

綿布端切れ繊維から酵素を用いた アルコール（エタノール）製造



奥山 小野 桂 加藤 川上 近藤 在間 城内
高橋 綱島 寺下 富田 平岡 中務 安本

まえがき

植物から採れる糖類やデンプンから作ったエタノールのことをバイオエタノールと言う。ガソリンなどの化石燃料と同じで燃やすと二酸化炭素を排出するが、その二酸化炭素は原料である植物が成長するときに大気中から吸収した二酸化炭素であるため、実質0であると考え、バイオエタノールの製造を研究すれば、二酸化炭素の排出が削減され、地球温暖化を防ぐことにも繋がる。

また、バイオエタノールは、木や植物を原料にして含まれている糖類を酵母などで発酵し製造されている。有名な原料としてサトウキビやトウモロコシがあるが、これらは食物でもあり、大量消費により食糧問題になる。





もくてき

工業の各分野に関する基礎的、基本的な知識を活かしながら、環境に配慮しつつ、高大連携推進のもと、**本校実習で発生する廃棄物（端切れ）の減少**を図るため**繊維を酵素の働きにより糖化し、発酵によるアルコール化**をすることで資源の有効活用を促進する。さらに、残渣として得られた結果からミニプラントの製作を行い、実習の中に取り入れ、製造したアルコールは消毒や掃除用、香料などとして利用する実施を目指す。

昨年度の成果

どの条件で発酵させるか決めた。

インキュベーターと振とう器、4連ホットスターラーで対象実験を行った結果、原料であるジーンズの端切れをより多く溶かしていたため4連ホットスターラーを使うことにした。



4連ホットスターラーとは
温度や回転量を決めれるマグネチックスターラー
のこと

左の写真のように使う。

昨年度の培養条件

4連ホットスターラーの設定 温度65°C (液温50°C)
回転量400rpm
(↑1分間に400回転)

培養液の設定

布を解いたもの 5g
セルライザーACE 1~4mL
pH 4~5付近

使用器具

インキュベーター、マグネティックスターラー、ホットスターラー、ビーカー各種、乾燥機、マイクロピペッター、三角フラスコ、pHメーター、糖度計、アルコール計、ガスクロマトグラフ、マイクロピペット、サンプル瓶、霧化分離装置、水切り器、電子天秤、ろうと、ろ紙、万能型タンク付きホルダー、薬さじ、茶こし、パラフィルム、キムワイプ、ガラス棒、振とう器、オートクレーブ



使用薬品、材料

薬品

酢酸、水酸化ナトリウム、セルライザーACE(酵素)、エタノール、イオン交換水、純水、パン酵母、理大酵母No2,No5

材料

端切れ、端切れ解繊糸 (ϕ 10, 7, 5, 3 mm)

基本条件

水	200mL
原料	解繊糸 Φ 5mm
セルライザーACE	1~4mL
pH	4~5

今年度の実験内容

- 昨年度の培養条件を元にし、水や原料、酵素の量を変えてみる。
- 糖化液を発酵させるのに適した酵母を見つける。
- 発酵液の濃縮。
- 実用化に向けて大容量の実験。

今年度の作業風景について

- ◆ 手作りマスクの作り方(平面タイプ)について
- ◆ 新学期からの集団感染防止のための協力のお願いについて
- ◆ 3月22日以降における新型コロナウイルス感染症への対応について
- ◆ 新型コロナウイルス感染症対策のための一斉臨時休業について
- ◆ 新型コロナウイルス感染症(疑い含む)に関する感染症対策について
- ◆ 2019-2021 岡山県教育委員会研究指定校 スーパーエンバイロメントハイスクール

岡山県立倉敷工業高等学校

学校概要 | 各科紹介 | 部活動 | 進路状況
学校行事 | 事務室 | 新コース | 同窓会

- ◆ 新型コロナウイルス感染症対策のための一斉臨時休業について
- ◆ 新型コロナウイルス感染症(疑い含む)に関する感染症対策について
- ◆ 卒業式等における新型コロナウイルス感染症(疑い含む)への対応
- ◆ ふるさと納税で「倉敷工業高等学校」を応援してください
- ◆ 2019-2021 岡山県教育委員会研究指定校 スーパーエンバイロメントハイスクール

