

2021年度日本膜学会膜学研究奨励賞

2021年度日本膜学会膜学研究奨励賞受賞者は下記の通りです。表彰式は第43年会（2021年6月4～5日開催予定）において行う予定です。

2021年度日本膜学会膜学研究奨励賞受賞者

原 伸生（産業技術総合研究所）
福田達也（徳島大学、現和歌山県立医科大学）

2021年度日本膜学会膜学研究奨励賞審査委員会

委員長

後藤雅宏

審査委員

川上浩良，斎藤博幸，高野幹久，都留稔了，寺田智祐，中瀬生彦，中野 実，野村幹弘，比嘉 充，松方正彦，松山秀人，宮田隆志

● 2021年度日本膜学会膜学研究奨励賞受賞者

原 伸生（産業技術総合研究所）

研究題目

「金属有機構造体を用いた分離膜の開発と気体透過機構に関する研究」

受賞対象となる研究に関する論文等

- 1) Hara N, Yoshimune M, Negishi H, Haraya K, Hara S, Yamaguchi T : Metal-organic framework membranes with layered structure prepared within the porous support. *RSC adv.*, **3**(34), 14233-14236 (2013)
- 2) Hara N, Yoshimune M, Negishi H, Haraya K, Hara S, Yamaguchi T : Diffusive separation of propylene/propane with ZIF-8 membranes. *J. Membr. Sci.*, **450**, 215-223 (2014)
- 3) Hara N, Hasegawa Y, Tanaka H, Yoshimune M, Yamaki T, Negishi H : Development of ZIF-8 Membranes for Propylene/Propane Separation by Direct Growth on a ZnO-Modified Support without Activation. *J. Chem. Eng. Jpn.*, **53**(10), 616-625 (2020)

受賞者の研究内容

原 伸生氏は、新規多孔材料として注目される金属有機構造体（MOF）を用いた分離膜の開発と気体透過機構の解明に関する一連の研究を進めてきた。金属イオンと有機分子の配位結合から形成されるMOFには多くの構造種があり、目的とする分離対象に対して最適なMOFを選択して膜化することにより、固有の細孔径に由来する高い選択性が得られることが期待される。しかしMOFを用いた分離膜には、他の結晶性材料を用いた分離膜と同様に、結晶間の欠陥を低減する製膜法の確立が必要であり、さらに膜透過機構の解明も課題であった。

これらの課題に対して原氏は、MOFが金属イオンと有機分子の二成分から形成されることに着目し、MOF膜の欠陥を低減するために対向拡散法を用いた成膜に取り組んだ。最初に、Cu-BTC膜の成膜に取り組み、細孔径に基づいた高い気体選択透過性が得られることを報告した。続いて、ZIF-8膜の成膜を行い、分子径が極めて近いプロピレンとプロパンが拡散係数の違いに基づいて分離されることを示した。さらに、対向拡散法以外にも酸化亜鉛の層を用いた二次成長法によるZIF-8膜の成膜を行い、気体透過の

圧力依存性を基に気体透過機構を分子ふるい流・クヌッセン流・粘性流に分割して解析する手法を報告した。この解析の結果、供給圧力が高い場合に非透過成分であるプロパンは粘性流の割合が増加し、結果としてプロピレン/プロパン選択性が低下することを定量的に示した。これら一連の研究成果は、MOFの分離膜にとどまらず、結晶性の材料を用いた分離膜の開発全般に大きく寄与するものであり、膜学研究奨励賞に値するものである。

（推薦人 根岸秀之）

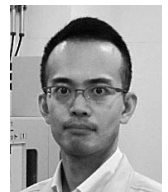
原 伸生（Hara Nobuo）

この度は、膜学会第43年会におきまして膜学研究奨励賞を頂くこととなり、大変光栄に存じます。ご審査を頂きました先生方、これまで研究を支えて頂きました共同研究者の皆様、ご関係の皆様、深くお礼を申し上げます。

本研究は、2011年に産総研に入所して以来、取り組んできたものです。MOFを使って新規な分離膜を開発し、新たな研究分野を切り開きたいと考えて研究に着手したことが思い出されます。世界的にもちょうどMOF膜の研究が始まった時期であり、その後様々な膜形成手法と膜特性の報告が急増して現在に至っています。

MOF膜は、材料は新しいものですが、膜形成手法や膜特性の解析においては、これまでの膜学の長い歴史に学ぶことが数多くありました。材料の特性では同じく結晶性のゼオライト膜に学び、成膜法においてはRO膜の界面重合法やシリカ膜の対向拡散CVD法から着想を得て、膜透過機構の解析においては拡散選択性と吸着選択性を分けて解析するタイムラグ法から多くの示唆を受けました。そして研究を進める中で、膜学が膜形成手法の開発と透過機構の解明を両輪として発展してきたことについて、認識を新たにしました。微力ながらMOFという新しい材料を使用して膜学の研究の一端を担えたのは、膜学の先人の先生方による蓄積と多くの方のお力添えによるものと、改めて感謝を申し上げます。

まだ若輩の身ではありますが、今回の受賞を励みにさらに精進し、膜学の発展に貢献していきたいと考えています。今後ともご指導ご鞭撻を賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。



福田達也 (徳島大学, 現和歌山県立医科大学)

