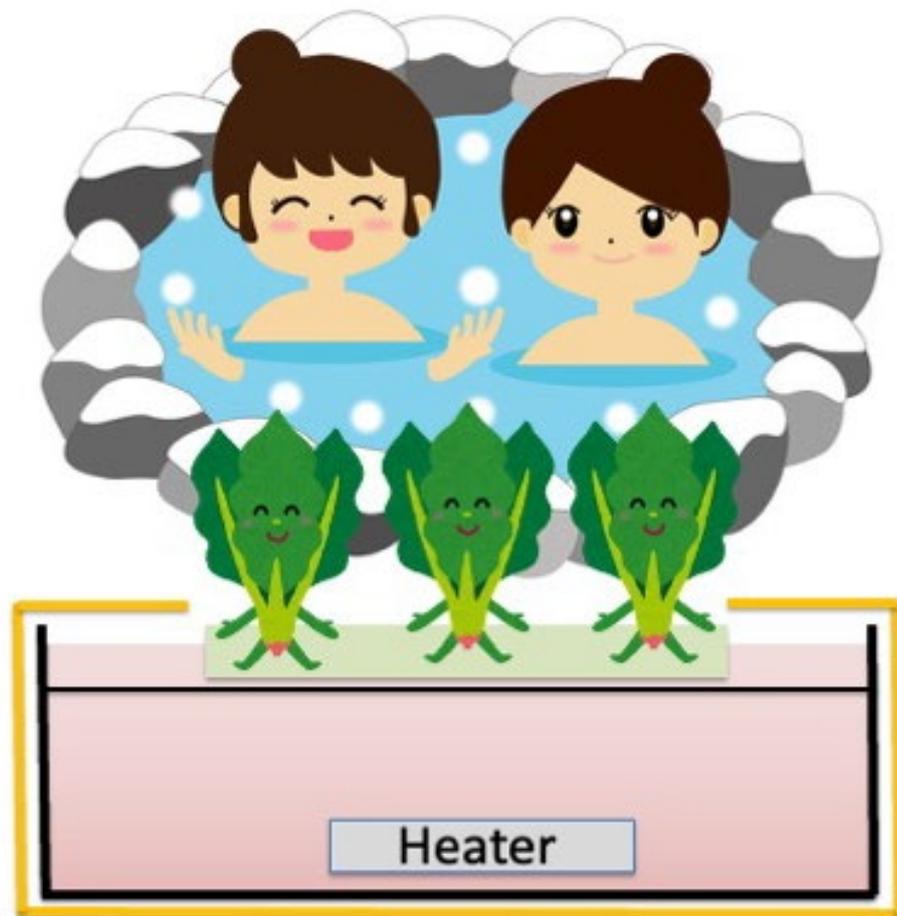


# ホウレンソウの 省エネ露天風呂栽培



青森県立名久井農業高等学校 佐々木昌虎

## 1 研究の背景

近年、温暖化に伴う豪雨や猛暑などの気候変動が地球規模で問題となっている。特に食料自給率の低い日本では、安定した食料供給に支障が出やすく、野菜の高騰に繋がっている。気候に左右されない栽培法のひとつとして植物工場などの水耕栽培がある。しかし暖房による温度管理ができるため成長が早く収量も多いが、電気消費量が多く、世界が抱えている現在のエネルギー不足を考えると問題は多い。それとは別にここ数年は新型コロナウイルスの感染拡大が大きな問題となっている。それに伴い人々の健康と食への意識が高まり、高糖度で良食味の寒じめハウレンソウが再び注目されつつある。冬の寒気だけを利用し糖度や機能性成分を高める省エネの露路栽培法は東北農業試験場（現在の農研機構東北農業研究センター）が開発した優れた技術だが、栽培期間が冬季に限られ、小ぶりで収量が落ちる。そこで私は、温度を高め生育を促進する水耕栽培と寒気で糖度を高める寒じめ栽培という矛盾する技術を組み合わせ水耕栽培でありながら省エネで高機能性ハウレンソウを栽培できる「露天風呂栽培法」を考案した。

