



本会記事

■第13回高校生シンポジウム「レーザーとプラズマエネルギー～最先端レーザーを体感」最優秀発表賞を受賞した発表内容の掲載について

大阪大学レーザーエネルギー学研究中心
白神宏之（本学会理事）

既に本学会誌 vol. 91, No. 9 (p.632-633) で報告いたしましたように、標記シンポジウムを2015年8月12日(水)大阪大学レーザーエネルギー学研究中心にて開催しました。高校生による8件の口頭発表、続いて11件のポスター発表があり(表1)、いずれも優れた研究内容と良く練られたプレゼンテーションで、素晴らしい発表でした。

審査委員会(委員長・小森会長)による審査の結果、口頭発表最優秀賞には仙台第三高等学校の「使用済みのおむつによる発電をめざして」が、またポスター発表最優秀賞には東海大学付属高輪台高等学校の「超伝導体を用いた力学的エネルギー保存則の実験」が選ばれ、授賞式が執り行われました。

ここに、口頭発表、ポスター発表それぞれの最優秀発表賞を受賞した高校生自身の執筆による論文を掲載いたします。ぜひ、ご覧ください。

表1 発表一覧。

発表	所属高校	研究題目
A+P	静岡北高等学校	吸着材の添加によるゼオライトの性能向上
P	静岡北高等学校	家庭用小水力発電機の開発
P	東海大学付属高輪台高等学校	ペットボトルロケットの水量と圧力の変化による高度の研究
A+P	東海大学付属高輪台高等学校	飛行機の翼にかかる力
A+P	東海大学付属高輪台高等学校	超伝導体を用いた力学的エネルギー保存則の実験
A+P	宮城県仙台第三高等学校	使用済みのオムツによる発電をめざして
A+P	宮城県仙台第三高等学校	空気砲から出る渦輪の応用利用について
A+P	宮城県仙台第三高等学校	宮城県内における空間放射線量について
A+P	立命館高等学校	構造色と蝶の鱗粉について
P	福井県立丹生高等学校	ひっつき虫の科学
A+P	水戸第一高等学校	メイラード反応におけるアルキル基の影響

A：口頭，P：ポスター

■口頭発表最優秀賞

「紙おむつによる発電をめざして」

宮城県仙台第三高等学校 野中七海斗

1. 研究動機

燃料電池は二次電池であるため、エネルギー問題や環境問題の解決に大きく貢献可能な次世代のエネルギー源として、注目を集めている。この燃料電池について興味をもったので、文献[1-4]を調べると、高吸水性高分子(以下ポリマーと表記)を電解質とした燃料電池を作成することができることがわかった。しかし発電効率が悪いため、現状では、あまり実用化されていないようだ。そこで私は、ポリマーによる燃料電池の発電効率を向上できたら、より日常生活に応用利用できるのではないかと考え、研究を始めた。また、ポリマーは、紙おむつにたくさん含有されていることがわかった。これらのことから、使用済みの紙おむつから発電することが可能になるのではないかと考えた。

2. 研究目的

ポリマーを使用した燃料電池の発電効率の向上をめざ

す。最終的には、現在廃棄が問題となっている紙おむつのポリマーから燃料電池を作成し発電することによって、環境問題に貢献することを目的とした。

3. ポリマー吸水原理・仕組み

ポリマーは、水を吸収することでカルボキシル基が COO^- と Na^+ に電離し、そのカルボキシル基同士が反発しあうことによって分子間が広がり、内部との浸透圧によって水がより吸収される。また架橋構造になっているため、水に溶解されることなく、ゲル状の構造になる(図1参照)。

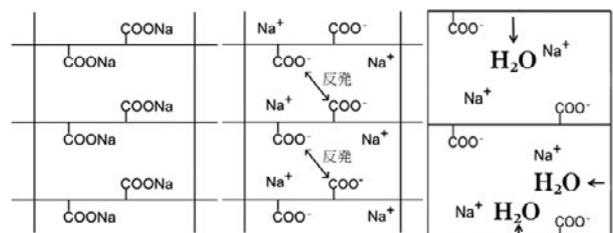


図1

4. 実験方法および実験材料

[実験材料]

