

環境食品応用化学科

キーワード

高分子溶液論、生体高分子、ハイドロゲル、食品レオロジー、食品テクスチャ、組織工学、細胞培養、iPS細胞、オルガノイド培養、再生組織、ソフトロボット



教授 / 博士（工学）

古澤 和也

Kazuya Furusawa

学歴

2003年 3月 群馬大学工学部 生物化学工学科（退学）大学院飛び級進級のため
2005年 3月 群馬大学大学院博士前期課程 生物化学工学科専攻 修了
2008年 3月 群馬大学大学院博士後期過程 生産工学科専攻 修了

経歴

2005年4月～2008年3月 日本学術振興会 特別研究員（DC1）
2008年4月～2008年7月 関西学院大学大学院 理工学研究科 博士研究員
2008年8月～2018年4月 北海道大学大学院 先端生命科学研究院 助教
2018年4月～2022年3月 福井工業大学 環境情報学部 環境食品応用化学科 准教授

相談・講演・共同研究に応じられるテーマ

食品材料の構造とレオロジー特性の解析/ヒト再生組織を用いた機能評価/培養肉製造技術の開発
生体高分子の溶液論に基づくソフトマテリアル開発/ヒト再生組織の組み合わせからなるヒト生体システムを用いたin vitro薬効評価/自律運動を行う生きたバイオロボットの開発

メールアドレス

kfurusawa@fukui-ut.ac.jp

主な研究と特徴

「透析法を用いた複雑な階層構造を持つ生体高分子ゲルの調製技術の確立」

組成の異なる二つの溶液を半透膜を隔てて接触させると、二つの溶液間でのイオンや低分子化合物の物質拡散が引き起こされます。この現象は透析と呼ばれており、化学や生物学の基本的な実験操作となっています。半透膜でできた袋の中にDNAやアルギン酸などの生体高分子の濃厚水溶液を入れ、これをアルミニウムイオンやカルシウムイオンを含む水溶液中に漬けてしばらく待つと、袋の中にDNAやアルギン酸のゲルを作ることができます。このゲルを偏光板を使って観察すると複屈折を持つことがわかりました。このことは、これらのゲルが異方性の構造を持つことを示唆しています。私たちは、透析法によるDNAやアルギン酸の異方性ゲル化について、実験と理論の両面から研究を行うことで、異方性ゲル化の階層構造の解明や、ゲル化の動力学の理論モデルの構築、それぞれの異方性ゲルに固有の機能や物性について多方面から研究を進めてきました。それぞれの生体高分子の異方性ゲル化に共通した特徴を整理することで、透析法による生体高分子の異方性ゲル化が高分子の種類に依らない普遍的な現象であることを解明することができました。一方で、生体高分子の種類や用いるゲル化剤の種類によって、多様な階層構造の異方性ゲルが形成されることも発見しました。このような異方性ゲルの多様性は、生体高分子がゲル化するときの物理化学的な条件の時空間的な違いや、相分離などのゲル化以外の相転移現象が透析過程で引き起こされることなどによることなどを明らかにしてきました。

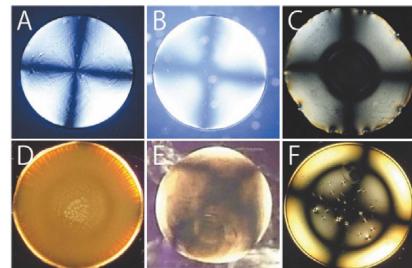


図1. 透析法で調製したいろいろな異方性ゲル。A:DNA異方性ゲル、B:アルギン酸異方性ゲル、C:カーボラン異方性ゲル、D:カルボキシメチセルロースゲル、E:シルクフィブロイン異方性ゲル、F:ゼラチン異方性ゲル

「多管構造を持つコラーゲンゲルを用いた再生組織構築技術の開発」

私たちの体の中の組織や臓器は複雑な階層構造をもつ細胞と細胞外基質の巨大な集合体です。組織や臓器の階層構造はその機能と密接に関連しています。また、一つの組織や臓器は数十億から数千億もの細胞からできています、これらの細胞の維持には血流によって運ばれてくる十分な酸素や栄養素が必要不可欠です。そのため、機能的な再生組織を構築するためには、組織や臓器の階層構造を再現しつつ、酸素や栄養素の輸送経路となる血管網を配備する方法を確立する必要があります。

コラーゲン水溶液をリソ酸緩衝液中に透析して調製したコラーゲンゲル（マルチチャネルコラーゲンゲル：MCCG）はコラーゲン分子の配向構造と多管構造を併せ持っています。MCCGの多管構造は生体内の血管の分岐構造をとてもよく模倣しており、さらに、コラーゲンは細胞外基質の主成分であることから、特殊な表面処理をしなくとも細胞が接着することができます。このような特徴から、MCCGを細胞足場素材として用いることで、酸素や栄養素の輸送経路を配備しつつ、組織や臓器の階層構造を再現することが可能です。

実際に、当研究室ではMCCGを用いて、再生骨組織、再生腎組織、再生肝組織、再生腸上皮組織、再生筋組織、そして再生神経組織など様々な再生組織を構築することに成功しております。

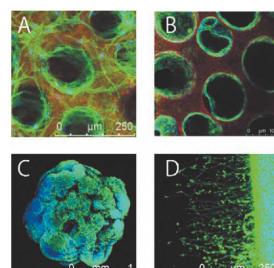


図2. MCCGを用いて構築した再生組織。A:再生骨組織、B:再生腎組織、C:再生肝組織、D:再生神経組織

今後の展望

これまで当研究室では、臓器や器官の機能や階層構造の一部を再現した、様々な再生組織の構築技術を確立してきました。現在、当研究室ではこれまでに構築した再生組織を血管や神経を介して機能的に接続するための技術を開発しています。この技術が確立することで、より複雑な異種組織間の相互作用や、生体調節機能などを培養容器中に再現することも可能になります。例えば、再生腸上皮組織と再生肝組織を組み合わせることで、お腹から吸収された栄養分がどのように肝組織で代謝されるのかを一つの培養容器中で調べることが可能となります。

また、近年多能性幹細胞や各種臓器の前駆細胞を三次元培養することで臓器や器官のミニチュアをつくるオルガノイド培養法に注目が集まっています。当研究室では、これまで研究室で積み上げてきた組織工学の技術と、オルガノイド培養法を組み合わせることで、さらに複雑な生体機能を再現するための培養系の開発にも取り組んでいます。

所属学会

日本バイオレオロジー学会
高分子学会
再生医療学会
日本MRS
日本食品化工学会
アメリカ化学会

主要論文・著書

- K. Furusawa, R. Teramae, H. Ohashi, M. Shimizu, "Development of Living "Bio-Robots" for Autonomous Actuations" *Journal of Robotics and Mechatronics*, **34**, (2022) 279-284.
S. Yahata, K. Furusawa, K. Nagao, M. Nakajima, T. Fukuda, "Effects of three-dimensional culture of mouse calvaria-derived osteoblastic cells in a collagen gel with a multichannel structure on the morphogenesis behaviors of engineered bone tissues" *ACS Biomater. Sci. Eng.*, **3**, (2017) 136-145.
K. Furusawa, S. Sato, J. Masumoto, Y. Hanazaki, Y. Maki, T. Dobashi, T. Yamamoto, A. Fukui, N. Sasaki "Studies on the formation mechanism and the structure of the anisotropic collagen gel prepared by dialysis-induced anisotropic gelation" *Biomacromolecules*, **13** (2012) 29-39.