

遊休体育館における温泉排湯および沢水の熱利用による周年栽培システムの構築

誌名	農業食料工学会誌 = Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery and Food Engineers
ISSN	2188224X
著者名	大橋,慎太郎 中野,和弘 貴田,勇真 小橋,阜平
発行元	農業食料工学会
巻/号	79巻3号
巻号補足	
掲載ページ	p. 248-253
発行年月	2017年5月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



遊休体育館における温泉排湯および沢水の熱利用による 周年栽培システムの構築*

大橋慎太郎^{*1†}・中野和弘^{*2}・貴田勇真^{*3}・小橋阜平^{*3}

要 旨

中山間地域における農業生産活動の活性化を目指し、6次産業化への展開を視野に入れた地域資源利活用による施設栽培システムを構築し、その導入効果を評価した。

本研究では、遊休体育館内に設置されたハウスを園芸施設として利用し、サツマイモ栽培を行った。サツマイモの栽培環境創出にはヒートポンプを導入し、沢水および温泉排湯をそれぞれ冷房および暖房の熱源として利用した。さらに、サツマイモの増収および塊根肥大促進のために、温泉排湯の熱利用による地中加温装置を組み込んだ多段栽培システムを構築した。その結果、温泉排湯熱の効率的な利用方法について考察し、沢水および温泉排湯の熱資源を有効利用した本システムによる増収効果について確認した。

〔キーワード〕 地域資源、地域活性化、ヒートポンプ、サツマイモ、地中加温

Development of Year-round Cultivation System Utilizing Hot Spring Drain Water and Mountain Stream Water as a Heat Source in Idle Facilities*

Shintaroh OHASHI^{*1†}, Kazuhiro NAKANO^{*2}, Yuma KIDA^{*3}, Kouhei KOBASHI^{*3}

Abstract

In order to revitalize agricultural production activities in an inter-mountainous area, we built a cultivation facility utilizing regional resources with a view to developing 'sixth industrialization', and evaluated the effectiveness of the system.

For this research, idle facilities were used as horticultural facilities to cultivate sweet potatoes. Heat pumps were introduced to the cultivation environment with hot spring drain water and mountain stream water used as a heat source. In addition, a multi-stage cultivation system incorporating a subsurface heating device, also utilizing hot spring drain water heat, was constructed to promote tuberous root enlargement and increase yield. In conclusion, we examined how to efficiently utilize hot spring drain water as a heat source and confirmed the effectiveness of a system based on the use of regional resources on increasing yield.

〔Keywords〕 regional resource, regional activation, heat pump, sweet potato, subsurface heating

I 緒 言

近年の高齢化・少子化問題は、各地域の経済活動を衰退させている。特に中山間地域では基幹産業となってい

る農業生産活動の衰退を招き深刻な問題となっている。農林水産省では、「雇用と所得を確保し、若者や子供も集落に定住できる社会を構築するため、農林漁業生産と加工・販売の一体化や、地域資源を活用した新たな産業の

* 2015年9月 農業環境工学関連5学会2015年合同大会(岩手大学)にて一部講演

*1 会員, 新潟大学農学部(〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐2の町8050 TEL 025-262-6658)
Faculty of Agriculture, Niigata University, 2-8050 Ikarashi, Nishi-ku, Niigata 950-2181, Japan

*2 会員, 新潟大学大学院自然科学研究科(〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐2の町8050 TEL 025-262-6648)
Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 2-8050 Ikarashi, Nishi-ku, Niigata 950-2181, Japan

*3 新潟大学農学部(〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐2の町8050 TEL 025-262-6658)
Faculty of Agriculture, Niigata University, 2-8050 Ikarashi, Nishi-ku, Niigata 950-2181, Japan

† Corresponding author: sohashi@agr.niigata-u.ac.jp

創出を促進するなど、農林漁業の6次産業化を推進」している。また、過疎化や少子化に伴い小中学校の廃校が進み、校舎や体育館などが遊休施設となり地域の財産・資源として、その有効な利活用が望まれている。そこで、中山間地域における農業生産活動の活性化を目指し、周年にわたり生産活動支援となる施設栽培方法を検討する。すなわち本研究は、温泉排湯と沢水の利用による地域資源活用型施設栽培システムを遊休体育館内に構築し、サツマイモ栽培を例として導入効果について評価するものである。

