

麦焼酎と醸造用大麦品種の開発

誌名	日本醸造協会誌 = Journal of the Brewing Society of Japan
ISSN	09147314
著者名	河田,尚之
発行元	日本醸造協会
巻/号	115巻3号
巻号補足	
掲載ページ	p. 132-144
発行年月	2020年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



麦焼酎と醸造用大麦品種の開発

麦焼酎の原料である大麦は、醸造用としてビール、ウイスキーに使用され、食料用として麦茶や味噌の製造に使用される。最近、健康食材として食物繊維の含量が高くもちもちした食感のもち麦が注目されている。このように大麦は品種によって使用用途が広がる魅力的な穀物といえる。筆者は、麦焼酎の原料である二条大麦に着目し、病害抵抗性や収量などの「栽培特性」以外に他の酒類原料特性にはない「精麦特性」と麦焼酎としての「醸造特性」について適性が高い品種の開発について解説していただいた。大麦品種の多様性は麦焼酎の魅力向上につながるものと期待できる。

河 田 尚 之

1. はじめに

日本の焼酎の起源は、15世紀後半に沖縄で焼酎が確認されたのが始まりとされ、500年以上の歴史があり、焼酎製造技術は琉球から薩摩へ、さらにサツマイモを主原料とする芋焼酎として九州に広く伝わったとされる¹⁾。大麦を原料とする麦焼酎は壱岐で始まったと考えられ、寛政7年(1791年)に「荒生の焼酎」の記載がある。この焼酎は恐らく清酒粕を原料とした粕取焼酎で、壱岐の麦焼酎は農民の自家用焼酎に発し、裸麦が主食として生産され年貢からも除外されていたことから、余剰の裸麦を使った自家用の麦焼酎が伝統的に製造されたと考えられている²⁾。明治以降は米の使用にも余裕ができ、壱岐では清酒製造技術を取り入れていたことから、麴には米が用いられるようになり、現在の「原料配分として大麦3分の2、米麴3分の1」の壱岐焼酎になったと考えられている¹⁾。

大麦は裸性の「はだか麦」、皮性の「六条大麦」と「二条大麦」に区別され、縄文晩期から弥生時代以降、日本の高度成長が始まる1950年代まで、はだか麦は西南暖地の食用麦として、六条大麦は山陰、北陸、関東以北の食用麦として生産されてきた。二条大麦は明治始めに欧州から導入された新しい品種群で、ビール会社により日本向けの品種改良が行われ、主に近畿以北でビール醸造用として生産されていた³⁾。九州の大麦生産を見ると、ほとんどが食用のはだか麦で、1959

年に九州でビール麦として奨励品種にあげられた品種は、「ゴールデンメロン」(長崎)、「博多2号」(宮崎、鹿児島)、「アサヒ5号」(鹿児島)などで、生産量も少なかった。ところが、1961年～1963年の赤かび病の大発生により大きな被害を受けたはだか麦に代わり、赤かび病に比較的強い二条大麦が本格的に普及した⁴⁾。明治26年(1893年)の資料による壱岐の主な農産物は、はだか麦が約4300トン、米が約2500トン、甘藷が1150トンなど、はだか麦が大半を占め、焼酎の掛原料としてははだか麦が主に使用されていた¹⁾。その後も麦類の生産量から見て、麦焼酎の掛け原料としてはだか麦が使用されたと考えられる。戦後の食糧難時代の1947年に初めて宮崎産のゴールデンメロンを使用し、良好な成績を収めたことから二条大麦の利用が始まり、食管法による麦類の統制が撤廃された翌年の1953年からは輸入外麦を使用し現在に至ったと言われている⁵⁾。現在では壱岐焼酎には外麦に加え内地産や壱岐産の二条大麦も使われている。

焼酎は連続式蒸留焼酎と単式蒸留焼酎に分けられ、後者はアルコール含有物を連続式蒸留機以外で蒸留したもの(アルコール分が45度以下のもの)と定義され⁶⁾、単式蒸留焼酎の中で穀類や芋類などのでん粉質原料、清酒かすや黒糖などの糖質原料を発酵させ、これを蒸留した日本の伝統的蒸留酒を本格焼酎と呼んでいる。麦焼酎は主に大麦を使用した本格焼酎の一つである。酒類の販売(消費)数量は、1996年度の966

Development of Two-rowed Barley Cultivars for Japanese Spirits, Shochu.

Naoyuki KAWADA (Faculty of Bioenvironmental Science, Kyoto University of Advanced Science)

万 KL をピークとして減少したが、焼酎の消費量は 2007 年度まで増加を続けた。特に、本格焼酎は昭和 57 年から昭和 60 年（1982 年～1985 年）にかけての第 1 次焼酎ブームで、すっきりとした味わいの飲みやすい麦焼酎が牽引役となり、消費量は年率 30～40% を超える伸びとなりブーム前の 2 倍強に膨らんだと言われている。その後、2002 年から現在まで続く第 2 次焼酎ブームでは、黒麹仕込や貯蔵焼酎など製造方法や原材料にこだわった技術革新を行い、本格焼酎が消費者に認知されていったと言われている¹⁾。2016 年の酒類の課税数量は 877 万 KL で、ビールおよび発泡酒が 39.2%，リキュール（チューハイや新ジャンル飲料）が 25.0%，焼酎 9.9%（内単式蒸留焼酎 5.5%），清酒 6.1% など⁶⁾，焼酎は日本を代表する酒類となっている。また、本格焼酎の主原料別構成比（2017 年）では、芋焼酎が 53.4%，麦焼酎が 38.5%，米焼酎が 3.9% など⁷⁾，大麦は焼酎原料として甘藷に次ぐ主要な原料である。この様に本格焼酎の 40% 弱を占める麦焼酎であるが、麦焼酎の成立以降 1940 年代までははだか麦が使用され、その後はビールの消費増により国内生産が本格化したビール大麦が転用され、さらに安価の豪州産ビール大麦が主な原料として利用されてきた。1980 年代の麦焼酎ブームを背景に、焼酎醸造用二条大麦の育種が本格的に始まり、‘ニシノホシ’ に代表される焼酎原料として特性の優れた二条大麦品種が開発され、国産二条大麦を使用した本格麦焼酎の生産が広がっている。以下、焼酎原料としての二条大麦の特性を明らかにし、特に精麦特性と醸造特性についてこれまでに行ってきた品質育種を振り返るとともに、最近育成された焼酎醸造用品種などの育成経過とその特性を明らかにしたい。

2. 麦焼酎原料と大麦品種

焼酎原料として精麦特性が評価された品種として、1987 年に育成された‘ニシノチカラ’⁸⁾，その後、焼酎醸造品質も優れる精麦用品種‘ニシノホシ’⁹⁾が 1997 年に育成されるまで、焼酎醸造メーカーが原料品質面で条件をつけて購入することは行われず、輸入大麦（外麦）か国内産大麦（内麦）かの選択に留まっていたと言われている。この理由として、麦焼酎原料に適した大麦の品質特性が明らかにならなかったとされている¹⁰⁾。下田は、麦焼酎の原料に二条大麦