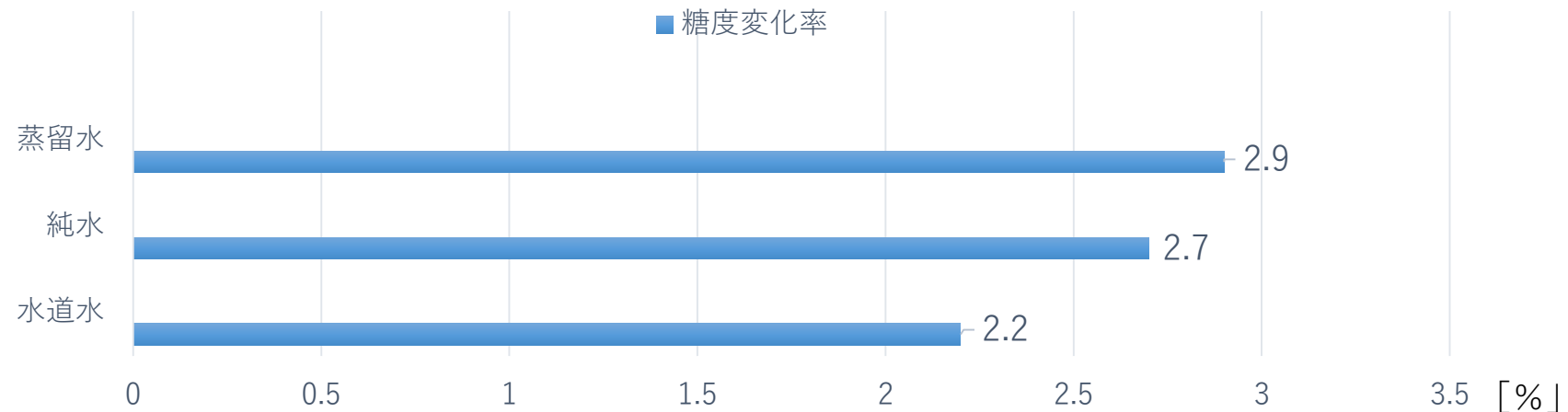
①反応に適した水の実験

実験の結果

水道水 初期のpHは高かった。糖度は他の水に比べて高くならなかった。

蒸留水 pHと糖度の二つは純水とは差がなかった。

純水 pHと糖度の二つは蒸留水とは差がなかった。



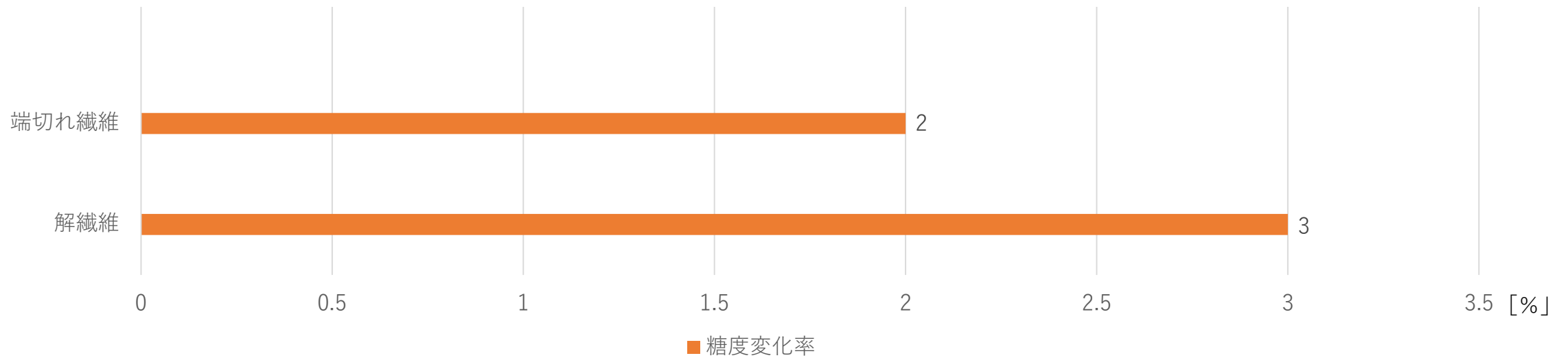
②水の量

水の量 [mL]	糖度 [%]	糖化率 [%]
200	2.4	5.4
150	3	5.25

糖度だけで見ると水の量が150mLの時の方が糖度が高い。しかし、**糖化率**としてはそれほど大きな変化は見られなかった。

