

宮城県での促成栽培イチゴにおけるクラウン温度制御技術の現地実証

壇 和弘・菅野 亘^{1)*}・中原俊二²⁾・後藤直子¹⁾・岩崎泰永³⁾・高野岩雄⁴⁾・沖村 誠
日高功太・高山智光・今村 仁

(2014年8月8日 受理)

要 旨

壇 和弘・菅野 亘・中原俊二・後藤直子・岩崎泰永・高野岩雄・沖村 誠・日高功太・高山智光・今村 仁 (2015) 宮城県での促成栽培イチゴにおけるクラウン温度制御技術の現地実証。九州沖縄農研報告 **64**: 1 - 11.

宮城県亶理郡山元町での促成作型のイチゴ‘もういっこ’の高設栽培に、クラウン部の温度を20℃前後に維持するクラウン温度制御技術を導入し、生育および収量に及ぼす影響について調査した。クラウン温度制御により、高温期に冷却すると、頂果房と第1次腋果房の果房間葉数は少なくなり、第1次腋果房の出蕾は早まった。また、低温期に加温すると、草勢が維持されるとともに生育は促進され、第2次腋果房の出蕾も早まった。総商品果収量は、クラウン温度制御により、9～15%増加した。以上の結果から、クラウン温度制御は、宮城県での促成栽培イチゴの生育促進および増収に有効であることが実証された。

キーワード：イチゴ, クラウン温度制御, 宮城県, ‘もういっこ’, 促成栽培。

I. 緒 言

わが国のイチゴ生産では、宮城県以南の温暖地・暖地における促成栽培が主体であり、全生産量の90%以上を占めている(YAMASAKI, 2013)。しかし、促成栽培では、近年の気候温暖化の影響もあり、秋季や春季の高温により花芽分化が遅延したり、品質が低下することがある。特に、高単価の年内収量を確保するため、短日夜冷や暗黒低温などの花芽分化促進処理を行い、早期に定植すると、頂果房の収穫終了から第1次腋果房の収穫開始までの期間が長くなり、収穫の中休みとして問題となっている。さらに、原油価格が高騰しているため、施設園芸分野でも暖房費や農業用資材の価格上昇によって生産コストが大幅に増加し、経営が逼迫している。このような状況を踏まえ、九州沖縄農業研究センターでは、栽培期間を通してイチゴのクラウン部の温度を20℃前後に制御する、クラウン温度制御技術を開発し、主に北部九州地域で実証試験を行ってきた(沖村, 2009)。実証試験では、高温期における花芽分化遅延の防止や果実品質の向

上、低温期における生育促進や暖房コストの削減効果を確認した(沖村, 2009)。また、宮城県では、主に夏秋どりイチゴ栽培を対象にしたクラウン温度制御実証技術マニュアルを作成している(栗原地域農業研究・普及協議会, 2011)。

宮城県亶理郡亶理町および山元町は、宮城県の促成栽培イチゴの主要な産地であったが、2011年に発生した東日本大震災により壊滅的な被害を受けた。震災前の2009年産では宮城県におけるイチゴの作付面積は181 ha、収穫量は6,590 tであった(農林水産省, 2011)が、震災後の2012年産では作付面積は77 ha、収穫量は2,060 tと大きく減少した(農林水産省, 2014)。現在、東日本大震災農業生産対策交付金や復興交付金などを活用することで、イチゴ産地としての再生を目指し、栽培施設の再建は進んでいるものの、まだ、作付面積、収穫量ともに震災前の半分以下の水準である。

一方、被災地の農業生産者が利用できる高度で先進的な生産システムを現地で実証し、体系的な技術確立を進めるための、農林水産省による「食料生産地域再生のた

九州沖縄農業研究センター園芸研究領域：839-8503 福岡県久留米市御井町 1823-1

1) 現、農林水産省先端プロ専任研究員

2) 現、九州沖縄農業研究センター研究支援センター

3) 現、野菜茶業研究所

4) 現、宮城県農業・園芸総合研究所

* Corresponding author

めの先端技術展開事業（先端プロ）大規模施設園芸研究」が実施されている。震災以前には豊富な地下水を使ったウォーターカーテンの利用により無加温でイチゴを栽培していたが、震災の影響により塩分を含んだ地下水となったためウォーターカーテンの利用ができなくなった。このような状況を踏まえ、プロジェクト研究の中で、被災地におけるイチゴの生産性を向上させる技術として、クラウン温度制御技術を宮城県亶理郡山元町のイチゴ栽培施設に導入した。本研究では、山元町の促成栽培イチゴの生育促進および増収に対するクラウン温度制御技術の効果について調査し、その有効性を実証した。

本研究は、農林水産省「食料生産地域再生のための先端技術展開事業（先端プロ）大規模施設園芸研究」により実施した。栽培管理を行っていただいた（株）GRAの皆様にご感謝の意を表します。

