

地下水空調装置によるトマトの夏越し長期どり作型 における施設園芸の収益性向上

試験研究計画名：自然エネルギー活用型施設園芸によるトマトの収益性向上の実証研究
地域戦略名：地域の豊富な地下水を利用した自然エネルギー活用型施設園芸に北陸よ
る収益性向上戦略
研究代表機関名：石川県農林総合研究センター

地域の競争力強化に向けた技術体系開発のねらい：

日本海側気候の地域における施設園芸では、冬季の果菜類の栽培は日照量不足のため難しく、夏季の生産性向上がより重要な課題となっています。しかし、施設園芸の代表的な品目であるトマトでは、夏季に着果不良や裂果などの高温障害が発生し、問題となっていました。そこで、年間を通して温度が一定である地下水を使い、安価に空気を冷却・加温できる「地下水空調装置」、工事用ファンを利用した「暖気排気装置」を開発しました（写真1）。さらに、各装置・技術の効果を最大限発揮するため、①夏季の冷房・加湿のための運用技術、②秋冬季加温のための運用技術の開発に取り組み、季節に応じた装置の運用方法の確立を目指しました。また、これら装置運用技術を活用して、技術的課題の多い③夏越し長期どり作型の開発に取り組み、栽植密度等の栽培方法も併せて検討しながら、トマト栽培の収益性を向上させる技術体系の構築を目指しました。



写真1 地下水空調装置等を利用したトマトの夏越し長期どり作型（9月）

技術体系の紹介：

1. 地下水空調装置による夏季冷房技術

地下水は、水温が年間を通して一定（石川農総研事例 地下水深 30m 地点、約 17℃）であり、夏季には気温より低いため冷却水として利用することができます。地下水空調装置は、地上高 1.5m 地点のトマト成長点付近の局所冷房、天井ミストによるハウス内加湿、培地内の冷却管による培地冷却を行うことができます（図1）。夏季の昼間は、ハウス側窓を開放しながら、地下水空調装置による冷房と暖気排気装置による換気を行うことで、トマト成長点付近における日中気温を最大で 3.5℃ 低下させることができます（図2 左）。培地温度は最大で 4℃ 低下させることができ、日中湿度は地上高 0.8m 地点で

約 10 ~ 15%増加できます。夜間は側窓を閉めきり、地下水空調装置のファンコイル冷却を稼働することによって、気温を最大で 2.0℃低下させることができます。また、地下水空調装置は冷熱源に地下水を使っているため、比較的小さい消費電力で稼働することができます。

2. 地下水空調装置による秋冬季加温技術

秋冬季は気温より地下水温の方が高いため、地下水空調装置は加温装置として利用することができます。また、夏季は暖気排気装置でハウス天井部の暖気を排気していますが、秋冬季は排気口をハウス内に入れ、ハウス上部の暖気を地下水空調装置に吸引させて、トマト成長点付近に送風することで暖気循環装置として利用することができます。これによって秋冬季のトマト成長点付近の気温を日中、夜間ともに 1 ~ 4℃高めることができます (図 2 右)。

