

四季成り性イチゴを利用した  
寒冷地における  
イチゴ新作型開発に関する研究

岩手大学大学院  
連合農学研究科  
生物生産科学専攻  
(弘前大学)

濱野 恵

## 目次

	ページ
第1章 緒言	4
第2章 四季成り性イチゴ‘なつあかり’，‘デコルージュ’の増殖法の検討	
第1節 緒論	12
第2節 材料および方法	14
第3節 結果	21
第4節 考察	36
第3章 四季成り性イチゴ‘なつあかり’の定植前長日処理法の開発	
第1節 緒論	48
第2節 材料および方法	50
第3節 結果	56
第4節 考察	67
第4章 日長処理と四季成りイチゴの花成反応	
第1節 緒論	75
第2節 材料および方法	77
第3節 結果	83
第4節 考察	90
第5章 総合考察	98

摘要	105
謝辭	109
引用文献	111

## 第 1 章 緒言

我が国における栽培イチゴ (*Fragaria ×ananassa*) の生産量は 2013 年には 165,600 トンで (農林水産省大臣官房統計部), その大部分が関東以西でのプラスチックハウスを利用した促成栽培であり, 中心となる収穫期間は 12~5 月であって夏秋期の 7~10 月は端境期となっている (図 1-1). この時期であっても, 業務用を中心とした一定量の需要はあり, 従来不足分はアメリカ合衆国等からの輸入で賄われてきたが (今田, 2004), 品質や鮮度の点で国産品が望まれている.

イチゴは冷涼性の植物で, 生育適温は 17~23℃程度であり (斉藤, 1991), また端境期出荷で高価格が見込まれる (図 1-1) ことから, 2000 年代から夏季に冷涼な北海道・東北や高冷地を中心に国内でも夏秋期のイチゴ生産が広がっている. 生鮮イチゴの輸入量は 2000 年頃には年間約 5,000 トンであったが, 国内生産量が増加したことから近年は約 3,500~4,000 トンである (農畜産業振興機構・ベジ探). 国内生産量については, 夏秋期のイチゴは主に業務用として卸売市場を経由せずに出荷されることが多いため正確な量は不明であるが, 輸入量の変化からおよそ 1,500~2,000 トンと推定されている (森下, 2014).

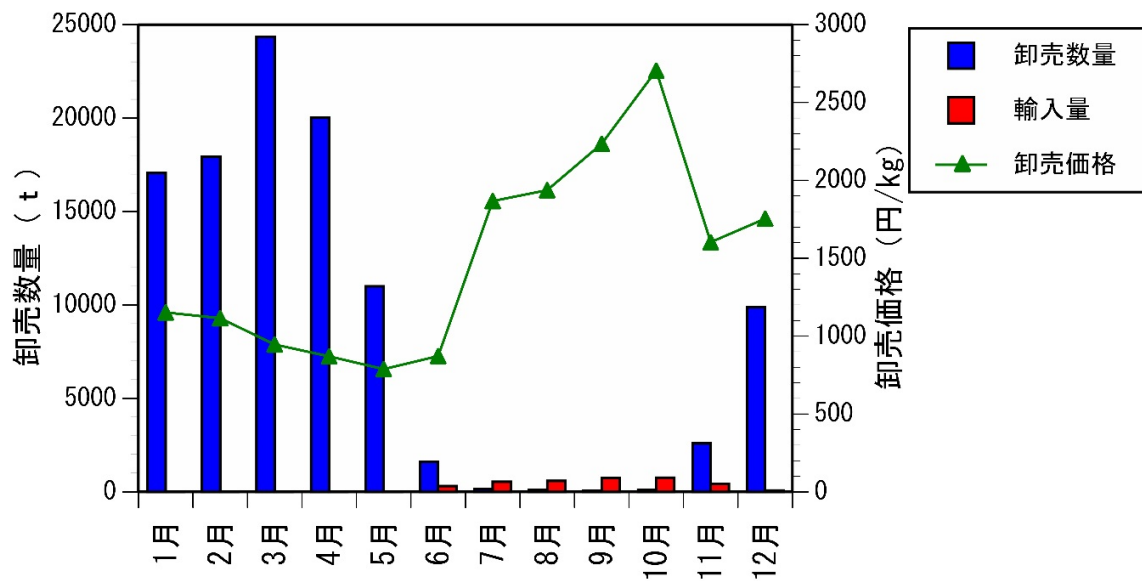


図 1-1 日本の主要卸売市場におけるイチゴの卸売数量と販売価格および生鮮イチゴ輸入量(2013)

農林水産省「平成 25 年青果物卸売市場調査報告」，農畜産業振興機構「ベジ探」をもとに作成

イチゴの花芽分化は気温と日長に左右され、分化可能な環境条件により主に一季成り性品種と四季成り性品種に区別されている（表 1-1）。一季成り性品種は、比較的低温（15℃以下程度）では中性植物で、それより高温の生育適温域では質的短日植物の特性を示し、概ね 25℃以上では花芽分化できない。一方の四季成り性品種は、低温域（<12℃）では一季成り性と同じく中日性、気温が中温域（約 14～23℃）では量的長日性、高温域（>27℃）では品種に応じて限界日長のある質的長日性を示すことが報告されている（Nishiyama ら, 1999; Nishiyama・Kanahama, 2002; Sønsteby・Heide, 2007a, b; Bradford ら, 2010; Heide ら, 2013）。さらにそれより高温では花芽分化しないか分化後発育が停止すると考えられている（表 1-1）。ところで、イチゴでは花芽分化後開花までは日平均の積算温度が 1,000℃、果実の成熟日数は積算気温で約 600℃と言われ（斉藤, 1991）、夏秋期に収穫するにはその 2～3 ヶ月前に花房形成していなければならない。従って 7～10 月に収穫するには、花芽分化は 4～8 月に起こる必要があるが、その時期の自然条件は一季成り性品種を花成誘導させるには不適切で、日長や気温の調節が不可欠となる。夏季に冷房施設なしで花芽分化可能な温度域となる寒冷地向けに、果実品質の優れた一季成り性品種に短日処理を施して花芽分化を促進し、通常の促

表1-1 イチゴの花芽分化特性

温度 (°C)	0	5	10	15	25	30
一季成り性 休眠覚醒後、一定期間花芽分化しない（品種間差あり）	花芽分化しない	日長にかかわらず分化する	日長にかかわらず分化するが、強光度で補光される長日では分化しないことがある	短日で花芽分化する質的短日植物	日長にかかわらず分化しない	
四季成り性 休眠覚醒後、短期間で花芽分化する	同上	日長にかかわらず分化するが、花房数は少ない	日長にかかわらず半芽分化するが、長日で花房数が多い量的長日植物	長日で花芽分化する質的長日植物		ある程度以上の高温では分化しないか、花芽が発育停止する（？）

施山（2010）から抜粋

成栽培を前進化した作型が提案されているが（Yamasaki, 2013），この作型は短日処理に資材と労力を要し，その年の気象条件により効果が不安定なこと，頂果房と第2果房の収穫の間隔が長く収量性に問題があるなどの理由から導入が進んでいない．また，一季成り性の晩生種を利用した露地遅出し栽培が，融雪が遅く夏冷涼な青森県や秋田県の高地で行われている．この作型では，前年秋に形成された花房が越冬後に出蕾開花し結実するが，花房数が限定され収穫が短期間にならざるを得ない．それに対し，四季成り性品種は花芽分化に関しては生育適温以上では長日性であるので，一般的にはコストをかけた環境調節を行わなくても花芽形成が可能である．そのため，夏秋どり栽培には四季成り性品種を利用するのが主流となっている．

なお，四季成り性品種は一季成り性品種に比べ草勢が弱く，果実品質や収量，増殖性が劣るとされ（門馬ら，1985；Nicoll・Galletta，1987；森下，2014），長らく営利栽培に利用されてこなかった．しかし，1987年に徳島県農業試験場が‘みよし’，1988年に奈良県農業試験場が‘サマーベリー’といった実用的な品種を開発し，四季成り性品種の営利栽培への端緒を開いた．続く1990年代には野菜・茶業試験場が‘エバーベリー’（五十嵐ら，1994）を，㈱ホープが1993年に‘セリーヌ’，1995年に‘ペチ



カ'を発売した。特に民間で育成された'ペチカ'については育成業者が種苗の提供，技術指導，生産物買い取り，流通販売も手がけ，夏秋どり産地形成の実績を重ねた（有馬，2005）。2000年頃からは夏秋どり栽培が急増し，産地の期待に応じるべく個人，民間および公的機関で精力的に多くの四季成り性品種が作出されている（高橋，2007；森下，2014）。

一方で，夏秋どりに利用される四季成り性品種は寿命が比較的短いとの指摘もされており（森下，2014），四季成り性イチゴの収量性が安定しないことが一因と考えられる。四季成り性イチゴの生産が不安定な原因として，環境要因に対する生理生態反応の理解が不十分なことが上げられる。先だって営利栽培に利用されてきた一季成り性品種は，豊富に蓄積された増殖や花成生理，休眠生理に関する知識を基に，多くの作型が開発されてきた。それに対し，四季成り性品種の作型はまだ比較的単純で，定植時期により秋植え，春植えの2タイプが主である（施山，2010）。四季成り性品種の花成について，日長や気温の影響が知られているが（表1-1），安定した花成制御技術を開発するにはまだ情報が不足していると思われる。

また，四季成り性品種は一季成り性品種と比較してランナー発生数が少なく（Downs・Piringer,1955；門馬ら，1990；森下，

2014 ; Serçe・Hancock, 2003) , 新品種が開発されても普及上の問題となりかねない。ランナー発生に係わる要因として、低温遭遇量が春のランナー数に影響し (Guttridge, 1958 ; 李ら, 1970 ; Smeets, 1982) , さらに一季成り性品種では長日処理がランナー発生を促進することが知られている (Darrow, 1936 ; Heide, 1977 ; Piringer・Scott, 1964) 。しかし、四季成り性品種では長日で花成が促進されるため、ランナー発生との競合が予想され、長日処理が増殖に有効かどうかを確認する必要がある。

そこで本研究では、四季成り性イチゴの安定生産と普及に寄与すべく、栽培環境要因がランナー発生と花芽分化に及ぼす影響について検討した。第2章では、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター（以下東北農業研究センター）で育成した‘なつあかり’、‘デコルージュ’を材料に、ランナー発生に関与する低温と日長の影響を明らかにし、自然低温の代替として冷蔵処理の効果を確認した。第3章では、‘なつあかり’を材料に、秋収穫を前提とした長日処理による花成促進方法の有効性を確認した。第4章では、開花連続性の異なる四季成り性イチゴ6品種について、夏季における日長処理の日長と処理期間が花成に及ぼす影響を比較した。そして第5章では、第2～4章の研究結果を基に総合的な考察を行った。

なお，実験はいずれも東北農業研究センター内圃場（岩手県盛岡市，北緯  $39^{\circ}46'$ ，東経  $141^{\circ}08'$ ，標高  $191\text{m}$ ）で行った．

## 第 2 章 四季成り性イチゴ‘なつあかり’，‘デコルージュ’の増殖 法の検討

### 第 1 節 緒論

イチゴは冷涼性の植物で，生育適温は 17～23℃程度であり（斉藤，1991），東北地域は夏秋期に冷涼であることから夏秋イチゴの主要産地となっている．東北農業研究センターでは，前身の野菜・茶業試験場盛岡支場時代から東北地域の夏季冷涼な気象資源を活用すべく，イチゴの夏秋どりに関して育種および栽培法の面から試験研究を行ってきた．近年育成された四季成り性イチゴ品種‘なつあかり’と‘デコルージュ’は 2004 年に命名登録，2007 年に品種登録された．‘なつあかり’は 1993 年に四季成り性の‘サマーベリー’に一季成り性の‘北の輝’を交配し，得られた実生から選抜された．一方，‘デコルージュ’は 1993 年に一季成り性の‘Pajaro’と四季成り性の‘盛岡 26 号’を交配して育成された（沖村ら，2011）．この 2 品種は果実品質が良質で，公的機関で育成された品種であるため，一旦購入すればその後の自家増殖が可能であり，生産者から高品質の果実生産や種苗費の軽減が期待されている．しかし，四季成り性イチゴは一般にランナーの発生数が少ないといわれており（Downs・Piringer,1955；門馬ら，

1990 ; Serçe・Hancock, 2003) , 両品種のランナー数も少なく (沖村ら, 2011) , また, 品種の生態にまだ不明な点があることから, 許諾した種苗会社における苗生産数が生産者の要望に必ずしも応じられていない状況である. さらに, 生産者が種苗購入後に自家増殖する場合, これらの点が問題となることも予想される.

イチゴの春のランナー発生には冬期の低温遭遇の効果が大きいことが知られているが (Guttridge, 1958 ; 李ら, 1970 ; Smeets, 1982) , 必要な低温量には品種間差がみられる (李ら, 1968 ; Piringer・Scott, 1964 ; Voth・Bringhurst, 1958) . また, 長日条件は一季成り性品種のランナー発生を増進させ (Darrow, 1936 ; Heide, 1977 ; Piringer・Scott, 1964) , 四季成り性品種でも同様とする研究がある (Smeets, 1980) . 一方, 15 時間日長および 17 時間日長より 13 時間日長で発生が多かった (Downs・Piringer, 1955) とする報告や, 高温では長日 (24 時間日長) より短日 (10 時間日長) で促進された (Sønsteby・Heide, 2007) と, 一季成り性品種とは異なる反応を示した報告もある.

以上の知見を元に, 本研究では両品種を効率的に増殖するのに必要な基礎的な情報として, 春以降のランナー発生に及ぼす秋冬期の低温遭遇時間および低温遭遇後の日長の影響を調べた.

また，試験地の露地栽培では6～7月頃にランナー発生が旺盛になるが，栽培条件によってはこれよりも早い時期に苗を確保する必要がある．さらに，一次ランナーの発生が早ければ二次以降のランナー発生も順次早まって，子苗の総数増加が見込まれる．このように，ランナー発生に必要な低温を自然の状態より早く充足させる必要がある場面を考慮して，人工的に低温を補うための冷蔵処理を行うのに適切な親株の採苗時期・冷蔵処理時期を検討した．

## 第2節 材料および方法

供試品種には‘なつあかり’，‘デコルージュ’を用いた．

実験 1. 低温遭遇時間と低温遭遇後の日長がランナー発生に及ぼす影響

2004年夏に，10.5 cmポットに採苗した苗を所定の時期まで屋外で管理した．発生する花房やランナーは適宜除去し，葉は5枚程度を残して古葉は摘葉したが，分けつは摘除しなかった．屋外で5℃以下の低温に10月12日以降積算で0，700，1,000，1,500および2,000時間を目安に遭遇させた後，最低温度を15℃に設定した温室に搬入して21 cmポットに植え替えた．ポットの土は，クレハ園芸培土（クレハ，N：P：K = 340：850：520 mg・L<sup>-1</sup>）とプリティソイル GOLD N140（大塚産業，N：P：K =

140 : 1,250 : 140 mg · L<sup>-1</sup>) を 1 : 1 (V/V) で混合して使用した。温室での日長条件は 16 時間と自然日長の 2 段階とし、16 時間日長区ではポットを遮光率 100% の遮光フィルム (トーカンホワイトシルバー, 東罐興産, 東京) で区切った区画に置き、白熱灯を夕方から夜間 (15 : 30 ~ 20 : 00) および早朝 (4 : 00 ~ 7 : 00) に点灯した (草冠部で 6 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup> PPFD)。灌水と追肥は適宜行った。一次ランナーと花房の発生を 1 週間ごとに調査し、ランナーは苗基部に発根が、花房は頂花の開花が確認された時点で除去した。調査期間中に発生した分げつは、摘除しなかった。

調査は、温室搬入後から 17 週間行った。それぞれの低温遭遇時間ごとの温室への搬入日、および、調査期間中の自然日長を表 2-1 に示した。また、温室内の気温をデータロガー (サーモレコーダー, エスペックミック, 愛知) で記録した (図 2-1)。

実験 2. 越冬後の親株に対する春夏の日長がランナー発生に及ぼす影響

2004 年夏に 10.5 cm ポットに採苗し、実験 1 と同様に管理して屋外で越冬させた苗を、2005 年 5 月 9 日に実験 1 と同様に市販の培養土を混合した土を用いて 21 cm ポットへ植え替えた。植え替えた時点で、5℃以下の低温に 2,800 時間遭遇していた。5月 16 日から屋外で、移動屋根方式の日長調整装置 (オザワ 700B,

表2-1 低温遭遇時間と温室への搬入日および調査期間中の自然日長

処理区	低温遭遇時間 (時間) <sup>z</sup>	温室搬入日	調査期間中の自然日長 <sup>y</sup>
0	6	10月15日	12時間11分～10時間20分～12時間 <sup>x</sup>
700	703	12月27日	10時間20分～14時間30分
1,000	997	1月9日	10時間30分～15時間10分
1,500	1,480	1月31日	11時間10分～15時間50分
2,000	1,945	2月22日	12時間～16時間

<sup>z</sup> 5℃以下の積算遭遇時間，10月12日から測定

<sup>y</sup> 日の入時刻-日の出時刻+薄明1時間，温室搬入日から17週間後まで

<sup>x</sup> 温室搬入後，冬至までは自然日長が減少，以降は増加

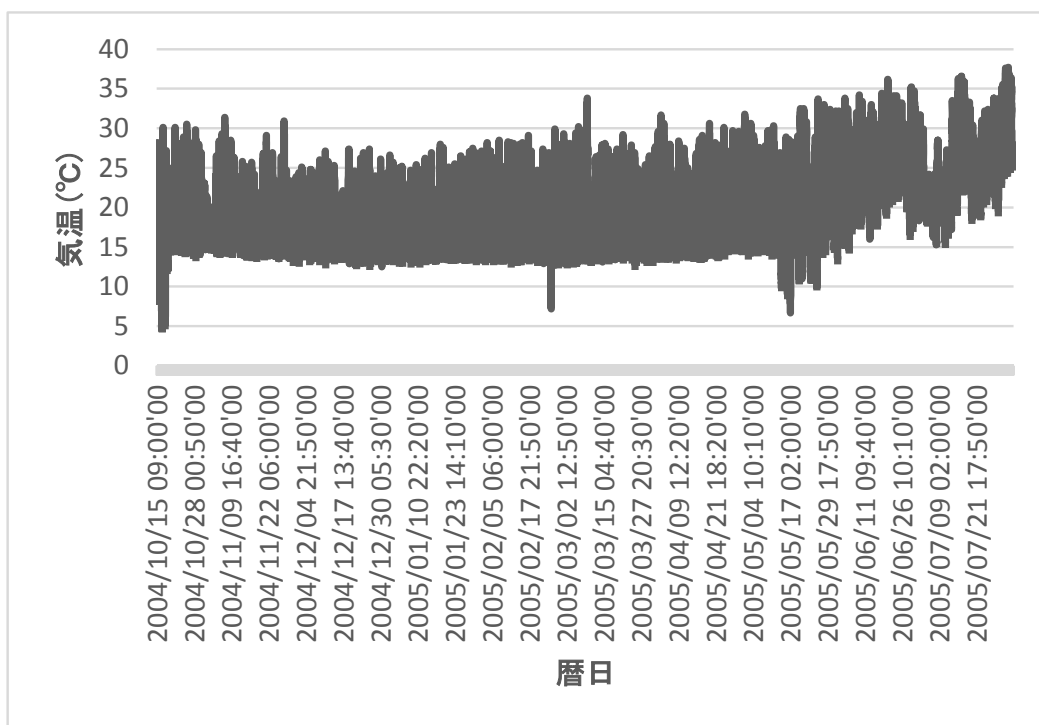


図 2-1 試験中の温室の気温 (実験 1,3)



小澤製作所，京都）を用いて日長処理を行った．日長時間は 10 時間日長，12 時間日長および自然日長とした．なお，自然日長（日の入の時刻－日の出の時刻＋薄明 1 時間）は，処理開始時で約 15 時間 20 分，夏至で 16 時間，調査終了時で約 13 時間 15 分であった．灌水と追肥は適宜行った．1 週間ごとに一次ランナーと出蕾花房を調査し，ランナーはその都度，花房は頂花の開花が確認された時点で除去した．また，分けつは摘除しなかった．調査は，休眠前の 9 月 20 日まで行った．

#### 実験 3. 冷蔵処理期間がランナー発生に及ぼす影響

2004 年 9～10 月に 15℃設定の温室で葉数 2～3 枚の苗を 10.5 cm ポットに採苗し，11 月 29 日屋外へ搬出した．12 月 6 日に苗をポットのままポリ袋に封入し，-1.5℃に設定した低温インキュベータ（LTI-1001SD，東京理化工械，東京）で冷蔵処理を 0，30，60，90，120，150 日間行った．冷蔵処理終了後は温室へ戻し，13.5 cm ポットに植え替えて 16 時間日長で栽培した．ポット用土，日長操作方法，管理は実験 1 と同様に行い，発生するランナーを温室搬入後 3 ヶ月間調査した．

