

全国競技会でクラス 2 連覇！



科学部の大会結果報告

大会名: 第 26 回スターリングテクノラリー

開催日: 2022 年 11 月 12 日

会 場: 都立練馬工業高等学校

生 徒: いずれも 2 年 1 組

浅野京太郎, 工藤拓海,

大山絃輝, 柳 真斗

1. スターリングテクノラリーとは

今年度は 2 年生 4 名がスターリングエンジンを「探究」のテーマとして取り組んでいます。その一環として、全国競技会「第 26 回スターリングテクノラリー」に出場しました。

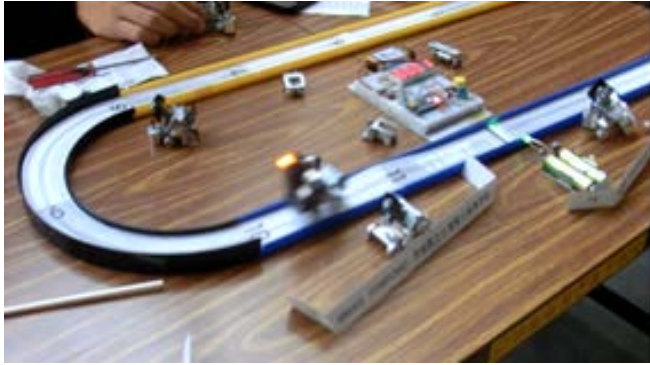
この競技会は参加者が自分で製作したスターリングエンジンを搭載した模型自動車を走らせて行う全国競技会です。高校～大学、一般の区別なく多様な参加者が全国から集合して行われます。今回の第 26 回では、北は宮城から南は沖縄、そして台湾まで、合計 103 チームが参加しました。サイズの違い等で 5 種の走行競技がありますが、本校が参加したのは、それらの中でも技術的条件がもつとも厳しい 2 つの競技です。



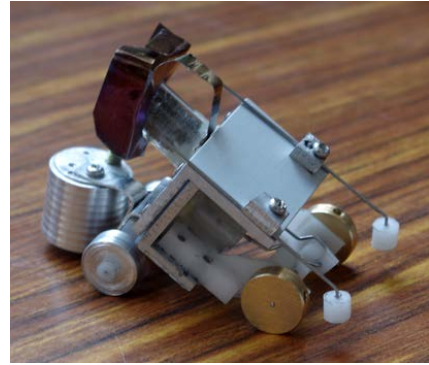
2. MM クラス 2 連覇！

MM クラス(マイクロマシンクラス)は燃料タンク・燃焼器・ガイドローラー等のすべてを含む車両のはば 35mm 以内、長さ 50mm 程度に大きさが制限されています。燃料の補給なしにタカラ「チョロ Q」のコースを何周走ることができるか競います。小さな車体の中に形成した温度差を維持することが難しいこと、1/100mm 単位で加工精度、調整の精度が必要なことから、最も困難な競技クラスとなっています。

実は、このクラスで今まで高校生が製作して、コースを数周以上走ることができた車両は、3 台のみです。それらは全部本校生の作品です。第 23 回「がんばる君 R」(18 周)、第 25 回「さとうきび」(110 周)に続いて、今回の第 26 回では「 μ MM」号が 202 周を記録して優勝しました。



MMクラスの走路



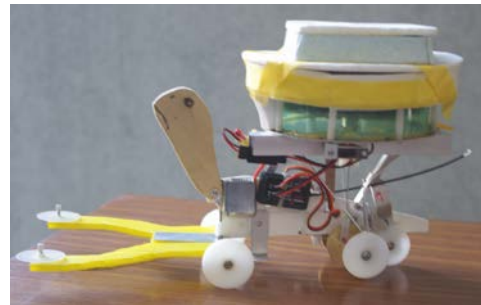
優勝した「 μ MM」

スターリングエンジンの製作者はエンジン全体のはたらきを良く理解している必要があります。その上で、各部分の役割を考えながら、部品を設計・加工し、さらに組立・調整をしていきます。先輩の残した図面や作品例を見ながら、数か月間、自分の機械を作り続けるのです。放課後、夏休みを有効に使って、あれこれ考え、何度もやり直ししながら一步步着実に製作を進めたことが良い結果につながったと思います。さらにコースを走るようになってから大会までの数日間は、集中力を注いで修正と改良を重ねて、車両を最適化しました。