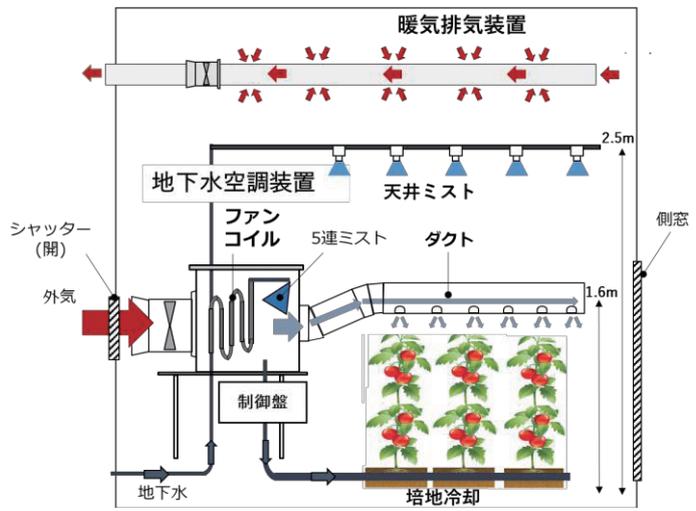


図 1 夏季の地下水空調装置等運用イメージ

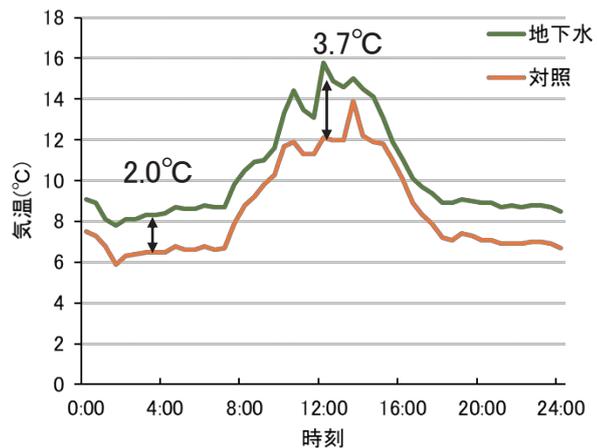
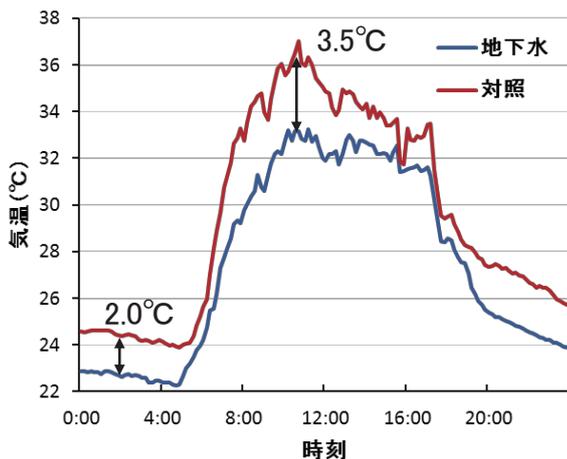


図 2 地下水空調装置等がハウス内気温に及ぼす影響

(左 夏季晴天日(2019年8月10日、右 秋冬季晴天日(2018年11月23日))

注 1) 石川県農林総合研究センター内ハウス(間口6m×奥行き20m×高さ3m)の中央部、地上高1.5m地点で測定

3. 夏越し長期どり作型

石川県の慣行: 半促成+抑制作型(以下、慣行2作型と略す)は、冬季の低温寡日照と夏季の高温のため、5月から7月まで収穫する半促成作型と9月から11月まで収穫する抑制作型の2作型に限定されていました。これに対し、地下水空調装置等による冷房技術と加温技術を導入し、収穫期間を拡大することで、増収効果を確認することができました(図3、表1)。

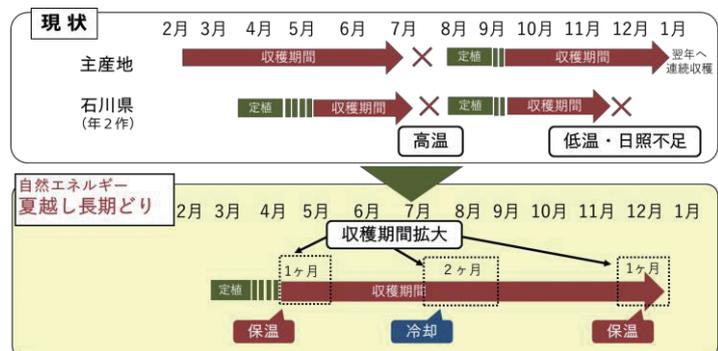


図 3 夏越し長期どり作型の栽培期間

表 1 夏越し長期どり作型と慣行 2 作型の商品収量結果

試験年度	夏越し長期どり作型		慣行 2 作型
	2,300 本/10a	3,100 本/10a	(半促成+抑制)
H30	24.7	28.4	—
R1	29.1	34.0	17.0

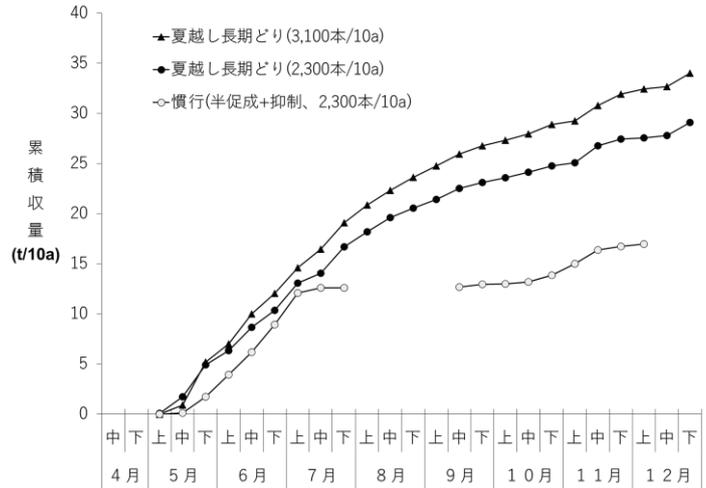


図 4 夏越し長期どり作型と慣行 2 作型の商品収量の推移
注 1) R1 年度石川農総研実績

技術体系の経済性は：

経営改善効果

地下水空調装置を活用した夏越し長期どり作型を導入する場合（2,300 本 /10a）、装置の導入費用等の増加によって、生産費が慣行 2 作型では 4,809 千円であったのに対し、6,695 千円となり、1,886 千円増加しますが、商品収量の増加によって粗収益が 5,695 千円から 9,749 千円と 4,054 千円増加するため、慣行 2 作型と比べて収益 886 千円から 3,053 千円と 2,167 千円増加すると試算されました（表 2）。

表 2 自然エネルギー活用環境制御による夏越し長期どりトマト栽培の生産費と収益性の比較(10a 当たり)

