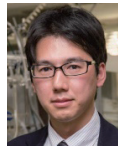




階層横断的視点からの CO₂電解還元系の設計・開発

基礎工学研究科 附属太陽エネルギー化学研究センター

准教授 神谷 和秀

 <https://researchmap.jp/kamiya0908>

研究の概要

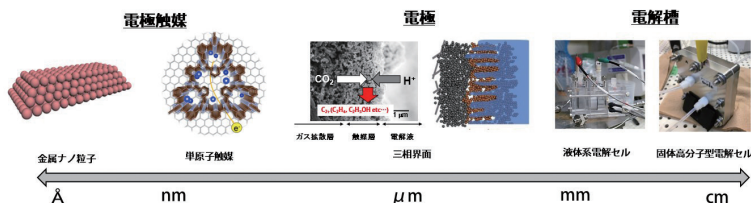
水溶液系での電気化学的手法による CO₂還元反応は、クリーンかつ常温常圧で進行することから、CO₂の資源化技術として大きな注目を集めています。CO₂電解還元の実装に向けては、高付加価値物質を高速かつ高選択的に生成できる反応系の構築が必要不可欠です。我々は CO₂電解の反応場である三相界面を構築する電極触媒などの各要素を適切に選択・配列することで、世界最高の電流密度で駆動する超高速 CO₂電解系 (C2以上の有機化合物の生成電流密度 $j_{C2+} = 1.7 \text{ A/cm}^2$) の立ち上げに成功しました。

研究の意義と将来展望

本研究で構築した CO₂の超高速電解系は従来の低速での反応系とは、選択性などに大きな違いがみられます。これは本系が単純に電

流密度が高いだけでなく、質的に異なるものであることを示しています。つまり、本系を基盤として創出される学理や本系に適した材料は、既存の低速系のそれらとは全く異なると考えられます。

特に新規電極触媒材料開発に関して、本系は大きな転換点になると期待されます。我々が開発した超高速電解系では、触媒表面における中間体 CO の濃度が従来とはけた違いに高くなることに加え、表面 pH も大きく上昇します。これにより競合反応である水素発生が抑制されると考えられます。つまり、従来の低速での CO₂電解では水素発生のみが進行する触媒に対して超高速電解系を適用することで、これまで水素発生に隠されていた CO₂電解活性を顕在化させることができると期待されます。

CO₂電解系の多階層横断的設計

特許

論文

Inoue, Asato; Nakanishi, Shuji; Kamiya, Kazuhide et al. Ultra-high-rate CO₂ reduction reactions to multicarbon products with a current density of 1.7 A/cm² in neutral electrolytes. EES Catalysis. 2022 in press, doi: 10.1039/D2EY00035K
Liu, Tengyi; Nakanishi, Shuji; Kamiya, Kazuhide et al. A Tin Oxide-Coated Copper Foam Hybridized with a Gas Diffusion Electrode for Efficient CO₂ Reduction to Formate with a Current Density Exceeding 1 A cm⁻². Small. 2022 in press, doi: 10.1002/smll.202205323

参考URL

<https://rcsec.osaka-u.ac.jp/nakanishilab>

キーワード

CO₂の資源化、電子移動触媒、マルチスケールシミュレーション、人工光合成



スキルミオンのブラウン運動を利用した 究極の低消費電力計算への挑戦

基礎工学研究科 物質創成専攻

助教 後藤 穰

 https://researchmap.jp/minori_goto



研究の概要

我々は、スキルミオンのブラウン運動を利用した究極の低消費電力計算の実現を目指しています。ブラウン運動は、熱揺らぎによってランダムに運動する現象です。エネルギーを消費せずに動くことから、究極の低消費電力技術となる可能性があります。我々は、スキルミオンと呼ばれる2次元強磁性薄膜中でブラウン運動するトポロジカルなスピン構造に着目しています。スキルミオンには、固体中でブラウン運動し、回路実装や室温での検出・制御が容易という特長があります。本研究では、図1と図2に示すスキルミオンの配線やセルオートマトンの実装に成功しました。黒丸はスキルミオンであり、スキルミオンはこれらの素子の中をランダムに運動し、情報を伝えます。これらの系では入力と出力における制御と検出以外は外部エネルギーの供給無しで情報が伝搬・演算されるため、極めて小さなエネルギーで計算が実行できます。