を使用する理由として、1) 二条大麦は大粒で精麦に適し扱い易い、2) でん粉価が高く原料から得られる純エタノール生産量（アルコール収得量）が高い、3) 麦麴の製造に適しているとしている¹¹⁾。また、焼酎に適した大麦の品質として、搗精時の精麦歩留が高く破砕率（精麦に占める破砕した大麦粒の割合）が低いこと等の「精麦特性」と、「醸造特性」として品質が良い麦焼酎ができアルコール収得量が高いことが挙げられている¹²⁾。先に示したように、壱岐の麦焼酎では当初は食用のはだか麦が掛け原料として使用されていた。はだか麦は二条大麦に比べ精麦のでん粉含量が低く、アルコール収得量が低いと推定される。1950 年代になるとビール醸造用に育成されたビール大麦が利用され、大粒ででん粉含量が高く、焼酎醸造に適することから、掛け原料としてビール大麦の利用が進んだと思われる。

第 1 表に 1960 年以降 5 年毎の日本の二条大麦（ビール大麦を含む。1975 年以降は飼料用を除く）の栽培面積と主な品種別の栽培面積を示した。1960 年前後に麦焼酎原料として使用された二条大麦の品種名は不明であるが、九州地域で生産された二条大麦品種は‘ゴールデンメロン’や‘博多 2 号’などで、大粒大麦としても栽培された実績がある‘博多 2 号’¹³⁾が麦焼酎の掛け原料に使われたと思われる。1951 年以降にはビール会社によるビール大麦の品種改良が再開され、大粒で穀皮が薄く粒の外観が優れ、さらに製麦試験による検定も行われ、多収で麦芽品質が優れた‘成城 17 号’や‘さつき二条’が育成された³⁾。これらの品種は 1970 年代には西日本の主力品種となったが、1950 年代から 1960 年代半ばまではビール原料麦は原則国産ビール大麦が当てられ、精麦用に回される量は少なく、麦焼酎原料の大部分は外麦の搗精麦を使用することになったと考えられる。

1960 年代のビール需要の大幅な拡大によりビール大麦生産が維持されたが、国産麦価の低下や労働力不足などの農業構造の変化により、ビール原料は輸入麦芽を主とするようになり、1968 年をピークに国産ビール大麦の生産は減少する。その後、1978 年になって過剰米に対応するため、農林省の水田利用再編対策が始まり麦生産振興策が取られた。また、1980 年代の麦焼酎ブームを受けて、当初ははだか麦その後飼料用二条大麦の育種を担当していた九州農業試験場（大

第1表 1960年産以降の主な二条大麦品種と栽培面積の推移

品種 番号	品種名	育成年	(年産) 麦種	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005
1	スワンハルス	1899	B	2.9	5.6								
2	栃木ゴールデンメロン	1916	B	3.0									
3	博多2号	1933	B + 大	6.1	5.1	1.5							
4	キリン直1号	1936	B	10.2	13.0	2.3							
5	アサヒ5号	1948	B	3.7	9.6	1.6	0.4						
6	アサヒ19号	1948	B + 大	2.7	2.5								
7	交A	1951	B	4.1	3.2								
8	関東晩生ゴール	1953	B	11.2	7.8	0.5							
9	関東中生ゴール	1953	B + 大	8.4	14.6	1.2	0.2						
10	成城17号	1964	B			20.3	16.3	11.2	1.7				
11	さつき二条	1965	B		8.3	10.1	2.3	2.9	3.0				
12	ニューゴールデン	1965	B		10.1	32.4	8.7	6.5	4.5				
13	ふじ二条	1965	B			4.3	4.2	3.1					
14	アズマゴールデン	1971	B				3.0	16.9					
15	ほしまさり	1972	B				2.8	2.8	3.0	1.2			
16	ダイセンゴールド	1972	B + 大				0.6	2.0	3.5	1.9			
17	あかぎ二条	1975	B					7.1	3.9				
18	あまぎ二条	1978	B					13.2	40.0	29.2	16.9	7.2	2.3
19	はるな二条	1978	B						5.5	5.0	1.3		
20	ミサトゴールデン	1985	B + 大							9.2	5.1		
21	ニシノゴールド	1986	B							8.6	3.2	1.1	
22	きぬゆたか	1987	B							1.7	3.8		
23	ミカモゴールデン	1987	B								3.7	4.2	6.5
24	ニシノチカラ	1987	大								4.1	6.7	4.2
25	なす二条	1988	B							1.5	2.0	1.8	2.4
26	りょうふう	1989	B							1.3	2.4	2.0	2.1
27	アサカゴールド	1990	B								2.1	3.2	1.7
28	ミハルゴールド	1995	B										1.3
29	ニシノホシ	1997	大										3.8
30	ほうしゅん	1999	B										4.3
31	スカイゴールデン	2001	B										1.4
その他				9.6	13.5	4.8	1.0	1.4	1.5	5.0	1.6	3.6	4.1
栽培面積合計				65.1	93.2	81.7	39.7	69.5	67.5	66.0	46.2	33.3	34.1

注)1960年産から5年毎の品種の栽培面積(千ha)を示し、1975年産以降は飼料用を除く主食用(ビール大麦を含む)の面積を示す。麦種の「B」はビール醸造用品種、「大」は大粒大麦品種、「B + 大」はビール用として育成されたが大粒大麦としても生産された品種を示す。

(食糧庁編(1959～2007)麦類の品種別作付面積 昭和34年産～平成18年産。農林水産省・電子化図書より作表)

麦育種研究室)は、育種目標を飼料用から食用・焼酎醸造用の精麦用二条大麦に変更し、1981年に「イシユクシラズ」¹⁴⁾、1987年に精麦特性が優れる「ニシノチカラ」を育成した。また、この時期にビール醸造品質の優れる「あまぎ二条」¹⁵⁾や「はるな二条」¹⁶⁾が育成され、1980年代から1990年代にかけて普及した。九州では、ビール大麦として育成されたが飼料用や大粒大麦として生産された「ダイセンゴールド」¹⁷⁾や、ビ

ール大麦の契約枠を超えて生産された「あまぎ二条」が精麦用として流通し、麦焼酎原料として使用された。「ダイセンゴールド」や「あまぎ二条」は、元々ビール醸造用として育成された品種で、デンプン含量は比較的高いものの、硝子率が高いなど精麦品質は劣るものであった。

1970年代以降、関東のビール大麦生産地に続き北部九州も土壌伝染性ウイルス病であるオオムギ縞萎縮

第2表 ‘ニシノチカラ’ など九州沖縄農研育成二条大麦品種の収量、精麦品質やでん粉含量など。

品種名	子実重 (kg/a)	収量比 (%)	千粒重 (g)	55%搗精時 間(分'秒)	同白度 (%)	砕粒率 (%)	澱粉含量 (%)	蛋白質 含量(%)
ニシノチカラ	53.0	132	40.2	10' 48	41.7	7.7	-	-
イシュクシラズ	49.7	124	38.5	9' 04	40.8	39.8	-	-
ダイセンゴールド	40.2	100	40.0	11' 05	39.1	7.5	-	-
1985～1987年産の九州農試ドリル播栽培材料の平均値。								
ニシノホシ	54.2	120	38.6	11' 06	42.7	5.4	65.1	9.6
ニシノチカラ	45.3	100	38.2	13' 16	40.8	5.3	63.5	10.0
イシュクシラズ	51.4	113	41.9	11' 38	41.6	28.8	63.4	10.5
1992～1997年産の九州沖縄農研標肥栽培材料の平均値（澱粉含量は1994～1997年産）。								

