

ヒエ、アワ、キビの在来系統の評価と利用

岩手大学名誉教授 星野次汪・岩手大学農学部 渡邊 学

1 はじめに

遺伝資源は、一度失われると二度と復元できないことから、長年、農業生物資源研究所や大学が中心になって遺伝資源の収集・保存に取り組んできた。これらの遺伝資源は、耐病虫抵抗性品種育成などの交配母本として利用され、最近では健康食品や医薬品開発素材としても期待されている。収集されている遺伝資源の中で、近代育種の恩恵を受けていない作物としてヒエ、アワ、キビが挙げられる。この中で、ヒエはコメが十分に食べられなかった昭和20年代までの山間高冷畑作地の主穀ないし準主穀としての役割を担っていた。昭和30年後半以降、イネが安定的に栽培できるようになり、コメが容易に入手できる時代になった今でも、高齢者の中には雑穀への愛着が強く、数a規模の「種子継ぎ栽培」を続けている方々がおられる。「我が家だけの種子」への想いが種子を守り、現在では貴重な遺伝資源となっている。その一方で、これら雑穀は商品作物として農業関係機関や雑穀商などの指導で栽培される系統の統一が進んでいる。特に、アワやキビではほとんどがモチ性系統だけの栽培と言ってもいい状況にある。

数年前に起きた輸入加工食品や食品加工偽装事件を契機に、国民は食への安全だけでなく安心や食を通した健康にも大きな関心を払うようになり、雑穀への関心も高まってきた。そこで、ここ十年来の雑穀への追い風を定着させるために、筆者らは収集・保存されているヒエ、アワ、キビの在来系統の農業特性や品質特性を評価し、ヒエの育種に取り組んできた。これらの成果を元に、地元企業との商品開発を行ってきた。本稿では、これらの成果を紹介し、現在の多様化するニーズに対応した活用法について提案してみたい。

2 ヒエ在来系統の評価

ヒエ育種を始めるにあたり、在来系統の農業特性や化学成分・品質特性を正確に把握し、育種目標に合った育種母本を選定しなければならない。そこで、ヒエの供試可能な在来系統について複数年にわたり、特性評価を行った。

ヒエは、5月下旬に播種すると7月下旬に出穂する系統から9月上旬に出穂する系統までであった(図1)。本試験に供試した在来系統は原産地が東北地方・中部地方由来が多いが、中には原産地が北海道や九州の在来系統も含まれている。一般に、原産地が北海道の系統は(極)早生で、原産地が関東以西の系統は晩生で、名称から判断し、原産地が九州・四国と考えられる系統は出穂に至らないか、出穂しても完熟に至らないことが多い。ただし、原産地が熊本県や宮崎県山間部の系統は8月上旬に出穂する系統が多い。原産地が東北・中部山間部でも晩生系統がある。晩生系統は一般にバイオマスが大きいいため、穀実は食料、茎葉は飼料として利用するのに適していたためと推察さ

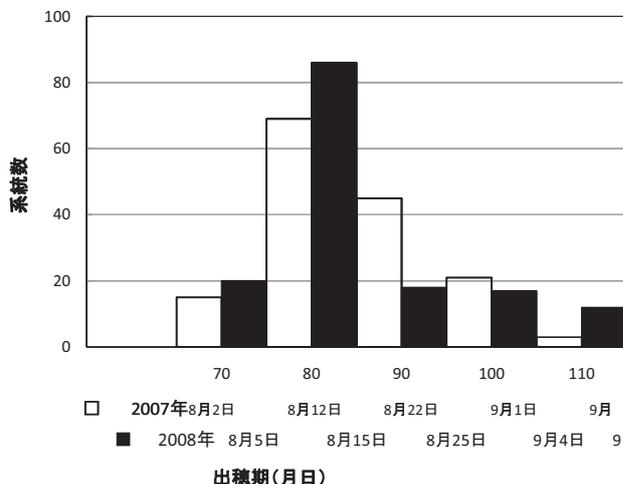


図1 出穂期に関する系統の頻度分布(n=153).
(出展は木内ら, 育種学研究12:132-139, 2010)

れる。稈長は57cm (岩系512) から213cm (山梨県雨畑) までの変異があった (図2)。穂長は10.4cm (久慈 NR) から23.5cm (滝稗有芒)、玄ヒエ千粒重は1.80g (滝稗有芒) から3.89g (S2-9高林) までの変異があった。このことは、変異に富む在来系統同士の交配によって、早生・短稈のような品種育成が期待できることを示唆している。

