザクラ、オオシマザクラ、オオシマザクラ (早咲き性) を用い、これらの正逆 6 通りの組合せを行った。その結果、カンヒザクラとヤマザクラ、カンヒザクラとオオシマザクラ、カンヒザクラとオオシマザクラ (早咲き性) の組合せの正逆 6 通り全てにおいて結実が

認められた。しかし、その結実率は、交雑した種の組合せの違いによる差が認められ、♀オオシマザクラ（早咲き性）×♂カンヒザクラ 18.0%、♀オオシマザクラ×♂カンヒザクラ 5.7%、♀カンヒザクラ×♂オオシマザクラ（早咲き性） 5.1%、♀ヤマザクラ×♂カンヒザクラ 3.7%、♀カンヒザクラ×♂オオシマザクラ 2.6%、♀カンヒザクラ×♂ヤマザクラ 0.7%の順となった。

発芽の段階として挙げるサクラ品種の種子発芽特性については定量的な知見が少ない。そこで交雑試験で得られた基準雑種の種子が高い確率で発芽できるように、前段階として原種候補種及び既成品種の種子を用いて発芽特性の検証を行った。原種候補種及び既成品種の種子発芽率は、オオシマザクラ（早咲き性）100%、‘熱海桜’ 68%、オオシマザクラ 50%、ヤマザクラ 41%、カンヒザクラ 19%を示した。また、これと同じ温度条件下（5℃）では、エドヒガン及びシダレザクラ（*P. pendula* f. *pendula*）の種子発芽率は7%と低かった。種子発芽に及ぼす温度と光、水分条件を調べた結果、オオシマザクラ（早咲き性）の種子発芽は低温（5、10℃）において高い発芽率が示された。また、採取直後に約 20℃の温度条件に置床し 10 ヶ月後に低温（10℃）に移した場合、高い発芽率（95%）を示すことがわかった。さらに種子含水率 6%の乾燥種子では発芽しなかった。

これらの結果からサクラ属の種子の発芽環境条件を設定し、基準雑種の種子発芽率の違いをみた。その結果、発芽率は交雑した種の組合せの違いによって差があり、カンヒザクラとオオシマザクラ（早咲き性）の組合せ、カンヒザクラとオオシマザクラの組合せ、カンヒザクラとヤマザクラの組合せの順に発芽率が高かった。また、花粉親、種子親の雌雄逆の組合せの違いによっても種子発芽率の差が認められ、カンヒザクラが花粉親となる場合に結実した種子は、カンヒザクラが種子親として結実した種子に比べ高い発芽率を示した。

### 3. 基準雑種の検証

著者が交雑し、作出した「基準雑種」について、目的とする原種で交雑されていることを検証すると同時に、これを指標として原種候補種や既成品種に関する形態や遺伝的組成を比較するため、種子、葉の形態、及び遺伝的組成を調べた。基準雑種の種子の形態をみた結果、カンヒザクラを種子親とした個体の種子は、カンヒザクラを花粉親とした個体の種子に比較して長径及び短径にばらつきが少なく、細長い形状を示す傾向が見られた。基準雑種の原種であるカンヒザクラの花の形態の違いについては、種の同定にも関わってくる。そこで、沖縄県と台湾で採取したカンヒザクラの花弁を比較した。その結果、沖縄のカンヒザクラの花弁は、台湾のカンヒザクラに比較し長径と短径の比率の個体差が大きいことが示唆された。

AFLP 分析の結果、基準雑種が目的とする原種の交雑で作出されていたことを確認した。また遺伝的組成の検証を行い主座標分析 (PCoA) 及び STRUCTURE 解析を行った結果、基準雑種を作出する際に原種として用いた種は 3 つの異なる遺伝的組成が示され、カンヒザクラ、ヤマザクラ、オオシマザクラに分けられた。オオシマザクラ（早咲き性）はこ

れら3つの遺伝的組成とは異なり、カンヒザクラとオオシマザクラの遺伝子が含まれること、すなわち、この2種の雑種であることが示唆された。次に、AFLP分析による基準雑種の検証後、原種候補種、特にカンヒザクラの地域集団ごとの遺伝的組成を調べ、基準雑種を指標として既成品種の遺伝的組成をみた。その結果、カンヒザクラは、中国、台湾、日本（沖縄）の地域集団ごとに異なる遺伝的組成が示された。また、日本の既成品種は、その多くが日本のカンヒザクラに由来していること、台湾の既成品種は、その多くが台湾のカンヒザクラに由来することが示唆された。ただし、中国や台湾のカンヒザクラの中には日本の系統の遺伝子を保有するものもみられた。由来に不明点のある既成品種14品種について、カンヒザクラとオオシマザクラの雑種が5品種、カンヒザクラとヤマザクラの雑種が4品種、原種の変異個体が3品種であることを明らかにした。また残りの2品種はそれぞれ複数の遺伝的組成を有しており、同品種の中にも異系統が含まれることが示唆された。