病の被害が広がり、その対策として‘ミサトゴールデン’¹⁸⁾、‘ニシノゴールド’¹⁹⁾、‘ミカモゴールデン’²⁰⁾などの同病抵抗性でビール醸造品質が優れる品種が育成され、‘あまぎ二条’に代わって普及した。‘ニシノチカラ’も萎縮病抵抗性を目標に育成された品種であるが、食用等の精麦用品種であり、第1表に示すように、大粒で、粒質は中間質～粉質で、砕粒率（欠損粒歩合）が低く精麦歩留が高い品種であり、2003年に栽培面積シェアが大麦で1位となるなど、味噌や焼酎醸造用として評価が高い品種となった。ただし、醸造品質の検定は行われておらず、後の分析ではでん粉含量が低いなど²¹⁾、後に育成される‘ニシノホシ’に比べ焼酎醸造適性が高い品種とは言えない。

1960年代以降、焼酎醸造用として大部分は豪州産大麦が使用され、2000年頃には食糧用大麦として年間約16～21万トン輸入され、その多くが麦焼酎醸造に使用された。主な品種は‘Schooner’、‘Stirling’、‘Arapiles’等のビール大麦といわれている¹²⁾。これらの品種はでん粉含量が高く、アルコール収得率も高く焼酎醸造品質もよいと考えられる。また、2001年にこれらの豪州産大麦について、穀粒硬度や砕粒率、精麦歩留を調査した結果では、千粒重が42～44gで比較的大きく、SKCS硬度の平均が57.0とやや硬く、砕粒率も5%程度と低く、精麦品質も良いと報告されている¹²⁾。醸造適性が良い豪州産二条大麦は、1980年代の第1次焼酎ブーム以降も焼酎原料として使用され、現在（2013年～2016年）も焼酎原料として、国産二条大麦の5万7千～6万8千トンに対し、豪州産二条大麦は13万2千～16万9千トンが使われている²²⁾。

3. 精麦品質と麦焼酎用大麦品種

麦焼酎製造の第一段階として、原料麦を搗精し精麦にする工程があり、いわゆる精麦品質として砕粒率が少なく精麦歩留が高く、硬質粒が混じらないなど粒質が安定し、搗精時間が適度で精麦加工効率の高い特性が求められる。これらの精麦品質は主食用大麦でも重要な形質で、主食用ではさらに胚乳が粉状質で精麦白度が高く胚乳色がくすまないことが求められる。焼酎原料麦としての国内産大麦の精麦加工に伴う形状、成分組成などを検討した結果、精麦歩合60%程度で糊粉層はほとんど除去され、表面に胚乳細胞が露出し、澱粉価は搗精が進むにつれ上昇し、粗タンパク質と粗脂肪は減少することが報告され²³⁾、製麹と醗での溶解性及び成分を考慮すると、焼酎醸造用二条大麦の精麦歩合は糊粉層が除去される60～70%が妥当とされている¹⁾。

第1次焼酎ブーム以降、精麦用二条大麦の育種においても、精麦白度が高く砕粒率が低く精麦歩留が高いなどの精麦品質による評価と選抜が行われ、砕粒率と千粒重との間に高い相関が、搗精時間と砕粒率との間に高い負の相関があり、軟質であるほどまた大粒であると砕粒が発生しやすいと考えられた^{24,25)}。当初は主食用であったが育成時には焼酎原料用として、精麦品質に着目して選抜した品種が‘ニシノチカラ’で、第2表に示すように、胚乳が粉状質の‘イシュクシラズ’と比べ砕粒率は低く精麦歩留が高く、主力品種の‘ダイセンゴールド’と比べ砕粒率が低い粒質が中間質で白度が高い。このような精麦品質が評価され、食用のみならず焼酎原料用として普及した。

焼酎醸造メーカーでは麦焼酎に適した二条大麦原料

やその品種特性の研究が進み、焼酎製造適性として搗精加工時の正常粒率の歩留（精麦歩留）、粒大、焼酎製造時の麴の出来などを評価することとなった²⁶⁾。その中で、岩見らは簡便に大麦の物理的性質を測定できる Single Kernel Characterization System (SKCS) 分析法を精麦品質の評価や原料麦の選別に利用し、豪州産大麦や大分県産二条大麦品種‘ニシノホシ’について、SKCS 硬度と精麦歩留には高い正の相関、破碎麦発生率との間には負の相関があることを認め、焼酎原料大麦を評価・選別する上で有効な方法であることを示した^{27), 28), 29)}。一方、ビール大麦では麦芽エキスなどの醸造品質を高める目的で、穀粒の物理的および成分特性の研究が進められ、原粒段階の特性としては、粒大、粒色、穀皮歩合、整粒歩合、粗タンパク質含量が重要視された^{30), 3)}。その後、穀粒の物理的特性として、穀粒の硬度（粉碎強度（milling energy））は澱粉含量と負の相関、胚乳の構造多糖である β -グルカン含量と正の相関があり、澱粉含量が低く高 β -グルカン含量になれば硬度が高くなることが示された³¹⁾。また、大麦穀粒の硬度は、小麦の軟硬質性に関係する胚乳特異的タンパク質ピュロインドリリンに相同のホルドインドリリン *hmb2* 遺伝子型と関連すると報告されている³²⁾。

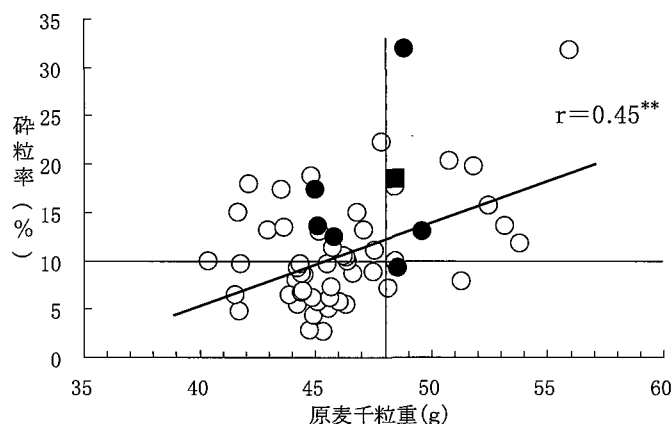
第1次焼酎ブーム以降、国産二条大麦の焼酎需要が高まるにつれて、ビール大麦の契約数量を超えたビール大麦を焼酎用精麦原料として利用することとなり、

‘はるな二条’の子孫で軟質の極高品質ビール大麦品種では、碎粒率が高く精麦歩留が低いことが問題となった。穀粒の硬軟質性と碎粒率との関係を明らかにするため、二条大麦主要品種や育成系統、中間母本を用いた解析では、育成系統のSKCS 硬度は育成年次が新しくなるにつれては低下する傾向にあった。SKCS 硬度や55% 搗精時間はホルドインドリリン *hmb2* 遺伝子型と β -グルカン含量に強く影響されるが、碎粒率については *hmb2* 遺伝子型や β -グルカン含量の影響は有意ではなく千粒重がもっとも大きく影響することが明らかになった（第1図）³³⁾。

また、六条大麦や二条大麦で粒重が大きい場合に碎粒率が高いとの報告があり^{24, 25, 34, 35)}、精麦用二条大麦について碎粒率を10%以下に抑えるには、千粒重を45g 程度にすべきと考えられる。さらに、ビール大麦109品種・系統を用いた解析でも、碎粒率は穀粒硬度 ($r = -0.608$) と粒重 ($r = 0.588$) で有意な相関が認められ、碎粒率は穀粒硬度が低く粒重が重いほど高くなる傾向を示し、 F_5 と F_6 世代から推定した碎粒率の遺伝率は0.59で比較的高く、中期世代からの選抜が可能であると考えられる³⁶⁾。

