

企画番号：9

企画タイトル：水力発電の理解、作成。災害時に電気コンロを使ってご飯が食べれる電力量を目標とする





NO.9 水車の作成・理解

～3Dプリンタで発電機を作る～

メンバー	Y200361	辻拓海 (リーダー)
	Y200363	續木優大 (会計)
	Y200364	出島響
	Y200370	中野友生

概要

・目的

3D プリンタを使用して、水車を作り、作成した水車を用いて、より多く発電し、電気を作ることを目的とした。

・計画

羽の角度を変えた水車を三種類作成し、最も発電効率の良い水車を選定する。そしてこの水車を農業用水路で使用し実験を行う。また、実験を行う際は、減速機を用いて、モータの回転速度の増加を図る。さらに、電気製品を使用できるように、バッテリーとインバーターに接続する。

・調査方法

水車の大きさは、農業用水路の幅、深さから決定した。また、形は、落差を利用することによってより大きな力を得ようと考え、上掛け水車にした。羽は曲線形状にして羽の枚数を決定した。水車の土台にはベアリングを固定し、ステンレス棒を軸とした。羽の角度を決定するための実験は大学内の水道で行った。そして、最も発電効率の良い水車を用いて農業用水路で実験を行った。

・活動経過

3D プリンタを用いて、水車を作成した。羽の枚数は羽と羽の間隔が十分に確保され、より多くの羽の枚数を貼り付けられる 24 枚とした。羽の角度は 60° 、 30° 、 0° とし、それぞれの角度の側面、中心部分の円筒を SOLIDWORKS で作成した。その作成したものを 3D プリンタで印刷して、接着剤で貼り付けた。また、ベアリングを固定する土台を 3D プリンタで作成し、水車、ステンレス棒、ベアリングと組み合わせた。

水車で得た回転速度を大きくするためにギアを噛ませる歯車をギア比 $1:4:16:64$ で作成し、3D プリンタで印刷した。

・成果・結果

水車の羽や側面を 3D プリンタで試作する中でフィラメント材料は PLA 材が最適であるということが分かった。そして、今回の実験では、羽の角度が 30° の水車が最適であるということが分かり、その水車を用いて実験を進めた。結果は、用水路の増水の影響による、水車上の水溜まりの発生、モータと歯車の間の滑りなどによって十分な電圧を得ることができなかった。よって、今回作成した水車は小型なのでトルクよりも回転速度を大きくする方が良いと考えられた。したがって、ホースから出る水で再度実験を行った。すると、水車に水溜まりができず効率良く回転できた。しかし、得られた電圧は目標としていた値には達しなかった。そこで、水車の個数の増加、倍電圧整流回路の作成によって、電圧を大きくすることを考えた。

1. 目的

ものづくりすることを主な目的とする。自然エネルギーから電気を作るという点から機械の基礎分野を多く用いた水力発電をする。水力発電における水車や歯車は機構学や機械製図といった分野に繋がっている。機械製図で学んだ SOLIDWORKS を用いて水車を作成し、その作成したものを 3D プリンタで印刷する。作成した水車を用いて水を流したときの水車の回転数と発電電圧の計測結果から最も効率の良い羽の角度を求める。その角度の羽に減速比をかみ合わせて、回転数を上げて、より多く発電させ、電気を作ることを目的とする。

2. 計画

自然エネルギーから電気を作り、携帯の充電や家電を使いたいという考えからできる限り多くの電気を生み出せる水車を作る。

水車は 3D プリンタで作る、出島の祖父の家の農業用水を借り、農業用水で水力発電を行う。

水車に軸受けをはめ、ステンレス棒で安定させる土台が必要である。

SOLIDWORKS で作ったこれらを FLASHPURINT というアプリから大学のスチーム commons の 3D プリンタ ADVENTURER 4 にて印刷する。印刷したものをやすりで摩り、綺麗にし、接着剤で付けて、水車を完成させていく。完成した土台を付けた水車にモータを繋げる。そして、水道水を用いて、水車で発電し回転率と平均電圧との関係からどの角度の水車が一番発電効率が良いかを計測し、農業用水で使用する羽の角度を考える。

水車だけでは発電電力が小さいため、減速機を使うことでモータを高回転させる。減速比は 1 : 4 : 16 : 64 のものを作成する。

3D プリンタでは、一度に大きいものを印刷することは困難であるため、一つ一つ別々で印刷し、印刷した後に接着剤で付ける。完成した減速機を水車に繋げる。

この減速機を繋げた水車を実際に農業用水に持っていき、農業用水での発電を試みる。

3. 調査方法

() 内は作業をした人

3. 1 水車の設計

まず、水車についての研究をされている様々な論文から実験方法を調べ、それを参考に水車を設置する農業用水路の幅、深さから水車の種類、大きさなどを決定した。

その後、SOLIDWORKS を用いて羽の角度を変えた複数の水車の部品を製図した。

(辻, 中野)

また、水車に効率的に水が流れるよう水車の大きさに合わせて土台の製図も行った。

(續木, 出島)

水車の種類は、落差をつけることにより、より大きな力を得ようと考え上掛け水車を採用した。また、水車が小さいと高回転になり、大きいとトルクが大きくなるという特性や用水路の幅、深さから水車の直径を 15cm に決定した。

