

分光法による成分分析

長野県伊那北高校理数科2年

研究者 横尾拓未 山口健斗 田中史菜 川村優貴子

指導教諭 三澤信也先生

協力 那珂核融合研究所

研究目的

・分光法によって含有元素を調べることは可能なのか調べる。

研究動機

・那珂核融合発電研究所で核融合のシステムの一つである不純物ダイバータに関係する実験を行った。その中で不純物ダイバータは分光法によって成分分析ができるということを知り、自分たちでも成分分析をしたいと思い研究に至った。

核融合とは

- ・核融合とは2つの元素核が反発力に勝ち、融合し新たな原子核が生まれること。
- ・この仕組みを利用したものが核融合発電。

不純物ダイバータ

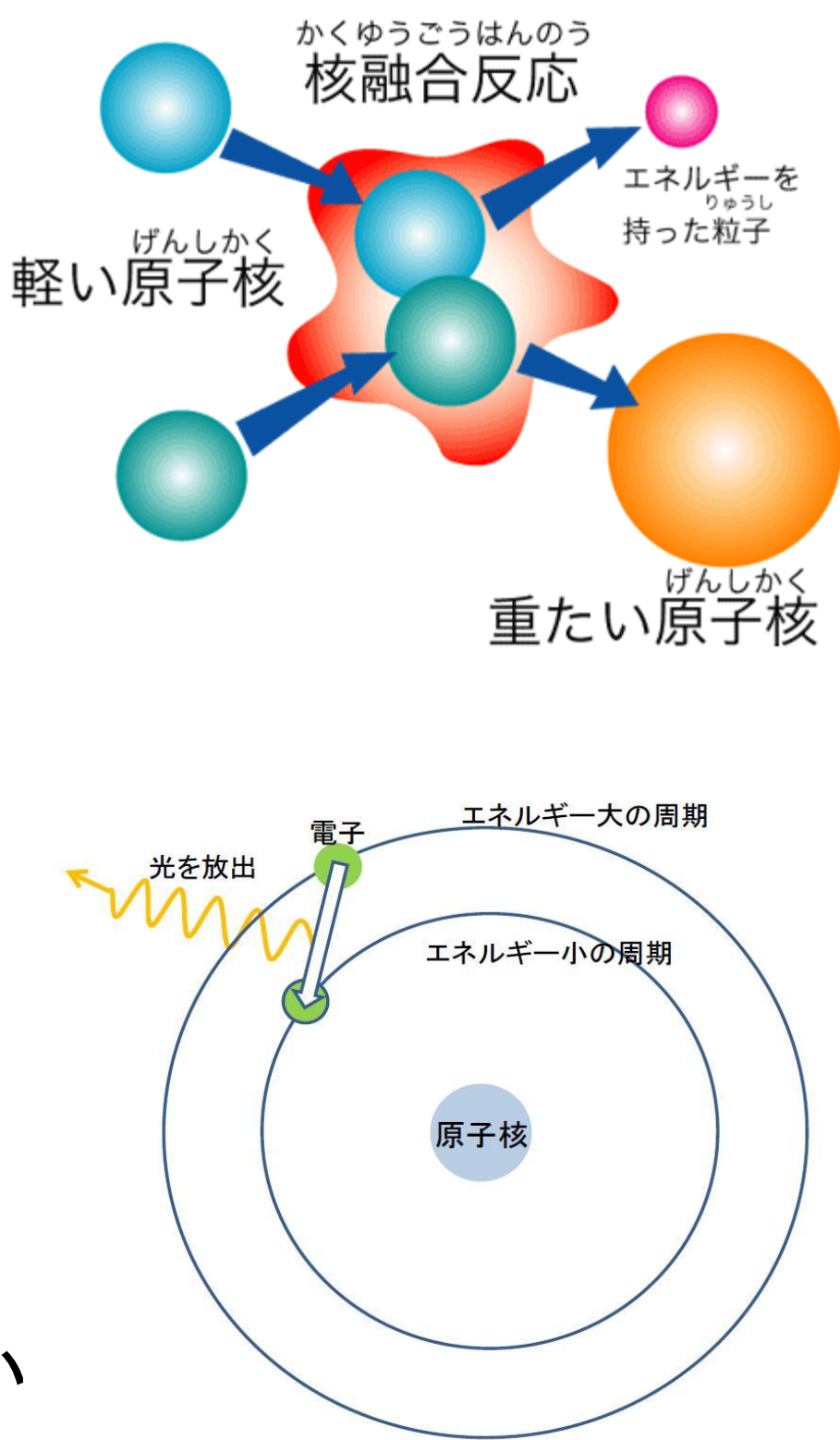
- ・融合炉を冷却するヘリウム灰や不純物質を水素原子のバルマー線強度をモニターし排出する装置。
- ・分光法による分光分析が用いられている

光と波長

- ・発光とは、電子が“高いエネルギー軌道”から“低いエネルギー軌道”へジャンプするときに光を放出することを言う。
- ・試料から光を放出させ、その光を分光し、波長を測る。