$$\frac{\text{糖度から換算したグルコース重量}}{\text{投入した端切れ重量}} \times 100$$

③端切れ繊維と解繊糸の比較



上図から端切れ繊維より解繊糸を使用したとき糖度変化率が大きいため解繊糸を使うことにした。

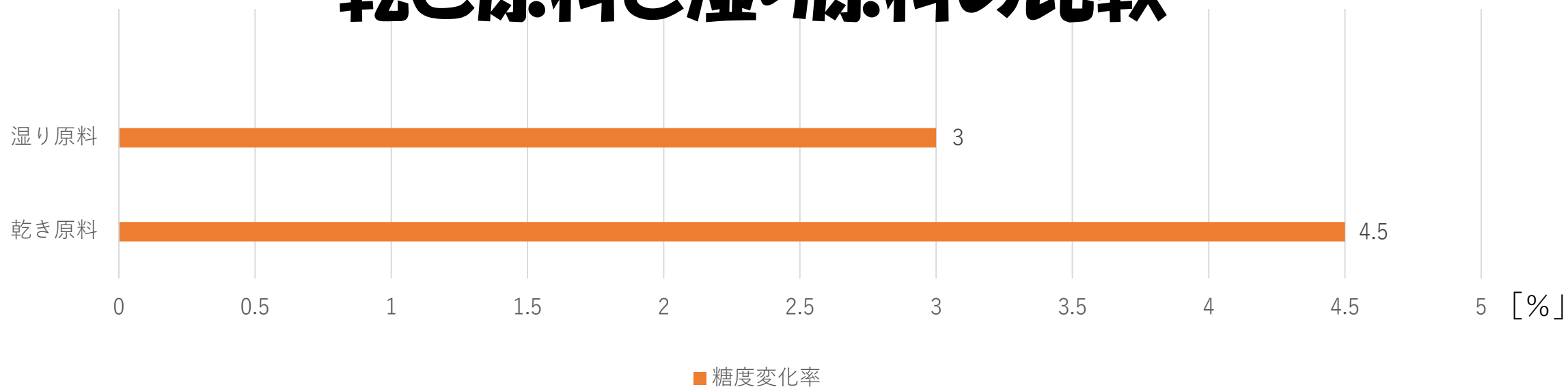


解繊糸



端切れ繊維

④何も処理していない解繊糸の 乾き原料と湿り原料の比較



乾き原料のほうが糖度の変化率が高いので、何も処理していない解繊糸のときは乾き原料を使うのが良い。



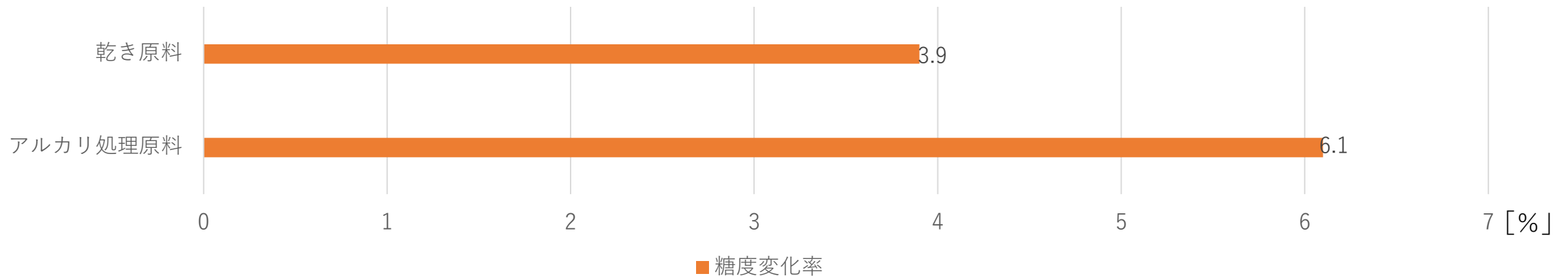
乾き原料



湿り原料

⑤アルカリ処理をしたものとの比較

