

量子物性物理学研究室

1. メンバー

教授： 石橋 晃 011-706-9423 i-akira@es.hokudai.ac.jp

准教授： 近藤 憲治 011-706-9424 kkondo@es.hokudai.ac.jp

学生： 周 子凌(D2)、王 瀟涵(M2)、成瀬貴彦(M2)、高橋一仁(M2)、加藤直人(M2)、王 昱博(M2)、呉禾(M1)、呉丹(M1)、高見凌央(B4)

2. 研究成果

トップダウン系に対するアンチテーゼとして最近その重要性が認識されてきた一つの流れは、自律分散型相互作用など内在的ルールにより構造が決まっていくボトムアップ系である。バイオ系に代表される自律分散系の他、たとえば半導体量子ドットなど無機物のセルフアセンブル系を含め、広くボトムアップ系に期待が集まっている。しかしながら、両系は未だに専ら独立で、トップダウン、ボトムアップ両系の間に橋渡しする事は極めて重要にも係らず、未だ実現されていない。従来の「ボトムアップとトップダウンの統合」が両者のいいとこ取りでナノ構造を作るというものであったのと異なり、当研究室では両者の相互乗り入れを可能とする和集合の観点から取り組んでいる。両者の構成原理が大きく異なるため容易ではないが、もしトップダウン・ボトムアップの両系を繋ぐことができれば、今後ナノテク・ナノサイエンス分野で得られる新しい効果や機能を既存の Si ベースの IT 基盤やエネルギー・環境インフラ構造と接続し相乗効果を引出すことができる。当研究室では、このような課題を解決しながら、新しい量子機能・高機能デバイス、光電変換システム創出を目指した研究を実験と理論の両面から進めている。

SDGs (*Sustainable Development Goals*: 持続可能な開発目標) の観点からも、視点をアトム(Atom)・ビット(Bit)・エネルギー(Energy)/環境(Environment)空間 [ABE²空間] において、今後ナノテク・ナノサイエンス分野で得られる新しい効果や機能を既存の Si ベースの IT インフラ構造と接続し相乗効果を引出し、最終的にナノとマクロを結合したいと考える。特に、クリーンルーム技術と在来型太陽電池における空間的な機能縮退を解消し、組み替えることにより、新しいエネルギー・環境科学技術(New Energo-environmental system: EES) を実現することを目指している。

(a) 新型光電変換システムと極限高潔環境 (Clean Unit System Platform: CUSP) の展開

光を収穫する Photo-reception 部分(受光部)とこの光を電力化する光電変換する Photoelectro-conversion 部(発電部)を空間的に分離しつつ、2次元的に接続する(2-Dimensional PhotoRecepto-Conversion Scheme: 2DPRCS)というアイデアに拠って、発電と給電という今までは独立して議論されることの多かった2つの分野が遭遇してきた困難を一気に解消することを目指している。一つの応用として、円柱側面 2 DPRCS を用いたランプポストは、風圧等もうまく逃すことができ、シンプルにして頑丈な構造となるとともに、円柱の対称性と最表面の光進行方向変換層 (PDC) のお陰で、太陽の方位や仰角を気にすることなく、安定した光電変換出力が得られると期待される。導波路のコア層に隣接して白色層を置いて、そこでの散乱を利用した光導波による 2 DPRCS 太陽電池 (Reflection Solar Concentrator: RVC) の可能性を探った。図 1 に示すように直径 50 mm の円柱側面上の RVC の実現可能性の検証を行った。図 1 上部に示すように、白色層を導波路の内側面に配置した RVC 構造において、向かって左下の導波路端に置かれた光パワー測定器の表面で RGB 各色のレーザー光が散乱されており、写真で上部に置かれた各色のレーザーポインターからの入射光が湾曲導波路の左下端まで導波されていることが判り、円柱側面 RVC の原理確認に成功した。円柱側面導波路に垂直に光を入射させ、

