

アワ新品種「ゆいこがね」の育成

仲條 眞介*1

摘 要

「ゆいこがね」は、2005年に岩手県農業研究センター県北農業研究所において、二戸市から収集された「仁左平在来」を母とし、大槌町から収集された「大槌 10」を父として人工交雑を行い、その後代から選抜育成された品種である。

母本「仁左平在来」の黄色い胚乳色と大粒性、父本「大槌 10」の糯性を併せ持つ品種である。消費者・実需者に好まれる外観形質をもつことから、岩手県としては43年ぶり、5番目のアワ奨励品種に採用された。

「ゆいこがね」の収量性は「大槌 10」並で現行の在来系統「平」を30%程度上回るうえ、その胚乳色は「平」や県保有の黄色い糯アワ遺伝資源よりも鮮やかで濃い黄色である。その鮮やかで濃い黄色の粒色が、新たな雑穀関連商品の開発・利用による糯性アワの生産・需要拡大に利用できる多収品種として品種登録の申請を行った。

キーワード：アワ、新品種、ゆいこがね、濃黄色胚乳、大粒

緒 言

アワ栽培の歴史は古い。この30年間の中国の農耕起源研究の進展により、完新世初期あるいは更新世末（約12,000年前）の中国ではアワ、キビおよびイネの栽培が行われていたことが示されている²⁾。中国北部で大規模な食料生産が行われていた明確な証拠がある最古の遺跡である磁山遺跡⁴⁾において、10,300年前の貯蔵穴からはキビのみが、他方8,700年前の貯蔵穴からはキビの中に少量のアワが発見された¹⁷⁾。この結果に基づき、Liu *et al.*¹⁷⁾は中国ではキビの次にアワが栽培化されたと考察しているが、キビとアワの栽培化の順序については、今後も慎重な研究が必要である⁴⁾。

我が国では、多くの縄文遺跡からアワが発掘されている^{2, 16)}。県北農業研究所が立地する軽米町内の臼角子久保VI（さいかちくぼ ろく）遺跡では、平安時代の堅穴式住居跡からイネ・オオムギ類似種のほかアワと考えられるエノコログサ属類似種の種子が出土している⁹⁾他、県内では九戸村江刺家遺跡、浄法寺町（現二戸市浄法寺町）五庵I・II遺跡からもアワが出土している³³⁾。

近世に入ってもアワの栽培は続けられ、1735（享保20）年から1738～1739（元文3～4）年にかけて全国一斉に行われた天産物（農作物、植物、動物、礦物）調査の現存資料によると、42カ所中39カ所からアワについて報

告されており、その報告箇所数は稲に次いでいる。現在の岩手県の大部分を領有した南部藩には378のアワ品種名が記録されており、これは続く肥後国熊本領の205を大きく上回る数である^{25, 26)}。

県内アワ栽培がピークを迎えたのは明治時代であり、1885（明治16）年の17,700haが最大栽培面積とされる。しかし、その後栽培面積は減少し、特に昭和30年代以降には耐冷性水稻品種の登場、灌漑施設の整備による開田ブーム、タバコ・ホップなど工芸作物の導入、そして飼料をヒエの茎葉に依存していた馬産の衰退により雑穀栽培面積は激減した⁵⁾。

近年では雑穀のもつ栄養的価値が消費者から認められ、雑穀ブームと呼ばれる様相を呈するようになった。岩手県におけるアワの栽培面積は、平成21年度の85.5haを最大に平成24年度には61.7haへと減少しているが、全国に対するシェアは栽培面積比でそれぞれ55%および66%であり、生産量はそれぞれ193t（全国シェア55%）および136t（同76%）となっており、国内有数のアワ産地としての地位を占めている¹⁴⁾（ただし、この統計値は未報告の都道府県もあることに注意が必要である）。

県北農業研究所では、県内で生産する雑穀の品質のばらつきをおさえ、新規に栽培する農家が特性のあきらかな種子を入手できるようにするため、岩手県内で収集し保存していた在来系統の特性調査を行い、糯アワについ

*1 県北農業研究所作物研究室（現 技術部作物研究室）

ては多収で倒伏しにくい「大槌10」を選定した¹²⁾。よく粘る飯を好む国内消費者の要望に応え、「大槌10」の栽培面積は、平成24年度には県内栽培面積の67%に達している¹⁴⁾。しかし、「大槌10」は胚乳色が白く、米との混合炊飯では、その存在が分かりにくい。都市部の消費者からは、「雑穀ご飯」の中でよく目立つ黄色いアワを望む声があった。一方、アワを菓子原料として利用することが多い関東以西からは黄色い糯アワが強く求められていることから、生産現場では粒が黄色い糯アワ在来種「平」を栽培・供給することで対応してきた。しかし、「平」は「大槌10」よりも低収であることから、多収性の黄色い糯アワが生産現場から要望されていたものの、在来遺伝資源中には見いだせなかった²⁷⁾。

そこで、穀粒が黄色で大粒の粳系統「仁左平在来」と多収の「大槌10」間で人工交配を行い、大粒で胚乳が黄色い多収の糯アワ新品種を育成することをねらいとした。

育種目標、育成経過、奨励品種採用 および品種登録申請

1 育種目標

白米との混合炊飯でよく目立ち、菓子の原料としても有用な形質である鮮やかな黄色い胚乳色と大粒性を兼備した多収の糯アワの育成を育種目標とした。

2 育成経過

本品種の育成経過を図1に示す。以下、各世代における育成・選抜の概要を記す。

なお、選抜にあたって特に改良したい形質である胚乳色と糯性は質的形質であることから系統育種法を採用した。ただし、同時に粒大、多収性などアワにおいても量的遺伝子によると考えられる形質の改良も目指していたことから、より多数の遺伝子座で組み替えが行われることを期待して、初期世代においては質的形質についても選抜を緩やかにした。

(1) 交雑 (2005 年)

岩手県農業研究センター県北農業研究所において、2005年8月19日に穀粒が大粒で黄色の粳系統「仁左平(にさいたい)在来」を母、多収で粒色が白い糯系統「大槌10」を父とした人工交配を行った。

母本「仁左平在来」は二戸市仁左平地区で栽培されていた粳アワであり、その茎色は緑色である。父本「大槌10」は1985年に上閉伊郡大槌町から収集され、その多収性により平成9年度に「岩手県雑穀優良系統」に選定された茎色が紫の糯アワである^{12), 27)}。アワの茎色は紫