系統のアミロース含有量は不連続に分布し、ウルチ性系統、低アミロース性系統、さらに、モチ性品種「長十郎もち」に明確に区分できた (図3)。ウルチ性系統の中では、アミロース含有量の最も低い系統と最も高い系統との間には約1.3倍の差異があり、ウルチ性系統中におけるアミロース含有量と食味との関係を検討する必要がある。低アミロース4系統 (稗糯、ノゲヒエ、阿仁、もじゃっぺ) の出穂期、稈長、穂長、芒などが極めて類似している。1つの低アミロース系統が各地で別な名称で呼ばれていたと推察される。穀粒の粗タン

パク含量は土壤肥沃度、前作の違い、気温・降水量などによって変動するが、ヒエでは、系統の粗タンパク質含有量の系統間および年次間に有意な相関関係が認められた。粗タンパク質含有量は、低い系統と最も高い系統との間には2007年は1.9倍、2008年は1.5倍の差異が認められた。

153在来系統の形質間相関関係は、穂長と穂数との間には負、穂長と出穂まで日数との間には正の有意な相関関係が認められた (表1)。また、穂数と玄穀重との間には正の、穂数と出穂まで日数との間には負の有意な相関関係が認められた。すなわち、早生系統は短稈・短穂長で穂数型、晩生系統は長稈・長穂・少穂で穂重型の傾向と言える。

3年間、同じ栽培条件で約150系統の農業特性調査を行った中から、玄ヒエ単収の上位10系統を表2に示す。最も多収であった系統は287 g/m² (奥羽稗) で、9系統が200 g/m²を超えた。新品種である「長十郎もち」と「ノゲヒエ」は安定して250 g/m²の多収品種である (低アミロース4系統は類似していたため、ノゲヒエのみを記載)。また、「軽米在来 (白)」は早生で初期生育に優れ、収量は安定しているが、脱粒ししやすい。岩手県で最大の栽培面積を有する「達磨」は、最近、収量が低下している。その主な原因は連作による地力消耗、害虫による茎の折損、雑草による生育抑制によると思われるが、種子の退化を疑っている生産者もあり、詳細は明らかではない。

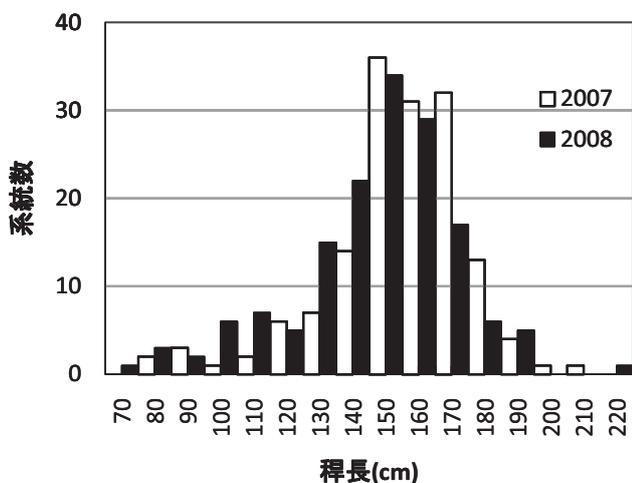


図2 稈長に関する系統の頻度分布 (n=153)。
(出展は木内ら, 育種学研究12:132-139, 2010)

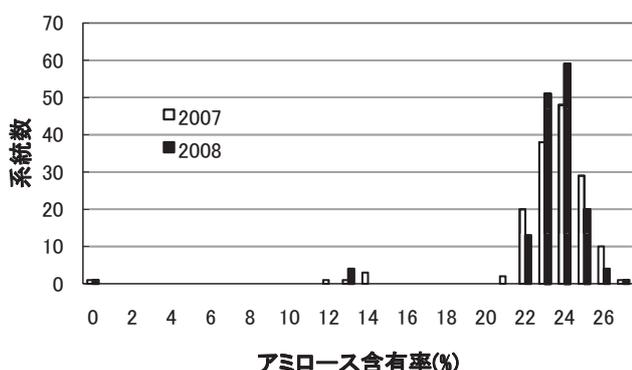


図3 アミロース含有率に関する系統の頻度分布 (n=153)。
(出展: 木内ら, 育種学研究12:132-139, 2010)