実験場所である農業用水路の画像を図 1 に示す。また、農業用水路と水車を横から見た様子を図 2 に示す。



図 1 実験場所である農業用水路

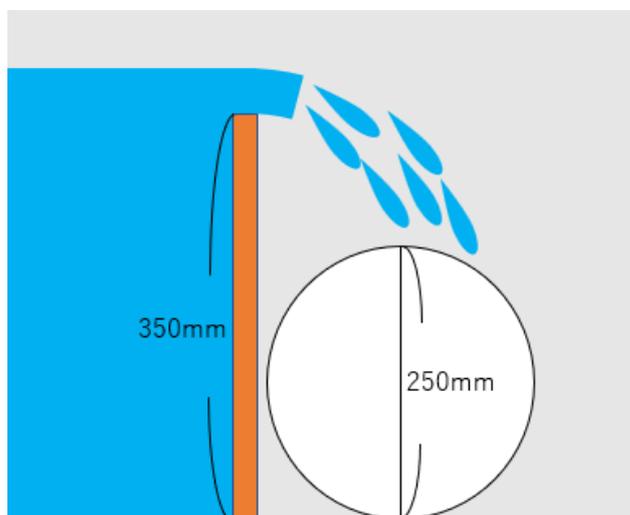


図 2 農業用水路と水車の横から見た図

また、参考文献より水車の羽の枚数は多い方が良く、曲線形状の方が発電効率が上がるということが分かった。

したがって、上掛け水車でも、枚数の多く、曲線形状の方が発電効率が良くなると想定し、羽の枚数を 24 枚とし、羽の形は曲線形状とした。羽の角度は角度でも開き具合により、発電効率が変わるため、 0° 、 30° 、 60° と 3 つの角度に分けて SOLIDWORKS にて作った。(中野)

これらの決定事項を基に SOLIDWORKS にて水車及び土台の製図を行った。水車の製図の作成方法としては、以下の 6 つの手順に沿って行った。

1. 水車の直径の半分の大きさの円を描いた。
2. 水車の直径の 2 倍の大きさの円を描いた。
3. 2 つの円の頂点を結んだ円を描いた。
4. 3 で描いた円の水車の外形までを羽の長さとした。
5. 羽の根元から先端を結んだ直線で反転させ、それを羽の外形とした。
6. 羽の外形をもとに、側面を作成し、3D プリンタで印刷できるよう円を三分割にした。

上記のように製図を行った際の図を図 3、4 に示す。

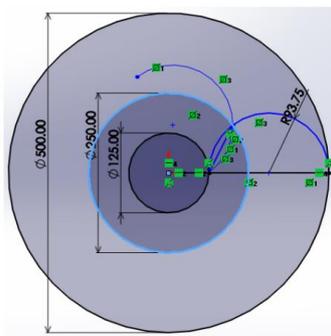


図 3 SOLIDWORKS にて行った水車の羽(60°)の製図の全体図

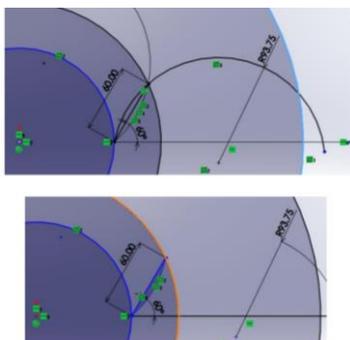


図 4 SOLIDWORKS にて行った水車の羽(60°)の外形を作成した際の図

同様に羽の角度が 0°、30° の水車の製図を行った。(辻, 中野)
SOLIDWORKS で水車の土台の作成をした。(出島, 續木)

3. 2 印刷,組立

まず, SOLIDWORKS によって 3. 1 で作成した製図データを FLASHPRINT アプリに移し, 直径サイズをもともと 250mm にしていたが, さらに小型化することにし, 150mm にすることにした. これを 3D プリンタで印刷を行った. 今回の活動で使用した 3D プリンタは ADVENTURER 4 (FLASHFORGE) である. 印刷を何度か繰り返す中で, 反りが生まれることがあったので, サポート材の距離を近づけたり, プレート温度を高め設定したりするなど調整した. また, 穴の寸法が設計値よりも小さくなることから設計段階で穴の寸法を 0.5mm 大きくした.

3D プリンタによって印刷した部品にはサポート材が付着しているため, まずサンドペーパーを用いて表面の研磨を行った. (辻, 續木, 中野)

そして, それぞれの部品を組み立てる際には耐水性をもった接着剤を用いて接着を行った.

3. 3 減速機の作成

農業用水路に対して小型の水車を作成するため回転数が大きくなると考え, 減速機を用いてモータの回転数をさらに大きくした. 使用した減速機の減速比は 1 : 4 : 16 : 85 である. 減速機の作成方法は水車の作成方法と同様に SOLIDWORKS にて製図を行い, 3D プリンタで印刷した. (辻)

3. 4 実験

3D プリンタで作成した部品を組み立て,羽の角度を変えた三種類の水車(0° , 30° , 60°)を作成した. (辻, 續木, 出島, 中野)

その三種類の水車を用いて大学内の水道で実験をし, それぞれの電圧を測り比較した. (續木, 出島)

