

<<短 報>>

病害虫抵抗性を有するコシヒカリ NIL 「むさしの 32 号」

大岡直人*・大戸敦也*・荒川誠**・矢ヶ崎健治***・齋藤孝一郎****

Koshihikari Near-Isoenic Line with Pest Resistance ‘Musashino 32’

Naoto OOKA, Atsuya OTO, Makoto ARAKAWA, Kenji YAGASAKI and Koichiro SAITO

埼玉県におけるイネの作付面積は約 32,000ha 有り、中生品種「コシヒカリ」、*「彩のきずな」* (荒川ら, 2013)、晩生品種*「彩のかがやき」* (荒川ら, 2003) の 3 品種で約 80% を占めている。そのうち「コシヒカリ」は作付けが一番多く、面積率は約 34% である (令和元年度埼玉県種苗審議会)。

埼玉県ではイネ縞葉枯病は重要病害の一つである。県内におけるイネ縞葉枯病の発生面積は、1970~1980 年代に 10,000~20,000ha に達し大きな被害をもたらしていた。その後、抵抗性品種「むさしこがね」 (塩原ら, 1982) の普及により発生は減少傾向にあったが、2010 年頃から増加の兆候が表れ、2013 年は 4,840ha、2015 年は 2,155ha に発病が認められ、5 月移植の早植栽培を主体に被害が問題となった (酒井, 2016)。

また、気象条件により多発するいもち病は、病害虫発生予察情報 (農水省) によると過去 10 年間のうち、2009、2015、2016 年に注意報が発令されている。

さらに害虫の一つであるツマグロヨコバイは、県全域に生息し葉や穂にすす病を発生させ、特に種子生産への影響が大きい。また、大量発生すると登熟不良を招く可能性がある。

埼玉県で最も栽培されている「コシヒカリ」はこれらの病害虫に対して感受性の有る品種である。

本県ではこれまでに「彩のかがやき」がもつ病害虫抵抗性遺伝子を導入した「コシヒカリ」の準同質遺伝子系統 (以下、NIL) 「むさしの 17 号

(*Grh1*)」, 「むさしの 18 号 (*Stvb-i*, *Pb1*)」を育成したが、安心して安全な農作物を安定的に提供するためには、抵抗性遺伝子の集積を進める必要がある。

そこで、イネ縞葉枯病 (*Stvb-i*)、いもち病 (*Pb1*)、ツマグロヨコバイ (*Grh1*) への抵抗性遺伝子を有する「コシヒカリ NIL」の育成に取り組み、「むさしの 32 号」を育成したので、その経過と特性について報告する。

育成経過

「コシヒカリ」にイネ縞葉枯病、いもち病、ツマグロヨコバイの抵抗性を導入するため、2014 年にイネ縞葉枯病抵抗性遺伝子 *Stvb-i*、穂いもち圃場抵抗性遺伝子 *Pb1* をもつコシヒカリ NIL 「むさしの 18 号」を母親、ツマグロヨコバイ抵抗性遺伝子 *Grh1* をもつコシヒカリ NIL 「むさしの 17 号」を父親として人工交配を行った (図 1)。2014 年に F₂ 集団 996 個体を養成し、DNA マーカーアシスト選抜 (MAS) により、*Stvb-i* ホモ型、*Grh1* ホモ型、*Pb1* ホモ型およびヘテロ型の 31 個体を選抜した。2015 年にこの F₃ 世代の 31 個体については場展開し 5 個体を選抜した (表 1)。2016、2017 年に「コシ埼 NIL4」の系統名で生産力検定及び特性検定調査を実施し、有望な 1 系統について地方系統名「むさしの 32 号」を付名した (表 1、図 1)。

*水稲育種担当, **企画担当, ***環境安全・病害虫研究・鳥獣害防除担当, ****農林総合研究センター水田農業研究所 (現生産振興課)

大岡ら：病害虫抵抗性を有するコシヒカリ NIL 「むさしの32号」

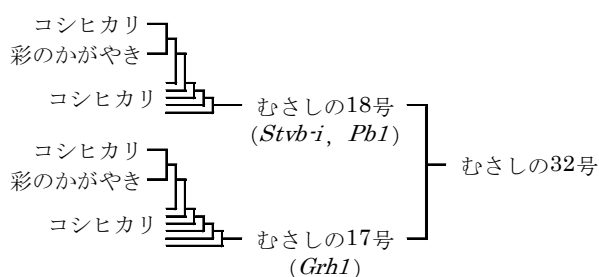


図1 系譜図

表1 選抜経過

年次	2014年		2015年		2016年	2017年
世代	交配	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅
栽植個体数	4	996	31			
選抜個体数	10粒	1500	31	5		
栽植系統群数			1		1	1
栽植系統数			31		5	2
選抜系統数			5		2	1