## 2 材料と方法

- (1) 栽培期間：11月～1月、収穫はサラダ用ベビーリーフサイズとする。
- (2) 栽培野菜：ハウレンソウ（品種名：アクティブ）
- (3) 施肥量：ハイポネックス 6-10-6 の 1000 倍液（露路では散布、水耕では養液）
- (4) 試験区：次の3つの区を設定した。

### ① Control 水耕区

20°Cの室内でポット苗の根を養液に浸漬させて栽培する一般的水耕栽培法

### ② 寒じめ区

側窓を開けた無加温の温室で土の入ったポットで栽培する一般的寒じめ栽培法

### ③ 露天風呂区

側窓を開けた無加温の温室で 10°C に加温した養液に土の入ったポットの底面を浸漬して栽培するオリジナルの栽培法。茎葉は寒気に触れ根だけが暖かいので露天風呂栽培と命名した。なお保温のためアルミホイルで装置を覆った（図1）。



図1 露天風呂栽培法

## 3 結果

### (1) 生育環境

無加温温室の気温の推移を図2に示した。12月中旬になると気温は一気に5°C以下まで低下し、下旬から1月にかけては氷点下となった。これにより寒じめハウレンソウの栽培条件が整っていることがわかる。図3は露天風呂栽培の液温である。サーモスタットのついた小型ヒーターで養液だけが10°C前後に保たれているのがわかる（図2）。

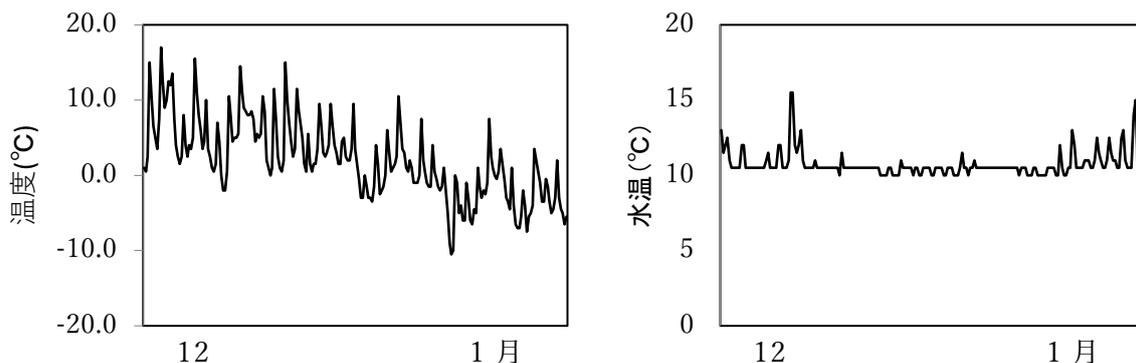


図2 温度の推移（左：温室内の気温 右：露天風呂栽培の液温）

## (2) 生育状況

図3はサーモグラフィーで撮影した葉の表面温度である。左の寒じめでは葉が $-3.4^{\circ}\text{C}$ と低いのがわかる。しかし同じ時間に撮影した右の露天風呂栽培では $2.3^{\circ}\text{C}$ とやや高い。加温された養液を吸収していること、養液から放射される熱で葉が暖められていることなどが考えられる。しかし気温 $20^{\circ}\text{C}$ で栽培されている室内の水耕栽培に比較するとかなり低い温度である。