II. 材料および方法

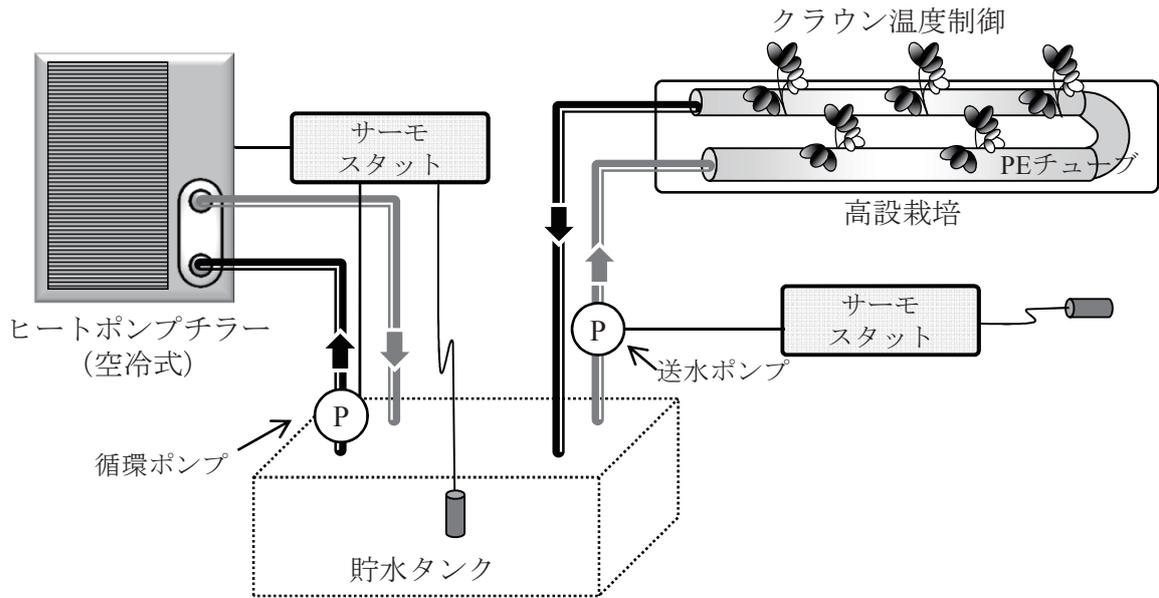
震災後に、宮城県亶理郡山元町に建設されたフッ素樹脂フィルムを展張した鉄骨ハウス（間口90 m、奥行き80 m、軒高4.5 m、面積72 a；先端プロ大規模施設園芸実証研究施設）で育苗および栽培試験を行った。宮城県育成の一季成り性品種「もういっこ」（鹿野ら、2006）のランナーの子株を2013年7月上旬に採苗し、市販の育苗培地（パームバイド鹿沼土タイプ、丸三産業（株））を詰めたイチゴ育苗トレイ（縦50 cm、横35.8 cm、高さ10 cm、根域容量175 ml/穴；すくすくトレイ24穴、丸三産業（株））に挿し苗した。育苗は、イチゴ育苗区画（間口18 m、奥行き44 m、面積7.9 a）で行った。挿し苗後10日間、活着を促すため、遮光率50%の寒冷紗を展張した遮光下で日中1時間毎にスプリンクラーによる散水を行った。活着を確認した10日後から、市販の液肥（N 41.6、P 28.8 および K 58.4 mg/l；TFいちごミックスA、TFミックスB、トヨハシ種苗（株））を1回/日灌水をかねてトレイ底部の穴から排水されるまで株元に十分量施用した。

2013年8月30日から9月17日まで、毎日17:00から翌9:00まで12℃、暗黒条件の冷蔵庫に一部の苗を搬入し、頂果房の花芽分化を促進するための短日夜冷処理を行った（以下、短日夜冷株）。栽培試験は、イチゴ栽培区画（間口54 m、奥行き44 m、面積23.8 a）で行った。栽培には、ヤシガラ培地（約3 l/株；コブブロック、

カネコ種苗（株））を詰めた高設栽培の発泡スチロール製栽培槽（幅20 cm、高さ15 cm、長さ40.5 m；ココベリーファーム、カネコ種苗（株））を用いた。短日夜冷株は、9月17日に頂果房の分化が確認されたが、作業人員の制約から9月20日に、花芽分化促進処理を行わない普通ポット苗（以下、普通ポット株）は、頂果房の分化を確認した後の9月24日にそれぞれ株間18 cmの2条千鳥植えて定植した（約8,000株/10 a）。市販の液肥（ファームエース1号、2号、5号、カネコ種苗（株））を用いた灌水同時施肥により養水分管理を行い、生育に応じて施用濃度および施用量を調整（活着後からEC 0.6 dS/m、NO₃-N 43.8、NH₄-N 6.3、P 24.0 および K 79.8 mg/lで200 ml/株/日、頂果房開花期からEC 0.7 dS/mで200 ml/株/日、収穫開始期からEC 0.8 dS/mで160 ml/株/日、3月以降はEC 0.6 dS/mで350 ml/株/日）した。

午前中の最高気温25℃、午後の最高気温20℃を目安として、天窓および側窓を開閉することで施設内気温を調節した。施設内気温が8℃以下になると、温風暖房機が稼働するように設定した。また、11月10日から2月28日まで、生育に応じて1～3時間/日の電照（23 W（白熱電球60 W相当）、5.5灯/a；スーパーアグリ蛍光ランプ、日本オペレーター（株））を行った。

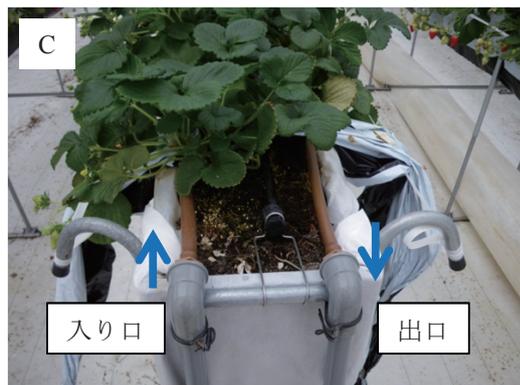
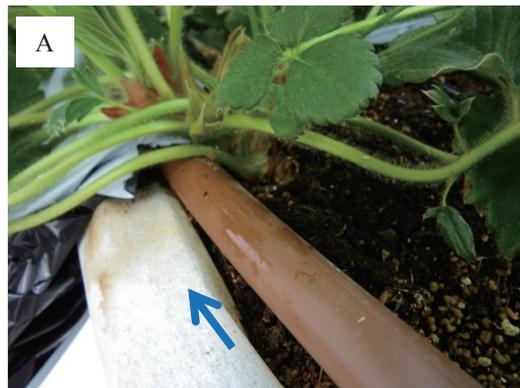
クラウン部の温度制御を行うために、冷温水の熱源として空冷式のヒートポンプチャラー（10馬力；UWYP250A、（株）ダイキンアプライドシステムズ）を用いた。循環ポンプ（0.25 kW；ラインポンプ32LPD 5.25A、（株）荏原製作所）を接続し、冷温水を貯える貯水タンク（1,000 l；スーパーローリータンク、スイコー（株））と冷温水を循環供給する送水ポンプ（0.4 kW；ラインポンプPE2-405-0.4T、（株）川本製作所）、ならびにクラウン部の温度制御用のポリエチレン（PE）チューブ（外径16 mm；ネタフイムジャパン（株））から構成される装置を作製した（第1図）。PEチューブは、高設栽培槽に2条植えした片側の列の株のクラウン部に接触させ（写真1A）、高設栽培槽の末端で折り返して（写真1B）反対側の列の株のクラウン部に接触させた。PEチューブに冷温水を流し、クラウン部の温度を制御した。通水入り口部分から出口部分（写真1C）までのPEチューブの長さは、高設栽培槽（40.5 m）のおよそ2倍の約81 mであった。ヒートポンプチャラーの冷却および加温を手動で切り替え、定植から10月22日まで冷却、11月1日から3月1日ま



