

気化熱を利用した 耐暑栽培技術の開発



青森県立名久井農業高等学校

FLORA HUNTERS

箕田明莉、出町孔汰

1 序論

近年、温暖化による気候変動で北国青森県でも夏は猛暑となり、作物栽培に支障をきたすようになってきた。私たちが学ぶ環境システム科は、温室など施設を利用した栽培に特化して学ぶ全国的に珍しい学科である。かつては冬場に暖房で加温していたが、今は夏場の高温対策のためクーラーを常時使うなど多大なエネルギーを使うようになってきている。これは青森県だけでなく、世界の農業が抱える新しい問題である。そこで私たちは、気化熱を利用する新しい省エネ耐暑技術の開発に取り組むことにした。

2 研究方法

(1) 気化熱

液体は気体になる時（気化）、周囲の熱を吸収する性質を持っている。その際、液体の周囲から奪われる熱が気化熱で、これを利用することで省エネ冷却できると考えた。考案したアイデアは次の2つである。

(2) 素焼き水耕栽培

水耕栽培装置はプラスチックなどでできている。蒸発するのは水面からだけで養液が上昇しやすく、夏はチラー（冷却装置）が欠かせない。しかし釉薬をかけずに 800℃前後の低温焼成した陶器の素焼きは、多孔質のため通気性がある。そこで5L養液（ハイポネックス 6-10-5 1000 液）を入れた一般的なプラスチック栽培装置と素焼きプランタの2区を設け、冷涼な環境を好むレタスの生育比較を行なった（図1）。

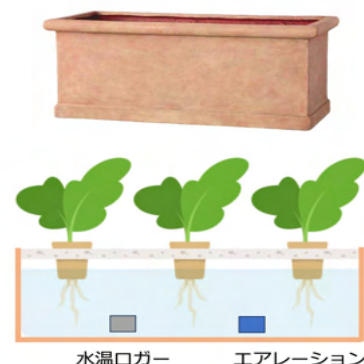


図1 装置図

(3) 泡被覆

高温になった植物体を冷やすのは散水だが、急激な温度変化は作物にストレスを与える。そこで泡立つ植物のムクロジの果皮を水 500ml に 15g 浸漬して作った原液を水に 20% 添加し、泡スプレーで泡沫にして植物を覆うと遮熱できるか実験を行った。作物は冷涼な気候を好む二十日大根とカブとし、実験は苗を 30℃の定温器に入れ、その生育変化を観察した（図2）。



図2 実験風景

3 研究結果

(1) -1 素焼き水耕栽培(蒸発試験)

栽培を行う前に、素焼き鉢はどれくらい蒸発するのか試験を行った。用意したのはプラスチック鉢と素焼き鉢でともに 1L 水を入れ、2 日おきに重量を測定して蒸発量を比較した。その結果、今回用いた素焼き鉢では 1 日 150～200ml 蒸発することがわかった（図3）。また 6 日間では素焼き鉢は、プラ容器より約 3 倍も蒸発していた（図4）。

また 6 日間の水温を測定した結果、2～3℃も低いことがわかった（図5）。これは、プラスチック鉢が水面からの蒸発に対して、素焼きは鉢全体から蒸発するためだと考えられる。水 1L を 1℃下げるには 1kcal 必要となる。素焼き鉢を用いるとチラーを用いずに下げられるので、とても省エネになると考えられる。

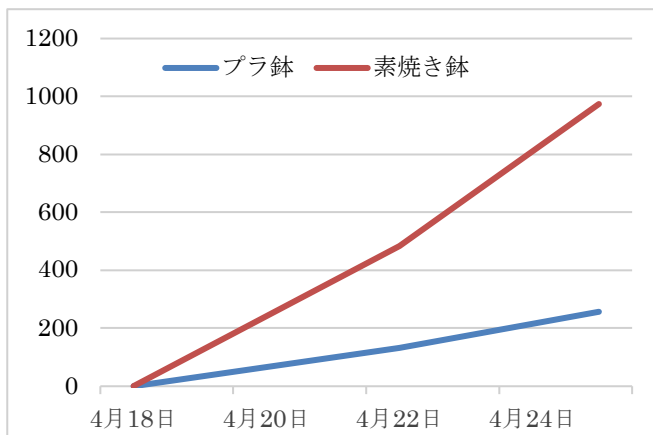


図3 蒸発量の推移 (単位: ml)

