

リンゴ属植物の開花特性解析による授粉専用  
品種の選抜と利用技術に関する研究

2009

岩手大学大学院  
連合農学研究科  
生物生産科学専攻  
(岩手大学)

別所 英男

## 目 次

序論	1
第1章 授粉専用品種の開花特性の解明	10
1. 緒言	10
2. 材料及び方法	11
3. 結果	13
4. 考察	38
5. 摘要	46
第2章 授粉専用品種と栽培品種の交雑親和性	48
1. 緒言	48
2. 材料及び方法	49
3. 結果	52
4. 考察	62
5. 摘要	67
第3章 授粉専用品種の開花期に及ぼす各種要因の検討	70
1. 緒言	70

2. 材料及び方法	71
3. 結果	73
4. 考察	92
5. 摘要	98
第4章 授粉専用品種の生育、花芽着生性と台木との関係解明	102
1. 緒言	102
2. 材料及び方法	103
3. 結果	103
4. 考察	122
5. 摘要	126
第5章 選抜した授粉専用品種のウイルス感受性の解明	130
1. 緒言	130
2. 材料及び方法	131
3. 結果	133
4. 考察	140
5. 摘要	142

第6章 授粉専用品種の現地における適応性評価	143
1. 緒言	143
2. 材料及び方法	144
3. 結果	145
4. 考察	170
5. 摘要	175
総合考察	178
総摘要	193
謝辞	200
引用文献	203

## 序 論

リンゴは、カンキツに続く国内第2位の果樹として、年間80~90万トン生産される我が国の農業生産上重要な作物の一つであり、特に北海道、東北各県、長野県、群馬県等寒冷地においては地域経済を支える重要な換金作物である。また、リンゴはカリウム、リンゴ酸、食物繊維、ケルセチン等の抗酸化性物質等機能性成分が豊富であり、国民の食生活の向上や健康保持に重要な役割を果たしている。

我が国のリンゴ栽培は明治初期にアメリカやフランスから大果の栽培品種が導入されたのを契機に始まった。明治時代から昭和30年代にかけてはアメリカから導入された‘国光’、‘紅玉’の2大品種時代であったが、その後、昭和40年代には‘スターキング・デリシャス’がこれらの品種に取って代わり主要品種となった。我が国におけるリンゴの育種は1909年に青森県の前田顕三氏によるリンゴワタムシ抵抗性育種に始まり、その後1928年に青森県りんご試験場が開始し、園芸試験場東北支場（現在の独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所リンゴ研究拠点）においても1939年に開始された（吉田, 1986）。育種の主要な成果として、園芸試験場では1962年に晩生品種の‘ふじ’を育成し、青森県りんご試験場では1970年に早生品種の‘つがる’（青り2号）を育成した。2007年産のリンゴ生産量は84万トンであったが、そのうち‘ふじ’は全体の56%、‘つがる’は12%を占め、我が国の主要品種となっている。

リンゴ栽培種の原因はコーカサスや中央アジアの天山山脈周辺とされており、比較的乾燥した地域がリンゴ栽培に適すると考えられる。一方、温暖多雨な我が国の気象条件では、リンゴ樹の生育が旺盛になるとともに病害虫の発生等により、導

入当時はリンゴ栽培が困難であった。その後、不良環境条件を克服するため、有袋・無袋栽培、摘花・摘果剤、落果防止剤、草生管理、わい化栽培等の栽培技術や病害虫の防除技術の革新が進められ、リンゴの生産量は昭和40年代には100万トンを超えた。しかし、平成2年を最後にリンゴの生産量は100万トンを切っており、最近では品種の多様化とともに量から質への転換や環境に配慮した果実生産が重要となってきた。

リンゴは一般に自家不和合性を有し、経済品種を結実させるためには交雑和合性のある品種を授粉樹として混植する必要がある。我が国のリンゴ栽培は諸外国に比べて規模が小さく、単位面積当たりの収益を上げる必要がある。このため、高品質で贈答用としても人気が高い‘ふじ’を基幹品種として、収益性の高い品種が授粉樹として混植されてきた。しかし、着色系や早熟系‘ふじ’の増殖により、‘ふじ’の栽培比率が一層高まる傾向にあるとともに、不稔性の三倍体品種の植栽等により授粉樹の比率が低下し、リンゴ園地内の受粉環境が悪化する傾向にある。

一方、無登録農薬の使用を端緒に農薬取締法が改正され、生産現場では農薬のドリフト（飛散）が懸念されており、従来行われてきた栽培品種同士を相互に授粉樹として混植することが問題となってきた。すなわち、晩生品種と早生品種を混植した場合、薬剤の種類によっては晩生種には認められている9月上旬の病害虫に対する農薬の特別散布が早生品種の収穫期に当たるため、薬剤の種類によっては実施が困難な状況が発生している。このため、単一の品種を栽植し、異なる品種の混植を行わない「単植化」に対する生産者の要望が強まっている。

リンゴの単植化は病害虫防除、摘果、収穫等の作業の効率化及びコストの低減(Crassweller et al., 1980; Gothard, 1994)、適正な密度の授粉専用品種の導入による結

実率の向上、果実品質や収量の向上及び安定化が期待されている(Nyeki, 1982)。しかし、単植園で結実を確保するためには人工授粉または訪花昆虫による授粉が不可欠である。人工授粉は結実安定技術であると同時に、選択的に授粉を行うことで生産に不要な結実を制限する技術であるが、多くの労力を要する。そのため、栽培品種の適正な結実と摘果作業の省力化が図れる授粉専用品種による結実管理を行うことにより、商品性の高い品種の単植化栽培による収益増や栽培コストの低減が図られる。

リンゴ属にはヨーロッパ、アジア、北アメリカを原産地とする 25 の野生種が知られており(Rehder, 1940)、我が国にもミツバカイドウ(*M. sieboldii* Rehd.)やエゾノコリンゴ(*M. baccata* (L.) Borkh. var. *mandshurica*(Maxim.) Schneid.)等が自生している。これらの種は耐病性、耐寒性等の育種素材として用いられているとともに、果実や花等が変異に富んでおり観賞用樹としての価値が高い。クラブアップルは栽培品種と比べて果実が小さく酸味の強い野生リンゴの総称である。欧米ではクラブアップルが街路樹や庭園樹として広く利用されている。Fiala(1994)は観賞用クラブアップル品種の分類、来歴、特性、栽培法等についてその著書で詳細に記載している。野生種やクラブアップルを交雑親として新たな観賞用品種も育成されているが、古い品種では来歴が不明のものも多い。クラブアップルの中でリンゴの授粉樹として欧米で関心が持たれている種類としては、開花期が早く、開花量の多い *M. baccata* (L.) Borkh.由来の品種がある。また、*M. pumila* Mill. var. *niedwetzkyana* (Dieck) Schneid. は赤花であるため観賞用として多くの品種が育成されているが、開花期は栽培品種とほぼ同時期である。その他、*M. floribunda* Sieb.、*M. halliana* Koehne.、*M. X micromalus* Mak.、*M. X purpurea* (Barbier) Rehd.、*M. X robusta* (Carr.) Rehd.、*M. X zumi*

(Mats.) Rehd.等が検討されている。

Williams(1967)は、イギリスにおいて園地の効率的な管理を行うためにクラブアップルやリンゴ属野生種(以下クラブアップルと記す)が‘Cox’s Orange Pippin’の単植園において授粉樹として利用できることを報告している。Way(1978)は授粉専用品種に備えるべき特性として、果実が小さいこと、ウイルス抵抗性を有すること、開花量が豊富で毎年安定的に開花すること、花粉量が多いこと、二倍体品種であること、花粉の発芽率が高いこと、栽培品種と開花の同調性があること、火傷病抵抗性を有することをあげており、これらの選抜基準を満たす品種として‘Rosedale’、‘Pioneer Scarlet’、‘Manchurian’を選抜した。また、‘Golden Hornet’、‘Hillieri’、‘Winter Gold’、‘Aldenhamensis’は‘Cox’s Orange Pippin’と交雑和合性があり(Church and Williams, 1983a; Church and Williams, 1983b)、開花の早い品種と遅い品種を組み合わせることで果樹園に導入することにより、‘Cox’s Orange Pippin’の開花全期間を通じて花粉を供給することが可能とされている(Church et al., 1983)。アメリカでは‘デリシャス’、‘紅玉’、‘ゴールデン・デリシャス’、‘Gallia Beauty’、‘旭’の授粉樹としてクラブアップルの中から授粉用品種が選抜されている(Crassweller et al., 1980)。また、Laneら(1995)は新たな授粉専用品種を育成するため、開花期の同調性、花粉の利用期間、花粉稔性、訪花昆虫の選好性、腋花芽の着生が良好であること、隔年着花性が低いこと、樹勢が強いこと、樹姿が直立性であること、耐病性、耐寒性等を目標として4品種を育成した。その他、スウェーデン(Goldschmidt-Reischel, 1993)、ハンガリー(Nyeki et al., 1982)、韓国(Kang et al., 2002; Kang, 2004)等においてもクラブアップルの授粉樹利用に関する研究が行われている。我が国ではクラブアップルの授粉樹利用に関する研究は上田ら(2005)の報告はあるものの、今日まで授粉専用品

種に関する研究はほとんど行われていない。

授粉樹の条件として開花期の同調性は極めて重要である。Wertheim(1996)は開花期の同調性の基準として、授粉樹の開花期が対象栽培品種のそれに比べて数日早いことと、主要品種の開花期に合わせて開花期間が長いことを条件としている。すなわち、授粉用品種の花粉生産期間と栽培品種における雌ずいの花粉受容期間との一致が必要である(Williams and Sims, 1977)。リンゴの花が開花して葯が裂開し始めるまでにおよそ1日、大部分の葯が開葯するまで3～4日を要し(Church et al., 1983)、花粉の放出期間は開花始めの2日後から落花期までとされる(Williams and Sims, 1977)。一方、雌ずいの花粉受容期間は、開花から落花2日前までとされる(Williams and Sims, 1977)。品種の組み合わせや年次によって受精可能期間は異なり、条件が悪い場合には開花後1～2日間程度と短い場合があるが(Williams, 1965)、一般的には開花後3～4日間程度とされる(福島、1956)。これらの点を考慮すると、授粉用品種は栽培品種より数日開花が早い方が授粉樹の花粉の放出と栽培品種の開花時期が合致すると考えられる(Williams, 1975; Williams and Sims, 1977; Szklanowska and Dabska, 1991)。また、栽培品種との交雑和合性が高いことも授粉樹の条件として重要である。‘ふじ’を始めとする多くの栽培品種は、自家不和合性により同一品種の花粉では結実しない。また、異なる品種間の交雑で不結実、あるいは結実率の極めて低い組合せが報告されている(Latimer, 1937; 吉田ら, 1963; 石山ら, 1995)。リンゴの自家不和合性は、雌ずいの柱頭内の阻害物質によって引き起こされる配偶体型不和合であり、今までに不和合性に関与するS遺伝子が同定され(Broothaerts et al., 1995; Janssens et al., 1995)、多くのリンゴ品種でS遺伝子型が明らかにされている(Sakurai et al., 1997、小森ら, 1998、Matsumoto et al., 1999)。このほか交雑親和性に

関与する要因としては、倍数性、雄性不稔、雌性不稔、不稔花粉の多少、自家結実性、単為結果性等が指摘されている(Horticultural Education Association Fruit Committee, 1960)。一方、交雑組み合わせにおいて、種子親と花粉親の S 遺伝子を共有しない場合は完全和合となるが、両親が S 遺伝子を 1 個共有する場合は半和合となる。リンゴやセイヨウナシを用いて、S 遺伝子型の組み合わせから完全和合、半和合となる交雑組み合わせについて結実率や種子数に及ぼす S 遺伝子の共有程度の影響が検討されている(Goldway et al., 1999; Zisovich et al., 2005)。現在、多くの県では授粉樹の選定基準として、半和合の組み合わせとなる品種についても授粉樹として推奨されており、完全和合と半和合の交雑組み合わせにおける受粉効果について明らかにする必要がある。

地球温暖化により毎年の気象変動が大きくなり、落葉果樹においては冬期の温度上昇が休眠等に影響を与え、発芽期や開花期の変動が懸念されている。落葉果樹の開花期に影響する要因として、自発休眠を覚醒させるための冬期の低温と自発休眠終了後の高温要求性が関係する(Gianfagna・Mehlenbacher, 1985)。リンゴの低温要求性は品種や種によって異なり (Ghariani and Stebbins, 1994; Hauagge and Cummins, 1991)、自発休眠終了後の温度が発芽や開花の早晩に及ぼす影響は大きい(鈴木・丹野, 1970; 市田ら, 1976; 鎌田, 1992)。また、リンゴの開花期は毎年の気象変化だけでなく、樹体の栄養条件等によっても影響され、台木(Young・Werner, 1984)、樹齢(Williams, 1975)等の影響も指摘されている。しかし、クラブアップル等の授粉専用品種については、これらの環境要因や樹体要因が開花期に及ぼす影響を検討した報告は見あたらない。授粉専用品種の選択に当たっては、環境や樹体要因による開花期の変動が少ない品種を選ぶ必要がある。

クラブアップルと栽培品種は遺伝的な特性が異なるため、実際の栽培においてはクラブアップルの生育特性及び花芽の着生特性を解明し、その特性に応じた栽培管理を行う必要がある。クラブアップルを園地へ導入する場合には苗木で導入する場合と既存樹に高接ぎする方法がある。リンゴではわい性台木としてM系台木が選抜されたのを契機として、リンゴの栽培品種と各種台木の組み合わせによる生育、収量、果実品質等について検討が行われ(Sudds, 1939; 土屋ら, 1970; 別所ら, 1986)、わい化栽培が広く普及に移されている。また、農林水産省果樹試験場(現独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所(以下、果樹研究所と記す))において、我が国の環境条件に適する優良なわい性台木を選抜するため、マルバカイドウとM.9台の交雑により、わい化性と挿し木繁殖性を兼ね備えたJM台木が育成された(Soejima et al., 1998)。一方、クラブアップルは花芽の着生が良好であるため、栽培品種と比べて樹勢の劣る場合が多い(Williams and Church, 1983)。樹勢が衰弱し新梢生長が止まると十分な花芽量を確保することができない。しかし、クラブアップル品種の生育、花芽着生性、品種の樹勢に合った台木の選択等に関する試験はこれまでほとんど検討されていない。授粉専用品種と台木の接ぎ木親和性を解明するとともに、樹勢に応じた台木を選択する必要がある。

クラブアップルの生育については、ウイルスの関与によるM系台木に接ぎ木した際の不活着や接ぎ木後の生育不良や(Campbell, 1962)、クラブアップルの実生を栽培品種の台木として用いた際の不活着等繁殖上の問題点が指摘されている。我が国では1930年代始めにアメリカから導入した‘ゴールデン・デリシャス’や‘スターキング・デリシャス’を高接ぎすることによってマルバカイドウ等の台木が衰弱した高接ぎ病の発生が問題となった(Yanase, 1974)。高接ぎ病の発生にはACLSV、

ASPV、ASGV 等の潜在ウイルスが関与しており、ACLSV にはマルバカイドウに衰弱を起こす系統と潜在感染する系統が知られている。Fridlund・Aichele(1987)は37種類のクラブアップルに対して ACLSV、ASPV、ASGV を接種し、ACLSV については3種類が罹病性であり、ASPV に対しては13種類が罹病性であるとした。また、罹病性の高い系統の中には各種ウイルスの指標植物として利用されているものがある(Fridlund, 1980; 柳瀬・山口, 1982; 町田, 1995; Howell and Mink, 1996)。このように、クラブアップルは ACLSV、ASPV、ASGV 等の潜在ウイルスに対して感受性の品種が多いため、既存樹への高接ぎによるウイルスの感染が懸念される(Williams・Church, 1983; Parish, 1982)。しかし、国内で保存するクラブアップル品種の多くは、各種潜在ウイルスに対する反応性が明らかにされていない。

海外では10ha以上の大規模園地で授粉専用品種が導入されていることが多いが、我が国の小規模な園地条件での利用例は報告されていない。我が国は温暖多雨の気象条件を有するため、乾燥した欧米のリンゴ産地に比べて、リンゴの樹勢が強くなりやすい。また、我が国では果実を贈答品として利用する習慣があるため、果実の外観、食味等に求められる品質条件の水準が高い。このため、我が国のリンゴ栽培・品質条件に合った授粉専用品種の選択並びに実用的な利用技術の開発が求められている。また、授粉専用品種に関する技術開発及び普及の加速化を図るためには、果樹研究所内の基礎的な研究に加えて、生産者の協力を得て授粉専用品種の現地試験を行い、異なる園地条件での授粉専用品種の特性を解明する必要がある。

本研究は、我が国の主要品種である‘ふじ’と‘つがる’に適する授粉専用品種を選抜するとともに、それらの現地への適応条件を解明するための基盤的研究を目的として、以下の試験を行った。第1章では、日本国内で保存しているクラブアッ

プルを材料として開花生態、開花量等について調査し、‘ふじ’や‘つがる’の授粉専用品種としての適応性を評価した。第2章では、クラブアップルと栽培品種との交雑試験を行い、結実率や種子数について調査し、授粉専用品種の交雑和合性を明らかにした。第3章では、開花期に及ぼす地域、気温、台木、樹齢の影響について検討し、環境及び樹体要因と開花期の関係について明らかにした。第4章では、授粉専用品種を各種台木に接ぎ木して養成した授粉樹の生育や花芽着生性を調査し、各種授粉専用品種に適した台木を選抜した。第5章では、現地での高接ぎによる生存率を調査するとともに、授粉専用品種の苗木に対して各種潜在ウイルスの接種を行い、授粉専用品種の潜在ウイルスに対する感受性を評価した。第6章では授粉専用品種を現地で高接ぎまたは苗木で導入し、生育や開花状況について調査し、授粉専用品種の効率的な園地への導入条件を解明した。

## 第1章 授粉専用品種の開花特性の解明

### 1. 緒 言

リンゴの単植化は、同一園地内において収穫時期の異なる品種を混植することによって生じる農薬ドリフトの対策技術及び栽培管理の単純化による低コスト栽培技術として注目されている。Williams(1967)は、‘Cox’s Orange Pippin’の単植園において*M. aldenhamensis*、*M. floribunda*、‘Hillieri’が授粉樹として利用できることを報告している。また、‘Golden Hornet’、‘Hillieri’、‘Winter Gold’、‘Aldenhamensis’は‘Cox’s Orange Pippin’と交雑和合性があり(Church and Williams, 1983a; Church and Williams, 1983b)、開花の早い品種と遅い品種を組み合わせると果樹園に導入することにより、‘Cox’s Orange Pippin’の開花全期間を通じて花粉を供給することが可能とされている(Church et al., 1983)。アメリカでは‘デリシャス’、‘紅玉’、‘ゴールデン・デリシャス’、‘Gallia Beauty’、‘旭’の授粉樹としてクラブアップルの中から授粉用品種が選抜されている(Crassweller et al., 1980)。スウェーデン(Goldschmidt-Reischel, E., 1993)、韓国(Kang et al., 2002; Kang, 2004)等においてもクラブアップルの授粉樹利用に関する研究が行われている。

一方、我が国ではクラブアップルを栽培品種の授粉樹として利用する研究は上田ら(2005)の報告はあるものの、今日まで授粉専用品種に関する研究はほとんど行われていない。また、海外で授粉樹として選抜されたクラブアップル品種は日本に導入されていないものが多く、授粉専用品種は国内で保存している遺伝資源の中から選抜していく必要がある。さらに、リンゴの開花期は気象条件の影響を受けやすい

ため、我が国の気象条件下における栽培品種と授粉専用品種との開花期の同調性について評価する必要がある。

本章においては、我が国の主要品種である‘ふじ’と‘つがる’に適する授粉専用品種の選抜を目的に、日本国内で保存しているクラブアップルについて開花生態、栽培品種との交雑和合性を調査した。

## 2. 材料および方法

### 開花特性の解明

果樹研究所リンゴ研究拠点に保存しているクラブアップルの中から開花量の多い20品種を選んで2003年から2008年にかけて開花特性を調査した。供試品種の来歴はTable 1-1に示すとおりである。

2005～2007年に花器官、開花生態及び果実特性について調査し、開花期の同調性等‘ふじ’および‘つがる’の授粉樹としての適性を評価した。花器官については、花弁色、花弁数及び雄ずい数を、開花生態については、頂芽及び腋芽の開花日（中心花開花始め日、中心花満開日、側花開花始め日、側花満開日）、開花量及び落花日を調査した。開花始め日は連続する2～3個の開花がみられた日、満開日は全体の8割が開花した日、落花日は全体の8割の花弁が落花した日とした。開花量は2003年から2008年にかけて、0（無）、1（少）、2（中）、3（多）、4（極多）の5段階で観察により調査した。また、5年間にわたる樹毎の開花量の標準偏差を平均値で除した値を変動係数として求め、品種の隔年着花性（隔年結果性）を表す指標として用いた。

Table 1-1. Origin of crabapples, wild species and apple cultivars used in this experiment.

Group	Cultivar	Parentage or species
Crabapple	<i>M. X atrosanguinea</i> 20004522	<i>M. X atrosanguinea</i> (Spaeth) Schneid.
Crabapple	Carmine	<i>M. X atrosanguinea</i> (Spaeth)
Crabapple	Jack	<i>M. baccata</i> Jackii Rehd.
Crabapple	Japanese	<i>M. floribunda</i> Sieb
Crabapple	<i>M. turesii</i>	Unknown
Crabapple	Makamik	Open pollinated seedling of <i>M. pumila niedzwetzkyana</i> (Dieck)
Crabapple	Maypole	Wijcik × Baskatong
Crabapple	Peachleaf	<i>M. X robusta persicifolia</i> Rehd.
Crabapple	Profusion 91039	<i>M. X moerlandsii</i> Doorenbos
Crabapple	Red Splendor	Open pollinated seedling of Red
Crabapple	Red Bud	<i>M. X Zumi calocarpa</i> (Rehd.) Rehd.
Crabapple	Sentinel	Unknown
Crabapple	Snowdrift	Unknown
Wild species	<i>M. baccata</i> 79091	<i>M. baccata</i> (L.) Borkh.
Wild species	Mandshurica-1	<i>M. baccata mandshurica</i> (Maxim.)
Wild species	Nagasakizumi	<i>M. X micromalus</i> Mak.
Wild species	Nepal Apple Col. No. 85-134-2	Unknown
Wild species	Shandingzi-1	<i>M. baccata</i> (L.) Borkh.
Wild species	Xiaohuanghaitang	<i>M. prunifolia</i> Borkh.
Wild species	Xifuhaitang	<i>M. X micromalus</i> Mak.
Apple cultivar	Fuji	Ralls Janet X Delicious
Apple cultivar	Indo	Golden Delicious X Indo
Apple cultivar	Orin	Golden Delicious X Indo
Apple cultivar	Tsugaru	Golden Delicious X Jonathan

### クラブアップルの着果負担が花芽形成に及ぼす影響

クラブアップルの中には隔年着花性を有する品種があるため、‘Maypole’（以下‘メイポール’と記す）の成木を供試して、着果負担を変えて花芽形成に対する影響について検討した。摘果処理は2005～2007年にかけて行い、2005年は1花そう1果区、枝10cmに1果区、無摘果区の3処理区を設け、2006年は前年の3処理区に2花そう1果区加えた4処理区を、2007年は2006年の4処理区にさらに10cmに1果そう区を加えた5処理区を設け、翌年の花芽数を頂芽、腋芽別に調査した。

## 3. 結 果

### (1) 花器官の形態

大部分のクラブアップルや栽培品種は白い花弁を有していたのに対して、‘Makamik’、‘メイポール’、Profusion 91039、‘Red Splendor’は紫紅色の花弁であった(Table 1-2)。供試したクラブアップルの花弁数はほとんどが5枚であり、八重咲きの品種は無かった。また、葯数は15～23本であったが、Xifuhaitang（以下西府海棠と記す）、‘Redbud’、*M. baccata* 79091は22本以上と多かった。

### (2) 果実重

主要なクラブアップル品種の果実重は、1gに満たないものから50g程度の大きさまで変異が認められたが、10g未満の品種が多かった(Table 1-3)。*M. baccata* 79091、‘Redbud’、Shandingzi-1（以下山定子-1と記す）、‘Sentinel’、*M. X atrosanguinea*

Table 1-2. Flower morphology of crabapples and apple cultivars in 2007<sup>z</sup>.

