

奈良県で採取された *Saccharomyces cerevisiae* の製パン適性評価立本 行江^{*1)}，都築 正男^{*2)}，栞原 智也^{*2)}，島 悠太^{*3)}Bread-making Properties of *Saccharomyces cerevisiae*

Strains Isolated in Nara Prefecture

TATSUMOTO Yukie ^{*1)}，TSUDUKI Masao^{*2)}，KUWAHARA Tomoya^{*2)}，SHIMA Yuta^{*3)}

奈良県下の地域資源から分離した酵母 *Saccharomyces cerevisiae* の有用な食活用を目的に、製パン適性評価を行った。その結果、検証酵母は全て高糖生地で市販パン酵母と同等以上の生地膨張力があることが判明した、無糖生地ではマルトース発酵能向上能を付与したヤマトタチバナ改良酵母のみ、市販酵母と同等の膨張力を有することを確認した。また、冷凍耐性試験では高い耐性を持つシャクヤク花酵母株を確認し、製パン試験では、検証酵母全てに市販パン酵母と同等のふくらみや破断強度を持つ結果が得られた。

1. 緒言

清酒などの発酵食品に新しい特徴を付与するため、当センターではこれまでに奈良県下の地域資源より、清酒醸造に適した複数の酵母 *Saccharomyces cerevisiae* の取得に成功し、これらの株の基本的な生理学的及び遺伝的性質を確認し製品化を進めてきた¹⁻³⁾。

本研究では、酵母による新たな発酵食品の活用方法として、パン類の製造を目指し、当センターで取得した *S. cerevisiae* について、パン用酵母試験法に基づくパン製造への利用適性を評価したので報告する。

2. 実験方法

2.1 検証酵母 *S. cerevisiae* 分離株

検証する *S. cerevisiae* は、ヤマトタチバナ花酵母（以下「KIKKA」と記載）¹⁾および、ヤマトタチバナ花酵母マルトース発酵能向上株（以下「M8-13」と記載）²⁾、葛花酵母（以下「クズ」と記載）³⁾、吉野花つづみ酵母（以下「ツツジ」と記載）⁴⁾、シャクヤク花酵母 4 株⁵⁾（以下「シャクヤク 18」、「シャクヤク 87」、「シャクヤク 88」、「シャクヤク 111」と記載）ボタン花酵母（以下「ボタン 105」と記載）の計 9 株を用いた。

2.2 試験用圧搾酵母の調製

検証酵母および対照株 S（市販ドライイースト 販売者イオン株式会社）をそれぞれ 麹汁培地（Brix 20 pH 3.5）で 30℃ で 48 時間振とう培養後、遠心分離して集菌し、上層培地を除去した。滅菌水で 2 回洗浄後、遠心分離のみで得られた水分約 90 %の酵母菌体を試験用圧搾酵母としてパン用酵母試験および製パン試験に使用した。

各試験の生地配合量を表 1 に示す。

2.3 炭酸ガス発生量の測定

酵母による炭酸ガスの発生能力を確認するため、マイセル法を改変した重量法⁶⁾を参考に測定した。

蓋つき瓶にグルコース 4g、リン酸緩衝液（リン酸二水素カリウム 0.5%，リン酸水素二アンモニウム 0.5%）50mL、試験用圧搾酵母 1.5 g を入れて懸濁した。30℃の恒温器内で 5 時間発酵させ、発酵前後の重量差（mg）を炭酸ガス発生量とした。

2.4 生地膨張力試験

シリンダー法⁷⁾を準用し次のように測定した。

低糖、高糖、無糖の生地配合（表 1）でこね上げた生地を 500 mL トールビーカーの底から詰め、30℃の恒温

表 1 生地配合

	生地膨張力試験			冷凍生地膨張力試験（低糖）	製パン試験	
	低糖生地	無糖生地	高糖生地		中種	本捏
小麦粉（g）	100	100	100	210	140	60
試験用圧搾酵母（g）	2	2	3	6	6	
砂糖（g）	5	—	30	10.5	5	5
塩化ナトリウム（g）	2	2	0.5	4.2		4
水（mL）	62	65	52	132.3	90	40
スキムミルク（g）	—	—	—	—		9

