

技 術 論 文

円筒形色素増感太陽電池を電源とした オフグリッドセンサーの開発

Development of Wireless Sensor with Cylindrical Type Dye Sensitized PV Cells



技術開発センター
第三開発室
リーダー 野村 大志郎
Daishiro Nomura

技術開発センター
第三開発室
課長 阪本 和彦
Kazuhiko Sakamoto

技術開発センター
副センター長
博士(工学) 姜 孝京
Hyo-Gyoung Kang

技術開発センター
センター長
博士(工学) 永吉 英昭
Hideaki Nagayoshi

要 旨

円筒形太陽電池は軽量かつ強風や積雪に強い利点を持っている。更に、垂直の設置が可能であり朝方から夕方まで長時間発電出来るといった特長を有する。

本研究では、ガラス管内にフレキシブルタイプの色素増感太陽電池シートを封入することで円筒形太陽電池を作製した。作製した円筒形太陽電池は高い封止性能を有しており、屋外環境下で利用出来ることを実証した。

更に円筒形太陽電池を照度、温度、及び湿度が計測可能なオフグリッドセンサー用電源として用いた。円筒形太陽電池は特に悪天候下で高い効果が得られることを実証した。

Synopsis:

Cylindrical type photovoltaic(PV) cells are lightweight and have the advantage of being strong against gale or snow coverage. Furthermore, it has the feature that it can be installed vertically and can generate power for a long time from morning to evening. In this study, the cylindrical PV cells were prepared by enclosing a flexible Dye-Sensitized-Solar-Cell-Sheet in a glass tube. The fabricated cylindrical PV cells have a high sealing performance and were proved to be usable in an outdoor environment. Also, the cylindrical type PV cells were used as a power source for an off-grid sensor capable of measuring luminance, temperature, and humidity. The developed cylindrical type PV cells proved to be highly effective especially in bad weather.

1. はじめに

円筒形太陽電池(Fig.1)は軽量であることから設置工事が容易であり、更にその形状から、強風に強く、雪が積もりにくい利点がある。また、360°方向から集光が出来るため、朝方から夕方まで長時間の発電が可能といった特長を有する。Fig.2 は平板形状と円筒形状の太陽電池の受光量の比較である。NEDO(国立研究開発法人新エネルギー産業技術総合開発機構)の日射

量データベースリを用いて試算した。円筒形太陽電池を垂直設置した場合、一日あたりの投影面積あたりの受光量は平板太陽電池の1.5倍以上である。また、受光量の最大値が10時のあたりと16時のあたりにピークがシフトしていることが分かる。これらのユニークな特長から円筒形太陽電池は平板太陽電池とは異なる用途での利用が期待出来る。

我々は、ガラス管内にバックコンタクト型のフレキ

シブルタイプの色素増感太陽電池シートを封入し、ガラス管端部を封止することで円筒形色素増感太陽電池を作製した。

作製した円筒形色素増感太陽電池はオフグリッドセンサー電源として評価した。蓄電デバイスと円筒形色素増感太陽電池を組み合わせることで、電池の交換を不要とするものである。円筒形オフグリッドセンサーのモデル図を Fig.3 に示す。従来のセンサーに比べて、配線レスにより設置場所の制限が少なく、長期間に渡り蓄電デバイスの交換が不要、垂直設置が可能であるため、設置面積が小さいといった特長を有している。



Fig.1 Overviews of cylindrical PVcells.

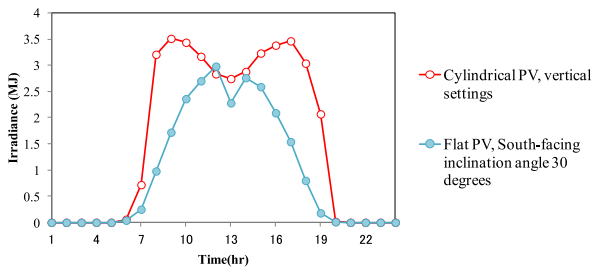


Fig.2 Comparison of light income in cylindrical PV and flat PV.



Fig.3 Photos showing model of cylindrical off-grid sensor system.

