

本会の動き

☆ Chemical-Energy-Car Competition 2024 顛末記 ☆

1. Chemical-Energy-Car Competition 2024 を終えて

2024年8月25日(日)、オンライン競技会として開催された Chemical-Energy-Car Competition 2024 には、大学・高専専攻科カテゴリーで4チーム、高校・高専カテゴリーで3チームの合計7チームが参加しました(図1)。この競技会は、2018年に鹿児島に全国からチームが集まって対面で開催された Chem-E-Car トライアルから6年後の開催となります。

1.1 Chemical-Energy-Car Competition とは

Chemical-Energy-Car Competition は、化学反応で走る車を製作して走らせるアメリカ化学工学会の学生チーム競技会をお手本として日本でできるようにルールをアレンジして行っている競技会です。本家の競技会との最大の違いはコース形状で、本家では壁の無い扇形のコースで行われるのに対し、我々は壁で仕切られた幅20 cmのコースで走らせます。そのため高校や大学の廊下でも競技が出来ます。

大学クラス(大学生、大学院生、高専専攻科生)

公立千歳科学技術大学
京都大学
岡山大学
鹿児島大学

300 mL 積み
10 m 走行

高校クラス(高校生、高専本科生)

宮城県工業高校
鈴鹿工業高等専門学校
福岡高等学校

200 mL 積み
9 m 走行

図1 各クラスの出場チームと走行条件

この競技は速度を競うものではありません。競技会当日に運ぶべき水の量と距離が発表され、化学反応の反応量を制御することで走行距離をコントロールし、所定時間内に目標距離にどれだけ近いところで停止させられるかを競います。走行は2回行い、よりよい成績の方が採用されます。

1.2 オンライン開催のメリット

オンライン開催は今回で4回目となります。2024年は大会スポンサーの住友化学様の支援を受け、各チームの車が走行するコースの壁材を統一することができました。これにより、遠隔開催での競技条件を同一にすることが可能となりました。また、住友化学様から特別賞や参加者への賞品もいただきました。オンライン開催のメリットとして、観客は同時に複数チームの走行を見ることができ、臨場感が高まります。さらに、全国どこからでも参加できるため、今回は北海道から鹿児島までのエントリーがありました。

1.3 ルールの修正

2024年の競技会では昨年の大会の反省をもとにルールの修正を行いました。競技の公正性を高めるために、メンバーが複数チームに所属することを禁止し、コースの壁材を学会から支給したものに限定しました。また、競技ラウンドごとの車の変更を許可し、車両の再利用の範囲を広げました。制作費削減のために、停止機構についても以前使用したものをそのまま用いることを認めました。

1.4 競技会当日の様子

競技会当日は大学クラスと高校クラス(高校生、高専本科生)の2クラスで競技を行い、クラスごとに異なる目標距離と運ぶ水の量を設定しました(図1)。大学クラスではこれまでで最も水量が多い設定となっています。



図2 各チームの車と駆動・停止機構

全チームの車の構想と駆動機構、停止機構を図2にまとめて示します。駆動機構では、定番の空気電池(空気マグネシウム、空気アルミ電池)が公立千歳科学技術大学、鈴鹿高専、福岡高校で採用され、鉛蓄電池が京都大学、ダニエル電池が岡山大学、マンガン電池が鹿児島大学と宮城県工業高校で使用されました。

停止機構については、今年は使い切りに挑戦するチームが増え、定番のヨウ素時計反応に加えて、ガス発生とピストンによる停止や酸による回路切断も見られました。

1.5 競技結果

図3、4の様に競技はクラスごとに行われ、各チーム同時スタートでした。第1回目の走行では、大学クラスのすべてのチームが目標より短い距離で停止し、目標をオーバーしたチームはありませんでした。競技会の常連である岡山大学は9.02 mで頭一つ抜け