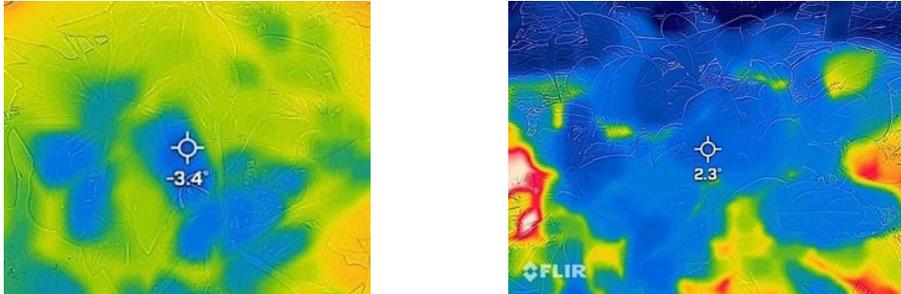


図3 葉の表面温度（左：寒じめ栽培 右：露天風呂栽培）

草丈は一般的な水耕栽培、露天風呂栽培、寒じめの順となった（図4）。これは室内水耕栽培の気温が高いからである。しかし葉色値は寒じめ、露天風呂栽培、水耕栽培と逆転した。ホウレンソウは低温に遭遇するとポリフェノールを合成する。したがって養液を加温した露天風呂栽培でもホウレンソウは低温を感じていることがわかる。また葉柄は露天風呂栽培、寒じめで短くなったが、葉身では露天風呂栽培と水耕栽培では大差なかった。葉身より葉柄が低温の影響を受けた可能性がある。また根は水耕栽培に比較して寒じめ、露天風呂で短くなった。低温のため成長が抑制されたと考えられる（図5）。

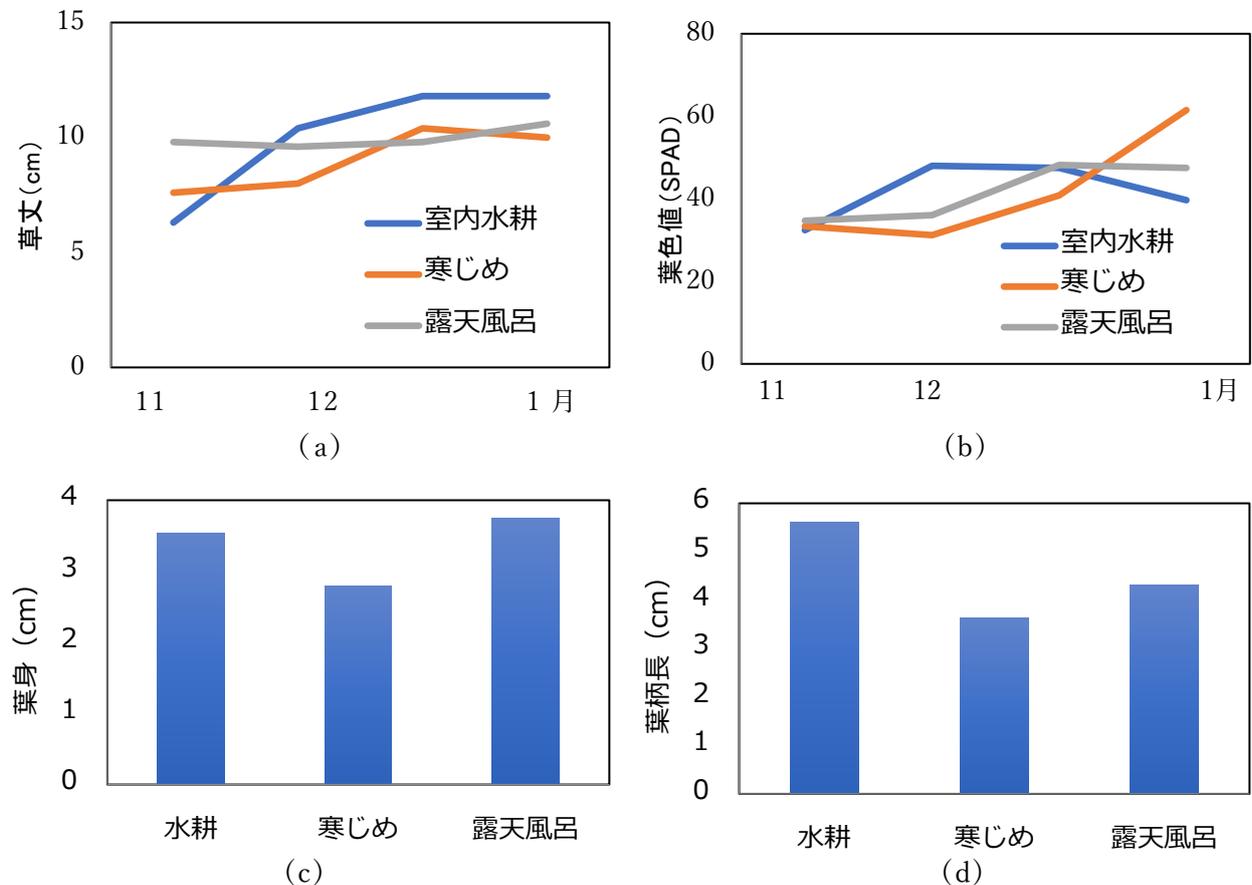


図4 生育状況

(a: 草丈, b: 葉色値, c: 収穫時の葉身長, d: 収穫時の葉柄長)



