

強い磁場で発酵制御 ～磁場発酵焼酎への展開～

鹿児島大学大学院理工学研究科

理学専攻 物理・宇宙PG

准教授 三井 好古

2023年11月7日

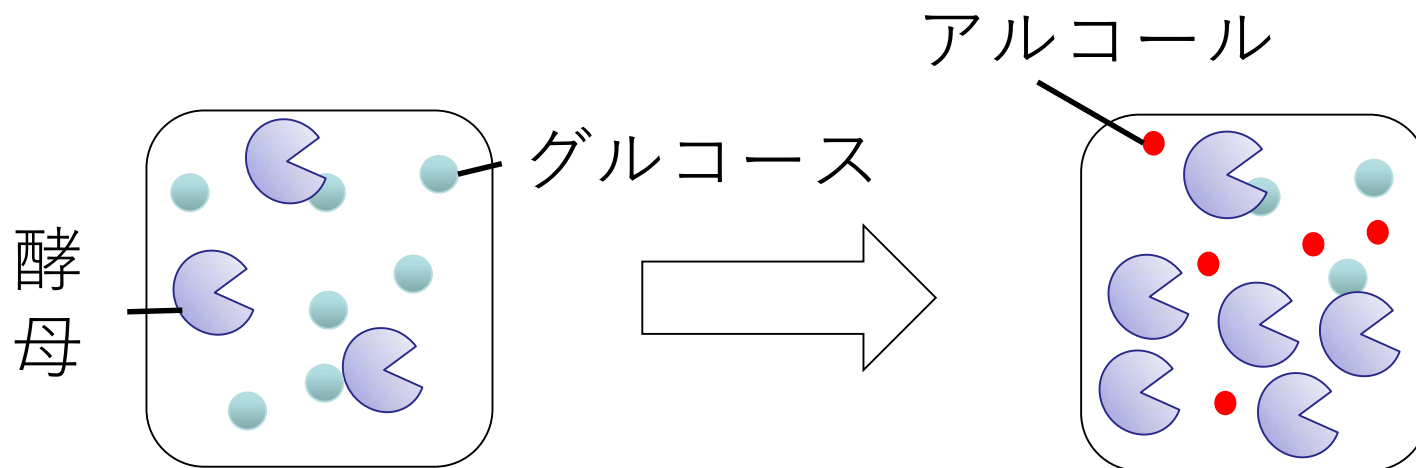
本技術概要

本技術は、焼酎発酵に**磁場**を用いる新たな発酵技術です。

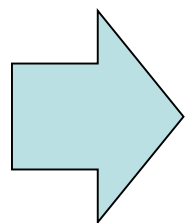
- **理工学 + 農学**（鹿児島大焼酎発酵学教育研究センター）の**異分野融合**によって生まれた技術です。
- 焼酎酵母の**成長速度**を、**磁場**を印加することで制御します。
- **殺菌効果**ではありません。
- 酵母の**種類**によって成長速度に与える**影響**が異なります。

