

平成 30 年 6 月 11 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K14524

研究課題名(和文)酵母細胞壁を用いた石油増進回収技術の創出

研究課題名(英文)Development of Enhanced Oil Recovery Technique using Yeast Cell Wall

研究代表者

菅井 裕一 (Sugai, Yuichi)

九州大学・工学研究院・准教授

研究者番号：70333862

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ビール酵母細胞壁による水-油間の界面張力の低下を利用した石油増進回収法の確立を目的とし、実験ならびにシミュレーションを実施した。酵母細胞壁濃度が高く、そのオートクレーブ処理温度が高く、その処理時間が長いほど、界面張力が低下した。酵母細胞壁からの界面活性物質の溶出量が増加し、界面張力に影響を及ぼしたと考えられる。また、石油増進回収評価実験により酵母細胞壁水溶液の模擬油層への圧入により4～7%の増進回収が得られ、高い油増進回収効果が示された。これらの実験を再現するシミュレーションモデルを構築し、これを用いてフィールドスケールの検討を通じて本増進回収法の最適な実施条件を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：We studied on the availability of yeast cell wall for enhanced oil recovery (EOR) as an interfacial tension reducer. The cell wall solution was hydrothermally treated in order to elute amphiphilic substances from the cell wall to the solution under different conditions such as concentration of the cell wall, temperature and time of the hydrothermal treatment. The interfacial tension was reduced with increase in concentration of the cell wall and temperature of the hydrothermal treatment. The time of hydrothermal treatment also had influence on the interfacial tension reduction. Core flooding experiments were carried out by injecting the cell wall solution which had been hydrothermally treated after the water flooding as the primary oil recovery. 4% to 7% of original oil in place was additionally recovered by injecting the cell wall solution which had been hydrothermally treated. We also investigated the optimum operation conditions of this EOR through the numerical simulation studies.

研究分野：資源開発工学

キーワード：石油増進回収 酵母細胞壁 界面張力 オートクレーブ コア試験 脂質 タンパク質 シミュレーション

### 1. 研究開始当初の背景

大規模油田の新規発見ならびに開発は容易ではないと予想される一方で、今後も世界全体の石油需要は増え続けることが予測されている。このような状況を考慮すると、すでに生産されている既存の油田の取り残し油を回収する技術開発が極めて重要である。その中でも、油価の急激な変動に対応し、操業コストの問題や環境負荷の低減にも対応しうる、新たな石油増進回収技術(Enhanced Oil Recovery, EOR)の開発が注目されている。

### 2. 研究の目的

本研究では、ビールの醸造に用いられたビール酵母の残渣から有価物である酵母エキスを抽出した後の残渣であるビール酵母細胞壁を石油増進回収技術に用いることを着想した。とりわけ、酵母細胞壁が有する水-油間の界面張力の低下効果を利用した石油増進回収技術の有効性を評価することを本研究の目的とした。

酵母細胞壁は、親水基と親油基の両方を有する脂質やタンパク質を豊富に含んでおり、水と油の親和性を高める界面活性剤としての役割が期待できる。界面活性剤によるケミカル攻法は、そのコストと環境負荷が課題であり、界面活性剤を生産する微生物攻法ではハンドリングが煩雑であることや適用可能な油層条件の制約が厳しいことが課題である。対象とする酵母細胞壁は、生物由来の界面活性物質であるがゆえに、低コストであり環境負荷も低く、ハンドリングが容易で適用可能な油層条件の制約が緩いなど、前述した二つの石油増進回収法の長所を兼ね備えた特長を有する。

本研究では界面張力測定実験、模擬油層を用いた室内石油増進回収試験、および数値シミュレーションを実施し、酵母細胞壁の石油増進回収技術への利用可能性を検討した。

### 3. 研究の方法

#### (1) 界面張力測定実験

酵母細胞壁の純水への添加量(10~50 g/L)その水溶液のオートクレーブ処理温度(110~180 ℃)、オートクレーブ処理時間(0~60 min)、オートクレーブ処理中のヘッドスペース雰囲気(酸素の有無)、オートクレーブ処理における石油の添加の有無ならびに塩分添加の有無、ならびに酵母細胞壁粒径(平均3~50 μm)を変化させてオートクレーブ処理を行い、処理後に濾過して得られた濾液と油(北海油田産軽質油)の界面張力を測定した。

