

## 目 次

|  |    |
|--|----|
| 支部長就任のご挨拶  | 1  |
| 研究報告   |    |
| ・地下灌漑システムが庄内地域での水田転作ダイズの生育と土壌物理性に及ぼす影響<br>・増子 怜・Tung Thanh Nguyen・中坪あゆみ・片平光彦 | 3  |
| ・減圧マイクロ波乾燥ショウガの辛味成分および抗酸化活性の評価<br>・折笠貴寛・松本悠希・倉田大丞・小出章二                       | 7  |
| 支部会記事  |    |
| 庶務報告および会計報告  | 13 |
| 令和 5 年度研究発表会発表会プログラム   | 21 |
| 農業食料工学会東北支部役員および役員体制   | 24 |
| 農業食料工学会東北支部規約・表彰規程と内規・役員選挙規程・投稿規程  | 25 |
| 東北地域農業食料工学関係の研究担当者名簿   | 32 |
| 団体賛助会員名簿・個人会員名簿  | 38 |

## 支部長就任のご挨拶

小 出 章 二  
(岩手大学農学部)

## 1. はじめに

このたび、2025年3月までの2年間、農業食料工学会東北支部の支部長を務めることになりました。前支部長の張 樹槐先生はじめ、歴代の支部長、常任幹事、会員のみなさまが築いてこられた「東北地方における農業機械、農業機械化、農業施設及び食料・生物資源の工学的処理等、農業食料工学に関する学術の進歩発展及び普及」への多大な功績をベースとして、これからも学術価値を共有でき、これからの新しい時代に沿った情報を発信できる支部会として進展するよう努力いたします。なにとぞよろしく願いいたします。

## 2. 農業食料工学会東北支部について

農業食料工学会東北支部（以下、東北支部）について私なりにレビューさせていただきます。東北支部は、1957年3月19日に農業機械学会（現、（一社）農業食料工学会）での理事会満場一致の承認を得て設立されたものです。初代支部長は、農業機械学会の理事長をされていた東北大学の二瓶貞一先生がお引き受け下さり、半年後には弘前大学の森田昇先生が支部長を1970年度まで、その後は山形大学の土屋功位先生が1982年度まで支部長を就任されました。この支部創立からの25年が東北支部の礎を築いたのはいうまでもありません。支部報創刊号をみると二瓶先生から「稲作を中心とした農業機械化の推進に御努力下さるようお願い致します」とのご寄稿がございました。その期待を超えるかのように、（戦前は冷害による凶作地域であった）東北地方が日本の食糧生産基地として称されるようになったこと、これは本支部会の果たした功績の一つでは、と思っております。その後、時代は昭和から平成へと移り、ウルグアイ・ラウンド農業合意、農業の担い手の不足・高齢化、耕作放棄地の増加、加えてTPPによる価格競争と、農業を取り巻く環境は目まぐるしく変化し、それら難題に農業機械化の立場からご対応された支部会員の方も多かったと思います。さて、時代の推移のなかで東北支部において最大のできごとは2011年の東日本大震災とそれに伴う福島原子力発電所の事故であると申しても過言ではないと考えます。東北支部でも、太平洋側3県の研究機関が主となって農業や農地の復興などに取り組まれました（また現在も取り組まれています）。これまで復興にご尽力いただきました会員のみなさまに敬意を表する次第です。

話を近年の東北支部に移します。上述しましたように東北支部は農業機械学会の支部組織でありましたが、2013年9月より親学会でありました農業機械学会は「農業食料工学会」に名称変更し、更に2019年4月より任意団体から一般社団法人に移行しました。これにより東北支部は独立した「新たな組織」として再スタートすることとなりました。とはいえ、東北支部の正会員は半数以上が農業食料工学会の正会員です。2021年に農林水産省が策定しました「みどりの食料システム戦略～食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現～」にてうたわれているキーワード「スマート農業」（具体的にはIoTやAI、ロボット技術などの先端技術の導入、農作業の効率化や省力化に対する技術促進）は、（一社）農業食料工学会の進むべき方向性と重なるものであり、それは本支部会の進むべき道を示しているものです。その意味では、東北支部はまさに時流にのっている学会といえるかと思えます。

## 3. 東北支部のこれからを考える

さて、この東北支部を発展させていくために次のようなことを考えています。はじめに今年度より新たに役員に「将来計画担当」を置き、東北支部の将来について、ともに検討をす

る予定です。将来計画には若い会員をメインとしたワーキンググループを設けるかもしれません。このことにより、東北支部の将来像やあり方、問題点について考えていきたいと考えています。

そのなかで、現時点で検討したい課題を 3 つ紹介いたします。一つは名称である「農業食料工学会東北支部」の変更の必要性についてです。これからの東北支部を担う会員（および団体賛助会員）にとって今の名称が望ましいのか？あるいは関東支部、関西支部、九州支部が「ブロック名+農業食料工学会」と変更したように、東北支部も名称を変更したほうが良いのか？変更するとメリットがあるのか？伝統ある今の名称がよいのでは？いろいろな声が聞こえてきそうですが、名称は学会の顔であります。慎重な議論が必要ですので、諸先輩の方々からも高所大所の観点からアドバイスを頂きますとさいわいです。

次に、会員勧誘活動についてです。1958 年時の会員数は 62 名だったとの記載が支部報第 2 号にあります。平成においては会員は 100 名を超える年も多かったのですが、現在は 80 名以下まで減少しており、なかでも学生会員が激減しています。このことは私たちが 3 年もの間コロナウィルス感染症による行動規制を受け、支部学会が中止になったりオンライン大会となったことによるものと思われまます。自由闊達な議論の場を、若い学生・研究者に提供することは支部会の使命だと思われまます。今後は、支部大会は対面（およびハイブリット）での集まりにもどると思われまますので、大学に勤めている先生方々には、他の大学や組織の方々と交わることで得られる貴重な経験を、是非学生にお知らせいただければ、と思ひまます。そのために、学生が東北支部大会に来やすい環境を創るべきだと考えています。例えば、支部大会の開催県にて学んでいる学生に対しても分野を問わず参加できる仕組みを創ること、「若手の会」の活性化、支部ホームページの充実、著者の依頼に応じて支部報に掲載された研究報告を発刊直後にホームページに掲載する仕組みづくりなど、これまでとは異なるアプローチで会員の獲得について支部活動の宣伝をまじえながら検討したいと思ひまます。

最後に、ダイバーシティを尊重する支部会にしたいと思ひまます。一例としてはみなさまのワーク・ライフ・バランスを考慮して、支部会の開催日時や会議・懇親会の時間帯の見直しなど、より活動しやすいプラットフォームをこれから検討していくべきだと考えています。この点につきましても工夫を進めていきますので、ご協力・アドバイスをよろしく願ひまます。

#### 4. おわりに

過去の支部報をみながら、思いつくままに書かせていただきましたが、改めて先人たちのご苦勞とそこから得られた成果の大切さに気付かされました。東北地域は、都道府県別の食料自給率が 100%を超える日本の重要な食糧生産基地であること、また農業のスマート化は東北支部のメンバーの得意とする学問領域でもあることを考えると、時代は今追い風と考えることができます。会員の方々のより一層のご活躍にご期待を申し上げる次第です。

以下は余談となりますが、2023 年度に向けた(一社)農業食料工学会の次期役員選挙が 2022 年 12 月に公示され、2023 年 1 月に実施されました。これに伴い、本東北支部の役員選挙は、その後に日程を延期して行われ、2023 年 2 月に次期役員体制を決定いたしました。本来「次期支部長の挨拶」は、農業食料工学会東北支部報の出版時期となる 12 月に「巻頭言」として掲載することを常としていましたが、このような事情でしたので、前支部長の張先生とも相談し本稿を 2023 年 3 月に執筆、4 月に公表する運びといたしました。