4. 醸造適性と麦焼酎用大麦品種

大麦品種と焼酎醸造品質との関係が調べられたのは‘ニシノホシ’の品種育成時以降のことで、大分県本格焼酎技術研究会による大麦麴の消化性など焼酎醸造



第1図 碎粒率に対する原麦千粒重の効果

供試材料は主要なビール大麦32品種と、栃木農試育成系統48。○はホルドインドリリン軟質型、●と■は硬質型。碎粒率と千粒重の相関は1%水準で有意。(沖山ら, 2008)³³⁾

適性試験では、‘ニシノチカラ’に比べ‘ニシノホシ’は麴の消化性、糖化性、総合力価ともに高く、酸度は同程度で、焼酎醸造適性が優れることが明らかになった（第4表）⁹⁾。さらに、岩見らは豪州産大麦及び大分県産二条大麦‘ニシノホシ’について、物性値と大麦麴の醸造特性（総合糖化力、麴酸度）の関連を調査し、SKCS硬度と総合力価とは-0.56の有意な相関が認められ、穀粒硬度が高いほど総合力価は低い傾向にあることを示し、SKCS分析が焼酎用大麦を評価する上で有効な方法であることを確認した^{28), 29)}。また、原料麦の溶解性が良い方が発酵の制御が容易であり、硬度が低く胚乳が柔らかいもののほど醸造適性が良いと考えられた。一方、精麦品質の項で示したとおり、SKCS硬度と砕粒率とは負の相関があり、穀粒硬度が低いほど精麦時の砕粒率が高くなる。精麦および醸造品質の両者が優れる品種を育成するには、胚乳が粉状質で穀粒硬度が低いのが砕粒の発生が少ない系統の選抜が重要と考えられる。岩見らによる分析では、大分県産‘ニシノホシ’は豪州産大麦とは異なる特性を示し、‘ニシノホシ’の精麦歩留（＝（正常粒重量／玄麦重量（150g））×100）は豪州産大麦と比べ低いのが砕粒率はやや低く、総合力価が高くなる傾向にあった²⁹⁾。

胚乳成分と醸造品質との関係では、大森らは搗精による一般成分の変化を検討し、65～70%精麦では溝条（いわゆる“へこ”）や胚芽の跡および胚芽以外はMG染色でほぼピンク色に染色され、糊粉層は60%精麦でほとんど除去されることを示した²³⁾。精麦が進むに従ってでん粉価は高くなり、粗タンパク質や粗脂肪は減少するが、各精麦歩合で米と比較するとそれらの含有率、特に粗脂肪が多い。二条大麦の育成段階では粗脂肪含量の調査は行われていないが、粗タンパク質含量は重要形質として分析されており、ビール大麦では高タンパク質になると麦芽エキスの低下などを招くため、タンパク質含量の高くなりにくい品種や栽培技術により、粗タンパク質含量の適正值10.5%に近づけている。また多肥栽培での高タンパク質化を避けるため、米国の六条大麦‘Karl’の低タンパク質形質を醸造用二条大麦に取り込むことを目的に高品質ビール大麦を交配し、既存の二条大麦に比べタンパク質含量が約2%低い‘大系 HC-15’が育成された^{37, 38)}。しかし、通常の施肥水準では、低タンパク質化により胚乳が粉質で軟らかくなり、砕粒率が高く精麦品質は低

下する。大麦をタンパク質含量が極端に高くなる条件下で栽培すると、胚乳澱粉粒の間隙をプロテインマトリックスが埋め硬質粒の発生が増える³⁹⁾。精麦用大麦で硬質粒が発生すると、精麦白度の低下や硬質粒の混入により精麦品質は低下するとともに、精麦の吸水速度や麦麴の品質にも影響すると考えられる。‘ニシノホシ’以降の精麦用二条大麦品種は胚乳が中間質から粉質で、収量を確保するための多肥栽培においても硬質粒の発生が少ない系統が選抜されており、施肥基準を守れば硬質粒の発生は抑えられると考えられる。一方、収量を飛躍的に高めるには極多収品種の多肥栽培が必要となるが、穀粒のタンパク質含量を適正值に収め精麦品質を維持するには、‘大系 HC-15’の低タンパク質形質は有用と考えられる。

麦焼酎の原料として二条大麦が適する理由の一つは、でん粉価が高くアルコール収得量が高いことがあげられる¹¹⁾。でん粉含量の重要性はビール醸造においても同様で、ビールの素となる麦芽エキスはでん粉含量と高い相関があり、粗タンパク質含量が増えると相対的にでん粉含量が減少しエキス収量が減少する^{40, 41, 42)}。麦芽エキスが極めて高い‘はるな二条’以降に育成された二条大麦は、‘はるな二条’の高エキス・高でん粉特性を引き継ぎ、ビール用品種はもちろん精麦用二条大麦品種も高でん粉特性を持っていると考えられる。

大麦は小麦や水稻と異なり、胚乳のヘミセルロース成分としてβ-グルカン（(1-3)、(1-4)β-D-グルカン）を多量に含み、胚乳細胞壁の70～75%を占める主要な構成物質である⁴³⁾。焼酎原料として精麦大麦と破碎精米を比較すると、大麦ではアルコール収得量がトン当たり30～50L程度少なく、白麴の各種酵素では溶解されにくい部分が大麦にはあり、さらにでん粉もグルコースまで糖化されにくい特性を持ち発酵歩合が悪いと考えられた⁴⁴⁾。また、二条大麦‘ダイセンゴールド’を用いた調査結果では、アルコール収得量が低い原因はヘミセルロースによってでん粉が酵素消化を受けにくく溶解性が悪いためと考えられ²³⁾、β-グルカン含量が焼酎醸造適性に関連すると考えられる。ビール大麦では、玄麦や麦芽のβ-グルカン含量はエキス収量と負の相関があり、品質育種が進むと玄麦のβ-グルカン含量は低く麦芽のβ-グルカン分解酵素活性は高く改良され、麦芽品質の向上が図られている^{45, 46, 47)}。また、大麦のβ-グルカンは製麴の過程

第3表 ‘ニシノホシ’ の生育, 収量, 精麦品質および成分調査成績

栽培 条件	品種名	稈長 (cm)	穂数 (本/m ²)	子実重 (kg/a)	収量比 (%)	千粒重 (g)	55%搗精時 間(分'秒)	同白 度(%)	砕粒率 (%)	蛋白質含 量(%)	澱粉含 量(%)	β-グルカン 含量(%)
標肥	ニシノホシ	83	657	54.2	120	38.6	11' 06	42.7	5.4	9.6	65.1	3.4
	ニシノチカラ	91	579	45.3	100	38.2	13' 16	40.8	5.3	10.0	63.5	3.6
	イシュクシラズ	90	583	51.4	113	41.9	11' 38	41.6	28.8	10.5	63.4	3.5
多肥	ニシノホシ	82	672	53.7	111	38.2	-	-	-	-	-	-
	ニシノホシ	93	634	48.5	100	38.2	-	-	-	-	-	-
	ニシノチカラ	90	608	52.8	109	42.4	-	-	-	-	-	-

注) 1991 ~ 1996 年度九州沖縄農研生産力検定試験の平均値。成分は 1993 ~ 1996 年度の平均値。

第4表 ‘ニシノホシ’ の麴の消化性などの調査成績

試験年度	品種名	水分 (%)	消化性	糖化性	総合力価	酸度
1995	ニシノホシ	27.5	73.8	18.0	1331	9.35
	ニシノチカラ	26.4	72.7	17.4	1265	9.32
1996	ニシノホシ	26.4	74.3	18.5	1377	9.36
	ニシノチカラ	25.4	72.9	17.6	1281	9.20

