

低炭素社会の実現に向けたナノ水力発電機による地域活性化の取り組み*

笠井 利浩^{*1}, 谷内 眞之助^{*2}, 藤田 輝雄^{*3}, 小林 拓矢^{*4}

An Approach for Realization of Low Carbon Society and Revitalization of Mountainous Area by Nano Hydroelectric Generator

Toshihiro KASAI^{*1}, Shinnosuke TANIUCHI^{*2}, Teruo FUJITA^{*3} and Takuya KOBAYASHI^{*4}

^{*1} Department of Management and Information Sciences

A demonstration experiment of pico size hydroelectric power generation was performed in Kamiajimi area, Fukui-city from 2012. In this report, the installation activity of nano size hydroelectric power generation illumination that we did in 2014 will be presented. A nano size hydroelectric generator using a bicycle wheel with a hub dynamo and the LED illumination unit using power LED elements was developed. A workshop to make nano size hydroelectric generators was held with residents of Kamiajimi area. Two sets of nano size hydroelectric power generation illumination were installed respectively in 6 villages in Kamiajimi area. A lamp of 5 linked nano size hydroelectric generation illumination which becomes the symbol of this project was installed in a village, which is used as a gate lamp of the assembly hall. A forum was held to think about energy problems in a mountainous area.

Key Words : Low Carbon Society, Area Activation, Mountainous Area, Hydroelectric Generator

1. はじめに

現在、各地で小水力発電機による自然エネルギー利用が行われ、実践事例が増えている⁽¹⁻⁸⁾。この小水力発電には厳密な定義は無く、一般的には Table 1 のように区分され、さらに 1kW 未満のきわめて小規模なものは「ピコ水力発電」と呼ばれている。本報で取り上げる水力発電は、自転車のハブダイナモを使ったものであり、1 基あたり約 2~3W 程度の出力しか得られない⁽⁶⁾。従って、ピコ水力発電よりもさらに小さな水力発電と位置づけ、「ナノ水力発電」と呼んでいる。雨に恵まれ、急峻な山間地域が多い日本国内の山間部には、小水力発電に適した場所が数多くある。環境省が実施した「再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査⁽³⁾」では、日本国内の河川部における水力発電賦存量は 1654 万 kW であり、その最も小さな発電容量区分 (100kW 未満) の設備容量は 37 万 kW となっている。現在、最大規模の火力発電所には 1 基当たり 100 万 kW 級のものがある、これと比較すると水力発電の発電ポテンシャルは高いとは言えないが、地球温暖化やそれに伴う気候変動による影響を考えるとその利用価値は大きい。

福井県では、平成 24 年度に中山間ピコ水力発電活用実証事業委託を行っており、福井工業大学谷内研究室では、その一環として福井市上味見地区で市販の小水力発電機を用いた活動を行ってきた。本報は、その後の活動として谷内研究室内の活動に同大学の藤田研究室および笠井研究室が参加し、自転車のハブダイナモ付き車輪を利用したナノ水力発電照明を用いた活動報告である。この活動を通じて、中山間地域における過疎化の問題と現在深刻化している地球温暖化問題について考え、今後の地域社会の在り方について考えるものである。

* 原稿受付 2015 年 2 月 27 日

^{*1} 経営情報学科

^{*2} デザイン学科

^{*3} 電気電子情報工学科

^{*4} 経営情報学科 4 年

E-mail: kasai@fukui-ut.ac.jp

Table 1 Output of power generation division of hydroelectric power generation.

