

電子レンジで化学

マイクロウェーブの働きと
ペットボトルの分解に関する研究

理数科2年 大塚 広道 中山 祥吾 和田 遼祐
圓口 睦子 田中 由季子 早田 亜希

1 主題設定の理由

私たちがこの主題を設定した理由は、電子レンジがどのような仕組みで物を温めているのか疑問に思ったからです。また、私たちは理数科サイエンスリサーチで崇城大学に行き、電子レンジを使った実験をいくつか体験しました。その中でグリーンモーターと呼ばれるマイクロウェーブを照射する大型の実験器具を使い、ペットボトルの分解実験を行いました。そこで、この実験を家庭用電子レンジで実験を行うことができるのかと思ったからです。

2 目的

- ・加水分解やエステル化を短時間で行うために、マイクロウェーブが及ぼす効果を調べ、効率よい実験方法を考える。
- ・エステルの合成や加水分解に関して、マイクロウェーブを使用したときと、単なる加熱との違いを調べる。
- ・ペットボトルの分解に関して、マイクロウェーブが及ぼす効果を調べる。

3 マイクロウェーブとは

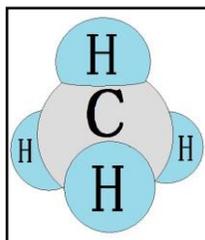
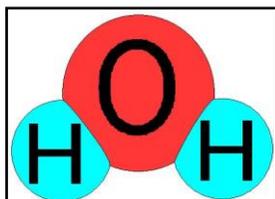
マイクロウェーブとは、赤外線よりも長い 10^{-3} から1mの波長をもつ電磁波で、一般的な電子レンジには2.45ギガヘルツの周波数のものが使われています。

マイクロウェーブの仕組み

まず、マイクロ波が分子に当たり分子の回転が速くなります。次に、回転が速くなった分子が振動して移動し、移動した分子がほかの分子に当たりさらに回転が速くなり振動します。この過程を繰り返すことで分子の運動が活発になりものが温まります。

なぜ物が温まるのか

分子には電子の偏りである極性が存在します。マイクロウェーブはこの極性に関係があると考えられています。



4 電子レンジの効果

電子レンジから出るマイクロウェーブがものを温める違いを調べる実験を行いました。

実験方法

①50ml の水をガラス容器に入れたもの、②ダンボールの箱に入れたもの、③アルミホイルで包んだもの、④スチール製の缶に入れたもの、⑤プラスチック容器に入れたものに分けて電子レンジの出力 170W で 30 秒間マイクロウェーブを照射しました。

実験結果

温度上昇率は①17.0℃ ②15.9℃ ③0.5℃ ④0.1℃ ⑤16.3℃

この結果から、金属に覆われていると、マイクロウェーブは通過しないことがわかりました。



5 電子レンジを使って行うエステル化

エステル化は合成実験として最もよく知られたものの一つであり、加熱と触媒で反応速度が上がることも知られています。今回は酢酸エチルとサリチル酸メチルの合成に関してマイクロウェーブ照射の効果を確かめました。

実験方法

酢酸エチル合成で、単に湯せんで加熱するときと、マイクロウェーブ照射で平均 20 秒照射するものに分け、10mlの酢酸とエタノールを10mlずつ混合し、0.5mlの濃硫酸を加えて170Wのマイクロウェーブを照射する。実験後、10mlの水を加えて 25mlのメスシリンダーにいれ、上部の油状物質の量(長さ)を測定することでエステルの生成を確かめる。