3. HWクラスへの挑戦



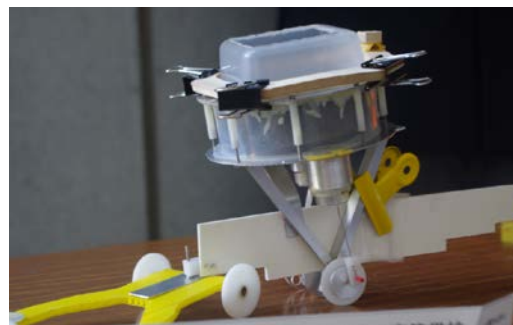
HWクラスの走路（市販ミニ四駆）



優勝した「RC-turtur」

今回挑戦したもう一つの競技クラス, HW クラス(お湯熱源クラス)はアルコールやガスなどの燃烧熱を使わず、ポットで沸かしたお湯と室温の大気を熱源とするクラスです。お湯と大気との温度差は数十℃しかありません。そのため、もともと大きな回転力は期待できません。したがって、ごくわずかな摩擦力も発生させない工夫と丁寧な加工が必要です。そして、どうしても部品数がMMクラス等より多くなってしまいます。

ところで高校生にとっては、数か月に渡って、一つの機械を作り続けることなど初めての経験です。何しろ今まで使ったこともない加工機械など使いながら、作ったこともない機械を作って行くのです。ちょっとした誤解がもとで、何行程もやり直しになることもあるので、本当にこれで良いのか？という小さな不安が生じると、途端に次の段階に進めなくなります。そういう時は、上級生の作品例を見たり、教師に相談したりして、結局は自らの理解が進歩することによって解決されます。よく考えながら作ることが「ものづくり」には大事なことです。それでも、気づいてない不安要素は必



「お湯 ForYou」号

ずあります。思いがけないトラブルがあります。なかなか、すぐには結果が出ない。そう考えると、生徒は心理的にかなり窮地に立たされていたかも知れないです。しかしその分、初めてエンジンが回った時には、今までの不安から開放され、製作者は涙が出るほどの達成感をえます。

2人が製作した「お湯 ForYou」号は競技会の前々日に初めてエンジンが回るのを確認できて皆で喜びました。しかし、当日にコースを何回も周回できる状態にするには、時間が足りませんでした。でも、2人は競技会が終わっても引き続き完成度を上げる作業を続けることと思います。

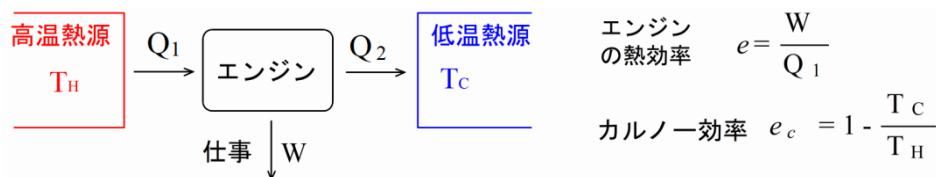
今後は、MM・HWの両作品とも測定実験を行うなどして、さらに探求活動を進める予定です。

資料・温度差とエンジン、そしてスターリングエンジンの価値

(物理選択の生徒は読んでね！)

熱を与えて仕事をさせる装置が熱機関、つまりエンジンです。エンジンの性能を表す値で、熱効率という値があります。熱を仕事に変える変換効率のことで、例えば自動車のエンジンで良いものなら 100Jの熱を得て 35J くらいの仕事をするので、熱効率 35%と表されます。目的からして、熱効率が高いエンジンが高性能ですが、もちろん熱効率 100%のエンジンはあり得ません。

ところで、実はどんなエンジンであっても、熱を取り入れる対象である高温熱源と、熱を捨てる対象である低温熱源、2つの熱源が絶対に必要です。たとえば、自動車エンジンなら、燃料を燃やして生じる高温ガスが高温熱源、エンジンのシリンダ～排気管の壁面～外気が低温熱源になっています。実は、この高温熱源と低温熱源の温度が熱効率の上限を決めているのです。



理論上の熱効率の最大値は「カルノー効率」と呼ばれます。この値は、高温熱源と低温熱源の2つの温度だけで決まることが分かっています。例えば高温部 1700°C、低温部 100°C で計算するとカルノー効率は 84%と求まります。どんな熱機関を作っても、熱効率がこの値を超えることは不可能なのです。

さっきの高温 1700°C、低温 100°Cという値は自動車エンジンについての見積もりです。この条件でカルノー効率は 84%ですが、実際の自動車エンジンの熱効率は 30～35%でいどです。今まで長年改良が続けられて来た自動車エンジンでもカルノー効率の4割でいどしか達成できていません。これが現在の技術の限界値なのです。