注) 大分県本格焼酎技術研究会による 3 反復分析値の平均値。

で麴菌の生産する β-グルカナーゼにより分解されるが、その活性は全ての β-グルカンの分解には不十分で⁴⁸⁾、焼酎醸造原料としては低 β-グルカン含量が望まれる。大麦の β-グルカン含量は品種や栽培条件により異なり、一般的には 3 ~ 7% で系統によっては 14% 程度のももある^{46, 49, 50)}。最近の焼酎醸造用二条大麦は高品質のビール大麦に由来し β-グルカン含量が低くなっており^{9, 51)}、今後も低 β-グルカンの特性が維持されると考えられる。一方、従来の食用大麦品種は β-グルカン含量の高い品種が多く、大麦食物繊維の機能性を重視した高 β-グルカン品種の育成が進んでおり、精麦用二条大麦品種は β-グルカン含量によって食用と焼酎醸造用に区別すべきと思われる。

5. 麦焼酎に使用されている二条大麦品種とその特性

1980 年代になると、ビール大麦では麦芽品質が極めて優れる ‘ニシノゴールド’¹⁹⁾、‘ミカモゴールド’²⁰⁾、‘ミハルゴールド’⁵²⁾、‘ほうしゅん’⁵³⁾、‘スカイゴールド’⁵⁴⁾、‘サチホゴールド’⁵⁵⁾などが育成され、現在でも ‘サチホゴールド’ は二条大麦栽培面積の半分程度を占めている。一方、精麦用の二条大麦では ‘ニシノチカラ’ に継いで 1997 年に ‘ニシノホシ’ が育成され、2010 年前後には ‘ニシノホシ’ は最大普及面積の 7,000ha (二条大麦栽培面積の約 20%) に達し、麦焼酎原料用として九州で広く栽培され

た。その後、‘はるしずく’⁵⁶⁾、‘煌二条’⁵⁷⁾、‘はるか二条’⁵¹⁾などが育成され、‘ニシノホシ’ に代わり普及が進んでいる。

麦類の品種別栽培面積については、2007 年産以降公表されていないため詳細は不明であるが、2018 ~ 2019 年産の栽培面積の多い品種は、ビール大麦では ‘サチホゴールド’、‘ミカモゴールド’、‘アスカゴールド’、‘スカイゴールド’、‘ほうしゅん’、‘りょうふう’ など、精麦用二条大麦では ‘はるか二条’、‘はるしずく’、‘ニシノホシ’ などと思われる。以下に、現在栽培されている主要な二条大麦品種の特性と精麦品質、焼酎醸造品質、麦芽品質についてとりまとめた。

5-1) ニシノホシ (九州農業試験場, 1997 年育成, 二条大麦農林 18 号)⁹⁾

本品種は ‘西海皮 38 号 (後の ‘ニシノチカラ’) / 栃系 145’ の組合せから育成した精麦用 (食用および焼酎醸造用) 二条大麦品種で、当初の育種目標は ‘ニシノチカラ’ の短稈化と精麦品質を軟質・高白度化することであり、その目標にそった交配母本として選抜した一つが ‘栃系 145’ であった²⁵⁾。‘ニシノホシ’ は ‘ニシノチカラ’ に比べ早生、10cm 程度短稈で穂数が多く多収で、軟質で精麦時間が短く白度が高いが、砕粒率が低く精麦歩留が高く精麦品質が優れる。また、でん粉含量は高く β-グルカン含量は同程度に低く、

第5表 ‘はるしずく’ の生育、収量および精麦品質調査成績

品種名	稈長(cm)	穂数 (本/m ²)	子実重 (kg/a)	収量比 (%)	千粒重 (g)	65%搗精時 間(分'秒)	同白度 (%)	正常粒率 (%)	澱粉含量 (%)
はるしずく	90	604	54.8	104	46.0	2'09	39.4	94.4	79.5
ニシノチカラ	97	542	52.9	100	45.5	3'22	37.3	96.7	78.0
ニシノホシ	86	538	51.1	95	43.7	2'56	39.8	96.9	78.7

注) 2003～2004年度福岡県農総試生産力検定試験，ドリル播標肥栽培による平均値。(古庄ら，2006)⁵⁶⁾

第6表 ‘はるしずく’ の麦焼酎小仕込みおよび官能評価成績

品種名	産地	アルコール分(%)	酸度(ml)	焼酎官能評価
はるしずく	育成地	18.1	9.3	2.1
ニシノチカラ	育成地	17.6	8.9	2.1
オーストラリア産		17.6	9.3	1.7
はるしずく	筑後分場	17.4	9.3	1.8
ニシノホシ	筑後分場	17.6	8.7	2.4

注) 福岡県内酒造メーカーの国税庁所定分析法による成績。官能評価はパネラー5名，3点法による評価で，点数の低い方が良い。(古庄ら，2006)⁵⁶⁾

タンパク質含量は低い。品種登録時に実需者（大分県本格焼酎技術研究会）による焼酎醸造適性試験を行い、麴の消化性、糖化性、総合力価ともに‘ニシノチカラ’より高く、焼酎醸造用大麦として良好な評価を受けた。大麦の主要病害であるうどんこ病とオオムギ縞萎縮病（抵抗性遺伝子 *rym5*）に強く安定多収であるが、穂発芽し易く、千粒重がやや軽く栽培条件によっては細粒が発生しやすい。

5-2) はるしずく（福岡県農業総合試験場，2005年育成，二条大麦農林23号）⁵⁶⁾

本品種は‘九州二条11号（後の‘ミハルゴールド’）/ 栃系225’の組合せから育成した二条大麦で、当初はビール用として育成したが外観品質がビール大麦として不十分ことから、精麦用（焼酎醸造用）として登録した品種である。‘ニシノチカラ’に比べ7cm程度短稈で穂数が多く多収である。軟質で精麦時間が短く正常粒率がやや低いがでん粉含量は高い。実需者による焼酎少仕込み試験と官能試験を行い、‘ニシノチカラ’や麦焼酎用原料として主に利用されているオーストラリア産二条大麦と同等との評価を受けた。大麦の主要病害であるうどんこ病とオオムギ縞萎縮病（抵抗性遺伝子 *rym3*）に強く安定多収である。

5-3) 煌二条（九州沖縄農業研究センター，2007年育成，二条大麦農林25号）⁵⁷⁾

本品種は‘西海皮48号/羽系89-63’の組合せか

ら育成した精麦用（焼酎醸造用）二条大麦品種で、‘ニシノチカラ’に比べ早生で5～10cm程度短稈、大粒で整粒収量はやや多収である。軟質で精麦時間が短い、砕粒率がやや大きく精麦歩留はやや低く精麦品質はやや劣る。実需者による工場規模の焼酎醸造試験の結果では、アルコール収得量は‘ニシノチカラ’と同程度かやや高く、焼酎の酒質に旨味と甘味などの特徴があり優れるとの評価であった。大麦の主要病害であるオオムギ縞萎縮病（抵抗性遺伝子 *rym3*）と穂発芽に強く安定多収であるが、うどんこ病には罹病し外観品質がやや劣る。

