

スターリングエンジンで二酸化炭素を
溶かす



光塩女子学院初等科5年
植地眞子
英優里
朝田百合

☆ 動機

私達が住んでいるこの地球上に現在、二酸化炭素が増え続けている問題があるので、このコンクールを通して、それをいかにして無くすか考えることが重要だと思ったからです。私達は、二酸化炭素を出さないのではなく、今ある二酸化炭素を消すことに注目しました。調べたら、藻や植物は吸い込むやり方でしたが、私たちは海で二酸化炭素を溶け込ませるテーマにしました。

★ 私たちのテーマと目標

13 気候変動に具体的な対策を



気候変動およびその影響を削減するための緊急対策を講じる。

二酸化炭素とpHの関係

二酸化炭素が増加したり重炭酸イオンが減少したりするとpHは酸性に傾き、反対に、二酸化炭素が減少したり重炭酸イオンが増加したりするとpHは塩基性に傾きます。また、傾いたpHを元に戻そうとする動きも見られます。二酸化炭素は、水に溶けると炭酸になり、この炭酸が水素イオンと炭酸水素イオンに解離します。このように、二酸化炭素が水に溶けると、水素イオンが生じるためpHが下がる、つまり酸性に傾きます。

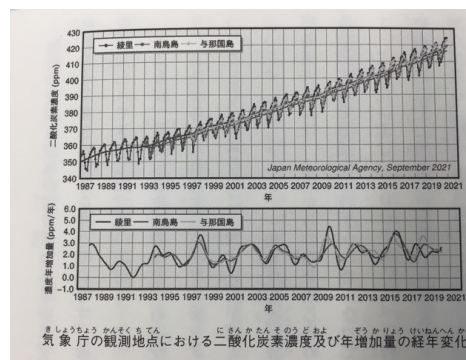
☆地球温暖化

私達が生活の中で、石油や石炭といった化石燃料を燃やして発電したり、石油から作られたプラスチック製品をたくさん使うようになったことで、大気中に二酸化炭素が増えてきました。この温室効果ガスには太陽からの熱を閉じ込めて保温する働きがあるため、増えすぎると地球がまるで温室の中のように暑くなってしまいます。二酸化炭素は、200年前に比べて約35%も増えています。

☆動物への影響

温暖化が要因の一つとなって、絶滅の危機に瀕している野生動物は、ホッキョクグマをはじめとして1750種類以上にのぼります。また温暖化で海水が膨らむことによって、海面が上昇します。

過去100年間で平均17cmも海面が上昇しています。



水に溶ける二酸化炭素

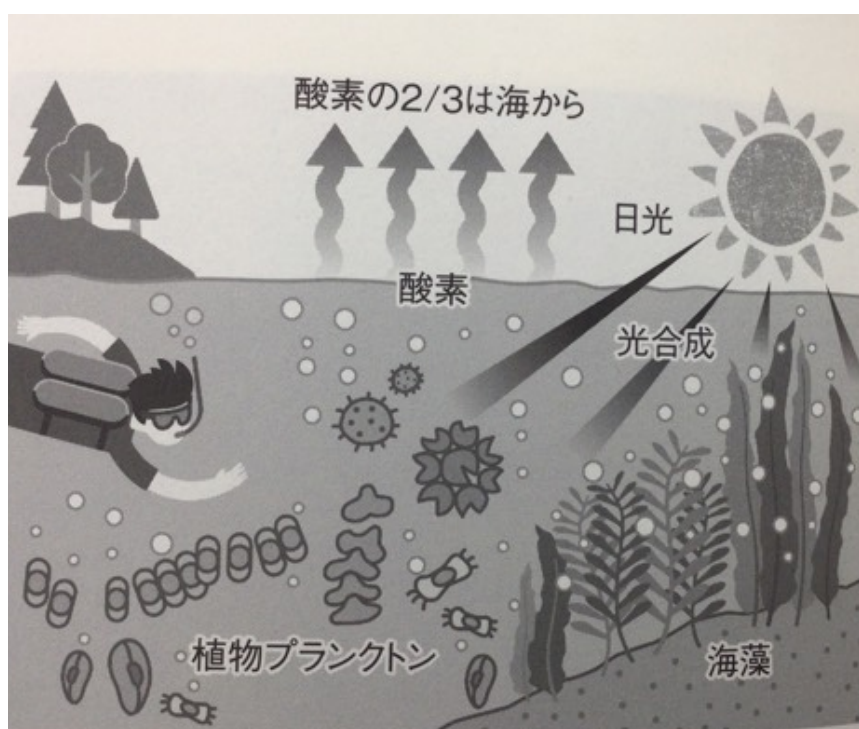
海水は膨大な量の二酸化炭素を吸収しています。これは二酸化炭素が水に溶けやすい性質を持っているためです。ペットボトルに8℃の水を入れ、二酸化炭素の缶から二酸化炭素を入れた後に、よく振ると、ペットボトルがへこんで、二酸化炭素が吸収されたことがわかります。次に、45℃のお湯で同じように実験すると、ペットボトルはあまりへこみません。二酸化炭素は、水温が高いほど、水に溶けにくくなります。温暖化によって、海水温度が上昇すると、海が吸収している二酸化炭素が大気中に出てくるのがわかります。