センサーにおいては、昼夜問わず連続的に温度・湿度・照度のモニタリングを行う場合が多く、太陽光照射時に発電した電力を蓄電して夜間および悪天候時に利用する必要がある。蓄電デバイスの代表例はニッケル水素電池、リチウムイオンバッテリーなどの蓄電池あるいは電気二重層コンデンサーなどが挙げられ、

作動電圧は 1.5~4V 程度である。円筒形色素増感太陽電池単セルの作動電圧は 0.5~0.6V 程度であるため、蓄電にあたって、昇圧回路が必要であるが、低電圧からの昇圧はエネルギーロスが大きいため、太陽電池セルを複数に直列接合した後、昇圧・蓄電することが一般的である。我々は、ガラス管内部で発電シートを直列接合することにより、作動電圧の高電圧化を実現し、円筒形色素増感太陽電池一本で機能するオフグリッドセンサー用電源の作製を試みた。

2. 円筒形色素増感太陽電池の作製と評価

2.1 円筒形色素増感太陽電池の構造

作製した円筒形色素増感太陽電池の構成を Fig.4 に示す。集電部が裏側に回ったバックコンタクト構造になっている。一般的なフレキシブル太陽電池シートは、発電シートの上下をバリアフィルム等の保護シートで覆う必要があるが、本構造では、ガラス管により、酸素・水分の完全遮断が実現出来る。高価な保護シートが不要であり、シートの円筒化が可能になる。ガラス管端部の封止は CKD 株式会社が製作した円筒形色素増感太陽電池用半自動封止装置(Fig.5)を用いて行った。ランプ等の封止技術を応用したものであり、封止工程を自動化することで、作業者の熟練を要することなく、安定した高品質のガラス管封止が実現可能になる。

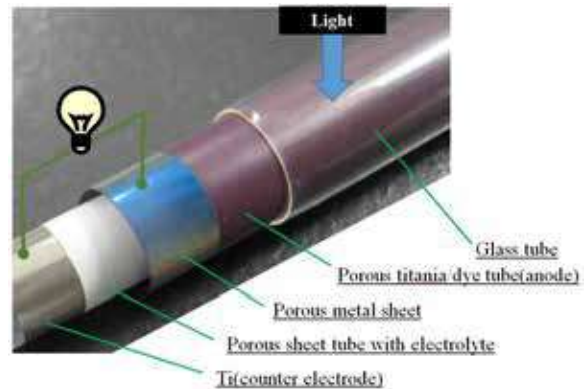


Fig.4 Schematic diagram showing structure of cylindrical dye-sensitized PV cells.



Fig.5 Photo showing semi-automatic glass sealing equipment. (Production : CKD Corporation)

2.2 溶射法で作製した円筒形色素増感太陽電池の特性

色素増感太陽電池に用いる二酸化チタン層の成膜には高速フレーム溶射法を用いた²⁾。利用した装置の構造を Fig.6 に示す。酸素と灯油の燃焼により生じた高流速フレーム中に二酸化チタンスラリーを投入して、基材である多孔質金属シートに吹き付けることで二酸化チタン膜を成膜した。印刷用二酸化チタンペーストに比べて、溶射用二酸化チタンスラリーは安価に製造出来ることや、緻密層・光吸収層・散乱層等が焼成レスで連続積層出来ることが特長である。

Fig. 7 に各種スラリーの粒度分布を変えた二酸化チタン積層膜を用いて溶射法で電極を作製した色素増感太陽電池の光電変換効率を示している。各層の粒度分布を最適化することで、スクリーンプリント法で成膜した二酸化チタン膜を用いたものと同等的変換効率が得られることを見出した。

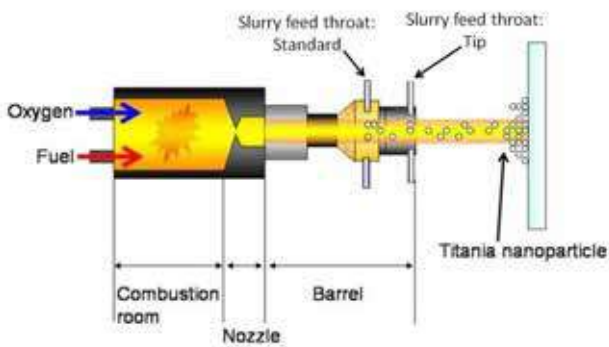


Fig.6 Schematic illustration showing structure of HVOF thermal spray gun.

