



〔PCP×スタートアップ〕

MOF スタートアップが加速する 社会実装の最前線

「学術研究の対象」から「社会を支える基盤材料」へ

樋口雅一 Masakazu HIGUCHI

MOFは、その卓越した比表面積と高い設計自由度を背景に、今や“気体の時代”ともいえる潮流の中で、基盤材料として社会実装のフェーズへと移行している。学術研究の対象として研究者を魅了してきたMOFが、なぜ今、スタートアップの台頭とともに産業界を巻き込み、急速に商業化を加速させているのか。本稿では、基礎研究と産業応用の間を埋めるスタートアップの役割と、最新の社会実装事例を概観する。

はじめに

本稿で扱うPCP (Porous Coordination Polymer) は、MOF (Metal-Organic Framework) とも称され、広く知られる物質群となった。本物質の日本語表記に関しては、北川進特別教授および筆者の所属する京大アイセムス(京都大学高等研究院 物質—細胞統合システム拠点 (WPI-iCeMS)) では、「多孔性金属錯体」の使用を推奨している。PCPの直訳である「多孔性配位高分子」は、一般社会への普及に鑑みた場合、「配位」という語の難解さや、既存の有機高分子(ポリマー)との混同を招く懸念がある。本物質の本質は、金属イオンと有機配位子の自己集合によって構築される「金属錯体」としての構造にある。したがって、物質の成り立ちを直感的に表現でき、かつ化学者にも親しみのある「金属錯体」に、機能的特徴である「多孔性」を冠した呼称が、産官学および一般社会において最もその本質を伝えやすい。英語略称については、発音の容易さと現在の国際的および社会的な認知度の高さを反映し、「MOF (モフ)」を使用することとする。

さて、一般にスタートアップとは、新たな技術やビジネスモデルを基盤に資金調達を行い、事業を急速に

拡大させながら社会変革を目指す企業のことである。近年、多孔性金属錯体(以下、MOF)は商業化のフェーズへと本格的に移行しつつあり、この転換を強力に加速させているのが、世界各地で誕生したMOFスタートアップである。2026年3月時点で筆者が確認した限り、世界で55社が創業している(図1)。スタートアップ業界では当然ともいえるが、これらの企業の動向は極めて流動的かつダイナミックである。大手企業による買収(M&A)、事業再構築に伴う社名変更、さらには事業譲渡や解散・清算など、その変遷は多岐にわたる。

かつては学術研究の対象であったMOFは、これらスタートアップの果敢な挑戦によって、産業界を支える基盤材料へと進化を遂げつつある。本稿では、MOFスタートアップの近年の動向と、それらによって加速される社会実装について概説する。

MOF スタートアップはなぜ必要か？

MOFの商業化において、MOFスタートアップは大学の基礎研究の成果を実際の製品やサービスなどビジネスへと結び付ける際に直面する「学術と産業の間にある大きな隔たり」を埋める極めて重要な役割を担っている。大学における研究の焦点は新しいコンセプトや新機能の発見にある一方で、社会実装には「長期安定性」、「量産手法」、「低コスト化」、そして実際のデバイスに組み込むための「賦形化(ペレット化やフィルター化など)」といった、学術研究では二の次とされがちな工業的課題の解決が不可欠である¹⁾。これらの課題解決は、MOFの専門的知識を基に行われるため、既

ひぐち・まさかず

京都大学高等研究院 物質—細胞統合システム拠点 (WPI-iCeMS) 特定拠点准教授、京大発スタートアップ Atomis 創業者

〔経歴〕2005年京都大学大学院工学研究科分子工学専攻博士課程単位取得退学。06年博士(工学)取得。理化学研究所播磨研究所、東京大学を経て、23年から現職。〔専門〕錯体化学。〔趣味〕鑑賞全般・結婚式スピーチ。