# 地下灌漑システムが庄内地域での水田転作ダイズの 生育と土壌物理性に及ぼす影響

増子怜\*, Tung Thanh Nguyen\*\*, 中坪あゆみ\*\*, 片平光彦\*\*

## Effects of underground irrigation system on growth and soil physical properties of paddy field rotation soybean in the shonai region

Ryo MASUKO\*, Tung Thanh Nguyen\*\*, Ayumi NAKATSUBO\*\*, Mitsuhiko KATAHIRA\*\*

### Abstract

In Japan, the majority of soybean fields are upland fields converted from former paddy fields, commonly referred to as “converted paddy fields.” These fields usually have poor drainage. Soybean cultivation in those fields usually suffers from high moisture damage in the early growth stage and drought damage in the flowering and grain enlargement stages resulting in low yield. Underground irrigation systems, a composition of drainage and irrigation functions by using a pipe system buried underground, offer a solution for these problems. In this study, we investigated the effects of an underground irrigation system on the growth and yield of soybeans and soil physical properties of the field. The treatments included the underground irrigation system plot (water level can be adjusted by irrigation and drainage), the Non-water level control plot (only drainage system), and the control plot (without irrigation and drainage systems). Soybean yields were 255 kg 10a<sup>-1</sup> in the underground irrigation system plot, 273 kg 10a<sup>-1</sup> in the non-water level control plot, and 255 kg 10a<sup>-1</sup> in the control plot. Regarding soil physical properties, the pulverizing rate was significantly higher in the underground irrigation system plot than in the control plot. There were no differences in the plastic critical water content ratio and saturated hydraulic conductivity between the two treatments. Overall, the yields of underground irrigation system plot and control plot are about the same, but the yields in the non-water level control was slightly higher than control plot. Because rainfall in August in this year was higher than usual, effect of drainage by irrigation system appeared.

[Keywords] underground irrigation system, paddy field rotation, soybean, soil physical properties.

### 1. 緒言

ダイズは納豆や味噌、豆腐などさまざまな食品に加工され、古くから日本人に親しまれてきた作物である。日本でのダイズ栽培は約8割が水田転換ほ場で作付けされている（農林水産省，2023）<sup>1)</sup>が、水田転換ほ場は排水性が悪いため、湿害による減収が大きな問題となっている。そのため、水田転換ほ場でのダイズ栽培は湿害対策として明渠や暗渠等の排水対策が必須となっている。また、ダイズの開花期や子実肥大期では水分不足による減収が引き起こされることもあり、干ばつ対策も必要である。湿害と干ばつ害への対応としては、地下水位制御システムの利用が報告されている（神崎ら，2007）<sup>2)</sup>。地下水位制御システムは暗

渠管で地下排水を促進する機能に加え、暗渠管に用水を注水することで灌漑を行うもので、生育の状況に応じた地下水位の調節が可能である。地下水位の制御は、土壌物理性の改善や根域の拡大などによって作物生育・収量の向上が期待される。

山形県のダイズ栽培は全国平均並みの収量を得られているが、年によって収量の変動が大きいことが課題である（山形県，2022）<sup>3)</sup>。これは湿害による生育不良や開花期以降の降水量不足が原因である。また、山形県の庄内地域は多雨多湿であり、年によって降雨量が異なる（気象庁，2023）<sup>4)</sup>。そこで、庄内地域の水田転換ほ場でダイズ収量を安定させるには、気候状況に応じてほ場の地下水位を調

\* : 山形大学大学院農学研究科

\*\* : 山形大学農学部

節することが重要となる。本報は水田転換ほ場でのダイズ収量を安定化させ、それに伴う生産者の収益向上を目的に、地下水位制御システムによる灌漑の有無がダイズの生育と収量、土壌物理性に与える影響を検討した。

## 2. 試験方法

### (1) ほ場試験

実験ほ場は山形大学農学部附属フィールド科学センター内の隣接ほ場2筆(面積:30a)で行った。ほ場は2019年に水田から畑に転換し、2019年から2021年はダイズを栽培した。ほ場は地下水位制御システム(Denka, RaRaSui)を施工した地下灌漑システム区、明渠のみを施工した対照区を設置した。また、地下灌漑システム区内には水位制御区と水位制御なし区を設けた(図1)。供試品種は“里のほほえみ”である。施肥は化成肥料を6 kg-N/10 a、苦土石灰を60 kg/10 aを散布した。種子消毒にはチアメトキサム・フルジオキシニル・メタラキシルM水和剤(シンジェンタ, クルーザーMAX)を用いた。播種は株間25cm, 条間75cmで行い、1か所あたり2粒を播種した。播種日は2022年5月30日である。地下灌漑は播種後(6月2日)、開花期(7月9日)の計2回行った。

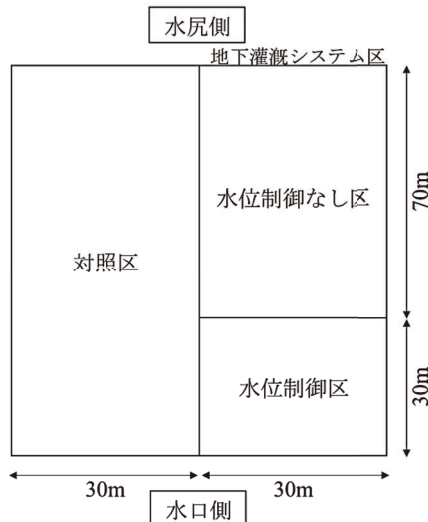


図1 各試験区の配置

ほ場調査は各試験区にそれぞれ2m区間の調査区を6カ所設置し、試験区全体で18区を設置した。実施した調査は萌芽率調査、生育調査、着莢期調査、黄化期調査、収量調査である。萌芽率調査は6月10日に調査区内の20個体を対象に出芽個体数を計測した。生育調査は調査区内の10個体の主茎長(cm)、主茎節数(節)、分枝数(本)を計測した。

調査は6月24日、7月7日、7月21日、8月4日に行った。着莢期調査は9月10日に調査区付近の5個体を採取し、主茎長(cm)、主茎節数(節)、分枝数(本)、茎径(cm)、着莢数(個/個体)、着莢重(g/個体)を計測した。黄化期調査は10月12日に着莢期調査と同様の項目で行った。収量調査は11月11日に調査区内の全個体の良品重(g)、不良品重(g)、良品100粒重を計測し、ダイズ粒の水分率を15%に換算した。ダイズ粒は粒径が5.5 mm以下、着色粒、しわ粒、変形粒、割れ粒を不良品に選別した。

### (2) 土壌試験

土壌調査は地下灌漑システム区と対照区の土壌をそれぞれ5地点から円筒コアで採取して調査した。採取は5月25日と11月14日である。調査項目は飽和透水係数、塑性限界含水比である。飽和透水係数は変水位法を用い算出した。また、各区の耕うん作業後には砕土率と含水率の調査を行った。砕土率は各区からそれぞれ土壌を3点ずつ採取して篩で2cm以上と2cm未満の土塊に分類して算出した。含水比は砕土率と同地点の土壌を用いて105°C-24時間絶乾法で調査した。

### (3) 統計処理

統計処理はSAS9.4(SAS Institute Japan)を用い、各区の多重比較検定(Tukey法)を5%の有意水準で行った。

## 3. 結果と考察

萌芽率調査の結果を表1に示す。1 m<sup>2</sup>あたりの出芽数は水位制御区が11.6本、水位制御なし区が11.7本、対象区が11.1本となった。出芽率は地下水位制御区が86.7%、水位制御なし区が87.5%、対照区が83.3%となった。出芽数、萌芽率ともに各区間で有意な差がなかった。

生育調査の結果を図2に示す。主茎長、主茎節数、分枝数ともに各区間で有意な差がなかった。対象区は枯れていない個体が多く分枝が落ちなかったため、黄化期に他の区と比べて分枝数が多くなった。

