

エチオピア農村部におけるマイクロ水力発電の開発

2015sc083 志村拓海

指導教員：藤井勝之

1 はじめに

20 世紀、電力は世界中に普及し、多くの人々が利用できるようになった。一方で、サハラ以南アフリカの農村部では、政治・経済・地理的状况などによって電化率は圧倒的に低く押しとどめられている。こうしたなかで、本研究はエチオピア農村部を対象として、現地の人々が自作、修理可能な雨水を利用したマイクロ水力発電の開発に取り組む。そこでは、現地の環境、気候、生活実態に適した水車と電子回路の設計を行う。また、現地の人々が水車の構造や仕組み、発電に関する知識を習得し、自らでマイクロ水力発電機を管理できるよう、教材を作成する。そこから、現地の人々の生活と連動、循環する知と技術の構築を目指す。

2 技術課題

電力の普及が世界中で進んでいく中、サハラ以南の農村部においては、不衛生や低い識字率、資本の不足、貧困が起きていた。また、同様に電化率もその影響を受けていた。表 1 はエチオピア近隣国の未電化率 [1] となる。JICA によれば、電力供給がない人口の割合がエチオピアでは 70% とエチオピア近隣諸国に比べて高く、さらにはサハラ以南アフリカが世界各国の未電化率の半分以上を占めている。それを図 1 で示している。また今回の研究対象であるエチオピアの農村部では電化率が 19% [2] と、都市部の電化率 71% に対して低くなっている。その解決の為の課題として、エチオピア農村部を対象として、エチオピアの雨季を利用とした雨水を使う水力発電を進めていく。

表 1 エチオピア近隣国の未電化率 [1]

国	未電化率	国	未電化率
エチオピア	70%	ジブチ	1% 以下
スーダン	24%	エリトリア	4%
南スーダン	11%	エジプト	1% 以下
ウガンダ	31%	タンザニア	36%
ケニア	35%	セーシェル	1% 以下
ソマリア	9%	ルワンダ	10%

3 先行研究

研究を行うに当たって、水車の特性を調べる為に、日本における水力発電の水車の作製を始めた。ここで、[3] を先行研究として参考にした。先行研究では木製や金属製の水車を扱っていたが、木製水車を参考に作製した。直径 30cm 木製水車には規格 6V2.4W 倍部抵抗 15Ω の (DH-2N40-J) というハブダイナモを組み込み、発電機とした。作成した水車が図 2 となる。この水車を入力電源と想定し、先行研

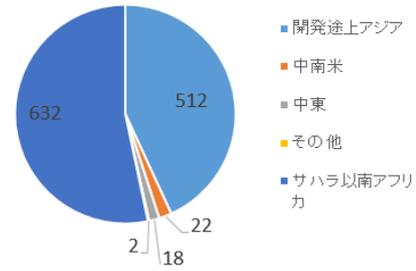


図 1 世界の未電化率の人口 (百万人) [1]

究において実験されていた全波整流回路に入力し、充電の実験とシミュレーションを行う。回路図は図 3 となる。

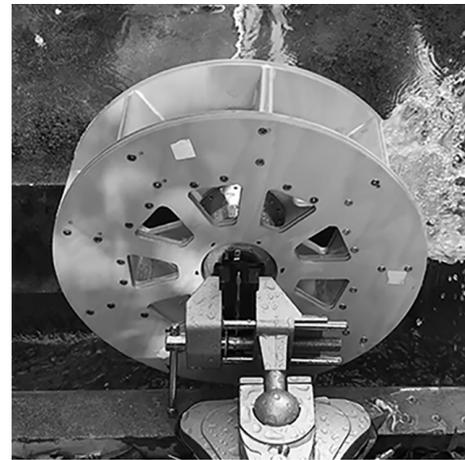


図 2 作製した水車

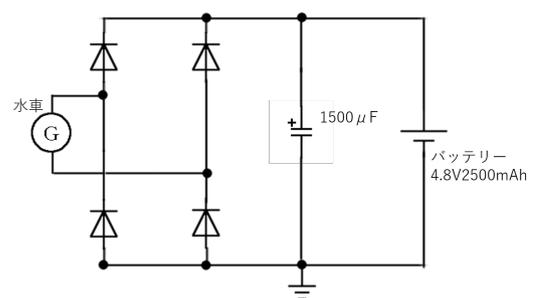


図 3 全波整流回路

4 実験目的

水車に組み込まれるハブダイナモを回転させるとファラデーの法則により、交流電圧が発生する。発生させた交流電圧を電子回路に入力し、整流を行う。整流した直流電流をバッテリーへと充電する。これらより、エチオピアの気