図3 高校・高専クラス競技風景



図4 大学クラス競技風景

ました。一方、高校クラスでは宮城県工業高校が4.95 mを走行し、目立ちました。

第2回走行では、大学クラスのチームが熱戦を繰り広げ、公立千歳科学技術大学が7.23 m、鹿児島大学が8.53 mと目標に近づきましたが、京都大学が9.14 mと岡山大学を逆転しました。高校クラスでは、鈴鹿高専が1回目よりも距離を伸ばして0.4 mを記録しました。

大学クラスと高校クラスの入賞チーム、車名と走行距離は表1のとおりです。

特別賞として両クラスあわせて走行した最もユニークな車に住友化学賞が授与されます。今年は岡山大学の【ゲルイーカー】号が選ばれました。

まとめ

競技の様子は過去の競技会も含め、化学工学会HP→化学工学教育→ケムイーカーコンテストで見ることができます。白熱した競技会をぜひお楽しみください。また、2025年度の8月末に競技会の開催を検討しております。この機会に高校から大学生、大学院生の皆様、ぜひ参戦ください。スポンサーも継続して募集しておりますので、ご支援よろしくお願い申し上げます。

(Chemical-Energy-Car実行委員長 鹿児島大 二井 晋)

2. やはり鉛カーの優勝に至るまで

2.1 はじめに

我々京都大学チームは、優勝という形で化学工学の能力を発揮できたことを誇りに思うとともに、このような機会を与えてくださった化学工学会と協賛の住友化学株式会社、並びに活動場所の提供や物品調達等のサポートをしてくださった京都大学の教職員に心より感謝申し上げます。また、京都大学では2年生の時の実験授業でケムイーカーを体験する機会があり、この体験がなければケムイーカーに興味を持つことはなく、この大会に参加することもなかっただろう。同授業によってケムイーカーを紹介してくださったことについても大学教職員に深く感謝したい。

表1 走行結果

【大学生・高専専攻科生クラス】搭載300mL、目標10m

		第一回走行	第二回走行	
優勝	やはり鉛カー(京大)	6.25m	9.14m	優勝
準優勝	ゲルイーカー(岡山大)	9.02m	6.43m	準優勝
3位	すすむカーMark2(鹿児島大)	6.93m	8.53m	3位
	AIC(公立千歳科技大)	0.79m	7.23m	

【高校生・高専本科生クラス】搭載200mL、目標9m

		第一回走行	第二回走行
優勝	放課後ティータイム号(宮城県工業高校)	4.95m	2.58m
準優勝	ハッピームカデ号(鈴鹿高専)	0.17m	0.40m
3位	FCC2号(福岡高校)	DNS	DNS

DNS:スタートできず

まずは車の「やはり鉛カー」を紹介する。図5にやはり鉛カーの全体像を示す。走行原理には鉛蓄電池，停止原理には電池の反応量の使い切りを用いた。実は鉛蓄電池の前にニッケル鉄電池を実験したが，車両を走行させる程のパワーを確保出来なかった。車両名の「やはり鉛カー」は，ニッケル鉄電池を作るのに試行錯誤したが，最終的には鉛蓄電池の性能がより良かったため，「やはり鉛（蓄電池の方が良い）カー」となったことに由来する。ただ，鉛蓄電池にも様々な問題があった。これらの試行錯誤の道のりをここに紹介したい。

2.2 ニッケル鉄電池および鉛蓄電池の実験

まず二次電池に注目した。停止機構を二次電池の反応量の使い切りによって充電量によって走行距離を調節でき，精度が高いと考えたためだ。そして過放電，過充電に強いというニッケル鉄電池と，比較的起電力が高い鉛蓄電池を実験することにした。

ニッケル鉄電池は鉄板，水酸化ニッケル(II)，水酸化カリウム水溶液，炭素棒，紙製シートまたは素焼きコップ，乾電池を用いて作製し，充電には市販の乾電池を用いた。水酸化ニッケル(II)は図6の緑色沈殿であり，硫酸ニッケル(II)水溶液と水酸化カリウム水溶液を混合して生成した。しかし充電して放電させても電流はほとんど流れなかった。水酸化ニッケル(II)は電気を通さず電極との接触部分としか反応しないため反応量が少なかったと考