#### 実験 4. 冷蔵処理により低温遭遇させた親株のランナー発生に及ぼす親株採苗時期の影響

2005年5月26日および7月21日にそれぞれ葉数2~4枚の苗を10.5cmポットに採苗し、冷蔵処理開始まで屋外で実験1と同様に管理した。9月22日と10月20日に苗をポリ袋に封入し、-2℃に設定した実験3と同じ低温インキュベータで冷蔵処理を行った。冷蔵処理期間は実験3でランナー発生が最も多かった90日間を目安として、9月22日開始区は12月22日、10月20日開始区は1月19日までそれぞれ行った。冷蔵処理終了後は2日間温室の廊下（無暖房）に置き、その後最低温度を15℃に設定した温室内（図2-2）に搬入して21cmポットに植え替えた。自然日長がおよそ15時間となる4月末までは16時間日長下で、それ以降は自然日長で栽培管理した。ポット用土、日長操作方法、調査および管理は実験1と同様に行い、温室搬入後17週間で調査を終了した。

実験5. 冷蔵処理により低温遭遇させた親株のランナー発生に及ぼ

#### す冷蔵処理開始時期の影響

2005年7月下旬に葉数2~4枚の苗を10.5cmポットに採苗して屋外で育苗し、10月13日からは低温遭遇回避のため最低気温15℃に設定した温室（自然日長）で管理した。実験3と同様に-2℃に設定した低温インキュベータを用いて、9月22日、10月20日、11月28日および12月24日から冷蔵処理を始め、12月22日、1月19日、2月26日および3月23日までそれぞれ約90

日間冷蔵処理を行った。なお、9月22日および10月20日冷蔵処理開始区は、実験4の7月採苗区と同一の株である。冷蔵処理終了後は2日間温室の廊下（無暖房）に置き、その後最低気温を15℃に設定した温室内（図2-2）に搬入し、21 cmポットに植え替えた。自然日長がおよそ15時間となる4月末までは16時間日長で、それ以降は自然日長で栽培した。ポット用土、日長操作方  
法、調査および管理は実験1と同様に行った。露地でランナー発生が旺盛になる7月中旬に調査を終了した。

いずれの試験も統計解析は市販の統計解析ソフト（Excel統計，エスミ，東京）を利用して行った。

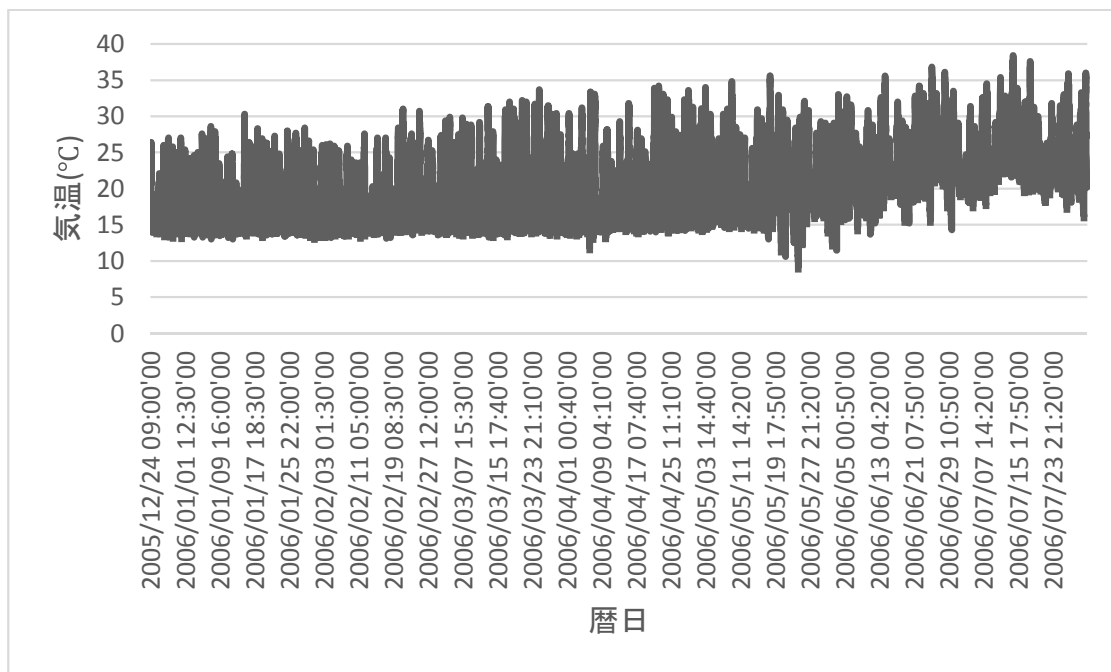


図 2-2 試験中の温室の気温 (実験 4, 5)

### 第 3 節 結果

#### 実験 1. 低温遭遇時間と低温遭遇後の日長がランナー発生と花房出 蕾に及ぼす影響

低温遭遇時間およびその後の日長が，株当たりランナー数と株当たり出蕾花房数に及ぼす影響を表 2-2 に示した．以降の試験結果においては，ランナー数は一次ランナー数を示す．両品種とも 16 時間日長では，低温遭遇 1,000 時間以上でランナーの発生がみられた．なお，‘なつあかり’の低温遭遇 700 時間の 16 時間日長区において，1 株当たり 0.2 本の発生がみられたが，これは供試 5 株中の 1 株で発生がみられたものであったことから棄却した．一方，自然日長では，両品種ともランナー発生に 1,500 時間以上の低温遭遇時間が必要であった．

株当たりランナー数に及ぼす日長の影響は，低温遭遇 1,500 時間では大きくなかったが，2,000 時間では自然日長の方が多くなる傾向がみられ，とくに‘デコルージュ’では試験区間に有意な差があった．株当たり出蕾花房数は，‘なつあかり’では 700 および 1,000 時間では自然日長で，1,500 時間以上では 16 時間日長が多かった．‘デコルージュ’では日長による明確な差は認められなかったが，低温遭遇 2,000 時間では 16 時間日長で多い傾向がみられた．

表2-2 低温遭遇時間と低温遭遇後の日長が四季成り性イチゴ‘なつあかり’，‘デコルージュ’のランナー数，出蕾花房数に及ぼす影響<sup>z</sup>

累積数	日長	低温遭遇時間 (時間) y									
		なつあかり					デコルージュ				
		0	700	1,000	1,500	2,000	0	700	1,000	1,500	2,000
ランナー数	自然 <sup>x</sup>	0	0	0	2.8±0.5 <sup>w</sup>	8.8±1.0	0	0	0	0.8±0.5	7.0±1.6
(本/株)	16時間	0	0.2±0.2 <sup>u</sup>	3.3±1.3	2.4±1.2	6.2±0.6	0	0	0.5±0.2	1.5±0.6	2.4±0.7
	有意性 <sup>v</sup>	n. s.	n. s.	*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	*
出蕾花房数	自然日長	5.2±0.8	6.8±0.9	6.0±0.3	4.4±0.6	2.3±0.5	4.3±0.5	4.1±0.4	5.3±0.6	4.2±0.6	3.0±0.5
(本/株)	16時間日長	4.2±0.5	4.3±0.6	4.2±0.4	6.4±0.6	6.6±1.1	4.0±0.5	5.3±0.6	5.8±0.4	5.4±0.7	6.8±1.7
	有意性	n. s.	*	*	*	*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

<sup>z</sup> 温室搬入後17週間の値

<sup>y</sup> 5°C以下の積算遭遇時間

<sup>x</sup> 表2-1を参照

<sup>w</sup> 平均±標準誤差 (n=5~6)

<sup>v</sup> t検定により\*は5%水準で有意差あり, n. s. は有意差なし

<sup>u</sup> 供試5株中1株に1本発生

イチゴは分げつの茎頂で花芽が分化した後，その直下の側枝が発達し，葉を数枚分化した後再度その茎頂で花芽が分化する（植松，1998）．長日条件が四季成り性イチゴの花芽分化を促進することが知られているが，葉腋側芽数や側枝の葉数にその影響がないかを確認するため，以下の調査を行った．

本実験範囲で株当たりランナー数が最も多かった低温遭遇2,000時間区について，各供試株から最も旺盛な分げつを選び，それらについてランナーとして発達した葉腋側芽の数（最も旺盛な分げつのランナー数）を調べた（表2-3）．なお，最も旺盛な分げつにおいて，その茎頂が花芽分化した後，最上位葉腋の側枝が発達して両者が連続した1本の分げつを形成している場合，両者をあわせて一つの分げつとみなした．調査対象分げつのランナー数は，両品種とも自然日長区が16時間日長区より多く，‘なつあかり’が‘デコルージュ’より多い傾向であった．また，最も旺盛な分げつにおいて，分げつを構成している側枝の葉数を調べた．調査終了時まで次の花房が出蕾しなかった側枝については，調査終了時まで展開した側枝葉数を調べた．四季成り性品種でも，品種によっては越冬後に一定の期間開花が抑制され，側枝葉数が多くなったとの報告があることから（沖村・五十嵐，1995），側枝葉数の最大値を

表 2-3 に示した．両品種とも 16 時間日長条件下では自然日長より  
少なく，越冬後の花芽分化は 16 時間日長の方が早かった．



表2-3 5℃以下の低温に2,000時間遭遇した後の四季成り性イチゴ‘なつあかり’‘デコルージュ’の最も旺盛な分けつのランナー数および側枝葉数の最大値に及ぼす低温遭遇後の日長の影響<sup>z</sup>

日長	なつあかり		デコルージュ	
	ランナー数(本)	側枝葉数 <sup>y</sup> (枚)	ランナー数(本)	側枝葉数(枚)
自然 <sup>x</sup>	5.8±0.6 <sup>w</sup>	10.8±1.8	3.4±0.4	9.6±1.6
16時間	3.4±0.7	5.8±1.0	1.8±0.7	4.6±0.4
有意性 <sup>v</sup>	*	*	n. s.	*

<sup>z</sup> 温室搬入時に最も旺盛な分けつを選び、その分けつから発生したランナーと展開した葉について温室搬入後から調査した

いずれも肉眼で確認できるもののみ数えた

花房出蕾後は直下の腋芽から発達した側枝を同じひとつの分けつとみなした

<sup>y</sup> 越冬後に花芽分化が抑制された期間の目安として、それぞれの側枝に着生した側枝葉数の最大値を示す

<sup>x</sup> 表2-1を参照

<sup>w</sup> 平均±標準誤差 (n=5)

<sup>v</sup> t検定により\*は5%水準で有意差あり, n. s. は有意差なし

## 実験 2. 越冬後の親株に対する春夏の日長がランナー発生に及ぼす影響

前年に採苗した苗を屋外で越冬させ、5℃以下の低温に2,800時間以上遭遇後、5月中旬から日長を10時間日長、12時間日長および自然日長（約15時間20分～夏至で16時間～約13時間15分）として栽培した場合の株当たり累積ランナー数、および、累積花房数の経時変化を図2-3に示した。‘なつあかり’では日長が最も短い10時間日長で株当たりランナー数が少なかったが、逆に‘デコルージュ’では日長が最も長い自然日長で株当たりランナー数が最も少なかった。また、‘なつあかり’のランナー発生は調査期間の途中でほぼ停止したが、‘デコルージュ’では調査期間終了時まで新たなランナーが発生し続けた。株当たり累積花房数は、‘なつあかり’は12時間日長で自然日長および10時間日長に比べて少なく、一方、‘デコルージュ’は自然日長で10および12時間日長に比べて顕著に多かった。

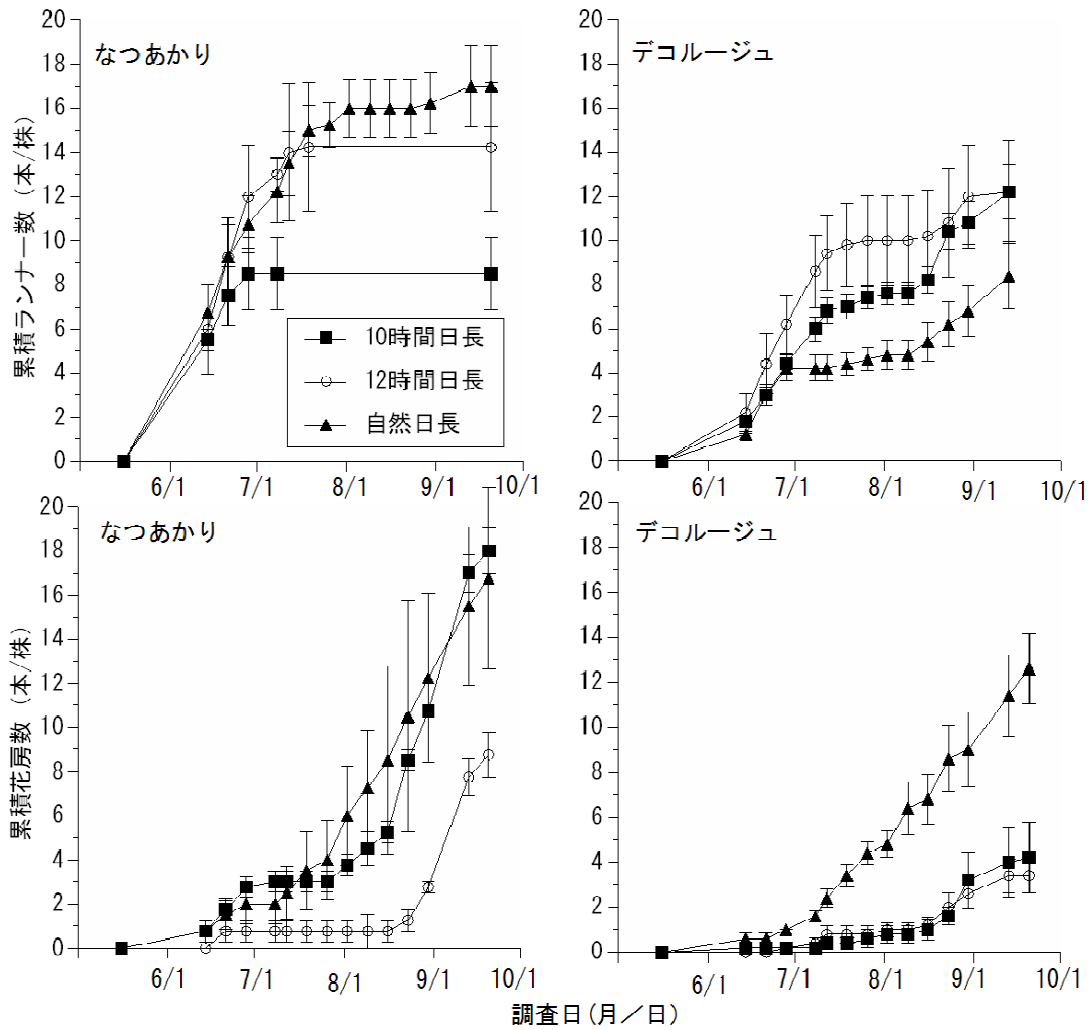


図 2-3 2,800 時間以上の低温遭遇を経た ‘なつあかり’, ‘デコルージュ’ の累積ランナー数, 累積花房数に及ぼす日長の影響

縦棒は標準誤差 (n=4~5)

上段は累積ランナー数 下段は累積出蕾花房数

調査途中で発生が中断した場合には, その時点での値を調査終了時の値とし, その後から終了時までの記号の記載は省略した

### 実験 3. 冷蔵処理期間がランナー発生に及ぼす影響

冷蔵した場合，ランナー発生に必要な低温遭遇時間は‘なつあかり’で 60 日，‘デコルージュ’では 30 日であった．両品種とも 90 日で一次ランナー数は最大となった（表 2-4）．

**表2-4 冷蔵期間がランナー発生に及ぼす影響**

品種	冷蔵期間(日)					
	0	30	60	90	120	150
なつあかり	0 a	0 a	0.6 ab	1.6 b	0.8 ab	1.4 ab
デコルージュ	0 a	1.0 ab	2.0 bc	3.4 c	1.2 ab	2.8 bc

<sup>2</sup>温室搬入後3ヶ月までに発生した一次ランナー数(本/株)

同一品種の同一アルファベット間にTukey-Kramerの多重検定で5%で有意差無し (n=4~5)

#### 実験 4. 冷蔵処理により低温遭遇させた親株のランナー発生に及ぼす親株採苗時期の影響

実験 1 と同様に，温室搬入時に最も旺盛な分げつを調査対象分げつとして選んだ．冷蔵処理終了後，温室に搬入してから 17 週間に発生した株当たりランナー数，調査対象分げつの展開葉数，株当たり出蕾花房数，株当たり分げつ数を表 2-5 に示した．分散分析の結果から，全般に‘なつあかり’では採苗時期の，‘デコルージュ’では冷蔵開始時期の影響がみられた．‘なつあかり’では，5 月採苗より 7 月採苗の方で株当たりランナー数が多く，冷蔵処理開始時期の違いによる差は小さかったが，9 月処理開始で多い傾向があった．一方，株当たり出蕾花房数では，5 月採苗が 7 月採苗より多かった．最も旺盛な分げつの展開葉数は，7 月採苗で 5 月採苗より多い傾向が見られたが，分散が大きく，Tukey-Kramer の多重検定では有意差が検出されなかった．一方，‘デコルージュ’では 5 月採苗の 9 月処理開始で株当たりランナー数が有意に少なく，他の 3 処理区の間差は小さかった．最も旺盛な分げつの展開葉数は，9 月冷蔵処理開始より 10 月開始で 1 枚程度多い傾向があった．株当たり出蕾花房数は，5 月採苗の 10 月冷蔵処理開始で最も多かった．

表2-5 冷蔵処理開始時期と採苗時期が冷蔵処理（-2℃；約90日間）終了後の‘なつあかり’，‘デコルージュ’の生育に及ぼす影響<sup>z</sup>

冷蔵処理開始時期	採苗時期	なつあかり						デコルージュ					
		ランナー数 (本/株)	葉数(枚) <sup>y</sup>	出蕾花房数 (本/株)	分けつ数 (本/株)	ランナー数 (本/株)	葉数(枚)	出蕾花房数 (本/株)	分けつ数 (本/株)				
9月	5月	3.7 bc <sup>x</sup>	9.7 a	5.3 ab	3.4 ab	0.7 b	9.0 a	3.7 b	2.1 b				
	7月	6.6 a	12.3 a	2.0 c	2.4 b	3.2 a	9.7 a	3.6 b	2.4 b				
10月	5月	2.4 c	9.6 a	8.6 a	4.8 a	4.2 a	9.8 a	7.0 a	4.8 a				
	7月	5.9 ab	12.4 a	3.4 bc	3.4 ab	4.0 a	10.7 a	4.7 ab	3.0 b				
有意性 <sup>w</sup>													
冷蔵処理開始時期		n. s.	n. s.	*	*	**	*	**	**				
採苗時期		**	**	**	**	*	n. s.	n. s.	n. s.				
交互作用		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	*	n. s.	n. s.	*				

<sup>z</sup> 冷蔵処理終了後17週間の値

<sup>y</sup> 温室搬入時に最も旺盛な分けつにおける17週間の展開葉数

<sup>x</sup> 同一列の異なる文字間にはTukey-Kramer もしくはSteel-Dwassの多重検定により5%水準で有意差がある

<sup>w</sup> 分散分析により, \*, \*\*はそれぞれ5%, 1%水準で有意差あり, n. s.は有意差がないことを示す (n=5~9)

## 実験 5. 冷蔵開始時期が冷蔵処理により低温遭遇させた親株のランナー発生に及ぼす影響

冷蔵処理開始時期ごとの 7 月中旬までの株当たり累積ランナー数の経時変化を図 2-4 に示す。いずれの処理開始時期においても、ランナーの発生は温室搬入後 1 か月程度以上経過してから確認された。冷蔵処理開始が早いほどランナーは早くから発生したが、冷蔵処理開始が遅くなるほど温室搬入からランナー発生開始までの期間が短くなり、さらに、発生開始から 5 月上旬までの間の増加速度が大きく、5 月下旬には両品種とも株当たり累積ランナー数に冷蔵処理開始時期による差がみられなくなった。‘なつあかり’は、温室搬入後 4～5 か月経過すると新たなランナーの発生がみられなくなったが、‘デコルージュ’では調査期間中ランナーが発生し続けた。また、‘デコルージュ’では 9 および 10 月冷蔵処理開始に比べ、11 および 12 月冷蔵開始区で 7 月中旬までの株当たりランナー数が多かった。

次に、株当たり累積花房数について図 2-5 に示す。花房の出蕾は、両品種とも一旦停滞する時期がみられた。株当たり累積出蕾花房数は、‘なつあかり’では温室への搬入が早い 9 および 10 月冷蔵処理開始区が、11 月冷蔵処理開始区よりも 6 月までは少なく、その後同程度になった。‘デコルージュ’では 5 月以降の累