Cultivar	Petal color	Petal number	Anther number
<i>M. X atrosanguinea</i>			
20004522	White	5.0±0	20.3±0.1
Carmine <sup>y</sup>	White	-	-
Jack	White	5.3±0.2	21.1±0.4
Japanese	White	5.0±0	19.6±0.2
<i>M. baccata</i> 79091	White	5.0±0	22.5±0.6
<i>M. turesii</i>	White	5.0±0	21.4±0.5
Makamik	Purple	5.0±0	19.9±0.2
Mandshurica-1	White	5.0±0	19.3±0.3
Maypole	Purple	5.0±0	17.6±0.5
Nagasakizumi	White	5.2±0.1	21.7±0.5
Nepal Apple Col. No. 85-134-2	White	5.0±0.1	20.5±0.2
Peachleaf	White	5.0±0	19.7±0.1
Profusion 91039	Purple	5.0±0	19.4±0.4
Red Splendor	Purple	5.0±0	15.8±1.0
Redbud	White	5.0±0	22.7±0.7
Sentinel	White	5.0±0.1	18.6±0.4
Shandingzi-1	White	5.0±0	20.1±0.1
Snowdrift	White	5.0±0	19.9±0.1
Xifuhaitang	White	5.2±0.1	23.4±0.8
Tsugaru	White	5.0±0	18.9±0.3
Orin	White	5.0±0	18.2±0.5

<sup>z</sup> Values are means ± standard errors (n=20).

<sup>y</sup> Petal number and anther number of 'Carmine' was not recorded, but it had a single flower.

Table 1-3. Fruit weight of crabapple cultivars in 2008.

Cultivar	Rootstock	Fruit weight (g)
<i>M. baccata</i> 79091	JM7	0.6
Redbud	JM7	0.7
Shandingzi-1	JM7	0.9
Sentinel	<i>M. prunifolia</i>	1.0
<i>M. X atrosanguinea</i> 20004522	<i>M. prunifolia</i>	1.0
Sentinel	JM1	1.0
Redbud	<i>M. prunifolia</i>	1.1
Snowdrift	JM7	1.2
Jack	JM1	1.2
<i>M. turesii</i>	JM7	1.4
Red Splendor	JM7	1.9
Nagasakizumi	JM7	3.2
Peachleaf	JM1	3.8
Profusion	JM1	3.9
Yaehanakaido	M.9EMLA	4.1
Profusion	JM7	4.1
Makamik	JM1	5.5
Makamik	JM7	6.1
Makamik	<i>M. prunifolia</i>	8.9
Xiaohuanghaitang	<i>M. prunifolia</i>	15.3
Xiaohuanghaitang	JM7	17.8
John Donie	M.26	21.8
Neville Corpman	<i>M. prunifolia</i>	22.8
Dolgo	M.9EMLA	24.7
John Downie	M.9EMLA	37.2
Maypole	Seedling	40.2
Nepal Apple Col. No. 85-134-2	M.26	51.9

20004522、‘Snowdrift’、‘Jack’、*M. turesii*、‘Red Splendor’は2 g未満と極めて小さい果実であった。一方、Nepal Apple Col. No. 85-134-2、‘メイポール’、‘John Downie’、‘Dolgo’、‘Neville Corpman’、Xiaohuanghaitang（以下、小黃海棠と記す）は10g以上と比較的大きかった。

### (3) 開花期

供試品種の開花日は、‘ふじ’の開花日を基準とし、‘ふじ’との偏差で、開花日が‘ふじ’より1日遅い場合は+1、‘ふじ’より1日早い場合は-1と表現した。2005～2007年における‘ふじ’の頂芽中心花開花始め日の平均値は5月13日であった(Table 1-4)。同様に、頂芽中心花満開日は5月17日、頂芽側花始め日は5月15日、頂芽側花満開日は5月19日であった。‘つがる’の開花期間は‘ふじ’とほぼ同様であった。Nepal Apple Col. No. 85-134-2、*Mandshurica-1*（以下マンシュウズミ-1と記す）、西府海棠(Xifuhaitang)、*M. baccata* 79091、‘Red Splendor’、ナガサキズミ、‘メイポール’、‘Peachleaf’の頂芽中心花における開花始め日は‘ふじ’より有意に早かった。

中心花満開日、側花始め日、側花満開日、落花日については品種と年の交互作用が有意に認められた。中心花満開日の品種間差について2006年は小さかったが、2005年及び2007年は大きかった(Table 1-5)。

‘ふじ’の腋芽開花日に対するクラブアップルの腋芽の相対的な開花日をTable 1-6に示した。‘ふじ’の中心花開花始め日は5月18日、中心花満開日は5月20日、側花始め日は5月19日、側花満開日は5月23日、落花日は5月27日であった。いずれの項目も品種と年の交互作用が認められた。腋芽開花日の品種間差

Table 1-4. Relative blooming period<sup>z</sup> of terminal bud in crabapple cultivars, 'Tsugaru' and 'Fuji' in 2005-2007.

Cultivar	King flower		Lateral flower		Petal fall of terminal bud
	First bloom	Full bloom	First bloom	Full bloom	
Nepal Apple Col. No. 85-134-2	-4.5 <sup>z</sup> a <sup>y</sup>	-5.8 a	-5.2 a	-6.7 a	-4.8 a
Mandshurica-1	-3.3 ab	-3.9 bc	-3.3 abc	-4.5 b	0.6 efg
Xifuhaitang	-3.2 ab	-4.3 ab	-3.8 ab	-4.2 bc	-3.3 ab
<i>M. baccata</i> 79091	-2.7 bc	-3.3 bcd	-3.3 abc	-4.3 bc	-1.2 bcde
Red Splendor	-2.5 bc	-2.7 bcde	-1.8 cde	-2.5 cdef	-0.7 cde
Nagasakiyumi	-2.4 bc	-4.1 abc	-2.2 bcd	-3.2 bcd	-1.7 bcde
Maypole	-1.8 bcd	-3.0 bcd	-2.8 bc	-3.7 bcd	-2.0 abc
Peachleaf	-1.8 bcd	-2.3 cde	-1.8 cde	-3.2 bcd	-2.5 abc
Makamik	-1.7 bcde	-1.7 defg	-2.3 bcd	-1.7 defg	-1.0 bcde
Sentinel	-1.7 bcde	-2.0 def	-1.5 cdef	-1.8 defg	2.3 fgh
Jack	-1.3 cdef	-2.0 def	-1.7 cdef	-2.7 bcde	-1.3 bcde
Shandingzi-1	-1.3 cdef	-3.0 bcd	-2.3 bcd	-4.7 b	-1.7 bcde
Japanese	-0.3 defg	-1.0 efgh	-0.5 defg	0.0 ghi	3.7 h
Profusion 91039	0.2 fg	-0.5 fghi	0.0 efgh	-1.0 efgh	2.7 gh
Carmine	1.0 gh	-0.3 fghi	0.2 fgh	-1.0 efgh	3.7 h
<i>M. turesii</i>	1.1 gh	-0.3 fghi	0.8 gh	-0.3 ghi	0.5 efg
Redbud	2.2 h	0.8 i	1.0 gh	-0.5 fghi	4.0 h
Snowdrift	2.3 h	0.8 i	1.7 h	0.0 ghi	3.7 h
<i>M. X atrosanguinea</i> 20004522	1.2 gh	0.0 ghi	0.7 gh	1.2 i	4.3 h
Tsugaru	0.0 efg	-0.3 fghi	1.0 gh	1.0 hi	2.3 fgh
Fuji	0.0 efg	0.0 ghi	0.0 efgh	0.0 ghi	0.0 def
Fuji (average blooming dates )	May 13	May 17	May 15	May 19	May 23
Significance <sup>x</sup>					
Cultivar	**	**	**	**	**
Year	**	**	**	**	NS
Cultivar X Year <sup>w</sup>	NS	**	*	*	**

<sup>z</sup> Data indicates deviation with blooming date of 'Fuji'.

<sup>y</sup> Mean separation within columns by least significant difference (LSD) test at P=0.05.

<sup>x</sup> NS, \*\*, \*\*\* = nonsignificant, P=0.05, P=0.01, respectively.

<sup>w</sup> Testing for interaction in two-way ANOVA method when there is only one observation per cell is given with Tukey's one-degree of freedom test.

Table 1-5. Yearly changes of blooming period of terminal bud of crabapple cultivars in 2005-2007.

Cultivar	Full bloom of king flower				Full bloom of lateral flower			
	2005	2006	2007	Average <sup>z</sup>	2005	2006	2007	Average <sup>z</sup>
Nepal Apple Col. No. 85-134-2	-7.0 <sup>y</sup>	-2.5	-8.0	-5.8±1.7	-8.0	-3.7	-8.5	-6.7±1.5
Xifuhaitang	-7.0	-1.5	-4.5	-4.3±1.6	-6.5	-3.0	-3.0	-4.2±1.2
Nagasakiyumi	-7.3	-0.7	-4.3	-4.1±1.9	-7.0	-1.3	-1.3	-3.2±1.9
Mandshurica-1	-6.0	-1.0	-4.7	-3.9±1.5	-8.0	-2.3	-3.3	-4.5±1.8
<i>M. baccata</i> 79091	-4.0	-1.5	-4.5	-3.3±0.9	-5.5	-3.5	-4.0	-4.3±0.6
Maypole	-4.0	-1.0	-4.0	-3±1	-4.0	-3.0	-4.0	-3.7±0.3
Shandingzi-1	-3.0	-2.0	-4.0	-3±0.6	-6.0	-4.0	-4.0	-4.7±0.7
Red Splendor	-4.5	-0.5	-3.0	-2.7±1.2	-3.0	-2.0	-2.5	-2.5±0.3
Peachleaf	-3.0	-1.0	-3.0	-2.3±0.7	-3.5	-2.0	-4.0	-3.2±0.6
Jack	-2.0	-1.0	-3.0	-2±0.6	-3.0	-2.0	-3.0	-2.7±0.3
Sentinel	-3.0	-1.0	-2.0	-2±0.6	-2.0	-1.5	-2.0	-1.8±0.2
Makamik	-3.0	0.0	-2.0	-1.7±0.9	-2.0	-1.0	-2.0	-1.7±0.3
Japanese	-2.0	0.5	-1.5	-1±0.8	-2.5	2.0	0.5	0±1.3
Profusion 91039	0.0	0.5	-2.0	-0.5±0.8	-1.0	-1.0	-1.0	-1±0
<i>M. turesii</i>	0.5	0.3	-1.7	-0.3±0.7	-1.0	-1.0	1.0	-0.3±0.7
Carmine	-0.5	0.5	-1.0	-0.3±0.4	-2.0	-0.5	-0.5	-1±0.5
<i>M. X atrosanguinea</i> 20004522	0.0	1.0	-1.0	0±0.6	-1.0	2.0	2.5	1.2±1.1
Redbud	1.5	1.0	0.0	0.8±0.4	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5±0
Snowdrift	1.0	1.5	0.0	0.8±0.4	0.0	-1.0	1.0	0±0.6
Tsugaru	0.0	1.0	-2.0	-0.3±0.9	1.0	1.0	1.0	1±0
Fuji	0.0	0.0	0.0	0±0	0.0	0.0	0.0	0±0
Average	-2.5	-0.4	-2.7	-1.9	-3.1	-1.3	-1.8	-2.1

<sup>z</sup> Values are means ± standard errors (n=3).

<sup>y</sup> Data indicates deviation with blooming date of 'Fuji'.

Table 1-6. Relative blooming period of axillary bud in crabapple cultivars, wild species, 'Tsugaru' and 'Fuji' in 2005-2007.

Cultivar	King flower		Lateral flower		Petal fall of axillary bud
	First bloom	Full bloom	First bloom	Full bloom	
Nepal Apple Col. No. 85-134-2	-8.7 <sup>z</sup> a <sup>y</sup>	-8.0 a	-8.7 a	-8.2 a	-5.8 a
Xifuhaitang	-6.8 ab	-6.3 ab	-7.3 ab	-5.8 bcd	-5.3 ab
<i>M. baccata</i> 79091	-6.3 b	-6.3 ab	-6.0 bc	-7.2 ab	-4.3 abc
Nagasakizumi	-6.3 b	-6.3 ab	-5.5 bcd	-6.0 bcd	-4.6 abc
Mandshurica-1	-6.2 b	-5.7 b	-5.5 bcd	-5.2 cde	-2.0 e
Makamik	-5.7 bc	-5.3 bc	-4.0 cdef	-4.7 cdef	-4.0 abcd
Red Splendor	-5.3 bcd	-4.7 bcd	-4.8 cde	-4.3 def	-2.8 cde
Shandingzi-1	-5.0 bcd	-6.0 ab	-6.0 bc	-6.3 abc	-5.0 <sup>y</sup>
Jack	-3.7 cde	-4.3 bcde	-3.7 defg	-5.0 cdef	-4.3 abc
Sentinel	-3.3 def	-3.5 cdef	-2.7 efgh	-4.2 defg	0.3 f
Peachleaf	-3.2 defg	-2.8 defg	-2.8 efgh	-4.2 defg	-3.7 bcde
Carmine	-2.5 efg	-2.3 efgh	-2.8 efgh	-2.0 hij	1.0 f
<i>M. X atosanguinea</i> 20004522	-2.3 efg	-1.8 fghi	-1.7 ghi	-1.5 ijk	1.0 f
Japanese	-2.2 efgh	-2.5 efgh	-2.2 fghi	-2.3 ghij	0.7 f
<i>M. turesii</i>	-1.9 efgh	-2.2 fgh	-1.6 ghi	-3.2 fghi	-2.4 de
Maypole	-1.7 efgh	-2.7 defg	-1.3 hi	-3.7 efgh	-4.0 abcd
Profusion 91039	-1.3 fgh	-0.5 hi	-0.8 hi	-0.7 jk	0.5 f
Redbud	-1.2 fgh	-0.8 ghi	-1.8 fghi	-1.7 ijk	0.3 f
Snowdrift	-1.0 gh	-1.0 ghi	-1.2 hi	-1.7 ijk	0.2 f
Tsugaru	-1.0 gh	1.3 j	-0.3 i	1.3 l	1.0 <sup>y</sup>
Fuji	0.0 h	0.0 ij	0 i	0.0 kl	0.0 f
Fuji (average blooming dates )	May 18	May 20	May 19	May 23	May 27
Significance <sup>x</sup>					
Cultivar	**	**	**	**	**
Year	**	NS	**	**	**
Cultivar X Year <sup>w</sup>	**	**	**	*	**

<sup>z</sup> Data indicates deviation with blooming date of 'Fuji'.

<sup>y</sup> Mean separation within columns by least significant difference (LSD) test at P=0.05.

<sup>x</sup> NS, \*\*, \* = nonsignificant, P=0.05, P=0.01, respectively.

<sup>w</sup> Testing for interaction in two-way ANOVA method when there is only one observation per cell is given with Tukey's one-degree of freedom test .

は2006年は小さかったが、2005年及び2007年は大きかった(Table1-7)。西府海棠、ナガサキズミ、マンシュウズミ-1では中心花開花始め日の年次間差が大きかった(データ省略)。これらの品種を除いた場合、Nepal Apple Col. No. 85-134-2、*M. baccata* 79091、‘Makamik’、‘Red Splendor’、山定子-1、‘Jack’、‘Sentinel’、‘Peachleaf’、‘Carmine’、*M. X atrosanguinea* 20004522は、‘ふじ’に比べて中心花開花始め日が早いと考えられた(Table1-6)。中心花満開日については、西府海棠、Profusion 91039、‘つがる’の年次間差が大きかった(Table 1-7)。これらの品種を除いた場合には、Nepal Apple Col. No. 85-134-2、*M. baccata* 79091、ナガサキズミ、マンシュウズミ-1、‘Makamik’、‘Red Splendor’、山定子-1、‘Jack’、‘Sentinel’、‘Peachleaf’、‘Carmine’、‘Japanese’、*M. turesii*、‘メイポール’の中心花満開日は、‘ふじ’より早いと考えられた(Table 1-6)。側花の開花始め日については西府海棠及びマンシュウズミ-1で年次間差が大きかった(データ省略)。両品種を除いた場合には、Nepal Apple Col. No. 85-134-2、*M. baccata* 79091、ナガサキズミ、‘Makamik’、‘Red Splendor’、山定子-1、‘Jack’、‘Sentinel’、‘Peachleaf’、‘Carmine’の側花開花初めは‘ふじ’より早いと考えられた(Table1-6)。側花満開日については、Nepal Apple Col. No. 85-134-2、山定子-1、‘Red Splendor’、‘Sentinel’で年次間差が大きかった(Table1-7)。これらの品種を除いた場合、西府海棠、*M. baccata* 79091、ナガサキズミ、マンシュウズミ-1、‘Makamik’、‘Jack’、‘Peachleaf’、‘Carmine’、‘Japanese’、*M. turesii*、‘メイポール’の側花満開日は‘ふじ’より早いと考えられた(Table1-6)。落花日の年次間差はNepal Apple Col. No. 85-134-2で大きかった(データ省略)。本品種と反復数の足りなかった山定子-1及び‘つがる’を除いた場合には、西府海棠、*M. baccata* 79091、ナガサキズミ、マンシュウズミ-1、‘Makamik’、‘Red Splendor’、‘Jack’、‘Peachleaf’、

Table 1-7. Yearly changes of blooming period of axillary bud in 2005-2007.

Cultivar	Full bloom of king flower				Full bloom of lateral flower			
	2005	2006	2007	Average <sup>z</sup>	2005	2006	2007	Average <sup>z</sup>
Nepal Apple Col. No. 85-134-2	-9.0 <sup>y</sup>	-6.0	-9.0	-8±1	-8.5	-5.5	-10.5	-8.2±1.5
Xifuhaitang	-8.5	-4.5	-6.0	-6.3±1.2	-5.5	-5.0	-7.0	-5.8±0.6
Nagasakiyumi	-7.7	-4.3	-7.0	-6.3±1.0	-7.0	-4.0	-7.0	-6±1
<i>M. baccata</i> 79091	-6.5	-5.5	-7.0	-6.3±0.4	-6.0	-6.0	-9.5	-7.2±1.2
Shandingzi-1	-5.0	-5.0	-8.0	-6±1	-4.0	-6.0	-9.0	-6.3±1.5
Mandshurica-1	-7.0	-3.7	-6.3	-5.7±1	-4.0	-4.7	-7.0	-5.2±0.9
Makamik	-7.0	-4.0	-5.0	-5.3±0.9	-3.0	-4.0	-7.0	-4.7±1.2
Red Splendor	-5.5	-4.0	-4.5	-4.7±0.4	-2.0	-3.5	-7.5	-4.3±1.6
Jack	-4.0	-4.0	-5.0	-4.3±0.3	-3.0	-5.0	-7.0	-5±1.2
Sentinel	-3.0	-3.5	-4.0	-3.5±0.3	-2.0	-3.5	-7.0	-4.2±1.5
Peachleaf	-2.5	-3.0	-3.0	-2.8±0.2	-2.5	-4.0	-6.0	-4.2±1.0
Maypole	-2.0	-3.0	-3.0	-2.7±0.3	-2.0	-4.0	-5.0	-3.7±0.9
Japanese	-3.0	-1.5	-3.0	-2.5±0.5	-2.0	-0.5	-4.5	-2.3±1.2
Carmine	-3.0	-1.5	-2.5	-2.3±0.4	-2.0	-0.5	-3.5	-2±0.9
<i>M. turesii</i>	-1.0	-2.7	-3.0	-2.2±0.6	-1.0	-3.3	-5.2	-3.2±1.2
<i>M. X atrosanguinea</i> 20004522	-2.0	-1.0	-2.5	-1.8±0.4	-2.0	0.0	-2.5	-1.5±0.8
Snowdrift	-0.5	-1.0	-1.5	-1±0.3	0.0	-1.0	-4.0	-1.7±1.2
Redbud	-0.5	-1.5	-0.5	-0.8±0.3	-0.5	-2.0	-2.5	-1.7±0.6
Profusion 91039	-2.0	-1.5	2.0	-0.5±1.3	0.0	-1.5	-0.5	-0.7±0.4
Tsugaru	0.0	0.0	4.0	1.3±1.3	3.0	1.0	0.0	1.3±0.9
Fuji	0.0	0.0	0.0	0±0	0.0	0.0	0.0	0±0
Average	-3.8	-2.9	-3.6	-1.9	-2.6	-3.0	-5.3	-3.6

<sup>z</sup> Values are means ± standard errors (n=3).

<sup>y</sup> Data indicates deviation with blooming date of 'Fuji'.

*M. turesii*、‘メイポール’の落花日は‘ふじ’に比べて早い傾向が認められた(Table1-6)。

クラブアップル、‘ふじ’及び‘つがる’の開花始め日から落花日までの開花期間を Fig.1-1 に示し、クラブアップルと‘ふじ’及び‘つがる’との開花期の同調性について検討した。開花期間の違いから、‘ふじ’及び‘つがる’と比べて開花の早い品種グループと開花期がほぼ同等の品種グループに分類した。開花の早い品種としては、Nepal Apple Col. No. 85-134-2、西府海棠、マンシュウズミ-1、*M. baccata* 79091、ナガサキズミ、‘Red Splendor’、山定子-1、‘Peachleaf’、‘Jack’、‘Makamik’、‘Sentinel’、‘メイポール’があり、中心花開花始め日が‘ふじ’及び‘つがる’と比べて1日～4日程度早かった。‘Japanese’、‘Carmine’、Profusion 91039、*M. turesii*、*M. X atrosanguinea* 20004522、‘Snowdrift’、‘Redbud’は、‘ふじ’及び‘つがる’と比べて開花始め日が同じか数日遅い品種であった。クラブアップルは開花始め日から満開日に至る期間が短い傾向が認められ、中心花満開日、側花満開日とステージが進むに従い、クラブアップルと‘ふじ’及び‘つがる’のステージの差は小さくなった。

クラブアップルの多くの品種は頂芽花と腋芽花の開花日の差は1～2日であったのに対し、‘Peachleaf’、‘つがる’、‘ふじ’では5～6日と差が大きかった。供試品種の多くは頂芽の開花始め日から満開までに4～5日間を要していたが、山定子-1及び‘Redbud’は3日程度と短く、‘Red Splendor’、‘ふじ’、*M. X atrosanguinea* 20004522、‘Makamik’、‘Japanese’、‘つがる’は6～7日間と長かった。一方、腋芽の開花始め日から満開までの期間は通常4～5日間を要していたが、‘メイポール’、山定子-1、‘Jack’、‘Peachleaf’は3日間程度と短く、‘つがる’は約7日間と長かった。供試品種の多くは頂芽の満開から落花までに5～7日程度要していた