II 実験方法

1. 対象地および栽培作物

本研究の対象地は、新潟県東蒲原郡阿賀町中山間地域に属し、過疎地域自立促進特別措置法第2条第1項に該当する過疎地域である。同地域は国立公園や県立自然公園をはじめとする自然景観と8つの温泉郷など、観光資源が豊かな地域である。本研究は温泉郷の一つである鹿瀬温泉の温泉施設からの排湯と沢水を地域資源として、さらに同温泉施設に隣接する遊休施設となっている体育館を作物栽培施設として利活用する。作物栽培は体育館内に設置した簡易ハウス（ $W \times D \times H = 4.5\text{m} \times 5.4\text{m} \times 2.8\text{m}$ ：以下、ハウスとする。）で行い、比較のために体育館内、ハウス外においても栽培実験を行った。

栽培実験に選択した作物は、6次産業化を視野に、また観光産業との連携を考慮し、高糖度品種である安納紅とした。

2. 多段栽培装置

遊休施設の利活用にあたり、限られた面積の中で最大限の収量を得るために、栽培プランター（矢崎化工株式会社、PSK-6000 A、 $W \times D \times H = 1235\text{mm} \times 336\text{mm} \times 265\text{mm}$ ：以下、栽培ベッドとする。）の階層化による多段栽培装置を作製した。培土には、市販の園芸培養土ともみ殻を3：2の容積比で混合したものを用い、株間30cmで各栽培ベッド3本の苗を定植した。定植後活着までは毎日十分な灌水を行い、その後は土壌表面の乾燥状況から適宜灌水を行った。多段栽培装置の各段に2本の直管型植物育成LED蛍光灯（CIVILIGHT, DP3RB120）を栽培面より300mmの高さに設置（光合成光子束密度（PPFD）：平均 $100\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 、測定値）し、1日13時間（6：00～19：00）照射した。

本研究における栽培システムの概要を図1に示す。多段栽培装置は、幅1500mm、奥行400mm、高さ1700mmであり、園芸用直管パイプにて作製した。同装置は栽培ベッドを3段設置可能であり、各段の設置高さは地表面からそれぞれ570mm、1130mm、1695mmである。

3. 地域資源を利用した環境制御システム

(1) ヒートポンプによるハウス内温度制御

ハウス内温度制御のため、水熱源式ヒートポンプ（ゼネラルヒートポンプ工業、ZQ-03W03-R-A：以下、HPと

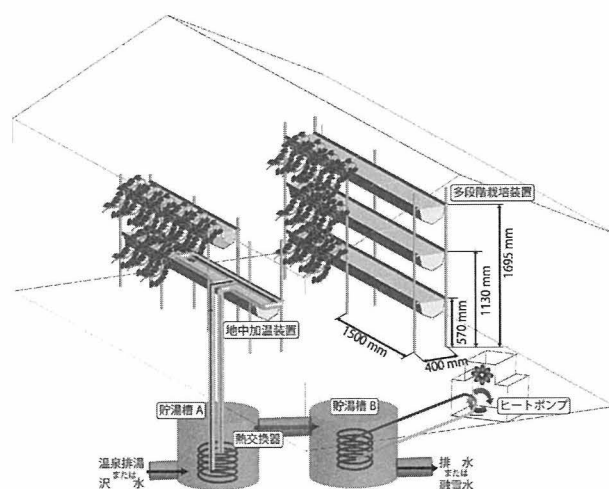


図1 地域資源活用型栽培ハウスの概要

Fig. 1 Outline of cultivation system utilizing regional resources

する。)を設置し、24時間制御した。冷房時の熱源は沢水、暖房時の熱源は温泉排湯を用いた。

(2) 地中加温装置

栽培ベッドに加温のための放熱管（SUS216L、熱伝導率 $16.3\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ 、 $\phi 16.8\text{mm}$ ）を地表面から10cm深、20cm深においてプランター内部両側面に沿って埋設した。