Scale division	Output of power generation (kW)
Large hydropower	100000～
Medium hydropower	10000～100000
Small hydropower	1000～10000
Mini hydropower	100～1000
Micro hydropower	～100

2. ナノ水力発電照明

本報で報告するナノ水力発電機は、全ての素材を身の回りの物から調達し、安価かつ簡単に誰でもが製作できるものとした⁽⁶⁾。以下に、各構成装置の詳細および装置設計上のコンセプトを示す。

2.1 ナノ水力発電機

ナノ水力発電機の基本設計図を、Fig. 1 に示す。水車の直径と羽根の枚数については、使用する自転車車輪の径によって変化する。Fig. 1 に示す左側の水車の場合、20 インチ径の車輪を用いているため、中心から羽根端までの半径は 305mm となっている。羽根の枚数については、スポーク取り付け位置と等間隔配置の条件から、20 インチの場合には7枚、27 インチの場合には9枚とした。羽根は、UV125 塩ビパイプを長さ 120mm に切断した物を縦方向に3等分して製作した。羽根が車輪に接する部分にはリム幅の切り込みを入れ、左右方向の振れ防止とした。リム部分への羽根の固定は、厚さ 3mm、幅 25mm のアルミ板を曲げて製作した取り付け金具を介してネジ止めて行った。

ハブダイナモは、近年自転車前輪用の発電機として多くの自転車に使われている。従来のリムダイナモと比較して動力伝達ロスが少なく、比較的低回転で 6V、2.4W の交流出力が得られるという特徴を持ち、風力や水力等の自然エネルギーを利用した発電機用の部材としても広く用いられている⁽⁶⁾。今回の活動には、廃棄自転車から取り外して得たものと新たに購入したものがあり、特に廃棄自転車から取り外したものは製作費削減やリサイクルの観点から貴重な素材となっている。

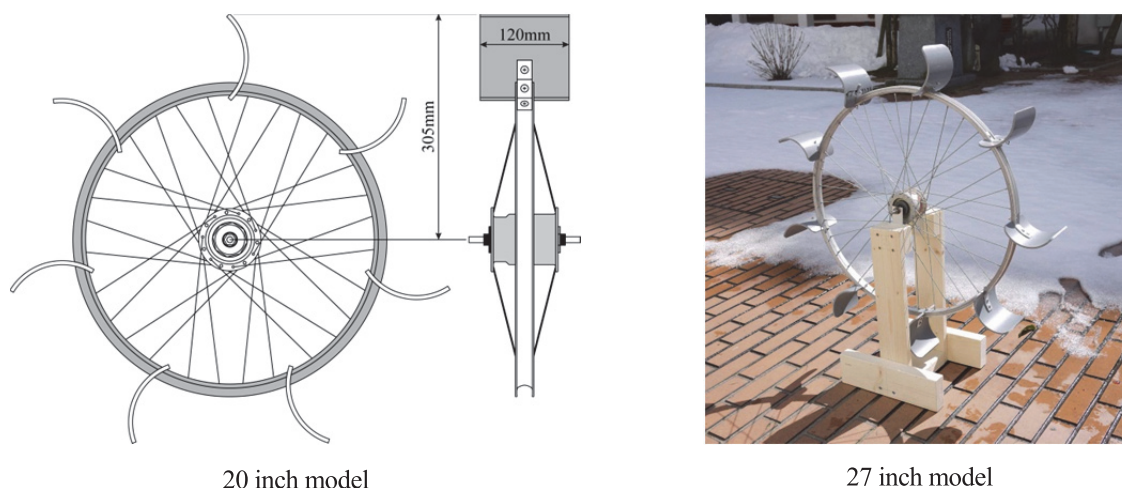


Fig. 1 Nano size hydroelectric generators.

今回製作したナノ水力発電機には2種類あり、基本的なナノ水力発電機はFig. 1に示す水車1基を用いたものである。この他にも本活動の象徴的なナノ水力発電機として、20 インチ水車を5基連結した5連ナノ水力発電機も製作した。5連ナノ水力発電機的设计図を、Fig. 2に示す。5連ナノ水力発電機は、前述の20 インチ ナノ水力

