

## 神奈川県立平塚江南高等学校

多様な他者と協働して新たな価値を創出し、社会に貢献する科学的探究者の育成

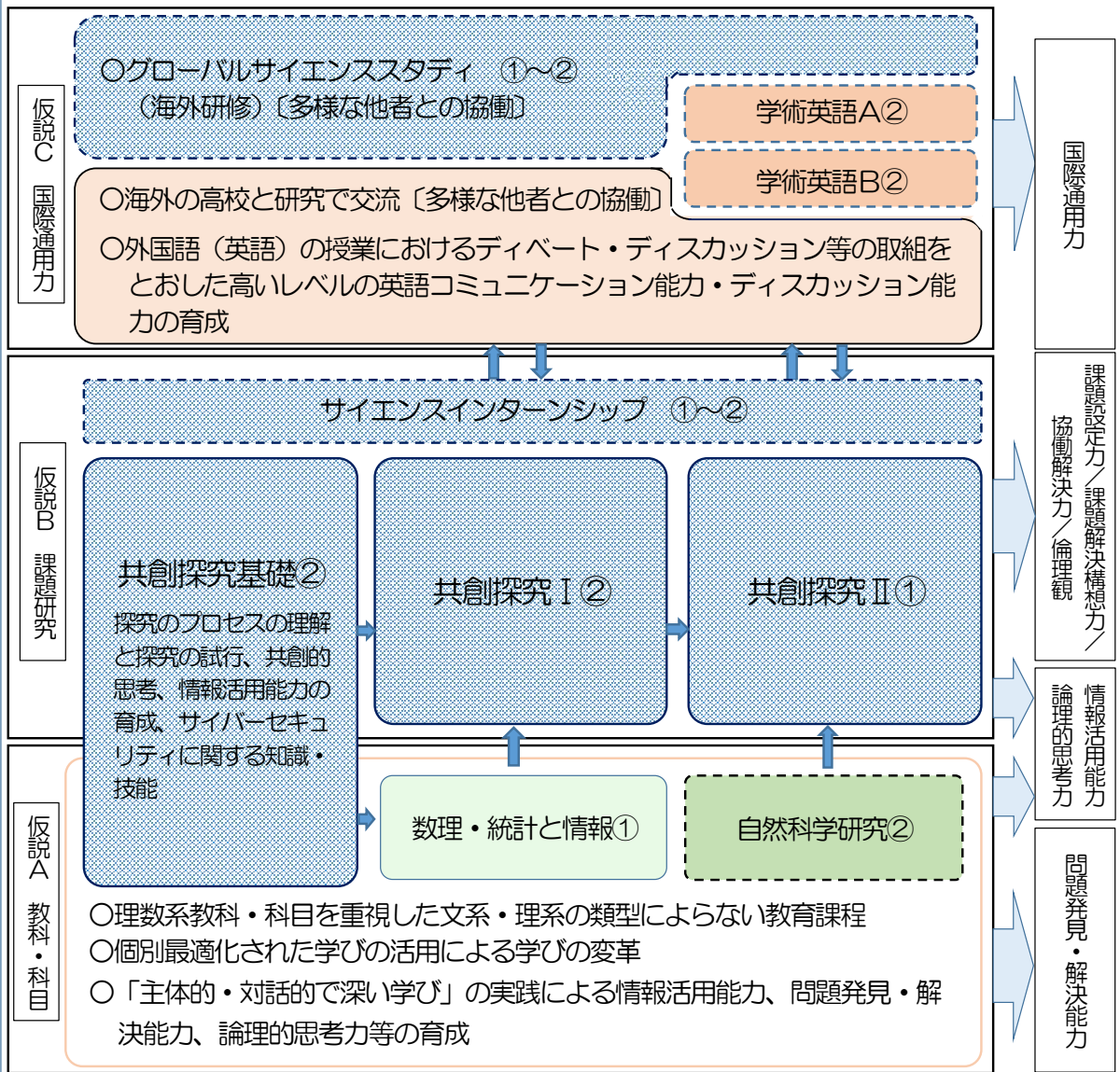
《めざす生徒像》 困難に果敢に挑み、感性を磨き、世界を変えていく高い志を持った生徒

