

垂直軸クロスフロー水車をモデルとしたエネルギー環境教育教材の開発

八戸工業高等専門学校 正会員 ○小屋畑勝太
八戸工業高等専門学校 正会員 藤原 広和
八戸工業高等専門学校 正会員 南 将人
八戸工業高等専門学校 正会員 矢口 淳一

1. はじめに

近年土木技術者により、社会基盤が整備され、20 世紀の高度経済成長に大きく貢献してきた。一方、21 世紀に入り、資源枯渇・地球温暖化・自然生態系の破壊など、様々な社会問題が生じ、さらに高度経済成長期に集中的に建設された社会基盤は老朽化の時代を迎えている。このように科学技術の高度化・複雑化にともない、社会問題も様々な問題が複合的に絡み合う複雑な課題となっている。

このような社会状況の中で、大学などの高等教育機関では、人材育成における社会からの要請に応えるため、エンジニアリングデザイン教育や PBL (Program Based Learning) 教育など、様々な取り組みが行われているが、まだまだ実践されている事例は少ない。今後さらに実践的技術者を養成するための教育教材の充実が必要である。

そこで、本研究では、最近社会的問題となっている課題をテーマとした教材の開発を目的とし研究を行った。

2. 本実験教材の概要

2.1 コンセプト

大学などの高等教育機関では、様々な実験実習が行われているが、そのほとんどが座学で得られた専門的知識を実証し理解を深めること、または測定技法・データ処理法の習得のために行われている。つまり、あらかじめ用意された理想的な解（理論値）と実際にその現象を再現し得られた実験値との比較する実験・実習がほとんどである。そこで、学生実験において、実践的技術者に必要な能力を養成するための実験教材について検討した。本教材のテーマの条件として以下の3つを挙げた。

1. PBL 型の教材であること
2. 社会問題となっている課題であること
3. 複数の専門分野にまたがる複合的な課題であること

近年の資源枯渇・地球温暖化問題は、技術者にとって喫緊の課題であり、また昨年の震災でエネルギー需要が逼迫し、自然エネルギーの普及がさらに急がれている。これらの背景のもと本教材は、注目される小規模な水力エネルギー

開発サイトを利用したマイクロ水力発電を題材として取り上げ、垂直軸クロスフロー水車をモデルとしたエネルギー環境教育のための実験装置を開発した。

2.2 実験内容の概要

本装置は単純に水車効率を測定するだけでなく、学生に「発電効率を向上させるためには、どのようにすればよいか」を考えてもらうために、“水車の羽根角度”、“導水壁”及び“水車の位置”を可変構造にする。(図-1) これによって、学生がこの課題を解決するために試行錯誤を繰り返し、他分野の学生同士でアイディアを交換しながら、最適化へのプロセスを学習する。

また、今回開発する実験装置は、コストの制約を意識した教材とすることができないか検討した。製品を作製する際、「時間と費用」をかければより高品質・高性能な製品ができるが、実際は「納期や設計コスト」の制約がある。

この実験では、3種類のコンクリートブロックに、それぞれの体積に応じてコストを設定する。そしてそれぞれのコンクリートブロックの“使用個数×コスト”の総和により、設計コストを計算する。学生は、導水壁を設置する際、コンクリートブロックの数を最小限に抑えつつ、より高い水車効率を実現する必要がある。そして、3条件の調整により最適化された水車出力でこの設計コストを除して、費用対効果を求める。この設計コストの条件を増やすことによって、コストの制約を意識させる実験内容とさせることができると思われる。

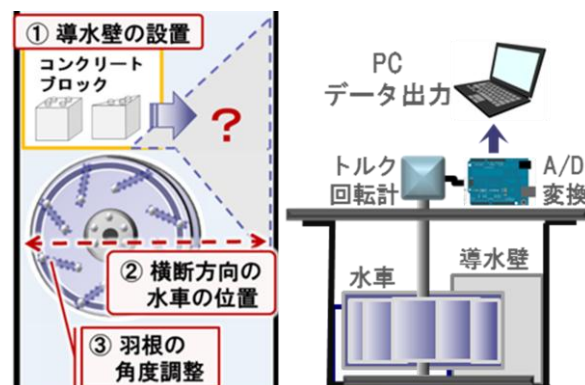


図-1 高効率化のための3条件と実験装置

キーワード クロスフロー水車, エネルギー環境教育, 教材開発, PBL 教育

連絡先 〒039-1192 青森県八戸市田面木字上野平 16-1 TEL:0194-27-7314

3. 実験装置の開発

3. 1 垂直軸クロスフロー水車の作製

本実験装置のモデルとする水車の条件として以下の三点が挙げられる。(図-2)

