



2024年に注目すべき技術

2024/01

三井物産戦略研究所
技術・イノベーション情報部

はじめに

三井物産戦略研究所 技術・イノベーション情報部では、例年注目すべき技術を抽出し、技術概要の解説および今後の展望を洞察している。本年は、①マイクロ波反応装置、②3Dセンシング、③高効率肥料、④イングリディエント・インフォマティクスを取り上げる。

①「マイクロ波反応装置」は、電気をマイクロ波に変換・照射して対象物を加熱したり、化学反応を起こしたりする装置である。分子内に電荷の偏りを持つ物質（誘電体）を直接振動させるため、原理的に加熱効率が高く、環境にやさしい加熱あるいは化学反応装置として、応用開発が進められてきた。本稿では、有望な活用分野として考えられるプラスチックリサイクル、金属製錬、金属リサイクルについて紹介する。

②「3Dセンシング」とは、センサーや情報処理技術を用いて、人間が認識するのと同様にモノや空間を3次元で捉える技術のことをいう。古くは軍事利用などで発展してきたが、近年、自動運転への活用を見据えた投資や、XRでの活用、AI技術との融合により、精度向上、価格低下が進む。今後、3Dデータが基盤となる産業は増えると予測され、社会のインフラとなり得る3Dセンシング技術を解説する。

③「高効率肥料」は、土壌中へ溶けていく速度や期間を調節することができる肥料である。1960年代より存在するものだが、近年の環境意識の高まりにより、持続可能な農業に向けた重要な資材として注目されている。技術改良が進み、ナノ粒子化、生分解性コーティング、バイオ炭を用いた次世代高効率肥料も開発されている。これに伴うビジネスインプリケーションを提示する。

④「イングリディエント・インフォマティクス」は、AIを活用し、食品成分のデータや消費者の購買データなどを分析することで、消費者に求められる食品やメニュー等の研究開発プロセスを最適化する技術である。本技術を活用する企業事例を取り上げ、ビジネス機会について示唆する。

また、併せて、取り上げた4テーマについて、それぞれグローバルな特許出願動向の分析を行っている。

① スケールアップが進む「マイクロ波反応装置」	2
② 多様なアプリケーションの基盤として広がる「3D センシング」	7
③ 環境に優しい「高効率肥料」	14
④ 「イングリディエント・インフォマティクス」がもたらす食品開発の未来	19
「2024年に注目すべき技術」 知財レポート	25

スケールアップが進む「マイクロ波反応装置」 —化学品合成から金属製錬まで広くGHG排出削減に貢献—

技術・イノベーション情報部 インダストリーイノベーション室 小川 玲奈

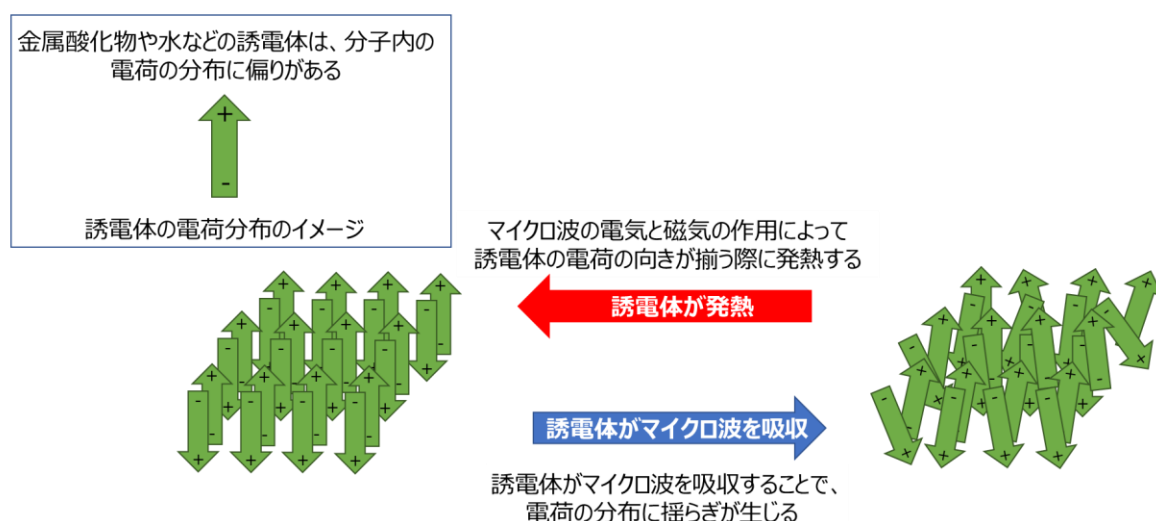
マイクロ波反応装置とは

マイクロ波反応装置とは、電気をマイクロ波に変換・照射して対象物を加熱したり、化学反応を起こしたりする装置である。ここではまず、マイクロ波について説明した上で、なぜ、マイクロ波反応装置が脱炭素に貢献し得るのか、その利点を述べる。

(1) マイクロ波とは

波長が1mmから1m、周波数が0.3GHzから300GHzの電磁波をマイクロ波という。身近な例として、電子レンジがある。電子レンジでは、2.45GHzのマイクロ波が液体の水分子を直接振動させる性質を利用して、水を含む物体を加熱する。一般的なヒーターが空気や液体を介して間接的に加熱するのに対し、マイクロ波は分子内に電荷の偏りを持つ物質（誘電体）を直接振動させる（図表1）ため、原理的に加熱効率が低い。そのため、環境にやさしい加熱法あるいは化学反応プロセスとして、応用開発が進められてきた。

図表1 マイクロ波照射による誘電体の構造変化と発熱の様子



出所：「化学を変えるマイクロ波 熱触媒」（柳田祥三・松村竹子著）を参考に三井物産戦略研究所作成

がんなどの悪性腫瘍にマイクロ波を照射して死滅させる温熱療法「ハイパーサーミア」の効果が認められている¹とおり、マイクロ波は細胞との相互作用を起こすと考えられる。ただし本稿では、照射対象を工業製品の原料に絞り、周辺環境へのマイクロ波漏洩や人体への照射リスクのない条件下での使用を前提とするため、人体への影響については議論しない。

¹ 柳田 祥三、松村 竹子著「化学を変える マイクロ波 熱触媒」（化学同人、2004年）

(2) GHG排出削減効果の高いマイクロ波反応装置

マイクロ波反応装置を産業に応用しようとする研究は2000年頃から行われてきたが、装置コストが高い、大型化が難しいといった課題があり、長きにわたり、化粧品の成分などごく僅かな例にとどまっていた。しかし、20年を超える研究開発の成果が蓄積され、加えて近年、地球温暖化防止のための2030年1.5℃目標を達成するためにはエネルギー効率を2倍にする必要があると言われるようになり、原理的にエネルギー効率が高いマイクロ波反応装置の価値が再評価されつつある。