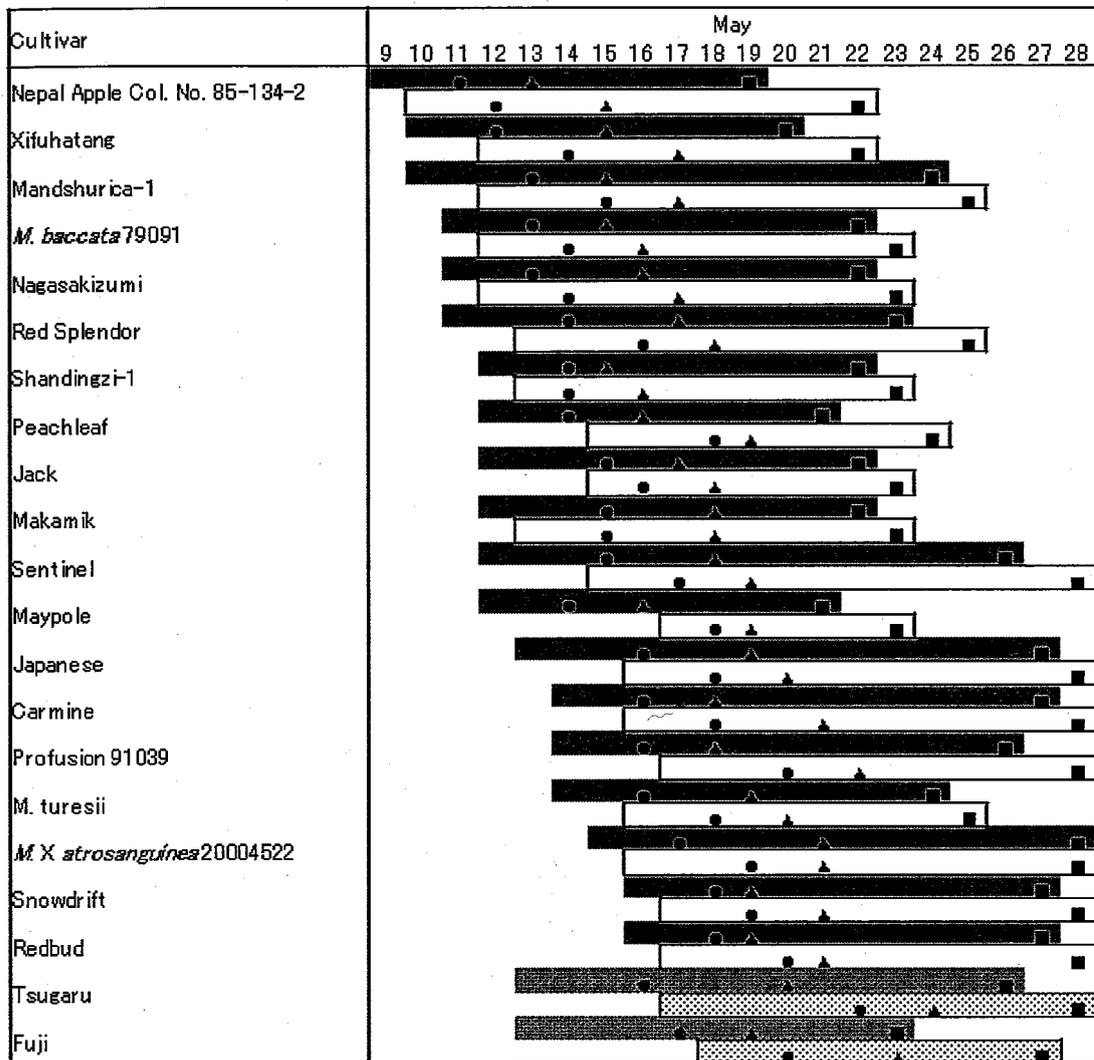


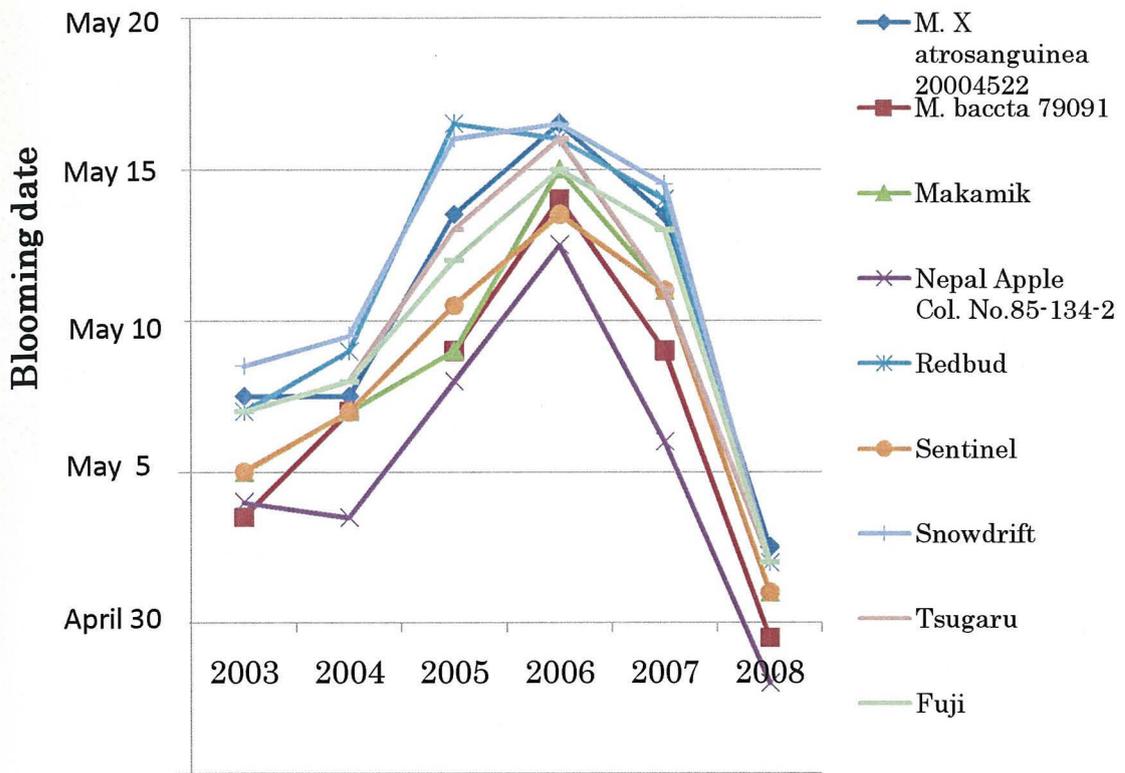
Fig 1-1. Average dates of flower opening of 'Tsugaru', 'Fuji' and crabapple cultivars at Morioka in 2005-2007.

- Terminal flowers
- Axillary flowers
- Full bloom of king flower
- ▲ Full bloom of lateral flower
- ▨ Commercial cultivars
- Petal fall

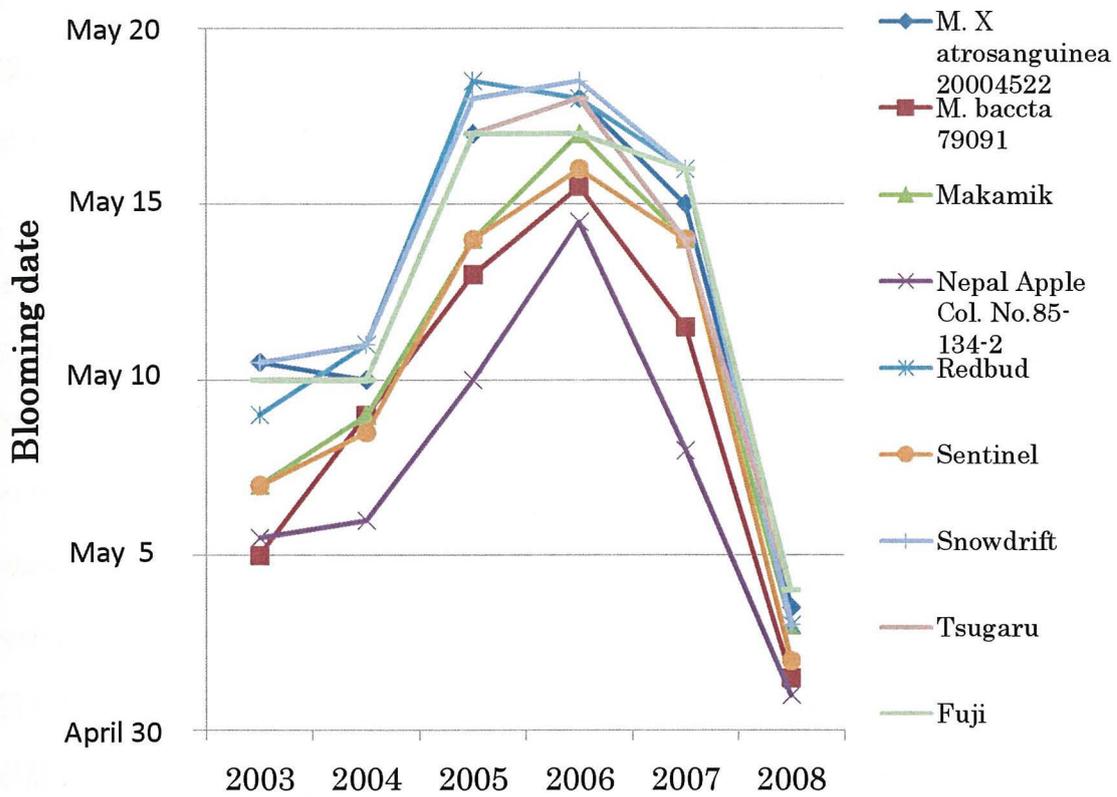
が、‘ふじ’、‘Makamik’、‘Peachleaf’、*M. turesii*、西府海棠は5日未満とやや短く‘Japanese’、Profusion 91039、‘Snowdrift’、‘Sentinel’、‘Redbud’、‘Carmine’、マンシュウズミ-1は8～9日程度と長かった。一方、腋芽の満開から落花までの期間は通常5～7日程度であったが、‘つがる’、‘メイポール’、‘ふじ’は5日未満と短く、*M. baccata* 79091、‘Carmine’、‘Japanese’、マンシュウズミ-1、‘Sentinel’は8～9日程度と長かった。

#### (4) 主要品種の開花期の年次変化

主要なクラブアップル7品種 (*M. X atrosanguinea* 20004522、*M. baccata* 79091、‘Makamik’、Nepal Apple Col. No. 85-134-2、‘Redbud’、‘Sentinel’、‘Snowdrift’) と栽培品種2品種 (‘ふじ’、‘つがる’) について過去5年間の開花期の変化について比較した。Nepal Apple Col. No. 85-134-2の中心花の開花初めは、最も早かった2008年は4月29日であったのに対し、最も遅かった2006年では5月13日であり、その差は15日と大きかった(Fig. 1-2)。開花始め日の品種間差は2006年及び2008年で4日間であったが、2005年及び2007年は8.5日間の差があった。品種毎の開花の早晚については年次間差が小さく、Nepal Apple Col. No. 85-134-2で最も早く、ついで *M. baccata* 79091、‘Sentinel’・‘Makamik’、‘ふじ’・‘つがる’・*M. X atrosanguinea* 20004522、‘Redbud’・‘Snowdrift’の順であった。中心花満開日についても全体的な傾向としては中心花始め日と同様な傾向が認められたが、‘ふじ’・‘つがる’・*M. X atrosanguinea* 20004522のグループと‘Redbud’・‘Snowdrift’のグループの開花日の差が縮まる傾向が認められた(Fig.1-3)。側花始め日についてはほぼ中心花始め日とほぼ同様な傾向が認められた(Fig. 1-4)。側花満開日の品種間差に



**Fig. 1-2. Changes of first bloom of terminal bud in crabapples and apple cultivars during 2003 and 2008.**



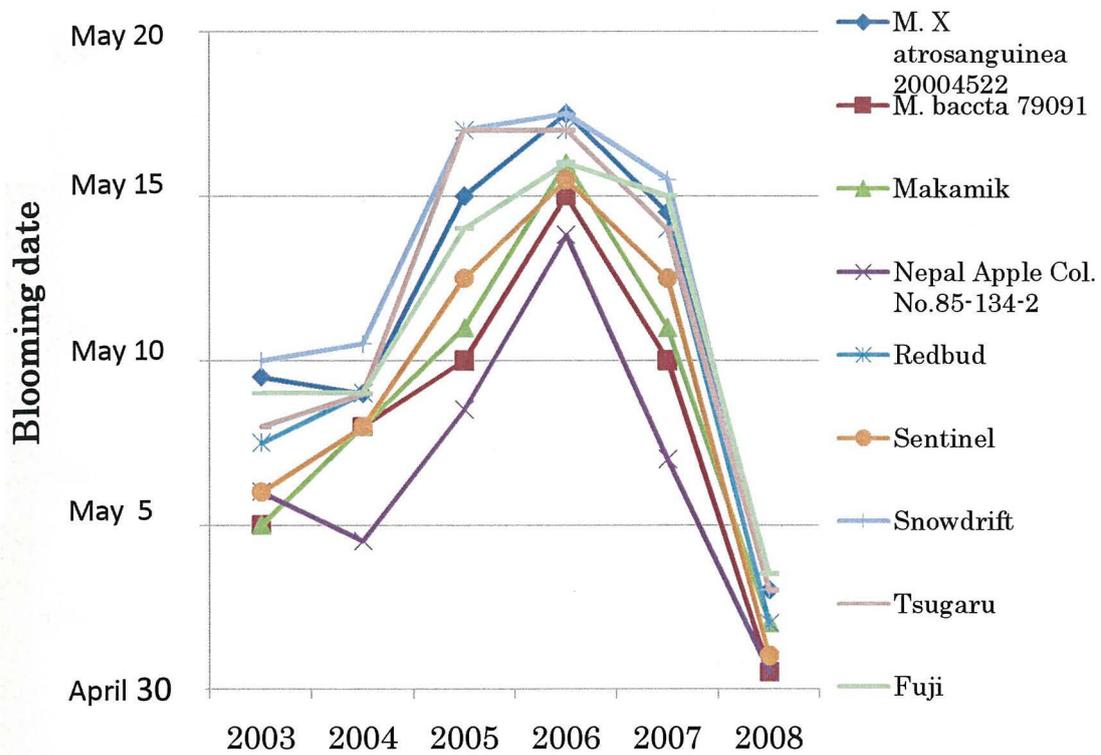
**Fig. 1-3. Changes of full bloom of terminal bud in crabapples and apple cultivars during 2003 and 2008.**

については、他の開花ステージと比較して *M. baccata* 79091 の開花日は相対的に早まる傾向が認められたのに対して、‘つがる’ や *M. X atrosanguinea* 20004522 では開花日がやや遅くなる傾向が認められた(Fig. 1-5)。

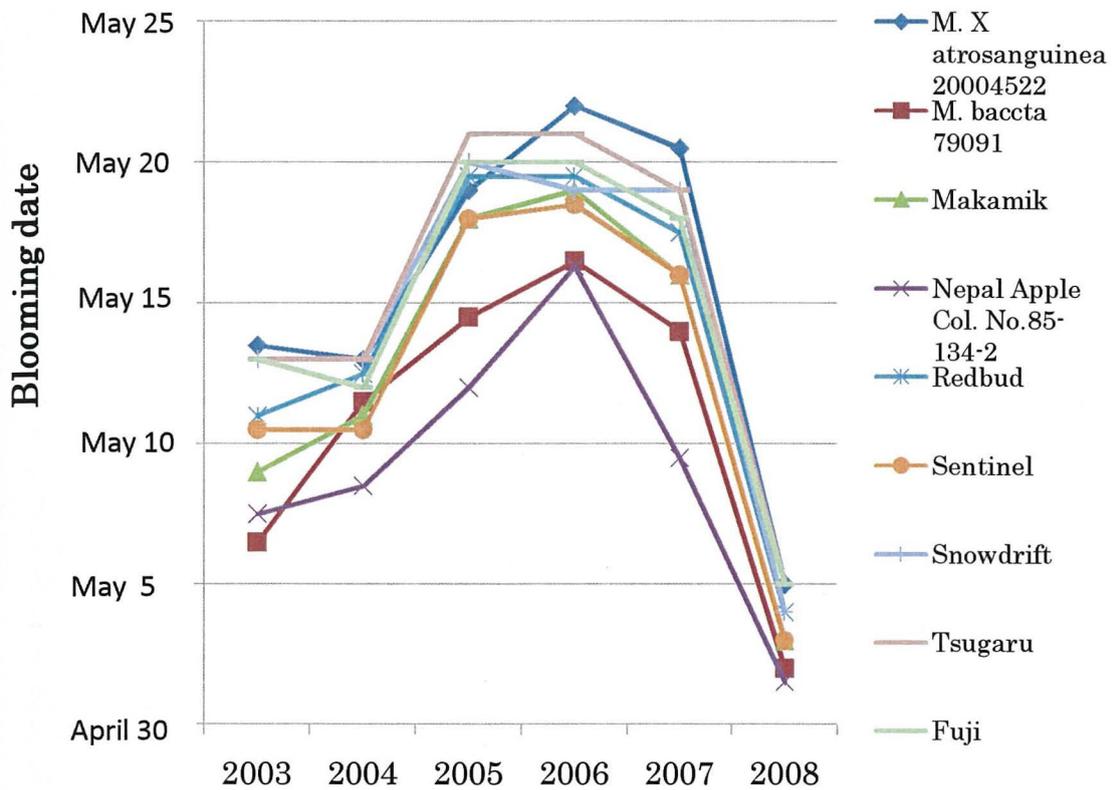
#### (5) 開花量と隔年着花性

2003年から2008年におけるクラブアップルの開花量及びそれらの変動係数を Table 1-8 に示した。頂芽の開花量は 2.0~3.8 の範囲にあり、いずれも中程度以上であった。品種と年による二元配置の分散分析の結果、有意な品種間差が認められた。‘Makamik’及び‘Sentinel’の頂芽開花量は最も多く、ナガサキズミ、マンシュウズミ-1、‘Peachleaf’、Profusion 91039、Nepal Apple Col. No. 85-134-2、山定子-1、‘Jack’に比べて明らかに多かった。腋芽開花量については、品種および年についてそれぞれ有意差が認められた。‘Carmine’、‘Snowdrift’、‘Redbud’、*M. X atrosanguinea* 20004522 は腋芽開花量が 3 前後で、‘メイポール’、‘Peachleaf’、‘Jack’、Nepal Apple Col. No. 85-134-2、‘Japanese’、*M. turesii* に比べて多かった。

開花量の変動係数は値が大きいほど隔年着花性が高いことを示す。頂芽開花量の変動係数は、Nepal Apple Col. No. 85-134-2、‘Peachleaf’で高く、隔年着花性が認められた(Table 1-8)。一方、‘Makamik’、‘Sentinel’、‘Carmine’、‘Snowdrift’等の品種の隔年着花性は低かった。腋芽花については、‘Peachleaf’、Nepal Apple Col. No. 85-134-2、‘Jack’、‘メイポール’で高かったが、‘Carmine’、‘Makamik’、Profusion 91039 は低かった。隔年着花性の高かった‘Peachleaf’と隔年着花性の低かった‘Makamik’を年次別に比較すると、‘Peachleaf’の場合には開花量が多かった翌年にはまったく花が咲かず、1年おきの着花となっている(Fig. 1-6)。一方、‘Makamik’は2004年には頂



**Fig. 1-4. Changes of first bloom of lateral bud in crabapples and apple cultivars during 2003 and 2008.**



**Fig. 1-5. Changes of full bloom of lateral bud in crabapples and apple cultivars during 2003 and 2008.**

Table 1-8. Bloom density and regularity of flowering in crabapple varieties at Morioka in 2003-2008.

Cultivar	Bloom intensity <sup>z</sup>		Coefficient of variation of bloom intensity <sup>y</sup>	
	Terminal bud	Axillary bud	Terminal	Axillary
Nagasakizumi	2.0 a <sup>x</sup>	2.5 defghi	0.17	0.10
Mandshurica-1	2.1 ab	2.5 cdefghi	0.23	0.29
Peachleaf	2.1 ab	1.6 abc	0.37	0.45
Profusion 91039	2.2 abc	2.3 bcdefg	0.08	0.06
Nepal Apple Col. No. 85-134-2	2.2 abc	1.7 abcd	0.40	0.37
Shandingzi-1	2.3 abc	2.6 defghi	0.22	0.17
Jack	2.4 abc	1.6 ab	0.29	0.36
Japanese	2.5 abcd	1.8 bcde	0.13	0.27
Xifuhaitang	2.5 abcd	2.8 fghi	0.09	0.17
<i>M. baccata</i> 79091	2.7 abcd	2.6 defghi	0.16	0.21
Maypole	2.9 abcde	0.9 a	0.12	0.35
<i>M. X atrosanguinea</i> 20004522	2.9 abcdef	2.9 ghi	0.12	0.16
Redbud	2.9 abcdef	3.2 ghi	0.13	0.10
<i>M. turesii</i>	3.0 bcdef	2.0 bcdef	0.14	0.30
Red Splendor	3.0 cdef	2.4 bcdefgh	0.15	0.19
Snowdrift	3.1 cdef	3.3 hi	0.07	0.10
Carmine	3.3 def	3.4 i	0.06	0.08
Makamik	3.8 ef	2.7 efghi	0.05	0.09
Sentinel	3.8 f	2.8 fghi	0.05	0.12
Significance <sup>w</sup>				
Cultivar	**	**		
Year	NS	**		
Cultivar X Year <sup>v</sup>	NS	NS		

<sup>z</sup> 0:no flowers, 1:low, 2:intermediate, 3:high, 4:extremely high.

<sup>y</sup> The coefficient of variation in bloom intensity by year for each cultivar was calculated to determine the tendency for biennial flowering.

<sup>x</sup> Mean separation within columns by least significant difference (LSD) test at P=0.05

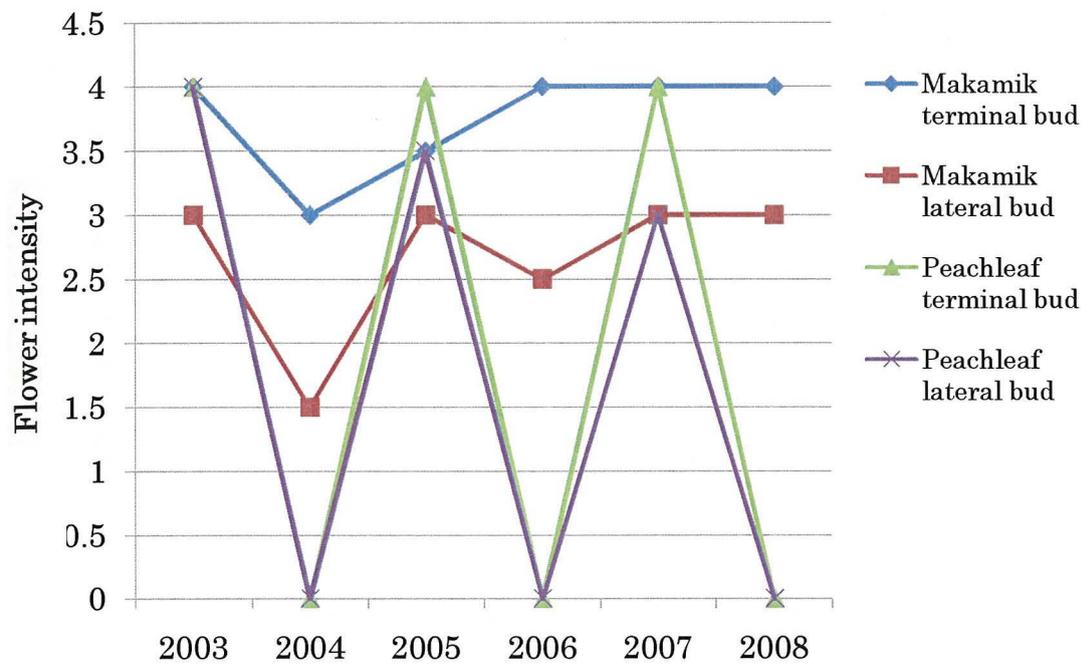
<sup>w</sup> NS, \*\* = nonsignificant, P=0.01, respectively.

<sup>v</sup> Testing for interaction in two-way ANOVA method when there is only one observation per cell is given with Tukey's one-degree of freedom test .