従来技術とその問題点

酵母の発酵



発酵は、発酵する温度や、添加物によって制御される



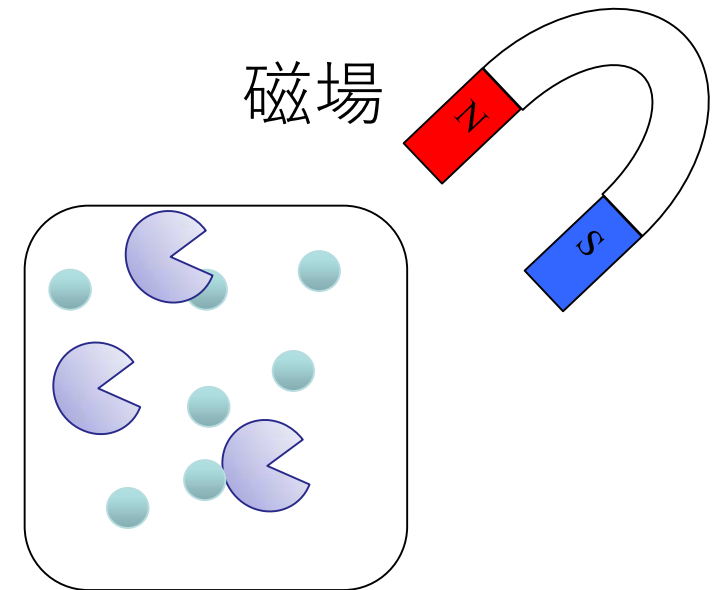
新たな外部変数を追加することでより自由な発酵を行うことが可能に

従来技術とその問題点 - 着想 磁場

- 非接触 - クリーンな環境
- 液体の対流抑制や、結晶を揃える
- 先行研究 - 酵母への効果が研究されている

日本酒に磁場を印加した事例あり
成長抑制

焼酎酵母ではどうか？

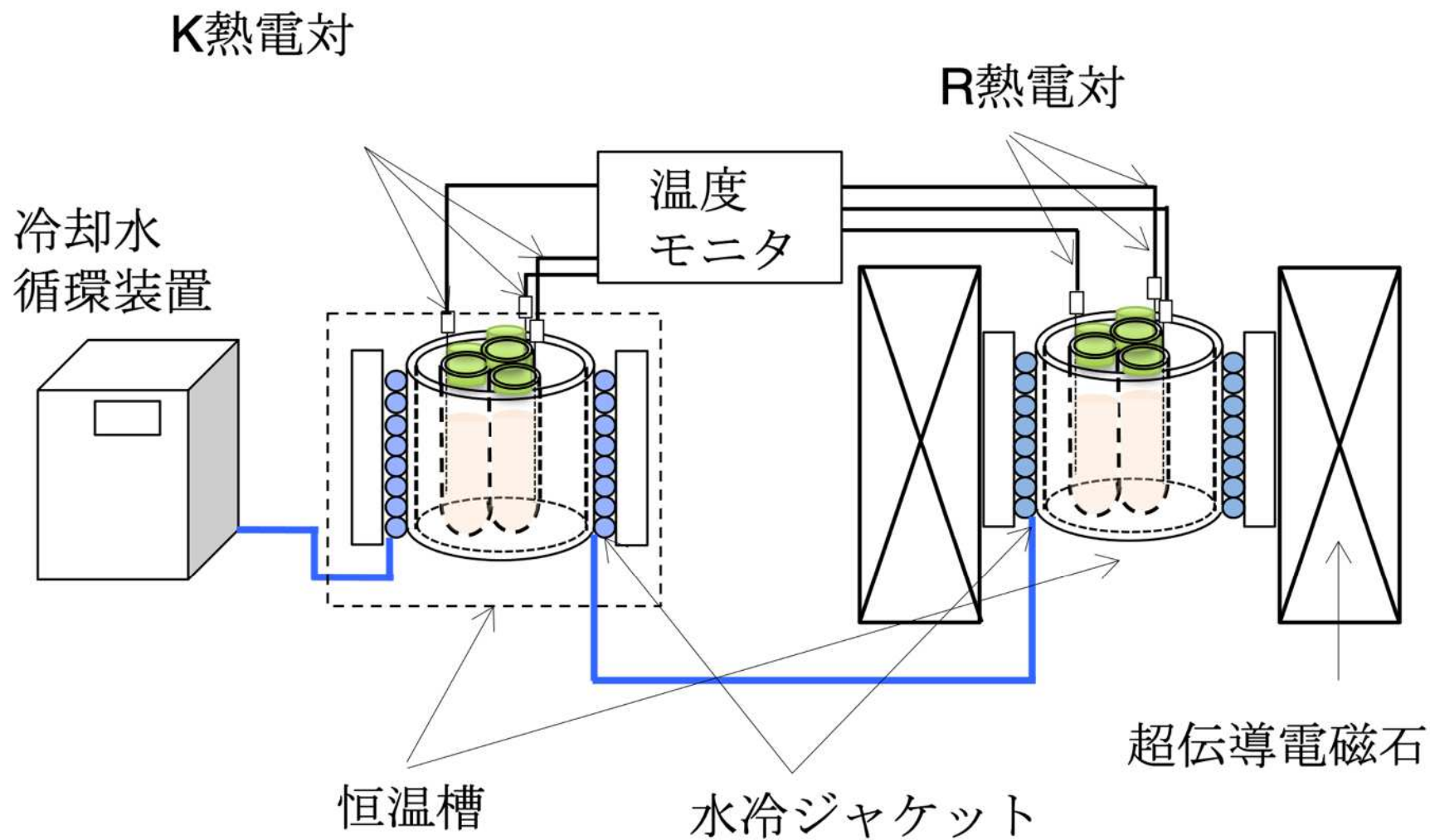