積出蕾花房数が，9月および10月冷蔵処理開始区で11および12月冷蔵処理開始区より多くなり，調査終了時点（7月中旬）では顕著に多かった。

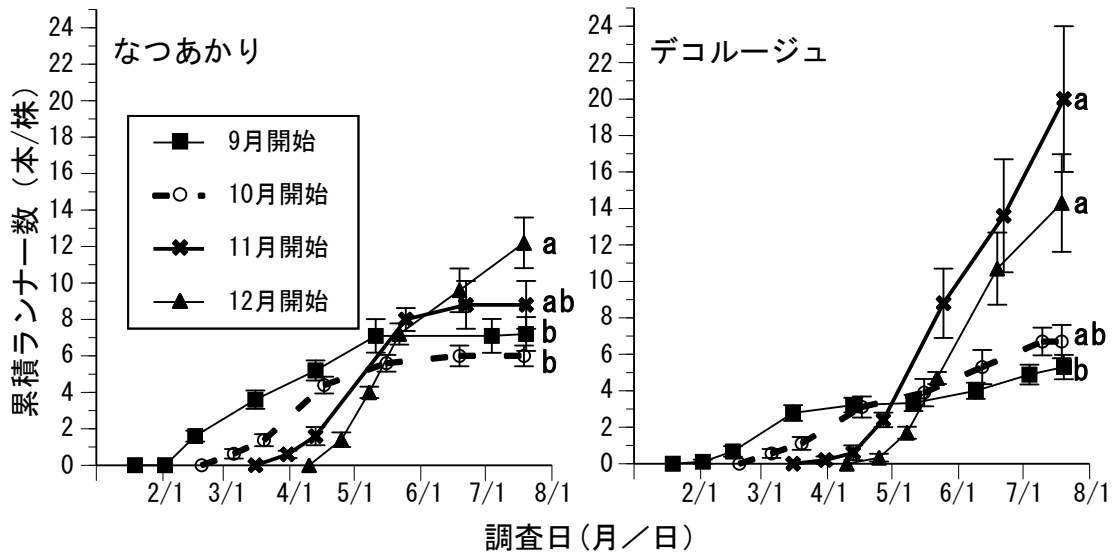


図 2-4 ‘なつあかり’，‘デコルージュ’の親株に秋冬期の冷蔵処理（ $-2^{\circ}\text{C}$ ；約 90 日間）を行って低温要求を充足させた場合の冷蔵処理開始時期の違いが処理終了後に発生する累積ランナー数に及ぼす影響

縦棒は標準誤差（ $n=5\sim 8$ ）

調査は約 1 週間ごとに行ったが，冷蔵処理終了後約 8 週間までは 2 週間ごと，その後は 4 週間ごとに記載した

調査途中で発生が中断した場合にはその時点での値を調査終了時の値とし，その後から終了時までの記号の記載は省略した

Tukey-Kramer もしくは Steel-Dwass の多重検定により，右端の異なる文字間に調査終了時の値に 5%水準で有意差あり

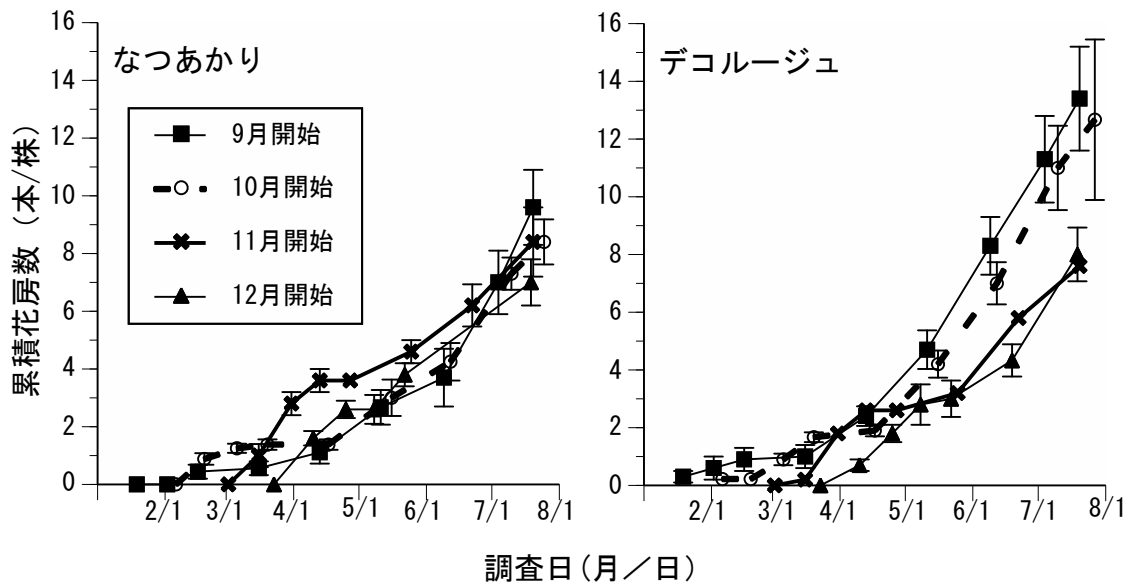


図 2-5 ‘なつあかり’，‘デコルージュ’の親株に秋冬期の冷蔵処理（ $-2^{\circ}\text{C}$ ；約 90 日間）を行って低温要求を充足させた場合の冷蔵処理開始時期の違いが処理終了後に出蕾する花房の累積数に及ぼす影響

縦棒は標準誤差（ $n=5\sim 8$ ）

調査は約 1 週間ごとに行ったが，冷蔵処理終了後約 8 週間までは 2 週間ごと，その後は 4 週間ごとに記載した

#### 第 4 節 考察

##### 1. 低温遭遇時間がランナー発生に及ぼす影響

越冬後のイチゴのランナー発生については、前歴としての低温遭遇量の影響が大きい。‘Royal Sovereign’を使った Guttridge (1958) の研究では、1.7~4.4℃で冷蔵処理を行ったところ、処理期間が 36 日ではランナーは発生せず、72 日では発生がみられた。李ら (1970) は、9 月 28 日から 2 週間おきに‘ダナー’を圃場から 10℃以上に保持された温室に移し、半数を自然日長下に、残りを 16 時間日長下に置いたところ、ランナーが発生したのは自然日長区では 2 月 1 日、16 時間日長区では 1 月 18 日に温室に移動した場合であったと報告している。また、Smeets (1982) は、四季成り性品種‘Rabunda’および‘Ostara’の冷蔵苗（前年ランナー）と無冷蔵苗（当年ランナー）について、8 月末から 14、20 および 26℃に設定した温室で、16 時間日長で栽培したところ、冷蔵苗でランナー発生が旺盛であったことを示した。一方、ランナー発生に必要な低温遭遇量は、品種によって異なる（李ら、1968；Piringer・Scott, 1964；Voth・Bringhurst, 1958）。そこで、本研究では四季成り性品種‘なつあかり’および‘デコルージュ’について、低温遭遇時間と低温遭遇後の日長を変えてランナー発生を調査した。

両品種とも、低温遭遇後の日長が16時間日長では1,000時間以上、自然日長（表2-1）では1,500時間以上の低温遭遇でランナー発生が確認された（表2-2）。長日条件では、自然日長より低温遭遇時間が短くてもランナーが発生したことは、李ら（1970）、Piringer・Scott（1964）の四季成り性品種を供試した研究と一致し、長日が低温を代替したと思われた（Sønsteby・Heide, 2006）。

また、低温遭遇時間が長くなるほど株当たりランナー数が増加する傾向がみられ、低温遭遇時間が本実験の上限の2,000時間を超えれば、さらにランナー数が増える可能性がある。試験地の露地では、5℃以下の低温に遭遇する時間は積算で2,800時間以上であり、7～8月に採苗する場合には問題がないが、自然低温が不十分な地域では冷蔵などで低温を補う必要がある。

## 2. 四季成り性イチゴのランナー発生に及ぼす低温遭遇後の長日の影響および花房発達との関係

実験1の低温遭遇2,000時間では、自然日長（12～16時間）より16時間日長で株当たりランナー数が少ない傾向が認められ、特に‘デコルージュ’で顕著だった。ランナー発生に及ぼす日長の影響について、Darrow（1936）およびHeide（1977）は16時間までの範囲では日長が長い方がランナーは多かったと報告している。

しかし、Downs・Piringer (1955) は、11, 13, 15 および 17 時間日長でイチゴを栽培したところ、一季成り性品種では同様の結果であったものの、四季成り性品種では 13 時間日長でランナー数が最大であったことを報告している。また、Sønsteby・Heide (2007) は、四季成り性品種‘Elan’および‘Rita’では、27℃条件で長日(24時間日長)より短日(10時間日長)でランナー数が多かったことを報告している。本研究においては、実験1および2の結果から、‘デコルージュ’は低温に遭遇後、日長15～16時間ではそれより短い日長に比べて株当りランナー数が少なく、一季成り性品種と異なり、日長が長くてもランナー数が増えないことが示された。しかし、‘なつあかり’では日長の影響は判然とせず、とくに実験2において短日条件である10時間日長でランナー数が少なかった。使用した装置では日長が短いほど光合成量が少なくなるが、それがランナー数減少に直接影響したかどうかは判断できなかった。

イチゴのランナー発生は長日条件で促進されるが(Darrow, 1936; Heide, 1977; Piringer・Scott, 1964; Smeets, 1980), 一季成り性品種と異なり四季成り性品種では長日条件でも花芽分化が起こるため(Strik, 1985), 四季成り性イチゴの

ランナー発生に関しては、花房発達との関係も検討する必要があると考えられた。

実験 1 の低温遭遇 2,000 時間区の最も旺盛な分げつを構成する側枝（温室搬入から調査終了時まで発達した側枝）について、それぞれの側枝葉数を調べた。四季成り性品種でも、越冬後に品種によっては花芽分化（Strik, 1985）や開花が抑制され（沖村・五十嵐, 1995）、その時期に側枝葉数が多くなったとの報告があるため（沖村・五十嵐, 1995）、温室搬入後調査終了までの側枝葉数の最大値を比較した。16 時間日長では自然日長より側枝葉数が少なく（すなわち、側枝茎頂が花芽分化するまでに分化する葉数が少なく）（表 2-3）、越冬後の長日で花芽分化が促進されたことが示唆された。

さらに、低温遭遇 2,000 時間では、両品種とも株当たり出蕾花房数は自然日長と比較して、16 時間日長で多い傾向があった（表 2-2）。柳・織田（1989）は、四季成り性品種‘Rabunda’を約 2 か月の冷蔵処理後に 8 および 16 時間の日長条件下に置き、日長処理終了時に頂芽および頂芽内の腋芽における花芽分化の有無を実体顕微鏡下で観察したところ、新たな花芽が分化するまでに分化した葉数は 16 時間日長では 8 時間日長より少なく、長日で花芽分化がより安定していたと報告している。本実験でも同様の結果となっ

ており（表 2-3），低温遭遇後の花芽分化が長日で促進されたことを示していると考えられた。

しかし，‘なつあかり’に関して，日長と花成との関係は条件により多少異なっていた。実験 1 では表 2-2 に示すように，‘なつあかり’を 700 時間あるいは 1,000 時間の低温に遭遇させた場合は，自然日長の方が 16 時間日長より出蕾花房数が多かった。また，実験 2 では，図 2-3 に示すように，‘なつあかり’は 12 時間日長で最も花房数が少なく，自然日長（約 15 時間 20 分～夏至で 16 時間～約 13 時間 15 分）と 10 時間日長間であまり差がみられなかった。一方，‘デコルージュ’では，実験 1 で低温遭遇時間が 2,000 時間では長日条件で花房数が増加する傾向を示し，2,000 時間より短い場合には花房数への影響は判然としなかった（表 2-2）ことと，実験 2 の結果から，‘デコルージュ’は十分な低温遭遇後には長日条件で花芽分化が促進されやすいと考えられた。この結果は‘なつあかり’と合致しなかった。以上のことから，‘なつあかり’および‘デコルージュ’の越冬後の花成反応と日長については，低温遭遇時間や苗齢などとの関連を再度確認する必要がある。

ランナー発生と花房発達の関係について，Simpson・Sharp（1988）の研究では，四季成り性 4 品種と一季成り性 2 品種の交



配から得られた四季成り性系統のランナー数と花房数には、統計的に有意な相関がなかった。本実験で供試した2品種でも、ランナー数と花房数の間に明確な相関は得られなかった。また、Tafazoli・Shaybany (1978) は四季成り性品種‘Gem’に花房摘除処理を行った場合に、ランナーは増加せず逆に花房が増加したという結果から、ランナー形成と花芽分化とは生理的に独立した現象と推測している。実験1の最も旺盛な分けつにおいて、調査期間中に発生したランナーのほとんどは、側枝葉数が最大となった側枝の茎頂で花芽分化する以前に分化した葉の葉腋側芽から発達したものであり、低温遭遇後の長日が花芽分化を促進させ、結果として側枝葉数を減少させてランナー数に影響した可能性は否定できない。しかし、実験2で春～夏にかけて発生したランナーの一部は、低温遭遇後最初に茎頂が花芽分化した側枝より高次の側枝の葉腋側芽から発達したランナーと考えられ、そのランナーについては、長日による花芽分化促進がランナー数減少の直接の原因であるか否かは本実験の結果からは判断できない。Downs・Piringer (1955)、Sønsteby・Heide (2007) の報告および本実験では、肉眼で観察できる程度に発達したランナーについて調査している。葉腋側芽がランナーに発達する場合の植物体内での生理状態などと日長条件の関連については、今後の研究が期待される。

また、柳・織田（1989）は、四季成り性品種の‘Rabunda’を供試して、冷蔵処理後に長日処理を行ったところ、2～3枚の葉を展開したのち処理以前に分化したと思われる花房が発生し、更に5～6枚の葉を展開したのち次の花房が発生し、2つの花房の間の腋芽はランナーとなったと報告している。また、四季成り性品種では、品種によっては低温遭遇量が比較的多い場合に、低温遭遇前あるいは低温遭遇期間中に分化した花房の直下の側枝において、その茎頂が花芽分化するまでの葉数が多くなる傾向があったとの報告がある（濱野ら，2005；沖村・五十嵐，1995）。側枝で分化する葉数が多ければ、ランナーに発達する可能性のある葉腋側芽数も多くなる。低温遭遇量を増やすなど、側枝茎頂の花芽分化を遅らせる条件が与えられれば、ランナー数が増加する可能性があると考えられた。

### 3. 冷蔵処理により低温遭遇させた親株のランナー発生に及ぼす親

#### 株採苗時期・冷蔵処理開始時期の影響

イチゴのランナー発生は休眠状態になると停止し、品種に必要な低温に遭遇するとランナーは再び発生してくる（施山，2010；植松，1998）。低温を打破する低温の寄与度は温度域によって異なるが、およそ0～8℃の効果が強く（施山，2010），0℃以下の場合、-2℃程度であれば休眠打破効果が認められた

(Lieten, 2006) . 一方, 休眠中に苗を掘りあげて冷蔵する苗株冷蔵法において,  $-1 \sim -2^{\circ}\text{C}$  が一般的である. 以上の理由および使用した低温インキュベータの精度を考慮して, 本試験では  $-1.5 \sim -2^{\circ}\text{C}$  を冷蔵温度として採用した. 供試した 2 品種とも冷蔵処理終了後にランナーが発生し, 冷蔵処理による低温充足は有効と考えられた. なお, ハウス内で管理していた親株からのランナー発生は 9 月下旬に停止し, また, 9 月 22 日冷蔵開始の株は冷蔵中に枯死することはなく, 開始時期に休眠に入りつつあったと推測された.

実験 3 では冷蔵を 150 日まで行ったが, 90 日処理のランナー数が最も多かった (表 2-4) . Lieten ら (1995) は 'Elsanta' の株冷蔵処理試験で, 処理期間が長くなるほど炭水化物含量の低下をもたらし, 冷蔵後の生産性に影響したと報告している. この報告ではランナーに関しては調査していないが, 長期間の冷蔵処理はランナー発生にも同様に影響することが推測された. そこで, 続く実験 4, 5 では冷蔵処理期間は 90 日間とした. なお, 90 日は 2,160 時間となるが, 低温が休眠打破に及ぼす影響は温度により作用の大きさが異なり (Lieten ら, 1995 ; 施山, 2010) ,  $5^{\circ}\text{C}$  以下の遭遇量と単純に比較はできない.

実験 4 では親株を 5 月下旬と 7 月下旬の異なる時期に採苗し, 9 および 10 月から冷蔵処理を行って, その後のランナー発生を比較

した（表 2-5）。採苗時期あるいは冷蔵処理開始時期が異なると、冷蔵処理開始時点の苗齢が異なるので、その影響について検討した。‘なつあかり’では、苗齢の若い場合（7月採苗あるいは9月冷蔵処理開始）に株あたりのランナー数が多くなる傾向であった。一方、‘デコルージュ’ではその傾向はみられなかった。

また、四季成り性品種では一季成り性品種と同様に、休眠打破に必要な低温要求が充足された後に長日条件下で栄養成長が旺盛になることが知られているが、「栄養成長の旺盛さ」を表 2-5 のデータ（最も旺盛な分けつの展開葉数、分けつ数、出蕾花房数）を指標として類推し、これとランナー発生との関連を検討した。‘なつあかり’では、7月採苗の場合に、5月採苗に比べ展開葉数が多く、逆に出蕾花房数が少ない傾向がみられ、栄養成長がより旺盛であったと考えられる。株あたりランナー数もやはり7月採苗の場合に多く、旺盛な栄養成長とランナー発生の連関が認められた。これに対し、‘デコルージュ’では、株あたりランナー数の少ない5月採苗・9月冷蔵処理開始の区で特段弱い栄養成長性と花房出蕾促進が認められず、栄養成長の旺盛さとランナー発生促進を関係づけることはできなかった。

このように、供試した2品種で傾向が異なったため、ランナー発生促進に対し、冷蔵処理開始時点の苗齢および冷蔵処理後の栄養成

長の旺盛さがどの程度影響を及ぼすかについては，さらに検討を重ねる必要がある．しかし，少なくとも‘なつあかり’では，ランナー発生を促進させる親株管理として，低温遭遇させる時点で，親株となる苗を採苗した当年において苗齢が進みすぎていないこと，および，低温要求を十分充足させることが有効と示唆された．

供試した 2 品種に共通して，寒冷地では，翌年の親株とするための苗を 5 月下旬に確保しようとする時，前年に用意した親株をランナー発生に必要な低温量遭遇後に保温し，ランナー発生を早める必要がある．それに対し，7 月下旬以降に採苗するならば，保温しなくても露地で採苗が可能で，ランナー数も 5 月下旬に採苗するより多い．本実験の結果から，両品種において，採苗がより容易な 7 月採苗苗を冷蔵して親株として利用しても，5 月採苗苗に劣らない増殖が可能であることが示されたので，苗生産現場で親株管理技術として活用できるであろう．

試験地の露地では 6～7 月頃にランナーの発生が旺盛になるが，作型によっては早期に苗を獲得する必要がある．また，一次ランナーの発生が早ければ二次以降のランナーも順次早まって，子苗の総数増加が見込まれる．これらの理由から，ランナー発生開始を前進化することを目的に実験 5 を行った．

冷蔵処理開始時期を 9～12 月とし、同じ期間冷蔵処理したため、開始時期が早いほうが時期的にはランナー発生が早かった（図 2-4）。しかし、開始時期が遅い方が温室搬入から最初のランナーが発生するまでの期間が短く、累積数の増加速度が大きかったため、最終的な株当たりランナー数は‘なつあかり’では 12 月冷蔵処理開始で、‘デコルージュ’では 11 月および 12 月冷蔵処理開始で多い傾向が示された。

本実験で認められたこの傾向について、実験の設計上、結果に影響した要因を考慮する必要がある。まず、採苗は同時期であったため、試験区により冷蔵開始時点の株の栄養状態が異なっていたと考えられた。しかし、実験 4 の結果からは、苗齢が進んでいても冷蔵後のランナー発生数は大きくなることが示されたので、冷蔵開始時期が遅い場合に、その分進んだ苗齢はランナー増加に大きく影響しなかったと考えられた。また、冷蔵処理に供する前の日長の前歴が異なっていたが、この影響は不明である。さらに、冷蔵処理後は最低気温を 15℃に設定した自然光利用型温室で栽培管理しており、試験区によって気温や日射が異なることの影響も無視できない。ランナー発生は光が強いほど（高橋，1972），26℃まででは高温であるほど（Darrow，1936；Heide，1977；Smeets，1980；Smeets，1982）促進されるため、本実験の範囲では冷蔵

処理開始が遅い試験区の方が，処理期間（約 90 日）を終えて温室に搬入した後の気温・日照がランナー発生に適した条件であったのではないかと推察され，結果に大きな影響を与えた可能性がある．

以上の点に注意が必要であるが，冷蔵処理を苗生産現場に利用するにあたっては，春の比較的早い時期に苗を確保する場合には冷蔵を早く開始し，一方，夏頃までにできるだけ多く苗を確保するには，冷蔵終了後の当該地域の気象条件も考慮して冷蔵開始時期を設定する必要があると考えられた．

なお，‘なつあかり’は‘デコルージュ’に比べて早く一次ランナー発生が停止するため（図 2-3，2-4），二次以降のランナーを効率よく増殖し，子苗を有効に利用する必要がある．四季成り性品種は作型的な理由から，促成栽培でのランナー増殖よりも長期間，高次のランナーを利用できるが（泰松，2009），実験 4 の結果から採苗時期によって越冬後の花房出蕾の時期や本数などが異なることが予想される．今後，二次以降のランナーの発生に及ぼす環境要因や栄養状態の影響，採苗時期による苗の出蕾特性などを解明すれば，‘なつあかり’の効率的な増殖技術および品種特性を十分に活用した栽培が可能と思われる．