界面張力の測定はペンダントドロップ式界面張力計(協和界面科学製 DMS-401)により行い、試料水溶液中に形成させた油懸滴の輪郭形状を画像解析に供してYoung-Laplaceの式にフィッティングさせることにより界面張力を求めた。同じ条件の試

料につき、5回測定を行い、その平均値を採用した。

#### (2) 酵母細胞膜中の界面活性成分の分析

各水溶液について、酵母細胞壁の主成分であり、界面張力の低下に資すると考えられるリン脂質、タンパク質ならびに遊離脂肪酸の濃度を、吸光度法を用いて定量し、界面張力の低下におよぼすこれらの物質の影響を考察した。

#### (3) 石油増進回収実験

石油増進回収実験装置を Fig. 1 に示す。ペレア砂岩コアの孔隙をあらかじめ純水で置換し、これをハスラータイプコアホルダーにセットして、これに石油を圧入して模擬油層を作製した。この模擬油層に再び純水を圧入して一次回収とした後、酵母細胞壁水溶液を圧入することでその石油増進回収効果を評価した。圧入した酵母細胞壁水溶液はオートクレーブ処理(120 ℃, 60min)にて処理したものを使用し、抽出時にあらかじめ原油を添加したのものについても同様に、油回収率の評価を行った。

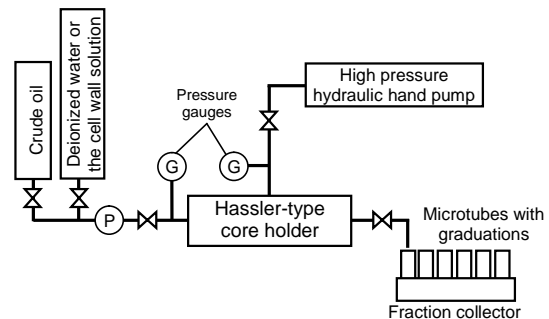


Fig. 1 Schematic image of the core flooding system used in this study

#### (4) 数値シミュレーション

ケミカル攻法を対象とした汎用油層シミュレータ“UTCHEM”を用いて、酵母細胞壁を利用した石油増進回収法の数値シミュレーションモデルを構築し、フィールドスケールにおける有効性を検討した。

### 4. 研究成果

#### (1) 界面張力測定実験結果

酵母細胞壁の添加量を変化させて処理し、測定された界面張力の結果を Fig. 2 に示す。オートクレーブ処理により界面張力が低下し、かつその添加量が増えるに従って界面張力が低下した。添加量が多いほど、酵母細胞壁からの界面活性物質の溶出量が多くなり、界面張力の低下が促進されたと推察される。また、Fig. 3 および Fig. 4 に示すように、処理温度が高く、処理時間が長いほど界面張力が低下する傾向であった。また図には示さないが、石油を添加してオートクレーブ処理した場合の方が、界面張力の低下が顕著に認められた。一方、ヘッドスペースの雰囲気、

塩分の有無、ならびに粒径に関しては、これらの条件によらず、全てにおいて界面張力の低下が認められた。すなわち、酵母細胞壁からの有効成分の溶出に対してこれらの条件は影響しないことが示唆された。

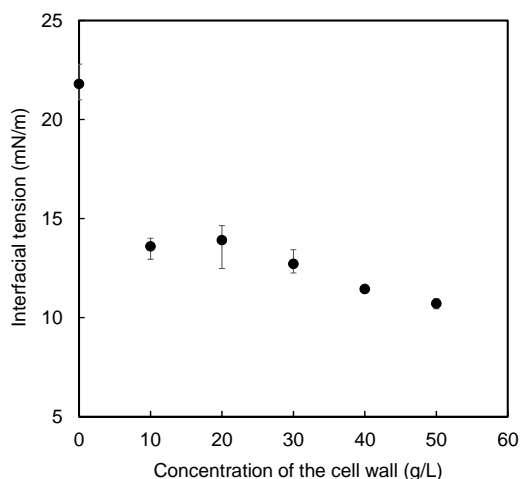


Fig. 2 IFT between the crude oil and the cell wall solution which was prepared with different concentration of the cell wall

