

可搬式水力発電機製作記

令和 2 年度自由研究 創造の部

桜田中学校 3 年 1 組(10) 柴崎 湧人

©2020 YUTO SHIBASAKI

- 0 -

目次

第一章 準備

1 節 製作理由	3
2 節 構想	4
3 節 設計	4

第二章 電子回路部分製作

1 節 基板作成	6
2 節 部品実装	7
3 節 プログラミング	8
4 節 配線・改良	1 1

第三章 動力・外装部分製作

1 節 外装作成	1 3
2 節 水車部分作成	1 4

1 試作目

2 試作目

3 作目

第四章 仕上げ

1 節 細部修正	2 1
----------------	-----

第五章	動作確認・実験	
1 節	動作確認	2 3
2 節	実験	2 4
第六章	本作品について	
1 節	作品紹介	2 8
2 節	使用方法	3 0
第七章	まとめ	3 3

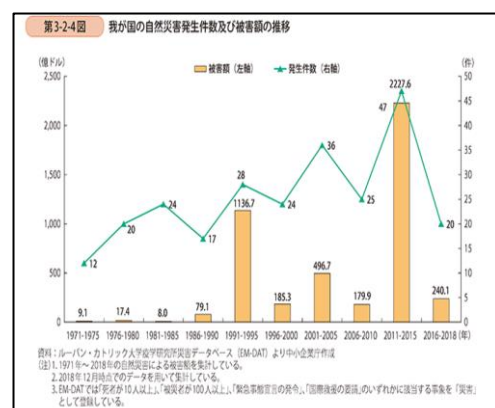
第一章 準備

製作理由

私が今回、この簡易水力発電機を製作した理由は、二つある。

一つ目は、自然災害への備えという点だ。近年の日本では、水害、地震、台風など様々な自然災害が発生している(資料1)。これらの被害に遭い、避難をしたときに、困ることがある。それは、「停電」だ。電気を失うと、いまの時代では、スマートフォンの充電、ラジオの聴取などほとんどのことができなくなってしまう。そんな緊急時に対応するために、この発電機の製作を考えた。

二つ目は、昨年度の作品の改良だ。昨年度私は、「熱電素子式発電機」(写真1)を作成した。これは、熱エネルギーを電気エネルギーに変換するもので、発生した熱エネルギーの大半をロスしていたため、非常に変換効率が悪かった。この問題点を解決した高効率な発電装置を作成したいと考えた。



資料1 我が国の自然災害発生件数及び被害額の推移
自然災害の発生件数は年々上昇傾向にある。

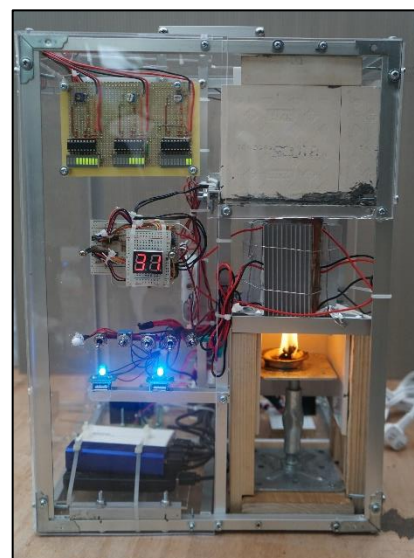


写真1 熱電素子式発電機
昨年度、私が作成した熱電素子式発電機だ。

構想

前節の理由より、製作する発電装置には、以下の条件が必要である。

- ・ 災害時に簡単に使える。
- ・ 動力エネルギーを電気エネルギーに変換する形である。
- ・ スマートフォンなどの小型電子機器(解説1)の充電ができる。

これらを、満たした発電方法を考案した。様々な発電方法を考えたが、一番自然環境に左右されずに発電のできる発電方法は「水力発電」であるという結論に至った。

発電を行う場所には、河川や水路などがあるが、災害時の河川は危険な状態になることもあるので一般的な用水路での発電を想定した。

設計

簡易水力発電機を作成するにあたって、設計箇所がいくつかに分かれる。発電部分の動力機構や外装の部分、発電で発生した電流をスマートフォンなどで使えるように整流する電子回路部分の二つだ。

解説 1

“小型電子機器”としたのは、スマートフォンなどの充電に用いられる電流が直流 5V(一部機種を除く)と、電圧が低いからである。

動力機構や外装の部分の設計は、製作中に実際の様子を見ながら行うことにした。

電子回路部分は、あらかじめ設計が可能のため、回路図などを作成していった。

回路の設計には、水魚堂様の回路図エディタ BSch3V(リンク 1)を用いた。このアプリケーションを用いて回路図を作成した。部品の様子を”ライブラリ”から引用しそれらをマウス操作で結線していった。昨年度の回路も参考にしながら、図 1 のような回路ができた。

続いて、この回路図をもとにプリント基板のパターンを設計した。昨年度までは、ユニバーサル基板と呼ばれる部品同士の結線をすずメッキ線を用いてするものを使用していたが、配線する手間などを考慮し”プリント基板”を採用した。プリント基板の設計には、PCBE(リンク 2)を使用した。基板の穴を指す丸と配線を指す直線のふたつで設計する。いわゆる”平面 CAD”だ。この設計時に注意したことは、「1 A 1 mm」だ。これは 1 A の電流を流すのに必要な基板パターン幅が 1 mmであることを言う。ここで十分な幅を取らないと、回路の発熱や故障の原因になってしまう。本作品の場合は、スマートフォンなどの充電を

リンク 1 水魚堂 回路図 エディタ

BSch3V(<https://www.suig-yodo.com/online/index.htm>)

Windows 専用

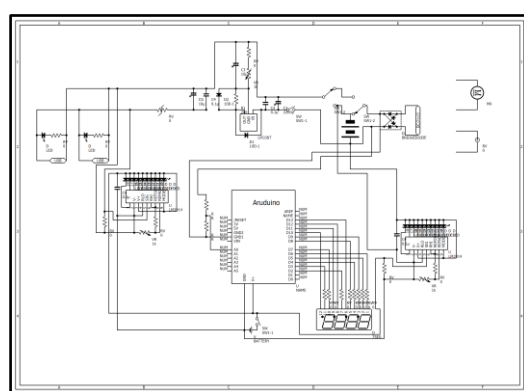


図 1 可搬式水力発電機回路図
回路図エディタを用いて設計した、本作品の回路図だ。(図は本冊後述)