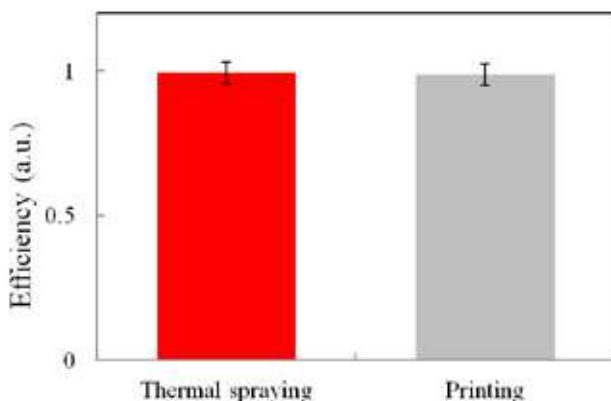


Fig.7 Comparison of efficiency in thermal spraying and printing.

作製した円筒形色素増感太陽電池の外観を Fig.8 に示す。長さ 200mm の円筒形色素増感太陽電池の重量は約 25g と単三乾電池一本程の重量であり、非常に軽量である。



Fig.8 Overviews of cylindrical dye sensitized solar cell.

2.3 円筒形色素増感太陽電池の屋外耐久性

ウシオ電機株式会社が製作した円筒形オフグリッドセンサーに、作製した円筒形色素増感太陽電池を搭載し、屋外環境下で太陽電池出力を計測することで、円筒形色素増感太陽電池の屋外耐久性を評価した (Fig.9)。評価は当社の若松響工場(北九州市若松区)で実施した。色素には Ru 系色素を、電解液の溶媒には、アセトニトリル溶媒を用いた。日射強度の変動が大きい屋外では、正確な評価が困難であったため、設置した円筒形太陽電池を定期的に屋内に持ち込み、ソーラーシミュレータを用いて光電変換率を測定した。測定結果を Fig.10 に示す。PV1 は 13,000 時間(約 540 日)経過後で初期性能の 97%、PV2 は初期性能の 94%を維持しており、10,000 時間(約 420 日)で初期性能の 90%以上維持することを実証した。低揮発性溶媒であるアセトニトリルを電解液に用いた色素増感太陽電池においても屋外で利用可能であることを実証した。

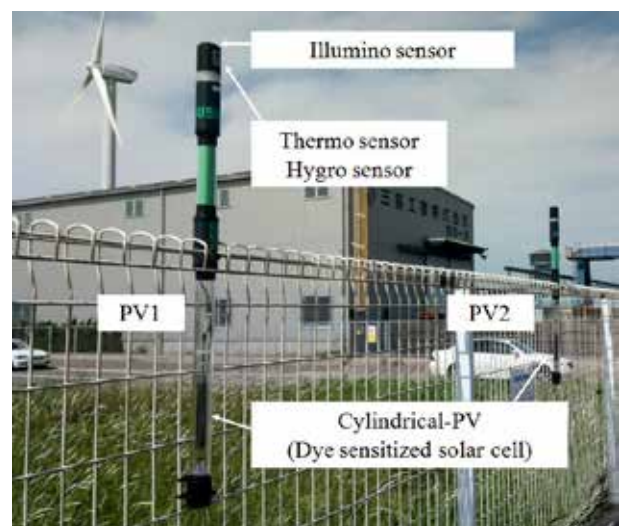


Fig.9 Overviews of outdoor exposing test for cylindrical dye sensitized solar cells.

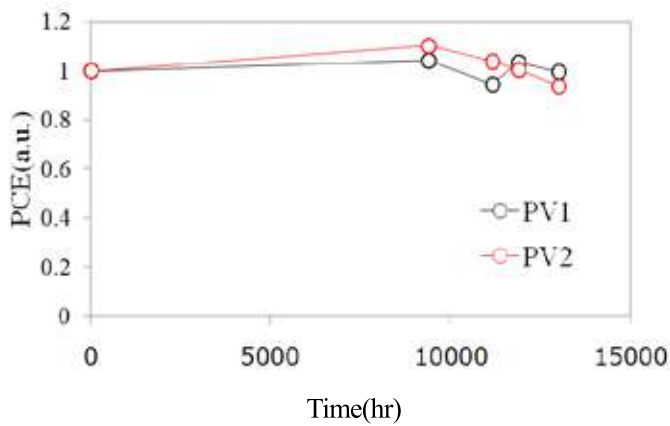


Fig.10 Results of outdoor exposing test.