実施例：磁場中発酵装置 酵母の発酵への磁場の影響を評価

方針：

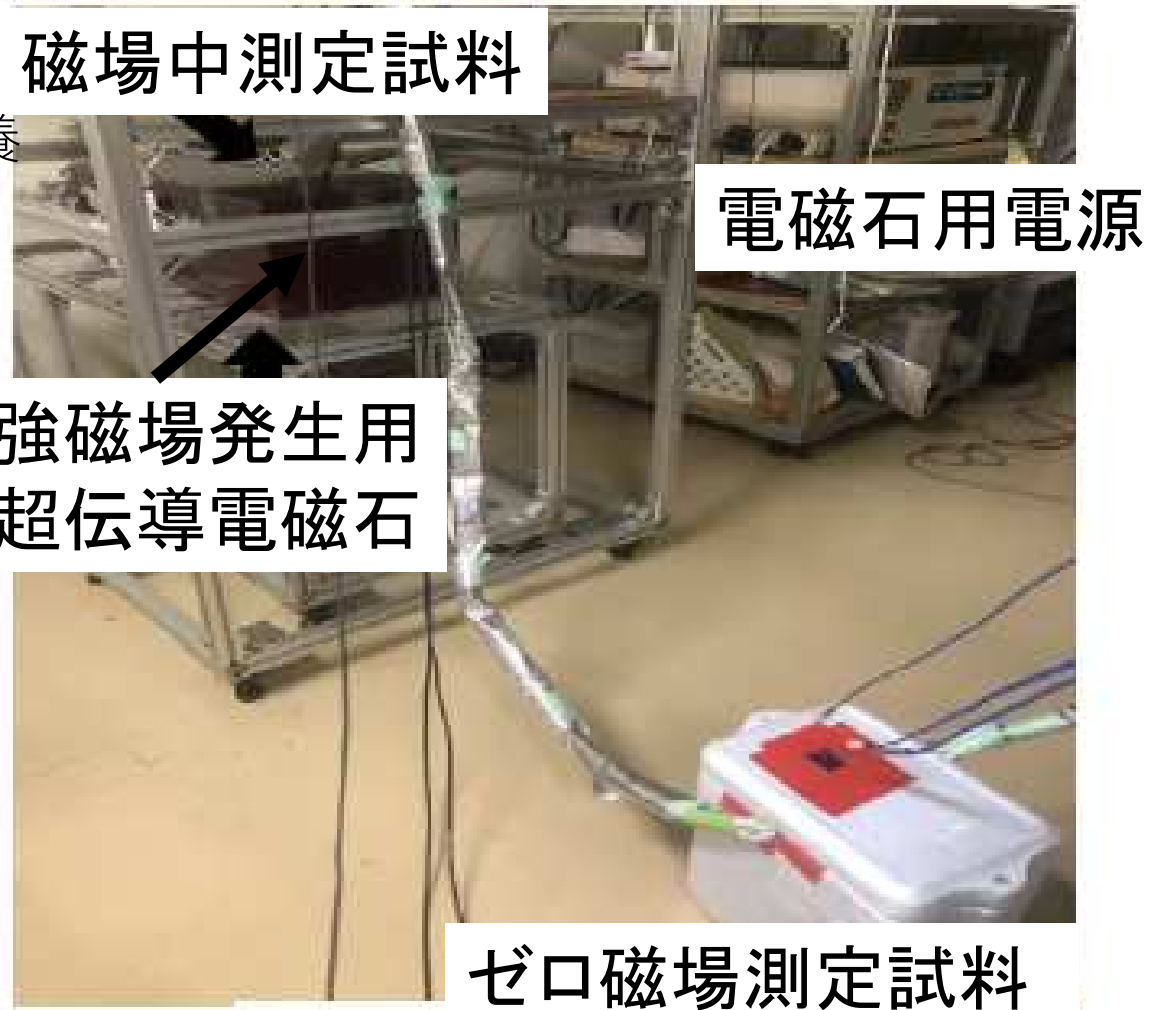
- 強い磁場中での発酵ができる
→ 超伝導電磁石を使用
- 同条件で、同時に磁場あり・なしでの発酵を行う

実施例：磁場中培養装置



実施例：磁場中培養装置

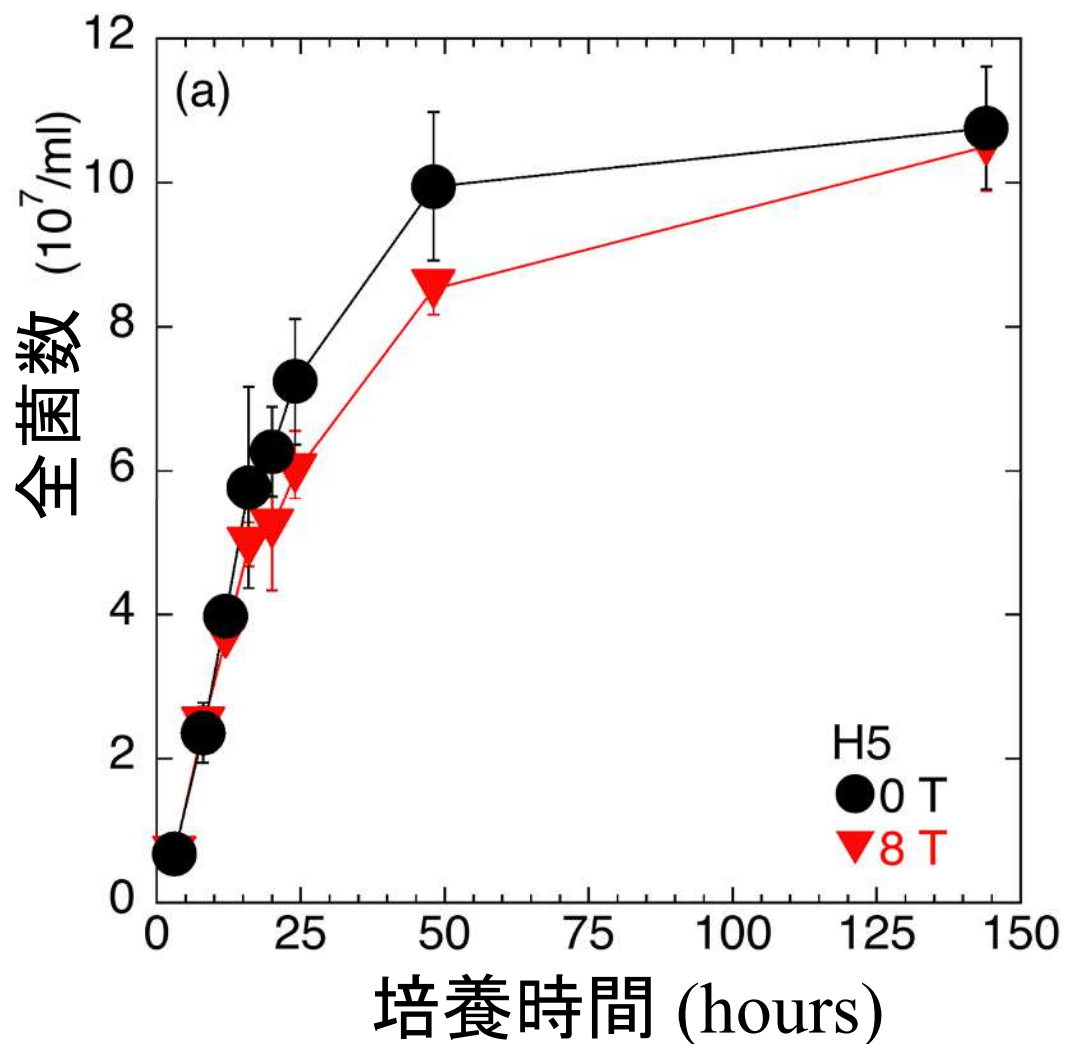
- 5 T~15 T を発生させる強磁場発生用電磁石の中で培養
- 焼酎製造に用いられるK2, H5, C4酵母を使用
- ゼロ磁場中測定試料と同時に培養
同時に培養した試料を比較することで磁場の影響を評価