色が優性であり³⁴⁾、高橋³⁷⁾、宮司ら²⁴⁾はF₁個体の交配確認にマーカー形質として用いていることから、交雑方向は緑の茎色をもつ「仁左平在来」を母本、紫の茎色をもつ「大槌10」を父本とした。

交配前日、母本の穎花のうち開花し終えたものと未成熟で交配当日に開花しないと思われるものを除去した。交配当日、母本が開花後、開葯するまでの間に実体顕微鏡下でピンセットにより除雄した。

アワの開花は夜半から翌朝に亘って行われ、其間に深夜と早朝との2回開花の盛期がある³⁷⁾。この開花を斉一化するために、父本には宮司²²⁾の方法による温度処理を施した。すなわち、交配前日に圃場から採取した父本の穂を恒温器内の水を入れたポットに静置し、30℃の高温処理を6~8時間、次に17℃の低温処理を5~6時間、再び30℃の高温処理を2時間施してから交配に用いた。なお、採取後の父本の穂は速やかに水上げするとともに、温度処理中に乾燥しないように、ポリエチレン袋をかけて保湿に努めた。

上記の手順で準備した交配親を県北農業研究所内のファイロンハウス内に搬入して交配を実施した。宮司・佐村²³⁾はアワの開花・授受粉促進に対する湿度の重要性を報じていることから、交雑に当たっては床に水をまき湿度を高めることに留意した。

本交配により、7粒のF₁種子が結実した。

(2) F₁世代 (2006 年)

F₁植物体は、稈長、穂形質(穂長、穂重、穂および穂軸の最大径)について雑種強勢を示した²⁷⁾ことにより、交雑が確認された。また、F₁の粒大は父本「大槌10」より大きく、母本「仁左平在来」程度であった他、穂の硬毛の密度は母本並であったが、その長さは父本に似て長かった。

F₁の茎色は育苗時には母本同様の緑色であったが、畑移植約10日後の6月21日には茎のn-2葉位付近まで薄い紫色に着色した。葉節は母本が向軸側に極薄く着色するだけであるのに対し、F₁では母本と同様に向軸側、背軸側の双方に着色が見られた。

F₁から収穫したF₂種子を温室内で予備展開して茎色の分離比を調査した。その結果、赤紫色:緑色が75:34であり3:1の分離比に適合した($\chi^2=2.23$)²⁷⁾ことから、交雑が確認されたと同時に、アワの茎色は赤紫色が優性であることが推察された。

(3) F₂世代 (2007 年)

F₂植物933個体を栽培し、草型・粒大・黄色い胚乳色に着目して27個体を圃場選抜した。室内で詳細に観察

したところ、胚乳色は分離していたが、糯性に関しては固定している個体もあった。F₂世代では目的の質的形質に関しては厳しい選抜を行わないこととし、ヘテロ個体も残して最終的に 19 個体を選抜した。選抜個体の分けつ穂は穂別系統として取り扱い、次世代では 27 系統を供試することとした。

(4) F₃世代 (2008 年)

F₃世代 27 系統から 6 系統を選抜した。選抜にあたっては太くて長い穂型の個体、両親よりやや短稈の個体を選抜するようにした。F₃系統では糯性がホモで固定している系統もあったが、胚乳色はヘテロの状態であり、黄色と白色の穀粒が混在していたが、この世代でも有用遺伝子が組み換えられることを期待して選抜は緩やかなものとした。

(5) F₄世代 (2009 年)

各遺伝子座でのホモ接合度が高まる F₄世代からは、質的形質である胚乳色と糯性の選抜強度を高めることとした。すなわち、玄穀の粒色が黄色かつ糯性が確認された種子のみを播種することとした。糯性の選抜は、ヨウ素ヨウ化カリ溶液染色による半粒法で行った。

圃場に移植した 6 系統中 1 系統は虫害により消失したので、5 系統から 32 個体を選抜した。室内で最終的に 5 系統 8 個体を選抜した。

(6) F₅世代 (2010 年)

前年度同様に粒色と糯性を確認した種子から、F₅世代 8 系統を養成し、最終的に 4 系統を選抜した。

(7) F₆世代 (2011 年)

生産力検定試験を実施し、父親である「大槌 10」並みの収量性を持ち、黄色い粒色と糯性についてホモ接合であり、稈長が両親並みからやや短稈で、穂が大きい 2 系統を選抜した。

(8) F₇世代 (2012 年)

所内圃場の他、現地農家の圃場 3 か所で生産力検定試験を実施した。その結果、両親より短稈で多収、粒の色が鮮やかな黄色の「アワ岩手糯 3 号 (後の「ゆいこがね」)」を選抜し、新品種候補系統とした。

3 県奨励品種採用

「ゆいこがね」は、2013 (平成 25) 年 2 月 14 日に開催された岩手県農作物奨励品種審査委員会で、岩手県奨励品種に決定された。これにより、1935 (昭和 10) 年採用の「津軽早生」、「晩赤」、「支那大粟」および 1951 (昭和 26) 年採用の「黄粟」が、県奨励品種から削除された 1970 (昭和 45) 年以來²⁹⁾、43 年ぶりのアワ奨励品種となった。

4 命名の由来および品種登録申請

(1) 命名の由来

本県沿岸部の大槌町から収集された「大槌 10」と内陸部二戸市から収集された「仁左平在来」の交雑により育成された鮮やかな黄色をもつ品種であることから、「沿岸と内陸が共に手を取り光り輝く未来を目指して欲しい」という願いを込めた品種名である。

品種名は県内雑穀業者および関係機関の間で募集され、2013 (平成 25) 年 9 月 18 日に開催された名称選考委員会で決定された。

(2) 品種登録申請

「ゆいこがね」は現在農林水産省に対して品種登録申請中である (出願公表 2014 年 2 月 5 日、出願番号 28551)。

年度	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
世代数	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	
世代数	交配	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	
			個体選抜	系統選抜	系統選抜	系統選抜	系統選抜・生産力検定	系統選抜・生産力検定	
栽植			933	27	6	8	4	2	
選抜			19	6	8	4	2	1	
選抜個体・系統番号			F ₂ -35-①	F ₃ -35-①-2	F ₄ -4	F ₅ -7	F ₆ -3	アワ岩手糯 3 号	
備考			○囲み数字は分けつした穂を穂別系統に増えたことを示す。			系統番号は前年度個体番号を踏襲した。		半粒法により選抜した糯性種子のうち、胚乳色が黄色の種子を玄穀播種とした。	H25. 9. 18 名称選考委員会にて「ゆいこがね」と命名した。

