

地元ミカンの皮から取れるエタノール量

静岡県立下田高等学校
自然科学部 2年 大塚湧斗

1. 研究の動機

地元、東伊豆町は、年間 783 t のミカン収穫があり、伊豆半島東海岸は、伊豆東ミカンワイナリー（東伊豆町稲取）・収穫体験農園ふたつぼり（東伊豆町稲取）・丸鉄園（東伊豆町奈良本）・伊豆オレンジセンター（河津町）を始め、ミカンの生産・販売・加工・観光（ミカン狩りなど）の拠点が豊富である。ミカンの捨てられてしまう皮を有効利用する方法を探したいと自分は考え、ミカンの皮からバイオ燃料のエタノールを得る研究を始めた。

東伊豆町稲取におけるミカン栽培の歴史は、明治時代に起源がある。伊豆半島東海岸に鉄道と国道の整備された今となっては旅館と漁港で名高い稲取であるものの、当時は交通不便な寂れた寒村であった。西暦 1887 年、町村制の実施とともに発足した稲取村の初代村長となった田村又吉は、村おこしに着手。全国各地を視察した上で、静岡県中西部からミカン栽培のノウハウを、この地に導入した。稲取村は稲取町となり、隣接していた城東村との合併を経て、今の東伊豆町へと至る。

2. 研究の方法

ミカンの皮には、セルロースが豊富に含まれる。これを原料として、糖化とアルコール発酵を行い、バイオ燃料のエタノールを作り出した[図表 1]。

セルロース（ミカンの皮）→**糖化**→ グルコース →**アルコール発酵**→ エタノール（バイオ燃料）

まず、地元で市販されているミカンの皮を乾燥、粉砕した。次に、セルラーゼという酵素を作用させ、セルロースを分解してグルコースにする糖化の処理をした。そして、アルコール発酵に必要な酵素群の含まれた乾燥酵母を使って、グルコースをエタノールにした。蒸留でエタノールだけを分離し、酸化還元反応を使った逆滴定によってエタノールの量を調べた。この滴定では、第一段階でエタノールと過マンガン酸イオンを反応させ、第二段階で過マンガン酸イオンをシュウ酸と反応させている。

3. 研究の成果

十分量のミカンの皮を使って、乾燥酵母による発酵が進むにつれて、どのくらいのエタノールが生成するかを調べたところ、0~2 時間でエタノール濃度が増加し、2~24 時間では頭打ちになると分かった[図表 2]。一部の条件を変えて実験をし、試行錯誤を経ると、ミカンの皮 1 g からエタノール 0.00053 g が得られると分かった。ただし、どの反応条件でも想定以上にミカンの皮が反応せず残っており、エタノールの収率はまだまだ改善の見込みがある。

また、東伊豆町で 1 年間に収穫されるミカンの皮から得られるエタノールを算出するため、ミカン 1 個の全体質量を調べたところ 86.23 g であり、ミカン 1 個の皮を乾燥させた質量を調べたところ 5.36 g だった。

4. 考察

東伊豆町で 1 年間に収穫されるミカンの質量 $x = 783 \text{ [t]} = 7.83 \times 10^8 \text{ [g]}$ である。自分で実際に調べたところによると、ミカン 1 個の全体質量 $a = 86.23 \text{ [g]}$ 、ミカン 1 個の皮を乾燥させた質量 $b = 5.36 \text{ [g]}$ だった。そして、私たちの実験では、ミカンの皮 1 [g] から得られるエタノールの質量 $c = 0.00053 \text{ [g]}$ だった。

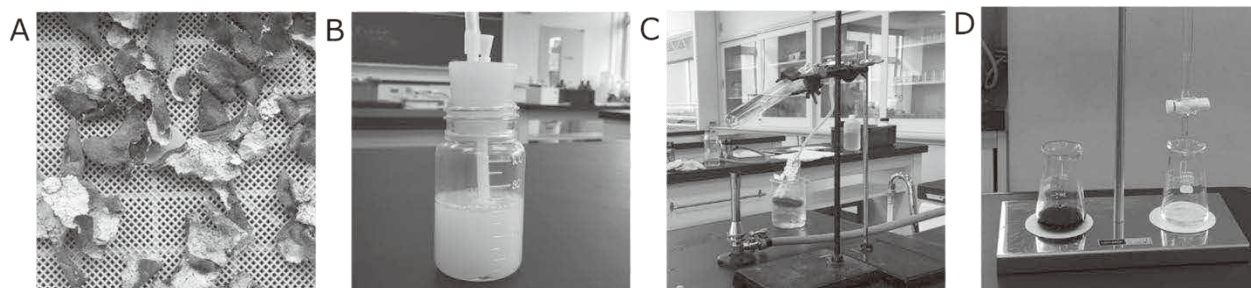
東伊豆町のミカンの皮から生産されるエタノールの質量を y [g]とすると、次の式(*)が成り立つ。