3 アワ在来系統の評価

アワは、5月下旬に播種すると7月31日 (伊福、原産地不明) から9月24日 (クロアワモチ、鹿兒島、登熟せず) に出穂する系統までであった (図4)。原産地が九州の9系統のうち4系統は出穂に至らず、出穂した5系統の平均出穂日は9月3日で、岩手県で栽培している収集系統 (n=24) の平均出穂日 (8月15日) より遅い。稈長は83.1cm (昭和糯) から169.0cm (岩手収集)、穂長は12.7cm (モチアワ) から37.3cm (赤打田) であった。原産地が九州で出穂した5系統の平均稈長は111.3cm、平均穂長は19.8cmで、岩手県で栽培している収集系統 (n=24) の平均稈長は142.3cm、平均穂長は26.3cmで、岩手県で栽培している系統が長稈・

表1 2年間の農業特性値間における相関関係。

	稈長	穂長	穂数	玄穀千粒重	m ² 当り 玄穀重	播種から出穂 までの日数
稈長		0.529**	-0.130	-0.034	0.232**	0.499**
穂長	0.438**		-0.453**	-0.094	0.094	0.637**
穂数	-0.059	-0.403**		0.061	0.590**	-0.578**
玄穀千粒重	-0.090	-0.010	0.009		-0.032	-0.042
m ² 当り玄穀重	0.084	0.077	0.642**	0.061		-0.083
播種から出穂までの日数	0.112	0.598**	-0.547**	0.073	-0.007	

注-1. 供試系統数は153。
 注-2. 対角線の上は2007年、下は2008年の相関係数。
 注-3. **は1%水準で有意、*は5%水準で有意。
 (出展：木内ら育種学研究12:132-139, 2010)

表2 ヒエの単収上位品種・系統の主な特性。

系統名	JP	原産地	玄ヒエ重 (g/m ²)	出穂期	稈長(cm)	穂長(cm)	玄穀千粒重 (g)	粗タンパク 含有量(%)	アミロース 含有量(%)
奥羽稗	3589	不明	287	8月14日	143.5	16.0	2.73	12.5	24.5
ノゲヒエ	収集	岩手	264	8月17日	161.5	16.0	2.83	12.4	24.2
気仙黒	3616	不明	253	8月16日	140.6	15.8	2.62	13.8	24.1
長十郎もち	育成	岩手	246	8月18日	166.9	16.8	2.76	12.5	0.6
ニギリ	収集	不明	228	8月9日	136.9	13.3	2.98	11.9	24.5
大迫在来	収集	岩手	224	8月7日	135.4	12.9	3.10	12.4	24.7
余市早生	収集		216	8月3日	141.8	13.3	2.98	13.4	24.8
箒根在来	3658	不明	211	9月1日	176.3	19.8	3.02	16.1	24.2
朝鮮	3681	不明	204	8月13日	133.3	13.5	2.66	12.4	23.3
軽米在来(白)	購入	岩手	197	8月9日	139.5	13.6	3.06	12.1	24.2

注-1. 3年の平均値。ただし、長十郎もちと軽米在来(白)は2年の平均値。
 注-2. JP番号とは農業生物資源研究所ジーンバンクアクセス番号。

長穂の傾向であった。アワの稈長の系統間変異はヒエよりも小さく、穂長の系統間変異はヒエよりも大きかった。

玄アワ千粒重は1.46g(黄粟(2))から2.85g(河北肥郷)に分布し、ウルチ系統(n=21)の平均は2.10g、モチ系統(n=12)の平均は1.83gで、それらの間には5%水準で有意な差異が認められた。玄アワ単収の上位10系統を表3に示す。最も多収であった玄アワ重は342g/m²で、ヒエよりは明らかに多収であった。玄アワ粗タンパク含有量は10~12%であった。系統名にモチ、糯などの名称が付与されていても、ヨード判定ではウルチ粒がほとんどである系統、あるいはウルチ粒が30%ほど混在している系統などもみられた。数年前に岩手県内で収集したアワ在来系統は全てモチ系統であった。農家は自家消費としてコメに混ぜて炊飯すると、モチ系統がウルチ系統より美味しいことからモチ系統を選択している。また、販売する場合にはモチ系統しか買い取ってもらえないことからモチ系統の選択とならざるを得ない。