その中で最も回転数が大きく, 電圧が高い水車を農業用水路での実験で使用することを決定した. その実験の方法はまず, ボウルを用いて使用する水道の流量を測り, その水道でそれぞれの水車を 3 回ずつ回転させたときの回転数と電圧を測定し, それぞれの平均値によって比較した. 農業用水路での実験を行う際には, 3. 3 で作成した減速機, 最も効率の良い角度の羽を使用した水車を用いて実験を行った. また, 発電した電気を貯めるためにバッテリーにも接続した. 今回の実験では発電した電気で家電を使うことを最終目標にしていたため, 12V のバッテリーと交流に変換するための 10V インバーターを使用した. 実験で使用した用水路では木の板で幅を狭め水車の羽に効率良く水が流れるように調整した. (出島)

4. 水車の製作過程

3D プリンタを用いて、はじめは 3D プリンタの樹脂を abs 材にしていたものの、のちに PLA 材に統一した。図 6 は試作した水車の側面である。



図 6 水車の側面

この写真からはわかりにくいですが、大きな欠点が見つかった。図 7 はその欠点である。

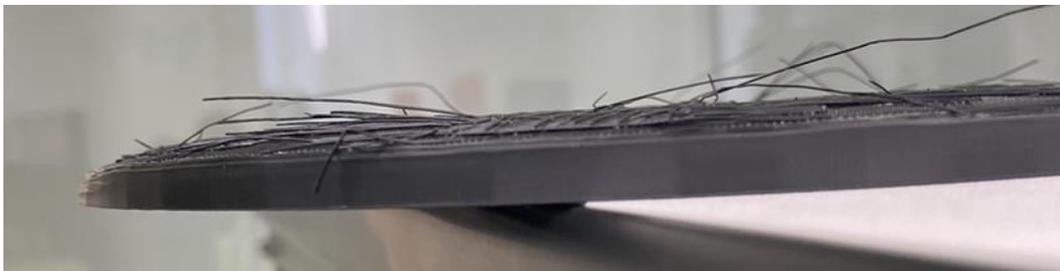


図 7 欠点

ここで見つかった欠点とは 3D プリンタで作成したときに大きい形状を作ってしまうと図 7 のように反りが出来てしまうことである。そこで私たちは図 8 のように骨組みを元々バラバラにして 3D プリンタで印刷し、作成することでこの問題を解決した。



図8 水車の側面図

ここで、アドバイザーの大津先生にもう少し小さなモデルで設計し水道水で実験できるようにするというアドバイスをいただき、図8モデルは一旦白紙となり、大きさを見直すことが検討された。元々は下掛け水車を軸に考えていたが、上掛け水車に変更し最終的に図9のような設計を3Dプリンタで印刷し、製作した。直径は川の高さが約350mmであったため150mmを採用した。

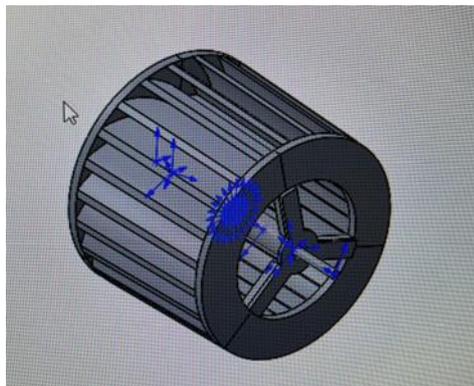


図9 水車のモデル図

図10に水車を印刷し接着剤で貼り付けたものを示す。

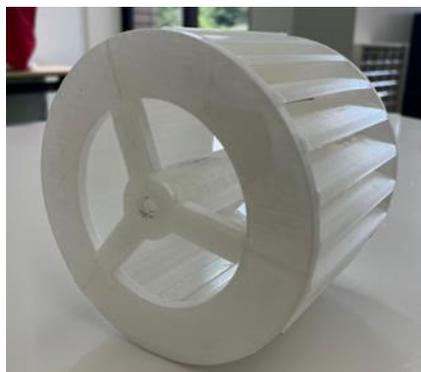


図10 水車の印刷後

図 10 のようにこれと同じ形の水車を羽の角度を 60° , 30° , 0° とそれぞれ作成した.
この水車は図 11, 12, 13, 14 に示すような部品を用いて作成されている.

