



新エネ余剰電力と省エネ型 IoT センサネットワークによる  
遠隔的機器制御システムを開発

＝複数風車インフラ診断・人工養殖水槽制御に成功＝

＝弘前大・東北大と新エネ企業が協力＝

**【研究開発の概要】**

国立大学法人弘前大学・理工学研究科と東北大学・マイクロシステム融合研究開発センターは、新エネルギー企業、アウラグリーンエナジー（株）（地元、青森市）と（株）多摩川ホールディングス（東京港区）の協力を得て、北日本地域に豊富な資源量がある自然エネルギーの利活用技術の一環として、遠隔地に分散設置した複数風車の環境条件・変動発電力、さらにはそのインフラ設備状態をリアルタイムでモニター可能とする、双方向型の通信・機器制御が可能な“複数風車と余剰電力を用いた省電力・低コスト型の IoT インフラ診断・監視および人工養殖水槽の制御システム”を開発した。

本研究は2018年から始まり、ワイヤレス超低消費電力通信モジュール（LPWA :Low-Power-Wide-Area Network）ネットワーク構築とそれを用いた人工養殖用水槽モデルは、弘前大・丹波澄雄准教授、高感度 IoT センサと環境発電（小型ソーラー）・余剰電力活用機器は、東北大・古屋泰文特任教授が担当して、実証試験向けの装置を試作した。

本開発技術の特徴としては、遠隔地の複数風車とそれらを結ぶ、余剰電力活用システム装置“GEMCOS”（図2および※脚注参照、2018年7月開発）を組み合わせた、“双方向通信及び機器制御が可能な省電力型 IoT センサネットワーク構築（2020年3月）”を実証できた点である。そして、風車からの様々な環境・動力状態のセンサデータを、インターネット上のクラウド形式で集積・解析しており、突発災害での電力ストップ時でも、中断なく常時監視できる利点がある（図1, 図2参照）。さらには、最近（2020年11月～）、この双方向 IoT センサネットワークを、人工養殖水槽での温度・魚育成の自動化制御システムに発展させた。

まず、複数風車のインフラ診断実証試験は、2020年3月26日 日本海側深浦町海岸近くの丘陵地に設置している、小型風車（30 KW、高さ20 m、多摩川ホールディングス社保有物）、超小型風車（400 W、高さ3 m）と弘前大理工学部屋上の超小型風車間で行った（図3,4参照）。外環境状態（温度、湿度、気圧）、

風車の回転振動や支持支柱のひずみ検出のインフラ診断がリアルタイムでスマートフォンなどの移動通信機器でモニタリング可能となった。このシステムは、風車の売電以外にある、従来は捨てられていた約 30% の余剰電力の利活用システム“GEMCOS” に組み込んだ蓄電池からの電力を利用している。地震・津波などの大災害での電力遮断時にも、インフラ等からのワイヤレスのセンサネットワークを形成し、受信者側からも遠隔的に作動させて、データ解析・診断をする事が出来る特徴がある。

今回は、遠隔僻地のインフラ診断を想定しており、LPWA の中でも、超省エネ・長距離無線方式の機能に優れた、LoRaWAN 通信デバイス（※※脚注参照）を採用した。これにより、10~30 km 間隔の範囲にある風車群（数基~数十基）をまとめて、気象、風況やインフラ診断管理が可能となる。なお、丹波澄雄准教授のシミュレーションからは、青森市以西の津軽地域では、約 20 機の本装置（GEMCOS-IoT センサネットワーク）を設置すれば、全域での気象監視やインフラ診断等が可能となる見込みを得た。（図 5 参照）

図 6 には、LoRaWAN 双方向通信・機器制御に用いた通信機器ユニット（多チャンネル小型センサ、発信電子回路（RasPi）とアンテナモジュール、GPS 付き）の丹波研究室試作品を示す。この小型 IoT 対応センサ（ $\mu$ PRISM）では、9つの環境パラメータ（温度、湿度、気圧、光度（照度）、加速度、方位（地磁気方向）、紫外線（UV））とGPS位置機能を付属のバッテリーにて長時間検出・発信できる仕様となっている。

LoRaWAN の通信容量は WiFi よりも少ないので、現場の IoT センサデータを整数化(=量子化処理)してビット数を減らしたのちに、そこに設置の LoRaWAN 装置から市街地 WiFi に送信しており、より長い時間の遠隔操作や診断ができる。