昨年度では端切れ繊維へのアルカリ処理しか行っておらず、今年度使っている解繊糸でのアルカリ処理はしていなかったため、何も処理を行っていないものと比較した。

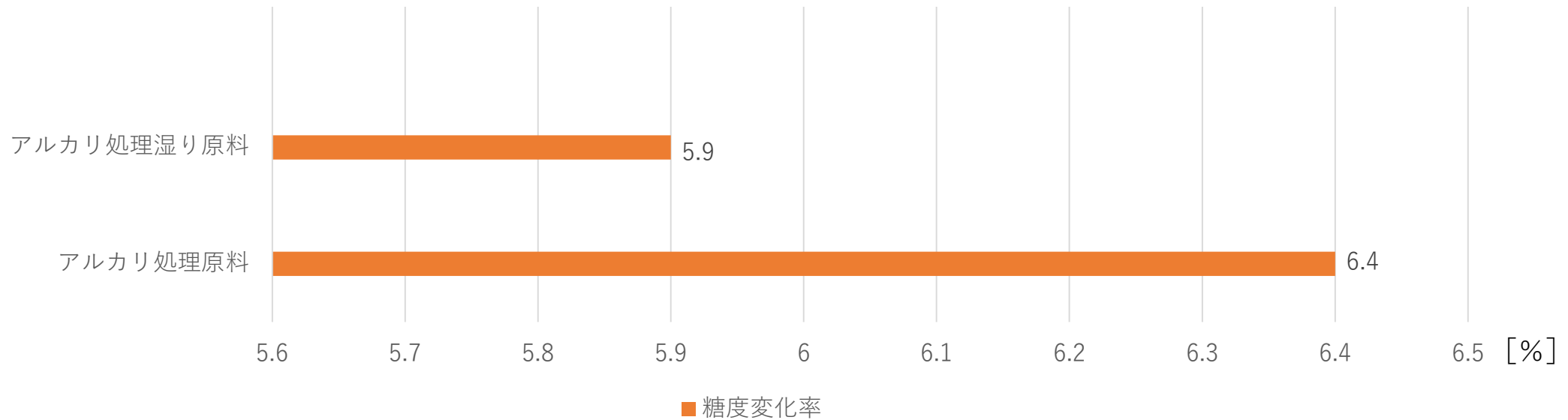


解繊糸の場合でもアルカリ処理をしたほうが糖度変化率が高かったためアルカリ処理の必要性を確認できた。



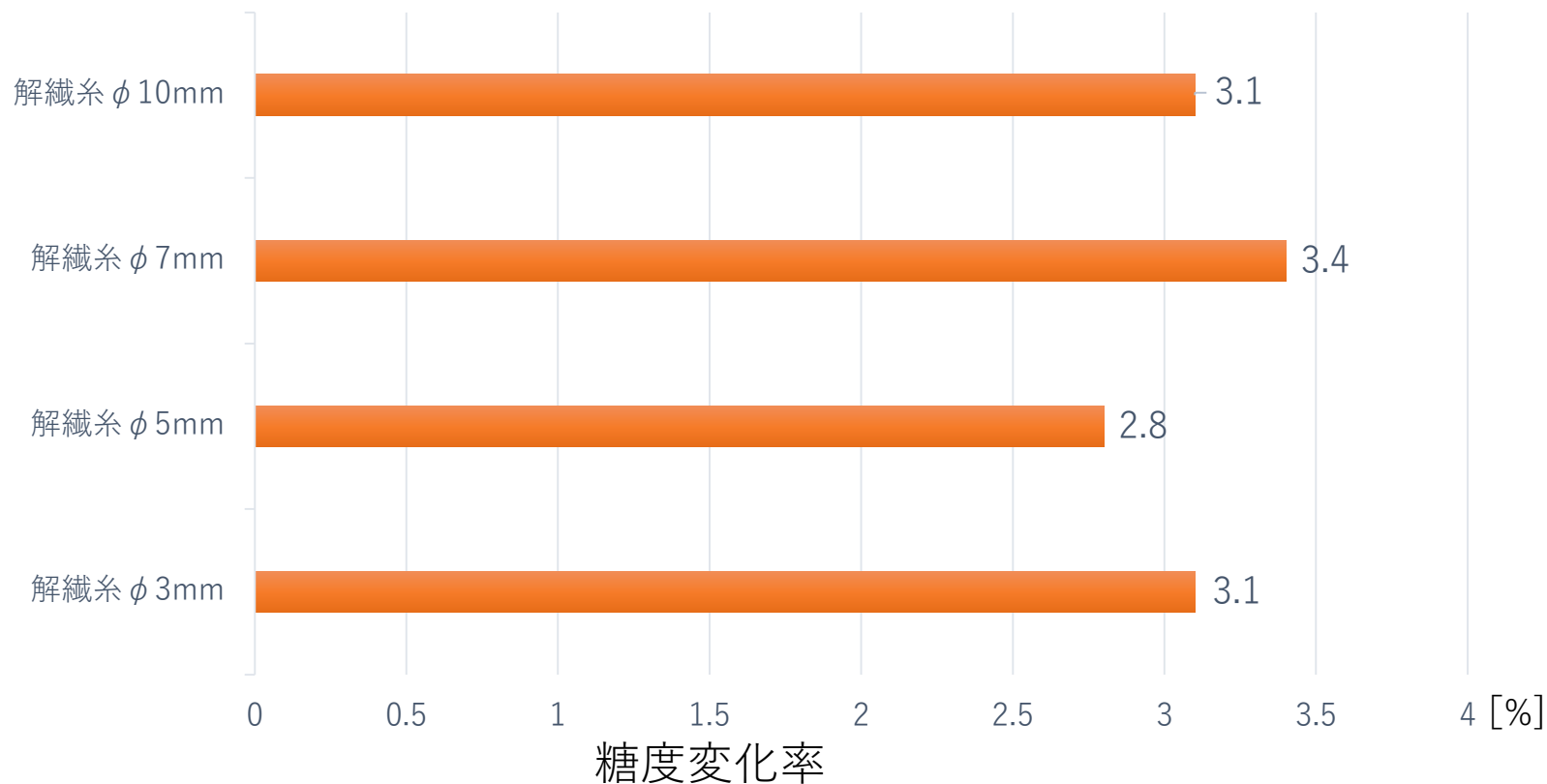
アルカリ処理

⑥ アルカリ処理の乾き原料と湿り原料の比較



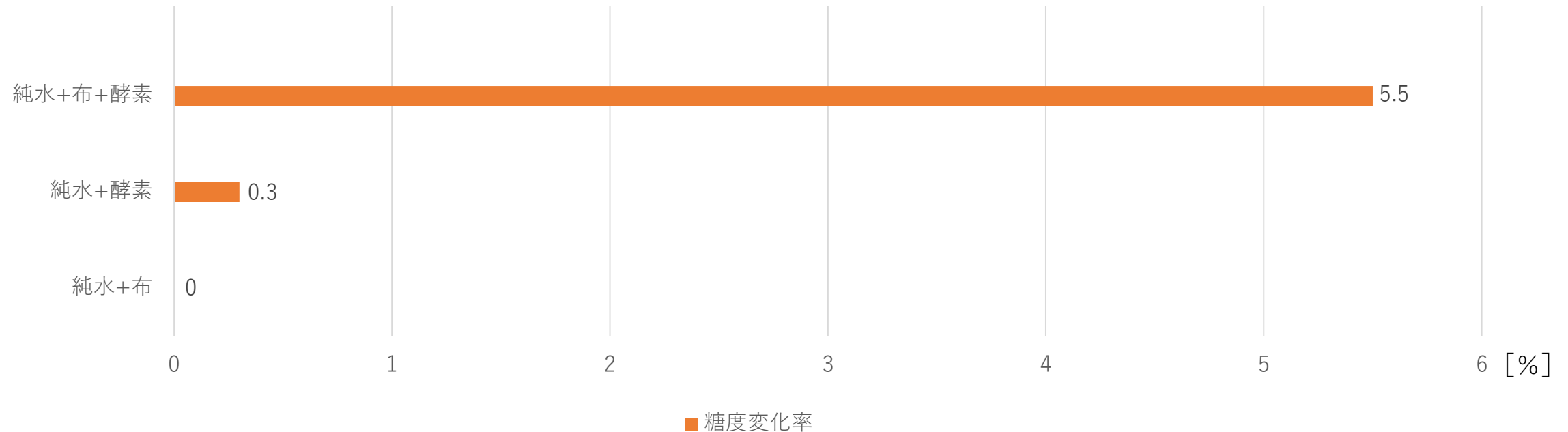
何も処理していない場合と同様に乾き原料のほうが糖度の変化率が高かった
ので、アルカリ処理後も乾き原料を使用することにした。