《育成を目指す資質・能力》

海外との交流等で育成 **国際通用力**

課題研究等横断的な学びで育成 **課題設定力 課題解決構想力 協働解決力 情報活用能力 論理的思考力 倫理観**

教科等の学びで育成 **情報活用能力 論理的思考力 問題発見・解決能力**



探究の過程・学び方の習得  
知ることを意識した学び  
《1年》
活用・探究を  
意識した学び  
《2年》
学問を意識した学び  
《3年》

探究を中核とした教科横断の学び・個別最適化された学びによる学びの変革



# バイオエタノールの培養方法の比較

0205 神奈川県立平塚江南高等学校

## 【背景・目的】

地球温暖化対策としてバイオ燃料に興味を持ち、その生産をより現実的なものにするために培養方法の観点から効率化を目指した。ショ糖を使用し、一定時間内により多くのエタノールを生成できる方法を考え、将来的に果実の非可食部でのエタノール合成を目指す。

## 【実験目次】

- 実験Ⅰ** ビーズ型のバイオリアクターを用いた培養方法の比較
- 実験Ⅱ** バイオリアクターの浮き上がりを防ぐ培養方法について
- 実験Ⅲ** バイオリアクターの「使用回数」による検証
- 実験Ⅳ** バイオリアクター作成からの「経過日数」による検証

## 【材料】

5%ショ糖水溶液 200mL  
バイオリアクター 50g

## 【バイオリアクターの作り方】

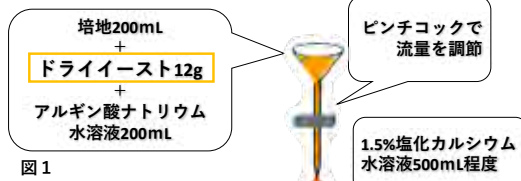


図1



図2：バイオリアクター

表1：連続培養用培地

Glucose	100g/L
Yeast Extract	1.5g/L
Citric Acid	2.5g/L
NH <sub>4</sub> Cl	2.5g/L
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	1.0g/L
NaCl	1.0g/L
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0.25g/L

## 【実験方法】

45°C



図3

## 【結果】

- 実験Ⅰ** 発生するCO<sub>2</sub>の泡でバイオリアクターが浮き上がることが結果を左右する
- 実験Ⅱ** バイオリアクターが浮き上がらなければ攪拌培養が一番良い
- 実験Ⅲ** 使用回数を重ねるとバイオリアクターの活性は落ちる
- 実験Ⅳ** 作成からの経過日数により活性は落ちる

## 【実験Ⅰ】

ビーズ型のバイオリアクターを用いた培養方法の比較

## 【仮説】

フラスコの内部にはたらしかけることのできる攪拌培養が最も効率が良い。

## 【方法】

下記の4種を比較した。

培養方法A	静止培養、攪拌培養、振盪培養(往復式)、振盪培養(シーソー式)								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>静止</th> <th>攪拌</th> <th>往復式</th> <th>シーソー式</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	静止	攪拌	往復式	シーソー式				
静止	攪拌	往復式	シーソー式						

図4：培養方法

## 【結果】 静止培養が最も効率良かった

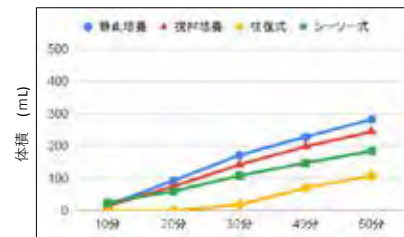


図5 培養方法A：発生した二酸化炭素の累計体積

## 【考察】

- ・バイオリアクターが二酸化炭素とともに浮いていた
- ・バイオリアクターと培養液が接している状態でのみ発酵が行われる
- ・浮き上がりが効率落ちる原因ではないか
- ・攪拌だけでは沈めることができない
- 別の工夫が必要

