特産種苗

No. 33
2021. 9

【特集】〈ハトムギ種子の生産・供給〉

公益財団法人
日本特産農作物種苗協会

表紙の特産農作物名（品種名）

		大豆 （トヨホマレ）	大豆 （トヨコマチ）	大豆 （ユキホマレ）	大豆 （新丹波黒）	大豆 （中生光黒）		
	大豆 （エンレイ）	大豆 （青端豆）	大豆 （納豆小粒）	あずき （アカネダイナゴン）	あずき （エリモショウズ）	あずき （ホッカイシロジョウズ）	いんげんまめ （白金時）	
いんげんまめ （つる有大福）	いんげんまめ （つる有大虎）	いんげんまめ （福虎豆）	いんげんまめ （長鶉）	いんげんまめ （大丸鶉）	いんげんまめ （つる有穂高）	いんげんまめ （大正金時）	いんげんまめ （つる無白黒）	いんげんまめ （つる有黒衣笠）
いんげんまめ （大白花）	えんどう （白エンドウ）	えんどう （豊寿大莢）	えんどう （東北１号）	落花生 （千葉小粒）	落花生 （金時）	落花生 （千葉半立ち）	そらまめ （早生蚕豆）	そらまめ （河内一寸）
そらまめ （天草小粒）	シカクマメ （ウリズン）	シカクマメ （石垣在来）	アワ （南小日紅穀）	アワ （栗信濃１号）	アワ （入間在来）	キビ （黍信濃１号）	キビ （河内系２号）	ヒエ （２B－03）
ヒエ （２E－03）	シコクビエ （白峰）	シコクビエ （秋山 77－６）	シコクビエ （祖谷在来）	ソバ （鹿屋ゾバ）	ソバ （階上早生）	ソバ （岩手本場）	ハトムギ （中里在来）	ハトムギ （黒石在来）
ハトムギ （岡山在来）	ゴマ （黒ごま）	ゴマ （白ごま）	ゴマ （茶ごま）	ゴマ （金ごま）	ナタネ （農林８号）	エゴマ （ジュウネ）	エゴマ （大野在来）	エゴマ （新郷在来）
	ヒマワリ （ノースクイン）	馬鈴しょ （男爵薯）	馬鈴しょ （キタアカリ）	馬鈴しょ （さやあかね）	馬鈴しょ （はるか）	馬鈴しょ （メークイン）	馬鈴しょ （ノーザンルビー）	
		馬鈴しょ （シャドークイーン）	さつまいも （ベニアズマ）	こんにゃく	こんにゃく <生子（きご）>	さとうきび		

（写真・資料提供）
（独）農業生物資源研究所・（独）種苗管理センター・群馬県農業技術センター

ハトムギ栽培（あきしずく、JA しまね）

６月上旬「播種」

播種２週間後

播種30日後

播種60日後

播種60日後（ハトムギの穂）

10月上旬収穫間際

普通型コンバインでの収穫

収穫直後の子実

ハトムギ製品

氷見市特産ハトムギ加工商品
（ペットボトル飲料、焙煎茶、煎餅）

開発された加工品（JA いなば）

CRD エキス入り飲料（JA 全農とやま）

ハトムギ加工商品（JA みづま）
（ハトムギ茶、ハトムギ入りみそ、はとむぎ珈琲）

第 3 類医薬品　　指定医薬部外品　　医薬部外品　　一般用穀物

ハトムギ薬用品種「北のはと」を利用した製品の一部

目　　次

【特集】〈ハトムギ種子の生産・供給〉

カラーグラビア

【巻頭言】

急がれる土地利用型特産作物の普及……全国ハトムギ生産技術協議会　手塚隆久　1

【総説】

ハトムギの国内生産状況と輸入の動向…… 農林水産省農産局果樹・茶グループ　三奈木英雄　2

ハトムギの品種育成……農研機構 遺伝資源研究センター　高田明子

（元）次世代作物開発研究センター　西澤けいと　5

ハトムギの基本栽培技術……全国ハトムギ生産技術協議会　手塚隆久　8

ハトムギ全粒熱水抽出エキス（Coix-seed Reactive Derivatives:CRD）

……NPO 法人 代替医療科学研究センター　鈴木信孝　12

【ハトムギ種子の生産・供給事例】

1）北海道

ハトムギ薬用品種「北のはと」種子の生産・供給

……医薬基盤・健康・栄養研究所 薬用植物資源研究センター北海道研究部　林　茂樹　22

2）栃木県

栃木県におけるハトムギ種子「あきしずく」の生産・供給の現状

……株式会社髙田肥料店　髙田光紹　26

3）富山県

富山県におけるハトムギ生産振興の概要……富山県高岡農林振興センター　河西隆喜　31

4）島根県

島根県出雲市斐川町におけるハトムギ生産の動向と種子の生産・供給

……JA しまね斐川地区本部　37

5）福岡県

ハトムギ「あきしずく」種子の生産・供給について‥福岡県三潴町農業協同組合　樺島　拓也　40

附表 「ハトムギの品種登録の概要」

巻頭言

急がれる土地利用型特産作物の普及

全国ハトムギ生産技術協議会　会長　手塚　隆久

今日、見渡す限りの水田風景は珍しくなった。そして、水稲の間には耕作放棄された水田が転々と存在するようになった。とくに、中山間地域ではこの傾向が著しく、雑草の生い茂る水田が多くみられる。高齢生産者が離農して水田遊休化が進んでいるからである。そして、コロナ禍による農産物の販売不振が離農を一層加速している。あと５年は耕作する生産者が見込めても、10年先はまったく不明な地域も存在する。これ以上不作付け水田を増やさないために、新たな生産者を呼び込むために、水稲にかわる魅力的な転作作物を導入することが必要である。

水稲のように栽培しやすい転作作物というと、大豆や麦類などの土地利用型作物である。そして、これらに次ぐハトムギやソバ、ナタネ、エゴマなどの雑穀類である。これらの転作作物は地域特産作物としての特色を持ち、６次産業化を支えたり、ソバ祭りや菜の花祭りなどの地域イベントに活用できる作物である。

新たな地域特産作物の導入には、地域の気象環境や市場からの距離などの立地条件を考慮する必要がある。各地域にはそれぞれに適した多様な特産作物が存在することが望ましい。地域特産作物の普及に成功している産地では、生産から流通、販売までを農協や商社が担っていて、生産者に対しては継続して作付けできる体制、実需者に対しては原材料を安定して供給できる体制を作りだしている。

さて、作物が地域の特産品として定着してくると、生産者は作付面積や生産量を拡大するために同じ作物を同じほ場で毎年作付けすること、すなわち連作が一般的になってくる。しかし、連作は病害や雑草害を引き起こし、収量や品質の低下を招いてしまう。不良環境に強いソバといえども長年の連作によって収量が低下する。ソバを新たな場所に栽培すると高収量が得られることで明らかである。連作は作物の根圏に特有な代謝生産物を集積し、病原性の菌が増殖することになって、病気の蔓延の原因となる。また、同じ作期で毎年作付けし、同じ除草剤を使用することにより防除できない雑草が多くなってしまう。

連作障害を回避する低コストな手段は合理的な輪作である。たとえば、産地では水稲、ハトムギ、大豆を順に作付けして、それぞれの作物の生産性を落とすことなく栽培している。輪作を実効性のある作付け体系にするためには、一つだけの特産作物でなく、さらにもう一つの特産作物を導入することが有用である。もう一つの特産作物導入を図ることにより過度な繁忙を回避することができる。さらに、いくつかの作物で農機や施設を共用して稼働率を高めることで大きなコスト削減が図られる。

水稲にかわる転作作物について述べてきたが、水稲は転作作物の安定生産に欠かせない作物である。水稲を含む作付け体系、すなわち田畑輪換では土壌の水分が著しく変化する。湛水を伴う水稲栽培では土壌が還元状態になり、嫌気的条件で有害な有機物が分解され、土壌微生物が大きく変動する。その結果、病気の発生を軽減することになる。さらに、一年生畑雑草の発生も抑えられる。

地域特産作物の普及のためには、高収量と環境適応性の高い新品種育成、生産性や高品質を維持できる栽培技術開発が必要である。しかし、これらの応用的研究を担っている研究者は全国で非常に少なく、基礎的研究はほとんど進展していない。多様な地域に適する、多様な消費者ニーズに対応した作物研究進展に期待したい。

特集　ハトムギ種子の生産・供給【総説】

ハトムギの国内生産状況と輸入の動向

農林水産省農産局果樹・茶グループ　課長補佐　三奈木　英雄

1　国内生産状況

ハトムギは古くから漢方薬のヨクイニンとして用いられ､水分代謝を調節して関節や筋肉の腫れ、神経痛、関節痛や筋肉痛などの病変や胃腸病の改善の目的で漢方処方に配合されています。また、近年の消費者の健康志向を背景に健康食品として広く利用され、はと麦茶をはじめとする食品需要や化粧水等での需要も広がっています。

しかしながら、国内栽培品種はうるち性品種が主体であり日本漢方局方の基準を満たす品種が限られているため、漢方薬原料としての国産ハトムギの利用は限定的なのが現状です。

ハトムギは湿潤条件下でも生育し、土壌適応性が高い作物であることから水田での栽培が可能であり、さらに、米、麦、大豆栽培用の農業機械の利用が可能であることから、水田転作作物としては極めて有用な作物となっています。このため、我が国のハトムギ生産は、米の生産調整施策の影響を大きく受けています。

ハトムギ生産は、米の生産調整の施策が推進された昭和55年度水田利用再編対策事業第１期対策から転作作物の新作物として位置づけられ、昭和56年度には水田利用再編対策事業第２期対策の特定作物となったことから本格的に作付けが開始されました。

国内の生産状況は、初めて農林水産省が調査を実施した昭和56年以降のデータが整理されています。

図１の作付面積の推移を見ると、作付面積は、昭和56年の1,732ha をピークに減少し、水田農業確立対策事業前期（昭和62年～平成元年）に再び増加したものの、それ以降は減少し、平成６年に182ha と最も少ない作付面積となりました。なお、平成５年は米の大凶作の年であり、翌年の転作が大幅に緩和された影響を受け作付面積が減少したと考えられます。

この時期の作付面積の増減要因としては、各地域の在来品種の利用によって急速に栽培が拡大した一方で、生育不良や徒長による倒伏が各地で発生し、生産が安定しなかったことで作付けを断念した産地も多かったと考えられます。

その後300～400ha で推移し、平成20年から増加と減少を経て、26年から再び増加に転じ、令和

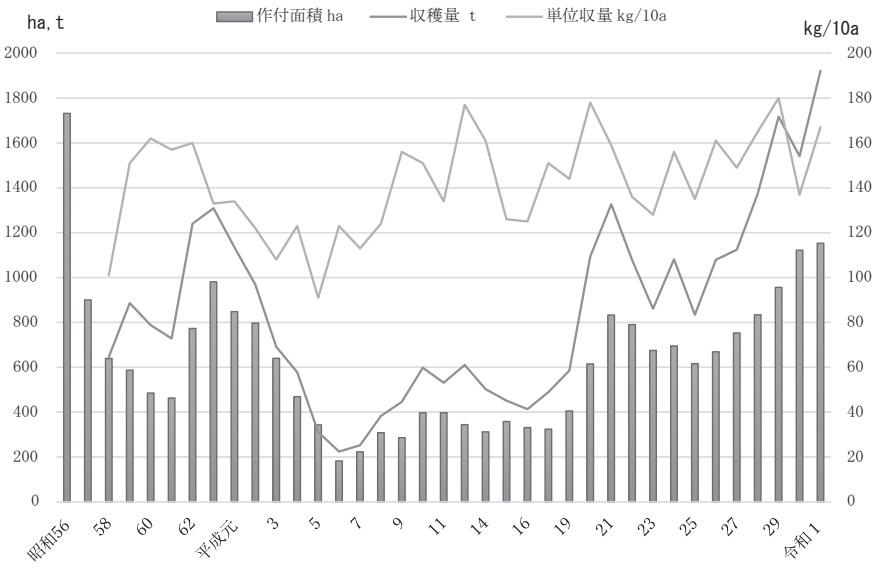


図１　作付面積、生産量、単位収量の推移

資料：昭和56～平成17年産は農林水産省及び（財）農産業振興奨励会調べ
昭和56・57年産は、生産量の記録なし。平成12・18年産は調査未実施
平成18年産はデータなし
平成19年産はハトムギ栽培技術普及検討会調べ（７県データ）
平成20年産以降は全国ハトムギ生産技術協議会及び東北農研・九州沖縄農研調べ

元年には1,153haが作付けされています。

近年、米の需給ギャップが生じる中で、各産地では需要に応じた農業生産体制の構築が重要な課題となっています。近年のハトムギの作付面積の増加には、消費者の健康志向を背景とした新たな需要へ対応する産地の取組の一端がうかがえます。

なお、近年の米生産を巡る情勢は、16年産から国が一律的に転作面積を配分する方式（ネガ面積配分）から、国が生産数量を配分する方式（ポジ数量配分）へ変更し、19年産から農業者・農業者団体が主体的に需給調整を行うシステムに移行しました。一方で19年産は過剰作付等を要因とし、米価が大幅に低下しました。

また、23年度から本格的な農業者戸別所得補償制度を導入しましたが、その後の政権交代を経て、30年産を目途に生産者が自らの経営判断・販売戦略に基づいて需要に応じた生産に移行するとし、29年産をもって米の直接支払交付金を廃止するとし、その前段として26年産から交付金を半減するなどの制度の見直しが実施されました。

生産量は、栽培面積に連動し、昭和63年に1,309t、平成６年に224tと大きく変動しています。その後、平成21年に1,327tと増加しましたが、再び減少し、平成26年以降は再度増加に転じ、令和元年には1,922tと調査開始以来最大の生産量となっています。

なお、昭和58年から令和元年までの平均単位収量は145kg/10aでした。

図２の令和元年の県別の作付面積を見ると、富山県（全国に占める作付面積割合36%）、岩手県（同22%）、栃木県（同12%）、茨城県（同７％）、島根県（同６％）の順となっており、上位５県で全国の作付面積の８割を占めています。

なお、令和元年の全国平均単位収量は167kg/10aでした。

２　輸入の動向

図３に平成20年から令和元年までの国別輸入量に国内生産量を加えた国内供給量の推移を示します。

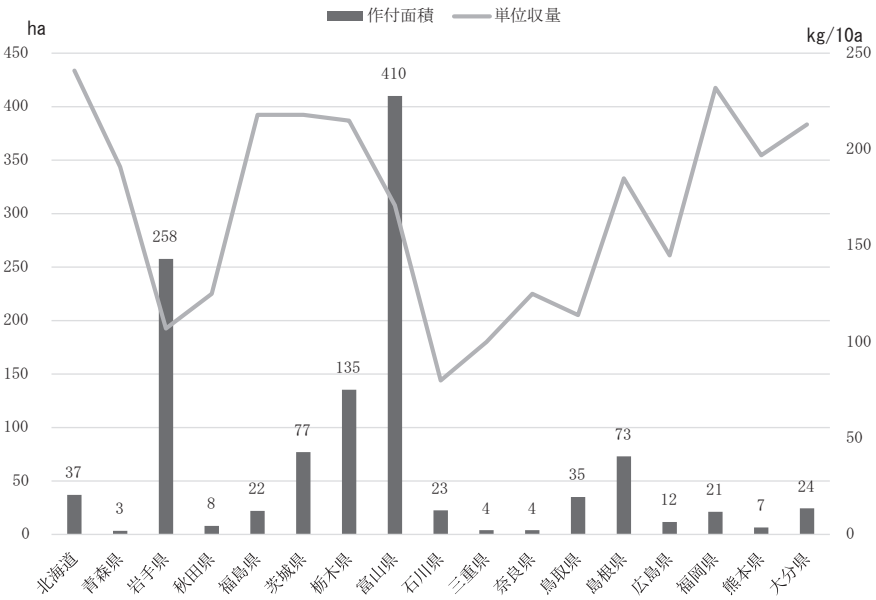


図２　令和元年　道県別作付面積、単位収量

資料：全国ハトムギ生産技術協議会調べ

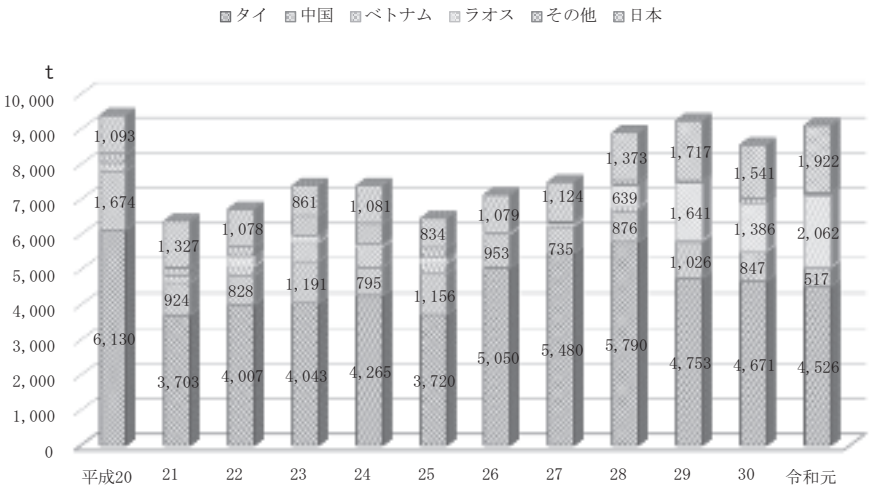


図３　国内供給量の推移

資料：貿易統計

この間、毎年約8,000t 前後が供給されており、この期間の輸入と国内の比率は84%：16% でした。

輸入国の推進を見ると、平成７年までは中国が輸入相手国１位となっていましたが、平成８年以降はタイが１位となっています。近年ではラオスからの輸入量が増加し、中国からの輸入量は減少傾向にあります。また、国内での生産量の増加に伴い、日本の占める割合は増加傾向にあります。

図４に令和元年の国内供給量の割合を示します。国内供給量に占める割合では、タイ50%、次いでラオス22%、日本21% の順となっており、中国はわずか６ % となっています。

