

# 島根県産ハマボウフウ施設栽培品における 生育および成分含量に対する栽培温度の影響

加納 己奈\*・鶴永 陽子\*\*

## Effect of Cultivation Temperature on Growth and Component Content of Institutional Cultivated *Glehnia littoralis* Fr. Schmidt from Shimane Prefecture

Mina Kanou・Yoko Tsurunaga

### 要 旨

本研究では、島根県産ハマボウフウ施設栽培品における生産での地熱活用を見据え、栽培温度の影響を明らかにするため、月別のハウス内平均温度、生育状態、色調、総ポリフェノール含量、DPPH 値、H-ORAC 値およびアントシアニン含量を測定した。その結果、ハウス内温度については、13.2℃（1月）～29.5℃（7月）と変動幅が大きかった。しかし、各分析項目については、月別で差は生じていたものの、ハウス内温度ほどの変動幅ではなかった。これは、土壌温度管理や光照射技術によって、生育状態、品質、抗酸化成分が安定したことによると考えられた。本研究の結果により、今後、光照射技術と地熱を活用したハウス内および土壌温度管理によって、さらに安定した品質のハマボウフウ栽培が可能であることが示唆された。

【キーワード：ハマボウフウ、抗酸化性、抗酸化成分、施設栽培、栽培温度】

### I. 緒言

ハマボウフウ (*Glehnia littoralis* Fr. Schmidt) は、日本各地の海岸砂丘に自生するセリ科ハマボウフウ属の多年草である。食用・薬用どちらにも用いられ、食用としては酢の物や刺身の「つま」などに利用される<sup>1)2)</sup>。江戸時代には「八百屋防風」の名で販売されていた記録がある<sup>3)</sup>。乾燥させた根は生薬の一種である「防風」の代替品として長年利用されており、「ハマボウフウ」という名も「防風」に似ていて浜辺に自生することが由来している。「日本薬局方」にも1891年の第2版以来掲載されており<sup>4)5)</sup>、去痰、解熱、鎮咳などの効能をもつとされている。

ハマボウフウの根や根茎などには芳香族化合物のクマリンが多く含まれている<sup>6)7)</sup>。クマリンは桜の葉に代表される植物の香り成分の一種であり、クマリンとその誘導体は抗菌効果や抗血液凝固作用、むくみ改善効果、免疫活性化作

用、抗酸化作用などをもつ<sup>8)9)10)</sup>。また、乾燥させたハマボウフウの根の抽出物が結核菌やMAC (*Mycobacterium avium* complex: 非結核性抗酸菌症の原因菌) の増殖を抑制することも McCutcheon ら<sup>11)</sup> によって明らかとなっている。その他にも先行研究により、抗酸化性物質であるフェニルプロパノイド、リグナン、フラボノイドのほか、サリチル酸やバニリン酸といった有機酸などを有していること、免疫調節活性、抗腫瘍活性、抗炎症作用、抗酸化作用、神経保護作用、脂質増加抑制などさまざまな機能性を持つことも報告されている<sup>12)</sup>。根や根茎に関する研究以外に、ハマボウフウ地上部に関するいくつかの研究報告がある。ヒトの皮膚の細胞である HS68 細胞への葉の熱水抽出物処理は、UVB 照射を行った HS68 細胞の生存率をアスコルビン酸と同等もしくはそれ以上に改善することが明らかとなっている<sup>13)</sup>。また、葉の熱水抽出物には、皮膚のしわやたるみの原因となるエラスターゼおよびチロシナーゼの阻害効果、しみの原因となるメラニンの合成阻害

\*島根大学人間社会科学研究所

\*\*島根大学人間科学部

効果があり、皮膚の美白および抗しわ特性を示すことが報告されている<sup>13)</sup>。

島根大学では経済産業省+松江市との連携事業として「地熱を活用した松江市エネルギー構造高度化ビジョン策定事業 朝鮮人参・薬草類等健康志向作物事業」が行われている。この事業では、奥飛騨温泉郷（岐阜県）などの温泉熱を利用した栽培例を参考に、山陰地方での地熱を利用した作物栽培方法の確立を目指した研究が実施されており、ハマボウフウも対象のひとつとなっている。ハマボウフウの生産に関しては、島根県では40年ほど前から松江市八束町の大根島にて、朝鮮人参や牡丹などの薬用植物の栽培経験を生かし、生産組合によって露地栽培品の「露地ほうふう 華芽」と施設栽培品の「島根県大根島 ほうふう」の2品のハマボウフウの生産が行われている<sup>14)</sup>。

施設栽培品のハマボウフウは露地での生育期間20～21か月を経てビニールハウスへ移植し、葉と葉柄の部分が随時収穫される。そのため、販売期間が5月下旬～6月初旬に限定される露地栽培品とは異なり、施設品は通年で販売されている。また、施設品の生育条件については以下の通りである。3月に露地で播種を行った翌年の11～12月頃に根ごと移植し、温度、施肥、灌水、光照射の管理を頻繁に行う。温度が高い時期には、地下パイプによる地下水の利用、扇風機、ビニールハウスの開閉により温度を下げ、温度が低い時期には、電熱線により土壌を、石油ヒーターによりハウス内全体を加温する。その他、日光の反射・吸収を利用した農業用シート（夏場は白、冬場は黒）も用いて、土壌温度を23℃程度に保つようにする。灌水は週に2回、収穫後に液肥散布と併せて行う。光照射は、1.3 m×15 mの栽培床に1 m間隔、高さ0.5 m位置に設置された電球型蛍光灯ランプ（株式会社マルトキ製、スパイラルバイタライト20 W）を用いて行う。春～秋季は夕方のみ、日射量の少ない冬季および雨天時には終日土壌全体をシートで覆い、光を照射する。

島根県では冬季に積雪があり気温も低くなるため、冬季の温度管理は特に重要となっている。従って、施設品の生育において地熱を利用することで、冬場の温度管理のコストを削減できる可能性が考えられる。そのため、本研究では、生育条件のうちの栽培温度に着目し、ハマボウフウ施設品の生育状態や抗酸化性に対するその影響を明らかにすることを目的とした。

## II. 実験方法

### (1) 材料

サンプルは2021年8月4日、9月24日、10月

25日、11月22日、12月13日、2022年1月28日、2月16日、3月23日、4月15日、5月25日、6月27日、7月20日にJAしまねくにびき地区本部 八束町はまぼうふう生産組合から入手した「島根県大根島 ほうふう」を使用した（Fig.1）。総ポリフェノール含量および抗酸化性、アントシアニン含量測定では凍結乾燥品を用い、葉と葉柄の2つの部位に分けた。