リンク 2 プリント基板エディタ PCBE

PCBE(<https://www.vector.co.jp/soft/winnt/business/se056371.html>)

Windows 専用



想定しているので、安全を考慮し3A程度の設計をしておく必要がある。よって、電源回路のパターン幅は、3mm以上の幅を取って設計した。

完成した基板パターンが図2だ。工夫した点としては、ランド(解説2)間にパターンを通したことだ。こうすることで基板の小型化やジャンパー線の削減を図った。

第二章 電子回路部分製作

基板作成

第一章、設計節で製作した、プリント基板パターンでプリント基板を作成した。プリント基板を以下の手順で作成した。

【プリント基板作成の手順】

- ① レーザープリンター(解説3)でパターン版画を印刷。
- ② 基板を飽和クエン酸水で洗浄。(脱脂)
- ③ ラミネート機で基盤にトナーを転写。
- ④ 水で紙繊維を除去・洗浄

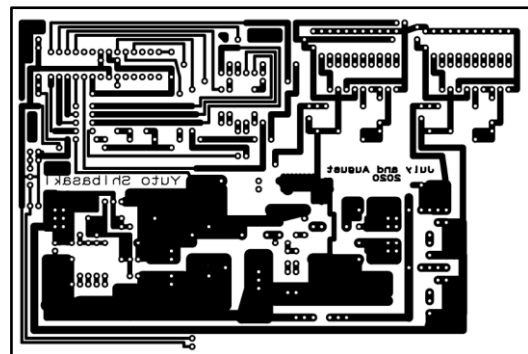


図2 基板パターン

回路図エディタを用いて設計した、本作品の回路図だ。後に多少の変更がある。

解説2

元々、スルーホール実装用部品を挿入する穴の表面周囲に設けた円形や四角形のはんだ付け用の銅箔の呼称であったが、表面実装部品を実装するためのはんだ付け用銅箔もランドと呼ばれることが多くなっている。(引用 Wikipedia)

解説3

レーザープリンターを用いる理由は、レーザープリンターのインクの役割を果たしている“トナー”でないと基板へ転写できないからである。また、転写しやすい・しにくいがあるため、インターネットなどで定評のある、セブンイレブンの富士ゼロックス社のマルチコピー機を使用した。

- ⑤エッチング液(写真 2)に④の基板を投入。
- ⑥20～30 分日光の当たる場所(解説 4)で放置。
- ⑦完全に不要銅箔が溶けたことを確認し液から基盤を出す。
- ⑧エッチング液を洗い落す。
- ⑨ランド部分に穴をあけ、フラックスを塗布する。

完成した基板には、部品を取り付けるだけで、回路が完成する。

完成した基板が写真 2 だ。尚、この時点での基板パターンには若干の間違いが確認されている。後にジャンパー線などで修正する。

部品実装

前節の基板に電子部品を実装した。配置した部品の詳細は、回路図を参照していただきたい。配置に当たっては、基板上に、高さの低い電子部品から順番に配置・はんだ付けを行った。はんだ付け時に注意したことは、パターン同士のショートだ。部分的に、パターンの近いところがあるので、そこをはんだでシ

解説 4

日光の当たる場所で置いておくのは、エッチング液の活動を活性化させるためだ。エッチング液は通常 35℃～40℃が適温だ。

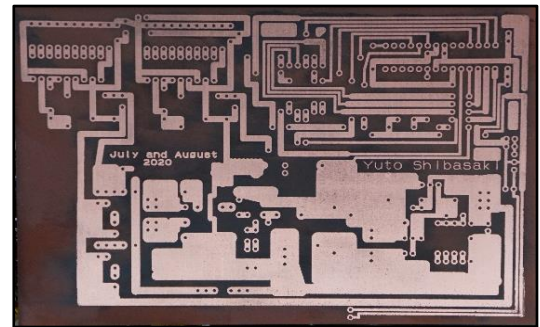


写真 2 プリント基板 実装面

後に、修正があった。

ランド幅を広くとることで、エッチング液の劣化を抑えることができる。

ショートさせてしまわないよう、細心の注意を払った。また、はんだ付け時に熱による、部品故障を防ぐために、IC ソケットを IC や LED アレイ部分に使用した。

プログラミング

本作品では、発電電圧を知るための電圧計の部分を、Arduino UNO(解説 5・写真 3・リンク 3)を用いて作成した。電圧計を作成するために、以下のようなプログラムを組んだ。(左: プログラム 右: 解説)

```
#include <MsTmer2.h>

#define ANODE_COMMON

// カソードコモン用表示パターン (GFEDCBA)
unsigned char patterns[] =
{
    0b00111111,    // 0
    0b00000110,    // 1
    0b01011011,    // 2
    0b01001111,    // 3
    0b01100110,    // 4
    0b01101101,    // 5
    0b01111101,    // 6
    0b00100111,    // 7
}
```

解説 5

Arduino UNO とは、AVR マイコンや入出力ポートを備えたワンボードマイコンである。プログラムには、Arduino IDE という独自の言語を用いて、PC 上でコンパイル、デバックをして転送する。統合開発環境と呼ばれる。



写真 3
Arduino UNO

リンク 3

ArduinoIDE(<https://www.arduino.cc/>)
Windows・Mac



←表示パターン指定

ここで、7 セグメント LED に数字を表示するための参照表のようなものを書き込んでおく。

```

    0b01111111,    // 8
    0b01101111,    // 9
    0b10000000,    // .
    0b00000000,    //
};

unsigned char digits[4]={1,2,3,4};
unsigned char digitPos=0;

void dynamic()
{
    digitalWrite(10+digitPos, LOW);

    digitPos++;
    digitPos&=0x03;

    unsigned char pattern;
    pattern = patterns[digits[digitPos]];
    if(digitPos==1)
    {
#ifdef ANODE_COMMON
        pattern &= patterns[10];
#else
        pattern |= patterns[10];
#endif
    }

    PORTD = (pattern<<2) | (PORTD &
0b00000011);
    PORTB = (pattern>>6) | (PORTB &
0b11111100);
    digitalWrite(10+digitPos, HIGH);
}

void setup()
{
    Serial.begin(115200);