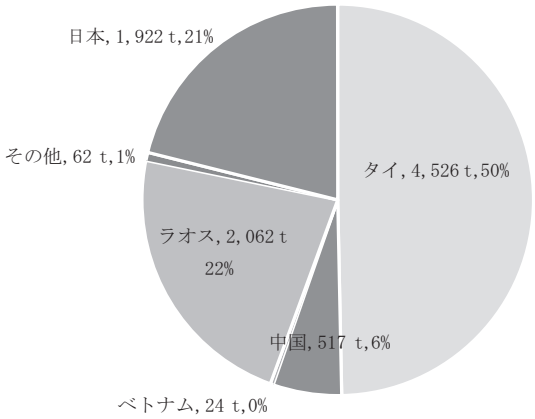


図４　令和元年　輸入量と国内生産量

資料：貿易統計

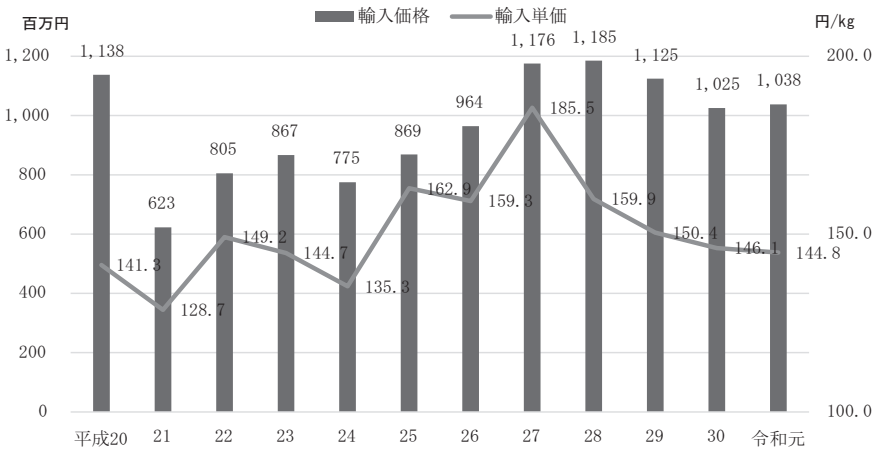


図５　輸入価格、輸入単価の推移

資料：貿易統計

図５に貿易額と輸入単価（年平均）の推移を示します。

為替等の影響もありますが、輸入量に連動して貿易額も変動しており、近年は10億円を超える状況が続いています。 この期間の輸入単価は128.7～185.5円/kg の幅で推移し、平均単価は150.7円/kg でした。

最後に、米の消費量の減少に伴い水田では地域の特色を生かした転作作物の作付けがさらに重要となっています。また、全国各地で地域特産作物による地域おこしの取組事例も多く紹介されています。

農林水産省では、地域特産作物の生産技術の開発・普及を図るとともに、需要増進等の取組について支援を行い、引き続き地域特産作物の生産振興に努めてまいります。

特集　ハトムギ種子の生産・供給【総説】

ハトムギの品種育成

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構　基盤技術研究本部　遺伝資源研究センター　**高田　明子**
（元）次世代作物開発研究センター　**西澤けいと**
（現：野菜花き研究部門）

１．はじめに

ハトムギは江戸時代から栽培されてきたが、近年は「水田（転換畑）で栽培できる」「機械化栽培が可能」「需要があり用途が広い」などから、注目されている。水田転作作物の多くが湿害やそれに伴う低収に悩まされる中で、ハトムギは湿害に強く、湿田でも栽培でき、栽培体系も機械化されている。また、主な用途は製茶用であるが、子実は漢方薬に使われるヨクイニンの原料であり、滋養強壮効果のある食物としても用いられ、近年は化粧品原料などにも利用されている。一方、輸入量は約7,000t で自給率は18％（2018年）である。主にタイ、ラオス、中国から輸入される原料の価格は高騰傾向で内外価格差は縮小し、品質優良な国産ハトムギの需要は堅調で、国産への期待度が高い。これらの背景から、国内の栽培面積は伸びており、本稿ではその栽培を支える品種について、これまでの育成の歩みや特性について述べる。

２．ハトムギ品種育成の歩み

ハトムギの起源地は東南アジアやインドと推定される。日本には江戸時代には渡来しており、比較的多くの栽培があり、当時は薬用（ヨクイニン）として用いられていた。手塚ら（2009）によると、日本の在来品種と韓国品種は遺伝的に近縁であることが示され、日本には朝鮮半島を経て伝わったと考えられる。当時は品種の概念はなく、遺伝的多様性のある在来種が渡来し、日本の環境条件に合わないものが淘汰されて合うものが残り、日本在来種が形成されたのであろう。

日本における品種開発では、1970年代に岡山県立農業試験場で在来種を用いて試験研究が行われ、「岡山在来」が選出された。これに加えて、各産地で「中里在来」「徳田在来」が選出されている。その後、これらの在来品種内の変異から有用形質で選抜する方法や、人為的に突然変異を誘発して、その中から選抜する方法によっていくつかの品種が育成されている。より積極的と言える交配育種による登録品種は2004年出願の「はとゆたか」が初めてで、主要農作物に比べるとかなり遅い。品種開発の目標については、他の作物と同様に、農家人口の減少と農作業の機械化が進む中で、在来品種よりも草丈を短くして栽培管理や機械収穫をしやすくすること、また、耐病性や脱粒性の改善、地域に合う熟期の最適化が試みられてきた。

「岡山在来」は、西日本を中心に作付けされてきたが、同品種は草丈が高く、晩生であることなどから、1989年には、岡山県で「岡山在来」から選抜して草丈が短い「はとちから」が育成された。前後するが同時期の1988年には、東北農業試験場（現：農研機構東北農業研究センター）が、「岡山在来」にγ線照射をして突然変異を誘発し、草丈や熟期を改良した中生の「はとむすめ」を育成した。同試験場では、「はとむすめ」が小粒であることから、粒の大きな「はとひかり」も同じ年に育成している。「はとひかり」も「岡山在来」のγ線突然変異を利用し、選抜したものであった。

「中里在来」は、青森県中里町の在来品種で、過去には東北地域の主力品種であり、今も秋田県や青森県で栽培（2019年８ ha）されている。「中里在来」からは、北海道向けの極早生・短稈・小粒の「オホーツク１号」が個人により1993年に育成されている。

同じ1990年代には、東北農業試験場が青森県黒石市の在来品種である「黒石在来」から選抜した「はとじろう」を1995年に育成した。早生で栽培

管理が容易であることから東北地域で普及したが、2004年に東北農業研究センターで育成された「はとゆたか」の普及により現在は栽培されていない。

2000年代以降は交配育種による品種が主流となり、現在の主力となる「あきしずく」が2007年に農研機構九州沖縄農業研究センターで育成されたほか、2011年には東北農業研究センターで「はときらら」、九州沖縄農業研究センターで「とりいずみ」が育成されている。また、（公財）ヒューマンサイエンス振興財団が、北海道士別市の在来系統から選抜した早生の「北のはと」を2004年に育成しており、薬用・食用として北海道で栽培されている。更に、同財団は、2010年には晩生でかなり粒の大きい「はとろまん」を交配により育成している。

３．主な品種の特性

現在栽培されている主な品種の特性を紹介する。ここに挙げた品種は、いずれも農研機構が育成した品種であるが、従来２箇所（東北農業研究センター・九州沖縄農業研究センター）で行われてきた品種育成は、2018年度からは一本化（次世代作物開発研究センター）し、2021年度からは遺伝資源研究センターで素材の開発が続けられている。

１）はとゆたか（2004年育成）

「東北１号」と「奥羽４号」の交配組みあわせから育成された。短稈で熟期が早く、東北地方に適する。当時東北地方で主力であった「はとじろう」よりも収量性が高かったことから置き換えて普及が進み、東北地方で栽培（2019年232ha）され、「あきしずく」に次ぐ栽培面積である。「あきしずく」「とりいずみ」「はときらら」に比べて、粒大が大きい。一方、葉枯病には弱く、脱粒性にも課題がある。

２）あきしずく（2007年育成）

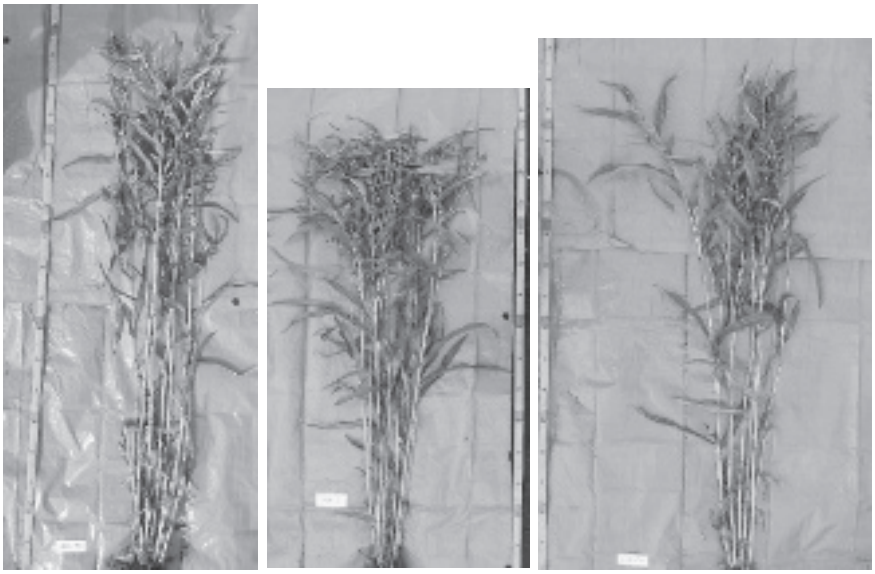
韓国からの導入品種「光州」と、「岡山在来」の人為突然変異系統（短稈化）「EMS200-2-d-10-4-2-4」の交配組みあわせから育成された。熟期は中生であり、南東北から九州地方に適する。葉枯病に抵抗性を持ち、脱粒性が改良され、「はとむすめ」や「はとひかり」に比べて不稔粒が少なく、多収性の画期的な品種である。現在の主力品種として、本州以南で栽培（2019年820ha）されている。

３）はときらら（2011年育成）

「東北１号」と「オホーツク１号」の交配組みあわせから育成された。ハトムギは比較的生育期間が長く、寒地での栽培や寒冷地の冷害時には成熟が不十分で減収しやすいため、極早生の品種が適する。「はときらら」は、極早生であるため北海道南部や東北地方、本州の高冷地での栽培に適し、極短稈で機械収穫適性が高い。小粒ではあるが製茶原料としては問題はない。葉枯病には弱く、脱粒性は改良されていない。現在は北海道で多く栽培（2019年37ha）されている。

４）とりいずみ（2011年育成）

「あきしずく」と同じ交配組みあわせから育成された兄弟品種である。熟期は中生、「あきしずく」に比べて、草丈はやや長いが収量は同程度からやや多収、葉枯病抵抗性が同程度以上に優れ、不稔粒の発生が少ない。粒大はやや小さいが、不稔粒



あきしずく　つやかぜ　とりいずみ

写真　草姿

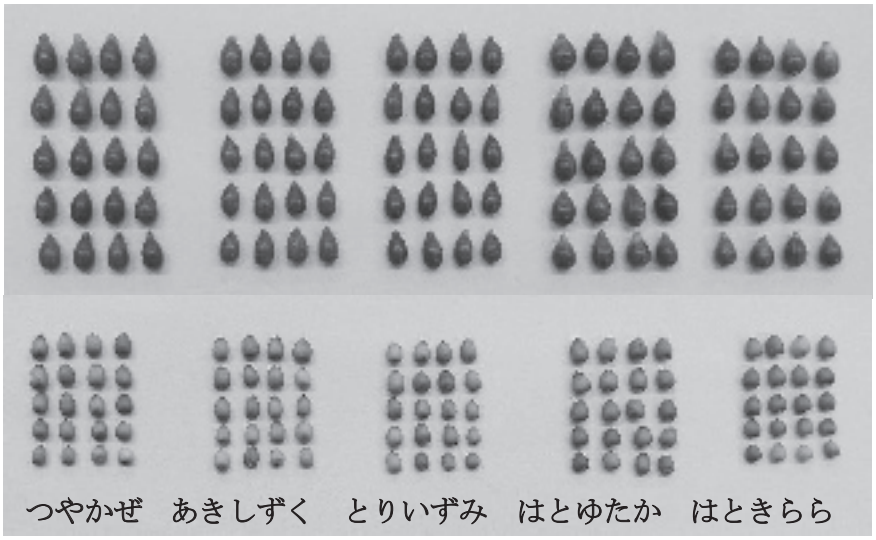


写真　殻実（上）および子実（下）

が少なく、製茶品質は良好である。主に鳥取県で栽培（2019年34ha）されている。

５）つやかぜ※（2021年育成）

「あきしずく」と、韓国からの導入品種「富川」と難脱粒性のジュズダマの交配第１世代「C0710 F１」の交配組みあわせから育成された。熟期は中生で収量は「あきしずく」並み、「あきしずく」や「とりいずみ」に比べて草丈が低く、やや大粒である。「あきしずく」同様、葉枯病抵抗性や難脱粒性を持つ。最大産地の富山県等で今後の普及が期待されている。

※本品種は生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業」の一部支援を受けて育成された。

４．おわりに

ハトムギの品種育成の歴史はまだ浅く、農作物としては発展途上の作物と言える。興味深いことに、ジュズダマが容易に交配することから、それらが持つ有用形質を取り込むことも可能である。遺伝資源を利用し、多収性や病虫害抵抗性、低温耐性などを今後も改良できる余地があり、利用方法にも発展性がある。今後のハトムギ振興を期待したい。

引用・参考文献

・石田喜久男ら（1982）、ハトムギ品種の特性調査、農業および園芸57、p467-468
・奥山善直ら（1995）、はとむぎ新品種「はとむすめ」の育成、東北農試研報89、p1-10
・加藤晶子ら（1997）、ハトムギ新品種「はとじろう」の育成、東北農研研報92、p53-62
・石田正彦ら（1997）、ハトムギ新品種「はとひかり」の育成、東北農試研報92、p43-52
・加藤晶子ら（2007）、ハトムギ新品種「はとゆたか」の育成、東北農研研報107、p43-51
・手塚隆久ら（2009）、日本のハトムギ栽培、特産種苗３、p6-12
・手塚隆久ら（2010）、ハトムギ新品種「あきしずく」の育成とその特性、九沖農研研報53、p33-41
・農山漁村文化協会編、手塚隆久（2010）、ハトムギ、地域食材大百科第１巻　穀類,いも,豆類,種実、p180-183
・加藤晶子ら（2012）、ハトムギ新品種「はときらら」の育成、東北農研研報114、p1-10
・手塚隆久ら（2014）、ハトムギ新品種「とりいずみ」の育成とその特性、九沖農研研報62、p1-9
・全国ハトムギ生産技術協議会　令和元年度秋期検討会資料ほか
・農林水産省品種登録ホームページ
http://www.hinshu2.maff.go.jp/

特集　ハトムギ種子の生産・供給【総説】

ハトムギの基本栽培技術

全国ハトムギ生産技術協議会　会長　**手塚　隆久**

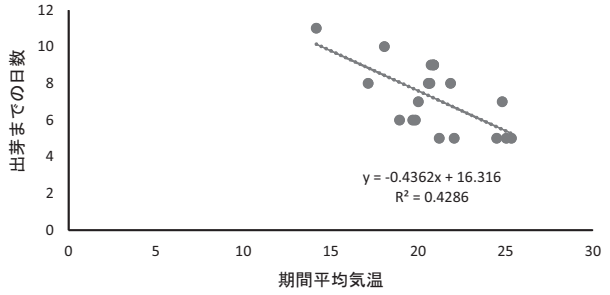
栽培適地

ハトムギは高温を好む夏作物であり、降霜で枯死する。栽培可能な期間は降霜のない季節である。品種を選択すれば、北海道から沖縄まで栽培可能である。沖縄では降霜の心配がないので年中栽培可能であるが、短日によって出穂するので、冬季の栽培には向かない。一般に、春から晩秋までが栽培期間である。

播種と出芽

種子は殻に覆われているため、乾燥した種子を播種すると出芽まで時間を要する。播種前に浸種を行う。浸種は消毒をかねて種子消毒剤に３日間浸漬する。播種日前日から浸種するだけでも乾燥種子より出芽が早まる。無農薬栽培では温湯消毒も行われている。乾燥種子を60度の温水に１時間つけ、浸種後直ちに冷水で種子を冷却する。しかし、温湯処理では完全に消毒できない。

播種後出芽までの日数は温度に影響され、気温が高いと出芽までの日数が短くなり、気温が15度以下では出芽まで10日以上を要する。低温時期の播種では、出芽より先に雑草が発生し、出芽揃いも悪くなる。このため、５月上中旬から播種適期となる。



出芽日数に及ぼす気温の影響

播種は条播が一般的であり、条間60cm から80cm で播種する。条間35cm 程度の狭畦密植で播種する地域もある。播種深度３ cm から７ cm までは出芽率にほとんど違いがない。播種深度１cm でも出芽するが、土壌が乾いているとむしろ出芽が遅れる。播種はよく砕土した土壌に深度３～５ cm が適している。播種量はあきしずくで３kg/10a 程度である。

表　ハトムギ「あきしずく」の播種深度と出芽率（%）

播種深度	播種5日後	播種6日後
1cm	25	55
3cm	50	90
5cm	65	100
7cm	55	90

注）数字は平均出芽率

栽培品種

ハトムギの品種は少ないが、中生品種が広い地域で作付けられている。中生品種（あきしずく、とりいずみなど）は東北南部から九州まで作付けられている。あきしずくは国内栽培面積の７割をしめている。東北北部では早生品種(はとゆたか、中里在来など)、北海道では極早生品種（はときら、北のはと、オホーツク２号など）が作付けられている。晩生品種には岡山在来があるが現在作付けがない。新品種申請中の関東２号はあきしずくと同じ中生に属する。

これらの品種の中から地域に適した品種を選択する。

播種期と成熟期

あきしずくでは播種から１ヶ月で出穂、さらに２ヶ月で成熟に至る。播種が遅くなると短日に反応して生育期間が短くなり、減収する。

表 「あきしずく」の播種期と成熟期

播種	出芽	出穂	成熟	出芽から出穂まで	出穂から成熟まで
5.01	5.14	7.11	9.04	58日	55日
5.15	5.25	7.18	9.09	54日	53日
5.29	6.05	7.28	9.19	53日	53日
6.05	6.12	8.05	9.24	54日	50日
6.19	6.25	8.10	9.27	46日	48日
6.26	7.02	8.18	10.04	46日	47日
7.03	7.10	8.25	10.11	46日	47日

注）熊本県合志市で試験栽培

生育初期の管理（雑草）

ハトムギは初期生育が遅いため、雑草害を受けやすい。播種直後に除草剤を散布する。初期除草剤として、ゲザプリムフロアブルとラッソ乳剤、サターンバアロ乳剤が登録されている。ゲザプリムフロアブルはイネ科雑草に効果が低いので、ラッソ乳剤あるいはサターンバアロ乳剤を組み合わせて散布する。ラッソ乳剤は薬害が発生しやすいので、砂壌土や有機物の少ない土壌では散布を避ける。播種後に大雨が予想されるときはラッソ乳剤の代わりにサターンバアロ乳剤を用いる。播種時の砕土が悪いと除草剤を散布しても雑草が発生する（写真参照）。