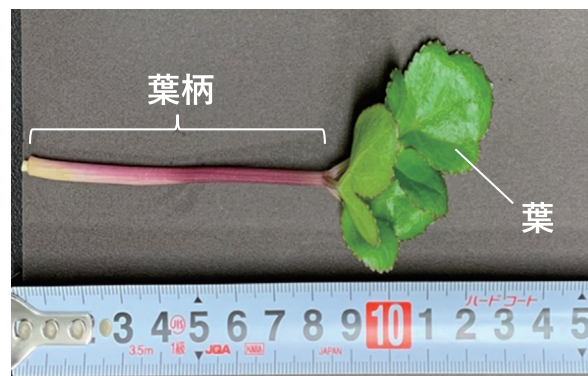


Fig. 1 供試した「島根県大根島 ほうふう」

### (2) 月別のハウス内平均温度

サンプルの生産を行っているビニールハウス内に温湿度記録計（おんどとり TR-72wf, 株式会社ティアンドデイ）を設置し、ハウス内温度の経時的な記録を行った（Fig.2）。また、収集した温度記録データから月別の平均温度を算出した。

### (3) 生育状態

20個体をランダムに選び、丈と重量と葉柄の太さを測定し、平均値±標準誤差（n=20）で示した。丈と重量はハマボウフウ全草、葉柄の太さは中央を測定した。各項目の測定にはそれぞれメジャー（原度器製 プロマートオートロックメジャー 3.5m AUL1935）、電子天秤（株式会社エー・アンド・デイ製 コンパクト天びん EW-i シリーズ EW-150i）、デジタルノギス（Mitutoyo製 IP67 ABSOLUTE Coolant Proof Caliper）を使用した。

### (4) 色調

葉および葉柄それぞれ20個体をランダムに選び、分光測色計（CR-13, コニカミノルタ, 東京）を用いて、葉および葉柄のL\*, a\*, b\*値を測定した。

### (5) 総ポリフェノール含量および抗酸化性

本研究はサンプルの保存性ならびに分析時における抽出の効率性と均一性を考慮し、いずれの測定にも凍結乾燥粉末を使用することとした。測定に際し、各サンプル粉末200 mgを50 mL遠心管に量り取り、60%エタノール10 mLを加え、振





Fig. 2 温度記録計の設置風景

とう機（ヤマト株式会社製，BW201）で  $40\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot 150\text{ rpm}$  で2時間抽出し，サンプル溶液を調製した．総ポリフェノール含量は Goldstein・Swain<sup>15)</sup>の方法を参考に，フォーリン・チオカルト試薬を用いたフォーリン・チオカルト法によって測定し，乾燥粉末（Dry weight：DW）の（+）-カテキン相当量（mg カテキン相当量 /100 g DW）として表した．DPPH ラジカル捕捉活性は安定的な DPPH ラジカルを用いる須田<sup>16)</sup>の方法に準じて測定し，乾燥粉末のトロロックス（6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid）相当量（ $\mu\text{mol}$  トロロックス相当量 /g DW）で表した．H-ORAC は渡辺ら<sup>17)</sup>の方法を参考に， $0.45\text{ }\mu\text{m}$  フィルター（Membrane Solutions 製，Syringe Filters）を用いて抽出したサンプル溶液をアッセイ緩衝液（75 mM リン酸緩衝液，pH 7.4）で適宜希釈し，96 ウェルマイクロプレート（#3072，Becton-Dickinson）の各ウェルに試験液またはトロロックス溶液（35  $\mu\text{L}$ ）を加えた後，フルオレセイン溶液（115  $\mu\text{L}$ ，110.7 nmol/L）と AAPH 溶液（50  $\mu\text{L}$ ，31.7 nmol/L）を加え， $37\text{ }^{\circ}\text{C}$  に保ったマイクロプレートリーダー（コロナ電気株式会社製 SH-9000Lab）を使用して2分間隔で90分間継時的に蛍光強度（励起波長 485 nm，検出波長 520 nm）を測定した．H-ORAC 値は乾燥粉末のトロロックス相当量（ $\mu\text{mol}$  トロロックス相当量 /g DW）で表した．

#### (6) アントシアニン含量

鶴永ら<sup>18)</sup>の方法に準じて，シアニジンクロライドを標準品として測定を行った．測定に際して各サンプル粉末と5%ギ酸を混和し， $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  で48時間抽出後， $0.45\text{ }\mu\text{m}$  フィルターを用いて濾過し

た．その後96ウェルマイクロプレートの各ウェルにサンプル溶液を分注後，マイクロプレートリーダーを用いて検出波長 540 nm で吸光度を測定した．アントシアニン含量は乾燥粉末のシアニジンクロライド相当量（mg シアニジンクロライド相当量 /100g DW）として表した．

### Ⅲ. 結果および考察

#### (1) 月別のハウス内平均温度

Fig.3に月別のハウス内平均温度を示した．8～9月については記録計の操作ミスによりデータ保存ができていないため，欠損値となった．ハウス内の平均温度は，1月が最も低い  $13.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，7月が最も高い  $29.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  で， $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  以上の差があった．松江市の平均気温と比較すると，ハウス内平均温度はいずれも高く，最大で  $10.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  の差（2月）が生じた．なお，ハウス内温度のデータが欠損している8～9月については，他の月のハウス内および松江市間における平均気温の差から考えて，ハウス内平均温度は8月が  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  程度，9月が  $26\text{ }^{\circ}\text{C}$  程度であったと推察された．

#### (2) 生育状態

Fig.1にデジタルカメラで撮影した全草を，Fig.4に各月の全草の丈および重量と葉柄の太さを示した．ハウス内温度が同レベルだった12月および2月（ $14.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）を比較すると，全草の丈，重量および葉柄の太さは，それぞれ12月が  $12.2 \pm 0.6\text{ cm}$ ， $1.4 \pm 0.1\text{ g}$ ， $3.4 \pm 0.2\text{ mm}$ ，2月が  $14.5 \pm 0.4\text{ cm}$ ， $3.0 \pm 0.2\text{ g}$ ， $4.3 \pm 0.1\text{ mm}$  で，いずれも有意差を示した（ $P < 0.05$ ）．また，全草の丈，重量および葉柄の太さそれぞれの年間を通しての値

