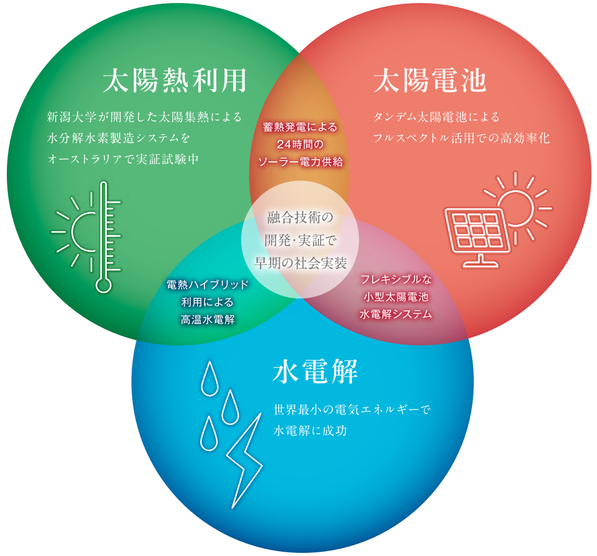


当センターの取り組み

概要

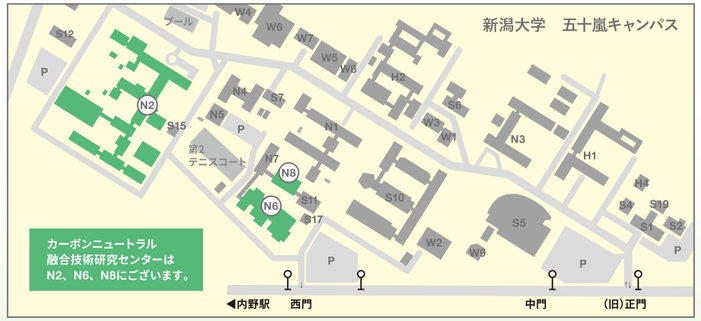
新潟大学研究統括機構付置・カーボンニュートラル融合技術研究センターは2022年4月に発足し、世界最高水準の太陽熱・太陽電池・水電解技術開発の促進、及び融合技術の開発を目的とした研究を行っています。それぞれの分野の技術の高効率化・大型化・経済性向上を図ると共に、融合技術の研究・実証により、国内・海外、大型・小型、昼間・夜間の様々な利用場面に適合した太陽エネルギー利用技術（発電・水素製造・CO_2利用（CCU））を開発し、社会連携による早期の実装を推進し、我が国が目指す国際水素サプライチェーン・カーボンサイクル・24時間ソーラー電力の導入に貢献します。

特色ある取り組み

新潟大学の太陽熱利用の研究では、高温で水を熱分解する高活性触媒とそれを利用した太陽集熱による水素製造システムを開発し、現在、オーストラリアのサンベルト（太陽日射の強い地域）で大型の実証試験に取り組んでいます。また、太陽電池開発ではタンデム太陽電池の高効率化と信頼性向上に関する産学連携プロジェクトを牽引、さらに水電解分野では、世界最小の電気エネルギーで水を電解することに成功しています。

このような新潟大学の世界最高水準の研究を基盤とする「カーボンニュートラル融合技術研究センター」を組織しました。それぞれの分野の技術の高効率化・大型化・経済性向上を図ると共に、太陽熱・太陽電池・水電解を融合した新しい技術開発にも取り組みます。

新潟大学研究統括機構
カーボンニュートラル融合技術研究センター



〒950-2181
新潟県新潟市西区五十嵐2の町 8050 番地
TEL 025-262-7568
E-mail ircnt@eng.niigata-u.ac.jp
URL https://www.irp.niigata-u.ac.jp/business/core/ircnt/

新潟大學

2024.02　2,000

リサイクル適性Ⓐ
この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。

新潟大学研究統括機構

カーボンニュートラル融合技術研究センター

Interdisciplinary Research Center for Carbon-Neutral Technologies

融合技術の開発・実証で早期の社会実装を目指します。

Interdisciplinary Research Center for Carbon-Neutral Technologies

太陽熱分野

太陽から地表面に直接入射する直達日射が強い地域では、反射鏡で太陽光を集めることで高温の熱を得ることができます。直達日射が豊富なサンベルト地域では600℃近い太陽集熱を得て発電を行っています。また、次世代技術として、1000～1500℃の太陽集熱で水や二酸化炭素を熱分解して水素や一酸化炭素を製造する熱化学サイクルの開発が行われています。