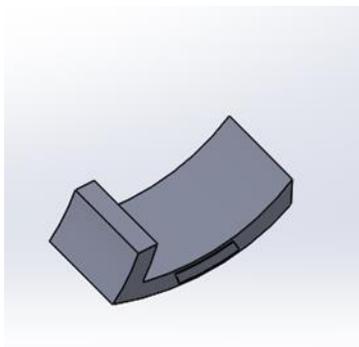


図 11 60° の羽

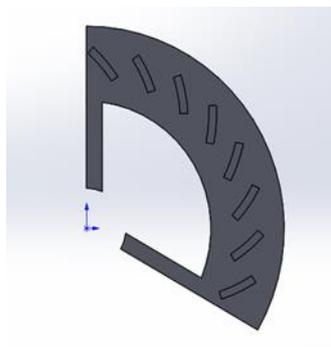


図 12 60° の側面

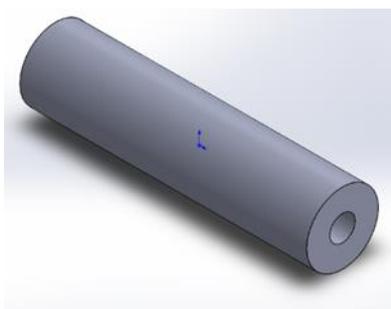


図 13 円筒

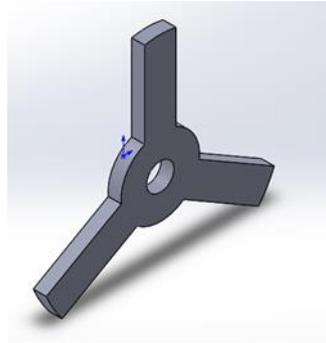


図 14 側面部品

図 13 の部品は、 30° と 0° も共通である。

図 11, 12 は 60° 専用の部品であり、図 11 の羽の枚数は 24 枚にしたが、その理由は羽の枚数は多ければ多いほどいいが、多くしすぎると羽と羽との隙間がなくなってしまうためである。また、羽の強度が必要になってくるため十分な強度の厚さを持ち、羽と羽との隙間が十分に確保され、より多くの羽の枚数を貼り付けられる 24 枚とした。また図 14 は角度が小さくなるにつれ小さくなっていく仕組みになっている。

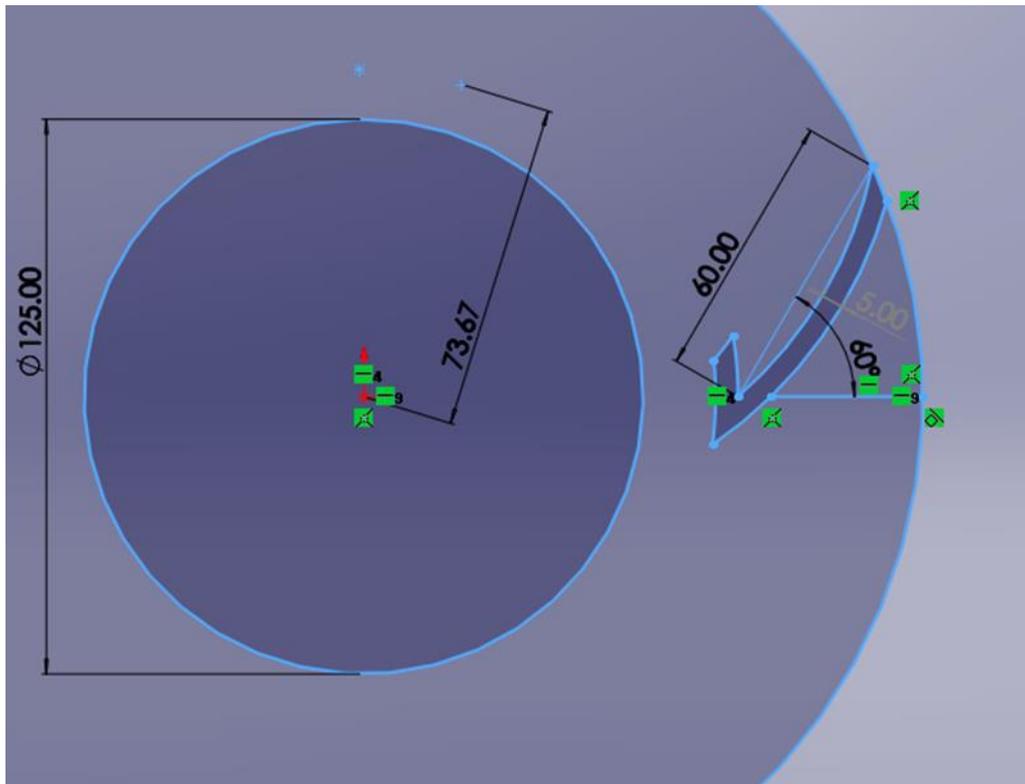


図 15 羽の角度

図 15 より、羽の角度はこのように 60° にした。同様に羽の角度を 30° と 0° も設定した。

それぞれの部品を組み合わせ図 10 のように接着剤で固定した。

この水車を回すためにステンレス棒とベアリングを買い、ベアリングを固定する土台を 3D プリンタで作成した。図 16 の円の穴にベアリングを装着出来るようにし、図 16, 17 の部品を瞬間接着剤で固定した。円の中心から下までは 130mm となっており、図 18, 19 の棒と合わせると高さが 150mm になるように設計している。図 18, 19 は一本まとめて印刷したかったが、合わせると長さ 300mm になってしまうため 3D プリンタでは印刷できず、強度の問題はあったが 2 本に分けた。