有望な活用分野

マイクロ波反応装置の応用検討について図表2にまとめ、以下でプラスチックリサイクル、金属製錬、金属リサイクルの3分野に分けて説明する。

図表2 マイクロ波発振装置の応用検討状況

企業・大学名	国	マテリアル	開発フェーズ（装置性能）	概要
マイクロ波化学	日本	アクリル樹脂	実証設備（処理能力 50-250L）	三菱ケミカルと共同でモノマー化の実証設備を建設中
		シュレッターダスト（PP） 熱硬化性シートモールド イソコンパウンド 軟質ポリウレタンフォーム	ベンチスケール（処理能力 5-50L）	三井化学と共同でモノマー化を検討中
		リチウム	プレベンチスケール（処理能力 約100g）	三井物産と共同で低炭素リチウム鉱石精錬技術を開発中 量子科学技術研究開発機構とスボジウム精鉱の溶解技術を開発中
		ニッケル	実証（処理能力 約50kg/時）	大平洋金属と煅焼プロセスで小型実証設備を制作
Gr3n	スイス	廃PET	4万t/年のバージンPETチップ製造を目指す	モノマー化でプラント建設を計画、2027年操業予定
Pyrowave	カナダ	廃ポリスチレン	パイロット（1基あたりの処理能力 1,000t/年、 4.8t/日）	パイロット規模のモジュールを組み合わせることで、商用製造に必要なスケールを担保する。機器販売のほか、ライセンス供与にも対応している
Teledyne e2v	英国	銅	商用スケール（処理能力 3,000t/時）	（英）Rio Tinto社の抽出プロセス用システム
C-Tech Innovation	英国	鉄鋼	パイロット（処理能力 1t/日、 周波数2.45GHz、出力2kW）	水素直接還元技術開発プロジェクトにて、マイクロ波を用いたハイブリッドキルンによる還元試験を実施
Metso	フィンランド	鉄鋼	スケールアップ検討中（処理能力 1t/時）	コークスの代替に農業残渣を還元剤として使用し、マイクロ波で加熱して酸化鉄を金属鉄とするBioIronプロセスを開発 スケールアップを検討中
Sepro Mineral Systems	カナダ	銅、ニッケル、金鉱石	商用スケール（処理能力 1,000t/時）	Alberta大学と共同で、マイクロ波照射により、結晶粒界に沿って粉碎する装置を開発。省エネに加えて摩砕後の鉱物の分離効率を高める効果も確認
University of Oulu	フィンランド	亜鉛	ラボ（周波数 2.45GHz、出力1.1kW）	高炉スラグからの亜鉛回収技術
立命館大学	日本	亜鉛	ラボ（周波数 2.45GHz、出力 7.5kW）	アーク電炉からの亜鉛回収技術
		リチウムイオン電池 鉛蓄電池		リチウムイオン電池の正極材からのコバルト回収および鉛蓄電池からの鉛回収を、いずれも数秒から数十秒で処理可能 大気中で処理可能な点も設備の低コスト・小規模化に有利

（ プラスチックリサイクル、 金属製錬、 金属リサイクル）

出所：各種資料より三井物産戦略研究所作成（2023年11月時点）

(1) プラスチックリサイクル

プラスチックのリサイクル手法ではメカニカルリサイクル²が先行しているが、繰り返し処理することによる性能劣化が避けられないという問題がある。これを解決する技術として、プラスチックを熱でモノマー³に分解する「モノマー化」や、原料であるナフサに近い油状の物質にまで分解する「油化」、溶媒を加

² 廃プラスチックを機械的に細断・溶融し、プラスチック製品として再利用する手法

³ プラスチックの主原料であるポリマーを合成するための原料となる低分子量の分子

え加熱して分解する「加溶媒分解」などがある。しかし、これらの技術は分解に要するエネルギーが大きく、トレードオフになっていた。そこで、処理効率を上げるために、マイクロ波反応装置の利用に期待が集まっている。

(日) マイクロ波化学は、世界的に見ても数少ない、マイクロ波反応装置のスケールアップ実績を持つ企業である。同社は、三井化学と共同で自動車シュレッターダストや熱硬化性シートモールドディングコンパウンドのモノマー化を、三菱ケミカル社と共同でアクリル樹脂のモノマー化を、それぞれ検討している。アクリル樹脂のモノマー化の実証設備の写真を図表3に示す。

図表3 アクリル樹脂のモノマー化の実証設備



出所：マイクロ波化学株式会社ウェブサイト 設備紹介
パイロットスケール「PMMA分解マイクロ波パイロット設備」
<https://mwcc.jp/plawave/facility/> (最終アクセス2023年12月27日)

国外では樹脂のケミカルリサイクル技術を開発するスタートアップ、(スイス) Gr3nが、スペインでポリエチレンテレフタレート (PET) のモノマー化プラントの建設を計画している。使用済みPETの調達先は、PETを加工する工場、消費者の両方を想定しており、飲料ボトルのほか、ポリエステル繊維も受け入れるという。マイクロ波によってPETを選択的にモノマーへと分解できることから、ポリウレタンやコットンが30%まで混紡されたポリエステル繊維にも対応可能だという。また、(カナダ) Pyrowaveは、廃ポリスチレンのモノマー化が可能なモジュール式の技術プラットフォームを保有している。これは、1基あたり年間1,000トンのスチレンモノマー製造能力を有するマイクロ波反応装置からなり、バージンスチレンモノマーの生産と比較して温室効果ガスの排出を5~7分の1に削減することを可能にする。生産性についても、バー

ジン材と同等のスチレンモノマー純度（最大99.8%）で、廃ポリスチレン1トンを投入した際のスチレンモノマーの回収量に当たる収率は約98%という高い性能を実現している。（仏）ミシュランは、同社のリサイクルスチレンモノマーを100%使用したスチレンブタジエンゴム4トンを試作し、化石燃料由来のスチレンモノマーから製造したタイヤに使われるゴムと比較して、性能に差がないことを確認した。今後、タイヤの試作やトラック向けの性能評価が行われる予定である。

（2）金属製錬

金属と一言と言っても、その採掘、製錬から製品として実装に至るプロセスはさまざまである。本節では特に、鉄鋼とリチウムについて記述する。

鉄鋼産業は、2050年カーボンニュートラルを目指す中で、GHG排出量の多い産業であることが早くから指摘されてきた。そのため、排出削減に対する意識が高く、特に欧州における技術開発が活発である。（英）C-Tech Innovationは、鉄の水素直接還元技術開発プロジェクト「H2DRI」にて、マイクロ波還元試験を担当している。試験には、同社開発の周波数2.45GHz、出力2kWのマイクロ波発振装置を搭載した、処理能力1トン/日のハイブリッドキルンというマイクロ波反応装置を使用している。また、（フィンランド）Metsoはフランクフルトの研究所にて（英）Rio Tintoと共同で、コークスの代替として農業残渣バイオマスを使用し、マイクロ波で加熱を行うBioIronプロセスを開発しており、オーストラリアのピルバラ地域産鉱石で小規模スケールの実証を行った。現在は処理能力1トン/時へのスケールアップをノッティンガム大学と共同で検討している。

リチウムについては、エネルギーや輸送の電化に伴う需要増大と、サプライチェーン全体でのサステナビリティに対する意識の向上により、採掘や鉱石処理工程における環境への影響に注目が高まっている。マイクロ波化学は、三井物産と共同で、低炭素リチウム鉱石製錬技術の開発を行っている。本開発では、リチウム製錬で最も二酸化炭素排出の多い煅焼プロセス⁴の低炭素化を目指している。また、量子科学技術研究開発機構ではスポジウム⁵の溶解技術の開発を進めており、既存技術と比較して、設備投資（CAPEX）と運用コスト（OPEX）はそれぞれ70%、二酸化炭素排出量は90%削減可能と試算している。