$$y = x[\text{g}] \times \frac{b[\text{g}]}{a[\text{g}]} \times \frac{c[\text{g}]}{1[\text{g}]} = \left(\frac{bc}{a}\right)x[\text{g}] \quad \dots (*)$$

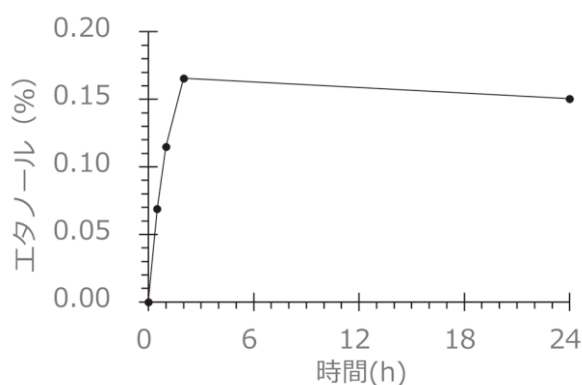
この式(*)から、求めたかった $y = 2.61 \times 10^4$ [g] = 26.1 [kg]と算出できる[図表3]。エタノールの燃焼熱を1368 kJ/molとすると、エタノール26.1 kgから 7.7×10^8 Jの熱エネルギーが得られることになる。これはガソリン23 L分に相当し、トヨタのプリウスでは552 km走行できるので、下田・稲取・伊東・熱海・三島・土肥・松崎を經由して伊豆半島を2周できる。

バイオ燃料としてのエタノール生産には、デンプンを原料としたものと、セルロースを原料としたものの2種類がある。デンプンを原料とした第一世代バイオ燃料は商業生産が拡大している一方で、セルロースを原料とした第二世代バイオ燃料は研究開発段階で停滞している。廃木材や、県内の高校で先行研究のある竹材と異なり、ミカンの皮はやわらかく、繊維が細かく毛羽立っているので水分を含みやすく、糖化を妨げるリグニンも少ない。セルロース以外にもリモネンや香気成分など有用成分がミカンの皮には他にも含まれているので、これらの利用後にバイオ燃料の原料とすれば、収益はさらに上がるはずだと考えられる。今後もミカンの皮の有効利用を模索したい。

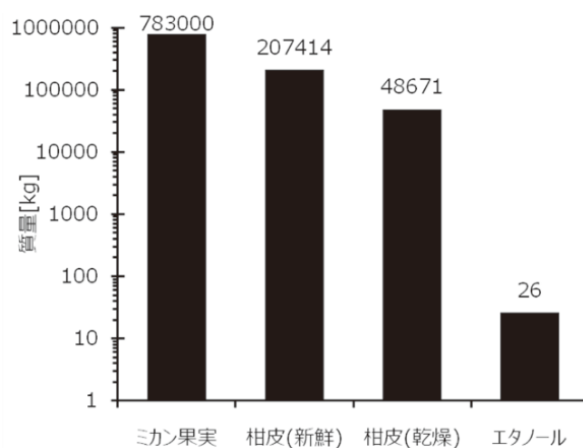
5. 図表



[図表1] 実験風景。Aは乾燥させたミカンの皮。Bは糖化およびアルコール発酵の様子。Cは蒸留の様子。Dは酸化還元滴定の様子。



[図表2] アルコール発酵で得られるエタノールの時間変化。横軸はアルコール発酵の時間、縦軸は発酵溶液中に含まれるエタノールの質量%濃度。



[図表3] 研究成果。実験と同じ効率の場合、東伊豆町産ミカンからとれるエタノール量は26.1 kgである。