図1 「ゆいこがね」の育成経過

特 性

1 形態的特性

(1) 稈形質

「ゆいこがね」の成熟期の稈長は母本「仁左平在来」並からやや短く、現行在来系統「平」並であり、父本「大榎10」よりは常に短い(表1, 2, 写真1, 2)。「ゆいこがね」の花柄の長さは、両親や「平」よりも短い(表2)。「ゆいこがね」の伸長節間数は、両親のほぼ中間であり、稈の太さは父本や「平」より太く、母本並である(表2)。

(2) 穂形質

「ゆいこがね」の穂長は両親よりも長い、「平」よりも短い(表3)。「ゆいこがね」の穂数は母本「仁左平在来」および「平」並であるが、父本「大榎10」より少ない(表1)。「ゆいこがね」の穂型は父本と同じ「円筒状」で、その最大径は父本並みである(表3, 写真3)。「ゆいこがね」の穂中間の1cm当たり枝梗の数は両親や「平」より多く、硬毛の長さは母本より長く、父本よりやや短い(表3, 写真3)。「ゆいこがね」の花柄は、前述のとおり両親や「平」よりも短いものの、同様に“強く下垂”する(表2, 3)。

(3) 着色形質

母本「仁左平在来」は、幼苗期(第7葉抽出期)のアントシアニン着色が見られないのに対して、「ゆいこがね」は着色する。しかし、その程度は父本「大榎10」、「平」および品種登録審査基準系統「虎の尾」よりも薄い(写真4)。一方、葉基部においては父本、「平」および「虎の尾」並に強く着色する(写真4)。

2 生態的特性(早晩性)

「ゆいこがね」の出穂期、成熟期は父本「大榎10」並である(表4)。

3 収量性

「ゆいこがね」のa当たり子実重は父本「大榎10」並で、現行品種「平」より明らかに優る(表5)。

4 穀粒の外観品質

(1) 千粒重

「ゆいこがね」の子実千粒重は母本「仁左平在来」より軽い、「平」や現行在来種「平」よりも重くて、大きい(表6, 写真5)。

(2) 穀粒色

「ゆいこがね」の穀粒色は、粳、玄穀、精白粒(胚乳)ともに“黄色”で、その色調は「平」よりも鮮やかである(表6, 写真5)。

色彩色差計(ミノルタ社製CR-310)を用いて、玄穀の粒色を測定した場合、「ゆいこがね」の粒色は岩手県が保有する穀粒が黄色い糯アワ遺伝資源7系統と比較して最も黄色味が濃く、鮮やかである(図2)。

(3) 糯稈性

「ゆいこがね」の胚乳デンプンは父本「大榎10」と同じ糯性“である(表6, 写真6)。

5 固定度

「ゆいこがね」の固定度は、稈長の変動係数が両親よりやや大きいものの、穂長、穂径については母本並であり、実用的には固定していると判断される(表8)。

表1 「ゆいこがね」の稈長、穂長、穂数(育成地:平成23年、24年)

品種・系統名	平成23年				平成24年				平均			
	稈	穂	穂	穂*	稈	穂	穂	穂	稈	穂	穂	穂
	長	長	数	径	長	長	数	径	長	長	数	径
	(cm)	(cm)	(本/m ²)	(cm)	(cm)	(cm)	(本/m ²)	(cm)	(cm)	(cm)	(本/m ²)	(cm)
ゆいこがね	139	18.8	44	3.10	132	17.7	38	2.55	135	18.2	41	2.82
母本) 仁左平在来	158	18.4	40	2.95	132	15.3	40	1.97	145	16.8	40	2.46
父本) 大榎10	154	17.2	52	3.10	147	15.3	51	2.51	151	16.3	52	2.80
比) 平	143	17.9	37	3.00	126	21.2	50	1.95	135	19.5	43	2.48

耕種概要

播種期:平成23年5月31日、平成24年6月1日

(平成23、24年共通) 基肥: N-P₂O₅-K₂O=3.6-15-10.8 (kg/10a:成分量)、牛厩肥2,000 (kg/10a)

※穂の最も太い部分の直径である。

表2 「ゆいこがね」の稈形質 (育成地:平成24年)

品種・系統名	稈 ^{*1} (cm)	花柄 の長さ (cm)	花 ^{*2} 柄の伸 長さ (%)	節 の 数 (節)	稈 ^{*3} の太 さ (cm)	
					平均値	S. E.
ゆいこがね	132	32.8	25	14.5	5.88	± 0.13
母本) 仁左平在来	133	34.1	26	15.5	5.89	± 0.10
父本) 大榎10	144	46.4	32	14.0	5.57	± 0.13
比) 平	133	36.4	27	12.5	5.15	± 0.11

耕種概要 播種期:平成24年6月1日
 基肥: N-P₂O₅-K₂O=3.6-15-10.8 (kg/10a:成分量),
 牛厩肥2,000 (kg/10a)

※1:表1と同じ試験区から掘り上げて室内にて調査したため,表2とは完全に一致しない
 ※2:花柄伸長率=花柄の長さ/稈長×100にて算出
 ※3:測定した稈の地際から1/3の高さにある節間の葉鞘を除いた直径

表3 「ゆいこがね」の穂型、硬毛の形質 (育成地)

品種・系統名	穂型	穂の姿勢	穂長 (cm)		穂中間の 1cm当たり 枝梗の数 ^{*1} (平成24年)	硬毛の 長さ ^{*2} (平成24年) (mm)
			平成23・24年	平成23・24年		
			平均値	平均値		
ゆいこがね	円筒状	強く下垂	18.2	2.8	2.1	9.31
母本) 仁左平在来	混棒状	強く下垂	16.8	2.5	1.9	6.52
父本) 大榎10	円筒状	強く下垂	16.3	2.8	1.9	9.88
比較) 平	円錐状	強く下垂	19.5	2.5	1.9	5.92