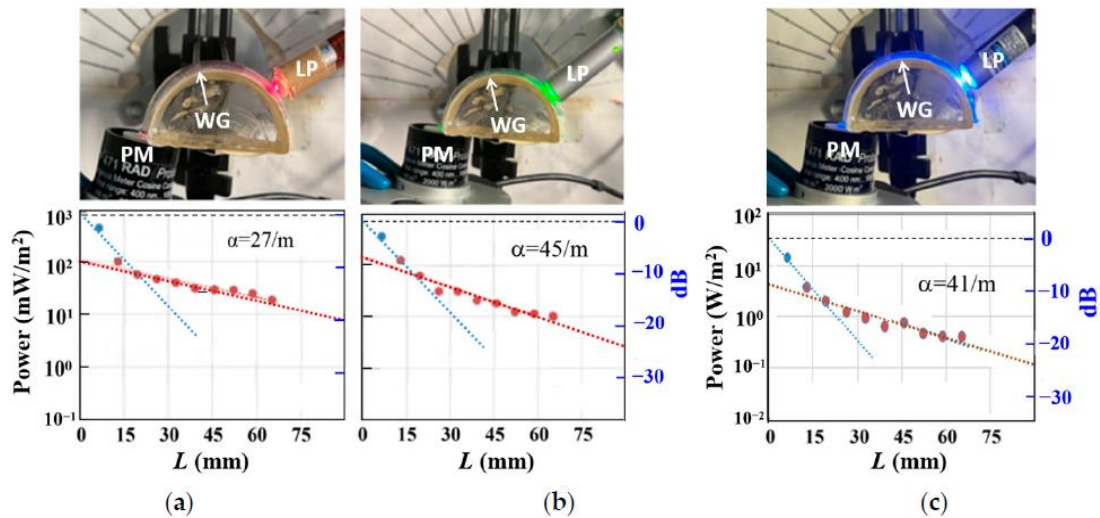


図 1 2DPRCS の一例としての RSC 導波路の実験。a) 赤色光、b) 緑色光、c) 青色光、の導波実験。

RSC の端におかれた光パワー検出器で測定した光パワーを円柱側面に沿った距離の関数として測定した結果を図 1 下部に示す。図中に示す通り、RGB の各光について減衰係数が求めたが、これらの値は、平面タイプの RSC 導波路の光減衰係数の値とほぼ同等であり、直径 50 φ 円柱側面の湾曲そのものによる悪影響は無いと考えられる。円柱側面を利用した 2DPRCS 導波路の実現に向け朗報であると考えられる。

(b) 極限高潔浄環境 (Clean Unit System Platform: CUSP) の展開

大規模な半導体クリーンルームに留まらず、一般的な住宅やワークプレイス・オフィスで構成する各部屋においても無菌・無塵環境は、今後益々重要となる。このよう流れの中で、CUSP システムを応用し、災害時でも新型コロナウイルス等を拡大させない、感染症まん延防止用対策用新 CUSP システム「CAQLEA (カクリア)」を実現したが (物質・デバイス拠点事業基盤共同研究において飛栄建設 (株) 共同)、台湾国立成功大学 Institute of Medical Informatics と共同で、CAQLEA の高潔浄性を利用した睡眠品質評価に向けての基礎実験を行った。

CUSP のクロズドエアフローシステム性により、図 2 に示すような各種の重要パラメータをモニタリングできることが判った。CUSP はその内外等圧性により、新型コロナ等空気感染が危惧される感染症をうつさず・

