

Chemical-Energy-Car Competition 2023

顛末記

1 Chemical-Energy-Car Competition 2023 を終えて

鹿児島に全国からチームが集まって対面で開催された2018年のChem-E-Carトライアルから5年目となる2023年8月27日(日)にオンライン競技会として今年の大会は開催されました。大学・高専専攻科カテゴリー(以下、大学クラスと表記)に6チーム、高校・高専カテゴリー(以下、高校クラスと表記)に6チームの合計12チームというChemical-Energy-Car Competition史上最大の参加チーム数となりました。

Chemical-Energy-Car Competitionは、アメリカ化学工学会でおこなわれている化学反応で走る車を製作して走らせる学生のチーム競技会をお手本として、日本の状況にあわせてルールをアレンジしておこな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、本家では体育館のような広大な場所で扇形に線をひいたコースでおこなわれるのに対し、我々のコースは壁で仕切られた幅20 cmのダクト状で高校や大学の廊下にもコースを作ることができます。

ここで競うのは速度ではありません。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て、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。

化学工学会での競技会の歴史は上述の2018年のトライアルから始まりました。2020年は対面競技会が企画されたもののCOVID-19により余儀なく中止になってしまいました。その後2022年にChemical-Energy-Car Competition 2022 Autumn, Springの2回のオンライン大会が開催されました。Springでは東北大・仙台高専合同チーム、京都大学チーム、岡山大学チームの3チームが距離9 m 水量400 mLの条件で戦い、京大チームが優勝しました。Autumnでは仙台高専チームと京都大学チームの2チームが距離8 m 水量200 mLの条件で戦い、仙台高専チームが優勝しました。これらの2回の大会はCOVID-19によりやむをえずオンライン開催となりましたが、複数チームの同時発走が可能となりレースが白熱化することや、全国どこからでも参加できるというアクセスの向上というメリットがありました。また、現地参加の最大の課題であるチームメンバーの旅費と車の輸送にともなう問題を避けられることから、2023年の競技会のオンライン形式での実施を決めました。

2023年競技会の準備にあたり、オンライン開催の特徴であるチームごとに異なるコースで車を走らせることになるという問題を解決しようと考えました。2022年の2つの大会では参加チームがコースを準備して競技をおこないましたが、チームごとに壁の強度が異なることが走行結果に少なからず影響したのではと懸念されました。そこで、コースの壁材を統一できれば走行条件を一定にできると考え、大会のスポンサーを募集しました。住友化学様から快くスポンサーへの賛同の申し出をいただき、初めて企業様からの支援を得て運営することができました。参加チームにアルミ製のL字フレームを送付するとともに、入賞や参加賞の商品ならびに住友化学賞という特別賞の授与もしていただけることとなりました。

競技会当日は図1に示すように、大学クラスと高校クラスの2クラスで競技をおこない、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。

走行機構として大学クラスでは空気電池(空気マグネシウム、空気アルミ電池)が複数あり(公立千歳科学技術大、鹿児島大)、Chemical-Energy-Car Competition史上初めてとなる図2のCO₂加圧式首振りピストンの車(奈良高専)が登場しました。高校クラスの走行機構はマンガン電池(宮城高専)、ダニエル電池(福岡高)といった典型的な電池から、Chemical-Energy-Car Competitionで定番となっているペルチェ素子発電に挑む岐阜高校や、Chemical-Energy-Car Competition史上初となる海水電池に挑む八戸高専もあり多彩でした。

停止機構も定番となっているヨウ素時計反応に加えて、デンプンの糊化を用いる京

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 奈良工業高等専門学校 岡山大学 鹿児島大学	250 mL積み 9 m 走行
高校クラス(高校生、高専本科生) 八戸工業高等専門学校 宮城県工業高等学校 岐阜高等学校 鈴鹿工業高等専門学校 高槻高等学校 福岡高等学校	150 mL積み 8 m 走行