```

```

MsTimer2::set(1, dynamic);
MsTimer2::start();

int i;
for (i=2; i<=13; i++)
{
    pinMode(i, OUTPUT);
    digitalWrite(i, LOW);
}

#ifdef ANODE_COMMON
    for (i=0; i<sizeof(patterns); i++)
    {
        patterns[i]=~patterns[i];
    }
#endif
}

void loop()
{
    int value;
    value = getVoltage();

    digits[3]=value%10;
    value/=10;

    digits[2]=value%10;
    value/=10;

    digits[1]=value%10;
    value/=10;

    digits[0]=value%10;
    value/=10;
    if (value==0 && digits[0]==0)
digits[0]=11;

    delay(500);

```

```
}  
  
int getVoltage()  
{  
    double value;  
    value=analogRead(A0);  
  
    value*=0.021158854166666666666666666666666666667;  
    // = 5V / 1024 / 30kΩ * 130kΩ;  
    Serial.println(value);  
  
    return value*100;  
}
```

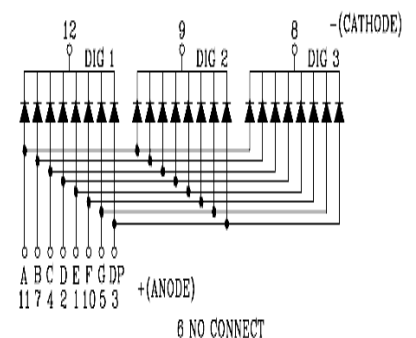
このプログラムをマイコンボード Arduino UNO に書き込んだ。この時に、表示機として用いた、4桁7セグメントLEDは、ダイナミック点灯式という方式を採用した(解説6)。この方式を用いることで配線の簡略化や消費電力の減少などが可能となる。また、アノードコモンというプラス極側を束ねるLEDを用いた。

配線・改良

前節までで、電子回路部分は完成したのでこの

解説 6

ダイナミック点灯とは、点灯する LED を一定の周波数で高速点滅させる点灯方法である。人間の目では、点滅は目視できない。また、周波数を変化させ、LED の点灯時間の長さを変えることで LED の明るさを変更できる。パルス点灯やデューティ点灯と呼ぶ場合もある。



部分を防水ケース(写真 4)内に収めた。

まず、ケース本体に穴開け加工を施した。その穴にまず、電池ボックスを取り付けた。そこに電池を取り付けた。電池と言っても充電式の二次電池でニッケル水素電池(写真 5)を用いた。この充電電池一本の電圧は、1.2V のため、5V に変換することも考慮し、6 本の充電電池を直列つなぎ $1.2V \times 6 = 7.2V$ に 2 セット計 12 本装備した。

次に、ケース内に各種基板を取り付けた。ケースの底面積が狭いため、2 段構造にした。上段には本体電子回路基板、下段にはマイコン基板・結線基板を取り付けた。はんだ面が、底面や他回路と接触しないよう、スペーサーをナベねじに通し取り付けた。この後、より線を用いて基板同士を接続した。

最後に、前面のパネル加工をした。このとき、最も工夫したのは、USB 端子の固定である。前述の昨年度の作品の反省点として、USB 端子の固定が不十分で機器の抜き差しが不安定であったことが挙げられた。そこで今年度は、「より強固な」ということでアルミチャンネルを用いた方法で固定した。USB 端子 DIP 化基板の既存の穴を広げ、アルミチャンネルにジュラコンスペーサーをかませて固定した。これらのほかにも、



写真 4

防水ケース。防水のケースを用いることで水滴などの故障要因から電子回路を保護できる。

Amazon 商品ページより引用



写真 5

ニッケル水素電池マル
ツオンライン HP より
引用。

切り替えスイッチや電源用スイッチを取り付けた。

これにて、電子回路部分は完成した。(写真7)

第三章 動力・外装部分製作

外装作成

動力部の製作前に水路などに落とし込み、中に水車などを収める外装部分を作成した。

本体外装に求められる条件として、次のようなことが挙げられる。水圧にも耐え、水に流されない頑丈さ・質量。水が付着することで劣化を起こさない耐久性。中に水車を収める容量。これらの条件の下、設計した結果、材質は鉄アングル、固定にはM8六角ボルトを用い、防錆としてラッカー塗料を塗布することとした。大きさは、鉄アングルの市場販売長を考慮し1本のアングルから2部材が取れる長さとした。すると縦470mm横340mm奥行600mmという設計に至った。

いざ、製作だ。鉄アングルを、グラインダーで切り出し、インパクトドライバーで穴をあけた。それらをM8六角ボルトとナットで固定し

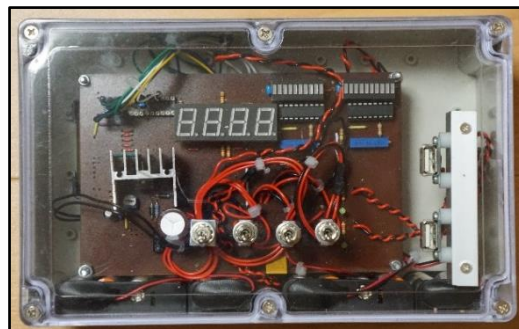


写真7

完成した電子回路部分。

た。最後に錆止めに塗料を塗布した。後にこの内部に水車固定用のアングルや角材を装着するが、枠部分は写真8までで完成とした。

水車部分作成

本作品の要である“水車”の製作に取り掛かった。水車を作成しながら、様々な試行錯誤をし、三回の試作を繰り返し完成形に至った。ここでは、その三回の試行錯誤の様子を記述する。

1 試作目

まず、1試作目初号機だ。当初、私は発電には非常に大きな力を要すると考え、水力との接触面積が大きいほうがよいと考えた。そのため、螺旋型のスクリューを用いて発電しようと考えた。螺旋型スクリューを作るためには、軽量かつ頑丈である必要がある。“軽量”を達成するために羽の部分にはアルミニウム、“頑丈”を達成するために、シャフトの部分にステンレス製の丸棒を用いた。設計時には、螺旋が図3のよう