第1図 クラウン温度制御装置の概要

写真1 クラウン温度制御用 PE チューブの設置

- 注：A：クラウン部への PE チューブの接触
 B：高設栽培槽末端での PE チューブの折り返し，中央の黒いチューブは灌水用
 C：PE チューブの冷温水入り口および出口



で加温, 3月1日以降冷却とした。冷却および加温時ともに, PE チューブの表面温度はクラウン温度制御の最適温度とされる 20℃ 前後 (沖村, 2009) に維持することを目標とした。冷却時には, 貯水タンクの水温を 18℃ に設定し, 施設内気温が 20℃ 以上になると, 送水ポンプを作動させて PE チューブに貯水タンクの冷却水を流した。加温時には, 貯水タンクの水温を 23℃ に設定し, 施設内気温が 18℃ 以下になると, 送水ポンプを作動させて PE チューブに貯水タンクの加温水を流した。

短日夜冷株および普通ポット株ともに, 実証圃の中にクラウン温度制御を行った実証区とクラウン温度制御を行わない対照区を設けた。2013 年 10 月 3 日, 11 月 5 日, 12 月 3 日, 2014 年 1 月 8 日, 2 月 5 日, 2 月 26 日, 3 月 27 日および 4 月 23 日に, 草高, 葉柄長, 葉身長および葉幅を調査した。頂果房の花数および第 1 次腋果房の出蕾率を 12 月 3 日に, 頂果房と第 1 次腋果房の果房間葉数を 1 月 8 日に調査した。第 2 次腋果房の出蕾率を 2 月 5 日に, 第 1 次腋果房と第 2 次腋果房の果房間葉数を 2 月 26 日に調査した。各葉の出葉日を記録し, 出葉に要した日数 (以下, 葉間期) を求めた。各区 12 株, 4 反復で, 以上の調査を行った。完全に着色した果実を適宜収穫し, 重量を測定して 7 g 以上の正常果を商品果とした。各区 30 株まとめて収穫調査を行い, 株当たりの月別商品果取量に換算した。

2013 年 10 月 3 日以降の PE チューブの表面温度および貯水タンクの水温を温度データロガー (RTR-502, (株) ティアンドデイ) で, ヒートポンプチラーおよび送水ポンプの使用電力量を電力量データロガー (RVR-52, (株) ティアンドデイ) で 10 分おきに測定し, 記録した。また, 施設内気温と外気温を同様の方法で測定・記録した。

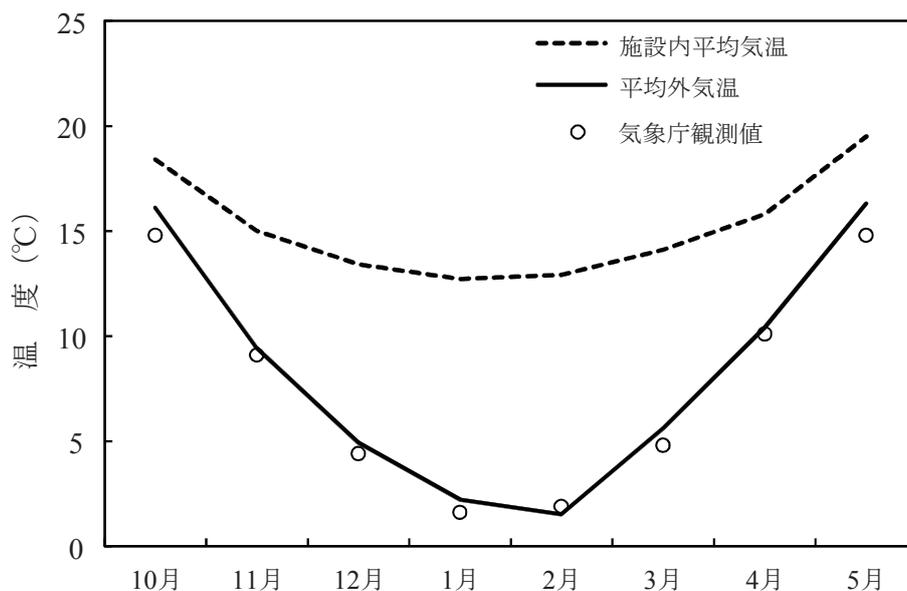
Ⅲ. 結 果

1. 試験期間中の気温の推移

施設内の月別平均気温は 19.5℃ から 12.7℃ で推移した (第 2 図)。一方, 施設外の月別平均気温は 16.3℃ から 1.5℃ で推移した。外気温と過去 30 年間の月別平均気温との間にはほとんど差が見られなかった。