## 【実験Ⅱ】

バイオリアクターの浮き上がりを防ぐ培養方法について

## 【仮説】

最も浮き上がりを抑えられる方法が最も多くエタノールを生成できる。

**【方法】**

バイオリアクターの浮き上がりを防ぐ工夫をした下記4種を比較した。





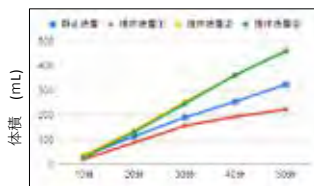
培養方法B	静止培養 (ネットで1つにまとめ棒で押さえた) 攪拌培養① (攪拌子を含めネットで1つにまとめた) ② (ネットを被せおしをのせた) ③ (ネットと硬いプラ板を組み合わせたものを被せた)		
<b>静止</b>	<b>攪拌①</b>	<b>攪拌②</b>	<b>攪拌③</b>
			

図6：培養方法

**【結果】**



攪拌培養②、③が最も効率良かった。

図7 培養方法B：発生した二酸化炭素の累計体積

**【考察】**

押さえつけたことで効率が大きく改善され、静止よりも攪拌の方が効率良かった。  
 →浮き上がりを防ぐことが最も重要

約9か月間行った研究では結果にばらつきが見られることがあったので、バイオリアクターの活性について検証した。

**【実験Ⅲ】**

「使用回数」による検証

**【検証方法】**

同じバイオリアクターを1~5回使用し、これらの二酸化炭素発生量を比較した。

**【仮説】**

バイオリアクターの使用回数は活性の低下に関係はなく、二酸化炭素発生量は変化しない。

**【結果】**

- ・3回目から5回目にかけては、傾きが等しく、回数を重ねるごとに発生量が減少している。
- ・2回目は1回目と比べ、急激に発生量が減少した。

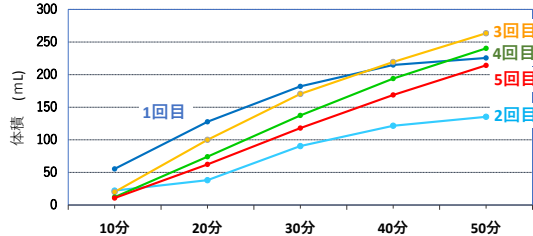


図8 使用回数による二酸化炭素の累計体積

**【参考文献】**

- 浦川洋平、柿原聖治「身近なものを使ったバイオリアクターの教材化」岡山大学教育実践総合センター紀要、第8巻(2008)  
 澤内大樹、坂本有希、高橋治、佐藤真里、八木一正「リンゴによるバイオエタノール合成および教材化への応用」科教研報Vol24 (2009)  
 小野寺美佳、山田緑、矢野慎、杉本将英、肥田野豊、長南幸安「バイオリアクターを用いたアルコール発酵」弘前大学教育学部紀要 第105号(2011)

**【考察】**

- ・2回目の実験を行った日は、他の実験を行った日と違い、気温が低い雨の日だった。主な要因は気温が考えられる。
- ・3回目以降、発生量が同程度ずつ減少しているの、回数を重ねるごとに活性が低下すると考えられる。
- ・傾きの違いは発酵の温度の低下や、バイオリアクターの浮き上がりなどが要因だと考えられる。

**【実験Ⅳ】**

作成からの「経過日数」による検証

**【検証方法】**

バイオリアクター作成日から5日、10日、15日、20日経過したものの二酸化炭素発生量を比較した。「使用回数」は1回目で揃えた。

**【仮説】**

バイオリアクター作成からの「経過日数」を重ねるごとに、活性が低下し、二酸化炭素発生量は減少する。

**【結果】**

5日目を除き、10日目から20日目にかけては、傾きが等しく、経過日数を重ねるごとに発生量が減少している。

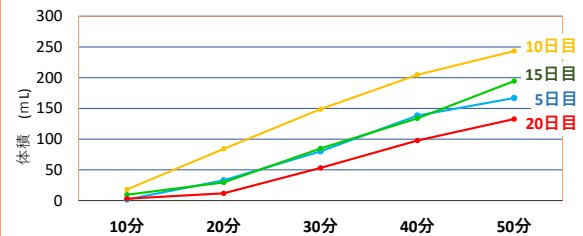


図9 経過日数による二酸化炭素の累計体積

**【考察】**

- ・5日目は、使用回数の2回目と同様の理由で活性が低下したと考えられる。
- ・10日目以降、発生量が同程度ずつ減少しているの、日数の経過につれて活性が低下すると考えられる。