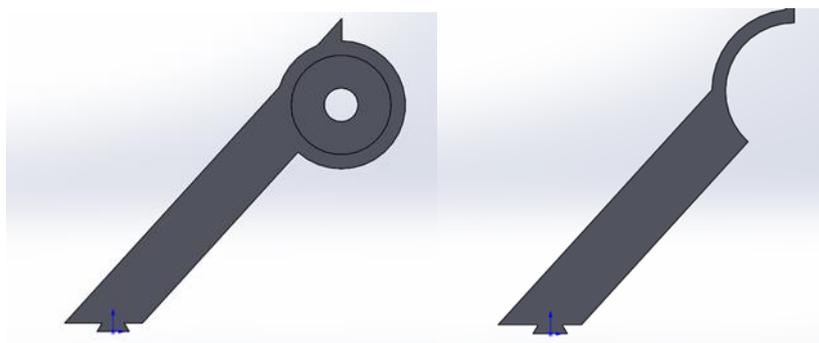


図 16

図 17

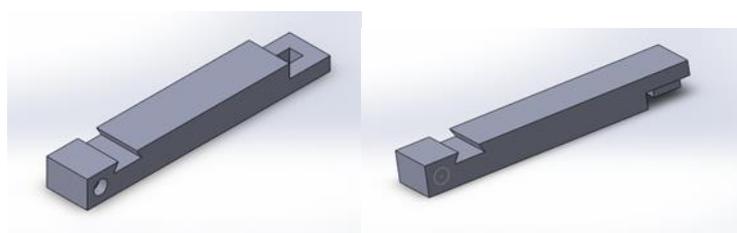


図 18

図 19

作成した土台を水車、ステンレス棒、ベアリングと組み合わせたものが図 20 である。

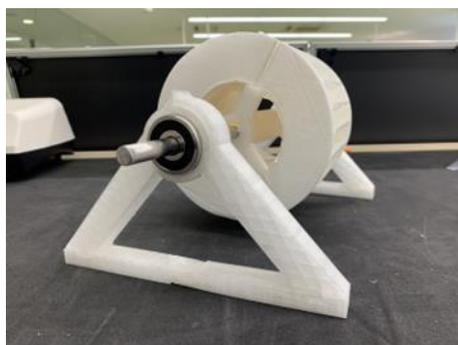


図 20 水車

ステンレス棒とベアリングの円の直径がほぼ同じであったため、上手くはめることが出来なかった。そのため、紙やすりでステンレス棒を磨き上手くはまるようにした。

ここで、水車で得た回転速度を大きくするために、ギアを噛ませる歯車を 3D プリントで作成した。印刷する際には図 21 のように半分までしか印刷されないことも多々あった。



図 21 失敗例

水車の直径は 150mm で、土台の高さは 90mm である。よって、基準円直径は 180mm 以下にしなければならない。

3D プリントで作成するので、モジュールが小さいと形を作るのが困難と考え、モジュールは 2mm とした。また、作成するにあたり、細かい材料強度は考えないこととし、壊れないものを作成することにこだわった。

引用文献のメカトロニクス基礎 P36 より、 m =モジュール、 d =基準円直径、 z =歯数とすると、以下の式が成り立つ。

$$m = \frac{d}{z} \quad (3.1)$$

よって、一番大きい歯車を $d=2 \times 80=160\text{mm}$ とした。歯数を 80 とし、減速比をわかりやすくするために 1:4 となる、歯数 20 をかませることにした。

そして、モータを高回転させたいので、減速比を大きくするために、歯数 80 の歯車に、歯数 20 の歯車をつけ、さらに 4 倍し、可能な限り大きくした。図 22 より、②③、④⑤は一体となっており、同じ回転速度で回転する。

1:4:16:64 の歯車を作成することを考えたが、幅をとらせないように、図 24 のようにした。これにより、⑤の歯車が②と⑥の歯車に噛み合い、力がつり合ってしまうため、図 2 のように、⑤の歯車の歯数を 15 にした。

メカトロニクス基礎 P36 図 3.3、(3.1)式より、⑤の歯先円半径は、

$$\frac{d}{2} + 2 = \frac{mz}{2} + 2 = \frac{2 \times 15}{2} + 2 = 17\text{mm} \cdots (1)$$

同様に、②の歯先円半径は、 $\frac{d}{2} + 2 = \frac{mz}{2} + 2 = \frac{2 \times 80}{2} + 2 = 82\text{mm} \cdots (2)$ である。

