

水栓設備によるエネルギーハーベスティング技術に関する研究（第3報）

西嶋 隆、田中 泰斗

Energy-harvesting technology for water supply products (III)

Takashi Nishijima and Taito Tanaka

当県における平成 26 年の給排水用バルブ・コックの出荷額は全国 1 位の 37.4%を占めており、水栓バルブ製造業は当県を代表する地場産業の一つとなっている。本研究では当該製造業の発展に資することを目的とし、エネルギーハーベスティング（以下 EH）技術を用いた水栓設備を提案する。また、EH 技術の有望な応用として無線センサネットワークへの適用例を示す。具体的に本年度は、混合栓内にペルチェ素子を設け、温水の熱と空冷フィンによる放熱により発電した電力で動作する「熱水吐出警告機能を有する混合栓」を提案する。また、温度や漏水のモニタリングを行う無線センサネットワークへの応用を示す。

1. はじめに

当県における平成 26 年の給排水用バルブ・コックの出荷額は全国 1 位の 37.4%を占めており、県内の水栓バルブ業界は当県を代表する産業の一つとなっている。

本研究では、当該製造業の発展を目的とし、EH 技術の水栓製品へ適用した製品の提案を行う。

昨年度は、混合栓に流れる温水と常温水の温度差からペルチェ素子（以下 TEG）により熱電発電を行い、得た電力から水温表示や LED 点滅で熱水吐出警告を行う「熱水吐出警告機能付き混合栓」の回路を試作した。

本年度は、実際の混合栓に回路を組み込む際に、TEG の冷却を空冷方式に変更し、装置が稼働可能な使用環境について実験的に調べた。また EH 技術の応用として、遠隔の温度や漏水をモニタリングする無線センサネットワークについて提案する。

2. 熱水吐出警告機能付き混合栓

2.1 概要

図 1 に本機能の動作模式図を示す。吐出する水温を温度センサで感知し、LED 点滅による熱水吐出の注意喚起を行うとともに液晶モジュールによる水温表示を行う。

昨年度は、TEG の冷却方法として循環する常温水を用いた²⁾。しかし実際の混合栓では、お湯のみを出し続けた場合に冷却側の水流が止まることで、TEG の温度勾配がさがり、起電力が十分に得られなくなる。そのため本年度は、冷却方法を空冷フィンに変更するとともに、駆動回路を改修した。

加熱側の温水ヒータ部品及び冷却側の空冷フィンにはそれぞれ、HS-C100（カワソーテクセル（株）製）、及び LPD100-40B（（株）アルファ製）を用いた。図 2 に使用した混合栓の全体写真と TEG に温水側のヒータと放熱フィンを取り付けた様子の写真を示す。