（3）金属リサイクル

金属リサイクルにおいては、高炉スラグやアーク電炉ばい塵など、既存の金属の製造設備から出る残渣から有用金属を効率よく抽出する技術のほか、消費者が使用を終えた各種製品の分離、回収プロセスでもマイクロ波反応装置の利用が検討されている。

（フィンランド）オウル大学は、高炉スラグにマイクロ波を照射し、800℃で10分加熱すると、その中に約1%程度含まれる亜鉛の86%を回収可能であり、高炉スラグの再利用が検討可能であることを報告している。

⁴ 鉱石から電池材料に使われる炭酸リチウムや水酸化リチウムなどを熱処理により得るプロセスの一つ。例えば、スポジウム鉱石を硫酸に溶けやすい結晶構造に変えるために、1,050～1,150℃で熱分解させる。

⁵ 主に豪州の鉱山で産出し、選別された、リチウムとアルミニウムの珪酸塩鉱物（リシア輝石）を含む鉱石

また、立命館大学は、従来のアーク電炉による処理では鉍石に含有される亜鉛全量の40%しか回収できないが、アーク電炉ばい塵にマイクロ波を照射することでさらに40%回収でき、合計80%にまで回収率を高められることを報告している。同大学では電池リサイクルに関する検討も行っており、リチウムイオン電池の正極材に数秒から数十秒マイクロ波を照射することで、金属コバルトと鉛が得られることを確認している。

今後の展望

(1) システムの大型化

一般的な素材開発と同様、商用化に向けたスケールアップは大きな課題である。特に金属製錬においては、化学品の合成やリサイクルプロセスと比較して、処理量、処理速度とも1〜2桁大きな規模が必要とされる。そのため、スケールアップの難易度も高くなる。従来は、マイクロ波反応装置の大型化が商用化のボトルネックになると考えられていた。しかし、同装置の改良に加え、モジュール化した装置を多数並べて行う並列処理のノウハウが各社に蓄積されてきている。これらの技術の延長線上には、従来の巨大な製錬設備とは異なる大型システムが立ち上がる未来も見える。

(2) システムの分散化

サーキュラーエコノミーの進展と経済安全保障の重要性の高まりにより、消費者が廃棄する製品は新たな製品の資源として重要なものになる。廃棄物を消費者から回収するための輸送コストや環境負荷の観点から、巨大な製造設備を設置して広域をカバーするよりも、モジュール化した小型装置を回収拠点の近くに設置する方が適切な地域もある。そこでは分散型のシステムが普及していくだろう。大型化と分散化のどちらが適しているかを判断するために、装置の規模と廃棄物の回収に関する経済性および環境負荷のデータの収集と分析が必要不可欠になる。

(3) 新材料開発の可能性

マイクロ波発振装置が普及し、低価格化することで、黎明期に多く検討されていたマイクロ波を用いた有機合成など、特定の波長のマイクロ波とこれによって相互作用を起こす分子の挙動を利用した新規素材開発・製造のコストも下がるだろう。今後、新規素材開発が活発化し、製造コストが合わなかった素材にも商業化の機会が訪れる可能性がある。

 **知財レポートはこちら**

多様なアプリケーションの基盤として広がる「3Dセンシング」 —AIとの融合による進化とエンタメや自動運転での進展—

技術・イノベーション情報部 コンシューマーイノベーション室 辻 理絵子

3Dセンシングとは

3Dセンシングとは、センサーや情報処理技術を用いて、人間が認識するのと同様に、モノや空間を、縦・横・奥行きで三次元で捉える技術のことである。古くは、軍事利用などで発展してきたが、近年、自動運転への活用を見据えた投資や、XRでの活用、AI技術との融合により、精度向上、価格低下、機器の簡便化などが進み、身近なものになってきた。今後はさらなる用途の広がりも予測される3Dセンシング技術を解説する。

(1) LiDARとフォトグラメトリの仕組み

センシングの手法は、大別して接触型と非接触型に分けられる。対象物に直接接触する必要のない非接触型には、音波を使うソナー、電波を使うレーダーなどがあるが、本稿では、近年コスト低減によって身近なものとなった、LiDARならびにカメラを用いるフォトグラメトリについて取り上げる（図表1）。

図表1 各センシング方式（非接触型）

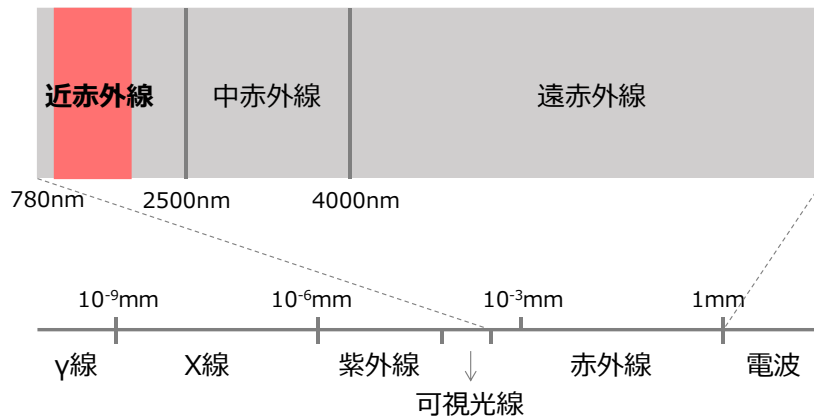
	ソナー	レーダー	LiDAR	フォトグラメトリ
媒体	音波	電波	可視光線、近赤外線、紫外線など	光（カメラ）
範囲	数メートル～数千メートル	数百キロメートル	数メートル～数百メートル程度	撮影可能な範囲
精度	数センチメートル程度～	数ミリメートル程度～	数ナノメートル～数センチメートル	対象物に近寄れば数ミリメートル
コスト	—	—	数万～数千万円	カメラ代金と、処理ソフトは無料のものから数十万円程度のものまで
備考	主に水中で活用される	雨の日は電波が飛びにくい	霧など細かい粒子の影響を受けやすい	カメラの枚数や画角が精度に影響する 暗所では使いにくい

出所：各種資料から三井物産戦略研究所作成

LiDARとは、Light Detection And Rangingの略称で、紫外線、赤外線などのレーザー光を活用して点群データなどで再現する技術である（主に905～1550nmの近赤外線が多い）（図表2）。代表的なToF方式（Time of Flight）では、対象物にレーザー光を照射しその反射光をセンサーで計測、光が返るまでの時間から、対象物との距離や対象物の形などを計測する（図表3）。電波に比べて光束密度が高く、短い波長のレーザー光を利用するため、レーダーより高い精度で位置や形状などを検出できる。LiDARは、1960年代に技術が提案されてから、飛行機に搭載し地形の調査を行う航空測量や、数十ミクロンの精度が求められるタービンの外観検査など、幅広い分野で活用されてきた。近年は、その高い精度から自動運転への活用可能性が見いだされ、研究開発が加速している。