コシ埼NL4 むさしの32号

材料および方法

1 DNA マーカーアシスト選抜 (MAS)

DNA 抽出は、Monna et al. (2002)を参考に行った。イネの葉身 1~2cm を切り取り、TPS バッファー (100mM Tris-HCl, 10mM EDTA, 1M KCl) 400 μ L と 5mm ステンレスビーズ 1個を 1.5ml マイクロチューブに入れ、粉碎器 μ T-12 (TAITEC) を用いて、1700rpm で 30 秒間破碎した後、破碎液をイソプロパノール沈澱及びエタノール沈澱処理し DNA を抽出した。供試したプライマーは、イネ縞葉枯病 *Stvb-i* は ST48, ST64 (早野, 2009), いもち病 *Pbl* は B1, B2 (農水省, 2001), ツマグロヨコバイ *Grh1* は RM6082, RM18213 (農水省, 2009) を用いた。PCR 反応液は、Go Taq Green MIX (Promega 製) を用いて、プライマーは各 0.4 μ M, DNA は 2.0ng/ μ L とした。PCR 反応はサーマルサイクラー (Mastercycler pro S, Eppendorf 製) を用いて、94 $^{\circ}$ C3 分のあと、94 $^{\circ}$ C30 秒、55 $^{\circ}$ C90 秒を 35 回繰り返し、55 $^{\circ}$ C7 分で行った。PCR 産物は 2.0% アガロースゲルで分離し、エチジウムブロマイド溶液で染色後に電気泳動を行い、UV イルミネーターで多型を調査した。

2 生育および特性調査

2015 年に系統選抜を実施した。耕種概要は、播種は 4 月 20 日、移植は 5 月 8 日、1 株 1 本植え、栽植密度は 18.5 株/ m^2 、施肥 (窒素成分/a) は基肥 0.3kg、調査は立毛観察、玄米品質について実施した。2016, 2017 年に生産力検定及び特性検定を実施した。2016 年は、播種は 4 月 24 日、1 株 1 本植え、施肥 (窒素成分/a) は基肥 0.5kg、2017 年は、播種は 4 月 26 日、移植は 5 月 16 日、1 株 3 本植え、施肥 (窒素成分/a) は基肥 0.5kg、穂肥 0.3kg、調査方法は奨励品種決定調査に準じた。穀粒判別器は RGQI20A、アミロース含量はオートアナライザー III、タンパク質含量は Infratec1241、味度値は味度メーターを使用した。食味試験は日本穀物検定協会の方法に準拠して行った。炊飯物性は EZ-SX を使用し、精米 200g を炊飯し、70 $^{\circ}$ C 以下に放冷後、測定カップに 15g 盛付け、専用の器具により均し測定した。測定条件は、プランジャー径 18mm、バイトスピード 0.5mm/s で、1 回目は炊飯米の厚さの 30%、2 回目は 90% を連続して圧縮した。白葉枯病は剪葉接種法、高温登熟性検定は自然条件で 5 月上旬・下旬植の 2 作期により判定した。

結 果

1 生産力検定

「コシヒカリ」と比較し、出穂期および成熟期は同等であった。穂長及び穂数に有意な差は認められなかった。同程度の倒伏が見られたが、イネ縞葉枯病の発生による減収は無く、収量は 10 ポイント多かった (表 2)。玄米の粒形及び外観品質は同等であるが、穀粒判別器による測定結果では基部未熟粒がやや多く、整粒比は 5.7 ポイント低かった (表 3)。

2 官能食味、炊飯物性、理化学特性

官能食味は、味にマイナスの有意な差が見られたが、総合評価では同等であった (表 4)。炊飯米の物性は、表層および全体の硬さにプラスの有意な差が見られた (表 5)。玄米タンパク質含量は同等で、精米アミロース含量は 0.7 ポイント高く、味度値は 4 ポイント高かった (表 4)。

3 特性検定

DNA マーカー検定の結果、イネ縞葉枯病 (*Stvb-i*)、いもち病 (*Pb1*)、ツマグロヨコバイ (*Grh1*)の抵抗性遺伝子を有する。穂発芽性は「極

難」で1ランク強く、白葉枯病は「やや弱」と1ランク弱く、高温登熟性は「弱」で1ランク弱い結果であった(表6)。

表2 生育および収量

品種 系統名	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	倒伏 程度	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	全重 (kg/a)	玄米 収量 (kg/a)	比較 比率 (%)	屑重 歩合 (%)	玄米 千粒重 (%)	縞葉 枯病
むさしの32号	8/1	9/9	1.0	83 n.s.	19.6 n.s.	362 n.s.	136.8	54.6	110	4.0	20.8	0.0
コシヒカリ	8/1	9/8	0.8	85 n.s.	19.5 n.s.	365 n.s.	132.0	49.9	100	4.5	21.2	1.0