分光分析とは

- ・元素はそれぞれ異なった波長を持つ。そのため、試料か
- とによって(より多く)含まれている元素がわかる。



那珂核融合研究所(核融合発電)

・ブランケット

見学に行ったとき核融合炉は解体され部分を見学しました。ブランケットとは核融合炉の周りにブランケット(毛布)のように囲まれている装置で核融合炉から出てくる中性子のエネルギーを受け熱エネルギーに変換するものです。

・解体作業の方法

核融合炉は最新のものに変えるために解体作業が行われていました。そのとき、核融合炉は頑丈な金属でできているため、簡単には切断して解体できません。そこで、ダイヤモンドのワイヤソーが使われているそうです。これは、ダイヤモンドは金属の中でも非常に堅いので切断に適しているためです。



ブランケット→

解体された
核融合炉→



那珂核融合所での実験

目的

- ・気体から出る光の波長がとびとびの値をとることを確認する。

手順

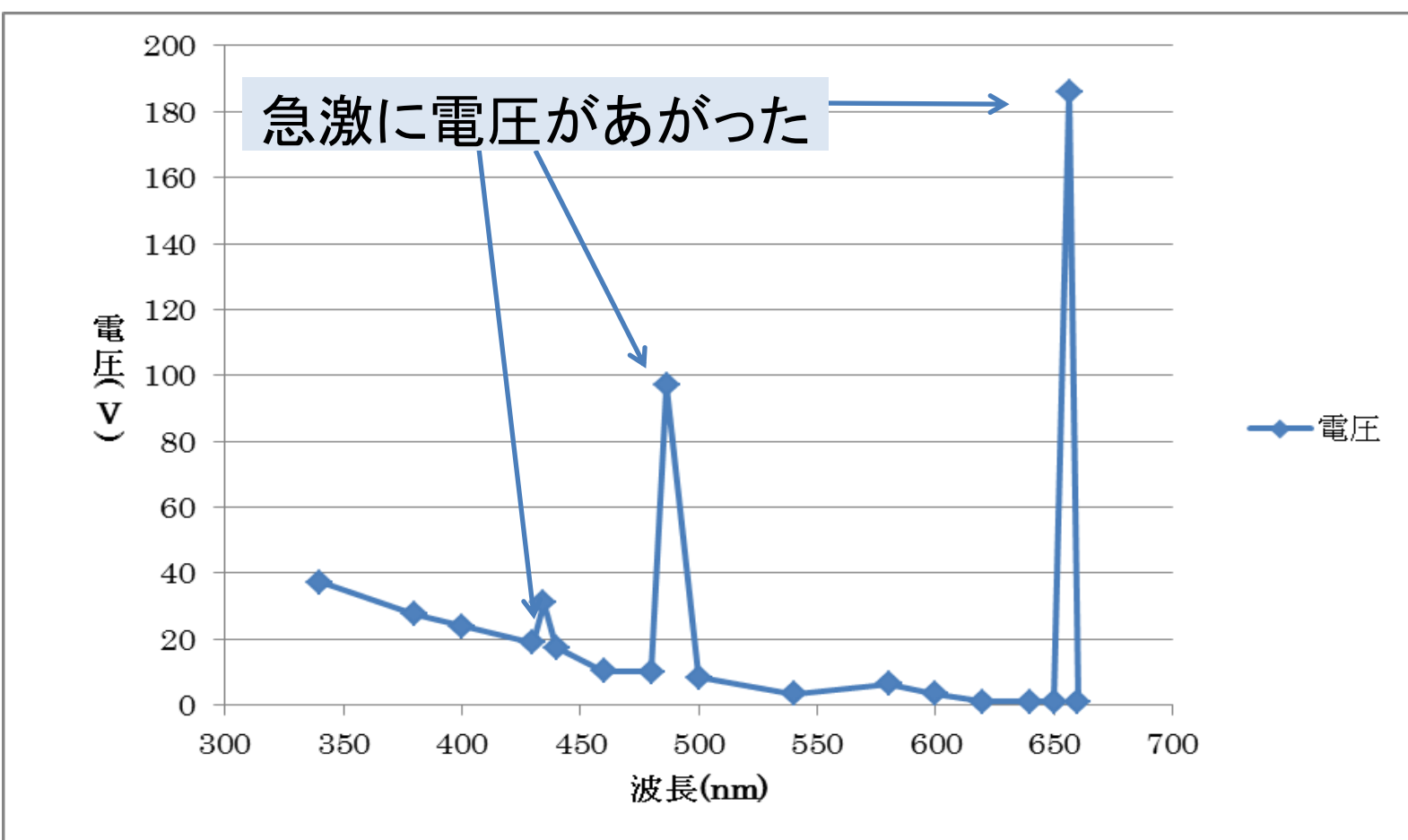
- ①分光器のスリットに重水素ランプの光を入射する。
- ②手動で波長を変え、波長により電圧を測定する。

結果

$$1/\lambda = R(1/m^2 - 1/n^2)$$

R: リュードベリ定数

上のリュードベリの公式でn,mに自然数を代入して得られる水素の波長と実験で急激に電圧があがったところがほぼ一致する。(右表参照)