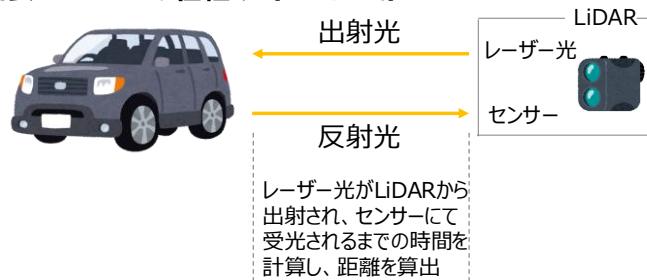
図表2 LiDARで使う波長

LiDARで使われやすい波
905nm 1550nm



出所：各種資料から三井物産戦略研究所作成

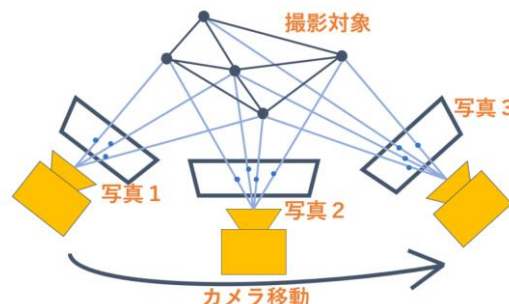
図表3 LiDARの仕組み（ToF方式）



出所：各種資料から三井物産戦略研究所作成

一方、フォトグラメトリは、複数枚の写真をコンピュータで解析し、3Dモデルを生成する技術のことで写真測量法とも呼ばれる。対象物を多数の異なるアングルから撮影し、その後撮影した写真から対象物の特徴点を計算、それらをひも付けて撮影位置や距離、角度の差分を計算して空間座標に落とし込み、3D点群データを作成、最後に、その表面に写真画像をはめ込み3Dモデルを生成する（図表4）。過程は複雑だが、米Epic GamesのRealityCaptureや露AgisoftのMetashapeなど、それらの数学的処理を行う専用ソフトが市販されており、一般ユーザーでもカメラとソフトを用意するだけで比較的簡単に始められる。こちらも、測量や地形調査、建物や文化遺産の復元の資料、またVRで再現する3Dモデルの生成やゲーム制作などに活用されている。

図表4 フォトグラメトリの撮影と計算イメージ



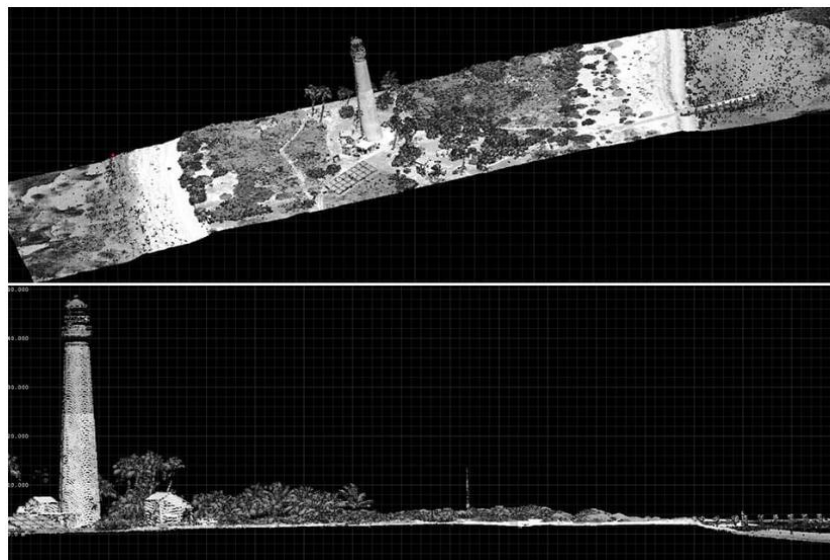
出所：3D+ONE <https://3dplusone.jp/photogrammetry/about-2/>
(2024年1月9日閲覧)

(2) LiDAR技術の適正と課題

LiDARの利点は、短時間で広範囲の3Dモデル（図表5）を作成できる点だ。欠点としては、構成部品が多く機器が高額になりやすい点、小型化がしにくい点が挙げられる。実際、ナノオーダーの精度が必要な産業用のLiDARは、1台で数千万円するものもある。しかしながら民生用途や自動運転用途では、LiDARのメカ部（機械式の可動部分で、レーザー光を動かし対象物にビームを照射する機構）を省き、イメージセンサを搭載することによって、必要な精度を確保しつつ、数万～十数万円程度までの低価格化やミリメートル～センチメートルまでの小型化が実現できるようになった（図表6）。これには、既存のLiDARメーカーだけではなく、大量生産による低コスト化を得意とする半導体メーカーも貢献している。そのほかの欠点としては、物質の材質や質感を表すテクスチャを再現するのが困難なこと、極端に小さい対象物のスキャンに向かないこと、雨や霧など天候の影響を受けやすいことなどが挙げられる。

今後の課題としては、イメージセンサの速度改善による奥行精度の改善や、さらなる低コスト化が挙げられる。これには、レーダーの位相を制御してビームの方向や形を自由に変えることのできるPhased Arrayの活用などが検討されている。

図表5 LiDARを搭載した航空測量機によって取得されたフロリダにある灯台周辺のデータ



出所：What is lidar?, National Ocean Service <https://oceanservice.noaa.gov/facts/lidar.html>
(2024年1月9日閲覧)

図表6 Ouster社のLiDAR製品（OS2）



出所：DATASPEED
<https://www.dataspeedinc.com/product/ouster-os2-lidar/> (2024年1月9日閲覧)

(3) フォトグラメトリ技術の適正と課題

フォトグラメトリの利点は手軽さだ。前述のように、カメラとソフトだけで始められるため、3Dモデル作成の過程に柔軟性がある。また、3Dモデルの表面に写真画像をはめ込むため、LiDARが不得意とする対象物表面のテクスチャを正確に再現することも得意だ。

注意したいのは、精度が写真に依存する点だ。精度の高い3Dモデルを生成するには、高精細、かつさまざまなアングルで多くの枚数の写真を用意せねばならない。そのため、撮影に時間がかかり、リアルタイムで変化する対象には向かない。ほかにも、写真に写っていない部分は正確に再現できないこと、ガラスや鏡面の処理が苦手なことも要注意だ。

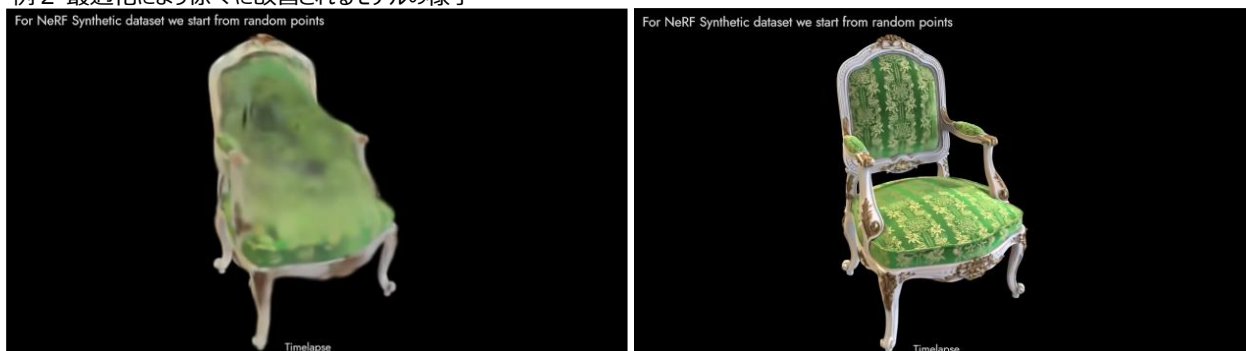
しかし、この点は近年AIと組み合わせた手法が提案されており、改善の可能性を見せている。NeRFや3Dガウシアン・スプラッティングといわれる手法だ。NeRFは、2020年に提案された手法で、大量の写真からAIを使って、それぞれの点の座標情報とカメラの角度、光の輝度を計算しモデル化する仕組みである。一度処理が済めばカメラの角度を変えてもきれいに処理できるもので、米NVIDIAが、より高速化したInstant NeRFを2022年に発表したことでも注目された。ただし、すべての点で計算・表示するため計算量が多くなり処理に時間がかかるという欠点がある。そこで2023年に登場したのが、3Dガウシアン・スプラッティングで（図表7、8）、従来から3DCGで使われている三角形（ポリゴン）の代わりに、楕円形であらわすガウス関数を使うのが特徴だ。NeRFと比べるとモデルの厳密性はないが、立体を再現度高く表示で