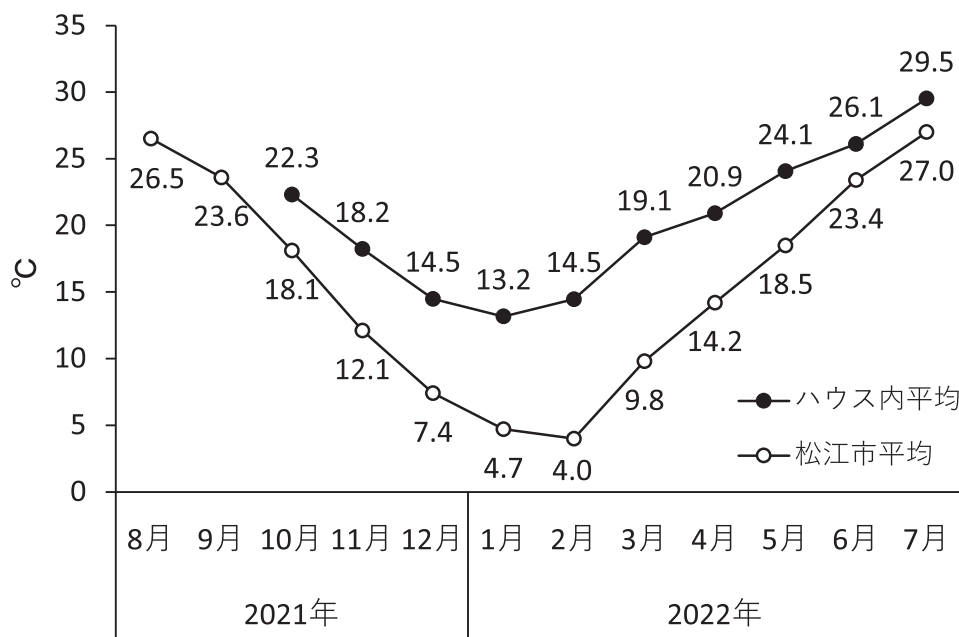


Fig. 3 ハウス内温度および松江市の月別平均気温

8～9月は記録計の操作ミスによりデータ保存ができなかったため欠損。

松江市の平均気温のグラフは気象庁ホームページのデータ

「島根県 2021年(月ごとの値)平均気温(°C)」([https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/monthly\\_h1.php?prec\\_no=68&block\\_no=00&year=2021&month=08&day=&view=p2](https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/monthly_h1.php?prec_no=68&block_no=00&year=2021&month=08&day=&view=p2))と

「島根県 2022年(月ごとの値)平均気温(°C)」([https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/monthly\\_h1.php?prec\\_no=68&block\\_no=00&year=2022&month=08&day=&view=p2](https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/monthly_h1.php?prec_no=68&block_no=00&year=2022&month=08&day=&view=p2))をもとに作成。

の変化には共通した傾向は認められなかった。また、葉柄の太さ ( $2.9 \pm 0.1 \sim 4.3 \pm 0.1$  mm) は年間を通してほぼ同レベルの値を示しており、全草の丈および重量と葉柄の太さに対するハウス内温度の影響は低いと考えられた。本研究で使用したハマボウフウ施設栽培品は、生育において年間を通して温度管理が行われている。夏場は地下パイプによる地下水の利用、扇風機、ビニールハウスの開閉によりハウス内および土壌の温度を下げ、冬場は電熱線により土壌を、石油ヒーターによりハウス内全体を加熱する。その他、日光の反射・吸収を利用した農業用シート(夏場は白、冬場は黒)も用いて、土壌温度を 23 °C 程度に保つようにする。ハウス内温度は変動があるが、土壌温度の変動が小さく生育状態に大きな差が生じなかった可能性が考えられた。本研究では土壌温度の記録は実施していなかったため、土壌温度の影響については結論づけることが出来なかった。

### (3) 色調

施設品のハマボウフウは刺身のつまなどの彩り目的での利用が多い。また、八束町はまぼうふう生産組合では、葉の形、葉および葉柄の色により品質のグレードを3段階に分けており、葉は鮮やかな緑色、葉柄は鮮やかな紅色のものが高品質とされる。本研究で使用したハマボウフウの栽培では電球型蛍光灯(株式会社マルトキ製、スパ

イラルバイタライト 20 W) による光照射を実施している。春～秋季は夕方のみ、日射量の少ない冬季および雨天時には終日土壌全体をシートで覆い、光を照射する(Fig.5)。Fig.6に各月の葉と葉柄の  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  値を示した。 $L^*$  値、 $a^*$  値および  $b^*$  値のいずれにおいても有意差を示した月があったものの、葉柄の  $a^*$  値ならびに  $b^*$  値をのぞいては一定の範囲におさまっていた。また、ハウス内の月別平均温度(Fig.3)と色調(Fig.6)の各月の数値を比較したところ、温度と連動した変化は確認できなかった。

サンプルは各月ランダムに20本、葉柄は中心部分の測定を行ったが、葉と比較すると葉柄の値のばらつきが大きかった。本研究で使用した色差計(CR-13, コニカミノルタ, 東京)の測定径が  $\Phi 8$  mm であるのに対して、ハマボウフウ葉柄の幅は 3～5 mm 程度であった。色差計のメーカー担当者からは、色差計の測定部より面積の狭いサンプルを測定する場合、色差計の測定部の一部を覆うなど、測定条件を揃えた状態で得られる値については、誤差は小さいと考えられるとの回答を得た。本研究ではいずれの月においても条件を統一して測定を行ったつもりではあったが、10月 ( $15.6 \pm 1.1$ ) と6月 ( $1.8 \pm 0.8$ ) の葉柄の  $a^*$  値のように、値に大幅な差が生じている箇所もある。そのため注意をして測定したものの、正確な値が得られなかった可能性がある。