初期除草に失敗したときは、早めに中耕していくらかでも雑草を抑える。初期除草の成否は収量に大きく影響する。

最近、ハトムギでもアサガオ類の被害が多くなっている。アサガオ類は初期除草剤では防除が難しく、出穂期頃に株を覆い尽くし、株を枯らしてしまう。繁茂状態では手取除草でしか方法がない。

初期の水管理

播種直後に冠水すると出芽不良になり、出芽しても著しく出芽が遅くなる。さらに水はけが悪いと初期生育が悪くなる。

写真手前は冠水して出芽不良になり、さらに葉色が薄くて生育も劣る。水はけの悪い畑では、出芽を安定させるために畑の周囲に明きょを施工する。

施肥法

窒素の肥効が最も大きく、出穂期頃の追肥によって収量が増加する。肥料試験によると（表参照）、種子は出穂期頃の追肥の寄与率が最も大きく、葉や茎も同様に寄与率が高い。このため、窒素肥料は追肥重点の分施が一般的である。

表　収穫期の施肥窒素の寄与率（%）

部位	基肥	追肥1	追肥2
種子	8.5	23.5	10.9
葉	7.9	25.4	7.3
茎	7.7	25.8	8.6

注）基肥と追肥２回に分けて施肥

富山県では10a あたり窒素基肥３～４ kg に対して追肥12～14kg が基本である。久留米市では追肥重点の施肥法である。

表　分施の施肥例（10a あたり、福岡県久留米市）

	基肥	追肥1	追肥2	追肥3
窒素	1.4kg	6.3kg	5.4kg	2kg
リン酸	1.2kg	5.4kg	4.8kg	
加里	1.2kg	5.4kg	4.8kg	

注）追肥１は７月下、追肥２は８月中、追肥３は９月上
他に苦土石灰100～200kg

省力化するために緩効性肥料を用いた全量基肥の施肥法も利用されている。分施でも全量基肥でも、収穫期までに葉色が薄くなってきたら窒素追肥を行う。窒素不足は下葉の枯れ上がりだけでなく葉枯病の発病を助長する。ハトムギは収穫時期まで葉色を維持することが重要である。

なお、カルシウムとマグネシウムの吸収量はリン酸と同じ程度なので、苦土石灰あるいはケイカルの施用が欠かせない。

出穂後の管理

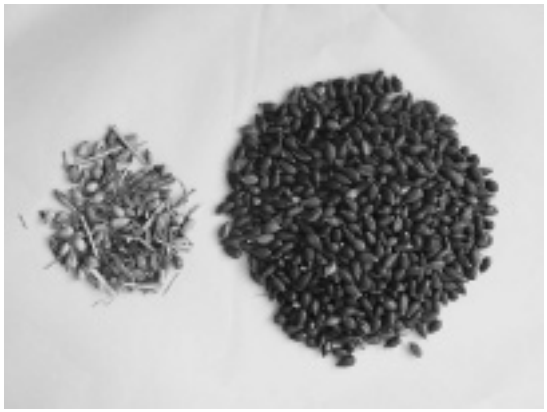
ハトムギは伸長期頃までは乾燥に強いので、草丈50cm 位まではかん水を必要としない。水はけが悪くて常時湛水状態では分げつが少なくなり、草丈が伸長して倒伏しやすい株になる。生育初期は日中葉が少し巻く程度ならかん水を必要としないが、朝でも葉が巻いている時はかん水する（写真参照）。

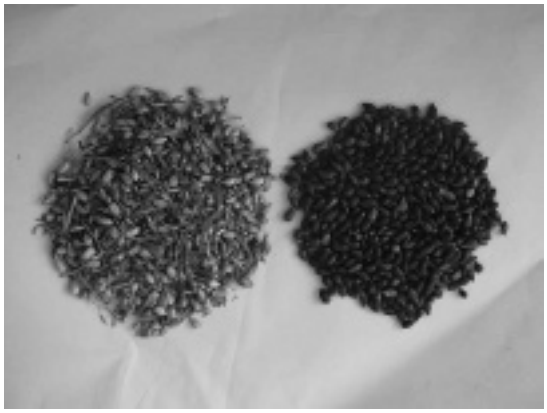
伸長期以降は水分ストレスに弱くなるので、出穂期頃から収穫時期までは間断かん水を実施して、極端な土壌乾燥を避ける。土壌が乾燥すると不稔粒が増加して収量が減少する。さらに、種子の充実も悪くなるので容積重が低下する。この時期の適切な水管理は、不稔粒の発生を少なく抑えるので収量の増加に結びつく。

右段上の写真のうち、写真上は適切な水管理のハトムギ、不稔粒が少なくて粒張りもよい。写真下はかん水を怠った畑のハトムギ、不稔粒が非常に多くて収量も少ない。

収穫と調整

ハトムギは開花始めから開花終わりまで１ヶ月





程度を要し、種子は一斉に成熟しない。このため、株全体の７～８割の種子が茶褐色になったときを収穫適期としている。しかし、あきしずくは脱粒性が改良されているので株全体の種子がほぼ着色してから収穫する。出穂後２ヶ月で収穫ができる。台風の襲来など強風が予想されるときは、早めに収穫する。適期に収穫しても、コンバインの性能上１割程度の脱粒は避けられない。コンバインの刃先に倒れた茎を拾い上げるガイド（写真参照）を付属するとロスが少なくなる。コンバイン収穫では着粒層（１株の種子がついている部分）だけを刈り取ると作業が早い。

収穫時種子水分は30％以上なので、収穫後直ち

に機械乾燥あるいは天日乾燥を行う。種子水分が15%以下になれば保存できる。

病害

最も被害の多い病害は葉枯病である。葉枯病は葉身に白い小さな楕円形の病斑が発生し、しだいに病斑が進展する。

葉枯病が激しく発病すると株全体が枯死する恐ろしい病気である。

出穂直後の種子に感染すると白い不稔粒が発生し、収量減の原因となる。出穂期頃からのロブラール水和剤散布で発病を抑える。発病は土壌の水分不足や窒素肥料の不足により助長されるので、適切な水管理と施肥管理は葉枯病防除に対しても重要である。

このほか、種子黒穂病が麦類栽培地帯で発病する。

害虫

イネヨトウは株が小さいときに成長点付近で食害する。このため、展開中の葉が枯れて病気のように見える。株を取って成長点付近を観察するとイネヨトウが見られる。

イネヨトウの発生は少ないので大きな被害にはならない。小さな株の時にパダン粒剤を散布して防除する。

アワノメイガは出穂期頃白く枯れた茎（写真参照）が散見されて初めて食害に気づくが、この時期に防除しても手遅れである。出穂期の葉枯病防除剤と同時に殺虫剤を散布するとよい。

このほか、コブノメイガの食害が見られるが、被害は小さい。

作付け体系

ハトムギは連作が可能であるが、生産性を維持するためには２年連作にとどめたい。連作を続けると、葉枯病が多発し、出芽直後の立枯れ病も発生する。水稲－ハトムギ－大豆のような作付け体系を導入して連作を回避する。

特集　ハトムギ種子の生産・供給【総説】

ハトムギ全粒熱水抽出エキス (Coix-seed Reactive Derivatives:CRD)

NPO 法人 代替医療科学研究センター　理事長　**鈴木　信孝**

Ⅰ．はじめに

ハトムギの穀実は、外側から内側に向かって外殻、薄皮、渋皮、子実から構成されている。我々はこれまで脚光を浴びていなかった外殻、薄皮、渋皮のすぐれた機能性に着目し、私がこれまで所属していた金沢大学臨床研究開発補完代替医療学講座において、薬学部、農学部、獣医学部の先生方とともに様々な研究を行ってきた。そして、食品用の酵素を作用させることにより、ハトムギの外殻・薄皮・渋皮・子実を含む全粒熱水抽出エキス（ハトムギ反応生成物/Coix-seed Reactive Derivatives:CRD）を考案し、製造することに成功した（日本国特許：第3590042号)。

一方、国産ハトムギは独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖縄農業研究センター　バイオマス・資源作物開発チームの手塚隆久らの研究により、産地での収量性その他の栽培適性に優れた品種として『あきしずく』が誕生した。そこで、我々は国産ハトムギ『あきしずく』の国際的なブランド化と高付加価値化を目指し、JA 氷見市と共同で『あきしずく』を用いて製造した CRD の研究を行った。CRD は、そもそも「農商工等連携事業計画認定 第１期経済産業省／中小企業庁」をはじめとするいくつかの公的研究助成が活用された産学官連携品である。つまり CRD は、日本国、ひいては国民の皆様の資金援助があってこそ完成した食品なので、私達は各種研究成果を国民の「健康維持」「治未病」のみならず「医療現場への応用」という形で還元できればと考えている。

そこで本稿では、CRD の安全性や機能性について最新情報も交え簡略にまとめた。さらに、最近判明した CRD の飲料分野における特性とその応用の可能性についても言及したい。

Ⅱ．CRD の安全性

食品だから安全であるという考えは、もはや国内外では通用しない。とくに、農産物を加工、抽出した機能性食品素材については必要最低限の安全性試験は行っておく必要があろう。CRD は、変異原性試験として、復帰突然変異試験（AMES 試験)，マウスリンフォーマ試験（MLA)、マウス小核試験が行われている[1)]。また、ラットを用いた急性毒性試験[2)]、28日間反復投与試験[3)]をはじめ、ヒト安全性試験[4)]も実施されている。なお、ヒト安全性試験としては、現在、２年間に及ぶ長期ヒト安全性試験が実施されているが、その中間解析では理学的所見、血液・生化学的検査において特記すべき異常を認めていない（未発表データ)。

さらに、CRD の薬物代謝酵素 CYP3A4, CYP2D6, CYP2C9に与える影響についても調べられており、特記すべき影響は認められていない[5)]。ただし、諸外国の報告では、ハトムギ糠（ぬか）オイル（Adlay Bran Oil:ABO）をラットに投与した研究では、肝臓や小腸の主要な薬物代謝酵素には影響しなかったものの、theophylline、dextromethorphan、diltiazem、chlorzoxazone の血中濃度が上昇したという[6)]。これは、ABO が薬物の腸管における吸収に影響を与えたためではないかと推察されている。また、ハトムギ糠がラットの cytochrome P-450（CYP）を抑制したとする報告もみられる[7)]。いずれにしろ、食品は原料や加工方法によりその性状、成分含有量は大きく異なる場合があるので、それぞれの最終食品素材のデータを保有しておくことが肝要であろう。CRD は薬物代謝酵素への影響はみられなかったものの、薬物を常用している患者が利用する場合は、あらかじめ医師に相談することが肝要である。

また、おそらくすべての機能性食品について言えることであろうが、少なくとも薬と同時には摂取するのは避けるのが望ましく、筆者は、薬を使用している者がCRDを常用する場合は、たとえば午前10時と午後５時に摂取するなど、薬の内服時刻とはずらして使用するのが良いと考えている。

CRDは今も継続して市販後調査が行われており、現在、その数は約１万数千例になっているが、現時点で摂取中にアレルギー性皮膚炎を認めた者は12例、うち穀物中の微量元素である亜鉛に起因するものが２例みられた（未発表データ）。これら12例すべてがCRDに起因したものであると断定することはできないが、たとえそうだとしても、この数は大豆や小麦をはじめとする通常の穀物アレルギーの発生頻度と比較するとかなり少ないように思われる。これには、おそらく後述するように、CRDが有する抗アレルギー、抗炎症作用が関与しているのではないかと推察している。また、摂取中に胃痛を認めた者が２例みられたが、いずれも摂取中止により速やかに症状は消失している。薬剤である子実の熱水抽出物であるヨクイニンはしばしば胃痛を起こすことが知られているが、CRDはヨクイニンと比較して胃痛の発生が非常に少ないように思われる。これにはおそらくハトムギ外皮の作用が深く関与していると考えられる。

著者は産婦人科医師なので、CRDを妊娠中に使用した経験は少なからずある。しかし、一般的には妊娠中のCRDの使用については医師の監督下で、治療の有益性が勝る場合に限るのがよい。なお、妊娠中のハトムギ使用については論文を参照いただきたい[8)]。

Ⅲ．CRDの有用成分

我々は液体クロマトグラフィー/質量分析法（LC-MS）を用いてCRD中のフェノール化合物13種類とアルカロイド化合物であるコイキソール（coixol）の分析を行い報告した[9)]。測定結果はTable 1に記したが、CRDは市販の子実の熱水抽出物とは成分の構成がかなり異なっている。CRDはハトムギ外皮成分としてp-Coumaric acid（p-クマル酸）を豊富に含有しているのが特徴であり、この成分が製造ロットにおけるCRDの力価を測定する基準成分の一つとなっている。またp-Hydroxybenzaldehydeを豊富に含んでいることも特徴となっている。

Ⅳ．CRDの機能性と有用性

ハトムギの機能性や有用性に関してはこれまでいくつか報告したが[10,11)]、今回は、CRDを中心にハトムギ全般に関して、最新知見も交え概説する。

１．浮腫（むくみ）

古来、ハトムギの利尿作用は有名であり、我が国でもネフローゼ症候群等の腎疾患に応用してきた歴史がある[10)]。確かにCRD摂取時の最も早い作用として、手、顔、足のむくみが半日から数日で軽減することはしばしば経験される（未発表データ）。しかし、それが利尿作用によるものかについては不明な点が多い。というのは、未だに利尿作用を有する成分が同定されていないから

Table1　CRDの有用成分分析

Peaks	Compoubds	A		B	
		Content (μg/g)	RSD	Content (μg/g)	RSD
1	Protocatechuic acid	31.9	7.5	6.4	7.7
2	Chlorogenic acid	11.3	6.8	ND	5.4
3	*p*-Hydroxybenzaldehyde	50.2	5.5	1.1	5.1
4	Caffeic acid	36.9	6.8	11.4	4.8
5	Vanillin	9.2	7.3	0.4	6.1
6	Syringaldehyde	12.1	6.4	0.4	6.3
7	*p*-Coumaric acid	275.0	5.7	8.2	5.1
8	Ferulic acid	27.1	6.1	8.1	4.9
9	Coixol	5.5	4.8	0.8	7.0
10	*trans*-Coniferylaldehyde	9.1	6.1	ND	6.1
11	Quercetin	16.2	5.8	0.9	5.5
12	Naringenin	11.1	6.2	ND	4.9
13	Luteolin	0.5	7.1	ND	5.6
14	Tricin	0.7	6.8	ND	6.3

*LC/MS：Agilent 1290 Infinty II LC system
A:Coix-seed Reactive Drivatives (CRD)
B:Hot water extract of grain (a commercial product)

だ。

また、CRD の糖尿病患者への摂取試験では、初期にかなりの利尿作用が認められるものの、数日後には利尿作用はほぼ消失する（未発表データ）。さらに肩こりや慢性関節リウマチ等においては、痛みの軽減、もしくは消失と同時に利尿作用も減弱もしくは消失する（未発表データ）。以上の観察結果から我々は、利尿には CRD に含まれる子実や外皮の抗炎症作用も深く関与していると考えている。すなわち、炎症が軽減するとともに局所に貯留した細胞外液が尿となって排泄されるのではないかと考えている。いずれにしろ、CRD はむくみやすい女性、とくにオフィスで働く OL の足のむくみや飲酒翌朝の顔のむくみ軽減などに有用性が期待できる。ただし、CRD は夜間排尿を避けるため、就寝直前の摂取はひかえた方が良いであろう。

２．冷え性

日本では冷え性は女性に多く見られる症状とされているが、中国では男性に多い症状とされている。事実、中医学では冷え性体質を『陽虚質』と呼び、「男子不可百日無姜」という諺が示す通り、「男子は100日間ショウガなしでは暮らせない」と言われている[12]。日本においても、実は男性のいわゆる「隠れ冷え性」は、意外に多い様であり、たとえば夏に冷房を嫌うことなどから分かることも多い。

ところで、子実の熱水抽出物からなる漢方薬ヨクイニンは、内服すると「冷え」が誘起されるので、冷え症の患者には使いにくい。これは古来知られている事実であり、我が国の漢方専門医もよくご存じのことである。また、このことがハトムギ子実を食する際の大きな障壁でもあった。我々も CRD 開発当初、冷えが誘発されることは覚悟していたが、実際に摂取した方々から、「お腹のあたりがポカポカする」、「冷え性が改善した」と感想を述べる方が続出した。そこで、CRD 摂取で冷え性が改善するか２重盲検臨床試験を行ったところ、CRD4g/日摂取群では有意に冷えが改善していた[13]。これはおそらく CRD に含まれるハトムギ外皮成分が有する血管拡張作用によるものだと解釈している。

３．不妊症

司馬遷の「史記」には、中国最古の王朝である夏の建国者である兎の母は、ハトムギを愛飲して、兎を身篭ることができたとの記載があるが、近年になり、卵胞成熟や排卵を促進する有用成分として、trans-stigmastanol という植物ステロールが単離されている[14]。また、我々は、妊娠しづらい２例が CRD 摂取中に自然妊娠した例を報告した[15]。

４．月経困難症

ハトムギ外皮、とくに外殻は、平滑筋弛緩作用を有し月経痛に有効である可能性が指摘されている[16]。ただし、臨床試験はまだ行われていない。

５．子宮筋腫

動物実験により有用成分はハトムギ外殻中の stigmasterol と β-sitosterol であると報告されている[17]。ところで、我々は CRD 摂取中に良性腫瘍である子宮筋腫が縮小もしくは増大が抑制されたヒト臨床例を２例経験している（未発表例）。また、我々は、子宮筋腫ではないが、獣医師の協力下に犬で行った試験で、犬のマイボーム腺腫という眼瞼皮脂腺から発生した良性腫瘍が CRD 摂取により消失した例も数例経験している（未発表例）。また、CRD が良性腫瘍に対し有効であった例はいくつか経験している。例えば手の巨細胞腫１例、声帯ポリープ数例などである（いずれも未発表）。

良性腫瘍に対する作用機序は不明な点が多いが、現時点ではおそらく CRD 中に含まれる抗腫瘍成分 p-Hydroxybenzaldehyde が深く関与しているのではないかと推察している。いずれにしろ、筋腫をはじめとする良性腫瘍に関しては、きちんとデザインされた２重盲検臨床試験を行わなければならないであろう。

６．抗肥満

ハトムギの抗肥満作用については動物実験報告がいくつかみられているが、作用機序としては PPAR γ のダウンレギュレーションであると考えられている[18]。また、ハトムギが腸内細菌叢を改善させ、抗肥満作用を発揮する可能性も指摘されている[19]。CRD ４ g/日３ヶ月以上の摂取により、体重が４-５キロ減少、とくに腹部まわりの肥