5-4) はるか二条（九州沖縄農業研究センター，2012年育成，二条大麦農林26号）⁵¹⁾

本品種は‘羽系B0080/西海皮59号’の組合せから育成した精麦用（食用および焼酎醸造用）二条大麦品種で、‘ニシノホシ’に比べ2日程度早い早生種、短強稈で穂数は多いが倒伏性はかなり強い。千粒重は大きく整粒歩合も高く整粒収量は極めて多収である。硝子率はやや高いが穀粒硬度は同程度、粒質はやや粉状質の軟質で搗精時間と精麦白度は同程度で精麦適性は優れる。砕粒率はやや高いが精麦の外観品質は同程度で精麦品質は良い。玄麦のタンパク質含量はやや高いが、でん粉とβ-グルカン含量は同程度である。実需者による工場規模の焼酎醸造試験を行い、アルコール収得量は‘ニシノホシ’と同程度で高く、焼酎に甘

第7表 ‘はるか二条’ の生育、収量、精麦品質および成分調査成績

栽培 条件	品種名	稈長 (cm)	穂数 (本/m ²)	整粒重 (kg/a)	収量 比(%)	千粒 重(g)	55%搗精時 間(分'秒)	同白 度(%)	砕粒 率(%)	SKCS 硬度	蛋白質含 量(%)	澱粉含 量(%)	β-グルカ ン含量(%)
標肥	はるか二条	83	659	56.5	136	44.1	10' 55	44.6	5.5	53.7	9.1	63.6	3.0
	ニシノホシ	87	605	41.6	100	40.7	10' 49	45.2	4.3	52.7	8.7	63.7	3.1
	ニシノチカラ	97	566	41.3	99	42.1	12' 41	44.0	6.0	56.0	8.9	-	-
多肥	はるか二条	84	721	60.2	140	43.6	-	-	-	-	-	-	-
	ニシノホシ	89	621	43.0	100	39.7	-	-	-	-	-	-	-
	ニシノチカラ	98	618	45.6	106	41.3	-	-	-	-	-	-	-
ドリル 播き	はるか二条	79	673	55.4	114	45.2	11' 24	43.3	4.1	54.1	9.3	-	-
	ニシノホシ	87	609	48.7	100	41.2	11' 16	43.0	4.9	55.7	8.8	-	-
	ニシノチカラ	98	586	46.5	95	42.6	13' 26	41.7	4.8	60.9	9.1	-	-

注)2008～2011年度(ドリル播き栽培は2009年度～)九州沖縄農研生産力検定試験の平均値。

第8表 ‘はるか二条’ の麴消化性および焼酎醸造試験成績

品種名	出麴水分 (%)	消化性	糖化性	総合力価	酸度(ml)	アルコール 収量(L/t)	官能評価
はるか二条	26.8	71.2	14.7	1047	6.0	421	甘味, すっきりした香り, キレ
ニシノホシ	26.3	70.4	13.4	943	5.1	420	香ばしさ, 甘味

注) ‘はるか二条’ は九州沖縄農研の2013年産多肥栽培材料, ‘ニシノホシ’ は九州地域の2013年産多肥栽培材料を用い, 宮崎県内の焼酎醸造会社で麴の消化性試験, および精麦約500kgを用いた常圧蒸留による中規模醸造試験を実施。貯酒5ヶ月後に官能評価を行った結果。

味と香りがあり焼酎醸造品質は良いとの評価であった。大麦の主要病害であるうどん粉病とオオムギ縮萎縮病(抵抗性遺伝子 *rym3+rym5*)と穂発芽に強く安定多収である。

5-5) ほうしゅん(福岡県農業総合試験場, 1997年育成, 二条大麦農林19号)⁵³⁾

本品種は‘吉系19/関東二条25号’の組合せから, 半数体育種法により育成したビール醸造用品種で, ‘あまぎ二条’に比べ3～4日早い極早生, 稈長は中程度で穂数が多いが倒伏には強い。大粒で千粒重は重く整粒歩合が高く, 多収である。精麦品質が公表されていないが, 九州麦類品質評価協議会における搗精試験成績から見ると, ‘ニシノホシ’に比べやや軟質で精麦時間が短く, 砕粒率が高く精麦歩留は劣る。麦芽品質は, 麦芽エキス, エキス収量, ジアスターゼ力が高く, 極高品質で優れる。また, 麦芽のタンパク質含量やβ-グルカン含量は低く優れる。大麦の主要病害であるうどんこ病とオオムギ縮萎縮病(抵抗性遺伝子 *rym5*)に強い。

5-6) サチホゴールド(栃木県農業試験場, 2005年育成, 二条大麦農林22号)⁵⁵⁾

本品種は‘大系R4224/関東二条29号’の組合せから育成したビール醸造用品種で, ‘ミカモゴールド’に比べ成熟期が同程度の早生, 稈長は短く穂数はやや少なく, 倒伏に強い。大粒で千粒重は重く, 整粒歩合が高く整粒収量が多い。精麦品質は公表されていないが, 九州麦類品質評価協議会や栃木県農業試験場における搗精試験成績から見ると, ‘ニシノホシ’に比べ精麦時間が短く砕粒率が高く精麦歩留がやや劣ると考えられる。麦芽品質は, 麦芽エキス, エキス収量, ジアスターゼ力が高く, 極高品質で優れる。また, 麦芽のタンパク質含量はやや低くβ-グルカン含量は低く優れる。大麦の主要病害であるうどんこ病とオオムギ縮萎縮病(抵抗性遺伝子 *rym3*)に強く安定多収である。外観品質はやや優れるが, 側面裂皮粒の発生がやや多い。現在, 関東から九州まで約17,000ha栽培されており, ビール用以外に麦焼酎醸造などの精麦用としても多量に出回っている。

5-7) アスカゴールデン (栃木県農業試験場, 2011 年育成)⁵⁸⁾

本品種は‘栃系 283/九州二条 15 号’の組合せから育成したビール醸造用品種で, ‘ミカモゴールデン’と比べ同程度の早生, 稈長はやや短く穂数はやや多いが倒伏に強い。大粒で千粒重は重く, 整粒歩合が高く整粒収量が多い。精麦品質は公表されておらず不明である。麦芽品質は, 麦芽エキス, エキス収量, ジアスターゼ力が高く, 極高品質で優れる。また, 麦芽のタンパク質含量と β -グルカン含量は‘ミカモゴールデン’と同程度で低く優れる。大麦の主要病害であるうどんこ病とオオムギ縞萎縮病(抵抗性遺伝子 *rrym3+rym5*)に強く安定多収である。側面裂皮粒の発生は‘サチホゴールデン’よりも少ない。現在, 栃木県を中心に栽培されている。

6. おわりに

麦焼酎原料としての二条大麦の品種開発について, 精麦品質と醸造品質を中心にこれまでの研究と育種の成果を示した。品質面ではこれら以外に本格焼酎では香気特性が重要で, 25 度焼酎の成分組成で約 1% を占める硫黄化合物, エステル, 高級アルコール類など香気成分が香気特性に大きな影響を与え, 香気成分の生成には原料麦に加え製麹条件が関与し酒質に大きく影響することが知られている⁵⁹⁾。最近, 香気成分に関連した原料大麦の量的形質遺伝子座の分析が報告されており⁶⁰⁾, 香気特性に優れた品種の育成は今後の課題である。