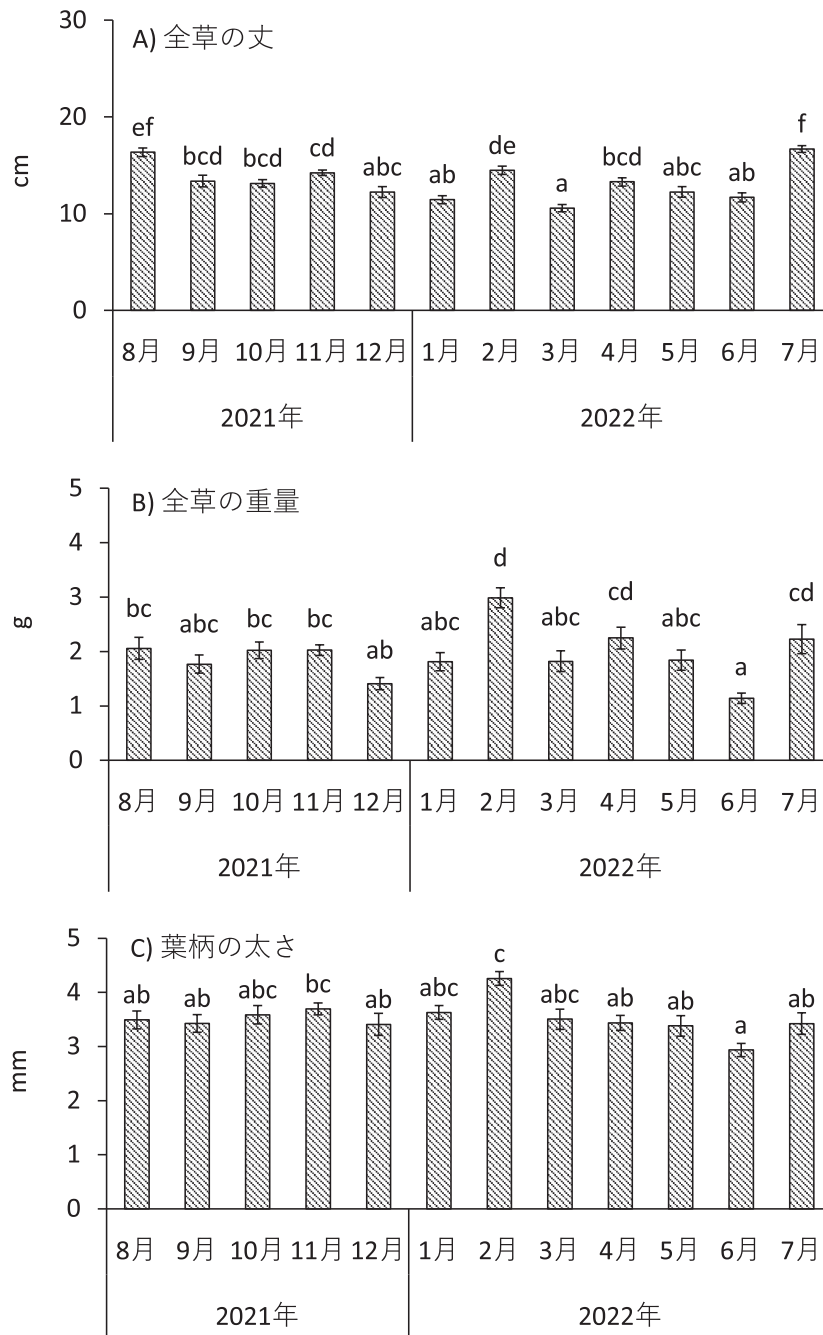


Fig. 4 月別のハマボウフウ全草の丈 A) および重量 B), 葉柄の太さ C) サンプル数はいずれも n=20. 値は平均値±標準誤差で表記. グラフ棒上部の異なるアルファベットは有意差を表す (P<0.05).