#### 4. 生存率と残存率の算定

カンヒザクラを花粉親とし、種子親をヤマザクラ、オオシマザクラ、オオシマザクラ（早咲き性）としたいずれの場合でも、結実した種子は発芽し、発芽から4年を経ても生存が認められた。一方、カンヒザクラを種子親とした場合では、花粉親をヤマザクラまたはオオシマザクラとした交雑では結実は認められたが種子は発芽せず、花粉親をオオシマザクラ（早咲き性）とした交雑で結実した種子のみが発芽し、発芽より4年を経ても生存が認められた。基準雑種に関して結実した果実（種子）に対する発芽後4年経過した時点の生存個体の割合（生存率）は、♀カンヒザクラ×♂オオシマザクラ（早咲き性）で42.6%となった。また、花粉親をカンヒザクラとした交雑試験では、♀ヤマザクラ×♂カンヒザクラ1.5%、♀オオシマザクラ×♂カンヒザクラ9.1%、♀オオシマザクラ（早咲き性）×♂カンヒザクラ22.8%となった。また、交雑（受粉）した花の数に対する、結実、種子発芽を経て発芽後4年目に生存している個体数の割合（残存率）は、♀ヤマザクラ×♂カンヒザクラ0.2%、♀オオシマザクラ×♂カンヒザクラ0.8%、♀オオシマザクラ（早咲き性）×♂カンヒザクラ3.2%となった。

#### 考察

以上の実験や調査の結果から、「1. 既往知見及び生育地からみた早咲きのサクラ品種の原種の推定」を行った。次いで、作出過程の問題とその要因を究明するために「2. 基準雑種の作出過程にみる受粉から種子発芽までの特性」を求めた。生長段階においては「3. 形態と遺伝的組成による基準雑種の検証及び早咲きのサクラ品種の原種の推定」を行い、「4. 作出交雑種（基準雑種）の出来る確率」を求め、基準雑種の作出に影響を及ぼす諸要因、すなわち「5. 受粉から種子発芽、生長までの過程の相互関係」をみた。

#### 1. 既往知見及び生育地からみた早咲きのサクラ品種の原種の推定

既往知見によれば既成品種の半数近くでカンヒザクラが原種候補種として挙げられていた。もう一方の原種には既存の品種が最も多く挙げられ、次いでオオシマザクラが

挙げられた。カンヒザクラとオオシマザクラとの雑種に比べてカンヒザクラとヤマザクラとの雑種は1/2程度であった。また、原種候補種と既成品種の生育地、分布からも既成品種の前種としては、カンヒザクラとオオシマザクラやヤマザクラの可能性が高いと考えられた。

## 2. 基準雑種の作出過程にみる受粉から種子発芽までの特性

実験と既往の知見との比較によって原種候補種の花粉充実率は必ずしも高いとは言えないことがわかった。また花粉粒径と結実率との相関も認められなかった。さらに花粉管発芽率と結実率の関係から、花粉管発芽率が低い種であっても結実を可能とすることが示唆された。ただし、花粉を保存すると花粉管発芽率が低下することから、開花直後の受粉が望ましいことがわかった。

交雑試験の結果から、カンヒザクラとヤマザクラ、オオシマザクラ、オオシマザクラ（早咲き性）の正逆6通りの組合せ全てで結実が認められた。結実率は、交雑試験の種の組合せにより差が認められ、カンヒザクラとオオシマザクラ（早咲き性）の交雑、カンヒザクラとオオシマザクラの交雑、カンヒザクラとヤマザクラの交雑の順に結実率が高くなった。

種子発芽試験の結果、雑種であっても高い種子発芽率を示す可能性のあること、低温（5、10℃）で発芽率が高くなること、暖温（20～25℃前後）を経て低温に置かれた場合に高い発芽率を示すこと、種子の乾燥によって発芽力を失うこと等から、自然環境下では夏季に湿ったリター下などの環境に置かれた種子が冬季前に発芽すると考えられた。この原種候補種の種子発芽条件で基準雑種の種子発芽率を求めたところ、交雑した種の組合せにより差が認められ、カンヒザクラとオオシマザクラ（早咲き性）の交雑で結実した種子は発芽率が高くなり、さらにカンヒザクラが花粉親の場合、種子親となる場合に比べて種子発芽率が高くなることが示唆された。