表1 萌芽率調査

| 試験区     | 出芽数<br>(本/m <sup>2</sup> ) | 萌芽率<br>(%)  |
|---------|----------------------------|-------------|
| 水位制御区   | 11.6 (0.50)                | 86.7 (3.73) |
| 水位制御なし区 | 11.7 (0.64)                | 87.5 (4.79) |
| 対照区     | 11.1 (1.20)                | 83.3 (8.98) |

注: ( )内は標準偏差を表す。

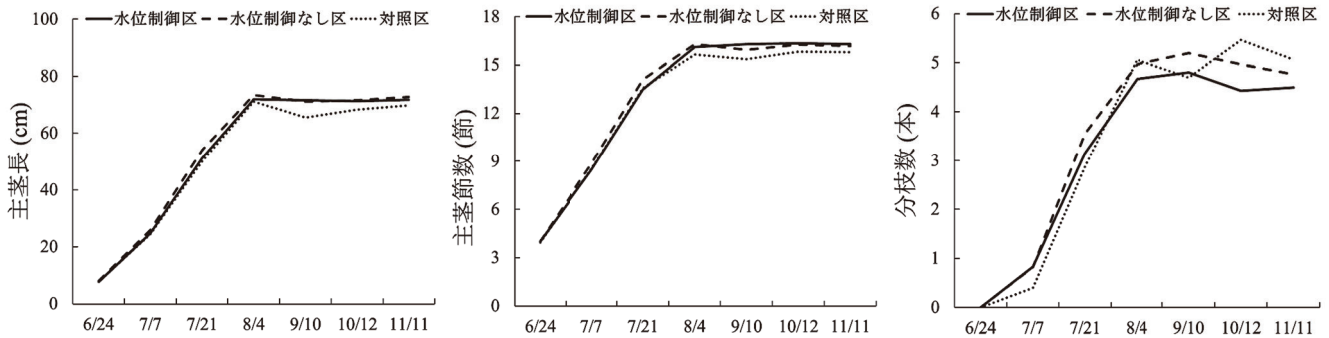
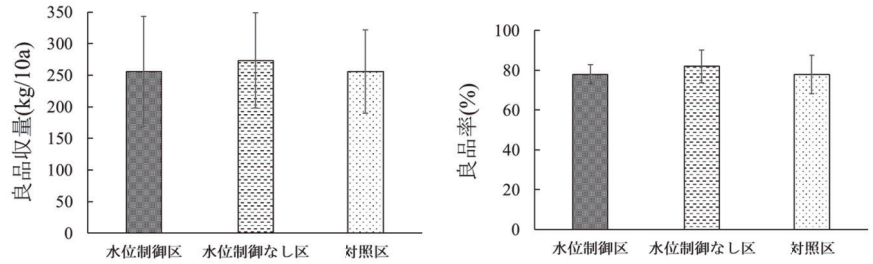


図2 地下水位制御システムがダイズの生育に与える影響（左：主莖長，中央：主莖節数，右：莖径）



着莢期調査の結果を表2に示す。1個体あたりの着莢数は水位制御区が58莢，水位制御なし区が60莢，対照区が52莢となった。1個体あたりの莢重は水位制御区が61.6g，水位制御なし区が65.0g，対照区が53.2gとなった。着莢数，莢重ともに各区間で有意な差がなかった。水位制御区の一部ではこの時期から湿害が見られた（図3）。

表2 着莢期調査

| 試験区     | 着莢数<br>(個/個体) | 莢重<br>(g/個体) |
|---------|---------------|--------------|
| 水位制御区   | 58.2 (13.1)   | 61.6 (20.4)  |
| 水位制御なし区 | 60.0 (5.5)    | 65.0 (5.8)   |
| 対照区     | 52.9 (9.27)   | 53.2 (19.1)  |

注：( )内は標準偏差を表す。

黄化期調査の結果を表3に示す。1個体あたりの着莢数は水位制御区が46莢，水位制御なし区が56莢，対照区が53莢となった。1個体あたりの莢重は水位制御区が75.4g，水位制御なし区が92.6g，対照区が106.6gとなった。着莢数，莢重ともに各区間で有意差がなかった。また，対照区の莢重は他区と比較して重くなったが，対照区には乾燥しきれていない個体が多く水分を多く含んでいたためと考えられる。

表3 黄化期調査

| 試験区     | 着莢数<br>(個/個体) | 莢重<br>(g/個体) |
|---------|---------------|--------------|
| 水位制御区   | 46.6 (24.3)   | 75.4 (46.3)  |
| 水位制御なし区 | 56.7 (20.3)   | 92.6 (24.4)  |
| 対照区     | 53.3 (19.1)   | 106.6 (29.7) |

注：( )内は標準偏差を表す。

収量調査の結果を図4と図5に示す。良品収量は水位制御区が10aあたり255kg，水位制御なし区が273kg，対照区が255kgであった。各区間で有意な差はなかった。良品率は水位制御区が78.0%，水位制御なし区が82.0%，対照区が77.8%であった。各区間で有意な差はなかった。収量構成要素を表4に示す。水位制御区は子実重が21.6g，莢数が48莢，一莢内粒数が1.3粒，百粒重が35.7gであった。水位制御なし区は子実重が23.1g，莢数が47莢，一莢内粒数が1.3粒，百粒重が37.4gであった。対照区は子実重が21.7g，莢数が48莢，一莢内粒数が1.2

表4 収量構成要素

| 試験区     | 子実重<br>(g/個体)  | 莢数<br>(個/個体) | 一莢内粒数<br>(粒/莢) | 百粒重<br>(g)     |
|---------|----------------|--------------|----------------|----------------|
| 水位制御区   | 21.6<br>(7.40) | 48<br>(14.0) | 1.3<br>(0.48)  | 35.7<br>(0.05) |
| 水位制御なし区 | 23.1<br>(6.40) | 47<br>(10.5) | 1.3<br>(0.31)  | 37.4<br>(0.16) |
| 対照区     | 21.7<br>(5.62) | 48<br>(7.87) | 1.2<br>(0.27)  | 38.6<br>(0.19) |

注：( )内は標準偏差を表す

粒，百粒重が38.6gであった。すべての項目で各区間に有意差がなかった。良品収量は水位制御なし区が他区と比べて高く，子実重が他区と比べて増加した。なお，収量は子実重との間に強い相関を示した（図6。2022年の庄内地域

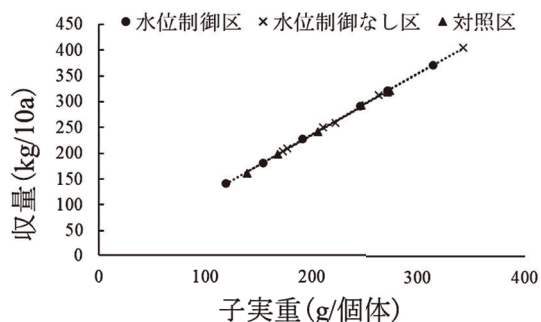


図6 収量と子実重の相関

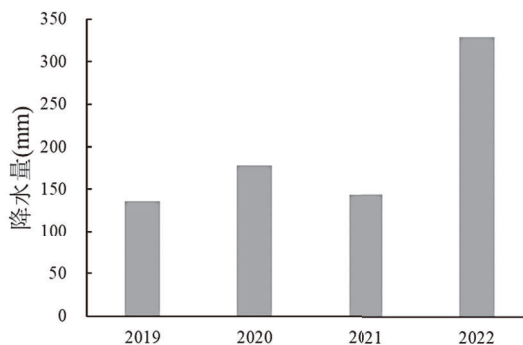


図7 鶴岡市の8月降水量

表5 土壌物理性調査

| 試験区       | 調査時期 | 塑性限界含水比     | 飽和透水係数<br>( $\text{cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ ) | 砕土率<br>(%)  | 含水比         |
|-----------|------|-------------|---|-------------|-------------|
| 地下灌漑システム区 | 播種前  | 0.38 (0.01) | -4~-3   | 90.7 (0.05) | 0.40 (0.01) |
|           | 収穫後  | 0.44 (0.02) | -5  | -           | -           |
| 対照区       | 播種前  | 0.36 (0.02) | -4~-3   | 84.3 (0.04) | 0.43 (0.14) |
|           | 収穫後  | 0.41 (0.07) | -5  | -           | -           |