⑦原料の解繊糸の大きさ



φ 7mmが糖度変化率の数値としては最も高くなった。解繊糸のサイズについては小さくしなくても、布状から綿状になることで一定の効果があることが確認できた。

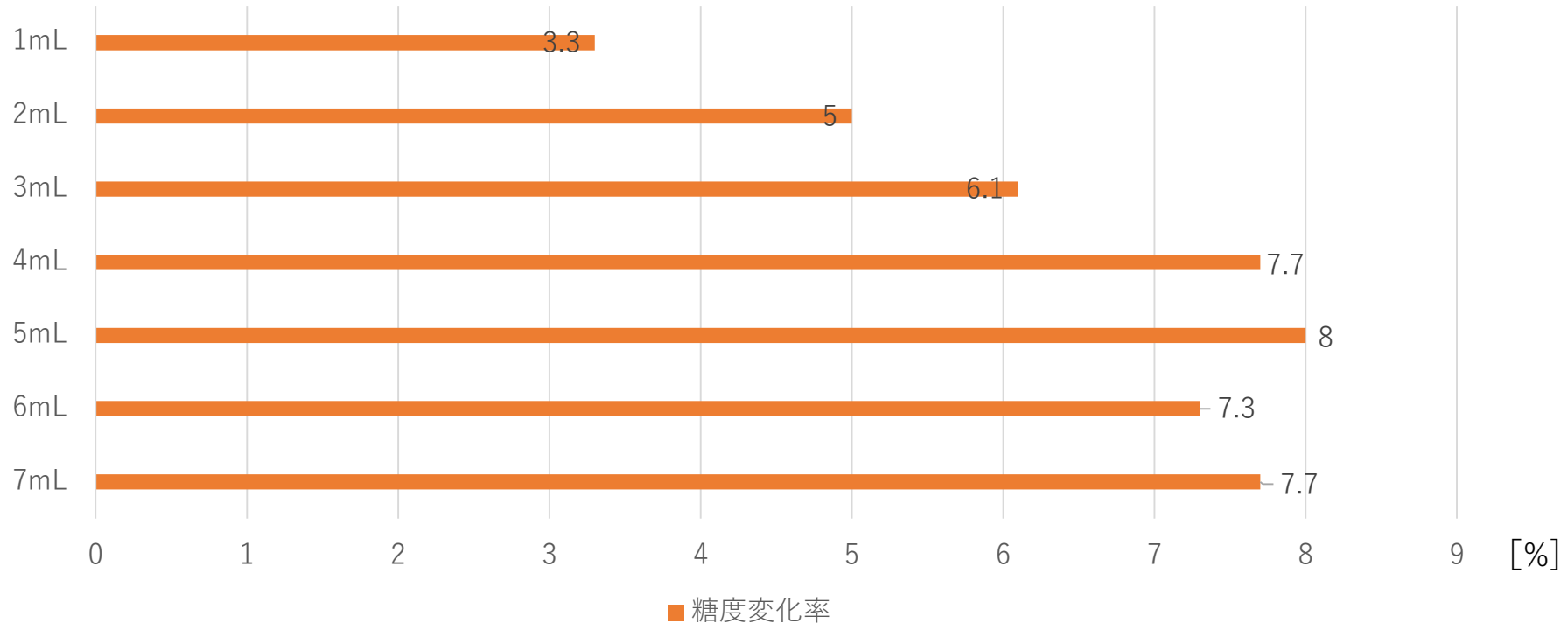
⑧ 布から出る色素に糖が含まれているか？ また酵素に糖が存在するか？



上の図より布から出る色素からは糖が含まれていないことが分かった。
また、酵素は初めに糖度が少しあったが、反応後に糖度が上がっていないことから、糖は含まれていない事が分かった。