## 3. 形態と遺伝的組成による基準雑種の検証及び早咲きのサクラ品種の前種の推定

交雑試験の結果、種の組合せの違いによる種子形態の違いがみられた。これに既往知見を加えて比較した結果、カンヒザクラとの交雑によりできた雑種個体の種子では、種子親として交雑に使用した前種の種子と近い大きさとなった。既成品種の種子形態との比較でも、既成品種の種子形態は推定される前種の組合せでできた基準雑種の種子と近い大きさとなり、種子形態は品種の識別、既成品種の前種推定の一助になると考えられた。

また AFLP 分析の結果、基準雑種の遺伝的組成が明らかとなり、目的とする雑種個体が作出されていたことを確認した。同時に、オオシマザクラ（早咲き性）は、オオシマザクラとカンヒザクラの雑種であることが示唆された。既往知見ではオオシマザクラ（早咲き性）とオオシマザクラは外部形態では明らかな差異は認められず、開花期のみが異なるといわれていた。この結果と前項までの結果から、これらの2種間で花粉充実率や花粉粒径は似た傾向が示されるものの、花粉管発芽率、種子発芽特性、種子発芽後



4年目の生存率は異なることがわかった。

また、基準雑種と原種候補種、既成品種のAFLP分析の結果から、既成品種は(1)カンヒザクラとオオシマザクラの雑種、(2)カンヒザクラとヤマザクラの雑種、(3)原種の種内変異個体、(4)複数の遺伝的組成を示した品種、大きく4つのタイプに整理できた。ただし、原種であるカンヒザクラは日本(沖縄)と台湾、中国に生育する集団は遺伝的に異なっていること、また日本で生育していた既成品種は、その多くが日本のカンヒザクラに由来しており、台湾で生育していた既成品種は、その多くが台湾のカンヒザクラに由来していることが示唆された。

#### 4. 作出交雑種(基準雑種)の出来る確率

基準雑種を作出する交雑試験の結果、種子発芽後4年の生存率は、高い順に♀カンヒザクラ×♂オオシマザクラ(早咲き性)、♀オオシマザクラ(早咲き性)×♂カンヒザクラ、♀オオシマザクラ×♂カンヒザクラ、♀ヤマザクラ×♂カンヒザクラとなった。また、♀カンヒザクラ×♂オオシマザクラ、♀カンヒザクラ×♂ヤマザクラの交雑では種子発芽は認められなかった。本研究で用いたオオシマザクラ(早咲き性)を用いると比較的高い確率で雑種が出来るものと考えられた。

#### 5. 受粉から種子発芽、生長の相互関係

基準雑種の作出過程から、結実率と種子発芽率には正の相関が認められ、種子発芽率と種子発芽後4年目の生存率についても正の相関が認められた。このことから、結実率の高い交雑の組合せから得られた種子で高い発芽率が期待できること、また種子発芽率が高いことを示した場合には、その後生長させた苗が比較的高い確率で得られやすいことが示唆された。

#### まとめ

本研究は、現存する早咲きのサクラ品種の形成過程を究明することを目的とし、既往知見や生育地の調査によって推定した原種候補種を用いて実際に早咲きのサクラ品種を作出した。そして5年に亘る作出の過程で受粉、結実、発芽の諸問題と作出できた個体の確率を究明した。作出した個体を「基準雑種」とし、既成品種の原種の遺伝的組成を解析した。本研究の結果から、早咲きのサクラ品種に類する個体はカンヒザクラとヤマザクラ、カンヒザクラとオオシマザクラ、カンヒザクラとオオシマザクラ(早咲き性)の交雑で作出できることを確かめた。

基準雑種の生存率から、カンヒザクラとヤマザクラの交雑で生長に至るまでの確率は極めて低いこと、カンヒザクラとオオシマザクラの交雑についてもこれに次いで確率が低いこと、オオシマザクラ(早咲き性)とカンヒザクラの交雑で比較的高い確率の生存率を求めることができることがわかった。これらの知見と過程は、これまで混乱していた多くのサクラ品種を整理できると共に、由来解明及びサクラ品種の作出のための基礎知見になる。