え，水酸化ニッケル(II)に活性炭粉末を混合したところ少し改善されたが，車両を動かすには放電不足だった。その後，ニッケル鉄電池の数を増やしたり，活性炭粉末の粒径や混合比を変えたり，セパレータを紙製シートから素焼きコップに変えたりしたが，最大数十cmしか走らなかった。図7は実際に作製したニッケル鉄電池の一例である。

鉛蓄電池は鉛板2枚と硫酸で作製し，充電に市販の乾電池を用いた。初めて充電するとき，一方の鉛板が正極になり，もう一方の鉛板が負極になり，図8のようになる。数分間充電して走行させてみると，20 m以上走行し，パワーは申し分なかった。しかし鉛蓄電池にはサルフェーション(鉛蓄電池で過放電を繰り返すと電気を通さない白色の硫酸鉛が極板上に生じて劣化する現象)が生じ，走行距離の精度に問題があった。

ニッケル鉄電池は約一カ月間作製に難航していたのでやむなく断念し，鉛蓄電池を用いることにした。この大会で最も苦労したのは間違いなくニッケル鉄電池の実験であり，完成出来なかったのは残念であった。

2.3 大会前の準備

その後，メンバーの都合もあり大会の5日前から本番仕様の車体の作製を開始した。サルフェーション対策として，モーターと鉛蓄電池の回路にメカニカルリレーと可変抵抗を接続し，可変抵

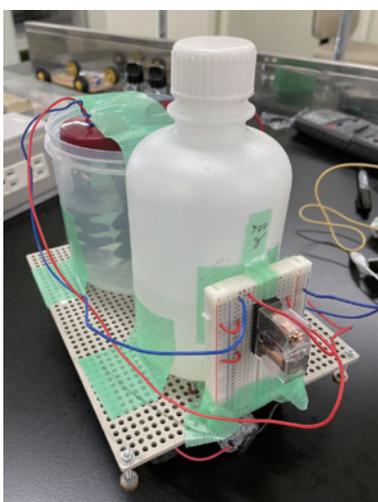


図5 やはり鉛カー

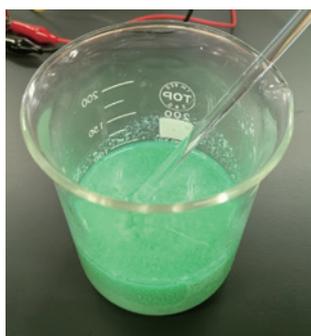


図6 水酸化ニッケル(II)の沈殿

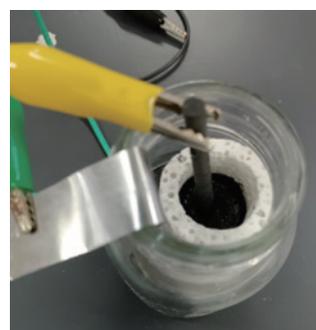


図7 ニッケル鉄電池



図8 鉛蓄電池

抗を調節して過放電する前に回路を遮断するようにした。しかし、時間不足のため効果の程は検証できず、また鉛蓄電池によって可変抵抗を調節し直す必要があり、結局可変抵抗ははずしてメカニカルリレーだけを接続した。そしてコースを設置して実際に走行するとタイヤがコース壁に接触して摩擦で停止するため、車体の左右にローラーを付けてタイヤが接触しないようにし、車体の完成とした。

積載水量に関しては、鉛蓄電池を2個直列にすることでパワーを十分に確保したので、ほとんど影響はなかった。また、充電時間と走行距離の大まかな関係として、充電時間を増加すると走行距離も増加した。そして走行距離の精度を高めるために充電方法として直流安定化電源装置と乾電池を考えた。積載水量は一定で、充電時間毎に複数回走行させた。直流安定化電源装置だと走行距離は安定すると思ったが、実際は不規則に増加したり減少したりした。一方、乾電池だと最初の数回はやや増加するが、その後減少した。そこで充電方法は、走行距離が不規則に変化する直流安定化電源装置ではなく、ある程度の傾向が見られる乾電池を用いることにした。そして本番では、目標距離に対して最低限の走行回数で、走行距離が増加することを見越して充電時間を決定することにした。想定より走行距離の安定性に問題があり時間に追われたが、充電するだけで走行できたため、残り短い期間で合計200個程のデータを取れて何とかだった。