⑨ 酵素の量

1～7mLを比較

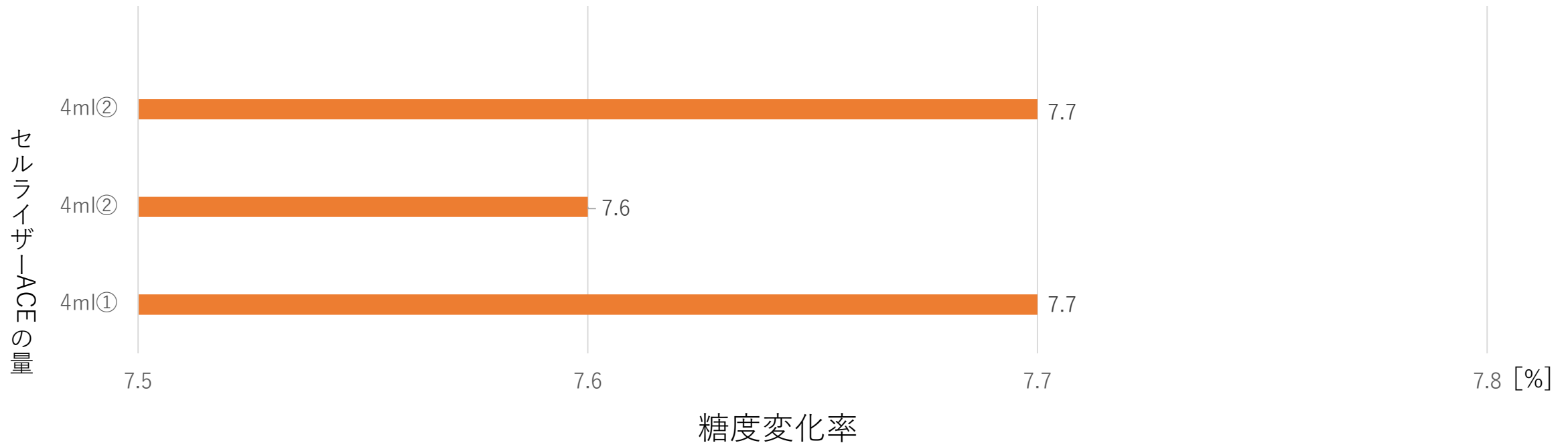


1mL～4mLについては加えるごとに糖度変化率が増えていくが、4mL以上の場合は数値の変化が不安定になるため4mL（原料重量の16%）が良いと判断した。

⑨ 酵素(セルライザー)の入れ方

①では酵素を最初から4mL入れたもの。

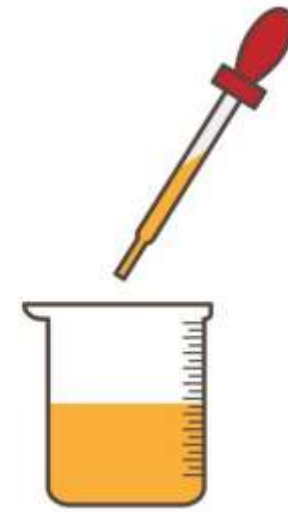
②は最初に1mL入れ一日ごとに1mLずつ追加し最終的に4mLにしたもの。



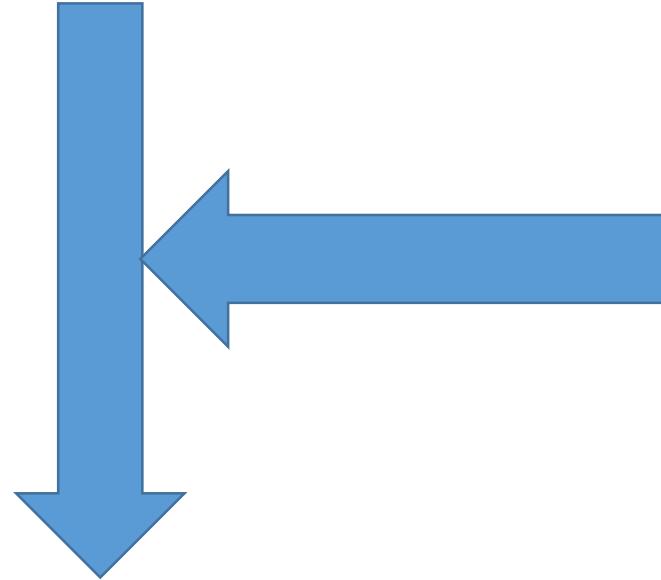
結果としては、大きな差は見られなかった。

