

# 洋上風力発電模型を作ろう！ 水中科学教室を担当して

九州職業能力開発大学校 寺内 越三

## 1. はじめに

2020年10月、日本は、「2050年カーボンニュートラル」を宣言した。2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラルを実現するためには、再生可能エネルギーの最大限の導入が不可欠となる<sup>(1)</sup>。特に洋上風力発電は、大量導入や大型化によるコスト低減が可能であるとともに、経済波及効果が期待されることから、再生可能エネルギーの主力電力化に向けた切り札である<sup>(2)</sup>。洋上風力発電の設置方法は、着床式と浮体式の2種類に分類される。水深60m未満の海域には着床式が適しているとされ、水深60mを超えると浮体式にコスト優位性があるとされている<sup>(3)</sup>。筆者が住む北九州市では、2011年に着床式洋上風車の実証運転が開始され<sup>(4)</sup>、2019年に浮体式洋上風車の実証運転が開始された<sup>(5)</sup>。そして2025年には、着床式洋上風車を25基設置する日本最大の洋上風力発電所「北九州響灘洋上ウインドファーム」が運転を開始する予定である<sup>(6)</sup>。

2023年11月、山口県の岩国市科学センター（以下、「科学センター」と言う。）から、水中ロボットフェスティバル実行委員会を通じて、水中科学教室の講師依頼が来た。水中科学教室は、2024年8月23日から8月25日に、岩国市の防衛装備庁艦艇装備研究所岩国海洋環境試験評価サテライト（以下、「IMETS」と言う。）で開催される水中ロボットフェスティバルの併設事業である。依頼内容としては、8月24日（土）に、小学校低学年を対象として洋上風力発電をテーマに実験・工作教室を開催し

たいとのことであった。

そこで、浮体式洋上風車の科学技術を、実験を通して理解することを目的に、水中科学教室「洋上風力発電模型—風車の回転実験と水に浮かぶ風車の工作・実験—」を開催することを目標とした。

## 2. 水中科学教室の準備

水中科学教室は、小学1年生から3年生を対象に各回定員16名として、90分の授業を午前と午後の部の2回実施すると設定された。そこで、授業は座学と実験と工作・実験の3部で構成した。

はじめに、地球温暖化と洋上風力発電について動画を用いて学習をし、次に、風車の羽根の角度に注目した回転実験を行う。その後、風車のペーパークラフトを工作し、最後に風車を水に浮かべる実験を行うこととした。また「学習のめあて」は、「1. 風車がたくさん回る はねの角度を探そう！」「2. 風車を作って、水に浮かべよう！」と設定した。学習のめあてを図1に示す。

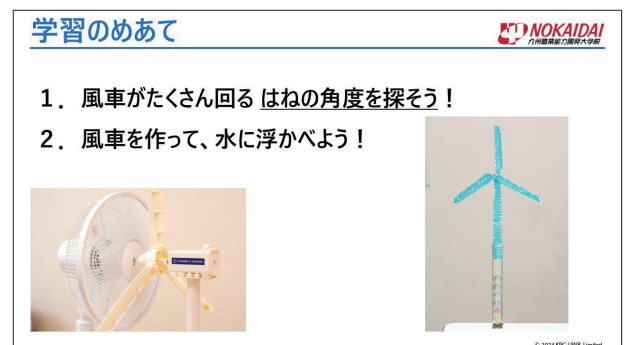


図1 学習のめあて

## 2.1 座学「地球温暖化と洋上風力発電について」の準備

児童の興味を惹きながら地球温暖化と洋上風力発電について学習するために、動画教材を選定し、解説資料を作成した。

座学には20分の学習時間を割り当て、動画教材には環境省が公開する小学校中学年向けの脱炭素教材と、洋上風力発電事業の広報動画を選定した。脱炭素教材のホームページを図2に示す。選定した動画は、気温の上昇と二酸化炭素の関係を知る「中学年1-1\_ どうぶつがこまっている？」、火力発電により二酸化炭素が出ることを知る「中学年1-2\_ 『二酸化炭素』ってなあに？」および二酸化炭素の増加により暮らしに困ることが起こることを知る「中学年2-1\_ 二酸化炭素がふえると…」の3本と、浮体式洋上風力発電施設の大きさや設置方法について知る「地域と共生する再生可能エネルギーを求めて～長崎県五島市～」である。