③と④の基準円半径は、(3.1)式より、

$$\frac{d}{2} = \frac{mz}{2}$$

より、③が 20mm、④が 80mm なので、

②と⑤が干渉しないためには、 $(1)+(2) < (3)+(4)$ である必要がある。

$$17 + 82 = 99 < 20 + 80 = 100$$

になるので、1mm のすきまがあり、⑤は歯数 15 でよい。

これにより、1 : 4 : 16 : 85 の歯車を作成した。

1 : 4 : 16 : 85

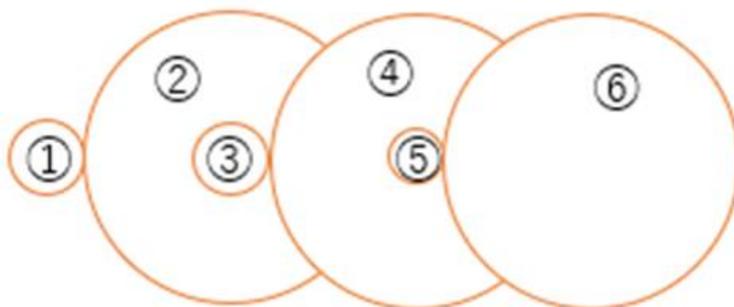


図 22 歯車番号とギア比

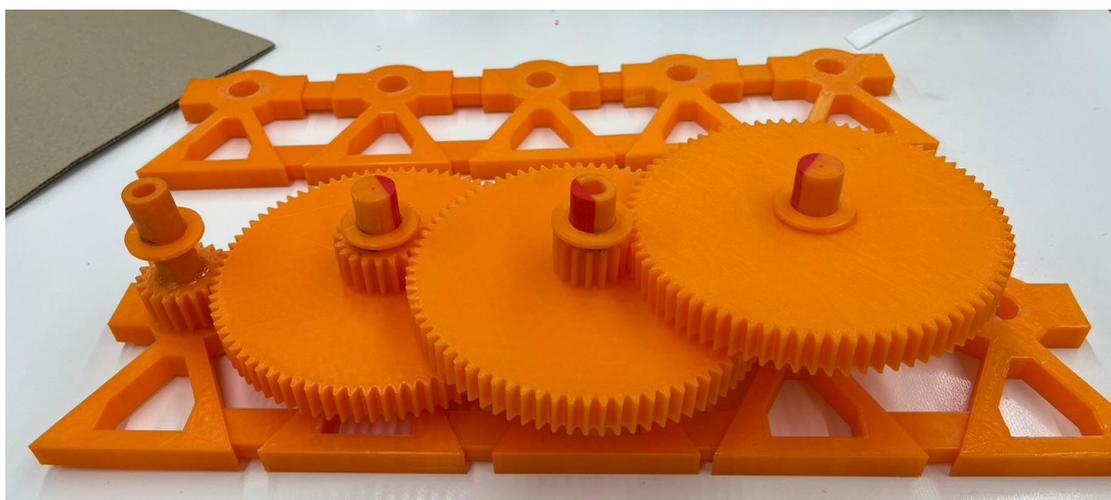


図 23 図 22 のように並べた図

完成した歯車を図 24 に示す。

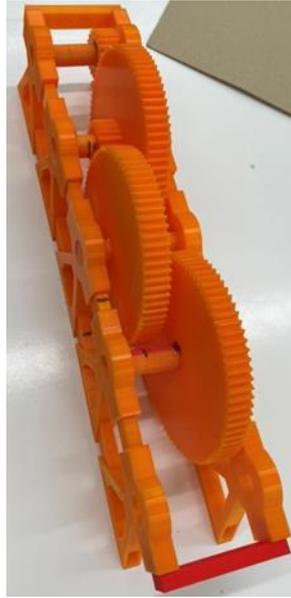


図 24 完成した歯車

これらの水車と歯車を組み合わせて実験を行った。

5 成果・結果

5. 1 3D プリンタについて

実験では、FLASHFORGE Adventurer4 を大学で使用した。3D プリンタで作成するにあたり、わかったことが4つあった。

5. 1. 1 フィラメントの材料について

作成に PLA 材と ABS 材を使用した。他にもフィラメント材料はあるが、大学で用意していただいていたもので比較した。PLA 材と ABS 材で同じものを作成すると、PLA 材は手で割れるが、ABS 材は手で割れなかったので、ABS 材の方が強度が高いことが分かった。しかし、ABS 材は PLA 材よりノズルとプレートの温度が高く、冷めたときに伸縮し反りが大きく、PLA 材の方が正確な形状を作成することができた。反りは、プレートの熱の伝わり方や冷めやすい箇所があることが原因であると考えられた。その様子が図 7 である。図 26 の向きの左側で反りが生まれやすかったことから、左側には高さのないものを印刷すると、熱が冷める時間差が少なくなり、反りが減ると考えられた。もうひとつ対処法としては、プレート温度を高く設定することで冷める時間差が生まれにくくなると考えられた。また、プレートに傷ができており、マスキングテープを貼って作成をした。これにより、プラットフォームの温度が 80°C~100°C である ABS 材ではマスキングテープが剥がれてしまい、上手く作成できなかった。さらに、PLA 材でも小型水車を作るうえで必要な強度はあると想定し、PLA 材で作成を行った。

5. 1. 2 凹凸の寸法について

凹凸のはめ合い部品を作るとき、凹部分を凸部分より、0.5mm 大きくすることで綺麗にはまることが分かった。理由は、図 25 に示すように、フィラメントに厚みがあるので、凹部分の内側に積層されてしまうと考えられる。

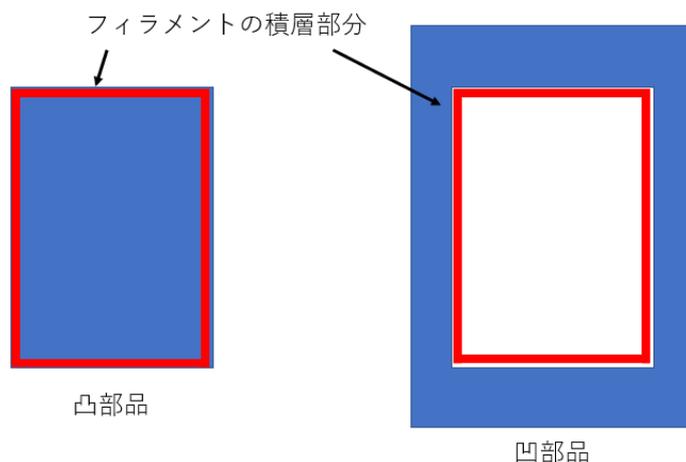


図 25 3D プリンタのフィラメントの積層図

5. 1. 3 ノズル温度とビルドプレート温度について

PLA 材のノズル温度は、210°C~220°C、プラットフォームの温度は 30~50°C である。初期設定では、ノズル温度が 215°C、プラットフォーム温度は 40°C であった。この温度ではサポート材と造形物が印刷途中で剥がれ、崩れてしまうことが多かった。原因は、プラットフォームの温度が低いと、積むにつれて板からの熱が伝わりにくく、接着が難しくなるのではないかと考えられた。また、ノズル温度が低いとフィラメントが解け切らず接着が難しくなると考えられた。そこで、ノズル温度を 220°C、プラットフォーム温度を 45°C にした。