- ・ポリマー（自重の約300倍吸水）
- ・電極（Cu, Al, Ni, Zn, C, 備長炭）
- ・テスター ・電源装置 ・タイマー
- ・プラスチックコップ
- ・溶液（蒸留水, NaCl 水溶液 0.008 mol/L, C₆H₈O₇ 水溶液 0.008 mol/L, NH₃ 水溶液 0.008 mol/L, CH₃COOH 水溶液 0.008 mol/L）

[実験方法]

- ① ポリマーをプラスチックコップに入れ、溶液を吸水させる。
- ② 電極を差し込む（図2参照）。
- ③ 電源装置を用いて5Vの電圧で60秒充電する（図3参照）。
- ④ テスターで最大電圧の測定を行う。
- ⑤ ③④を10回繰り返し、平均値を算出する。



図2

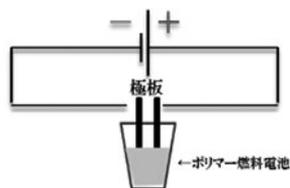


図3

5. 実験結果

[実験1：電極の種類変化による電圧変化]

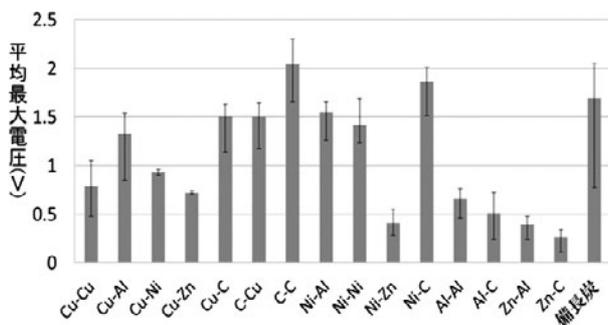


図4

図4より、同じ金属の電極を用いた場合でも電圧が発生したことから、電圧の変化と金属のイオン化傾向とは全く相関関係がないと考えられる。炭素を含む物質が電極の場合、高電圧の傾向がみられた。炭素を含む物質は触媒活性が盛んであり、このため電圧向上がみられたと考えた。しかし低くなってしまった組み合わせもあり、これは電極同士の内部抵抗が関係していると考えた。

[実験2：蒸留水の量変化による電圧変化]

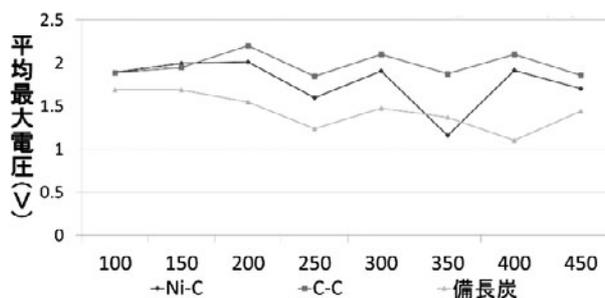


図5

実験1の結果より、以下の実験での電極は最大電圧が高い組み合わせを用いることとした。図5より、ポリマーに含ませる溶液の量を増加しても電圧の向上はみられなかった。一方で、量が少なくなるにつれ電圧の向上がみられた。その中で最も高電圧発生が安定したのは、200倍吸水したのもだった。これは、ポリマーの架橋構造内のイオン濃度に関係しているのではないかと考えた。蒸留水量が少なくなったため、イオン濃度が濃化し、電気伝導率が上がったため電圧の向上かつ安定がみられたのではないかと考えられる。また蒸留水量が少なすぎると、架橋構造内の密度が大きくなり、逆にそれが内部抵抗として働き、電圧の低下がみられたと考えた。

[実験3：溶液変化による電圧変化]