注) 2016-2017年の平均値, 統計処理はt検定による結果, 倒伏程度・縞葉枯病は0:無~5:甚, 玄米収量及び千粒重は15%換算値

表3 玄米品質

供試年 度	品種 系統名	玄米 品質	整粒 (%)	胴割 粒(%)	白未 熟粒 (%)	青未 熟粒 (%)	その他 未熟粒 (%)	白死 米粒 (%)	長さ /幅	長さ (mm)	幅 (mm)	厚み (mm)	玄米 白度
平均	むさしの32号	4.8	61.5	0.0	17.6	4.6	13.8	0.3	1.74	5.09	2.92	1.93	22.0
	コシヒカリ	4.8	67.2	0.1	11.7	3.3	15.2	0.4	1.75	5.07	2.90	1.91	21.6

注) 玄米品質は上上:1~下下:9の9段階評価, 整粒~厚みは穀粒判別器の測定値, 玄米白度はC-600(Kett)の測定値

表4 官能食味試験および理化学特性

品種系統名	総合	外観	香り	味	粘り	硬さ	玄米タンパク			アミロース			味度値		
							2016年	2017年	平均	2016年	2017年	平均	2016年	2017年	平均
むさしの32号	-0.33	-0.20	0.00	-0.40 *	-0.13	0.27	6.1	7.3	6.7	18.3	17.5	17.9	84	78	81
コシヒカリ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.0	7.2	6.6	17.4	17.0	17.2	76	77	77

注) 基準品種はコシヒカリ、*はコシヒカリに比べて5%有意差あり

表5 炊飯物性

品種系統名	搗精歩留 (%)	精米水分 (%)	表層の硬さ	表層の付着性	全体の硬さ	全体の付着性
むさしの32号	89.8	15.3	2.133 *	-0.264	41.000 *	-3.483
コシヒカリ	90.4	13.2	1.871	-0.213	36.935	-3.128

注) 統計処理はt検定による結果, *はコシヒカリに比べて5%有意差あり

表6 特性検定

品種系統名	穂発芽性		白葉枯病		高温登熟性		縞葉枯病 (<i>Stvb-i</i>)	穂いもち (<i>Pb1</i>)	ツマグロ ヨコバイ (<i>Grh1</i>)
	程度	判定	病斑長 (mm)	判定	白未熟粒 (%)	判定			
むさしの32号	1.5	極難	60.3	やや弱	37.1	弱	抵抗性(+)	抵抗性(+)	抵抗性(+)
コシヒカリ	2.0	難	48.7	中	21.0	やや弱	感受性(-)	感受性(-)	感受性(-)

注) 縞葉枯病, 穂いもち, ツマグロヨコバイはDNAマーカーによる結果

考 察

農林水産省の品種登録データ（2020 年 12 月調べ）によると、「コシヒカリ」を利用した同質または準同質遺伝子系統は 52 品種登録されている。主な育成品種として、新潟県で普及している「コシヒカリ新潟 BL」（石崎ら，2009），いち早く複合抵抗性を導入した「コシヒカリ愛知 SBL」（杉浦ら，2004）のほか，短稈，熟期，高温耐性，カドミウム吸収性など，ワンポイント改良された「コシヒカリ NIL」は民間育成も含めて盛んに行われている。

多数ある「コシヒカリ NIL」のうち，イネ縞葉枯病，いもち病の抵抗性遺伝子をもつ NIL は育成されているが，種子生産で問題となるツマグロヨコバイの抵抗性遺伝子も有する病害虫複合抵抗性の NIL は育成されておらず，「むさしの 32 号」が全国で初となる。各特性のうち生育，粒形は「コシヒカリ」と同質性が高い。しかし，官能食味試験においてマイナスの有意差が「味」に確認された。これは高温障害により発生する白未熟粒の増加により，アミロペクチンの構造が変化し，障害による外観品質の低下だけではなく，米飯の味，粘り，硬さにも影響することが報告されている（九沖農研，2012）ことから，「コシヒカリ」に比べ白未熟粒が増加したことによるものと考えられた。

また，高温登熟性については 1 ランク弱く判定されている。中生品種である「コシヒカリ」は高温障害を最も受けやすい時期に出穂し，2020 年は 7 月 24 日～8 月 28 日に出穂期を迎えたものがこの条件に重なった（熊谷地方気象台による観測値）。育成した「むさしの 32 号」の高温登熟性は「弱」であることから，埼玉県の近年の気象環境を考慮すると，高温障害に対するリスクは大きいと思われる。イネの高温耐性育種は全国的に行われており，抵抗性遺伝子については，本県育成の「むさしの 29 号」（大戸ら，2019）に導入した「*qWB6*」（小林ら，2013）をはじめ，「*APQ1*」（Murata et al., 2014），「*TGW6*」（Ishimaru et al. Nature Genetics 2013. 廣津，2019）などが報告されている。