^{*1)} メディカル技術支援科（現 薬務・衛生課）^{*2)} メディカル技術支援科^{*3)} デジタル技術支援科（現 デジタル管理室）

器内で 60 分間の第 1 発酵を行った。発酵後、トールビーカーの生地を折り重ねるようにしてガス抜きをし、再びトールビーカーに詰めて 40 分間の第 2 発酵を行った。その後同様にして 40 分間の第 3 発酵を行った。発酵終了時の生地頭頂部の高さ（体積）を生地膨張力とした。

2.5 冷凍生地膨張力試験⁶⁾

低糖の生地配合（表 1）でこね上げた生地を 3 等分して 30℃で 60 分間前発酵した生地のうち、1 個の生地は冷凍前生地膨張力測定用として、ガス抜きした後にトールビーカーに詰めた。そして、30℃の恒温器内で 90 分間発酵させた時の生地の高さ（体積）を測定した。残り 2 個の生地は 9 mm 程度の厚さにした後、ポリ袋に入れて -20℃で速やかに冷凍し、1 週間および 2 週間、冷凍保存した。冷凍保存後は 30℃で 90 分間解凍してから丸め、30℃で 30 分間保温した後に、冷凍前生地膨張力と同様にして冷凍後生地膨張力を測定した。

2.6 製パン試験

2.6.1 製パン試験⁶⁾

中種法⁹⁾による製パンを行った。材料配合は表 1 に示す。

試験用圧搾酵母は水に懸濁して中種混合当初に投入した。生地の捏上げ後、パン生地を 30℃の恒温機内で 4 時間の中種発酵を行った。

中種発酵生地及び本捏材料を捏ね上げ、パン生地を 30℃の恒温機内で 30 分の発酵を行った。次に発酵したパン生地を 50 g に分割し、丸めを行い、直径約 5 cm、高さ 2.5 cm に成型した。成形パン生地をオープン台に並べ、38℃±1℃のオープン内で 60 分の最終発酵を行い、発酵終了後、オープン 180℃で 25 分間の焼成を行った。

出来上がったパンは直後に重量測定し、室温になるまで約 1 時間放冷してからビニール袋に密閉し、室温で一晩放置した後、非接触三次元計測システム（ファロージャパン（株）Quantum SV2 2.5 m7 軸）により体積測定を行い、比容積（容積(cm³)/重量(g)）を算出した。

また、端から 2 cm の幅でスライスし、大型マイクロスコプ（（株）キーエンス製、VR-3200）で切断面を撮影した。

さらに製パンした 10 g を採取し赤外線水分計（（株）サコウ電子研究所生 TYPE S-101）で水分を測定した。

2.6.2 パンの破断強度試験

試料の破断強度の測定は、製パンの中心部を約 40 mm×40 mm×15 mm に切り取ったものを試料とし、クリープメーター（（株）山電 RE2-33005 B）を用い、測定条件を、プランジャーが No. 49 のくさび形、測定歪率が 99 %、測定速度が 60 mm/min とした。記録はクリープメーター用自動解析装置ソフトウェア（（株）山電 CAS-3305W）を用い、破断応力、破断エネルギーを求めた。

3. 結果及び考察

3.1 炭酸ガス発生量

対照株 S の炭酸ガス発生量を 1 とした時の比を求め、炭酸ガス発生量比を表 2 に示す。各株は炭酸ガス発生量比が 1.05～1.20 で全て 1 以上となり、対照株 S より炭酸ガス発生量が多いことを確認した。