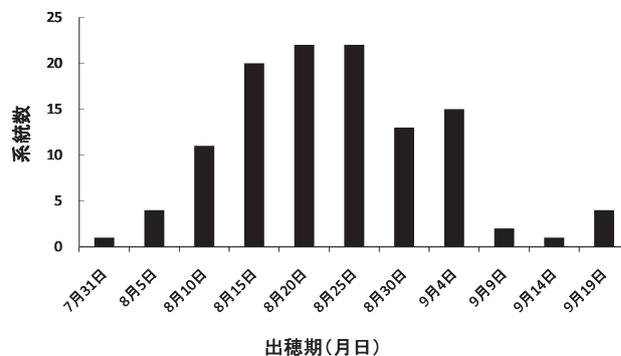


図4 アワの出穂期に関する系統の頻度分布 (n=115)。

4 キビ在来系統の評価

キビは、5月下旬に播種すると7月29日(半黒糯、原産地北海道)から8月29日(沖縄県収集)に出穂する系統まであった。また、原産地が徳島の系統(キビ糯)の出穂期は8月10日で、ヒエで見られる原産地が西南日本の系統の出穂期が遅いというような傾向は認められなかった。半数以上の系統は8月10日以前に出穂し、岩手県で栽培されている系統はほとんどが8月5日以前に出穂した(図5)。岩手県で栽培されている系統の稈長の系統間変異は、83.0cmから137cm(平均108.

9cm)、穂長の系統間変異は32cm から51cm (平均39.1cm) で、全国から収集された平均稈長 (164.4cm) よりく短く、穂長はわずかに長く、栽培しやすい系統が選抜されていることが伺える。キビはヒエやアワに比べて一般に早生が多く、スズメなどの食害が大きく、脱粒がしやすいために、正確に収量を把握することは難しいが、10系統の単収や他の特性を調査した (表3)。網掛けがおくれ早生系統は大きな鳥害にあったが、株単位で網掛けした6系統のうち、中生の2系統は340.5g/m²、(小川在来(糯)(長野))、305.8g/m²(徳島)を記録し、四国の系統でも多収であった。

玄キビ粗タンパク含有量は13~15%で、アワよりはやや高かった。表4の供試系統はすべてモチで、アワのようなウルチ粒の混じりがほとんど見られなかった。

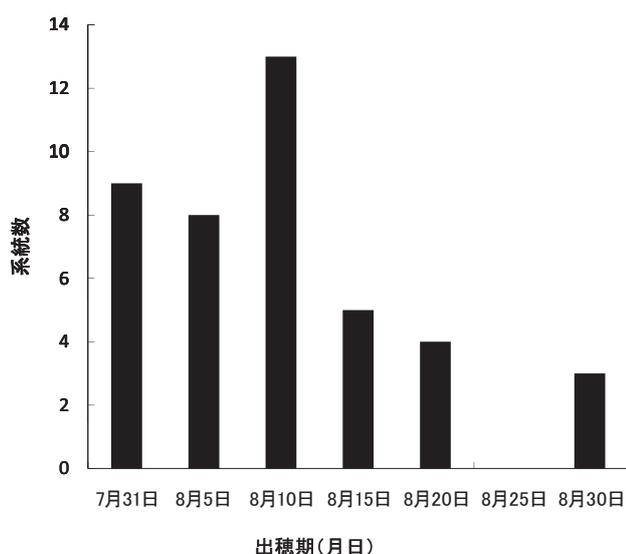


図5 キビの出穂期に関する系統の頻度分布 (n=42)。

5 在来系統を利用した品種育成

ヒエにはモチ性が存在しないため、食感がポロポロしてヒエだけでは美味しく食べることができないだけでなく、コメとの混合炊飯でも食味の低下につながる。また、長稈系統が多いことから、モチ(糯)性ヒエと短稈品種の育成に取り組んだ。

