

とやま科学オリンピック 2016

生 物

(高校部門)

2016年8月11日(木)

時間: 9時45分～12時15分(150分)

注意事項

1. 指示があるまで、問題冊子を開かないで、以下の注意事項をよく読むこと。
2. 問題は1から3まで、5ページにわたって印刷してあります。
3. 机の上には、筆記用具、定規、電卓(計算機能のみのもの)、時計(時間計測のみのもの)とし、電子辞書およびインターネットに接続できる端末の使用は認めない。
4. 解答はすべて解答用紙に記入し、解答用紙だけを提出すること。
5. 参加番号を解答用紙の決められた欄に記入すること。
6. 途中で気分が悪くなった場合や、トイレに行きたくなった場合は、すぐに申し出ること。
7. 実験はチームで協力して行うこと。他のチームの実験操作を参考にしてはいけない。
8. 実験にあたっては、周囲の人の安全に十分に注意すること。
9. 実験中に器具が故障・破損したり、けがをしたりした場合には速やかに申し出ること。

みなさんの健闘を期待しています。

富山県 富山県教育委員会

はじめに

富山県は、神通川をはじめ数多くの河川が流れ、そのはたらきにより沖積平野や扇状地が発達している。その流域では、それぞれの地形や気候にあわせて、様々な農作物が栽培されている。例えば、沖積平野や扇状地の発達した庄川や小矢部川流域では、主に水稲が栽培され、奈良時代から東大寺の荘園が経営されたり、豊富なコメを材料にした酒蔵が現在も多く残ったりするなど、稲作に大きく影響された生活様式となっている。また、魚津をはじめ、東部や南部の水はけの良い丘陵地や扇状地では、明治時代からリンゴ、ナシ、ブドウといった果樹栽培がはじまり、高品質な生產品や付加価値の高い加工品の生産に取り組むことで新たな産地として全国的にも評価されている。

また、冬季の降雪や適度な気温、湿度といった環境は微生物にとって好適な環境といえ、^{こめこうじ}米麴を使う発酵食品の製造が盛んになった。富山平野のコメや富山湾の魚介類という豊富な原材料からは味噌や麹漬け、山間部の降雪を水源とする豊富な伏流水や湧水からは日本酒や地ビールなどが挙げられる。

これらの食品、例えば「かぶらずし」や「ますのすし」は、食品の長期保存技術のひとつであったものが、有名な「おみやげ」として、そして富山の生活・歴史・文化の「象徴」として広く知られており、このような例はいくつもある。

このように、地勢や気候による生物の成長や活動の数々は、農林水産業をはじめ多くの産業をとおして地域の生活習慣や文化をかたちづくる要因となっているのである。

1 発酵食品に使われる微生物の観察

微生物は肉眼で観察することは非常に難しいが、顕微鏡を使って観察することができる。分類上は、極めて広範囲にわたる分類群を含み、真正細菌、古細菌、真核生物に大別され、ごく小型の動物も含まれる。

そして、多くの発酵食品は1種類の微生物によってではなく、複数の微生物の働きによって作られていることが多い。発酵に関わる微生物を実際に光学顕微鏡で観察してみよう。

【観察材料】

乳酸菌(ヨーグルト)、コウジカビ(米麴)、納豆菌(納豆・培養液)、酵母菌(培養液)

【実験器具】

顕微鏡、スライドガラス、カバーガラス、ピンセット1本、スポイト3本、柄付き針1本、点眼びん(水を入れたもの)、接眼マイクロメーター(接眼レンズ内に設置済み)、ガーゼ、ろ紙などの検鏡用具

【観察手順】

- ① 液体中に微生物が浮遊していることが多いので、液体を数滴取り、プレパラートを作製する。固形物のみの場合は、固形物をスライドガラスにのせ、蒸留水を数滴落とし、プレパラートを作製する(固形物は取り除く)。
- ② プレパラートをステージにのせ、観察対象がステージ孔の中央にくるようにし、クリップでとめる。
- ③ 横から見ながら対物レンズをプレパラートに近づける。
- ④ 接眼レンズを覗きながら対物レンズを遠ざけ、ピントを調節する。なお、接眼レンズは15倍で、中に接眼マイクロメーターが入っている。
- ⑤ それぞれの微生物を、対物レンズを低倍率のものから高倍率のものに交換し観察する。

【実験考察】

- 1 a. 乳酸菌、b. コウジカビ、c. 納豆菌(納豆)、d. 納豆菌(培養液)、e. 酵母菌の細胞を観察し、以下の問いに答えなさい。
 - (1) a～eのそれぞれの微生物を適切な倍率で観察したものをスケッチし、①微生物の種類、②観察したときの顕微鏡の倍率、③個体の大きさ(長径)が何 μm か、④長さを示したスケールを右下に記入しなさい。