表 2 炭酸ガス発生量比

分離した花	株名	炭酸ガス発生量比
ヤマト タチバナ	KIKKA	1.15
	M8-13	1.20
クズ	クズ	1.11
ツツジ	ツツジ	1.17
シャクヤク	シャクヤク 18	1.10
	シャクヤク 87	1.05
	シャクヤク 88	1.05
	シャクヤク 111	1.05
ボタン	ボタン 105	1.17

3.2 生地膨張力

生地膨張力の結果を図 1～図 3 に示す。

各株の低糖、高糖および無糖生地における膨張力を測定した。

140 分間の発酵終了後の生地膨張力は、低糖生地では対照株 S の 80 % 以上、高糖生地では 120 %～250 % であった。無糖生地は M8-13 のみ、対照株 S と同程度の生地膨張力を示した。

M8-13 は酵母育種によりマルトースの資化性を持つ²⁾ことから、マルトースが主要糖となる無糖生地ではマルトースを資化できる M8-13 のみ生地膨張が進み、それ以外の株は膨張が抑えられたと考えられる。M8-13 のみ糖を添加しない中種に使用可能と考えられた。

以上の結果より、各株は、高糖生地への膨張力が対象株 S の 120 % 以上を確認できたことから、耐糖性が高く、菓子パン生地への利用が期待できると考えられた。

3.3 冷凍生地膨張力

製パン上の冷凍耐性を調べるため、生地膨張力試験で十分な膨張力を得られた低糖生地における冷凍生地膨張力を測定した。結果を図 4 に示す。

各株は冷凍 1 週間後の生地において対照株 S に対する生地膨張力比が 0.4～0.9、さらに 2 週間後には 0.4～0.8 となり、対象株 S より劣る冷凍耐性を示した。

ただし、シャクヤク 111 のみ、冷凍 2 週間後でも非冷凍生地の 120 % の生地膨張力を示し、対照株 S よりも高い冷凍耐性を有することを確認した。このことからシャクヤク 111 は冷凍パン生地への利用が期待できると考える。

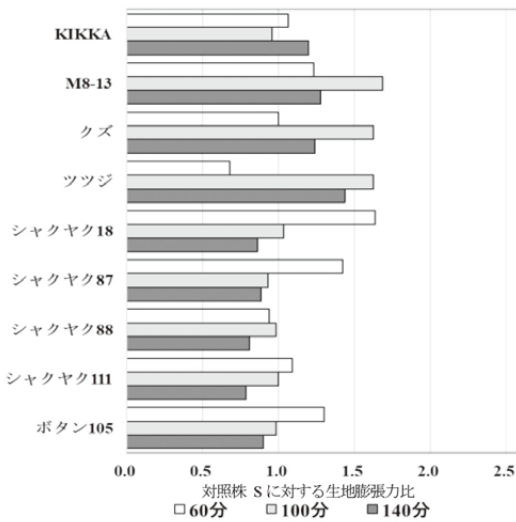


図 1 低糖生地膨張力比

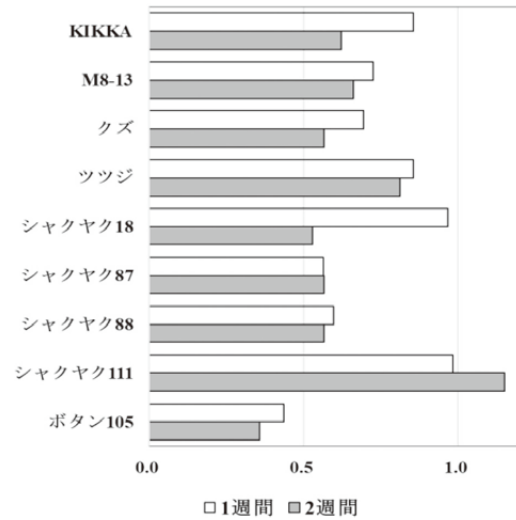


図 4 冷凍耐性による生地膨張力比

3.4 製パン試験結果

3.4.1 製パン試験結果

中種法により各株を使用しパンを試作した。製パンの外観を図5に、比容積や水分率の測定結果を表3に示す。

食品の体積は、多くの場合、菜種置換法で測定するが測定時間を要することや、菜種との接触による測定物の形態破壊の問題があることから、非接触三次元計測システムにより測定物の形状を正確に捉え、体積を短時間で精度良く測定した(図6)。