「むさしの 32 号」は高温登熟性が不十分であり，現地での安定生産のためには「高温にも強い

コシヒカリ」が必要と思われることから，2018 年度から「*TGW6*」を「むさしの 32 号」に導入した NIL 系統の育成に取り組んでいる。

引用文献

- Asako Kobayashi, Junya Sonoda, Kazuhiko Sugimoto, Motohiko Kondo, Norio Iwasawa Takeshi Hayashi, Katsura Tomita, Masahiro Yano and Toyohiro Shimizu(2013). Detection and verification of QTLs associated with heat-induced quality decline of rice (*Oryza sativa* L.) using recombinant inbred lines and near-isogenic lines. *Breed.Sci* 63,339-346
- 荒川誠・大岡直人・箕田豊尚・齋藤孝一郎・石井博和・上野敏昭・岡田雄二・武井由美子・重松統・矢ヶ崎健治・新井守・新井登・野田聡（2013）：水稻新品種「彩のきずな」の育成。埼玉農総研報告 12, 1-9.
- 荒川誠・武井由美子・戸倉一泰・矢ヶ崎健治・小指美奈子・箕田豊尚・石井博和・岡田雄二・関口孝司・大岡直人・渡邊耕造・大塚一雄・新井登（2003）：病害虫複合抵抗性水稻新品種「彩のかがやき」，「彩のきらびやか」の育成。埼玉農総研報告 3, 23-41.
- 早野由里子・齋藤浩二（2009）：縞葉枯病抵抗性イネ個体を検出する高精度 DNA マーカー。北海道農研成果情報
- 廣津直樹（2019）：*TGW6* 変異体を用いた新規ゲンブンプン蓄積制御機構の解明と高温登熟要害対策への応用。科学研究費助成事業研究成果報告書
- 石崎和彦・松井崇晃・名畑越夫・佐々木康之・星豊一・佐々木行雄・星野卓・竹内睦・小出道雄・東聡志・阿部徳文・近藤敬・阿部聖一・小林和幸・樋口恭子・小関幹夫・田村隆夫・原田惇・金山洋・重山博信・中嶋健一・平尾賢一・浅井善広・長澤裕滋・佐藤徹・川上修・金田智（2009）：全県レベルで普及した「コシヒカリ新潟 BL シリーズ」の育成。北陸作物学会報 44, 1-4
- Kazumasa Murata, Yukihide Iyama, Takuya Yamaguchi, Hidenobu Ozaki, Yoshinori

Kidani and Takeshi Ebitani. (2014) : Identification of a novel gene (Apq1) from The Indica Rice cultivar 'Habataki' that improves the quality of grains produced under high temperature stress. Breed. Sci., 64, 273-281.

Ken Ishimaru, Naoki Hirotsu, Yuka Madoka, Naomi Murakami, Nao Hara, Haruko Onodera, Takayuki Kashiwagi, Kazuhiro Ujiie, Bun-ichi Shimizu, Atsuko Onishi, Hisashi Miyagawa and Etsuko Katoh (2013) : Loss of function of the IAA-glucose hydrolase gene TGW6 enhances rice grain weight and increases yield. Nature Genetics 45, 707-711

九州沖縄農業研究センター (2012) : 地球温暖化対策研修Ⅱ 水稻の高温登熟障害対策技術 31-40

農林水産省 (2009) : ゲノム育種による効率的品種育成技術の開発. 研究成果 472,98-101

農林水産省 (2001) : イネの穂いもち抵抗性を間接的に識別できる分子マーカー. 特開 2000-279170

大戸敦也・大岡直人・荒川誠・矢ヶ崎健治・宗方淳・齋藤孝一郎・加藤徹 (2019) : 水稻新品種「むさしの 29 号」の育成. 埼玉農技研研報 19, 11-23

令和元年度埼玉県種苗審議会 (2020) : 資料 No.1 埼玉県の水稲の生産状況.

酒井和彦 (2016) : 埼玉県におけるイネ縞葉枯病の発生状況と防除対策. 植物防疫 70,2

杉浦直樹・辻孝子・藤井潔・加藤恭宏・坂紀邦・遠山孝通・早野由里子・井澤敏彦 (2004) : 水稻病害抵抗性付与のための連続戻し交雑育種における DNA マーカー選抜の有効性の実証. 育種学研究 6,143-148