なお、接眼マイクロメーター1目盛りの長さは、接眼レンズ15倍、対物レンズ40倍のとき、 $2.5\mu\text{m}$ とする。
 - (2) a～eを顕微鏡で観察した結果、それぞれの微生物に見られる形態および構造上の特徴について、具体的に記しなさい。(例：単細胞か多細胞か、細胞の大きさや形、運動性の有無など)

2 微生物の生命活動についての実験

生命現象を工業生産に応用した技術をバイオテクノロジーとよび、従来は食品加工の分野で多く使われていた。近年は、この技術が医療や環境、工業材料といった広い範囲で利用され、有用な物質を少ない環境負荷のもと、効率的に大量生産することが一般的となっている。

バイオテクノロジーをつかった材料生産の例として、いくつかを挙げる。医療用品としても使われる甘味料のキシリトールは、農業廃棄物のトウモロコシの芯を材料にして中国などで多く生産される。日本はこれらを輸入し、食品として加工・利用している。また、日本ではミドリムシの大量培養に取り組む企業がある。ミドリムシは栄養源としてだけでなく、 CO_2 削減をとおしての環境改善にも有用だと考えられている。

バイオテクノロジーの発展は材料生産をとおして、農業や工業だけではなく、経済や環境にも大きな影響を与えているのである。

今回は、バイオテクノロジーに関連の深い微生物として酵母菌を用い、その実験をとおして微生物のはたらきについて考察する。

【実験材料】

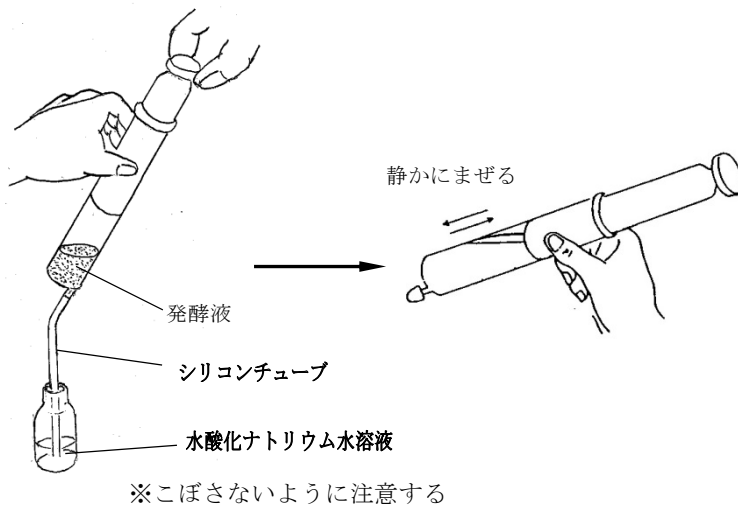
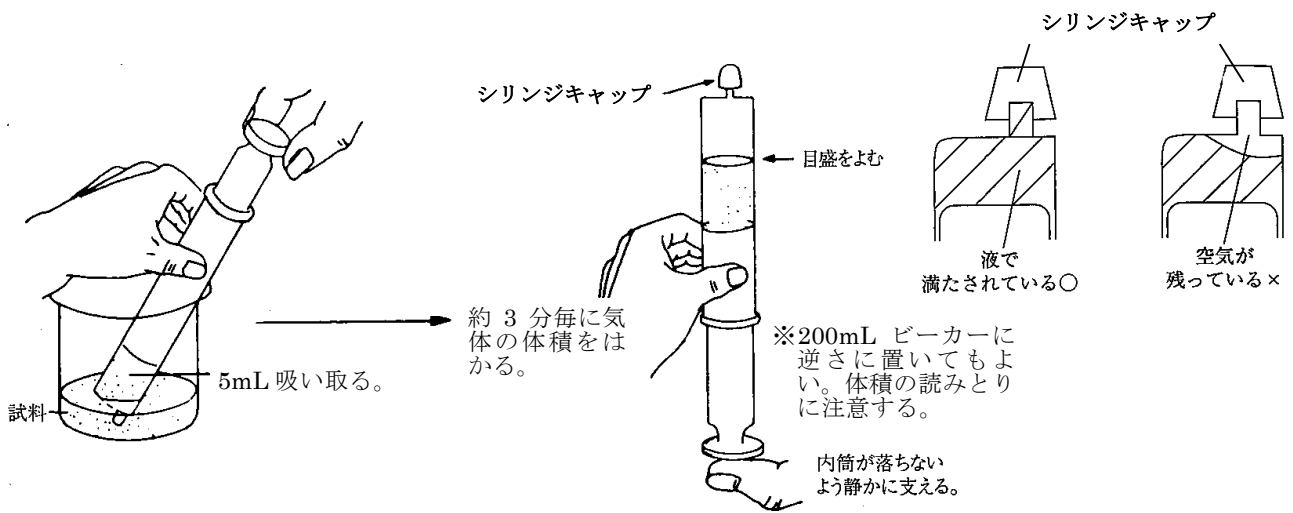
酵母菌(4g・チャック袋入り)4袋、蒸留水(※1)、20%グルコース水溶液(※2)、20%スクロース水溶液(※3)、20%マルトース水溶液(※4)、3%水酸化ナトリウム水溶液(※5)、注射器(20mL)3本、ビーカー100mL 4個・200mL 1個、シリンジキャップ、シリコンチューブ、メートルグラス、スプーン、ラベル