※1. 調査法: 1. 約20個体の分解調査後の株から, 大きさの順に10穂を選んだ。
 2. 各穂の中間部の枝梗数を計数した後に枝梗着粒数を計数した。
 ※2. 調査法: 着粒数を調査した枝梗の硬毛を長い順から10本測定した平均値である。

表4 「ゆいこがね」の出穂期および成熟期 (育成地:平成23年,24年)

品種・系統名	平成23年			平成24年			平均		
	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	登熟日数	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	登熟日数	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	登熟日数
ゆいこがね	8/9	10/17	69	8/19	10/19	53	8/14	10/18	61
母本) 仁左平在来	8/3	10/13	71	8/13	10/13	61	8/8	10/13	66
父本) 大榎10	8/7	10/17	71	8/18	10/19	62	8/12	10/18	67
比) 平	7/28	9/20	54	8/7	9/21	45	8/2	9/20	50

耕種概要 播種期:平成23年5月31日、平成24年6月1日
 (平成23、24年共通) 基肥: N-P₂O₅-K₂O=3.6-15-10.8 (kg/10a:成分量)、牛厩肥2,000 (kg/10a)

表5 「ゆいこがね」の収量性(育成地)

年次	品種・系統名	全重 (kg/a)	茎葉重 (kg/a)	子実重	
				(kg/a)	対父本比 (%)
	ゆいこがね	117.2	72.4	31.6	98
平成23年	母本) 仁左平在来	99.8	55.4	36.0	111
	父本) 大樋10	111.0	64.5	32.4	100
	比較) 平	93.2	59.8	22.2	69
	ゆいこがね	104.6	59.8	31.4	109
平成24年	母本) 仁左平在来	96.0	60.0	28.0	97
	父本) 大樋10	109.0	65.7	28.9	100
	比較) 平	76.4	47.5	21.5	75
	ゆいこがね	110.9	66.1	31.5	103
平均	母本) 仁左平在来	97.9	57.7	32.0	104
	父本) 大樋10	110.0	65.1	30.6	100
	比較) 平	84.8	53.7	21.9	72

耕種概要 播種期: 平成23年5月31日、平成24年6月1日

(平成23、24年共通) 基肥: N-P₂O₅-K₂O=3.6-15-10.8 (kg/10a: 成分量)、牛糞肥2,000 (kg/10a)

表6 「ゆいこがね」の粒形質(育成地)

年次	品種・系統名	子実千粒重 (g)	粳粒 の色	玄穀 の色	精白粒の色		糯稈 性	
					目視	測色値※		
								b*値
	ゆいこがね	2.22	黄	黄	黄	41.80	d	糯
平成23年	母本) 仁左平在来	2.93	黄	黄	黄	39.93	c	粳
	父本) 大樋10	2.00	白	白	白	21.53	a	糯
	比較) 平	1.83	赤	黄	黄	36.52	b	糯
	ゆいこがね	2.25	黄	黄	黄	43.36	d	糯
平成24年	母本) 仁左平在来	2.95	黄	黄	黄	47.52	e	粳
	父本) 大樋10	2.00	白	白	白	20.14	a	糯
	比較) 平	1.79	赤	黄	黄	38.97	b	糯
	ゆいこがね	2.24	黄	黄	黄	42.58		糯
平均	母本) 仁左平在来	2.94	黄	黄	黄	43.73		粳
	父本) 大樋10	2.00	白	白	白	20.84		糯
	比較) 平	1.81	赤	黄	黄	37.74		糯

耕種概要 播種期: 平成23年5月31日、平成24年6月1日

(平成23、24年共通) 基肥: N-P205-K20=3.6-15-10.8 (kg/10a: 成分量)、牛糞肥2,000 (kg/10a)

※同一英文字間に5%水準で有意差なし (Tukey-Kramer法)

表7 「ゆいこがね」の現地試験結果(平成24年)

品種・系統名	稈 長			穂 長			子 実 重						千 粒 重			
	試験場所※	山内	岩崎	小軽米	山内	岩崎	小軽米	山内		岩崎		小軽米		山内	岩崎	小軽米
								対父本比		対父本比		対父本比				
								(kg/a)	(%)	(kg/a)	(%)	(kg/a)	(%)			
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(kg/a)	(%)	(kg/a)	(%)	(kg/a)	(%)	(g)	(g)	(g)	
ゆいこがね	138	163	123	24.7	17.7	25.9	46.6	113	3.6	113	17.7	79	2.57	2.50	2.18	
母本) 仁左平在来	145	171	113	20.2	18.5	21.7	50.5	123	0.9	28	7.3	33	3.34	3.23	3.01	
父本) 大樋10	149	176	136	21.1	19.1	22.7	41.1	(100)	3.2	(100)	22.4	(100)	2.37	2.27	2.05	

※試験場所はいずれも軽米町内であり、播種期はそれぞれ5月30日(岩崎、小軽米)および5月31日(山内)である。

表8 「ゆいこがね」の固定度（形態形質の系統内個体間変異）

品種・系統名	調査 個体数	稈長 (cm)		穂長 (cm)		穂径 (mm)	
		平均値 ± S. D.	変動係数 (%)	平均値 ± S. D.	変動係数 (%)	平均値 ± S. D.	
ゆいこがね	20	115.2 ± 9.5	8.2	20.3 ± 2.9	14.3	33.8 ± 6.4	
母本) 仁左平在来	10	127.8 ± 4.9	3.9	16.7 ± 2.8	16.7	26.9 ± 5.1	
父本) 大槌10	10	142.4 ± 4.9	3.4	19.6 ± 1.4	7.0	37.9 ± 3.4	

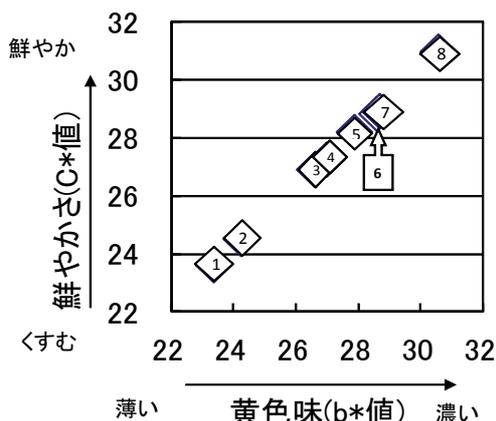


図2 「ゆいこがね」と岩手県保有黄色粒糯アワ遺伝資源との粒色比較

(2012年産玄穀をミノルタ社製色彩色差計CR-310で測定)