2.2 回路構成

図 3 に回路の構成図と各構成部品の型式を示す。TEG

は市販の TEC1-12706 を 2 個直列にして用いた。

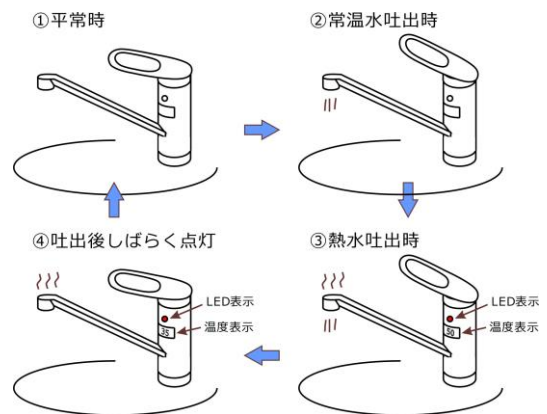


図 1 熱水吐出警告機能の動作模式図

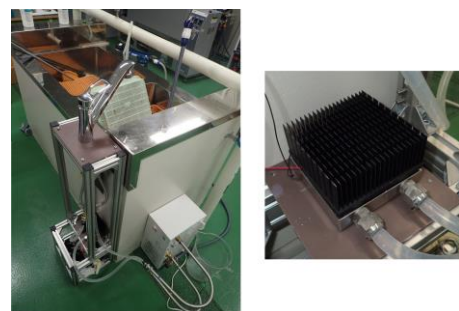


図 2 混合栓の全体写真とヒータと放熱フィン

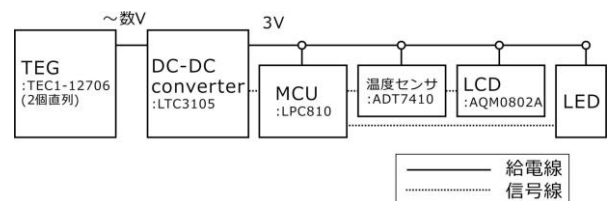


図 3 回路の構成図

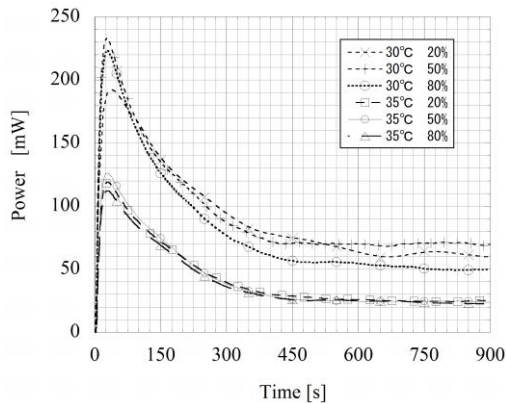


図4 温水循環の経過時間と TEG の起電力の関係

DC-DC コンバータを含んだ回路の動作時の消費電力をパワーアナライザ WT-500 (YOKOGAWA 製) で測定し、約 9mW の結果を得た。

2. 3 環境の温湿度と起電力の関係

環境の温湿度と起電力の関係を調べた。実験は恒温恒湿室 (TBE-8H20W6PACK エスペック製) で行った。気温は温度差発電の条件が厳しい夏期を想定し 30°C 及び 35°C とした。湿度は 20%、50%、80% とした。

TEG の加熱側は一般的な混合栓の湯温 (60°C) の温水を循環させ、冷却側は空冷とした。図 4 に温水循環開始からの経過時間と TEG の起電力の関係を示す。

同図から温水の循環を開始すると TEG の起電力が過渡的に上昇下降し、時間経過とともに定常状態となる。

結果から、起電力は湿度の影響は少なく、周辺温度に大きく依存する。周辺気温 35°C の場合においても、定常時に 20mW 以上の電力が得られ、熱水吐出警告装置の動作に十分な電力が得られることを確認した。

3. 無線センサネットワークへの応用

EH 技術の応用としては分散配置した各種センサの電源としての利用が有望である。ここでは市販の無線センサ端末を利用し、遠隔の温度や漏水を検出するシステムへの応用例を示す。

3. 1 無線端末

分散配置する無線端末は無線マイコンモジュール TWELITE DIP (モノワイヤレス製) を用いた。当該製品の標準アプリを用いることで、PC 等 (親機) から無線端末 (子機) のデジタル入出力、アナログ入力、PWM 出力、I2C 通信が利用できる。

本例ではアナログ入力と I2C 通信を用いて無線センサ端末の温度と漏水を検出する。温度検出には前節と同様の温度センサ IC (ADT7410) を用い、漏水センサは IC 変換基板電極を用いた簡易なセンサを製作し用いた。本無線センサ端末の消費電力は、DC-DC コンバータ自身の消費電力も含め、無線通信時に約 80mW であった。

3. 2 漏水センサ

漏水センサとしては、市販の IC 変換基板による簡易

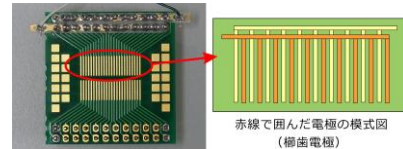


図5 櫛歯電極の写真と模式図



図6 センサ無線端末とデータをモニタする組み込み Linux

センサを利用した。基板電極を 2 極の櫛歯電極となるように配線し、櫛歯電極表面の水分変化によるインピーダンスの変化から水を検出する。櫛歯電極の写真と模式図を図 5 に示す。本センサは乾燥時には $M\Omega$ オーダのハイインピーダンスとなり、水分により数十 $k\Omega$ まで低下する。

電源電圧を本センサで分圧し、アナログ信号として無線端末に入力する。本センサの実用は耐久性の面で困難であるが、センサ選定の際には本センサのように消費電力の少ないものを選定する必要がある。

3. 3 無線センサの状態表示アプリケーション

複数の無線端末 (子機) の検出とセンサデータの表示を行う、親機用のアプリケーションを試作した。作成には Python を用い、Windows や Linux で動作する。図 6 に試作したセンサ無線端末 (子機) 及びセンサデータを収集表示する組み込み Linux (親機) を示す。このようなシステムと EH 技術を用いることで、各種設備の温度や漏水検出等を容易に実現することが可能と考えられる。

4. まとめ

EH 技術を用いた水栓バルブ製品として、熱水吐出警告機能を有する混合栓を提案し、温水と空冷フィンの温度差を利用した TEG 電力源を用い機能することを確認した。また、EH 技術の有望な用途として無線センサネットワークへの応用例を示し、水栓設備の温度や漏水検出に用いることができることを示した。

本研究では EH 技術の水栓設備への適用を扱ったが、今後の発電デバイスや電子デバイスの性能向上に伴い、センサネットワークの端末電源への応用に期待できる。

【参考文献】

- 1) 平成 26 年工業統計表「品目編」データ, 経済産業省
- 2) 西嶋ら, 岐阜県工業技術研究所研究報告, No.4, pp11-14, 2016