写真8

本体枠部分

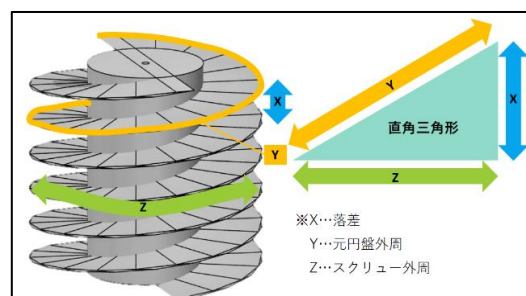


図3

螺旋と三角形の関係

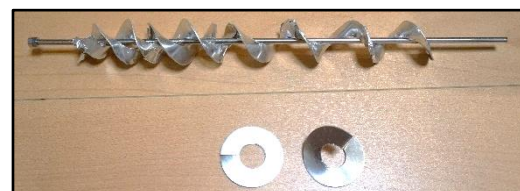


図4

初号機の螺旋設計結果。



アルミニウム円盤

写真9

な構造であることを理解し、アルミ円盤(写真9
←前頁)への穴開け、切欠き、曲げを設計した。

その設計結果が図4である。これをもとにアル
ミ円盤を加工した。多少いびつではあるもの
の、何とか写真10のように加工できた。固定に
は、リベットを用いた。

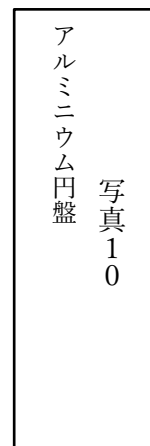
これを前節で述べた鉄枠に組み込み、試運転
を行った。自宅前の用水路にシャフトをモー
ターと繋いだ状態で落とし込んでみた。すると、
スクリューは、びくともせず、力不足であるこ
とが分かった。

1 試作目初号機では、発電にはより多くの力が
必要であることが分かった。このことから、2 試
作目 2 号機の製作に移った。

2 試作目

2 試作目は、初号機の反省より、力のかかる面
積を増やすことにした。前述・図3の関係やスク
リュー本体の重量のことも考え、アルミニウム
円盤の直径は 100 mmとした。例のごとく、図3
より図5のような寸法で2号機を製作すること
にした。初号機の 50 mm と比べ、解説7よりスク
リュー羽 1 枚あたりにかかる力は 3.9 倍となるは
ずである。

1試作目	
X	25
Y	154
Z	157
図4	



2試作目	
X	20
Y	313
Z	314
図5	

解説7

各螺旋型スクリューの面積(全体)

初号機：円盤直径 50 mm シャフト 5 mm

使用枚数：10 枚

$$\{(25 \times 25 \times \pi) - (2.5 \times 2.5 \times \pi)\} \times 10 \\ = 1943 \text{ mm}^2$$

二号機：円盤直径 100 mm シャフト 15 mm

使用枚数：12 枚

$$\{(50 \times 50 \times \pi) - (7.5 \times 7.5 \times \pi)\} \times 12 \\ = 7673 \text{ mm}^2$$

よって

$$7673 \div 1943 = 3.9$$

式号機の、スクリューを作成した。アルミニウム円盤は市販品として 100 mm 径の物が流通していない。そこで、0.8(t)の板からボール盤と金工用自在錐を用いて、円状に切り出した。切り出した円盤の中心に 22φ の穴をあけ、1 試作目同様に螺旋加工をした。その結果、写真 11 のように 1 試作目の物より大きなスクリューができた。

二試作目も先に同じく、鉄枠に組み込み試運転を行った。用水路に入れて発電を試みた。しかし、スクリューはなかなか回転せず、回転したとしても速度が遅かった。その要因として、スクリュー本体の質量増加やシャフトの微弱な歪みが挙げられた。スクリューを大きくした利点はというと、トルクに顕著に表れた。1 試作目に比べ 2 試作目のトルクは、シャフトを指で触れた感じでは少なくとも数倍程度はあった。

発電には、トルクと回転速度の両方を兼ね備えた水車方式が必要であると 2 つの試作から分かった。これらをまとめると以下の表のようになった。



写真 1 1
二試作目、螺旋型スクリュー

比較点	速度	トルク	質量	安定性	発電結果(V)
1 試作目	早い	弱い	軽い	低い	0.3~1.3
2 試作目	遅い	強い	重い	高い	0.2~0.9

スクリューが小さくては力不足、大きいと質量過多であるといえる。これらの対照的な二つの試作でも、発電があまりできなかったことから、螺旋型スクリューでは発電困難と考えた。そこで、水車方式を抜本的に変更することにした。

3 作目

前節の発見から、新たな方式を考案した。水車の形態をインターネットを用いて調べた。様々な形態が候補として挙がったが、既存の鉄枠の中に納まり、簡単にわずかな時間で製作できる形態はほぼ一つであった。それは、昔からある衝動水車(解説8)であった。やはり、古くから残る形には様々な意味があることを実感した。衝動水車の中でも落差を利用できるバックショット型の水車を採用した。この仕様のことを以下ではバックショット式衝動水車(図6)と記す。

解説 8

衝動水車

流水をノズルから加速放出して水車の羽根を回す水車。

高落差、小流量の水車発電所に向いている。羽根に衝突した流水は自然落下させる。

衝動水車にはペルトン水車、ターゴインパルス水車などがある

(Wikipedia より引用)

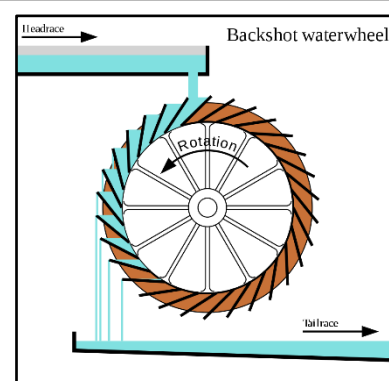


図 6

三試作目、バックショット式
衝動水車 模式図

新たな水車方式が決定したため、製作に移った。バックショット式水車は回転運動なので、少しの中心ずれがぶれにつながり非効率・故障原因になる。様々な材料を用いて作成を試みたが、既製品を改造使用することが最善策であると考えた。身近にある回転運動物として、我が家では刈払機(写真12)があった。ヤンマー製の物でエンジン内部に故障があったため本作品に利用することとした。刈払機の歯(チップソー)を水車の羽をつけるベースに、先端の軸受け部分をそのまま軸受けに、柄の内部を通っていたシャフトを切断し水車とギアの接続に使用した。チップソーの表面には、穴が多数開いておりこれにビスで角材を止めることで羽の固定が容易であった。また羽には木材を用いた。形としては写真13になった。しかし、鉄や木材などの劣化性の材質であるため鉄枠と同色にスプレー缶塗装した。

