

# 海流発電用タービンの設計を題材とした CAD 学習の提案

## ～工業高等学校の製図・CAD 学習の授業実践～

○山本利一<sup>1</sup>，川田有輝<sup>2</sup>，工藤雄司<sup>3</sup>，角 和博<sup>4</sup>

1. 埼玉大学 2. 埼玉県立大宮工業高等学校 3. 茨城大学 4. 佐賀大学

### 1. 緒言

総務省は、3D プリンタ等のデジタルファブリケーション機器の普及により、インターネットを介してアイデアやデータを交換し、個人レベルでもものづくりを行うことが可能となる新しい社会を「ファブ社会」と称し、その到来が示された。ファブ社会におけるものづくりを担う人材開発・育成等には、学校教育の役割が重要であると、ファブ社会を見据えた指導改善が求められる。

文部科学省は、令和2年度第3次補正予算（案）において、専門高校のデジタル化対応装置の環境を整備し、最先端の職業教育を行う「スマート専門高校」の実現を示した。そこで本研究は、3D プリンタを活用した 3D-CAD の指導過程を構築するとともに、これらを学習するために適切な授業題材を検討することとした。

### 2. 題材設定の検討

2021 年 10 月に第 6 次エネルギー基本計画が閣議決定され、2050 年カーボンニュートラルや新たな温室効果ガス排出削減目標の実現が示された。日本はエネルギー需給構造の課題を克服し、安定供給の確保やエネルギーコストの低減に向けた取組が急務となっている。これらの諸課題を解決するため、株式会社 IHI と NEDO は海流発電の技術開発に着手し、2017 年 8 月に鹿児島県口之島沖で、世界初となる 100kW 規模の水中浮遊式海流発電システムの実証試験を完了している。日本沿岸には、世界的にも有数の強い海流「黒潮」が流れており、将来の日本のエネルギーを担うと期待されている有望な再生可能エネルギー源である。

高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）解説工業編において、職業に関する各教科・科目の具体的な改善事項が示された。改善項目には、「環境問題や省エネルギーに対応した学習の充実」を図るよう示されており、工業科の教育内容に環境問題やエネルギー問題を取り扱うとともに、授業の改善と充実化が求められる。本研究では、これらの指導改善を進めるため、海流発電に用いられるタービンの技術に着目し、タービンの設計を通して「日本のエネルギー問題」と「原動機」の内容を関連付け、これらをより深く学習できると考えた。具体的には、工業高等学校機械系学科の製図を対象に、海流発電用タービンを 3D-CAD と 3D プリンタを活用して設計・製作し、タービンを利用した発電実験を行う学習を通じて、流体の持つエネルギーを有効的に活用する原動機の設計ができるようになるとともに、科学的な視点から設計内容の評価・活用する能力の育成を目指した指導過程の構築することとした。

### 3. 指導過程

#### 3.1 指導する対象

本研究では、工業高等学校の機械系学科に所属する 3 学年を対象に、製図の授業を全 19 時間と想定して指導過程を構築した。

#### 3.2 使用する教材・教具

本研究では、Autodesk Inventor と呼ばれる機械設計用 3D-CAD ソフトを用いて、タービンの設計を行うこととした。また、タービンの製作には、Realio と呼ばれる MEM 方式の教育機関向けの 3D プリンタを使用する。

### 3.3 指導内容

#### 3.3.1 1 時限目：エネルギー問題について

日本のエネルギー資源の現状や世界のエネルギー事情を授業で取り上げ、身の回りの新たなエネルギー源に関心を持たせる授業を展開し、本題材に関する前提知識を学習させる。

#### 3.3.2 2 時限目：海流発電について

1 限目で学習した内容をもとに、海流発電の仕組みや送電方法を主に学習させる。事前に 3D プリンタで製作したタービンを生徒に配付し、実物と対比させて海流発電の発電方法を流水の流れを意識しながら学習を進める。また、タービンの設計の重点（翼の形状・面積・曲げ方など）を整理し、設計に必要な知識や考え方を学習させる。

#### 3.3.3 3～5 時限目：3D-CAD の学習

生徒には「図形の押し出し」、「図形の削除」、「図形の回転」機能について、練習問題を通して学習させ、3D-CAD のモデリング操作を習得させる。その後、サーフェス機能に関する説明を行い、生徒は練習問題を通して基本的なサーフェス機能の操作方法を習得させる。

#### 3.3.4 6～7 時限目：タービンの設計練習

タービンの設計例をサンプルデータとして生徒に配付する。次に、サンプルデータの設計手順を示したテキストを配付する。教員がテキストに沿ってモデリングを実演し、タービンの設計手順を生徒に把握させる。

#### 3.3.5 8 時限目：タービンのイメージスケッチ

2 限目で学習した選択したタービンを具体的な形状にする学習を展開した。Web などで調べたタービン形状を参考に、タービンのアイディアスケッチを書き記した。生徒同士で、アイディアスケッチを確認し、デザインなどを修正した。

#### 3.3.6 9～12 時限目：タービンの設計

これまでの学習から、タービンの設計内容をスケッチしながら検討し、をタービンの仕様を決定する。タービンの仕様が決まり次第、モデリングの手順を整理し、タービンの設計を進める。

#### 3.3.7 13 時限目：タービンの製作

3D プリンタに関して、印刷方式の説明や、フィラメントの説明を行い、生徒は 3D プリンタの構造や製作方法を理解させる。また、G コードを作成するためのスライスソフトや STL と呼ばれるデータ形式について説明する。また、サポート材の有無やラフトの形成など、印刷に必要な設定に関しても同様に説明を行う。これらの指導を終えた後、タービンの印刷を始める。

#### 3.3.8 14 時限目：タービンの性能試験

印刷したタービンは仕上げ加工を施し、発電実験用装置に取り付け、流水をタービンに当てながら発電量を測定する。タービンの評価は、①タービンの回転の有無 ②発電時の電圧 ③損傷箇所の有無の 3 つの項目で行う。評価結果の内容から、タービン設計の改善点を考察し、タービンの設計の修正を行う。

#### 3.3.9 15～18 時限目：タービンの修正

生徒間で実験結果を共有し、設計したタービンを比較・分析し、最も発電効率の高いタービンの設計条件を話し合う。ここで得られた設計条件をもとにタービンを修正し、再度 3D プリンタで製作して性能実験を実施する。

#### 3.3.10 19 時限目：まとめ

生徒同士で実験結果を共有し、最も発電効率の高いタービンを選定する。また、各々のタービンを比較・分析し、効率の良いタービンの条件を見つける。これまでの学習から、3D-CAD の学習のまとめを行い、エネルギー問題に対する意見を生徒同士で共有し、原動機的设计とエネルギー問題に対する理解を深める。

## 4. 結言

本研究では、海流発電を題材とした課題研究における CAD を活用した設計学習の指導過程を構築するとともに、授業実践を通してその効果を検証した。今後は、実践の結果に基づき指導過程の改善を行っていききたい。それらは今後の課題とする。