2.4 大会当日

大会当日、午前中に新しく鉛蓄電池を作製したが充電が上手くいかず、結局本番では前日に作製したものを使用することになった。積載水量と目標走行距離を確認し、すぐにデータを取り、充電時間を決定した。

しかし本番走行1走目は、スタートコールに合わせてスタートさせた所、以前の実験と異なり待ち時間が生じ自然放電した為か、目標を大きく下回る走行距離であった。そのため、本番2走目ではスタートコール後に充電を開始して走らせることにした。そして2走目に向けて更に10個程データを取った所、先日までの傾向とは少し異なり、同条件で走行回数を重ねる毎に走行距離が数十cmずつ減少した。また、充電時間を5秒増加すると走行距離が1m程増加した。そこで予定を変更して、充電時間を長めにして一定にし、連続走行させて走行距離が小さくなるのを、本番で丁度目標距離になるように予め回数を重ねておくという方法で本番に臨むことにした。が、あと1回走らせておくべきだろうと本番直前に走らせた時に、目標距離10mに対して9.98mを記録してしまった。これまでの傾向からして間違いなく減少するのは目に見えているが、無論再度充電時間を延長して調節する時間もなかった。意を決し、1秒だけ追加して充電を止め、走行させた。8mを超えたあたりで失速し、今にも止まりそうな速さで進んでいき、そして止まった。結果は、記録9.14mでなんと辛勝した。

当初考えていたほどの精度ではなかったが、多くのデータを取れたからこそ走行距離の傾向を推察出来た。これは数分充電してすぐに走行できるという二次電池とそのシンプルな機構の利点であり、また試行錯誤と多大の時間を費やした努力によるものであると思う。そうして優勝を手に出れたのはこの上ない達成感であった。

思うに、この大会の魅力は自ら考えた実験と工夫の成果を、車を走らせて披露できることである。我々の行ったニッケル鉄電池と鉛蓄電池の実験では、実験結果が予想と異なる等うまくいかないことの方が多かったが、その苦悩以上に化学らしいことをしている充実感があったし、創意工夫と努力の末に車を走らせて競争するのは非常に盛り上がった。そして何より、真剣に取り組んだという自信こそが、大会に参加して得られた最大の成果だと確信する。このような機会はあまり他にないので、多くの後輩に知ってもらいチャレンジしてほしい。この大会に参加して得られる経験は全て貴重な財産となるだろう。

(京都大学チーム)

3. 放課後ティータイム号

3.1 学校紹介と参加動機

宮城県工業高等学校は、仙台市中心部、東北大学本部(片平キャンパス)に程近い広瀬川の河畔に立地する創立112年目の県立校である。3年生の専門科目に「課題研究」という、大学に例えると「卒業研究」に相当する科目があり、化学工業科では4月に教員1名に対し生徒が数名ずつ配属され、週1回3時限連続の授業と必要に応じた課外活動を経て、1月下旬に発表会を実施している。担当教員が2022年度の実施テーマについて模索していた時に、2022 Springや過去の大会の動画を視聴したのがきっかけで始めた。2022 Autumnには参加できなかったが、2023は参加し5位。2024では思いもよらぬ優勝という結果となった。

3.2 車の特徴

走行原理は自作マンガン電池(図9)、停止機構は電池使い切りにチャレンジしてみた。実は2022年度に課題研究の別の班が、実験廃液からマンガン回収して電池を作り、動作確認のためにケムメーカーの車体に搭載したところ、当時は炭電池だったケムメーカー班の何十倍も走ったという衝撃的な出来事があり、マンガン