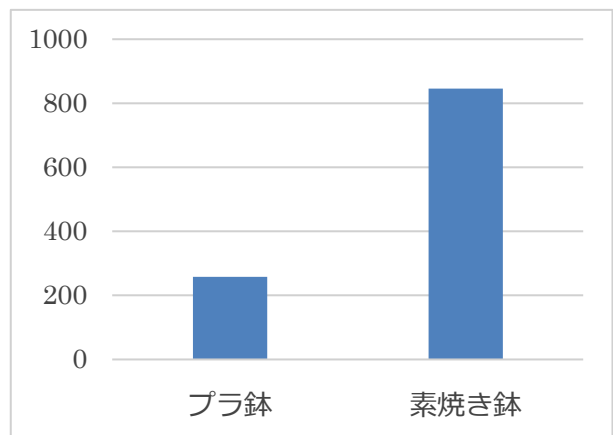


図4 6日間の総蒸発量 (単位: ml)

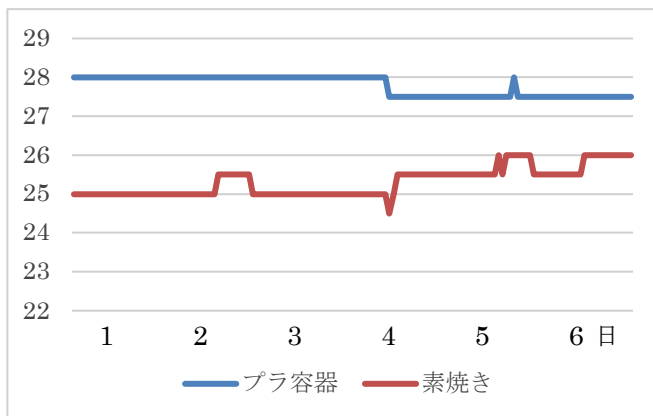


図5 水温の変化 (単位: °C)



(1) -2 素焼き水耕栽培(栽培試験)

素焼き装置では養液が蒸発するため、定期的に補充が必要となる。事前試験で1日約200ml蒸発することがわかったので、毎日水を200ml補充した。すると養液が極端に薄まったため(紙面の関係上、不掲載)、養液を同量補充することにした。4週間の生育結果を図6に示した。草丈は従来のプラ容器では気温上昇に伴い、生育不良となった。またSPAD(葉色値)も低くなりリーフレタスの葉色が黄化しているのがわかる。しかし素焼きプラントでは逆に草丈が伸びるとともに葉色も濃く、順調に成長していることがわかる。