満が解消された自験例はいくつかあるが（未発表データ）、その有効率は約３割程度と、個体差が大きく、遺伝的要因も関与しているようで、詳細については今後のヒト臨床試験を待たなければはっきりとしない。

７．抗糖尿

ハトムギの抗糖尿作用についてはこれまでいくつかの動物実験が報告されている。とくに、最近、ハトムギの外皮成分に注目が集まっており、ハトムギ糠（ぬか）はインスリン感受性と肝臓のグルコース代謝を増強することにより、糖尿病における高脂血症と高血糖を改善する可能性が示唆されている[20]。我々はCRD摂取の糖尿病に与える影響に関しこれまで観察研究を行ってきたが、摂取２−３ヶ月後には糖尿病の指標であるHbA1cが下降し、インスリンをはじめとする抗糖尿病薬の減量に成功した事例をいくつか経験した（未発表例）。CRDは糖尿病において非常に有望である可能性は高く、今後内科医師の協力下に臨床試験を行う予定である。前述したが、CRDには成分として、vanillinや4-hydroxybenzaldehydeが含まれているが、おそらくこれらの成分がインスリン抵抗性を改善している[21]のだろうと推察している。いずれにしろ、糖尿病の患者がCRDを摂取する際は、必ずかかりつけ医に相談することが大事である。摂取により投薬の必要量が減少する可能性があるからである。

８．抗高脂血症

以前から、ハトムギによる血中中性脂肪やコレステロール低下作用は動物実験ではいくつか報告されている[18]。しかし、少なくとも我々がこれまでヒトで観察した限り、CRD摂取で血中コレステロール、中性脂肪が低下する症例は少ないように思う。

９．肩こり

ハトムギの有効成分の一つであるコイキソール（coixol）は、腰背部痛、頚肩腕症候群、肩関節周囲炎、変形性脊椎症などに用いられているクロルゾキサゾン（chlorzoxazonn）と同じ中枢性の筋弛緩作用を有しているとする報告がある[22]。CRD摂取者の観察研究により、肩こりが著明に改善した自験例が数例ある（未発表データ）。今後、臨床試験で明らかにするべきであろう。

10. 抗酸化

ハトムギの抗酸化作用についてはこれまでいくつも論文がみられている。Zhaoらはハトムギに含まれるフェノール化合物、なかでもp-クマル酸が重要であると報告している[23]。また、ハトムギの抽出物は高尿酸血症ラットの血清尿酸レベルを効果的に低下させたと述べている[23]。

11. 抗炎症

ハトムギの抗炎症作用についてはこれまでいくつも報告されている。とくにハトムギ糠が有する抗炎症作用が注目されてきた[24]。また、ハトムギの外殻抽出物の抗炎症作用も報告されている[25]。我々もCRDの抗炎症作用について研究し報告した[26]。

12. 抗アレルギー

ハトムギが有する抗アレルギー作用についてもいくつか研究されている[27]。前述したようにCRD摂取によるアレルギー性皮膚炎は少ないと思われるが、これはCRDが有する抗炎症・抗アレルギー作用と無関係ではないであろう。なお、ハトムギはイネ科ジュズダマ族の植物で、トウモロコシの類縁とされており、いわゆるムギではない。したがって、小麦などと異なり一般的にはグルテンフリー食品に分類されている。しかし、小麦アレルギーの人はしばしば他の食材に対しても交差抗原性があるので、ハトムギ含有食品を食する時は念のため主治医に相談すると良い。

13. 慢性関節リウマチ

ハトムギはそのすぐれた抗炎症作用を応用して、古くから慢性リウマチ患者に使用されてきた。なお、CRDの主成分であるp-クマル酸は、慢性関節リウマチにおける骨破壊を防止する可能性が指摘されている[28]。

14. 骨粗鬆症

Yangらは組織培養や動物モデルを使用し、ハトムギ抽出物は骨粗鬆症の予防に有用な可能性があると報告している[29,30]。

15. 睡眠・鎮静・抗けいれん作用

五味田らは、ハトムギには睡眠・鎮静・抗けいれん作用があり、その有用成分はコイキソールであると述べている[31]。

16. 各種皮膚疾患と肌美容

CRD が最も効力を発揮する部位は、扁平上皮全領域であると言っても過言ではない。すなわち、頭皮、角膜、外耳道、口腔、鼻咽頭、声帯、全身の皮膚、膣、子宮頸部、肛門、爪まで、まさに「頭から足の爪先」までの広範囲に及ぶ。紙面の関係上、CRD に関する論文は以下を参照いただきたい。難治性疣贅（イボ）[32,33]、難治性膣コンジローマ[32]、牛の皮膚乳頭腫[34]、難治性アトピー性皮膚炎[35,36]、難治性貨幣状湿疹[37]、尋常性痤瘡（ニキビ）[36,38]、手湿疹[36,39]、接触皮膚炎[36]、掌蹠膿疱症[36]、足底角化症[39]、爪上皮（甘皮）の表皮剥離[40]、皮膚の色素沈着度と紅斑度の減少（２重盲検臨床試験）[41]、肌改善[42]、摩擦性黒皮症[43]、光老化皮膚[44]、顔のたるみ・しわ[36]。

なかでも色素沈着、しわやたるみなど、いわゆる光老化皮膚に対するアンチエイジング医療は近年とくに注目されている。ヒト皮層角化上皮膜貫通型水チャンネルのアクアポリンは紫外線照射時の光老化による皮層の脱水に関与しているが、Shan らは proteinkinaseC と NF-κ B の抑制作用を有するハトムギは、aquaporin-3（AQP3）をダウンレギュレートすることにより、抗紫外線効果を発揮すると報告[45]していたが、我々は、CRD 添加が紫外線（UVB）照射前のみならず照射後であっても細胞のダメージを減少させることを見出し報告した[26]。このことは、CRD 摂取が紫外線による皮膚癌の予防につながる可能性もあり、今後、さらに研究したいと考えている。

17. 免疫賦活作用

ハトムギと免疫賦活作用に関する基礎論文はいくつかみられ、単球-マクロファージ系細胞に作用し、インターロイキン-1の産生増強を介して抗体産生細胞を増強すること[10]、NK 細胞活性と MHC 非拘束性細胞障害性 T 細胞の増強を認めること[10]、さらに細胞傷害性 T 細胞が活性化し、抗ウイルス作用がもたらされるとする報告も見られる[10]。我々はヒト臨床試験を行い、CRD 摂取により、アレルギーに関与する Th ２が有意に減少し、相対的に細胞性免疫に関与する Th １が増加することも見出し報告した[46]。

18. 癌化学予防・抗癌作用

ハトムギの抗腫瘍作用については数多く発表されており、とくにハトムギ子実を有機溶媒で抽出した薬である Kanglaite に関する知見は非常に蓄積されており、論文数も70編以上ある。Kanglaite は中国やロシアでは抗癌剤として頻用されており、内服もしくは注射剤が上市されている。適応症は肺癌であるが、様々な癌腫に応用可能である。このようにハトムギのすぐれた抗癌作用はすでに証明されている。我々も CRD の抗腫瘍作用については、いくつか研究を行っている[26,47,48]が、詳細についてはまた別の機会に譲りたい。

ところで、Chen らはハトムギの外殻に着目し、その中から、癌化学予防成分として、p-Hydroxybenzaldehyde、Vanillin、Syringaldehyde、trans-Coniferylaldehyde、Sinapaldehyde、および Coixol を同定し、trans-coniferylaldehyde が最も強い作用を有していることを報告している[49]。CRD は外殻も抽出したものであり、Table １に示したように上記外殻成分のほとんどが含まれていることがわかると思う。

19. 抗ウイルス作用

疣贅やコンジローマはヒト乳頭腫ウイルス（ヒトパピローマウイルス：HPV）感染によって引き起こされる疾患である。また、HPV は子宮頚癌の原因ウイルスでもある。前述のごとく CRD はすぐれた抗 HPV 作用を有していることが示唆されてはいるが、それが生体に対する免疫賦活作用によるものか、直接作用なのかについては HPV の in vitro、in vivo 実験系が未だ確立されていないため、これまで不明であった。そこで、我々は視点を変え、インフルエンザウイルスを用いて CRD の抗ウイルス作用を検証した。結果は CRD に抗インフルエンザ作用を見出すことができ、その作用には含有するポリフェノールが深く関与していることがわかった[50]。

ところで、筆者は混迷度を深めるコロナ禍を鑑み、昨年２月から「新型コロナの補完代替医療」の研究を開始した。とくに天然物等を用いた安全かつ有効性の高い「新型コロナの初期治療」に関する研究を行い、研究成果の詳細は一般の方でも

理解しやすいように一冊の本にまとめたので参考にしていただければ幸いである[51)]。

さて、創薬分野の先端科学である①分子ドッキング法と相互作用の研究、②薬物動態研究、③分子動力学シミュレーション研究などの手法を用いれば、新型コロナウイルスや宿主のキーとなる分子に強固に結合し、この働きを強固に阻害する天然化合物を同定することが可能となる。筆者が昨年来調べたところ、新型コロナの主要な治療ターゲットは14ヶ所にも及ぶことがわかった。新型コロナは弱点だらけだったわけである。さらに、意外なことにCRDは様々な抗コロナ有用成分に富んだ食品素材であることも判明した（Fig 1）。

CRDの新型コロナに対する有用成分は、含有量が多い順に、p-cumaric acid、Caffeic acid、Ferulic acid、Quercetin、Chlorogenic acid、Naringeninであり、混在するリノール酸、パルミチン酸を加えると８種類に及ぶことが判明した。また、作用部位としては、ウイルス側として、スパイクタンパク、Mpro（メインプロテアーゼ）、PLPro（Papain-Like Protease：パパイン様プロテアーゼ）、ヌクレオカプシド、宿主側としてはACE-２受容体、Heat Shock ProteinA5（HSPA5）の計６ヶ所であることもわかった。すなわち、CRDはウイルスの４ヶ所と宿主の２ヶ所を強力にブロックする化合物を少なくとも８種類も有していることがわかったのである。

まず､ケルセチンはスパイクタンパクに結合し、これを阻害することが報告されている[52)]。また、ケルセチンは、PLproに結合し、その働きを阻害[53)]、ケルセチンやナリンゲニンはACE2受容体に結合し、これを強固に阻害する[54)]。Taoらも178種類の化合物を分子ドッキング法等でスクリーニングし、ケルセチンとバイカレイン（Baicalein）が最強のACE2阻害物質になり得ると報告した[55)]。さらに、ケルセチンがスパイクタンパクとACE2の接触面をブロックすることも報告されている[56)]。

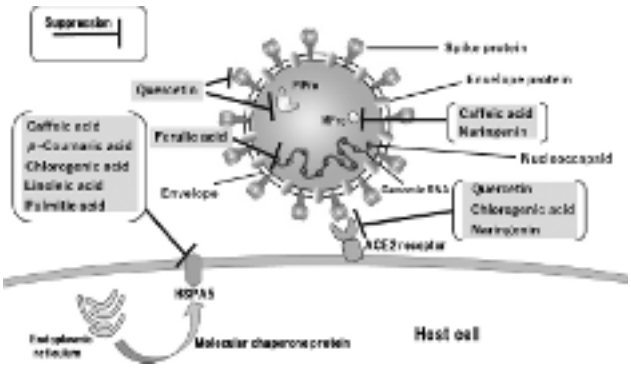


Fig1　CRD中の抗SARS-CoV-2成分

カフェ酸のエステル体であるCaffeic acid phenethyl ester（CAPE）が、コロナのメインプロテアーゼMproの働きを競合的に阻害すると報告された[57)]。またカフェ酸やフェルラ酸はウイルスの膜タンパクのアミノ酸残基に強固に結合し、エンベロープやヌクレオカプシドとも相互作用することもわかった[58)]。

スパイクタンパクとACE2の結合を妨げる化合物を見つけるために、253種類の活性成分がスクリーニングされたが、クロロゲン酸（Chlorogenic acid）とフィリリン（Phillyrin）が最も有望なキー物質として浮かび上がった[59)]。Huangらは中国医学でコロナウイルスのメインプロテアーゼ（Mpro）とACE2リセプターに結合し、それらの働きを阻害する生薬成分を解析し、ナリンゲニンをはじめ、ケンフェロール、ルテオリンなどが最も重要であると報告した[60)]。さらに、p-クマル酸、カフェ酸、クロロゲン酸、リノール酸、パルミチン酸はHeat Shock ProteinA5（HSPA5）のSBD βと強く結合し、ウイルスのスパイクタンパクが宿主のリセプターに結合するのを阻止する可能性が強いことも報告された[61)]。

CRDは前述のごとく、安全性が高く、細胞性免疫を増強させ、かつアレルギー反応を抑える作用を有し、ウイルスのみならず宿主のコロナの感染をブロックする成分を豊富に含んでいるので、新型コロナの補完代替医療のみならずセルフケアにおいても有力な天然物素材の一つとなろう。

Ⅴ．CRDを用いた起泡剤および呈味改善剤

最近CRDの味、風味に関して新しい発見があったので、ここで報告しておきたい。もともとCRDは開発当初から「風味があり大変美味」であるとの評価があったが、今回、偶然ビールにエキス末を添加したところ、素晴らしい起泡性（発泡性）を確認することができた。また、ビールが芳

醇な味に生まれ変わることも発見した。泡も極めて微細でいわゆる「神泡」と言われるものが容易に得られることがわかった。さらに、焼酎やウイスキーにほんの少しCRDを添加するだけで、大変まろやかな熟成ウイスキーに似た味に変貌し、男性よりも女性に大変好評であった。一般に女性は苦いビールやウイスキーは苦手である。なぜならば、味蕾の数が男性より多く、味に非常に敏感だからだと思われる。

まずは起泡性であるが、一般にビールの泡の形成と泡持ちにプラスに働く物質は、麦芽のたんぱく質とホップのイソアルファ酸であると考えられている。一方、ハトムギの子実は、精白米の約２倍のタンパク質を有している特徴があり、私はこのことがすぐれた起泡性の一因ではないかと推察している。次にCRDのどの成分が呈味改善につながっているのかを探求した。子実の熱水抽出エキス末を製造し、試したが、CRDのような呈味改善効果は得られなかった。そこで、おそらくハトムギ外皮の成分が深く関与していると考え、ウイスキーの持つ芳醇で濃厚な香りと味の由来成分を調べたところ、理由が判明した。ウイスキーは樽貯蔵中に、オーク材のリグニンからコニフェリルアルデヒド、バニリン、シリングアルデヒドなどのバニリン誘導体が長い年月をかけて分解溶出し、これがウイスキー独特の香りのもととなっていることが知られていたのである[62)]。そして、10年物のウイスキーの全製造期間のうち実に99%以上が貯蔵に要する期間となるという。CRDはTable 1に記載の通り、コニフェリルアルデヒド、バニリン、シリングアルデヒドを含んでいるが、これはいずれも主としてハトムギ外殻のリグニン由来と考えられる。CRDは製造に丸２日間を要するが、ウイスキーのように樽からリグニンが溶出するのに比べ、はるかに早くバニリン誘導体が得られたことになる。また、驚くべきことにコニフェリルアルデヒド、バニリン、シリングアルデヒドは、前述のごとく癌化学予防作用を有するCRD中の重要な有用化合物である。つまり、CRD中の癌化学予防物質は、３種類とも、とても芳醇でフルーティーな味を醸し出す物質でもあったわけである。おまけに女性にとってビールも美味しくなった。これはまことに不思議なことであり、まるで神々が我々や生産者に与えたプレゼントのように感じ、また、同時に肩の力が抜けた。

Fig2　CRDを使用した新規起泡剤と呈味改善剤

CRDの摂取の目安量は、２～４ g/日である。アルコールや飲料へのトッピングの目安はFig 2に記載した。また、もし機会があれば、CRD ２ g程度を200ccの牛乳に入れて味わっていただきたいと思う。牛乳の生臭さは一瞬で消失し、バニラ香というか、何とも言えない美味しい牛乳に変身すると思う。やはり、昔から言われている様に、美味しいものは体に良いのかもしれない。

Ⅵ. おわりに

国産ハトムギ「あきしずく」の高付加価値食品であるCRDは、長い年月を要したとはいえ、着実に医学的エビデンスを積み重ねたことが功を奏し、安全性が高くかつ有用な健康補助食品として一般市場のみならず全国のクリニックでも使用されるまでに至った。医師からの信頼も厚く、ブランド化にはほぼ成功したと思われる。CRDは食品用の酵素を用いてハトムギ全粒を抽出したものであるが、その製造は意外と難しく、高い技術力を要するものであり、日本のものづくり技術力が光るものとなっている。CRDが国民に愛され、またハトムギ農家の皆さんが安心してハトムギを生産できるように今後も研究を続けていきたいと考えている。

Ⅶ. 利益相反

CRDは金沢大学発ベンチャー企業である株式会社CRDが研究開発したハトムギ食品素材であ

り、筆者は当該会社の代表取締役社長に就任している。

Ⅷ. 謝辞

全日本で健闘中のハトムギ農家の方々のために、ハトムギの高付加価値化を目指し、大学の門を叩いて、様々な研究支援を行ってくれた（故）川上修氏（前 JA 氷見市組合長）を偲ぶとともに深謝します。また、現 JA 氷見市 伊藤宣良 組合長ならびに小坪勝之氏に深謝します。

文献

1）林　浩孝，石橋範人，太田真弓ほか：ハトムギ熱水抽出物の変異原性試験―復帰変異試験，マウスリンフォーマ試験（MLA），マウス小核試験―．日本補完代替医療学会誌　6：157-162．

2）Hayashi H，Ohta Y，et al：Acute oral Toxicity test of hot water extract of Coixlacryma-jobiL．var．ma-yuen Stapf in rats．JJCAM．6：105-110，2009．

3）Hayashi H，Arai T，et al： 28-day repeated dose oral toxicity test of Coixlacryma-jobi L．var．ma-yuen Stapf in rats．JJCAM．6：131-135，2009．
2009.

4）鈴木 信孝，大桑（林）浩孝，許 鳳浩ほか：ハトムギ全粒熱水抽出エキス（Coix-seed Reactive Derivatives: CRD）の健常成人における安全性試験．日本補完代替医療学会誌　16：113-117，2020.

5）鈴木信孝，許　鳳浩，上馬塲和夫ほか：Coix-seed Reactive Derivatives（CRD）の薬物代謝酵素 CYP3A4，CYP2D6，CYP2C9に与える影響．日本補完代替医療学会誌　15：109-112，2018.

6）Yao HT，Lin JH，et al: Food-Drug Interaction between the Adlay Bran Oil and drugs in rats: Nutrients．11: 2473，2019．

7）Yao HT，Lin JH，et al: Suppressive effect of the ethanolic extract of adlay bran on cytochrome P-450 enzymes in rat liver and lungs．J Agric Food Chem．59: 4306-4314，2011．

8）鈴木信孝：妊娠中のハトムギ使用について．日本補完代替医療学会誌　15：141-151，2018.