図1 各クラスの出場チームと走行条件

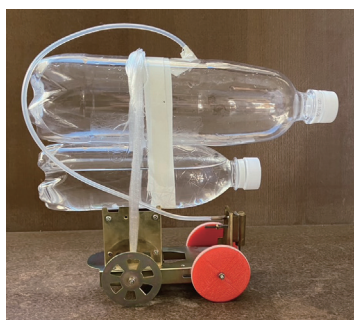


図2 奈良高専チームのオクカー号

大チーム、風船につめた水素量で制御する鈴鹿高専チームなど新規機構へのチャレンジが見られました。

競技はクラスごとにおこない、各チームの同時スタートを目指しました。この方針が明暗を分けたチームも多くありました。大学クラスで6チーム、高校クラスでは1校の棄権による5チームのスタート準備の足並みがそろわず、特に燃料ガスの

供給を要する車ではスタートを待つ間に燃料がなくなる場合が見られました。この点は次回に向けた要改善点で、スタート時刻を固定するなどの措置が求められます。図3に競技風景を示します。

第1回目の走行では、大学クラスの結果は目標より遠かったり、止まらなかったりと走行と停止ともに苦勞するチームが多かった一方、高校クラスの各チームは大健闘で目標の8mに距離8.3mと迫った福岡高校が光りました。出走5チーム中4チームが走行できたことは素晴らしいです。

第2回走行では大学クラスのチームが熱戦を繰り広げました。目標9mに最も迫ったのが鹿児島大の8.6m、Chemical-Energy-Car Competitionの常連チームである岡山大(図4)は8mで、差はわずかでした。高校クラスのチームはより高い精度をねらったためか、目標近くで停止できた車は少なく、これもChemical-Energy-Car Competitionならではの結果と思います。

大学クラスと高校クラスの入賞チーム、車名と走行距離を以下にまとめます。

大学クラス 目標：9m

優勝 鹿児島大(すすむカー) 8.6m

準優勝 岡山大(デパーチャーズ) 8m

第3位 奈良高専(オクカー) 2.9m

高校クラス 目標：8m

優勝 福岡高校(FCC号) 8.6m

準優勝 岐阜高校(軽やかシンペルチェカー号) 8m

第3位 鈴鹿高専(happy energy car) 2.9m

住友化学賞(今回は大学高校クラス問わず、走行でき、最もユニークなチーム)

八戸高専(【ケムイカー】号 図5)

表彰式の模様を図6に示します。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、次回競技会の2024年8月末の開催が決定しました。この機会に高校生、高専生、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 Competition実行委員長 鹿児島大 二井 晋)



図3 高校クラスの競技風景



図4 岡山大チームのデパーチャーズ号

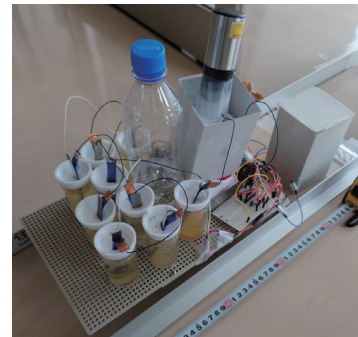


図5 八戸高専チームのケムイカー号



図6 表彰式の様子

2 すすむカーの製作と当日の走行

2.1 はじめに



図7 すすむカー

鹿児島大チームはこのたび優勝という栄誉ある結果を得ることができた。準備や当日は多くのトラブルに見舞われこの結果は予想外であったが、仲間と喜びを分かち合えた。ここでは車(「すすむカー」)の説明と準備について紹介したい。図7に「すすむカー」の写真を示す。

走行原理は炭電池である。粉末状の備長炭、銅板、アルミを使って層状に重ねて電池を作り、モーターによる四輪駆動とした。

停止機構はこれまでもよく用いられてきたヨウ素時計反応による変色を光センサーで感知し回路を切断するシステムを採用した。

車体はアクリル板のシャーシを用い、軽量化のための工夫も施した。壁との接触抵抗を減らすパーツを取り付け、水を入れるペットボトル、電池、計時装置の重量バランスを取って配置した。