実施例 H5酵母の0 Tと8 Tの成長曲線

- 最大で、全菌数は80%程度に低下
- 終盤では、磁場中での全菌数は磁場なしと等しくなる (試験管内の糖の量が限られている為)

磁場は酵母の成長速度を減少させる

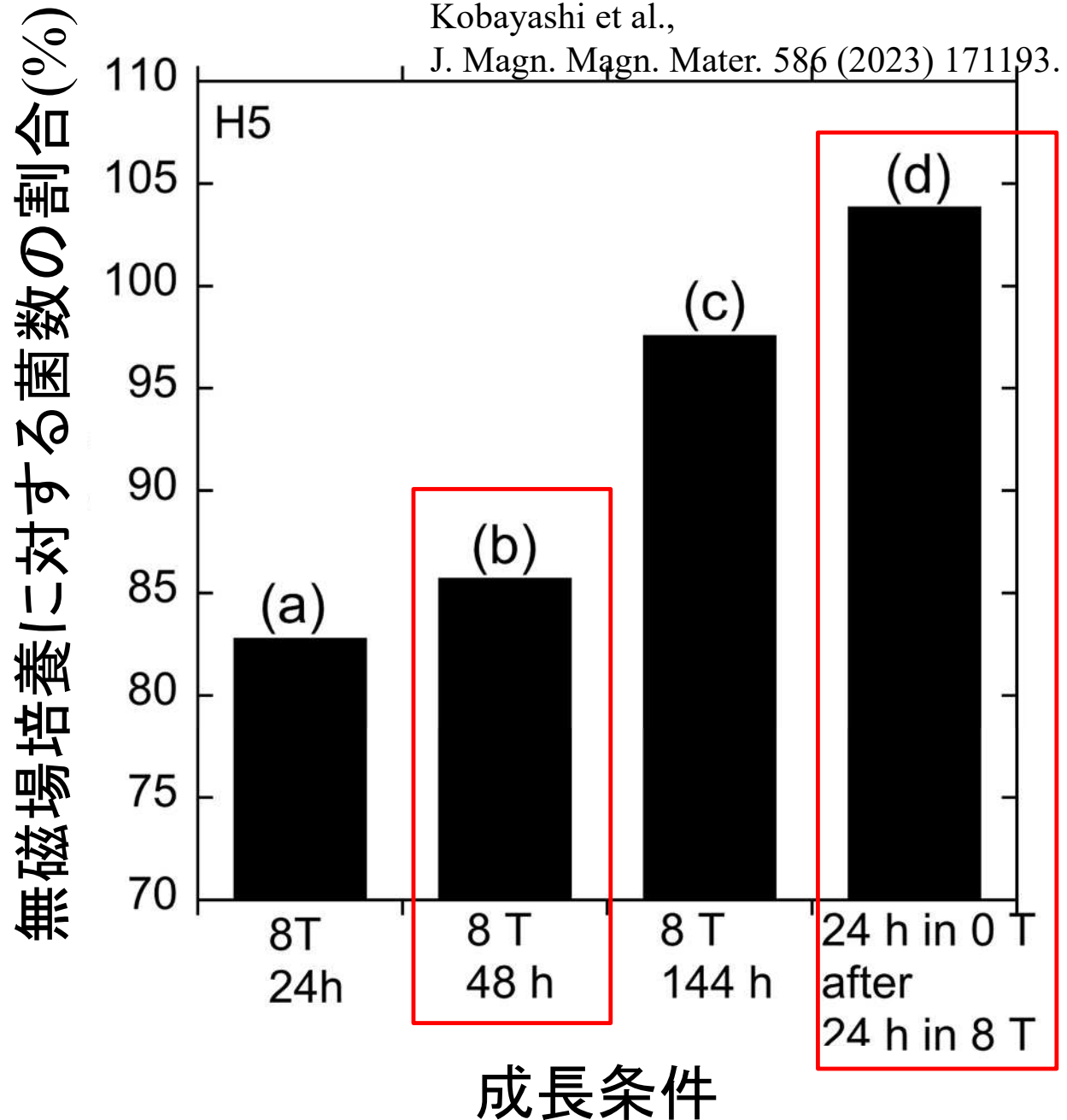


Kobayashi et al.,
J. Magn. Magn. Mater. 586 (2023) 171193

実施例： 酵母の成長は殺菌かどうか

- 8 T 48 hでは、85%程度
- 24 h 8 T + 24 h 無磁場では、ほぼ100%になる
→磁場を除くと成長速度の回復
- 死菌数の割合 磁場の有無でほぼ差なし