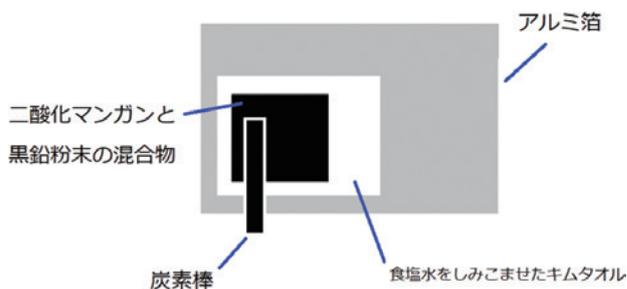


図9 電池の構造

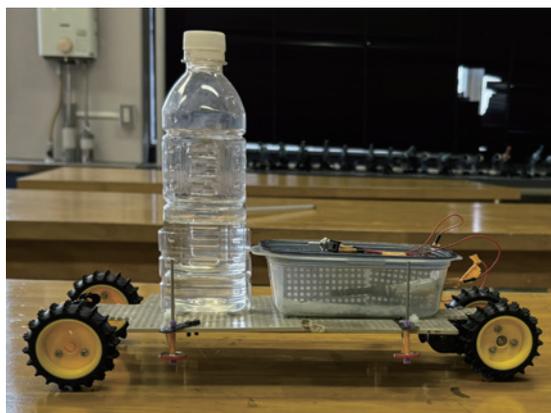


図10 大会当日の車体

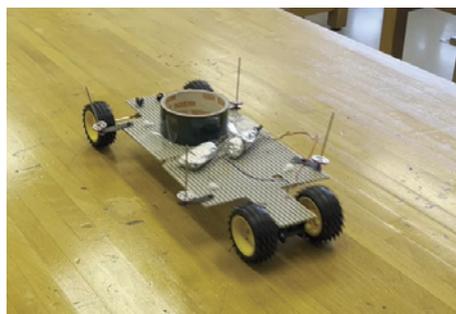


図11 製作途中の車体



図12 停止した場面

電池に魅了されノウハウを承継した。それは、炭素棒だけでは集電が不十分であり黒鉛粉末を加えるということであった。しかし、残念ながらそれ以上の情報は後輩に引き継がれず、毎年最初からやり直しとなっている。時間の都合で二酸化マンガンは回収品ではない。2023年度は停止機構を設けていたのでパワー重視で、2024年度は電池使い切りなのでコンパクトに作っていた。

今回の車体は停止機構が要らないのでシンプルに出来た。「放課後ティータイム号」(図10)というのは、おもりの500 mLペットボトルを装着するために、900 mLのペットボトルを切断し車体に取り付けたのだが、それが「紅茶の時間」という商品名だったからという、安易な命名であった。

3.3 工夫した点、苦労した点と今後の改善点について

電池を作る際に、二酸化マンガンと黒鉛粉末の混合物に食塩水が十分に浸るようになる必要があるが、食塩水が多過ぎるとアルミ箔から漏れ出すので、導線を巻いて圧迫させて防いだ(図11)。

始動時に必要なトルクを出すために電池のパワーを上げると走り過ぎてしまい、パワーを下げると始動しないというジレンマに陥って苦しんだ。しかし「当日競技手順」を確認したところ、スター

トコール時にスタートラインに車がなければならぬが、スタートコール後に車を移動して調整して良いことがわかり、事務局に相談して、スタートコール後に車体を持ち上げてスイッチを入れてから車体を置く事を認めていただいた。

車体関係では、当日になってスイッチ周りが壊れて、配線を全部やり直した。その他の部品も寄せ集めだったため、ギヤボックスとシャフトがうまく合わず、動作がガタガタしたまま大会を迎えてしまった。競技では2回とも左後輪がコースに接触して停止した(図12)。結局電池は使い切っていなかった。機械的な部分がおろそかになっていることを痛感した。今後はしっかり走るものを作っていきたい。

(宮城県工業高等学校化学工業科3年課題研究ケムイーカー班)