発電機を横方向に 5 基連結したものであり、枠組みはイレクターパイプと関連のジョイント部品(矢崎化工(株))と呼ばれる DIY 用素材で製作し、土台部分は防水加工した木材を用いて製作した。この水車は、水路から約 2m 落下する水の流れを利用して発電するようにして設計されたものである。取水導水管 (VU100 塩ビ管) を通じて得られる発電用水は、約 2m の圧力管で均一に水車の羽根に噴射され、安定的かつ勢いよく水車を回転させるよう設計した。この 5 連ナノ水力発電機の場合、各発電機の定格出力 $2.4\text{W} \times 5$ 基の計 12W 程度の発電出力が得られる。設置は、予め作成した 5 連水車ユニット (Fig. 2 右) と 5 本の圧力管ユニット (Fig. 2 左) を設置場所に配置後、現場で各配管等の長さを調整しながら最適となるよう微調整をしながら設置した (Fig. 3)。

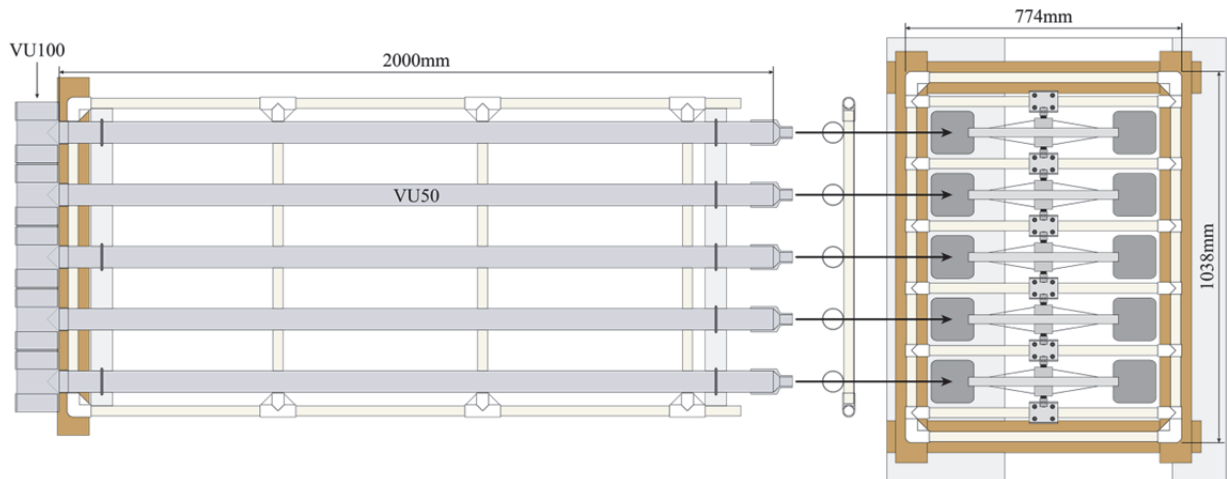


Fig. 2 Design drawing of the 5 linked nano size hydroelectric generator.



Fig. 3 Photos of 5 linked nano size hydroelectric generator installation.

2.2 LED 照明および点灯回路

ナノ水力発電照明の回路図を、Fig. 4 に示す。この回路の特徴は、1 基当たり 2.4W という限られた電力を可能な限り明かりに変える点にある。一般的に LED の点灯回路には、電流制限抵抗やトランジスタを用いた定電流回路が用いられる。今回用いた回路には電流を制限する機能はなく、ハブダイナモから得られた交流を全波整流回路で整流後、平滑用の電解コンデンサを経て直接、複数個の 1W パワーLED を駆動している。即ち、ハブダイナモから得られる電力全てを使っても LED の破壊に至らない個数の LED で照明ユニットを構成するという考え方である。各 LED 照明ユニットで用いる LED の個数は、実験的に個数を増減させて最小の LED 個数で最も明るく点灯する個数とした。

照明ユニットの外観を、Fig. 5 に示す。構造的には、ナノ水力発電機用と 5 連ナノ水力発電機用共に同じであり、LED 放熱板を兼ねたアルミ L アングル上に配置した LED から発した光は、半円筒状の反射板で反射されて拡散して周囲を照らすようになっている。