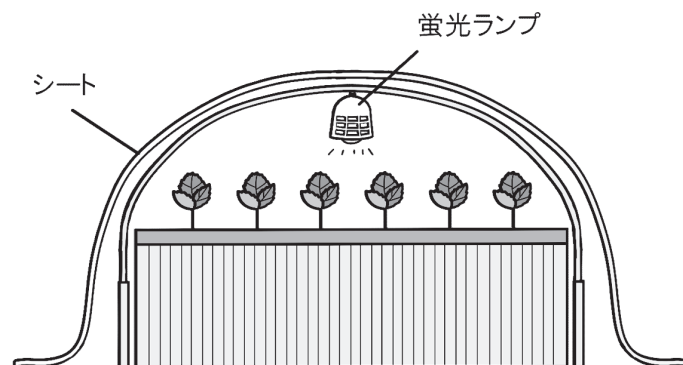


Fig. 5 ハマボウフウへの光照射

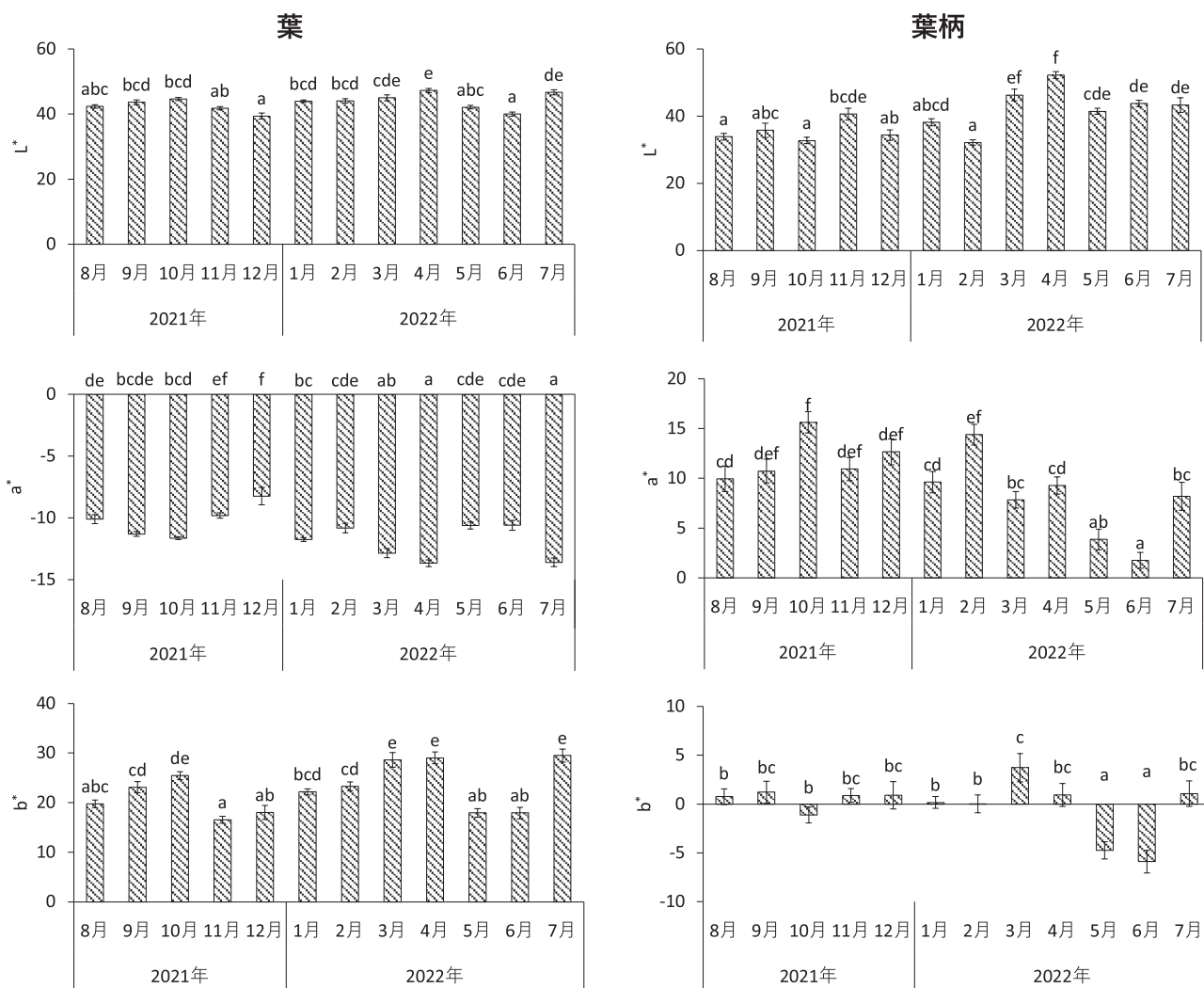


Fig. 6 月別の葉および葉柄のL\*値, a\*値, b\*値

サンプル数はいずれも n=20. 値は平均値±標準誤差で表記.

グラフ棒上部の異なるアルファベットは有意差を表す (P<0.05).

#### (4) 総ポリフェノール含量および抗酸化性

各月の葉と葉柄の総ポリフェノール含量, DPPH 値および H-ORAC 値をそれぞれ Fig. 7, 8, 9 に示した. 葉と葉柄を比較すると, いずれの測定でも葉の方が高い値を示した. また, ハウス内温度と総ポリフェノール含量, DPPH 値および H-ORAC 値の決定係数はそれぞれ, 葉が R = 0.188, 0.135, 0.475, 葉柄が R = 0.347, 0.281, 0.280 で, ハウス内の温度との相関はみられなかった. ハウス内平均温度が最も低かったのは 1 月 (13.2 °C), 最も高かったのは 7 月 (29.5 °C) であったが (Fig. 3), 葉における総ポリフェノール含量は 1 月が 3405.9 ± 25.9, 7 月が 3604.1 ± 87.9 mg カテキン相当量/100 g DW で有意差はなかった (P > 0.05) (Fig. 7). また, DPPH 値も 1 月が 148.2 ± 8.4, 7 月が 161.3 ± 4.2 μmol トロロックス相当量 /g DW で有意差はなかった (P > 0.05) (Fig. 8). 一方で H-ORAC 値は 1 月が 679.3 ± 22.3, 7 月が 875.4 ± 30.2 μmol トロロックス相

当量/g DW で有意差を示した (P < 0.05) (Fig. 9). 葉柄の総ポリフェノール含量は 1 月が 733.9 ± 12.1, 7 月が 810.0 ± 53.1 mg カテキン相当量/100 g DW で有意差はなかった (P > 0.05) (Fig. 7). また, DPPH 値は 1 月が 37.4 ± 1.0, 7 月が 30.5 ± 1.2 μmol トロロックス相当量/g DW で有意差を示した (P < 0.05) (Fig. 8). H-ORAC 値では 1 月が 170.0 ± 4.3, 7 月が 128.5 ± 7.0 μmol トロロックス相当量 /g DW で有意差はなかった (P > 0.05) (Fig. 9).

また, 最も高い値を示した月についても, 葉, 葉柄, 測定方法によって異なり, 葉の最も高い値を示した月は総ポリフェノール含量と DPPH 値が 10 月, H-ORAC 値が 7 月であった (Fig. 7A, 8A, 9A). 葉柄は総ポリフェノール含量が 6 月, DPPH 値および H-ORAC 値が 3 月であった (Fig. 7B, 8B, 9B). 一般的に食物は旬の時期において栄養成分が豊富とされる<sup>19)</sup>. ハマボウフウ (露地) の旬は 3 月 ~ 5 月とされる<sup>20)</sup>. 本研

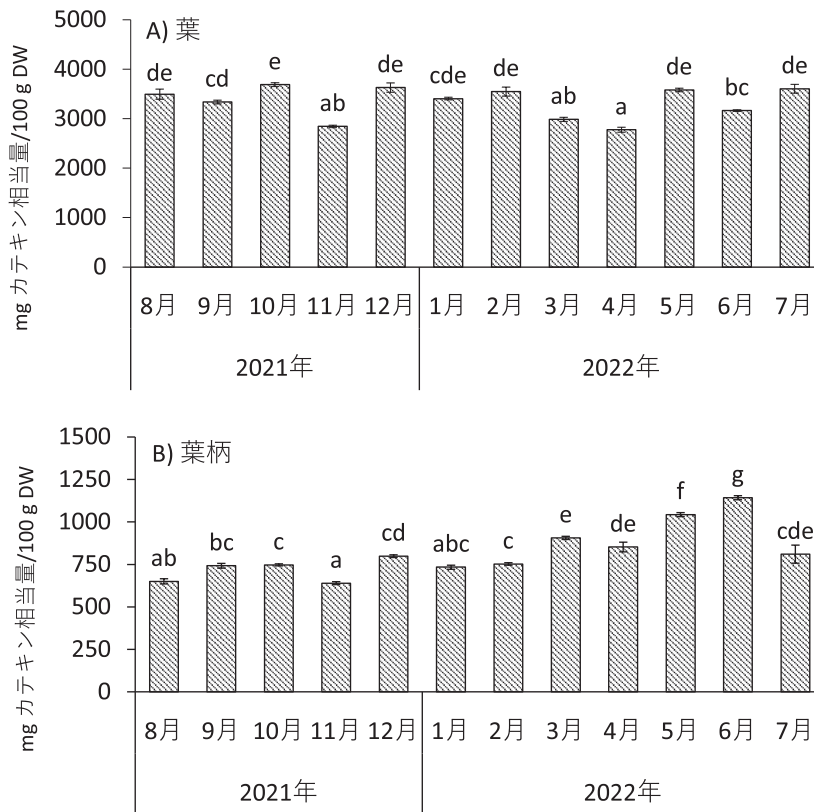


Fig. 7 月別の葉 A) および葉柄 B) の総ポリフェノール含量  
 サンプル数はいずれも n=6. 値は平均値±標準誤差で表記.  
 グラフ棒上部の異なるアルファベットは有意差を表す (P<0.05).