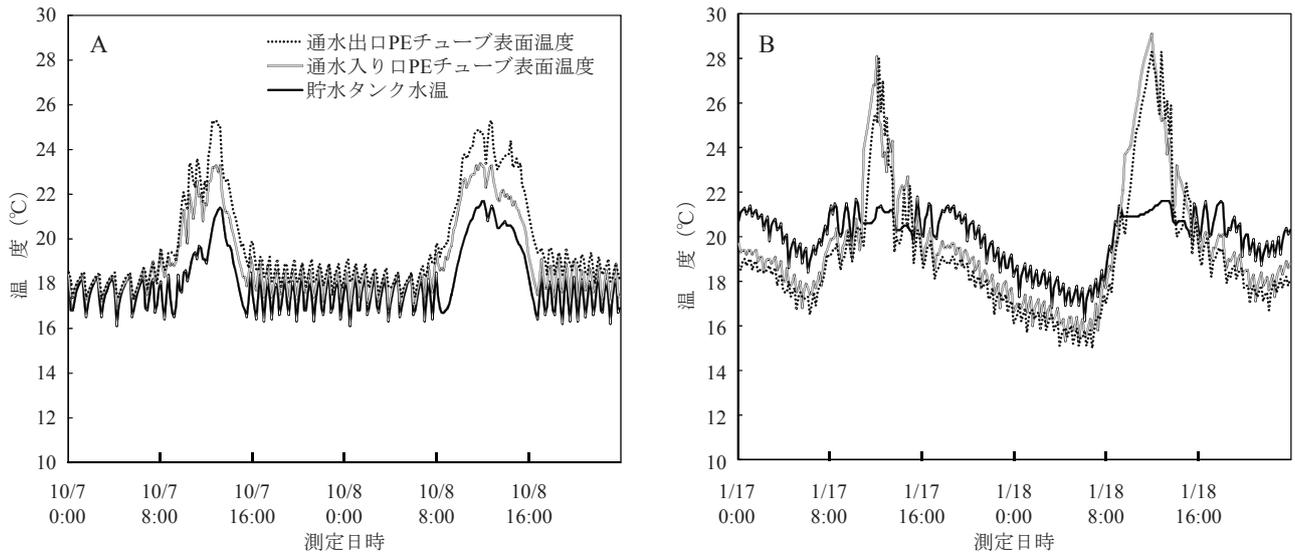
2. クラウン温度制御装置による水温の制御と使用電力量

クラウン温度制御時の貯水タンクの水温, ならびに通水入り口および出口の PE チューブの表面温度の日変化を第 3 図に示した。冷却に設定した 10 月 7 日 (A) の 16:00 頃から翌日 10:00 頃まで, 貯水タンクの水温は 16.3 ~ 18.4℃ (平均 17.4℃) で推移し, 設定温度の 18℃ にはほぼ維持された。通水入り口および出口の PE チューブの表面温度は, それぞれ 17.1 ~ 19.1 (平均 18.1) および 17.4 ~ 19.9℃ (平均 18.6℃) で推移した。しかし,

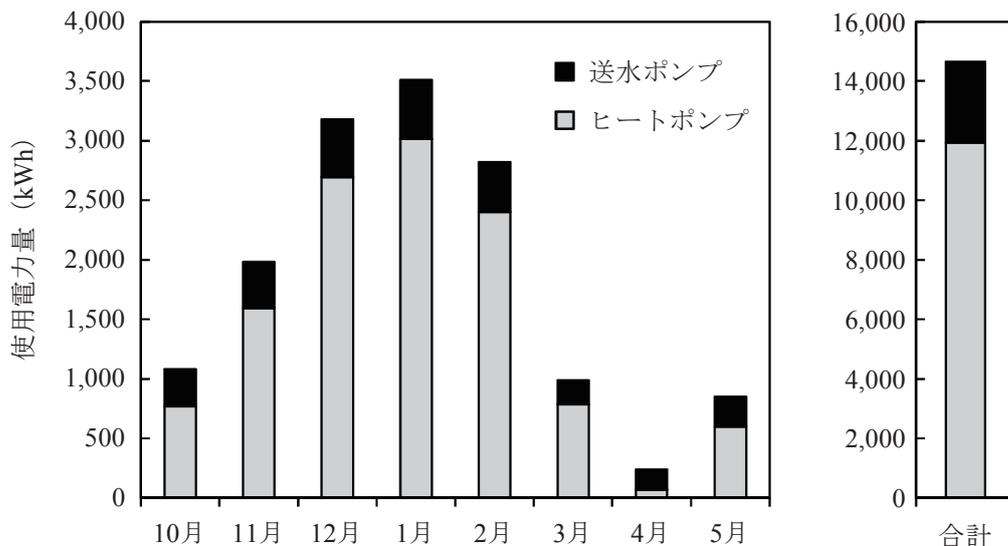


第2図 2013～2014年の月別の平均気温

注: 気象庁観測値: 亶理郡亶理町での過去30年間 (1981～2010年) の月別平均気温



第3図 クラウン温度制御時の貯水タンクの水温およびPEチューブの表面温度の日変化
 注：A：冷却設定（10月7日～10月8日）、B：加温設定（1月17日～1月18日）



第4図 クラウン温度制御に使用したヒートポンプおよび送水ポンプの使用電力量
 注：10月3日に電力量データロガーを設置した。

10：00頃から16：00頃まで、貯水タンクの水温は設定の18℃よりも高い温度で推移した。通水入り口および出口のPEチューブの表面温度は、貯水タンクの水温よりそれぞれ約2.5および約3.5℃高く推移し、平均でそれぞれ22.2および23.7℃となり、目標とした20℃よりやや高かった。加温に設定した1月17日(B)の10：00頃から15：00頃まで、貯水タンクの水温は約21℃であり、通水入り口および出口のPEチューブの表面温度は平均でそれぞれ24.2および24.0℃、最高温度はどちらも約28.5℃であった。その後、貯水タンクの水温は、翌日の7：00頃まで低下した後、上昇に転じ、10：00頃には設定温

度に近づいた。この間の平均水温は19.2℃であった。通水入り口および出口のPEチューブの表面温度は、貯水タンクの水温よりそれぞれ約1.3および約1.8℃低く推移し、平均すると、それぞれ18.1および17.6℃であった。