磁場は殺菌していない
成長速度を低下させる



実施例：代謝物の評価

C4酵母の液クロマトグラフィ

増殖期

飽和時

	0 T 16 h (mM)	0 T 16 h (mM)	0 T 48 h (mM)	4 T 48 h (mM)
α -ケトグルタル酸	1.64	1.65	1.60	1.59
クエン酸	0.10	0.10	0.10	0.10
ピルビン酸	0.31	0.28	0.36	0.34
コハク酸	0.60	0.57	0.69	0.70
乳酸	0.40	0.38	0.46	0.44
ギ酸	1.58	1.62	1.27	1.28
酢酸	2.46	2.55	2.86	2.91
2-ピロリドン-				
5-カルボン酸	4.73	4.82	4.75	4.92
イソ酪酸	0.44	0.42	なし	なし

Kobayashi et al.,
J. Magn. Magn. Mater. 586 (2023) 171193.

実施例：代謝物の評価

	0 T 16 h (mM)	0 T 16 h (mM)	0 T 48 h (mM)	4 T 48 h (mM)
ピルビン酸	0.31	0.28	0.36	0.34
2-ピロリドン- 5-カルボン酸	4.73	4.82	4.75	4.92

- ピルビン酸の量が磁場中でやや低くなった。
- アルコール生産量・全菌数に対する影響を反映している可能性

実施例 複数の酵母の成長に対する磁場の影響

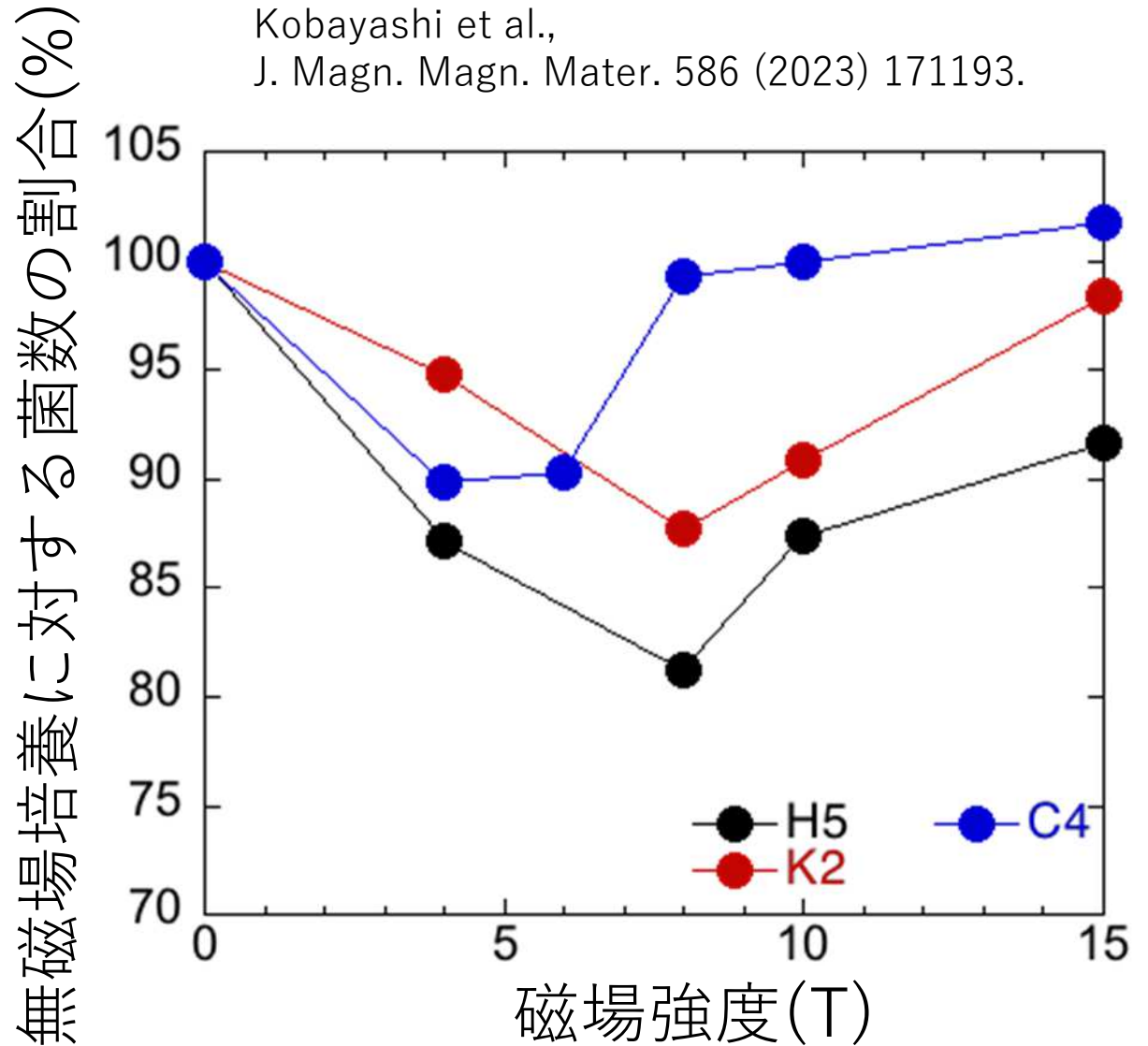
3種類の酵母(K2, C4, H5) に対する磁場の影響を検証

◆酵母の種類によらず、
磁場を印加すると
酵母の数が減少

◆酵母の種類によって
減少の割合や、
最小値となる
磁場の強度が異なる

⇒ 酵母によって
磁場強度に対する
感受性が異なる

Kobayashi et al.,
J. Magn. Magn. Mater. 586 (2023) 171193.