図表7 3Dガウシアン・スプラッティングによるモデル生成の様子

例1 左が最終モデル、右がガウシアンを張る様子



例2 最適化により徐々に改善されるモデルの様子



出所：3D Gaussian Splatting for Real-Time Radiance Field Rendering, Inria/ GraphDeco GraphDeco Inria Research Group YouTube https://www.youtube.com/watch?v=T_kXY43VZnk（2024年1月9日閲覧）

図表8 3Dガウシアン・スプラッティングによりモデル化されたオブジェクト



出所：Luma AIを用いて三井物産戦略研究所作成（画像をクリックすると動画が流れます）

き、処理が速いという特徴がある。この手法は大変注目を集めているものの、現状ビジネスの場面で使われているツールがポリゴンを基本としているため、その置き換えに時間がかかるとみられる。

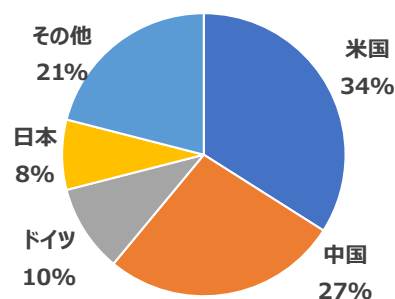
そのほかにも、写真を利用した3Dセンシング技術には、光の投影の角度を変えて撮影した写真を解析するフォトメトリックステレオもある。こちらも近年精度の著しい改善がみられ、十数枚程度の写真で再現度の高い3Dモデル構築が可能となっている。

有望な活用分野

(1) 市場とプレイヤー

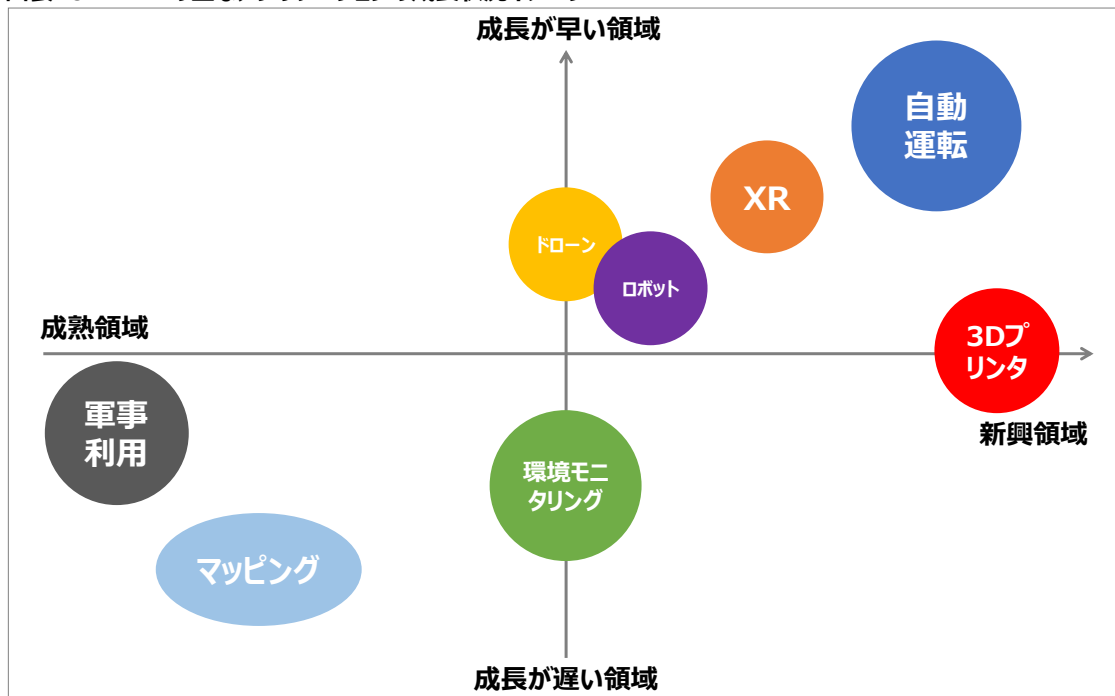
自動運転分野での活用もあり、LiDAR市場は2022年の19億ドルから2030年には79億4,000万ドルに達するとの予想である。プレイヤーは非常に多いが、業界再編も進んでいる。1983年創業のオーディオ開発・製造のVelodyne Acousticsを起源にもつ米Velodyne Lidarは、2007年に量販モデルを製品化するなど、この分野のパイオニアであり、2020年7月にLiDAR開発専門企業としては初の上場（米ナスダック）を果たしたが、2023年2月に米Ousterとの合併を発表した。これにより、販売チャネルの拡大による市場浸透の加速や営業コストの削減（年間7,500万ドル以上）などが見込まれるとしている。ほかには、米Luminar Technologiesや、近年勢いを増す中国では、理想汽車の電気自動車などにLiDARを納入するHesai Technologyも注目しておくべきだ。国内では、東芝やパナソニック、デンソーなどが有力なプレイヤーとなっている（図表9）。LiDARの主なアプリケーションの成長状況のイメージを図表10に記す。

図表9 LiDARプレイヤーの国別割合



出所：Lidar 2023-2033: Technologies, Players, Markets & Forecasts (IDTechEx) から三井物産戦略研究所作成

図表10 LiDARの主なアプリケーションの成長状況イメージ



出所：Lidar 2023-2033: Technologies, Players, Markets & Forecasts (IDTechEx) から三井物産戦略研究所作成

フォトグラメトリのソフトウェア市場は、2020年の4億3,000万ドルから2027年にかけて年平均成長率14.7%の伸びが予測されている。ゲームなど一般用途の主なプレイヤーとしては、前述のEpic Games、Agisoftが2強だが、アプリに特化した企業では、例えば、写真測量の分野では、米Autodesk、スウェーデンのHexagon、スイスのPix4Dなどがある。Pix4Dの製品は、日本では国土交通省が公共工事にかかる新技術活用のために整備するデータベースシステムに登録され、これら企業による3Dのモデル作成ツールは、国土交通省の公共工事にかかる新技術活用のためのデータベースシステムに登録され、施行業者が同ツールを利用していることが入札の際の評価対象となるなど、浸透してきている。

