

JEMEA SHORT COURSE ヒヤリハット

電磁波エネルギー応用学会 (北九州, 2018)

ヒヤリハット例 (マイクロ波加熱)

中部大学 工学部 櫻村京一郎

1

事故原因：危険予知が不十分（ケアレスミスを除く）



図 たたら製鉄の様子。



図 永田先生とたたら製鉄体験の子供たち。

* ものづくりアカデミー
<https://www.athome-academy.jp/>

POINT: 焼けた炉壁を手で触る子供はいない！

どんなときに怪我をするのか。

- ・ 鉄パイプなどで炉の中をかき回すとき
- ・ レンガなどを片付けるとき

2

事故対策：事例共有で危険予知強化（本企画の趣旨）

電気と化学(or 材料) の両方を警戒すべき！

本日紹介する事例

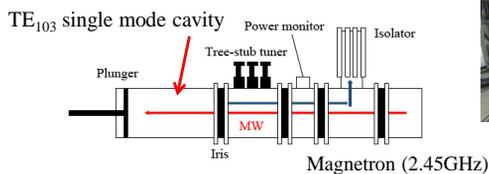
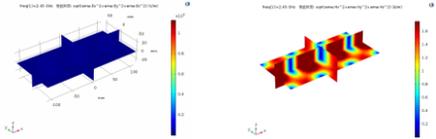
- ・ プラズマ発生とその対策
(電氣的経験で対策)
- ・ 高速反応による突沸とその対策
(化学反応に関する経験で対策)

きちんと備えれば安全に実験できる

3

Case1: プラズマ発生とその対策

Electrical Field (V/m) Magnetic Field (A/m)



case 1 : 空洞共振器

case2 : マイクロ波製鉄炉

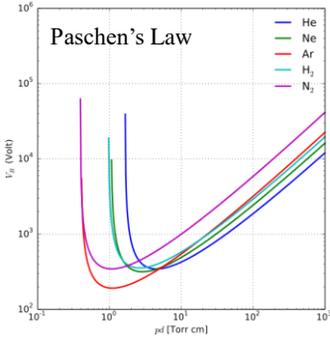
ヒヤリポイント: 音（ジジジー）と炉体温度

対策: プラズマ防止対策（次項）と温度マーカーシールで対策

4

Case1: プラズマ発生とその対策

プラズマが発生する電圧: 電離電圧



電離電圧: V_s と電極間: d 、気圧: p の間に成り立つ関係

$$V_s = A \times \frac{pd}{\ln(pd) - b}$$

A, bは気体によりきまる定数

高真空下もしくは高圧下で反応

Jones, T. B. (2010). "Electrical breakdown limits for MEMS" (PDF). Course notes ECE234/434: Microelectromechanical Systems. Dept. of Electrical and Computer Engineering, Univ. of Rochester. Retrieved April 10, 2013.

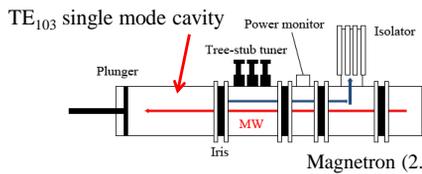
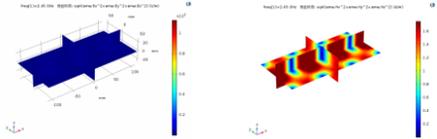
ポイント:

電界集中防止、粉防止、雰囲気制御

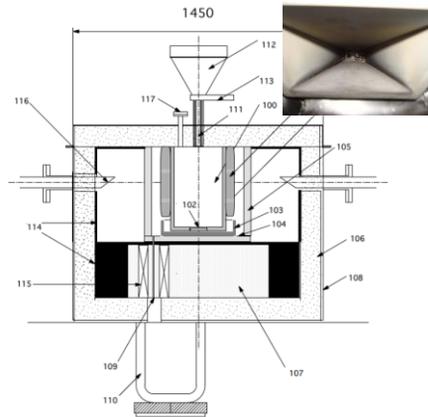
5

Case1: プラズマ発生とその対策

Electrical Field (V/m) Magnetic Field (A/m)



case 1 : 空洞共振器



case2 : マイクロ波製鉄炉

左: マッチングミスと右: 石英によるマイクロ波伝送系工夫

6

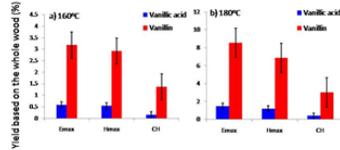
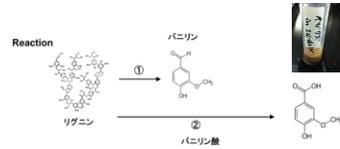
Case 2: 高速反応による突沸とその対策

マイクロ波加熱：反応が高速化

* 堀越智: マイクロ波化学、三共出版
* 中村ら (京大)

分類	従来加熱	マイクロ波
炭素骨格形成	68%, 31 hour	94%, 15 min
官能基変換	75%, 24 hour	66%, 30 min
鈴木-宮浦カップリング	82%, 60 min	95%, 30 sec
ヘテロ環形成	88%, 18 hour	93%, 40 min

マイクロ波加熱と従来加熱の収率



リグニン分解反応の収率。4 倍程度向上(ACS Sustainable Chem.)。

高速で反応⇒内圧が急激に上昇

7

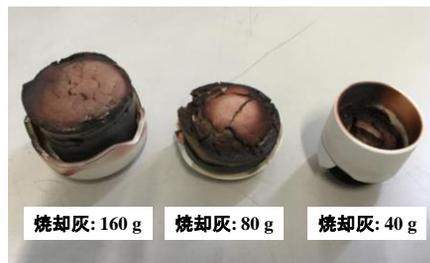
Case 2: 高速反応による突沸とその対策

マイクロ波加熱：反応が高速化



反応容器

MonoPREP 12 mL vessel
試行回数: 4
分析: 検量線法(液体クロ)



リグニン分解反応の収率に用いた耐圧容器。5MPaまで耐圧。

図 温度条件をマイルドにすることで防止可能。

従来の加熱で観測されない容器割れ

8

Case 2: 高速反応による突沸とその対策
対策



図 試料固定用のホルダー開発にあたってはこのホルダーおよびアイリス系に試行錯誤があった。

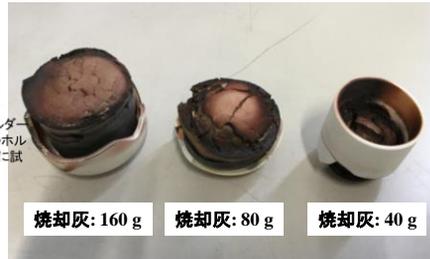


図 リグニン分解における容器破裂防止。金属製ホルダーを作成し、観測者を防護

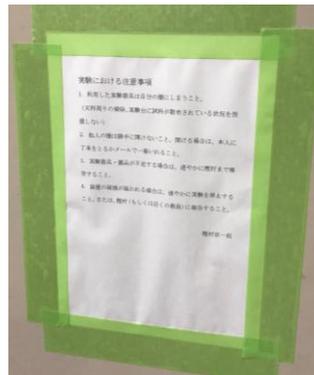
図 焼却灰をマイクロ波加熱することで得られた焼結体(中部大加熱品)。左から160 g, 80 g, 40 gスケール焼却灰を出発原料。

昇温度や2次防護に注意

9

事故対策：事例共有で危険予知強化（本企画の趣旨）

* ケアレスミスに注意！（对学生さん）



きちんと備えれば安全に実験できる

10