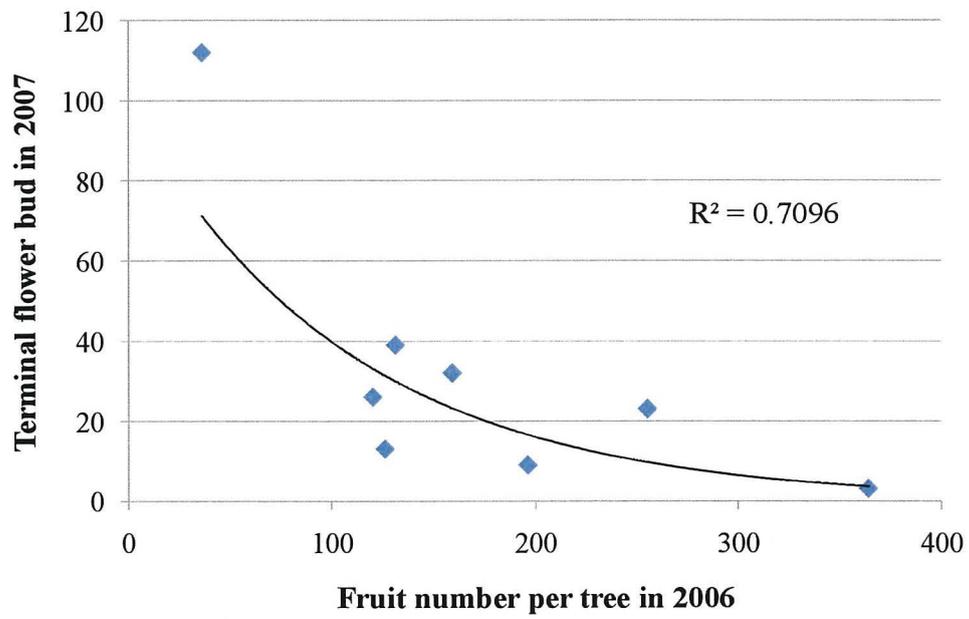
芽、腋芽ともに開花量がやや低下したが、年次間差は少なかった。

#### (6) クラブアップルの着果負担が花芽形成に及ぼす影響

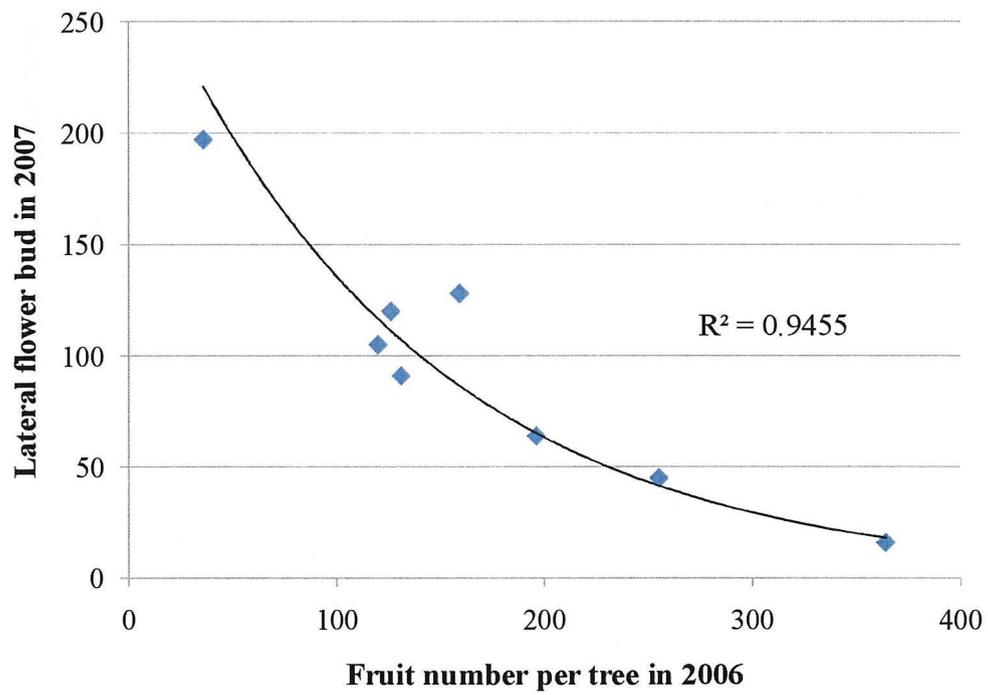
‘メイポール’の無摘果樹を用いて2007年及び2008年の花芽数と前年の着果数との関係について検討した。2007年の結果では前年の着果数と2007年の頂芽花芽数との間には $R^2=0.7096$ の高い負の相関が得られ(Fig. 1-7)、腋花芽数と前年着果数の間には $R^2=0.9455$ という極めて高い負の相関が得られた(Fig. 1-8)。2008年についても頂花芽数と前年着果数の間には $R^2=0.8816$ (Fig. 1-9)、腋花芽数と前年着果数の間には $R^2=0.8283$ の有意な負の相関が認められた(Fig. 10)。2006年から2008年に‘メイポール’を用いて、前年の摘果による着果負担の違いが花芽形成に及ぼす影響について検討した。2006年の花芽数は、頂芽については有意な差が認められなかったものの、10cmに1果区は無摘果区及び1花そう1果区に比べて4倍程度に花芽が増加した(Table 1-9)。腋芽花については10cmに1果区は無摘果区及び1花そう1果区に比べて多く、有意な差が認められた。2007年では、頂芽花については有意な処理間差が認められなかったが、3種の摘果区は無摘果区に比べて花芽数が多い傾向が認められた。腋芽花については、2花そう1果区が最も多く、ついで10cmに1果区、1花そう1果区の順で多く、無摘果区は最も少なく、2花そう1果区と無摘果区の間には有意差が認められた。2008年では、頂芽花については、処理間に有意な差は認められなかったが、無摘果区の花芽数が多かった。腋芽花についても有意な処理間差は認められなかったが、10cmに1果、2花そうに1果、1花そうに1果区が無摘果区に比べて多い傾向が認められた。



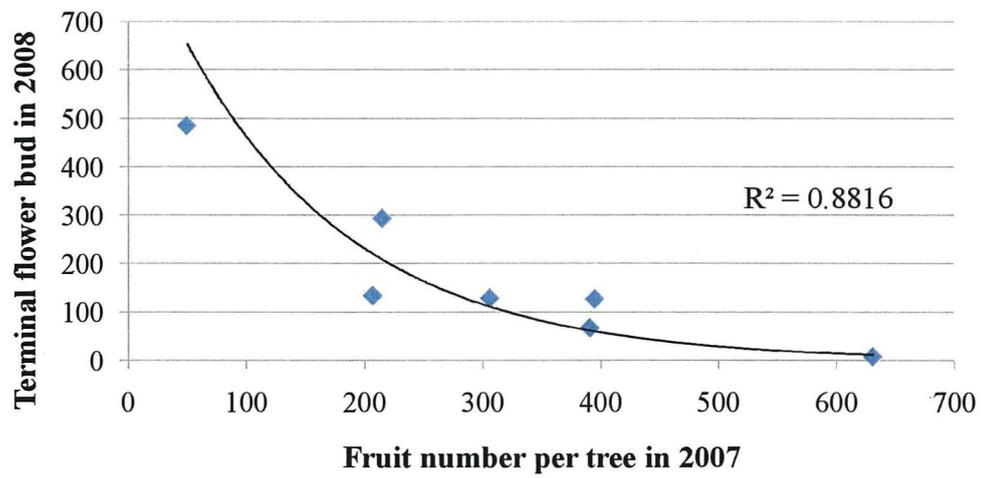
**Fig.1-6. Change of flower intensity of crabapple cultivars in 2003-2008.**



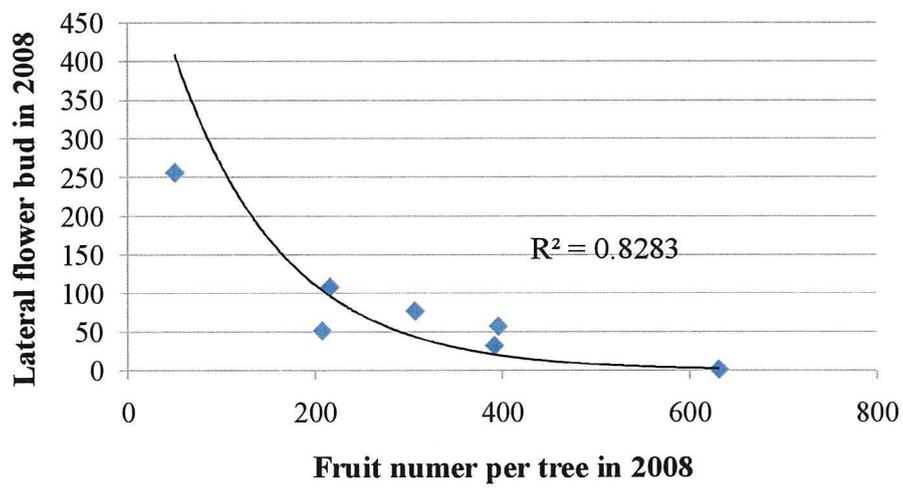
**Fig. 1-7. Effect of fruit number in previous year to terminal flower bud of 'Maypole' in 2007.**



**Fig.1-8. Effect of fruit number in previous year to lateral flower bud of 'Maypole' in 2007.**



**Fig. 1-9. Effect of flower number in previous year to terminal flower bud of 'Maypole' in 2008.**



**Fig. 1-10. Effect of flower number in previous year to lateral flower bud of 'Maypole' in 2008.**

Table 1-9. Effect of thinning treatment to return bloom of 'Maypole' in 2006-2008.

Thinning treatment	Number of terminal bud			Number of lateral bud		
	2006	2007	2008	2006	2007	2008
One fruit per cluster	22 a	73 a	156 a	91 a	125 ab	165 a
One fruit every 10cm in shoot	80 a	61 a	146 a	149 b	165 ab	201 a
Two fruits per cluster	-	103 a	83 a	-	194 b	189 a
One cluster every 10 cm in shoot	-	-	49 a	-	-	128 a
Control	20 a <sup>z</sup>	32 a	183 a	84 a	96 a	87 a

<sup>z</sup> Mean separation within columns by Tukey's HSD test at P=0.05

## 4. 考 察

### 花器官の形態

供試品種のうち、‘Makamik’、‘メイポール’、Profusion 91039、‘Red Splendor’の4品種は赤花であった。これらの赤花品種は赤葉の遺伝子をもつ *M. pumila* var. *niedzwetzkyana* Schneider.由来の後代品種である。Mayer et al.(1989)は、ミツバチ(*Apis mellifera* L.)の訪花行動とリンゴの花色について検討し、白花の‘デリシヤス’の園地では赤花の授粉用品種との間の訪花行動が妨げられ、花色に対する執着性があることを明らかにしている。我が国では訪花昆虫としてミツバチ及びマメコバチ(*Osmia cornifrons* Radoszkowski)が利用されているが、ミツバチを利用している園地では赤花の授粉用品種を用いた場合に栽培品種の結実に影響が生じる可能性があり、このような園地では白花の授粉用品種を用いた方が良いと考えられる。一方、マルハナバチやケブカハナバチでは花色の違いとは無関係に赤花と白花を行き来することが観察されている(Mayer et al., 1989)。マメコバチの訪花行動とリンゴの花色の関係については、マメコバチは花色よりは葯または花粉を指標として行動していることが報告されている(松本, 2007)。このため、マメコバチを訪花昆虫として導入している園地では赤花品種の利用も可能と思われる。

### 果実の大きさ

Way(1978)はクラブアップルの果実の大きさを果実横径 0.25~1 インチ(1 インチ=2.54cm)と 1.25~2 インチに区分し、小果グループは花の観賞樹としての利用が、大果グループはジャム等果実の加工用果樹として利用できると述べ、‘Snowdrift’や

‘Manchurian’は小果グループに、‘Dolgo’は大果グループに分類している。また、果実が大きいと機械収穫の妨げや生産者の収穫労力がかかるため授粉樹には適さないとしている。本試験では果実横径は調査していないが、ほぼ 10g 以上の果実が Way et al.(1978)の分類による大果グループに属すると考えられるので、授粉樹としては隔年着花性の程度が低い 10g 未満の果実が望ましいと考えられる。

### 開花期

頂芽の果実は、開花の遅い腋芽の果実に比べて大きく、頂芽の中でも最初に咲く中心花の果実は側花に比べて果実が大きく品質も優れる。一方、腋芽果については、晩霜害等で頂芽が結実しない場合を除いて利用されることはほとんど無く、摘花・摘果作業で摘除するのが一般的である。このため、頂芽花、特に頂芽の中心花を結実させることが重要である。

花粉の提供側である授粉用品種の花粉の生産期間と花粉を受ける側の栽培品種における雌ずいの花粉受容期間との一致が必要である(Williams and Sims, 1977)。リンゴの花は開花して葯が裂開するまでにおよそ 1 日かかり、大部分の葯が開葯するまで 3～4 日を要する(Church et al., 1983)。また、授粉樹の花粉の放出期間は開花始め日の 2 日後から落花日までといわれている(Williams and Sims, 1977)。それに対して、雌ずいの寿命は、開花から落花 2 日前とする報告がある(Williams and Sims, 1977)。受粉有効期間は品種や年次によって異なるが、不良条件下での開花後 1～2 日程度と短い場合(Williams, 1965)を除き、一般的には開花後 3～4 日程度とされる(福島、1956)。授粉樹の開花は栽培品種よりも数日早い方が授粉樹の花粉の放出と栽培品種の花粉受容の時期が合うとしている(Szklanowska・Dabska, 1991; Williams, 1975;

Williams・Sims, 1977)。また、Wertheim(1996)は開花期の同調性の基準として授粉樹の開花期は主要品種に比べて数日早いこととともに、主要品種の開花期に合わせて開花期間が長いことも授粉樹の適性条件としている。さらに、Soltesz(2003)は授粉樹として開花の早い品種を用いた場合に、遅れて咲く腋花芽の授粉効果も大きいとしている。このように開花期の同調性を判断する場合には、単なる開花日の同調性ではなく、雌性器官及び雄性器官の成熟を考慮した受粉有効期間を考慮すべきである(Soltesz, 2003)。

本研究では、開花期について品種と年の交互作用が認められたため、交互作用が生じた原因について解析を行った。Nepal Apple Col. No. 85-134-2、西府海棠、ナガサキズミ、マンシュウズミ-1の開花日は他の品種よりも特に早く、年次変動が大きかった。なお、これら4品種のデータを除いて開花日に関して再度分散分析を行ったところ、品種と年についての有意差は認められたが、品種と年の交互作用は認められなかった。すなわち、開花期における品種と年の交互作用は開花期の早い品種の年次変動によって生じたものと考えられた。*M. baccata* 79091、Shandingzi-1、‘メイポール’、‘Red Splendor’、‘Peachleaf’、‘Sentinel’、‘Jack’の頂芽満開日は年次間差も少なく、‘ふじ’より早かった(Table 1-5)。側花の開花始め日についてはNepal Apple Col. No. 85-134-2で年次間差が大きかったが、本品種を除いた場合に、マンシュウズミ-1、西府海棠、*M. baccata* 79091、ナガサキズミ、‘メイポール’、‘Makamik’、山定子-1は‘ふじ’より側花の開花始め日が早いと考えられた(Table 1-4)。側花満開日については、Nepal Apple Col. No. 85-134-2、ナガサキズミ、マンシュウズミ-1で年次間差が大きかった (Table 1-5)。これらの品種を除いた場合に、西府海棠、*M. baccata* 79091、‘Red Splendor’、‘メイポール’、‘Peachleaf’、‘Jack’、山定子-1

は側花満開日が‘ふじ’より早いと考えられた。落花日においては、Nepal Apple Col. No. 85-134-2 及び‘Peachleaf’の年次間差が大きかった。これらの品種を除いた場合、西府海棠及び‘メイポール’の落花日が‘ふじ’より早い傾向が認められた(Table 1-4)。  
‘ふじ’はクラブアップルに比べて、満開日から落花日までの期間が比較的短いと考えられた。

本研究では側花満開日から落花日までの期間は6日間程度有り、落花日近くの花  
粉放出量はかなり落ちることが推定されたため、満開日を基準として開花の同調性  
を評価することとした。クラブアップルと‘ふじ’及び‘つがる’の開花期の同調  
性を頂芽中心花満開日、頂芽側花満開日を基準に考えた場合、クラブアップルの頂  
芽中心花または側花の満開日が‘ふじ’及び‘つがる’の頂芽中心花の満開日に合  
う品種は、Nepal Apple Col. No. 85-134-2、西府海棠、Mandschurica-1、*M. baccata* 79091、  
ナガサキズミ、‘Red Splendor’、山定子-1、‘Peachleaf’、‘Jack’、‘Makamik’、‘Sentinel’、  
‘メイポール’であった。一方、クラブアップルの中心花または側花満開日のいず  
れかが‘ふじ’及び‘つがる’の頂芽側花満開日に合う品種としては、ナガサキズ  
ミ、‘Red Splendor’、‘Peachleaf’、‘Jack’、‘Makamik’、‘Sentinel’、‘メイポール’、  
‘Japanese’、‘Carmine’、Profusion 91039、*M. turesii*、*M. X atorosanguinea* 20004522、  
‘Snowdrift’、‘Redbud’があげられた。さらに、クラブアップルの腋芽花が‘ふじ’  
及び‘つがる’の頂芽中心花に合う品種としては、Nepal Apple Col. No. 85-134-2、  
西府海棠、マンシュウズミ-1、*M. baccata* 79091、ナガサキズミ、山定子-1、‘Makamik’  
であった。また、クラブアップルの腋芽花が‘ふじ’及び‘つがる’の頂芽側花に  
合う品種としては、西府海棠、マンシュウズミ-1、*M. baccata* 79091、ナガサキズミ、  
‘Red Splendor’、山定子-1、‘Peachleaf’、‘Jack’、‘Makamik’、‘Sentinel’、‘メイ

ポール’、‘Japanese’、‘Carmine’、*M. turesii*であった。

これらのことから‘ふじ’及び‘つがる’よりも開花日が数日早く、‘ふじ’及び‘つがる’の頂芽の受粉に開花期が合う品種は、‘Red Splendor’、‘Peachleaf’、‘Jack’、‘Makamik’、‘Sentinel’、‘メイポール’、‘Japanese’であった。一方、*M. baccata* 79091等の開花がさらに早い品種は、年によって‘ふじ’との開花日の差が大きく広がる可能性があるため、‘ふじ’の頂芽側花の結実が不十分になる可能性がある。Mayer et al.(1989)は主要品種の‘デリシャス’より4日以上満開日が早いクラブアップル品種は開花日が早すぎ授粉樹には適さないとしている。一方、‘デリシャス’に比べて満開日が同等または遅い‘Pear Leaf’、*M. aldenhamensis*等の品種は授粉樹としては適しないと判断している。このため、‘Snowdrift’等の開花がやや遅い品種は、‘ふじ’及び‘つがる’の頂芽中心花の結実に対して授粉樹としての効果が劣る可能性がある。したがって、*M. baccata* 79091等開花のさらに早い品種と‘Snowdrift’等の開花が数日遅い品種と組み合わせて園地に導入することにより、‘ふじ’及び‘つがる’の開花期全体をカバーすることができると考えられる。

#### 主要品種の開花期の年次変化

開花期は毎年の気象条件や樹の栄養状態により変化することが知られている。本試験で供試したクラブアップルの中には開花始め日で15日間もの年次間差が認められる品種があった。また、授粉専用品種と栽培品種の開花日の差についてみるとNepal Apple Col. No. 85-134-2と‘ふじ’の開花始め日の差については年によって1～7日間の幅があった。このように、年によって、授粉専用品種と栽培品種の開花期の同調性程度は異なり、複数年における開花期の同調性について検討する必要がある。

ある。Williams・Sims(1977)は‘Cox’s Orange Pippin’の授粉用品種に‘Worcester Pearmain’を用いた試験において、60%以上の受精可能期間を基準とした場合、16年間のうちの3年間は開花期のずれが認められたことを報告している。他の品種を授粉樹に用いた場合でも少なくとも1年間は開花期のずれがあったことを報告している。このことから、開花期の早い品種と数日遅い品種を組み合わせる導入することを推奨している。こうすることによって異常気象による栽培品種と授粉専用品種の開花期のずれにも対応することができる。一方、自発休眠後の温度条件による開花期の年次変動が大きい品種は、授粉樹に適さないと考えられる。このような開花期の変動が起こる要因としては腋花芽の多少が影響するとする指摘もある(Soltesz, 2003)。

### 開花量

クラブアップルの樹冠容積当たりの花芽の着生数は栽培品種の3倍程度多く、有効な花粉量も2倍程度あることが報告されている(Church and Williams, 1983a)。本試験で6年間にわたって調査を行ったクラブアップルの頂芽開花量は中程度以上で、栽培品種より開花量が多いと考えられた。

一方、開花時期と頂芽花及び腋芽花の利用については‘ふじ’及び‘つがる’より開花の早い品種では両方の利用が可能である。一方、‘ふじ’及び‘つがる’と開花期が同じまたは遅いクラブアップル品種では、頂芽花の利用が主体となり、腋芽花の受粉に対する効果は限定的である。むしろ、栽培品種の腋芽花の結実を増やすこととなり、その後の摘果作業時間を増やす可能性がある。したがって、頂芽の開花量に加えて、開花の早い品種では腋芽開花量が安定して多いことが重要な授粉

樹の条件となる。‘Sentinel’、西府海棠、‘Makamik’、山定子-1、*M. baccata* 79091、ナガサキズミ、マンシュウズミ-1、‘Red Splendor’は開花が早く、かつ腋花芽量も比較的多いため、‘ふじ’及び‘つがる’の受粉に役立つと考えられる。頂芽については最も開花の早い Nepal Apple Col. No. 85-134-2 は‘ふじ’及び‘つがる’との開花期の差が大きいと考えられたが、その他の品種では経済品種の受粉に役立つと考えられた。特に、頂芽開花量の多かった‘Sentinel’、‘Makamik’、‘Carmine’、‘Snowdrift’、‘Red Splendor’、*M. turesii* は授粉樹として利用価値が高い。

#### クラブアップル品種の隔年着花性

リンゴ属植物の中には結実過多となり隔年着花を起こすものがある(Williams, 1975)。上田ら(2005)は無摘果でも隔年着花性の無いことを授粉樹の選抜条件にあげており、果実の大きさが 5g 以下の品種は隔年結果性が低いと報告している。本試験の供試樹においては、‘Makamik’、‘Peachleaf’、‘Profusion’、‘Redbud’、‘Snowdrift’等が 5g 以下であった。また、栽培品種では、短果枝の着生が多く花芽が密着するスパータイプの品種で隔年着花性の強いことが知られており、短果枝の発生程度が強い系統ほど隔年着花性が高かった(Looney and Lane, 1984)。さらに、隔年着花性は若木の時代には現れにくい、接ぎ木後 5～6 年生を過ぎて花芽が十分に着生した成木で顕著に表れるとされる(Wilson and Elfving, 2004)。本試験で頂芽または腋芽で隔年着花性が認められた品種は Nepal Apple Col. No. 85-134-2、‘Peachleaf’、‘Jack’、‘メイポール’で、Nepal Apple Col. No. 85-134-2 及び‘メイポール’は、果実が大きかった。一方、‘Peachleaf’及び‘Jack’は果実が大果でないが、着果年における新梢上の花芽の着生密度が高いため、隔年着花しやすいものと考えられた。

## クラブアップルの着果負担が花芽形成に及ぼす影響

本試験では隔年結果性の高い‘メイポール’の無摘果樹において、前年度の着果数と当年花芽数には高い負の相関が認められ、花芽形成は前年の着果負担の影響を強く受けることが明らかになった。したがって、隔年結果性の強い品種を利用する場合には着果制限を行う必要がある。栽培品種については摘果強度と安定生産について検討されているが(小池ら, 1990)、クラブアップルについて今まで摘果強度と翌年の花芽着生について検討された報告は見あたらない。本試験では‘メイポール’を材料として摘果によって着果負担を変えて次年度の花芽形成に及ぼす影響について検討した。その結果、頂芽については有意な処理間差は認められなかったが、10cm に1果程度の摘果により翌年の頂芽花数を増やすことができると考えられた。2008年の結果では無摘果区において花芽数が最も多かったが、前年の着果負担が少なかったことが影響したためと考えられた。腋花芽については2006年および2007年の試験において一部の処理区と無処理区の間には有意差が認められ、10cm に1果または2花そうに1果程度の摘果により翌年の腋花芽が増える傾向が認められた。栽培品種では3～5頂芽に1果程度が基準となるが、クラブアップルでは果実が小さいため、栽培品種より多く着果させることができる。このように隔年結果性の高いクラブアップルにおいても栽培品種と同様に摘果を行うことによって花芽を安定的に着生させることが可能である。より簡便な手法としては腋芽果のみをすべて摘果する方法もあると考えられ、今後の検討が必要である。

一方、人手による摘果は多大な労力がかかるため、摘果剤の利用等省力的な摘果法について検討する必要がある。我が国では、デナポン(NAC剤)がリンゴの摘果剤として有効とされ(川村ら, 1966)、農薬登録されているが、クラブアップルに対する

デナポンの効果については検討されていない。海外では高濃度の NAA がクラブアップルの結実を低下させることが知られている(Way, 1978)。また、エスレルは摘果剤として有効であり、花芽形成の促進や生育の抑制に効果があるとされる(Williams, 1975)。また物理的な手法として、開花後の結実枝の剪定が試みられている(Wilson and Elfving, 2004)。

## 5. 摘 要

我が国におけるリンゴの主要品種である‘ふじ’及び‘つがる’に適する授粉専用品種を選抜するため、果樹研究所で保存するクラブアップルやリンゴ属野生種を用いて授粉樹としての特性を調査した。

大部分のクラブアップル品種は白花であったが、一部は赤花品種であった。花弁数は概ね5個であり、葯数は20個程度であった。クラブアップルの果実重は、1gに満たないものから50g程度の大きさまでであったが、10g未満の品種が多かった。

開花の早い品種としては、Nepal Apple Col. No. 85-134-2、西府海棠、マンシュウズミ-1、*M. baccata* 79091、ナガサキズミ、‘Red Splendor’、山定子-1、‘Peachleaf’、‘Jack’、‘Makamik’、‘Sentinel’、‘メイポール’があり、中心花開花始め日が‘ふじ’及び‘つがる’と比べて1日～4日程度早かった。開花期が同時期からやや遅い品種としては、‘Japanese’、‘Carmine’、Profusion 91039、*M. turesii*、*M. X atrosanguinea* 20004522、‘Snowdrift’、‘Redbud’があり、‘ふじ’及び‘つがる’と比べて開花始め日が同じから3日程度遅い品種であった。クラブアップルは‘ふじ’より開花始め日から満開日に至る期間が短い傾向が認められた。過去5年間の開花期の変化について比較

した結果、開花始め日は最大で 15 日間の年次間差が認められた。また開花が早まった年では、品種間差が小さくなる傾向が認められたが、品種毎の開花順位が大きく変わることはなかった。

頂芽開花量は‘Makamik’及び‘Sentinel’で多く、腋芽開花量は、‘Carmine’、‘Snowdrift’、‘Redbud’、*M. X atrosanguinea* 20004522 で多かった。頂芽の隔年着花性は‘Makamik’、‘Sentinel’、‘Carmine’、‘Snowdrift’等で低く、腋芽の隔年着花性は、‘Carmine’、‘Makamik’、Profusion 91039 で低かった。‘メイポール’において前年の着果数と翌年の花芽数には高い負の相関が得られたが、10cm に 1 果または 2 果そうに 1 果程度の摘果を行うことによって、花芽の着生を維持することができると考えられた。