比容積は食品の膨化を表す指標の一つであり、数値が大きいほど、食品が膨化していることを示す。パンの比容積は、対照株Sが3.4に対し、各株は2.9~3.6を示し、対照株Sの86%~106%になる十分な膨らみが得られ、外観もほぼ差がなかった。

また、各株パンの水分率は31.3%~33.7%で、対照株Sの33.3%と同程度となり、ロールパン30.7%⁷⁾よりやや高い水分率を示した。また、切断面の形状観察(図7)から、対照株Sと同程度に各株パンは気泡が大きいことが観察され同程度の触感を持つことが推定された。

以上の結果より、各株を使用して市販のパンと同様の製品を製造することができると考えられた。

3.4.2 パンの破断強度試験結果

破断応力は食品の破断に対する抵抗力に対応するものであり、破断エネルギーは食品の強靭さを示す。破断応力の結果を図8に、破断エネルギーの結果を図9に示す。

対照株Sは658900 Pa、各株は654567 Pa~663567 Paを示し、対照株Sと各株の破断応力に有意な差はみられなかった。破断エネルギーはM8-13以外の株はすべて対照株Sの191933 J/m³より弱く示したが有意な差はみられなかった。また、破断応力に対する破断エネルギーの相関はみられず、各株は対照株Sとほぼ同程度の破断強度を有すると推定された。