3. 円筒形色素増感太陽電池を電源としたオフグリッドセンサーの開発

3.1 オフグリッドセンサーの特長

円筒形色素増感太陽電池を電源としたオフグリッドセンサーの特長として以下が挙げられる。

- ・配線レスにより設置場所の制限が少ない
- ・長期間に渡り、蓄電デバイスの交換が不要
- ・縦型の設置が可能であり、設置面積が小さい
- ・360° 発電によりコンパクト化が可能
- ・測定データをクラウド上に送信することでいつでもどこでもリアルタイムモニタリングが可能

3.2 オフグリッドセンサーの設計

センサーにおいては、昼夜問わず連続的に温度・湿度・照度のモニタリングを行う場合が多く、太陽光照射時に発電した電力を蓄電して夜間及び悪天候時に利用する必要がある。蓄電デバイスの代表例はニッケル水素電池及びリチウムイオンバッテリーなどの蓄電池あるいは電気二重層コンデンサーなどが挙げられ、作動電圧は1.5~4V程度である。円筒形色素増感太陽電池単セルの作動電圧は0.5~0.6V程度であるため、蓄電にあたって、昇圧回路が必要であるが、低電圧からの昇圧はエネルギーロスが大きいため、太陽電池を複数直列接合した後に、昇圧・蓄電することが一般的である。以上を踏まえ、ガラス管内で色素増感太陽電池シートを3直列に接合した円筒形色素増感太陽電池を試作した。

試作品1については、単セル長さを25mmに、試作品2については、単セル長さを50mmになるよう設計した。Fig.11にそれぞれの試作品の外観を示す。

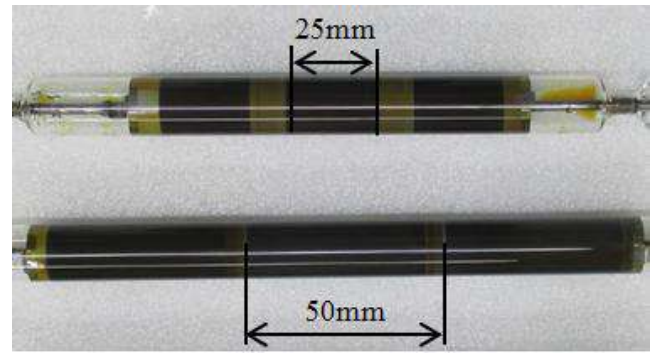


Fig.11 Overviews of 3 series cylindrical dye sensitized solar cell.

それぞれの円筒形色素増感太陽電池とセンサーユニットを組み合わせて稼働試験を実施した。蓄電デバイスには電気二重層キャパシタを用いた。セル長さ25mm×3直列の円筒形太陽電池を用いた場合、充電量よりも消費電力が大きかったが、セル長さ50mm×3直列の円筒形色素増感太陽電池を用いた場合、消費電力よりも充電量が高くなっており、システムとして機能することを確認した。

3.3 実証試験

円筒形色素増感太陽電池を電源とした円筒形オフグリッドセンサーを製作し、北九州市にあるフジコー若松響工場に設置した(Fig.12)。電源は円筒形色素増感太陽電池ユニット1本(長さ200mm)とDC/DCコンバータ、電気二重層キャパシタで構成されており、夜間は昼間に蓄電した電力を電気二重層キャパシタから取り出している。センサー計測は温度・湿度・放射照度・飽差・電界強度に加え、円筒形色素増感太陽電池の出力および電気二重層キャパシタの電圧について行った。計測は1回/min.で設定した。データはクラウド上に送信することで、リアルタイムでのモニタリングが可能になった。

Fig.13のa)は電気二重層キャパシタの電圧の経時変化である。テスト試験時と同様にセンサー消費電力を充電量が上回っており、システムとして稼働することを実証した。Fig.13のb)に1週間の放射照度を示す。晴天日である2018年11月29日と悪天候であった2018年11月28日の電気二重層キャパシタの電圧を比較した(Fig.14)。悪天候日においてもAM8時以降からセンサー消費電力を充電量が上回っていることが分かる。縦置き設置で360°発電可能な円筒形太陽電池であるため、全方位から照射される散乱光を吸収出来ていることが予想され、蓄電デバイスと組み合わせた円筒形太陽電池の優位性を示す結果であった。



Fig.12 Wireless sensor with cylindrical PV system operation test in outdoor environment.