当センターの太陽熱分野では、このような高温の太陽集熱をエネルギー源とする水熱分解サイクル（図1）や二酸化炭素分解サイクルの開発を行っています。サイクルに使用する高活性の触媒と、これを使ったソーラー反応器の実証試験（図2）を国内、海外の集光システムを用いて行っています。このような新しいシステムの触媒やソーラー反応器の開発に関して当研究グループは世界のトップランナーであり、海外の研究機関、国内企業等と連携して、サンベルトにおける太陽熱水素製造などの大型実用化を目指して取り組んでいきます。

また、太陽集熱を蓄熱、あるいは太陽電池・風力からの電力を熱に変えてバッテリーよりも安価に蓄熱し、産業熱の供給や発電を24時間行うシステムの開発も行っています（図3）。後者のように従来の熱利用技術と太陽電池などの異分野の技術を組み合わせた融合技術の開発も目指しています。

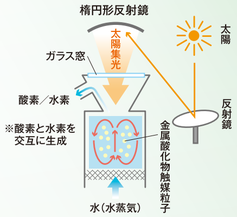


図1 新潟大学が開発している太陽集熱による水熱分解システムの一例

図2 太陽集光システムによるソーラー反応器の実証試験

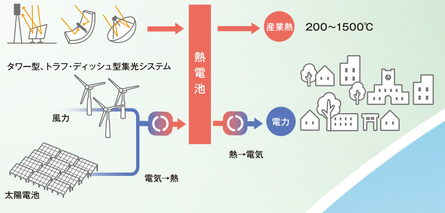


図3 太陽集光システムや、太陽電池・風力からの電力を熱として安価に蓄熱利用するシステム

期待できる成果

例えば、太陽熱利用で開発されている高効率蓄熱システムを太陽電池と融合させれば、太陽電池からの電力を電気炉でいったん熱に変えて蓄熱し、夜間にこの熱を取り出して従来の方法で熱発電できます（蓄熱発電）。蓄熱システムは安価であり、高価なバッテリーを使うことなく24時間、ソーラー電力が使えるようになります。このように技術を融合させることによって、国内・海外、大型・小型、昼間・夜間などの様々な場面に適合した新技術を生み出し、技術の社会実装を早期に実現することが期待されます。

水電解分野

持続可能なカーボンニュートラル社会の実現への期待が急速に高まっている中、化石燃料に代わる新しいエネルギー源を獲得する方法として、再生可能エネルギーを利用した水電解による水素製造（グリーン水素製造）に高い関心が寄せられています。

当研究グループは、世界に類を見ない超低過電圧（$\eta_{O_2}^{10}$= 32 mV）注）で水を分解する硫化ニッケル系酸素発生触媒電極（図1）を開発し、世界最小のエネルギーで水を電解することに成功しました（*Energy Environ. Sci.*, **2021**, *14*, 5358-5365.）。これまで報告されている世界最高水準の酸素発生触媒電極と比較しても、我々が開発した触媒電極の過電圧（赤棒）は格段に低い値であることがわかると思います（図2）。

これまでの研究を基盤として、さらなる高性能触媒電極を開発すると同時に、当センターのそれぞれの分野との融合的研究を推進することにより、実用的なグリーン水素製造システムへの道筋をつけることを目指します。

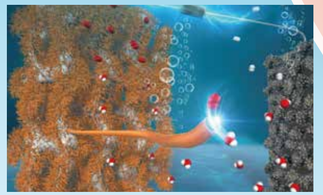


図1 硫化ニッケル系酸素発生触媒電極を用いた水分解の模式図

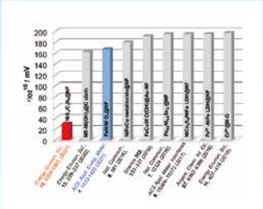


図2 世界最高水準の酸素発生触媒電極との過電圧（$\eta_{O_2}^{10}$）の比較。赤棒は当研究グループが開発した硫化ニッケル系酸素発生触媒電極の値

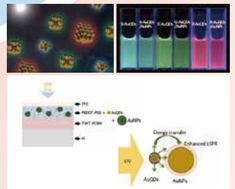
注）過電圧（η）：実際に反応を進行させるときに必要な電圧と反応の理論電圧との差。この値が低いほど、高効率の電極といえます。$\eta_{O_2}^{10}$ は触媒電流密度が 10 mA cm^{-2} に到達した際の酸素発生過電圧を示します。

太陽光発電分野

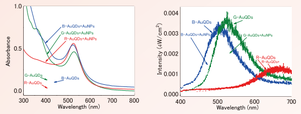
太陽光発電は、第6次エネルギー基本計画に定められた2050年カーボンニュートラル達成（温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする）のための基幹技術であり、国連の定めた持続可能な開発目標（SDGs）達成のためにも必要不可欠です。新潟大学では、カーボンニュートラルの実現に貢献するため、太陽電池セル高効率化のための次世代新技術開発、太陽電池モジュールの信頼性向上、付加価値を有する太陽電池モジュールの多用途展開、屋外実証評価まで網羅的に一貫研究可能な体制や装置群を備えています。