(2) 将来活用が見込まれる分野

3Dセンシングは、前述のように、従来、地形の測量や、製品の外観検査、文化遺産の保全等に使われてきた技術だが、近年は、自動運転、物流倉庫で用いられるピッキングロボット、ゲーム・AR、エンターテインメント分野などでの活用に広がりつつある。自動運転では、レベル3（条件付き運転自動化）以上の基準をクリアするにはLiDARの搭載がほぼ不可欠ともいわれる。エンタメでは、映像制作での活用が期待されている。バーチャルプロダクションとは、現実の被写体とスクリーンに映し出した仮想の背景を一緒に撮影する手法であるが、これに特化したスタジオは世界中で増加しており、その背景作成を中心にLiDARやフォトグラメトリ技術が活用されている。実際の建物では現場が狭くて撮影機材が入らない、壁などが撮影したい構図を邪魔するなどの問題が発生するが、CG化すればそれらの制約はなくなり自由な映像制作が可能になる。また、イベント等でのライブ配信においても、リアルタイムに背景映像を描写・変更可能な点

を生かして、3DCG背景が使われ始めている。

民生用途では、一部の高級機に限定されるものの、MR/ARヘッドマウントディスプレイやスマートフォンへのLiDARの搭載が始まっている。MR/ARヘッドマウントでは周囲の環境情報の把握に活用され、スマホでは、旅行先の風景の3Dでの保存や、ゴルフでの飛距離の測定などへの活用がみられる。

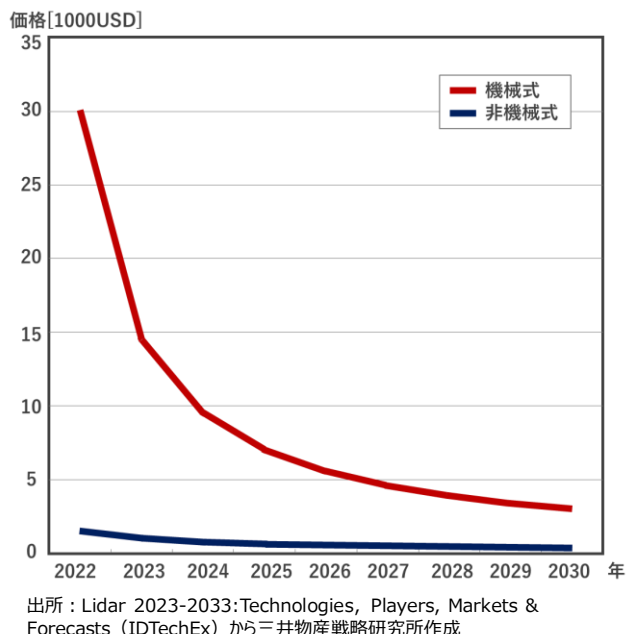
今後の展望

自動運転に活用できるレベルのLiDARは、現在、その製造コストだけでも1つ当たり数百ドル、完全な製品レベルではそれ以上するといわれるが、予測では、今後数年で100ドルレベルまで下がる見通しであり（図表11）、さらに多くの自動運転車への搭載が期待される。

実際、上述のLuminar Technologiesは、乗用車とトラックメーカー6社にセンサーを提供する契約を締結済みで、今後数年で数百万台に同社の技術が搭載される見込みだ。自動運転車市場の拡大の影響で量産化が進み、さらに製品価格が100ドル以下程度に低下すれば、他分野への波及も期待される。

例えば、民生分野では、現在は一部のスマホにしか搭載されていないLiDARの、廉価版スマホへの搭載が進むことが考えられる。誰でも3Dモデルを作ったり活用したりすることが可能になり、写真に取って代わるような世界がやってくると考えても不思議はない。3Dセンシングが汎用技術としてさまざまな場面で使われる未来はすぐそこに来ている。

図表11 LiDARの価格予想



知財レポートはこちら

環境に優しい「高効率肥料」
ー持続可能な農業に向けて技術改良が進むー

技術・イノベーション情報部 インダストリーイノベーション室 野崎駿介

高効率肥料が注目される背景

化学肥料の過剰な使用は、肥料由来の窒素分の自然環境流出による温室効果ガスの排出や、河川などの水質悪化の原因となる。しかし、化学肥料を全く使用せずに作物を栽培することは現実的ではない。環境負荷を減らしつつ食料を安定的に生産するために、高効率肥料が注目され始めている。高効率肥料とは、成分が土壌中へ溶けていく速度や期間を調節することができる肥料である。大きく3種類に分類することができ、土壌中の水分に溶けにくくしたものや、水溶性肥料をプラスチックで被覆したものなどがある（図表1）。

図表1：高効率肥料の種類

化学合成緩効性肥料	硝化抑制剤入り肥料	被覆肥料
土壌中の水分に少しずつ肥料成分が溶けていき、作物に緩やかに吸収される。	微生物による硝酸化成作用を阻害する薬剤を含んでおり、土壌中に窒素を長期間保持させる。	水溶性肥料をプラスチックなどでコーティングしたもの。コーティングの材料や厚みにより肥料の溶出を制御する。

出所：「肥料便覧 第6版」（農山漁村文化協会）から三井物産戦略研究所作成

高効率肥料は1960年代から存在しており、変化していくニーズに対応する形で、性能の向上や環境負荷の低減などの価値を付加する技術開発が継続的に進められている。例えば、米国環境保護庁（EPA）は、高効率肥料の開発を「中小企業イノベーション研究プログラム（SBIR）」の一つとして取り上げている。

高効率肥料の使用は、適切なタイミングと量の施肥に繋がる。例えば、水田へ使用した場合に、収量を落とさずに自然環境へ流出する窒素分を約30%削減できる⁶という報告がある。また、被覆肥料では、作物により数値は異なるものの、通常の肥料の使用量を20%～30%減らすことができる⁷とされている。追肥などの作業も不要となり、作業効率の向上が狙える。高効率肥料は通常の肥料と比べて、一般的には高価だが⁸、施肥の最適化などにより、トータルとしてコスト削減に繋がると考えられる。

⁶ 農研機構ウェブサイト「緩効性肥料による水田からの窒素流出負荷低減効果」
https://www.naro.go.jp/project/results/4th_laboratory/niaes/2020/niaes20_s10.html#:~:text=%E6%B0%B4%E7%94%B0%E3%81%B8%E3%81%AE%E7%B7%A9%E5%8A%B9,%E6%A0%BD%E5%9F%B9%E3%81%8C%E5%8F%AF%E8%83%BD%E3%81%A8%E3%81%AA%E3%82%8B%E3%80%82（最終アクセス：2024年1月4日、以降リンクについて、全て同じ）

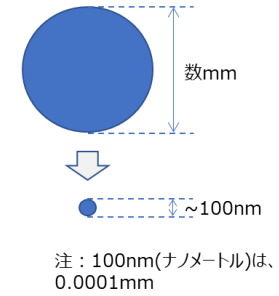
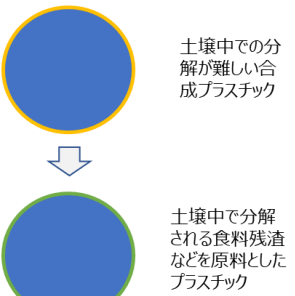
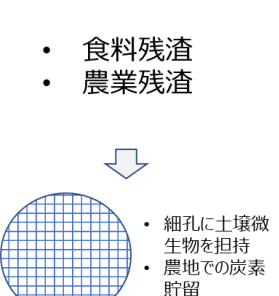
⁷ 菅野均志、西尾 隆「樹脂系被覆肥料による革新的な施肥技術の開発と今後の展望」
https://www.jstage.jst.go.jp/article/dojo/86/1/86_KJ00010191677/_pdf