グリーンエネルギー開発地点での風車周辺のインフラ診断に向けてのセンシング以外に、そこでの二次産業育成用の各種動力機器の遠隔的出力調整を目的にした、「GEMCOS-IoT 双方向 ACTIVE 制御システム」（※※※脚注参照）の通信構成を図 7 に示す。

次に、2020年11月から弘前大学で取り組んだ、双方向 IoT センサネットワークを用いた、人工養殖水槽での制御システムを図 8 に示す。人工養殖水槽での制御システムは、水槽内の温度を確認し、外部水源からの水流ポンプの流速を調節し水温を調整したり、自動餌やり機構を有するシステムとして開発出来た。図 9 には、超省電力型通信（LoRaWAN）を組入れた、遠隔的雙方向 IoT センサネットワークモジュールユニット試作品（a）とおよび人工養殖

(水温管理、餌やり自動化) 用水槽小型モデル (b) 写真を示す。

今後、本研究チームは、GEMCOS-IoT センサーネット診断機器のデータ集積量を増やして、インフラ診断や人工養殖業での環境制御の信頼性を上げるとともに、装置の量産化でコストダウンを図る。さらには、地方自治体と連携して、北日本地域豊富な資源量がある、自然エネルギーGEMCOS 拠点を増やし、その地域に根ざした二次的な事業育成分野モデル、すなわち、新エネルギー開発のみならず、土木建設分野のインフラ診断、人工養殖等のスマートアグリ用機器制御、さらには、安心安全管理、防災減災分野への適用分野を開拓するとしている。

#### 専門用語説明：

##### ※GEMCOS：

自然エネルギー（風力、ソーラー、地熱等）は気象や昼夜で発電力が変動するので、電力会社は発電量の約3分の2を購入し、残り3分の1は、電熱器等で放熱量として捨てているが実際である。この無駄に捨てている変動部・余剰電力を、ソフトウェアで無駄なく取り込み、付設小型バッテリーに蓄電して、2次的な事業（人工養殖、スマート農業、サーバー事業、災害時緊急電源等）に適用する、余剰電力利活用システムが“GEMCOS”（Green Energy Management for Collaborative Operation System の略称、2018年7月 アウラグリーン社が開発済、商標登録済）である。

##### ※※LoRaWAN 通信デバイス：

低消費電力で長距離のデータ通信を可能とする技術（LPWA（Low-Power Wide-Area Network））の中で、自前で任意の場所に基地局設置ができる方式の通信デバイスであり、「無線局免許」が原則不要である。電話の800MHz帯がおよそ2～5km届くと言われているので、LoRaWAN（920MHz帯）は「長距離特化」の通信方式で優れている。ただし、単位時間の通信データビット量は数十分の一以下と少ない。通信可能距離は、見通しの良い高度がある程度取れば、20～30キロメートルに達するとされる。

(⇒末尾補足資料を参照、<https://www.senseway.net/technical-information/what-is-lorawan/>)

##### ※※※「GEMCOS-IoT双方向ACTIVE制御シスム」：

低消費電力無線 LoRaWAN やWi-Fiを用いて、グリーンエネルギー開発地点での、双方向通信が可能な「GEMCOS-IoTネットワーク機器制御シスム

テム」を意味している。この技術により、本来の発電事業に付随した形で、低コストの余剰電力を用いた各種インフラ診断や二次的な新産業用動力制御・温室環境制御を可能として、新たな産業分野を拓けると考える。“スマート農業・陸上養殖事業”、“低コスト寒冷地サーバー事業”、自然災害時の“防災減災サステナブル事業”化への可能性が期待できる。

※※※※謝辞：

本研究の実施には、文科省科研費（2017~2019年度、古屋泰文、東北大学特任教授・代表）および、青森県深浦町で実証風車を保有する新エネルギー事業企業、アウラグリーンエナジー（青森市）、多摩川ホールディング（東京都港区）の協力を得ましたので感謝の意を表します。