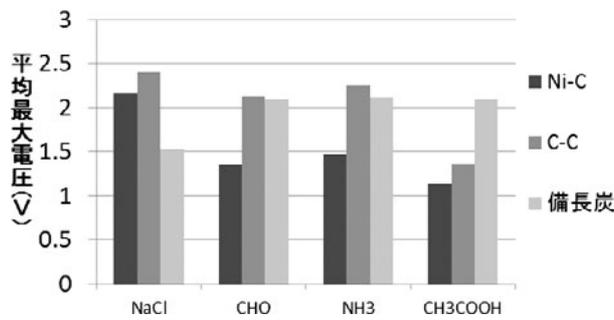


図6

図6より、電極が備長炭のとき全ての水溶液の場合で電圧の向上がみられた。またNaCl水溶液の場合、全ての電極において電圧が向上した。これより、NaClは電離が高く水溶液中のイオン数が増加するために、ポリマーの架橋構造内のイオン濃度が濃化することによって、電気伝導率が向上し、電圧の向上が見られたのではないかと考えた。また備長炭は多孔質であるため、孔にイオンを吸着し、触媒反応の活性化がされたためではないかと考えた。

【実験4：疑似尿によるシミュレーション実験】

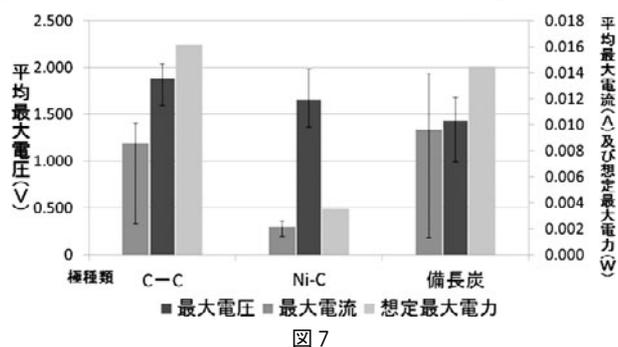


図7

実験4では、人尿に近い値の尿素を実験3よりNaCl水溶液に含ませ、使用済みのおむつを少々再現して行った。シミュレーション実験のため、電圧と電流及びこれから算出した電力の測定を行った。図7より、Ni-Cの電極において電圧が高いにもかかわらず電流が非常に低い値を示した。備長炭の電極において電圧が安定しているにもかかわらず電流の標準偏差が甚だしく大きくなっている。このことから、電極に用いる物質の組み合わせによってポリマー内の内部抵抗が変化しているのではないかと考えた。更にNi-Cの電極は唯一金属板を用いているので、疑似人尿においてポリマーの内部抵抗が増加したのではないかと考えた。

6. 研究結論と今後の課題

本研究により、ポリマー燃料電池における条件を特定したことから、発電の性能向上に成功したといえる。さらに、シミュレーション実験により、実際の使用済みの紙おむつ

からの発電を示唆していると考えられる。今後は、発電効率の向上を常にめざしていくとともに、実際に尿を含んだ使用済みの紙おむつからの発電はどうなるかを検証していきたいと考えている。

7. 最後に

本研究において、使用済みの紙おむつからの発電を可能にすることができたとき、振動発電における蓄電方法に応用利用できるのではないかと考えている。振動発電は、発電用途として発生する電気エネルギーが微量かつ一瞬であり、蓄電が困難であるため今まであまり応用利用されてこなかった。そこで、ポリマーがもつ能力をここで生かせるのではないかと考えた。具体的にいうと、圧電素子の周りに使用済みのおむつから取り出したポリマーを敷き詰め、そこで発生する電気エネルギーを蓄電することによって、必要な場合のみ蓄電された電気エネルギーを用いることができるので、普通の振動発電よりも非常に効率がいいのではないかと考えた。

(原稿受付：2015年10月1日)

参考文献

- [1] 平成16年度標準技術集 有機高分子多孔質体
https://www.jpo.go.jp/shiryuu/s_sonota/hyoujun_gijutsu/organicpolymer/3-7-1.pdf
- [2] 検査ぶっく - 1日の尿量・1回の尿量の平均・正常値のまとめ -
www.kensa-book.com/expression/urine-total-volume.html
- [3] 触媒入門 www.d7.dion.ne.jp/~shinri/nyumon_C.html
- [4] 広瀬研吉：燃料電池のおはなし（日本規格協会，2002）。

