

吉沢 道人氏 (東京科学大学総合研究院化学生命科学研究所・教授)

Michito Yoshizawa



(業績)「芳香環カプセルを活用した多機能空間材料の開発」

Development of Aromatic Capsule-based Multifunctional Cavity Materials

生体はペプチドの自己組織化により、柔軟なタンパク質骨格に囲まれたナノ空間を精密に形成することで、水中・穏和な条件で優れた生物機能を発現する。一方、フラーレンやカーボンナノチューブは、共有結合で連結された剛直な芳香環骨格からなるナノ空間で、特異な化学物性を発現する。吉沢氏は、有機合成化学と超分子化学を組み合わせたアプローチで、生体と人工の空間的特徴を融合し、“剛直”と“柔軟”な「芳香環ナノ空間」を有する2種類の水溶性カプセル化合物を作製した。最近の約10年間で、それらの利便性と汎用性の高い多機能空間材料としての活用法を開発した。以下に、同氏の代表的な研究業績を紹介する。

1. 物性化学的な活用空間

配位点を含む湾曲型の芳香環パーツを金属イオンにより自己組織化することで、水溶性の芳香環カプセルを作製した。その剛直な芳香環ナノ空間内では、通常の溶液や固体状態と異なる特異な物性化学が発現した。例えば、本来、相互作用しない2種類の蛍光性分子を芳香環カプセルにペア選択的に内包することで、直接的な化学修飾を必要としない多色発光を達成した。また、芳香環空間では、近接分子間での特異なレドックス相互作用の観測やボウル型分子の反転運動を制御できる。さらに、芳香環カプセルのらせん骨格に着目し、その巻き方向をカプセル外面への糖修飾で遠隔制御することに成功した。この芳香環らせん空間を活用することで、蛍光性分子や球状フラーレンへの最高レベルの効率的なキラリティ転写を実現した。

2. 材料化学的な空間応用

親水基を導入した湾曲型の芳香環パーツを水中で、 π - π 相互作用と疎水効果により自己組織化することで、水溶性の芳香環カプセルを作製した。この柔軟な芳香環ナノ空間を活用して、種々の色素分子やナノカーボン、平面や立体的な金属錯体、芳香族高分子などのカプセル化により、幅広い分子機能と新たな材料プロセスを開拓した。具体的には、湾曲型芳香環パーツとの固体混合・水添加・超音波照射・分離により、無修飾で難/不溶性の直鎖状芳香族高分子の内包による効率的な水溶化とその溶液状態での構造および物性解析に初めて成功した。

また、内包物の放出により、薄膜高分子フィルムの簡便作製を達成した。

3. 合成化学的な空間利用

合成化学の道具として芳香環ナノ空間を活用し、活性種の安定化や高効率・高選択的な反応を達成した。例えば、柔軟な芳香環カプセルに疎水性の金属錯体や有機光触媒を内包したカプセル触媒を作製することで、水中、穏和な条件で効率的かつ触媒的な酸化反応やカップリング反応が進行した。また、硫黄化合物の選択的合成は、溶解性・反応性・解析法の観点から困難であるが、剛直な芳香環カプセルの活用でこれらの課題を解決した。実際に、カプセル内に2分子の環状硫黄を内包して光照射することで、1分子の大環状硫黄の選択的合成と構造解析に成功した。

4. 生物化学的な利用空間

芳香環カプセルを活用して、水中・室温で特定の生体分子の高効率かつ高選択的な捕捉と高感度な検出を達成した。剛直な芳香環カプセルは水中で、単糖や二糖の混合物から、ショ糖を選択的に捕捉した。また、人間の味覚レセプターと同じく、ショ糖と人工甘味料の混合物から、後者をより強く捕捉した。さらに、分子構造が類似した男性と女性のステロイドホルモンの混合物から、優れた選択性で男性ホルモンの捕捉に成功した。カプセル骨格の微改変で女性ホルモンも捕捉できる。水中で、特定のモノテルペンやジペプチドも選択的に捕捉できた。これらの前例のない高選択的な捕捉能は、芳香環カプセル空間と基質のサイズと形状の相補性と多点分子間相互作用に起因する。

以上のように吉沢氏は、独自に設計したカプセル化合物の芳香環ナノ空間の機能を探求し、広範な研究および開発の分野で活用できる多機能空間材料を創出した。これらの成果は、超分子化学との融合により、有機合成化学の新たな発展性を提示している。同氏の芳香環カプセルに関する研究業績は、国内外の学術のみならず産業にも貢献する独創的かつ革新的なものであり、有機合成化学協会の富士フィルム・機能性材料化学賞に値すると認め、ここに選定した次第である。