研究の意義と将来展望

本研究の意義は、究極の低消費電力計算とは何か？という問いを明らかにできることです。入出力におけるスキルミオンの制御と検出にはエネルギーが必要ですが、その以外の

情報伝搬や情報演算はブラウン運動によって行われるためエネルギーを消費しません。この研究を通じて、熱力学限界に近いエネルギーで情報演算ができれば、既存の情報機器の消費エネルギー増大を解決する基盤技術となることが期待されます。

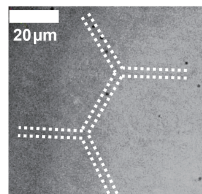


図1 ブラウン運動するスキルミオンの回路。
黒い点がスキルミオンであり、外部エネルギーの供給無しで回路中をランダムに運動します。

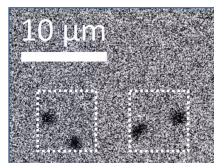


図2 四角いセルに閉じ込められたスキルミオン対。
スキルミオン同士は磁気双極子相互作用によって影響を及ぼしあい、情報が伝搬します。

特 許	Goto, Minoru; Ishikawa, Ryo; Nomura, Hikaru et al. Annealing Process of Co-Fe-B based Multilayers showing Skyrmion Brownian Motion, AIP. Adv. accepted
論 文	Ishikawa, Ryo; Goto, Minoru; Nomura, Hikaru et al. Implementation of skyrmion cellular automaton using Brownian motion and magnetic dipole interaction, Appl. Phys. Lett. (2021), Vol.119, 072402 doi: 10.1063/5.0053797 Miki, Soma; Jibiki, Yuma; Tamura, Eiichi et al. Brownian Motion of Magnetic Skyrmions in One- and Two-Dimensional Systems, J. Phys. Soc. Jpn. (2021), Vol.90, 083601 doi: 10.7566/JPSJ.90.083601 Jibiki, Yuma; Goto, Minoru; Tamura, Eiichi et al. Skyrmion Brownian Circuit Implemented in Continuous Ferromagnetic Thin Film, Appl. Phys. Lett. (2020), Vol.117, 082402 doi: 10.1063/5.0011105 Goto, Minoru; Nomura, Hikaru; Suzuki, Yoshishige. Stochastic skyrmion dynamics under alternating magnetic fields, J. Magn. Magn. Mater. (2021), Vol.536, 167974 doi: 10.1016/j.jmmm.2021.167974
参考URL	
キーワード	スキルミオン、ブラウン運動、情報熱力学、低消費電力



スマートビルディング向け エネルギーマネジメント技術

情報科学研究科 情報システム工学専攻

准教授 谷口 一徹

<https://researchmap.jp/ittetsu>

研究の概要

建物は社会全体のエネルギー消費のうち大きな割合を占めており、その省エネが重要な課題となっています。近年の建物には創エネのための太陽光パネルや蓄エネのための蓄電池が設置されることも多く、空調やスマート家電などのさまざまなエネルギー消費機器も含めた建物全体を管理するエネルギーマネジメント技術の重要性が高まっています。居住者の利便性や快適性を損なわずにエネルギー消費量を削減するためには、予測と最適化が重要なコア技術となります。太陽光パネルの発電量や電力需要が予測できれば、電気代を最小に抑える蓄電池の充放電スケジューリングが可能です。電力需要のピークとその時間帯が予測できれば、電力需要ピークを回避する運転計画に即座に変更することも可能です。我々の研究グループでは、このような予測と最適化に基づく包括的なエネルギーマネジメント技術を開発しています。特に、深層学習を用いた電力価格や電力需要の予測技術、多数のエネルギー消費機器の運転計画を高速に求める最適化技術を開発しています。