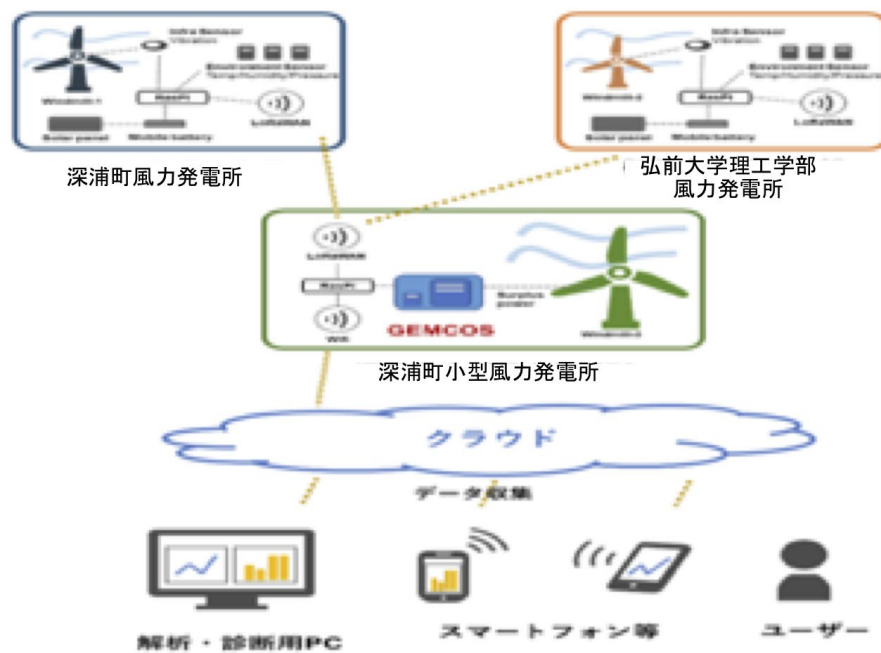


図1 青森県津軽地域で構築した小型風車と低消費電力型IoTセンサネットワーク

# GEMCOS™

(Green Energy Management for Collaborative Operation System)  
自律協調型余剰電力利活用システム

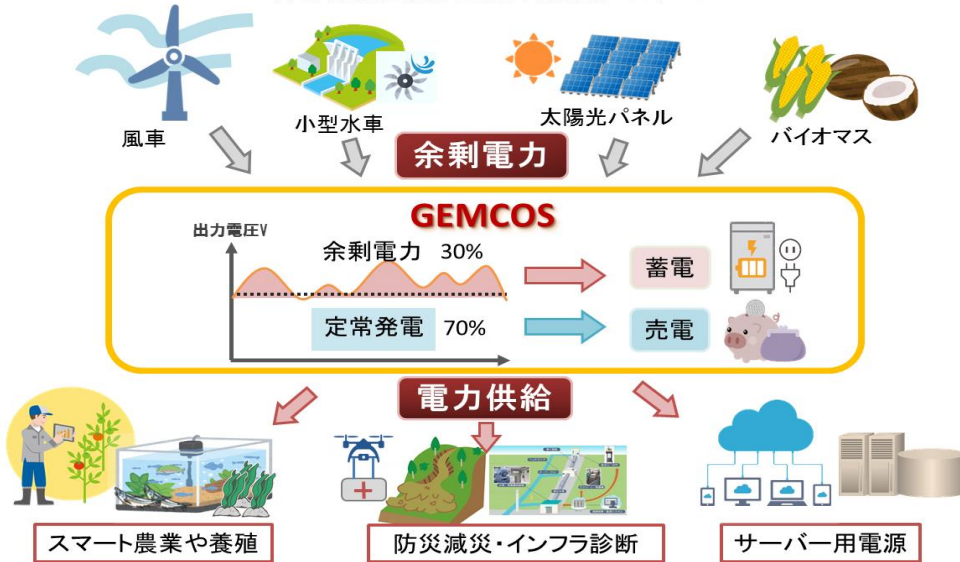


図2 グリーンエネルギー余剰電力の自律制御・協調操作システム (GEMCOS) の原理と主な応用分野

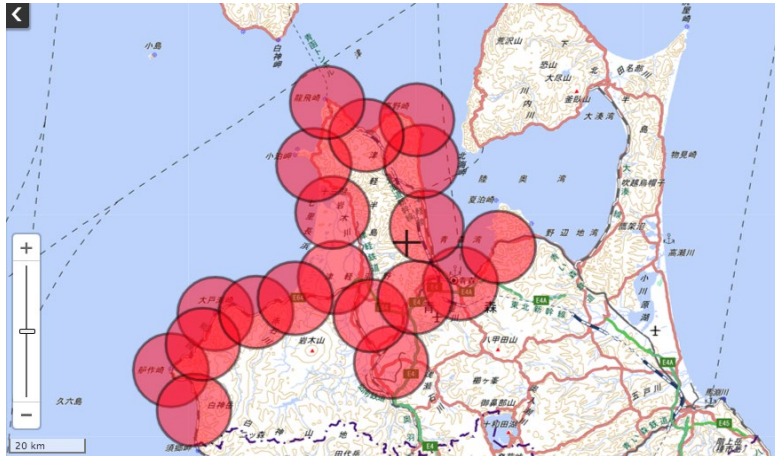


図3 丹波澄雄准教授による、津軽域での GEMCOS-IoT センサネットワーク拠点と信号送受信が可能となる区域の概略図