## 第2章 授粉専用品種と栽培品種の交雑親和性

### 1. 緒言

両性の生殖器官が完全な機能を有し、同時に成熟し受粉が行われても受精が正常に行われず、種子ができない現象を不和合性という。ニホンナシ(菊池, 1929)やオウトウ(Crane and Brown, 1937)では異なる品種間でも結実しない他家不和合性のグループが知られているが、リンゴにおいても異なる品種間の交雑で結実しない、または結実率の極めて低い組合せが報告されている(Latimer, 1937; 吉田ら, 1963; 石山ら, 1995)。一方、‘ふじ’を始めとする多くの経済品種は自家不和合性である。リンゴの自家不和合性は、雌ずいの柱頭内の阻害物質によって引き起こされる配偶体型不和合であり、今までに不和合性に関与するS遺伝子が同定され(Broothaerts et al., 1995; Janssens et al., 1995)、多くのリンゴ品種でS遺伝子型が明らかにされている(Sakurai et al., 1997、小森ら, 1998、Matsumoto et al., 1999)。

交雑親和性に関与する要因としては、倍数性、雄性不稔、雌性不稔、不稔花粉の多少、自家結実性、単為結果性等がある(Horticultural Education Association Fruit Committee, 1960)。一方、交雑組み合わせにおいて、種子親と花粉親のS遺伝子を共有しない場合は完全和合となるが、両親がS遺伝子を1個共有する場合は半和合となる。リンゴやセイヨウナシを用いて、S遺伝子型の組み合わせから完全和合、半和合の違いが結実に及ぼす影響について検討されている(Goldway et al., 1999; Zisovich et al., 2005)。

本章では主要品種と授粉専用品種候補として選抜したクラブアップルの花粉特

性や交雑和合性について検討するとともに、S遺伝子の共有程度が結実率や種子数に及ぼす影響について検討した。

## 2. 材料及び方法

### (1) 交雑試験

2007年から2008年にかけて‘ふじ’及び‘つがる’を種子親としてクラブアップルを花粉親とする交雑試験を行った。‘ふじ’には10種のクラブアップル及び2種の栽培品種を、‘つがる’には7種のクラブアップルをそれぞれ交雑に用いた。5月上中旬にクラブアップルの風船状花を50個程度採取し、葯をピンセットで取り出した後、開葯機内において25℃で1～2日間乾燥、開葯させ、花粉を収集した。得られた粗花粉は交雑試験に供するまで-20℃のフリーザーに凍結保存した。花粉を寒天0.5%、ショ糖15%の培地上に置床し、置床2～3時間後に顕微鏡で各品種200粒程度の花粉について発芽率を調査した。交雑試験は‘ふじ’及び‘つがる’の中心花または側花を予め1花そう1花にした風船状花に対して、クラブアップルの花粉を綿棒で交雑した。1組み合わせ当たりの交雑は20～40花に行った。外部からの花粉の混入を防ぐために交雑後、直ちに袋掛けを行った。なお、自家受粉による結実はほとんど起こらなかったため(データ省略)、種子親品種の除雄は行わなかった。満開3～4週間後に袋を外して結実率を調査するとともに交雑果を採取し、1果当たりの種子数を調査した。

データの解析は、Excel 統計(エスミ社)を使用して分散分析を行った。品種と年の主作用について解析するとともに、両者の交互作用の有無についても検討した。

なお、反復数の無い試験区についてはチューキーの加法性の検定を行い、交互作用の有無を明らかにした。品種間差については最少有意差法（LSD）を用いて検定した。

## （2）花粉の特性と交雑和合性の関係

2007年にクラブアップル26品種、栽培品種5品種を材料として、正常な花粉と正常花粉の1/3以下の大きさの小粒花粉に分けて1葯当たりの花粉粒数、花粉発芽率を調査した。また、これらのクラブアップル品種と‘ふじ’及び‘つがる’との交雑和合性について検討した。花粉粒数は管瓶内で20粒の花粉を開葯させた後、アセトン1mlを加え花粉を浸出させ、トーマの血球計算盤を用いて顕微鏡観察により測定した。花粉の発芽率の検定は前述したとおりである。‘ふじ’に対しては栽培品種を含む20品種の花粉を、‘つがる’に対しては23品種の花粉を交雑した。交雑には粗花粉及び石松子で5倍に希釈した花粉を用い、交雑後直ちに袋掛けを行った。満開3～4週間後に除袋して結実率を調査するとともに交雑果を採取し、1果当たりの種子数を調査した。

## （3）S遺伝子の共有程度が栽培品種の結実に及ぼす影響

S遺伝子の共有程度が栽培品種の結実に及ぼす影響を解明するため、2002年から2008年に交雑試験を行い、S遺伝子を全く共有しない完全和合の組み合わせと1個共有する半和合の組み合わせについて、結実率及び1果当たりの種子数について比較した。

種子親として使用した品種は‘ふじ’、‘スターキング・デリシャス’、‘国光’

の3品種である。2004～2008年にかけて‘ふじ’に対する和合性程度及び花粉の希釈程度が結実に及ぼす影響について、完全和合の授粉品種として‘つがる’、‘印度’を、半和合の授粉品種として‘ひめかみ’、‘きたかみ’を用い、粗花粉（1倍）及び石松子で花粉を2倍～10倍に希釈して交雑試験を行った。さらに、2002～2006年の5年間について‘ふじ’に対して、完全和合の授粉品種として‘つがる’、‘印度’、‘ゴールデン・デリシャス’、‘王林’を、半和合の授粉品種として‘ひめかみ’、‘きたかみ’、‘祝’、‘レッドゴールド’を用い、花粉は粗花粉と5倍希釈の花粉を用いて検討した。また、2002年～2006年に‘スターキング・デリシャス’に対して、完全和合の授粉品種として、‘つがる’、‘印度’、‘ゴールデン・デリシャス’、‘王林’を、半和合の授粉品種として、‘ひめかみ’、‘きたかみ’、‘夏緑’、‘レッドゴールド’を粗花粉と5倍希釈の花粉で検討した。さらに、2004年～2006年に‘国光’に対しては完全和合の授粉品種として、‘ひめかみ’、‘きたかみ’、‘つがる’、‘印度’、‘葵花’、‘スカーレット’、‘高原’、‘夏緑’、‘さんさ’、‘紅玉’を、半和合の授粉品種として、‘ふじ’、‘王林’、‘ゴールデン・デリシャス’、‘祝’、‘レッドゴールド’を用いて粗花粉及び5倍希釈の花粉で検討した。

満開3～4週間後に結実率を調査するとともに交雑果を採取し、1果当たりの種子数を調査した。データの解析にはSASを使用し、統計モデルは結実率または1果当たりの種子数＝年＋希釈＋年×希釈＋和合性グループ（年）＋和合性グループ（年）×希釈＋交雑組み合わせ（和合性グループ）＋果実間とする枝分かれ実験を行った。

### 3. 結 果

#### (1) 交雑和合性

‘ふじ’の交雑試験に供したクラブアップル及び栽培品種の花粉発芽率は品種、年について有意差が認められた(Table 2-1)。「印度」、「つがる」、「Snowdrift」の3品種は*M. baccata* 79091、「Peachleaf」、ナガサキズミ、「Red Splendor」、「メイポール」、「Sentinel」、に比べて花粉発芽率が有意に高かった。「ふじ」に各種栽培品種及びクラブアップルの花粉を交雑した結果、すべての品種で70%以上の高い結実率が得られ、品種間差は認められなかった。交雑試験における1果当たりの種子数については品種間及び品種と年の交互作用が有意に認められた。品種間差を年次別にみると、2007年は、*M. baccata* 79091及び「メイポール」が「Snowdrift」及び「つがる」に対して有意に種子数が多く、2008年は、「Peachleaf」、*M. baccata* 79091及び「印度」が、「Sentinel」及びナガサキズミに対して有意に種子数が多かった(データ省略)。年によって傾向が異なるものの、*M. baccata* 79091は2年間を通じて種子数が多かった。「つがる」の交雑試験に供したクラブアップル間の花粉発芽率には有意差は認められなかった(Table 2-2)。「つがる」の結実率はいずれのクラブアップル品種を交雑した場合も70%以上の結実率が得られ、品種間差は認められなかった。1果当たりの種子数は品種間に有意な差が認められ、「Snowdrift」及び「Redbud」は*M. baccata* 79091に比べて多かった。

#### (2) 花粉の特性と交雑和合性の関係

各種クラブアップル及び栽培品種の花粉粒数、花粉の発芽率、「ふじ」及び「つ

Table 2-1. Cross compatibility between 'Fuji' and crabapple cultivars in 2007-2008.

Cultivar	Pollen germination (%)	Fruit set (%)	No. of seeds per fruit
<i>M. baccata</i> 79091	18.5 a <sup>z</sup>	82.5	9.6 e
Peachleaf	19.7 ab	78.2	8.3 cd
Nagasakizumi	29.0 abc	89.9	7.4 ab
Red Splendor	29.7 abc	95.0	7.5 abc
Maypole	30.5 abc	89.9	8.5 d
Sentinel	33.3 abc	92.5	7.3 a
<i>M. X atrosanguinea</i> 20004522	38.5 abcd	98.8	8.0 bcd
Redbud	46.9 bcde	92.1	8.3 cd
Makamik	51.2 cde	96.3	8.1 bcd
Snowdrift	65.4 e	87.5	7.3 ab
Tsugaru	65.5 de	88.8	7.2 a
Indo	66.8 e	93.8	8.1 bcd
Significance <sup>y</sup>			
Cultivar	*	NS	**
Year	**	**	NS
Cultivar X Year	NS <sup>x</sup>	NS <sup>x</sup>	**

<sup>z</sup> Mean separation within columns by least significant difference (LSD) test at P=0.05.

<sup>y</sup> NS, \*, \*\* = nonsignificant, P=0.05, P=0.01, respectively.

<sup>x</sup> Testing for interaction in two-way ANOVA method when there is only one observation per cell is given with Tukey's one-degree of freedom test .

Table 2-2. Cross compatibility between 'Tsugaru' and crabapple cultivars in 2007-2008.

Cultivar	Pollen germination (%)	Fruit set (%)	No. of seeds per fruit	
Redbud	46.9	79.0	8.9	b <sup>z</sup>
Makamik	51.2	92.5	8.4	ab
<i>M. baccata</i> 79091	18.5	93.4	7.9	a
<i>M. X atrosanguinea</i> 20004522	38.5	95.0	8.2	ab
Snowdrift	65.4	95.0	10.2	c
Maypole	30.5	96.9	8.2	ab
Sentinel	33.3	97.4	8.1	ab
Significance <sup>y</sup>				
Cultivar	NS	NS	**	
Year	**	NS	*	
Cultivar * Year	NS <sup>x</sup>	NS <sup>x</sup>	NS	

<sup>z</sup> Mean separation within columns by least significant difference (LSD) test at P=0.05.

<sup>y</sup> NS, \*\*, \* = nonsignificant, P=0.05, P=0.01, respectively.

<sup>x</sup> Testing for interaction in two-way ANOVA method when there is only one observation per cell is given with Tukey's one-degree of freedom test .

がる’との交雑和合性について Table 2-3 に示した。1 蒴当たりの花粉粒数は正常な花粉と 1/3 以下の大きさの小粒花粉に分けて調査した。正常な花粉粒数は ‘Makamik’、 ‘Arnold’、 ‘Samarkandskaya Rannaya’ で多かったが、 ‘Carmine’ は 800 個と最も少なかった。小粒花粉はナガサキズミ、 Nepal Apple Col. No. 85-134-2、 ‘メイポール’ で多かった。正常な花粉の発芽率は、 ‘Samarkandskaya Rannaya’、 ‘Indian Summer’、 ‘Snowdrift’、 ‘ひめかみ’ は 90%以上と高かったのに対して、 *M. baccata* 79091 及び ‘メイポール’ は 30%未満であった。多くの品種で小粒花粉は発芽率が 0%であったのに対して、 Ottawa 8、 山定子-1、 ‘ひめかみ’ は 25~50%と高かった。 ‘ふじ’ に対する粗花粉を交雑した際の結実率は全般に高かったが、 *M. baccata* 79091、 ‘Peachleaf’、 ‘きたかみ’ は 70%未満とやや低かった。種子数は、 *M. turesii*、 Nepal Apple Col. No. 85-134-2、 ‘Snowdrift’、 ‘つがる’ で少なかった。 ‘ふじ’ に 5 倍希釈の花粉を交雑した場合には、 *M. baccata* 79091、 *M. turesii*、 マンシュウズミ-1、 Nepal Apple Col. No. 85-134-2、 ‘Peachleaf’、 山定子-1、 ‘きたかみ’ で結実率が低かった。種子数は Nepal Apple Col. No. 85-134-2、 ナガサキズミ、 ‘Peachleaf’、 ‘きたかみ’ は少なかった。 ‘つがる’ に対する粗花粉の交雑による結実率は、いずれも 70%以上であった。種子数は、 *M. turesii*、 マンシュウズミ-3、 Nepal Apple Col. No. 85-134、 Profusion 91039、 ‘Red Splendor’ で少なかった。 ‘つがる’ に 5 倍希釈の花粉を交雑した場合には、 Nepal Apple Col. No. 85-134、 ‘Red Splendor’ で結実率が低かった。種子数は ‘Carmine’、 Nepal Apple Col. No. 85-134、 ナガサキズミ、 ‘Red Splendor’ で少なかった。

### (3) S 遺伝子の共有程度が栽培品種の結実に及ぼす影響

Table 2-3. Pollen characteristics of crabapples and fertilization between crabapples and apple cultivars in 2007.

Cultivar	Pollen grains per anther		Percentage of pollen germination		Fuji 1X <sup>z</sup>		Fuji 5X <sup>y</sup>		Tsugaru 1X <sup>z</sup>		Tsugaru 5X <sup>y</sup>	
	Normal grain	Small grain	Normal grain	Small grain	Fruit set(%)	Seed number	Fruit set(%)	Seed number	Fruit set(%)	Seed number	Fruit set(%)	Seed number
	Arnold	8500	1000	76	11	-	-	-	-	100	8	75
Carmine	800	1900	39	4	-	-	-	-	100	7.5	53	2.2
Dolgo	6200	500	39	0	-	-	-	-	100	8.3	80	4.8
Eley Purple	4500	200	53	0	-	-	-	-	100	9.3	60	4
Indian Summer	5000	0	91	-	-	-	-	-	100	8.5	90	6.7
Jack	2700	300	69	0	90	9.4	90	7.4	-	-	-	-
<i>M. X atrosanguinea</i> 20004522	4400	600	58	1	98	8.2	87	6.5	95	9.1	55	5.1
<i>M. baccata</i> 79091	2900	1000	28	0	65	9.8	37	4.8	87	8.6	75	3.4
<i>M. turesii</i>	2500	200	64	0	90	6.8	30	4.3	95	5.9	85	4.2
Makamik	9600	500	73	0	93	7.9	100	7.7	85	9.6	84	8.1
Mandshurica-1	5800	900	61	0	93	9	28	4.5	-	-	-	-
Mandshurica-3	6800	1100	-	-	-	-	-	-	80	5.9	85	7.4
Maypole	3100	3200	30	0	80	8.9	65	6.4	100	8.2	95	5.3
Nepal Apple Col. No. 85-134	4800	2500	-	-	-	-	-	-	90	6.3	47	2.1
Nepal Apple Col. No. 85-134-2	6100	3400	82	3	75	6.3	28	1.9	95	8.5	95	8.5
Nagasakizumi	3450	5200	48	0	92	7.6	51	2.9	88	7.3	58	2.3
Ormiston Roy	2500	400	60	7	-	-	-	-	90	8.9	95	4.2
Ottawa 8	4700	1100	75	33	-	-	-	-	98	10.8	80	6.4
Peachleaf	3100	900	30	0	61	7.4	8	2	-	-	-	-
Profusion 91039	7100	2900	64	0	-	-	-	-	100	6.4	85	6.4
Red Splendor	2000	100	47	5	90	7.1	-	-	95	6.6	10	1.7
Redbud	4900	1900	80	3	84	8.8	55	4.2	74	8.8	67	5
Sentinel	6700	1000	58	0	88	7.3	68	5.3	100	7.8	60	3.1
Shandingzi-1	3300	300	83	25	90	8.9	35	6.6	90	8.9	-	-
Snowdrift	6700	200	95	11	85	6.7	83	6.6	90	10.4	70	5.1
Xifuhaitang	3000	1800	36	0	-	-	-	-	100	7.8	85	3.1
[Apple cultivars]												
Himekami	5300	100	96	50	95	8.6	90	8	-	-	-	-
Indo	4800	300	85	0	90	7.6	93	5.7	-	-	-	-
Kitakami	2300	1000	70	13	69	7.1	40	1.5	-	-	-	-
Samarkandskaya Rannaya	7900	1000	90	0	90	10.7	65	5.9	-	-	-	-
Tsugaru	2300	300	88	0	88	6.7	90	8	-	-	-	-

<sup>z</sup> Pollinations with undiluted pollen.<sup>y</sup> Pollinations with 5 times diluted pollen.

Table 2-4. Effect of full-compatible and semi-compatible pollinizers on fruit set and seed number of 'Fuji' during 2004 and 2008<sup>z</sup>.

Pollen diluted times	Fruit set (%)		Seed number	
	Full-compatible	Semi-compatible	Full-compatible	Semi-compatible
1X (undiluted)	89.3	86.5	8.1	8.2
2X	84.2	83.5	7.9	6.9
4X	83.7	52.9	7.6	4.4
5X	81.4	45.8	6.7	3.9
6X	71.6	46.5	6.4	3.4
8X	75.2	36.6	6.1	3.2
10X	63.8	30.0	5.2	2.8
Significance <sup>y</sup>				
Year		***		NS
Dil		***		*
Group		***		*
Cross within group		***		*
Year X Dil		***		***
Year X Group		NS		NS
Cross X Year within group		***		***
Dil X Group		***		**
Cross X Dil within group		***		***

<sup>z</sup> Full-compatible pollinizers: 'Tsugaru', 'Indo'; semi-compatible pollinizers: 'Himekami', 'Kitakami'.

<sup>y</sup> \*\*\* P<0.001, \*\*P<0.01, \*P<0.05.

2004～2008年にかけて‘ふじ’に対する和合性程度及び花粉の希釈程度が結実に及ぼす影響について検討した。完全和合の組み合わせとして‘つがる’、‘印度’を、半和合の組み合わせは‘ひめかみ’、‘きたかみ’を用い、希釈倍数は2倍～10倍であった。結実率については、年×和合性グループを除くすべての要因、すなわち、年、希釈倍率、和合性グループ、交雑組み合わせ（和合性グループ）、年×希釈、交雑組み合わせ×年（和合性グループ）、希釈倍率×和合性グループ、交雑組み合わせ×希釈倍率（和合性グループ）で有意となった(Table 2-4)。完全和合と半和合を比較した場合、粗花粉または希釈倍率が低い場合には結実率にほとんど差がないが、希釈倍率が高くなるにつれて、特に4倍以上の希釈倍数で半和合の結実率が低くなる傾向が認められた。次に、同じ条件で種子数について枝分かれ実験による分散分析を行ったところ、年、年×和合性グループを除くすべての要因で有意となった。種子数について完全和合と半和合を比較した場合、粗花粉または希釈倍率が低い場合には種子数にほとんど差がないが、希釈倍率が高くなるにつれて、特に4倍以上の希釈倍数で半和合の種子数が低くなる傾向が認められた。

2002～2006年の5年間について‘ふじ’に対する和合性程度及び花粉の希釈程度が結実に及ぼす影響について検討した。完全和合の組み合わせとして‘つがる’、‘印度’、‘ゴールデン・デリシャス’、‘王林’を半和合の組み合わせは‘ひめかみ’、‘きたかみ’、‘祝’、‘レッドゴールド’を用い、花粉は1倍（粗花粉）と5倍希釈を用いた。結実率について枝分かれ実験による分散分析を行ったところ、交互作用を含むすべての要因が有意となった(Table 2-5)。粗花粉の場合は、完全和合と半和合の結実率の差は認められなかったのに対して、5倍希釈花粉では年次や品種によるばらつきはあるものの、半和合の組み合わせで結実率が低かった。次に種

Table 2-5. Effect of full-compatible and semi-compatible pollinizers on fruit set and seed number of 'Fuji' during 2002 and 2006<sup>z</sup>.

Diluted times	Fruit set (%)		Seed number	
	Full-compatible	Semi-compatible	Full-compatible	Semi-compatible
1X (undiluted)	87.7	90.0	8.7	8.6
5X	75.1	52.7	6.7	4.2
Significance <sup>y</sup>				
Year		***		NS
Diluted times		***		NS
Group		***		NS
Cross within group		***		NS
Year X Diluted times		***		***
Year X Group		***		NS
Cross X Year within group		***		***
Diluted times X Group		***		*
Cross X Diluted times within group		***		***

<sup>z</sup> Full-compatible pollinizers: 'Tsugaru', 'Indo', 'Golden Delicious', 'Orin'; semi-compatible pollinizers: 'Himekami', 'Kitakami', 'American Summer Pearmain', 'Redgold'.

<sup>y</sup> \*\*\* P<0.001, \*\*P<0.01, \*P<0.05.

子数について検討したところ、年×希釈、交雑組み合わせ×年（和合性グループ）、希釈倍率×和合性グループ、交雑組み合わせ×希釈倍率（和合性グループ）で有意となった。和合性グループについては有意性が認められなかったが、5倍希釈では半和合が完全和合に比べて種子数が少なくなる傾向が認められた。

2002～2006年の5年間について‘スターキング・デリシャス’に対する和合性程度及び花粉の希釈程度が結実に及ぼす影響について検討した。完全和合の組み合わせとして‘つがる’、‘印度’、‘ゴールデン・デリシャス’、‘王林’を、半和合の組み合わせは‘ひめかみ’、‘きたかみ’、‘夏緑’、‘レッドゴールド’を用い、希釈倍数は1倍と5倍であった。その結果、結実率についてはすべての要因および交互作用について有意となった(Table 2-6)。「スターキング・デリシャス」を種子親に用いた場合には‘ふじ’を種子親に使用した場合と比べて、結実率は低く、花粉の希釈によっても結実率が低下しやすい傾向が認められた。また、年次や品種によるばらつきは大きかったが、半和合は完全和合に比べて結実率が劣る傾向が認められ、特に5倍の場合に顕著であった。種子数については和合性グループについては有意性が認められなかったが、年×希釈倍率、交雑組み合わせ×年、交雑組み合わせ×希釈倍率の交互作用が有意であった。

2004年～2006年の3年間について‘国光’に対する和合性程度及び花粉の希釈程度が結実に及ぼす影響について検討した。完全和合の組み合わせとして‘ひめかみ’、‘きたかみ’、‘つがる’、‘印度’、‘葵花’、‘スカーレット’、‘高原’、‘夏緑’、‘さんさ’、‘紅玉’を用い、半和合の組み合わせとして、‘ふじ’、‘王林’、‘ゴールデン・デリシャス’、‘祝’、‘レッドゴールド’を用いた。その結果、結実率については年、希釈倍率、和合性グループ、交雑組み合わせ

Table 2-6. Effect of full-compatible and semi-compatible pollinizers on fruit set and seed number of 'Starking Delicious' during 2002 and 2006<sup>z</sup>.

Diluted times	Fruit set (%)		Seed number	
	Full-compatible	Semi-compatible	Full-compatible	Semi-compatible
1X (undiluted)	65.9	59.3	7.0	6.6
5X	44.0	27.5	5.9	4.5
Significance <sup>y</sup>				
Year		***		NS
Diluted times		***		NS
Group		***		NS
Cross within group		***		NS
Year X Diluted times		***		***
Year X Group		***		NS
Cross X Year within group		***		***
Diluted times X Group		***		NS
Cross X Diluted times within group		***		**

<sup>z</sup> Full-compatible pollinizers: 'Tsugaru', 'Indo', 'Golden Delicious', 'Orin'; semi-compatible pollinizers: 'Himekami', 'Kitakami', 'Natsumidori', 'Redgold'.

<sup>y</sup> \*\*\* P<0.001, \*\*P<0.01, \*P<0.05.