9）鈴木 信孝，滝埜 昌彦，大桑（林） 浩孝：液体クロマトグラフィー/ 質量分析法（LC-MS）を用いたハトムギ全粒熱水抽出エキス（CRD）中のフェノール化合物分析．日本補完代替医療学会誌　17：11-22，2020.

10）鈴木信孝：ハトムギと健康体質．FOOD STYLE 21 18：57-61，2014．

11）鈴木信孝：ハトムギの食品としての機能性と有用性．特産種苗　3：20-24，2009．

12）朱 燕波、許 鳳浩、宋 函ほか：健康体質づくり ～スマートライフの実現に向けて～．未病体質研究会刊行，2014．

13）鈴木信孝，許 鳳浩，大桑（林） 浩孝ほか：Coix-seed Reactive Derivatives（CRD）の女性における手足の冷えに与える影響: 無作為化比較対照試験．日本補完代替医療学会誌　17：33-36，2020.

14）Kondo Y，Nakajima K，et al： Isolation of ovulatory-active substances from crops of Job's tears（Coixlacryma-jobi L．var．ma-yuen STAPF.）．Chemical and Pharmaceutical Bulletin．36：3147-3152，1988．

15）鈴木信孝，川島拓也，上馬塲和夫ほか：ハトムギ抽出エキスと女性の QOL に関する二重盲検臨床研究．第14回日本補完代替医療学会学術集会抄録集　14：46，2011．

16）Hsia SM，Kuo YH，et al：Effects of adlay hull extracts on uterine contraction and Ca2+ mobilization in the rat．Am J Physiol Endocrinol Metab．295：E719-26，2008．

17）Lin PH，Shih CK，et al：Adlay（Coixlachryma-jobi L．var．ma-yuen Stapf.）Hull Extract and Active Compounds Inhibit Proliferation of Primary Human Leiomyoma Cells and Protect against Sexual Hormone-Induced Mice Smooth Muscle Hyperproliferation．Molecules．24： 1556，2019．

18）Choi，EK，Cho YJ，et al： Coix seed extract attenuates the high-fat induced mouse obesity via PPAR γ and C/EBP α a downregulation．Molecular & Cellular Toxicology．11：213-221，2015．

19）Liu S，Li F，et l： Structural modulation of gut microbiota reveals Coix seed contributes to weight loss in mice．Appl Microbiol Biotechnol．103：5311-5321，2019．

20）Tseng YH，Chang CW，et al．： Adlay Bran Oil Suppresses Hepatic Gluconeogenesis and Attenuates Hyperlipidemia in Type 2 Diabetes Rats．J Med Food．22：22-28，2019．

21）Park S，Kim DS，et al：Gastrodiaelata Blume water extracts improve insulin resistance by decreasing body fat in diet-induced obese rats: vanillin and 4-hydroxybenzaldehyde are the bioactive candidates．Eur J Nutr．50：107-18，2011．

22）Gomita Y，Ichimaru Y，et al： Behavioral and EEG effects of coixol（6-methoxybenzoxazolone），one of

the components in CoixLachryma-Jobi L. var. ma-yuen Stapf. Nihon YakurigakuZasshi. 77：245-259, 1981.
23) Zhao M, Zhu D, et al：In vitro and in vivo studies on adlay-derived seed extracts: phenolic profiles, antioxidant activities, serum uric acid suppression, and xanthine oxidase inhibitory effects. J Agric Food Chem. 62：7771-7778, 2014.
24) H DW, Wu CH, et al：Application of the solvent extraction technique to investigation of the anti-inflammatory activity of adlay bran. Food Chem. 145：445-453, 2014.
25) Huang DW, Chung CP, et al：Identification of Compounds in Adlay (Coixlachryma-jobi L. var. ma-yuen Stapf) Seed Hull Extracts That Inhibit Lipopolysaccharide-Induced Inflammation in RAW 264.7 Macrophages. J Agric Food Chem. 57：10651-10657, 2009.
26) 鈴木 里芳, 徳田 春邦,鈴木信孝ほか：ハトムギの抗腫瘍ならびに抗炎症作用に関する検討. 日本補完代替医療学会誌　10：75-85,2013.
27) Chen HJ, Shih CK, et al：Mast cell-dependent allergic responses are inhibited by ethanolic extract of Adlay (Coixlachryma-jobi L. var. ma-yuen Stapf) Testa. J Agric Food Chem. 58：2596-2601, 2010.
28) Neog MK, Rasool M： Targeted delivery of p-coumaric acid encapsulated mannosylated liposomes to the synovial macrophages inhibits osteoclast formation and bone resorption in the rheumatoid arthritis animal model. Eur J Pharm Biopharm. 133：162-175, 2018.
29) Yang RS, Chiang W, et al：Evaluation of osteoporosis prevention by adlay using a tissue culture model. Asia Pac J Clin Nutr. 17 Suppl 1：143-146, 2008.
30) Yang RS, Lu YH, et al：Osteoporosis Prevention by Adlay (薏苡 YiYi: The Seeds of CoixLachryma-Jobi L. var. ma-yuen Stapf) in a Mouse Model. J Tradit Complement Med. 3：134-138, 2013.
31) 五味田裕, 市丸保幸,森山峰博ほか：ハトムギ成分Coixol(6-methoxybenzoxazolone)の行動薬理学的ならびに脳波学的研究. 日薬理誌　77：245-249,1981.
32) 鈴木信孝, 川島拓也, 許　鳳浩ほか：Coix-seed Reactive Derivatives(CRD)とビタミン剤の併用療法により根治した難治性疣贅・コンジローマ症例. 日本補完代替医療学会誌　15：133-139,2018.
33) 鈴木信孝, 許　鳳浩, 上馬塲和夫ほか：ハトムギ全粒熱水抽出エキス(CRD)摂取により根治した足底疣贅例. 日本補完代替医療学会誌　17：61-64,2020.
34) 鈴木信孝, 川島拓也, 許　鳳浩ほか：殻付ハトムギの黒毛和牛皮膚乳頭腫に対する有用性に関する研究. 日本補完代替医療学会誌　15：117-120,2018.
35) 鈴木信孝, 許　鳳浩, 上馬塲和夫ほか：ハトムギ全粒熱水抽出エキス(CRD)摂取が有用と思われた皮膚炎例：事例研究. 日本補完代替医療学会誌　17：55-59,2020.
36) 鈴木信孝, 許　鳳浩：ハトムギ全粒熱水抽出エキス：事例研究. 日本補完代替医療学会誌　15：127-132,2018.
37) 鈴木 信孝, 橋本 慎太郎, 許 鳳浩ほか：Coix-seed Reactive Derivatives(CRD)摂取が難治性貨幣状湿疹の改善に有用であった事例報告. 日本補完代替医療学会誌　16：61-65,2020.
38) 鈴木信孝, 許　鳳浩, 上馬塲和夫ほか：ハトムギ全粒熱水抽出エキス(Coix-seed Reactive Derivatives: CRD)摂取が有用であった尋常性痤瘡例：症例集積研究. 日本補完代替医療学会誌　16：119-120,2020.
39) 鈴木信孝, 許　鳳浩, 上馬塲和夫ほか：ハトムギ全粒熱水抽出エキス(CRD)摂取が有用と思われた足底角化症. 日本補完代替医療学会誌　17：51-53,2020.
40) 鈴木信孝, 許　鳳浩：ハトムギ全粒熱水抽出エキス(CRD)摂取により爪上皮（甘皮）の表皮剥離が改善した事例報告. 日本補完代替医療学会誌　17：69-71,2020.
41) 鈴木信孝, 川島拓也, 許　鳳浩ほか：Coix-seed Reactive Derivatives(CRD)の皮膚色素沈着に与える影響に関する研究. 日本補完代替医療学会誌　15：85-90,2018.
42)上原静香, 吉川智香子, 吉田美鶴ほか：ハトムギ全粒熱水抽出エキス摂取による肌改善効果. 日本補完代替医療学会誌　16：33-38,2020.
43)鈴木 信孝, 杉本 勇人, 橋本 慎太郎ほか：Coix-seed Reactive Derivatives(CRD)摂取が有用であった摩擦性黒皮症の 1 例. 日本補完代替医療学会誌　16：57-60,2020.
44) 鈴木 信孝, 杉本 勇人, 橋本 慎太郎ほか：Coix-seed Reactive Derivatives(CRD)摂取が光老化皮膚の改善に有用であった事例報告. 日本補完代替医療学会誌 16：53-56,2020.
45) Shan SJ, Xiao T, et al：Kanglaite attenuates UVB-induced down-regulation of aquaporin-3 in cultured human skin keratinocytes. Int J Mol Med. 29：625-629, 2012.
46) 鈴木信孝, 許　鳳浩, 上馬塲和夫ほか：Coix-seed Reactive Derivatives(CRD)の Th1/Th2バランスに与

える影響. 日本補完代替医療学会誌 15：113-116,2018.
47) 滝本裕子，鈴木信孝，川畑哲郎ほか：ハトムギ Coix lachrymal-jobi L. var. ma-yuen Stapf の有用成分に関する研究. 日本補完代替医療学会誌 10：69-74,2013.
48) Okuwa-Hayashi H，Ohta T，et al：Anti-tumor activity and survival impact of whole adlay hot water extract in sarcoma mouse model. JJCAM. 17：37-42，2020.
49) Chen HH，Chiang W，et al：Antimutagenic constituents of adlay (Coixlachryma-jobi L. var. ma-yuen Stapf) with potential cancer chemopreventive activity. J Agric Food Chem. 59：6444-6452，2011.
50) 永井栄美子，奥田みずほ，潘　凌風ほか：ハトムギ反応生成物エキスの抗インフルエンザウイルス作用. 日本補完代替医療学会誌　14：61-66,2017.
51) 鈴木信孝：～わたしはこう考える～新型コロナの補完代替医療. NPO 法人　代替医療科学研究センター出版,2020.
52) MauryaVK，Kumar S，et al：Structure-based drug designing for potential antiviral activity of selected natural products from Ayurveda against SARS-CoV-2 spike glycoprotein and its cellular receptor. VirusDis. 31：179-193，2020.
53) Kandeel M，Abdelrahman AHM，et al：Repurposing of FDA-approved antivirals，antibiotics，anthelmintics，antioxidants，and cell protectives against SARS-CoV-2 papain-like protease. J Biomol Struct Dyn. Jun 29：1-8，2020.
54) MauryaVK，Kumar S，et al：Structure based drug designing for potential antiviral activity of selected natural products from Ayurveda against SARS-CoV-2 spike glycoprotein and its cellular receptor. VirusDis. 31：179-193，2020.
55) Tao Q，Du J，et al：Network pharmacology and molecular docking analysis on molecular targets and mechanisms of Huashi Baidu formula in the treatment of COVID-19. Drug Dev Ind Pharm. 46：1345-1353，2020.
56) Pandey A，Rane JS，et al：Targeting SARS-CoV-2 spike protein of COVID-19 with naturally occurring phytochemicals: an in silico study for drug development. J Biomol Struct Dyn. Jul 22：1-11，2020.
57) Kumar V，Dhanjal JK，et al：Withanone and caffeic acid phenethyl ester are predicted to interact with main protease (Mpro) of SARS-CoV-2 and inhibit its activity. J Biomol Struct Dyn. Jun 1：1-13，2020.
58) Bhowmik D，Nandi R，et al：Identification of potential inhibitors against SARS-CoV-2 by targeting proteins responsible for envelope formation and virion assembly using docking based virtual screening，and pharmacokinetics approaches. Infect Genet Evol.84：104451，2020.
59) Yu JW，Wang L，et al：Exploring the active compounds of traditional Mongolian medicine in intervention of novel coronavirus (COVID-19) based on molecular docking method. J Funct Foods.71：104016，2020.
60) Huang YF，Bai C，et al：Review on the potential action mechanisms of Chinese medicines in treating Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) .Pharmacol Res.158：104939，2020.
61) Elfiky AA：Natural products may interfere with SARS-CoV-2 attachment to the host cell.J Biomol Struct Dyn. May 5：1-10，2020.
62) 古賀邦正；Tips for B. F. D 連載第29回 酒類の熟成についての一考察(1)-ウイスキーの熟成機構を参考にして-、きた産業 Sake Utsuwa Research / 11 XI.

特集　ハトムギ種子の生産・供給【北海道】

ハトムギ薬用品種「北のはと」種子の生産・供給

国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所　薬用植物資源研究センター北海道研究部　**林　茂樹**

１．はじめに

ハトムギ（*Coix lacryma-jobi* L. var. *ma-yuen* Stapf）の種皮を除いた種子は生薬ヨクイニン（図１）として第十八改正日本薬局方に収載され[1]、利尿、消炎、鎮痛などの効能を有し、医療用漢方製剤148処方において桂枝茯苓丸加薏苡仁、麻杏薏甘湯、薏苡仁湯に配合されており[2]、単味ではイボ取り、肌あれ等に利用されてきた。平成28年度のヨクイニンの国内使用量は701t で、うち国内産は17t と極めて低く[3]、その供給を海外に強く依存している。一方で、輸入品のハトムギは船便で東南アジアや中国から運び込まれてくるため、高温下で脂肪酸組成が変化して油臭くなる上に[4]、輸送時にアフラトキシンを産生するカビ毒の発生が毎年報告されていることから、品質および安全性が高い国内産への期待が高い。

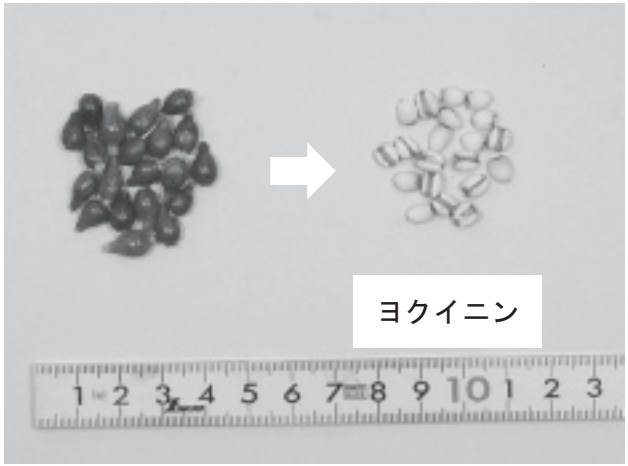


図１　「北のはと」の種子
種皮を除いた種子が生薬ヨクイニンとなる。

ハトムギは東南アジアやインドが原産とされるが、国立研究開発法人 医薬基盤・健康・栄養研究所 薬用植物資源研究センター北海道研究部（以下、北海道研究部）では、北海道北部地域でも露地栽培が可能な薬用品種を育成するために、1980年代に全国各地から資源を導入し、年平均気温の平年値が5.8℃である北海道名寄市[5]において選抜を開始した[4]。1993年に記録的な冷夏となり多くの系統が不稔となった中、北海道士別市の在来系統を由来とする株から少量の完熟種子が得られ、それをもとに集団選抜法により「北のはと」を育成し、2007年に品種登録が完了した[6]。2008年に国産生薬株式会社と「北のはと」の利用権に関するライセンス契約が締結され[7]、現在は医薬品、化粧品の原料および食用として北海道内で生産栽培されている。

本稿では、寒冷地向けのハトムギ薬用品種である「北のはと」の特徴、利用、生産状況およびその栽培用種子の生産と供給について紹介する。

２．「北のはと」の特徴

最大の特徴は、既存品種と比較して出穂期が著しく早く成熟期も早い点にある。北海道名寄市の露地栽培における「北のはと」の出穂日は６月下旬から７月上旬で、青森県旧中里町の早生系統である中里在来に対して20～30日、岡山在来に対しては40～50日程度早い（図２）[8]。このため、降霜前の10月初旬までに結実し（図３）、北海道北部地域であっても完熟種子の収穫が可能となる。その他、成熟期の草丈が140cm 程度と短幹で、茎数が多く（27本程度）、果実がやや小さく（100粒重10.1g）、糯性などの特性を有する。さらに、「北のはと」は食味が良く[7]、輸入市販品と比較して鉄、カルシウムなどの無機成分や不飽和脂肪酸の１種であるリノール酸の含量が高い[8]。

上記の特徴から「北のはと」の優位性は以下に示す通りである。第一に、冷涼な北海道北部地域においては害虫や病害の発生が認められず、無農薬または低農薬でのハトムギ栽培を可能とする。

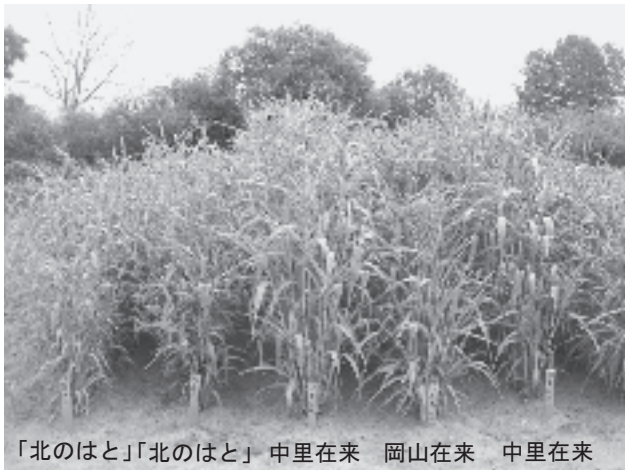


図２　「北のはと」、中里在来および岡山在来の生育について
2005年８月19日に撮影。文献４より引用、一部改変。

図３　登熟期（９月中旬）の「北のはと」
文献４より引用、一部改変。

第二に、ハトムギは日本国内で自生する近縁種のジュズダマ（*Coix lacryma-jobi* L. var. *lacryma-jobi*）と容易に交雑するが、北海道内ではジュズダマの分布が確認されておらず[9]、交雑のおそれがない。生薬ヨクイニンは第十八改正日本薬局方の確認試験で「本品の横切面にヨウ素試液を滴下するとき、内乳は暗赤褐色、胚盤は暗灰色を呈する[1]」（糯性）と規定されるが、ジュズダマの内乳は青紫色を呈することから（粳性）、交雑種はヨクイニンの品質へ影響を及ぼす可能性がある。

３．「北のはと」の利用

第３類医薬品 日本薬局方ヨクイニンとして、「北のはと」を使用した「北の大地のヨクイニン」が株式会社栃本天海堂より市販されている（図４）。また、指定医薬部外品としてヨクイニンエキスが高濃度で配合されたドリンク「ボトルドネイチャー」および医薬部外品の化粧水である「薬用スキンコンディショナー　エッセンシャル」には、有機栽培された「北のはと」が使用されている（株式会社アルビオン）。薬用としての機能に加え食味の良さから、一般用穀物として、種子を脱穀、精白した「ハトムギ（北のはと）粒」（国産生薬株式会社）をはじめとする各種食品類が商品化されている他[7]、精白の際に生じる糠のエキスを添加した石鹸「雪のはと」（株式会社植物エネルギー：北海道医療大学発ベンチャー企業）など、これまでに「北のはと」を用いて開発された製品は多岐にわたる。