### 第 3 章 四季成り性イチゴ‘なつあかり’の定植前長日処理法の開発

#### 第 1 節 緒論

四季成り性イチゴ‘なつあかり’は、従来の四季成り性品種の問題であった食味や果実の大きさが一季成り性品種並みに優れている（沖村ら，2011）。また，民間育成の四季成り性イチゴは，契約上作型などが制限される場合があるのに対し，公的機関で育成された‘なつあかり’は生産者が自由に選定できることから，その特性を活かした栽培技術や作型の開発が期待されている。

四季成り性イチゴの一般的な作型としては，前年に採苗して越冬させたポット苗や秋に掘りあげて冷蔵した苗を 2～4 月頃に定植し，6～7 月以降連続収穫する。ただし，高温や着果負担によって盛夏期に株の消耗が激しい場合には，高単価な時期に果実の品質と収量が低下する場合がある。それに対して，7～8 月頃に定植し，高温による着果負担を回避して 9～10 月から良質な果実を収穫する作型が考えられる。しかし，11 月以降に品質のよい促成栽培品種の果実が流通し始めるため，従来の四季成り性品種では収益面で問題がある。そこで，促成栽培品種並みに食味のよい‘なつあかり’であれば，11 月以降にも単価が期待できると考えられ，7～8



月に定植して9～10月から収穫する栽培体系を検討することにした。

ここで想定する作型の場合，育苗期間の短縮化を考慮すると，定植と同年に採苗する一年生苗の利用が望ましい。ただし，‘なつあかり’は一年生苗の開花が他の四季成り性品種と比較して遅い（森下ら，2012）ため，一年生苗を7～8月に定植しても，9～10月から年内に収穫可能となる株の割合が制限される恐れがある。ところで，四季成り性イチゴの花成に及ぼす気温と日長の影響について，気温が中温域（約14～23℃）では量的長日性，高温域（>27℃）では質的長日性，低温域（<12℃）では中日性を示すことが報告されている（Nishiyamaら，1999；Nishiyama・Kanahama，2002；Sønsteby・Heide，2007a，b；Bradfordら，2010；Heideら，2013）。‘なつあかり’においても花芽分化が困難な高温期でも長日条件下におけば分化が促進されることが期待できる（森下ら，2012）。長日処理としての電照は短日処理よりも簡便であるため，‘なつあかり’の花芽分化促進に有効であれば，生産現場にも導入されやすい。さらに，育苗期のみで9～10月の収穫が可能なら，より簡便で，経費も少ないと考えられる。

四季成り性品種を用いて電照処理を行い，夏に定植した株から秋に収穫できたとの報告（川村ら，1990；高野・常松，1990；奥谷ら，1996）があるが，いずれも温暖地での実験である．また，それらの実験では本圃でも電照を行っており，花芽分化促進効果と草勢維持など他方面への影響が区別しにくい．そこで本研究では‘なつあかり’の一年生苗に定植前に長日処理を施すことで，花芽分化促進効果により安定して花芽が分化し，9～10月に収穫が可能となるかを確認した．さらに，採苗時期，明期時間と処理期間・処理時期，定植時期と夜間の間欠照明（電照）処理について検討し，寒冷地では暖房コストの面から年内で収穫を打ち切る場合が多いため，無暖房栽培で9月頃から年内に収穫することを前提として，年内収量への影響を調査した．

## 第2節 材料および方法

‘なつあかり’を供試した．なお，長日処理期間中の自然日長と平均気温を表3-1に示した．

### 実験1．長日処理と採苗時期が出蓄・年内収量に及ぼす影響

親株は採苗する前年の9月中旬に無加温のパイプハウス内に地植えし，11月中旬から側面フィルム開放して低温に遭遇させた．

表3-1 長日処理期間中の試験地の自然日長および平均気温

	処理時期	自然日長 <sup>z</sup>	平均気温 <sup>y</sup> (°C)
実験1(2008年)	7月10日～8月10日	15時間49分～14時間55分	23.2
実験2(2009年)	7月10日～8月10日	15時間49分～14時間57分	22.4
	7月10日～7月17日	15時間49分～15時間40分	21.7
	7月10日～7月24日	15時間49分～15時間29分	21.4
	7月27日～8月10日	15時間24分～14時間57分	23.0
	8月3日～8月10日	15時間11分～14時間57分	23.8
実験3(2010年)	7月7日～7月28日	15時間52分～15時間23分	24.1
	7月21日～8月10日	15時間35分～14時間57分	25.9
	8月10日～9月2日	14時間57分～14時間2分	25.3

<sup>z</sup> 日の出から日の入りまでの時間+薄明1時間(日の出前30分+日の入り後30分)

国立天文台の盛岡市のデータを元に換算

<sup>y</sup> 東北農業研究センター内厨川気象観測所のデータを元に換算

翌年の2月下旬からハウスを三重被覆にして保温を開始し，気温上昇に応じて適宜被覆は開放し，さらに換気扇を30℃以上で作動させた．2007年7月（前年採苗），2008年5月30日，6月17日および7月1日にそれぞれ葉数1～3枚の子苗を10.5 cm ポリエチレン製ポットに鉢受けし，2週間後（7月1日鉢受けは7月10日）にランナーを切り離し，処理開始までは屋外で管理した．

試験区として長日区と自然日長区の2区を設けた．長日区では7月11日から本圃定植まで1か月間長日処理を行った．長日処理は周囲への影響を避けるために遮光フィルム（トーカンホワイトシルバー，東罐興産，東京）を天井部から側面まで展張した小型パイプハウス内部のベンチで行った．側面フィルムは日中6：00～18：00は天井部まで巻き上げて開放し，屋外とほぼ同様な気温・日照条件とした．側面フィルム閉鎖中の18：00～6：00はパイプハウス内部の葉上まで約1.4 mの高さに9個設置した60W白熱灯を終夜点灯し，24時間日長とした．光量子計（QMSS-S，Apogee，アメリカ合衆国）で測定した葉上の光合成有効光量子束（photosynthetic photon flux density；PPFD）は3～4  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ であった．自然日長区は小型パイプハウス近辺の屋外においた．本圃定植は8月11日に行い，培養土（育苗2号，三研ソイル，岩手）とヤシガラ（ココグリーン，横浜グリー

ーン， 神奈川）を体積比 1 : 1 で混合した培地を充填した発泡スチロール製の高設栽培ベッド 2 本に， 株間 25 cm で二条千鳥植えした． 基肥は培地 1 L 当たり N 260 mg，  $P_2O_5$  290 mg，  $K_2O$  300 mg で， 追肥は定植後から約 1 週間ごとに N = 10 %，  $P_2O_5$  = 8 %，  $K_2O$  = 27 % および， N = 11 %， CaO = 23 % を含む液体肥料（大塚ハウス 1 号および 2 号， 大塚化学， 大阪）1,000 倍液を施肥した． 高設栽培ベッドはパイプハウス内に設置し， 定植後の温度管理は 20℃ で側面フィルムを開閉し， 25℃ 以上で換気扇を作動させ， 10 月中旬から内張を展張して保温を行った． 試験は 1 区 10 株乱塊法 2 反復で行った． 定植時に出蕾していた花房およびランナーは摘除し， 側枝は放任した． 最も旺盛な側枝を主たる側枝として， 主たる側枝において定植後に最初に出蕾した花房までの展開葉数（以下， 展開葉数）， 株当たり出蕾花房数および区当たり果実収量を 12 月下旬まで経時的に調査した． データは， 長日処理と採苗時期の影響に関して二元配置分散分析で解析し， 平均の差は Tukey-Kramer の多重検定法により分析した．

実験 2． 長日処理の明期時間， 処理期間および処理時期が出蕾・年内収量に及ぼす影響

2009 年 6 月 24 日に実験 1 と同様に鉢受け採苗した苗を供試し， 7 月 10 日から順次長日処理を行った． 長日処理には， 実験 1

と同様に設置した小型パイプハウスと白熱灯を使用した。小型パイプハウスの側面フィルムを4:30~18:30に開放して自然光による14時間明期に夜間の電照を加えて24時間日長(18:00~5:00点灯), 16時間日長(18:00~20:00, 4:00~5:00点灯), 夜間4時間(22:00~2:00点灯)とした。処理期間以外は小型パイプハウス近傍の屋外で自然日長下で栽培し, また, 長日処理を行わない区(自然日長区)も設けた。処理期間は1か月, 1および2週間の3段階とし, 1か月処理は7月10日~8月10日に行った。1週間処理と2週間処理はそれぞれ定植前1か月の前半期(7月10~17日, 7月10~24日)と後半期(8月3~10日, 7月27日~8月10日)の2時期に分けて行った。1区10株乱塊法2反復で8月10日に高設栽培ベッドに定植した。基肥, 追肥, 温度管理および株管理は実験1と同様に行った。展開葉数, 定植後最初に出蕾した花房の頂花の開花日, 株当たり出蕾花房数および区当たり収量を12月下旬まで経時的に調査した。また, 各花房の頂花に開花日を記した荷札をつけ, 収穫時に回収して年内に収穫可能な開花日の目安とした。データは, 明期時間と処理期間に関して解析するため, 自然日長区を除いて, 1および2週間は前半期および後半期処理をそれぞれまとめて, 二元配置分散分析を行った。さらに, 処理時期に関して解析するため, 処理期間1および2

週間の区について，処理時期を前半期と後半期に分けて，明期時間，処理期間および処理時期について三元配置分散分析を行った．平均の差は Tukey-Kramer の多重検定法により分析した．

実験 3. 長日処理の方法と定植時期が出蕾・年内収量に及ぼす影響

2010年6月23日，7月7および28日に実験1と同様に鉢受け採苗した苗を供試し，それぞれ長日処理を約3週間（7月7～28日，7月21日～8月10日および8月10日～9月2日）行った．長日処理は実験1と同様に設置した小型ハウスと白熱灯を用いて行い，自然光での14時間明期（4：30～18：30の間側面フィルム開放）に加えて，終夜照明を行う連続処理区および夜間1時間ごとに15分点灯する間欠処理（間欠照明）区を設けた．対照区は自然日長とした．定植はそれぞれ7月28日，8月10日および9月2日に行った．1区10株乱塊法2反復で高設栽培ベッドに定植し，基肥，定植後の追肥や温度管理，株管理は実験1と同様に行った．定植後，株当たり出蕾花房数と区当たり収量を12月下旬まで経時的に調査した．また，実験2と同様に各花房の頂花に開花日を記した荷札をつけ，収穫時に回収して年内に収穫可能な開花日の目安とした．データは，長日処理の方法と定植時期に関して二元配置分散分析を行い，さらに平均値について Tukey の多重検定法により分析した．

### 第 3 節 結果

#### 実験 1. 長日処理と採苗時期が出蓄・年内収量に及ぼす影響

図 3-1 に出蓄株率の経時変化を示した。出蓄株率は、5 月 30 日採苗区を除き、長日区で自然日長区より高く推移し、長日区は 9 月中にすべての株で出蓄した。また、一年生苗（2008 年採苗）では採苗時期が遅いほど自然日長区での出蓄時期が遅く、自然日長・7 月 1 日採苗区は 12 月に入るまですべての株が未出蓄であった。



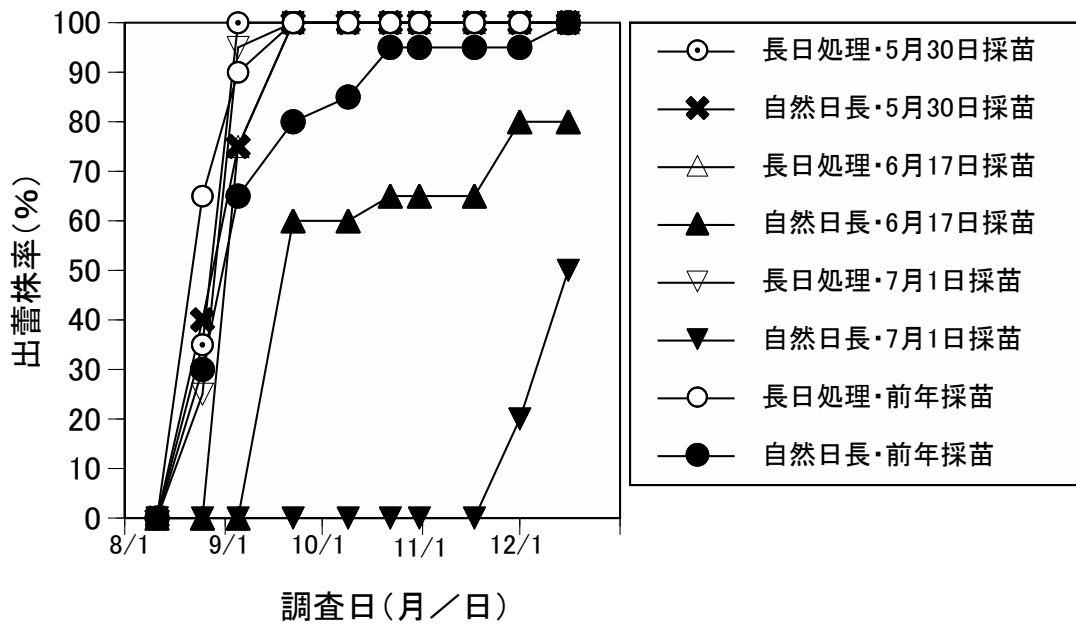


図 3-1 定植前長日処理が採苗時期の異なる‘なつあかり’の出蕾株率の経時変化に及ぼす影響

1区10株2反復の平均

表 3-2 に出蕾株率，株当たり出蕾花房数，展開葉数，収穫開始日および区当たり月別収量を示した．本実験では年内に収穫に至った花房はすべて 10 月上旬までに出蕾していたことから，年内収穫を目的とする処理が有効であった場合は，10 月上旬までに出蕾したと仮定して，出蕾株率と株当たり出蕾花房数は 10 月 9 日の値を示した．出蕾株率については，長日処理，採苗日，それらの交互作用の効果が有意で，自然日長区の 6 月 17 日および 7 月 1 日採苗で劣っていた．株当たり出蕾花房数は長日区で有意に増加した．展開葉数について，5 月 30 日および前年採苗区では長日区と自然日長区の違いはみられなかったが，6 月 17 日採苗区では長日区で展開葉数が有意に減少した．

収穫開始は自然日長・6 月 17 日採苗区で遅く，自然日長・7 月 1 日採苗区では年内に収穫できなかった．9 月の区当たり収量は採苗時期に有意差が認められたが，長日処理の影響はみられなかった．10，11 および 12 月の区当たり月別収量では，日長処理間，採苗時期およびそれらの交互作用すべてに有意差が認められ，5 月 30 日採苗区の 11 および 12 月を除きそれぞれの採苗時期で長日処理により収量が増加した．年内収量は採苗時期に関わらず長日区が自然日長区を上回った．一年生苗の長日区では前年採苗苗の長日区と同等以上の総収量が得られた．

表3-2 定植前長日処理が採苗時期の異なる‘なつあかり’の出蕾および収量に及ぼす影響

長日処理 <sup>z</sup>	採苗日	出蕾株率 <sup>y</sup> 出蕾花房数 <sup>y</sup> 葉数 <sup>x</sup>		区の収穫開始日				月別収量 <sup>w</sup> (g/区)			年内収量 (g/区) <sup>w</sup>
		(%)	(本/株)	(枚)	9月	10月	11月	12月			
有	5月30日	100 c <sup>y</sup>	5.5 e	1.9 a	9月14日 ab	178 ab	1,127 e	601 cd	231 bc	2,146 e	
	6月17日	100 c	4.3 de	3.2 b	9月28日 ab	5 a	821 de	858 d	391 d	2,074 e	
	7月1日	100 c	3.6 d	2.6 ab	9月24日 ab	47 ab	979 e	741 cd	265 cd	2,005 e	
	前年7月	100 c	4.8 de	1.6 a	9月5日 a	184 b	922 de	601 cd	264 cd	1,971 e	
	5月30日	100 c	3.5 cd	2.2 ab	9月12日 ab	131 ab	592 cd	556 c	267 cd	1,546 d	
	6月17日	60 ab	1.1 ab	5.0 c	10月5日 b	7 a	171 ab	226 ab	102 ab	507 b	
	7月1日	0 a	0.0 a	—	—	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	
前年7月	95 bc	2.2 bc	1.7 a	9月9日 ab	109 ab	441 bc	267 b	59 a	877 c		
分散分析 <sup>u</sup>											
長日処理 (A)		**	**	n. s.	n. s.	n. s.	**	**	**	**	**
採苗日 (B)		**	**	**	*	**	**	**	**	**	**
交互作用 (A × B)		**	n. s.	**	n. s.	n. s.	*	**	**	**	**

<sup>z</sup> 有は24時間日長処理（自然光14時間+終夜電照）を定植前1か月間（7月11日～8月11日）行った 無は自然日長

<sup>y</sup> 10月9日の値 1区10株2反復の平均

<sup>x</sup> 主たる側枝において定植後に最初に出蕾した花房までの展開葉数、10月9日時点で未出蕾の株は含まない

<sup>w</sup> 自然日長・7月1日採苗区はすべての株が未出蕾のため記載せず

<sup>v</sup> 1区10株2反復の平均 5g以上の可販果を調査対象とした

<sup>y</sup> 自然日長・7月1日採苗区は年内に収穫開始されなかった

<sup>u</sup> 同一列の異なる文字間にTukey-Kramerの多重検定において5%水準で有意差あり

<sup>u</sup> 二元配置分散分析により\*\*, \*はそれぞれ1%, 5%水準で有意差あり, n. s.は有意差無し, 出蕾株率は逆正弦変換後に分析した

実験 2. 長日処理の明期時間，処理期間および処理時期が出蓄・年内収量に及ぼす影響

表 3-3 に出蓄株率，株当たり出蓄花房数，展開葉数，定植から最初に出蓄した花房の頂花が開花するまでの日数（以下，開花日数），および区当たり収量を示した．収穫した頂果につけられた荷札の開花日から，本実験では 9 月末ごろまでに出蓄した花房は年内収穫が可能であったと判断し，出蓄株率と株当たり出蓄花房数は 9 月 30 日の値を記載した．出蓄株率が 9 月 30 日までに 100% に達するには，24 時間日長および夜間 4 時間では 2 週間以上，16 時間日長では 1 か月間の処理期間を要した．24 時間日長区では 1 週間でも 95% 以上出蓄し，自然日長区より出蓄株率が有意に上昇していた．また，16 時間・1 週間処理について，前半期処理では自然日長区より出蓄株率は高かったのに対し，後半期処理では自然日長区と同等だった．株当たり出蓄花房数は，明期時間および処理期間との間に有意差が認められ，24 時間日長・1 か月処理区は 1 週間処理区および 2 週間・前半期処理区より多く，夜間 4 時間区では 1 か月処理区は 1 週間処理区より多かった．しかし，16 時間日長では処理期間および処理時期の異なる区間に有意差はなかった．自然日長区と比較すると，24 時間日長区の 1 か月処理区と 2