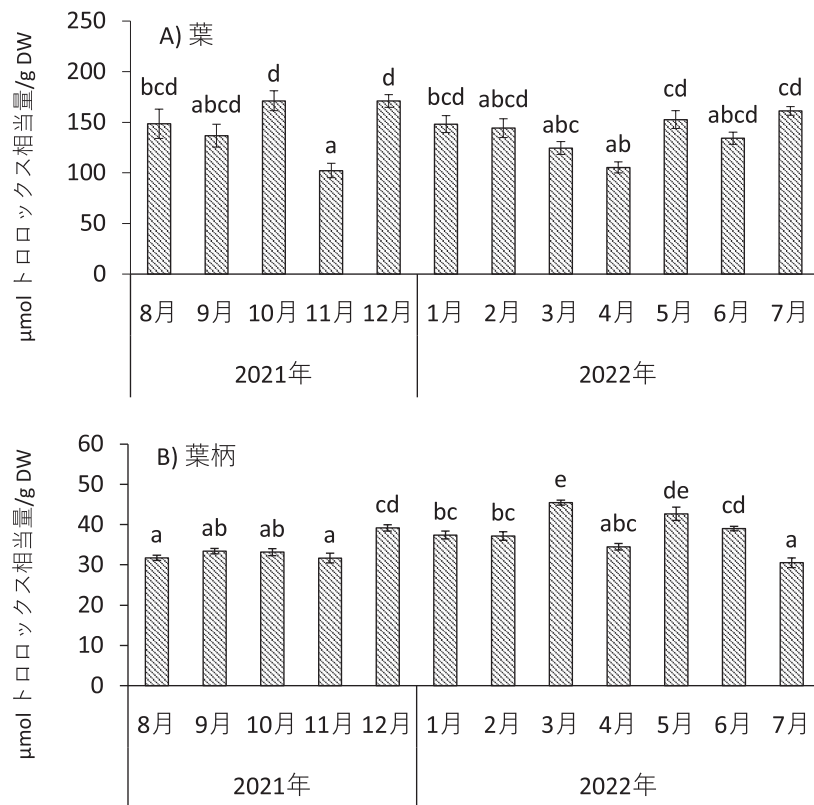


Fig. 8 月別の葉 A) および葉柄 B) のDPPH 値  
 サンプル数はいずれも n=6. 値は平均値±標準誤差で表記.  
 グラフ棒上部の異なるアルファベットは有意差を表す (P<0.05).



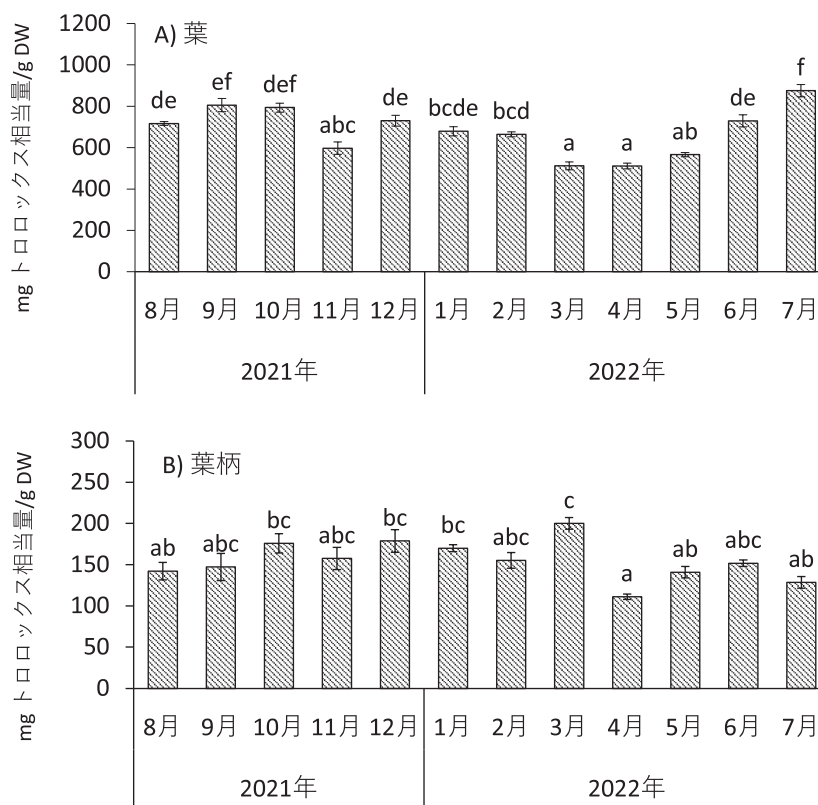


Fig. 9 月別の葉 A) および葉柄 B) の H-ORAC 値

サンプル数はいずれも n=4. 値は平均値±標準誤差で表記.

グラフ棒上部の異なるアルファベットは有意差を表す (P<0.05).

究では、葉柄の DPPH 値および H-ORAC 値は 3 月に最も高い値を示した一方、葉柄の総ポリフェノール含量と葉の総ポリフェノール含量および抗酸化性の最も高い値は旬の時期に該当していなかった。本研究で使用したハマボウフウは施設栽培であり、屋外での栽培と異なり、年間の生育条件が定まっている。また、通年で収穫を行っており、頻度も 7 日程度の間隔と短い。露地栽培とは栽培環境が大きく異なり、栽培環境がある程度制御されている周年栽培であることから、旬による成分含量への影響は表れにくいと推察された。

#### (5) アントシアニン含量

アントシアニンは天然の着色料であり、抗酸化性や抗発がん特性、視力改善など様々な機能性を有することも明らかとなっている<sup>21)</sup>。色調でも述べたように、施設栽培のハマボウフウは彩り目的での利用が多く、葉柄の色は販売における品質グレードの判断基準の一つとなっている。Fig.10 に各月の葉柄のアントシアニン含量を示した。最も高い値を示したのは 6 月 (250.2±3.1 mg シアニジクロライド相当量/100 g DW)、最も低い値を示したのは 7 月 (139.6±1.3 mg シアニジクロライド相当量/100 g DW) であった。アントシアニンは赤-紫 (酸性-中性) の色素成分であり、色調の a\* 値 (赤-緑) との関連が高い。a\*