せ、希釈倍率×和合性グループ、交雑組み合わせ×希釈倍率について有意となり、半和合は和合に比べて5倍希釈した際に結実率が低下した(Table 2-7)。「国光」の種子数については、希釈倍率、希釈倍率×和合性グループ、交雑組み合わせ×希釈倍率が有意であったが、和合性グループについては有意差が認められなかった。

#### 4. 考 察

##### 交雑和合性

Williams(1975)は授粉樹の条件として、花数、1花当たりの花粉生産量、花粉稔性を上げ、これらの条件を加味した花粉の生産効率性指数を示している。それによると、「Golden Homet」は指数が100と最も高く、「Hillieri」が46と続いた。栽培品種で最も高かったのは「Egremont Russet」の35であり、「ゴールデン・デリシャス」は27であった。これは、花芽の着生密度が高いクラブアップルは栽培品種に比べて花粉の生産効率が高いことを示している。

人工授粉による交雑和合性の判定は、果樹園における訪花昆虫による結実程度と直接的な比較はできないが、授粉樹としての適性を評価する上で参考となる(Way, 1978)。Wertheim(1996)は落葉果樹の交雑試験方法について取りまとめ、交雑試験においては1花そう2花について交雑し、収穫時の結実率が25%あれば和合性があるという基準を示している。我が国では交雑試験の結実率はジューンドロップの前に調査することが多い。また、交雑は1花そう1花に対して行うことが多く、海外の結実率の基準をそのまま当てはめることはできないが、上田ら(2005)は「ふじ」の授粉専用品種を選抜するための交雑和合性の判定基準として2ヶ年以上で80%以

Table 2-7. Effect of full-compatible and semi-compatible pollinizers on fruit set and seed number of 'Ralls Janet' during 2004 and 2006<sup>z</sup>.

Diluted times	Fruit set (%)		Seed number	
	Full-compatible	Semi-compatible	Full-compatible	Semi-compatible
1X (undiluted)	88.1	89.0	8.4	8.0
5X	69.5	56.9	4.8	2.5
Significance <sup>y</sup>				
Year		***		NS
Diluted times		***		**
Group		***		NS
Cross within group		***		NS
Diluted times X Group		*		*
Cross X Diluted times within group		***		***

<sup>z</sup> Full-compatible pollinizers: 'Himekami', 'Kitakami', 'Tsugaru', 'Indo', 'Kuihua', 'Scarlet', 'Takahara', 'Natsumidori', 'Sansa', 'Jonathan'; semi-compatible pollinizers: 'Fuji', 'Orin', 'Golden Delicious', 'American Summer Pearmain'; 'Redgold'.

<sup>y</sup> \*\*\* P<0.001, \*\*P<0.01, \*P<0.05.

上の結実率を示した品種は和合性が高いと判定している。和合性が高いと判断された品種は‘Dolgo’、‘Makamik’、‘Peachleaf’、Profusion 91039、‘Snowdrift’等であった。一方、*M. X atrosanguinea* 20004522 は42%（3年間平均）、‘Redbud’は57%（3年間平均）、‘Sentinel’は75%（1年間）であった。本試験でも授粉専用品種の条件として結実率80%以上を和合性の基準としたが、‘ふじ’及び‘つがる’に対する2年間平均の結実率は概ね80%以上であり、供試品種で結実率が特に問題となる品種は認められなかった。

Keulemans et al.(1996)は、果実重には種子数や授粉品種の違いが影響することを報告している。すなわち、‘Elstar’と他品種の交雑試験において、種子数と果実重に正の相関を認めている。また、いくつかの交雑試験の結果から、‘Delcorf’、‘Fiesta’、‘Rubinette’を受粉した場合には果実重が低下する傾向があるが、‘ふじ’の花粉を受粉した場合には果実重が増加することを報告している。同様に、上村ら(2000)は‘ふじ’に対する人工授粉の試験において、授粉方法の違いが果実の種子数や果実重に影響を与えるとともに、種子数と果実重や横径との間には正の相関があることを明らかにし、種子が8個以上形成されると300g以上の果実となり、しかも種子が心室に均等に形成されると商品価値の高い正形の果実になるとした。また、綿棒による授粉は機械授粉に比べて種子数が多く、かつ形の良い正形果の比率が高まることを報告している。Braut・Oliveira(1995)は‘旭’を用いて、種子数と果形の非対称性について検討し、種子数が少なくなると果形の非対称性が增大することを明らかにし、収穫時における正常な種子数が6個以上、または受精した胚珠（正常な種子数+退化した種子数）が9個以上の果実は不均一指数が10%未満になると報告している。本試験では、‘ふじ’に対しては*M. baccata* 79091の授粉で種子数が多く

なる傾向があり、‘つがる’に対しては‘Snowdrift’の花粉を交雑した場合に種子数が多かった。種子数に及ぼす花粉発芽率の影響は‘ふじ’においては明らかではなかったが、‘つがる’では花粉発芽率の高い品種で種子数が多い傾向が認められた。

リンゴの自家不和合性は、雌ずいの柱頭内の阻害物質によって引き起こされる配偶体型不和合であり、今までに不和合性に関与する S 遺伝子が同定された (Broothaerts et al., 1995; Janssens et al., 1995)。授粉樹に利用可能と考えられるクラブアップルや野生種の S 遺伝子型が分析され、山定子-1 は  $S4Sx$ 、*M. turesii* 及び‘Neville Corpman’は  $S24S26$ 、‘Redbud’及び‘Snowdrift’は  $S25Sx$ 、*M. X atrosanguinea* 20004522、ナガサキズミ、‘Red Splendor’、‘Sentinel’は  $S26Sx$ 、‘Jack’、Profusion 91039 は  $SxSx$  であることが報告されている (Matsumoto et al., 2003; Matsumoto et al., 2007; Matsumoto et al., 2009)。クラブアップル及びリンゴ属野生種の大半は主要品種の‘ふじ’ ( $S1S9$ ) 及び‘つがる’ ( $S3S7$ ) と S 遺伝子を共有しない完全和合であった。一方、‘Peachleaf’ ( $S1S5$ ) と‘Makamik’ ( $S1,20,24like\ "Sx$ ) は、‘ふじ’と同じ  $S1$  遺伝子を有し、半和合の組み合わせとなった。しかし、本試験の粗花粉を用いた交雑試験では完全和合と半和合の組み合わせで明らかな結実率や種子数の違いは認められなかった。これらの点については、今後詳細な検討が必要である。

#### 花粉の特性と交雑和合性の関係

‘ふじ’及び‘つがる’にクラブアップルの粗花粉または5倍希釈の花粉を交雑した際に、結実率や種子数が劣る組み合わせが認められた。一般に発芽率が低い花粉を用いた場合には、結実率や種子数が劣ることが多い。本試験でも‘Carmin’、*M. baccata* 79091、‘Peachleaf’では花粉を希釈した場合の種子数が少なかった。一方、

花粉の発芽率に加えて1葯当たりの花粉粒数も種子数等に影響し、花粉粒数の少ない‘Carmine’、‘Red Splendor’、‘きたかみ’では交雑和合性が劣る傾向が認められた。また、小粒花粉の多い‘Carmine’、Nepal Apple Col. No. 85-134、Nepal Apple Col. No. 85-134-2、ナガサキズミ、Profusion 91039でも交雑親和性が劣る傾向が認められた。その他の要因としては、‘Peachleaf’や‘きたかみ’は‘ふじ’に対して半和合の組み合わせであることも影響していると考えられ、これらの組み合わせでは花粉を希釈した場合に種子数が低下する傾向が認められた。一方、‘メイポール’は花粉の発芽率が低く、かつ小粒花粉の割合が多かったにもかかわらず、交雑和合性に問題は認められなかった。このことは花粉管の伸長速度等その他の要因も関与している可能性があり、今後さらに検討していく必要がある。

#### S遺伝子の共有程度が栽培品種の結実に及ぼす影響

本試験ではリンゴの栽培品種を用いて、完全和合と半和合の交雑組み合わせにおける結実率及び種子数の違いを明らかにしようとした。‘ふじ’、‘スターキング・デリシャス’、‘国光’を種子親として、その花粉親にS遺伝子を共有しない完全和合の品種とS遺伝子を1個共有する半和合の品種を使用して交雑を行った場合、すべての種子親品種で和合性グループによる結実率の違いが有意となっただけでなく、同時に和合性グループと希釈倍率の交互作用も有意であった。このことは、粗花粉では完全和合と半和合に差は無いが、4倍以上に希釈した場合は、半和合は完全和合に比べて結実率が劣ることを示すものである。また、すべての品種で年と希釈倍数、年と同一和合性グループ中の交雑組み合わせについて有意な交互作用が認められた。このことは年によって結実率や種子数に及ぼす希釈倍数や交雑組み合

わせの効果が異なることを意味している。これらの交互作用が認められたのは、年によって花粉の発芽率や人工授粉時の天候が異なっていたことなどが影響した可能性がある。一方、同一和合性グループ中の交雑組み合わせと希釈倍数についても有意な交互作用が認められた。このことは交雑組み合わせによって結実率や種子数に及ぼす希釈倍数の効果が異なることを意味しているが、同一和合性グループでも、花粉の発芽率や1花当たりの花粉粒数等の花粉稔性に品種間差があった可能性がある。

Goldway et al.(1999)は、‘Top Red’(S9S28)の授粉樹として完全和合の‘ゴールデン・デリシャス’(S2S3)、または半和合の‘紅玉’(S7S9)を用いた場合、圃場条件において半和合の交雑組み合わせで結実率や収量が劣ることを報告している。また、セイヨウナシにおいても完全和合の組み合わせは半和合の組み合わせに対して、結実率が高く、1果当たりの種子数が多いことが明らかにされている(Zisovich et al., 2005)。本試験では人工授粉の結果ではあるが、Goldway et al.(1999)の圃場条件の結果と同様な傾向を示していた。この原因として、物理的な花粉濃度の問題なのか、あるいは柱頭における花粉の付着量の減少が柱頭内に生理的な変化を生じさせているのかについて今後検討する必要がある。

## 5. 摘 要

‘ふじ’の交雑試験に供したクラブアップル及び栽培品種の花粉発芽率は品種、年で有意に異なったが、‘つがる’、‘印度’、‘Snowdrift’は花粉発芽率が高かった。‘ふじ’にこれら品種の花粉を交雑した結果、すべての品種で70%以上の高い

結実率が得られた。交雑試験における1果当たりの種子数については、*M. baccata* 79091は2年間を通じて種子数が多かった。一方、‘つがる’に対してはいずれのクラブアップル品種を交雑した場合も70%以上の結実率が得られた。1果当たりの種子数は、‘Snowdrift’及び‘Redbud’は*M. baccata* 79091に比べて多かった。

各種クラブアップル及び栽培品種の花粉粒数、花粉の発芽率、‘ふじ’および‘つがる’との交雑和合性について調査した。正常な花粉粒数は‘Makamik’、‘Arnold’、‘Samarkandskaya Rannaya’で多かったが、‘Carmine’は少なかった。小粒花粉はナガサキズミ、Nepal Apple Col. No. 85-134-2、‘メイポール’で多かった。正常な花粉の発芽率は、‘Samarkandskaya Rannaya’、‘Indian Summer’、‘Snowdrift’、‘ひめかみ’は90%以上と高く、*M. baccata* 79091、‘メイポール’は30%未満であった。小粒花粉は多くの品種で発芽率は0%であった。‘ふじ’に対して粗花粉を交雑した場合の結実率は全般に高く、種子数は、*M. turesii*、Nepal Apple Col. No. 85-134-2、‘Snowdrift’、‘つがる’で少なかった。‘つがる’に対する粗花粉の交雑による結実率はいずれも70%以上であり、種子数は、*M. turesii*、マンシュウズミ-3、Nepal Apple Col. No. 85-134、Profusion 91039、‘Red Splendor’で少なかった。花粉の特性と交雑和合性の関係については、花粉の発芽率が低い場合、1葯当たりの花粉粒数が少ない場合、小粒花粉の多い場合等で結実率や種子数が低下する傾向が認められた。

2004年～2008年にかけて‘ふじ’に対する和合性程度及び花粉の希釈程度が結実に及ぼす影響について検討した。完全和合の組み合わせとして‘つがる’、‘印度’、半和合の組み合わせは‘ひめかみ’、‘きたかみ’を用い、粗花粉～10倍希釈花粉を用いて交雑試験を行った。その結果、希釈倍率が高くなるにつれて、特に4倍以上の希釈倍数で半和合の結実率の低下及び種子数の減少が認められた。次に、

2002年～2006年において‘ふじ’に対して完全和合、半和合各4品種の粗花粉と5倍希釈の花粉を用いて交雑試験を行った。その結果、粗花粉の場合は、完全和合と半和合の結実率の差は認められなかったが、5倍希釈では半和合の組み合わせは完全和合に比べて結実率が低かった。種子数については、和合性グループによる有意な差が認められなかった。

2002年～2006年において‘スターキング・デリシャス’に対して完全和合、半和合各4品種の粗花粉と5倍希釈の花粉を用いて交雑試験を行った。その結果、年次や品種によるばらつきは大きかったが、半和合は完全和合に比べて結実率が劣る傾向が認められ、特に5倍希釈の場合にその傾向が強かった。種子数については和合性グループによる有意な差は認められなかった。

2004年～2006年において‘国光’に対して完全和合10品種、半和合5品種の粗花粉と5倍希釈の花粉を用いて交雑試験を行った。結実率について、半和合は和合に比べて結実率が低下した。種子数については和合性グループによる有意な差は認められなかった。

### 第3章 授粉専用品種の開花期に及ぼす各種要因の検討

#### 1. 緒言

リンゴの授粉樹を選択する際には、経済品種に対する授粉専用品種の開花期の同調性は極めて重要である。しかし、リンゴの栽培品種における開花期は毎年の気象変化や、樹体の栄養条件等の影響によって変動する。落葉果樹の開花期を左右する要因として、自発休眠を覚醒させるための冬期の低温と自発休眠終了後の高温要求性が関係するとされる(Gianfagna・Mehlenbacher, 1985)。リンゴの低温要求性は品種や種によって異なり (Ghariani and Stebbins, 1994; Hauagge and Cummins, 1991)、量的な遺伝形質であることが明らかにされている(Labuschagne et al., 2002)。また、ナシでは低温要求性と自発休眠終了後の高温要求性には高い相関があり、かつ両者は開花期の早晚と比較的高い相関があることが知られている(Spiegel-Roy and Alston, 1979)。特に、自発休眠終了後の温度が発芽期や開花期の早晚に及ぼす影響は大きい(鈴木・丹野, 1970; 市田ら, 1976; 鎌田, 1992)。一方、花芽分化期に当たる前年7月の気温が高いと開花期が遅れることも指摘されている(Soltész, 2003)。さらに、樹体に関する条件では、開花期と台木(Young・Werner, 1984)、樹齢(Williams, 1975)等との関係も報告されている。

本章においては、環境要因や樹体要因等の条件がリンゴのクラブアップルの開花期に及ぼす影響について検討し、開花期の同調性を有し安定的な授粉効果を有する授粉専用品種の選抜に資する。

## 2. 材料及び方法

### (1) 開花期に及ぼす気温の影響

主要品種の‘ふじ’、開花の早い *M. baccata* 79091、開花のやや遅い‘Snowdrift’の2003年～2008年の岩手県盛岡市における頂芽の開花データ(中心花開花始め日、中心花満開日、側花開花始め日、側花満開日)と各年における2月上旬～5月中旬までの3半旬または3月中旬～4月下旬までの6半旬の平均気温との相関関係について検討した。次に、‘ふじ’と‘Snowdrift’の2004年～2006年の青森県黒石市、盛岡市、秋田県横手市、宮城県名取市における頂芽開花始め日、頂芽満開日と各時期の気温の関係について検討した。さらに、‘ふじ’とクラブアップル6品種の2006年～2008年の盛岡市、北上市、名取市における頂芽開花始め日、頂芽満開日と各時期の気温の関係について検討した。なお、開花期の調査項目は頂芽の開花始め日及び満開日である。

### (2) 開花期と地域性

‘ふじ’と‘Snowdrift’の地域別の開花生態を比較するため、青森県農林総合研究センターりんご試験場(黒石市)、秋田県農林水産技術センター果樹試験場(横手市)、宮城県農業・園芸総合研究所(名取市)の協力を得て、2004年から2006年にかけて果樹研究所りんご研究拠点(盛岡市)を含む4地点の開花期を調査した。開花期の調査項目は、頂芽の開花始め日及び満開日である。また、クラブアップル5品種の地域別の開花生態を比較するため、岩手県農業研究センター、宮城県農業・園芸総合研究所の協力を得て、2006年から2008年にかけて、盛岡市を含む3地点

の開花期を調査した。供試品種は、‘Snowdrift’、‘Red Splendor’、‘Peachleaf’、‘Makamik’、‘Redbud’、‘Dolgo’、‘ふじ’（対照）の7品種である。開花期の調査項目は頂芽の開花始め日及び満開日である。

### （3）開花期に及ぼす開花量の影響

2004年から2007年に果樹研究所リンゴ研究拠点においてM. turesii、‘Redbud’、‘Red Splendor’、‘Snowdrift’のクラブアップル4品種について、各2樹の開花期と開花量を調査し、開花に及ぼす開花量の影響について検討した。また、2003年から2008年のクラブアップル15品種の樹毎の開花日（‘ふじ’との偏差）、開花量について調査し、開花期と開花量の単相関係数を算出し、無相関の検定により有意性を明らかにした。

### （4）開花期に及ぼす台木の影響

開花期に及ぼす台木の影響について検討するため、2005年に果樹研究所リンゴ研究拠点において‘Makamik’、‘Redbud’、‘Sentinel’、‘Snowdrift’をJM7及びマルバカイドウMO84aに接ぎ木した。これらの苗木について2007年及び2008年（3年生及び4年生樹）に頂芽の中心花開花始め日、中心花満開日、側花開花始め日及び側花満開日を調査した。得られた開花データを基に品種、台木、調査年を要因とする三元配置の分散分析を行った。

次に、2006年に‘メイポール’、‘Makamik’、‘Snowdrift’を、JM7、JM8、マルバカイドウMO84a台に接ぎ木した。これらの中から8種類の品種・台木組み合わせの苗木について、2008年に開花調査を行った。得られた開花データを基に品種、

台木を要因とする二元配置の分散分析を行った。さらに、2002年に‘Makamik’、‘Redbud’、‘Sentinel’、‘Snowdrift’をJM7に接ぎ木した苗木、2003年にJM1に接ぎ木した苗木について2006年～2008年の3年間について同様な開花調査を行った。なお、両者の接ぎ木年次は1年違いであったが、圃場への定植は2005年に同時に行った。得られた開花データを基に品種、台木、調査年を要因とする三元配置の分散分析を行った。

#### (5) 開花期に及ぼす樹齢の影響

2007～2008年にかけて果樹研究所リンゴ研究拠点において樹齢が3～7年生のJM7台に接ぎ木した‘Makamik’、‘Red Splendor’、‘Sentinel’、‘Snowdrift’を供試樹とし、頂芽開花期を調査した。得られたデータを基に、品種、樹齢、調査年を要因として三元配置の分散分析を行った。開花期の調査項目は、頂芽の中心花開花始め日、中心花満開日、側花開花始め日、側花満開日であった。

### 3. 結 果

#### (1) 開花期に及ぼす気温の影響

主要品種の‘ふじ’、開花のやや遅い‘Snowdrift’、開花の早い*M. baccata* 79091の2003～2008年の盛岡市における開花データと各年における2月上旬～5月中旬までの3半旬の平均気温との相関関係について検討した(Table 3-1)。その結果、半旬別では‘Snowdrift’の側花満開日は3月中旬と最も相関が高かったが、その他の品種・開花ステージでは3月下旬との相関が高かった。また、3月下旬について、平

Table 3-1. Relationship between 10 days mean temperature and blooming period of terminal bud of crabapple cultivars and 'Fuji' at Morfoka in 2003-2008.

Cultivar	Stage	Beginning Middle of End of Beginning Middle of End of Beginning Middle of End of Beginning Middle of										
		of February	February	February	of March	March	March	of April	April	April	of May	May
Fuji	First bloom of king flower	0.007	0.569	0.186	0.065	-0.709	-0.795	-0.648	-0.596	-0.387	-0.343	0.167
	First bloom of king flower	0.011	0.462	0.047	-0.071	-0.720	-0.826	-0.560	-0.599	-0.307	-0.418	0.037
<i>M. baccata</i> 79091	First bloom of king flower	-0.221	0.599	0.327	-0.003	-0.549	-0.713	-0.671	-0.397	-0.532	-0.322	0.334
	Full bloom of king flower	0.078	0.430	-0.005	-0.019	-0.746	-0.851	-0.539	-0.651	-0.239	-0.395	-0.026
Snowdrift	Full bloom of king flower	0.002	0.465	0.028	-0.085	-0.728	-0.836	-0.579	-0.611	-0.297	-0.458	0.040
	Full bloom of king flower	-0.176	0.479	0.209	-0.052	-0.558	-0.751	-0.551	-0.406	-0.444	-0.303	0.178
Fuji	First bloom of lateral flower	0.089	0.534	0.108	0.072	-0.759	-0.822	-0.622	-0.664	-0.313	-0.359	0.084
	First bloom of lateral flower	0.021	0.472	0.036	-0.081	-0.737	-0.831	-0.577	-0.619	-0.300	-0.446	0.039
<i>M. baccata</i> 79091	First bloom of lateral flower	-0.212	0.614	0.318	-0.013	-0.569	-0.722	-0.694	-0.419	-0.528	-0.354	0.340
	Full bloom of lateral flower	0.052	0.439	-0.039	-0.072	-0.758	-0.868	-0.578	-0.668	-0.225	-0.480	-0.014
Snowdrift	Full bloom of lateral flower	0.136	0.480	0.005	-0.126	-0.810	-0.797	-0.546	-0.678	-0.282	-0.480	-0.011
	Full bloom of lateral flower	-0.094	0.533	0.258	-0.089	-0.617	-0.688	-0.537	-0.424	-0.505	-0.312	0.198

均気温、最高気温、最低気温と開花期の関係をみたところ、最高気温との相関が最も高かった（データ省略）。さらに、旬別で相関が比較的高かった3月中旬～4月下旬の6半旬別最高気温の平均温度と各品種の開花期との関係について検討したところ、‘Snowdrift’の中心花満開日・側花開花始め日・側花満開日及び‘ふじ’の側花満開日と3月の5半旬(3/21-25)の最高気温との間に最も高い相関が得られた(Table 3-2)。また、‘ふじ’の中心花始め日・中心花満開日・側花開花始め日、‘Snowdrift’の中心花開花始め日、*M. baccata* 79091 のすべての開花ステージでは4月の4半旬(4/16-20)の最高気温との間に最も高い相関が得られた。

次に‘ふじ’及び‘Snowdrift’の2004年～2006年の黒石市、盛岡市、横手市、名取市における頂芽開花始め日、頂芽満開日と各時期の気温の関係について検討したところ、3月中旬の最高気温の平均と最も高い相関が認められた(Table 3-3)。また、3月中旬の平均気温との間にも高い相関が認められた。さらに‘ふじ’とクラブアップル6品種の2006年～2008年の盛岡市、北上市、名取市における頂芽開花始め日、頂芽満開日と各時期の気温の関係について検討したところ、頂芽開花始め日は3月下旬または4月下旬の平均気温と相関が高く、頂芽満開日は4月上旬及び4月下旬の平均気温と高い相関が認められた(Table 3-4)。また、開花期と3月下旬の最高気温との間に高い相関が認められた。

## (2) 開花期と地域性

2004年から2006年まで青森県農林総合研究センターりんご試験場、果樹研究所りんご研究拠点、岩手県農業研究センター、秋田県農林水産技術センター果樹試験場及び宮城県農業・園芸総合研究所において‘ふじ’及び‘Snowdrift’の開花期の推

Table 3-2. Relationship between 5 days mean maximum temperature and blooming period of terminal bud of crabapple cultivars and 'Fuji' at Moroka, in 2003-2008.

Cultivar	Stage	Date											
		March 11 to 15	March 16 to 20	March 21 to 25	March 26 to 31	April 1 to 5	April 6 to 10	April 11 to 15	April 16 to 20	April 21 to 25	April 26 to 30		
Fuji	First bloom of king flower	-0.774	-0.462	-0.918	-0.516	-0.837	-0.808	-0.223	-0.974	-0.655	0.064		
	First bloom of king flower	-0.801	-0.522	-0.930	-0.547	-0.746	-0.730	-0.213	-0.938	-0.675	0.171		
<i>M. baccata</i> 79091	First bloom of king flower	-0.629	-0.251	-0.884	-0.393	-0.925	-0.837	-0.049	-0.932	-0.712	-0.100		
	Full bloom of king flower	-0.823	-0.573	-0.915	-0.601	-0.711	-0.718	-0.292	-0.945	-0.621	0.234		
Snowdrift	Full bloom of king flower	-0.813	-0.540	-0.942	-0.545	-0.738	-0.739	-0.194	-0.929	-0.680	0.185		
	Full bloom of king flower	-0.646	-0.297	-0.873	-0.465	-0.852	-0.756	-0.124	-0.934	-0.696	0.009		
<i>M. baccata</i> 79091	First bloom of lateral flower	-0.821	-0.544	-0.919	-0.562	-0.780	-0.779	-0.283	-0.971	-0.624	0.143		
	First bloom of lateral flower	-0.818	-0.544	-0.940	-0.544	-0.738	-0.736	-0.205	-0.933	-0.679	0.180		
<i>M. baccata</i> 79091	First bloom of lateral flower	-0.650	-0.276	-0.899	-0.392	-0.922	-0.848	-0.039	-0.931	-0.719	-0.092		
	Full bloom of lateral flower	-0.843	-0.604	-0.941	-0.593	-0.698	-0.736	-0.244	-0.926	-0.636	0.256		
Fuji	Full bloom of lateral flower	-0.877	-0.624	-0.944	-0.508	-0.665	-0.666	-0.203	-0.896	-0.701	0.196		
	Full bloom of lateral flower	-0.687	-0.323	-0.885	-0.383	-0.830	-0.702	-0.081	-0.912	-0.763	-0.053		
<i>M. baccata</i> 79091	Full bloom of lateral flower												
	Full bloom of lateral flower												

Table 3-3. Relationship between blooming period of 'Fuji' and 'Snowdrift' and temperature of 4 locations<sup>2</sup> during 2004 and 2006.