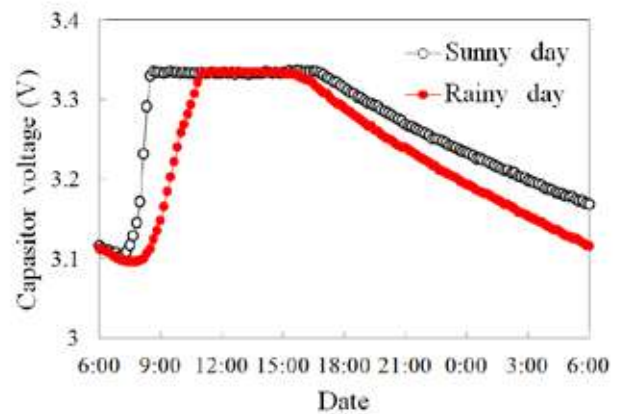
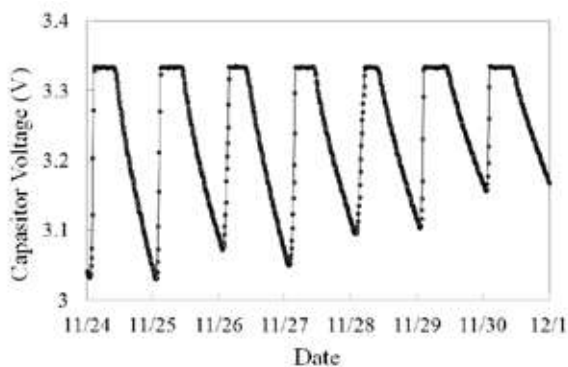
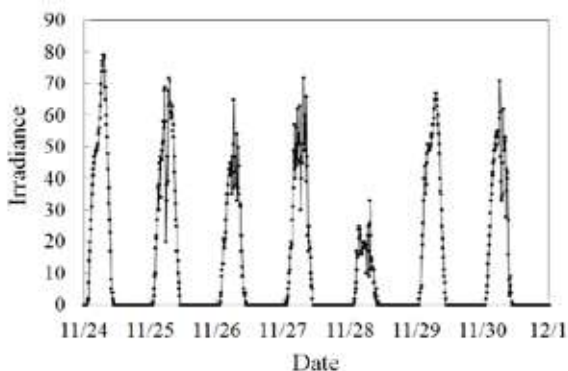


Fig.14 Comparison of sunny day and rainy day.



a) Voltage of power storage device



b) Irradiance

Fig.13 Results of outdoor exposing test. (24th Nov., 2018~30th Nov., 2018)

4. まとめ

- 1) 溶射法で二酸化チタン層を形成した円筒形色素増感太陽電池はプリント法により作製されたものと同等の光電変換効率が得られた。
- 2) 円筒形色素増感太陽電池は、アセトニトリルを電解液溶媒として用いた場合においても屋外環境下で10,000時間使用後も初期性能の90%以上を保持した。
- 3) ガラス管内で3直列接合した円筒形色素増感太陽電池を作製した。
- 4) 円筒形色素増感太陽電池はセンサー用電源として機能することを実証した。特に悪天候時に有効に蓄電出来ることが分かった。

謝辞

本研究は国立研究開発法人科学技術振興機構の戦略的イノベーション創出推進プログラム,研究開発テーマ「有機材料を基礎とした新規エレクトロニクス技術の開発」,課題名「フレキシブル浮遊電極をコア技術とする新太陽電池分野の創成」の中で実施しました。プロジェクトオフィサーであった谷口彬雄先生をはじめ、ご支援頂いた皆様に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) NEDO日射量データベース：METPV11, 北九州市八幡 7月13日
- 2) 野村 大志郎, 坂口 昇平, 増住 大地, 永吉 英昭 : フジコー技報, 20 (2011), 40-44

浄化槽用脱臭機

1. はじめに

下水道が整備されていない地域では浄化槽が設置されています。浄化槽を設置したご家庭では、浄化槽からの臭いが逆流し、建物内に悪臭が発生する事案があります。この事案に応えるため、フジコーはクボタ浄化槽システム株式会社と戸建住宅向け浄化槽用脱臭機を共同開発、硫化水素やアンモニアガスを90%以上除去できる脱臭機を2019年から量産開始した。