表3-3定植前長日処理の明期時間と処理期間および処理時期が‘なつあかり’の出蕾、開花日数および収量に及ぼす影響

明期時間	処理期間	処理時期	出蕾株率 <sup>z</sup> (%)	出蕾花房数 <sup>z</sup> (本/株)	葉数 <sup>y</sup>	定植から出蕾までの				年内収量 <sup>w</sup> (g/区)			
						日数(日) <sup>x</sup>	9月	10月	11月	12月	9月	10月	11月
自然日長 24時間	1週間	7月10日～7月17日	60 a <sup>v</sup>	0.8 a	2.3 abc	30.1(9月9日)	abcdef	15 a	427 abc	268 ab	33 a	742 ab	
		8月3日～8月10日	100 c	1.5 abc	1.9 abc	23.3(9月2日)	ab	163 bcd	606 abc	336 ab	131 ab	1,236 abcd	
16時間	2週間	7月10日～7月24日	95 bc	1.7 abcd	3.7 d	39.2(9月17日)	f	33 ab	305 a	522 abc	568 de	1,427 bcd	
		7月27日～8月10日	100 c	1.6 abcd	1.8 ab	25.1(9月4日)	abc	99 abc	722 bc	241 ab	74 a	1,136 abc	
自然光14時間 +夜間4時間	1週間	7月10日～8月10日	100 c	2.1 cde	2.8 abcd	35.2(9月14日)	def	32 ab	530 abc	768 c	623 e	1,951 d	
		7月10日～7月17日	100 c	2.8 e	1.9 abc	20.9(8月31日)	a	233 d	773 c	515 abc	387 bcde	1,908 d	
+夜間4時間	2週間	8月3日～8月10日	90 bc	1.1 ab	2.6 abcd	31.0(9月10日)	bcdef	27 a	605 abc	343 ab	174 ab	1,150 abc	
		7月10日～7月24日	55 a	0.8 a	3.2 cd	36.6(9月16日)	def	49 ab	321 a	170 a	127 ab	668 a	
1週間	1週間	7月10日～8月10日	80 ab	1.0 ab	2.6 abcd	28.5(9月8日)	bcde	49 ab	664 abc	300 ab	138 ab	1,401 bcd	
		7月27日～8月10日	75 ab	1.2 ab	3.2 cd	37.0(9月16日)	ef	31 a	389 ab	432 abc	319 abcde	1,171 abc	
2週間	1週間	7月10日～7月17日	100 c	1.6 abcd	2.6 abcd	31.0(9月10日)	bcdef	76 ab	634 abc	373 abc	191 ab	1,274 abcd	
		7月10日～7月17日	85 abc	1.3 abc	2.0 abc	26.7(9月6日)	abcd	68 ab	550 abc	263 ab	87 ab	968 abc	
+夜間4時間	2週間	8月3日～8月10日	70 ab	1.1 ab	3.0 bcd	34.4(9月13日)	cdef	47 ab	347 ab	314 ab	244 abc	952 abc	
		7月10日～7月24日	100 c	1.8 bcd	2.4 abc	26.4(9月5日)	abc	80 ab	788 c	530 abc	265 abcd	1,662 cd	
二元配置法 分散分析 <sup>u</sup>	交互作用 (A×B)	7月27日～8月10日	100 c	1.7 abcd	3.7 d	39.2(9月18日)	f	45 ab	324 a	589 bc	501 cde	1,459 bcd	
		7月10日～8月10日	100 c	2.4 de	1.9 abc	22.3(9月1日)	a	230 cd	670 abc	407 abc	199 abc	1,505 cd	
三元配置法 分散分析 <sup>t</sup>	交互作用 (A×B×C)	明期時間 (A)	**	**	*	*	*	**	n. s.	n. s.	n. s.	*	
		処理期間 (B)	**	**	**	**	**	**	**	*	n. s.	n. s.	**
交互作用 (A×B)	交互作用 (A×C)	明期時間 (A)	**	n. s.	*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	*
		処理期間 (B)	**	**	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	**
交互作用 (B×C)	交互作用 (A×B×C)	明期時間 (A)	*	n. s.	**	**	**	**	**	*	**	n. s.	**
		処理期間 (B)	**	**	*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
交互作用 (A×B×C)	交互作用 (A×B×C)	明期時間 (A)	*	**	n. s.	n. s.	n. s.	*	n. s.	n. s.	*	n. s.	**
		処理期間 (B)	n. s.	**	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

<sup>z</sup> 9月30日の植 1区10株2反復 定植日は8月10日

<sup>y</sup> 主たる側枝において定植後に最初に出蕾した花房までの展開葉数, 9月30日時点で未出蕾の株は含まない

<sup>x</sup> 年内に収穫可能であった株について, 定植から最初に出蕾した花房の頂花が開花するまでの日数

<sup>w</sup> 1区10株2反復の平均 5g以上の可販果を調査対象とした

<sup>v</sup> 同一列の異なる文字間にTukey-Kramerの多重検定において5%水準で有意差あり

<sup>u</sup> 出蕾株率は逆正弦変換後に分析した

<sup>t</sup> 自然日長区を除く, 処理期間が1および2週間は前半期 (7月10日～7月17/24日) および後半期 (7月27日/8月3日～8月10日) 処理をそれぞれとめて, 出蕾株率は逆正弦変換後に分析した

<sup>s</sup> \*\*, \*はそれぞれ1%, 5%水準で有意差あり, n. s.は有意差無し

<sup>r</sup> 処理期間が1および2週間の区について処理時期を定植前1か月間の前半 (7月10日～7月17/24日) と後半 (7月27日/8月3日～8月10日) に分, 出蕾株率は逆正弦変換後に分析した

<sup>q</sup> \*\*, \*はそれぞれ1%, 5%水準で有意差あり, n. s.は有意差無し

週間・後半期処理区，夜間 4 時間区の 1 か月処理区と 2 週間・前半期処理で多かった．展開葉数は 24 時間日長・1 週間・後半期処理区および夜間 4 時間・2 週間・後半期処理区で自然日長区に対して有意に増加した．開花日数について，二元配置分散分析から明期時間・処理期間の影響が，三元配置分散分析の結果から 1 および 2 週間処理については処理時期の影響が有意であった．1 か月処理で 16 時間日長区は他の 2 つの明期時間区より多く，開花が遅かった．24 時間日長と夜間 4 時間の 1 か月処理区は，1 および 2 週間・後半期処理区に対し開花日数が有意に少なかったが，16 時間日長では処理期間・処理時期による差がなかった．また，24 時間日長の 1 および 2 週間，夜間 4 時間の 2 週間処理で，後半期処理は前半期処理より開花日数が多く，開花が遅れた．

区当たり月別収量は，9 月収量に明期時間および処理期間との間で二元配置分散分析の結果から有意差が認められ，24 時間および夜間 4 時間の 1 か月処理で多かった．10 月収量には処理期間および処理時期との間で有意差が認められ，24 時間日長では 1 か月処理が最も多収で 1 週間・後半期処理より多かった．また，夜間 4 時間区では最も多収の 2 週間・前半期処理は最も低収の 2 週間・後半期処理より多かったが，16 時間日長では処理期間および処理時期との間に差がみられなかった．いずれの長日処理も 1 か月処

理区では自然日長区と同様に 10 月の収量が最も多く、11 月、12 月と減少した。三元配置分散分析の結果から、1 および 2 週間処理では、処理時期間の差は年内収量以外で有意で、16 時間日長・1 週間処理区を除くと、10 月の収量は前半期処理で、11～12 月の収量は後半期処理で大きくなっており、収穫最盛期に処理時期による差がみられた。

実験 3. 長日処理の方法と定植時期が出蕾・年内収量に及ぼす影響

図 3-2 に定植後の出蕾株率と株当たり累積花房数の経時変化を示した。連続処理区では 7 月 28 日および 8 月 10 日定植区とも 9 月上旬にはすべての株で出蕾し、また、収穫した頂花の開花日から判断してこれらの区ではすべての株で年内収穫が可能であった。出蕾株率が 100% になったのは 7 月 28 日定植区の方が早く、一方、10 月上旬以降の株当たり花房数は 8 月 10 日定植区の方が多かった。9 月 2 日定植区で出蕾株率が 100% になったのは 10 月中旬で、年内に収穫が可能となった株の割合は 50% であった。間欠処理区の出蕾株率は連続処理区より低く推移し、定植時期が遅いほど連続処理区との差が大きく、9 月 2 日定植の間欠処理区は累積花房数は自然日長区と差がみられなかった。自然日長区の出蕾開始は、9 月 2 日定植で 11 月下旬、7 月 28 日および 8 月 10 日定植区で 12 月上旬であった。

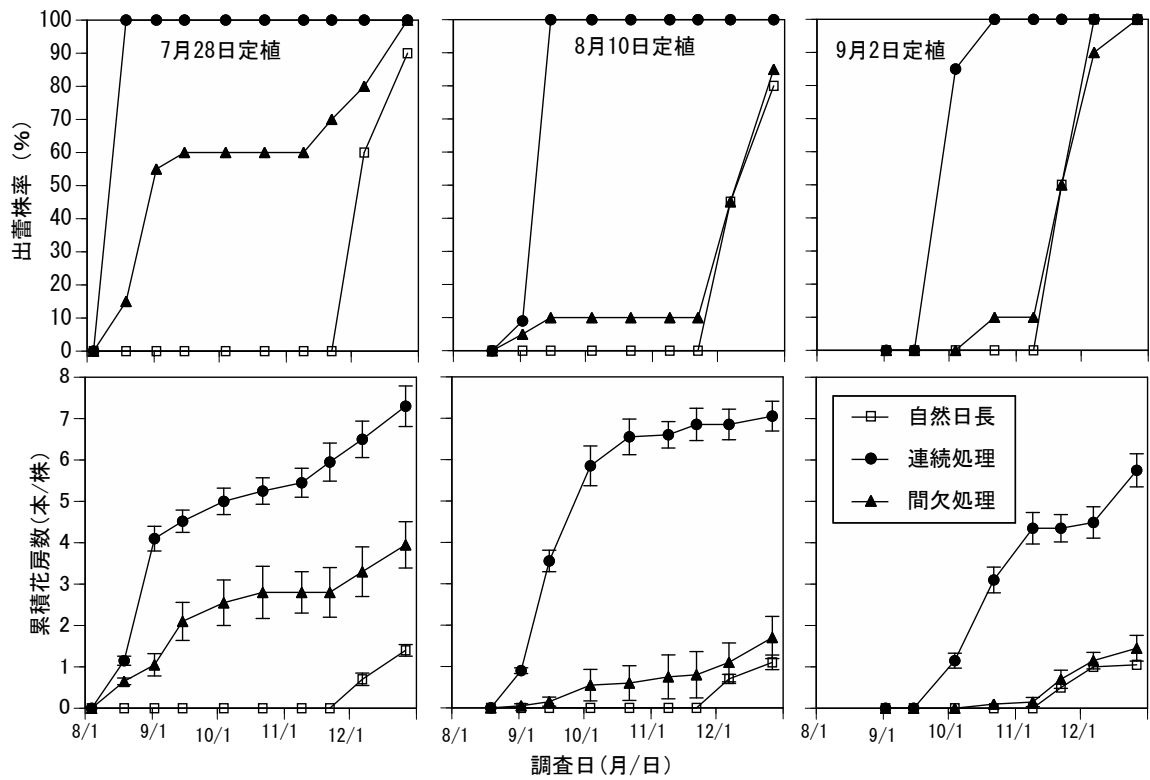


図 3-2 定植時期と長日処理法が‘なつあかり’の出蕾株率および累積出蕾花房数の経時変化に及ぼす影響

連続処理は終夜白熱灯を点灯，間欠処理は終夜1時間につき15分点灯  
 出蕾株率は1区10株2反復の平均  
 縦棒は標準誤差 (n=20)



表 3-4 に出蕾株率，株当たり出蕾花房数，区当たり収量を示した．収穫時に回収した頂果の荷札の開花日から，本実験では 10 月上旬ごろまでに出蕾した花房は年内収穫が可能であったと判断し，出蕾株率と株当たり出蕾花房数は 10 月 4 日の値を記載した．10 月 4 日時点の出蕾株率および株当たり出蕾花房数に対する定植時期，長日処理法および交互作用の影響は有意で，7 月 28 日および 8 月 10 日定植の連続処理区で株当たり花房数が多かった．間欠処理区で自然日長区より株当たり出蕾花房数が有意に多かったのは 7 月 28 日定植区のみであった．収穫開始は，7 月 28 日定植区は連続処理で 9 月上旬および間欠処理で 9 月中旬，8 月 10 日定植区は連続処理で 9 月下旬，間欠処理で 10 月下旬であった．9 月 2 日定植区は連続処理区では 10 月から収穫可能になったが，間欠処理区およびすべての定植時期の自然日長区は年内に収穫に至らなかった．区当たりの月別収量について，定植時期間，長日処理法間，およびそれらの交互作用に有意差が認められた．7 月 28 日定植・連続処理区は 9 月の収量が最も多く，10 月以降減少した．7 月 28 日定植・間欠処理区は 10 月に，8 月 10 日定植・連続処理区は 11 月に収量が最大となった．8 月 10 日定植・連続処理区は 10～12 月の収量および年内収量が処理区間で最大となった．

表3-4 定植前長日処理法が定植時期の異なる‘なつあかり’の出蕾株率、出蕾花房数、月別収量に及ぼす影響

定植日	長日処理法 <sup>z</sup> 区の收穫開始日	出蕾株率 <sup>y</sup> (%)	出蕾花 房数 <sup>y</sup>	月別収量 <sup>x</sup> (g/区)				年内収量 <sup>x</sup> (g/区)
				9月	10月	11月	12月	
7月28日	連続処理	100 c <sup>w</sup>	5.0 c	689 b	522 b	117 b	101 a	1,429 b
	間欠処理	60 b	2.6 b	196 a	490 b	288 c	104 a	1,077 b
8月10日	無 (自然日長)	0 a	0.0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a
	連続処理	100 c	5.9 c	14 a	1,038 c	1,410 d	575 b	3,036 c
9月 2日	間欠処理	10 a	0.6 a	0 a	33 a	151 b	72 a	258 a
	無 (自然日長)	0 a	0.0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a
9月 2日	連続処理	85 b	1.2 a	0 a	9 a	56 ab	8 a	73 a
	間欠処理	0 a	0.0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a
	無 (自然日長)	0 a	0.0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a

分散分析<sup>v</sup>

定植日 (A)

長日処理法 (B)

交互作用 (A × B)

<sup>z</sup> 定植前3週間行い、連続処理は終夜白熱灯を点灯、間欠処理は終夜1時間につき15分間点灯

<sup>y</sup> 10月4日の値 1区10株2反復の平均

<sup>x</sup> 1区10株2反復の平均 5 g以上の可販果を調査対象とした

<sup>w</sup> 同一列の異なる文字間にTukeyの多重検定で5%水準で有意差有り

出蕾株率は逆正弦変換後に分析した

<sup>v</sup> 二元配置分散分析により\*\*, \*はそれぞれ1%, 5%水準で有意差あり

出蕾株率は逆正弦変換後に分析した

#### 第 4 節 考察

四季成り性イチゴ‘なつあかり’の一年生苗を 7～8 月に定植し、9～10 月から収穫する作型を想定して、定植前に長日処理を行った。9～10 月から年内に収穫が可能となる花房の分化促進と安定化への効果を検討し、寒冷地の無暖房栽培における年内収量への影響を調査した。試験地において年内に収穫可能となった花房は、年次による差はみられたが 9 月下旬～10 月上旬に出蕾した。本研究で長日処理は 7～8 月に行っており、この時期の処理に効果がみられたことから、年内収穫を安定化するには 7～8 月に確実に花芽分化させる必要があると考えられた。

実験 1 では採苗時期が異なる苗に対する長日処理の効果を調べた。設定した範囲内では、いずれの採苗時期でも長日（24 時間日長）処理により花芽分化が促進され、すべての長日区で出蕾株率は 9 月中旬に 100% に達し、自然日長区に対して株当たり出蕾花房数が増加し、年内収量も増大した。年内収穫が可能であった 10 月上旬の出蕾株率は、自然日長条件では 6 月 17 日採苗区は 60% および 7 月 1 日採苗区では 0% で、採苗時期が遅れるほど長日処理の影響が大きかった。四季成り性イチゴの一年生苗の 10 月における開花株率の品種間差は 6 月下旬～7 月中旬採苗で大きく（森下ら，2012），6 月 17 日および 7 月 1 日採苗区はこの時期に該当す

る．‘なつあかり’は自然日長では10月における開花株率が他品種より低い（森下ら，2012）ため，自然日長でも高率で花芽分化する品種と比べて長日処理による花芽分化促進効果が顕著であると推測された．‘なつあかり’の一年生苗は頂花房の着生節位が高く

（森下ら，2012），苗の花芽分化が可能になるまでに時間がかかる品種だと考えられるが，葉数（葉齢）が不十分な株に対する長日処理は，花芽分化を生じさせる刺激（物資）を増大させる，あるいは刺激（物質）への感受性を高めるような作用があるのではないかと推察された．また，展開葉数は花芽分化の早晚を反映していると考えられるが，6月17日採苗区では長日区で展開葉数が自然日長区に対して有意に減少していたことから，長日処理により花芽分化が早められたと推察された．5月30日および前年採苗区では，長日処理の有無による展開葉数の差がなく，定植後に最初に出蕾した花房が分化した時期そのものは自然日長区と変わらなかったと推測された．しかし，自然日長区と比較して長日区では株当たり出蕾花房数は有意に増加し，年内収量が增大していたことから，長日処理により年内収穫が可能になった花房数が増えたと推察される．

四季成り性イチゴの花芽分化は一年生苗より二年生苗の方が安定していたとの報告がある（泰松ら，1991）．実験1の結果から，長日処理を行わない場合には前年採苗区（二年生苗）の出蕾株率や

株当たり出蕾花房数は6月17日および7月1日採苗区より優れていたが、5月30日採苗区に対しては同程度であった。しかし、長日処理を行うと、いずれの一年生苗も前年採苗に劣らず、収量も9月を除けば大きな差がなかった。以上のことから、長日処理を実施すれば、一年生苗を用いても花芽分化や収量性に大きな問題がなく、二年生苗を利用する場合の苗管理に要する時間・労力が省かれると考えられた。また、寒冷地でのランナー発生が旺盛な時期を考慮すると、5月30日採苗は6月17日および7月1日採苗に比べ苗数の確保が難しい。本研究の結果から、6月中旬以降に採苗した苗でも定植前に長日処理を行えば9月下旬～10月からの収穫が確実であることが示され、この時期から収穫する作型に利用する苗の準備が容易になると推測された。

次に、実験2で長日処理の明期時間や必要な処理期間について検討した。自然日長区と比較して出蕾株率が高くなるのに要した処理期間は、24時間で1週間、夜間4時間で2週間、16時間で1か月であった(表3-3)。また、同じ処理期間で比較すると、ほぼ24時間、夜間4時間、16時間の順に花房数が多かった。四季成り性品種の花房数は日長が長い方が多くなったとの報告があるが(Dennisら, 1970; Downs・Piringer, 1955)、四季成り性品種‘Geneva’の花房数に対して、10時間+暗期中断2時間の効

果は連続 12 時間に劣っていなかったという報告 (Dennis ら, 1970) について, Stewart・Folta (2010) は四季成り性イチゴの花成には暗期や明期の継続時間ではなく, 光の総量 (総明期時間) が決定的な要因ではないかと示唆している. 本研究においても, 夜間 4 時間は自然明期 14 時間+夜間 4 時間なので, 明期時間 18 時間と同等の処理とみなすと, 1 日当たりの明期時間の合計が長いほど花成誘導効果が強く, より短い処理日数で花芽分化し, 花房数も増加したと考えられた. 長日植物の電照による花芽分化促進には長い時間の高照射反応が必要とされ (金山, 2009), 高照射反応は照射時間に比例する (Silverthorne, 2004). 本研究の結果からは, ‘なつあかり’の花芽分化促進に対する長日処理は, 1 日で最長日長となる 24 時間日長が最も効果的であることが示されたが, 光強度に関しては未検討であり, 有効な光強度に下限があることが予想される.