2.2 準備の過程で修正したこと

まず炭電池で車を動かすための電圧と電流を得ることが課題だった。棒状の備長炭は電流も電圧もすぐにゼロに等しい値となった。また導線での接続が難しく、サイズも大きくなり他の装備が乗せられなかった。次に備長炭を粉末状にして炭素棒を差し込んだところ、電流は大きくなったが電圧は低く長持ちしなかった。粉末にするという方向性は正しいと感じ、プラスチック容器にアルミホイル、粉末備長炭、食塩水を浸したキッチンペーパーを重ねたものを1つの電池として4個を直列接合した。その結果、電圧は大きくなったが電流はほぼゼロとなってしまった。しかし、手で炭の層に圧力を加えると電流が流れた。接触抵抗が大きいことと、プラ容器ではこの電池に必要な空気が反応場に供給されないのでは?と考えてプラ容器を使うのを止め、積層型で圧着ができるように改良した。電圧と電流の値は大きくなってきたが、アルミホイルの劣化が生じて低下することがわかり、アルミ板も使うことにした(図8)。

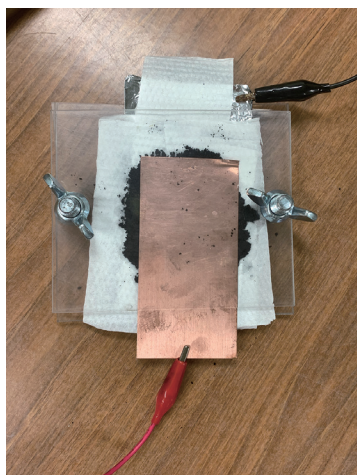


図8 積層炭電池

ようやく電池の性能が少しずつ出るようになってきたものの、寿命が短いという問題や、複数の電池を接続するときに導線が細いと抵抗が大きくなって性能が低下することもわかった。車体に他の部品も積む必要があるため、電池の占められるスペースに限りがある。そこで電池の接続方法と接続個数を試行錯誤で工夫して、電流と電圧を高め、寿命も延ばすようにした。

電池の問題はほぼ解決したが、運ぶ水量が大きい場合に動かないというトラブルが発生した。電池を大きくするのも一つの策だが、モーターを取り換えたならこれまでの電池で大きい水量を運ぶことができるようになった。モーターで性能が変わるのは考えると当然であるが、当時は意外だった。

試運転の際に電流の向きが逆になり、進行方向が逆になってしまうことがあった。そのため、電流の向きを変更できるスイッチを搭載することで、出発しやすく、トラブルで電流の向きが逆になってもすぐに対応できるようにした。

計時機構について、ヨウ素時計反応時間を調整するため試料の比率を大きくしたところ、溶液量が多くなって色の変化が小さくなりセンサーが反応しなくなった。そこでデンプン量を増やして改善した。

2.3 大会当日の競技前準備

最も一番大変だったのは人員の確保であった。研究室でCOVID-19罹患者が続出し、主要メンバーも倒れたため、車の調整と運転をするメンバーの確保が直前に必要となった。しかし、研究室に動ける人はなく他研究室にヘルプを頼み、大会開始の1時間半前にメンバーの目途が立った。これまでの準備に携わった主要メンバーが、一人で助っ人メンバーに競技会の全体説明と当日の役割説明をしながら準備作業するという大変な事態となった。

午前中のうちにすべての機構を接続してテスト走行をおこなったが、車は動かなかった。原因を調べたところ、モーターの固定位置が悪くギアとモーターがかみ合っていないかった。乾電池で走行の様子を確認しながら調整し、応急処置としてテープで固定してテスト走行をおこなった。別のメンバーは備長炭電池の作り直しに取り組ん

だ。炭電池は一度使ったらアルミニウムやキッチンペーパー、粉末の備長炭の交換が必要となる。テスト走行を2回するのは想定外だったので、アルミニウムとキッチンペーパーだけ交換して、備長炭は再利用することとした。2回目のテスト走行では無事車は動いた。しかし、走行スピードが異常に遅く制限時間の5分以内に走行できるのか不安があったが、開始時間が迫ってきたため、競技本番で備長炭を新しくすれば改善すると願って競技に挑んだ。