また動画の上映後には、解説資料を用いて火力発電で用いられる「石炭」の写真や、温室効果ガスの由来となるガラス張りの「温室」の写真を提示し、動画の内容を振り返る構成とした。

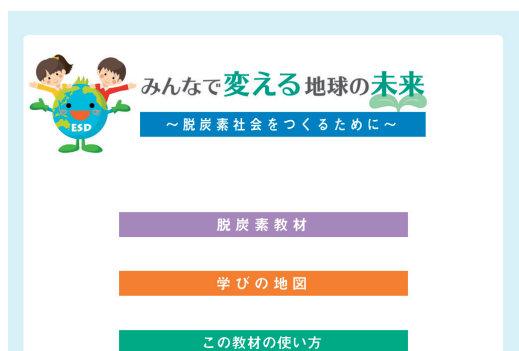


図2 脱炭素教材のホームページ

出典：「みんなで作る地球の未来」（環境省）  
[http://eco.env.go.jp/lib/env/cn\\_education/](http://eco.env.go.jp/lib/env/cn_education/)

## 2.2 風車回転実験の準備

風車が最も回る羽根の角度を調べるために、風車回転実験を企画し、手順書を作成した。

実験器具には、風力発電実験キット（Wind Power V4.0 STEM Experiment Kit, Thames & Kosmos）（以下、この節では「風車」と言う。）と扇風機（EMT-K301, 山善）を準備した。風車の高

さは85cmで、小学2年生の平均身長の高さの7割ほどの高さがあり、迫力を感じる。羽根の付け根には、1から5までのメモリが20度ごとに振ってあり、羽根の付け根を回すことで角度を変えることができる。羽根のメモリを図3に示す。

風車が最も回る羽根の角度は、豊岡中学校の実験論文<sup>(7)</sup>において「羽根の角度が70度のものがよく回った」と述べられている。そこで、事前実験を行い、最適な羽根の角度を検証した。実験は風車と扇風機の回転軸を揃えて近接させて行った。事前実験の様子を図4に示す。羽根を水平（0度）にすると、羽根は風を受けず風車は回転しない。また、羽根を垂直（90度）にすると、羽根は風向きに対向するため風車は回転しない。そして、メモリを3に設定すると、羽根の角度は約70度となり、風車は最も回転する。羽根の角度（0度、30度、70度、90度）を図5、6に示す。

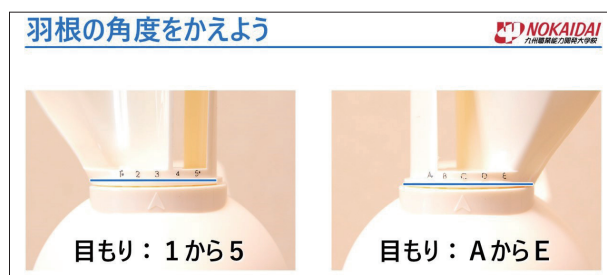


図3 羽根のメモリ



図4 事前実験の様子

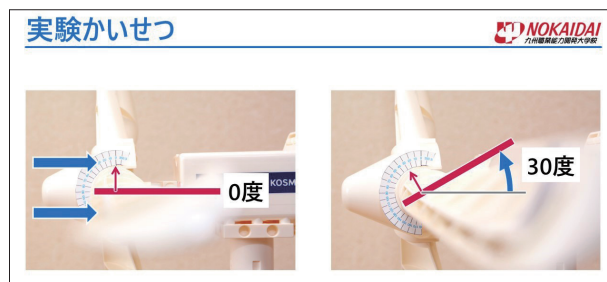


図5 羽根の角度（0度、30度）

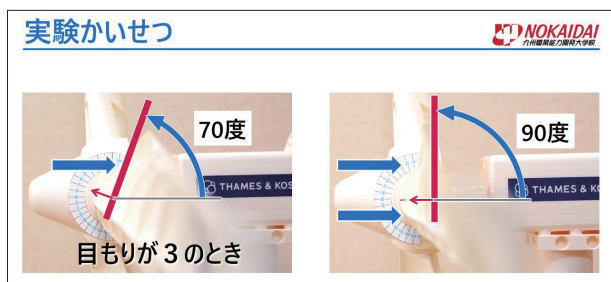


図6 羽根の角度 (70度, 90度)

