

マイクロ波化学研究における安全対策

大内将吉

九州工業大学・情報工学部・生命情報工学科

1

1. ご自身の電磁波エネルギー利用の研究開発に関して、装置・機器を操作する際にこれまで発生したヒヤリハット（危険）な状況、事故状況を記してください。

・有機化合物（固体・粉末）3gをガラス容器に入れ、家庭用電子レンジ500Wで加熱していたところ、10分くらいでガラスターンテーブルの一部（直径3くらい）が、溶け出した。危険と判断し、加熱を止めた。有機化合物は、燃えること無く茶褐色に変色した（これが目的）。

・改造電子レンジからのマイクロ波の漏れ。

（1）天板に穴（4cm）を開けた電子レンジ

（2）植物の光合成反応の実験をするため、蛍光灯の光を外部から導入しようとして、電子レンジ正面のガラス板を除いて実験したところ、電源を繋いでいない蛍光灯が点灯した。蛍光灯を正面から10cmほど離すことで点灯しなくなった。（リークセンサーで計測しても許容範囲であった。）

2. 1での危険な状況・事故を受けて、どのような取り組みをなさいましたか。

・マイクロ波を吸収しないような固体粉末を加熱する場合は、現場を離れない。

・リークセンサーで常時周辺のマイクロ波の漏れを監視する。

・1cm～1mmくらいのメッシュの金網やアルミホイルで、装置を囲う。

2

3. 安全に研究開発を進めるために、取り組むべき事柄、考えをご記載ください。

- 研究室セミナーでの情報交換。
- 研究室での事故の記録と閲覧
- 新しく研究室へ入った学生の指導として、家庭用電子レンジを使って、様々な液体化合物の昇温測定実験を実施している。また、リークセンサによる電磁波の漏れを測定し、電磁波エネルギーを具体的数値で理解するようにしている。
- スマートホンのカメラに接続するタイプのサーモグラフィーが安く手に入るようになったことから、サーモグラフィーによる監視は必須となった。

4. 安全対策WGの活動として、学会HPにデータベースを作り公開する予定です。

- どのような情報をお望みでしょうか。
- ヒヤリハットの情報の共有

3

INDEX

大学での安全対策

1. 教育と研究の中での取り組み
毎年、新人が現れる
2. 化学分野の安全対策
生物分野の安全対策
3. 安全第一で研究を考えるなら、ルーチン化

研究テーマによっては、リスクを取る
電子レンジの改造

(改造は専門知識をもった技術者に従ってください)