☆海が吸収した二酸化炭素は？

①サンゴ礁には、二酸化炭素を吸収して酸素を供給するという、大きな働きがあります。ところがそのサンゴ礁は、急激に減少しています。サンゴは、動物です。サンゴの体の中には、褐虫藻（かっちゅうそう）という植物プランクトンがたくさん住んでいます。植物プランクトンは、光合成を行い、海中の二酸化炭素を吸収し、酸素を供給します。サンゴは、褐虫藻が光合成によって得た栄養の一部を受け取っています。サンゴの色は、褐虫藻の色なので、褐虫藻がいなくなれば、白くなってしまいます。海水が温かくなりすぎて、褐虫藻が出ていってしまったままだと、サンゴは死んでしまいます。環境省のホームページによると、国内のサンゴの減少は60パーセントにもなるそうです。

②海藻も光合成を行うので二酸化炭素を吸収して、酸素を放出します。産卵や子育ての場でもあり、海水をきれいにする働きも持っています。海藻類や、植物プランクトンが何と地球の酸素の3分の2を作っています。

海水に溶け込む二酸化炭素の量が増えると、海の酸性化という問題もおきます。カニやエビなどの甲殻類、貝、サンゴなどはカルシウムの形成に障害を起こしてしまうことです。



亜熱帯モード水

海に溶け込まずテーマですが、溶け込ませるといっても、そのことで問題が起きています。それは、私たちが考えたこと、「海に溶かす」ということが自然界では起きているからです。でも、海の浅いところに溶けてしまっています。そうすると、ページでもあるように、サンゴが消えたり、モード水が消えたりしてしまいます。

亜熱帯モード水とは

地球温暖化の原因の二酸化炭素を大量に吸収している海の水のことです。海洋の水温は、海面から深さ約1kmまで、深さとともに大きく低下します。ところが、亜熱帯モード水は、地面から垂直に数百メートルにわたって水温がほとんど変わらない層のことです。世界5ヶ所で確認されています。

北太平洋熱帯モード水

その中でも、日本近海のもものは、トップクラスのもので、北太平洋亜熱帯モード水と呼ばれ、1年に8億トンもの二酸化炭素を吸収しています。これはアマゾンが1年に吸収する量の3分の2の量に相当します。この亜熱帯モード水は、時計回りに亜熱帯循環に沿って海洋内部を循環し、亜熱帯循環の北西部に広がります。

「亜熱帯モード水」と台風の発達に関係者発見

9/14(水) 7:32 配信 12

ABEMA TIMES



亜熱帯モード水

日本の南には海の中に水温が均一な水の塊（=水塊）があり、台風の発達などに関係していることが東京大学などの研究でわかりました。

【映像】海の中にある巨大な水の塊

日本の南には、「亜熱帯モード水」という水温が均一な膨大な水の塊（=水塊）があります。その量は琵琶湖の貯水量の約2万倍です。

東京大学の岡英太郎准教授らは、2021年にこの亜熱帯モード水のある海域を船で約2週間にわたり観測しました。その結果、この水塊が台風の発達などに影響を与えることを発見しました。

