

▶ 光化学ディビジョン

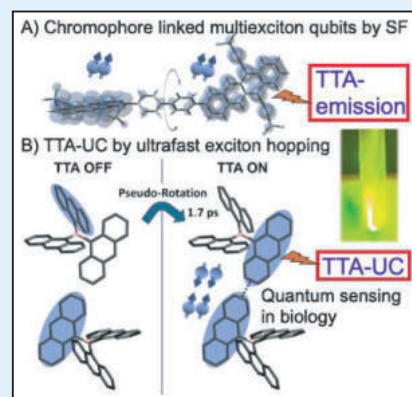
励起子の高速運動が導く スピン量子効果と光エネルギー変換 Spin Quantum Effect on Light-energy Conversion by Vibronic Motion of Exciton

調和的な量子性を示す光誘起量子コヒーレンスが生命現象を含む様々な凝縮系で見いだされ、「第二量子革命」を契機とする分子性スピントロニクスへの展開に大きな期待が寄せられる。一光子励起で三重項励起子2つを生成する一重項分裂 (SF: 図 1A)^{1,2)}や、2つの三重項励起子から短波長発光を示す一重項励起子を生成する三重項-三重項消滅アップコンバージョン (TTA-UC: 図 1B)³⁾などの中間状態において励起子ペアのスピン多重度変化が高効率化の鍵を握る。凝縮系における分子集合体構造や連結分子発色団の立体効果と異方的分子振動を活用することで、五重項や四重項、量子重ね合

わせ状態などの量子ビットが光エネルギー変換を起こす様子を、中間体の磁気的相互作用から生じた電子スピン遷移をナノ秒領域で直接観測できる時間分解電子スピン共鳴法や蛍光検出磁気共鳴法で調べる事が可能になってきた (図 1)¹⁻⁴⁾。

このような量子技術の進展を踏まえると、今後は分子振動や分子集合体のフォノンを巧みに設計・制御して利用する光エネルギー変換デバイス開発が進み、人体に害のない近赤外光を利用する光線力学的ながん治療やその細胞内部のミクロな流体環境センシングへの応用、MRI 計測の高感度化など幅広い分野への展開が期待される。

- 1) S. Matsuda et al., *Chem. Sci.* **2020**, *11*, 2934.
- 2) T. Hasobe et al., *ACS Energy Lett.* **2022**, *7*,



390.

- 3) K. Higashi et al., *Angew. Chem., Int. Ed.* **2025**. doi: 10.1002/anie.202503846
- 4) Y. Kobori et al., *J. Chem. Phys.* **2025**, *162*, 054505.

小堀康博 神戸大学分子フォトサイエンス研究センター
© 2025 The Chemical Society of Japan

▶ コロイド・界面化学ディビジョン

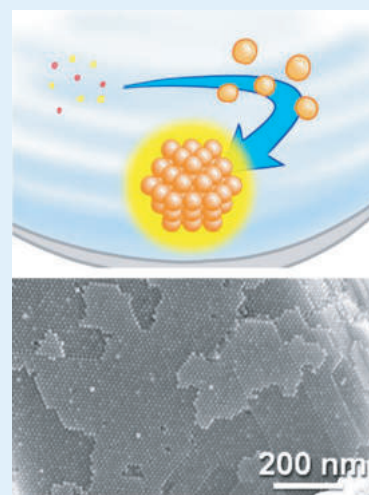
無機ナノ粒子の液相自己集合による 三次元超格子の形成 Formation of Three-Dimensional Superlattices by Liquid-Phase Self-Assembly of Inorganic Nanoparticles

ナノ粒子が規則的に最密充填した集合体 (超格子) を形成すると、近接粒子間の相互作用により協奏的物性が発現すると期待される。広範な無機物質からなるナノ粒子超格子を得られる迅速で汎用性の高い手法が確立されれば、これまで未開拓だった超格子の網羅的な機能評価が可能となる。

最近、ナノ粒子合成中に成長したナノ粒子が、増加したファンデルワールス (vdW) 引力によって反応液相中で自己集合し三次元超格子が自発的に生成する系がいくつか見つかった¹⁻⁴⁾。物質普遍的に存在する vdW 引力を駆動力とし

ているため、あらゆる物質のナノ粒子に適用できる汎用的なアプローチである。実際に、Pd, Fe, Ni などの金属、PbS, Cu₂S などのイオン結晶からなる三次元ナノ粒子超格子の形成が報告されている。また、放射光を利用することで液相中の分散ナノ粒子からの散乱と超格子の周期構造由来の回折が検出可能であり、ナノ粒子の核形成から集合までの過程をリアルタイムで観測することも可能になっている。今後物質のバリエーションや個々の粒子形状制御などにより、多様な構造の超格子が得られれば、様々な分野において新しいタイプの物質群としての展開が期待できる。

- 1) C. J. Tassone et al., *Nature* **2017**, *548*, 197.
- 2) M. Saruyama et al., *J. Am. Chem. Soc.* **2022**, *144*, 5871.



- 3) M. Saruyama et al., *Chem. Sci.* **2024**, *5*, 182.
- 4) M. Saruyama et al., *Nano Res.* **2025**, *18*, 94907284.