Season	Temperature	Fuji		Snowdrift	
		First bloom	Full bloom	First bloom	Full bloom
Beginning of March	Mean	-0.350	-0.341	-0.378	-0.356
Middle of March	Mean	-0.799	-0.803	-0.818	-0.801
End of March	Mean	-0.710	-0.758	-0.720	-0.721
Beginning of April	Mean	-0.746	-0.700	-0.698	-0.679
Middle of April	Mean	-0.674	-0.697	-0.673	-0.690
End of April	Mean	-0.396	-0.331	-0.359	-0.319
Beginning of February	Maximum	-0.826	-0.765	-0.790	-0.761
Middle of April	Maximum	-0.735	-0.755	-0.764	-0.757
End of April	Maximum	-0.658	-0.705	-0.697	-0.721
Beginning of March	Maximum	-0.335	-0.305	-0.329	-0.298
Middle of March	Maximum	-0.901	-0.907	-0.912	-0.912
End of March	Maximum	-0.737	-0.809	-0.759	-0.783
Beginning of April	Maximum	-0.769	-0.727	-0.715	-0.702
Middle of April	Maximum	-0.700	-0.730	-0.692	-0.718

<sup>2</sup> Kuroishi, Morioka, Yokote, Natori.

Table 3-4. Relationship between blooming period of crabapples and apple cultivars and mean and maximum temperature from March to May in 3 locations<sup>a</sup> during 2006 and 2008.

Season	Temperature	First bloom of terminal bud					Full bloom of terminal bud								
		Fuji	Snowdrift	Red Splendor	Peachleaf	Makamk	Redbud	Dolgo	Fuji	Snowdrift	Red Splendor	Peachleaf	Makamk	Redbud	Dolgo
Middle of March	Mean	-0.844	-0.875	-0.621	-0.726	-0.665	-0.714	-0.772	-0.768	-0.827	-0.668	-0.764	-0.674	-0.779	-0.766
End of March	Mean	-0.816	-0.762	-0.885	-0.898	-0.927	-0.920	-0.892	-0.844	-0.852	-0.907	-0.885	-0.936	-0.897	-0.901
Beginning of April	Mean	-0.927	-0.841	-0.865	-0.908	-0.909	-0.908	-0.903	-0.952	-0.923	-0.908	-0.936	-0.905	-0.921	-0.917
Middle of April	Mean	-0.866	-0.853	-0.607	-0.719	-0.666	-0.719	-0.775	-0.796	-0.854	-0.666	-0.762	-0.681	-0.791	-0.776
End of April	Mean	-0.952	-0.875	-0.816	-0.900	-0.887	-0.904	-0.922	-0.936	-0.941	-0.869	-0.933	-0.898	-0.943	-0.925
Beginning of May	Mean	-0.706	-0.526	-0.484	-0.576	-0.589	-0.608	-0.576	-0.754	-0.714	-0.566	-0.636	-0.609	-0.633	-0.658
End of March to end of April	Mean	-0.985	-0.920	-0.884	-0.949	-0.940	-0.956	-0.955	-0.979	-0.988	-0.932	-0.974	-0.947	-0.982	-0.974
Middle of March	Maximum	-0.706	-0.736	-0.619	-0.687	-0.645	-0.639	-0.695	-0.678	-0.633	-0.596	-0.657	-0.609	-0.674	-0.701
End of March	Maximum	-0.796	-0.786	-0.905	-0.903	-0.922	-0.914	-0.897	-0.819	-0.837	-0.907	-0.870	-0.928	-0.888	-0.891
Beginning of April	Maximum	-0.817	-0.700	-0.763	-0.789	-0.790	-0.777	-0.771	-0.881	-0.804	-0.798	-0.816	-0.779	-0.790	-0.790
Middle of April	Maximum	-0.736	-0.725	-0.399	-0.519	-0.437	-0.503	-0.579	-0.713	-0.722	-0.479	-0.602	-0.461	-0.606	-0.552
End of April	Maximum	-0.754	-0.632	-0.426	-0.553	-0.499	-0.523	-0.579	-0.738	-0.701	-0.470	-0.582	-0.500	-0.610	-0.633

<sup>a</sup> Morioka, Kitakami, Natori.

Table 3-5. Effect of location and year on blooming period of 'Fuji' and 'Snowdrift' during 2004 and 2006.

Location	Cultivar	Year	First bloom of terminal bud <sup>z</sup>	Full bloom of terminal bud <sup>z</sup>
Kuroishi	Fuji	2004	5	9
Kuroishi	Fuji	2005	15	20
Kuroishi	Fuji	2006	15	19
Kuroishi	Snowdrift	2004	4	7
Kuroishi	Snowdrift	2005	17	21
Kuroishi	Snowdrift	2006	16	20
Moiroka	Fuji	2004	8	12
Moiroka	Fuji	2005	12	20
Moiroka	Fuji	2006	15	20
Moiroka	Snowdrift	2004	9	13
Moiroka	Snowdrift	2005	16	20
Moiroka	Snowdrift	2006	16	19
Kitakami	Fuji	2005	8	15
Kitakami	Fuji	2006	11	16
Kitakami	Snowdrift	2005	11	19
Kitakami	Snowdrift	2006	14	16
Yokote	Fuji	2004	3	6
Yokote	Fuji	2005	11	17
Yokote	Fuji	2006	10	14
Yokote	Snowdrift	2004	4	7
Yokote	Snowdrift	2005	12	17
Yokote	Snowdrift	2006	11	14
Natori	Fuji	2004	-9	-1
Natori	Fuji	2005	1	5
Natori	Fuji	2006	5	10
Natori	Snowdrift	2004	-9	-4
Natori	Snowdrift	2005	1	5
Natori	Snowdrift	2006	5	10
Significance <sup>y</sup>				
Location			**	**
Cultivar			**	NS
Year			**	**
L×C			**	NS
L×Y			**	NS
C×Y			*	NS
L×C×Y			NS	NS

<sup>z</sup> The notation of the flowering day expressed May 1 for 1 and transcribed a deviation for it in a minus in the case of April.

<sup>y</sup> NS, \*, \*\* =nonsignificant, P=0.05, P=0.01, respectively.

移について検討した(Table 3-5)。開花始め日について地域、品種、年を要因とした三元配置の分散分析を行った結果、3要因とも1%レベルで有意差が認められた。また、地域×品種、地域×年、品種×年のそれぞれについて有意な交互作用が認められた。南に位置する気温の高い地域ほど開花期が早かったが、盛岡市と黒石市はほぼ同時期であった。名取市では‘ふじ’と‘Snowdrift’の開花期に差は見られなかったが、北東北では‘Snowdrift’が‘ふじ’より1日程度遅い傾向が認められた。年別では2004年が2005年及び2006年に比べて開花日が早かった。2005年と2006年を比較すると、北東北では両年の開花日に差が見られなかったのに対して、名取市では2006年は2005年よりも4日遅かった。一方、満開日については地域、年で有意差が認められたが、品種間及び各要因の交互作用については有意性が認められなかった。また、満開日は南の地帯ほど開花が早かった。名取市では‘ふじ’と‘Snowdrift’にほとんど満開日の差が認められなかった。年別では開花始め日と同様な傾向があり、2004年は他の年に比べて開花日が早く、名取市で2006年は2005年にくらべて5日遅くなり、北東北と傾向が異なった。

次に、2007年から2008年にかけてクラブアップル6品種及び‘ふじ’について盛岡市、北上市、名取市で開花期の地域性を比較した(Table 3-6)。開花始め日について、地域、品種、年の各要因で1%レベルの有意差が認められた。また、地域×品種、地域×年、品種×年のそれぞれについて有意な交互作用が認められた。地域別では南から名取市、北上市、盛岡市の順に開花が早かった。品種別では、‘Dolgo’が最も早く、‘Makamik’、‘Peachleaf’、‘Red Splendor’が続き、‘Redbud’及び‘Snowdrift’はやや遅い傾向が認められた。また年別では2008年が2006年及び2007年にくらべて明らかに早かった。岩手県内では2007年と2008年では開花期に大きな違いが

Table 3-6. Effect of location and year on blooming period of 'Fuji' and crabapple cultivars in 2007 and 2008.

Location	Cultivar	Year	First bloom of terminal bud	Full bloom of terminal bud
Morioka	Fuji	2006	15 <sup>2</sup>	20
Morioka	Fuji	2007	13	18
Morioka	Fuji	2008	2	5
Morioka	Snowdrift	2006	16.5	19
Morioka	Snowdrift	2007	14.5	19
Morioka	Snowdrift	2008	2	4
Morioka	Red Splendor	2006	13.5	18
Morioka	Red Splendor	2007	10	15.5
Morioka	Red Splendor	2008	0.5	3
Morioka	Peachleaf	2006	14	18
Morioka	Peachleaf	2007	10	14
Morioka	Peachleaf	2008	1	3
Morioka	Makamik	2006	15	19
Morioka	Makamik	2007	11	16
Morioka	Makamik	2008	1	3
Morioka	Redbud	2006	16	19.5
Morioka	Redbud	2007	14	17.5
Morioka	Redbud	2008	2	4
Morioka	Dolgo	2006	12	15.5
Morioka	Dolgo	2007	10	14
Morioka	Dolgo	2008	-2.5	2
Kitakami	Fuji	2006	11	20
Kitakami	Fuji	2007	9	12
Kitakami	Fuji	2008	-1	2
Kitakami	Snowdrift	2006	14	16
Kitakami	Snowdrift	2007	17	13
Kitakami	Snowdrift	2008	1	3
Kitakami	Red Splendor	2006	17	19
Kitakami	Red Splendor	2007	9	11
Kitakami	Red Splendor	2008	-1	3
Kitakami	Peachleaf	2006	11	14
Kitakami	Peachleaf	2007	9	11
Kitakami	Peachleaf	2008	-1	2
Kitakami	Makamik	2006	11	14
Kitakami	Makamik	2007	7	10
Kitakami	Makamik	2008	-1	2
Kitakami	Redbud	2006	12	15
Kitakami	Redbud	2007	9	12
Kitakami	Redbud	2008	1	2
Kitakami	Dolgo	2006	9	10

Kitakami	Dolgo	2007	6	8
Kitakami	Dolgo	2008	-5	-2
Natori	Fuji	2006	5	10
Natori	Fuji	2007	4	8
Natori	Fuji	2008	-1	3
Natori	Snowdrift	2006	5	10
Natori	Snowdrift	2007	4	6
Natori	Snowdrift	2008	-1	2
Natori	Red Splendor	2006	-1	4
Natori	Red Splendor	2007	-8	-1
Natori	Red Splendor	2008	-10	-4
Natori	Peachleaf	2006	1	5
Natori	Peachleaf	2007	-3	2
Natori	Peachleaf	2008	-6	-2
Natori	Makamik	2006	1	5
Natori	Makamik	2007	-6	-3
Natori	Makamik	2008	-8	-4
Natori	Redbud	2006	4	6
Natori	Redbud	2007	-2	2
Natori	Redbud	2008	-4	-1
Natori	Dolgo	2006	-2	4
Natori	Dolgo	2007	-6	-2
Natori	Dolgo	2008	-10	-5
<hr/>				
Significance <sup>y</sup>				
Location			**	**
Cultivar			**	**
Year			**	**
L×C			**	**
L×Y			**	**
C×Y			**	NS
L×C×Y			NS	NS

<sup>z</sup> The notation of the flowering day expressed May 1 for 1 and transcribed a deviation for it in a minus in the case of April.

<sup>y</sup> NS, \*, \*\*=nonsignificant, P=0.05, P=0.01, respectively.

あったが、名取市では年による開花期の差は小さかった。また、満開日については開花始め日と同様な傾向が認められ、地域、品種、年の各要因、及び地域×品種、地域×年の交互作用は1%レベルで有意であった。名取市は岩手県内の2地点と比べて、2007年と2008年の開花期の差が小さかった。さらに、名取市では他の2地点と比べて‘Red Splendor’および‘Makamik’の開花期が相対的に早まり、‘Snowdrift’が遅くなる傾向が認められた。

### (3) 開花期に及ぼす開花量の影響

2004年から2007年における代表的なクラブアップル4品種について、年毎、樹毎の開花量が開花期に及ぼす影響について検討した(Table 3-7)。M. turesii については開花量が少ない樹は多い樹に比べて頂芽および腋芽の開花日が開花始め日で1～3日程度遅れ、頂芽満開日ではあまり変わらなかった。また、腋芽の中心花開花始め日では1～2日遅れ、満開では1日程度の遅れとなった。‘Redbud’では開花量の少ない樹は多い樹と比べて、頂芽開花始め日は差が認められなかったが、満開日は1日程度遅くなった。腋芽についてはあまり差が認められなかった。‘Red Splendor’では開花量の少ない樹が頂芽開花始め日で2日程度遅れ、中心花満開日で1日程度遅くなった。腋芽開花始め日では1～3日遅れ、満開日では1日程度早くなる傾向が認められた。‘Snowdrift’では開花量の少ない品種が頂芽の開花始め日で1日程度の遅れ、頂芽満開日ではほとんど差が無く、腋芽の開花期はあまり差が認められなかった。

2003～2008年における品種別の開花期と開花量の相関関係から開花量の多少が開花期に及ぼす影響について明らかにしようとした。調査した15品種のうちM. X

Table 3-7. Blooming period and bloom intensity of crabapple cultivars in 2004 - 2007.

Cultivar	Year	Location (plot name)	Terminal bud				Lateral bud				Bloom intensity	
			King flower		Lateral flower		King flower		Lateral flower		Terminal bud	Axillary bud
			First bloom	Full bloom	First bloom	Full bloom	First bloom	Full bloom	First bloom	Full bloom		
M. turesii	2004	1	5/9	5/10	5/10	5/11	5/11	5/13	5/13	5/14	2.0	0.5
M. turesii	2004	C	5/8	5/10	5/9	5/12	5/10	5/11	5/11	5/13	3.5	3.0
M. turesii	2005	1	5/13	5/17	5/16	5/19	5/19	5/20	5/20	5/21	3.5	1.0
M. turesii	2005	C	5/16	5/18	5/17	5/19	5/17	5/20	5/19	5/21	2.5	2.5
M. turesii	2006	1	5/17	5/18	5/19	5/19	5/18	5/19	5/19	5/20	1.5	0.5
M. turesii	2006	C	5/15	5/17	5/16	5/19	5/17	5/18	5/18	5/19	4.0	3.0
M. turesii	2007	1	5/13	5/14	5/14	5/16	5/14	5/16	5/16	5/13	3.5	1.0
M. turesii	2007	C	5/13	5/15	5/14	5/16	5/14	5/16	5/16	5/18	3.0	0.0
Redbud	2004	B	5/9	5/11	5/9	5/13	5/11	5/14	5/12	5/15	2.5	2.0
Redbud	2004	A	5/9	5/11	5/9	5/12	5/11	5/13	5/12	5/14	4.0	3.0
Redbud	2005	B	5/17	5/19	5/17	5/20	5/18	5/20	5/19	5/21	1.5	2.5
Redbud	2005	A	5/16	5/18	5/17	5/19	5/18	5/21	5/19	5/22	2.5	3.5
Redbud	2006	B	5/16	5/18	5/17	5/20	5/18	5/20	5/18	5/21	2.0	2.5
Redbud	2006	A	5/16	5/18	5/17	5/19	5/18	5/19	5/18	5/21	1.5	2.0
Redbud	2007	B	5/14	5/16	5/14	5/18	5/16	5/20	5/16	5/21	4.0	4.0
Redbud	2007	A	5/14	5/16	5/14	5/17	5/15	5/17	5/15	5/20	4.0	4.0
Red Splendor	2004	B	5/8	5/9	5/9	5/11	5/9	5/10	5/10	5/11	1.0	0.5
Red Splendor	2004	D	5/6	5/8	5/7	5/12	5/8	5/10	5/9	5/12	4.0	2.5
Red Splendor	2005	B	5/8	5/12	5/10	5/17	5/9	5/14	5/10	5/20	4.0	3.0
Red Splendor	2005	D	5/10	5/13	5/12	5/17	5/13	5/17	5/15	5/20	2.0	1.0
Red Splendor	2006	B	5/14	5/16	5/16	5/18	5/16	5/17	5/16	5/19	3.0	2.0
Red Splendor	2006	D	5/13	5/17	5/16	5/18	5/15	5/17	5/17	5/20	4.0	4.0
Red Splendor	2007	D	5/11	5/13	5/14	5/16	5/14	5/15	5/15	5/15	2.0	1.0
Red Splendor	2007	B	5/9	5/13	5/11	5/15	5/11	5/14	5/14	5/16	4.0	2.5
Snowdrift	2004	A	5/9	5/11	5/10	5/13	5/11	5/12	5/11	5/14	4.0	4.0
Snowdrift	2004	B	5/10	5/11	5/11	5/13	5/11	5/13	5/12	5/14	2.5	1.5
Snowdrift	2005	A	5/16	5/18	5/17	5/20	5/17	5/20	5/18	5/22	3.0	3.5
Snowdrift	2005	B	5/16	5/18	5/17	5/20	5/18	5/21	5/19	5/22	3.5	4.0
Snowdrift	2006	A	5/16	5/18	5/17	5/19	5/18	5/19	5/19	5/22	3.5	3.5
Snowdrift	2006	B	5/17	5/19	5/18	5/19	5/19	5/21	5/20	5/22	2.5	2.0
Snowdrift	2007	B	5/15	5/16	5/15	5/20	5/16	5/18	5/16	5/20	3.0	3.5
Snowdrift	2007	A	5/14	5/16	5/16	5/18	5/16	5/17	5/17	5/18	3.0	3.0

*atrosanguinea*、‘Japanese’、‘Red Splendor’、‘Sentinel’、‘Snowdrift’、‘Makamik’、西府海棠、‘Peachleaf’の8品種については、‘ふじ’との相対的な開花日と頂芽または腋芽開花量の間には有意な相関は認められなかった(Table 3-8)。一方、*M. turesii*では腋花芽の開花量と腋芽中心花始め日・中心花満開日・側花始め日との間には1%レベルでの高い負の相関が認められ、頂芽中心花満開日、側花始め日、側花満開日との間にも有意な負の相関が認められた。Nepal Apple Col. No. 85-134-2については頂芽開花量と頂芽中心花始め日及び腋芽中心花始め日・中心花満開日・側花始め日との間に有意な負の相関が認められた。また腋芽開花量と腋芽中心花始め日・中心花満開日・側花始め日との間に有意な負の相関が認められた。‘Redbud’については頂芽開花量と頂芽側花始め日の間に有意な負の相関が認められた。腋芽開花量と頂芽中心花満開日・側花満開日、腋芽中心花始め日・側花始め日との間に有意な負の相関が認められた。*M. baccata* 79091については腋芽開花量と頂芽中心花始め日の間に有意な負の相関が認められた。‘Jack’については腋芽開花量と頂芽中心花始め日及び腋芽中心花始め日との間に有意な負の相関が認められた。‘メイポール’については頂芽の開花量と頂芽の中心花始め日との間に負の相関が認められた。また、腋芽開花量と腋芽中心花始め日・中心花満開日・側花始め日との間に有意な負の相関が認められた。山定子-1については腋芽開花量と頂芽中心花始め日・中心花満開日・側花始め日との間に有意な負の相関が認められた。

#### (4) 開花期に及ぼす台木の影響

2005年に各種品種をJM7及びマルバカイドウMO84aに接いだ苗木について2007年及び2008年に開花期に及ぼす台木の影響について検討を行った。頂芽に関する

Table 3-8. Relationship between blooming period and bloom intensity of crabapple cultivars at Morioka in 2003-2008.

Cultivar	Bud	Terminal bud				Lateral bud			
		King flower		Lateral flower		King flower		Lateral flower	
		First bloom	Full bloom	First bloom	Full bloom	First bloom	Full bloom	First bloom	Full bloom
<i>M. X atrosanguinea 2004522</i>	Terminal	-0.382	-0.101	-0.298	-0.184	-0.361	-0.293	-0.303	0.358
	Lateral	0.077	0.035	-0.030	-0.613	-0.499	-0.142	-0.213	-0.335
Japanese	Terminal	-0.431	-0.431	-0.048	-0.543	-0.198	-0.567	-0.262	0.139
	Lateral	0.509	-0.021	0.306	-0.269	0.016	0.393	-0.503	0.309
<i>M. turesii</i>	Terminal	-0.442	-0.376	-0.352	-0.298	-0.320	-0.389	-0.329	0.066
	Lateral	-0.456	-0.626*	-0.629*	-0.645*	-0.839**	-0.759**	-0.807**	-0.153
Nepal apple Col. No. 85-134-2	Terminal	-0.740**	0.303	-0.455	0.423	0.675*	0.605*	0.656*	0.008
	Lateral	-0.449	0.344	-0.186	0.467	0.705*	0.640*	0.669*	-0.298
Red Splendor	Terminal	-0.372	0.017	-0.326	-0.244	-0.091	-0.228	-0.122	-0.365
	Lateral	-0.573	-0.074	-0.412	-0.159	-0.305	-0.405	-0.315	-0.246
Sentinel	Terminal	-0.250	-0.426	-0.555	-0.359	-0.086	-0.059	-0.033	0.043
	Lateral	-0.500	-0.640	-0.485	-0.359	-0.514	-0.550	-0.361	0.043
Snowdrift	Terminal	-0.262	-0.367	-0.266	-0.064	0.358	-0.199	0.023	-0.264
	Lateral	0.033	-0.218	-0.092	0.015	-0.497	-0.413	-0.508	0.145
Redbud	Terminal	-0.538	-0.604	-0.667*	-0.211	-0.088	0.141	-0.074	-0.277
	Lateral	-0.288	-0.739*	-0.477	-0.756*	-0.659*	-0.485	-0.635*	-0.392
<i>M. baccata</i> 79091	Terminal	-0.607	-0.390	-0.559	-0.161	-0.334	-0.142	-0.282	-0.408
	Lateral	-0.639*	-0.455	-0.608	-0.177	-0.474	-0.222	-0.404	-0.528
Makamik	Terminal	0.196	0.042	-0.177	-0.456	-0.259	-0.097	-0.696	-0.829
	Lateral	-0.437	-0.486	-0.606	-0.626	-0.682	-0.450	-0.725	-0.672
Jack	Terminal	-1.000	-0.707	-0.667	-0.762	-0.911	-0.707	-0.762	0.688
	Lateral	-0.988*	-0.776	-0.695	-0.854	-0.957*	-0.776	-0.854	0.579
Maypole	Terminal	-0.745*	-0.400	-0.687	-0.536	-0.692	-0.321	-0.654	-0.266
	Lateral	0.405	0.265	0.523	0.706	0.779*	0.775*	0.906**	0.388
Shandingzi-1	Terminal	-0.667	0.039	-0.139	0.709	0.618	0.664	0.599	0.132
	Lateral	-0.850*	-0.824*	-0.866*	0.666	0.000	0.229	0.023	-0.606
Xifuhaitang	Terminal	-0.431	-0.461	-0.507	-0.119	-0.162	0.000	-0.152	-0.237
	Lateral	-0.079	-0.510	-0.596	-0.296	-0.338	-0.302	-0.411	-0.432
Peachleaf	Terminal	-0.687	-0.108	0.067	0.063	-0.204	0.078	-0.220	-0.085
	Lateral	-0.624	-0.203	0.000	0.127	0.038	0.526	-0.201	0.084

\*, \*\*: P=0.05, P=0.01, respectively.