「今回わかったのはこの亜熱帯モード水っていう水塊が厚くなったり薄くなったりするんですけど、薄くなるとそれによって海面付近の水温が高くなって、その結果、台風の発達をより促進する方向に働くということです。この数年は（亜熱帯モード水が）すごく少ない状態が続いていて、それは海面水温を上げる一つの要因になってるので、それは台風を強める方向に働いていることは間違いないです」（東京大学・岡英太郎准教授）

「亜熱帯モード水」は、温暖化が進むとさらに減少すると予想され、岡准教授は将来的に台風を強めることに関与していく傾向があるととしています。（ANNニュース）

最近の9/14にインターネットにでた亜熱帯モード水についてのっている記事を見るとここ数年亜熱帯モード水がすごく少ない状態が続いていて、それは海面水温を上げる一つの要因になっているので、それは台風を強める方向に働いている。亜熱帯モード水も減っているそうです。

どのようにして作られるのか

北太平洋亜熱帯モード水は、冬季に黒潮続流の南方で作られます。冬季には、ユーラシア大陸から冷たい季節風が吹き、海面付近が冷えて重くなると、それが下層の海水とよく混ざり、表層には、水温と塩が鉛直に一様な層が熱く発達します。春になると海面に近い部分は水温が上がるため、この厚い混合層の上層部は変質してしましますが、下層部は春以降も、特性が大きく変わることなく海洋内部に残されます。こうしてできた海洋内部の鉛直一様層が、亜熱帯モード水です。



★熱帯モード水はこれからどうなるか

熱帯モード水の水温や厚さは、10年程度の周期で変動しています。冬季の季節風によって海面が強く冷却されるほど、厚く冷たい層が形成されると言われています。また、海洋内部の密度構造の変動とも関係があります。海洋は深い層ほど冷たく厚い熱帯モード水が形成・分布するとされています。上層と下層の海水の密度差が小さいほど、上下方向の海水の混合が起こりやすくなって、冷たく厚い熱帯モード水の形成がされやすくなります。熱帯モード水の分布量には長期的な変化はありませんが、水温は長期的には、上昇傾向にあることが、観測結果からわかってきます。

最近の研究で、熱帯モード水の厚さの増加減が、海面付近の水温を通じて、台風の発達・減衰に影響していることが発見されました。

ここから、実験をします。

実験はビーカーでやるのですが、本来は海と同じです。

このレポートは、「今ある二酸化炭素を海で消す」という目的です。

その海で消すという方法を実験しています。これから見せる実験は、ペイントミキサーで海水に二酸化炭素を溶け込ます実験です。しかし、実際に海では回せません。だから、スターリングエンジンというものを使ったらいいと思います。スターリングエンジンは、実験の最後に説明します。