自分たちの手間を省くため最初から酵素を入れるほうが良いと感じた。

発酵条件



糖化液を別の三角フラスコへ移す



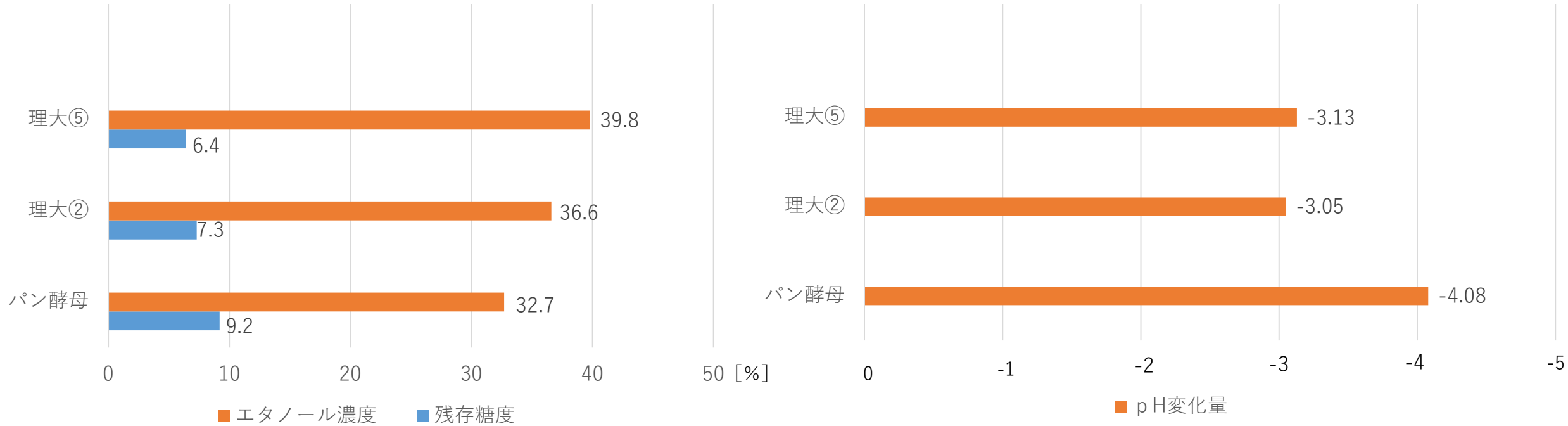
30°Cで1週間培養させる

理大⑤の酵母菌を1日かけて培養させたものを10mLずつ加える

基本的な発行条件は、
温度30°C
酵母添加量10mL（前日から1日培養済み）とした。

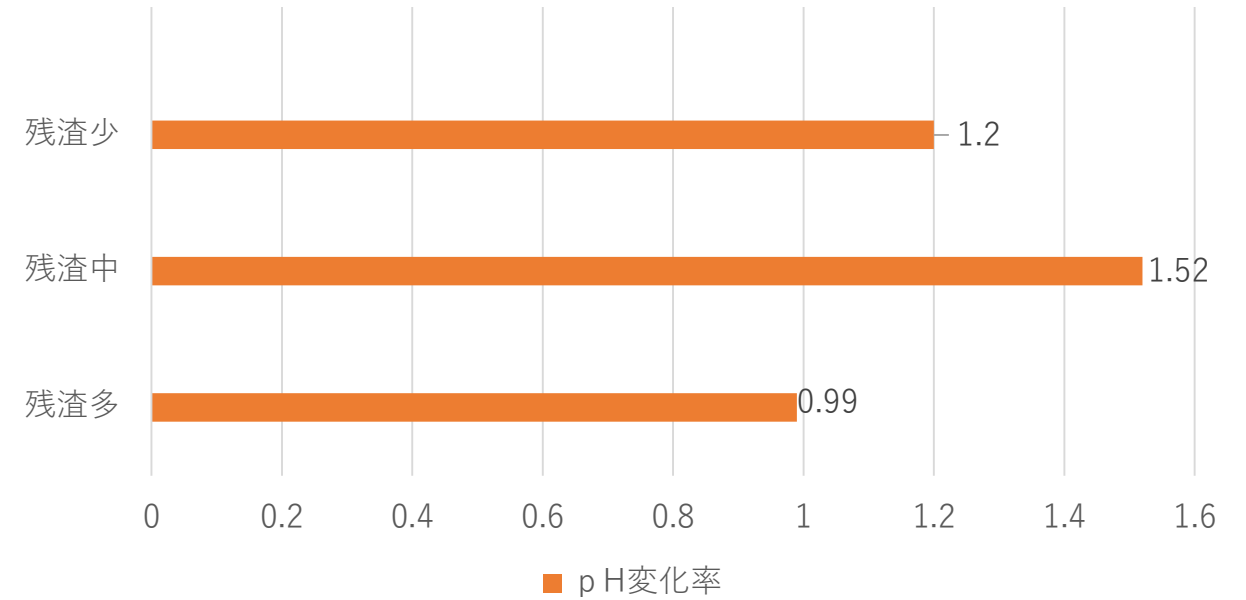
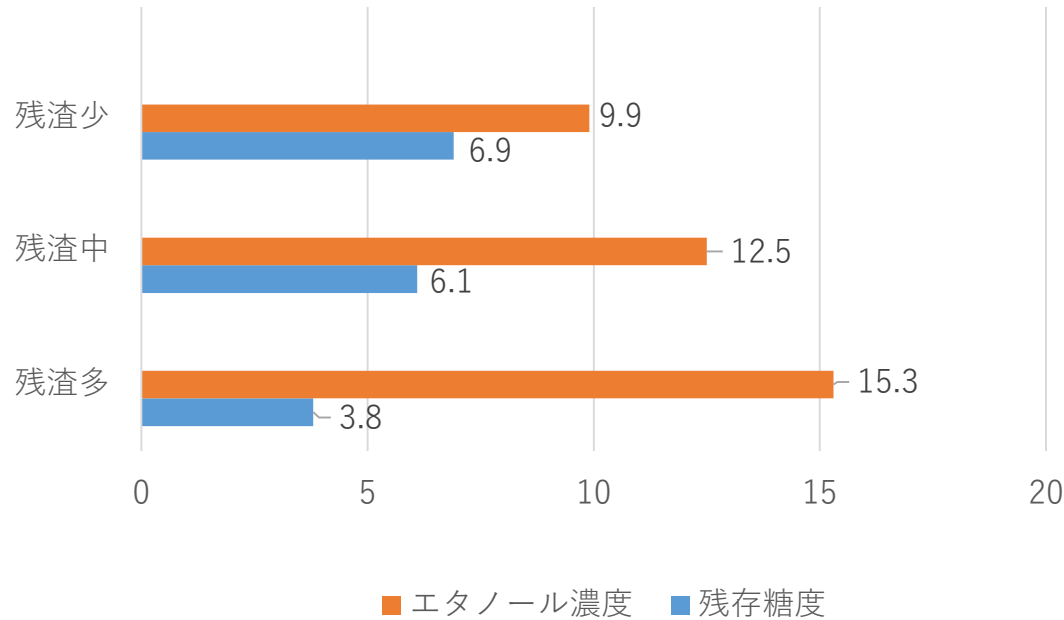
⑩糖化液を発酵させるのに適した酵母を見つける。