注：飽和透水係数は10の乗数のみを示し、全調査サンプルの範囲を示す

注：( )内は標準偏差を表す

の8月降水量は例年よりも多く(図7)、地下灌漑システム施工にともなう暗渠排水の効果といえる。

土壌物理性調査を表5に示す。播種前は塑性限界含水比が地下灌漑システム区で0.38、対照区で0.36、飽和透水係数が地下灌漑システム区で-4~-3、対照区で-4~-3であった。収穫後は塑性限界含水比が地下灌漑システム区で0.44、対照区で0.41、飽和透水係数が地下灌漑システム区で-5、対照区で-5であった。塑性限界含水比、飽和透水係数はともに両区間に差がなかった。砕土率は地下灌漑システム区が90.7%、対照区が84.3%となった。地下灌漑システム区が有意に高くなった。含水比は地下灌漑システム区が0.40、対照区が0.43となった。含水比は両区間に差がなかった。また、降雨後の各区のほ場について、地下灌漑システム区は対照区よりも速く乾きやすく、観察によって乾き方や水はけ、見た目に違いがあった。

#### 4. 摘要

水田転換ほ場でのダイズ栽培では、気候状況に応じた水管理が重要である。ダイズ水田作の収量安定化とダイズ生産者の収益向上を目的とし、水田転換ほ場で地下灌漑システムによる灌漑の有無がダイズの生育と収量、土壌物理性に与える影響を調査し、以下の結論を得た。

(1) 地下灌漑システムによる灌漑は、萌芽率、主茎長、主茎節数、分枝数に有意な影響を与えなかった。

(2) 水位制御区は対照区と同程度の収量であり、水位制御区なし区は子実重が他区より高まり、収量が増加した。

(3) 飽和透水係数と塑性限界含水比は、地下灌漑システム区と対照区の違いがなかったが、砕土率では有意な差が生じた。

(4) 降雨後の各区では観察によってほ場の乾き方や見た目に違いがあった。

#### 謝辞

本研究に際し、デンカ株式会社の皆様から多大な協力を頂きました。ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 農林水産省, 2023. 大豆をめぐる事情,  
<https://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/> (2023年10月20日)
- 神崎正明, 冠秀昭, 星信幸, 2007. 地下灌漑システム利用による地下水位調節がダイズの出芽, 生育に与える影響. 日本作物学会紀事 76, 別2, 58-59
- 山形県ホームページ, 2022, 麦・大豆生産性向上計画  
<https://www.pref.yamagata.jp/documents/23660/r4yamagatakenkeikaku> (2023年10月20日閲覧)
- 気象庁, 2023. 山形県の気象特徴  
<https://www.data.jma.go.jp/yamagata/detail/climate.html> (2023年10月20日閲覧)

# 減圧マイクロ波乾燥ショウガの 辛味成分および抗酸化活性の評価

折笠貴寛\*・松本悠希\*・倉田大丞\*\*・小出章二\*

## Evaluation of pungent compounds and antioxidant activity of vacuum microwave dried ginger

Takahiro ORIKASA\*・Yuki MATSUMOTO\*・Daisuke KURATA\*\*・Shoji KOIDE\*

### Abstract

The effects of vacuum microwave (VMW) treatment on gingerol and gingerol content, DPPH radical scavenging activity, and sensory quality of VMW dried ginger were investigated, and the applicability of VMW treatment to dried ginger production was discussed by comparing the results with those of conventional hot air (HA) dried ginger measurements. The results showed that there were no significant differences in pungent compounds and antioxidant activity for either the VMW or HA methods. On the other hand, VMW dried ginger showed the possibility of suppressing pungency and increasing aroma compared to HA dried ginger in the sensory evaluation. In the future, we expect to produce processed foods that take advantage of the characteristics of VMW dried ginger by examining the VMW conditions and identifying the aroma components with a focus on the aroma.

[Keywords] ginger, vacuum microwave, gingerol, shogaol, DPPH radical scavenging activity, sensory evaluation

### 1. 緒言

戦後、我が国の疾病構造は変化し、感染症が主体から生活習慣病が死因の約60%を占めるようになった<sup>1)</sup>。生活習慣病の患者やその予備軍の増加により、生活習慣病患者にかかる医療費は、総医療費における約3割を占めるようになった。加えて、我が国では少子高齢化が深刻な問題となっており、現在は65歳以上の高齢者が人口に占める割合が25%を超える超高齢化社会となった<sup>2)</sup>。高齢化の進行は、若年層の医療費の負担の増加につながり、医療費の増加を抑制することが求められている。つまり、生活習慣病は生活習慣病患者やその予備軍のみにかかわる問題でなく、その患者を支える社会全体にかかわる問題となっている。したがって、生活習慣病の予防は国民の健康生活と経済的な観点から重要な課題となっている。生活習慣病の予防としては、規則正しい生活と適度な運動、バランスの取れた食生活が重要となる。そこで近年、生活習慣病の予防を手助けするものとして食品分野においては食品の3次機能、生体調整機能が注目され、研究が進められている。その結果、特定保健用食品など、数多くの保健機能食品が販売されており、これに伴い消費者の健康志向が高まっている。

2015年4月より機能性食品表示制度施行されたことで、果物や野菜といった生鮮農産物においても機能性の表示が認められた。このような背景をもとに、保健機能食品の市場規模は2015年から2017年までの間に約4倍に増大しており、今後もその傾向が続く

と予測される。これにより、機能性を強みにブランド化された農産物も販売されており<sup>3)</sup>、機能性農産物は6次産業化などに有用であることが考えられる。

ショウガは特有の辛味を持つことから、香辛料として広く用いられている。ショウガは日本で年間約4万トン生産されており、地域振興上重要な作物として特定野菜に指定されている。ショウガは抗酸化作用<sup>4)</sup>、抗炎症作用<sup>5)</sup>、体熱産生作用<sup>6)</sup>などの優れた機能性を有する作物である。これらの機能性には、ショウガの主要な辛味成分であるジゲロールとショウガオールが関わっている。また、1990年にアメリカの国立がん研究所(NCI)にて発表された植物性食品によるがん予防計画「デザイナーフーズ・プログラム」に食生活の改善やがんの予防に効果的な食品40種類をフーズピラミッド<sup>7)</sup>として発表している。その中でショウガは、がんの予防に最も効果的な食品である第一群に属している。特にジゲロールは乳がんを抑制する効果がある<sup>8)</sup>と報告されており、日本人の死因としてがんが最も多い<sup>9)</sup>こともあり、注目されている。他方、ショウガは乾燥ショウガとして、アロマオイル、飲料、ショウガ粉末など様々な加工食品の原料として利用されており、その需要は大きい。しかし、ショウガは乾燥ショウガの加熱・加工工程においてジゲロールのヒドロキシ基が加熱・乾燥により脱水され、ショウガオールに変換される<sup>9)</sup>ことが知られている。特に、ジゲロールからショウガオールへの変換に関して、乾燥温度が80℃以上でその変換が促進さ

\* : 岩手大学農学部、Corresponding author: T. Orikasa

\*\* : 岩手大学大学院連合農学研究科



れる<sup>10)</sup>と報告されている。したがって、ショウガにおいて高温での乾燥・加熱などの加工を施すことはジングロールの転換を引き起こし、機能性に影響を与えることが推察される。また、ショウガオールはジングロールと比較して、辛味が強いとされており<sup>11)</sup>、食味への影響も予測される。食味に関しては、吉田ら<sup>12)</sup>が、茹でたショウガと生のショウガの加熱後の辛味を比較し、辛味強度は変化しなかったと報告しているが、乾式加熱である乾燥を用いた試料に対する官能評価を行った例はほとんど見当たらない。