栽培区画23.8 aに定植したイチゴのクラウン温度制御に用いたヒートポンプチャラーおよび送水ポンプの使用電力量を第4図に示した。ヒートポンプチャラーの使用電力量は、4月を除いて、送水ポンプより2～6倍多かった。ヒートポンプチャラーおよび送水ポンプの使用電力量の合計が最も多かったのは1月で3,511 kWh、最も少なかったのは4月で239 kWhであった。電力量データロガーを

設置した2013年10月3日から2014年5月31日までの8ヶ月間の使用電力量の合計は14,651 kWhであり、そのうちヒートポンプチャラーの使用電力量が81%を占めた。

3. イチゴの生育および収量

短日夜冷株および普通ポット株の対照区と実証区のイチゴ‘もういっこ’の草高、葉柄長、葉身長および葉幅の推移を第1表に示した。短日夜冷株の実証区では、11月5日から3月27日の草高は、対照区と比べて有意に高く、葉柄長も有意に長かった。また、1月8日から3月27日の葉身長は実証区で長く、12月3日から3月27日の葉幅も実証区で大きかった。一方、4月23日になると、対照区の草高は、実証区よりも有意に高く、葉柄長および葉身長は長かった。葉幅も対照区で大きかった。普通ポット株では、12月3日までの草高、葉柄長、葉身長および葉幅に処理区間の有意な差は認められなかった。しかし、1月8日から3月27日の草高は、対照区より実証区で有意に高く、葉柄長および葉身長も実証区で長かった。また、2月5日から3月27日の葉幅も、実証区で有意に大きかった。

短日夜冷株および普通ポット株の対照区と実証区でのイチゴ‘もういっこ’の葉間期の推移を第2表に示した。短日夜冷株の実証区での葉間期は、対照区と比較して1および2月では有意に短かったが、3および4月では有意に長かった。普通ポット株の実証区での1および2月の葉間期は、対照区より有意に短かった。3月の葉間期に処理区間の有意な差はみられなかったが、4月の葉間期は対照区で短かった。

頂果房の花数、頂果房から第1次腋果房と第1次腋果房から第2次腋果房の果房間葉数、ならびにそれぞれ12月3日および2月5日に調査した第1次および第2次腋果房の出蕾率を第3表に示した。短日夜冷株および普通ポット株ともに、頂果房の花数に処理区間の差はみられなかった。頂果房から第1次腋果房の果房間葉数は、短日夜冷株および普通ポット株ともに、対照区より実証区で有意に少なく、12月3日に調査した第1次腋果房の出蕾率は実証区で高かった。短日夜冷株および普通ポット株ともに、第1次腋果房から第2次腋果房の果房間葉数に処理区間の差はみられなかったが、2月5日に調査した第2次腋果房の出蕾率は実証区で高かった。なお、生育および出蕾について試験区内の大きな個体間差はみられなかった。

12月の収穫開始時から5月31日までの月別商品果収量を第5図に示した。短日夜冷株では、対照区および実証区の12月の商品果収量はそれぞれ2および10 g/株であった。一方、普通ポット株の12月の商品果収量は、対照区および実証区でそれぞれ16および2 g/株であり、対照区が多かったが、1月の商品果収量は対照区および実証区でそれぞれ136および158 g/株であり、実証区が多かった。4および5月の商品果収量は、短日夜冷株の対照区で185 g/株、実証区で264 g/株であり、普通ポット株の対照区で238 g/株、実証区で334 g/株であった。収穫開始時から5月31日までの総商品果収量は、短日夜冷株では対照区で637 g/株 (5.1 t/10 a)、実証区で731 g/株 (5.8 t/10 a)、普通ポット株では対照区で738 g/株 (5.9 t/10 a)、実証区で804 g/株 (6.4 t/10 a) であり、短日夜冷株および普通ポット株

第1表 イチゴ‘もういっこ’の草高、葉柄長、葉身長および葉幅の推移

処理区		短日夜冷株								普通ポット株							
		調査日 (月/日)								調査日 (月/日)							
		10/3	11/5	12/3	1/8	2/5	2/26	3/27	4/23	10/3	11/5	12/3	1/8	2/5	2/26	3/27	4/23
草高 (cm)	対照	17.5	18.3	21.6	21.6	20.3	18.5	21.4	29.3	19.1	18.5	22.4	21.8	19.9	17.6	20.2	27.7
	実証	16.5	20.0	24.5	24.8	23.5	22.1	23.3	26.3	19.2	18.5	23.2	24.1	22.4	21.4	23.4	27.2
	有意差	ns	***	***	***	***	***	**	***	ns	ns	ns	***	***	***	***	ns
葉柄長 (cm)	対照	16.8	13.7	14.4	14.4	13.5	12.6	14.7	20.3	17.5	13.7	15.2	14.8	14.0	12.5	14.0	18.5
	実証	15.5	14.3	17.3	16.9	16.4	15.7	16.3	18.4	16.9	13.3	14.9	16.4	15.7	14.7	15.6	17.5
	有意差	ns	*	***	***	***	***	**	**	ns	ns	ns	***	***	***	**	ns
葉身長 (cm)	対照	7.7	11.7	9.7	7.7	6.8	6.1	6.7	9.3	7.6	11.6	9.5	7.9	7.1	6.4	6.8	8.6
	実証	7.9	11.7	10.0	8.7	7.5	7.4	7.5	8.3	7.7	11.4	9.7	8.4	7.7	7.3	7.5	8.6
	有意差	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	**	***	***	***	ns
葉幅 (cm)	対照	5.8	9.1	7.8	6.6	5.8	5.3	5.7	8.0	5.8	9.2	7.7	6.6	6.0	5.4	5.7	7.5
	実証	5.8	9.1	8.0	7.3	6.5	6.2	6.2	6.8	6.0	8.9	7.8	7.0	6.6	6.2	6.2	7.4
	有意差	ns	ns	*	***	***	***	**	***	ns	ns	ns	ns	***	***	*	ns