温度差をもっと大きくすればいい？ という疑問はもつともです。高温熱源の温度が高ければ高いほどカルノー効率の値は大きくなります。しかし、空気を吸い込む内燃機関では、高温化すると空気中の窒素が燃えて排気ガス中に窒素酸化物が増えるという悪いことが起こります。また、エンジンの金属材料の耐熱性にも限度があります。そういう事情で今以上の高温化は難しいそうです。

さて、お湯クラスエンジンの温度条件では、どうなるでしょうか。高温部 100°C、低温部 30°C とすると、カルノー効率は 19%と計算されます。つまり、この温度条件ではこれ以上の熱効率はありえません。実際の熱効率はどのようなのでしょうか。カルノー効率の4割でいどを達成したとしても、たったの 8%

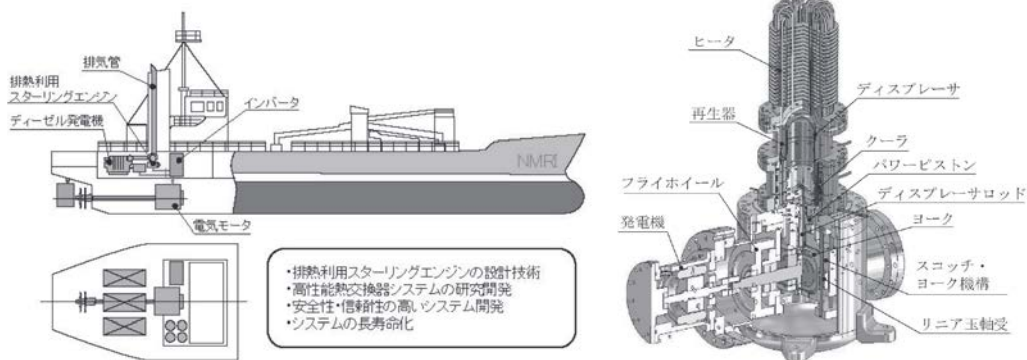
	自動車用 エンジン	HW クラス のエンジン
高温熱源の温度	1700°C	100°C
低温熱源の温度	50°C	30°C
カルノー効率	84%	19%
実際の熱効率	30～35%	?

弱です。このように温度条件が違くと、仕事を取り出せる限界の値が違います。お湯から仕事を取り出すエンジンが難しいのはこのためです。

ところで、ガソリンエンジンやディーゼルエンジンやジェットエンジン、ロケットエンジンのような内燃機関は内部で燃やしたガスがピストンを押す仕事をするので、使える燃料を選びます。例えばガソリンではディーゼルエンジンを動かすことが出来ません。ましてやお湯で仕事をさせるようなことは不可能です。

それに対して蒸気タービンやスターリングエンジンのような外燃機関は燃料は何でも良いのです。エンジンの外部で燃焼させるからです。また、熱源さえあれば良いので、燃料でなくても構いません。高温と低温の熱源があれば良いのです。特にスターリングエンジンは熱源の温度差が大きくても小さくても、動くものができるという特長があります。だから、お湯から仕事を取り出すことができるのです。

率は悪いけれど、普通は捨てている熱から仕事を取り出せるのは素晴らしいことです。実は温度差がやや小さいために捨てられている熱源が大量にあるのです。例えば、世界中のすべての火力発電所や原子力発電所は、蒸気タービンを海水などで冷やす、つまり熱を捨てる必要があります。結局、発電所の発電量の2倍以上の熱が100℃以下のお湯として環境に捨てられています。また、ものを作る多くの工場で水蒸気や高温空気などが工場排熱として、やはり大量に環境に捨てられています。身近なところではエンジン自動車です。そのように現在捨てられている「未利用」のエネルギーを、スターリングエンジンを使って、利用できる可能性があるのです。



海上技術安全研究所が提案した電気船排熱利用システムと試験に用いられた小型スターリングエンジン(500W)



米国アリゾナに設けられた太陽熱スターリング発電施設

1個のお皿で30kWの電力を発生する。

このように、温度差さえあれば動くというスターリングエンジンの特長は、今後私たちが色々な再生可能エネルギーを利用しようとするときに、上手く役立てられるかも知れません。つまり、二人が挑戦した「お湯熱源クラス」はスターリングエンジンのこのような価値を分かりやすくアピールできる競技なのです。

(文責:小林義行)

もちろん、例えばそのままでは内燃機関の燃料にはなりにくいバイオマスの燃焼なども利用可能です。同じ温度差なら熱効率はスターリングの方が優秀だと分かっています。

内燃機関が利用できない太陽集光熱などの高温熱源を直接利用するという手もあります。例えば、太陽光を集光した高温でスターリングエンジンを回し、発電機を回すという方式の方が、太陽電池パネルで発電させる方法より、ずっと変換効率が高いのです。

(左図)