以上の事前実験を児童にも体験してもらえるように、実験には20分の時間を割り当て、実験手順書を作成した。

### 2.3 水に浮かぶ風車の工作・実験の準備

浮体式洋上風力発電模型（以下、「洋上風車模型」と言う。）を作成するために、材料を選定し、手順書を作成した。

洋上風車模型は、動画共有サイトで公開されている実験を参考に、風車のペーパークラフトとビー玉を重りにして水面に浮かぶ試験管によって構成した。洋上風車模型を図7に示す。風車の展開図<sup>(8)</sup>は耐水強化紙に印刷し、試験管とビー玉を選定した。模型作成に用いた材料を表1に示す。



図7 洋上風車模型

表1 模型作成に用いた材料

名称	メーカー名/品名/品番	数量
耐水強化紙	コクヨ カラー-LBP&PPC用紙 LBP-WP330	1
まち針	森川製針 パールまち針 SEF01-20	1
ビーズ	ダイソー ラウンドビーズ 4mm	1
消しゴム	ダイソー たっぷり消しゴム	1
試験管	uxcell 試験管 (PS製) 20×153mm	1
ビー玉	FSEARRT リーフマーブルビー玉 16mm	6

洋上風車模型の作成手順を以下に示す。はじめに、風車の展開図に油性ペンで色を塗り、羽根と柱を切り抜く。次に、羽根の中心に押しピンで穴を開け、羽根を70度に折り曲げる。また、柱の上端に押しピンで穴を開け、柱の断面が三角形になるように折り曲げる。最後に、羽根が回転するように待ち針とビーズと消しゴムを用いて、柱に羽根を固定する。羽根を折り曲げる手順を図8に、柱に羽根を固定する手順を図9に示す。

また、水面に試験管を直立させる実験は、当日の児童の様子を見ながら自由に実験させることにした。工作・実験には40分の時間を割り当て、選定した材料をもとに作成手順書を作成した。

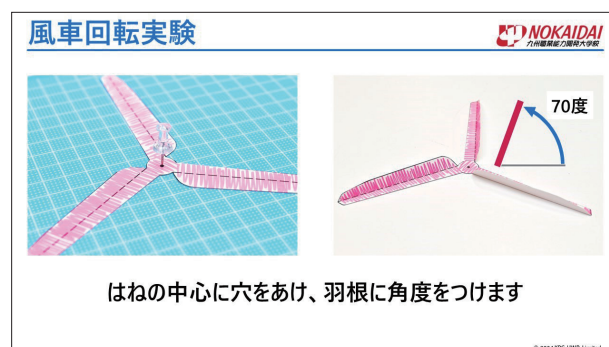


図8 羽根を折り曲げる手順



図9 柱に羽根を固定する手順

### 2.4 参加者の募集

科学センターにより7月17日から7月28日の期間にて参加者の募集が行われ、Webページとフライヤーを用いて告知された。募集の結果、各回定員16名に対して、午前の部に41人の応募が、午後の部に42人の応募があった。告知に用いられたフライヤーを図10に示す。





図10 フライヤー

出展：水中科学教室「水中ロボットワークショップ  
洋上風力発電模型 with 九州職業能力開発大学校」(岩国市)  
(<https://www.city.iwakuni.lg.jp/site/kagaku/97710.html>)

### 3. 水中科学教室の実施

#### 3.1. はじめに

8月24日(土)、会場にテーブルが4セット並べられ、各テーブルには児童が4人ずつ着席し、科学センターのスタッフが1名ずつ支援に付いた。

はじめに、筆者が北九州市の九州職業能力開発大学校(以下、「九州能開大」と言う。)からやってきたことを紹介し、九州能開大の開発課題実習で開発している海中ロボットと、北九州市で実験中の洋上風車や2025年に建設される「北九州響灘洋上ウインドファーム」について説明した。特に、洋上風車の直径が100mであることを、小学校の運動場のトラックの長さに例えながら風車の大きさをイメージしてもらった。

#### 3.2. 座学「地球温暖化と洋上風力発電について」の実施

座学は、動画上映の合間に各テーブルを回りながら「二酸化炭素」や「石炭」、「温室」などのキーワードを聞いたことがあるか確認しながら進めた。座学の様子を図11に示す。