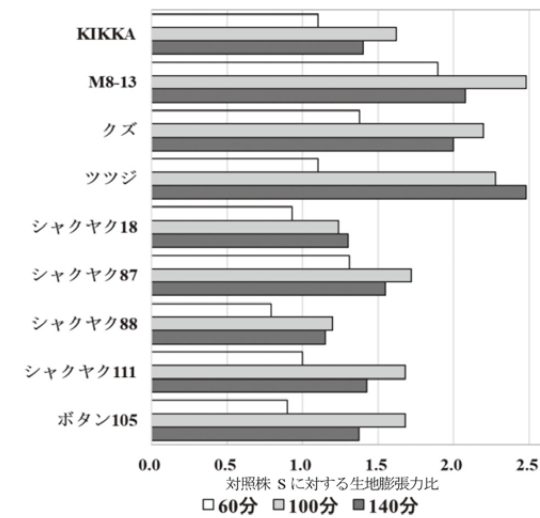


図 2 高糖生地膨張力比

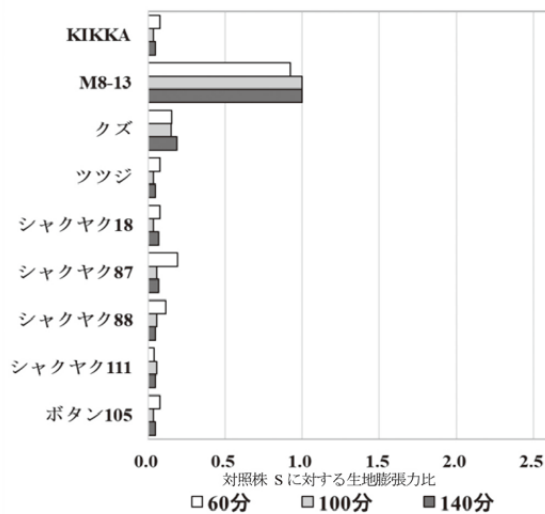


図 3 無糖生地膨張力比

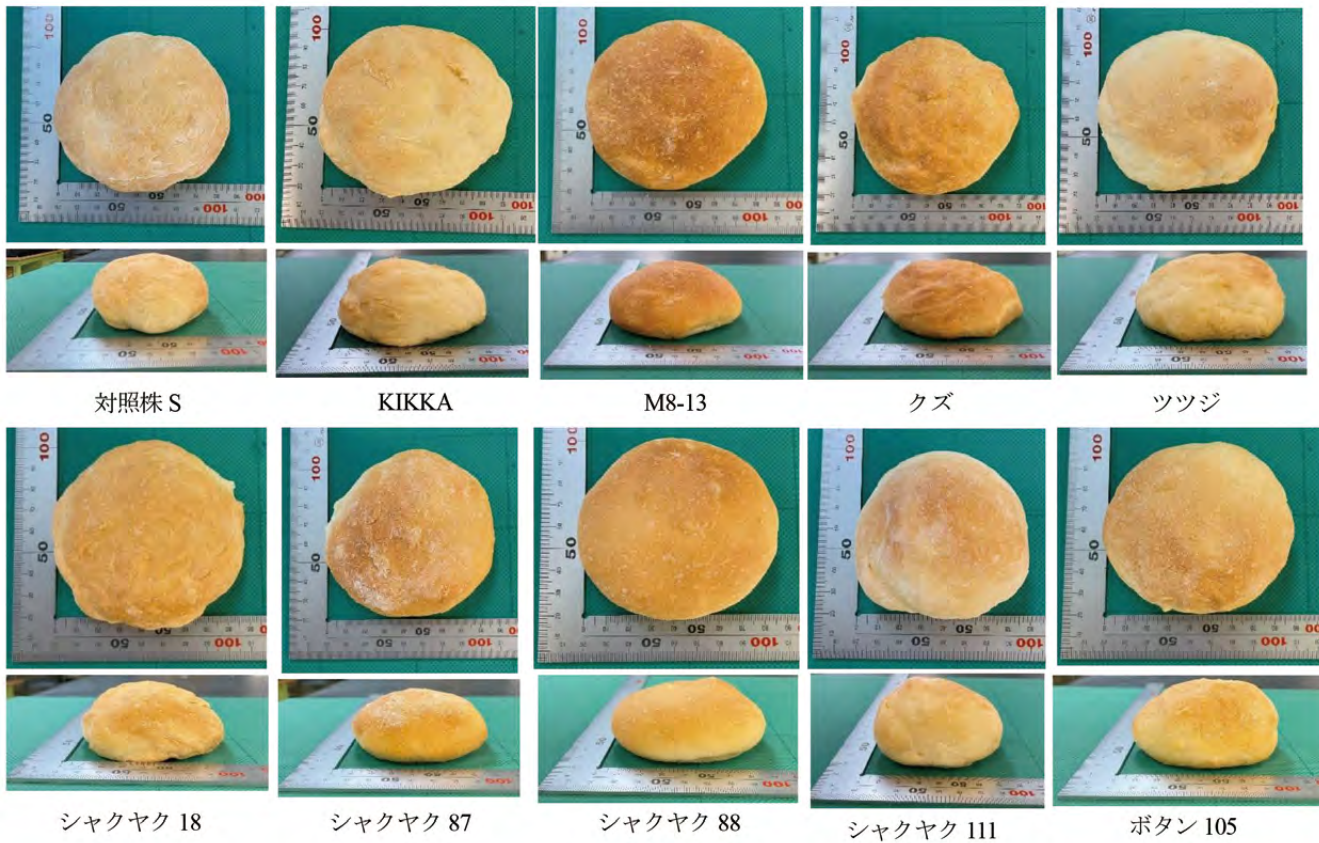


図 5 各株の製パン能力

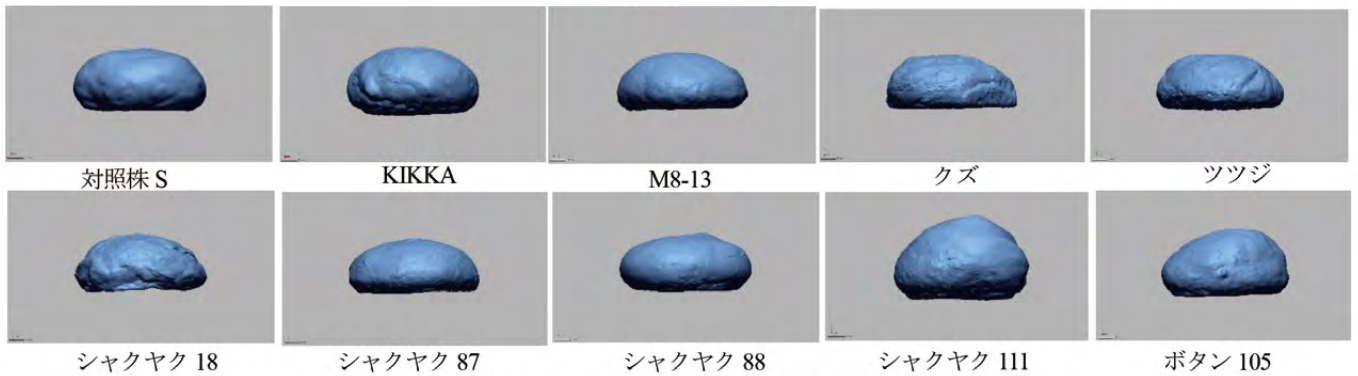


図 6 非接触三次元計測システム測定画像

表 3 製パン試験結果

	高さ (cm)	直径 (cm)	重量 (g)	体積 (cm ³)	比容積 (cm ³ /g)	水分率 (%)
対照株 S	3.8	8.5	40.2	135.8	3.4	33.3
KIKKA	3.5	9.2	41.3	141.2	3.4	32.3
M8-13	3.2	8.2	41.3	128.6	3.1	32.0
クズ	3.3	8.5	43.1	135.5	3.1	33.3
ツツジ	3.3	8.3	40.7	145.4	3.6	33.7
シャクヤク 18	3.2	8.6	42.3	133.2	3.1	32.3
シャクヤク 87	3.3	8.7	44.4	131.1	3.0	32.7
シャクヤク 88	3.7	8.9	44.5	128.9	2.9	31.3
シャクヤク 111	4.8	7.6	41.2	142.7	3.5	33.7
ボタン 105	4.3	8.7	44.1	150.2	3.4	32.3