値では 6 月 (1.8±0.8) が最も低い値を示したのに対し、アントシアニン含量は 6 月が最も高かった (Fig.6, Fig.10)。また、a\* 値とアントシアニン含量における決定係数は R=0.281 で相関は認められなかった。色調の考察でも述べたように、本研究では葉柄における色調の測定に問題があったと考えられた。また、本研究での葉柄の総ポリフェノール含量とアントシアニン含量の結果を比較すると、一部例外があるものの、月別の推移は類似した傾向を示した (Fig.7, Fig.10)。これはアントシアニンがポリフェノールの一種であることが起因していると考えられる。葉柄の総ポリフェノール含量とアントシアニン含量の決定係数を求めたところ、R=0.718 で強い相関を示した。ハウス内温度が高い 7~8 月のアントシアニン含量は、7 月が 139.6±1.3、8 月が 152.0±2.7 mg シアニジクロライド相当量/100 g DW で、年間でみると低い値を示した (Fig.10)。植物のアントシアニン含量には光や温度といった環境条件が大きく影響することが明らかとなっている<sup>22)</sup>。アントシアニンの生合成には、UDP glucose-flavonoid 3-O-glucosyltransferase (UGFT) や chalcone synthase (CHS), phenylalanine ammonia-lyase (PAL) などの酵素の遺伝子発現が必要とされる<sup>23)</sup>。ダークリッジ・ブドウ (*Vitis vinifera* L. × *Vitis labrusca* L.) やビルベ

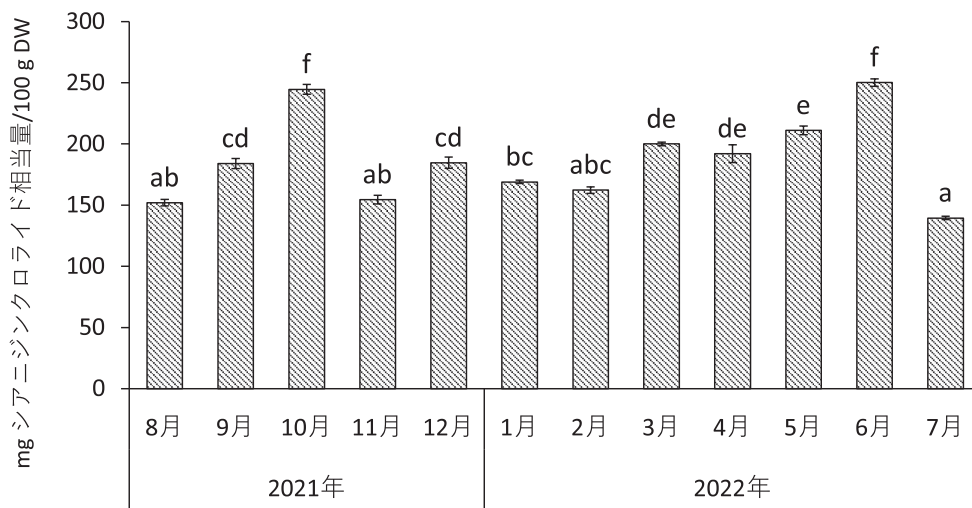


Fig. 10 月別の葉柄のアントシアニン含量

サンプル数はいずれも  $n=3$ . 値は平均値 $\pm$ 標準誤差で表記.  
 グラフ棒上部の異なるアルファベットは有意差を表す ( $P<0.05$ ).

リー (*Vaccinium myrtillus* L.), ブルーベリー (*Vaccinium corymbosum* L. cv. Brigitta Blue) では生育環境が高温であると, これらの遺伝子の発現およびアントシアニンの生合成が抑制される傾向にあることが明らかとなっている<sup>22)24)</sup>. ハマボウフウにおいても, 7月や8月のアントシアニン含量が少なかったのは, ハウス内温度が高かったため, アントシアニン生合成に関わる遺伝子発現およびアントシアニンの生合成が抑制された可能性が考えられた. また, 11月および2月のアントシアニン含量もそれぞれ  $154.5 \pm 3.5$ ,  $162.4 \pm 2.7$  シアニンクロライド相当量/100 g DW で, 他の月と比較して低い値を示した. 浅平・柗田<sup>25)</sup> はヤナギタデ (*Persicaria hydropiper* L.) のアントシアニン生成に及ぼす光の影響について報告している. 芽生えのヤナギタデにおいて, 昼光色蛍光灯 (ナショナル製) による光照射を行い, 開始から 15 分までは色素生成量が急速に増加し, 以降の増加は緩やかになるが, 照射時間に比例して色素量が増加したことが明らかとなっている. 本研究で使用したハマボウフウの栽培では電球型蛍光灯による光照射を行ったが, 春~秋季と冬季では光照射の時間が異なる (春~秋季は夕方のみ, 冬季および雨天時は終日土壌全体をシートで覆ったうえで照射した (Fig.5)). 浅平・柗田<sup>25)</sup> のヤナギタデの研究においては光照射時間に比例して色素量が増加したが, 本研究で使用したハマボウフウはそれとは異なり, 光照射時間の長い冬季の方が, 春~秋季に比べてアントシアニン含量は低い値を示した (Fig.10). しかし, 冬季は春~秋季より日照時間が短いにも関わらず, 光照射によってアントシアニン生成量を夏季と同等にすることができているともいえる (Fig.10). 光は植物におけるアントシアニン生成に必要な要素であ

り, 冬季のアントシアニン生成に, 光照射の効果があつたと推察された. 本研究により, ハウス内温度は大きく変動するものの, 光照射技術によりアントシアニン含量の月別変動を抑制できることが明らかとなった. 土壌温度管理の効果もあると考えられるが, そのデータを取得しておらず, その効果を断定することには至らなかった.

#### IV. まとめ

八束町はまぼうふう生産組合にて生産されている施設栽培のハマボウフウについて, 地熱利活用の可能性を探るため, ハウス内温度が生育状態, 色調, 総ポリフェノール含量, 抗酸化性およびアントシアニン含量におよぼす影響について検討した. その結果, ハウス内温度に影響を受けた評価項目はなかった. これは, 年間を通じて, 品質や含有成分がほぼ一定になるように, 生産者がハウス内温度の他, 光照射や土壌温度管理を徹底していることに起因すると考えられた. これらの結果から, ハウス温度ならびに土壌温度管理に地熱エネルギーを利活用することで, 光熱費を低く抑えることが可能であることが示唆された. 本研究では, 土壌温度と光照射技術が機能性成分含量や品質に及ぼす影響については明確にできなかったが, 今後これらの効果を明確にすることで, 再生エネルギーである地熱エネルギーを活用した持続可能なハマボウフウ栽培につながることを期待する.