SUMMARY

Early-flowering cherry trees are those that flower around February in Tokyo, Japan, one or two months earlier than *Prunus* × *yedoensis* (Someiyoshino) in the subgenus *Cerasus*, *Prunus*. In this study, I first hand-crossed the original species to generate “early-flowering cherry trees.” The candidate original species was designated the Estimated Original Species (EOS), and species conducted experimental crosses to create seedlings similar to the “early-flowering cherry trees” were designated Standard Samples of Hybrid (SSH). Next, reproductive processes—characteristics of pollination, fructification, seed germination, and growing—were studied while SSH are made. Thirdly, using either the morphology of seeds and petals or Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP) analysis, we identified the original species of unknown-existing species (US) and differences in the genetic composition in the distribution of EOS at the same time as the verification of the original species of the SSH after crossing. Fourth, survival rates were calculated from pollination to growing of different pairs of EOS crossings. The survival rate was a percentage of the number of survival for the fruit number of each individual. Fifth, the reasons for survival were assessed by analysis of the relationships among stage of pollination, fructification, seed germination, and growing. New hybrids of “early-flowering cherry trees” were successfully crossed from EOS and were called SSH. The hand-crossed SSH were generated by crossbreeding three lineages, *P. campanulata* × *P. jamasakura*, *P. campanulata* × *P. lannesiana* var. *speciosa*, and *P. campanulata* × *P. lannesiana* var. *speciosa* cv., which were used as both pollen and seed parents. These EOS were identified by examining previous studies or distribution of EOS. The combination between *P. campanulata* × *P. lannesiana* var. *speciosa* cv. (which were both used as both pollen and seed parents) had the highest survival rate to number of pollination or all fructified seeds in all four years, followed by that of *P. campanulata* × *P. lannesiana* var. *speciosa* and *P. campanulata* × *P. jamasakura*. *Prunus campanulata* distributed in the south of Japan, China, and Taiwan were genetically different from each other. The original species of “early-flowering cherry trees” with US origins were also identified using AFLP analysis, employing SSH as an indicator. Five cultivars were generated by crossings between *P. campanulata* × *P. lannesiana* var. *speciosa* and four from crossings between *P. campanulata* × *P. jamasakura*; three cultivars were intraspecific variations; and one cultivar had three genetic origins, while one had two. This study also revealed the characteristics of pollination, fructification, seed germination, and growing during crossing SSH—seeds of *P. lannesiana* var. *speciosa* cv. germinated well at 5 or 10°C after storage at 20°C for 3 months. Finally, a positive correlation was noted between the rate of fructification and the seed germination rate and between seed germination and survival rate to number of fructification. The number of fructifications and seed germination were important stage in the reproduction of “early-flowering cherry trees.”

## 謝辞

本論文は沢山の方々のご指導、ご支援によってまとめることができました。本論文に関して終始ご指導ご鞭撻を頂きました東京農業大学 鈴木貢次郎教授に心より感謝申し上げます。また、本論文の作成に当たり、副査としてご尽力いただき、多くの有用なご助言を賜りました、同大学濱野周泰教授、高橋新平教授、坂田洋一教授、亀山慶晃准教授に深謝致します。また、本研究のきっかけを頂き、いつも励ましの言葉を下さいました元同大学染郷正孝教授に心より御礼申し上げます。

本論文の執筆にあたって、同大学造園科学科の教員の皆様にはご助言を頂く場を設けて頂き、論文のまとめ方や表現について多くのご指導を賜るとともに、研究以外の様々な場面に至るまで終始、叱咤激励していただきました。深く感謝申し上げます。

本研究で用いた植物材料の一部は、国立遺伝学研究所及び公益財団法人 日本花の会より提供していただきました。国立遺伝学研究所 故・竹中要博士、日本花の会 田中秀明氏に心より御礼申し上げます。中国国内での植物材料の採取、調査においては、中国科学院昆明植物研究所の李景秀上級技師に多くのご協力を賜りました。また、台湾国内での植物材料の採取、調査においては、台湾国立中興大学森林学系の曾彦学副教授および同研究室の皆様には格別の配慮とご協力を賜りました。心より感謝申し上げます。

また、本論文の交雑試験により得られた苗を生育させる圃場を貸して下さった小杉造園株式会社 小杉左岐氏、NPO 法人悠久の郷 内山利勝氏、熱海市網代 石井喜代志氏をはじめとする皆様に厚く御礼申し上げます。

本研究の成果は、多くの東京農業大学卒業生及び在校生のご協力によるものです。生育地調査にご協力いただいた浅見（旧姓 東中）祐美子氏、小林伸二氏をはじめ、共にサクラ属サクラ亜属の研究を行った藤田さとみ氏、渥美直子氏、斎藤真吾氏、澁谷かずえ氏には、実験や調査において多くのご協力を頂きました。深く感謝申し上げます。

最後に、常に励まし応援してくれた家族、福岡でお世話になった皆様に、心から感謝申し上げます。