現在、農産物を低温かつ短時間で乾燥させる手段として減圧マイクロ波乾燥がある。この方法では減圧環境下でマイクロ波処理をすることにより、試料内部の沸点が低下し、通常より低い温度条件下で急速に乾燥させることが可能となる。減圧マイクロ波によるトマトの濃縮により、試料の内部温度が60℃付近で留まり、リコペンおよびL-アスコルビン酸残存率が高いトマトピューレが可能となったという報告もある<sup>13)</sup>。したがって、減圧マイクロ波処理による低温での乾燥は成分の残存率が高い状態で乾燥を行える可能性が考えられる。しかし現在、ショウガに対して減圧マイクロ波を適用し、ジングロール、ショウガオール、抗酸化能および食味を調査した研究例はほとんど見当たらない。そこで本研究では、ショウガに対して減圧マイクロ波乾燥を適用し、減圧マイクロ波による乾燥がショウガの成分、抗酸化能および辛味を主とした食味に与える影響について調査し、ショウガに対する減圧マイクロ波乾燥処理の適用可能性について検討した。

## 2. 材料および方法

### (1) 供試材料

盛岡市内の量販店で購入した宮崎県産のヒネショウガ (*Zingiber officinale*) を用いた。購入後は4℃の冷蔵庫 (SJ-55W, シャープ) 内に保管し、購入した当日に実験に供試した。初期含水率はケイ藻土フィルム法<sup>14)</sup>により求めたところ、 $11.66 \pm 0.06$  (d.b. decimal) (n=12)であった。ショウガは電動スライサ (E16, Ritter) を用いて厚さ2mmにスライスしたものを乾燥実験に供した (以下、試料)。

### (2) 乾燥方法

#### 1) 減圧マイクロ波乾燥

減圧マイクロ波乾燥装置を図1に示す。乾燥装置はガラス製のデシケータ、マイクロ波加熱装置 ( $\mu$ Reactor EX-D/E, 四国計測工業)、圧力調整ユニット (NVC-2100, 東京理化工械)、コールドトラップ (UT-3000, 東京理化工械) および真空ポンプ (TSW-100, 佐藤真空) から構成される。なお、試料中心の温度測定は、光ファイバー温度計 (FL-2000, 安立計器) および光ファイバーセンサ (FS100-2M, 安立計器) を用いて測定した。

マイクロ波加熱装置内にガラス製のデシケータ (以下、デシケータ) を設置し、デシケータからの熱伝導を防ぐためクッキングシートを敷き、試料を約40g計り取り、デシケータの底に静置した。マイクロ波出力は200W (62.5W/g-DW) とした。圧力は、真空ポンプおよび圧力調節ユニットを用いて3kPaになるように制御した。

減圧マイクロ波乾燥時間を決定するため、予備実験として乾燥後の水分活性および含水率を測定したところ、乾燥開始25min以降において含水率は0 (d.b. decimal) 以下の値を示した。これは試料内

部の水分が極めて少ない状態となり、試料が焦げたためである。試料の焦げは乾燥ショウガの商品価値を著しく低下させるため、焦げが発生する条件で処理することは商品化の観点から望ましくない。また、水分活性は乾燥25minで0.6を下回る結果となった。水分活性は0.6以下の時、微生物が増殖しないとされている<sup>15)</sup>。以上の理由より、試料の焦げが生じず、水分活性が0.6以下となる25minを本研究の乾燥時間とした。

#### 2) 熱風乾燥

熱風乾燥装置を図2に示す。恒温熱風乾燥器 (WFO-400, 東京理化工械) に試料を約40g静置した。乾燥空気温度は、減圧マイクロ波乾燥における試料中心平均温度である67℃に設定した。なお、試料中心の温度測定のため、素線径0.3mmのT型熱電対をショウガの試料中心に差し込み、データロガ (GL220, グラフテック) に記録した (n=3)。

減圧乾燥で作成した乾燥試料と近い条件で熱風乾燥の試料を作成するため予備実験を行ったところ、熱風乾燥により2.5h乾燥させた試料、および減圧マイクロ波乾燥により25min乾燥させた試料の含水率は0~0.04 (d.b. decimal) とほぼ同程度の値になったため、本研究の熱風乾燥の乾燥時間を2.5hに設定した。

#### (3) 辛味成分および抗酸化活性

##### 1) 分析試料の調整

分析試料の調整は津田の方法<sup>11)</sup>を参考に行った。すなわち、生鮮試料1gに対し、3mLのメタノールを加え、ホモジナイザ (CM-100, アズワン) を用いて、冷却しながら3分間ホモジナイズした。この際、乾燥試料においては乾燥前の質量1gに対し3mLのメタノールを加え、さらに濃度を生鮮試料と同程度にするため、乾燥により減少した質量と同じ質量の蒸留水を加えた後に、ホモジナイズ

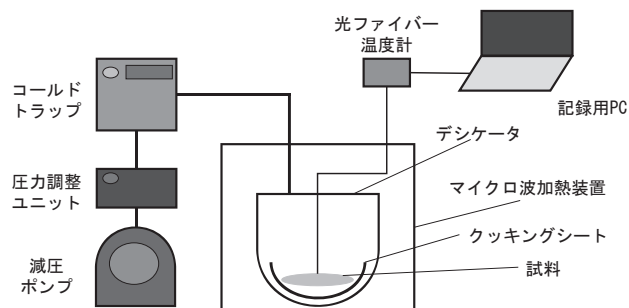


図1 減圧マイクロ波乾燥装置の概略

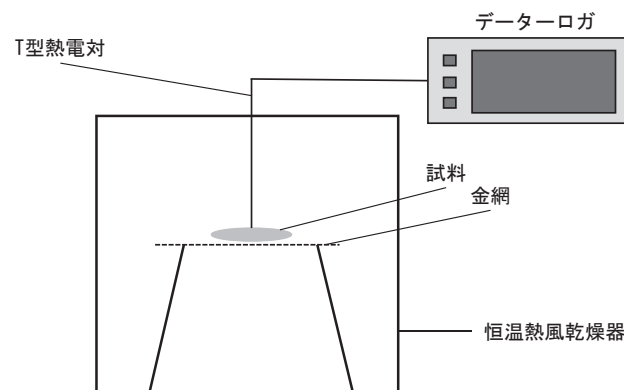


図2 熱風乾燥装置の概略

を行った。その後、遠心分離機 (N93116-A000, 久保田商事) を用い 5000 G, 4°C で 5 分間冷却遠心分離し、濾過した後、上清を取り分けた。さらに残渣に 2 mL のメタノールを加え、同様に抽出し、上清を合わせ、溶液を 5 mL にメスアップした。メスアップした溶液はバイアル瓶に入れ、アルミホイルを用いて遮光し、-80°C に設定されたフリーザー (VT-78, 日本フリーザー) にて保存した。作成した試料は作成から 1 か月以内に測定に供試した。

### 2) ジンゲロール、ショウガオール含有量の測定

ジンゲロールはショウガの辛味成分の一つである。ジンゲロールは炭素数の異なる同族体が存在するが、今回の測定では最も存在割合の多い 6-ジンゲロールに関して測定を行った。ジンゲロールは乳がんの抑制効果が報告されている<sup>8)</sup>。他にも、殺菌効果や抗酸化能などの機能性を有する機能性成分である。ショウガオールはジンゲロールと同じくショウガの辛味成分である。ショウガオールも辛味、抗酸化能を持つが、どちらにおいてもジンゲロールよりも強いことが知られている<sup>9)</sup>。ショウガオールは皮膚温上昇の効果<sup>10)</sup>が認められており、代謝促進など体を温める効果に優れている。