猿山雅亮 京都大学化学研究所

© 2025 The Chemical Society of Japan

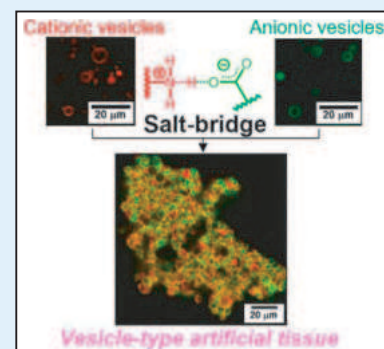
塩橋によるベシクル型人工組織の
創出と機能開拓

Construction and Functional Exploration
of Vesicle-Based Artificial Tissues via
Salt Bridges

多細胞生物は、細胞同士が秩序立って集合し、組織・器官といった階層構造を形成することで、個々の細胞では実現できない信号伝達や自己修復といった高次機能を発現する。このような階層的・協調的な機能発現を人工系で再構築することは、生命の本質的な理解に資するとともに、次世代のソフトマテリアル創出にも直結する重要課題である。筆者らはこれまでに、イオン結合と水素結合を合わせた塩橋相互作用に着目し¹⁾、多数のベシクルの集合による人工組織体の構築を実現した。ベシクルにアゾベンゼン化合

物や磁性ナノ粒子を導入することで、光や磁場に応答して組織全体が協調的に収縮・移動する動的挙動も示された。さらに、切り離れた組織同士を再び接触させることで元の構造に戻る自己修復性や、ベシクルに酵素反応系を組み込むことで化学信号の伝播機能も実現した²⁾。こうした多機能性を、センチメートルスケールの繊維状構造として成形する技術を開発し、複数の機能モジュールを直列に配置することにも成功した³⁾。

本成果は、単一分子・単一ベシクルの機能をを超えて、動的かつ階層的に統合された自立型人工組織を創出する新たな指針を示すものである。環境刺激に応答しながら構造や機能を可逆的に変化させる本手法は、ソフトロボティクス、組織工



学、反応場材料など多様な応用に資する革新的な材料設計戦略となる。

- 1) R. Mogaki et al., *Chem. Soc. Rev.* **2017**, 46, 6480.
- 2) T. Kojima et al., *Small* **2024**, 20, 2311255.
- 3) T. Kojima et al., *Adv. Sci.* **2025**, 12, 2409066.

伴野太祐 慶應義塾大学理工学部

© 2025 The Chemical Society of Japan

核酸の非標準構造を標的とした
神経変性疾患治療の可能性

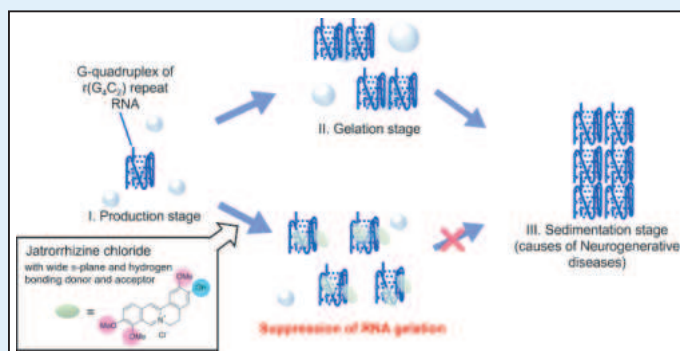
Therapeutic Strategies Targeting
Non-Canonical Nucleic Acid Structures
for Neurodegenerative Diseases

細胞内は生体高分子で混み合う分子クラウディング環境であり、核酸は四重らせん構造などの非標準構造を安定に形成して機能する。細胞内環境は細胞種や場所、時間で変化するため、疾患細胞での核酸構造形成と機能制御が注目されている¹⁾。

C9orf72の非コード領域におけるG₄C₂リピート配列の伸長は、筋萎縮性側索硬化症(ALS)や前頭側頭型認知症(FTD)などの神経変性疾患の遺伝的原因である。リピート配列から転写されたRNAは、グアニン四重らせん構造(RNA G4)を形成し、ペプチドとともに集積し、神経変性疾患の発症や進行に関連する。これまでに分子クラウディング環境や誘電率の低下がRNA G4の安定化と凝集促進

に寄与することが示されている²⁾。筆者らはこの凝集促進環境を用いたスクリーニングを行い、179種の化合物から凝集抑制効果を持

つ4化合物を同定した³⁾。物理化学解析と分子動力学シミュレーションによりヒット化合物はRNA G4のグアニン平面やループ部分に結合し、RNA G4間のスタッキング相互作用を阻害することにより、RNA凝集体の形成を抑制していることが示唆された(図)。さらに、これらのヒット化合物は細胞内に人工的に形成させたG₄C₂リピートRNAとGRリピートペプチドによる凝集体の形成抑制にも効果的であった。本研究で得られた知見



はRNAリピートが引き起こす神経変性疾患の治療法の確立に繋がるものと期待できる。

- 1) S. Matsumoto et al., *Top. Curr. Chem.* **2021**, 379, 17.
- 2) H. Tateishi-Karimata et al., *Biochemistry* **2020**, 59, 1961.
- 3) S. Matsumoto et al., *Small Methods* **2025**, 9, 2401630.

松本 咲 甲南大学(現所属 キリンホールディングス株式会社)

© 2025 The Chemical Society of Japan