競技開始の1時間前には走行距離とおもりが発表され、時計反応で使う薬品の混合比率を確定した。幸いにも練習で一番安定した時間であった。しかし、実際に時計反応をおこなったところ、事前に得ていた結果と少し異なった。原因は時計反応に使っているデンプンの反応速度が温度の影響を大きく受けたためと推測した。数日前から鹿児島では曇りが続き、気温変化は小さかった。大会当日は久々の晴れで、コースを設置した廊下の気温が上昇してしまった。そこで、競技が始まるまでに廊下の温度を下げるべく、面した部屋のエアコンを強く設定し、ドアを開け扇風機を複数台運転して気温を下げて競技に挑んだ。

2.4 第1回目の走行

1回目走行では、車体の組み立て時間をテスト走行を参考にきっちり走行開始時刻に合わせることができた。しかし車体検査の時間を考慮しておらず、待っている間に備長炭電池が発熱し始めた。事前練習では備長炭電池が発熱し始めると劣化がどんどん進み、車の動きが悪くなる傾向があった。開始を待つ間に電池が劣化しないように備長炭電池の層を圧縮していたボルトを緩め、電流計を繋いで電圧が下がらないよう気を付けた。実際に走行させると、粉末の備長炭を新しく変えたことから練習より力強く走り、電池が発熱し劣化が始まっているのを感じさせず安定して走った。しかしゴールを過ぎても車は止まることなく進み続けて、規程の15 mを過ぎ失格となってしまった。

廊下の室温を下げたにもかかわらず、時計反応時間が気温に影響されたのかと思ったが、反応時間は少し長い程度であった。原因は別にあり、測光部で周囲の光の影響を受けないように被せていた箱の設置が悪く、きちんと遮光できていなかった。さらに、当日は準備した日と違い晴れていたため、光センサーの感度が高くセンサーがうまく作動しなかったと考えた。そこで、センサー部に対して床の下からも光が入らないように黒画用紙を貼り付け、遮光のための箱がきちんとはまるように車体部品の配置を変え、周囲の光がセンサー部に入らないようにした。また、時計反応の反応時間が予測よりも少し長いという課題があったが、試料の比率を変えるとデータの取り直しが必要となる。準備時間にデータが取れないと判断し、時計反応は走行開始よりも先に開始して、走行開始時刻で時間を調整することとした。電池については、1回目の走行で新しい備長炭を使えば劣化の影響は小さいことがわかったため、1回目より余裕をもって組み立てられた。

2.5 第2回目の走行

2回目の走行では、スタートの合図で時計反応を開始してから42秒後にコースインさせて走行を開始した。1回目と同様に車の走り出しは問題なく、9 mで停止機構がきちんと作動するかどうか、ドキドキしながら見守った。結果として走行距離8.6 mという目標の9 mに近い距離で停止させることができた。大会当日に助っ人で加わったメンバーが状況とやるべきことを速く理解してくれたおかげで、1回目の走行から2回目の走行までに良い準備を進めることができた。メンバーの皆さんに感謝したい(図9)。



図9 集合写真

(鹿児島大学チーム)

3 FCC号製作記

3.1 学校紹介

福岡県立福岡高校化学部は部員35人で、日頃は先輩方が代々築き上げてきた化学



図10 車体の写真

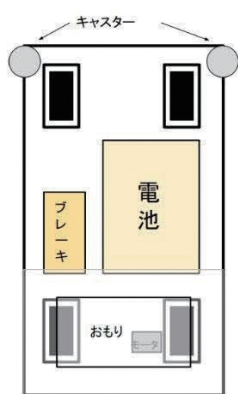


図11 上から見た配置図

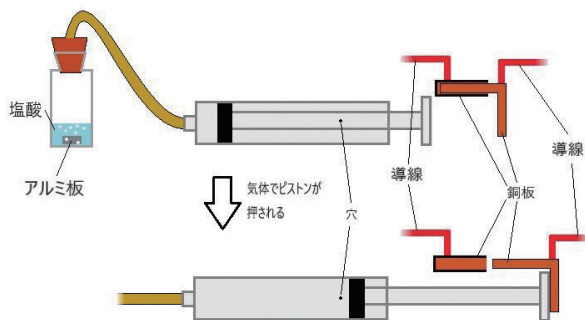


図12 ブレーキの仕組み

実験集「ppm」に載っている実験をおこなったり、研究発表に向けての実験をおこなったりしている。今回は1年生13人でChemical-Energy-Car Competition 2023に参加した。