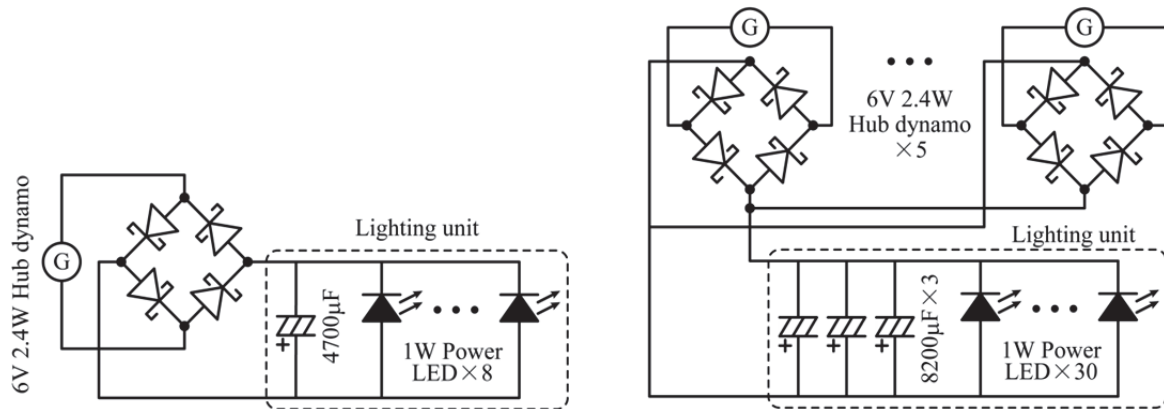


Fig. 4 Circuit diagrams of nano hydroelectric generator illumination.

(Left: For single nano size hydroelectric generator, Right: For 5 linked nano size hydroelectric generator)

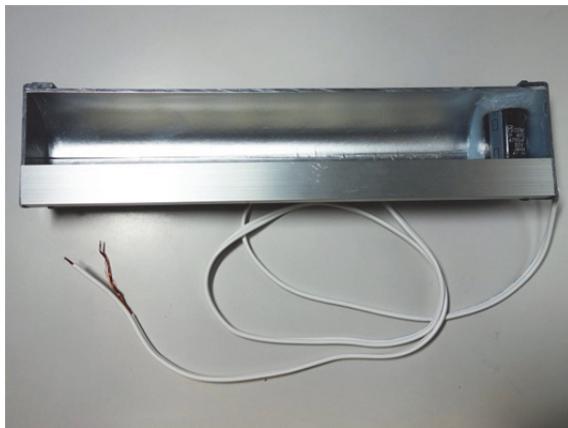


Fig. 5 Photos of the LED illumination unit for nano hydroelectric generator.

(Left: For single nano size hydroelectric generator, Right: For 5 linked nano size hydroelectric generator)

3. 福井市上味見地区における活動

3.1 ナノ水力発電機製作ワークショップ

2014年7月21日に福井市上味見地区の鉄工所内で、上味見地区の住民と共にナノ水力発電機の製作ワークショップを開催した (Fig. 6)。ワークショップには、地区住民約10名の他、大学生等の合計で約17名が参加し、中には小学生児童も数名参加していた。製作に必要な資材は素材状態で提供し、参加者と共に加工・組み立てを行って計10台のナノ水力発電機を製作した。製作時に必要な素材は、廃棄自転車のハブダイナモ付前輪、VU125塩ビパイプ、羽根取り付け金具 (事前加工済)、ネジ類、台座用パイプ等である。主な素材である廃棄自転車のハブダイナモ付車輪は、毎年春に大学構内の自転車置き場から廃棄される自転車から得たもので、警察による防犯登録の解除等の法的な処置を行った後に取り外したものである。

ナノ水力発電機の製作は、塩ビパイプからの羽根の切り出しと切断部の研磨、取り付けネジ穴開けと組み立て等を参加者が各々分担して行った。ワークショップは1日で終了し、製作したナノ水力発電機については、参加した住民によって上味見地区の集落内に設置された。



Fig. 6 Photos of the nano hydroelectric generator making workshop with local residents.