注:1) 各区12株4反復で調査を行った。

2) ***, **および*はt検定により0.1, 1および5%水準で有意な差があり、nsは有意な差がないことを示す。

第2表 イチゴ‘もういっこ’の葉間期の推移

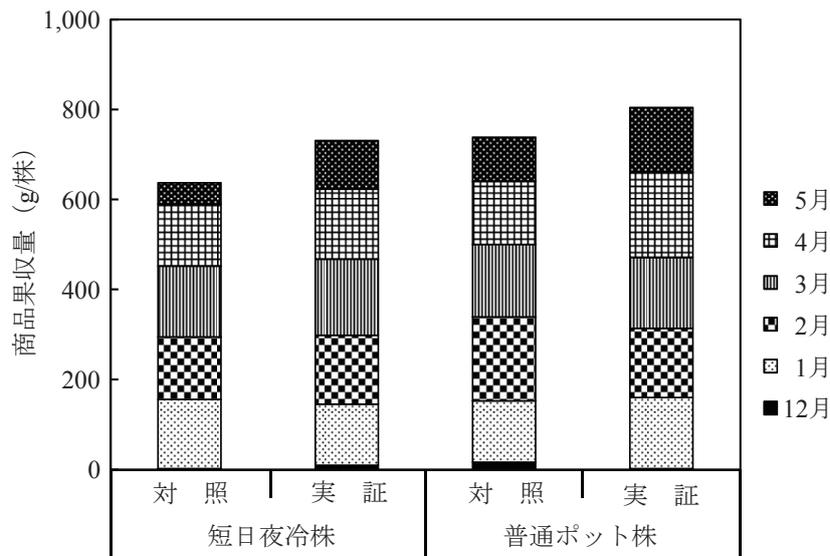
処理区	対照 実証 有意差	葉間期 (日/葉)					
		11月	12月	1月	2月	3月	4月
短日夜冷株	対照	10.4	13.9	17.6	20.1	11.8	11.1
	実証	9.2	13.3	14.8	17.0	13.6	12.8
	有意差	ns	ns	*	*	**	**
普通ポット株	対照	9.8	14.4	17.1	19.9	12.4	11.4
	実証	10.6	13.0	14.6	17.3	13.0	12.2
	有意差	ns	ns	*	*	ns	*

注：1) 各区12株4反復で調査を行った。
 2) **および*はt検定により1および5%水準で有意な差があり，nsは有意な差がないことを示す。

第3表 イチゴ‘もういっこ’の頂果房の花数，頂果房から第1次腋果房と第1次腋果房から第2次腋果房の果房間葉数，ならびにそれぞれ12月3日および2月5日の第1次および第2次腋果房の出蕾率

処理区	頂果房 花数	果房間葉数 (枚)		出蕾率 (%)		
		頂果房～第1次腋果房	第1次腋果房～第2次腋果房	第1次腋果房	第2次腋果房	
短日夜冷株	対照	10.8	4.0	3.5	3.8	67.3
	実証	10.9	3.7	3.3	55.8	94.1
	有意差	ns	*	ns	**	**
普通ポット株	対照	9.6	3.6	3.3	20.4	72.6
	実証	10.2	3.2	3.2	72.2	94.2
	有意差	ns	***	ns	**	**

注：1) 各区12株4反復で調査を行った。
 2) 第1次腋果房の出蕾率は12月3日に，第2次腋果房の出蕾率は2月5日に調査した。
 3) 果房間葉数の***および*はt検定により0.1および5%水準で有意な差があり，nsは有意な差がないことを示す。
 4) 出蕾率の**は χ^2 検定により1%水準で有意な差があることを示す。



第5図 イチゴ‘もういっこ’の月別商品果収量

注：1) 完全に着色した果実を適宜収穫し，重量を測定して7g以上の正常果を商品果とした。
 2) 各区30株まとめて収穫調査を行い，株当たりの月別商品果収量に換算した。

の実証区で対照区よりそれぞれ15および9%多かった。

IV. 考 察

促成栽培に用いられる一季成り性のイチゴ品種では、一定の低温と短日条件下で主茎頂部に花芽が分化し、頂果房として発達する。主茎頂部に花芽が分化すると、主茎の腋芽が1次側枝として発達を開始し、数枚の葉が分化した後、その頂部に第1次腋果房となる花芽が分化する(望月, 2001)。同様に、第1次腋果房を分化した1次側枝の腋芽が2次側枝として発達し、その頂部に花芽が分化する。このように、次々と腋芽から側枝が発達し、その頂部に花芽が形成されることで、長期間にわたる収穫が可能となる。

イチゴの促成栽培では、頂果房が分化した後に定植されるが、定植後に高温に遭遇すると、第1次腋果房の分化が遅延し、頂果房の収穫終了から第1次腋果房の収穫開始までの期間が長くなる、収穫の中休みが産地で大きな問題となっている。定植後に25~40日間、遮光率60%程度の遮光処理を行い、イチゴの植物体温を低下させると、第1次腋果房の分化が促進されるが、その反面、頂果房の花数や年内収量が減少するなどの悪影響もある(北島・佐藤, 2008)。本研究では、クラウン温度制御により頂果房から第1次腋果房の果房間葉数が少なくなり、第1次腋果房の出蕾が早められたが、遮光処理のように頂果房の花数が減少することはなかった。高温期の夏秋どり栽培の試験において、クラウン部に接触させたチューブに冷水を流すことでチューブの表面温度を20℃前後に制御したところ、クラウン部の温度は22℃前後で推移し、一方、無処理区のクラウン部温度は、ハウス内気温とほぼ同じ程度で推移したと報告されている(沖村ら, 2009)。このことから、本研究でもクラウン部の温度はチューブの表面温度とほぼ同程度の温度に制御されていたと考えられた。