3.2 大会に参加してどうだったか

Chemical-Energy-Car Competition 2023に参加して今まで以上に化学の面白さを感じることができた。また、実験を繰り返しながら部員同士で交流、議論したことで、大きく成長したと思う。今回、私たちは1年生のみでの参加で、入学して間もなくまだ互いのことをよく知らない状態であったが、様々な実験を通して親睦を深めることができた。先輩方の知識に頼ることも多く、そこで生まれた先輩方との交流が今後の研究発表などの先輩方との次なる交流の契機となったと感じた。

3.3 車の特徴・苦勞した点

図10に今回作成した車体の写真を示す。車の特徴はなんといっても電池の接続の仕方だ。小さなダニエル電池を3つ直列で繋いだものを2つ作り、それを並列で繋いだ。並列回路にしたのは内部抵抗を小さくしながら起電力を確保するためである。そのためには計6つの電池が必要だったが、6つのピーカーを入れるには密閉式の容器はあまりにも小さすぎた。そこで図10の車体中央部にあるように6つの凹がある家庭用アイスメーカーを用いることで、省スペースと溶液の節約に成功した。この電池を完成させるまで、様々な電池を作製して電流や電圧の測定、モーターとの接続を繰り返し、1ヶ月以上の時間を要した。また、車体の大きさの制限に合わせて作る必要があったため、電池が近づきすぎて配線がうまく接触しない、電極同士が触れてしまうなどといった問題が生じ、その解決にも苦勞した。部品の配置図を図11に示す。

ブレーキ部分は図12に示すように水素が発生することで押されたピストンが接触している銅板同士を離すことで、回路が遮断されるようになっている。水素は塩酸にアルミ板を入れて発生させた。当初はクエン酸と炭酸水素ナトリウムから二酸化炭素を発生させていたが、一気に反応してしまい、セットや時間調整が難しいという課題が見つかったため、金属板を使うことにした。アルミ板をそのままの塩酸に入れると、活発に気体が発生するようになるまでに時間がかかり、ピストンが動き始める時間が不規則であった。そこで混合後すぐに気体を発生させるため、アルミ板を予め塩酸で処理しておくという工夫をした。また、気体が多く発生してブレーキの機構が爆発しないように、シリンダーに小さな穴を開け、気体が逃げられるようにしておいた（実行委員会注：少量の水素の大気放出は認められている）。こうしておくことで、ピストンがしっかり動いたかどうかを気体が抜ける音の有無で確認することができた。

車体部分のうち、特に製作が大変だったのは車輪だった。木の板にシャフトを取り付けなければならないのだが、それに苦勞した。また、モーターの動きをシャフトに伝えるためにギアをうまく組み合わせる必要があったが、そのような経験をしたことがある人が一人もいなかったため、製作が難航した。班員全員で意見を出し合い試行錯誤しながら何とか車を走行できる状態に仕上げた。実際にコースを走行させてみると、コース壁(図10の右下のL字アルミアングル)と接触した際の摩擦で止まってしまったため、車体の左右前方にキャスターを付けることで解決した。このように何度も失敗したが、その度に細かな改良を重ねていき、大会前日によく完成させることができた。チームの誰も設計の経験はなかったが、意見を出し合って様々な工夫が詰まった車となった。

3.4 次年度へ向けて

今回の大会は車体、電池、ブレーキの担当をそれぞれ決め、グループに分かれて主な作製や調整をおこなった。次年度に向けて反省点及び改善すべき点はそれぞれにある。また、他校のChemical-Energy-Carからも多くのことを学ぶことができた。ペルチェ素子と温度差を用いた機体や、CO₂加圧式首振り機体などのユニークなものはその発想力に脱帽した。このような機体を用いた機体も参考にし、来年は他校も感心するような機体を考えたい。

(福岡県立福岡高校化学部)