研究の意義と将来展望

このようなエネルギーマネジメント技術により、エネルギー消費量の「削減」だけでなく「調整」も可能となります。これにより新

たなエネルギーサービスの実現にも貢献し、エネルギー分野のDX（デジタルトランスフォーメーション）を牽引します。

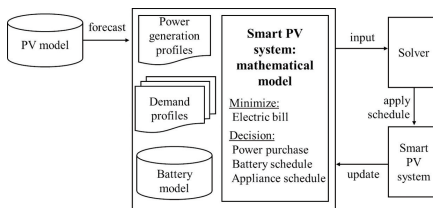


図1. 提案手法の概要

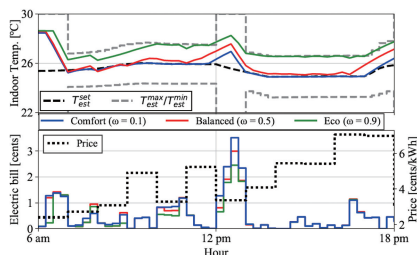


図2. 居住者の熱的快適性を考慮した空調のスケジューリング例

特許	EP3767559A1, US2021011439A1
論文	Watari, Daichi; Taniguchi, Ittetsu; Goverde, Hans et al. Multi-time scale energy management framework for smart PV systems mixing fast and slow dynamics. Applied Energy. 2021, Volume 289, 116671, doi: 10.1016/j.apenergy.2021.116671 Iwabuchi, Koki; Kato, Kenshiro; Watari, Daichi et al. Flexible electricity price forecasting by switching mother wavelets based on wavelet transform and long short-term memory. Energy and AI. 2022, Volume 10, 100192, doi: 10.1016/j.egyai.2022.100192
参考URL	
キーワード	スマートビルディング、エネルギーマネジメントシステム、蓄電池、スマート家電、太陽光エネルギー



エネルギー計画モデルの多面的な効率性評価

情報科学研究科 情報数理学専攻

教授 森田 浩

特任研究員 Sudlop Ratanakuakangwan



<https://researchmap.jp/read0042934>



https://researchmap.jp/ratanakuakangwan_sud

研究の概要

本研究では、多目的最適化と包絡分析法DEAによる効率性測定の考え方を組み合わせ、エネルギー要件と不確実性シナリオを考慮した最も効率的なエネルギーミックスを決定するフレームワークを提供している。提案モデルでは、エネルギー需要、コスト、環境への影響、セキュリティ、社会的影響、および社会的利益に関連する要件を満たすための多目的関数が用いられ、スラック規準型尺度を用いた効率性分析によって、生成された代替案から最適エネルギーミックスを決定する方法を示している。不確実性シナリオを考慮しつつ、発電量、直接雇用、再生可能エネルギー発電量を最大化し、経済的成本、二酸化炭素排出量、社会的コスト、発電所依存度を最小化するようなエネルギーミックスを求めている。

研究の意義と将来展望

本研究では、2段階の効率性測定方法が用いられており、多目的関数を適用してあらゆる可能性を考えた第1段階の結果から、グループ別の効率性測定による第2段階において最適なエネルギーミックスを決定している。これは、一連の要件と不確実性のシナリオの下での定量的な評価を示すものであり、適切なエネルギー政策を立案する際に有効となるものである。

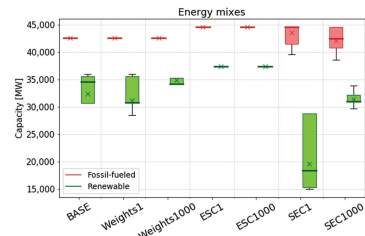


図1 不確実性シナリオの下での7つの方針に対する最適エネルギーミックス

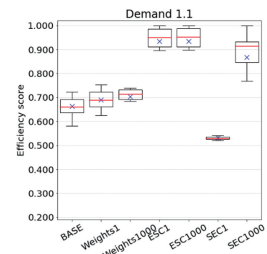
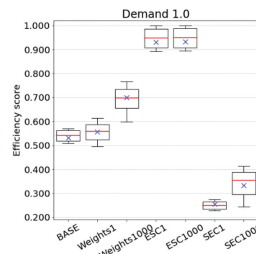
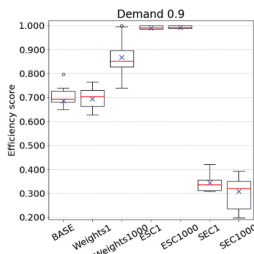