実験結果

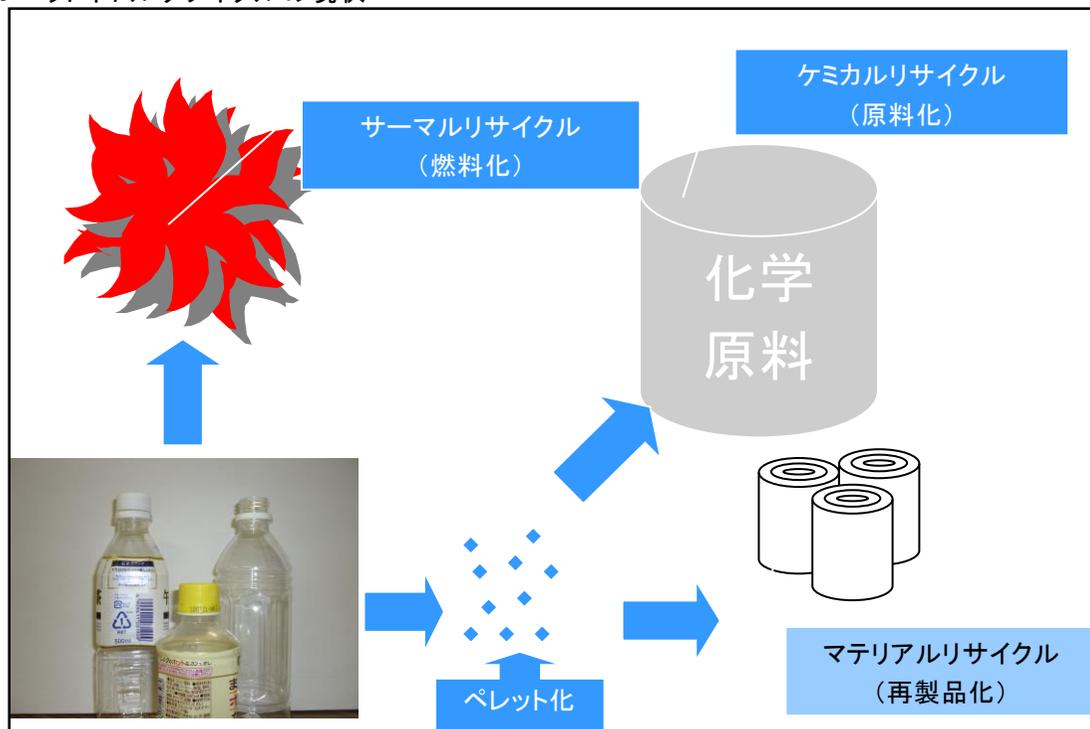
湯浴	マイクロウェーブ
30 秒: 0cm	20 秒:3.5cm
1 分 :0.2cm	
3 分 :2.4cm	
10 分:3.2cm	

左の表より、単なる加熱に比べマイクロウェーブ照射では、短時間で多くの量のエステルが生成することが分かりました。

生成量はメスシリンダーで計れる体積(cm)から収率を推測しました。

この実験より、酢酸エチルの合成にはマイクロウェーブは大きな効果があることがわかりました。サリチル酸との反応性の違いは、分子構造、特にベンゼン環の存在がマイクロウェーブの効果に何らかの影響を及ぼしているものと思われます。

6 ペットボトルリサイクルの現状



ペットボトルのリサイクルは、現在では図に示すような、3つの方法があると言われています。サーマルリサイクルはペットを燃焼させて得られる熱で発電などをする方法、マテリアルリサイクルはペットボトルを溶かして繊維に再生する方法、ケミカルリサイクルは原料のテレフタル酸まで分解して再利用する方法です。サーマルリサイクルは二酸化炭素増加、マテリアルリサイクルが原料の高騰などで採算が合わないという問題があり、一旦原料に戻すケミカルリサイクルが現在注目されています。