4

研究目的

あえて自作装置にこだわる

一般的に市販されている電子レンジを改造し、実験に盛り込むことができれば大きなコストダウンにつながる

電子レンジを改造するにあたっての課題

- 温度制御
- 出力制御
- 安全性

サーモグラフィーや温度制御装置、リークセンサー等の周辺機器を駆使し、安全かつ実験に応用可能な装置を製作する

5

改造手順

化学プロセスで重要な抽出に注目し、ソックスレー抽出実験の過程で、ソックスレー抽出器にマイクロ波を照射するために、電子レンジを改造した。

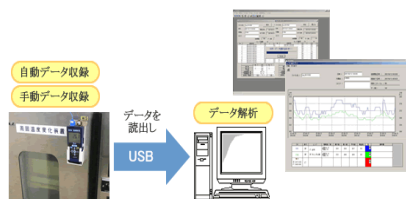
①ソックスレー抽出管を通すため、家庭用電子レンジの上下に直径5cmの穴をあけた

②熱電対をデータロガーに繋ぎ、反応容器内の温度をPCでモニタリングできるようにした

③変圧器を電子レンジに繋ぐことで、出力調整をできるようにした

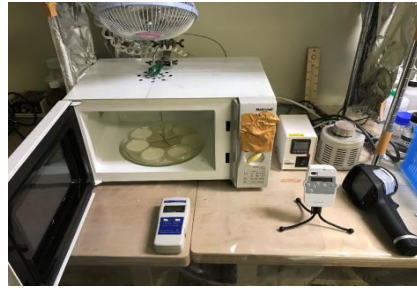
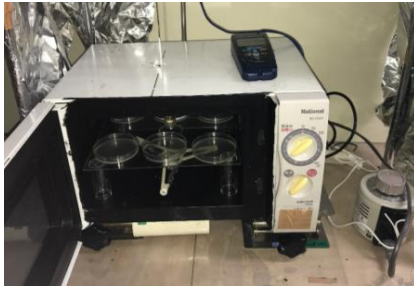
④漏電に対処するためアースを取り付けた

⑤穴をあけたことによる電磁波の漏れが気になったため、電子レンジをメタルラックに載せ、周囲をアルミでシールドをした



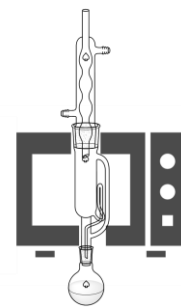
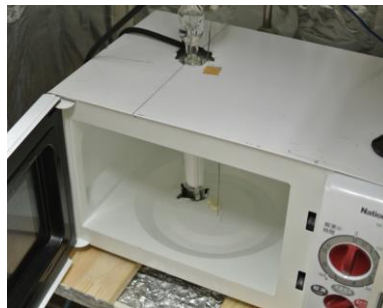
6