1. 実験室水路内に設置・撤去ができ、小型化が容易にできる
2. 低落差・小水量の発電サイトに有利である
3. 水車内の水力の働きを視覚的に理解しやすい構造であり、教材として適している

以上の三点の条件を考慮し、今回は、「垂直軸クロスフロー水車」をモデルにすることにした。この水車モデルの特徴は、以下の二点である。

第一に、水車上部に羽根角度調整リングを設置し、羽根角度を一元的に調整できるようにした。また、一般的に、水車の羽根形状は曲線状の羽根が使われるが、今回は直線状の羽根を使用した。直線状の羽根は、曲線状の羽根と比べ、水車効率は低下するが、羽根角度の変化を視覚的に把握しやすい利点がある。本装置は教育教材であるため、直線状の羽根形状を採用した。

第二に、水車を可動構造にするために、軸受けフレームと上板にレールを設置した。これにより、水車の横断方向の位置調整が、可能になったが、上側レールのストッパーのみで位置を固定しているため、微小であるが左右に水車が揺れ動くという問題が生じた。この問題については、下側にもストッパーを付け水車を安定させるようにする必要があると考えている。

3. 2 測定システムの構築

本装置は、教育教材であるため本測定装置は、測定原理の流れが学生に分かりやすく示せるよう既製品に頼らずに、できるだけ自作することを試みた。しかし、トルク回転計については、測定結果に大きく影響を与える部分であり、自作するには高度な技術が必要となる。そのため、このトルク回転計については UNIPULSE 社製の「UTM-30m」という製品を使用することにした。この製品は、トルクを 0-5V の電圧で出力し、回転数を一回転につき 1 パルスの回転信号を出力する。これを「arduino」という AVR マイコンを利用し、トルク回転計から出力されたセンサー値を A/D 変換・集計し、この結果を LCD 及び PC へ出力するシステムを構築した。(図-3)

3. 3 小型コンクリートブロックの作製

この導水壁の設置で使用するコンクリートブロックの大きさは、小さければ小さいほど複雑な形状の壁を形成することができるが、ある程度の重さがないと水流により流されてしまう。

この点に留意しこのコンクリートブロックの大きさについて検討した。その結果、今回は一辺を 5cm ベースにすることにした。形状については、立方体・直角二等辺三角柱及び直角三角柱の 3 種類を用意した。



図-2 垂直軸クロスフロー水車

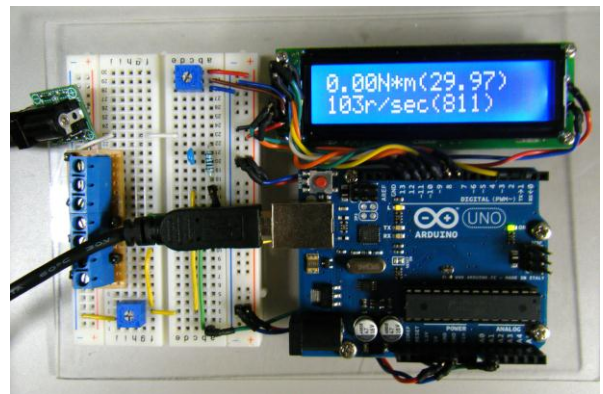


図-3 AVR マイコンを用いた A/D 変換装置

4. おわりに

本研究から得られた結果と今後の課題は、以下の通りである。

1. 垂直軸クロスフロー水車・測定装置および導水壁として使用する小型コンクリートブロックを作製し、実験装置系を完成した。
2. “水車の羽根角度”、“導水壁”及び“水車の位置”を可変構造にすることにより、様々な条件設定を可能にした PBL 型の実験教材を開発することができた。
3. 水車については、上レールのみで固定しているため微小な揺れ動きが生じる問題があり改良する必要がある。

今後、本実験装置について、水車性能解析を行い水車性能の評価を行っていきたいと考えている。

そして、最終的には実際に学生実験において本教材を実践し、アンケート調査等を通じて、本教材の教育効果について検証していく予定である。

謝辞

本実験装置を開発するにあたり、日本学術振興会科学研究費補助金、奨励研究(研究代表者: 小屋畑勝太, 課題番号: 24910026)の助成を受けました。

ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 「大学における実践的技術者教育のあり方に関する協力者会議」文部科学省, 2010 年 6 月
- 2) 「マイクロ水力発電導入ガイドブック」新エネルギー・産業技術総合開発機構, 2003 年