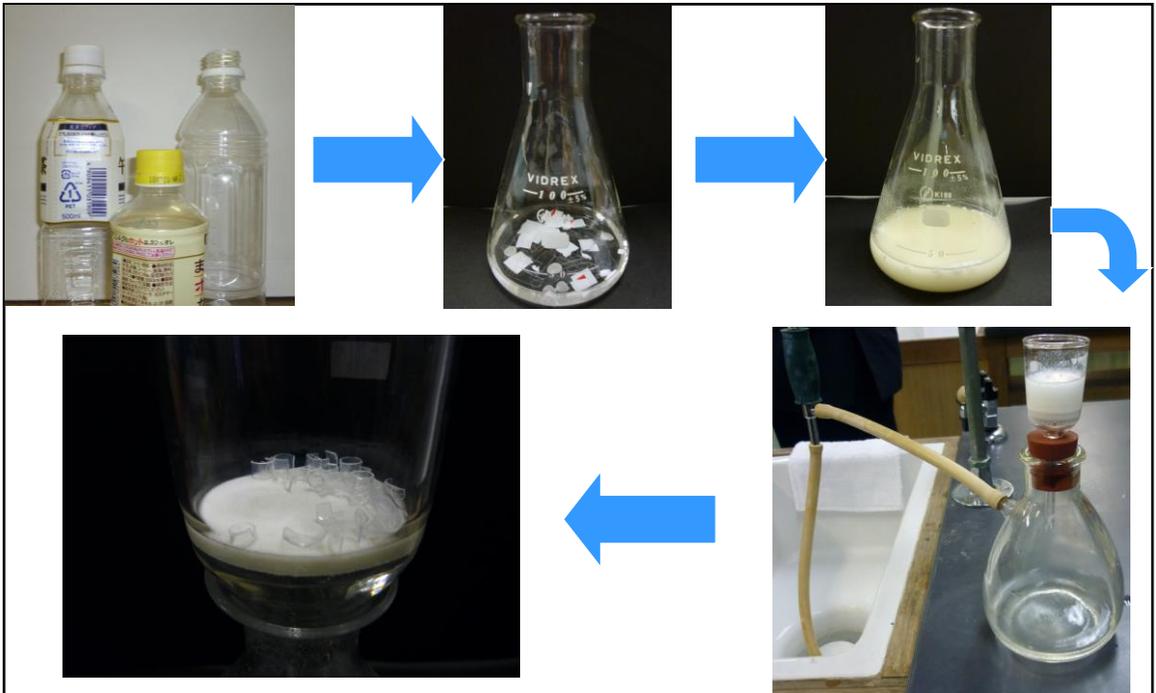
7 ペットボトルの分解実験

実験方法

ペットボトルを小さなチップに切り、質量を測定した上で溶媒のエチレングリコールと固体の水酸化ナトリウムを加えます。

1分間照射すると溶媒が沸騰し、白色の濁った溶液になり、水を加えると無色の溶液になります。ろ過をして固形物がないことを確認して、ろ液に塩酸をpHが2になるまで加えると、白色に濁るので、ガラスろ過でろ過し、乾燥後収率を計算します。ペットボトルのケミカルリサイクルに挑戦する際に、PETの種類は、①自分たちでボトルを細かく切ったもの ②北九州エコタウンで頂いたPETの破片 ③同じくエコタウンで頂いたPETチップ ④繊維状のPETを用意しました。

実験の過程



実験結果

それぞれの PET の分解における収率は、
①74.9%、②56.8%、③43.1%、④70.9%で、反応後には大学でやったときにはほとんど見られなかった未反応の PET が残ります。それでも実験後の乾燥をしっかりとすると、約50%程度の収率でテレフタル酸が得られました。

8 まとめ・感想

酢酸エチルの合成におけるマイクロウェーブの反応促進効果は大きかったです。うまくいかない原因を知るために、もっと多くのエステル合成について実験を進めてみたいと思います。さらに有機合成などの時間がかかる実験を、マイクロウェーブ照射でよりすばやくできる工夫を進めてみたいと思います。

ペットボトルの分解にマイクロウェーブが及ぼす効果には驚きました。自分たちの実験室の電子レンジでも同じような結果が出たので、実験方法や実験器具をさらに工夫して、結果を比較してみたいと思います。また、PETだけでなく、繊維状のポリエステルやナイロン、綿を含んだポリエステルなども、ペットボトルの分解と同じ方法で単量体の生成が確認できたことも驚きでした。

おわりに・・・

身近な調理器具である電子レンジに関する疑問から始まった我々の研究は、まだ多くの疑問や課題を残しています。素朴な疑問を地道に解明していく過程で、多くの知識を得たことに感謝し、今後も研究を進め、将来的には化学で環境の保全に役立つような研究がしたいと思います。