(3) 熱源水のカスケード利用

地域資源である沢水および温泉排湯の熱エネルギーを栽培環境制御熱源として利用するために、貯湯槽2基（貯湯槽A、同B）を設置した。各貯湯槽内に熱交換器を設置し、温泉施設からの沢水または排湯を貯湯槽A（スイコー株式会社、SLT-200、容量200L）に導水した。貯湯槽Aの熱源によって熱交換された循環水は、循環ポンプにて栽培ベッドに埋設された放熱管へ送られ地中加温（暖房時のみ）に利用される。また貯湯槽Aからオーバーフローした熱源水を貯湯槽B（スイコー株式会社、SLT-2000、容量2000L）に導水し、地中加温同様、熱交換された循環水がHPの熱源として再利用される。貯湯槽Bからオーバーフローした熱源水は、降雪時において融雪用に散水される。なお、温泉排湯は、温泉施設より自然流下で、沢水は汲上ポンプにより $25\text{L}/\text{min}$ でそれぞれ導水した。上記のように沢水および温泉排湯の熱エネルギーをカスケード利用するシステムとした。

(4) 環境データ測定

環境データの測定項目は、ハウス内温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）、各栽培ベッド地中温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）、各貯湯槽排湯温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）および出入口温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）、地中加温用放熱管出入口温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）および循環流量（ L/min ）、排湯槽への供給流量（ L/min ）とし、熱電対（CHINO, T-type, $\phi 0.32\text{mm}$ ）によって温度、電磁式流量（KEYENCE, FD-M50AY）によって流量を測定した。各測定データはインターバル1minで、デー

表 1 各栽培区における栽培期間

Table 1 Cultivation period in each growing area

栽培期 区分	第 1 期				第 2 期		
	対象区 (体育館内)	実験区 (ハウス内)			対象区 (体育館内)	実験区 (ハウス内)	
						地中加温有区	地中加温無区
定植日	7/14	7/14	7/14	7/14	9/12	9/12	9/12
収穫日	11/18	11/18	12/17	1/5	1/5	1/5	1/5
栽培日数 (d)	127	127	156	175	115	115	115

タロガー (GRAPHTEC, GL-820L) に収集した。

(5) 栽培環境制御

HP によるハウス内温度制御は、全栽培期間 (7 月 14 日～翌 1 月 5 日) のうち、10 月 14 日まで冷房運転を行い、それ以降は暖房運転に切り替えた。冷暖房切り替えと同時に、貯湯槽への沢水と温泉排湯の導水を切り替えた。冷房運転時のハウス内設定温度を 27℃、暖房運転時の同温度を 22℃として制御した。また地中加温において、汎用型温度スイッチ (株式会社鷺宮製作所, ALS-C1050L2) を栽培ベッド地中 (10 cm 深) に埋設し (設定停止温度: 25℃, 入切温度差 2.5℃), 制御を行った。

(6) 栽培条件

栽培実験区は体育館ハウス内の多段栽培装置 (2 階層), 対象区は体育館内 (温度制御なし) ハウス外の同装置 (3 階層) とした。栽培実験は異なる 2 つの定植時期とし、栽培期間の違いによる収穫量への影響を評価した。各実験における定植日、栽培日数、収穫日を表 1 に示す。なお、ハウス内に設置した多段栽培装置では、地中加温の有無による実験区 (地中加温有区, 同無区) を設定し、地中加温による効果を比較した。

III 結果及び考察

1. 温泉排湯供給量および貯湯槽内温度変化

温泉排湯流量および貯湯槽内温度の経時変化 (12 月 26 日～12 月 30 日) を図 2 に示す。当該温泉施設は年中無休にて運営されており、毎日 20 時に浴槽の清掃のため浴槽の止水栓を開放し、清掃終了後、浴槽に湯張りされる。その後温泉汲上ポンプは翌日清掃時まで稼働し続ける。すなわち、清掃直後のから、浴槽が満水となりオーバーフローするまでの間は貯湯槽に熱源供給はない。このため、栽培環境制御の熱源となる温泉排湯の貯湯槽への供給量は、20 時頃に排湯流量が減少し、0 時前後に再び上昇している。また、12 月 29 日、30 日では平均排湯流量の減少がみられる。当日の営業状況を調査したところ年末のため大幅な利用者数の減少が確認された。これらのことから温泉排湯を熱源として利用する上で、運営体系や利用者状況に影響されることを考慮する必要性が明らかとなった。