E-mail: higuchim@icems.kyoto-u.ac.jp



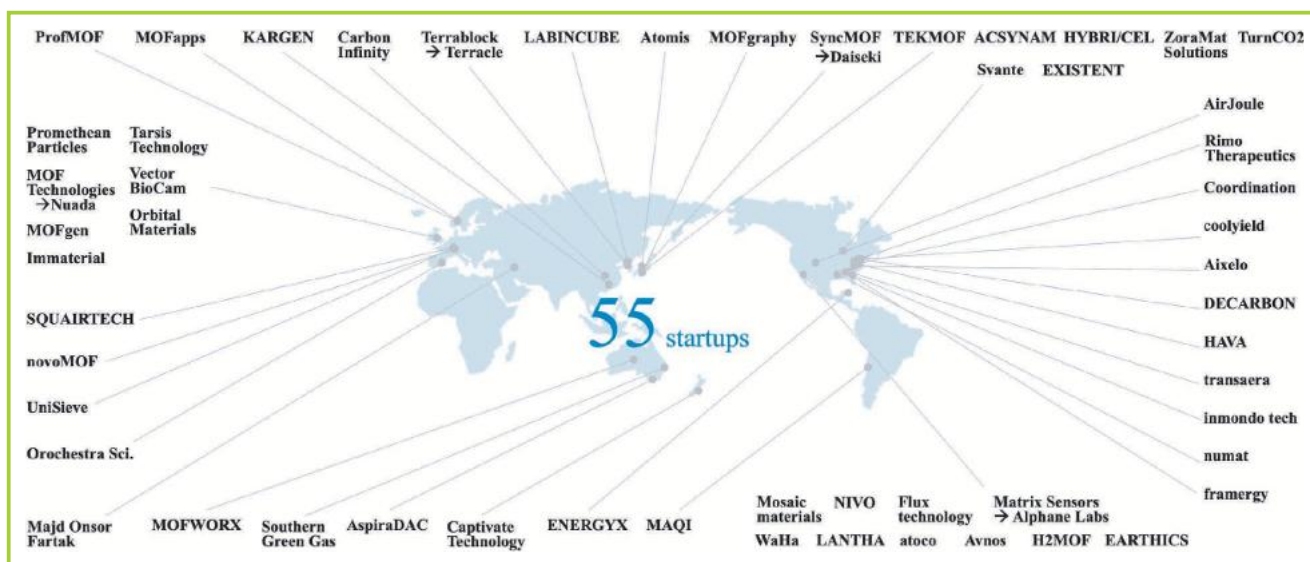


図1 世界のMOFスタートアップ（買収（M&A）、社名変更、事業譲渡、解散・清算など含む）2026年3月時点

存の大企業では対応が十分でない場合があり、大学の研究者が関与するMOFスタートアップで迅速に行われてきた。現在では、それぞれの役割分担の下、大学、既存企業、MOFスタートアップが協力して社会実装を進めている状況となっている。

商業化の鍵となる「量産手法」および「低コスト化」の確立も、主に初期に創業されたMOFスタートアップが牽引している。スタートアップでは、それぞれのMOFに最適化された大量生産プロセスを開発している。現在、世界でMOFの大量生産を牽引しているのは、Atomis（日本）²⁾、Numat technologies（米国）³⁾、Promethean Particles（英国）⁴⁾の3社である。例えば、Atomisは環境負荷を抑え、コスト面でも優れた独自のプロセスを構築し、年間20トン規模の製造設備を稼働させ、2028年までに200トン規模に拡充し、MOFの安定供給の体制を整える計画を進めている。その他、スタートアップ以外では、世界化学企業最大手のBASFも一部のMOFについて大量生産し、MOFの商業利用を後押ししている⁵⁾。

MOFスタートアップが牽引する商業化

MOFスタートアップによる商業化の全体像は、単

なるMOF販売にとどまらず、特定の社会課題を解決する「ソリューション提供」へと進化している（図2）。MOFの機能が用途・製品へと具体的に展開され、様々な産業分野において基盤材料として利用されつつある。これは、MOFそのものを提供する段階から、用途・製品としての価値を統合的に設計し提供する段階へと移行していることを意味する。

例えば、エネルギー・ガス管理分野ではメタン等の高密度貯蔵や半導体原料ガスの安全供給、環境分野ではCO₂回収（DAC：Direct Air Capture・工場排ガス回収）、さらに医療用途（DDS：Drug Delivery System）や安全分野（毒ガスマスクなど）、小型宇宙船への利用といった特殊用途に至るまで広がっている。これらの多くは、実証実験の最終段階に差し掛かっており、社会実装の実現が目前に迫っている。

社会実装達成例としては、Nuada（旧MOF Technologies）による青果物の鮮度維持材料「TruPick™」、Numat technologiesによる毒性ガスを大気圧以下で安全に保持するガスボンベ「ION-X®」⁶⁾、Atomisと日本フッソ工業による化学反応槽の高耐久コーティング材⁷⁾が挙げられる。そのほか、Atomisは大原パラジウム化学と共同で瞬間消臭フィルター⁸⁾を製品化し、ダイキン工業と