塗装後、軸受け部分を持ち自宅の池の循環ポンプの水流で回してみると、くるくるとスムーズに回転した。シャフト部分も高速かつ高トルクで回転していた。これで発電が行えるであろうと考えた。

さて、バックショット式衝動水車を既存鉄枠

ヤンマー製刈払機(部品抽出後)

写真12

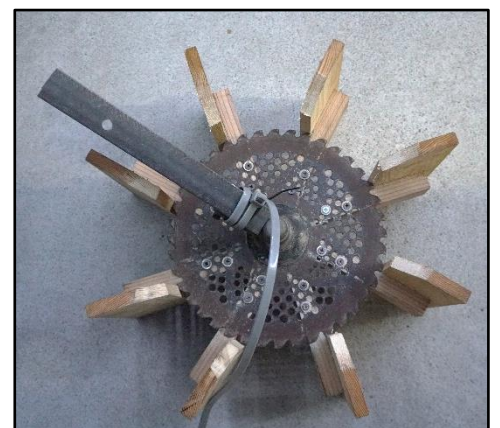


写真13

加工後バックショット式水車

に取り付けた。軸受けから出るシャフトは直角でないため固定には少々てこずった。まず、シャフト部分の支えとして鉄アングル端部を軸受け部分に固定した。反対側は鉄棒に固定した角材の切り欠き部分に取り付けた。その様子が写真 1 4 だ。シャフトの先端には、64 歯のギアをモーターのシャフトには 16 歯のギアを取り付けギア比を $16:64=1:4$ にした。

試運転を写真 1 5 のように行った。前回同様に自宅前水路に本作品を落とし、水が上部の穴から落ちるのを待った。すると、図 7 のように水が勢いよく出すぎて水流が水車羽を支える角材に当たってしまい、あまり回転しなかった。モーターの端子をマルチテスターで測定すると 0.3~0.9V を示した。これでは、様々な機器の電源にはならない。

急遽水車の水出口部分とモーターの動力部分に改良を加えることになった。

まず、水流の改良だ。水流をてこの原理よりできるだけ羽の先端に当てるため、水流を調整するガイドを作成した。このガイドは木材をスライド丸鋸で角度をつけて切断し、皿の断面形に仕上げた。最後に防錆を兼ねて本体色に塗装



写真 1 4

鉄棒部分に材木を渡してその切り欠きにアングルで補強したシャフトを固定している。



写真 1 5

鉄棒部分に材木を渡してその切り欠きにアングルで補強したシャフトを固定している。

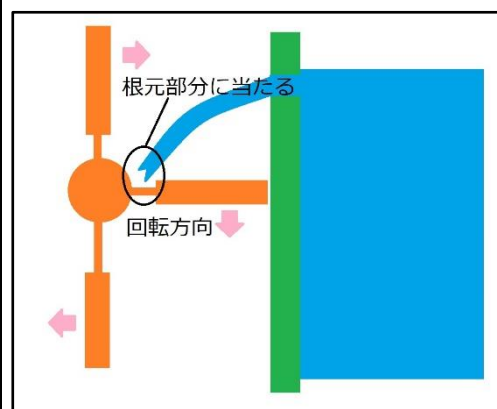


図 7

上図のように軸の根本付近に当たり、うまく回転しなかった。

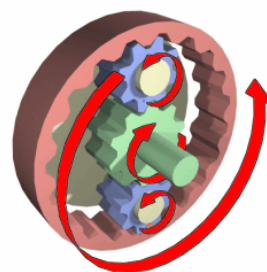
した。それを前面の裏にビスで固定した。最後にゴム板を水の飛び出し防止用としてガイドの先端に取り付けた。

モーターの動力部分は、次の改良を行った。現在の水車には、まだトルクに余裕が見受けられた。そして、電圧を上げるには、より回転数を上げる必要がある。なので、ギア比を大きくすることにした。そのためには、ギアが大きくなってしまい空間の都合上不可能だ。そこで、遊星ギアを用いることにした。遊星ギアとは**解説8**のようなものである。尚、遊星ギアは非常に精度を求めるため、既製品である、タミヤ製の遊星ギアボックスを20:1のギア比で組み立て・使用した。遊星ギアのシャフトは2φであるため、水車のシャフト7φや発電用モーターの5φとの接続に困った。

まず、水車のシャフトには、直径7φの内部に元から5φの穴が開いていたため、そこに5φのシャフトを差し込んだ。そのシャフトにボルトの中心の内側をボール盤でくりぬいた特性カップリングを取り付け2φに変換。遊星ギアから出てきた2φのシャフトは、2φ-5φのカップリングを取り付けモーターに接続した。この図は本

解説8

遊星ギアは、平歯車のように軸を複数必要とせず、直線的に省スペースで増速・減速のできるギアの種類だ。機構の詳細は下図の通りだ。図のような機構を複数連結すると1機構当たりのギア比の積でギア比が増大していく。本作品では20:1の仕様に組み立てた。現在では、自動車のオートマチックトランスミッションや自転車の変則ガントリークレーンなどに応用されている。



←Wikipedia より引用

頁下部の図 8 だ。

もう一度試運転を行った。すると今度は、しっかりと回った。ガイドから溢れ出していた水も水車の推進力に回すためガイドには蓋とコーキングを施した。その様子が写真 16 である。こうしたことで、少ない水量でより多くの力を得られた。

第四章 仕上げ

細部修正

前節で水車部分が完成し、本作品のすべての大きな工程が終了した。完成まではあと一步である。最後の修正として以下のことを行った。

- ・ 回路取り付け用木箱取り付け
- ・ 未塗装部分の塗装
- ・ モーター・ギア一部保護カバー取り付け
- ・ ラベル類の貼り付け

まず、電子回路を本体に置く木箱を作成した。縦の長さはケースに準拠し 155 mm、横は本体の幅 340 mmにした。深さは、板の高さであった 185 mmにした。