また、イチゴの高設栽培では、栽培槽が地面から隔離されており、培地量が少ないことから、低温期に培地温が低下しやすいため、生育が抑制され、収量が低下することがある(伏原, 2004)。夜温を高く管理すると、生育が促進され、葉の展開は速くなる(鮫島ら, 1999)が、暖房機の稼働開始温度別の重油消費量を温室暖房燃料消費試算ツール(高市, 2012)により試算すると、8℃設定に比較して9℃では120%、10℃では142%となり、暖

房機の稼働設定温度を高くすることにより多くの暖房経費を要する。特に、近年、暖房用の重油価格が上昇しており、生産コスト削減のため、暖房機の稼働設定温度をできるだけ低く設定することが望ましい。本研究では、冬季に暖房機の稼働開始温度を8℃に設定し、クラウン温度制御による加温を行った。その結果、'もういっこ'の低温期の葉は大きく、草勢が維持されるとともに、1および2月の出葉は早められ、生育は明らかに促進された。また、第1次腋果房から第2次腋果房の果房間葉数に処理区間の差は認められなかったが、クラウン部の加温により1および2月の出葉が促進されたため、第2次腋果房の出蕾は早められ、2月5日に調査した実証区での第2次腋果房の出蕾率は高かった。佐藤・北島(2010)は、低温期に電熱線を用いてクラウン部を18℃以上になるよう加温したところ、'とよのが'の出葉は有意に早くなったが、'あまおう'での出葉は促進されなかったことから、クラウン部加温による効果には品種間差があると報告している。本研究の実証区では、明らかに草勢が維持されるとともに、生育が促進されたことから、'もういっこ'は、元来、立性で草勢の強いイチゴ品種である(鹿野ら, 2006)が、クラウン部加温の効果が現れやすい品種であると考えられた。本研究では、暖房機の稼働開始温度を8℃に設定したが、今後、クラウン温度制御を行った'もういっこ'の生育および収量と暖房機の稼働開始温度との関係を明らかにすることで、暖房機の稼働開始温度を低く設定できれば、暖房経費が削減されると思われる。

本研究では、23.8 aの栽培区画でクラウン温度制御を行うため、10馬力のヒートポンプチャラーを冷温水の熱源として用いて冷却および加温時には貯水タンクの水温をそれぞれ18および23℃に設定し、施設内気温が20℃以上および18℃以下になると、PEチューブに冷温水が流れるように送水ポンプを作動させた。定植後の9月下旬から10月中旬においては、夕方から翌朝にかけての貯水タンクの水温は設定温度にほぼ制御できた。また、通水入り口と出口部分のPEチューブの表面温度の差は、日中約1.5℃、夜間約0.7℃と小さかったが、日中の貯水タンクの水を21~22℃までしか冷却できず、PEチューブの表面温度は貯水タンクの水温よりもさらに2.5~3.5℃程度高かった。厳寒期の1月中下旬には、10:00頃から15:00頃の貯水タンクの水温は約21℃であったが、15:00頃から翌日10:00頃までのPEチューブの表面温度は18℃程度であり、最適なクラウンの制御温度とされる

20℃程度（沖村，2009）よりも低かった。しかし，本研究では，クラウン温度制御による生育および出蕾促進，ならびに増収の効果が認められた。なお，通水入り口と出口部分のPEチューブの表面温度の差は小さく，生育および出蕾における試験区内の個体間差は観察されなかった。

北部九州においてクラウン温度制御を行うための最大熱負荷は，冷却時17 kW / 10 a，加温時14 kW / 10 a程度であり，冷却および加温の熱源としてヒートポンプチラーを用いる場合，約5～6馬力 / 10 a（2.8 kWで1馬力に相当）の能力が必要と考えられている（佐賀県上場営農センター，2013）。そのため，本研究での栽培区画の面積23.8 aでクラウン温度制御を行うには，北部九州であれば12～14馬力程度の能力が必要となる。北部九州と東北地方では冷却および加温時の最大熱負荷は異なると予想されるが，本研究で使用した10馬力のヒートポンプチラーでは精密なクラウン温度制御を行うには能力がやや不足していたと推測された。

2006年に福岡県広川町の現地実証試験で使用した，汎用型の冷却チラーに電熱ヒーターを組み込んだ冷温水器では，9月から5月までの電力量料金は約300,000円 / 10 aであった（壇，2008）。一方，本研究で使用したヒートポンプチラーと送水ポンプの使用電力量の合計が14,651 kWhであり，1 kWh当たりの電力量料金を15.5円（2013年10月から2014年5月までの東北電力における電力量料金の平均）として計算すると，約96,000円 / 10 aとなり，福岡県広川町の現地実証試験での冷温水器の電力量料金の1 / 3以下であった。福岡県広川町の現地実証試験では，冷温水を24時間チューブに通水させ，低温期の加温に用いた電熱ヒーターの消費電力量も大きかった。本研究では，冷却および加温時に施設内気温がそれぞれ20℃以上および18℃以下で送水ポンプを作動させる設定としたため，送水ポンプが作動していない時間帯があったこと，ならびに電熱ヒーターを用いずにヒートポンプチラーで加温したことで，電力量料金が低く抑えられたと考えられる。

本研究では，宮城県亶理郡山元町の23.8 aの栽培区画で，冷温水の熱源として10馬力のヒートポンプチラーを用いてイチゴ‘もういっこ’のクラウン温度制御を行うと，精密な温度制御は行えなかったものの，第1次および第2次腋果房の出蕾が早まるとともに，低温期の草勢が維持され，5月までの商品果の総収量は9～15%増加した。

これまでの研究では，クラウン温度制御により3月末までの収量に関しては15～20%向上することが認められている（壇，2010）。しかし，本研究での3月までの収量は，クラウン温度制御により短日夜冷株では3.3%増加したが，普通ポット株では5.8%減少した。クラウン温度制御を行ったにも関わらず3月までの収量が増加しなかったのは，冷却による第1次腋果房の分化促進効果が低かったことによると推察される。クラウン部を冷却していた10月の平均外気温は，久留米（18.4℃，気象庁観測値）より2.3℃低かった。これらのことから，クラウン部冷却の効果には気温が影響する，すなわち地域差があると考えられ，今後詳細な検討が必要である。また，一般的に短日夜冷処理を行うと早期収量は増加するが，本研究での2月までの収量は5～13%低下した。本来短日夜冷処理を行い，頂果房の花芽分化を確認後直ちに定植するが，本研究では作業人員の制約から定植が遅れ，このことが短日夜冷株で早期収量が低かったことの一因と考えられた。