⁸ 成分などの違いにより一概には言えないが、高効率肥料の価格は、通常の肥料の価格の最大3倍～4倍程度ある。
農林水産省「農業資材の供給の状況に関する調査について」（令和3年9月）
<https://www.maff.go.jp/j/press/nousan/sizai/attach/pdf/210929-3.pdf>

技術改良により進化する高効率肥料

前述のように、高効率肥料は技術改良が続けられている。技術改良により解決を図れる課題としては、①環境負荷のさらなる低減、②高付加価値化の2つがある。①に対応する技術には「ナノ粒子化」や「生分解性コーティング」が、②については「バイオ炭」の活用が挙げられる（図表2）。

図表2：高効率肥料の課題解決に有望な技術

ナノ粒子化	生分解性コーティング	バイオ炭
 数mm ~100nm 注：100nm(ナノメートル)は、0.0001mm	 土壤中での分解が難しい合成プラスチック 土壤中での分解される食料残渣などを原料としたプラスチック	 ・食料残渣 ・農業残渣 ・細孔に土壤微生物を担持 ・農地での炭素貯留

出所：三井物産戦略研究所作成

(1) ナノ粒子化

ナノテクノロジーの肥料への適用が試みられている。肥料成分をナノサイズ（100nm以下）まで小さくすることにより、成分が作物の細胞壁をすり抜け、従来の肥料よりも速く吸収される。例えば、窒素肥料では、施肥量のおよそ80%は外部環境へ流出してしまう⁹と言われており、そのような問題の解決への貢献が期待できる。

一般的な肥料は数mm以上の大きさである。それをナノ粒子まで小さくするには、肥料自体をナノ粒子化する、もしくはナノ粒子に肥料成分を吸着させるなどの方法がある。ナノ粒子の製造方法には、粉碎（ミル）などにより大きな物質を物理的に小さくする「トップダウンアプローチ」と、ゾルゲル法¹⁰などで化学的に合成するといった「ボトムアップアプローチ」がある。トップダウンアプローチは、ボトムアップアプローチと比較して、ナノ粒子化するためのエネルギーを多く消費する。また、粒子の分布が広がるため、大きなサイズの粒子も発生させてしまうなどの問題がある。一方で、ボトムアップアプローチはより均一な粒子の作製が可能になるが、溶液中での製造になるため、用途によっては乾燥・粉体化などの工程が必要になる。アプリケーションに合わせた経済合理性の高いプロセスの選定が重要になるだろう。

⁹ 国連環境計画（2019年）「フロンティア2018/19 新たに懸念すべき環境問題」

https://www.iges.or.jp/publication_documents/pub/bookchapter/jp/10343/Frontiers2018-19_j_nitrogen_FINAL.pdf

¹⁰ 化学的な反応により溶液中で微細な粒子を均一に作製する方法

(米) Aqua-Yieldは、「nanoliquid」技術により10nm～100nmのナノ粒子に肥料成分を吸着させた肥料を開発、販売している(図表3)。同技術は、肥料以外にもバイオスティミュラントや農薬へも適用可能である。同社は事業拡大を図り、2023年10月、米国農務省(USDA)が主導する肥料の国内生産拡大プログラムを通じて約126万ドルの資金を得たことで注目されている。

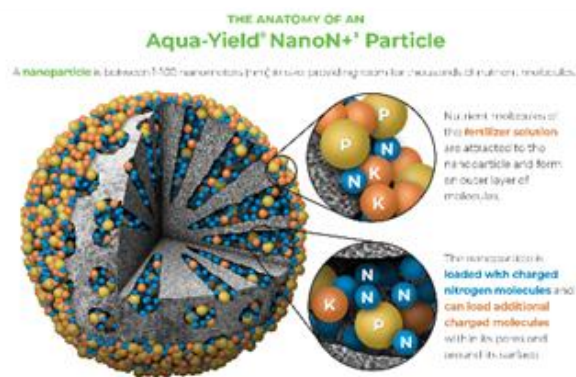
(2) 生分解性コーティング

被覆肥料は、肥料の周囲をフェノール樹脂などの材料でコーティングした肥料であり、高効率な肥料として1960年代より使われてきた。コーティングの厚みにより、肥料成分が溶けだす速さや作用期間を調節することができる。

近年では、被覆肥料のコーティング部分が、農地からマイクロプラスチックとして河川や海に流出することが問題視され始めている。そのような背景のもと、コーティング素材を生分解性の材料に置き換える取り組みが活発になっている。日本国内では、2022年に全国農業協同組合連合会など3団体が、「緩効性肥料におけるプラスチック被膜殻の海洋流出防止に向けた取組方針」を発表し、2030年までにプラスチックを使用した被覆肥料に頼らない農業を目指すとしている¹¹。住友化学も2022年に、土壤中で高い分解性を有する樹脂を使った被覆肥料を登録した¹²。被覆肥料のさらなる環境負荷の低減を目指し、業界全体で取り組む姿勢がうかがえる。

こうした中、さらなる環境への配慮として、食料廃棄物などから生分解性コーティング用の材料を提供する企業が現れ始めている。2022年に三洋化成工業が、食用に適さない米(非食用米)由来の生分解性樹脂「ネオリザ」を使った被覆材を開発したことを発表している¹³。(独)Biowegは、食のサプライチェーンにおける食品残渣などから、肥料に使用可能な微生物を用いた生分解性プラスチックを開発している。同社は2023年11月に、医薬品・農業分野の大手(独)Bayerと、種子コーティングや被覆肥料の被覆材の研究開発での提携を発表した¹⁴。

図表3 : Aqua-Yieldのnanoliquid技術



出所: Aqua-Yieldウェブサイト

<https://www.aquayield.com/our-technology>

¹¹ 全国農業協同組合連合会他「緩効性肥料におけるプラスチック被膜殻の海洋流出防止に向けた取組方針」

http://www.jaf.gr.jp/pdf/202201_torimatome.pdf

¹² 住友化学「分解性被覆肥料の開発について」(2022年5月24日)

https://www.sumitomo-chem.co.jp/news/detail/20220524_2.html

¹³ 三洋化成工業「非食用米を用いた生分解性樹脂「ネオリザ®」を用いた肥料被覆材を開発—環境負荷低減につながる被覆材で持続可能な農業の実現に貢献—」(2022年12月1日)

<https://www.sanyo-chemical.co.jp/wp/wp-content/uploads/2022/12/k20221201.pdf>

¹⁴ Bioweg “BIOWEG and Bayer Forge Collaborative Partnership to Develop New Biodegradable Seed Coatings and Formulation Materials”, 16 NOV 2023

<https://mb.cision.com/Main/14749/3876449/2432364.pdf>

このように、生分解性の材料が被覆材料へ使われることに加え、その原料や製法も含めてより環境に配慮したものへと転換していく可能性がある。

(3) バイオ炭

多孔質材料に肥料成分を吸着させることで肥料効率を向上させる取り組みがある。多孔質材料中の細孔に吸着した肥料成分は材料の中での移動速度が遅いため、外への拡散も遅くなる。この性質を利用すれば、効能を長期間持続させられる。