ジンゲロール、ショウガオールの測定は、津田の方法<sup>11)</sup>を改変して行った。上記の方法で作成した分析試料を測定溶液とした。HPLC 分析装置は、カラムオープン (CTO-10A, 島津製作所), UV/VIS 検出器 (SPD-20A, 島津製作所), 脱気装置 (DGU-20A, 島津製作所), および液体ポンプ (LC-20A, 島津製作所) から構成される。カラムは C18 を固定相とする逆走 ODS カラム (CAPCEL PAK MG II, 粒子径 3 μm, 内径 4.6 mm × 150 mm, 資生堂) を用いた。測定溶液は水、アセトニトリルとし、よく攪拌、脱気した後、HPLC に設置した。流速は 0.5 mL/min, 波長 280 nm, カラムオープン温度は 35°C とし、測定溶液を 2 μL 装填して測定を行った。グラジエント条件は、水 : アセトニトリル = 70 : 30 を基準とし、その割合を次のように変化させた ; 70:30 → 10:90 (0~20 min), 10:90 (20~30 min), 10:90 → 70:30 (30~35 min), 70:30 (35~45 min)。事前に作成した検量線から乾燥試料 1 g 当たりのジンゲロール、ショウガオール含有量 (mg/g-DW) を算出した。なお、反復は 3 回行った。

### 3) DPPH ラジカル消去活性の測定

DPPH ラジカル消去活性は、吉田らの方法<sup>12)</sup>を参考に測定を行った。1-1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (以下, DPPH) は安定なラジカルであるが、ラジカル消去物質が存在すると非ラジカル体に変化する。本測定では、ラジカルの減少に伴って溶液の紫色が脱色する性質を利用し、分光光度計 (V-630, 日本分光) により、一定時間経過後の波長 517 nm における吸光度を測定することで DPPH ラジカル消去活性の評価を行った。

測定試料には、分析試料 ((3)-1) を参照) を水メタノール混液 (水 : MeOH = 2 : 1) で 3 倍希釈したものと 100 μM Trolox を用いた。6 本の共栓付き試験管をアルミホイルで遮光し、PH7.4 に調整した 0.1 M Tris-HCl 緩衝液 1.9 mL を分注した後、メタノール・水混液 (MeOH : 水 = 2 : 1) をそれぞれ 200 μL, 160 μL, 120 μL, 80 μL, 40 μL, 0 μL ずつ加えた。そこに測定試料を 0 μL, 40 μL, 80 μL, 120 μL, 160 μL, 200 μL ずつ加え、添加液の合計を 100 μL とした。各試験管に 250 μM DPPH を 4 mL ずつ添加・攪拌し、暗所にて 20 分間反応後、517 nm における吸光度を分光光度計で測定した。

測定溶液の添加量を変化させて得られた吸光度の値から作成した回帰直線の傾きを、ラジカル消去物質として知られる Trolox の添加量を変化させることで得られたそれで除し、原液 1 L 当たりの DPPH ラジカル消去活性を求めた。 (μmol-Trolox equivalent/ L)。ここで得た値を溶媒 1 L に含まれる試料乾物量 (g-DW/L) で除し、乾燥物 1 g 当たりの DPPH ラジカル消去活性を算出した。 (μmol-Trolox equivalent/ g-DW)。なお、反復は 3 回行った。

### (4) 官能評価

官能評価試料は吉田らの方法<sup>12)</sup>を改変して作成した。生試料および乾燥ショウガは元の試料の 2 倍量の質量となるように加水し、ミキサー (LJM-S20V, ユアサプライムス) で攪拌した。攪拌した後、4 重のガーゼで濾過し、濾液を食味試料とした。官能評価は、味覚感度テスト<sup>17)</sup>により選抜した岩手大学農学部および大学院総合科学研究科に所属する学部生および大学院生 6 名 (年齢 20-24 歳, 男 : 女 = 1 : 3) を対象に一対比較法<sup>18)</sup>を用いて行った。生試料および乾燥試料から作成した食味評価試料に、ランダムに A-C と振ったものを用意した。それぞれ A-B, B-C, C-A とすべてのパターンの組を作り、指定した順序に従って食味し、項目に関して、より強く感じた試料に○をつけて評価した。また、順序効果を考慮し、1 回目と逆の順序でも食味し、同様に評価した。評価項目は辛味および香りとした。官能評価で用いた評価シートを図 3 に示す。試験中にそれぞれの食味試料の味が混ざらないようにするため、食味する試料が変わるごとに水で口をすすいだ。得られたデータは統計解析を行うため、サーストンの一対比較法<sup>19)</sup>に基づき、尺度値を求めた。

なお、官能評価のパネリストにはインフォームドコンセントを行

| 食味試験   |     |     |
|--|-----|-----|
| 名前 _____   |     |     |
| <p>本日は食味試験にご協力いただきましてありがとうございます。<br/>食味試験では、3 種類の加工方法で作成されたショウガ汁をどのように感じたかを評価していただきます。<br/>評価は、一組のショウガ汁を試食し、「辛味」と「香り」を比較して下さい。<br/>二つのショウガを比較し、項目ごとに「良い (強い)」と感じた方に○を付けて下さい。</p> |     |     |
| 評価項目   | 辛味  | 香り  |
| A・B  | A・B | A・B |
| B・C  | B・C | B・C |
| A・C  | A・C | A・C |
| B・A  | B・A | B・A |
| C・B  | C・B | C・B |
| C・A  | C・A | C・A |

わからないことがありましたら質問をお願いします。

図 3 官能評価シート

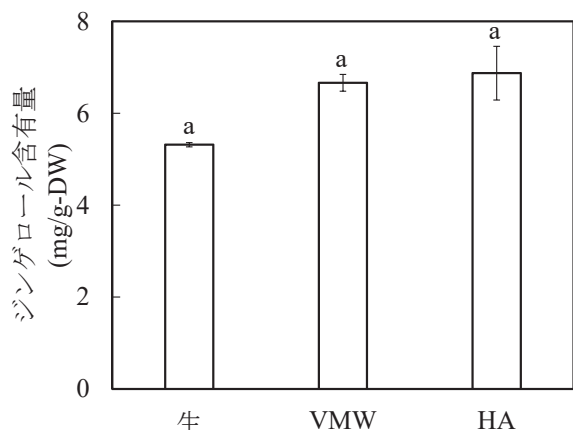


図4 各乾燥方法におけるジンゲロール含有量。ただし、図中のバーは標準誤差を表す (N=3)。Tukey-Kramer 法による有意差なし ( $P>0.05$ )。

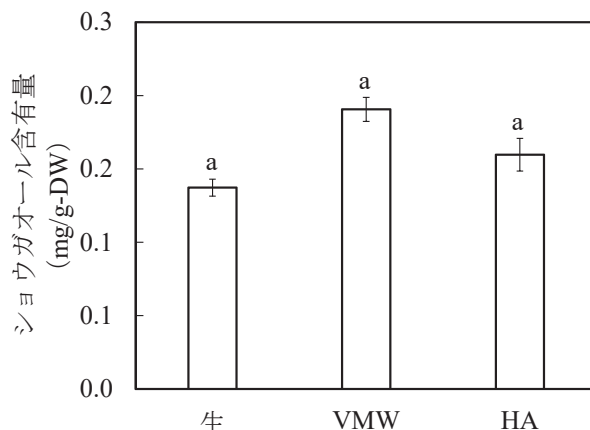


図5 各乾燥方法におけるショウガオール含有量。ただし、図中のバーは標準誤差を表す (N=3)。Tukey-Kramer 法による有意差なし ( $P>0.05$ )。