■ポスター発表最優秀賞

「超伝導体を用いた力学的エネルギー保存則の実験」

東海大学附属高輪台高等学校

渡邊 光, 佐藤浩斗, 篠田拓良, 友成宏之, 小島寛航

1. はじめに

本校では2006年からY系超伝導体の作製を始め、2007年にマイスナー効果の確認に成功し、2010年には臨界温度(Tc)の測定方法を確立させた。さらに、2012年には今まで8時間かかっていた焼結時間を2時間に短縮し、2014年には今まで直径1cm重さ1gだった超伝導体を直径3cm重さ10gの大型化に成功した。

そして、この大型化させた超伝導体を何かに活用したいと考えた。そのとき物理の授業で力学的エネルギー保存則の実証する実験を行った。この実験は、斜面のある高さから鉄球を滑らせ、その鉄球を水平に投射し、水平到達距離を測定する実験であった(図1)。しかし、水平到達距離の測定値と理論値を比較すると、28~30%減少してしまう結果となった(図2)。この誤差の原因は、鉄球とレールの摩擦や鉄球自身の回転等によるものだとわかった。そこでこの問題を解決するために、超伝導体を用いて、力学的エネルギー保存則を証明できる実験を考案したいと思った。

2. 実験 1

(1) 仮説

力学的エネルギー保存則を証明するために、まず斜面のレールをステンレス板にし、その上にNd磁石を取り付けた。次に鉄球の代わりに液体窒素で冷やした自作のY系超伝導体を使い、Nd磁石の上に浮かせた状態で滑走させれば、力学的エネルギーの損失を軽減し、理論値に近づけることができるのではないかと考えた。

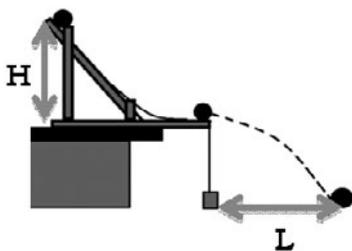


図1 実験装置のイメージ図。

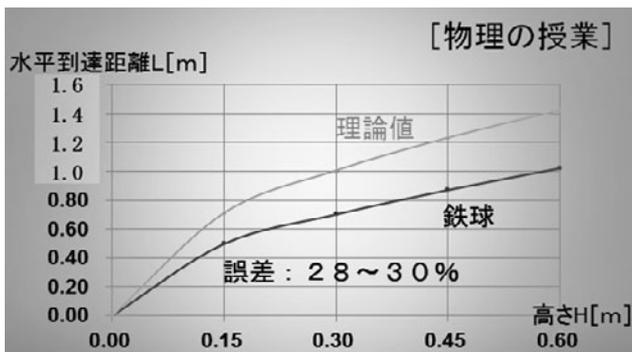


図2 鉄球の高さと水平到達距離の関係。

(2) 実験器具

自作したY系超伝導体(円盤形状φ30mm×3.0mm 質量10g)、木材、ステンレス板、Nd磁石、レール、釘、衝撃吸収材、メジャー、ピンセット、液体窒素、的の紙

(3) 実験方法

- ① 図4のように木材を組み立て、滑走台の土台をつくり、レールの代わりにステンレス板を打ち付け、Nd磁石を敷き詰めた。
- ② 液体窒素で冷却した自作のY系超伝導体(図3)を0.15m、0.30m、0.45m、0.60mの高さから滑走させ、水平到達距離をそれぞれ測定した(この時の高さは鉄球の実験と同様の高さ)。そのとき、測定は3回ずつ行い平均をとった(図5)。

(4) 結果

図6のように、自作したY系超伝導体の水平到達距離は理論値と比べて低い値となり、誤差がより大きくなった。その原因は、超伝導体を滑らせたときレールの曲がる部分に衝突し、エネルギーを損失してしまったためであった。