以上のことから，クラウン温度制御技術は，宮城県における促成作型のイチゴにおいて，生産性を向上させる栽培技術であることが実証された。本技術が，被災地域のイチゴ栽培に導入され，園芸生産の一日も早い復興の一助になることを期待する。

引用文献

- 1) 壇和弘（2008）イチゴ＝クラウン部の温度管理による花芽分化促進と生育制御. 最新農業技術 野菜vol.1.p.313 - 319. 農山漁村文化協会，東京.
- 2) 壇和弘（2010）周年生産をめざすイチゴの最先端技術. イチゴのクラウン温度制御技術. 農耕と園芸 **65**（12）：40 - 43.
- 3) 伏原肇（2004）第3章高設栽培の栽培環境と施設・資材の検討 3 暖房の効果と暖房機の要否. イチゴの高設栽培 栽培のポイントと安定化の課題.p.49 - 55. 農山漁村文化協会，東京.
- 4) 鹿野弘・高野岩雄・関根崇行・大沼康・庄子孝一・本多信寛（2006）イチゴ‘もういっこ’の育成経過と特性. 宮城農園研報告 **76**：41 - 51.
- 5) 北島伸之・佐藤公洋（2008）イチゴ‘あまおう’の早期作型における定植後の遮光処理による第1

- 次腋花房の花芽分化促進. 福岡農総試研報**27** : 53 - 57.
- 6) 栗原地域農業研究・普及協議会 (2011) イチゴのクラウン温度制御実証技術マニュアル.<http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/res_center/strawberrymanual.html>.
- 7) 望月龍也 (2001) 第3章その他果菜類 第1節イチゴ. 新編野菜園芸ハンドブック (西 貞夫監修). p.613 - 618. 養賢堂, 東京.
- 8) 農林水産省 (2011) 第85次農林水産省統計表. 144p. 農林水産省大臣官房統計部, 東京.
- 9) 農林水産省 (2014) 第88次農林水産省統計表. 186p. 農林水産省大臣官房統計部, 東京.
- 10) 沖村誠 (2009) イチゴ安定生産のためのクラウン温度制御技術. 農業技術**64** : 425 - 430.
- 11) 沖村誠・壇和弘・曾根一純・北谷恵美・木村貴志・日高功太・高山智光 (2009) クラウン部冷却および長日処理が夏秋どり四季成り性イチゴの開花・収量・果実品質に及ぼす影響. 園学研**8** (別2) : 467.
- 12) 佐賀県上場営農センター (2013) 低コスト局所環境制御技術を駆使した所得1,500万円のイチゴ経営マニュアル. 7p.<http://www.pref.saga.lg.jp/web/shigoto/_1075/_32933/ns-nousisetu/uwabaeinou/manual/ichigo.html>.
- 13) 鮫島國親・加藤善啓・志茂正人 (1999) 促成イチゴの生育・収量・品質に及ぼす夜気温並びに電照の影響. 鹿児島農試研報**27** : 1 - 5.
- 14) 佐藤公洋・北島伸之 (2010) 高設栽培におけるクラウン部局部加温の温度がイチゴの生育および収量に及ぼす影響. 福岡農総試研報**29** : 27 - 32.
- 15) 高市益行 (2012) 暖房燃料消費量の試算-「温室暖房燃料消費試算ツール」を使った各種対策の省エネ効果の確認-. 平成24年度普及指導員等研修 (農政課題解決研修)「温室の周年利用に向けた省エネルギー・高度環境制御技術」. p. 1 - 12.
- 16) YAMASAKI, A. (2013) Recent progress of strawberry year-round production technology in Japan. JARQ **47** : 37 - 42.

Experiment on the Crown-temperature Control Technique in Forcing Culture of Strawberries in Miyagi

Kazuhiro Dan, Wataru Sugeno¹⁾*, Shunji Nakahara²⁾, Naoko Goto¹⁾
Yasunaga Iwasaki³⁾, Iwao Takano⁴⁾, Makoto Okimura, Kota Hidaka
Tomohiko Takayama and Hitoshi Imamura

Summary

We investigated the effect of the crown-temperature control technique of maintaining the temperature of the crown at around 20 °C on growth and yield of forcing culture of strawberry cv. Mouikko with an elevated bench in Yamamoto-cho, Watari-gun, Miyagi, northern Japan. The number of leaves between terminal inflorescence and inflorescence at apex of the first axillary branch in plants treated with crown cooling was less than that in untreated ones in hot seasons. Furthermore, the rate of flower budding of the first axillary branches in plants treated with crown cooling was higher than that in untreated ones. The growth of the strawberry plants was obviously promoted, and plant vigor was maintained by crown heating in the winter season. In addition, the rate of flower budding of second axillary branches in plants treated with crown heating exceeded that in untreated ones. The marketable yield from plants with crown-temperature control treatment exceeded that without treatment. These results suggested that crown-temperature control effectively improved growth and yield of strawberries in forcing culture in Miyagi.

Key words : crown-temperature control, forcing culture, Miyagi, Mouikko, strawberry.

Horticulture Research Division, NARO Kyushu Okinawa Agricultural Research Center, 1823-1 Miimachi, Kurume, Fukuoka 839-8503, Japan.

- 1) Project researcher of Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries
 - 2) Research Support Center, NARO Kyushu Okinawa Agricultural Research Center
 - 3) NARO Institute of Vegetable and Tea Science
 - 4) Miyagi Prefectural Institute of Agriculture and Horticulture
- * Corresponding author