電子レンジ改造



- 変圧器でマイクロ波出力制御
- 熱電対，温度調節器で温度制御
- 電子レンジに穴を空けることで熱電対が挿入可能
- リークセンサーで電磁波漏れのチェック

7

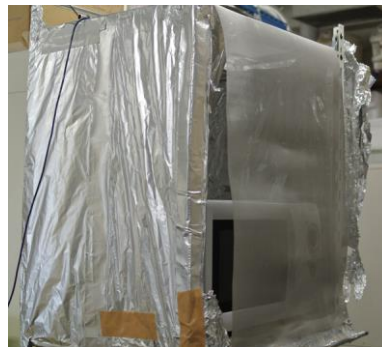


家庭用電子レンジ



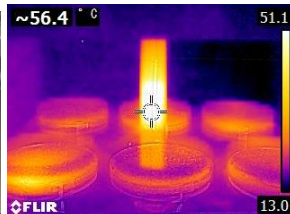
EMF-810 : 0~1.999mW/cm²まで測定可能

リークセンサーで電磁波漏れを測定



8

①マイクロ波装置の設計



スターラーで
マイクロ波を攪拌

まわりが
温まらなかった

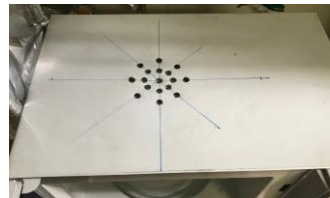
9



加熱ムラが
生じた

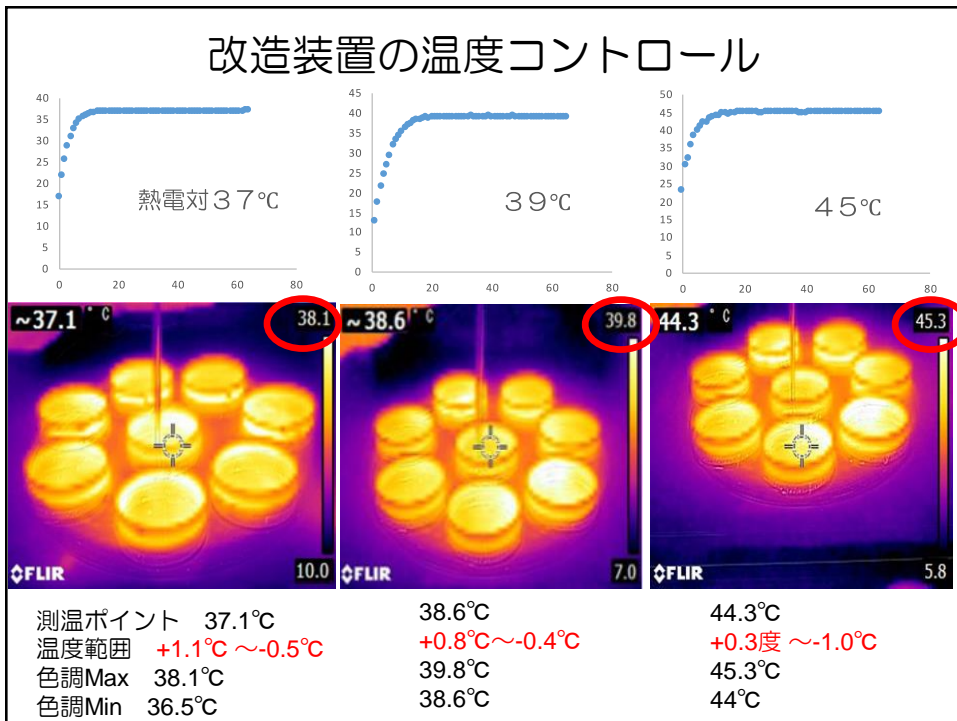


熱電対と
空冷用の
穴を開けた
4.5°C



マイクロ波リークセンサー

10



11

電磁界測定の実験条件

安全基準

電気用品安全法では、電子レンジから5cmの距離で作動中の電力密度が1 mW/cm²以下と決められている。

500mlビーカーに水道水200mlを入れ、電子レンジで加熱。その際の電磁波漏れを改造前後で測定した。改造前の測定は、家庭用電子レンジはもちろん、企業が製作しているマイクロ波装置でも行った。