実施例：振とう培養との比較

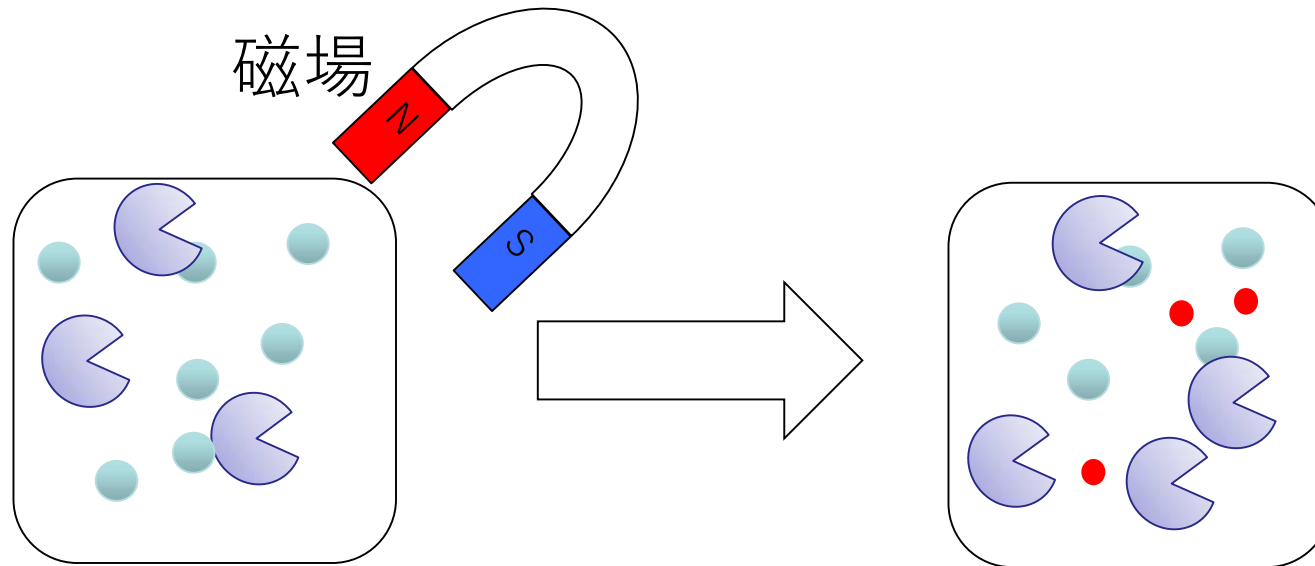
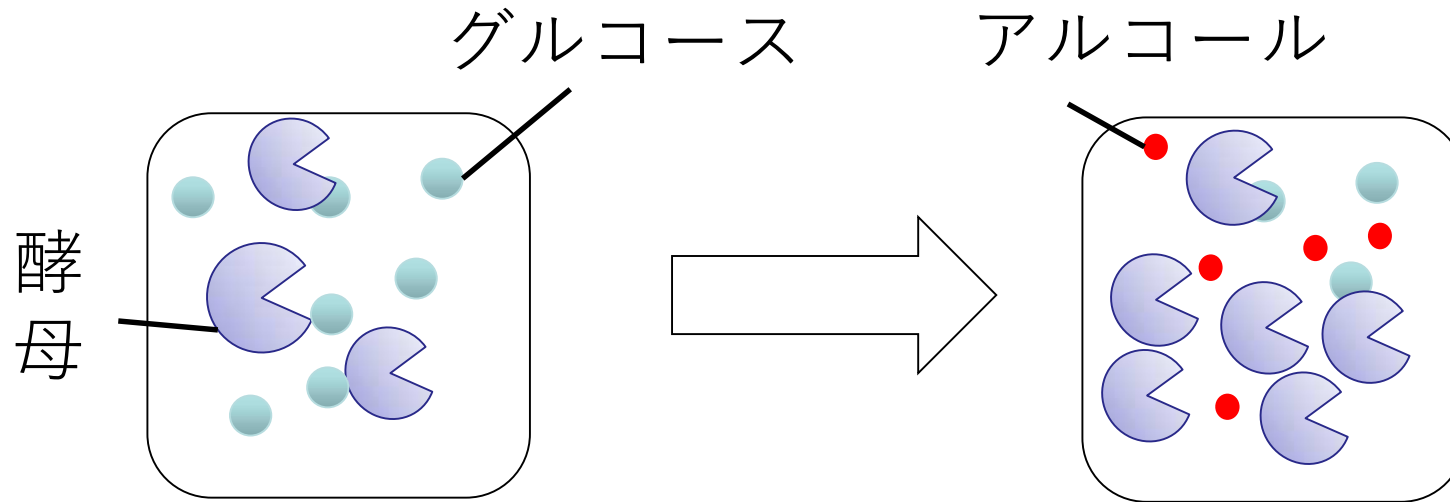
磁場の影響は対流抑制によるものか否か？を検証