1 および 2 週間処理について, 定植前 1 か月間の前半期と後半期で分けて検討したところ, 後半期に当たる時期の処理区は同じ処理期間の前半期処理区に比べて, 展開葉数が多い傾向があり, さらに開花日数も増加していて (表 3-3), 長日処理開始時期の遅れ

(時間差) がこれらの差に表れていると推測された. このことは後半期に処理した区では前半期の処理区より収穫ピークが遅れたこと

にも現れていると思われる。また、24時間・1週間および夜間4時間・2週間の後半期処理区は自然日長区より出蕾株率が高く、展開葉数は増加した。その理由として、前半期の自然日長下では花芽分化に至らない株が、後半期の長日の影響で前半期に自然日長で花芽分化した株より遅れた時期に花芽分化したため、平均の分化時期は自然日長区より遅くなり（展開葉数が増加）、さらに9月30日までに収穫が可能になった株が後半期の長日の影響で増加し、出蕾株率が高くなったと推測された。

実験3では定植時期および電照を連続または間欠処理とした場合の影響を調べた。7月28日定植・連続処理区では9月上旬に収穫可能となったが、10月以降収量は低下した。一方、8月10日定植・連続処理区では、9月の収量はほとんどなかったが、続く10および11月の月別収量は7月28日定植区より多く、総収量は8月10日定植区の方が多かった。早い時期の定植では、気温がまだ高い9月に初期の果房の収穫時期となる。イチゴ果実は高温では肥大が悪く（斉藤，1991）、着果負担による株の消耗も激しいため、9月以降に収穫対象となった花房および果実の発育が抑制されたと考えられた。なお、9月2日定植区は連続処理区でも収穫株率および収量が低く、試験地での無暖房での年内収穫には遅すぎると判断された。

間欠処理が連続処理より効果が劣った理由として、1日当たりの総明期時間が間欠処理区で16.5時間、連続処理区で24時間と、実験2の結果もあわせると、総明期時間の差を反映していると考えられた。また、花芽誘導を生じさせる最短の照射時間（もしくは光量）があり、間欠処理では連続した明期時間が15分であったため、それを満たしていなかった可能性も推察された。一方で、高野・常松（1990）の‘サマーベリー’を供試した試験では、間欠処理（明期10分）の出蕾株率は90%以上と高かった。ただし、無電照区の出蕾株率も60%と比較的高かったと報告している。ただ、本圃定植後も電照を継続していて、供試品種を含めて本実験と状況が異なっており、比較することは容易ではない。間欠処理の効果については再確認を要し、1日当たりの総明期時間を同じにして、間欠処理と連続処理の影響を比較する必要がある。

なお、四季成り性イチゴの花房の発生は高温によって抑制されることが知られている（Durnerら、1984；泰松ら、1991）が、本研究でも出蕾株率に関して高温の影響が示唆された。採苗時期がほぼ同時期であり、日長には差がなかったと考えられる実験2

（2009年）と実験3（2010年）の7月28日定植の自然日長区を比較すると、実験2では9月30日に60%であったのに対し、実験3では10月4日に0%であった。実験2では定植前1か月間



の平均気温が 22.4℃であったが，実験 3 の 7 月 28 日定植区の定植前 3 週間の平均気温は 24.1℃で，実験 2 の場合より約 2℃高く（表 3-1），気温差が出蓄株率の差の一因と推察された．また，実験 2 の 16 時間・1 週間処理において，後半期処理区は前半期処理区より出蓄株率が劣っていたが，処理期間の平均気温が後半処理時期は 2℃ほど高かった．さらに，実験 3 の間欠処理区（1 日当たりの総明期時間 16.5 時間）で定植日による出蓄株率を比較すると，10 月 4 日時点で 7 月 28 日定植では 60%であったのに対し，8 月 10 日定植区で 10%および 9 月 2 日定植区で 0%と自然日長区と差がなかったが，あとの 2 時期では処理期間中の平均気温は 25℃を超えていた．一方で，24 時間日長（連続処理）は高温年（2010 年）にも年内収穫には不適當と思われる 9 月 2 日定植以外の定植日で 100%出蓄した．これらの結果から，平均気温が 24～25℃程度の場合，1 日当たりの総明期時間が 16 時間程度で 2 ないし 3 週間の長日処理は，‘なつあかり’の花芽分化を促進するには十分ではないが，24 時間日長（終夜連続処理）であれば安定して花芽分化が可能であることも示唆された．‘サマーベリー’は 30/25（6:00～18:00/18:00～6:00）℃で花芽分化に限界日長があり，20/15℃から 25/20℃の範囲では量的長日植物の反応を示した（西山ら，1999）．限界日長が存在しない温度範

圃でも，高温になるほど花成誘導に有効な日長とその日数（総明期時間），あるいは光強度が大きくなるのかもしれない．

本実験の結果から，定植前長日処理により，‘なつあかり’の一年生苗を利用して9～10月から収穫が可能であることが示された．試験地の環境条件では，8月上旬定植を行う場合，7月上旬までに採苗した苗を使用し，定植前に24時間日長になるよう電照（夜間のPPFDは2～3  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ 以上）を2週間以上行えば，安定して花芽が分化して，10月には収穫可能と考えられた．ただし，2010年のような高温年には花芽分化が遅れる可能性があるため，検鏡で花芽分化を確認するのが安全だと思われた．

なお，定植後には電照を行っていないため，秋の短日条件で草勢の低下が観察された．年内収量を高めるためには，草勢維持を目的とした定植後の長日処理が有効だと考えられるが，同時に収益性の面からは翌春以降の収量性も勘案しなければならない．低温耐性を付加させるために適切な時期に長日処理を中止し，休眠導入させる必要がある．

## 第 4 章 日長処理と四季成り性イチゴの花成反応

### 第 1 節 緒論

第 3 章の結果から，‘なつあかり’は長日処理で花成誘導され，日長や処理期間で誘導効果が異なることが示唆された．今後実用技術とするには，長日処理のコストを抑制し，また着果負担による植物体の消耗に繋がる過剰な花成を防ぐために，適する日長や処理期間を把握する必要がある．四季成り性イチゴの長日による花成誘導に関してこれまで報告された研究のほとんどで長日処理を 5 週間以上行っている (Nishiyama ら，1999; Nishiyama・Kanahama，2002; Sønsteby・Heide，2007a, b; Bradford ら，2010)．しかし，一季成り性イチゴに関しては誘導条件下では通常 7～14 日で花成誘導が可能であり (Heide ら，2013)，四季成り性イチゴに関しても同程度の長日処理期間で花成誘導される可能性がある．なお，Van Delm ら (2013) は加温栽培中の四季成りイチゴに対して収穫期前に 26 夜の暗期中断を行ったところ，2 番目の収穫が早まったことから，暗期中断処理が花房の分化と発育を促したと報告している．一方，Nishiyama ら (2003) の研究では 30/25℃ 条件で 20 および 24 時間日長処理の‘サマーベリー’で多くの花房が発生したため展葉数が少なくなり芽無しになった株

が観察されたことから、過剰な花房数は実用上不適切であるため、適切な長さの長日処理期間を求める必要がある。そこで本章では、‘なつあかり’の夏季の花成に及ぼす日長処理の日長および処理期間による花成誘導効果を確認した。

また、長日処理を‘なつあかり’以外の品種にも適用するには、花成反応の品種間差についての知見が必要である。四季成り性イチゴ品種では出蕾の連続性のパターンを元に、「出蕾連続性の強さ」「四季成り性の強弱」という分類が提案されている。Nicoll・Galletta (1987)は越冬後の四季成り性イチゴを用いて、茎の生長と花房の着生位置を基準に3つの型を示した。Honjoら

(2011)は越冬した四季成りイチゴに関して、夏に最初に発生した花房の出蕾日および春に発生した花房と夏に発生した花房との間に展開した葉数が四季成り性の強弱との関連があったと報告している。一方、一年生苗の最初の花房の着生葉位を四季成り性の強弱の指標とする研究結果もある(森下ら, 2012a; Morishita, 2014)。花成刺激となる日長処理への反応の差が花房発生の連続性の差として表れるのであれば、「四季成り性の強弱」が異なる品種間では日長処理の日長や処理期間への反応も異なると予想される。‘なつあかり’は四季成り性が弱い品種とされているが

(Honjoら, 2014; 森下ら, 2012), 四季成り性の強弱が異な

る品種に対しても日長処理の日長及び処理期間について出蕾株率と花房数への影響を調査し，日長処理が花成誘導促進に有効であるか検討した．

## 第 2 節 材料及び方法

### 実験 1. 日長処理の日長と処理期間が‘なつあかり’の花成に及ぼす影響

2012年6月22日に1～2葉期の‘なつあかり’のランナー苗を10.5cmポットに鉢受け採苗し，2週間後に親株からランナーを切り離した．7月12日に遮光フィルム（トーカンホワイトシルバー100，東罐興産，東京）を展張した小型ハウス内に苗を搬入し，日長処理を行った．4：30～18：30の間側面の遮光フィルムを巻き上げて自然光で14時間日長とした．日長は14，17，20，24時間を設定し，暗期中は所定の日長になるよう白熱灯（60W，草冠部のPFDD  $3\sim 4\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ）を点灯した．処理期間は1，2，3，4週間とした．日長処理以外の時期は屋外で自然日長条件下に置いた．屋外で管理後10月上旬に15℃設定の温室に搬入し，11月中旬に出蕾花房数を肉眼で調査した．なお，処理期間中の自然日長及び圃場の日平均気温を図4-1に示す．

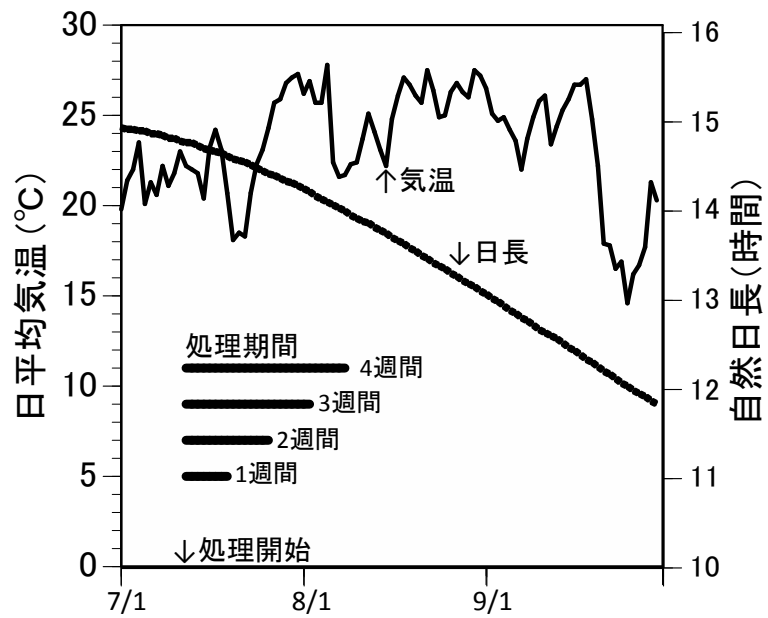


図 4-1 実験 1 の自然日長と圃場の日平均気温

図中の横太線は処理期間を示す

自然日長は日の入り時刻 - 日の出時刻

実験 2. 日長処理の日長と処理期間が四季成り性の強弱が異なるイチゴの花成誘導に及ぼす影響

供試した四季成り性イチゴ品種を表 4-1 に示した. 四季成り性の強弱は森下ら (2012) に従った. 2013 年 6 月上旬に葉数 1~2 枚のランナー苗を選んで培養土 (育苗 2 号, 三研ソイル, 岩手) を充填した 10.5 cm ポットに鉢受け採苗し, 2 週間後にランナーを切り離した. 日長処理までは無加温のプラスチックハウス内に置いて自然日長で栽培した. 試験を通して, 灌水・防除は適宜行い, 追肥として 10% (w/w) N, 10% (w/w) P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, and 10% (w/w) K<sub>2</sub>O を含む成型肥料 (ビッグワン L, ジェイカムアグリ, 東京) を 1 株あたり 2 錠施した. 日長処理は実験 1 と同様遮光フィルムを展張した小型ハウスを使用して 7 月 22 日から開始した. ハウス側面は 6:00~18:00 (12 時間) はフィルムを巻き上げ, 植物に自然光をあてた. 処理は日長 (12, 16, 20, 24 時間) と期間 (1, 2, 3, 4 週間) の組み合わせとし, 対照として日長処理を行わない区を設けた. また, 処理後は屋外で自然日長条件下においた. 小型ハウスは気温の制御は行わず, 気温は圃場と同程度と考えられた. 処理中の自然日長及び圃場の日平均気温を図 4-2 に示した.

表4-1 供試したイチゴ品種

品種	交配親	四季成り性の強弱 <sup>z</sup>
とちひとみ	(セリーヌ × 不明) × さちのか	強
サマードロップ	みよし × Rosa Linda	中
なつあかり	サマーベリー × 北の輝	弱
サマーティアラ	Selva × 紅ほっぺ	中
みやざきなつはるか	(アスカルビー × 久留米54号 <sup>y</sup> ) × スイートチャームー	中
サマーフェアリー	((みよし × 久留米48号 <sup>y</sup> ) × みよし) × アスカルビー	中

<sup>z</sup> 森下ら (2012) の分類から

<sup>y</sup> 久留米48号, 54号は系統番号



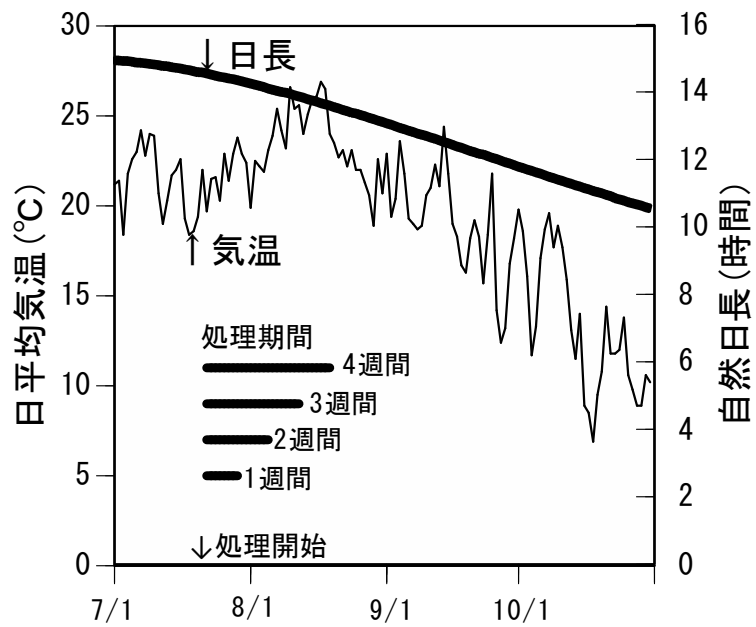


図 4-2 実験 2 の自然日長と圃場の日平均気温

図中の横太線は処理期間を示す  
 自然日長は日の入り時刻-日の出時刻

1 処理あたり 7~10 株供試し，また増殖性のよくなかった数品種は日長×処理期間の組見合わせの一部を省略した．日長処理開始時に最新の展開葉に印をつけ，それ以前の葉腋から発生する側枝は除去した．見かけ上連続している側枝を主茎と見なした．1~2 週間毎に出蕾花房を肉眼で観察し，頂花開花時に花房は除去して着果を防いだ．

なお，四季成り性イチゴのランナー苗では親株から切り離す以前に花原基が形成している場合があり(Heide ら，2013)，処理以降に出蕾した花房の一部は処理以前に形成していた恐れがある．ところで，本実験と同試験地での研究で，短日処理で花成誘導された‘さちのか’‘女峰’を8月上旬に定植したところ約40日後に出蕾した(Yamasaki ら，2003)．そこで本実験においても，花房形成から出蕾までの時間差は約40日と推定し，7月および8月に出蕾した花房は日長処理前に形成していたものとした．また，10月下旬には日平均気温は10℃以下になりイチゴの生長はほとんど停止する．以上のことから，9月上旬から10月末までに発生した花房についてのみデータとして解析した．

### 第 3 節 結果

#### 実験 1. 日長処理の日長と処理期間が‘なつあかり’の花成に及ぼす影響

日長は出蕾株率に有意に影響した。20, 24 時間日長では 1 週間処理で 100% 出蕾したのに対し, 17 時間日長は効果が低かった。14 時間日長は他の日長より出蕾株率は低く, また処理期間が長くなっても出蕾株率は増えなかった (表 4-2)。

分散分析の結果から, 日長, 処理期間, およびそれらの相互作用は花房数に有意に影響した。14 時間日長では花房はほとんど出蕾しなかった。17, 20, 24 時間日長では, 処理期間が長くなるほど花房数が増加する傾向があった (表 4-3)

表4-2 日長および処理期間が‘なつあかり’の  
出蕾株率に及ぼす影響

日長(時間)	処理期間(週)			
	1	2	3	4
14	30 <sup>z</sup>	0	10	20
17	60	100	90	100
20	100	100	100	100
24	100	100	100	100
分散分析				
日長	< 0.001			
処理期間	0.863			

<sup>z</sup> 11月中旬までに出蕾した株の割合(%)

表4-3 日長および処理期間が‘なつあかり’の出蕾花房数  
(本/株)に及ぼす影響

日長(時間)	処理期間(週)			
	1	2	3	4
14	0.4 a <sup>z</sup>	0 a	0.2 a	0.3 a
17	1.1 ab	2.3 bc	2.9 cde	4.2 def
20	2.3 bc	2.3 bc	3.6 cde	5.3 f
24	2.2 bc	2.6 bcd	2.9 cde	4.5 ef
分散分析				
日長(A)	< 0.001			
処理期間(B)	< 0.001			
A × B	< 0.001			

<sup>z</sup> 同一のアルファベット間にTukey-Kramerの多重検定で5%レベルで有意差無し(n=9~11)

実験 2. 日長処理の日長と処理期間が四季成り性の強弱が異なるイチゴの花成誘導に及ぼす影響

処理開始時には各株には本葉が 3~4 枚着生していた (表 4-4) . 対照区の第 1 花房着生葉位は四季成り性の強い ‘とちひとみ’ で低く, 弱い ‘なつあかり’ で最も高かった. 全試験期間を通して, 対照区での出蕾株率は 0% の ‘なつあかり’ 以外の品種は 90% 以上であった. ‘とちひとみ’ と ‘みやざきなつはるか’ で主茎以外の側枝が対照区すべての株で観察され, ‘なつあかり’ では発生しなかった.

9 月から 10 月に出蕾した株の割合は品種, 日長, 処理期間およびそれら 2 要因の交互作用が有意に影響していた (表 4-5) .

‘とちひとみ’ では 12 時間日長 4 週間処理で出蕾株率が 89% であった以外には日長処理と独立して出蕾した (表 4-6) . 四季成り性が中程度の品種は, ‘サマーティアラ’ が 56% であったが他の品種は対照区のほとんどの株が出蕾した. また 12 時間日長処理は期間によらず対照区と同程度以下であった. 16 時間日長で全株出蕾に要した期間は ‘サマードロップ’ で 1 週間, ‘みやざきなつはるか’ で 2 週間, ‘サマーティアラ’ で 3 週間であった. 20 時間日長は ‘サマードロップ’ では 1 週間で全株出蕾した. 24 時間日長では 1 週間で四季成り性強弱が中程度の品種はすべて出蕾し

た． 四季成り性の弱い‘なつあかり’では出蓄株率は対照区では 0%， 12 時間日長では 0-20%であった． 100%出蓄するには 16 および 20 時間日長で 2 週間， 24 時間日長で 1 週間要した．

分散分析の結果から， 品種， 日長， 処理期間およびそれらのうち 2 要因の交互作用は花房数に有意に影響したが， 3 要因の交互作用は有意ではなかった（表 4-5）． 四季成り性の強い‘とちひとみ’ではどの処理区も対照区より増加しなかったが， 12 時間日長は期間が長くなるほど減少傾向であった（表 4-7）． ‘サマードロップ’では 12 時間ではいずれの処理期間でも対照区と花房数に差が無かったが， 16， 24 時間の 4 週間処理および 24 時間日長の 3 週間以上処理で対照区より増加した． ‘サマーティアラ’ ‘みやざきなつはるか’では 4 週間までの 16 時間日長は対照もしくは 12 時間日長と差が無かったが， 24 時間日長では‘サマーティアラ’で 2 週間以上処理， ‘みやざきなつはるか’は 4 週間で花房数が増加した． ‘サマーフェアリー’では 24 時間 4 週間処理で 12 時間および対照区より増加した． 四季成り性の弱い‘なつあかり’で 16 時間日長では 2 週間， 20 および 24 時間処理で 1 週間で対照より花房数は有意に増加し， さらに期間が長くなるほど花房数は増えた．

**表4-4 無処理区の処理開始時葉数，第1花房着生葉位，側枝数**

品種	処理開始時葉数	第1花房 着生葉位	出蓄株率 <sup>z</sup> (%)	側枝数 (本/株)
とちひとみ	3.1 ± 0.7 <sup>y</sup>	4.9 ± 1.9	100	3.1 ± 0.8
サマードロップ	3.9 ± 0.8	> 9 <sup>x</sup>	90	1.6 ± 0.8
サマーティアラ	3.2 ± 0.6	6.2 ± 1.7 <sup>x</sup>	90	1.3 ± 0.6
みやざきなつはるか	4.3 ± 1.9	7.9 ± 1.1	100	2.9 ± 0.8
サマーフェアリー	3.7 ± 0.9	5.8 ± 1.6	100	1.3 ± 0.5
なつあかり	4.4 ± 0.8	> 18 <sup>x</sup>	0	1.0 ± 0

<sup>z</sup> 全実験期間に花房発生が観察された株の割合

<sup>y</sup> 平均 ± 標準偏差(n=8~11)

<sup>x</sup> 11月中旬に肉眼で確認

**表4-5 出蓄株率および花房数に及ぼす品種，日長，  
処理期間の影響の分散分析結果**

要因	出蓄株率 <sup>z</sup>	株あたり花房数 <sup>y</sup>
品種(A)	< 0.001	< 0.001
日長(B)	< 0.001	< 0.001
期間(C)	0.017	< 0.001
A × B	< 0.001	< 0.001
A × C	< 0.001	< 0.001
B × C	< 0.001	< 0.001
A × B × C	- <sup>x</sup>	0.915

<sup>z</sup> 9月および10月に花房の観察された株の割合

<sup>y</sup> 9月及び10月に花房を出蓄した花房数

<sup>x</sup> 3要因間に交互作用なし

表4-6 四季成り性イチゴの出蕾株率に及ぼす日長，期間の影響

品種	日長 (時間)	処理期間 (週)			
		1	2	3	4
とちひとみ	対照 <sup>z</sup>	100 <sup>y</sup>			
	12	100	100	100	89
	16	100	100	100	100
	20	100	100	100	100
	24	100	100	100	100
サマードロップ	対照	90			
	12	78	33	33	56
	16	100	100	100	100
	20	100	100	100	100
	24	100	100	100	100
サマーティアラ	対照	56			
	12	63	50		56
	16	50	88		100
	24	100	100		100
	みやざきなつはるか	対照	100		
12		86	43		57
16		86	100		100
24		100	100		100
サマーフェアリー		対照	100		
	12	86	44		80
	24	100	100		100
	なつあかり	対照	0		
12		0	0	0	20
16		60	100	100	100
20		90	100	100	100
24		100	100	100	100

<sup>z</sup> 対照区は全実験期間自然日長条件下

<sup>y</sup> 9~10月に花房が出蕾した株の割合 (%)