#### 付 記

本研究は, 「地熱を中心とした再生可能エネルギー利活用の委託研究事業 (朝鮮人参・薬草類等

健康志向事業)」により実施された成果の一部である。

## 引用文献

- 1) 三橋博 (1998). 原色牧野和漢薬草大圖鑑. 北隆館.
- 2) 大橋広好, 門田裕一, 木原浩, 邑田仁, 米倉浩司 (2017). 改訂新版 日本の野生植物 5 ヒルガオ科～スイカズラ科. 株式会社平凡社.
- 3) 石原美香, 小林伸雄, 坂本咲子, 石橋正美 (2008). 島根半島周辺地域に自生するハマボウフウに関する研究—自生状況, フェノロジーならびに冷湿処理下の胚の発達について—. 園芸学研究. Vol. 7, 469-473.
- 4) 厚生労働省 (2016). “第十七改正日本薬局方”. <https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11120000-Iyakushokuhinkyoku/JP17.pdf> (閲覧 2023. 1. 10).
- 5) 株式会社ウチダ和漢薬 (2007). “生薬の玉手箱 | 浜防風 (ハマボウフウ)”. <https://www.uchidawakanyaku.co.jp/kampo/tamatebako/shoyaku.html?page=186> (閲覧 2023. 1. 10).
- 6) Sasaki, H.; Taguchi, H.; Endo, T.; Yosioka, I. (1980). The Constituents of *Glehnia littoralis* FR. Schmidt et MIQ. Structure of a New Coumarin Glycoside, osthénol-7-O- $\beta$ -gentiobioside. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. Vol. 28, 1847-1852.
- 7) Kitajima, J.; Okamura, C.; Ishikawa, T.; Tanaka, Y. (1998). Coumarin Glycosides of *Glehnia littoralis* Root and Rhizoma. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. Vol. 46, 1404-1407.
- 8) Li, W.; Xiong, P.; Zheng, W.; Zhu, X.; She, Z.; Ding, W.; Li, C. (2017). Identification and Antifungal Activity of Compounds from the Mangrove Endophytic Fungus *Aspergillus clavatus* R7. *Marine Drugs*. Vol. 15, 259.
- 9) Jain, P.; Joshi, H. (2012). Coumarin: Chemical and Pharmacological Profile. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. Vol. 2, 236-240.
- 10) Kadhun, A. A. H.; Al-Amiery, A. A.; Musa, A. Y.; Mohamad, A. B. (2011). The Antioxidant Activity of New Coumarin Derivatives. *International Journal of Molecular Sciences*. Vol. 12, 5747-5761.
- 11) McCutcheon, A.; Stokes, R.; Thorson, L.; Ellis, S.; Hancock, R.; Towers, G. (1997). Anti-Mycobacterial Screening of British Columbian Medicinal Plants. *International Journal of Pharmacognosy*. Vol. 35, 77-83.
- 12) Yang, M.; Li, X.; Wang, C.; Ji, M.; Xu, J.; Zhang, K.; Liu, J.; Zhang, C.; Li, M. (2019). Ethnopharmacology, phytochemistry, and pharmacology of the Genus *Glehnia*: A systematic review. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. Vol. 2019, 1-33.
- 13) Choe, S.-Y.; Hong, J.-H.; Gu, Y.-R.; Kim, I.-D.; Dhungana, S.; Moon, K.-D. (2019). Hot Water Extract of *Glehnia littoralis* Leaf Showed Skin-whitening and Anti-Wrinkle Properties. *South African Journal of Botany*. Vol. 127, 104-109.
- 14) JA しまね (2021). “つながるコラム「絆」 vol.22 松江市・大根島のハマボウフウ”. <https://ja-shimane.jp/report/vol22/> (閲覧 2023. 1. 10).
- 15) Goldstein, J. L.; Swain, T. (1965). The Inhibition of Enzymes by Tannins. *Phytochemistry*. Vol. 4, 185-192.
- 16) 須田郁夫 (2000). 抗酸化能 ①分光学的抗酸化機能評価. *食品機能研究法*. 218-223.
- 17) 渡辺純, 沖智之, 竹林純 (2013). “H-ORAC 分析法 標準作業手順書”. <http://fmic.or.jp/ffd/ffmanual/manual4020101.pdf> (閲覧 2023. 1. 10).
- 18) 鶴永陽子, 高橋哲也, 山下稚香子, 石渡正紀, 工藤章英, 倉光修, 勝部拓矢, 松本敏一, 松本真悟 (2013). 光質および環境温度がソバスプラウトのアントシアニン含量, ルチン含量, DPPH ラジカル捕捉活性に及ぼす影響. *日本家政学会誌*. Vol. 64, 67-73.
- 19) 辻村卓 (2008). “農畜産業振興機構「月報 野菜情報」2008年11月号 野菜の旬と栄養価～旬を知り, 豊かな食卓を～”. [https://vegetable.alic.go.jp/yasaijoho/joho/0811\\_joho01.html](https://vegetable.alic.go.jp/yasaijoho/joho/0811_joho01.html) (閲覧 2023. 1. 10).
- 20) 旬の野菜百科 (2005). “浜ぼうふう／ハマボウフウ／浜防風：特徴や産地と旬の時期”. <https://foodslink.jp/syokuzaihyakka/syun/vegetable/hamaboufu.htm> (閲覧 2023. 1. 10).
- 21) Lila, M. A. (2004). Anthocyanins and Human Health: An In Vitro Investigative Approach. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*. Vol. 2004, 306-313.
- 22) Zoratti, L.; Jaakola, L.; Haggman, H.; Giongo, L. (2015). Anthocyanin Profile in Berries of Wild and Cultivated *Vaccinium* spp. along Altitudinal Gradients in the Alps. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 63, 8641-8650.
- 23) Guo, J.; Han, W.; Wang, M.-H. (2008). Ultraviolet and environmental stresses involved in the induction and regulation of anthocyanin biosynthesis: A review. *African Journal of Biotechnology* Vol. 7, 4966-4972.
- 24) Mori, K.; Sugaya, S.; Gemma, H. (2005). Decreased anthocyanin biosynthesis in grape berries grown under elevated night temperature condition. *Scientia Horticulturae*. Vol. 105, 319-330.
- 25) 浅平端, 榊田正治 (1997). ヤナギタデのアントシアニン生成に及ぼす光および植物生長調節物質の影響. *園芸学会雑誌*. Vol. 46, 225-232.