実験で使った道具

BTB溶液



二酸化炭素



ビーカー

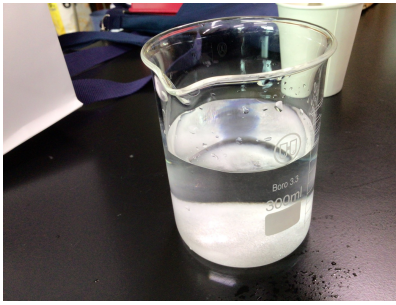


ペイントミキサー

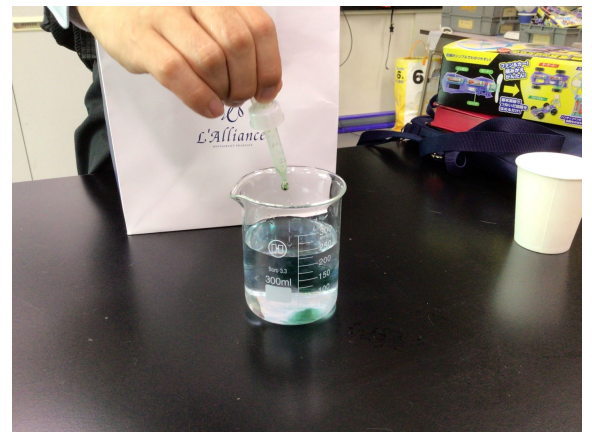


実験

塩を入れる



BTB溶液を入れる



二酸化炭素を入れる



ペイントミキサーで混ぜる



実験のまとめ

★実験の目的：静止した状態と、回転させた状態での海水への二酸化炭素の溶け方を観察する

★実験の方法：

- 1) 水に塩を溶かした疑似海水を作り、ビーカーに入れる。
- 2) 疑似海水にBTB溶液を溶かして青く着色する。
- 3) ビーカーの中に回転子としてペンキミキサーを入れておく。
- 4) ビーカーの上部の空間に二酸化炭素を静かに充填する。
- 5) しばらく静かに置いて二酸化炭素の海水への溶け方を観察する。
- 6) ペンキミキサーを回転させて二酸化炭素の海水への溶け方を観察する。

★実験に必要な知識：ビーカーの疑似海水の上に二酸化炭素を静かに入れると、二酸化炭素は空気より重いので下に落ちて、ビーカーの中は二酸化炭素で満たされる。

★BTB溶液はもともと黄色だが、水酸化ナトリウムというアルカリ性の液体が加えられているので青くなっている。二酸化炭素が海水に溶けて炭酸が作られると、水酸化ナトリウムが中和されるため、青色が消えてBTB溶液の色が黄色くなる。

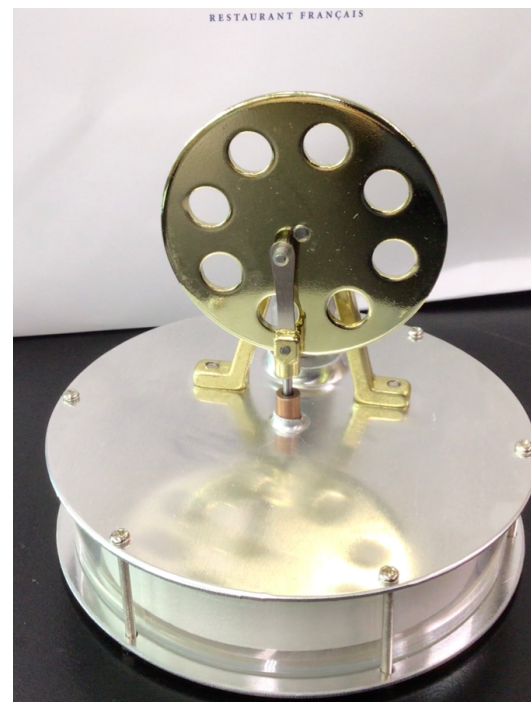
ただのプロペラではなく、ペンキミキサーを使った理由は、ただのプロペラよりもペンキミキサーの方が、粘度の高いペンキを混ぜるために渦巻きを作る力が強い構造になっているから。

3) 安定してプロペラを回すためにはモーターを使う方法が良いと思いましたが、海の天気は変わりやすく、台風などもあるし、夜もあるので、蓄電池を利用してモーターを回す方法が良いと考えました。

4) 蓄電池に電力をためるためには、太陽電池を利用する方法もありますが、太陽電池の発電効率を考えると広大な面積が必要になるので、海上では現実的ではありません。今回私たちは深い部分の海水と表面の海水の温度差を利用したスターリングエンジンを利用することで発電することを考えました。地球の気温が上昇していることを考えると、海水深部との温度差が大きくなっているのでスターリングエンジンを使うと良いと思います。

スターリングエンジン

実験のはじめに書いた通り、海では電気がないので、プロペラを回せません。太陽光発電ではとても広い面積が必要になるので、海の上ではできません。風力発電では高い支柱とプロペラが必要になるので、海の上のような不安定な場所では使えません。その他の発電方法でも、海の上で安定して発電をするのはかなり難しいと思います。そこで調べているうちに、温度差で発電できるスターリングエンジンを見つけました。スターリングエンジンは温度差で動きます。水は熱が伝わりにくいので、海の上と海の深いところでは大きな温度差があります。特に温暖化の影響で海上の温度が高くなっている所以温度差が大きくなっています。それを利用して、スターリングエンジンを回すということです。スターリングエンジンで発電機を回して発電した電力を蓄電池にためておけば温度差の小さくなる夜や悪天候な日でもプロペラを回し続けることができます。