表4-7 四季成り性イチゴの花房数に及ぼす日長，期間の影響

品種	日長 (時間)	処理期間 (週)			
		1	2	3	4
とちひとみ	対照 <sup>z</sup>	4.8 ± 1.5 abc <sup>y</sup>			
	12	4.6 ± 1.3 abc	4.3 ± 1.2 abc	3.3 ± 2.0 ab	2.6 ± 1.3 a
	16	6.3 ± 1.7 c	6.3 ± 1.6 c	7.1 ± 1.3 c	6.1 ± 1.6 bc
	20	6.1 ± 1.8 bc	6.3 ± 1.4 c	5.1 ± 1.6 abc	5.8 ± 1.0 bc
	24	4.8 ± 1.6 abc	6.4 ± 2.1 c	5.4 ± 1.9 abc	4.4 ± 1.5 abc
サマードロップ	対照	1.3 ± 0.6 abc			
	12	0.8 ± 0.4 ab	0.3 ± 0.5 a	0.3 ± 0.5 a	0.6 ± 0.5 ab
	16	1.4 ± 0.5 abcd	1.7 ± 0.8 abcd	1.8 ± 0.8 bcd	2.8 ± 1.2 de
	20	1.8 ± 1.0 bcd	1.8 ± 0.6 bcd	2.2 ± 0.9 cde	3.4 ± 1.1 e
	24	1.3 ± 0.7 abc	2.4 ± 1.2 cde	3.6 ± 0.8 e	3.6 ± 0.5 e
サマーティアラ	対照	0.7 ± 0.7 a			
	12	0.6 ± 0.5 a	0.7 ± 0.8 a		0.8 ± 0.8 ab
	16	0.9 ± 1.1 ab	1.8 ± 1.5 ab		1.2 ± 0.8 ab
	24	1.8 ± 0.8 ab	2.3 ± 1.1 bc		3.6 ± 0.7 c
みやざきなつはるか	対照	2.3 ± 1.6 abc			
	12	3.1 ± 1.7 bcd	1.1 ± 1.5 ab		0.9 ± 0.9 a
	16	2.6 ± 1.5 abc	3.0 ± 1.1 bcd		4.3 ± 0.7 cd
	24	3.4 ± 1.2 bcd	4.3 ± 0.7 cd		5.3 ± 1.1 d
サマーフェアリー	対照	2.3 ± 1.7 ab			
	12	1.9 ± 1.1 ab	0.4 ± 0.5 a		1.9 ± 1.6 ab
	24	3.6 ± 1.0 b	3.9 ± 1.2 b		6.8 ± 1.0 c
なつあかり	対照	0.0 a			
	12	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.2 ± 0.4 a
	16	1.0 ± 0.9 ab	1.8 ± 0.6 bc	2.2 ± 0.6 bc	2.8 ± 1.1 cde
	20	2.1 ± 1.1 bcd	3.1 ± 0.8 cde	3.7 ± 0.8 ef	4.6 ± 1.5 f
	24	2.1 ± 0.9 bcd	3.2 ± 0.9 de	3.9 ± 0.9 ef	5.0 ± 1.2 f

<sup>z</sup> 対照区は全実験期間自然日長条件下であった

<sup>y</sup> 同一品種の同一アルファベット間にTukey-Kramer多重検定で5%水準で有意差無し (n=7~10)

#### 第 4 節 考察

森下ら（2014）および Morishita（2014）は四季成り性イチゴの一年生苗について、第 1 花房の着生節位と当年に発生した花房数の関係を調べ、第 1 花房の着生節位が四季成り性の強弱の指標になると示唆した。実験 2 の結果から、四季成り性の強い‘とちひとみ’で第 1 花房着生節位が最も低く、四季成り性の弱い‘なつあかり’で最も高く、中程度の品種はその両者の間で、森下ら（2012）、Morishita（2014）の結果と合致していた。

実験 2 で供試したイチゴは処理開始時に本葉が 3～4 枚展開しており、着生節位の低い花房は処理前に分化していると推測された。そこで 7 月および 8 月に出蕾した花房がそれに該当すると仮定して、その時期に発生した花房について分散分析を行ったところ、品種の影響のみ有意で、処理の影響はなかった（表 4-8）。一方、9 月および 10 月に発生した花房については処理の影響が確認されたことから、仮定が適切であったと考えられた。なお、‘サマーティアラ’の対照区について、全実験期間の出蕾株率（90%）と、9 月および 10 月に限定した出蕾株率（56%）では大きく異なっていて、処理前の環境条件は、処理以後の環境条件より花成誘導しやすかったと推測された。また、実験 1 で得られたデータは処理以前に分化した花房を含む可能性が否定できなかったが、処理前に分化

表4-8 7, 8月の出蕾株率, 花房数に及ぼす品種,  
日長, 処理期間の影響の分散分析結果

要因	出蕾株率 <sup>z</sup>	株あたり花房数 <sup>y</sup>
品種 (A)	< 0.001	< 0.001
日長 (B)	0.079	0.551
期間 (C)	0.535	0.574
A × B	0.586	0.404
A × C	0.003	0.071
B × C	0.075	0.940
A × B × C	- <sup>x</sup>	0.999

<sup>z</sup> 7月および8月に蕾花房の観察された株の割合

<sup>y</sup> 7月及び8月に蕾した花房数

<sup>x</sup> 3要因間に交互作用なし

した花房を考慮した実験 2 の‘なつあかり’の結果は実験 1 と同様な傾向を示していた。6 月下旬～7 月中旬採苗の‘なつあかり’第 1 花房の着生節位は他品種と比べて高く（森下ら，2012a），本研究における採苗時期はその時期に該当することから，実験 1 でも日長処理開始前にはほとんど花芽分化していなかったと推測された。

実験 1 の処理期間中の気温は 18°～28°C で，14 時間日長ではほとんど出蕾しなかった。これは 30/25°C においては 14 時間日長で‘なつあかり’は花成誘導されなかったという西山ら

（2008）の研究と一致していた。四季成り性イチゴの花成は温度条件で異なり，本実験中の気温は長日性を示す中温域から高温域に相当する（Heide ら，2013）。14 時間は処理期間中の自然日長とほぼ同じであり（図 4-1），従って 17 時間日長区は自然日長より長く，14 時間日長区より花房数が多かった。しかし，20 および 24 時間処理より花成誘導効果が低く，実用的には‘なつあかり’の花成制御には 20 ないし 24 時間日長が適切だと思われた。また，処理期間が長くなるほど花房数は増加したが，過剰な花成は葉面積を低下させ栄養成長性を弱める（Nicoll・Galletta，1987）。本実験においても，花房数が多い株で側枝に着生した葉が 1 ないし 0 枚であることが散見された。栄養生長と生殖生長の均衡を保

つには適切な葉数が必要だと思われ、花房数が多くなりすぎるほど長く処理するのは営利栽培では不適切である。

実験 2 の処理期間中の自然日長は 14 時間 33 分～13 時間 28 分（図 4-2）であったので、12 時間日長処理は短日処理に該当した。四季成り性の強弱が中程度の‘サマードロップ’‘みやざきなつはるか’、‘サマーフェアリー’は 12 時間日長で対照区より出蕾株率が低下しており、花成抑制が必要な場合にこれらの品種は短日処理が有効だと思われた。四季成り性が強い‘とちひとみ’では、12 時間日長の処理期間が長くなるほど、出蕾花房数が減少する傾向があったが、対照区に比べ差は有意でなかった。短日処理をさらに長期間行うか、日長を 12 時間より短縮すれば‘とちひとみ’の花成抑制も可能かもしれない。

実験 2 においても、処理期間中の気温は中温域～高温域に相当しており（Heide ら, 2013）、供試したイチゴは長日性を示すと予想された。しかし、16 時間日長は自然日長より長いにもかかわらず‘サマードロップ’と‘なつあかり’を除いて 1～4 週間の処理は対照区と比べて花房数が増加しなかった。‘サマードロップ’は最長の 4 週間での増加が見られた。一方‘なつあかり’では 2 週間以上の処理で対照区より花房数が増加した。‘なつあかり’は四季成り性が弱く（Honjo ら, 2011; 森下ら, 2012）、対照区や

12 時間日長区において他品種と比べて花房出蕾が顕著に少なかった。そのため、自然日長条件で 50% 以上出蕾した他品種より長日による花成刺激が強く影響した可能性がある。さらに、西山ら (2015) は 30/25℃における‘なつあかり’の花成の限界日長は 14~15 時間と報告しているが、本実験の環境条件では自然日長と 16 時間の間にあったと推測された。

24 時間日長処理により‘とちひとみ’以外の品種で対照区より花房数が有意に増加した。増加するのに要した処理期間は‘サマードロップ’で 3 週間，‘サマーティアラ’で 2 週間，‘みやぎきなつはるか’‘サマーフェアリー’で 4 週間であった。ただし，‘みやぎきなつはるか’，‘サマーフェアリー’は 3 週間の処理区を設けていなかったため、3 週間でも有効であった可能性がある。

‘なつあかり’は 1 週間で花房数増加に至った。以上の結果から、四季成り性の中程度もしくは弱い品種に対して 24 時間日長は 16 時間日長より花成誘導効果が強かったと示唆された。

最も四季成り性の強い‘とちひとみ’では長日処理による花成誘導の効果は明らかでなかった。対照区の花房数は 4.8 本/株で、供試した品種のうち‘とちひとみ’の次に花房数が多かった‘みやぎきなつはるか’と‘サマーフェアリー’の 2 倍以上であった。さらに、みかけの主茎における花房間の平均葉数が 1.3 枚であった。

これらのことから‘とちひとみ’は自然日長条件で容易に花芽分化し、さらに花房を形成するには限度があつて、長日への反応が他品種に比べ相対的に鈍かつたと思われた。このように長日への反応が敏感に現れにくい品種について、花房数の増加が統計的に有意であることを示すには供試した株数が少なかった可能性も否定できない。

20時間日長処理区を設定した品種において、20時間日長と24時間日長との間に花房数への影響に差が見られなかつた。しかし、高温のように花成誘導がより困難な条件下では、24時間処理の方が20時間より効果が高く現れるかもしれない。

四季成り性の弱い‘なつあかり’において20および24時間日長で、処理期間が長くなるほど花房数が増加した。しかし、Van Delmら(2013)は‘Portola’の加温栽培で50夜の暗期中断を行ったところ、2番目の収穫盛期後の収量の落ち込みが26夜処理に比べて大きくなつたことから、収量低下を避けるには26夜が適切な期間だとしている。本実験で得られたのは着果させなかつた場合の結果であるが、最適な収量を得るために適切な花房数を決定するには、着果負担を考慮しなければならない。

Dennisら(1970)は光強度が花房数に量的影響を与えると報告しており、Stewart・Folta(2010)は光の総量が四季成り性イチ

ゴの花成を決定すると推測した。本実験では、12時間の自然光に加えて暗期に白熱灯を4、8、12時間点灯して日長を16、20、24時間とした。そのため、長日処理区の日長は対照区より長いが、常に自然光の下にあった対照区で受けた光の総エネルギーが比較的高く、相対的に長日の影響が低くなった恐れがある。実用栽培においては、長日処理は自然光で栽培のもと電灯で日長延長することになると想定される。その場合には、16時間日長、あるいは24時間日長で本実験の結果よりも短い処理期間で花房数が増加することも予想される。

本研究で使用した施設の都合上、気温の影響については検討に至らなかったが、高温による四季成り性イチゴの花成抑制は実用上重要な問題である (Heideら, 2013)。第4章では平均気温21.8℃で24時間日長・1週間ですべての品種に花成誘導が可能であったが、より高温条件では、より長い処理期間を要すると思われる。たとえば第3章の実験で、‘なつあかり’は平均気温23.8℃条件では24時間日長・1週間処理は出蕾株率100%に達しなかった。最近、栽培イチゴにおける花成に係わる遺伝子 *TERMINAL FLOWER1* (*TFL1*) の発現が日長より気温に依存するとの研究成果が報告されている (Nakajimaら, 2014, 2015; Nakanoら, 2015)。いずれも一季成り性品種に関する実験であるが、



四季成り性品種でも気温条件で日長反応が異なることから

(Nishiyama ら, 1999; Nishiyama・Kanahama, 2002;  
Sønsteby・Heide, 2007a, b; Bradford ら, 2010; Heide  
ら, 2013), 何らかの関与が予想される。今後の研究の進展を期  
待する。

## 第 5 章 総合考察

我が国のイチゴ生産はプラスチックハウスを利用した促成栽培が中心であり、7～10月に端境となる。しかし、業務用として一定の需要はあり、この時期の果実は高単価が見込まれる。そこで全国的に夏秋どりイチゴが注目されており、一季成り性品種に比べ春夏の自然条件でも花成誘導が容易で経費が少なくてすむ四季成り性イチゴへの期待は大きい（高橋，2006）。しかし、生産安定の課題として四季成り性品種の生理・生態的特性が明らかでないことがあげられている。本研究では、四季成り性イチゴの増殖や花成誘導を効率よく行うための基礎的情報を得ること目的に環境要因の影響について調べた。まず、四季成り性イチゴの増殖性について検討した。供試した‘なつあかり’，‘デコルージュ’では5℃以下の低温遭遇時間が一次ランナー発生に大きく関与した。低温遭遇量が少ない場合には長日でランナー発生がやや促進されたが、多くなるにつれ長日の効果が不明瞭になった。四季成り性イチゴでは長日条件で花成誘導が促進されて側枝茎頂部に花房が形成される結果、着生葉数が制限されて相対的にランナーになる腋芽が減少するためだと考えられた。続いて自然条件で低温遭遇量が不足する場合や早期に低温量を充足させる状況を想定して冷蔵処理（-1.5～-2℃，暗黒条件）を行ったところ、処理期間が90日程度でランナー数は最大に

なり，それより長く冷蔵してもランナー数は増加しなかった．冷蔵中の株の消耗が一因と推測され，それ以上冷蔵を継続せず，一次以降のランナー発生を促すのが適切だと思われた．さらに‘なつあかり’では親株の採苗時期により翌春のランナー発生数が異なり，7月以降の採苗が望ましかった．次に，一季成り性品種並みの食味をもつ‘なつあかり’の特性を活かした作型開発に資するため，一年生苗を用いて定植前長日法による花成誘導を行って秋の収量確保を目標に試験を行った．定植前4週間の長日処理（24時間日長）で，7月上旬採苗であっても単価の高い10月から年内に収穫可能となった．定植時期については，年内に収穫するには8月上旬までに行うのが望ましいと思われた．また，日長と日長処理期間を組み合わせた試験結果から，総明期時間が長いほど花成誘導効果が高いことが示唆された．さらに，四季成り性イチゴはシーズン中の花房数に品種間差があり，四季成り性の強さと見なされているが（森下ら，2012a），日長処理への反応も四季成り性の強さで異なっており，強い品種では長日処理の効果が低く，逆に弱い品種で長日処理の効果が高いことから，中程度～弱い品種での日長処理による花成制御の可能性が示された．

本研究の結果を基に，果実品質がよく収益性が高いと予想される‘なつあかり’について，図 5-1 の栽培体系を想定した．その概要は

1. 親株は前年 7 月以降に採苗し，低温で生長が停止する前 10 月頃までに定植，5℃以下の低温が得られる 10 月下旬～11 月上旬から自然低温にあてる
2. 5℃以下の遭遇時間が 2,000 時間を超える 2 月下旬頃から保温開始
3. 5～7 月上旬までに採苗
4. 20～24 時間日長となるよう白熱灯で電照を定植前に 2 週間行い 8 月上旬までに定植
5. 9 月中旬以降電照

となる．9 月以降の電照は草勢維持の目的で，15～16 時間程度が適当だと思われる（濱野ら，2012；伊藤ら，2013）．

なお，本研究で使用した白熱灯は今後使用が制限されるため，蛍光灯や LED など代替光源への変更を余儀なくされることが予想される．光質により花芽誘導効果は異なる可能性があり（金山，2009；Yanagi ら，2006），効果的な波長が解明されれば，代別光源使用への活路が見いだせる．

イチゴの四季成り性の分子機構に関しては二倍体野生種 *F. vesca* で詳細に研究されている。Iwata ら (2012) は *F. vesca* における *TERMINAL FLOWER 1 (TFL1)* のホモログ *FvTFL1* の 2bp の欠失が連続開花性の原因だと推測しており、また Koskela ら (2012) が *TFL1* での突然変異が花成における日長反応を逆転させたと報告していて、イチゴを含むバラ科では *TFL1* が開花における主要な抑制因子であり、その発現が連続開花性に関与すると推測されている (Kurokura ら, 2013)。しかし、*F. vesca* の四季成り性は単因子劣性で遺伝するとされているが (Brown・Wareing, 1965)、栽培種である八倍体の *F. ×ananassa* の四季成り性は単因子優性遺伝子支配と推定されており (門馬ら, 1990; 森下ら, 2012)。さらに、*F. ×ananassa* の連続開花性に関与する単一の QTL が *F. vesca* での連続開花性の遺伝子座と orthologous ではなかったとの報告もある (Gaston ら, 2013)。従って、*F. vesca* と *F. ×ananassa* とでは四季成り性の遺伝子が異なる可能性があり、野生種で得られた知見をそのまま栽培種に適用できるかは今後のさらなる検討を待たなければならない。

四季成り性品種イチゴは一般に草勢や果実品質が一季成り性品種に比べ劣ることから端境期の業務用中心に利用されてきた。しかし

ながら，一季成り性品種並みの品質や収量性をもつ品種が開発されれば，花芽分化促進に人為的な操作をあまり必要としないため省力的な促成栽培や周年生産も可能だと考えられ，夏秋期以外にも利用できる四季成り性イチゴの品種開発が着手されつつある．日本におけるイチゴの最大産地である栃木県において，四季成り性品種の開発について従来は夏秋どりが中心であったが，現在は促成栽培用の選抜を育種戦略としてきている（植木，2008）．また，最近種子繁殖型品種‘よつぼし’が発表された（森ら，2015）．開発機関が三重県，香川県，千葉県，九州沖縄農業研究センター（福岡県）と促成栽培が主である地域であることから，促成栽培を前提として開発されてきたF<sub>1</sub>品種であるが，花成反応が長日性を示す．その理由は，単因子優性遺伝と推定される四季成り性遺伝子（門馬ら，1990；森下ら，2012b）を片親がホモで持ち（加藤，2008），さらに栽培イチゴは八倍体でありながらも二倍体様の遺伝様式を示すため（Kunihisaら，2005；Honjoら，2013）その後代に現れているからと推測される．従来のランナーで増殖する促成栽培用品種と異なり，種子から始めるため花成誘導に幼若性を考慮する必要がある，また高温時など条件によっては長日処理により花成制御を行うこととしている．寒冷地における夏秋どりや周年栽培にも適用可能と示唆されており，さらに花房が未分化の個体を得られるこ

とから実験材料としても興味深い品種である (Sønsteby・Heide, 2007a)。四季成り性品種の新たな可能性に大いに期待する。

夏秋期におけるイチゴ需要は大半が業務用でほとんどを輸入に依存しているが、品質と価格の折り合いがつけば国内産を要望する業者は多い (澁谷, 2005)。それが最近の円安の影響で輸入価格が値上がりしたため、業務用としての国産へのニーズが高まってきている (日本農業新聞, 2013)。本研究の成果が、四季成り性イチゴの生産安定と拡大、生産者の所得向上に繋がる技術開発の一助となることを望むものである。

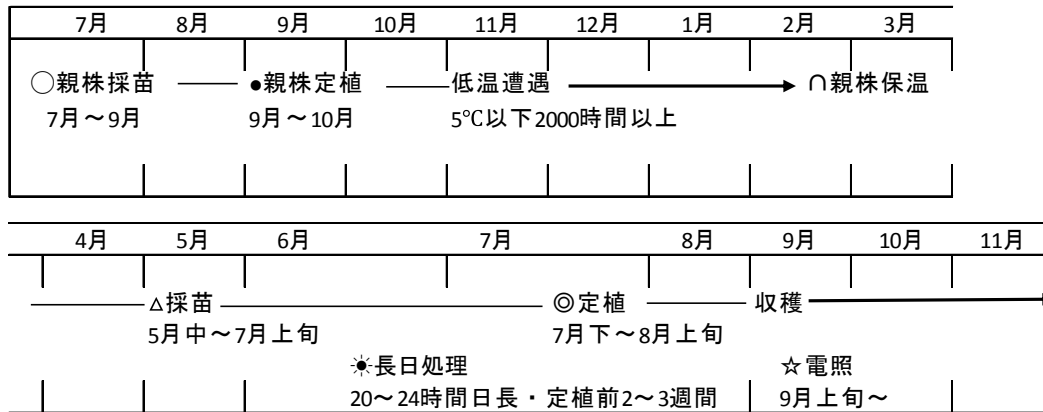


図 5-1 1年生苗を使用した定植前長日処理による‘なつあかり’の秋どり



## 摘要

我が国におけるイチゴの生産はその大部分が関東以西でのプラスチックハウスを利用した促成栽培であり，11～5月が出荷の中心である．そのため夏秋期の7～10月は端境期となっている．この時期であっても，業務用を中心とした一定量の需要はあり，従来不足分はアメリカ合衆国等からの輸入で補われてきた．しかし鮮度，食味などの観点から国産イチゴへの要望は強く，さらに高単価が期待できるため，近年は国内でも夏秋期に冷涼な寒冷地や高冷地中心に生産が広がっている．