H5 酵母, 24 h

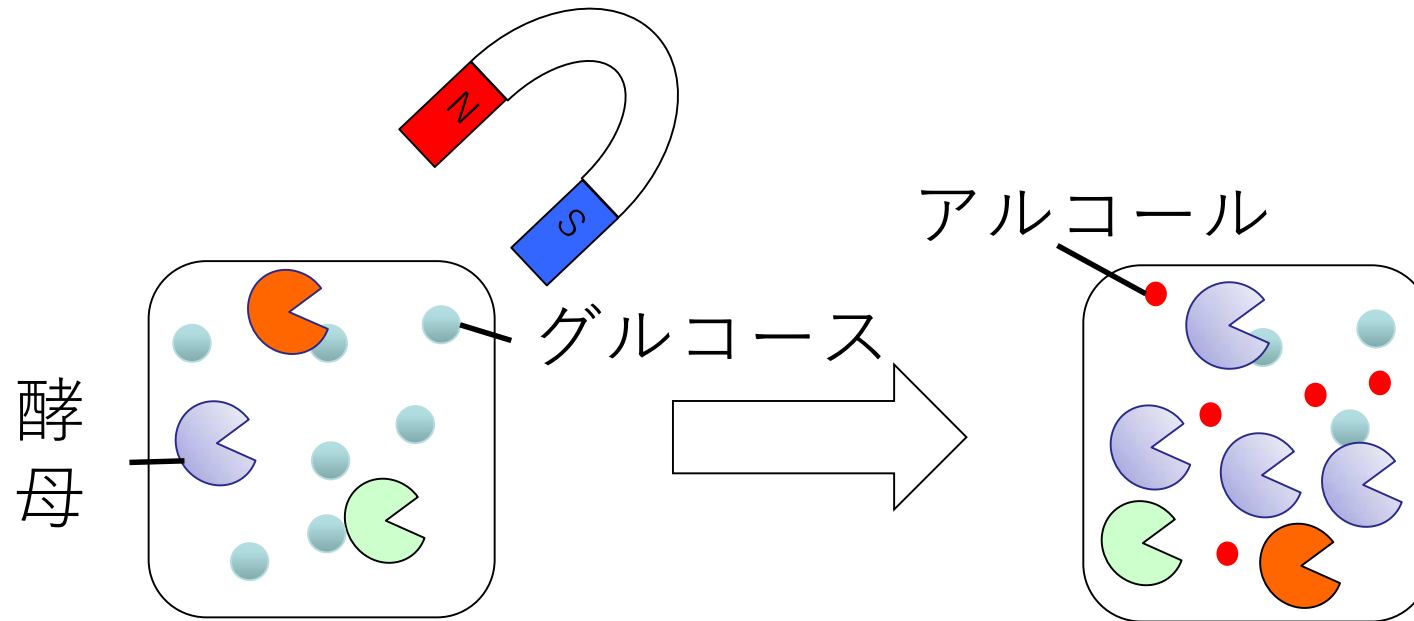
	静置培養	振とう培養
磁場なしに対する 8 T磁場中の酵母数の割合	86.4%	83.3%