話題として、「二酸化炭素は、吐く息の中に100分の4ほど含まれている。」ことや「石炭は植物の化石である。」こと、そして、「日本にはまだ多くの

石炭火力発電所が存在する。」ことや「温室のなかでいちごを栽培する様に、地球全体が温室状態である。」ことなどを話した。さらに、「浮体式洋上風車は、1リンクが60cmほどの巨大な鎖で海底に繋がれている。」ことなどを説明した。



図11 座学の様子

実施後の振り返りとして、「火力発電は石炭を燃やして二酸化炭素を出すため、地球が暖くなる。洋上風力発電は二酸化炭素を出さない。」というまとめを、座学の最後に明確に示すべきだったと考える。

#### 3.3. 風車回転実験の実施

当日、送風にはIMETSに常備された循環送風機(BF-60J, ナカトミ)を使用した。送風機の風量は「弱」に設定し、送風機と風力発電実験キット(この節では「風車」と言う。)は70cmほど離して設置した。

実験は、各テーブルの4人の児童で協力してもらいながら進めた。はじめに、児童同士で自己紹介をしてもらい、実験を担当する順番を1から4で決めてもらった。次に、羽根の角度を筆者が指定したメモリに合わせてもらい、1分間の羽根の回転数を数えてもらうよう指示した。その後、筆者が1分間を計測しながら、計測開始と終了の号令を掛け、計測後は各テーブルに回転数をインタビューして回った。以上の計測作業を、担当者を変えながらメモリの1から4に応じて行った。実験の様子を図12に示す。

実験を行うと、風車の個体差によって弱い風では全く回らないものもあり、一方で回転数が100回を超えたという報告もあった。実験後には、各テーブルでメモリが3の時に最も回転したことが確認さ

れ、この後、ペーパークラフト風車を工作する時は、羽根の角度は70度が良いことを強調した。

実施後の振り返りとして、回転数を数える際は、シールを貼った羽根が真上を通り過ぎる時に1回転と数えるなど、細かく指示するべきだったと考える。



図12 実験の様子

### 3.4. 水に浮かぶ風車の工作・実験の実施

当日、会場にはプール(450×220×84cm, INTEX)が設置された。はじめに、ペーパークラフト風車の工作を行い、その後、水に浮かせる実験を行った。工作の様子を図13に示す。

工作中に気づいた児童の行動を以下に示す。展開図に色を塗る際は、部分ごとに塗り分けたり、キャラクターの絵を描いたりと楽しんでいた。羽根を切り抜く際は、羽根の付け根が狭くなっているため切りすぎてしまう児童が数名いた。羽根を折り曲げる際は、「70度に曲げるのが最も回転する」と呼びかけ、中には分度器で角度を測る児童もいた。その他、羽根を切り抜く際に付け根を折ってしまい、風車が回転する際に、羽根が柱に干渉してしまう児童もいた。

風車が完成した児童から試験管とビー玉を持ってプールに向かい、試験管を水面に浮かせる実験に取り組んだ。実験の様子を図14に、水面に浮いた洋上風車模型を図15に示す。

事前実験で、試験管に働く浮力とビー玉に働く重力から、重りとなるビー玉の個数は5個と算定していたが、当日は自由に実験に取り組ませた。実験中は、試験管が軽すぎたり、重すぎたりしたために、風車や試験管をプールに沈めてしまったり、試験管を静かに浮かべることができずに、沈めてしまう児童もいた。実験後に質問すると、ビー玉4個で浮かべることができたと答える児童が多かった。

実験後の振り返りとして、風車を水没させてしま



図13 工作の様子



図14 実験の様子

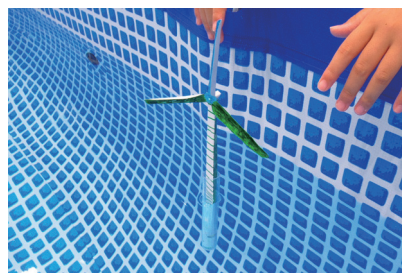


図15 水面に浮いた洋上風車模型

うことは想定していなかったため、予備のペーパークラフトを人数分準備しておくべきだったと考える。

## 4. アンケート結果と感想

水中科学教室の最後にアンケートを実施した。アンケートの設問と回答の集計結果を表2に示す。回答者は午前の部16人、午後の部16人、合計32人である。

集計の結果、座学と実験の時間配分については、半数に近い児童が「ふつう」と回答した。座学については、3割以上の児童が「すこし難しかった」と回答したことから、学年にかかわらず若干難易度が高めであったと考える。また回転実験や水に浮かぶ風車については、7割以上の児童が「おもしろかった」と回答し、そして記入欄には、「うかぶところがびっくりしました。」との感想も得たことから、多くの児童に浮体式洋上風車の科学技術について興