在来系統の特性評価で述べたように、粘りに関係するアミロース含有量を測定したところ、在来系統の中の4系統(稗糯、阿仁、ノゲヒエ、もじゃっぺ)が低アミロースであった。これら4系統の農業特性は極めて類似しており、多収であった。ヒエは異質六倍体で、低アミロース系統はウルチ・モチに関与する3対の遺伝子のうち、2対がモチに変異しているとの仮説を立てた。残る1対のウルチ遺伝子を劣性に変異させれば3対がモチ遺伝子となる。その手法として放射線育種法を用いた。その結果、400Gyと500Gyのガンマ線照射併せた2400個体の中から1個体だけがモチ性の胚乳を持っていた。その後、モチ性だけでなく農業特性の固定を確認し、収量性や栽培、澱粉特性、モチ加工適性などを行い、モチ性澱粉を持っている固定種として確認されたため、「長十郎もち」と命名し、品種登録を行った(登録番号:第21495号、登録日:2012/2/29)。「長十郎もち」の稈長は畑で約170cm、水田で2m近くなるため、台風で倒伏することもある。そのため、密植・多肥栽培による多収化は望めないため、より短稈のモチ品種の育成に取り組んでいる。また、この処理の中で、親と同じ低アミロースで、1週間早生で20cmほど短稈の系統が選抜・固定でき、「ゆめさきよ」と命名し、品種登録を申請中である(品種出願番号

表3 アワの単収上位系統の主な特性。

系統名	JP	原産地	玄アワ重(g/m ²)	出穂期	稈長(cm)	穂長(cm)	粗タンパク含有量(%)	アミロース含有量(%)
くろもち	81425	不明	342	8月13日	129.1	24.5	11.1	5.0
雪谷糯	53582	不明	304	8月7日	124.1	18.9	11.9	2.6
クロモチ No.1	88600	福島	285	8月12日	135.0	26.3	12.1	2.7
もちあわ	84038	宮城	283	8月21日	106.8	21.6	11.3	2.4
もちあわ	71662	長野	282	8月30日	122.0	15.7	9.7	1.7
白糯(1)	36259	秋田	275	8月20日	141.1	28.7	-	20.8
モチアワ	71597	新潟	247	8月24日	144.1	27.0	10.9	4.1
白糯(3)	36260	秋田	242	8月18日	129.7	26.4	10	2.6
もちあわ	84039	宮城	233	8月26日	120.3	18.2	12.2	3.7
虎の尾	36256	秋田	232	8月7日	128.4	34.8	10.6	30.0

注-1. 単年度の特性値。

表4 キビの単収上位系統の主な特性.

系統名	JP 番号	原産地	玄キビ重 (g/m ²)	出穂期	稈長(cm)	穂長(cm)	粗タンパク 含有量(%)	アミロース 含有量(%)
小川在来(糯)	4006	長野	340	8月14日	177.1	38.8	13.9	0.8
キビ糯	4009	徳島	306	8月10日	177.9	29.0	14.1	1.6
もちきび	74343	沖縄	292	8月20日	152.4	33.6	12.9	0.8
餅キビ	49752	不明	266	8月14日	179.9	38.4	13.2	1.6
コキビ(モチキビ)	74340	長野	228	8月15日	157.1	33.5	13.7	1.0
上条在来(糯)	4005	長野	205	8月16日	163.5	38.9	13.9	1.0
モチキビ	74321	長野	156	7月29日	153.6	41.3	13.7	1.0
モチキミ	74317	福島	113	7月31日	166.5	41.8	14.1	1.5
中生糯	3984	北海道	93	8月19日	169.8	39.1	13.6	2.0
半黒糯	3983	北海道	63	7月29日	146.5	34.3	14.8	2.8

注-1. 単年度の特性値.

第24855号. 申請日2010/5/6)。

6 製品化

雑穀は生産者にとっては収益性が低いいため、生産主体は高齢者によって担われている。そこで、生産物の高価格買い取りができるように、高付加価値商品の開発が急がれる。市場には「〇雑穀ブレンド」などの製品が多い。その中でヒエは比較的ブレンド割合が低い。この理由はアワやキビにはモチ系統があるが、ヒエにはモチ系統がなく、「ヒエの食味はアワやキビより劣る」ためである。しかし、ヒエ在来系統の中の低アミロース系統や育成されたモチ性ヒエとモチ性のアワやキビ系統と食味試験を行ったところ、3穀物の間には遜色がないことが明らかになった。「長十郎もち」とコメとの混合炊飯では、「長十郎もち」を20%ブレンドすると粘りすぎて食感が劣るが、5~10%であれば「冷めても美味しい」結果が得られた。最近のコメは粘る品種が多いため、ウルチ性ヒエとのブレンドでも炊飯直後ではコメ単独と同等に評価される。しかし、冷めると明らかにモチ性がウルチ性に優る。「モチ性ヒエ；長十郎もち」をブレンド素材とした商品が市販され、首都圏で一定の評価を得ている。