写真 16

本体水出口部分のガイド。蓋・ゴム板取り付け前(上)と蓋・コーキング施工後。

図 8

様々なシャフト径を駆使して何とかモーターと接続することができた。

水車

水車シャフト 7φ

水車シャフト内部に差し込んだシャフト 5φ

特製カップ
プリング

遊星ギア入力シャフト 2φ

遊星ギア

遊星ギア出力シャフト 2φ

モーター

続いて本他の各箇所の未塗装部分を塗装した。本体水出口部分のガイド、シャフトの金属部分、カップリングなどだ。これらを筆・缶スプレーで本体色に塗装した。

モーター部分は水に当たると故障してしまうため、簡易防水仕様にすることにした。カバーには、螺旋型スクリュー1 試作目のパイプであった50φ透明パイプを再利用した。モーターや遊星ギアを保護できる長さ・形に加工し、結束バンドとシリコンシーラントでモーターの周囲を密閉した。上部にはキャップを、下部のシャフト入り口部分には1mm厚のゴム板に切り込みを入れたものを貼り付けた。それら様子が写真17である。

最後にラベルの貼り付けをした。本体には、プリンタで印刷したものとテプラ®の二種類を張り付けた。浸水部分にはテプラ®そのほかの部分にはインクジェットプリンタ製のラベルを張り付けた。



写真17

モーター・遊星ギア保護カバーの様子。上部の灰色のキャップは配管用の塩ビキャップ。開閉式。

以上で、可搬式水力発電機のすべての製作工程が終了した。

完成!!

第五章 動作確認・実験

動作確認

本体の完成に伴い、本作品の動作確認を行った。

様々な個所を項目別に確認していった。

まず、電子回路である。以下の項目でチェックした。

- ✓DC ジャックからの入力に対応できるか
- ✓バッテリーの入出力ができるか
- ✓USB ポートの電圧は正常か

これらをマルチテスターなどで確認していった。結果すべて完全・安定動作をした。

次に水車などの動力部分だ。自宅前の水路で確認をした。項目は以下の通りだ。

- ✓シャフト・モーターはきちんと回転しているか
- ✓空回り・異音などがしていないか
- ✓発電をするか

これらの項目を目視と発光ダイオードで確認したところ、すべて正常であった。しかし、カップリングに摩耗が見られたため、新品部品に交換した。あくまで推測だが、製作中に過負荷の状態にしてしまったことが原因とみられる。

最後に電子回路部分と動力部分をあわせて確認した。項目は、「発電した電気を貯蓄・出力できるか」である。水路で確認したところ、USB端子にきちんと直流5Vの電圧がかかっていた。

実験

本作品の性能を確認するべく、性能実験をした。実験の要項は以下の通りだ。

【目的】

本作品の性能を調査する。

【器具】

- ・ 本体
- ・ デジタルマルチテスター
- ・ ものさし
- ・ 養生テープ(ものさし固定用)

【手順】

- ① 本作品の取水口に穴の下に合わせて定規を垂直に張り付ける。
- ② モーターの端子にマルチテスターを取り付ける。
- ③ 本体を水路に沈め、水位が1 c m上昇するたびに発電電圧と水車の回転数を読み取る。
- ④ 水位が上昇しなくなったら、実験を終了する。

この方法を以下の条件で行った。

【条件】

流量：50 m³/時

写真18のように実験を行ったところ、以下の結果が出た。



写真18

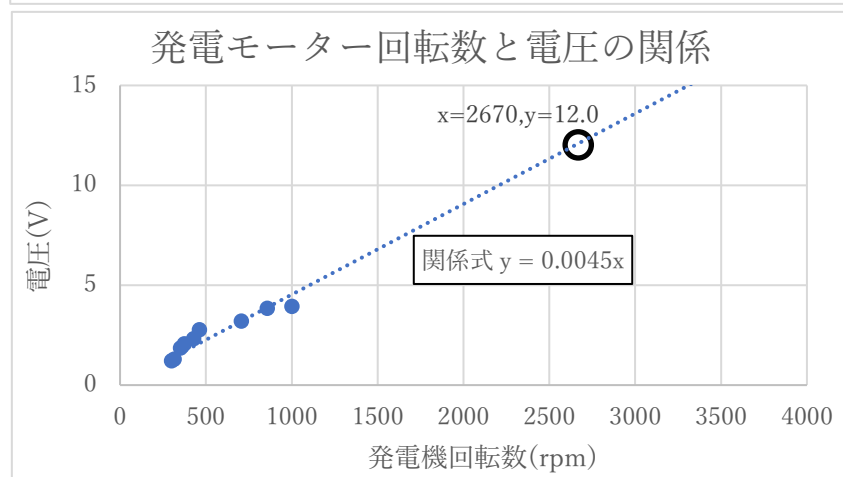
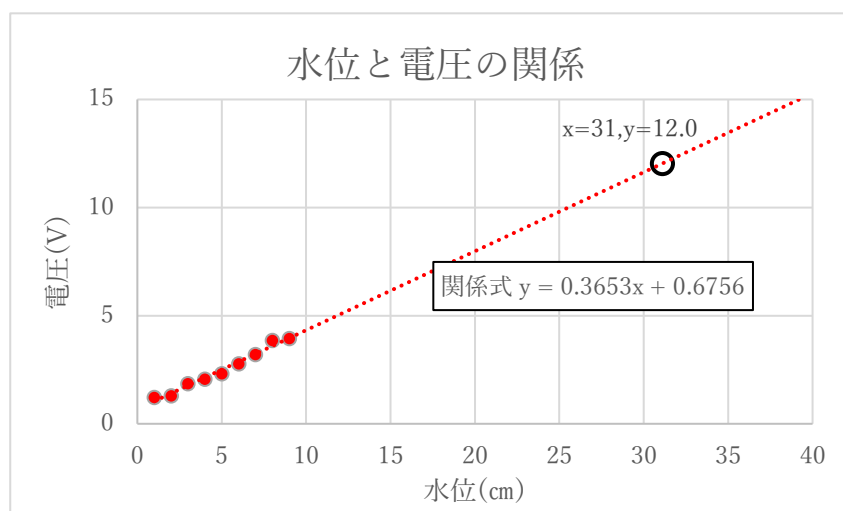
実験の様子。