パン酵母と理大からもらった酵母を比較



上図の結果から理大No 5 の菌を使用したときのエタノールの濃度がもっとも高いため理大No 5 を使うことにした。

⑪ 残渣の量

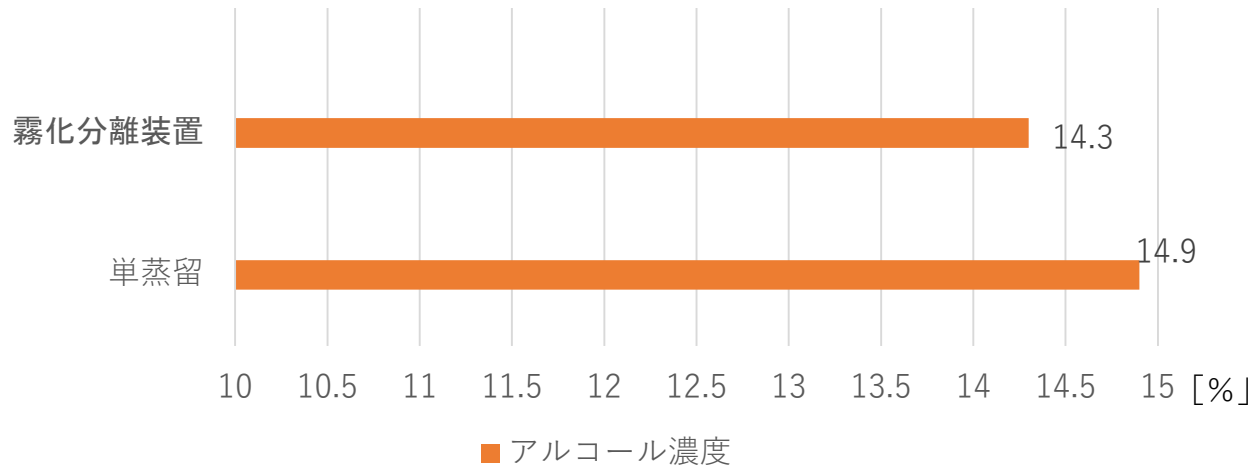


残渣の量を多い、中くらい、少ないで調べた結果、エタノールの濃度が一番大きくなったので残渣は多いほうがいい。

図 糖化反応後の残渣の様子



⑫ アルコール濃縮



単蒸留は残渣が多いと突沸することが多いため安全に濃縮することが難しく、霧化分離装置は安価なものではミスト化したアルコールの回収が大変難しい。



図 単蒸留



図 霧化分離装置



図 GC分析結果 (アセトンとの相対値)



⑬人工ゼオライト膜の利用

東岡山工業高校では、雑紙からエタノールへ！



初期値（重量％）	初期値（GC分析）	モレキュラーシーブによる脱水後（GC分析）
80％エタノール溶液	88％	114％
90％エタノール溶液	97％	117％

ガスクロマトグラフによる分析結果が正確な数値でないため、再度検証する必要があるが、脱水による濃縮は出来ているように見える。

また、アルコール濃度が10％程度の場合、溶液中の水の割合が多いためかほとんど濃度に変化は見られなかった。

⑭発酵液と残渣の分離

昨年度までの残渣は原形が残っているものも多く比較的分離しやすかったが、今年度の残渣は泥のような状態のため吸引ろ過やタンク付きホルダーによるろ過ではフィルターが目詰まりしてしまい分離することはできなかった。



図 吸引濾過



図 タンク付きホルダー



図 ろ過後のフィルター

まとめ(今回の最適化された条件)と考察

端切れ→布用シュレッダーによる解繊 (M科製作中) →
アルカリ溶液による前処理→中和 (酢酸) →セルライ
ザーACEによる糖化 (50°C~60°C、pH4~5、原料
の重量の16%の量、水は純水) →残渣そのままに理大
No5 (前日から1日培養) を溶液の5%量加え30°Cで
1週間発酵→残渣と分離 (残渣はT科で再利用) し濃縮
(蒸留、脱水剤…など)

感想

- 6番 奥山 未悠

1つ1つ条件を変えて同じ作業を繰り返したり、作業をしていく上で新たに課題に直面するなど研究の難しさをこの課題研究を通して、工業化学科らしい研究に携わることができた良い経験になったと感じました。

- 7番 小野 真輝

この研究を通して学んだことは、考えることそして実行していくことと乗り越えるための大切さを確認すること、また改めた。壁に当たった。壁を乗り越えるための大切さを確認すること、また改めた。壁に当たった。壁を乗り越えるための大切さを確認すること、また改めた。

- 8番 桂 綜志

僕はこの課題研究を通して責任感を得ることができました。自分の行動一つ一つが他の人への良い結果につながるのを感じました。自分より良い結果を出すのに頑張ってください。

- 9番 加藤 優弥

この研究を通して、自分で気づいたことや、改善点に対して、すすんで発言することの大切さを学ぶことが出来ました。みんなが発言し合うことで、様々な観点から物事を見ることができ、研究を通して成長することが出来た。

- 12番 川上 大輝

最初は自分がちゃんとできるか心配だったけど、最後までしっかり自分ができるところをすることができた。この課題研究では細かい作業など精密な操作が必要だったのでそのおかげで集中力などが培えたと思います。この課題研究を選択してよかったと思いました。

- 14番 近藤 耕平

この研究を通して最初は目標ができず悔しい思いをすることがあったが目標を達成するにつれ目標達成感と仲間と協力することの大切さを改めて知った。データ整理が大変でした。

- 15番 在間 悠徒

完璧な結果を出すことが出来ませんでしたでしたが、学んだことが多かったのととても良かったです。大変だとは思いますがこの研究をお願いします。

- 17番 城内 遥杜

今回の課題研究で、普段の実習では学べないこと、そしてなかなか良い結果にたどりつけないと化学の難しさを知ることができました。

- 20番 高橋 幸翼

課題研究を通じて今まで知らなかった知識を学ぶことができました。難しいこともありましたがみんなで協力して作業をしていく中でいろいろ達成でき良い経験になったと思います。

- 24番 綱嶋 大祥

最初は自分にできるか心配でしたがとても良い経験が出来たと感じました。この課題研究で集中力を培うことができたと思いました。とても充実した研究でした。

- 25番 寺下 大稀

普段使用しないような器具や体験しないようなことができたのでとても充実した課題研究にすることができました。

- 26番 富田 人羽

このSEHを通して、化学のことに深くかかわることができましたし、とてもやりがいがありました。来年はテクノフォーラムの発表があると思うので頑張ってください。

- 27番 中務 海聖

結果がわからないなかで自分たちで考えて目標を達成させるという今まで体験できなかったことを経験できてよかったです。

- 30番 平岡 駿

今回のSEHを通して、授業や実習でやってきたことが自分にどれだけ身についていないか実感させられました。

- 37番 安本 篤司

いつもしている実習よりも緻密な計算や実験がとても多く大変でしたが、貴重な経験になりました。来年度のみなさん頑張ってください！

ご清聴ありがとうございました