４．生産状況

北海道における経済栽培では名寄市が北限と推定され[10]、現在の主要な生産地は北海道士別市、

図４　ハトムギ薬用品種「北のはと」を利用した製品の一部

剣淵町および八雲町である。2020年における「北のはと」の栽培面積は23ha、生産量は48t であり、生産量の約40% が有機栽培である。最も栽培面積が大きい八雲町では、ダイズに次ぐ新たな転換作物としてハトムギ「北のはと」が輪作体系に組み込まれており、収穫後の茎葉残さの乾物量がエンバク等の緑肥作物と同等以上となることから、土壌理化学性を向上させる効果も期待されている[11]。

５．栽培用種子の生産と供給

「北のはと」が育成された北海道研究部圃場（名寄市）において、形質を維持するための厳格な管理の下で「育種家種子」を毎年増殖し、ライセンス先である国産生薬株式会社へ供給しており、2020年の種子供給量は1,300kg となっている。「北のはと」の種子生産から供給までの流れは非常にシンプルである（図５）。一般的な作物の種子生産・供給の流れが「育種家種子」→「原原種」→「原種」→「一般種子」であるのに対し[12]、「北のはと」では「育種家種子」が国産生薬株式会社を経由し、ほとんどの場合、「一般栽培」の種子として生産者へ直接供給される。このため、「北のはと」は医薬品としての品質や極早生などの重要な形質が高水準で維持された種子を用いて生産栽培を行うことができる。一方で、名寄市では干ばつや低温により登熟が遅延するリスクがあることから[4]、北海道研究部では安定的に種子を生産するための栽培技術の開発を行っている。例えば、ケイ酸カリと肥効が短い窒素肥料を用いることで種子の充実度を向上させることが示唆されており[13]、北海道北部地域において安定的に登熟種子を得るための有用な施肥管理法となりうる。

６．おわりに

寒冷地向けのハトムギ薬用品種として開発された「北のはと」は医薬品や医薬部外品の原料であることから、その品質を維持するために北海道研究部の厳格な管理下で増殖し、その「育種家種子」が、一般栽培の生産者に直接供給される。また、寒冷地でハトムギを栽培することにより病虫害の発生が極めて少なく、本州以南での栽培と比較して農薬の使用量を大幅に減らすことができ、有機栽培が可能である。このような特徴に付加価値が見い出され、多様な製品化に至ったと思われる。生産者からは、自身が栽培した「北のはと」の最終製品が明確であり、医薬品等の原料を生産していることに意義を感じ、生産意欲が向上したとの声もある。現在、北海道研究部では「北のはと」の寒冷地における栽培条件の最適化等の試験研究を実施しており[13]、北海道内における高品質な原料の安定生産および更なる普及に貢献したいと考えている。

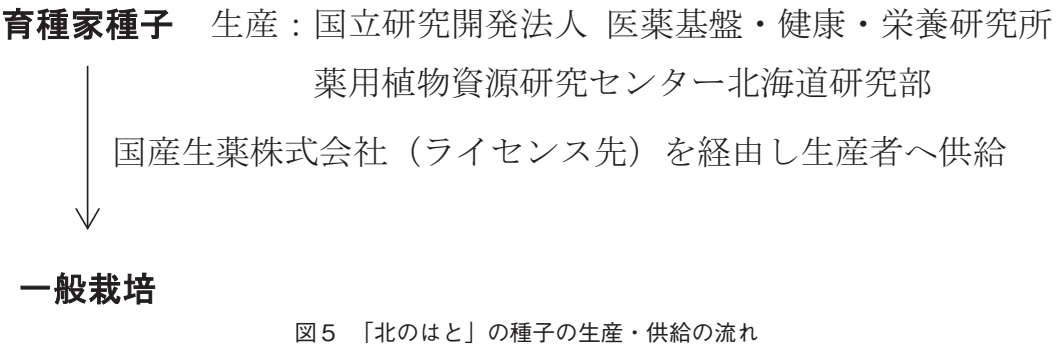


図５　「北のはと」の種子の生産・供給の流れ

引用文献

1 厚生労働省，第十八改正日本薬局方（2021）＜ https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000066530.html ＞

2 日本漢方生薬製剤協会 医療用漢方製剤委員会 有用性研究部会，医療用漢方製剤2020 -148処方の添付文書情報 -（2020）＜ https://www.nikkankyo.org/seihin/seihin1.htm ＞

3 山本豊，黄秀文，佐々木博，武田修己，樋口剛央，向田有希，森祐悟，山口能宏，白鳥誠，日本における原料生薬の使用量に関する調査報告，*生薬学雑誌*，73（1），16-35（2019）

4 柴田敏郎，北海道の生薬 第４回 北海道におけるハトムギの生産，*道薬誌*，26（12），7-11（2009）

5 気象庁ホームページ＜ https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/nml_amd_ym.php?prec_no=12&block_no=0008&year=&month=&day=&view=＞

6 育成者 柴田敏郎，畠山好雄，三浦忠一，澤井清道，ハトムギ変種「北のはと」，登録番号 第15003号，登録年月日2007年３月15日，出願者 財団法人ヒューマンサイエンス振興財団

7 白井清太，第６編 第５章 ハトムギ品種「北のはと」利用権に発する展開，薬用植物・生薬の最前線 ～国内栽培技術から品質評価，製品開発まで～，東京，シーエムシー出版，pp.246-251（2014）

8 柴田敏郎，ハトムギ新品種「北のはと」の紹介，第７回薬用植物に関するワークショップ講演要旨集，pp.1-4（2007）

9 桑原義晴，日本イネ科植物図譜，東京，全国農村教育協会，pp.157（2008）

10 菱田敦之，ハトムギ薬用品種‘北のはと’栽培について，薬用作物 栽培の手引き（２），薬用作物産地支援協議会，pp.131-151（2018）

11 相馬晴康，ハトムギ「北のはと」の普及と振興 -八雲町の地域連携による新規作物「ハトムギ」導入の取り組み-，薬用植物フォーラム2014講演要旨集，pp.27-37（2014）

12 澤岡浩幸，北海道における小豆・いんげん等種子の生産体制、供給体制，*特産種苗*，23,16-19（2016）

13 乾 貴幸，寒冷地栽培に適したハトムギ品種‘北のはと’，*アグリバイオ*，５（９），90-94（2021）

特集　ハトムギ種子の生産・供給【栃木県】

栃木県におけるハトムギ種子「あきしずく」の生産・供給の現状

株式会社髙田肥料店　代表取締役　**髙田　光紹**

１．栃木県におけるハトムギの生産・振興状況

（１）ハトムギの生産状況

栃木県は肥沃な土壌と豊富な水に恵まれ、水田整備率が高く、米・麦大豆を中心とした大規模な土地利用型農業が営まれています。特に下都賀地区～上都賀地区においてこの地域は、渡良瀬川・思川・巴波川・永野川に囲まれる水田地帯が形成されています。

ここは県内最大の二毛作地帯で、栃木県産麦の４割以上が生産されています。土地利用の高度化重要なテーマであり、1981年(昭和56年)から水田の転作作物として、ハトムギ栽培が開始されました。

2020年(令和２年)の生産状況は、作付面積151ha、生産量338t の実績で、全国第２位(18%)を占めています。反収での収穫量でも全国的にみて上位にあり、主食用米並の所得を確保し得る「基幹作物」として注目されております。また、代表的生産地の小山市では、『健康長寿ハトムギ100歳を目指すプロジェクト』を立ち上げ、ハトムギの生産増強や変化に富む活用法など、普及拡大に向けて様々な試行を重ねています。消費者の視点に立った製品の開発や、より良質のものを求めての生産技術の向上に努めております。

ハトムギ生産の推移

年度	生産面積 ha	数量 t
平成23年(2011年)	93.7	223
24年	71.0	179
25年	78.5	163
26年	81.3	211
27年	90.9	195
28年	104.2	293
29年	135.5	371
30年	161.3	296
令和１年	135.4	290
２年	151	338

（２）生産振興の状況

栃木県南部に位置する下都賀地域では、ハトムギのスマート農業化(ロボット技術や、情報通信技術を活用し、省略化・精密化・高品質を目指す農業のこと）を導入・推進しています。

このため、民間企業や関係業種など、様々な関係者が連携して研究開発していくことになりました。

まず第一にハトムギを地域ブランドに位置付け、その上で生産拡大消費拡大・知名度のアップなどを計画しています。

しかし収量の安定性が優先すべき課題なので、今年度から小山スマート農業推進協議会と、下都賀農業振興事務所、小山市農政課では、ハトムギ生産の省力化と効率化、生産性の向上を目的としてドローンリモートセンシングを用いた生育診断および追肥技術の開発に取り組んでいます。

ドローンとリモートセンシング技術を組み合わせたものが、ドローンリモートセンシングと呼ばれています。リモートセンシングは簡単に言えば、離れた場所から対象としている物体の状態を測定する技術です。この技術を使ってハトムギの生育環境の観測が始まりました。生育状況や病害虫の発生がすばやく判断出来、追肥技術の開発にもつながります。

実際の観測は上空５ｍぐらいの高度で約５分程度の時間で全体の状況を判断します。

まず最初にNDVIで植生の指標値測定を行います。NDVIとは、緑植生の茂り具合を示す正規化植生指数のことです。

（Normalized　DifferenceVegetationIndex）

詳しくは植物の緑葉が赤色等の可視光を吸収し、近赤外領域の波長を強く反射する性質を利用して、ハトムギの生育のバラツキを数値化することが狙いです。

（参考）

NDVI ＝ IR － R ／ IR ＋ R

（値は－1～＋1が範囲）

IR：近赤外領域の反射率

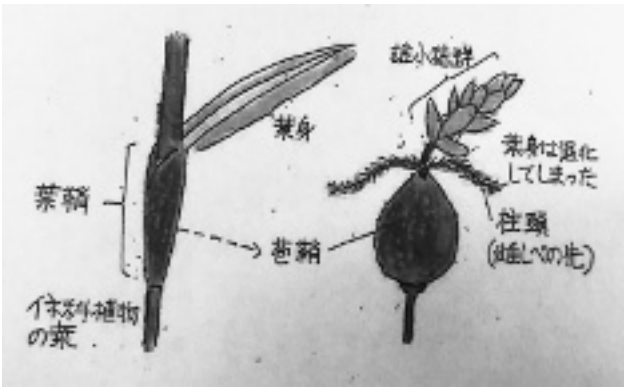
R ：可視領域の反射率

（植生が濃い場合 NDVI の値も大きくなる。）

さて、このドローンセンシングと地上での生育調査を並行して実施し追肥による収量の変化を観察できるメリットを生かしていきたいです。例えば、農地の平面上の詳細な可視化で農地の特性を把握し、画像解析から土壌に含まれる窒素成分を計り、分布図として利用したいです。

このように地道な調査をもとに、ハトムギの収量増加を目論んでいます。目標としては10a 当たりの収量を、現在の300kg から500kg へ安定的に確保することが上げられます。ドローンによるデータの集積を大いに活用し、最新の営農管理システムを栃木県農政部からツイッターで発信し一般向けにも魅力ある農業振興に貢献します。

ドローンセンシングの現場　　（小山市　令和２年６月撮影）



ハトムギの穀実概念図
［ハトムギの種子は下記の部分が変異したものです。］

上図「ハトムギの穀実概念図」の説明

ハトムギはジュズダマにごく近縁な植物である。

イネ科の葉は、葉身（ようしん）と葉鞘（ようしょう）という二つの部分からなっている。

［葉身は平らで光合成をする葉の本体
葉鞘は茎を包むストローのような筒状］

ふつうの植物の葉には柄があるが、この柄の部分に相当するのが葉鞘である。そして、苞鞘(ハトムギの種子)は葉鞘の変化したもの。

ジュズダマは雄花と雌花を別々に咲かせる植物である。

（木場英久著　イネ科ハンドブック　参照）

２．ハトムギ種子の生産・供給体制について

（１）種子の繁殖体制

現在、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（通称）農研機構において、研究開発・生産・保管が厳格な管理の下で行われています。育苗家種子を用いて生産する「原原種」、この「原原種」を用いて生産する「原種」、最終的には「原種」を用いて生産する「一般種子」となります。

A：育苗家種子

↓ 農研機構　つくば本部
　　九州沖縄農業研究センター

B：原原種

↓ 原種設置圃場

C：原種

↓ 原種設置圃場へ供給小山指定圃場で生産

D：一般種子

Dの一般種子は県内、県外の生産者へ供給されます。

また、生産者は３年に１回種子の更新を行っています。

（2）一般種子の生産概要

ⓐ種子生産計画の策定

小山はとむぎ生産組合では種子生産圃場設置計画を作成しています。

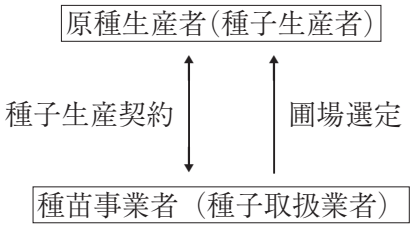
なぜならば、県内外から種子生産の依頼があるため､安定した種子の供給が求められるからです。

ⓑ種子の生産圃場の選定および種子の生産

種苗事業者は種子生産者ごとの圃場の選定を行います。さらに種子生産者は、種苗法の規定に基づく指定種苗の生産に関する基準または生産契約を遵守し、優良な種子の生産を行っています。

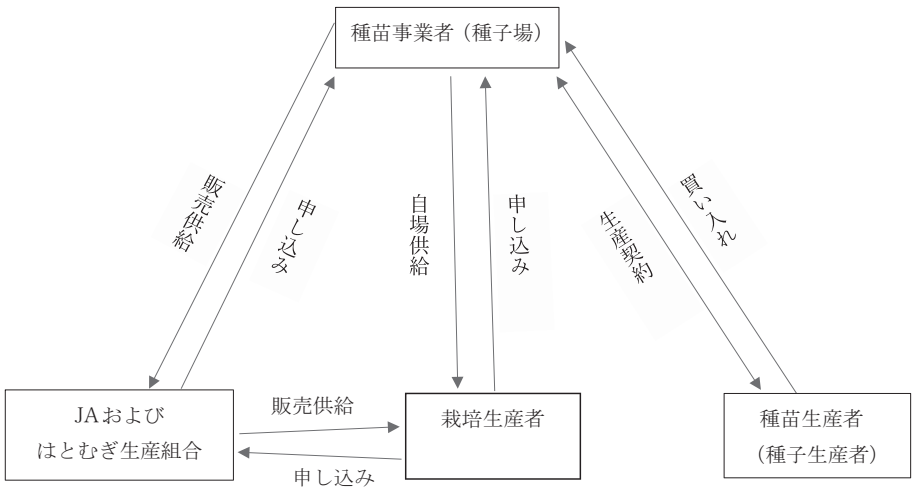
ⓒ種苗生産契約の締結

種苗事業者は原種生産者（種子生産者）との間で、圃場選定および種子の生産に関する契約を交します。



ⓓ生産圃場の管理および圃場の確認

・種子生産圃場の配置図と圃場番号を作成し、一区画ごとの標札を立てる。
・今までに一度も作付けがされておらず、さらに栽培基準に合格した圃場を採種圃場にする。
・審査野帳の記録をする。
・原種を収穫する圃場近辺のジュズダマの有無と病害虫防除の実施状況の確認及び異品種の抜き取り時期の指導を便宜行う。
・特に異株や罹病株は、抜き取り焼却する。
・選定された圃場において、生産基準と生産契約が順守されているかの指導を徹底させる。



（ハトムギ種子の採種合格基準）

最低限度				最高限度				色沢
容積重（g）	発芽率（%）	整粒（%）	形質	水分（%）	異品種	異物	被害粒	
450	90	90	標準品	15.0	混入しないもの	殆ど混入しないもの	殆ど混入しないもの	品種固有の色沢を有するもの

（3）ハトムギ種子の供給体制

（種子の保管と販売）

種苗事業者は種子の品質保持と安定供給を図るため、低温倉庫で保管します。販売に関しては、発芽試験を実施し、発芽率の基準に合格した種子のみを供給します。生産を効率的に進める一環として重要なポイントです。

「種子の供給先」

種子の生産に関しては、品質の優良なものを安定して生産し、生産の要望に応えるべく、生産事業に取り組んでいます。

令和３年(2021年)現在の供給先は、小山はとむぎ生産組合・栃木県鹿沼市の農業生産法人・福島県白河市 JA・その他地産地消で６次産業化を推進する農業団体などです。

３．ハトムギの主な品種「あきしずく」の系譜と特性

「光州」（短稈の中生で熟色に艶のある韓国からの導入品種）と「岡山在来」（晩生短稈の突然変異系統）との交配から育成されたものが「あきしずく」である。

「岡山在来」EMS200－2－ｄ－10－4－2－4とは在来種子を EMS（エチルメタンスルフォネート処理）することです。

これは突然変異誘発原化学物質により、目標とする品質を突然変異により得ようとする試みで「岡山在来」種子の短稈化と難脱性を生みだしました。

【詳しくは農研機構　　九州沖縄農業研究センター　2011年】

以上の経過により誕生した品種が「あきしずく」です。

「あきしずく」の特性

ⓐ適性

あきしずくは主産地(関東以西～九州と福島県)での栽培に適しています。耐温性が比較的高く、収量も期待でき、水田転作作物として栽培が可能です。このため作付面積も増加しています。

ⓑ特徴

１）出穂期と成熟期は中生種で短稈多収。
（10a あたり300kg～580kg）
短稈で耐倒伏性が強く、着粒層が狭いため、機械収穫に適している。（従来の品種に比べ、２～３割多収）

２）葉枯病に強く、不稔粒の発生が少ない。

３）製茶時の製品の歩留り率が高く、香りも高い。
精白粒は糯性で白度も高い。

ⓒ栽培上の注意

１）脱粒しやすいので、出穂期より尿素を追肥する。
10a あたり20kg の散布で脱粒を減らせる。

２）葉枯病に対しては比較的強いが、種子消毒と生育期の薬剤防除は欠かすことができない。

2017年の生育収量（栃木県小山市）

品種	出穂期（月日）	成熟期（月日）	草丈（cm）	茎数（本/㎡）	殻実重（kg/a）	百粒重（g）	不稔粒の発生
あきしずく	8.10	10.9	172	84	49.5	11.5	少