夏秋イチゴ生産では春夏の高温・長日条件でも花芽分化が可能な四季成り性品種の利用が主流であるが，その生産安定が課題となっている．四季成り性イチゴの生産が不安定な原因として，促成栽培に利用されている一季成り性品種と比較して営利栽培での利用の歴史が短く，環境要因に対する生理生態反応の理解が不十分なことがあげられる．そこで本研究では，四季成り性イチゴの増殖や花成誘導に及ぼす環境要因の影響について基礎的情報を蓄積し，その特質を活かした作型開発に資することを目的に以下の試験を行った．

1. 四季成り性イチゴ‘なつあかり’，‘デコルージュ’の増殖法の検討

東北農業研究センターで育成した‘なつあかり’，‘デコルージュ’を材料に，ランナー増殖に關与する低温と日長の影響を明らかにし，さらに自然低温の代替となる冷蔵処理の効果を確認した．両品種の一次ランナー発生には5℃以下の低温遭遇時間が大きく關与した．低温遭遇量が少ない場合には長日でランナー発生がやや促進されたが，多くなるにつれ長日の効果が不明瞭になった．四季成り性イチゴでは長日条件で花成誘導が促進されて側枝茎頂部に花房が形成される結果，着生葉数が制限されて相対的にランナーになる葉腋側芽が減少するためだと考えられた．続いて，自然条件で低温遭遇量が不足する場合や，早期に低温量を充足させる状況を想定して，冷蔵処理(−1.5～−2℃，暗黒)によるランナー発生促進について検討した．冷蔵処理期間が90日程度で一次ランナー数は最大になり，それより長く冷蔵してもランナー数は増加しなかった．冷蔵中の株の消耗が一因と推測され，それ以上冷蔵を継続せず，一次以降のランナー発生を促すのが適切だと思われた．さらに‘なつあかり’では親株の採苗時期により翌春のランナー発生数が異なり，7月以降の採苗が望ましいと考えられた．

## 2. 四季成り性イチゴ‘なつあかり’の定植前長日処理法の開発

一季成り性品種並みの食味をもつ‘なつあかり’を供試材料に，その果実特性を活かし，かつ高単価が期待できる秋収穫を目標に，

四季成り性イチゴの花成誘導に効果があるとされる長日処理の有効性を検討した。栽培当年に採苗した一年生苗を用いて、処理が簡便な定植前長日法による花成誘導と、秋の収量確保を目的に試験を行った。定植前の4週間の長日処理で、7月上旬採苗でも単価の高い10月から年内に収穫可能となった。また、日長と処理期間を組み合わせた試験では、長日処理の総明期時間が長いほど花成促進効果が高いことが示唆され、最大日長の24時間日長では2週間の処理で無処理よりも花房数が増加した。さらに、定植期の試験結果から、10月頃から年内までの収穫を期待するには遅くとも8月上旬までに定植を行う必要が示された。

### 3. 日長処理と四季成り性イチゴの花成反応

四季成り性イチゴは夏秋期に花成誘導操作がなくても花芽分化するが、開花が一時的に集中あるいは中断するため収量が不安定であり、開花制御技術の開発が必要とされている。また、四季成り性イチゴの開花連続性（花房数）には品種間差があり、四季成り性の強弱と見なされているが、花成刺激となる長日への反応が異なると推測される。そこで‘なつあかり’を含む開花連続性の異なる四季成り性イチゴ6品種について、夏季における日長処理の日長と処理期間が花成に及ぼす影響を比較した。日長処理への反応は品種で異なっており、花房数が多い四季成り性の強い品種では長日処理の効

果が低く，逆に花房数が少ない四季成り性の弱い品種で長日処理の効果が高いことから，四季成り性が中程度～弱い品種での日長処理による開花制御の可能性が示された．

以上の結果をもとに，四季成り性イチゴ‘なつあかり’を用いた次の新作型を提案した．

- 1．親株は前年7月以降に採苗し，10月頃までに定植，5℃以下の低温が得られる10月下旬～11月上旬から自然低温にあてる
- 2．5℃以下の遭遇時間が2,000時間を超える2月下旬頃から保温開始
- 3．5～7月上旬までに採苗
- 4．20～24時間日長となるよう白熱灯で電照を2週間行い8月上旬までに定植

これにより，市場での単価が1,500～2,500円/kgとなる9～11月に，株あたり100～190g程度，長日処理を行わない場合の1.5倍以上の収量が得られると試算された．

本研究で得られた知見は，今後四季成り性イチゴの安定栽培技術を開発する上で有用な情報だと考えられ，イチゴの国内における周年生産と農家の所得向上に寄与できると期待できる．

## 謝辞

本研究をとりまとめるにあたり，弘前大学農学生命科学部准教授前田智雄博士には終始適切なご指導，ご鞭撻を賜り，また多大なる御校閲の労を執っていただき，感謝申し上げます．また弘前大学農学生命科学部准教授 本多和茂博士ならびに岩手大学農学部准教授加藤一幾博士には深遠なるご助言と温かい激励を賜り，御校閲の労を執っていただき深謝の意を表す．

東北大学大学院農学研究科教授 金濱耕基博士には植物の花成の日長反応に関して懇切丁寧にご教授いただき，折に触れてご示唆と叱咤激励を賜った．ここに深く感謝申し上げます．

本研究は筆者が東北農業研究センターで在職中に実施したもので，遂行にあたって多くの方々のご指導ならびにご協力をいただきました．総合研究部総合研究第3チーム長（現野菜茶業研究所）今田成雄氏には四季成り性イチゴの生理生態解明を研究テーマとして賜り，研究遂行にあたって様々な便宜を図っていただいた．後任の夏秋どりイチゴ研究チーム長（現九州・沖縄農業研究センター）森下昌三博士には育種家としての長年の経験・実績を基に種々のご助言とご高察をいただいた．また，実験を実施するにあたり，畑作

園芸研究領域野菜花きグループの研究職員の方々には多くの有益なご助言，ご助力を賜った．さらに，藤村豪氏を始めとする研究支援センター職員および契約職員の方々，並びに契約職員 岩渕恵子氏，石田三益子氏には研究支援にご尽力いただいた．ここに記して関係各位に深く感謝を示す．

最後に，黒石市のイチゴ農家 故村元清光氏ら意欲的な生産者が‘なつあかり’栽培における花成促進技術として長日処理法を採用してくださったことは本研究のとりまとめを行うにあたり大きな励ましであった．謹んで御礼申し上げる．

本研究の一部は地域農業確立総合研究「寒冷地におけるイチゴ周年供給システムの確立」，交付金プロジェクト「寒冷地における良食味四季成り性品種定着のための夏秋どりイチゴ栽培技術の確立」および岩手大学大学院連合農学研究科「平成25年度連大学生研究プロジェクト経費」により行った．

引用文献

有馬 康． 2005． トータルアグリビジネスとしての夏秋どりイチゴの普及戦略． 園芸学会公開シンポジウム 夏秋どりイチゴ栽培の現状と将来展望 講演要旨集． p 10-11． 園芸学会平成 17 年度秋季大会． 東北大学．

Bradford, E., Hancock, J. F. and Warner, R. M. 2010. Interactions of temperature and photoperiod determine expression on repeat flowering in strawberry. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 135: 102-107.

Brown, T. and Wareing, P. F. 1965. The genetical control of the everbearing habit and three other characters in varieties of *Fragaria vesca*. Euphytica. 14: 97-112.

Darrow, G. M. 1936. Interrelation of temperature and photoperiodism in the production of fruit-buds and runners in the strawberry. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 34: 360-363.

Dennis, F. G., Lipecki, J. and Kiang, C. L. 1970. Effects of photoperiod and other factors upon

flowering and runner development of three strawberry cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95: 750-754.

Downs, R. J. and Piringer, A. A. 1955. Differences in photoperiodic responses of everbearing and June-bearing strawberries. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 66: 234-236.

Durner, E. F., Barden, J. A., Himelrick, D. G. and Poling, E. B. 1984. Photoperiod and temperature effects on flower and runner development in day-neutral, Junebearing, and everbearing strawberries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109: 396-400

Gaston, A., Perrotte, J., Lerceteau-Köhler, E., Rousseau-Gueutin, M., Petit, A., Hernould, M., Rothan, C. and Denoyes, B. *PFRU*, a single dominant locus regulates the balance between sexual and asexual plant reproduction in cultivated strawberry. J. Exp. Bot. 64: 1837-1848.



Guttridge, C. G. 1958. The effects of winter chilling on the subsequent growth and development of the cultivated strawberry plant. J. Hort. Sci. 33: 119-127.

濱野 惠・山崎浩道・今田成雄. 2005. 低温遭遇が四季成り性イチゴ‘なつあかり’‘デコルージュ’の低温遭遇後の出蕾に及ぼす影響. 園学雑. 74 (別1) : 118.

濱野 惠・山崎浩道・矢野孝喜・本城正憲・森下昌三. 2012. 四季成り性イチゴ‘なつあかり’の一年生苗の出蕾と生育に及ぼす日長の影響. 園学研. 11 (別1) : 393.

Heide, O. M. 1977. Photoperiod and temperature interactions in growth and flowering of strawberry. Physiol. Plant. 40: 21-26.

Heide, O. M., Stavang, J. A. and Sønsteby, A. 2013. Physiology and genetics of flowering in cultivates and wild strawberries - a review. J. Hort. Sci. Biotech. 88:1-18.

Honjo, M., Kataoka, S., Yui, S., Morishita, M., Yano, T., Hamano, M. and Yamazaki, H. 2011. Varietal differences and selection indicators

for flowering pattern in everbearing  
strawberry. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 80: 38-44.

Honjo, M., Yui, S. and Kuhihisa, M. 2013.

Observation of disomic inheritance of four  
allelic pairs in the octoploid cultivated  
strawberry. HortScience 48: 948-954.

今田成雄. 2004. 寒冷地におけるイチゴの夏秋どり作型の開発.  
農耕と園芸. 59: 44-47.

伊藤篤史・庭田英子・岩瀬利己. 2013. いちご「なつあかり」に  
における増収のための長日処理方法. 平成25年度 東北  
農業研究成果情報.

<http://www.naro.affrc.go.jp/org/tarc/seika/jyouthou/H25/yasaikaki/H25yasaikaki001>

Iwata, H., Gaston, A., Remay, A. Thouroude, T.,  
Jeauffre, J., Kawamura, K., Oyant, L. H-S.,  
Araki, T., Denoyes, B. and Foucher, F. 2012.  
The *TFL1* homologue *KSN* is a regulator of  
continuous flowering in rose and strawberry.  
Plant J. 69: 116-125

金山喜則． 2009． 園芸作物の生理． p. 71-94． 金浜耕基編． 園芸学． 文永堂出版． 東京．

加藤伊知郎． 2008． 四季成り性イチゴの自殖系統による交雑実生苗の花芽分化に及ぼす日長処理の影響． 園学研． 7（別1）：176

川村泰史・川下輝一・河野充憲． 1990． 四季成り性イチゴの秋冬どり栽培に関する研究．（第1報）鉢受時期と育苗環境． 徳島農試研報． 27：29-38

高野 浩・常松定信． 1990． 四季成りイチゴの作型に関する研究． 第1報． 一年生苗の出蕾・収量に及ぼす電照処理の影響． 園学雑． 59（別1）：438-439．

Koskela, E. A., Mouhu, K., Albani, M. C., Kuroura, T., Rantanen, M., Sargent, D. J., Battey, N. H., Coupland, G., Elomaa, P. and Hytönen, T. 2012. Mutation in *TERMINAL FLOWER1* reverses the photoperiodic requirement for flowering in the wild strawberry *Fragaria vesca*. *Plant Physiol.* 159: 1043-1054.

Kunihisa, M., Fukino, N. and Matsumoto, S. 2005. CAPS markers improved by cluster-specific

amplification for identification of octoploid  
strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.)  
cultivars, and their disomic inheritance. Theor.  
Appl. Genet. 110: 1410-1418.

Kurokura, T., Mimida, N., Battery, N.H. and Hytönen,  
T., 2013. The regulation of seasonal flowering  
in the Rosaceae. J. Exp. Botany. doi:  
10.1093/jxb/ert233.

李 炳駟・高橋和彦・杉山直儀. 1968. イチゴの休眠に関する研  
究. 第1報. 保温開始期がイチゴの発育に及ぼす影響の品  
種間差異. 園学雑. 37: 129-134.

李 炳駟・高橋和彦・杉山直儀. 1970. イチゴの休眠に関する研  
究. 第2報. 保温開始期と日長がダナーの生長, 開花, 結  
実に及ぼす影響. 園学雑. 39: 232-238.

Lieten, F., Kinet, JM. And Georges, B. 1995. Effect of  
prolonged cold storage on the production  
capacity of strawberry plants. Sci. Hort. 60:  
213-219.

Lieten, P. 2006. Chilling unit model for greenhouse production of strawberry cv. 'Elsanta'. Acta Hort. 708: 381-387.

門馬信二・興津伸二・高田勝也. 1985. 四季成り性イチゴとその品種特性. 農及園. 60: 443-449.

門馬信二・興津伸二・高田勝也. 1990. イチゴの四季成り性の遺伝. 野菜・茶業試験場研究報告 C. 1: 21-29.

森 利樹・小堀純奈・北村八祥・井口 工・加藤伊知郎・曾根一純・石川正美・前田ふみ・深見正信・磯部祥子・佐藤修正. 2015. 共同育種によるイチゴ種子繁殖型品種‘よつぼし’の開発. 園学研. 14: 409-419.

森下昌三・本城正憲・濱野 恵・山崎浩道・矢野孝喜. 2012a. 四季成り性イチゴ品種の連続開花性と第1花房着生節位との関係. 園学研. 11: 147-152.

森下昌三・本城正憲・濱野 恵・山崎浩道・矢野孝喜. 2012b. 24時間日長下における栽培イチゴの四季成り性の遺伝解析. 園学研. 11: 301-307.

Morishita, M. 2014. The status of strawberry breeding and cultivation in Japan. Acta Hort. 1049: 125-131.

森下昌三． 2014． イチゴの基礎知識 生態と栽培技術． 誠文堂新光社． 東京．

Nakajima, R., Otagaki, S., Yamada, K., Shiratake, K. and Matsumoto, S. 2014. Molecular cloning and expression analyses of *FaFT*, *FaTFL*, and *FaAPI* genes in cultivated strawberry: their correlation to flower bud formation. *Biol. Plant.* 58: 641-648.

Nakajima, R., Otagaki, S., Shiratake, K. and Matsumoto, S. 2015. Energy-saving seedling production system for super-forcing cultivation of June-bearing commercial strawberry. *HortScience* 50: 685-687.

Nakano, Y., Higuchi, Y., Yoshida, Y. and Hisamatsu, T. 2015. Environmental responses of the *FT/TFL1* gene family and their involvement in flower induction in *Fragaria × ananassa*. *J. Plant Physiol.* 177: 60-66.

Nicoll, M. F. and Galletta, G. J. 1987. Variation in growth and flowering habits of Junebearing and

everbearing strawberries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112: 872-880.

日本農業新聞. 2013. 夏秋イチゴ国産追い風 目指せ増産.  
2013年7月28日 12-13.

西山 学・大川 亘・金浜耕基. 1999. 四季成り性イチゴ‘サマーベリー’の一年生苗における花房発生に及ぼす温度と日長の影響. 園学雑. 68: 192-194.

Nishiyama, M., Ohkawa, W. and Kanahama, K. 1999. Interaction between temperature and photoperiod on inflorescence development on everbearing strawberry ‘Summerberry’ plant. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 68:192-194.

Nishiyama, M. and Kanahama, K. 2002. Effects of temperature and photoperiod on flower bud initiation of day-neutral and everbearing strawberries. Acta Hort. 567:253-255.

Nishiyama, M., Ohkawa, W. and Kanahama, K. 2003. Effect of photoperiod on the development of inflorescences in everbearing strawberry

‘Summerberry’ plants grown at high  
temperature. Tohoku J. Agri. Res. 53: 43-52.  
Nishiyama, M., Ohkawa, W. and Kanahama, K. 2008.  
Critical photoperiod for flower bud initiation  
in five everbearing strawberry cultivars.  
Tohoku J. Agri. Res. 59: 17-26.

農林水産省大臣官房統計部.

<http://www.maff.go.jp/j/tokei/index>.

農畜産業振興機構. ベジ探. <http://vegetan.alic.go.jp/>

沖村 誠・五十嵐 勇. 1995. イチゴのカリフォルニア品種群の  
生育・開花に及ぼす低温遭遇前歴の影響. 東北農業研究.  
48: 241-242.

沖村 誠・岡本 潔・本城正憲・由比 進・松永 啓・石井孝典・  
五十嵐 勇・藤野雅丈・片岡 園・川頭洋一. 2011. 四  
季成り性イチゴ新品種‘なつあかり’, ‘デコルージュ’  
の育成とその特性. 園学研. 10: 121-126.

奥谷晃弘・西本登志・泰松恒男. 1996. イチゴ四季成性品種‘サ  
マーベリー’の夏植栽培における収量と長日・遮光および  
施肥との関係. 奈良農試研報. 27: 45-52.



Piringer, A. A. and Scott, D. H. 1964. Interrelation of photoperiod, chilling, and flower-cluster and runner production by strawberries. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 84: 295-301.

齊藤 隆. 1991. イチゴ. p. 135-164. 蔬菜園芸の事典. 朝倉書店. 東京.

Serçe, S. and Hancock, J. F. 2003. Assessment of day-neutrality scoring methods in strawberry families grown in greenhouse and field environments. Turk. J. Agric. For. 27: 191-198.

施山紀男. 2010. 日本のイチゴ 生理生態特性と作型・栽培技術. 養賢堂. 東京.

澁谷美紀. 2005. 洋菓子店における夏秋どりイチゴの販売に向けた課題 東京都の洋菓子店における仕入れ行動の特徴を踏まえて. 東北農業総合研究 (A) . 23 : 23-34.

Silverthorne, J. 2004. テイツザイガー植物生理学第3版. (西谷和彦・島崎研一郎監訳) p. 381-408. 培風館. 東京.

Simpson, D. W. and Sharp, D. S. 1988. The inheritance of fruit yield and stolon production

in everbearing strawberries. *Euphytica* 38: 65-74.

Smeets, L. 1980. Effect of temperature and daylength on flower initiation and runner formation in two everbearing strawberry cultivars. *Sci. Hort.* 12: 19-26.

Smeets, L. 1982. Effect of chilling on runner formation and flower initiation in the everbearing strawberry. *Sci. Hort.* 17: 43-48.

Sønsteby, A. and Heide, O. M. 2006. Dormancy relations and flowering of the strawberry cultivars Korona and Elsanta as influenced by photoperiod and temperature. *Sci. Hort.* 110: 57-67.

Sønsteby, A. and Heide, O. M. 2007a. Quantitative long-day flowering response in the perpetual-flowering F<sub>1</sub> strawberry cultivar Elan. *J. Hort. Sci. Biotech.* 82: 266-274.

Sønsteby, A. and Heide, O. M. 2007b. Long-day control of flowering in everbearing

strawberries. J. Hort. Sci. Biotech. 82: 875-884.

Stewart, P. J. and Folta, K. M. 2010. A review of photoperiodic flowering research in strawberry (*Fragaria* spp.). Critical Reviews in Plant Science. 29: 1-13.

Strik, B. C. 1985. Flower bud initiation in strawberry cultivars. Fruit Varieties J. 39: 5-9.

Tafazoli, E. and Shaybany, B. 1978. Influence of nitrogen, deblossoming, and growth regulator treatments on growth, flowering, and runner production of the 'Gem' everbearing strawberry. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103: 372-374.

泰松恒男・吉田直司・西本登志. イチゴの四季成り性品種の花芽分化と開花の習性について. 1991. 奈良農試研報. 22: 35-42.

泰松恒夫. 2009. 四季成りイチゴの現状と課題. 農耕と園芸. 64(5) : 18-23.

高橋春實． 2006． 北日本における四季成り性イチゴ育種の現状と  
展望． 園学研． 5：213-217．

高橋和彦． 1972． 生育のステージと生理， 生態． p. 54-142． 農  
業技術体系． 野菜編 3 イチゴ． 農文協． 東京．

植木正明． 2008． 栃木県におけるイチゴの育種戦略． 施設と園芸  
143：4-7．

植松徳雄． 1998． イチゴ栽培の理論と実際． 誠文堂新光社． 東  
京．

Van Delm, T., Mels, P., Stoffeks, K. and Baets, W.  
(2013). Pre-harvest night-interruption on  
everbearing cultivars in out-of-soil strawberry  
cultivation in Belgium. *Int. J. Fruit Sci.* 13:  
217-226.

Yamasaki, A. 2013. Recent progress of strawberry  
year-round production technology in Japan.  
*JARQ.* 47: 37-42.

Yamasaki, A., Yano, T. and Sasaki, H. 2003. Out-of-  
season production of strawberry: effects of a  
short-day treatment in summer. *Acta Hort.* 626:  
277-282.

Yanagi, T., Yachi, T., Okuda, N. and Okamoto, K.

2006. Light quality of continuous illuminating  
at night to induce floral initiation of *Fragaria*  
*chiloensis* L. CHI-24-1. Sci. Hort. 109: 309-  
314.