図4 西津軽郡深浦町の小型風車敷地（多摩川ホールディング社管理）設置の超小型風車支柱に付設した環境監視・振動センサデバイス（2020.3.26）



図5 弘前大理工学部 屋上に設置の 2 機目の分散型超小型風車風車写真  
（2020.3.25）

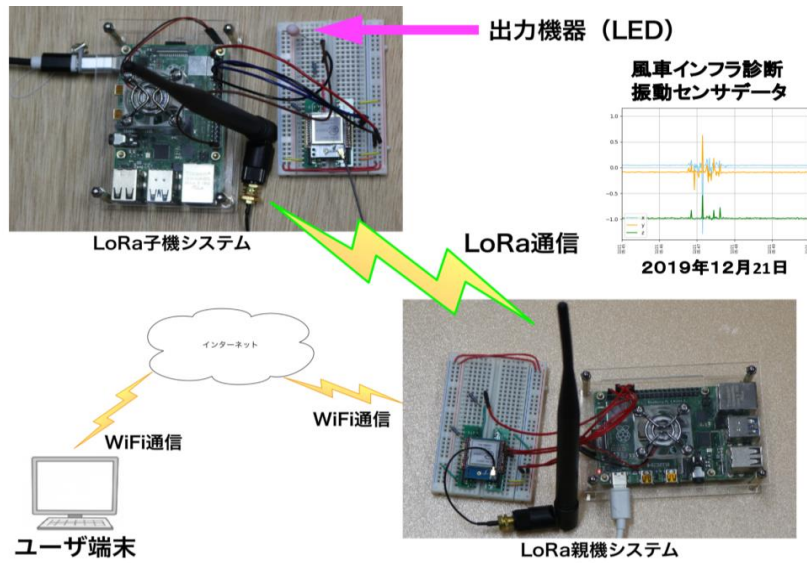


図6 LoRaWANによる双方向通信によるLED点滅(制御)に用いた通信機器ユニット (電子回路とアンテナモジュール、丹波研究室(弘前大))

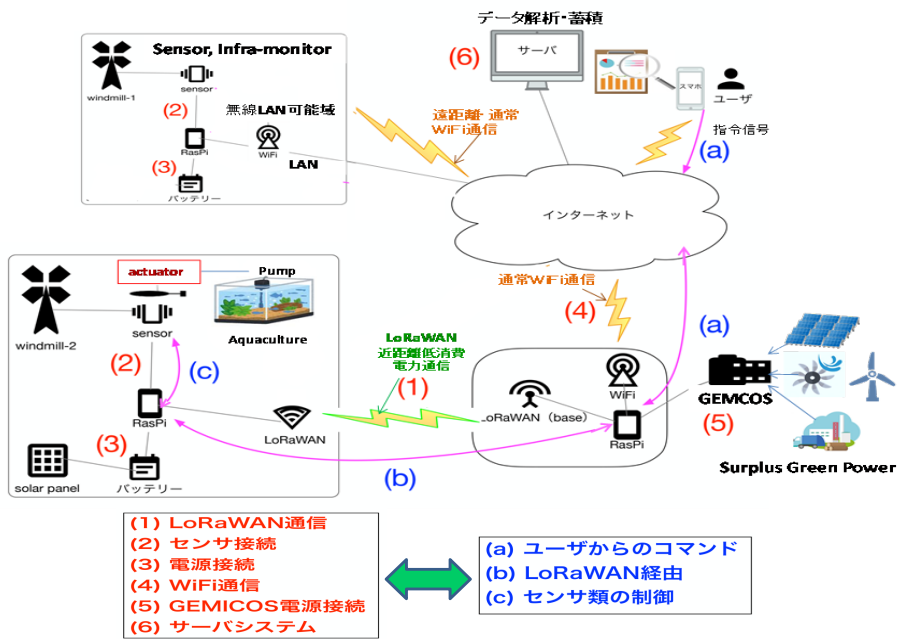


図7 開発した低消費電力近～中距離無線 LoRaWAN によるグリーンエネルギー開発地点での2次産業機器操作・診断に向けての「GEMCOS-IoT双方向ACTIVE制御シスム」の構成図