3.2 おもっしえ さんそんライトプロジェクト

“おもっしえ さんそんライトプロジェクト”は、環境省 平成26年度 地域における草の根活動支援事業「伊自良の里における低炭素社会の実現に向けてのフォーラムの開催とピコ水力発電機製作・設置ワークショップの実施」の助成を受けて実施されたものである。このプロジェクト名は、2014年11月24日にこのプロジェクトの趣旨や内容を参加者全員で共通理解するために開催された事前ワークショップの際に決定された。事前ワークショップでは、東京農工大学 福井隆客員教授をコーディネータに迎え、地域住民と共に上味見地区の現状における問題点と今後の展望について話し合った後、ポストイットを利用したブレインストーミング形式で以下のように内容をまとめると共に（Fig. 7）、今回のプロジェクト名が決められた。

【現状・問題点】

- ① 交通が不便
- ② 働く場所が無い
- ③ 若者が少なく高齢者ばかり
- ④ 耕作放棄地や荒れた山林の拡大
- ⑤ 猪・鹿による被害の拡大 他

【改善策・今後の目標】

- ① 人の心を明るく照らす灯が必要
⇒ ナノ水力発電機の製作・設置
- ② 地域の資源を生かしたストーリーづくり
- ③ 使える電力づくり
- ④ みんながハッピーになる仕組みづくり
- ⑤ 若者に魅力ある山村ライフ（SANSON LIFE）
モデルの提案



Fig. 7 Photos of the preliminary workshop.

事前ワークショップでの話し合いの結果、上味見地区の6集落（西市布、小当見、中手、南野津又、神当部、河内）に各々2基のナノ水力発電照明、計12基を設置する事となった（Fig. 8）。また、今回のプロジ

エクトの象徴的な小水力発電照明として、特に水に恵まれた神当部地区には前述の5連ナノ水力発電照明を設置した（Fig. 1, Fig. 5 Right）。各集落に設置した2基のナノ水力発電照明については、集落によって水路の状態や明かりが必要な場所が異なる。従って今回は、予め福井工業大学のメンバーで製作したナノ水力発電機とLED照明ユニットを、設置場所と設置方法を協議しながら設置活動を行った（Fig. 9）。

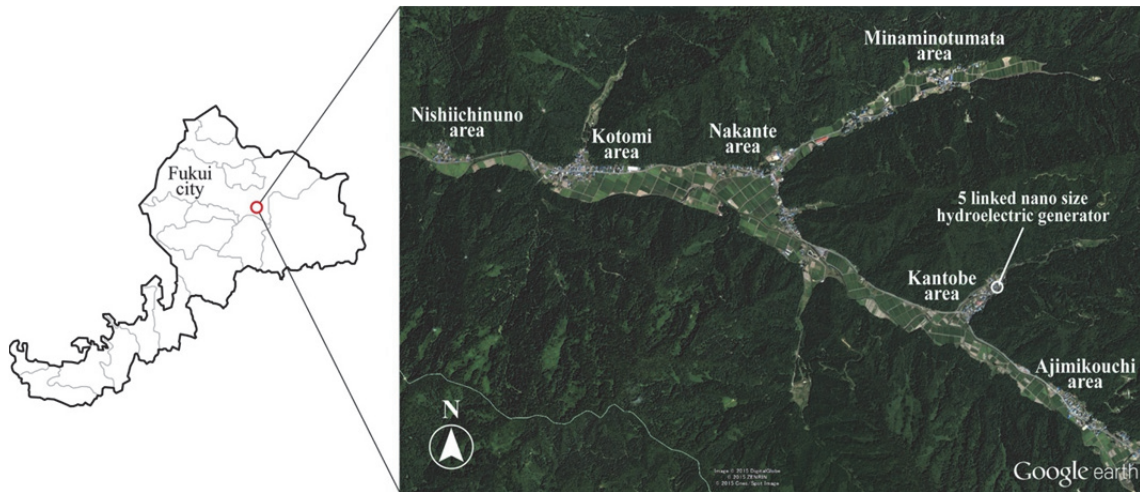


Fig. 8 Area map of the Kamiajimi, Fukui city area.