項目	慣行2作型 (半促成+抑制)	夏越し長期どり作型		
		2,300本/10a	3,100本/10a	
商品収量(トン)	17.0	29.1	34.0	
A 粗収益(千円)	5,695	9,749	11,390	
B 変動費	種苗費	548	362	469
	動力光熱費	355	1,012	1,012
	その他	560	724	724
生産費(千円)	計	1,463	2,097	2,204
C 固定費	建物減価償却費	354	354	354
	農機具減価償却費	819	1,648	1,648
	その他	248	248	248
生産費計	計	1,420	2,249	2,249
雇用労働費	257	523	850	
家族労働費	1,669	1,826	1,906	
(A)-(B)収益(千円)	4,809	6,695	7,209	
労働時間計(時間)	886	3,053	4,181	
うち主たる従事者の労働時間(時間)	1,370	1,740	2,120	
	1,113	1,217	1,270	

注 1) 慣行は石川県農業経営指標 (H28) を引用。夏越し長期どりは R1 年度石川県農林総合研究センターの結果を基に試算
2) 販売単価 335 円/kg、雇用労働費 1,200 円/hr、家族労働費 1,500 円/hr として試算
3) 地下水空調装置、暖気排気装置による減価償却費は R1 年度試作機導入費用を基に試算

石川県の代表的なトマト経営（40a）をモデルに、地下水空調装置を活用した夏越し長期どり作型を導入したときの効果を試算すると、1 経営体あたりの農業所得が慣行 2 作型では 4,504 千円であったのに対し、5,336 千円となり、18%増加します。さらに、夏越し長期どり作型では収穫時間の増加や、つるおろし等の栽培管理時間の増加により、既存労働力では導入棟数が限定されますが、それに対応して臨時雇用を増やした場合、夏越し長期どり作型を行う棟数を増やすことができ、農業所得は 6,090 千円となり、慣行と比べて 35%増加することが試算されました（表 3）。

表 3 自然エネルギー活用環境制御による夏越し長期どりトマト栽培導入の効果（実証農家データでの導入効果）

項目	導入前 (慣行)	地下水空調装置等導入後		対導入前
		既存労働力 ^{注2)} (臨時雇用20日/ 旬)	臨時雇用追加 (臨時雇用24日/ 旬)	
作付棟数				
半促成＋抑制	16 棟	11 棟	6 棟	38%
夏越し長期どり	0 棟	5 棟	10 棟	—
計	16 棟	16 棟	16 棟	100%
臨時雇用(年間)	101 人日	163 人日	235 人日	233%
粗収益	21,172 千円	25,569 千円	29,966 千円	142%
経営費	16,668 千円	20,233 千円	23,876 千円	143%
うち種苗費	2,192 千円	2,093 千円	1,994 千円	91%
うち動力光熱費	1,419 千円	2,240 千円	3,061 千円	216%
うち装置減価償却費	0 千円	1,036 千円	2,071 千円	—
農業所得	4,504 千円	5,336 千円	6,090 千円	135%
所得率	21.3%	20.9%	20.3%	96%
家族1時間当たり農業	1,961 円	2,194 円	2,447 円	125%

注 1) 線形計画法 (Z-BFM) により、小松市の代表的な生産者 (40a) での導入効果を試算

2) 試算条件 常時従事者 2 人 (労働可能日数 10 日/旬)、臨時雇用 (雇用上限日数 20 日/旬、時給 1000 円)

3) 井戸及び地下水揚水装置等は既設のものがある場合

経済的な波及効果

夏季のトマト栽培が難しかった地域においても、春から秋にかけて連続した出荷を図ることができるようになります。安定出荷がなされることで、市場からの産地の信頼を獲得し、産地規模の拡大が期待できます。

こんな経営、こんな地域におすすめ：

地下水空調装置は、夏季のトマト栽培で高温障害が問題となっている経営体におすすめします。また、夏越し長期どり作型は、冬季寡日照などのため冬越し長期どりが難しいものの、収量を向上させたい経営体におすすめします。

技術導入にあたっての留意点：

地下水空調装置等の利用にあたっては、各ハウスで 200V の三相電源が必要です。また、消費電力は約 1,800W となります。装置 1 台は 240m² (間口 6m × 奥行き 40m) のハウスに対応しており、奥行きが 40m 未満であると、より効率的に運用できます。夏越し長期どり作型の導入にあたっては、収穫時間と栽培管理に関する時間が増加するため、年間 2,023 時間 /10a (慣行に比べて 653 時間増) の労働力を確保する必要があります。なお、地下水空調装置の導入・設置にあたっては、地下水の水位が 10m 以上 100m 未満であり、地下水に鉄分など噴霧ノズルを目詰まりさせる成分を含まず、地下水の流量は 9L/min から 40L/min 程度を確保できることが必要です。

研究担当機関名：石川県農林総合研究センター

お問い合わせは：石川県農林総合研究センター

電話 076-257-6911 E-mail nk-kika@pref.ishikawa.lg.jp

執筆分担 (石川県農林総合研究センター 松田賢一、工藤凜、松野由莉、増田大祐)