貯湯槽 A および貯湯槽 B 内温度の経時変化 (図 2) において、温泉排湯温度は供給停止となる 20 時以降に大きく低下している。貯湯槽内温度は、ヒートポンプおよ

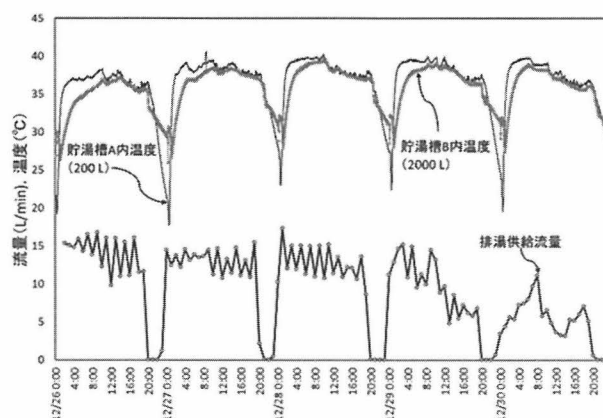


図 2 温泉排湯流量および貯湯槽内温度の経時変化 (12 月 26 日～12 月 30 日)

Fig. 2 Changes over time in hot-spring discharge flow rate and temperature of hot water tank

び地中加温の熱源として利用され続けることで温度低下した。また貯湯槽は屋外に設置されているため、外気への放熱による熱損失も大きいと考える。貯湯槽 A は、発砲プラスチック系断熱材にて断熱・保温されているが、栽培期間中最低温度 17.6℃ (外気温 1.6℃) まで低下した。一方貯湯槽 B では、同 24.2℃ (外気温 -0.8℃) であった。この貯湯槽内最低温度の違いは貯湯槽容量差による熱容量の違いであると考えられる。排湯供給のない時間帯の熱源確保対策において、断熱・保温の必要と共に、HP の必要熱量および熱損失量を考慮した貯湯槽容量の決定が、設備費軽減のためにも重要であることがわかる。

2. 栽培ベッドの地中加温効果

温水循環による栽培ベッドの地温経時変化 (12 月 26 日～12 月 30 日) を図 3 に示す。対象区における 10 cm 深の平均地温は 20.8℃であったのに対し、地中加温区と同平均地温は 24.3℃となり、本システムによって地温を平均 3.5℃上昇させた。また各深度における栽培ベッドの地温をみると、0 cm 深、20 cm 深の平均地温はそれぞれ、22.9℃、24.9℃であった。栽培ベッド底部が高い地温となる傾向が見られた。地表面はほぼハウス内温度と同様の温度となったが、10 cm 深、20 cm 深の地温では地中加温効果が確認された。

同図背景に斜線にて記されている区間は、地中に埋設された汎用型温度スイッチで設定温度 (25℃) 以下と

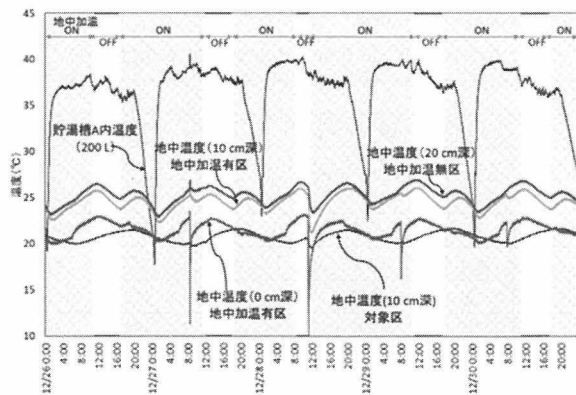


図 3 各深度における地中温度の経時変化 (12月26日～12月30日)