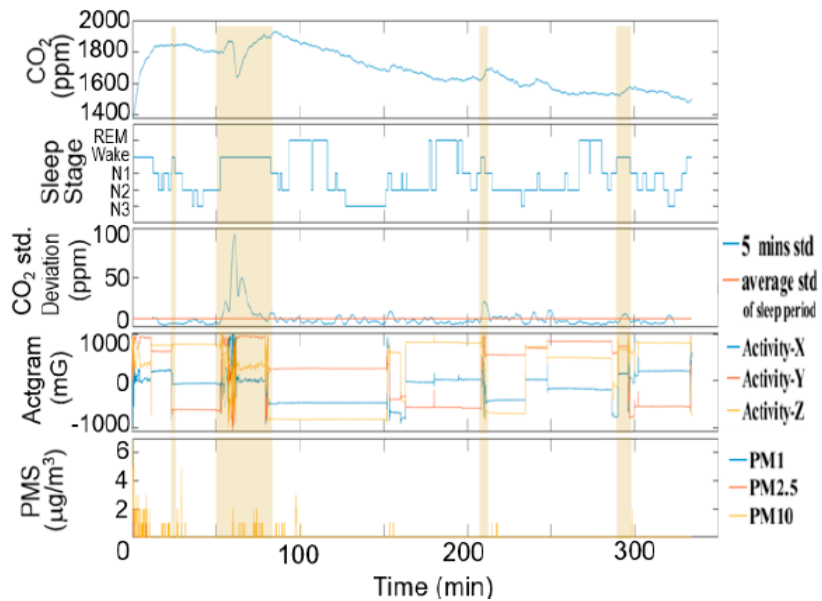


図 2 閉環境 CAQLEA における各種パラメータの測定実験。上から、睡眠中の CO₂ 濃度、睡眠ステージ、CO₂ 濃度の標準偏差、腕につけた加速度計の値、PM1, 2.5, 10 の各微粒子密度の時間変化を示す。

うつされない(相互感染リスクゼロの)究極的な安全・安心システムとなると期待される。

3. 成果発表 (レフェリー制のあるジャーナルには * 印を付ける)

<原著論文>

- 1) *Y. Wang, X. Hong, D. Wu, H. Wu and **A. Ishibashi**: “Cylindrical Waveguides and Multi-Junction Solar Cell Investigated for Two-Dimensional PhotoRecepto-Conversion Scheme”, *Photonics*, 10(3): 299-1–299-12 (2023)
- 2) ***A. Ishibashi**, S. Liang, N. Kato, Z. Zhou, T. Hsieh, J. Matsuda and N. Sawamura: “Designing coupling of 2-Dimensional PhotoRecepto-Conversion Scheme (2DPRCS) with Clean Unit System Platform (CUSP)”, *Energies*, 16(4): 1838-1–1838-13 (2023)

<著書>

<特許>

・国際特許

・国内特許

1. **石橋 晃** : 特願2022-067912、清浄環境システムおよびエネルギー環境システム、2022年04月15日

4. 学術講演

4-1. 学術講演 (国際学会・国際シンポジウム)

<招待講演>

<一般講演>

- 1) ***A. Ishibashi**, Z. Zhou, S. Liang, T. Hsieh and M. Yasutake: “Compact Clean Unit System Platform (CUSP) for Quality-of-life Improvement”, *IEEE 11th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2022) OS-QOL(1)-1*, (2022-10)
- 2) ***A. Ishibashi**, N. Sawamura, Z. Zhou, X. Hong, X. Wang, Y. Wang and N. Kato: “Lifting off spatial functional degeneracies in solar cells and clean rooms, where does it lead us for mitigating climate change in cities?”, *The 4th Optical Wireless and Fiber Power Transmission Conference (OWPT2022): OWPT-4-03*, Yokohama, Japan (2022-04)