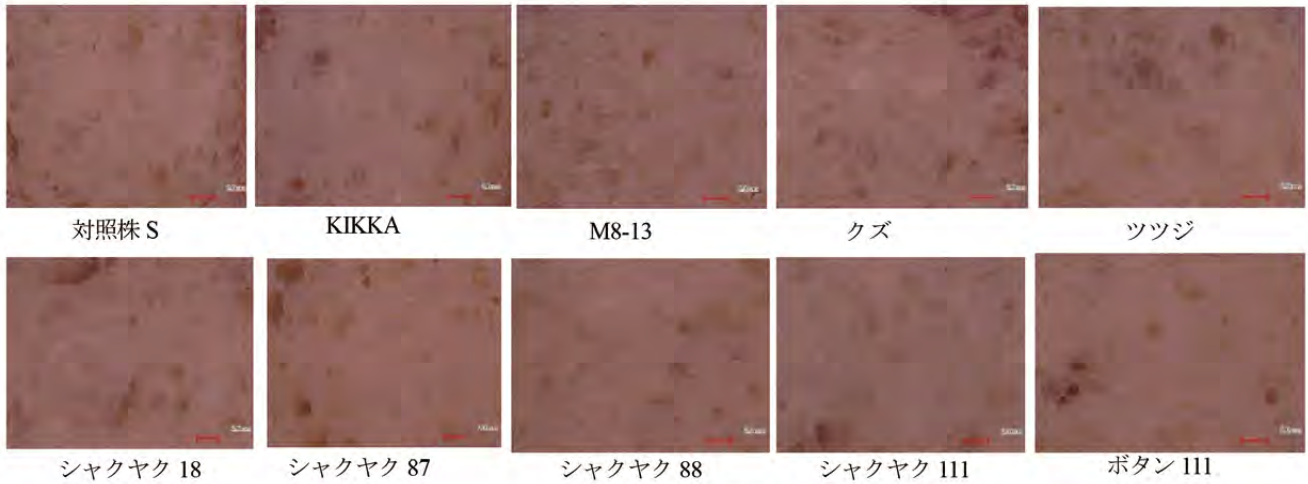


図 7 製パン切断面画像

4. 結言

本研究での主な結果は次のとおりである。

- 1) 今回検証した酵母株は、中種法による製パンや糖を多く含む菓子パン製造に利用可能と考えられる。
- 2) 冷凍耐性があるシャクヤク花酵母が確認でき、冷凍パン生地への利用が期待される。
- 3) 比容積や形状観察及び破断強度試験から、各株の製パンは対照株 S と遜色ないものができることから、市販製パンへの利用が期待される。

参考文献

- 1) 久保友佳子, 清水浩美, 橘の機能性成分の調査研究 (第 3 報), 奈良県産業振興総合センター研究報告 46, 11-20, 2020
- 2) 栗原智也, 大橋正孝, 大橋貴生, 橘の花から分離した野生酵母のビール醸造への適用に向けた育種, 第 74 会日本生物工学会大会講演会要旨集, 3D04-06, 2022
- 3) クズの花から分離した酵母の取得方法, クズの花から分離した酵母, この酵母を用いた清酒の製造方法及びその他の飲食物の製造方法, 特許第 7002077 号
- 4) 奈良県産業振興総合センターなら技術だより, No. 174 (2019. 2)
- 5) 立本行江, 都築正男, 栗原智也, 奈良県産シャクヤク花からの *Saccharomyces cerevisiae* の単離と醸造特性, 奈良県産業振興総合センター研究報告 49, 19-27, 2023
- 6) パン用酵母試験法, 日本イースト工業会 (1996)
- 7) 香川明夫監修, 八訂食品成分表 2021, 女子栄養大学出版部, 2021

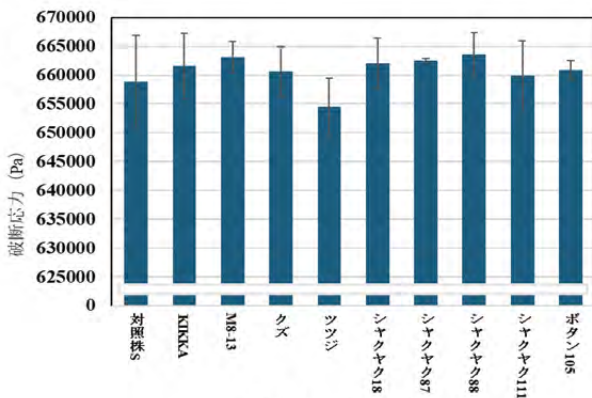


図 8 破断応力

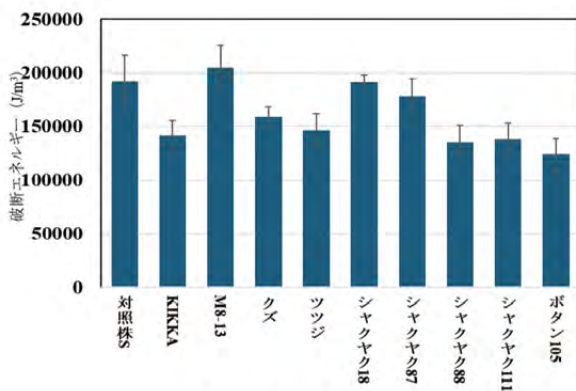


図 9 破断エネルギー