※1～4の蒸留水、各溶液はそれぞれ容器の中に50mLずつ入っている。

※5の溶液は容器の中に4mL入っており、水酸化ナトリウム水溶液が体に付着した場合は水で洗い流す。

【実験方法】

- ① 容器の中の蒸留水、グルコース、スクロースおよびマルトースの各水溶液を100mLビーカーに50mLずつ取り、それぞれに酵母菌4gを加え、ダマにならないよう、また濃度が均一になるようにスプーンでかき混ぜ試料を調整する。
- ② 注射器に試料の液5mLを吸い上げ、注射器内に空気が残らないよう注意して吸い口にシリンジキャップをしっかりと取り付ける。(試料は余分に吸い取り、空気を出した後、ちょうど5mL残るようにする。なお、この操作の際に試料があふれ出た場合、布巾やペーパータオルで拭き取る。また、ピストンが抜け落ちないように注意する)。
- ③ 注射器を200mLビーカーに静置し、約3分毎に気体の体積を測定する。
- ④ 気体の発生量を測定した後(約25分後)、多くの気体が発生した注射器を1つ選びシリンジキャップを外しシリコンチューブを取り付け、その注射器内に水酸化ナトリウム水溶液(約2mL)を吸い上げる。
- ⑤ シリンジキャップをしっかりと取り付け、静かに振り、注射器の様子を観察する。



【実験結果】

1 実験結果について以下の表を完成させなさい。

(1) およそ3分ごとに注射器内の気体の体積を計測し、次の表に実験で得た数値を書き入れなさい。時間、体積ともに小数点第一位まで記入しなさい。

a 蒸留水+酵母菌

時間 (分)	0.0								
気体の体積(mL)									

b 20%グルコース水溶液+酵母菌

時間 (分)	0.0								
気体の体積(mL)									

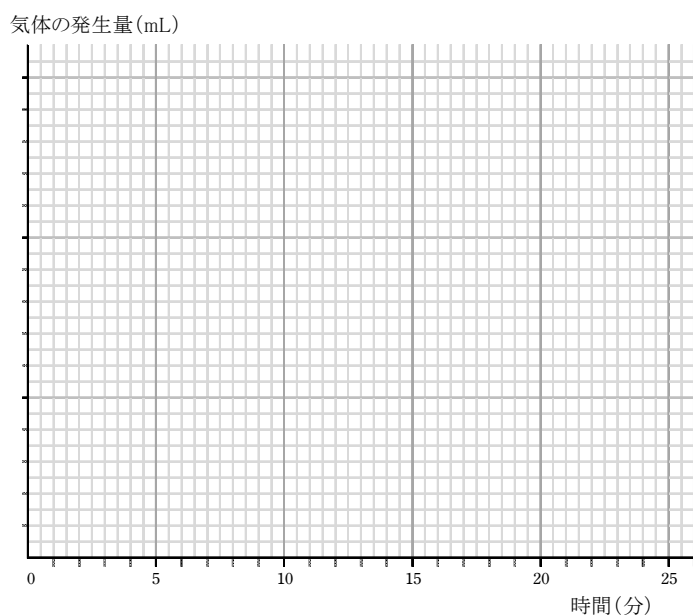
c 20%スクロース水溶液+酵母菌

時間 (分)	0.0								
気体の体積(mL)									

d 20%マルトース水溶液+酵母菌

時間 (分)	0.0								
気体の体積(mL)									

- (2) (1) の a ~ d の実験結果をもとに、反応時間と気体発生量の関係をグラフで表しなさい。
なお、グラフの中ではほぼ一定の反応速度を取る部分は直線で表しなさい。