Fig. 9 Installation examples of the nano hydroelectric generator illumination.

3.3 さんそん・エネルギーフォーラム

このフォーラムは、前述のおもっしえ さんそんライトプロジェクトの締めくくりとして、2015年2月11日に福井市中手町の上味見住民センターで開催されたものである（Fig. 10）。フォーラムには、地区内外から約90名の参加者があった。一般社団法人鎮守の森コミュニティ推進協議会 宮下佳廣氏による基調講演の後、下記のような内容について報告や紹介が行われた。各講演や報告に対して、参加者との間で数多くの質疑が交わされ、今後の中山間地域における低炭素化社会の実現に向けた取り組みの方向性が示された。

- ① 基調講演：自然エネルギーから見る農山村の宝と希望
一般社団法人 鎮守の森コミュニティ推進協議会 宮下佳廣
- ② 活動報告：おもっしえ さんそんライトプロジェクト，福井工業大学 笠井利浩
- ③ 事例紹介：木質エネルギー推進のカギ「自伐型林業」，NP0 法人土佐の森・救援隊 中嶋健造
木質バイオマスボイラーの活用，土田和希人
小水力を活用した地域づくり，傘木宏夫
- ④ パネルディスカッション



Fig. 10 Photos of the SANSON energy forum.

4. まとめ

福井工業大学では、平成 24 年度から福井市上味見地区の住民の方々と共に、小水力発電を用いた地域活性化の取り組みを行ってきた。その繋がりから、平成 26 年度はハブダイナモ付きの自転車車輪を使ったナノ水力発電照明の設置活動を展開し、最終的にはフォーラムの開催にまで至った。一連の活動の中で、地域住民との強い繋がりが得られたと共に今後の上味見地区の展望が見えてきた。この成果は、上味見地区だけに役立つものではなく、日本国内に数多く存在する過疎化に苦しむ中山間地域全体に参考となるものである。

今後は、現在設置活動を展開しているナノ水力発電照明の設置数を増やすと共に、より大きな出力をもつ水力発電機の開発に学部・学科を超えて取り組む予定である。これらの活動が、地域の活性化に繋がると共に、エネルギーの地産地消や防災、最終的には地球温暖化防止に少しでも寄与することを願う。

謝 辞

本活動に際して、伊自良の里振興協会、NPO 法人自然体験共学センターならびに多くの上味見地区の方々のご協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

文 献

- (1) 谷本和明, “小規模再生可能エネルギーの現状と可能性”, 新潟国際情報大学情報文化学部紀要, Vol.17 (2014), pp.99-110.
- (2) 産業技術総合開発機構, マイクロ水力発電導入ガイドブック (2003), pp.99-110.
- (3) 株式会社エネックス都市研究所, アジア航測株式会社, パシフィックコンサルタンツ株式会社, 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社, 環境省平成 22 年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書 (2011), p.156.
- (4) 環境省, “小水力発電情報サイト”, <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/shg/page01.html> (参照日 2015 年 2 月 15 日).
- (5) 全国小水力利用推進協議会, “小水力発電の導入事例”, <http://j-water.org/result/index.html> (参照日 2015 年 2 月 15 日).
- (6) 中村昌広, 自分で作るハブダイナモ水力発電 (2012), 141p., 総合科学出版.
- (7) 松本悠, 川村康文, “小水力発電実験機の開発”, 物理教育学会年会物理教育研究大会予稿集, Vol.31 (2014), pp.97-98.
- (8) 宮川敬, 竹本泰敏, 藤田克志, 吉田雅穂, 丸山晃生, 田安正茂, “福井工業高等専門学校におけるもの創り教育活動: 小水力発電アイデアコンテストへの参加報告”, 工学教育研究講演会講演論文集, Vol.61 (2013), pp.416-417.

(平成 27 年 3 月 31 日受理)