1: 在来No. 5, 2: 在来No. 6, 3: 在来No. 4, 4: 岡山系, 5: 二戸13, 6: 平, 7: 松尾村採集系統, 8: ゆいこがね

C*値はL*a*b*表色系の値を用い、 $\sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$ により算出。

普及見込み地帯および栽培上の留意事項

1 普及見込み地帯

県内の全域での栽培が可能であり、普及見込み面積は平成19年から23年度の県内糯アワ栽培面積平均値の約50%の35haを見込んでいる。

2 栽培上の留意事項

- 現行在来種「平」よりも倒伏しにくいと考えられるが、多肥栽培による倒伏を回避するため、現行アワ並みの窒素成分4kg/10aを基準とする。
- アワは自殖性作物であるが、約60cm離れると1.65%、約120cm離れても1.67%の自然交雑率になると報じられている³⁶⁾ことから、キセニアや、白い糯アワとの混入を回避するために生産団地化や、乾燥・調製時の混入防止策が必要である。
- 耐虫性については未検定であるが、現行アワ並みと考えられる。

(4) 「ゆいこがね」の胚乳色はキビ³²⁾や他のアワ同様、直射日光により退色する^{30,31)}ので、収穫後の乾燥は直射日光を避けて行うことが望ましい。

考 察

1 育成の意義と今後の課題

「ゆいこがね」は、「津軽早生」、「晩赤」、「支那大粟」(1935《昭和10》年採用)²⁹⁾および「黄粟」(1951《昭和26》年採用)に続く、アワとしては5番目の県奨励品種である。先行4品種は、県内外あるいは中国や韓国・朝鮮の在来品種から導入育種されたものである²⁹⁾。また、長野県においても「栗信濃1号」、「栗信濃2号」が在来種からの純系選抜により育成されている³⁹⁾。近年、長野県では短稈で胚乳が黄色い多収の粳アワ「しなのつぶ姫」を育成し、2007(平成19)年に品種登録申請し、2012(平成24)年に登録されている(登録番号21738)。農林水産省品種登録HPの登録品種データベースによると、「しなのつぶ姫」は「栗信濃1号」と中国の「矮寧粟」の自然交配させた実生から選抜育成されている。「ゆいこがね」が品種登録されれば国内2例目の登録アワ品種になると同時に、国内初の除雄を伴う人工交雑により育成された登録品種となる。

「ゆいこがね」の胚乳色は現行在来種「平」より鮮やかで濃い黄色である(表6, 図6, 7)。国や民族などでの差異はあるとしても、黄色など暖色系の食品は一般的に好まれる傾向にあるとされる⁸⁾。熊谷ら¹⁵⁾が行った白米と雑穀をブレンドした雑穀ご飯の食味評価では、粒色が黄色である粳性の「虎の尾」が、糯性の「大槌10」より、粘りや硬さでは劣るものの、見た目が優れ、総合的な評価は同等であり、星野は「粒色が黄色で食欲をそそるキビやアワが入っていることで健康食として雑穀のイメージがますますプラスに作用する」と推察している⁶⁾。

アワやキビ胚乳の黄色い色素について、これまでは

「カロテノイドが含有されているが、ベータカロテンではない。ルテインである可能性も否定できない」¹⁾との報告しかなかった。しかし岩手生物工学研究センターおよび岩手県環境保健研究センターの分析により、「ゆいこがね」を含むアワやキビ胚乳の黄色い色素は大部分がルテインであり、少量のゼアキサンチンも含有されていること、「ゆいこがね」のルテイン含有量は分析した糯アワの中で最多であることが明らかになった⁷⁾。ルテインは、消費者庁が行った「食品機能性評価モデル事業」調査の中で、加齢黄斑変性の進行を抑制する機能性について「肯定的な根拠がある」と評価されており、作用機序も明らかにされ¹³⁾、サプリメントとしても用いられている¹⁸⁾成分である。雑穀を健康食として認識していながらも食歴の保守性や雑穀食への抵抗感から積極的に摂取しない傾向が強い国内壮年層¹⁰⁾に向け、「ゆいこがね」は具体的に機能性を訴えることができる品種であると思われる。

しかし、「ゆいこがね」胚乳の黄色は直射日光により退色する^{30,31)}。黄色い食品には「滋養がある、おいしい」イメージがあるが、「にぶい黄」や「暗い黄」は「古くなった、まずい」というイメージを抱かせるといふ⁸⁾。「ゆいこがね」の最大の特徴である鮮やかな黄色い胚乳色を退色させずに消費地に届けるためには、キビと同様に乾燥時に直射日光を当てない等の対策が望まれる。同時に、外観品質を低下させないため、そして実需者の製品製造予定に対応できる原料供給体制を検討するためにも、登熟日数と胚乳着色の関係性を明らかにすることも望まれる。

「ゆいこがね」等のアワやキビの胚乳色は、青色光による退色が著しい³¹⁾。それは胚乳中の主要な黄色色素であるルテインが青色光等の短波長領域 335~470nm (メタノール溶媒中)の光を吸収して分解する現象³⁸⁾に符合する。この青色光の吸収による分解こそ、ルテインが青色光の侵襲から網膜の黄斑を保護し、加齢黄斑変性の進行を抑制する作用機序である¹³⁾。消費者が摂食する前に、ルテインの分解を抑制することが必要と思われるが、精白粒製品が小売店のショーケースに並べられている間の退色を防ぐことは難しい。青色光を含む短波長領域を遮断するフィルムでの包装等の対策を考慮する必要がある。

「ゆいこがね」の育成過程では、F₂集団の分離比から、アワの茎色は紫が優性で1遺伝子支配であること、アワの胚乳型は稈型が優性で1遺伝子支配であること、が既報³⁴⁾と一致することが再確認された。さらに、アワの

黄色い胚乳色は2個の優性補足遺伝子に支配される形質であること、アワの糯性と胚乳色は連鎖しないこと等の基礎的知見が得られた^{27,28)}。これらの知見に基づき、胚乳が黄色い稈アワと白い糯アワを交雑した場合に、胚乳色に関する2遺伝子座が優性ホモで固定した黄色い糯アワが得られる確率は1.6% (1/64)と推定された^{27,28)}。