焼酎用原料麦を適正価格で安定供給するため, また, タンパク質やでん粉含量の適正な原料を生産するには, 病害や障害に対する抵抗性と多収性を備えた品種の育成や栽培技術が重要となる。大麦の病害としては日本ではオオムギうどんこ病, オオムギ縞萎縮病と麦類赤かび病が重要で, うどんこ病については‘ニシノチカラ’以後の二条大麦の多くの品種が, 欧州の抵抗性品種‘Mona’由来の抵抗性遺伝子 *Mla9* と *MLK* を持つと考えられる^{61, 62, 51)}。うどんこ病菌は病原性が分化し易い糸状菌であるが, ‘ニシノチカラ’の栽培が始まってから 30 年以上罹病化しておらず, 今後も両抵抗性遺伝子の罹病化が起らないことが期待される。しかし, 二条大麦のほとんどが同一抵抗性遺伝子型であることは罹病化の危険性を持っており, 新たな抵抗性

遺伝子の重複導入が望まれる。同様に, 土壌伝染性ウイルス病であり病原性が変異しやすい縞萎縮病では, 日本の病原ウイルスは系統 I ~ V に分化している。最近育成された品種の‘スカイゴールデン’, ‘はるか二条’や‘アスカゴールデン’は, 抵抗性遺伝子型が *rym3+rym5* の 2 遺伝子重複型で全てのウイルス系統に抵抗性であり, 今後は主要な抵抗性遺伝子 *rym1*, *rym3*, *rym5* などを重複して持った品種の育成と普及が重要である⁶³⁾。

多収性は生産者の収益を確保するだけでは無く, 光合成産物のでん粉含量を高め焼酎原料としての品質を高めるためにも最も重要な形質である。日本の二条大麦品種はゴールデンメロン系品種に始まるが, その栽培上の欠点は長稈で倒伏に弱く熟期が遅いことであり, ビール会社や栃木県農試(指定試験地)などで短稈・早生化の育種が進められ, ゴールデンメロン系品種に比べ‘ニューゴールデン’で約 20cm, 1975 年に育成された‘ミホゴールデン’では約 30cm 短稈となった⁶⁴⁾。また, 短稈化によりより多肥栽培が可能となり, 穂数が増加し収量も増加した。その後, 大麦では葉身以外に穂や葉鞘, 稈による光合成が子実生産に大きく影響することから⁶⁵⁾, 穂数の増加が葉鞘, 稈および穂などの光合成器官の増大となり収量増に結びつくと考えられ, 短稈穂数型の‘ニシノホシ’や‘サチホゴールデン’などが育成された。最近では‘ニシノホシ’に比べさらに短強稈で, 穂数が 9 ~ 16% 多く千粒重が 8 ~ 10% 重い極多収の‘はるか二条’が育成されている⁵¹⁾。水稻や小麦と同様に, 大麦においても半矮性遺伝子が短強稈・多収品種の育成に寄与している。欧州では半矮性遺伝子として主に *sdw1/denso* 遺伝子が利用されているが⁶⁶⁾, 日本の二条大麦品種の半矮性に関与する遺伝子は不明であり, 半矮性遺伝子と多収性との関係解明が望まれる。

(京都先端科学大学 バイオ環境学部食農学科)

引用文献

- 1) 岡崎直人・下田雅彦(2008) 麦焼酎の技術史。日本醸造協会誌 103 (7): 532-541.
- 2) 目良亀久(1976) 沓岐の麦焼酎物語。日本醸造協会雑誌 71 (3) 169-172.
- 3) 増田澄夫(1993) 総論, 増田澄夫・川口数美・

- 長谷川康一・東修（編著）わが国におけるビール麦育種史。ビール麦育種史を作る会（ビール酒造組合内），東京。
- 4) 農林水産省（2018）作物統計。 <http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/index.html>
 - 5) 山内賢明（2009）壱岐焼酎の歴史と本格焼酎業界の抱える課題。日本醸造協会誌 **104**（10）：743-748.
 - 6) 国税庁（2018）酒のしおり。国税庁課税部酒税課 平成30年3月。
 - 7) 国税庁（2019）単式蒸留焼酎製造業の概況。国税庁課税部酒税課 平成31年3月。
 - 8) 鶴政夫ら（1990）二条オオムギ新品種「ニシノチカラ」について。九州農試報告, **26**（2）：167-186.
 - 9) 佐々木昭博ら（1999）二条大麦新品種「ニシノホシ」の育成 九州農試報告 **35**：1-18.
 - 10) 鮫島吉廣（1986）現場の醸造技術 III. 焼酎（その1）原料処理（麦焼酎）。日本醸造協会雑誌 **81**（1）：32-36.
 - 11) 下田雅彦（1999）麦焼酎。日本醸造協会誌 **94**（5）：365-371.
 - 12) 岩見明彦・大森俊郎（2004）焼酎製造における豪州産大麦の原料事情。日本醸造協会誌 **99**（11）：784-793.
 - 13) 食糧庁編（1959～2007）麦類の品種別作付面積 昭和34年産～平成18年産。農林水産省・電子化図書。 <http://www.library-archive.maff.go.jp/>
 - 14) 鶴政夫ら（1983）二条大麦新品種「イシユクシラズ」について。九州農試報告, **22**（4）：527-552.
 - 15) 農林水産技術会議事務局（1985）あまぎ二条（品種解説シリーズ），麦類の新品種。p.375-377 農林水産技術会議事務局，東京。
 - 16) 農林水産技術会議事務局（1985）はるな二条（品種解説シリーズ），麦類の新品種。p.378-382 農林水産技術会議事務局，東京。
 - 17) 花房堯士ら（1973）二条大麦新品種「ダイセンゴールド」について。鳥取県農試研究報告 **13**：1-8.
 - 18) 瀬古秀文ら（1986）二条大麦新品種「ミサトゴールデン」について。栃木農試研報 **32**：43-64.
 - 19) 伊藤昌光ら（1987）二条大麦新品種「ニシノゴールド」の育成。福岡農総試研報 A-6：17-24.
 - 20) 吉田久ら（1988）二条大麦新品種「ミカモゴールデン」（二条大麦農林13号）の育成。栃木農試研報 **35**：31-50.
 - 21) 塔野岡卓司・土井芳憲（1996）オオムギにおける澱粉含有率の品種間差異。九州農業研究 **58**：21.
 - 22) 農林水産省（2018）農林水産物輸出入統計。 <http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kokusai/index.html>
 - 23) 大森俊郎ら（1992）精麦歩合が異なる焼酎原料大麦の成分分析および吸水性。日本醸造協会誌 **87**（7）：527-532.
 - 24) 佐々木昭博（1981）オオムギの搗精時間及び白度の品種間差。九州農業研究 **43**：33.
 - 25) 河田尚之・鶴政夫（1984）二条大麦の精麦特性の品種間差と諸形質との相関。九州農業研究 **46**：39.
 - 26) 梶原康博（2013）焼酎用大麦の開発。生物工学 **91**（4）：218.
 - 27) Iwami *et al.* (2003) Estimating barley character for shochu using a Single Kernel Characterization System (SKCS). J. Inst. Brew. **109**: 129-134.
 - 28) 岩見明彦・大森俊郎（2004）焼酎製造における豪州産大麦の原料事情。日本醸造協会誌 **99**（11）：784-793.
 - 29) 岩見明彦ら（2005）大分県産二条大麦「ニシノホシ」の焼酎用特性に関する調査。日本醸造協会誌 **100**（11）：824-831.
 - 30) Burger, W. C. and D. E. LaBerge (1985) Malt-ing and Brewing Quality. D. C. Rasmusson (Editor), Barley. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
 - 31) Henry, R. J. and I. A. Cowe (1990) Factors influencing the hardness (milling energy) and malting quality of barley. J. Inst. Brew. **96**: 135-136.
 - 32) Beecher *et al.* (2002) Hordoin-doline are associated with a major endosperm-texture QTL in Barley (*Hordeum vulgare*). Genome **45**: 584-591.
 - 33) 沖山毅ら（2008）ビール大麦の麦芽・精麦品質に対するホルドインドリノ遺伝子， β -グルカン含量の効果。日本作物学会紀事 **77**（別1）：164-165（第225回日本作物学会講演会 P.164）.