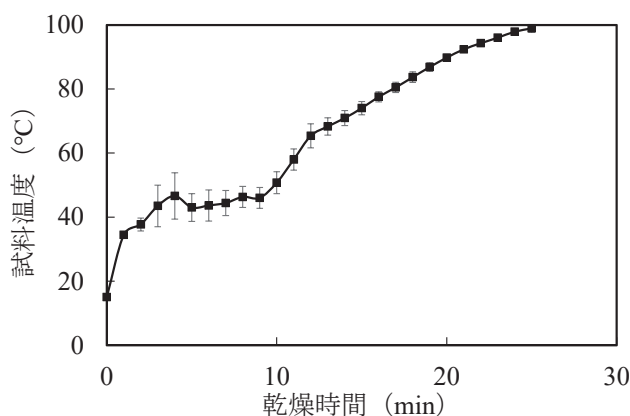


図6 減圧マイクロ波乾燥中の試料中心温度の平均値。図中のバーは標準偏差を表す (n=3)。

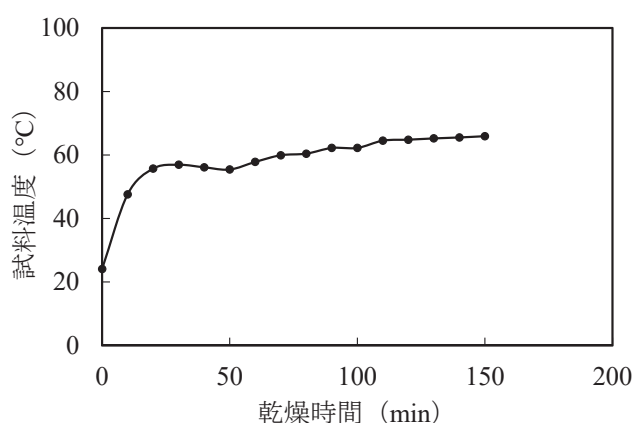


図7 熱風乾燥中の試料中心温度。

い、官能評価参加の承諾を得た。また、官能評価は、岩手大学における人を対象とする研究倫理審査委員会による承認 (202346号) を得て実施した。

#### (5) 統計解析

各試料におけるジンゲロール含有量、ショウガオール含有量、DPPH ラジカル消去活性および官能評価より得られた尺度値は、エクセル統計 (ver. 3.20, 社会情報サービス) を用いて Tukey-Kramer 法による有意差検定を行った ( $P<0.05$ )。

### 3. 結果と考察

#### (1) ジンゲロールおよびショウガオール含有量

各条件における試料のジンゲロール含有量およびショウガオール含有量を図4および図5にそれぞれ示す。各乾燥方法におけるジンゲロールおよびショウガオール含有量について有意差は見られなかった。各条件のジンゲロールとショウガオール含有量の結果を存在比で表すと、生試料では、97.5%および2.51%、減圧マイクロ波乾燥では、97.2%および2.8%、熱風乾燥では、97.7%および2.3%となり、各条件間に大きな差は見られなかった。ジンゲロールは80°C以上の加熱、乾燥によりショウガオールへ変換されること<sup>9)</sup>

知られているが、Haung et al.<sup>10)</sup>は、70°C未満の乾燥温度ではジンゲロールからショウガオールの変換が促進されないことを報告している。ここで、減圧マイクロ波乾燥時の試料中心温度および熱風乾燥時の試料中心温度を図6および図7にそれぞれ示す。VMW 乾燥およびHA 乾燥における平均試料中心温度が、それぞれ  $67 \pm 23$ °C および  $58 \pm 10$ °C であったことから、ショウガオールへの変換が促進されなかったと考えられる。以上の結果から、乾燥方法間で含有率に関して有意差は見られなかったため、今回の乾燥条件ではジンゲロールおよびショウガオールに関しては生試料の成分を保持した状態で乾燥が行われたことが示唆された。

#### (2) DPPH ラジカル消去活性

各乾燥方法における DPPH ラジカル消去活性を図8に示す。各条件における DPPH ラジカル消去活性には有意差は見られず、VMW、HA 共に DPPH ラジカル消去活性を維持できることが確認された。しかし、有意差は見られなかったものの、乾燥後の DPPH ラジカル消去活性は、いずれの方法においても乾燥後よりわずかに減少する結果となった。ジンゲロールおよびショウガオールは抗酸化能を持つ物質であるが、前節 (3.(1) ジンゲロールおよびショウガオール含有量) で述べた通り、各条件間にほとんど差は見られなかったこと

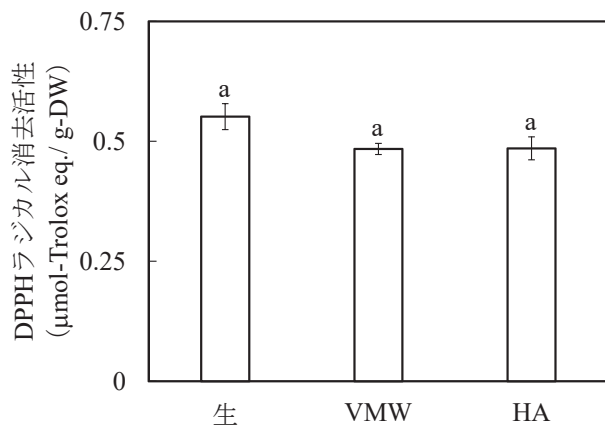


図8 各乾燥方法におけるDPPHラジカル消去活性。ただし、図中のバーは標準誤差を表す (N=3)。Tukey-Kramer法による有意差なし (P>0.05)。

から、加熱によってジンゲロールおよびショウガオール以外の抗酸化成分が減少した可能性が考えられる。ショウガの抗酸化成分はジンゲロール、ショウガオールの他に、香り成分であるシトラールがあり、シトラールは水煮によって減少すると報告されている<sup>20)</sup>。また、シトラールは熱や光に不安定であり、乾燥・加熱過程において分解することが予測される。今後は、これらをはじめとするジンゲロールおよびショウガオール以外の抗酸化成分の変化に着目して、抗酸化能について調査を行う必要がある。

### (3) 官能評価

作成したショウガ汁の官能評価結果およびサーストンの一対比較法に基づき算出した尺度値と統計検定結果を図9および表1にそれぞれ示す。乾燥試料を用いて作成した官能評価試料の辛味は生試料とのそれと比較して小さくなる傾向が見られた。特に、VMW試料においては生試料と比較して有意に辛味が弱まる結果となった。ショウガの香り成分であるネラールおよびゲラニールは加熱により減少し、同時に香り成分であるネロールおよびゲラニオールに増加することで、ショウガはレモン用の香り成分から、バラ様の甘い香りに変化する<sup>21)</sup>。本研究においても、バラ様の甘い香りが食味に影響を与え、辛味が緩和された可能性が考えられる。熱風乾燥においては香りが弱まったため、香りによる甘味の緩和の影響が小さかったと推察される。香りの項目に関して、HA試料の香りが弱まる結果となったのに対し、VMW試料の香りは高まる結果となり、両者に有意傾向 (P=0.065) が確認された。ショウガの乾燥中の香りの損失は乾燥時間に影響を受けることが知られており、Hussain et al.<sup>22)</sup>はショウガの乾燥において、乾燥時間の短縮によって、香り成分の損失が抑制されたと報告している。今回の乾燥時間について、VMW乾燥はHA乾燥と比較して125 min短いので、VMW乾燥ショウガにおいては香り成分の損失が抑えられ、香り成分を保持した状態で乾燥が行われた可能性が考えられる。以上より、VMWを乾燥ショウガの製造に適用することにより、辛味が弱く、香りが強い乾燥ショウガを作成できる可能性が示された。

今後は香り成分の測定を行うことで、食味に差が表れた要因に関して考察すると共に、香り成分を考慮した乾燥条件の検討を行い、

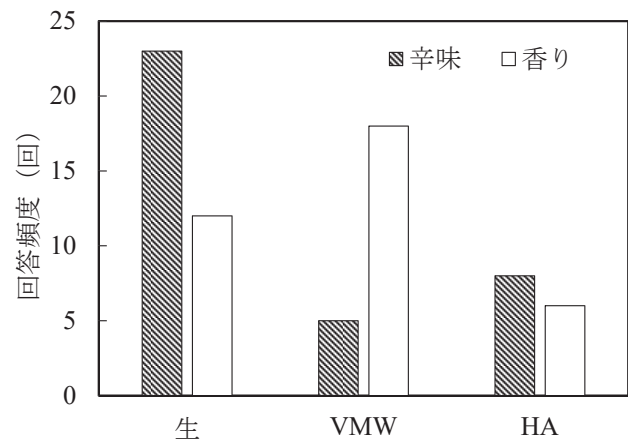


図9 辛味、香りに関する官能評価結果。

表1 サーストンの一対比較法により求めた尺度値

|    | 生                     | VMW                   | HA                    |
|----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 辛味 | -3.1±1.7 <sup>a</sup> | 2.5±2.3 <sup>b</sup>  | 0.6±0.8 <sup>ab</sup> |
| 香り | 0.0±0.9 <sup>a</sup>  | -0.7±0.3 <sup>a</sup> | 0.7±0.3 <sup>a</sup>  |