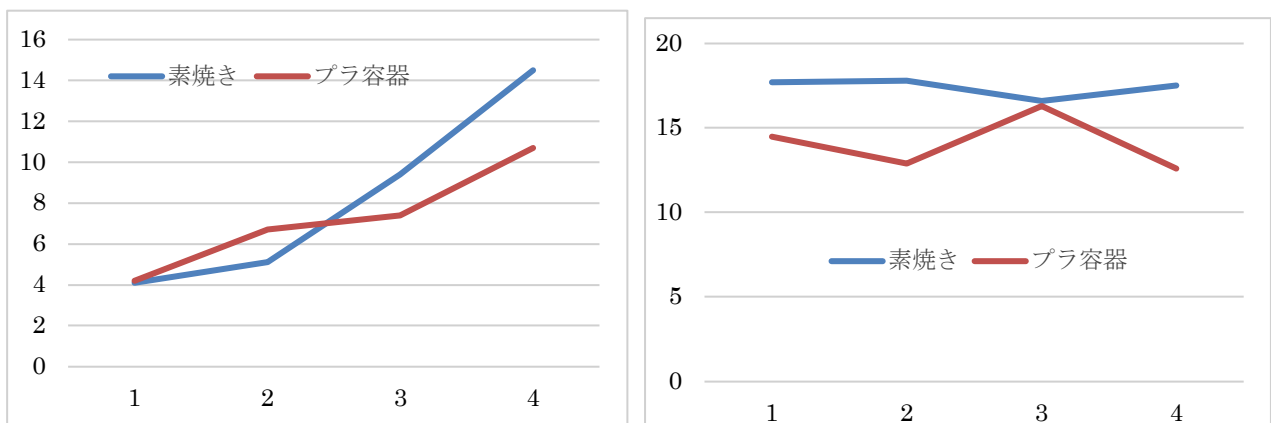


図6 左が草丈 (単位: cm)、右が SPAD (葉色値)、横軸の単位は週

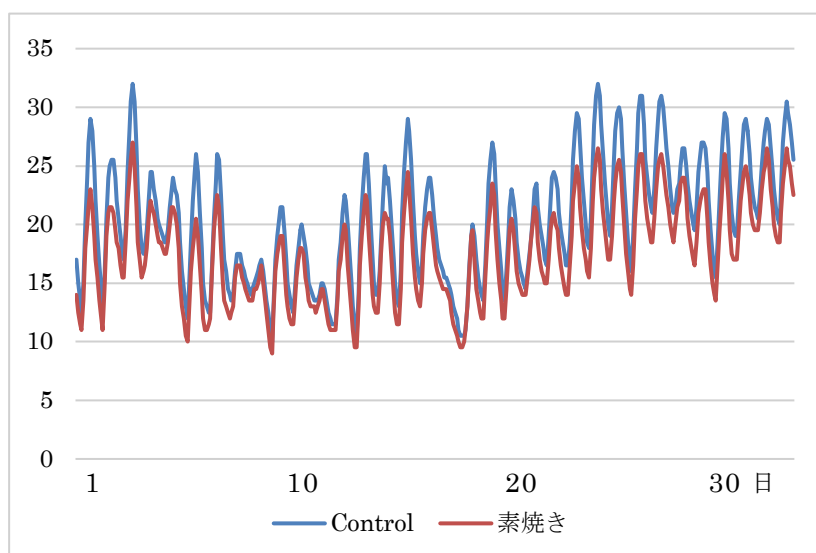


図7 左：養液温の推移 右上：Control 右下：素焼き区

図7でわかるように素焼きではControlに比較して約5℃も液温が低くなった。夏場でも液温を25℃に抑えられる素焼き装置はレタスの好む冷涼な環境を維持できていることがわかる。これが収量にも影響しており、可食部である地上部重量はControlの2倍以上となった。また根長も素焼きでわずかながら伸長していた(図8)。

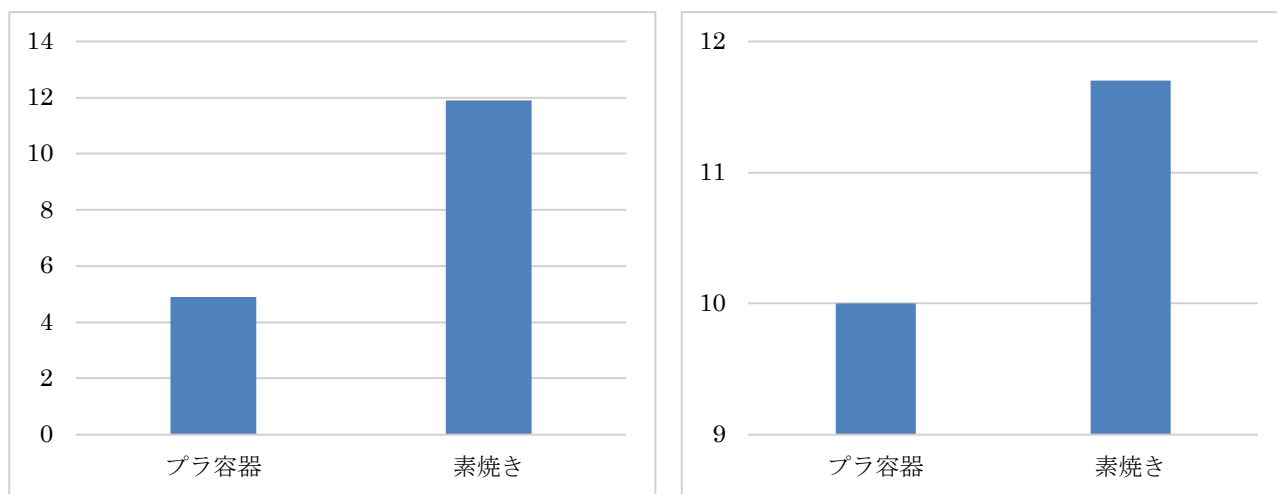


図8 左：1株地上部重量(単位：g) 右：根長(単位：cm)