研究題目

「脳梗塞部位の血管内皮層突破を目指した生体膜模倣微粒子の開発」

受賞対象となる研究に関する論文等

- 1) Fukuta T, Ishii T, Asai T, Oku N : Application of liposomal drug delivery system to develop neuroprotective agents for the treatment of ischemic stroke. *Biol. Pharm. Bull.*, **42**, 319-326 (2019) [Review]
- 2) Fukuta T, Yoshimi S, Tanaka T, Kogure K : Leukocyte-mimetic liposomes possessing leukocyte membrane proteins pass through inflamed endothelial cell layer by regulating intercellular junctions. *Int. J. Pharm.*, **563**, 314-323 (2019)
- 3) Fukuta T, Nishikawa A, Kogure K : Low level electricity increases the secretion of extracellular vesicles from cultured cells. *Biochem. Biophys. Rep.*, **21**, 100713 (2020)
- 4) Fukuta T, Yoshimi S, Kogure K : Leukocyte-mimetic liposomes penetrate into tumor spheroids and suppress spheroid growth by encapsulated doxorubicin. *J. Pharm. Sci.*, in press

受賞者の研究内容

福田達也博士は、生体内に存在する白血球や細胞外小胞エクソソームが血管内皮層を透過する性質に着目し、その機能を生体膜モデルリポソームへ付与することで、血液脳関門BBB等の血管内皮層の突破とそれによる疾患治療を可能とする生体膜模倣微粒子の開発を達成すべく、研究に従事してこられた。福田博士の研究内容を以下に紹介する。

福田博士は、脳梗塞部位においてBBBの透過性が亢進する現象に着目され、ナノサイズの脂質膜小胞リポソームが血管間隙を突破して脳実質へ集積し、さらにリポソーム封入薬物によって脳梗塞の治療が可能であることを見出してこられた。BBBに生じた血管間隙を利用することによる受動的な脳内へのリポソーム送達を進展させて、より能動的に脳へのリポソーム送達を行うために、白血球やある種の細胞外小胞エクソソームがBBBを能動的に突破できる性質に着目され、それらの膜機能を人工膜であるリポソームに移植した生体膜模倣微粒子の開発を発想された。白血球を用いた場合には、細胞膜タンパク質のリポソームへの再構成法である脂質膜間移行法を進展させて白血球膜模倣リポソームを構築し、それが炎症血管内皮へ接着するとともに細胞間接着を変化させることで、血管内皮層を突破できることを見出された。この際、膜タンパク質とリポソーム膜との相互作用における膜物性の影響を考慮することで膜タンパク質の脂質膜間移行効率を向上させるなど、物理化学的観点からも膜学研究に取り組みられた。さらに最近では、エクソソームの膜構成脂質の特性を利用し、リポソームとエクソソームを膜融合させた新たな生体膜模倣微粒子の構築に成功された。その他にも、アスタキサンチンなどの疎

水性抗酸化物質が脂質膜中で他の抗酸化物質と分子間相互作用することでその活性を向上させるメカニズム解析にも取り組んでこられた。

上述のように、福田博士は一貫して膜学研究に取り組み、独創的で新規性に富む研究を展開してこられた。特に白血球やエクソソームを用いた生体膜模倣微粒子の開発研究に関しては、さらなる発展が期待され、BBBを越えて脳への能動的な薬物送達を可能にする技術の開発を実現してほしい。これら一連の研究は、今後の膜学研究および日本膜学会に大いに貢献することが期待され、日本膜学会膜学研究奨励賞に値するものである。
(推薦人 小暮健太郎)

福田達也 (Fukuta Tatsuya)

この度は、日本膜学会第43年会におきまして2021年度日本膜学会膜学研究奨励賞を受賞させて頂き、選考委員の先生方、関係者の皆様方に厚く御礼申し上げます。そして、小暮先生をはじめとしてご指導頂いている先生方、ならびに共同研究者、学生の皆様に心より御礼申し上げます。



私が膜学研究に興味を抱いたきっかけは、学部3年生(静岡県立大学薬学部)の時に、奥直人先生が主宰していた医薬生命化学教室のリポソームDDSに関する話を拝聴したことです。抗がん剤などの薬を必要な量、必要な時間、必要な部位へ届ける技術の開発に繋がる、またリポソームの膜物性の変更や表面修飾により様々な機能性を持たせることができる、という話を聞き、感銘を受けました。学部4年生から奥先生の研究室に入ることができ、実際に自分の手でリポソーム製剤を作り、それを脳梗塞モデルラットに投与し治療効果が得られ、感動したことを鮮明に覚えております。博士(薬学)の学位を取得後、小暮健太郎先生の主宰する徳島大学薬学部衛生薬学分野の助教として着任させて頂き、白血球や細胞外小胞エクソソームを用いた生体膜模倣微粒子の開発や、疎水性抗酸化物質の脂質膜中における作用機序解析に新たに取り組み、一貫して膜学研究に従事しております。異なる膜物性のリポソームを用いることで異なる結果が得られる等、脂質膜上・膜中で生じる様々な現象に、膜研究の奥深さを感じております。この度膜学研究奨励賞を頂きました。生体膜模倣微粒子開発の研究は、まだまだ始めたばかりであり、膜の組成や物性を最適化する等の工夫を加えることで、より生体膜の性質を模倣した微粒子を構築できるのではないかと考えております。今後も、膜学研究を進めていくことで、目標とする生体膜模倣微粒子による血液脳関門の突破とそれによる疾患治療を達成すべく、そして膜学に関する新たな知見を発信できるよう尽力して参ります。

最後になりましたが、今回の受賞を励みに、膜学、そして日本膜学会のさらなる発展に貢献できるよう精進して参りますので、今後とも本学会の先生方、関係者の皆様の変わらぬご指導ご鞭撻を賜りますよう、何卒よろしく御礼申し上げます。