スターリングエンジンは高温側と低温側の温度差を利用して動くエンジンです。水力発電が高低差を利用して発電するのと同様に、スターリングエンジンでは高温側から低温側に熱が移動することを利用してエンジンを動かします。

私たちはこのエンジンの話を教えてもらったときに、海の上は暑いのに、海の中の温度は低いことを利用して、エンジンを動かさないかな、と考えました。自分たちでスターリングエンジンを作るのは難しいので、小さなスターリングエンジンが手に入らないかな、と思って探しました。

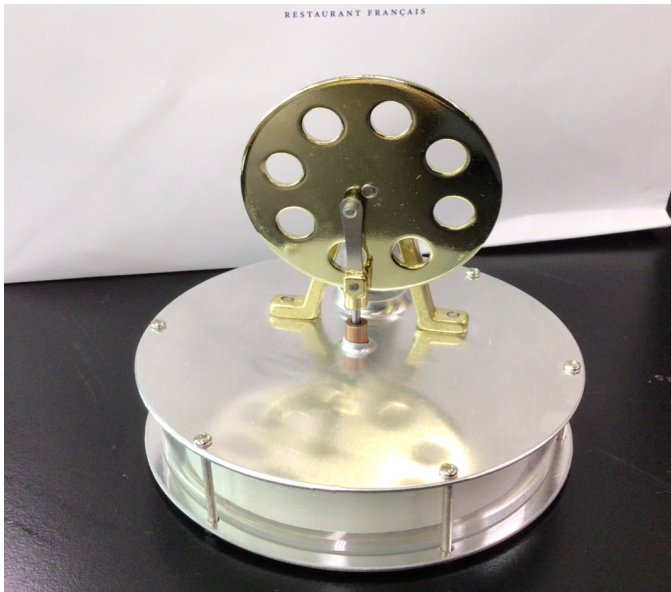
私たちが実験してみたスターリングエンジンは低温型スターリングエンジンで、底面が温められて高温側になり、反対の上面が空気で冷やされて低温側になることでピストンが上下に動作するものです。お湯を入れたカップの上に置いて、はずみ車を回してあげるとピストンの上下運動が始まってエンジンがずっと動いているのに驚きました。

私たちのスターリングエンジンとは逆に、上面が太陽光で温められ、底面側が海水で冷やされる仕組みにして、ピストンの部分が「浮き」になるような構造にすれば、海上でも浮いていられるスターリングエンジンを作ることができると思いました。

この他に、雪国や南国での外気温と室内気温の差を使ってスターリングエンジンを動かせば、自然エネルギーを使ったエコなエアコンを作ることができると思います。

まとめ

テーマ:今ある二酸化炭素を海で消す



光塩女子学院
初等科5年
植地眞子
英優里
朝田百合

わたしたちは、二酸化炭素の排出を減らすだけでなく、今ある二酸化炭素を減らすことは方法を考えてみたいと思いました。まず、二酸化炭素が自然界に与える影響について調べました。そして、海の水を深くまで混ぜることで、二酸化炭素の吸収が増えるのかを調べるために、実験をしました。最後に亜熱帯モード水のことにも調べてまとめました。調べていくほど、今起こっていることなのに知らなかったことが、もっともっとありそうだと気がつきました。今回のことをきっかけに、これからも学んでいきたいと思いました。