さらに、ヒエの味や香りには特にクセがなく、モチ性ヒエを小麦粉とブレンドすると僅かに黄味を帯びた製品に仕上がりに、食感に粘りが増し、やや日持ちが改善されることが明らかになった。そのため、洋菓子への利用の可能性を地元企業と探った。地元素材にこだわった製品とのコラボで、バウムクーヘン、マドレーヌ、ハード系食パ

ンなどを期間限定で販売したところ、継続販売を望む購入者が多かった(写真-1)。また、「長十郎もち」とモチ米「ひめのもち」とのブレンドでの「ひえの酒；長十郎」を醸造し、一般販売している。

岩手県内ではウルチ性ヒエを使った「ひえみそ」が、通常の味噌の数倍の価格で市販されている。当大学ではモチ性ヒエが育成されたのを機に、ヒエ麴を作りアミロース含量の違うヒエを用いてヒ



写真1. モチ性ヒエ「長十郎もち」の粉を練り込んだパン、菓子など
最上段から；バゲル、クロワッサン、マドレーヌ、ゴマあんぱん

エ味噌を試験醸造した。その結果、モチ性ヒエがウルチ性ヒエや低アミロースヒエに比べ、製麴にすぐれ、麴回りも良く、味はウルチ性ヒエや低アミロースヒエよりもまろやかで甘みの強い味噌に仕上がった。今後の市販化に向けて、消費者ニーズを探りながらヒエの最適なブレンド割合や醸造期間などを検討中である。

7 まとめにかえて

～課題の解決策と研究の方向～

ヒエ、アワ、キビの栽培に使用できる農薬や農業機械が極めて限られているため、雑穀の生産は手作業が主体となる。転換作物として水田でヒエ生産をおこなってきた新興生産地帯では、昨年の転作関係交付金の変更で、ヒエから飼料イネや加工米生産に切り替える農家が増えている。また、雑穀ブームが下火になりつつあり需要に陰りが見始めていることから、雑穀への生産意欲が低下しているとも言われている。その一方で、交付金とは無縁であった雑穀の伝統的な畑生産地帯ではこれまで同様に生産に取り組んでいる。いずれの生産地帯であっても、収益性改善が最重要課題である。そのためには、多収穫栽培法を確立し、高価買い取りを可能にする高付加価値商品の開発が急がれる。

具体的には、生産者にとっては倒伏せずに安定的に玄穀で300kg/10a が得られる品種の育成が望まれる。稈長が130cm 以下であれば、イネ用パイ

ンダーでの収穫が可能になり、また、密植・多肥栽培により350kg/10a の収量が期待できる。中長期的課題ではあるが、ヒエでは大粒化、アワでは耐虫性、キビでは難脱粒性などの解決が急がれる。

これら雑穀は発芽初期の虫害、生育中期の雑草害、登熟期の鳥害などで収量が皆無になることも珍しくない。しかし、これまで雑穀は病虫害に強く、痩せ地でも栽培できるとの論調多いためか、「雑穀＝無農薬栽培や有機栽培された穀物」と思い込んでいる消費者が少なくない。筆者らは消費者の期待に応えるために、「長十郎もち」を用いて、元肥に堆肥を使用し、播種量を増やし、手押し除草機で生育中期まで数回の除草を行い、出穂期の1ヶ月前頃に小型のロータリーで中耕・培土を行い、倒伏耐性を強化し、アワノメイガなどの虫害対策は行わずに、10a 規模の試験でここ3年は安定して250kg/10a を得ている。これまでの経験を通して、「ヒエの有機・無農薬栽培」の可能性を確信している。この技術は数 ha 規模の生産者に適用できるとは思えないが、定年帰農者などが既存の小型農業機械を用いて10a 規模の雑穀生産を行うのには最適な技術である。このような小規模有機生産者がグループを作り、首都圏の雑穀消費者グループと直接取引ができるようになると、ブームや政策に左右されることなく、収益性が改善され、雑穀生産は地域固有の資源・作物としての生産が持続されるであろう。