図5 葉と根の形状（左：葉、右：根）

ホウレンソウは、小ぶりのサラダ用のベリーリーフサイズで収穫した。1株の根の重量と1株の重量（根部含まず）を図6に示した。その結果、根の重量では寒じめ、露天風呂栽培で軽くなった。これは低温で根の生育が抑制されたからである。しかし地上部では寒じめが極端に小さくなったが露天風呂栽培では水耕栽培と大差なかった。商品となる可食部は地上部なので露天風呂栽培をしても収量が大幅に減少することはないおことがわかった。本研究は高糖度で機能性成分の多い寒じめホウレンソウを、低温時でも収量を落とさずに栽培するのがひとつの目標である。そういう意味では露天風呂栽培は有効な栽培法と思われる。

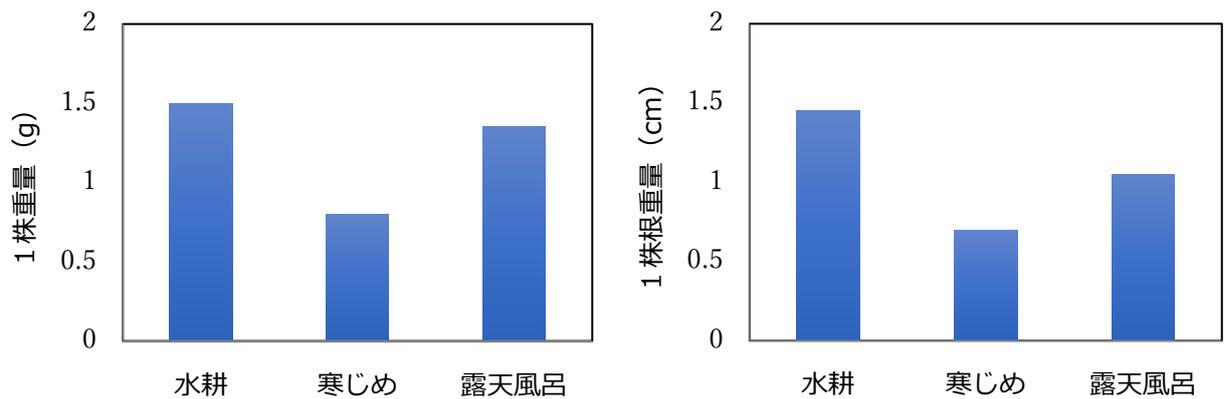
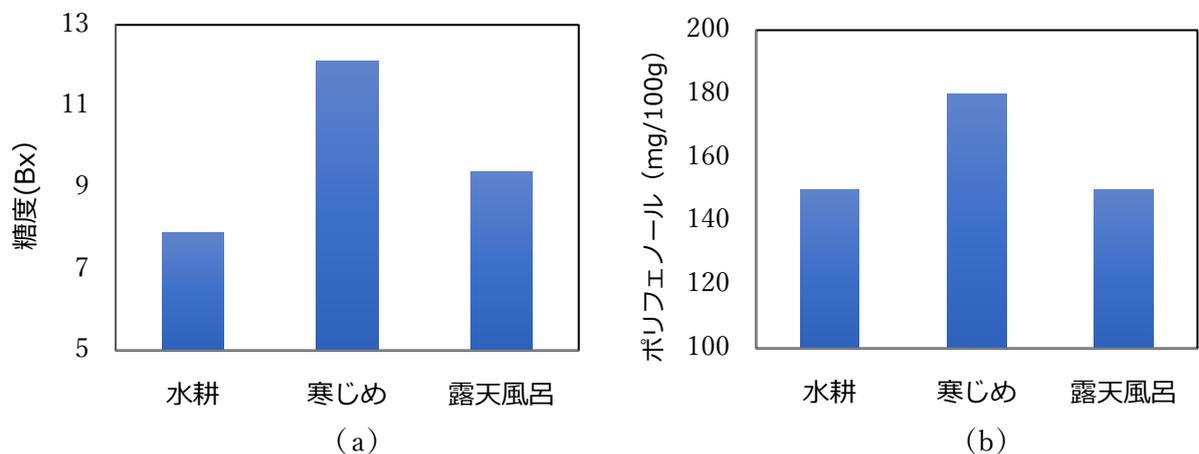