「ゆいこがね」では2つの質的形質(黄色い胚乳色と糯性)を1品種に組み合わせることが主要な育種目標であったことから、系統育種法を適用した。同時に多収性も育種目標としていたが、多収につながるかと推定される形質(大きい穂と大粒および太い稈等)をもつ母本「仁左平在来」と多収の優良系統である父本「大穂10」との組合せから得られる交雑後代は、全て多収形質をもつものと期待された。しかし、F₂分離集団の中には極短稈で穂が極めて小さい個体が発生するなど、超越分離と思われる現象が見られた。すなわち、母本と父本の草型形質(稈長と穂長)は異なる対立遺伝子由来すると想像された。新品種には母本の大粒性も取り込むことも目指したが、粒大には水稻のように微動遺伝子が関与していることも予想された。希少作物であるアワの場合には、遺伝学的な知見が少なく個々の形質間の連鎖関係も明らかにされていない。そこで、胚乳色遺伝子や糯性遺伝子近傍に座乗するかもしれない草型や粒大遺伝子の優良な組合せが生ずる機会を残すため、F₂からF₃世代では玄穀色と糯性についての厳しい選抜は行わず、1穂内に2色の玄穀が混在する分離個体をも残す緩やかな選抜を実施した。一方、各遺伝子座でのホモ接合性が高まるF₄世代から後の世代では、質的形質である胚乳色と糯性の選抜強度を高めることとし、玄穀の粒色が黄色かつ半粒法により糯性を確認した種子のみを播種することを繰り返した。これらの育種操作により、母本の鮮やかな黄色い胚乳色、大粒性および太い稈と父本の糯性および多収性とを結びつけた新品種が育成できたものと考えられる。

「ゆいこがね」の育成により本県アワ奨励品種が43年ぶりに復活したのみならず、育成過程でアワの形質遺伝に関する基礎的知見を得ることができた。さらに、「ゆいこがね」の鮮やかな胚乳色は外観品質の向上をもたらすとともに、ルテイン含有量が現行在来種「平」より多いことにより、消費者に具体的な機能性をイメージさせる食材になり得るものと考えられる。

現在、産地ではアワ白髪病の発生が問題となっている。また、2009(平成21)年をピークに県産雑穀全体の売上げはやや落ちこんでいる。県産雑穀の魅力を高めるために品種、遺伝資源の栄養成分、機能性成分の評価と高含

有品種の育成が望まれる。今後のアワ育成にあたっては、県内遺伝資源の耐病性、栄養・機能性成分評価を行い、育種素材として活用していくことが望まれる。加えて、より多様な形質を有する海外の遺伝資源を活用することも必要かと思われる。その場合、アワにおいては地理的分布が遠い系統間の雑種には花粉不稔性が存在することから、国内のアワと交雑可能な東アジア地域の遺伝資源を中心とする他、日本アワと交雑不稔が生じるヨーロッパアワの遺伝子を導入するためには日本アワ・ヨーロッパアワの両タイプとの交雑可能なアフガニスタンアワ¹⁾を介して導入するなどの手段を検討する必要がある。

2 期待される効果

近畿地方には「むこだまし」と呼ばれる糯アワの在来種がある。これは「大槌 10」同様、粒色の白い糯アワで、婿が米の餅と間違えることからこの名がついたという³⁵⁾。雑穀が蔑視の対象ともいわれ²⁰⁾、雑穀食を恥じた時代には白い色の雑穀を求めたものと想像される。その一方で、糯アワは畑作地帯では儀礼食として用いられている。本県山形村(現久慈市山形町)では三段重ねの餅全てが栗餅であった²¹⁾。また、関東地方では米で作った白い餅と重ね「金銀を祝う」、「黄金のぼた餅」として供えたり、正月 11 日にアワの飯を「黄金飯」として食べることもあったという¹⁹⁾。このように黄色い栗餅や黍餅は「黄金餅」と称され、吉相物、福をもたらすものとされた伝統もあった²¹⁾。

「ゆいこがね」の特徴は大きくて鮮やかな黄色い穀粒にある。「雑穀ご飯」に留まらず「あわせんざい」などの伝統的な和菓子の他、本県の観光資源であり世界遺産に指定された「平泉文化」の黄金や、久慈市に産する琥珀をイメージさせるお土産品として新たな雑穀商品に利用される等、県産アワの用途拡大を図ることが期待される。「ゆいこがね」を使った商品の試作は、既に県内食品加工業者により行われている。

「ゆいこがね」のルテイン含有量は、野菜に比べると少ない。しかし、主食や副食の一部として、あるいは菓子などデザートとしても摂取できると思われる。一度に大量に食べることは出来なくても、調理・加工により様々に形態を変えることができる穀物の特質を活かして、一回の食事中でも多様なメニューで毎日少しずつ摂取することができよう。

多収性と、倒伏しにくい太い稈(表 1, 2)を持つ「ゆいこがね」が県産アワの生産安定化に寄与し、市場や食品加工業者が求める量を確実に生産・供給することがで

きる産地体制を確立するための基幹品種として活用されることが期待される。

謝 辞

本品種を育成するにあたり、育種目標となる消費者・実需者のニーズを伝えていただいた軽米町の雑穀生産者であり販売者でもある(有)尾田川農園代表 尾田川勝雄氏、ならびに母本「仁左平在来」を収集し、県北農業研究所に分譲いただいた二戸農業改良普及センター 小原公則農業普及員(現 技術部作物研究室 主任専門研究員)に心より感謝申し上げます。

独立行政法人 農業・食品特定産業技術総合研究機構 作物研究所 資源作物利用研究室長 勝田眞澄博士(現 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 作物研究所 畑作物研究領域長)からは数多くの有益なる御助言と激励をいただいた。ここに記して深甚なる謝意を表す。

また、「ゆいこがね」の品種登録、商品開発にご尽力いただいた県農林水産部、県北広域振興局に感謝申し上げます。

むすびに、これまで交雑育種の経験のなかった県北農業研究所にあつて選抜作業や圃場管理に献身的な御協力をいただいた方々、全国的に例の少ない雑穀研究を長年にわたり行い多くの知見・遺伝資源を蓄積して下さった諸先輩方に心から感謝申し上げます。

引用文献

- 1) Asharani, V. T.・A. Jayadeep・N. G. Malleshi (2010). Natural Antioxidants in Edible Flours of Selected Small Millets. *International Journal of Food Properties* 13:41-50.
- 2) Barker, G. (2006). Early Holocene Farming in East Asia. 6 Rice and Forest Farming in East and South-East Asia. In Graeme Barker "The Agricultural Revolution in Prehistory". Oxford University Press. Oxford: 189-199.
- 3) — (2006). Transition to Farming in Korea and Japan. 6 Rice and Forest Farming in East and South-East Asia. In Graeme Barker "The Agricultural Revolution in Prehistory". Oxford University Press. Oxford: 199-205.