味を持ってもらえたと考える。一方で、「おもしろくなかった」という回答と共に、「浮かなくて残念でした。」という感想があったことから、全ての児童に実験の成功体験を提供できなかったことを反省する。

表2 アンケートの設問と回答の集計結果

設問		回答	
1	学年は	1年生	13
		2年生	9
		3年生	10
2-1	座学の時間は？	短かった	4
		すこし短かった	2
		ふつう	13
		すこし長かった	10
2-2	座学の難易度は？	長かった	3
		難しかった	4
		すこし難しかった	11
		ふつう	10
3-1	回転実験の時間は？	すこし簡単だった	3
		簡単だった	4
		短かった	6
		すこし短かった	4
3-2	回転実験の面白さは？	ふつう	14
		すこし長かった	7
		長かった	2
		おもしろくなかった	1
4-1	水に浮かぶ風車の時間は？	すこしおもしろくなかった	0
		ふつう	4
		すこしおもしろかった	2
		おもしろかった	25
4-2	水に浮かぶ風車の面白さは？	短かった	8
		すこし短かった	4
		ふつう	14
		すこし長かった	4
4-3	水に浮かぶ風車の面白さは？	長かった	2
		おもしろくなかった	1
		すこしおもしろくなかった	0
		ふつう	4
4-4	水に浮かぶ風車の面白さは？	すこしおもしろかった	3
		おもしろかった	24

## 5. おわりに

浮体式洋上風車の科学技術を、実験を通して理解することを目的に、座学と実験と工作・実験を準備して、水中科学教室を実施した。実施に向けて、動画教材を用いた座学を準備し、大型風車を用いた実験とペーパークラフト風車を用いた工作・実験を企画した。教室当日、児童たちは座学を通して、気温

の上昇と発電方法による二酸化炭素の排出について学ぶことができ、実験を通して、風車が最も回る羽根の角度を確認することができた。そして、工作・実験を通して、色とりどりのペーパークラフト風車を作成し、試験管とビー玉を用いて水面への浮かべ方を探求することができた。

現在、日本では洋上風力発電の導入量を2030年度までに約24倍に増やすことが想定されている<sup>(3)</sup>。今後も洋上風力発電の普及促進に向けて、児童たちに学ぶ機会を提供していきたい。

## 6. 謝辞

水中科学教室の実施にあたり、岩国市科学センターおよびIMETSの職員の皆様には、準備段階では様々な要望に答えていただき、教室当日には安全に配慮しながら回転実験から洋上風車模型の完成に至るまで多大なるご支援・ご尽力を賜りました。ありがとうございます。皆様にこの場を借りて心より御礼申し上げます。

### 〈参考文献〉

- (1) 経済産業省：2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（2021）
- (2) 独立行政法人 エネルギー・金属鉱物資源機構：洋上風力発電って何がすごい？日本における再生可能エネルギーのメリットを解説！（[https://www.jogmec.go.jp/publish/plus\\_voll10.html](https://www.jogmec.go.jp/publish/plus_voll10.html)）
- (3) 独立行政法人 エネルギー・金属鉱物資源機構：洋上風力発電（[https://www.jogmec.go.jp/publish/jogmecnews\\_75\\_01.html](https://www.jogmec.go.jp/publish/jogmecnews_75_01.html)）
- (4) 電源開発株式会社：北九州市沖で着床式洋上風車の実証運転を開始（2013）
- (5) 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構：北九州市沖で浮体式洋上風力発電システムの実証運転を開始（[https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5\\_101117.html](https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101117.html)）
- (6) ひびきウインドエナジー株式会社：～北九州響灘洋上ウインドファーム建設工事の概要～（2023）
- (7) 豊岡村立豊岡中学校3年（2003）「風車（羽の数、形、風の強さ）」. 静岡県総合教育センター
- (8) earth rangers Eco-Activity：Create your own wind turbine!（<https://www.earthrangers.com/EN/CA/eco-activities/eco-activity-create-your-own-wind-turbine/>）

本文中で使用した会社名、製品・サービス名は、各社の商標または登録商標である。