- (3) 水酸化ナトリウム水溶液を加えた時、注射器内で見られた変化を書きなさい。

【実験考察】

- (3) の観察結果から発生した気体は何であると考えられるか、その理由とともに書きなさい。
- 上記の実験・観察の結果およびビーカー内でのにおいなどの変化から酵母菌の働きについてまとめなさい。
- 蒸留水および各種糖類水溶液と酵母菌との反応結果から、蒸留水及び糖類の種類による酵母菌の反応について考察しなさい。なお、グルコースは化学式 $C_6H_{12}O_6$ で示される単糖類、スクロース、マルトースは単糖類が2個結合した化学式 $C_{12}H_{22}O_{11}$ で示される二糖類である。
- この実験で気体が発生する場合、単位時間あたりの気体発生量は温度にもよるが溶液調整後ある程度時間（約30分以上）が経過すると、しだいに増加する傾向が見られる（長時間経過すると気体発生量は徐々に減少し、そのうち発生しなくなる）。単位時間あたりの気体発生量が増加する理由を考察し書きなさい。
- この実験で気体の発生する酵母菌の反応は、酵母菌が糖分を利用して行う呼吸の反応の一つである。この実験では酸素がほとんど無い条件での反応であるが、酸素が十分に利用できる条件の下で同様の実験を行った場合、酸素の無い条件での反応と比較すると、容器内の気体の体積はどのようなになると推測されるか。その理由とともに記しなさい。
- スクロース溶液において酵母菌が一定の反応速度をとるとき、(2) のグラフを参考に CO_2 発生速度 (mL/分) とそれを求める計算式を書きなさい。

3 微生物の生命活動がもたらす効果

何種類かの微生物は身近な食品や酒類の製造に利用されている。富山でも日本酒やビールが盛んに製造され、地域おこしに重要な役割を果たしている場合も多い。微生物の生命活動によって作られた食品は、貯蔵性・保存性に優れ、独特の風味を作り出す。

図1は、酒類の製造に関わる微生物についてまとめたものである。また、図2はパンの製造工程を表したものである。図3は、乳酸菌が黄色ブドウ球菌に与える影響をグラフにしたものである。大問2の実験や微生物による反応の特徴をもとに考えなさい。

図1 酒類の製造についての模式図

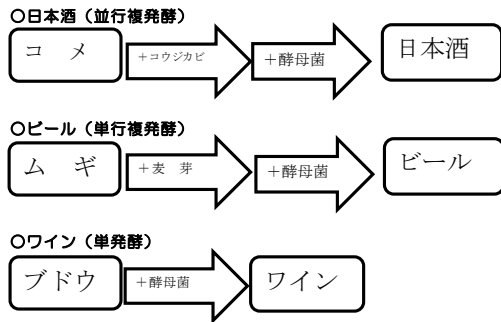


図2 パンの製造工程についての模式図

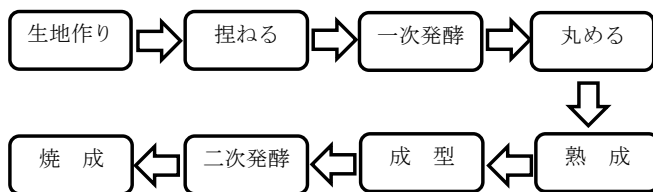
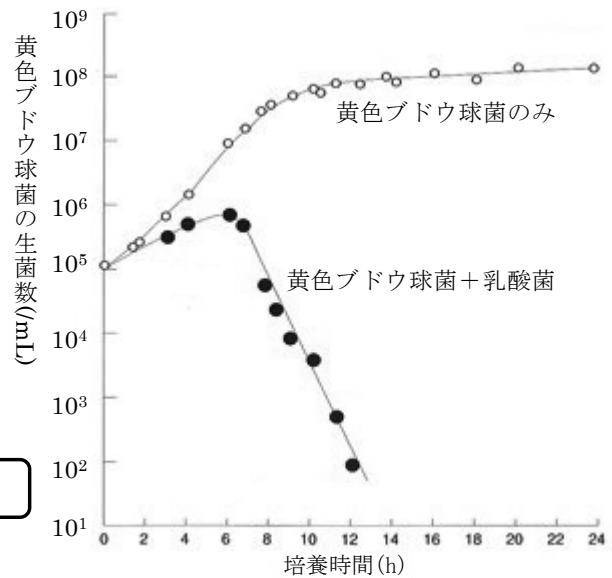


図3 乳酸菌の黄色ブドウ球菌への影響



(一般社団法人 全国発酵乳酸菌飲料協会 HP より引用)

【考察】

- 1 図1より、日本酒の製造におけるコウジカビと酵母菌それぞれの役割を考察しなさい。
- 2 図2のようなパン製造工程においては、発酵に最適な温度（約45℃）に比べて比較的低温で一次、二次発酵が行われる。この理由について考察しなさい。
- 3 図3のグラフを読みとり、微生物の生命活動が発酵食品にもたらす効果について考察しなさい。

このページに問題はありません