次に養液の濃度推移を1週間ごとに3週間、吸光度計で測定した(図9)。その結果、pHは素焼き区でも変わらないことがわかった。しかし従来のプラ容器のControlよりも素焼き鉢(プランタ)のNH₄-N濃度が高く推移した。これは蒸発による養液不足を防ぐため、素焼きには、毎日NH₄-Nを含んだ養液が補充されたからである。逆に素焼き区ではNO₃-Nが少なく推移した。素焼き区の養液は、気化熱により昇温が抑制されている。そのためレタスの生育が極めてよく、硝酸菌によって生産されたNO₃-Nを順調に吸収したためだと考える。PO₄-Pも同じ理由で低かったのではないかと考えられる。

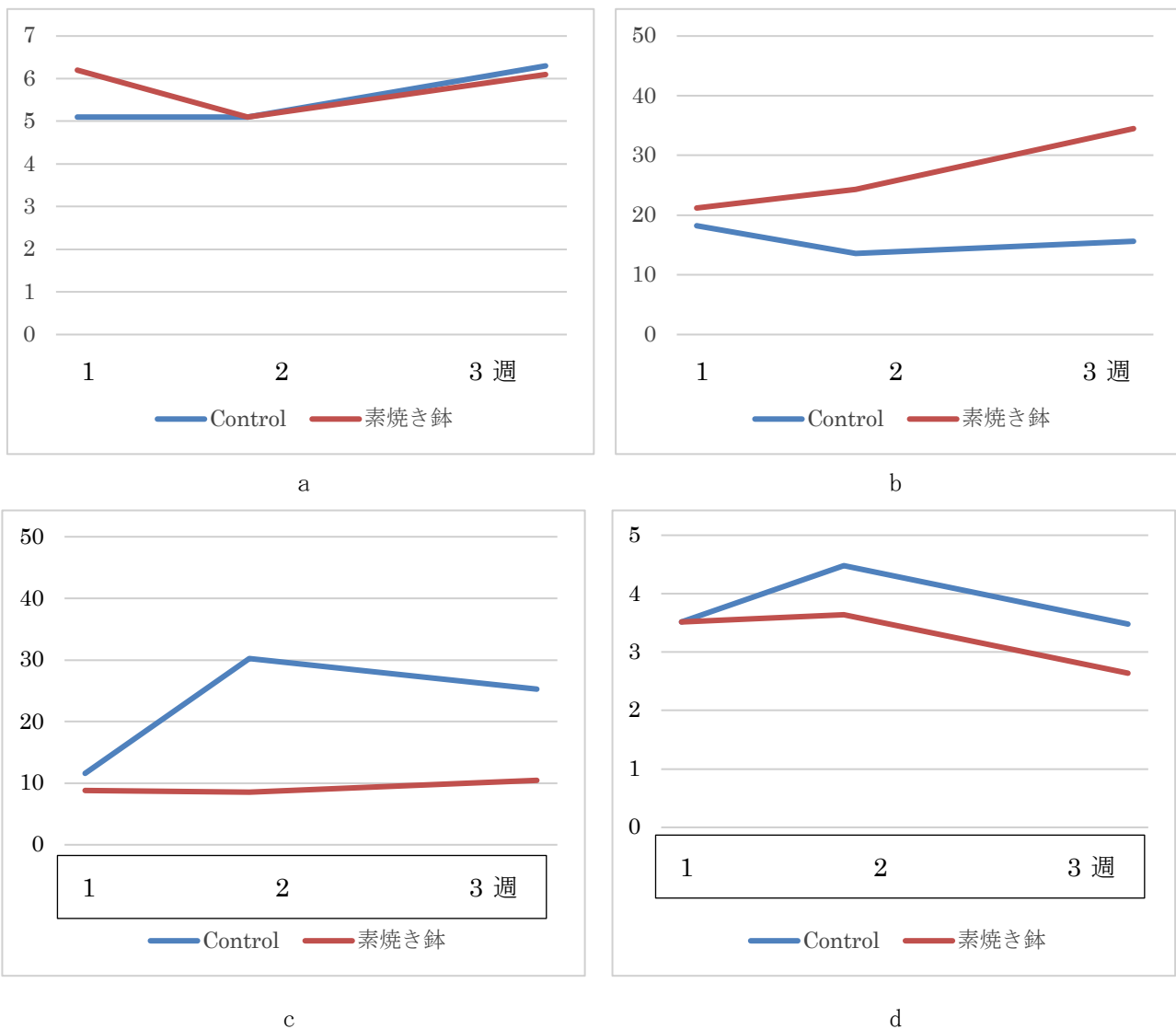


図 9 養液の変化 a:pH b:NH₄-N(mg/L) c:NO₃-N(mg/L) d:P₀₄-P(mg/L)