Fig. 3 Changes over time in underground temperature at each depth

なっている時間帯、すなわち温水循環が行われ地中加温されている時間帯を示している。地温が25℃を上回ると温水循環が停止されるが、地中深度によっては25℃を上回る箇所があった。また、18時前後において地中加温が開始され、22時頃まで温度上昇したが、その後地温の低下がみられた。これは、20時以降の貯湯槽への排湯供給停止中に、貯湯槽Aの熱源温度が25℃以下まで低下した状態で循環ポンプを稼働させ続けたためであり、制御の改善点が明らかとなった。

貯湯槽A内温度は0時頃まで低下し続けた後、浴槽からのオーバーフローによる熱源供給が再開され、貯湯槽内温度の上昇と共に、地温も上昇した。

3. ハウス内温度制御結果

HPによるハウス内温度制御結果を図4および図5に示す。冷房運転期間 (図4) では、HPが稼働している時間帯において設定温度である27℃付近に制御された。19時以降のHP稼働はほとんどなく、外気温の低下に伴い、ハウス内温度も低下したため、8月中では20℃～30℃と広範囲での温度変化となった。暖房運転期間 (図5) のハウス内温度は、HP設定温度22℃において22.0℃～25.2℃の範囲で推移した。夜間、排湯供給が停止する時間帯においても22℃を下回ることなく制御された。本実験におけるハウス規模では、暖房負荷に対して問題なく制御したが、今後体育館全体を栽培対象スペースとして利用していく場合、暖房負荷の増加が考えられる。そのため賦存熱量における熱収支を算出し、暖房負荷低減対策または熱源確保の検討が必要である。

4. 地域資源利用能力

ハウス暖房におけるHPによる温泉排湯の利用熱量を以下の式(1)によって、また地中加温における温泉排湯の利用熱量を式(2)によって求めた。

$$Q_{HP} = \sum q_{HP} C_w \rho_w (\theta_{in} - \theta_{out}) \quad (1)$$

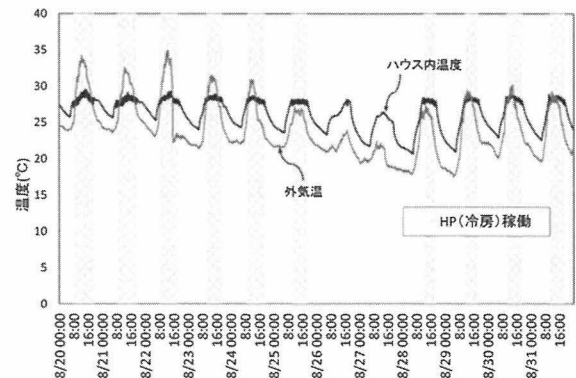


図 4 冷房運転期間におけるハウス内温度制御結果 (8月20日～8月31日)

Fig. 4 Results of control greenhouse temperature during cooling operation period

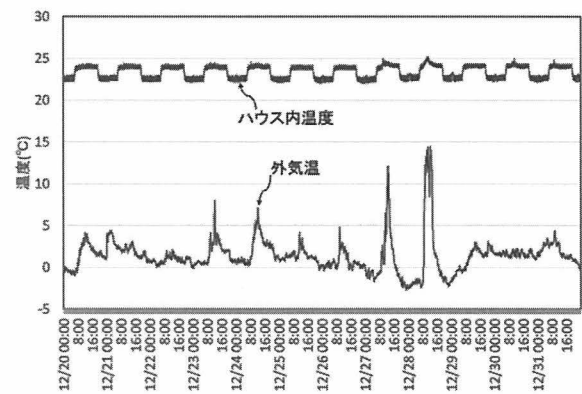


図 5 暖房期間におけるハウス内温度制御結果 (12月20日～12月31日)