【結果】

実験データ

水位	実測値(cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
水車	実測値(秒/回転)	4	3.8	3.4	3.2	2.8	2.6	1.7	1.4	1.2
回転数	換算値(rpm)	15	15.8	17.6	18.8	21.4	23.1	35.3	42.9	50
発電機	計算値(rpm)	300	316	353	375	429	462	706	857	1000
回転数										
電圧	実測値(V)	1.22	1.3	1.86	2.06	2.32	2.77	3.2	3.85	3.94

実験データを水位と電圧の関係及び発電モーター回転数と電圧の関係をグラフ化し、関係式を求めた。目標電圧 12V には達しなかったため、この関係式を用いて目標電圧を発生させるために必要な水位と発電機回転数を予測した。その結果をグラフに示す。



【考察】

自宅前の用水路では、本装置の最大発電電圧は、3.94V であり、目標電圧 12V には達しなかった。関係式から予測した水位や回転数を実現できれば目標電圧の達成が可能であるはずだ。

また、一つ目のグラフで示した目標電圧達成のためには、水位を 31 cm にする必要がある。これに対応した水路はなかなか存在しない。それに加え、水圧に耐えるために水路に本体を固定する必要があるだろう。

二つ目のグラフで示した目標達成のための回転数は 2670rpm である。これを実現するためには、水車の回転数を現在のまま固定したならば、遊星ギアのギア比を 40 : 1 ~ 50 : 1 程度に増速する必要がある。現実的には、プラスチック製のギアでは欠け・摩耗が発生するだろう。またトルク不足も発生してしまう。

上記の二点から目標電圧の 12V の発電には、相当な設備投資と改良が必要であることが共通して言える。今回の目標電圧は 12V であったが、かろうじて USB 端子への電源供給やバッテリーの充電ができそうなので実験は、成功とも失敗ともいえる。

第六章 本作品について

作品介绍

本作品「可搬式水力発電機」の詳細な仕様を以下の通りに記す。

【作品仕様】

◇本体外寸：縦 470 mm 横 340 mm 奥行 600 mm(突起部を除く)

◇本体質量：約 17.5 kg

◇発電効率：1 W 未満

◇バッテリー容量：4200mAh

◇USB 端子：2 個(5V 合計 2A)