国内の年次別作付面積・生産量・輸入量の変遷

年産		作付面積（ha）	生産量（t）	輸入量（t）	登録品種	出来事	備考
昭和	55						
	56	1,732	520	111	岡山在来中里在来	財）農業産業振興奨励会発足	
	57	900	309	2,989			
	58	638	509	9,164		第1回全国ハトムギ奨励会始まる	
	59	587	685	8,343		中国タイベトナム北朝鮮より輸入	
	60	485	631	5,117		輸入ハトムギにカビ毒	アフラトキシンＢ１
	61	463	612	2,662	はとひかり	秋田118ha 大分47ha 福島46ha 栃木43ha 青森32ha 岩手28ha	
	62	773	1,022	2,130			
	63	981	1,309	2,514			
平成	1	848	1,135	4,774			
	2	797	969	6,656			
	3	640	691	5,395			
	4	469	578	4,334	はとむすめ		
	5	343	311	4,641			
	6	182	224	4,169	はとじろう		
	7	223	252	7,077	オホーツク1号		
	8	308	383	11,555			
	9	286	446	11,251		中国タイベトナムインドネシアより輸入	
	10	397	598	11,080			
	11	397	531	6,423			
	12			10,014	はとちから		
	13	344	610	8,693	はときらら		
	14	312	502	6,972			
	15	358	451	7,307			
	16	331	413	7,215			
	17	324	489	6,410	はとゆたか		
	18			5,932	あきしずく		
	19	405	585	7,383			
	20	615	1,093	8,052		財）農産業振興奨励会解散	
	21	833	1,327	4,840		全国ハトムギ生産技術協議会設立・きれい倶楽部設立	
	22	790	1,078	5,398			
	23	675	861	5,992	とりいずみ		
	24	695	1,081	5,727			
	25	616	834	5,332			
	26	669	1,079	6,054			
	27	753	1,124	6,337		小山市栃木市大洪水3日間650mm	
	28	834	1,373	7,415			
	29	956	1,717	7,476		中国タイベトナムラオスより輸入	
	30	1,122	1,541	7,020			
令和	1	1,154	1,926	7,166		新型コロナウイルス感染発生中国より日本へ	
	2	1,190	1,862	6,425			

※古い品種：中里在来・岡山在来・石黒在来・宮城在来・徳田系・尾花沢系・愛媛系・ブラジル系・秋田1号

特集　ハトムギ種子の生産・供給【富山県】

富山県におけるハトムギ生産振興の概要

高岡農林振興センター　農業普及課　**河西　隆喜**

１．ハトムギの栽培状況

本県で栽培が開始された時期は不明であるが、ハトムギが特定作物に指定された水田利用再編対策第２期の1981年には45ha 栽培され【Ⅰ期】、その後一旦減少し、水田農業確立対策前期の1989年には10.7ha に回復した【Ⅱ期】。以降再び減少に転じ、県西部の中山間集落（氷見市細越）でのみわずかに栽培されてきたが、2004年度から始まった米政策改革によりハトムギを産地づくり助成の対象とし、ハトムギ茶ペットボトル飲料の販売増や富山県におけるハトムギ栽培マニュアル作成など、JA 氷見市が牽引役となり三度増加に転じた。

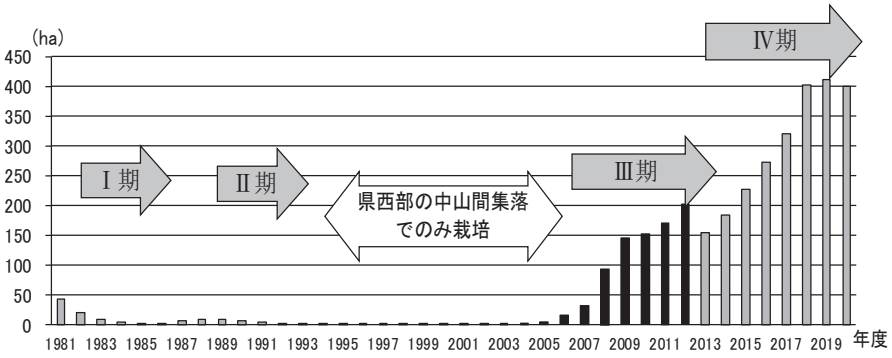


図１　富山県全体の栽培面積推移

※2004年度までは農林水産省・(財)農産業振興奨励会調べ。2005年度以降当センター調べ。

2007年度には「富山県ハトムギ生産振興協議会を設立し現在の富山県におけるハトムギ生産の基盤を築いた【Ⅲ期】（写真１）。

2012年以降は生産の中心が中山間地から平野部に移り、小矢部市と高岡市の一部を所管する「JAいなば」管内において大型の機械化体系や全量基肥栽培技術の検討・普及により2016年産から富山県がハトムギ栽培面積でも全国１位となり、2020年産では栽培面積は400ha までに増加している【Ⅳ期】（図１）。

２．「Ⅲ期」から「Ⅳ期」へ

Ⅲ期のハトムギ振興の中心は氷見市であった。

当市は全域が中山間地域の指定を受けており、圃場整備率も低く、農地の６割が半湿・粘質土壌で占められている。このため主要な転作作物である大豆・大麦の効率的生産が困難であったが、「ハトムギ」の耐湿性と広範な土壌適正に注目し、氷見市水田農業推進協議会が「最重点振興作物」に位置づけて振興を開始した。

写真１　氷見市細越でのハトムギ栽培

写真２　ハトムギ栽培マニュアル（初版）

2006年度には高岡農林振興センターとJA氷見市等が連携し、栽培マニュアルの作成や（写真２）、講習会、現地研修会などを開催し栽培技術の普及・検証が始まった（写真３）。

写真３　氷見市での栽培実証

氷見市ではこれまでも焙煎したはとむぎ茶やはとむぎ煎餅などが特産品としてわずかに販売されてきたが、JA氷見市が飲料メーカーと共同開発した「ペットボトル飲料・氷見はとむぎ茶」を2006年度に販売し、JA各支店や民宿、スーパー、コンビニ等での好調な販売は、その後の作付け面積拡大への大きな原動力となった（写真４）。

写真４　氷見市特産ハトムギ加工商品
（ペットボトル飲料、焙煎茶、煎餅）

2007年度には，JA氷見市の呼びかけに、小矢部市、高岡市、射水市、南砺市、砺波市の各JAが応え「富山県ハトムギ生産振興協議会」が設立された（写真５）。これにより県内栽培地域間の連携や技術交流（播種研修会・ほ場巡回）が図られ、栽培面積は2007年度の32haから2009年度には146haへと大きく増加していく。

写真５　富山県ハトムギ生産振興協議会設立

Ⅳ期のハトムギ振興は「JAいなば」の取り組みにより大きく加速する。小矢部市と高岡市の一部を所管する「JAいなば」は砺波平野の西端に位置しており、大規模に大豆や大麦が栽培されていた。

この大豆用の機械を利用してハトムギを試作し、10a当たり370kgの単収となったことからハトムギの栽培が本格化した。特に、大豆の収量が上がらない排水性の悪いほ場においてもハトムギは生育するため、大豆・大麦に続く収益性のある新たな土地利用型作物として位置づけられた。

2008年３月には20経営体（11個人、９営農組合）で構成された「いなばハトムギ生産組合」を設立（写真６）、平場での栽培研修、試験・実証、農家間の連携情報交換が盛んに行われた結果、生産性が向上し2012年産で、富山県が栽培面積で全国２位、生産量では全国１位となった。

写真６　いなばハトムギ生産組合設立

2015年度には、県東部の滑川市、上市町、立山町を所管する「JAアルプス」が栽培を開始し、2016年度には栽培面積においても富山県が全国１

位となり、近年の生産量は600t を超えるにまで増加している（図２）。

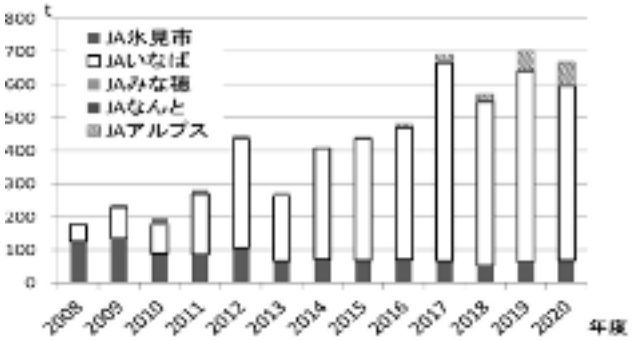


図２　県内産地別ハトムギ生産量の推移

また、JA 氷見市から始まった「はとむぎ茶ペットボトル飲料」の販売は2007年に「JA いなば」、2009年には南砺市を所管する「JA なんと」、2010年には朝日町を所管する「JA みな穂」、2016年には滑川市・立山町・上市町を所管する「JA アルプス」が次々と販売を開始した（図３）。

図３　ハトムギ生産市町と JA

併せて各地でハトムギを原料とした食品・飲料等が開発販売されており、JA 氷見市ではハトムギ CRD エキス（ハトムギの殻や薄皮、渋皮、子実から抽出したエキス）を開発し、これを利用した新飲料・化粧品・健康食品等に利用されている（写真７）。

写真７　開発された加工品（JA いなば）、CRD エキス入り飲料（JA 全農とやま）

また、JA いなばでは色彩選別方式を取り入れた乾燥調製施設と食品原料向けに販売するための精白施設を導入し、歩留まり向上により実需から高い評価を受けている。

３．大型機械に適した栽培技術の確立

ハトムギの栽培技術試験は JA 氷見市・JA いなばを中心に現地で実施された。

農薬登録が少ないハトムギでの効果的な病害虫防除を実施するため、①アワノイメイガの発生消長を2008～2010年度にフェロモントラップで調査し防除時期を検討した（図４）。また、②新規登録農薬等の効果比較試験を2009～2012年度に実施。③2011年度には葉枯れ病の新規登録検討試験を行った。さらに、④適用拡大された除草剤の効果確認試験を2011年度から実施し、⑤特に初期の除草剤で抑えきれなかった雑草対策としての適用拡大試験を2017年度に実施し、2018年10月に茎葉処理剤の適用拡大がされ、ハトムギ栽培での畦間処理が可能となった（写真８）。

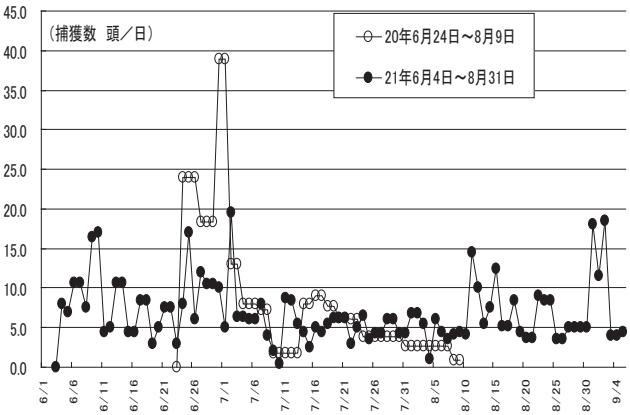


図４　ハトムギ　アワノメイガ発生消長

写真８　除草剤の適用拡大試験

収量向上に向けた施肥の改善についても早くから着手しており、⑥培土時の追肥量の検討や緩効性肥料による省力化、⑦2013年度には基肥一発肥料の実証も行い追肥作業の省力と初期生育向上が図られた。

富山県でのハトムギ栽培は播種から収穫までほぼ大豆用機械の部品をハトムギ使用に交換して行われているが（写真９）、2012年からJA氷見市管内においてアップカットロータリーによる耕うん同時畝立て播種機の実証を開始した。粘質土壌での播種時に土壌水分が高い場合が多く、ハトムギの苗立ちが安定しないことに対応したものである。

一方､いなば管内においては｢スリップローラーシーダー」を用いた栽培の実証が始まった。

スリップローラーでほ場表面を鎮圧するため土壌の水分が保たれることから発芽揃いが良好で、播種直後に散布する除草剤の効果を高める効果もあることが分かった。また、培土を不要とした狭畦密植播種と基肥一発肥料を組み合わせることで、慣行栽培に比べ省力で増収が期待できる栽培体系が実現した。このことにより、水稲や大豆の栽培管理作業との競合が緩和され、１経営体あたり平均14haを超える規模のハトムギ栽培が可能となった（写真10)。

写真９　慣行の大豆機械を活用した栽培

（スリップローラーシーダー）

（普通コンバイン）

写真10　大型機械栽培

４．種子の生産・供給

当県ではハトムギ品種は2008年までは、平野部で「はとひかり（中晩生)」、一部山間地では「はとじろう（早生)」を栽培しており、種子の確保・供給は(財)農産業振興奨励会に委託してきた。

この奨励会が2008年に解散することとなったため、JA氷見市が(財)農研機構と利用許諾契約締結の手続きを行い、「あきしずく（中生)」の種子を２haの採取ほで増殖を図り、2009年春の播種に必要な種子４ｔを確保し、県内栽培者へ配布した。

JAいなばも2009年度には、利用許諾契約締結手続きを行い、種子の増殖を開始した。

種子の生産計画は、県内産地の次年度栽培計画をもとに県のハトムギ生産振興協議会で取りまとめられている。以降、JA氷見市とJAいなばの採種ほで（写真11）増殖された種子は県内はもとより、現在では石川県、栃木県、島根県、奈良県にも供給され､16t程度が生産されている（図５)。

2009年度から導入された「あきしずく」は九州沖縄農業研究センターが2007年５月に種苗登録出願した短稈・多収系で耐倒伏性や耐葉枯病がこれまでの品種に比べて強い性質を持つため、富山県のハトムギ栽培面積の増加及び生産量の向上にも

写真11　採種農家

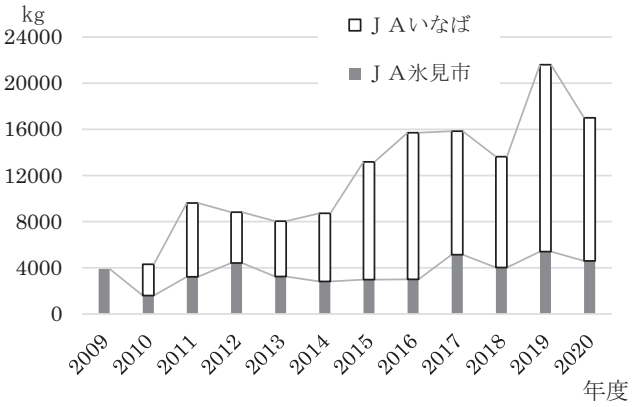


図５　県内でハトムギ種子生産量の推移

大いに貢献した。

これらの取り組みは、本県が中心となって2008年度に設立した「全国ハトムギ生産技術協議会」（写真12）の活動をとおして国内の各産地に情報提供しており、国内ハトムギの生産振興にも寄与している。

写真12　2008年度全ハト協　夏期研修会

５．今後の富山県産ハトムギ（Ⅳ期からⅤ期へ）

国のイノベーション創出強化研究推進事業（2018～2022年度）にJA氷見市とJAいなばが参加し、農研機構や愛媛大学、富山県薬事研究センター・実需者と連携し「薬用にも使える高品質ハトムギ品種の開発と高度利用」の研究に取り組んでいる（写真13）。

写真13　イノベーション事業キックオフ会議

この研究は、①ハトムギ新品種の導入として、「あきしずく」よりもやや大粒で草丈が低く耐倒伏性に優れる「関東２号」の導入試験（写真14）、②薬用作物の国産化に向けた品質・性質（モチ性）を維持する産地の形成、③単収の２割増収技術の開発等を行うものである。これまでに「関東２号」の富山県における栽培適性が確認されており、「あきしずく」以上の収量向上が期待される。今後、栽植密度や施肥方法の検討を行って増収技術を確立することとしている。

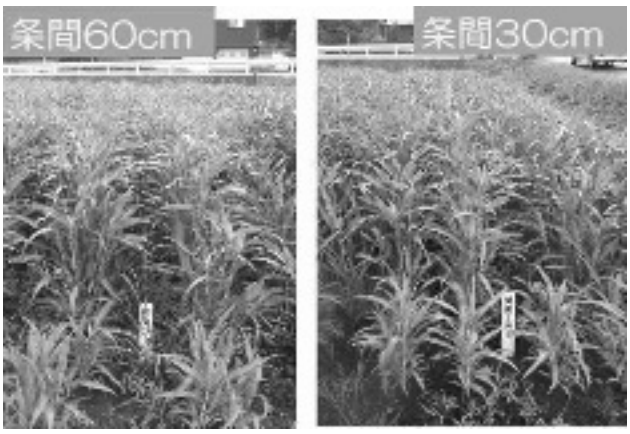


写真14　「関東２号」の栽植密度の検討

コラム　**ハトムギ振興を記録に、そして後世に**

富山県食品研究所　田尻俊郎

ハトムギの振興を支えた活動のひとつが「栽培マニュアル」の普及である。

2007年（平成19年）３月に、高岡農業普及指導センター（現：高岡農林振興センター）氷見班に所属していた時に初版（14ページ）を執筆し、以後３年間改訂を続け、2011年（平成23年）３月には（当時として）集大成となる「はとむぎオールインワン BOOK」（55ページ）が完成した。このマニュアルは、栽培技術はもとより、ハトムギの史記、取り巻く情勢、生産振興の歩み、栄養成分など、数多くの文献やカラー画像をふんだんに盛り込み、ハトムギに関心を寄せる人にとって、“悠久のハトムギ史にも触れることができる栽培マニュアル”として、10年余経過した今なお、その価値は衰えていない。管内の生産者や指導者への配布はもとより、管外・県外のハトムギ振興に係わる多くの関係者から問い合わせが寄せられ、国産ハトムギの振興にも貢献したのではないかと考える。

とりわけ、史記の記述に関しては、国立国会図書館や早稲田大学図書館などが収蔵する貴重な図版なども活用し、発行後、両図書館へ寄贈させていただいた。

ハトムギ振興の記録を後世に伝承する大変有意義な資料である。

「はとむぎオールインワン BOOK」より

特集　ハトムギ種子の生産・供給【島根県】

島根県出雲市斐川町におけるハトムギ生産の動向と種子の生産・供給

JA しまね斐川地区本部　営農第一課

斐川町におけるハトムギ栽培は平成18年に試験栽培が始まり、平成20年にハトムギ部会を設立、本格的に栽培を開始した（詳細は2009年７月発行の「特産種苗」No.3を参照）。今年は14回目の総会を開催し、14名の部会員で実需者の要望に応えるべく安定生産を行う計画としている。