《ポスター発表》

- 3) Z. Zhou*, S. Liang, N. Kato, T. Hsieh, J. Matsuda, N. Sawamura and **A. Ishibashi**: “Application of Two-Dimensional PhotoRecepto-Conversion Scheme (2DPRCS) to compact Clean Unit System Platform (CUSP)”, *The 5th Optical Wireless and Fiber Power Transmission Conference (OWPT 2023), OWPTp-03*, Yokohama, Japan (2023-04)
- 4) D. Wu*, Y. Wang, X. Hong, H. Wu and **A. Ishibashi**: “Solar Cells with Cylindrical Waveguide based on Two Dimensional PhotoRecepto-Conversion Scheme (2DPRCS)”, 第17回再生可能エネルギー世界展示会&フォーラム (Renewable Energy 2023), 東京ビッグサイト (東京都), Japan (2023-02)
- 5) H. Wu*, S. Liang, D. Wu, Z. Zhou and **A. Ishibashi**: “Handy jump-up Clean unit system platform (CUSP)”, 第17回再生可能エネルギー世界展示会&フォーラム (Renewable Energy 2023), 東京ビッグサイト (東京都), Japan (2023-02)
- 6) Z. Zhou*, S. Liang, X. Wang, D. Wu, H. Wu and **A. Ishibashi**: “Metabolism study of bunashimeji using clean unit system platform (CUSP)”, *The 23rd RIES-Hokudai International Symposium*, Sapporo, Japan (2022-12)
- 7) D. Wu*, Y. Wang, X. Hong, H. Wu and **A. Ishibashi**: “Cylindrical-waveguide-based two-Dimensional PhotoRecept-Conversion Scheme (2DPRCS) for Solar Cells”, *The 23rd RIES-Hokudai*

- International Symposium, Sapporo, Japan (2022-12)
- 8) H. Wu*, S. Liang, D. Wu, Z. Zhou and **A. Ishibashi**: “Flow-rate dependence of cleanliness in a new clean unit system platform (CUSP), CAQLEA”, The 23rd RIES-Hokudai International Symposium, Sapporo, Japan (2022-12)
 - 9) Y. Wang*, N. Kato, N. Sawamura and **A. Ishibashi**: “Planar and cylindrical waveguide-based 2D-PhotoRecepto-Conversion Scheme (2DPRCS)”, The 33rd International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-33), Nagoya Congress Center, Japan (2022-11)
 - 10) N. Kato, N. Sawamura and **A. Ishibashi**: “Discrete Translational Symmetry Waveguide (DTSWG) for a New Photovoltaic System”, The 4th Optical Wireless and Fiber Power Transmission Conference (OWPT2022): OWPT-P-03, Yokohama, Japan (2022-04)
 - 11) Y. Wang, X. Hong and **A. Ishibashi**: “Cylinder Waveguide Based on Polydimethylsiloxane(PDMS) for Solar Cells”, The 4th Optical Wireless and Fiber Power Transmission Conference (OWPT2022): OWPT-P-04, Yokohama, Japan (2022-04)

4-2. 学術講演（国内学会・国内その他）

<招待講演>

<一般講演>

《口頭発表》

- 1) 周子凌*, Liang Sheng-Fu, 王瀟涵, 吳丹, 吳禾, **石橋 晃**: 「クローズドエアフローシステム清浄環境下のブナシメジ・エノキタケの代謝の研究」、日本菌学会 第66回大会、オンライン開催、Japan (2022-08)

《ポスター発表》

- 2) Z. Zhou*, Y. Ishigaki, D. Wu, H. Wu, T. Mori and **A. Ishibashi**: “高清浄・省エネルギー クローズドエアフローシステムの開発”, The 8th Hokkaido University Cross-departmental Symposium 第8回北海道大学部局横断シンポジウム, Hokkaido University, Japan (2022-10)

5. 国際学会および国際シンポジウムの組織

<組織・運営委員>

1. **石橋 晃**: 第23回電子研-北大国際シンポジウム組織委員会委員長、北海道大学 鈴木章ホール (札幌) (2022年12月5日~2022年12月6日)
2. **石橋 晃**: 第5回 Optical Wireless Power Transmission Conference, Program Committee (2022年10月01日~2023年04月30日)
3. **近藤 憲治**: 第23回電子研国際シンポジウム組織委員会 (2020年4月1日~2020年12月31日)