いずれの開花調査項目も品種、台木、調査年について有意性が認められたが、交互作用は認められなかった(Table 3-9)。台木別では、JM7 がマルバカイドウに比べてやや開花期が遅い傾向が認められ、‘Redbud’及び‘Snowdrift’でその傾向が強かった。また、開花の遅かった2007年の方が開花の早かった2008年に比べて台木間差が大きい傾向が認められた。

次に2006年にクラブアップル3品種をJM7、JM8、マルバカイドウMO84aに接いだ苗木については、品種要因についてはいずれの開花調査項目も有意であったが、台木については側花満開日のみ有意であった。JM7台を利用した‘Snowdrift’はマルバカイドウ台使用樹に比べて側花満開日は1日程度遅れた(Table 3-10)。

さらに、クラブアップル4品種を2002年にJM7に接ぎ、2003年にJM1に接いだ苗木の開花期について、品種及び年についてはすべての開花調査項目で有意性が認められた(Table 3-11)。台木については、側花満開日のみが有意であり、‘Snowdrift’等の品種でJM7がJM1に比較してやや遅れる傾向が認められた。また、品種と台木の交互作用については全開花調査項目で有意であった。

#### (5) 開花期に及ぼす樹齢の影響

JM7台に接がれた樹齢の異なる品種を対象として、クラブアップル4品種の頂芽開花期について2007年～2008年にかけて調査し、品種、樹齢、調査年を要因として三元配置の分散分析を行った。その結果、品種、樹齢、調査年についていずれの開花項目も有意性が認められたが同時に、品種×樹齢、品種×年の交互作用も有意であった(Table 3-12)。中心花開花始め日については、樹齢の古い樹が多くの品種で若木に比べて1日程度早い傾向が認められた。中心花満開日では、‘Red Splendor’や

Table. 3-9 Effect of rootstock on blooming period of terminal bud in crabapple cultivars at Morioka in 2007 and 2008.

Cultivar	Rootstock	Year	King Flower		Lateral Flower	
			First bloom	Full bloom	First bloom	Full bloom
Makamik	JM7	2007	12.3 <sup>z</sup>	13.3	13.7	15.7
Makamik	<i>M. prunifolia</i>	2007	11.0	13.5	13.0	16.0
Makamik	JM7	2008	1.3	3.0	2.0	3.3
Makamik	<i>M. prunifolia</i>	2008	1.0	3.0	1.7	4.0
Redbud	JM7	2007	15.7	17.3	17.3	20.0
Redbud	<i>M. prunifolia</i>	2007	14.0	16.0	15.0	17.0
Redbud	JM7	2008	3.0	4.0	3.0	4.7
Redbud	<i>M. prunifolia</i>	2008	2.0	3.0	2.5	4.5
Sentinel	JM7	2007	13.3	15.3	14.7	17.0
Sentinel	<i>M. prunifolia</i>	2007	13.0	14.0	14.0	17.3
Sentinel	JM7	2008	1.0	3.0	2.0	4.0
Sentinel	<i>M. prunifolia</i>	2008	1.0	2.0	2.0	3.0
Snowdrift	JM7	2007	16.0	17.0	17.0	20.0
Snowdrift	<i>M. prunifolia</i>	2007	15.0	16.0	15.5	17.5
Snowdrift	JM7	2008	3.0	4.0	4.0	5.0
Snowdrift	<i>M. prunifolia</i>	2008	2.5	3.5	3.0	4.5
Significance <sup>y</sup>						
Cultivar(A)			**	**	**	**
Rootstock(B)			*	**	**	**
Year(C)			**	**	**	**
A × B			NS	NS	NS	NS
A × C			NS	NS	NS	NS
B × C			NS	NS	NS	NS
A × B × C			NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> The notation of the blooming period expressed May 1 for 1.

<sup>y</sup> NS, \*, \*\*=nonsignificant, P=0.05, P=0.01, respectively.

Table 3-10 Effect of rootstock on blooming period of crabapple at Morioka in 2008.

Cultivar	Rootstock	King Flower		Lateral Flower	
		First bloom	Full bloom	First bloom	Full bloom
Maypole	JM7	2.8 <sup>z</sup>	3.8	3.0	4.0
Maypole	JM8	2.5	3.8	3.0	4.3
Maypole	<i>M. prunifolia</i>	2.7	3.7	3.0	4.0
Makamik	JM7	1.3	3.0	2.3	4.0
Makamik	JM8	2.0	3.0	3.0	4.0
Snowdrift	JM7	3.5	4.0	3.8	5.0
Snowdrift	JM8	3.0	4.0	3.5	4.5
Snowdrift	<i>M. prunifolia</i>	3.0	4.0	3.0	4.0
Significance <sup>y</sup>					
Cultivar(A)		**	**	*	**
Rootstock(B)		NS	NS	NS	*
A × B		NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> The notation of the blooming period expressed May 1 for 1.

<sup>y</sup> NS, \*, \*\*=nonsignificant, P=0.05, P=0.01, respectively.

Table 3-11 Effect of rootstock on blooming period in 2006-2008

Cultivar	Rootstock	Year	King Flower		Lateral Flower	
			First bloom	Full bloom	First bloom	Full bloom
Makamik	JM1	2006	15.7 <sup>z</sup>	16.7	16.3	18.7
Makamik	JM7	2006	14.5	16.5	15.5	18.0
Redbud	JM1	2006	16.0	17.5	17.0	18.5
Redbud	JM7	2006	16.3	19.0	17.0	19.7
Sentinel	JM1	2006	17.0	17.0	18.0	19.0
Sentinel	JM7	2006	14.7	16.0	16.0	19.0
Snowdrift	JM1	2006	17.3	18.3	18.0	21.0
Snowdrift	JM7	2006	17.3	18.3	18.3	20.7
Makamik	JM1	2007	11.3	13.3	12.7	15.0
Makamik	JM7	2007	11.7	14.0	13.0	16.7
Redbud	JM1	2007	14.0	15.0	14.5	17.5
Redbud	JM7	2007	14.0	16.0	14.7	17.3
Sentinel	JM1	2007	11.0	14.0	13.0	16.0
Sentinel	JM7	2007	12.0	14.0	13.3	16.7
Snowdrift	JM1	2007	15.7	17.7	16.0	20.0
Snowdrift	JM7	2007	15.3	17.3	15.7	21.3
Makamik	JM1	2008	1.7	3.0	2.3	4.0
Makamik	JM7	2008	1.0	3.0	2.3	4.3
Redbud	JM1	2008	2.0	4.0	3.0	4.0
Redbud	JM7	2008	2.0	3.7	3.0	4.0
Sentinel	JM1	2008	2.0	3.5	2.0	4.0
Sentinel	JM7	2008	1.0	2.0	2.0	4.0
Snowdrift	JM1	2008	3.0	4.0	3.0	4.7
Snowdrift	JM7	2008	3.0	4.0	3.0	5.3
Significance <sup>y</sup>						
Cultivar(A)			**	**	**	**
Rootstock(B)			NS	NS	NS	**
Year (C)			**	**	**	**
A × B			**	*	**	*
A × C			NS	NS	NS	**
B × C			NS	NS	NS	NS
A × B × C			NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> The notation of the blooming period expressed May 1 for 1.

<sup>y</sup> NS, \*, \*\*=nonsignificant, P=0.05, P=0.01, respectively.

Table 3-12 Effect of the age of tree on blooming period of crabapple cultivars at Morioka in 2007-2008.

Cultivar	Age of tree	Year	King Flower		Lateral Flower	
			First bloom	Full bloom	First bloom	Full bloom
Makamik	6	2007	11.7 <sup>z</sup>	14.0	13.0	16.7
Makamik	3	2007	12.3	13.3	13.7	15.7
Makamik	7	2008	1.0	3.0	2.3	4.3
Makamik	4	2008	1.3	3.0	2.0	3.3
Makamik	3	2008	1.3	3.0	2.3	4.0
Red Splendor	6	2007	8.3	12.0	10.0	15.7
Red Splendor	3	2007	10.0	14.0	10.0	15.7
Red Splendor	7	2008	-2.0	1.3	1.0	3.7
Red Splendor	4	2008	-1.0	3.0	2.3	4.0
Sentinel	6	2007	12.0	14.0	13.3	16.7
Sentinel	3	2007	13.3	15.3	14.7	17.0
Sentinel	7	2008	1.0	2.0	2.0	4.0
Sentinel	4	2008	1.0	3.0	2.0	4.0
Snowdrift	6	2007	15.3	17.3	15.7	21.3
Snowdrift	3	2007	16.0	17.0	17.0	20.0
Snowdrift	7	2008	3.0	4.0	3.0	5.3
Snowdrift	4	2008	3.0	4.0	4.0	5.0
Snowdrift	3	2008	3.5	4.0	3.8	5.0
Significance <sup>y</sup>						
Cultivar(A)			**	**	**	**
Age of tree(B)			**	**	**	**
Year (C)			**	**	**	**
A × B			**	**	**	**
A × C			**	**	**	**
B × C			NS	NS	NS	NS
A × B × C			NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> The notation of the blooming period expressed May 1 for 1 and transcribed a deviation for it in a minus in the case of April.

<sup>y</sup> NS, \*\*=nonsignificant, P=0.01, respectively.

‘Sentinel’では樹齢の古い樹で開花期が早まったが、‘Makamik’及び‘Snowdrift’は樹齢による開花期の差はあまり認められなかった。側花始め日でも樹齢の古い樹が若木に比べて開花が早い傾向が認められたが、2年間通じて差が認められたのは‘Snowdrift’のみであった。側花満開日については、他の開花ステージと異なり‘Makamik’及び‘Snowdrift’で樹齢の古い樹で開花期が遅くなる傾向が認められた。

#### 4. 考 察

##### 開花期と気温との関係

落葉果樹の開花期を左右する要因として、自発休眠を覚醒させるための冬期の低温と自発休眠後の高温要求性が関係するとされる(Gianfagna・Mehlenbacher, 1985)。リンゴの低温要求性は品種によって異なり、低温要求性の低い‘Dorsett Golden Delicious’は 490 チルユニットであったのに対し、低温要求性の高い‘Cortland’、‘Marshall McIntosh’、‘スターキング・デリシャス’では 1320 チルユニットであった(Ghariani and Stebbins, 1994)。また、ナシでは低温要求性と自発休眠後の高温要求性には高い相関があり、かつ両者は開花期の早晚と比較的高い相関があることが知られている(Spiegel-Roy and Alston, 1979)。リンゴの開花始め日を予測するため、リンゴの主産県では主要品種を用いて自発休眠後の温度と開花始め日の関係について検討が行われた。秋田県では開花始め日は3月上旬の最低平均気温との間に最も高い負の相関が認められ、4月中旬の最高気温との間に有意な負の相関が認められたことを報告している(鈴木・丹野, 1970)。また、青森県から富山県までのリンゴ産地 10 カ所の試験場における開花始め日と気温との関係について検討したとこ

ろ、多くの場合、4月中旬の最高気温との間に高い相関が見られた（鈴木・丹野、1971）。一方、市田ら(1976)は青森県において開花始め日と1～4月の最高気温10℃以上の積算温度との間の相関が高いことを明らかにしている。また、鎌田(1992)は同様に青森県において開花期に近い4月の最高気温、最低気温、平均気温、9℃以上の2～4月の積算温度と開花日との間で高い負の相関を得ている。

本試験ではクラブアップル及び‘ふじ’の開花期に及ぼす気温の影響について検討し、栽培品種を利用して得られた既往の報告とほぼ同様な結果が得られた。すなわち、2003年～2008年の盛岡市における開花データと半旬別の平均気温について検討した結果、3月中旬～4月中旬の旬別最高気温の平均温度と各品種の開花期との間に高い相関が得られた。2004年～2006年の黒石市、盛岡市、横手市、名取市における開花データと気温の関係については、3月中旬の最高気温の平均と高い相関が認められた。同様に2006年～2008年の盛岡市、北上市、名取市における開花データと気温の関係については、3月下旬～4月下旬の平均気温と高い相関が認められた。このように、クラブアップルの開花には自発休眠後の気温、特に3月中旬～4月下旬頃の温度変化、特に高温の影響を受けやすいことが明らかになった。リンゴでは品種や種レベルで低温要求性や自発休眠後の高温要求性が異なることが知られている(Ghariani and Stebbins, 1994; Hauagge・Cummins, 1991)。一方、開花1～2日前の10℃以上の平均気温と開花始め当日の開花率とは高い相関があり、開花期の気温と腋花芽の開花期間の長さには負の相関があることが報告されている(Soltész, 2003)。このように開花直前の温度や開花期間の温度も開花始め日やその後の開花速度に影響を及ぼす。また、品種によっては年による気象条件の違いが開花期に大きな影響を与える可能性があるため、授粉樹の選択に当たっては温度条件に

よる開花期の変動が少ない品種を選択する必要がある。

### 開花期と地域性

‘ふじ’及び数種のクラブアップルを用いて地域による開花パターンの違いについて検討した。‘ふじ’及び‘Snowdrift’について、黒石市、盛岡市、北上市、横手市、名取市における2004年から2006年までの開花期の推移について検討したが、開花始め日については地域、品種、年の各要因とそれぞれの交互作用が有意であった。地域と品種の交互作用が認められたのは、地域による開花パターンの違いによるものと考えられた。すなわち、南に位置する名取市では‘ふじ’と‘Snowdrift’の開花期に差は見られなかったのに対し、北東北では‘Snowdrift’が‘ふじ’より1日程度遅い傾向が認められた。一方、満開日については地域、年で有意差が認められたが、品種では有意差が認められなかった。この点は‘Snowdrift’の開花始め日から満開日までの開花速度が‘ふじ’に比べて速いため、開花期の差がなくなったものと考えられる。また、2007年から2008年にかけてクラブアップル6品種及び‘ふじ’について盛岡市、北上市、名取市で開花期の地域性を比較した。開花始め日について、地域、品種、年の各要因とそれぞれの交互作用が有意であった。地域×年の交互作用が認められたのは、盛岡市と北上市ではほぼ同様な品種間差が認められたのに対して、名取市では‘ふじ’に比べて多くのクラブアップル品種の開花期が相対的に早まる傾向が認められ、北東北と南東北で品種の開花期の順位が一部逆転したことが影響していると考えられた。このように、北東北に位置する盛岡市と北上市では調査地点による差があまり認められなかったのに対して、南東北の名取市では冬期の低温や自発休眠終了後の温度が北東北の2地点と異なっていたため、開

花期に影響を及ぼしたものと思われる。Gianfagna・Mehlenbacher(1985)は自発休眠後の温度の違いが、リンゴ栽培品種の発芽までに要する日数について検討し、開花の早い品種では10℃でも発芽が進むが、開花の遅い品種では発芽が進まず、品種によって発芽に対する温度反応性が異なることを明らかにしている。クラブアップルの中でも開花期の早い品種の中には温度に対する反応が敏感なものがあると考えられ、クラブアップル品種の自発休眠終了後の温度反応性についても明らかにしていく必要がある。また、授粉専用品種の選抜に当たっては、栽培地域の冬から春にかけての温度条件についても留意する必要がある。

#### 開花期に及ぼす開花量の影響

リンゴは一般に隔年結果性を有し、開花量や着果量の多少が翌年の花芽分化に影響をもたらす。本試験では同一品種・同一年の条件で開花期に及ぼす開花量の影響を調査したところ、いずれの品種でも開花量が少ない樹は多い樹に比べて開花期が数日遅れる傾向が認められた。その傾向は、開花量の極端に少ない年で顕著であった。また、クラブアップル15品種の6年間の開花日（‘ふじ’との偏差）と開花量のデータをもとに両者の相関を取ったところ、15品種中7品種でいずれかの開花日項目と開花量の間には有意な負の相関が認められた。これは、開花量の少ない樹または年には、開花日が遅れる傾向があることを示しており、特に腋芽開花量の少ない条件で開花が遅れる傾向が認められた。この原因として、結果過多の翌年は樹の炭水化物の欠乏により花芽分化率が低くなることが関係しており(Davis, 1957)、花芽分化率が低く開花量の少ない条件では花芽が充実していないため、開花が遅くなったものと考えられる。特に腋芽花の着生の多少は隔年結果性と密接な関係があり、

花芽分化率の低い年には腋芽の着生が少ない傾向が認められる。一般に隔年結果性の強い品種で花芽分化率の低い年に開花期が遅れる傾向が強いと考えられるが、‘Redbud’のように隔年結果しにくい品種でも一部の開花項目でその傾向が認められた。一方、‘Peachleaf’は隔年結果性が強いにもかかわらず、開花期との開花量の間に関係が認められなかった。このことは、着果過多の翌年にはまったく花が咲かないことが多く、開花量の少ない年の開花データがほとんど含まれていなかったことが影響していると考えられた。Soltesz (2003)は早生品種で年による開花期の変動が大きい傾向があるが、その要因として腋花芽量の多少が影響しているのではないかと推察している。授粉専用品種の導入にあたって、品種によっては花芽分化率の低い年に開花期が遅れる傾向があることを考慮する必要がある。

#### 開花期に及ぼす台木の影響

果樹の台木は穂品種とは遺伝的に異なる種類を用いることが多く、発芽期や開花期等、台木の影響や品種と台木の相互作用に興味を持たれる。モモについては台木と開花期の関係についていくつかの報告があり、Siberian C 台木が他の台木と比べて5日程度開花期が遅れることが報告されている(Young and Olcott-Reid, 1979)。セイヨウナシについてはマメナシ台が共台と比較して低温要求性が低く、発芽や新梢の生長が早いことが知られている(Westwood and Chestnut, 1964)。リンゴの発芽期に及ぼす台木の影響については、M.7a 台木が M.9 台木に比べて低温要求性が低く、発芽が早いことが報告されている(Young・Werner, 1984)。同様に、M.7a 台は M.9、M.26、MM.106 台と比べて低温要求性が低いことが明らかにされている(Young・Werner, 1985)。

本試験では使用する台木、品種、調査年等によって頂芽開花期に及ぼす影響は異なり、開花期に及ぼす台木の影響は品種や年の影響に比べれば小さいものと考えられた。しかし、JM7 台はマルバカイドウ台に比べて1日程度開花期が遅れる傾向が認められた。また、JM7 台はJM1 台と比べても頂芽の側花満開日にはやや遅れる傾向が認められた。また、台木と品種の交互作用については、やや開花期の遅い‘Redbud’や‘Snowdrift’で台木の影響が出やすい傾向が認められた。一方、台木と年の交互作用については、開花期が遅く、かつ開花期間が長い年で、台木の影響が出やすいと考えられた。

なぜこのような台木の違いによって発芽期や開花期に差が生じるのかについては、モモの Siberian C 台使用樹の場合には秋に休眠に入るのが早く、穂品種の低温要求性が高まり、春に芽への水分移動が遅くなり、結果として貯蔵養分の利用が遅くなるのが原因として考察されている(Durner and Goffreda, 1992)。低温要求性は量的な遺伝形質とされるが(Labuschagne et al., 2002)、JM7 台はマルカイドウと M.9 の交雑種であり、低温要求性の高い M.9 の遺伝形質を受け継いだ可能性がある。開花が遅いという形質はモモでは晩霜害の回避にとって重要であり(Young and Olcott-Reid, 1979)、晩霜害の危険性が高い地帯ではこのような台木形質がリンゴでも役に立つ可能性がある。

#### 開花期に及ぼす樹齢の影響

クラブアップルを高接ぎした場合には、1年目は開花期が遅れる傾向があるが、樹齢を重ねるにつれて本来の開花期になることが知られている(Williams, 1975)。また、樹齢によって花芽の着生密度や腋花芽の割合が異なるが、開花時期と花の着生

密度には正の相関が、腋花芽の割合とは負の相関が認められている(Soltesz, 2003)。本試験では、樹齢の古い樹が若齢樹に比較して、中心花始め日、中心花満開日及び側花始め日でやや早い傾向が認められた。後澤・福島(1950)はリンゴの花芽分化について調査を行い、短果枝の花芽分化時期は長果枝のそれと比べて20日～30日程度早いことを認めている。これらのことから、若木では栄養生長が盛んで花芽分化が遅く、長果枝の割合が多いため、開花期が遅れたものと考えられる。

## 5. 摘 要

環境要因や樹体要因等の諸条件がリンゴのクラブアップルや野生種等の授粉専用品種の開花期に及ぼす影響について検討した。

主要品種の‘ふじ’、開花のやや遅い‘Snowdrift’、開花の早い *M. baccata* 79091 の2003年～2008年の盛岡市における開花データと各年における気温との相関関係について検討した。‘Snowdrift’の中心花満開日・側花始め・側花満開日及び‘ふじ’の側花満開日と3月の5半旬の最高気温との間に最も高い相関が得られた。また、‘ふじ’の中心花始め日・中心花満開日・側花始め日、‘Snowdrift’の中心花始め日、*M. baccata* 79091 のすべての開花ステージでは4月の4半旬の最高気温との間に最も高い相関が得られた。次に‘ふじ’と‘Snowdrift’の2004年～2006年の黒石市、盛岡市、横手市、名取市における頂芽開花始め日、頂芽満開日と各時期の気温の関係について検討したところ、3月中旬の最高気温の平均と高い相関が認められた。さらに‘ふじ’とクラブアップル6品種の2006年～2008年の盛岡市、北上市、名取市における頂芽開花始め日、頂芽満開日と各時期の気温の関係について検討した

ところ、3月下旬～4月下旬の平均気温と高い相関が認められた。

‘ふじ’及び‘Snowdrift’について、黒石市、盛岡市、北上市、横手市、名取市の5地点における2004年から2006年までの開花期の推移について検討した。開花始め日について地域、品種、年を要因とした三元配置の分散分析を行った結果、地域、品種、年の各要因、及びそれぞれの交互作用について有意性が認められた。南に位置する名取市では‘ふじ’と‘Snowdrift’の開花期に差は見られなかったのに対し、北東北では‘Snowdrift’が‘ふじ’より1日程度遅い傾向が認められた。また、2005年と2006年を比較すると、北東北では両者にあまり差が見られなかったのに対して、名取市では2006年は2005年に比べて4日遅くなった。一方、満開日については地域、年で有意性が認められたが、品種及び各交互作用については有意性が認められなかった。

2007年から2008年にかけてクラブアップル6品種及び‘ふじ’について盛岡市、北上市、名取市で開花期の地域性を比較した。開花始め日について、地域、品種、年の各要因及びそれぞれの交互作用も有意であった。盛岡市と北上市ではほぼ同様な開花期の品種間差が認められたが、名取市では他の2地点と比べてクラブアップルの開花期が‘ふじ’と比べて相対的に早まる傾向が認められた。名取市では年による開花期の差は小さかった。また、満開日については開花始め日と同様な傾向が認められ、地域、品種、年の各要因、及び地域×品種、地域×年の交互作用は1%レベルで有意であった。

樹毎の開花量が開花期に及ぼす影響について2004年から2007年における代表的なクラブアップル4品種を用いて検討した。開花量が少ない樹は多い樹に比較して、頂芽の開花始め日で1～3日程度遅れ、頂芽満開日は同等か1日程度の遅れがあつ

た。また、腋芽の開花始め日は同等か1～3日程度遅れ、腋芽満開日は同等か1日程度の遅れがあった。2003年～2008年における開花期と開花量の相関関係について検討したところ、調査した15品種のうち7品種については、‘ふじ’との相対的ないずれかの開花調査項目と頂芽または腋芽開花量の間には有意な負の相関が認められた。

開花期に及ぼす台木の影響について2005年に各種品種をJM7及びマルバカイドウに接いだ苗木を用いて検討した。頂芽に関するいずれの開花調査項目も台木について有意性が認められ、JM7台がマルバカイドウ台に比べてやや開花期が遅い傾向が認められ。次に、2006年に各種品種をJM7、JM8、マルバカイドウに接いだ苗木については、台木については側花満開日のみ有意であり、JM7台を利用した‘Snowdrift’はマルバカイドウ台使用樹に比べて側花満開日は1日程度遅れた。さらに、2002年に各種品種をJM7に接ぎ木し、1年遅れでJM1に接ぎ木し、2005年に同時に圃場へ定植した苗木の開花期については、‘Snowdrift’等の品種ではJM7台がJM1台に比較してやや遅れる傾向が認められた。

開花期に及ぼす樹齢の影響を明らかにするため、JM7台に接がれた樹齢の異なる品種を対象として、2007年～2008年に頂芽開花期を調査し、品種、樹齢、調査年を要因として三元配置の分散分析を行った。その結果、品種、樹齢、調査年の各要因及びそれぞれの交互作用が有意であった。中心花開花始め日については、多くの品種で樹齢の古い樹が若木に比べて1日程度早い傾向が認められた。中心花満開日では、‘Red Splendor’や‘Sentinel’では樹齢の古い樹で開花期が早まった。側花始め日でも樹齢の古い樹が若木に比べて開花が早い傾向が認められた。側花満開日については、他の開花ステージと異なり‘Makamik’及び‘Snowdrift’で樹齢の古い樹で開花日

が遅くなる傾向が認められた。