- 34) 中村和弘ら (2008) 六条オオムギの精麦白度関連形質の要因解析と品種特性. 育種学研究 **10** : 49-55.
- 35) 塔野岡卓司ら (2010) 黒ボク土がオオムギの精麦品質に及ぼす影響—灰色低地土水田と黒ボク土畑におけるオオムギ精麦品質の差異. 日作紀 **79** : 296-307.
- 36) 沖山毅ら (2012) ビール大麦における低砕粒率系統育成のための選抜技術の開発と, ホルドインドリン遺伝子型の効果. 日作紀 **81** (3) : 292-298.
- 37) 佐々木昭博ら (1991) Karl 由来の低蛋白ビール麦系統の育成. 栃木県農試研報 **38** : 27-36.
- 38) 石川直幸ら (1996) 醸造用低タンパク質二条大麦中間母本「大系 HC-15」(二条大麦中間母本農 1 号) の育成. 栃木農試研報 **44** : 67-82.
- 39) 早乙女和彦ら (1991) 醸造用二条オオムギの硬質粒に関する研究. 栃木県農試研報 **38** : 37-58.
- 40) Hartog, G. T. Den and J. W. Lambert (1953) The Relationships Between Certain Agronomic and Malting Quality Characters of Barley. *Agronomy Journal* **45**: 208-212.
- 41) Foster, *et al.* (1967) Heritability of Factors Affecting Malting Quality of Barley, *Hordeum vulgare* L., emend. *Lam. Crop Science* **7**: 611-613.
- 42) 倉井耕一ら (1987) 二条大麦「ミサトゴールデン」の栽培特性と麦芽品質について. 栃木農試研報 **33** : 1-16.
- 43) Temelli, F. (1997) Extraction and functional properties of barley β -glucan as affected by temperature and pH. *Journal of food science* **62** (6) : 1194-1198.)
- 44) 岩野君夫ら (1987) 米焼酎と麦焼酎の発酵歩合の違いについて. 日本醸造協会雑誌 **82** (9) : 661-664.
- 45) Bourne *et al.* (1982) The relationship between total β -glucan of malt and malt quality. *J. Inst. Brew.* **88**: 371-375.
- 46) 加藤常夫ら (1995) オオムギにおける β -グルカン含有率および β -グルカナーゼ活性の遺伝的変異と麦芽品質との関係. 育種学雑誌 **45** : 471-477.
- 47) Ellis *et al.* (1997) The Development of β -Glucanase and Degradation of β -Glucan in Barley Grown in Scotland and Spain. *J. Cereal Science* **26**: 75-82.
- 48) 松田茂樹 (2001) 麦味噌麴の β -グルカンおよび β -グルカナーゼ. 日本醸造協会誌 **96** (8) : 520-525.
- 49) Lee, C. J. R., Horsley, D., Manthey, F. A., Schwarz, P. B. (1997) Comparisons of β -Glucan Content of Barley and Oat. *Cereal Chemistry* **74** (5) : 571-575.
- 50) 塔野岡卓司ら (2018) 高機能性オオムギ品種育成のための β -グルカン高含有育種素材の選定と特性評価. 育種学研究 **20** (2) : 144-150.
- 51) 河田尚之ら (2015) 極多収で穂発芽と主要な縮萎縮病ウイルス系統に抵抗性の二条大麦新品種「はるか二条」. 九州沖縄農研報告 **64** : 41-66.
- 52) 吉川亮ら (1997) ビール大麦新品種「ミハルゴールド」の育成. 福岡農総試研報 **16** : 17-22.
- 53) 古庄雅彦ら (1999) ビール大麦新品種「ほうしゅん」の育成. 福岡農総試研報 **18** : 26-31.
- 54) 谷口義則ら (2001) 二条大麦新品種「スカイゴールデン」の育成 (二条大麦農林 20 号). 栃木農試研報 **50** : 1-18.
- 55) 加藤常夫ら (2006) 二条大麦新品種「サチホゴールデン」の育成 (二条大麦農林 22 号). 栃木農試研報 **58** : 59-77.
- 56) 古庄雅彦ら (2006) 焼酎用二条大麦新品種「はるしずく」の育成. 福岡農総試研報 **25** : 11-15.
- 57) 河田尚之ら (2015) 焼酎醸造特性が優れ大粒で多収の二条大麦新品種「煌二条」. 九州沖縄農研報告 **64** : 21-40.
- 58) 大関美香ら (2013) ビール大麦 (二条大麦) 「アスカゴールデン」の育成. 栃木県農試研報 **71** : 1-25.
- 59) 高下秀春 (2012) 麦焼酎の香味に関する研究. 日本醸造協会誌 **107** (6) : 381-388.
- 60) Sadohara *et al.* (2017) Genetic analysis of barley for Shochu quality. *J. Cereal Science* **74**: 174-182.
- 61) Linde-Laursen *et al.* (1982) Giemsa C-banding patterns and some biochemical markers in a pedigree of European barley. *Z. Pflanzenzuchtg.* **88**: 191-219.
- 62) 長嶺敬ら (2010) 日本のオオムギ品種におけるうどんこ病抵抗性遺伝子座 *Mla* および *Mlo* の多型解析. 近畿中国四国農研報告 **9** : 15-26.
- 63) 五月女敏範ら (2013) ビールオオムギにおける

- オオムギ縞萎縮病抵抗性遺伝子集積品種の育成とその普及. 植物防疫 67 (2): 68-74.
- 64) 野中舜二ら (1976) 二条大麦新品種「ミホゴールデン」について. 栃木農試研報 21: 45-60.
- 65) 武田元吉 (1978) 麦類の光合成と物質再生産システム 第 I 報 麦類の先合成機能. 農業技術研究所報告 D 29: 1-65.
- 66) Fischbeck, G. (1991) Barley cultivar development in Europe - Success in the past and possible changes in the future. In: Barley Genetics VI, Proceedings of the 6th international barley genetics symposium 1991 (Munck, L. ed.) Vol. II, p.885-901, Munksgaard Int. Publ. Ltd., Copenhagen, Denmark.
-

執筆者紹介 (順不同・敬称略)

河田尚之 < Naoyuki KAWADA >

<勤務先と所在地> 京都先端科学大学 バイオ環境学部 食農学科 〒621-8555 京都府亀岡市曾我部町南条大谷1番地1 <略歴> 昭和56年岡山大学大学院農学研究科修了, 同年農林水産省九州農業試験場研究員, 平成3年農林水産技術会議事務局研究調整官, 平成6年栃木県農業試験場栃木分場ビール麦育種部長 (農林水

産省指定試験地主任), 平成11年農林水産省農業研究センター大麦育種研究室長, 平成15年 (独) 農業技術研究機構九州沖縄農業研究センター上席研究官, 平成27年京都学園大学 (現 京都先端科学大学) バイオ環境学部教授, 現在に至る <抱負> 醸造用および食用大麦品種の特性と歴史について考えたい <趣味> ジャズ, ロック音楽鑑賞, フィールドトレイル, 野菜栽培