2. 浄化槽用脱臭機の概要

1) 仕様

脱臭機の仕様を表1にまとめ、外観は、図1に示す。

表 1. 脱臭機の仕様

項目	仕様
脱臭機の設置場所	屋外(軒下等に設置し被水・高温・高湿雰囲気は避ける)
電源	AC100V 50/60Hz 共用
消費電力	2W
吸気口径	φ 60mm(VU50 相当)
外形寸法	230×230×590mmH
製品重量	7.3Kg
電源コード	プラグ:2P、長さ:1.8m
付属品	フィルター、脱臭剤①②、取扱説明書



図 1 浄化槽脱臭装置外観

2) 脱臭のしくみ

脱臭機のしくみは、以下のとおりである。

- 浄化槽から発生する臭気は、フィルターで整流化
- 脱臭剤①で、臭気中の硫化水素をはじめとする硫黄化合物を除去
- 弊社が開発した光触媒を施した脱臭剤②と LED 光で、アンモニアを除去

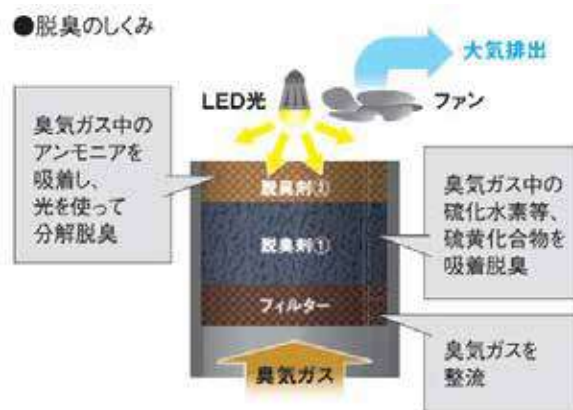


図 2 脱臭のしくみ

3) 脱臭結果

図3は、脱臭機の設置例を示す。浄化槽の臭突口に本機を接続し、浄化槽で発生する臭気を脱臭した。

脱臭結果は、図4に示す。

なお、浄化槽内の臭気は、硫化水素が殆どのため、脱臭効果は、硫化水素で確認した。

結果、90%以上の脱臭できた。

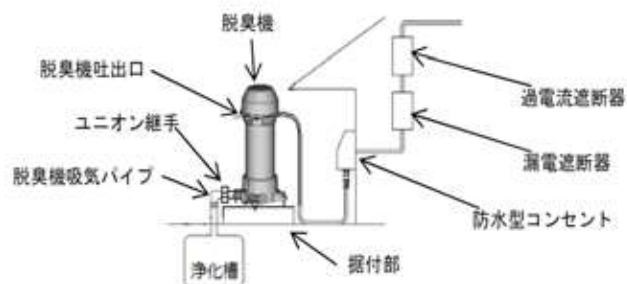


図 3 脱臭機の設置例

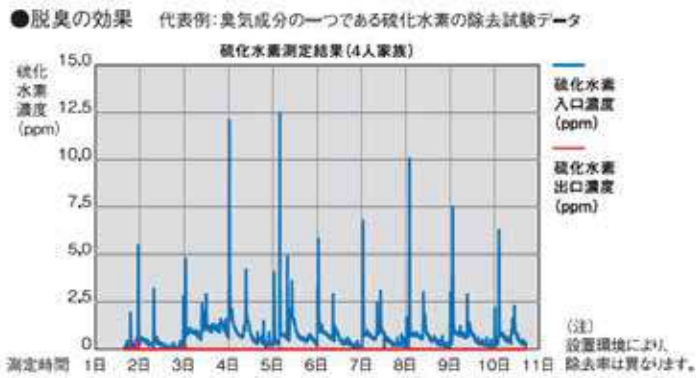


図4 硫化水素の脱臭効果

3. 最後に

本脱臭機を用いて浄化槽内の臭気が脱臭できた。

現在、浄化槽が住宅用より大きな、集合住宅や商業施設に適用可能な脱臭機を開発中である。

問い合わせ先

光触媒上下水道事業部

担当:大野 京一郎

TEL:093-871-3724 / FAX:093-884-0009

技術開発センター

担当:牟 用煥

TEL:093-701-4500 / FAX:093-701-4501