7. 科研費、助成金等の取得状況

- 1) 研究代表者 **石橋 晃**: ニシム電子工業共同研究 「非対称平面導波路結合高効率太陽電池の研究開発」、2022年度、4000千円、
- 2) S. Liang, T. Hsieh (台湾国立成功大学) and **A. Ishibashi**: 令和4年度 物質・デバイス領域共同研究(基盤共同研究): “清浄環境CUSPを利用した睡眠品質解析の検討”, 400千円
- 3) 榎本 良治(東京大学宇宙線研究所)、**石橋 晃**: 令和4年度 物質・デバイス領域共同研究(基盤共同研究) 「放射線検出器 γ Iと清浄環境CUSPの結合の展開」、150千円
- 4) 松岡 隆志(東北大学未来科学技術共同研究センター)、**石橋 晃**: 令和4年度 物質・デバイス領域共同研究(基盤共同研究) 「ラテラル方向に組成の傾斜したInGaAlN層に基づくマルチストライプ フォトン・フォトキャリア直交型太陽電池の研究」、150千円
- 5) 安武 正弘(日本医科大学)、**石橋 晃**: 令和4年度 物質・デバイス領域共同研究(基盤共同

研究)「新清浄環境技術Clean Unit System Platform (CUSP)の健康増進・医療応用に関する研究」、150千円

- 6) 松田 順治(飛栄建設株式会社)、石橋 晃: 令和4年度 物質・デバイス領域共同研究(基盤共同研究)「就労・居住・静養空間への清浄環境CUSPの展開の検討」、150千円

8. その他

[国内外の学会・委員会の役職]

- 1) 石橋 晃 : 産業技術総合研究所客員研究員 (ミニマルファブシステム研究会) 2010年 - 現在)
- 2) 石橋 晃 : 国立研究開発法人科学技術振興機構 (専門委員) (2022年04月14日 ~ 2024年03月31日)
- 3) 石橋 晃 : レーザ学会光無線給電技術専門委員会委員
- 4) 石橋 晃 : 光給電検討委員会委員
- 5) 近藤憲治 : Editorial Board Member for Scientific Reports (published by Nature Publishing Group). (2016年- 現在)
- 6) 近藤憲治 : 磁気学会 スピントロニクス専門研究会 世話人(2019年4月- 現在)

[併任・兼業]

- 1) 石橋 晃: シーズテック株式会社 (北海道大学発ベンチャーカンパニー) 技術担当取締役 (CTO) (2007.04 - 現在)

[新聞・雑誌・放送等]

[教育活動]

石橋 晃 :

○ 修士論文主査

1. 王 瀟涵 : 「Clean Unit System Platform (CUSP) and developing connected CUSP Booths」
2. 王 昱博 : 「二次元光電変換スキーム(2DPRCS)のための円筒型太陽電池機構」

○ 修士論文副査

1. 成瀬 貴彦 : 「反強磁性体中の磁気スカーミオンのダイナミクスに関する理論研究と論理ゲートの提案」
2. 高橋 一仁 : 「トポロジカルに保護された渦状磁気構造の安定する領域とダイナミクスに関する理論研究」

近藤 憲治:

○ 修士論文主査

1. 成瀬 貴彦 : 「反強磁性体中の磁気スカーミオンのダイナミクスに関する理論研究と論理ゲートの提案」
2. 高橋 一仁 : 「トポロジカルに保護された渦状磁気構造の安定する領域とダイナミクスに関する理論研究」

○ 修士論文副査

1. 王 瀟涵 : 「Clean Unit System Platform (CUSP) and developing connected CUSP Booths」

[学会会員]

石橋 晃

日本物理学会
応用物理学会
IEEE (Senior Member)
レーザー学会
Materials Research Society of Japan
日本空気清浄協会

近藤憲治

日本物理学会
応用物理学会
日本磁気学会
日本数学会
米国 **Material Research Society**