

A3-01 水圏機能材料の電子・イオン機能開拓

田中 求^{1,2}・(京大高研¹・ハイデルベルク大²)

SDGs 目標 6 に「安全な水とトイレを世界中に」とうたわれるように、世界規模で見れば安心安全な水は「当たり前」にタダで手に入るものではない。樹木を植えて水中の重金属イオンを除去する「ファイトレメディエーション」は、植物の持つファイトケラチンというタンパク質が非常に高感度でカドミウムなどの重金属イオンを選択的に捕捉し液胞内に閉じ込めるという仕組みを活用したものである。そこで本研究では、ファイトケラチンの構造に着想を得た合成高分子を高集積化させることで、「生物にならい、生物を超える」水圏イオン材料を創出することに挑んだ (図 1)。

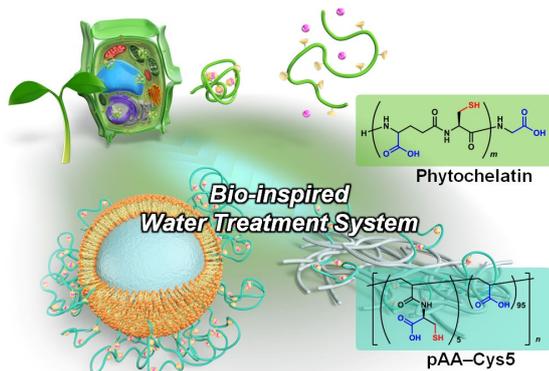


図 1 生物着想水圏イオン材料を用いた有害重金属イオンの除去

ファイトケラチンの γ -Glu-Cys という比較的単純な周期構造から着想を得て、-COOH 基と-SH 基を兼ね備えた、ポリアクリル酸を主鎖に持つ pAA-CysN (N は Cys 側鎖を持つモノマーのモル比) という共重合体を合成した。最も高い捕捉能を持つ pAA-Cys5 は Cd^{2+} イオンに対して Glu-Cys 配列をもったオリゴペプチドより 10^5 倍高い、選択的な親和性を示した。水圏でのイオン選択認識機能のメカニズムを解明するために、pAA-Cys5 を Supported Membrane という人工細胞膜モデル上での自己組織化を制御して超高集積化させた系を作製し、これを用いて pAA-Cys5 の選択的な Cd^{2+} イ

オン捕捉が脱水和を伴う高分子鎖の Compaction をもたらす事、それが高分子・水界面の粘弾性を顕著に変調する事を、高エネルギー X 線鏡面反射や水晶振動子マイクロバランス、実効界面ポテンシャル計算や周波数変調型原子間力顕微鏡など、多様な計測技術を用いて定量的に解明した。

最近のデータからは、界面における自己組織化技術を駆使し、pAA-Cys5 をシリカ微粒子表面に集積させたものをフロースルー型のリアクターに組み込むことによって、産業廃水レベルの濃度の Cd^{2+} イオンを含む水を、WHO が推奨する飲料水レベル ($< 0.03 \mu\text{M}$) に浄化できることが示されており、植物に着想を得た選択的イオン捕捉高分子材料が、有害重金属イオンの水圏環境の除去に活用できることを示唆している。

- 1) Tanaka, M.; Sackmann, E., *Nature* **2005**, 437 (7059), 656.
- 2) Yamamoto, A.; Hayashi, K.; Sumiya, A.; Weissenfeld, F.; Hinatsu, S.; Abuillan, W.; Nakahata, M.; Tanaka, M., *Frontiers in Soft Matter* **2022**, 2, 959542.
- 3) Weissenfeld, F.; Wesenberg, L.; Nakahata, M.; Müller, M.; Tanaka, M., *Soft Matter* **2023**, 19 (14), 2491.
- 4) Yamamoto, A.; Ikarashi, T.; Fukuma, T.; Suzuki, R.; Nakahata, M.; Miyata, K.; Tanaka, M., *Nanoscale Advances* **2022**, 4 (23), 5027-5036..

PROFILE

田中 求 (京都大学高等研究院 特任教授・ハイデルベルク大学 教授)

京都大学工学研究科にて学位取得後、1998年に渡独。ミュンヘン工科大学物理学部(Erich Sackmann 教授)にて博士研究員、2001年からはドイツ科学財団 Emmy Noether Fellow として独立グループリーダー。2005年に Habilitation 上級学位(物理学)取得後すぐ、ハイデルベルク大学物理化学研究所教授に着任、現在に至る。2007年から物理学部教授も兼任。2013年からは国際併任で京都大学でも研究を行っている。2014年ジーボルト賞をドイツ連邦共和国大統領より授与。