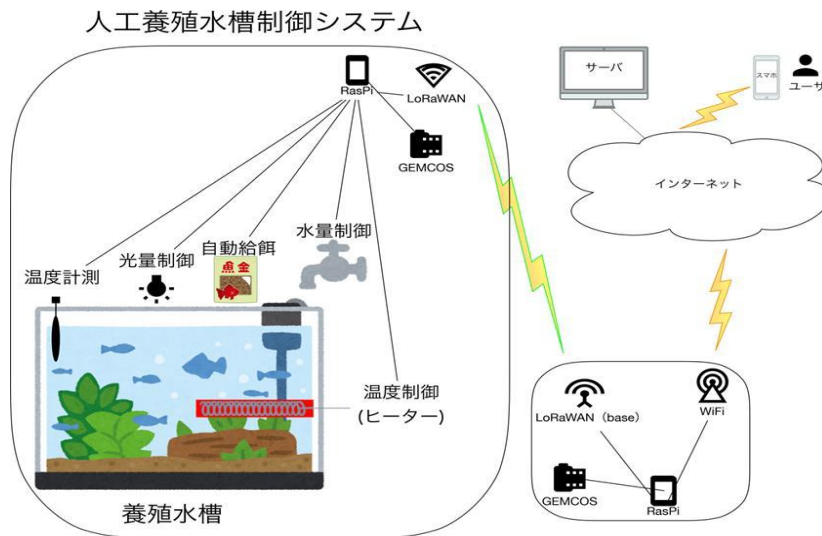


図8 双方向IoTセンサネットワークを用いた、人工養殖水槽での制御システム図



(a)

(b)

図9 超省電力型通信 (LoRaWAN) を組入れた、遠隔的双方向IoTセンサネットワークモジュール (a) と人工養殖 (水温管理、餌やり自動化) 用水槽小型モデル (b) 写真



## 【補足資料】

LoRaWAN™とは？

<https://www.senseway.net/technical-information/what-is-lorawan/>

LoRaWAN とは、LPWA(省電力長距離通信)の一種で、「Long Range Wide Area Network」で「長距離広域ネットワーク」を意味する。「LoRa Alliance (外部サイト)」が定めた、IoT 向けのオープンソースの「無線ネットワーク規格」の名称で、ライセンス不要のアンライセンスバンドでサブギガ帯、920MHz 帯を使用している。

LoRaWAN の特徴 :

### 1) 低電力、省電力

LoRaWAN は、ボタン電池 1 個で双方向通信が可能で、4G 回線や Wi-Fi 等を利用した通信方式に比べて非常に省電力で、補充電頻度は抑制できるので、設備維持コストを大きく削減できる。

### 2) 長距離通信

長距離通信が大きな特徴で、性能実験では、富士山の五合目から千葉県柏市の柏の葉キャンパスの基地局まで 123.43km のデータ送信に成功しました。携帯電話の 800MHz 帯がおよそ 2~5km 届く。LoRaWAN (920MHz 帯) が送信信号量は少なくなるが、「長距離特化」通信方式と言える。

### 3) 室内でも利用可能

LoRaWAN の使用する 920MHz 帯は、電波の回り込み特性に優れていて、障害物を避けるようにして通信を行ない、ゲートウェイを室内に設置し、部屋の隅々まで網羅した室内通信が可能。

### 3) ノイズに強い

LoRaWAN の使用する 920MHz 帯は、他の無線ネットワークが存在する環境下でも安定的に通信を行なえて、電波干渉を抑制できて、無線設備の入った工場内などの安定運用可能。

「SenseWay Misson Connect 」とは、LoRaWAN™ を用いた日本全国で活用できる IoT 通信プラットフォームサービスである。



引用図:

<https://www.senseway.net/technical-information/what-is-lorawan/>

※※※ 本内容に関する問合せ先:

(1) 記事に関する一般的な問い合わせ先:

弘前大学・理工学研究科総務グループ

広報担当 : 間 絵理

TEL:0172-39-3510

E-mail: r\_koho@hirosaki-u.ac.jp

(2) 研究開発内容に関する問い合わせ先:

1) 丹波澄雄 (准教授、工学博士)

弘前大学・理工学部電子情報工学科

〒036-8224 青森県弘前市文京町3

TEL(=FAX): 0172-39-3725

E-mail: tanba@hirosaki-u.ac.jp

および

2) 古屋泰文 (特任教授、工学博士)

東北大学・マイクロシステム融合研究開発センター

西澤潤一記念研究センター内

〒980-0845 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉

(代) TEL:022-229-4113, FAX:022-229-4116

E-mail: furuya-y@tohoku.ac.jp