温や湿度，気候に合った材質の選択を行った水車の作製，ハブダイナモによって発生した交流電圧を必要に応じて昇圧，直流電圧に整流するための昇圧整流回路の設計，ハブダイナモと電子回路にて発生した直流電流を，日常に使うための電気を貯めるバッテリーの選定，以上の3つが必要となってくる．今回は電子回路は先行研究の通りとし，水車を個人で作られるかの確認，精度の違いを先行研究と差を確かめるために水車自体も先行研究と同じものにした．

5 シミュレーション

LTspice XVII で，先行研究で図3の全波整流回路のシミュレーションを行い，そのシミュレーション結果を元に実験を進めた．電子回路は，ハブダイナモで発生した交流電力を，直流電力に整流し，バッテリーへと充電することが目的である．実験はファンクションジェネレータを入力電源とした実験及び水車を入力電源とした実験を行った．ファンクションジェネレータの実験は実効値 6V，周波数 10Hz の正弦波を発生させて行った．入力電源はハブダイナモの規格と，水車の回転数を一分間に 300 回転するものと想定して設定した．この全波整流回路のシミュレーション結果は図4となった．正弦波が直線のように整流されているためこの全波整流回路は妥当だといえる．よってこの全波整流回路を元に実験を進めていく．

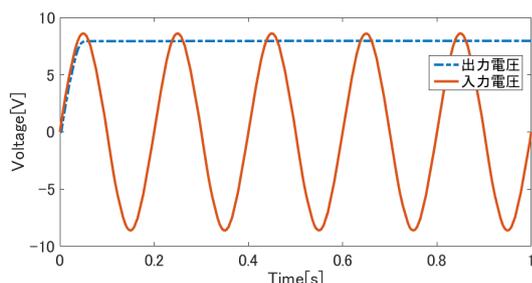


図4 全波整流回路のシミュレーション結果

6 実験

水車に組み込んだハブダイナモと実際に作製した全波整流回路，またバッテリー Panasonic eneloop pro BK-3HCD 1.2V2500mAh と接続し，実際に水車を水流によって稼働させ，電子回路における波形や整流の効率を示すリップル率を計測した．実験の際は，約 2m の落差をつけて水車へと放水を行い，水車を回転させた．実験はいくつか行ったが，その中の例の一つの実験結果をここに記載する．電子回路における入力波形と出力波形を図5と図6に示す．なお，図5，図6は横軸が時間 [s]，縦軸が電圧 [V] となっている．

7 考察

シミュレーション結果と実験結果のリップル率をそれぞれ比較する．リップル率は次の計算式によって算出される．なお， M はリップル率， V_r は脈流の交流分， V_d は脈流の直流

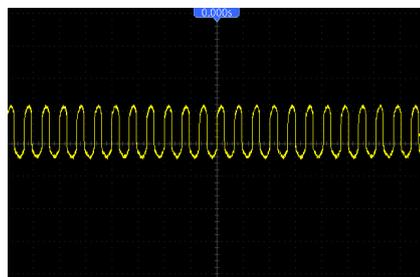


図5 実験結果：入力波形

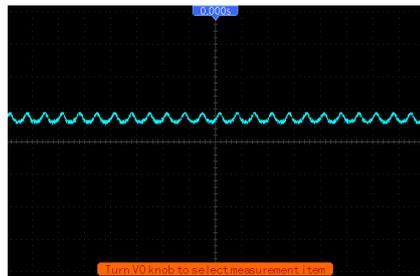


図6 実験結果：出力波形

分とする．

$$M = V_r / \sqrt{2} / V_d \quad (1)$$

シミュレーションのリップル率は約 0.14%，図5と図6のリップル率とバッテリーへ流れる充電電流は，それぞれリップル率が 20.8%，充電電流は 160mA となった．また，実験結果はこれにより 1.2V2500mAh のバッテリーを 1 本充電しきる為には，約 15 時間必要ということになる．シミュレーション結果の方が優秀ではあるが，これらの結果をもとに，実験結果をシミュレーションに近づけていく．

謝辞

本研究を行うに当たり，終始適切な御助言を賜り，現地調査を行って下さった本学国際教養学部の吉田早悠里准教授に謝意を表します．

参考文献

- [1] 上石博人，“JICA によるアフリカ電力開発支援”，独立行政法人国際協力機構（JICA）産業開発・公共政策部，http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/global_energy/pdf/003_04_00.pdf，2019年1月7日
- [2] 独立行政法人国際協力機構（JICA），“途上国における ECD の現状と課題：サハラ以南アフリカを中心に”，https://www.jica.go.jp/jica-ri/IFIC_and_JBICI-Studies/jica-ri/publication/archives/jica/kyakuin/pdf/200408_02_03.pdf，2019年1月7日
- [3] 中村昌広，“自分で作るハブダイナモ水力発電”，株式会社総合科学出版，東京，2012.