Fig. 5 Results of control greenhouse temperature during heating operation period

$$Q_{soil} = \sum q_{soil} C_w \rho_w (\theta_{in} - \theta_{out}) \quad (2)$$

ここで、 Q_{HP} : HPによって利用された熱量 (J)、 Q_{soil} : 地中加温によって利用された熱量 (J)、 q_{HP} : HPへの循環水流量 (m^3/h)、 q_{soil} : 栽培ベッドに埋設した放熱管への循環水流量 (m^3/h)、 c_w : 循環水比熱 ($J/kg \cdot K$)、 ρ_w : 循環水密度 (kg/m^3)、 θ_{in} 、 θ_{out} : それぞれ循環水出入口温度 (K) とする。

温泉排湯からの利用熱量について表2に示す。HPによるハウス暖房および地中加温は10月14日から収穫日の翌年1月5日まで行った。各月の栽培日数をそれぞれ18日 (10月)、30日 (11月)、31日 (12月)、5日 (1月) とし、測定データより各制御における実稼働時間を求めた。また実稼働時間を24時間で除した値を、実稼働日数とした。稼働率とは、栽培日数に対する実稼働時間の割合を示す。両制御ともに、月が進むと共に稼働率が上昇し、特に地中加温において11月の26.0%から12月の

表 2 地中加温および HP による温泉排湯からの利用熱量

Table 2 Amount of heat utilization from hot spring drain water by subsurface heating and heat pump

区分 月	地中加温					HP				
	10 月	11 月	12 月	1 月	合計	10 月	11 月	12 月	1 月	合計
平均外気温 (°C)	14.6	9.4	1.8	0.6	—	14.6	9.4	1.8	0.6	—
栽培日数 (d/month)	18	30	31	5	84	18	30	31	5	84
期間利用熱量 (MJ/month)	78.0	184.1	448.7	69.4	780.2	818.0	4201.9	10090.5	1799.0	16909.4
実稼働時間 (h/month)	85.2	186.9	508.2	84.4	864.7	53.1	257.1	476.6	77.8	864.6
実稼働日数 (d/month)	3.6	7.8	21.2	3.5	36.0	2.2	10.7	19.9	3.2	36.0
実稼働日数あたりの利用熱量 (MJ/d)	22.0	23.6	21.2	19.8	21.7	369.6	392.3	508.2	554.8	469.4
加温対象面積あたりの利用熱量 (MJ/m ²)	95.6	225.6	549.8	85.1	956.1	33.7	172.9	415.2	74.0	695.9
加温対象面積あたりの日平均利用熱量 (MJ/(m ² ·d))	5.3	7.5	17.7	17.0	11.4	1.9	5.8	13.4	14.8	8.3
稼働率 (%)	19.7	26.0	68.3	70.3	42.9	12.3	35.7	64.1	64.8	42.9

表 3 各実験におけるサツマイモ収穫量

Table 3 Sweet potato yield in each experiment

栽培期 区分	第 1 期				第 2 期	
	対象区	実験区	地中加温有区	地中加温無区	地中加温有区	地中加温無区
栽培日数 (d)	126	126	155	177	115	115
収穫量 (g)	218.4	681.7	805.5	820.2	250.6	117.2
単位面積あたりの収穫量 (kg/m ²)	0.316	1.671	1.974	2.010	0.614	0.207

※新潟県におけるサツマイモの単位面積あたりの収穫量 1.482kg/m² (1990 年～2010 年までの平均値)

68.3%と大きく増加した。平均外気温の変化からも暖房負荷の増加によるものであると考える。

HP および地中加温の期間利用熱量の合計は、それぞれ 16.9GJ, 780.2MJ であった。HP による利用熱量に対する地中加温による同熱量の割合は 4.6% と小さい値であった。しかし、加温対象面積 (ハウス床面積: 24.3m², 地中加温面積: 0.82m²) あたりの利用熱量を求めると、HP では 695.9MJ/m², 地中加温では 956.1MJ/m² となり、地中加温による同熱量が HP によるそれを上回った。すなわち、地中加温が HP より効率的な排湯熱利用方法であることが確認された。