１．ハトムギの生産状況及び生産振興の状況

栽培開始以来の生産経営体数、生産面積、生産量、単収等の推移は別図のとおりで、近年の傾向としては下記のとおりである。

生産経営体数は部会設立の翌年に25経営体となったが、草丈が大きく収穫が大変で、道路の見通しが悪くなることや連作による雑草繁茂、台風被害等もあって取りやめる経営体があり、新規栽培者の掘り起こしを図りながら、産地規模の維持に努めている。ここ３年は14経営体での取組と経営体数は少なくなったが、一経営体当たりの栽培面積が徐々に大きくなり、今年は３年ぶりに80ha を超える規模となった。

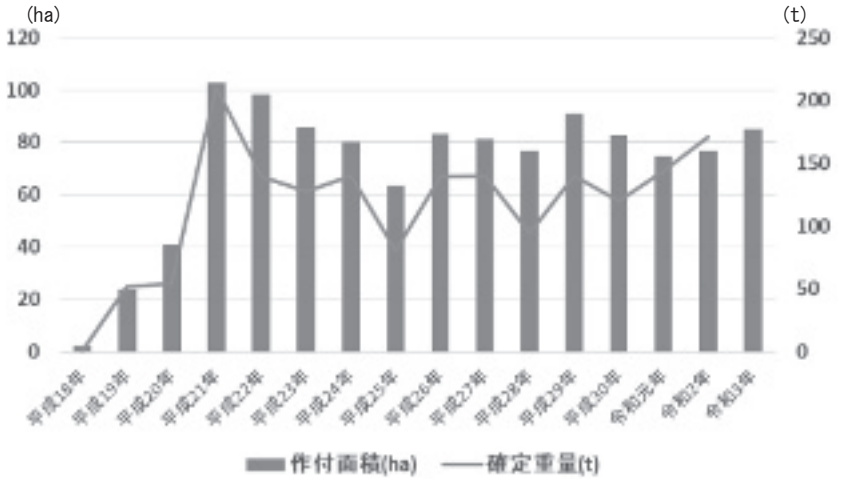
町全体の生産量は台風等で減収となった年を除き、140t 程度で推移してきたが令和２年は170t 以上となった。これは、11年ぶりに平均単収が200kg を超えたためであるが、生産者ごとの単収差は依然として大きく、これの平準化は大きな課題である。部会では平成30年度から収量、面積、歩留等の採点項目で優秀者表彰を実施し、意欲向上・栽培技術向上を目指している。

斐川町における栽培技術の特徴や近年取り組んだ点は以下のとおりである。

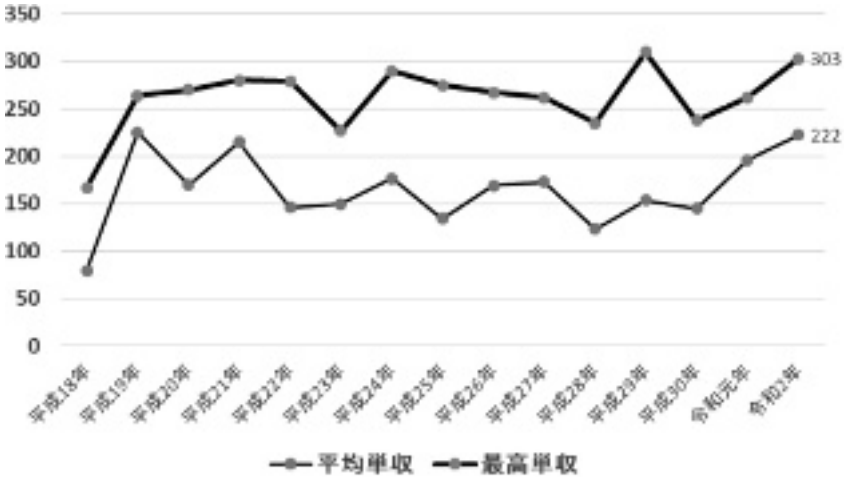
○２年３作のブッロクローテーションの中に組み込んだ栽培がほとんどで大麦の後作として５月末～６月上旬に播種を実施している。

○条間が30cm の密植栽培が約３分の２を占めており、初期生育の良否や初期除草の成否が広めの条間で行う中耕・培土栽培に比べてより重要となる。

ハトムギ生産者数・平均作付面積推移



ハトムギ生産面積・生産量推移



ハトムギ平均単収・最高単収推移（kg/10a）

○町の東側に宍道湖を抱えていることなどから、近年のマイクロプラスチック問題を踏まえ以前使用していたコーティング肥料（LP コート）を令和元年産から全て硫黄コート肥料に置き換え、環境負荷の低減に努めている。

○近年大豆栽培などでキュウホー中耕除草機が導入され出し、ハトムギ栽培においても３経営体30ha 程度で使用されている。このうち１経営体は30cm 条間の密植栽培で活用し、単収向上等に成果が出ている。土壌処理除草剤の効果が不十分であった場合の雑草対策に有効であるほか、追肥を同時に行うことで施肥効果も向上していると考える。併せて通常の中耕・培土に比べ負荷が少ないことから田植機など車輪の細い機械で行え、生育の早い段階から実施できることや降雨後の実施が行いやすいなどのメリットを感じている。

○令和元年産から極一部試験的に葉枯病のドローンを活用した防除を行っている。草丈が大きくなってからの防除としては有効であるが、積載量の関係や使用できる防除剤がほとんど無いこと、葉枯病以外の虫害対応が困難なことなど課題も多く、現状では草丈が低い時期の予防的散布で対応している。

以上特徴的な事項を記載したが、いずれにしてもマイナー作物であるがための制約が多く、新規の除草剤開発や航空防除農薬の検討などが待たれるところである。

生産振興面では、町（地域農業再生協議会）として土地利用型の重点作物に位置づけ産地交付金を活用した助成を行っているほか、出雲市の市単事業で土づくり資材や機械導入などに支援を行っている。JA としてはハトムギ部会の事務局として部会活動支援、生産技術指導を行うとともに、生活課の「よい食工房」でハトムギ商品開発、販売を行いハトムギの知名度アップや付加価値化を進めている。

２．ハトムギ種子の生産・供給

栽培品種は「あきしずく」のみであり、町内の必要種子量約3.5t を確保するため、農研機構と許諾契約を取り交わし、町内の２経営体に採種ほを設置している。１経営体当たり1,000kg の契約数量で、計２ｔを町内で賄い、残りの1.5t は富山県の氷見市から購入している。なお、採種ほ用の種子は氷見産種子を用い自家採種が継続しないように努めているほか、乾燥調製施設への搬入では種子用の荷受伝票を使用し一般用との仕分けを徹底している。

種子の供給は基本的に町内のみで、前年の収穫後、部会員の皆さんに次年度の栽培面積・種子必要量調査を行うとともに氷見市にも種子の必要量を注文している。経営体への種子配布は20kg 袋で５月に行っている。今年度は種苗法の改正があり、登録品種であること、海外持ち出し禁止といったシールを作成し貼り付けたのち配布を行った。

町内ハトムギ栽培の様子・ハトムギの一生

６月上旬「播種」

播種２週間後

播種30日後

播種60日後

播種60日後（ハトムギの穂）

10月上旬収穫間際

普通型コンバインでの収穫

収穫直後の子実

特集　ハトムギ種子の生産・供給【福岡県】

ハトムギ「あきしずく」種子の生産・供給について

福岡県三潴町農業協同組合　営農経済部　農産課　**樺島　拓也**

１．ハトムギの生産状況、生産振興の状況

福岡県南部の筑後平野のほぼ中央に位置する久留米市三潴町は、耕地面積（約924ha）における、米をはじめ麦・大豆・飼料作物及び雑穀類等の作付けが行われている。さらに、いちご･いちじく・たまねぎ（国指定産地）・レタス・な花等の野菜・園芸作物も水田の持つ高い生産力を活かし産地化が図られている。三潴町におけるハトムギ栽培は、昭和55年頃より始められ、約41年の歴史がある。当初、種子生産が主体であり、面積は約３ ha程度であった。

その後､転作用作物として栽培が行われてきた。健康食品ブームで雑穀類の需要が高まる中、国産ハトムギの需要も多く、三潴町としても面積拡大を図り、年々作付面積が拡大していった。三潴町もハトムギを町の特産品として積極的に推し進めてきた。平成20年には「JA みづまハトムギ生産部会」が発足。年によって多少の増減はあるものの、概ね、作付面積は拡大を続け、麦類・大豆と共に重要な転作用作物として位置づけられている。現在、農家数約20戸、作付面積約26ha で生産が行われている。

２．ハトムギ種子の生産・供給体制

（１）種子の生産・供給の基本的な考え方

①　品種「あきしずく」について、JA みづまは農研機構と利用許諾契約を締結。

②　ハトムギは麦類収穫後に播種が開始されるので、例年５月頃に JA がハトムギ栽培生産者から種子注文をとりまとめ、種子生産を担当する部会員宅へ配送する。

③　種子は、荷受した際、特に品質の良いものを厳選し、調整を行ったものを種子としている。令和２年産は２ｔの種子を生産している。

（２）種子の具体的な生産方法

播種時期は５月の下旬から６月の下旬となる。播種方法はドリルシーダーによる機械播種で行い、10a 当たりの種子量は、３kg～3.5kgで条間60cm から70cm 程度で、やや深めに（３センチ程度を目安にして）播種していく。種子消毒はベンレート T 水和剤20の200倍液に浸漬させる。（写真１）

写真１　播種作業

施肥基準としては、基肥として、ちくごのめぐみ444を10a 当たり10kg施用する。追肥については、ちくごのめぐみ444を７月下旬に45kg、８月中旬に40kg、硫安または尿素を９月上旬に10kgを追肥する。追肥を１回のみ行う場合、７月下旬の中耕培土前に尿素を10a 当たり60kg追肥する。（写真２）

写真２　中耕培土

雑草防除については、播種直後から出芽前にサターンバアロ乳剤若しくは、ラッソー乳剤を散布する。

病害虫の防除については、アワノメイガと葉枯病が主な防除の対象となる。アワノメイガに対しては主にパダンSG水溶剤の1500倍液を出穂始め期（７月20日ごろ）とその７～10日後の２回散布する。

葉枯病に対してはロブラール水和剤の1000倍液を散布する。（写真３）

写真３　防除作業

７月下旬の追肥から９月下旬の成熟期の間、重点的な水管理が必要となる。成熟期まで、土の表面が白く乾燥してしている場合は畝間灌水を行う。雑草発生に注意しつつ、できる限り土を常に湿らせる。圃場が乾燥している場合、不稔粒が多く発生し、減収要因となるため、出穂後は特に注意する。また、灌水した場合、雑草の発生が多くなる可能性高いため、除草対策に留意する。（写真４）

写真４　灌水作業

収穫について、例年、９月下旬にJAとハトムギ生産部会で検見を行い、収穫の日程を決定する。ハトムギは出穂が１か月以上続き、出穂・開花・成熟が混在した状態となる。登熟粒は脱粒しやすい。早刈りは未熟粒が多く歩留まりが低下するので、80％以上成熟した状態で収穫を行う。概ね出穂から２か月以降に収穫を行う。JAでは収穫委託の取りまとめを行い、汎用コンバインにて収穫を行う。（写真５）

写真５　収穫作業

乾燥について、収穫したハトムギはJAみづまカントリーエレベーター内にてコンテナに移して通風乾燥を行う。収穫直後のハトムギは、穀実水分が30％を超えていることも多く、そのまま保管しようとすると発熱変質してしまう。水分を12.5％以下になるまでコンテナ間でハトムギの移し替えを行い乾燥させていく。目標水分まで乾燥が仕上がったハトムギはフレコンに詰め、JAみづまの農業倉庫にて一時的に保管する。（写真６）

写真６　フレコン保管

調整については、大豆の調整終了後の２月中旬より開始される。平成31年にはJAみづまカントリーエレベーターの施設を一部改修し、米の籾摺

ラインを用いて、ハトムギの風力選別・揺動選別・粒選別を行っている。一度の調整では不稔粒等が完全に取り切れないため、籾摺ラインを２回通して調整していく。調整したハトムギは20kg紙袋に詰める。

令和２年産は、種子含めて約49t のハトムギを生産している。（写真７）

写真７　調整作業

３．ハトムギの商品化

JA みづま管内で生産されたハトムギを利用したハトムギ茶（商品名：ほとめき茶）やハトムギ入りみそ（商品名：みづまの里）を販売している。平成30年には久留米工業大学・いづみやコーヒーロースターズ（株）と共同開発を行い、ハトムギとコーヒーをブレンドした「はとむぎ珈琲」の販売も開始した。（写真８、９、10）

写真８　ハトムギ茶

写真９　ハトムギ入りみそ

写真10　はとむぎ珈琲

附表　ハトムギの品種登録の概要

注）当該資料は、農林水産省品種登録ホームページで公表されている品種登録データから抜粋した。

農林水産植物の種類	品種名称	登録番号	登録日	育成権消滅日	品種登録者	特性概要
ハトムギ	はとむすめ	3634	H5.8.3	H20.8.4	農研機構	「岡山在来」の種子にγ線を照射して選抜、育成。東北南部平坦地及び関東以西地域に適する中生種。出穂期及び成熟期は中。草丈は短、茎数はやや多。脱粒性は易、子実歩留はやや高。
	はとひかり	5069	H8.6.13	H23.6.14	農研機構	「岡山在来」の種子にγ線を照射して選抜、育成。出穂期及び成熟期はやや晩。草丈は中、茎数は中。脱粒性は易，子実歩留は中。
	はとちから	2515	H2.12.5	H13.12.6	岡山県	「岡山在来」から選抜、育成。出穂期及び成熟期はやや晩。草丈は短、茎数は中。低温発芽性は低、耐冷性は弱、耐倒伏性はやや強、脱粒性は易、脱ふ性、子実歩留は中。
	オホーツク1号	4418	H7.3.23	H19.3.24	石川次郎	「中里在来」の突然変異から選抜，育成。出穂期及び成熟期は早。草丈は短，茎数は多。耐冷性及び耐倒伏性が強い糯種。
	はとじろう	6028	H10.1.22	H25.1.23	農研機構	「黒石在来」から選抜，育成。出穂期及び成熟期は早。草丈は短，茎数はやや多。耐倒伏性は強，脱粒性は易，子実歩留はやや低。
	はとゆたか	15002	H19.3.15		農研機構	「F6－22」（後の「東北1号」）に「奥羽4号」を交配して育成。茶用向きの糯品種。出穂期は早、成熟期はやや早。草丈は短、茎数及び耐倒伏性は中、脱粒性は易、子実歩留は中、葉枯病抵抗性はやや弱。
	北のはと	15003	H19.3.15		医薬基盤・健康・栄養研究所	北海道士別市の在来系統から選抜、育成。食用及び薬用向きの糯品種。出穂期はかなり早、成熟期は早。草丈が短、茎数は多。脱粒性は易、脱ふ性及び子実歩留は中。
	あきしずく	19444	H22.3.18		農研機構	出穂期はやや晩、成熟期は中。草丈は中、茎数は多。脱粒性は易、子実歩留は中、葉枯病抵抗性はやや強、耐倒伏性は中。
	はとろまん	22470	H25.3.25		ヒューマンサイエンス振興財団	出穂期はかなり晩、成熟期はかなり晩。草丈はかなり長、茎数は中。耐倒伏性は中、脱粒性は易、脱ふ性は中、子実歩留はかなり高。
	はときらら	22471	H25.3.25		農研機構	出穂期はかなり早、成熟期はかなり早。草丈は極短、茎数は中。耐倒伏性は中、脱粒性は易、子実歩留はやや低、葉枯病抵抗性はやや弱。
	とりいずみ	22472	H25.3.25		農研機構	出穂期はやや晩、成熟期は中。草丈はやや長、茎数は中。脱粒性は中、脱ふ性は中、葉枯病抵抗性はやや強、イネヨトウ抵抗性は中、アワノメイガ抵抗性は中。

「特産種苗」バックナンバー

当協会のホームページに、PDF 版を掲載しています。
「特産種苗　情報誌」で検索してください。

号	発行年月	特 集 内 容
1	2009年１月	創刊号、雑豆（小豆、菜豆、その他）
2	2009年４月	雑穀（アワ、ヒエ、キビ、その他）
3	2009年７月	ハトムギ
4	2009年９月	雑穀類の生産状況（平成17～20年産）
5	2009年10月	油糧作物（ナタネ、ヒマワリ、ゴマ、オリーブ）
6	2010年１月	甘しょ
7	2010年４月	ばれいしょ
8	2010年８月	アマランサス・キノア
9	2010年11月	雑穀類の生産状況（平成17～21年産）
10	2011年３月	ソバ
11	2011年８月	６次産業化
12	2011年11月	甘味資源作物
13	2012年２月	雑穀類の生産状況（平成18～22年産）
14	2012年10月	品種の収集・保存・配布
15	2013年１月	雑穀類の生産状況（平成19～23年産）
16	2013年９月	薬用植物
17	2014年１月	雑穀類の生産状況（平成20～24年産）
18	2014年９月	雑穀・豆類の機械化
19	2015年１月	雑穀類の生産状況（平成21～25年産）
20	2015年４月	とうがらし・わさび
21	2015年11月	地域特産作物
22	2016年２月	雑穀類の生産状況（平成22～26年産）
23	2016年12月	小豆、いんげん等種子の生産・供給
24	2017年２月	雑穀類の生産状況（平成23～27年産）
25	2018年１月	創立50周年記念誌
26	2018年２月	雑穀類の生産状況（平成24～28年産）
27	2018年９月	黒大豆、落花生種子の生産・供給
28	2019年１月	雑穀類の生産状況（平成25～29年産）
29	2019年10月	やまのいも種苗の生産・供給
30	2020年１月	雑穀類の生産状況（平成26～30年産）
31	2020年10月	あわ、ひえ、きび、もろこし種子の生産・供給
32	2021年１月	雑穀類の生産状況（平成27～令和元年度）

編集後記

ハトムギは従来より製茶などの食品として、また、漢方薬の原料として用いられています。近年では化粧品の原料としても利用されていると聞きます。ハトムギについては特産種苗第３号(2009年７月発行)において特集を行ったところですが、今回12年振りに再度ハトムギの特集を組むこととしました。前回特集以降のハトムギの品種、栽培の動向に加えて、新たに産地での種子の生産・供給についてもご紹介いただいております。さらに新たにハトムギの高付加価値化を目指した研究についてもご紹介いただきました。

ご執筆者の皆様には心よりお礼申し上げます。

本冊子が地域特産作物による地域振興にお役に立てば幸いです。　（佐々木記）

発行日　令和３年９月16日
発　行　公益財団法人　日本特産農作物種苗協会
〒107-0052　東京都港区赤坂２丁目４番１号
白亜ビル　３階
ＴＥＬ　03-3586-0761
ＦＡＸ　03-3586-5366
ＵＲＬ　http://www.tokusanshubyo.or.jp
印　刷　㈱　丸井工文社

よき結果あげたき者はよき種を