- 出力は750W
- 測定開始時のレンジ内温度は27~30°C
- 開始時水温：27±0.5°C

12

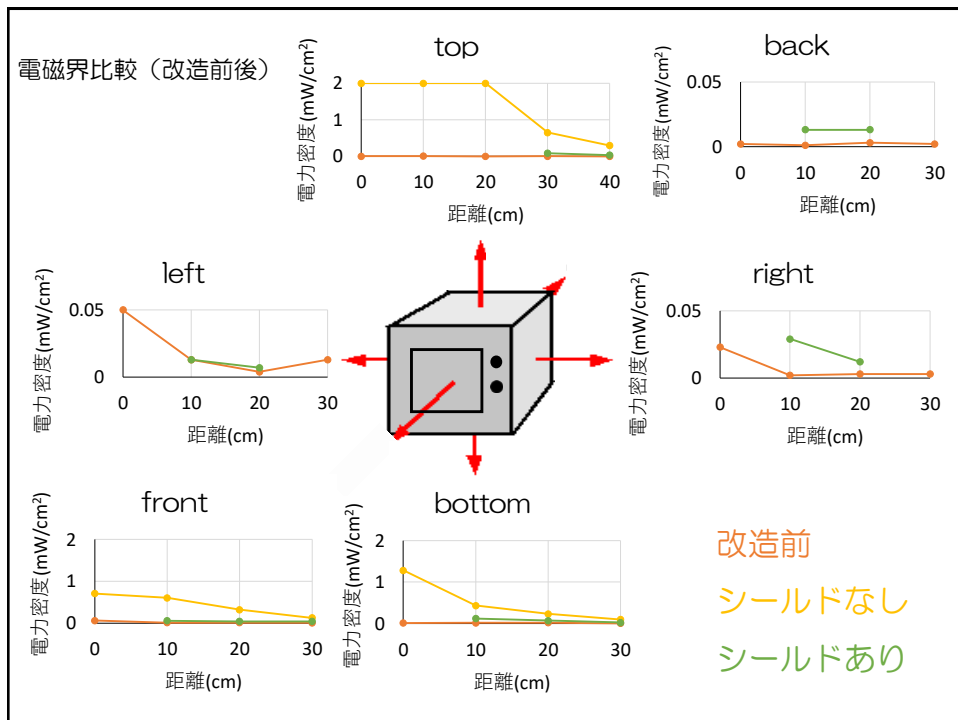
電磁波漏れの測定方法

- 電子レンジの前後,上,下,左,右の6面において,
 - ①リークセンサーの上端がレンジの中央付近を向く
 - ②レンジの面に垂直
 - ③リークセンサーのモニターが天井または正面を向く
 になるようにリークセンサーを設置して, 10~15秒電子レンジを稼働し, 電力密度のピークを測定した。
- レンジに触れた状態(0cm)から, 10cm刻みで距離を離していった。レンジから30cmの距離まで測定した。
- シールドがある状態では, 電子レンジの面からシールドまでの距離を測り, シールドに触れた状態で測定した。



測定例：通常レンジ，正面0cm

13

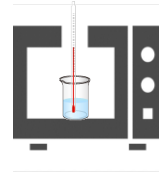


14

改造レンジでの水の昇温測定

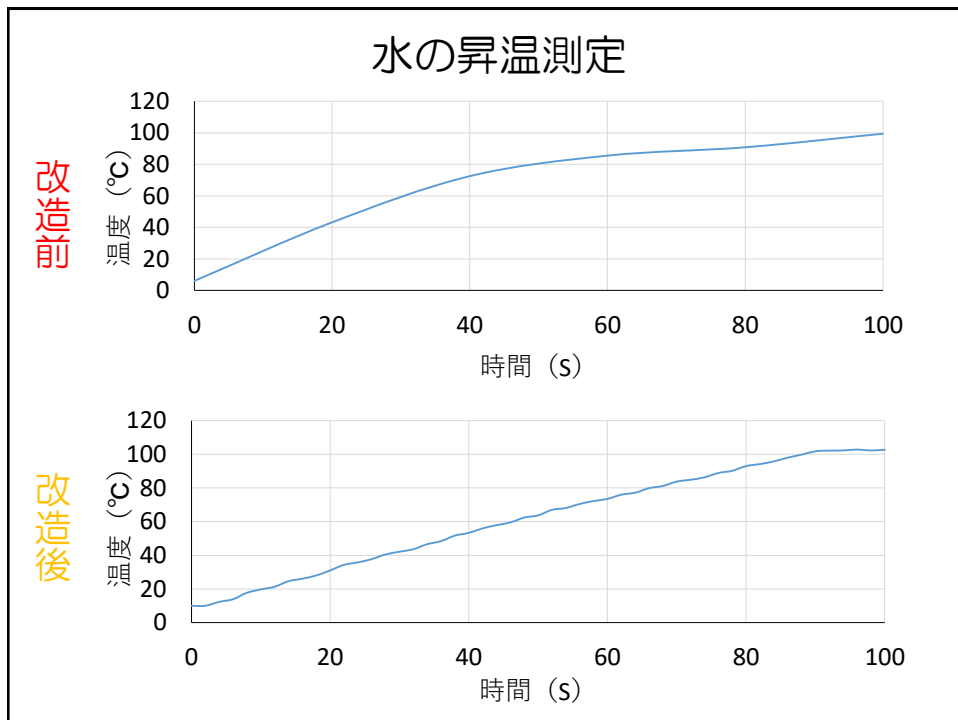
200mlビーカーに100mlの蒸留水を入れ、水温が10℃から95℃に上がるまでの時間を確認した。

上部の穴から熱電対を右図のように通し、熱電対の先端が水量の約半分の高さに置き、水の昇温測定をした。



開始温度 (°C)	終了温度 (°C)	照射時間 (s)
10	95	83

15



16

まとめ

- 金属のシールドにより，改造前と同じ程度まで電磁波漏れを抑えることができた。
- 通常のレンジと改造レンジで，200mlビーカーで100mlの水の温度を上げる能力はほぼ変わらず，約1分半で沸点に達した。