実験やレポートをやって

実験では、授業では使ったことのない面白い器具を使い勉強にもなりました。二酸化炭素を消すことを実験でやりそこでもまた発見をすることができました。

レポートではまず面白いネット記事を探すということからはじめて、みつけたらそれを見やすいようにどうするかということまで考えてレポートというものが完成しました。

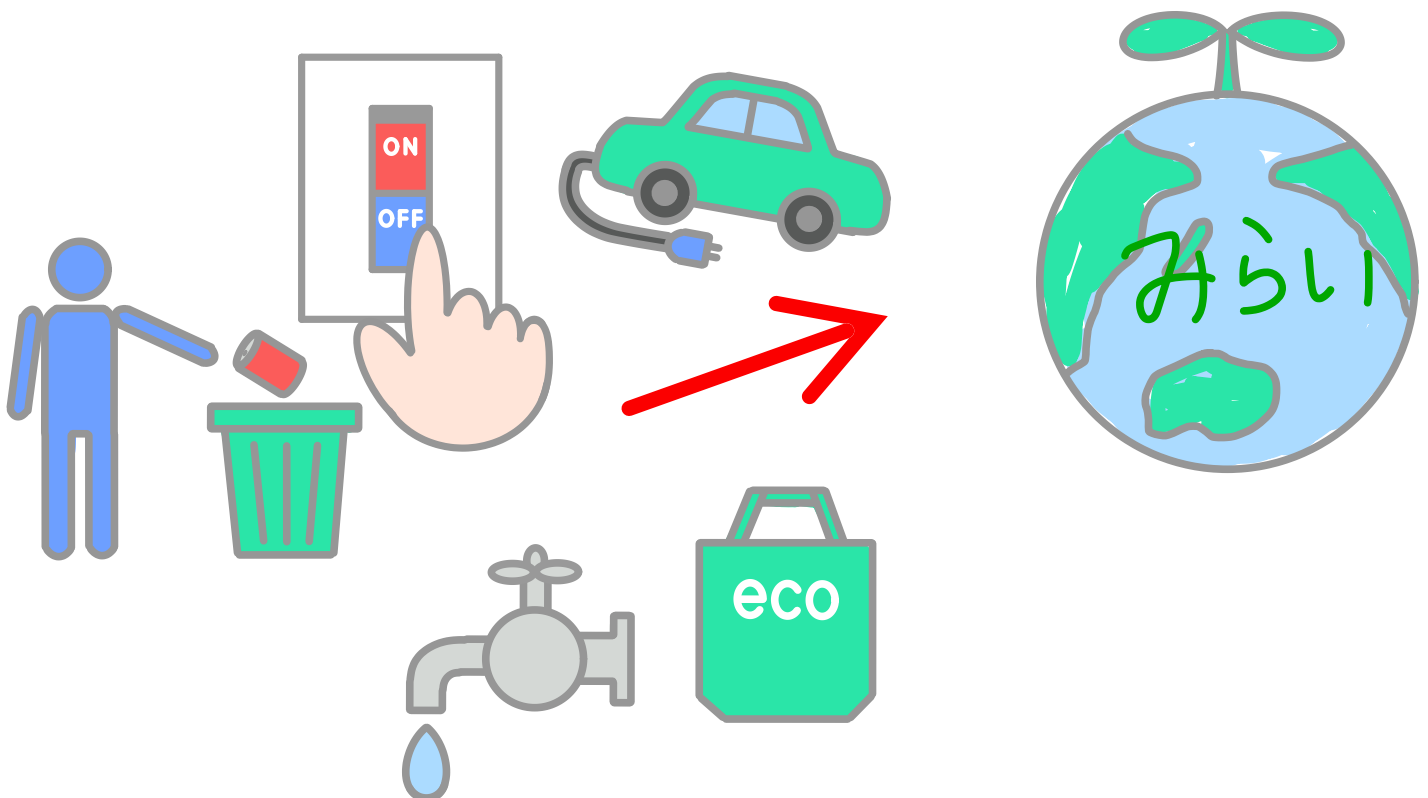
このことを多くの人に理解してもらい、その多くの人が二酸化炭素をあまり出さないように生活内でできる範囲の対策をするような未来が来るといいです。

コンクールで調べたことが未来で使えるといいです。

最後に1番印象に残ったことがグループでコンクール作品を作ったことです。グループで作品を作るのは初めてでどうなるんだろうと緊張していました。だけどグループのみんなは優しくしてくれて心強かったです。

最後までありがとうございました。

一人一人の行動によって二酸化炭素が減っていきます。



☆参考文献

- ・こどもSDGs大図鑑365

実務教育出版 齋藤孝

- ・気候危機！子どもたちが地球を救う

汐文社 堤江実

- ・こども環境学

新生出版社 朝岡 幸彦

- ・海の中から地球を考える

汐文社 武本匡弘

- ・NHKforSchool

https://www2.nhk.or.jp/school/watch/clip/?das_id=D0005402786_00000#in=0&out=71

- ・気象庁

https://www.data.jma.go.jp>knowledge>stmw>stmw_ref