図3 自作したY系超伝導体。

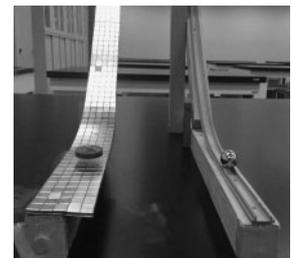


図4 滑走台。



図5 実験装置図。

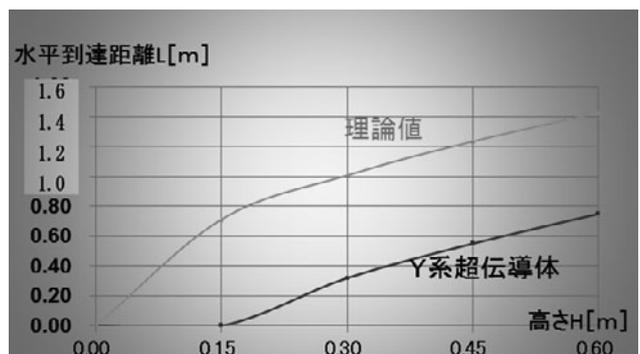


図6 自作したY系超伝導体の高さと水平到達距離の関係。

3. 実験 2

(1) 仮説

実験 1 から、レールの曲がる部分に衝突した原因は、自作した Y 系超伝導体の完全反磁性が弱かったためではないかと考えた。そこで、完全反磁性の強い市販されている Gd 系超伝導体を使用するとレールに衝突することなく、理論値に近づくと考えた。

(2) 実験器具

新日鐵住金株 Gd 系超伝導体 (円盤形状 $\phi 30 \text{ mm} \times 5.0 \text{ mm}$ 質量 23 g)、木材、ステンレス板、Nd 磁石、レール、釘、衝撃吸収材、メジャー、ピンセット、液体窒素、的の紙

(3) 実験方法

液体窒素で冷却した Gd 系超伝導体 (図 7) を 0.15 m, 0.30 m, 0.45 m, 0.60 m の高さから滑走させ、水平到達距離をそれぞれ測定した。そのとき、測定は 3 回ずつ行い平均をとった。

(4) 結果

完全反磁性の強い Gd 系超伝導体を使用することにより、レールに衝突することがなくなった。それにより、測定値と理論値を比較すると、誤差を 2.7~7.4% に抑えることができ、理論値にかなり近い数値を出すことができた (図 8)。

4. まとめ

自作した Y 系超伝導体では完全反磁性が弱く、レールの曲がる部分に衝突してしまい実験を成功させることができなかった。そこで、完全反磁性の強い Gd 系超伝導体を使用したところ、誤差を 2.7~7.4% に抑えることができた。このことから、Gd 系超伝導体を使用すれば力学的エネルギー保存則の実験を証明することができる装置を開発することができた。

5. 今後の展望

今回の実験では、自作した Y 系超伝導体で力学的エネルギー保存則を証明することができなかった。私たちは、自作した Y 系超伝導体で実験を成功させたいと考えてい



図 7 Gd 系超伝導体.

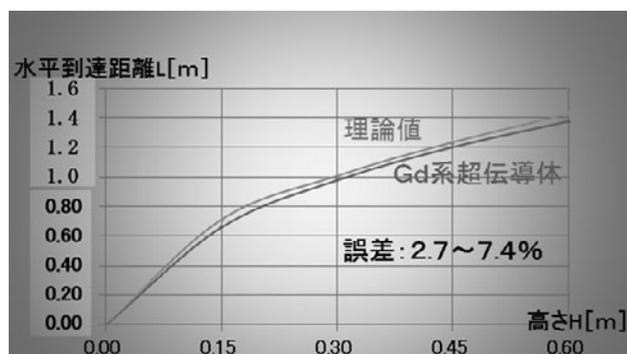


図 8 Gd 系超伝導体の高さ と 水平到達距離の関係.



図 9 実験装置の改良点.

る。そのため、今後実験を成功させるために、レールの斜面の角度を緩やかにし、実験を試みたいと考えている (図 9)。また、今回の測定値には空気抵抗が含まれているので、空気抵抗を考慮し理論値と比較したいと考えている。

(原稿受付: 2015年10月8日)