図6 1株重量と根の重量

### (3) 良食味と機能性成分

もうひとつの目標は良食味と機能性成分の維持である。そのため収穫したホウレンソウの成分を青森県産業技術センターに依頼して分析を行なった（図7）。



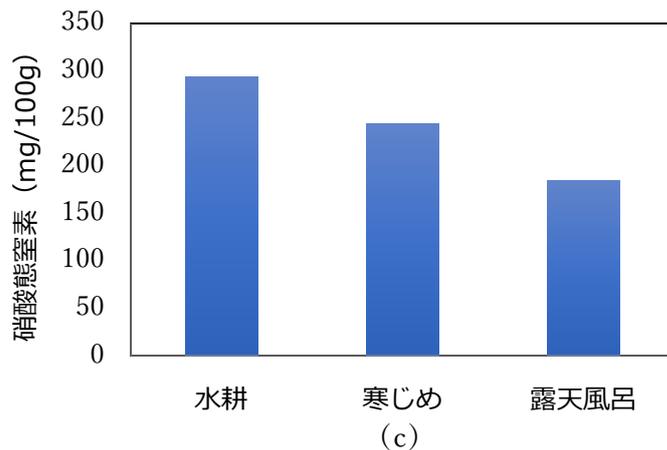


図 7 成分比較

(a: 茎葉の糖度、b: ポリフェノール総量、c: 硝酸態窒素量)

測定の結果、糖度は予想通り寒じめ栽培が 12 度以上となり、一般的な水耕栽培は 8 度以下と低かった。しかし露天風呂栽培では 2 つの中間である約 10 度となった。これは寒じめハウレンソウの基準を満たしている。植物は低温に遭遇すると細胞が凍結しないように糖度を上げることがわかっている。また根からの吸水量が減ることも高糖度になる理由だと考えられる。根部を温めたのにも関わらず露天風呂栽培の糖度が上昇したのは、茎葉が直接寒気に触れているからだと考えられる。また養液により僅かに茎葉の表面温度が高まることで外気温との温度差が露天風呂栽培の方が大きくなったことも関係している可能性がある。ところが機能性成分であるポリフェノールは増加しなかった。植物は低温などのストレスを受けると活性酸素が発生し、その害を抑制しようとしてポリフェノールが合成されることがわかっている。茎葉は低温に曝されても、暖かな養液を吸収していることでストレスが軽減された可能性がある。私たちの想定外だったのが硝酸態窒素の含有量である。硝酸態窒素が多いとブルーベビー症候群など健康を脅かすので留意が必要だが、本実験では露天風呂栽培、寒じめ、水耕栽培の順で低くなった。水耕栽培は気温 20℃の室内で栽培されるのでどんどん窒素分を含んだ養分を吸収するため硝酸態窒素が高くなり、寒じめでは吸水量が抑制されるので硝酸態窒素が増加しないのは想像していた。しかし露天風呂栽培はさらに低くなった。ハウレンソウは僅かに加温しているため寒じめより養液を吸収するが、それでも根が短く水耕栽培ほどではない。しかし茎葉のサイズは水耕栽培と大差なかった。つまり露天風呂栽培では吸収した僅かな養分を使って成長したことで、植物体の硝酸態窒素が減少したと考えられる。高糖度、低硝酸態窒素は良食味と健康維持に貢献する項目であり大いに評価される。

#### (4) 省エネルギー

一般的な水耕栽培と考案した露天風呂栽培を 5 m<sup>2</sup>に養液槽 6 Lの水耕栽培装置を 6 台設置し、1 ヶ月栽培した際のエネルギー消費を比較した。各区の条件は次の通りである。