加温対象面積あたりの利用熱量を栽培日数で除した値は、環境制御ハウスの単位面積に対する有効利用した温泉排湯熱量を示しており、本システムにおける地域資源の利用能力とみることができる。本研究では、この地域資源の利用能力を HP および地中加温における加温対象面積あたりの日平均利用熱量の合計値として求めた。その結果、平均 19.7MJ/m²·d (最大 31.8MJ/m²·d, 最小 7.2MJ/m²·d) となった。すなわち本システムは、灯油換算で日灯油消費量 0.57L/m² に値する暖房能力であることが分かった。なお、灯油換算には真 (低位) 発熱量 34.27MJ/L (戒能, 2014) を用いた。

5. 収穫量による本システムの導入効果

露地栽培において、定植から収穫まで 120 日～150 日の栽培日数 (新潟県農林水産部, 1992) に対して、第 1 期栽培では栽培日数 127 日, 156 日, 175 日, 第 2 期栽培では栽培日数 115 日で収穫を行った。各期栽培の収穫結果

を表 3 に示す。第 1 期栽培において、対象区 (栽培日数 127 日) とした体育館内では、栽培ベッドあたりの収穫量は 218.4g にとどまったのに対し、ハウス内実験区の同収穫量は、栽培日数別にそれぞれ、681.7g, 805.5g, 820.2g であった。農林水産省による作物統計作況調査 (農林水産省大臣官房統計部) では、新潟県のサツマイモの単位面積あたりの収穫量は 1.482kg/m² (1990 年～2010 年までの平均値) であるのに対し、各実験区および対象区における単位面積あたりの収穫量は、それぞれ 1.671kg/m², 1.974kg/m², 2.010kg/m² および 0.316kg/m² であった。全実験区において新潟県の露地栽培統計値を超える値となった。栽培日数の増加に伴い収穫量も増加した。しかし、収穫した個々のサツマイモ重量は最大で 160g 程度であった。

第 2 期栽培 (栽培日数 115 日) の収穫量は、地中加温有区、地中加温無区において、それぞれ 0.614kg/m², 0.207kg/m² となり、両区とも新潟県露地栽培統計値を下回った。地中加温有無による収穫量を比較すると約 3 倍の差があり、地中加温による塊根肥大への効果が確認された。また、第 1 期の栽培日数別による収穫量を考慮すると、栽培日数の短さも要因の一つと考えられる。

6. 収穫したサツマイモの品質評価

収穫したサツマイモの品質評価を行うため、生芋および蒸し芋における糖度の測定を行った。収穫後、空調管理下 (空調設定温度 15°C) の室内において 24 時間乾燥作業を行い、その後 14°C の恒温室において貯蔵したものを測定した。生芋は擦りおろした後、ガーゼにより絞り、

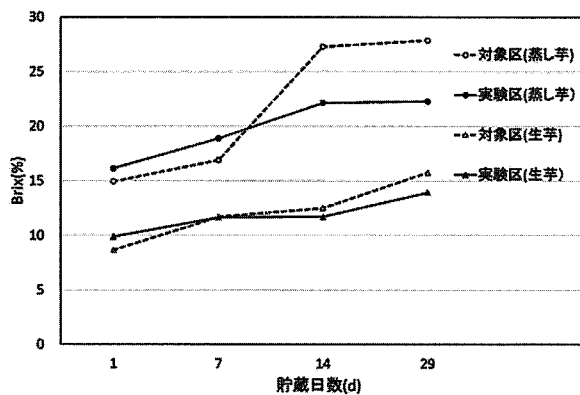


図 6 生芋および蒸し芋における貯蔵日数による Brix 値の推移

Fig. 6 Transition of Brix according to storage days in raw potatoes and steamed potatoes

サンプルを採取した。蒸し芋はサツマイモ片を食品包装用ラップで包み、電子レンジを用いてマイクロ波を 500 W で 2 分間照射した後、同量の純水にて希釈し、サンプルとした。

糖度測定は、貯蔵日数別（1 日、7 日、14 日、29 日）に各サンプルをデジタル糖度計（株式会社アタゴ、PR-101a）にて Brix 値を 3 反復測定し、得られた値の平均値を結果とした。