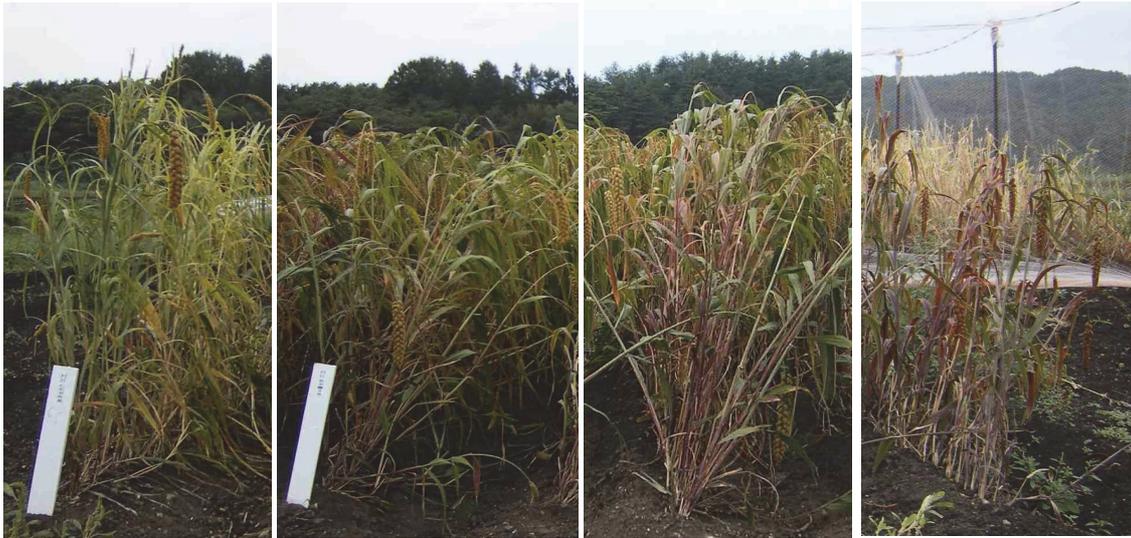
- 4) Crowford, G.W. (2009). Agricultural origins in North China pushed back to the Pleistocene-Holocene boundary, PNAS106(18) : 7271-7272
- 5) 長谷川 聡 (2006). 統計資料から見た雑穀栽培とその特徴. 岩手県農業研究センター研究要報 6:97-108.
- 6) 星野次汪・武田純一(2013). 第2章 ルーツと魅力 起源および生理生態と, 品質栄養特性. 5. コメとブレンドしたヒエ、アワ、キビの食味. ②コメと雑穀をブレンドして炊いたご飯の食べ比べ. “進化する雑穀 ヒエ、アワ、キビ” 星野次汪・武田純一共著. 農文協. 東京. pp. 70-71.
- 7) 岩間裕文・中南真理子・菅原隆志・仲條眞介・小菅裕明・山田秀俊・矢野明(2014). 雑穀(アワ, キビ)の栄養機能成分の系統間差異について. 第68回日本栄養・食糧学会大会講演要旨集: 236.
- 8) 片山脩・田島眞(2003). 第2章 色の心理学 2-3 食品の色と食欲. 食品と色. 片山脩・田島眞共著. 光琳. 東京. pp. 30-33
- 9) 軽米町史編纂委員会(1991). 第4章 平安時代 第3節 俘囚の生活文化. “軽米町史 中巻” 軽米町. pp. 90-93.
- 10) 川西正子・王化田・小西洋太郎(2006). 雑穀に対するイメージと消費実態に関する調査 ～大阪および上海に在住する青少年層, 壮年層を対象として～. 生活科学研究誌 5:1-8.
- 11) Kawase, M.・S.Sakamoto(1987). Geographical Distribution of Landrace Groups Classified by Hybrid Pollen Sterility in Foxtail Millet, *Setaria italica* (L.) P.Beauv. Japan. J. Breed 37:1-9.
- 12) 菊地淑子・大里達朗・藤原敏・石山伸悦(2001). ヒエ「軽米在来(白)」・アワ「虎の尾」「大槌 10」・キビ「田老系」「釜石 16」の特性. 岩手県農業研究センター研究要報 2: 47-52.
- 13) 公益財団法人 日本健康・栄養食品協会(2012). 2.3.3 ルテイン 「食品の機能性評価モデル事業」の結果報告: 消費者庁(事業委託者). pp32-34.
- 14) 公益財団法人 日本特産種苗協会(2014). 3 作物別生産状況の年次推移 (4)あわ. “特産種苗 雑穀類の生産状況(平成20～24年産)” 17: pp. 64.
- 15) 熊谷成子・吉田晴香・佐川了・星野次汪(2010). ヒエ・アワ・キビの食味評価. 日本作物学会東北支部会報 53: 35-36.
- 16) 黒尾和久, 高橋克範(2003). 第1章 縄文・弥生時代の雑穀栽培. “【もの】から見る日本史 雑穀 畑作農耕論の地平” 木村重光編. 青木書店. 東京. pp. 29-56.
- 17) Lu, H.・J. Zhang・K. Liu・N. Wu・Y. Li・K. Zhou・M. Ye・T. Zhang・H. Zhang・X. Yang・L. Shene・D. Xu and Q. Li(2009). Earliest domestication of common millet (*Panicum miliaceum*) in East Asia extended to 10,000 years ago. PNAS 106(18) : 7367-7372.
- 18) 眞岡孝至(2007). カロテノイドの多様な生理作用. 食品・臨床栄養 2:3-14
- 19) 増田昭子(1997). 雑穀文化をめぐって. “粟と稗の食文化” 増田昭子著. 三弥伊書店. 東京 pp. 191-216.
- 20) — (2003). 第7章 近代における雑穀の民俗史. “【もの】から見る日本史 雑穀 畑作農耕論の地平” 木村重光編. 青木書店. 東京. pp. 161-190.
- 21) — (2003). 第8章 雑穀の現在. “【もの】から見る日本史 雑穀 畑作農耕論の地平” 木村重光編. 青木書店. 東京. pp. 191-216.
- 22) 宮司佑三(1952). 粟の開花誘起に関する実験(予報). 日本作物学会紀事 20 (3～4) : 227-229.
- 23) — ・佐村 董(1954). 開花時における空気乾湿が粟の開花及び授粉に及ぼす影響. 鹿兒島大學農學部學術報告 3: 1-6.
- 24) — ・酒井慎介・石 秋炯(1955). 温湯法に依る粟の人工交配. 鹿兒島大學農學部學術報告 4: 28-37.
- 25) 盛永俊太郎・安田健編著(1986). II『諸国産物帳(1735年)』に記載された農作物の種類とその品種 I 陸奥国南部領—「南部領産物誌」による— “江戸時代中期における諸藩の農作物 —享保・元文 諸国産物帳から—” 日本農業研究所. 東京. pp. 9-18・
- 26) 盛永俊太郎・安田健編著(1986). IV集計と考察. “江戸時代中期における諸藩の農作物 —享保・元文 諸国産物帳から—” 日本農業研究所. 東京. pp. 255-272.
- 27) 仲條眞介・漆原昌二・大清水保見(2008). アワにおける黄粒色糯性系統の探索および形質遺伝. 雑穀研究 23: 1-8.
- 28) — ・ — ・ — (2008). 黄粒色糯アワとの交雑による糯アワ粒色改良の試み. 東北農業研究 60: 51-52.
- 29) 仲條眞介(2010). 岩手県における雑穀研究のあゆみとその考察. 岩手農研セ研報 10: 91-112.