##### ① 室内水耕栽培(植物工場)

室内をエアコンで 21℃に管理する。照明は 64W 蛍光灯を 2 台とする。

##### ② 露天風呂栽培

無加温温室で養液槽をサーモスタット付きヒーターで 10℃に維持して管理する。照明はなくガラス温室の自然光とする。

図 8 は露天風呂栽培と水耕栽培(植物工場)との 1 ヶ月の電気料 (料金は 2022 年 1 月を参考に算出) の比較である。これによると露天風呂栽培は一般的な室内水耕栽培の 7

分の1となった。エアコンで室内全体の空気を加温するより、根が浸っている養液だけを加温した方の消費エネルギーが少ないのが理由である。植物工場では換気扇などもっとエネルギーを消費するので実際その差はさらに大きいと考えられる。また消費エネルギーから年間の二酸化炭素排出量を比較するとその差はさらに大きくなる。

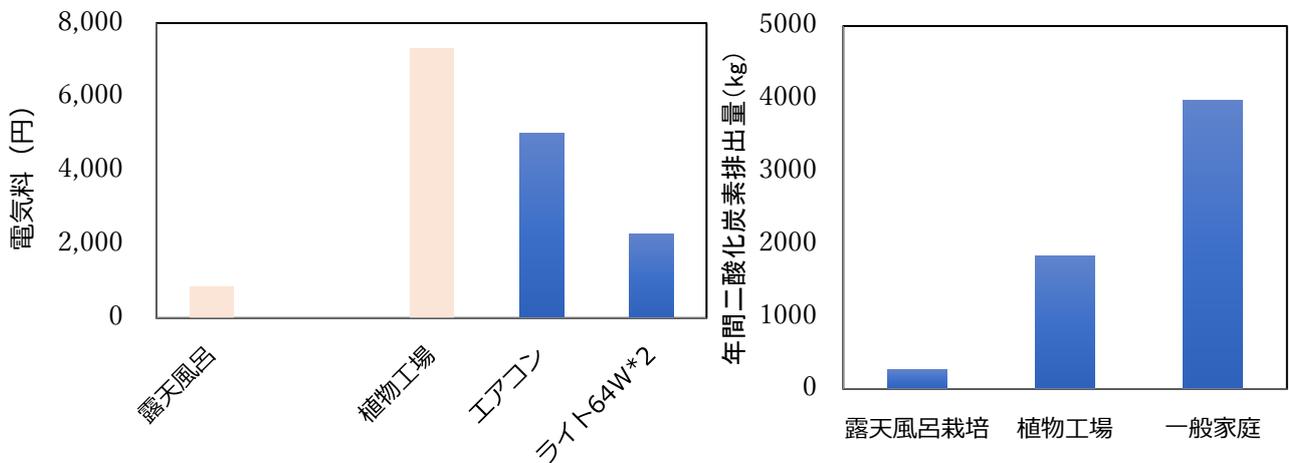


図8 電気料と二酸化炭素排出量の比較

#### 4 まとめ

本研究は、東北で開発された優れた寒じめ栽培法のさらなる改良を目指して取り組んだものである。地上部を寒風に晒し、根部だけを10°Cに加温するユニークな露天風呂栽培は従来になかった発想であるとともに、大幅な省エネと人々の健康維持に貢献できる優れた技術につながる事がわかった(図9)。

項目	室内水耕	寒じめ	露天風呂
糖度 Bx (%)	7.9	12.1	10.4
ポリフェノール総量 (mg/100g)	150	180	150
硝酸態窒素 (mg/100g)	293.8	244.4	184
5 m2 電気料 (円/月)	7305		864
CO2 排出量 (Kg/年)	1839.6		271.6



図9 主な栽培データと試験区

(写真 左:水耕栽培区、中:寒じめ栽培区、右:露天風呂栽培区)

現在、世界はまだコロナ禍にある。しかし紛争によりエネルギーコストや食料が高騰するなど、私たちの生活は脅かされている。この問題はすぐに解決される兆しはなく、今後も続くものと思われる。このような環境の中であって、今回の露天風呂栽培のように従来の常識にとらわれずチャレンジするのはたいへん有意義な機会となった。今後、さらに研究を重ね、省エネ時代の新技術として確立していきたい。