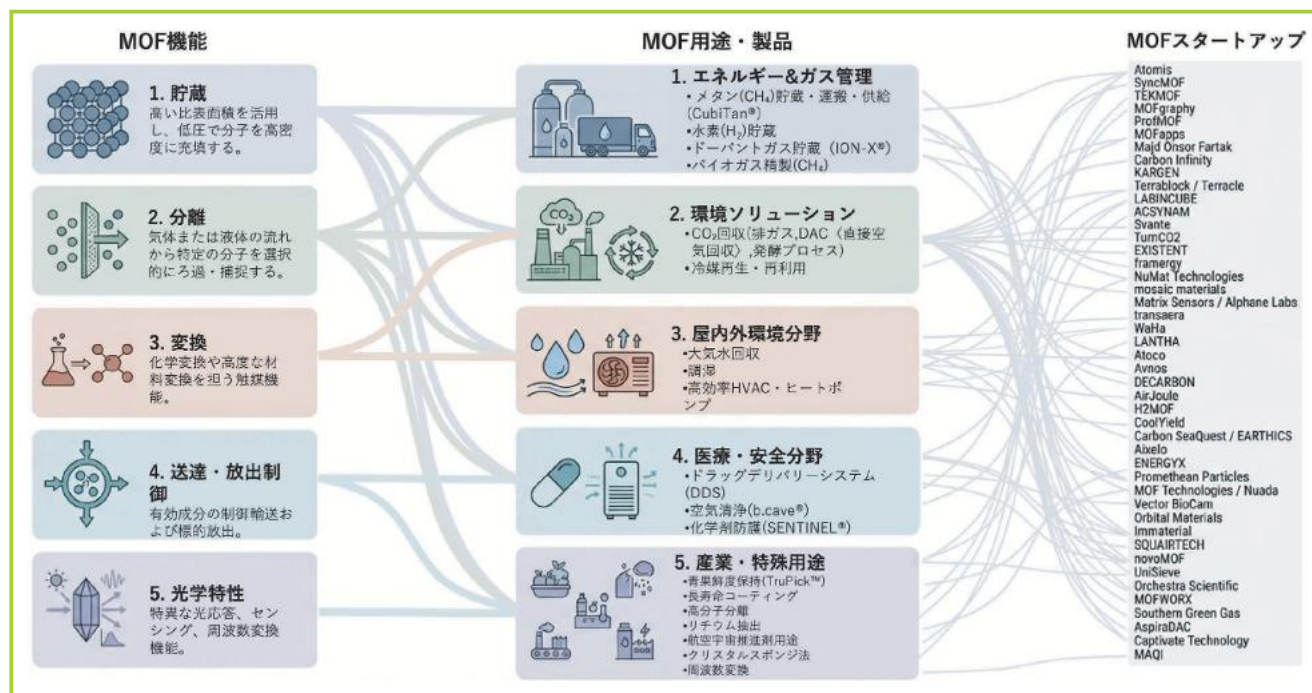


図2 MOF スタートアップによる商業化全体像

は冷媒ガスの循環再利用システム⁹⁾を構築するなど、日本産業の強みを活かした実装を進めてきた。

おわりに

MOF スタートアップの台頭は、大学研究室で生まれたMOFを迅速に社会へと還元する強力な駆動力となっている。これらの企業は、相互に連携しつつ既存企業とも協業し、さらには競争関係を通じて技術革新を促進することで、MOFの社会実装を世界規模で加速させている。今後、持続可能な社会の実現といった地球規模の課題に対し、MOF スタートアップが牽引するこれらの技術の進展を通じて、MOF技術が社会を支える不可欠な基盤として定着していくことが大いに期待される。

- 1) Chem-Station: MOFの実用化はなし【京大発のスタートアップ Atomis を訪問して】(2024年1月23日). <https://www.chem-station.com/blog/2024/01/atomis.html> (2026年4月現在)
- 2) Atomis : 量産化技術 ~Industrial-Scale Manufacturing~. <https://www.atomis.co.jp/blog/1536/> (2026年4月現在)
- 3) Numat technologies: Our process. <https://www.numat.com/platform/our-process/> (2026年4月現在)
- 4) Promethean Particles: Four-tonne MOF export. <https://prometheanparticles.co.uk/four-tonnes-mof-export-is-major-milestone-for-promethean-particles/> (2026年4月現在)
- 5) BASF ジャパン「CO2回収用の金属有機構造体(MOF)の初の商業規模生産に目途」(2023年10月22日). <https://www.basf.com/jp/ja/media/news-releases/global/2023/10/p-23-327> (2026年4月現在)
- 6) *Nat. Chem.* **2016**, 8, 987.
- 7) 日本フッソ工業 お知らせ:「ノーベル化学賞受賞のPCP/MOFを利用したライニング」のご紹介. <https://e.apto-service.com/nipponfusso/news2511.html#Q#> (2026年4月現在)
- 8) 大原パラヂウム化学: 気体制御技術「b.cave®」. <https://www.paragium.co.jp/service/pcp-mof/> (2026年4月現在)
- 9) ダイキン News: ノーベル賞を受賞した技術「金属有機構造体(MOF)」を活用した冷媒分離・再生技術の開発について. <https://www.daikin.co.jp/tic/topics/news/pr/2025/20251030> (2026年4月現在)

© 2026 The Chemical Society of Japan