食品の炎色反応実験

目的

- ・身近なものを分光分析する。

方法

- ・試料とメタノールの混合物に火をつけ分光器で炎を観察する。

結果

- ・すべての試料で黄の線スペクトルが確認された。

考察

- ・黄の線スペクトルはナトリウムと推定される。
- ・食品にはナトリウムが多く含まれており、またナトリウムは他の線スペクトルに比べて観察しやすい。故にナトリウム以外の元素の線スペクトルが観察できなかった。そのため、食品以外のものでも実験が必要である。

炎色反応実験キットの実験

目的

- ・分光器を使わずに元素特有の炎色が見える炎色反応キットを分光してそれぞれの元素の特有の線スペクトルが観察できるか確認する。

仮説

- ・炎色反応キットともあるので、はっきりと線スペクトルが見える

準備

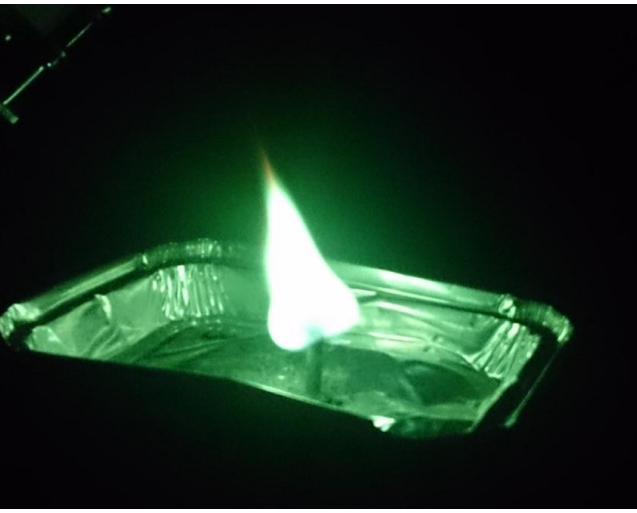
- ・炎色反応キット

結果

試料	見えたスペクトル	推定元素
ナトリウム	・黄の線	ナトリウム
カルシウム	・赤、黄の線・緑の帯	カルシウム
バリウム	・緑、黄の線(薄い) ・緑、赤の帯	バリウム (ナトリウム)
銅	・黄の線・緑の帯	(ナトリウム)
リチウム	・赤、黄の線	リチウム(ナトリウム)
カリウム	・赤、黄の線	カリウム(ナトリウム)

考察

- ・Na,Ca,Ba,Li,K はそれぞれ元素特有の線スペクトルが見えた。
- ・たいていのものには塩分(ナトリウム)が含まれており、またナトリウムの線スペクトルは見えやすいためカルシウム以外のほとんどの試料で観察された黄の線スペクトルはナトリウムであると考えられる。
- ・炎色反応キットといってもその金属特有の線スペクトルのみをみているだけではない。



卵,チョーク,石灰石の実験

- * 試料に含まれている炭酸カルシウムと塩酸が完全に反応するような質量で実験を行う。

試料	炭酸カルシウム	塩酸*と完全に反応する質量
卵の殻	約95%	約0.32g
チョーク	約75%	約0.40g
石灰岩	約50%	約0.60g

* 塩酸は3mol/L,3mLとする。
(実験で使う塩酸に合わせる)

結果

試料	見えたスペクトル	推定元素
卵の殻	赤～黄の線スペクトル(4本) 緑の帯スペクトル	カルシウム(赤、橙) ナトリウム(黄2本)
チョーク	赤～黄の線スペクトル(4本) 緑の帯スペクトル	カルシウム(赤、橙) ナトリウム(黄2本)
石灰岩	赤、橙、緑の線スペクトル	カルシウム(赤、橙) 銅(緑)

考察

ナトリウム(黄)の線スペクトルが見えた理由

- ・卵の殻...多少の塩分によるもの。
 - ・チョーク...チョークの成分である石鹼水にナトリウムイオンが含まれているため。
- 帯スペクトルは分子の発する光だと考えた。
- 石灰岩で見えた緑の線スペクトルは銅であると考えたが、科学的な実験で調べる必要がある。

まとめ

- ・分光分析は含有金属を判断しやすい。しかし、線スペクトルの色だけで正確に特定することは難しい。
- ・金属ごとに決まっている特定の波長は一つではないため、調べたい資料に含まれているであろう金属元素の波長を調べておく必要がある。
- ・線スペクトルの色から含有金属を予測して科学的な実験も行うとより確実に特定できる。

参考文献

- ・理科年表平成27年大88冊(丸善出版)
- ・高等数学物理(第一出版)
- ・マンガでわかる量子力学(サイエンス・アイ新書)
- ・図解雑学よくわかる量子力学(夏梅誠、二間瀬敏史 ナツメ社)
- ・マンガでわかる元素118(斉藤勝裕 ソフトバンククリエイティブ株式会社)
- ・とことんやさしい核融合エネルギーの本(日刊工業新聞社)

<予備知識>

Naの波長 589nm,590nm(黄)

Kの波長 405nm(紫)、767nm,770nm(赤)

Caの波長 622nm(橙)、774nm(赤)