5. 1. 4 ラフトとの距離について

ラフトとは、構造物の土台となり、図 26 に示すようなものである。このラフトとの距離によって、ラフトの剥がしやすさや、綺麗に印刷できるかが変わってくる。初期値は、0.15mm になっており、この距離で作成するとラフトが剥がしにくく、男子大学生が素手で剥がそうとするとかなり苦勞するほどであった。そこで、距離を 0.2mm にした。0.2mm では剥がしやすいが、失敗の確立も上がり適正ではないと判断した。そして、私たちが最適だと判断した距離は 0.18mm となった。1 番重視した点は、「印刷が失敗しないか」である。ほとんど失敗がなく、素手でラフト材を剥がせたことから PLA 材ではラフト距離は 0.18mm が最適であると発見した。



図 26 3D プリンタでの完成直後写真

5. 2 水車について

作成方法は、活動経過に示す通りである。作成した水車を図 27, 図 28, 図 29 に示す。

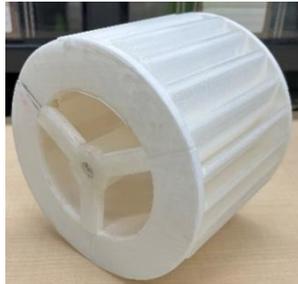


図 27 角度 60° の水車



図 28 角度 30° の水車

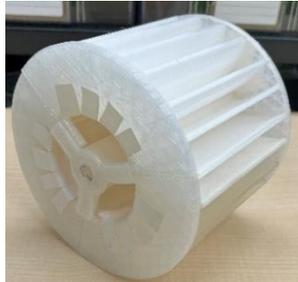


図 29 角度 0° の水車

最適な水車の角度を探すため、0°、30°、60°の水車に同じ流量を流したときの回転数と電圧を調べた。

水道の流量の結果を表1に示す。

表1 水道の流量

	秒 (s)	重さ (kg)	流量 (kg/s)
1回目	10.25	1.577	0.1539
2回目	10.25	1.589	0.1550
3回目	10.23	1.601	0.1565
平均	10.24	1.589	0.1551

結果, 0.1551(kg/s)の体積流量であったため, 体積流量を $Q(\text{mm}^3/\text{s})$ とし, 質量流量を $m(\text{kg}/\text{s})$, 水の密度 $\rho = 998.2 \times 10^{-9}(\text{kg}/\text{mm}^3)$ とすると, 引用文献のJSME テキストシリーズ流体力学式(4.8)より,

$$Q = \frac{m}{\rho}$$

より, $Q = 0.1551 \div 998.2 \times 10^{-9} = 1.554 \times 10^5(\text{mm}^3/\text{s})$ となる。

水道の断面積 $A = \frac{\pi}{4} \times 11^2 (\text{mm}^2)$, 水の速さ $U(\text{mm}/\text{s})$ とすると, (4.6)式より,

$$U = \frac{Q}{A} = \frac{1.554 \times 10^5}{\frac{\pi}{4} \times 11^2} = \frac{1.554 \times 10^5}{95.03} = 1635.27$$

$$\approx 1.635(\text{m}/\text{s})$$

この流量, 速度で水車の回転数と電圧を計測した。

表1の流量で水車の回転数と電圧を表2示す。

表2 水車の回転数と平均電圧

傾き (度)	10秒間の回転数 (回転)	10秒間の平均電圧 (mV)
60	34	100
30	42	112
0	36	104

羽にたまる水の重量は 0° , 30° , 60° の順に多くなるように設計したが, 回転数が速いことからどの水車も羽にかかる重量は同じだと考えられる。よって, 羽にかかる力は水圧であると考えたが, 水道は地面に対して垂直に落ちているので, 0° が一番回転数が速くなると考えられる。しかし, 結果は 30° のときが回転数, 電圧ともに大きくなった。

そこで考えられることは水車の重さであった。

水車の作成には3つで1か月以上かかった。農業用水で稼働させる日程関係により、時間短縮のため、0°の羽の13枚の材料をUVレジンで作成した。これにより、0°の水車は60°と30°の水車より重くなった。水車の重量を表3に示す。同じPLA材で作成していた場合、実験で最も効率がよい水車は0°であると予想した。しかし、農業用水では、地面に対して垂直に水が落ちてくることはないので、農業用水で試すときは30°が最適であると考えた。

表3 水車の重量

	0°	30°	60°
重量 (g)	502	399	412

5. 3 農業用水での稼働について

板に穴をあけ、150mm×20mmの断面積で水が出るようにした。



図30 作業の様子

農業用水の流量は、6Lバケツが2秒で満杯になったことから、3kg/sであることがわかった。

実験のときと同様にして流量と速度を求めると、

$$3 \div 998.2 \times 10^{-9} = 3.005 \times 10^6 (\text{mm}^3/\text{s})$$

断面積は、3000mm²である。よって速度は、

$$\begin{aligned} \frac{3.005 \times 10^6}{3000} &= 1001.7 (\text{mm}/\text{s}) \\ &= 1.002 (\text{m}/\text{s}) \end{aligned}$$