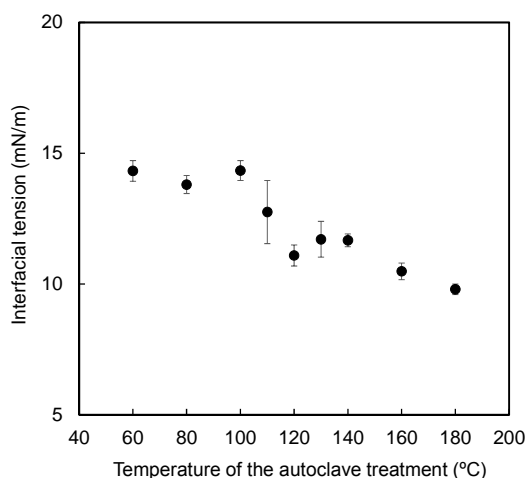


Fig. 3 IFT between the crude oil and the cell wall solution which was prepared with different concentration of the cell wall

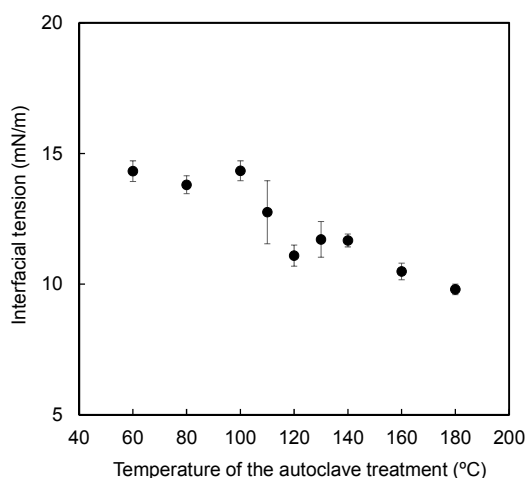


Fig. 4 IFT between the crude oil and the

cell wall solution which was prepared with different hydrothermal treatment temperature

(2) 酵母細胞壁中の界面活性成分の分析結果  
酵母細胞壁から溶出した界面張力低下の有効成分について、リン脂質およびタンパク質の定量結果と界面張力との関係を Fig. 5 および Fig. 6 にそれぞれ示す。これらの成分と界面張力との関係はいずれも高い相関係数の直線関係であり、これらの成分が界面張力の低下に寄与していることが示唆された。

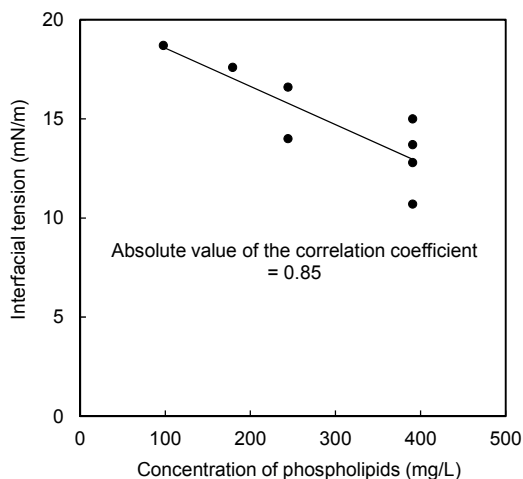


Fig. 5 Relationship between the IFT and the concentration of phospholipids in the cell wall solution

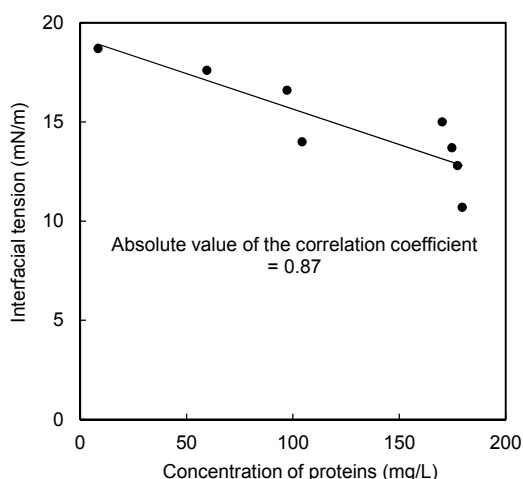


Fig. 6 Relationship between the IFT and the concentration of proteins in the cell wall solution