**【全体の考察】**

- ・バイオリアクターの浮き上がりを防ぎ、培養液とともに攪拌すると効率が改善される。
- ・バイオリアクターは、使用回数と経過日数を重ねると、活性が低下すると考えられる。また、気温が気圧が低いときは活性が低下する傾向がある。

**【最良のバイオリアクターの条件】**

作成したてのバイオリアクターを用いて、浮き上がらないようにした状態で攪拌して発酵させること。

**【課題】**

- ・バイオリアクターの作り方や、作成時の気温など、他の要因が関係している可能性もある。
- ・実験時間1~数日単位等の長時間での結果は未確認。

**【展望】**

先行研究では、糖濃度が15%だったが、5%でも十分にアルコール発酵が行われることが分かった。今回の実験により、果物の非可食部を使用したバイオエタノール合成実用化の可能性が高まった。



令和4年度 生徒の活動の記録

1年生「共創探究基礎」の授業の様子

左) 単元「問いを立てる」 それぞれが立てた「問い」をタブレットで発表し、相互評価  
右) ～単元「思考の発散と収束」 ホワイトボードと付箋を用いてアイデアを絞り込む



2年生「共創探究Ⅰ」の授業の様子

上左) 「モノから見た世界史」輪読の準備 上右) 「生物学」培養用培地の分注  
下左) 「実験と検証」外部講師による実験と講演  
下右) 「バイクと車社会」工業高校で指導助言と試験の計測

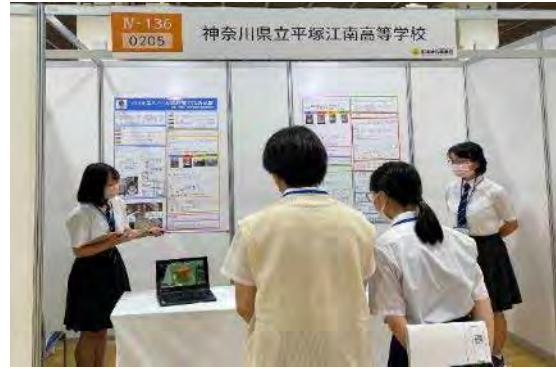


3年生「共創探究Ⅱ」の成果発表会の様子。各教室に分かれ、2年生は対面、1年生はオンライン視聴





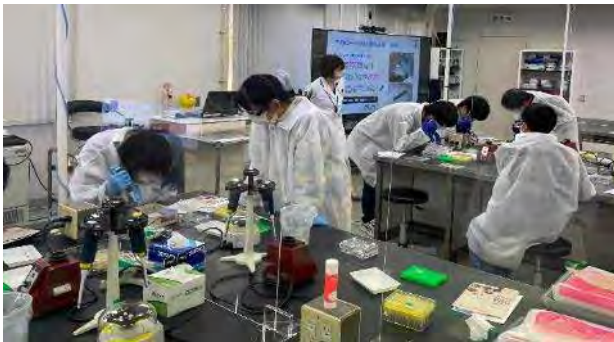
全国研究発表会での本校生徒発表  
 左) 校内での発表会練習      右) 神戸国際展示場での発表の様子



サイエンスインターンシップ「博物館学芸員体験」  
 (県立生命の星・地球博物館)での哺乳類実習



サイエンスインターンシップ「ツクバイオ」  
 上左) かずさDNA研究所実習  
 上右) 宿泊先のホテルで行われた訪問先の  
 事前学習相互発表  
 下左) KEK訪問事前学習の講師による説明  
 下右) NIMS訪問、本校卒業生が講演し  
 施設見学も付き添い





グローバルサイエンススタディ「事前学習」(校内)の様子



グローバルサイエンススタディ「現地実習」(シンガポール)の様子