であった。

稼働結果は10秒間の水車の回転数は34回転であった。これは実験の回転数よりも下回った。速度は、農業用水の方が速かったが、水の量が多く、羽の水があふれ、水溜りにより、回転速度が遅くなったと考えられる。稼働させた様子を図31に示す。



図 31 農業用水で稼働させた様子

また、流量が多くなった原因として、前日に電車が止まるほどの雨が降り、農業用水が増水していたためであると考えられる。

電圧の計測はモータと歯車の噛み合いが悪くなり、固定できず計測不可能という結果になった。噛み合いが悪くなった原因は水滴であると考えられる。わずかな水滴が歯車とモータの隙間に入り、摩擦力が小さくなったと考えられる。

5. 4 ギア比について

作成したギアについて、ギア比は、1 : 4 : 16 : 85 で作成した。

モータをギア比 1 のところに接続し、作成した水車の最高電圧を測定した。引用文献のメカトロニクスの基礎の P37(3.8)式より、 λ 倍だけでなく、ある効率 η でトルクが伝わるので、歯車①のトルクを T_1 として、

$$T_2 = \eta \lambda T_1 \quad (3.8)$$

また、 λ は歯数の比なので、

図 22 より、歯車①の歯数を z_1 、②の歯数を z_2 、減速比を λ_{12} 、と歯車番号で示すと、

$$\lambda_{12} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{80}{20} = 4$$

となるので、

$$T_2 = 4\eta T_1 \quad (3.8.1)$$

同様にして、 $\lambda_{34} = \frac{z_4}{z_3} = \frac{80}{20} = 4$ なので、

$$T_4 = 16\eta^2 T_1 \quad (3.8.2)$$

さらに、同様にして、 $\lambda_{56} = \frac{z_6}{z_5} = \frac{80}{15} = 5.33$ なので、

$$T_6 = 85\eta^3 T_1 \quad (3.8.3)$$

となる。

今回作成した水車は小型なのでトルクよりも回転速度を上げた方が良いと考えられた。活動期間の関係上、ホースから出る水の流量の計測や羽の角度を変えた測定は行えなかった。あくまで、 30° の水車で最高電圧を求め、蓄電を可能にするための数値を得ることを目的とした。

まず、(3.8.2)、(3.8.3)より、モータのトルクの約16倍、85倍の力を水車にかけるのは難しかった。また、3Dプリンタで作成したことでかみ合いや、位置制御が難しく、ギアを噛ませば噛ますほど騒音と引っかかる箇所が増えた。

1:4のギア比では、水車に水溜りができることもなく効率よく回転できた。このとき、得られた電圧は2.1Vだった。

計測の様子を図32示す。



図32 最高電圧を出したときの様子

5. 5 蓄電について

バッテリーは、ロング WP12-12 12V 12Ah 高性能密閉型バッテリー、インバーターは BESTEK MRZ3010BU 正弦波インバーターを購入した。

購入したバッテリーとインバーターを図 33 に示す。



図 33 購入したバッテリーとインバーター

購入したバッテリーの出力は 12V であったため、最高出力の 2V では蓄電は不可能だった。そこで、蓄電を可能にする方法を考えた。

5. 5. 1 モーターの回転数を増やす

実験値より、10 秒で 42 回転することから、 4.2rev/s であることが分かる。このときの電圧が 112mV なので、12V に達するには、107.2 倍以上必要である。その時の回転数は、 450.24rev/s である。しかし、これは現実的ではない。

5. 5. 2 水車の数を増やす

水車を直列に繋げることで電圧を増幅させることができる。6 個つなぐと約 6 倍にできるので、回路図を図 34 に示す。

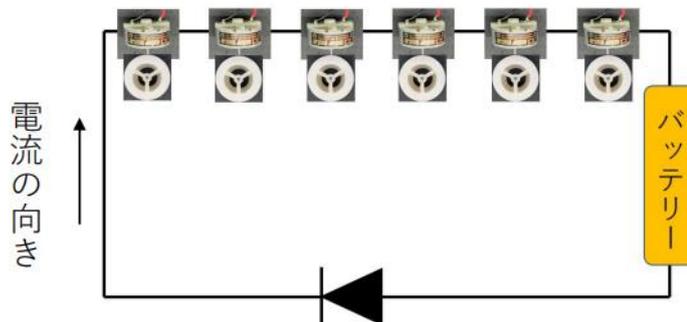


図 34 電圧を増幅させるための回路

このように接続すると、バッテリーの電圧を超えて蓄電することができると考えた。

5. 5. 3 倍電圧整流回路を使う

ダイオードとコンデンサを利用して，入力電圧の 6 倍の出力の電圧を生み出すことで蓄電に必要な 12V を超えることができると考えられる．

6. 引用文献

JSME テキストシリーズ 流体力学（日本機械学会）

メカトロニクスの基礎（渋谷恒司，森北出版）

「小水力発電における効率的な水車構造の研究」（平成 25 年度プレ共同研究成果）

<https://core.ac.uk/download/59122905.pdf>（参考文献として使用したため，引用箇所はなし）