(3) 石油増進回収実験結果

石油増進回収実験により得られた、各条件での油回収率を Fig. 7 に示す。×印で示された純水のための圧入実験では、水を 4.0 Pore

Volume (PV) 以上圧入しても油の回収効果がそれ以上認められなかったため、石油増進回収実験においてはこれと同様に、あらかじめ純水を3~4 PV 圧入してから酵母細胞壁水溶液を圧入した。これによって高温抽出時に石油添加を行っていない酵母細胞壁水溶液では約 3.7 %の増進回収が、石油の添加を行った酵母細胞壁水溶液では約 6.7 %の増進回収が、それぞれ得られ、酵母細胞壁の高い石油増進回収効果が示された。

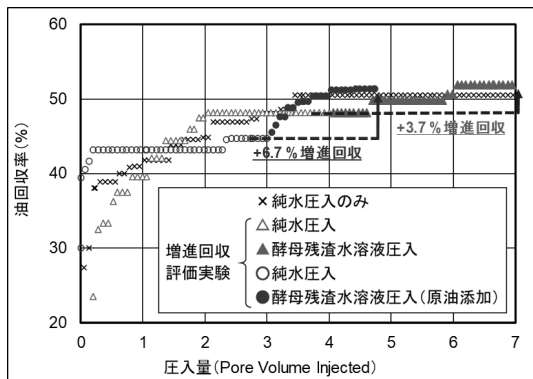


Fig. 7 Recovery factor obtained by the core flooding experiments in this study

#### (4) 数値シミュレーション結果

最後に、上述した石油増進回収実験における流体の流れを一次元と仮定し、その結果を再現可能な一次元シミュレーションモデルを構築した。そのシミュレーションモデルを用いて、実フィールドに近いスケールに拡張した二次元油層モデルにおいて、酵母細胞壁を利用した石油増進回収効果を評価した。この数値実験において、単位酵母細胞壁量に対する増産油量を求めた結果を Fig. 8 に示す。酵母細胞壁圧入量が 0.5 PV で増産油量が最大となり、0.5 PV 以上の圧入量では増産油量が減少する傾向が認められ、酵母細胞壁の圧入量の設定が重要であることが示された。本シミュレーション条件では、酵母細胞壁 1 ton あたり約 11.4 bbl の油が増産できることが明らかになり、高温油層において酵母細胞壁を用いた石油増進回収法が有効であることが示された。

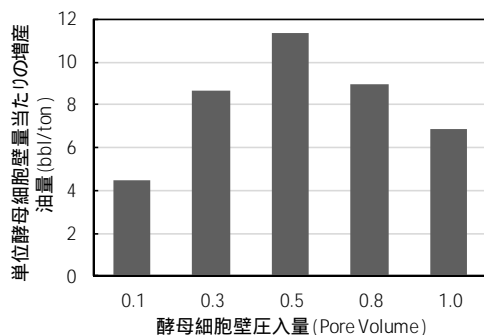


Fig. 8 Enhanced oil recovery for an unit of yeast cell wall injected

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

Yuichi Sugai, Junpei Mikumo, Keita Komatsu, Kyuro Sasaki, Journal of Petroleum & Environmental Biotechnology, 査読有, 8, 3, 2017, 1-6  
DOI: 10.4172/2157-7463.1000329

〔学会発表〕(計2件)

三雲惇平, 菅井裕一, 佐々木久郎, 酵母残渣の加熱溶出液による水-油界面張力低下とそのEOR効果の検討, 平成29年度石油技術協会春季講演会, 2017

三雲惇平, 菅井裕一, 佐々木久郎, 酵母残渣の加熱溶出液を用いた石油増進回収技術に関する基礎的検討, 資源・素材学会九州支部平成29年度若手研究者および技術者の研究発表会, 2017

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

菅井 裕一 (SUGAI, Yuichi)  
九州大学・大学院工学研究院・准教授  
研究者番号: 70333862

##### (2) 研究分担者

( )

研究者番号:

(3)連携研究者 ( )

研究者番号：

(4)研究協力者 ( )