各貯蔵日数における Brix 値 (%) の変化を図 6 に示す。生芋において、実験区では 9.9Brix% から 13.9Brix% に、また対象区は 8.6Brix% から 15.7Brix% に、貯蔵日数の増加に伴ってそれぞれ上昇した。両区において大きな違いは見られなかった。蒸し芋では、貯蔵日数 14 日、29 日において、実験区と対象区との差がそれぞれ 5.2 Brix%, 5.6 Brix% であったものの、Brix 値の変化としては両区ともに上昇傾向にあった。対象作物としたサツマイモ品種の安納紅が品種登録された鹿児島県において、種子島では地区基準で Brix% を 2 倍希釈法で 10.7% 以上を「おいしい安納いも」と認定（大内田ら、2014）しており、両区ともに同 Brix% を上回った。

7. 総合考察

以上から、本研究で構築した遊休資源や地域資源を利用したサツマイモの多段栽培システムは、利用されていない熱エネルギーを農業分野に有効利用し、冬期など露地栽培ができない時期においても農業生産活動を行う方法としての可能性があるものと判断できた。本研究で熱源として着目した温泉は、当該地域の集客能力のある観光産業としても重要な資源となっており、6 次産業化によって付加価値を持たせた農作物およびその加工品の魅力的な販路となりうる。観光産業としても新しい特産品が生まれることで新たな集客促進につながるといった効果が期待できることから、本研究の成果は、農観連携に貢献できるものであると考える。

本研究で対象とした高糖度品種のサツマイモは、加工食材の原料としても利用価値があり、今後新たな栽培品種の選定を含め、新商品開発の検討が必要である。また、構築した地中加温を組み込んだ多段栽培システムおよび HP による栽培環境制御をはじめ、LED 照射による光環境制御によるランニングコストを含めた本システムの導入効果を評価する必要がある。

本研究で着目している遊休施設は、廃校舎や体育館といった限られた面積であり、収益を得るためには小さな規模であると考えが、再生可能エネルギー利用による農業生産の活動地域としてのシンボリックな存在、また地域 PR や食育の促進ツールとしての価値にも期待したい。

IV 摘 要

6 次産業化への展開を視野に地域活性化に貢献できる研究として、遊休体育館内に簡易ハウスを設置し、地中加温装置を組み込んだ多段栽培システムを構築した。また、サツマイモの周年栽培を目的に実験した結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 試験栽培において、温泉排湯は熱源として有効作用し、構築した栽培システムはサツマイモ増収に寄与することが確認できた。ただし、温泉施設の営業体系などによっては熱供給が不十分となるため、利用施設の営業体系の影響を考慮した設計が重要である。
- 2) 温泉排湯熱を熱源とした地中加温による収穫量への効果は、地中加温がない場合と比較して 3 倍の増収となり、塊根肥大への効果が確認された。
- 3) 温泉排湯熱は地中加温および HP の熱源、さらには冬期の融雪熱源としてカスケード利用できるシステムを構築した。地中加温、HP において加温対象面積あたりの利用熱量は、それぞれ 956.1 MJ/m²、695.9 MJ/m² であった。
- 4) 加温対象面積あたりの利用熱量を栽培日数で除した値を、本システムの地域資源有効利用能力とすると平均 19.7 MJ/m²・d となり、灯油換算で日灯油消費量 0.57 L/m² に値する暖房能力であった。

References

- 戒能一成, 2014. エネルギー源別標準発熱量・炭素排出係数の改訂案について—2013 年度改訂標準発熱量・炭素排出係数表—. RIETI Discussion Paper Series, 14-J-047, 35.
- 新潟県農林水産部, 1992. 野菜栽培指針. 新潟県農林水産部蚕糸園芸課, 345-350.
- 農林水産省大臣官房統計部, 長期累年作物統計 (普通作物・飼料作物・工業農作物). http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_kome/index.html. Accessed Dec. 13, 2016.
- 大内田真, 上野敬一郎, 2014. 安納いも蒸し芋 Brix の変異と諸特性との関係, 日本作物学会九州支部会報, 80, 22-25.
- (受付: 2016 年 12 月 15 日・受理: 2017 年 3 月 7 日・質問期限: 2017 年 7 月 31 日)