太陽電池セル高効率化のための次世代新技術開発

新原理を用いた有機薄膜太陽電池



金量子ドットと金微粒子の協調効果による電場・蛍光増強有機太陽電池

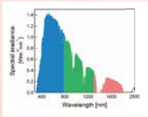


単接合太陽電池の変換効率の理論限界を打破 ▶多接合化（タンデム化）

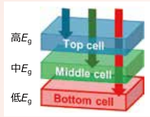
多接合型太陽電池は多数の界面から成るため、界面制御が重要

太陽電池の高効率化

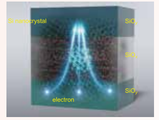
電子と正孔をそれぞれ効率的に収集する材料（正孔選択材料：ヨウ化銅など、電子選択材料：酸化チタンなど）や高品位界面を実現する材料研究



太陽光の広いスペクトルを有効利用



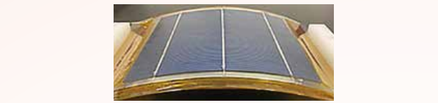
短波長光から長波長光をそれぞれの太陽電池で吸収



高品位界面制御に用いるナノ結晶シリコン／酸化シリコン複合膜

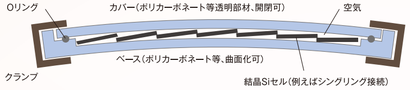
高い透過率、表面保護性能

太陽電池モジュールの信頼性向上、付加価値を有する太陽電池モジュールの多用途展開



曲面追従結晶シリコン太陽電池

太陽電池モジュールの封止材は太陽電池の劣化要因になる
▶封止材を使用しないモジュール



太陽電池の信頼性向上・長寿命化
リサイクル性・曲面追従性も良好

環境問題の解決に貢献

屋外実証評価

太陽電池モジュールに堆積する汚れ（ソイリング）による発電量の低下 ▶防汚コート

人工的ソイリング試験

未コート　コート済

●傾斜角40°
●関東ローム層の砂を使用　**防汚コートの優位性を確認**

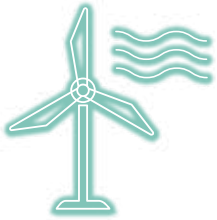
屋外実証評価

鹿児島県工業技術センターに構築した本学の設備

屋外実証評価サイトの外観（左）、気象測器、データ収集システム（右）

太陽電池表面カバーガラスへの防汚コートによる発電量増加を確認
気象条件との関連を解析し、防汚コートの有効性を検証

太陽光発電の生涯発電量の最大化

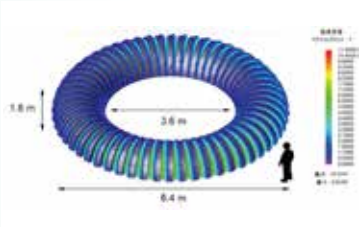


風力発電分野

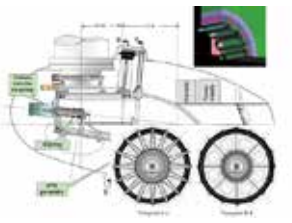
カーボンニュートラル社会実現のためには、再生可能エネルギー発電の大量利用が必要不可欠です。特に、我が国は四方を海に囲まれた海洋国家であり、洋上風力発電の賦存量は10億kW以上と試算されています。一方、この膨大なポテンシャルを最大限利用するためには、風力発電の大量導入による種々の問題を解決する必要があります。新潟大学では、風力発電を積極導入するために必要な、システム、機器及び材料に関する基礎的な研究を行っています。

再生可能エネルギーの大量導入を可能にする高温超伝導電力機器に関する研究

電力システムにおいて、カーボンニュートラルの実現のためには、再生可能エネルギー発電の大量導入が不可欠です。一方、再生可能エネルギーのほとんどは変動性 (Variable Renewable Energy : VRE) であり、その割合が高くなり同期電源が減少すると、調整力不足、慣性力不足、短絡容量低下など電力系統の安定性を阻害し大規模停電の発生リスクを大きくする種々の問題が生じることが予想されています。つまり、VRE 発電の大量導入は大規模停電の発生リスクとの比較衡量で論じられることが多いですが、現状ではその基準はあまり高くありません。将来に向けて、この比較衡量の基準をより高く引き上げるための技術開発が必要です。高温超伝導を用いた電力ケーブル、エネルギー貯蔵装置、発電機、限流器などは、これらの問題に応えることができる革新的技術です。我々は、慣性力補償用高温超伝導磁気エネルギー貯蔵装置 (Superconducting Magnetic Energy Storage : SMES) や小型・コンパクト・高効率化が可能な高温超伝導回転機に関する基礎研究を行っています。