磁場は、静置/振とう培養に関わらず、
酵母の成長を抑制する。

まとめ - 磁場は酵母の成長を抑制する



酵母の成長が抑制される



特定の酵母をより効果的に成長抑制することで
、
選択的に酵母を成長させる

磁場という非接触・無添加のクリーンな手法として期待
できる

想定される用途

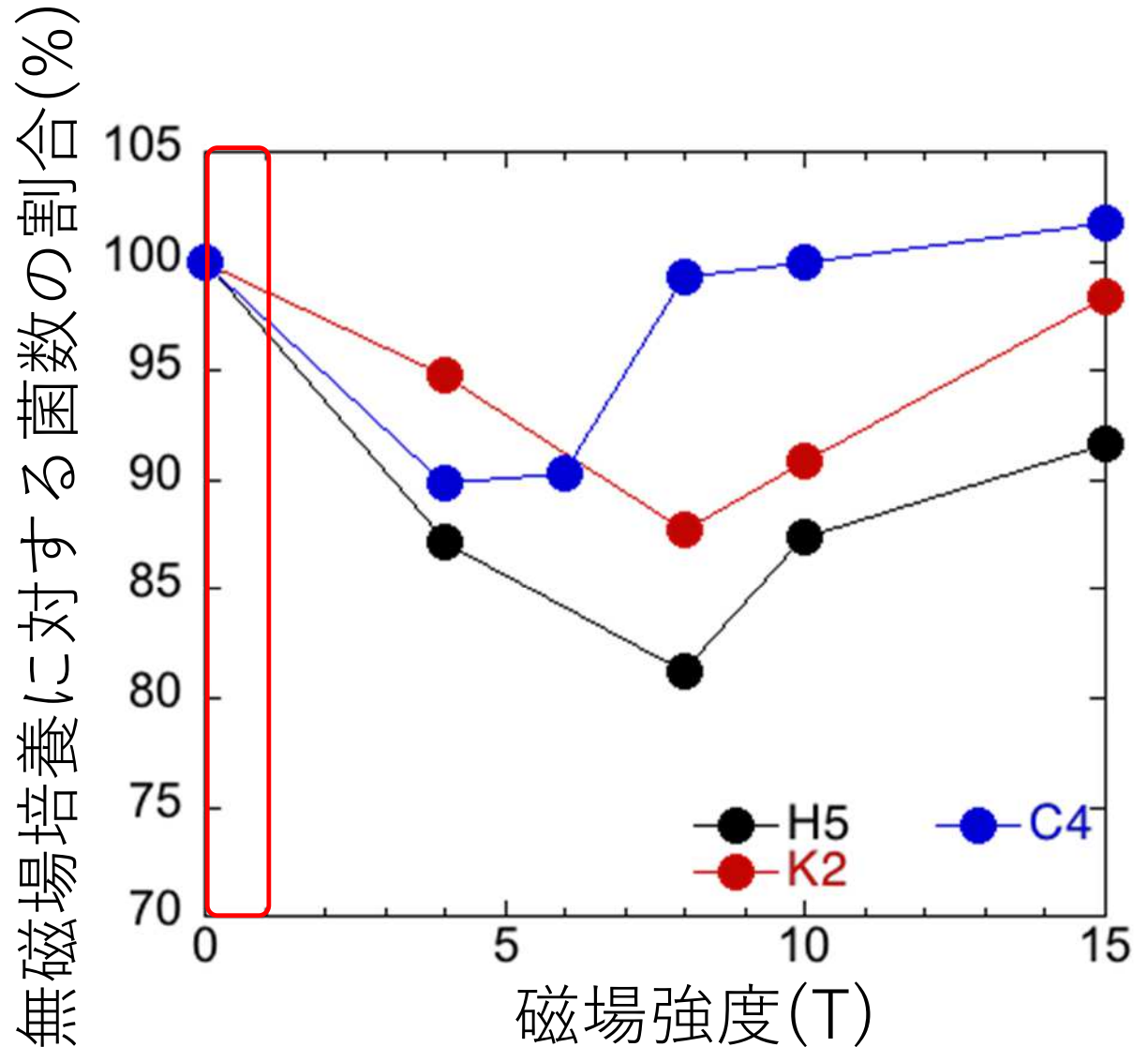
- 本技術は焼酎製造において、**磁場が発酵制御において有効な手段**となりうることを示している。
- 今回、焼酎酵母での磁場の影響がわかった。
そのほかの酵母でも発酵を制御が期待できる。
(ワイン酵母では実施済)

実用化に向けた課題 - 蒸留・磁場酒製造へ

- 今回の実施では、酵母の発酵速度が磁場によって制御できることがわかったが、
代謝物や、香り・味に関する評価が今後の課題である。
- 実際に磁場中発酵させた試料を蒸留し、試験が必要。

実用化に向けた課題 - 大型化に向けて

- 今回の実施では、
超伝導電磁石を用いた
強い磁場環境を用いた。
- 試料空間は試験管 3 本分
程度 (直径50 mm)
- 大型化・試料空間の
大容量化のためには
永久磁石程度の磁場で
有効かどうかの検証が
必要



まとめ

本技術は、焼酎発酵に**磁場**を用いる新たな発酵技術です。

- 焼酎酵母の**成長速度**は、**磁場**を印加することで**減少**します。
- **殺菌効果**ではなく、**速度が減少**します。
- 酵母の種類によって**磁場の強度に対する成長速度の感受性が異なります**。選択的な成長が期待できます。
- 今後の課題は、実際に蒸留し、**味・香りへの影響を検証すること、大型化への取り組み**です。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 焼酎の製造方法
- 登録番号 : 特許第6632021号
- 出願人 : 鹿児島大学
- 発明者 : 小山佳一、小林領太
高峯和則、三井好古

本技術に関する知的財産権2

- 発明の名称 : アルコール製造装置、アルコール製造方法及びプログラム
- 登録番号 : 特許第6694611号
- 出願人 : 鹿児島大学
- 発明者 : 小山佳一、小林領太、高峯和則、三井好古

お問い合わせ先

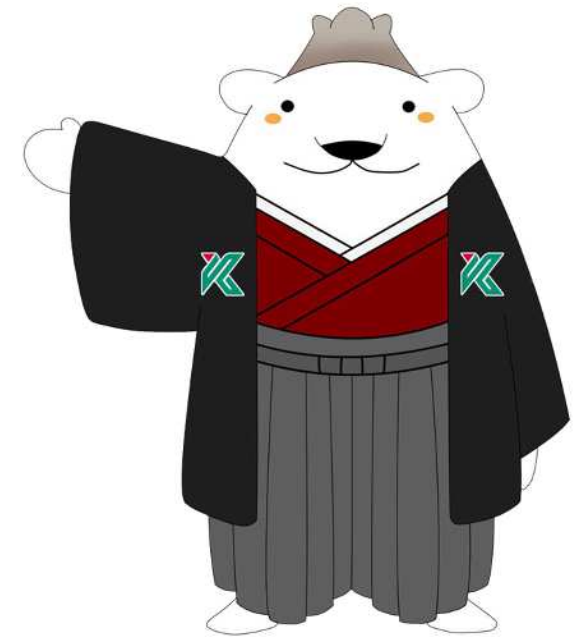
国立大学法人 鹿児島大学
南九州・南西諸島域イノベーションセンター
知的財産・リスクマネジメントユニット

〒890-0065 鹿児島市郡元1-21-40

TEL: 099-285-7043

FAX: 099-285-3886

E-Mail: tizai@kuas.kagoshima-u.ac.jp



鹿児島大学公式マスコットキャラクター

きつし