(2) -1 泡被覆 (葉面温度)

私たちの暮らしの中では、気温が上がった際にミストを噴霧し、気化熱で気温を下げる仕組みが定着しつつある。植物の葉に散水するのも同じような効果があると思われるが、すぐ蒸発してしまう。

そこで天然界面活性剤であるサポニンを含む植物のムクロジの抽出液を水に加え、緻密な泡にして植物を覆うと徐々に蒸発し猛暑時でも植物体温が上がるのを抑制できると考えた。そこで 30℃に設定した定温器内の二十日大根とカブの葉裏に温度ロガーを貼り付け、葉面温度の変化を測定した。

(図 10)。これらの作物を選択したのは、生育適温が 20℃前後と低く高温だと生育不良になるからである。



図 10 泡被覆された二十日大根

測定の結果を図 11 に示した。これによると葉を十分濡らす散水では約 5℃も一気に植物体温が下がっている。しかし約 2 時間後には蒸発して散水前の植物体温に戻っている。ところが泡散布では温度低下は同じだが、もとの植物体温に戻るには約 3 時間半もかかった。これは水と違い泡は葉に吸着して長時間覆うこと、また泡はゆっくり蒸発するため、長時間昇温を抑制できたと考えている。

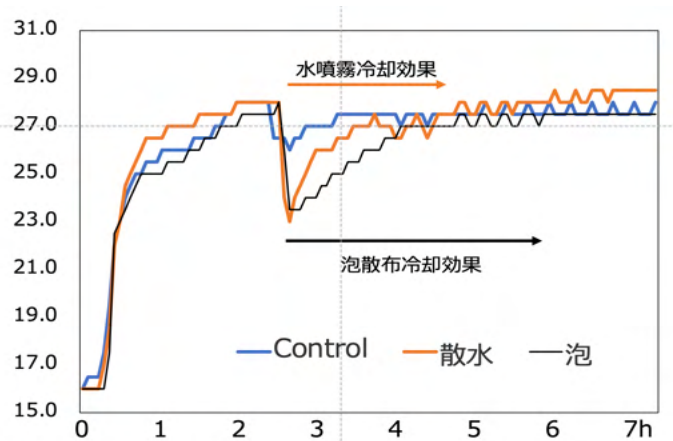


図 11 葉面温度の変化

(2) -2 泡被覆 (収量)

1 日 1 回、泡で被覆した区と散水だけの区の生育を観察した (図 12)。その結果、散水だけの区は徐々に萎れてしまった。それに対して泡被覆した区は順調に成長していた。特に生育適温が 15～20℃と低い二十日大根ではその差がはっきり現れた (表 1)。



図 12 生育比較 (右：二十日大根 左：カブ) いずれも左が散水、右が泡被覆

表 1 二十日大根の比較

二十日大根	草丈 cm	根長 cm	SPAD (葉色値)	地上重量 g
散水区	25.9	10.0	14.6	4.9
泡被覆区	30.9	11.7	16.0	11.9

4 まとめと今後の展望

温暖化による猛暑を気化熱で緩和する技術開発に取り組んできた。その結果、素焼きプランターでは試験区において約 5℃も養液温の上昇を抑制でき、暑さに弱いレタスを正常に生育させることに成功した。残念ながら現在、水耕栽培ができる大型素焼栽培装置は世の中にないが、冷却エネルギーが不要である。また雨の多い日本にとっては低コストで極めて効果の高い栽培技術になる可能性が大きい。また泡被覆は仮説通り、泡が水よりゆっくり蒸発するため植物体温の上昇を散水より長い間抑制できることを発見した。今後は実験を繰り返し、適した泡濃度や作物などを見つけないかと考えている。さらに素焼きと泡被覆を組み合わせた栽培にも挑戦したいと思う。気候変動は今後ますます激しくなり、日本では猛暑になるのが当たり前になる可能性が高い。安定した食糧生産のためにも、省エネ耐暑栽培技術を今後も継続研究し、世界の農業や環境問題解決に貢献していきたい。