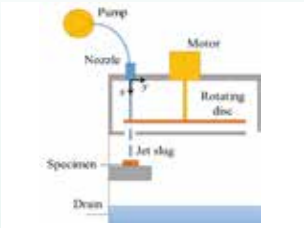
慣性力補償用1 GJ級高温超伝導SMESの概念設計



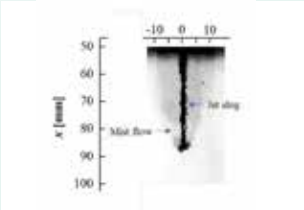
高温超伝導風力発電機システムの概念設計

風車ブレードエロージョンの地上試験の開発

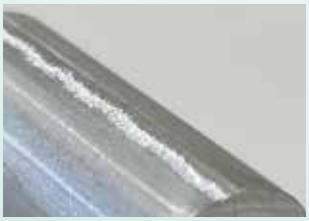
風力発電は、再生可能エネルギーを利用する主要な発電方法で、高出力を得るために風車の大型化や風況が良い洋上への設置が進められています。一見するとゆっくりと回転している風車ですが、大型の風車翼先端は 100 m/s 以上の速さになります。この速さの翼に雨や砂が衝突すると大きな衝撃力が発生し、損傷（エロージョン）が発生します。安定した発電を行うためには、エロージョンの抑制や保守が必要ですが、実際の風車を使っていろいろな条件の実験を行う事はできません。そこで、風車ブレードエロージョンの現象を再現するための地上試験が必要となります。私たちは、連続的に高速な液柱を衝突させるパルス噴流式試験装置を開発し、その壊食特性や風車ブレードエロージョンとの関係を調べています。



パルス噴流式エロージョン試験装置



100 m/s以上の速さで飛翔するパルス噴流

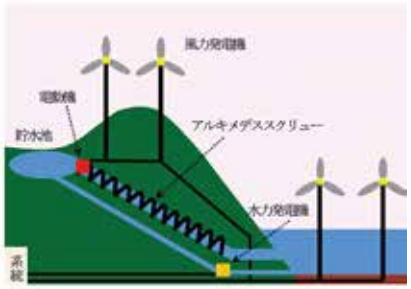


パルス噴流によるアルミブレードモデルのエロージョン

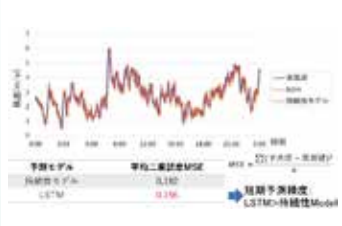
アルキメデススクリュー海水揚水発電による大規模ウインド・ファームの電力安定化

再生可能エネルギー、中でも特に変動が激しい風力発電を大量に電力系統に接続すると周波数および電圧を変動させる恐れがあります。電力安定化のために、間欠運転可能なアルキメデススクリューを揚水ポンプとして使用する海水揚水発電を検討しています。気象予報と過去の実測風速データから、1000 MW 級ウインド・ファームを組み込んだ本発電システムの制御で電力安定化に取り組んでいます。

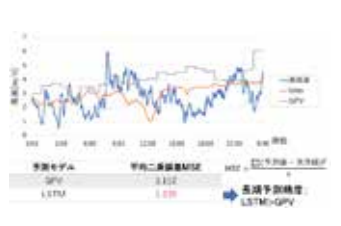
長・短期記憶（LSTM）手法を風速予測に適用し、水力発電の起動に必要な 6 分後短期風速予測と計画発電に必要な 1 日間長期風速予測のシミュレーションを行います。これにより、本発電システムが電力系統に及ぼす周波数変動を規定値に収めるための制御手法の確立を目指します。



アルキメデススクリューを用いた海水揚水発電システム



(a) 6分後短期風速予測



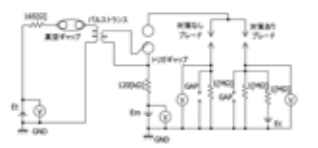
(b) 1日間長期風速予測

LSTMによる風速予測シミュレーション結果

風力発電機雷保護システム

風力発電機の自然災害による故障では、落雷による被害の割合が高くなっています。現状の対策では、直撃雷を受け流すレセプタやアース（ダウンコンダクタ）が施されていますが、十分ではありません。本研究では、新たな落雷対策として、雷雲と同極性の電圧を風車ブレードに印加し、電界緩和による直撃雷保護を検討しています。雷雲の極性と電界の強さを検出し、帰還雷による極性反転も考慮し、10 ms 程度の応答速度でブレードに保護電圧を印加させるシステムを開発します。また、模擬実験装置を用い、ブレードへの落雷確率を測定することで、本システムを評価しています。

電界緩和による風力発電機の雷保護



落雷確率測定用模擬実験回路