◇付属品：シガーソケット用コード、家庭用コンセント用 AC アダプター

【作品特徴】

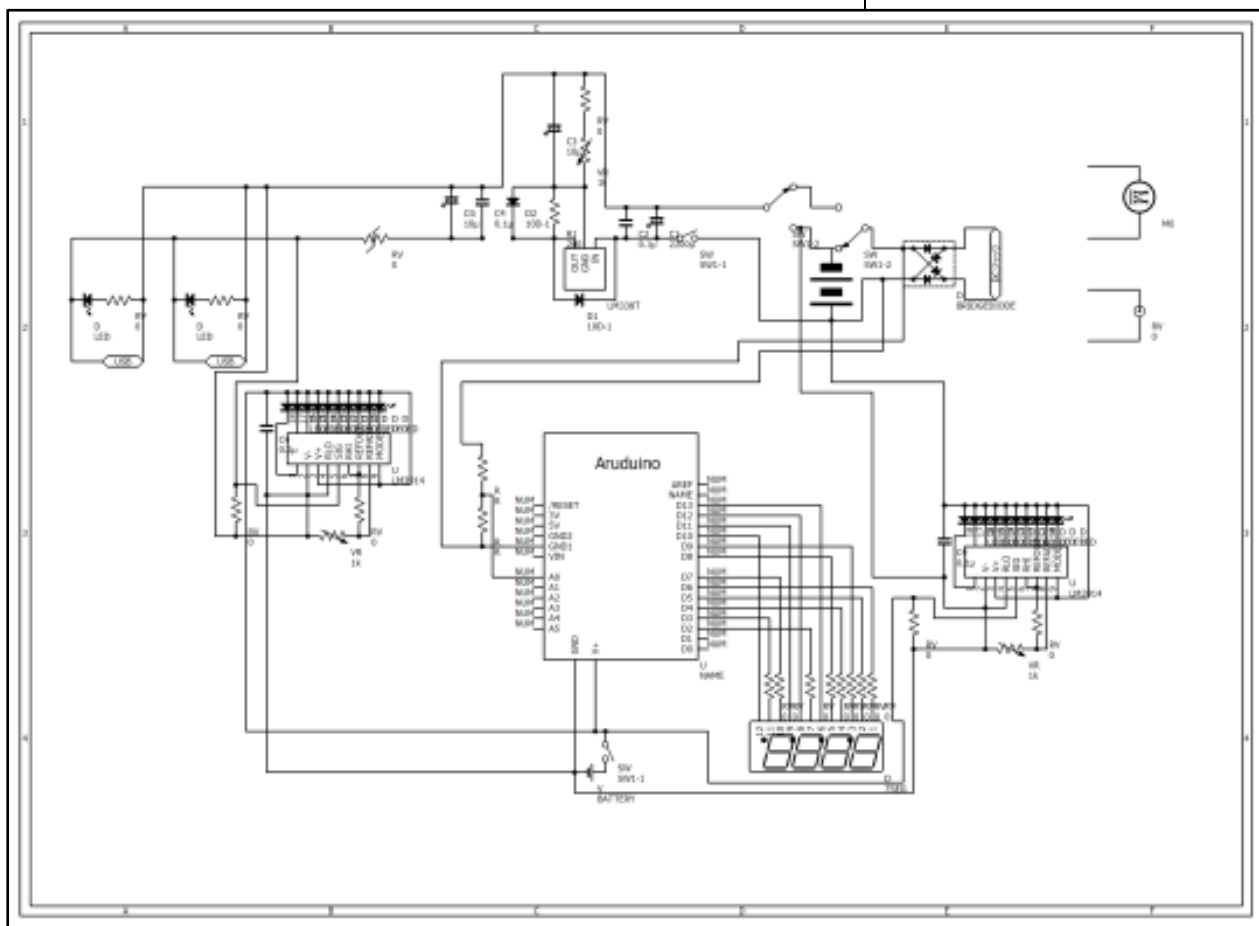
○身近なエネルギー“水力”を電気に変換をすることができる。

○水力を用いることで、高効率・安定的な発電が可能

○本体電子回路部分は脱着式で、回路単体でマ

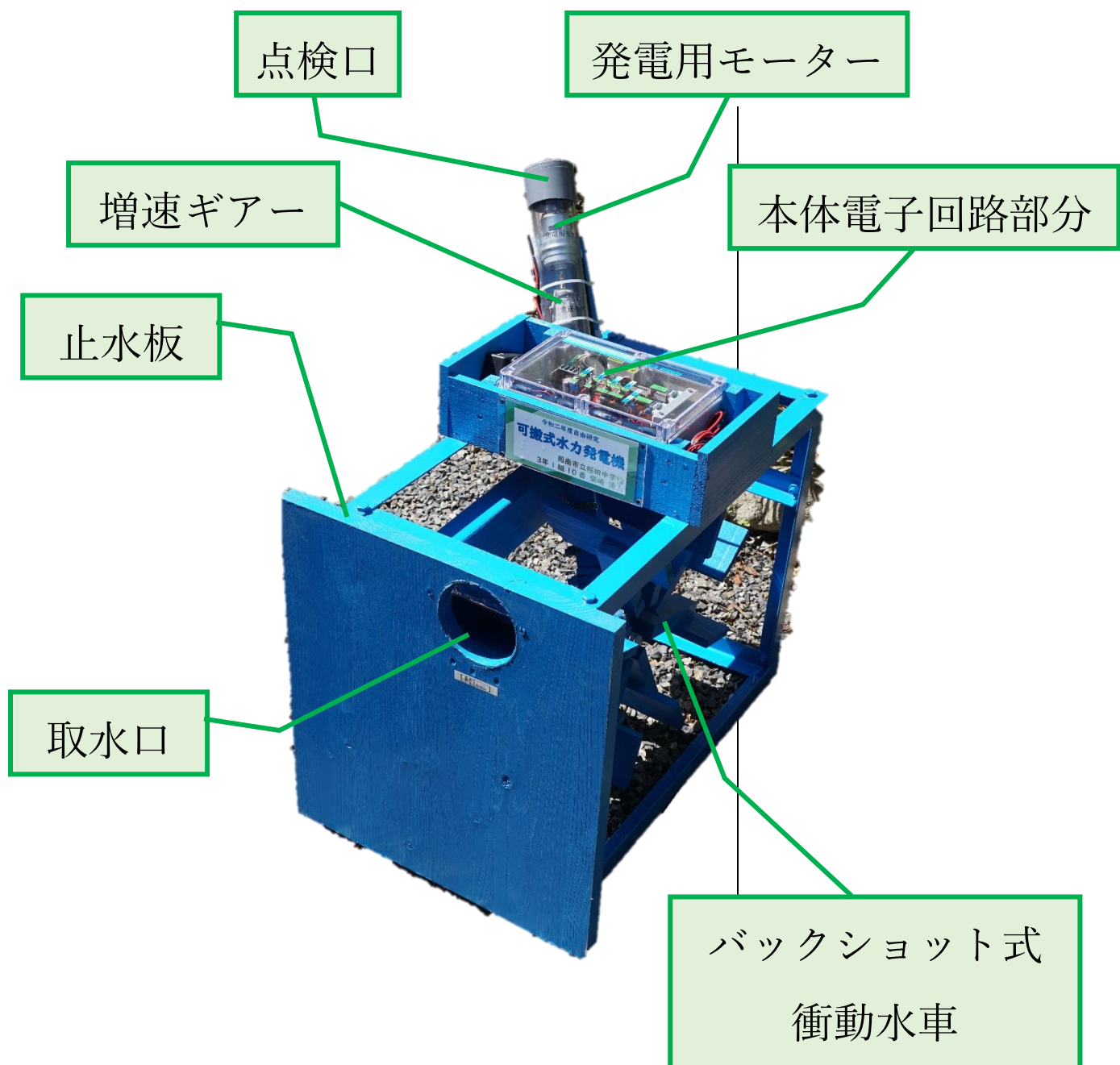
ルチモバイルバッテリーとして使用可能。また、入力電源も多様である。

【本体電子回路部分回路図】



【本体各部名称】

本作品の各部名称を次のページに記す。



使用方法

作品の使用に当たっての手順を紹介する。

【水路における発電】

①本体電子回路部分の各種スイッチを操作する。

- ②本体に電子回路部分を装着しプラグをジャックにつなぐ。
- ③本体を水流方向に合わせて用水路などに沈める。
- ④水位の上昇を待ち、発電する。

【電子回路部分単体での動作】

- ①電子回路部分のみを取り出し、各スイッチを操作する。
- ②状況に応じてジャックに付属のケーブルのどちらかを接続する。
- ③USB 端子に電子機器を接続する。

【本体各スイッチの操作早見表】

以下の表のとおり電子回路部分のスイッチ類を操作をする。

使用 用途	主電源	計器類電源	バッテリー状 態選択	入力先選択
----------	-----	-------	---------------	-------

発電 to USB	ON	ON	To USB	From DC
発電 to 充電	ON	ON	To charging	From DC
コンセント・シ ガーソケット to USB	ON	ON	To USB	From DC
コンセント・シ ガーソケット to 充電	ON	ON	To charging	From DC

発電 to 充電	ON	ON	To charging	From DC
バッテリー to USB	ON	ON	To USB	From BATTERY

第七章

まとめ

私が、この作品を作成し一番大変だったことは、水力をいかに効率よく電気に変換するかであった。様々な様式で発電を試みたことで、水車の特性や、計算方法などを学べた。シャフトの抵抗を減らしたりトルクを大きくしたりする工夫を凝らした。この工夫を凝らした過程はとて

も難しく大変であった。例年とはちがう短い製作期間での作成は困難で、一時は製作自体を断念しかけたが、こうして作品を完成させることができよかった。むしろ、昨年度や一昨年度の作品を大幅に超える仕上がりだと自負している。このものづくりの力と創意工夫を様々な生活場面で生かし、活用したい。



簡易水力発電機制作記

全 34 ページ

製作 2020 年 8 月・9 月

発行 第一版 2020 年 9 月

第二版 2020 年 10 月

企画・制作・著作 柴崎湧人

作図・撮影 柴崎湧人

協力 柴崎嘉郎