- 30) — (2012)アワ胚乳色の退色. 日本作物学会東北支部会報 55 : 57-58
- 31) 仲條真介(2013). アワ・キビの穀粒色の退色に与える温度・光質の影響について. 日本作物学会東北支部会報 56 : 51-52
- 32) 荻内謙吾(2009). キビ (*Panicum miliaceum* L) の保存条件による外観品質の変化. 日作東北支部報 52:45-46
- 33) 佐々木清文(2001). 蝦夷の生業 農業・穀類. “いわて未来への遺産” 岩手日報出版部編. 岩手日報社. 盛岡. pp. 54.
- 34) Siles, MM. ・ D. D. Baltensperger ・ L. A. Nelson, ・ A. Marcon ・ E. Frickel(2001). Registration of five genetic marker stocks of foxtail millet. *Crop Science* 41:2011-2012.
- 35) 社団法人 農山漁村文化協会. むこだまし. 故郷に残したい食材. 食育ネット HP.
<http://nipponisyokuiku.net/syokuzai/data/086.html>
- 36) Takahashi, N. and T. Hoshino(1933). Natural crossing in *Setaria italica* (Beauv). 日本作物學會紀事 6(1):3-19.
- 37) 高橋 昇(1942). 粟の花と人工雑種法に就いて. 日本作物學會紀事 13(3・4):337-340.
- 38) 高市真一(2009). 第3章 単離・精製・活性測定 5. 色素の分析 d. カロテノイドの分析 “低温科学 67” 347-353.
- 39) 吉田清志(2009). 長野県における雑穀生産の現状と対策の概要. 特産種苗 2 : 14-16.



ゆいこがね

仁左平在来
(母本)大穂10 平
(父本) (現行品種)写真1 「ゆいこがね」の草姿
(平成24年10月19日撮影)



仁左平在来
(母本)

ゆいこがね

大槌10
(父本)

平
(現行品種)

写真2 「ゆいこがね」の立毛状況(平成24年9月21日撮影)
撮影場所: 岩手県農業研究センター 県北農業研究所



仁左平在来 (母本: 棍棒状) ゆいこがね (円筒状) 大槌10 (父本: 円筒状) 平 (現行品種: 円錐状)



写真3 「ゆいこがね」の穂型(上)および硬毛の長さや密度(下)



ゆいこがね

仁左平在来
(母本)

大榎10
(父本)

平
(現行品種)

虎の尾
(比較)

写真4 幼苗期葉鞘および葉基部のアントシアニン着色状況
(第7葉完全展開後)



ゆいこがね

仁左平在来
(母本)

大榎10
(父本)

平
(現行品種)

写真5 「ゆいこがね」の玄穀



ゆいこがね

仁左平在来
(母本)

大榎10
(父本)

平
(現行品種)

写真6 「ゆいこがね」の胚乳型

アワ精白粒を切断し、ヨード・ヨードカリ染色した。
“糯性”は赤紫、“粳性”は青紫に呈色する。

Breeding of a New Foxtail Millet Variety “Yuikogane”

Shinsuke NAKAJO*

Summary

A new foxtail millet variety “Yuikogane” was developed at Kenpoku agricultural institute. The variety selected from the cross between two landraces of Iwate prefecture, by pedigree method. In 2005, the cross was made between “Nisatai-zairai” as female and “Otsuchi 10” as male. “Nisatai-zairai” was collected from Ninohe city located in northern Iwate, and “Otsuchi 10” from Otsuchi town located in east coast of Iwate.

“Yuikogane” is inherited bright yellowish endosperm, big grain size and thick stem from maternal line, and glutinous endosperm from paternal line. In 2012, the variety was adapted as fifth recommended variety of Iwate, for its good grain quality favored by consumers, merchants and food processors. It had been 43 years since former 4 foxtail millet recommended varieties was abolished.

The yielding ability of “Yuikogane” is about 30% higher than that of landrace “Taira”, which has been cultured in Iwate. Furthermore, yellowish endosperm color of “Yuikogane” is brightest among 7 glutinous foxtail millet genetic resources stocked in Iwate. The variety is expected as useful material of new millet foods. And its effect may grow foxtail millet production in Iwate and domestic market of the millet. “Yuikogane” is applied for registration.

Key words: foxtail millet, new variety, Yuikogane, bright yellowish endosperm, big grain size

* Iwate Agricultural Research Center, 20-1 Narita, Kitakami, Iwate 024-0003, Japan