図2 需要シナリオによって分類した効率性スコアの変動

特 許

論 文

参考URL

キーワード

Ratanakuakangwan, S; Morita, H. Multi-aspect efficiency measurement of multi-objective energy planning model dealing with uncertainties. Applied Energy 2022, 313:118883. doi: 10.1016/j.apenergy.2022.118883

多目的最適化、効率性測定、エネルギー計画、最適エネルギーミックス、スラック規準型尺度



住宅・建築物ストックのエネルギー需要のモデリングと脱炭素化に関する研究

工学研究科 環境エネルギー工学専攻

准教授 山口 容平

Researchmap <https://researchmap.jp/read0140668>



研究の概要

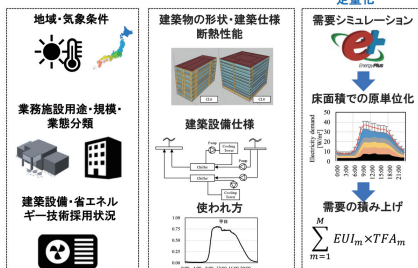
本研究は、住宅・建築物ストック全体のエネルギー需要、二酸化炭素排出量を推計するシミュレーションモデルを開発しています。開発モデルは、①ストック全体の需要を個々の住宅・建築物のエネルギー需要の合計として定量化していること、②個々の住宅・建築物のエネルギー需要推計において人の行動を模擬していること、③ストック構成の多様性、経年変化を考慮していることにより、ストックの脱炭素化のために必要となる分析機能を備えた仕様に設計されています。

研究の意義と将来展望

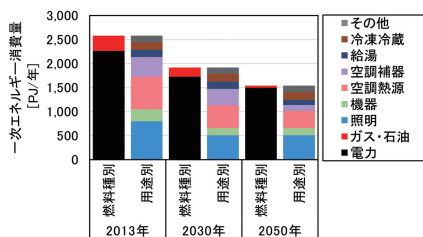
住宅・建築物ストックの脱炭素化は重要な課題です。日本政府は2030年度までに2013年比で二酸化炭素排出量を半減し、2050年度までにゼロ（カーボンニュートラル）にする目標を掲げています。目標実現のためには、住宅・建築物・エネルギー消費機器の省エネルギーによるエネルギー需要の削減、暖冷房・給湯などエネルギー源の電化、太陽光発電等再生可能エネルギーの利用など、様々な技術的対策の導入が必要です。行動変化を含む生活様式の変更も注目されています。「これらの対策をいつ、どの程度導入する必

要があるのか？」を明らかにすることができれば、二酸化炭素排出量の削減目標達成のために必要な政策や技術開発の設計に貢献することができます。

(1) ストックの類型化 (2) 代表モデルの作成 (3) エネルギー需要定量化



業務部門を対象とするモデルの概要



日本の業務部門を対象とするエネルギー需要の推計結果

特許

論文

Yamaguchi, Yohei; Yoshizawa, Shinya; Shimoda, Yoshiyuki et al. Feasibility assessment of net zero-energy transformation of building stock using integrated synthetic population, building stock, and power distribution network framework. *Applied Energy* 2023; 333: 120568. doi: 10.1016/J.APENERGY.2022.120568
 Li, Yuanmeng; Yamaguchi, Yohei; Shimoda, Yoshiyuki. Impact of the pre-simulation process of occupant behaviour modelling for residential energy demand simulations. *J Build Perform Simul* 2022; 15: 287-306. doi: 10.1080/19401493.2021.2022759
 Yamaguchi, Yohei; Kim, Bumjoon; Shimoda, Yoshiyuki et al. Building stock energy modeling considering building system composition and long-term change for climate change mitigation of commercial building stocks. *Appl Energy* 2022; 306: 117907. doi: 10.1016/J.APENERGY.2021.117907

参考URL

<http://www.see.eng.osaka-u.ac.jp/seeue/seeue/>

キーワード

気候変動対策、エネルギー需要推計、脱炭素化、民生部門