表中の値は平均値±標準偏差を表す。

異なる英小文字間には、Tukey-Kramer法により有意差がある (P<0.05) ことを示す。

減圧マイクロ波乾燥の特徴を生かした乾燥ショウガの製造方法について検討が必要と考えられる。

## 4. 摘要

ショウガの乾燥への減圧マイクロ波処理の適用可能性について検討するため、辛味成分、抗酸化能の測定と食味の評価を行い、熱風乾燥と比較した。本研究によって得られた知見を以下にまとめる。

- (1) ジンゲロールおよびショウガオール含有量は各条件間で有意な差は見られなかった。VMW乾燥およびHA乾燥における試料中心平均温度はそれぞれ67℃および58℃であったが、ショウガオールへ変換は80℃以上で促進されるという報告があることから、ジンゲロールからショウガオールへの変換が促進されなかった可能性が考えられる。これより、いずれの乾燥方法においてもショウガの辛味成分を維持できることが示された。
- (2) DPPHラジカル消去活性は各条件間で有意な差は見られなかったものの、乾燥試料において、その値が若干小さくなった。これは、抗酸化能を持つシトラール等の香り成分の損失が原因と考えられる。今後、ジンゲロールおよびショウガオール以外の抗酸化成分の変化に着目し、抗酸化能について調査を行う必要がある。
- (3) 減圧マイクロ波乾燥ショウガを用いて作成された官能評価試料は、辛味が弱まり、香りが増す結果が得られた。辛味はショウガの香り成分の変化に影響を受けたと考えられる。また、減圧マイクロ波乾燥は乾燥時間が短かったため、香りを維持できたと考えられる。今後は、ショウガの香り成分の同定および乾燥による香り成分の変化量を測定し、乾燥によるショウガの食味の変化する

要因について検討する必要がある。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP22K05901 (基盤研究C) により実施した。ここに記して謝意を示す。

入り生姜の香りの違いとは？」

[http://www.analyzejnet.com/column/column\\_27.htm](http://www.analyzejnet.com/column/column_27.htm). Accessed November 16, 2023.

22) Hussain, A., Li, Z., Ramanah, D.R., Niamnuy, C., Raghavan, G.S.V., 2009. Microwave drying of ginger by online aroma monitoring, *Drying Technology*, 28, 42–48.

### 参考文献

- 1) 厚生労働省, 2018. 「生活習慣病に関する最新の動向」  
<https://www.niph.go.jp/soshiki/jinzai/koroshoshiryo/tokutei29/keikaku/program/K1-1.pdf>. Accessed November 16, 2023.
- 2) 内閣府, 2018. 「高齢化の現状と将来像」  
[https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/html/zenbun/sl\\_1\\_1.html](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/html/zenbun/sl_1_1.html). Accessed November 16, 2023.
- 3) 農林水産省, 2018. 「機能性等に着目した地域振興作物の導入戦略」. <https://www.maff.go.jp/chushi/seisan/engei/attach/pdf/kinousei-31.pdf>. Accessed November 16, 2023.
- 4) Kikuzaki, H., Nakatani, N., 1993. Antioxidant effects of some ginger constituents, *Journal of Food Science*, 58, 1407–1410.
- 5) Sang, S., Hong, J., Wu, H., Liu, J., Yang, C.S., Pan, M.H., Badmaev, V. and Ho, C.T., 2009. Increased growth inhibitory effects on human cancer cells and anti-inflammatory potency of shogaols from *Zingiber officinale* relative to gingerols, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 10645–10650.
- 6) 石見百江, 寺田澄玲, 砂原 緑, 下山里英, 島津 孝, 2003. ショウガの成分がラットのエネルギー代謝に及ぼす効果, *日本栄養・食糧学会誌*, 56, 159–165.
- 7) 大澤俊彦, 2009. がん予防と食品デザイナーフーズからファンクショナルフーズへ, *日本食生活学会誌*, 20(1), 11–16.
- 8) Seo E.Y., Lee, H.S. Kim, W.K., 2005. Effect of [6]-gingerol on inhibition of cell proliferation in MDA-MB-231 human breast cancer cells. *Korean Journal of Nutrition*, 38(8), 656–662.
- 9) 野崎倫生, 2008. トウガラシの辛味成分の科学, 岩井和夫, 渡辺達夫編, 「トウガラシ辛味の科学」 幸書房, 東京, 28–29.
- 10) Huang, T.C., Chung, C.C., Wang, H.Y., Law, C.L., Chen, H.H., 2011. Formation of 6-shogaol of ginger oil under different drying conditions, *Drying Technology*, 29, 1884–1889.
- 11) 津田孝範, 2008. 辛み成分およびフィトケミカル, 西川研次郎監修, 「食品機能性の科学」, 産業技術サービスセンター, 東京, 293–295, 1087–1088.
- 12) 吉田真美, 平林佐央里, 2015. ショウガ中の6-ジンゲロールの加熱調理による変化, *日本調理学会誌*, 48(6), 398–404.
- 13) 折笠貴寛, 遠藤隆平, 加藤一幾, 藤尾拓也, 吉田 泰, 川村浩美, 小出章二, 2017. マイクロ波を用いた新しいトマトピューレ濃縮法の検討, *日本食品科学工学会誌*, 64(9), 471–475.
- 14) 食品分析研究会, 1973. 食品分析研究会報告書, 37–40.
- 15) 三瀬勝利, 1992. 水分活性と食品衛生, *調理科学*, 25(4), 327–333.
- 16) 木村公喜, 阿部征次, 2014. 6-ショウガオール, および6-ジンゲロール高含有ショウガ粉末 0.5 g 摂取が皮膚温度に及ぼす影響, *保健の科学*, 56(10), 707–710.
- 17) 古川秀子, 2012. おいしさを測る—食品官能検査の実態—, 幸書房, 東京, 5–14.
- 18) 國枝里美, 2014. 官能評価技術の現状と今後の展望について, *におい・かおり環境学会誌*, 45(5), 332–343.
- 19) 内田 治, 平野綾子, 2012. 官能評価の統計解析. 日科技連出版社, 東京, 106–109.
- 20) 河村フジ子, 岡田真美, 1992. ラードの水蒸におけるショウガの抗酸化成分 (第1報) ショウガ香氣成分とスライスショウガの影響, *日本家政学会誌*, 43(1), 31–35.
- 21) AnalyzeJnet, 2012. 「マスキングされるべきか, 否か? おろし生姜にとってそれが問題だ! —すりおろしたての生姜とチューブ

TOHOKU BRANCH REPORT  
OF  
THE JAPANESE SOCIETY OF AGRICULTURAL MACHINERY AND FOOD ENGINEERS

CONTENTS

ESSAY : Shoji KOIDE

RESEARCH PAPERS

Ryo MASUKO • Ryo MASUKO • Tung Thanh Nguyen • Ayumi NAKATSUBO • Mitsuhiko KATAHIRA  
Effects of underground irrigation system on growth and soil physical properties  
of paddy field rotation soybean in the shonai region . . . . . 3

Takahiro ORIKASA • Yuki MATSUMOTO • Daisuke KURATA • Shoji KOIDE  
Evaluation of pungent compounds and antioxidant activity of vacuum microwave dried ginger  
on Working Time and Fuel Consumption . . . . . 7

NOTES . . . . . 13

ORGANIZATION DIRECTORY . . . . . 32