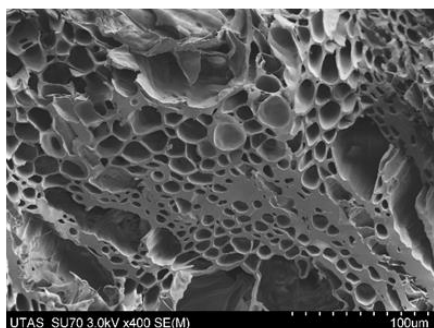
近年では、木材などを蒸し焼きにして作られるバイオ炭に注目が集まっている。バイオ炭とは、「燃焼しない水準に管理された酸素濃度の下、350℃超の温度でバイオマスを加熱して作られる固形物」と定義されている¹⁵。原料となる木材などはそのまま放置すると、微生物などにより分解され、二酸化炭素として大気中に放出されてしまうが、炭化して難分解性の状態にすることで、土壌中へ炭素を貯留することができる。2020年には、バイオ炭を農地施用することがJ-クレジット制度の対象として認められた。

バイオ炭は自然由来の多孔質材料であり、従来、保水性などを改善できる土壌改良資材としての働きが期待されていた。最近では、作物にとって有益な土壌微生物を担持させ、高付加価値化を狙う取り組みが増えている。

(米) bio365は、非常に小さな細孔を有するバイオ炭、「bioCORE」を開発した(図表4)。bioCOREは細孔中に水分を保持できるしくみになっている。そこに栄養素や微生物などを組み合わせた高機能のバイオ炭を開発・販売している。

(日) TOWINGは植物や食品の残渣を炭化させ、土壌微生物を吸着させた高機能バイオ炭「宙炭(そらたん)」を販売している(図表5)。2023年に同社は農林中央金庫と提携し、同金庫の持つネットワークをカーボンクレジットの販売に結び付けるなどして、肥料の高付加価値化に取り組んでいる¹⁶。

図表4 : bioCORE



出所 : bio365ウェブサイト
<https://www.bio365.com/benefits>

図表5 : 宙炭(そらたん)



出所 : TOWINGウェブサイト
<https://towing.co.jp/blogs/products/%E5%AE%99%E7%82%AD>

¹⁵ 農林水産省「J-クレジット制度における「バイオ炭の農地施用」の方法論について」

<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/climate/jcredit/biochar/attach/pdf/biochar-2.pdf>

¹⁶ 農林中央金庫、TOWING「農林中央金庫と株式会社 TOWING との業務提携について」(2023年10月6日)

https://www.nochubank.or.jp/news/news_release/uploads/2023/23-

[28_%E8%BE%B2%E6%9E%97%E4%B8%AD%E5%A4%AE%E9%87%91%E5%BA%AB%E3%81%A8%E6%A0%AA%E5%BC%8F%E4%BC%9A%E7%A4%BETOWING%E3%81%A8%E3%81%AE%E6%A5%AD%E5%8B%99%E6%8F%90%E6%90%BA%E3%81%AB%E3%81%A4%E3%81%84%E3%81%A6.pdf](https://www.nochubank.or.jp/news/news_release/uploads/2023/23-28_%E8%BE%B2%E6%9E%97%E4%B8%AD%E5%A4%AE%E9%87%91%E5%BA%AB%E3%81%A8%E6%A0%AA%E5%BC%8F%E4%BC%9A%E7%A4%BETOWING%E3%81%A8%E3%81%AE%E6%A5%AD%E5%8B%99%E6%8F%90%E6%90%BA%E3%81%AB%E3%81%A4%E3%81%84%E3%81%A6.pdf)

今後の展望

高効率肥料は、化学肥料の過剰使用の抑制に繋がることから、持続可能な農業に向けた重要な資材となる。今後は上記の技術を用いた次世代の高効率肥料にも注目が集まるだろう。コストなどの課題はあるものの、日本をはじめ、北米、欧州、中国で使われ始めている。これらの地域での活用がさらに進めば、コストダウンも期待できる。現状、単位面積当たりの肥料の使用量が低く、今後の人口増加が見込まれるサブサハラアフリカなどの地域においても、高付加価値の作物を中心に高効率肥料が普及していくものと思われる。本稿で取り上げたナノ粒子化や生分解性コーティングの技術は、素材を扱う企業が強い分野でもあり、そのような技術を持った企業が既存の肥料メーカーと提携するなど、他分野からの参入余地もあるだろう。

原料に食料残渣などを使う企業も現れてきており、サーキュラーエコノミーの観点からも重要な取り組みと言える。ただし、廃棄物などを原料として確保することはサプライチェーン構築においてコストがかかり、原料の品質の安定化などは課題となり得る。

肥料自体の効率性を高めても、トータルの施肥量が過剰になっては意味がない。適切に使用するためには、例えば、衛星・航空機・ドローンなどを利用したリモートセンシングを組み合わせたモニタリングシステムの活用が考えられる。肥料が不足している区画に高効率肥料をピンポイントで施用することができれば、施肥管理をより効果的に行うことができるだろう。

高効率肥料をより広く普及させるには、その効果をアピールすることに加えて、高効率肥料を使うことの意義を農家と共有していくことが大切だ。バイオ炭などによるカーボンクレジットといったインセンティブを活用して、少しずつ環境に優しい農業資材への転換を進めることが重要になる。

 **知財レポートはこちら**

「イングリエディエント・インフォマティクス」がもたらす食品開発の未来 —AIとの協創が生むR&Dイノベーション—

技術・イノベーション情報部 コンシューマーイノベーション室 澤野 健史

イングリエディエント・インフォマティクスとは

(1) AIを活用した食品開発

「イングリエディエント・インフォマティクス (Ingredient Informatics)」とは、AIを利用して食品のあらゆる研究開発プロセスを最適化する技術である。AIの機械学習を活用し、食品成分の機能性データや物性データ、最終製品の品質データ、さらには消費者の購買データとの相関性を分析することで、消費者が求める食品やメニューの具現化に必要な成分の組み合わせを簡便に予測、提案することができる。具体的には、最新の消費者トレンドに基づく新しいコンセプトの考案、品質の改善（味、食感、栄養価、健康機能など）、代替原料による既存製品の改良（脂肪分、塩分、糖分の削減など）、さらには特定の機能を有する食品原料の探索プロセスに応用することも可能である。誰にでもアクセス可能な外部データ（成分データベース、学術論文、レシピ、SNSなど）または各企業が保有する内部データ（消費者の購買データや官能評価データ、オミックス解析データ）が統合されたデータセットを基に、独自のアルゴリズムが構築され、サービスが提供される¹⁷。

(2) 本技術が求められる背景

近年、消費者が食品に求める価値は、単なる栄養補給・おいしさの追求にとどまらず、健康機能やサステナブル&ナチュラル志向、アニマルウェルフェアへの配慮などに大きく広がっている。また消費者トレンドが変化するスピードは年々高速化しており、関連企業は対応に迫られている。しかし従来の製品開発は、熟練の開発員の勘と経験、マンパワーに依存した属人的かつ非効率的な方法で行われており、変化が激しい消費者トレンドに迅速かつ的確に対応することは困難といえる。さらに食品の価格に対する消費者の目線は極めてシビアであり、人件費、研究開発費および原材料費の価格転嫁は容易ではない。このような背景から、必要経費を削減しつつ、最大のアウトプットを生み出す製品開発プロセスの構築が求められ始めており、それを可能にするイングリエディエント・インフォマティクスが、昨今のAIの急速な発展とともに注目を浴びている。

(3) 投資と技術開発動向

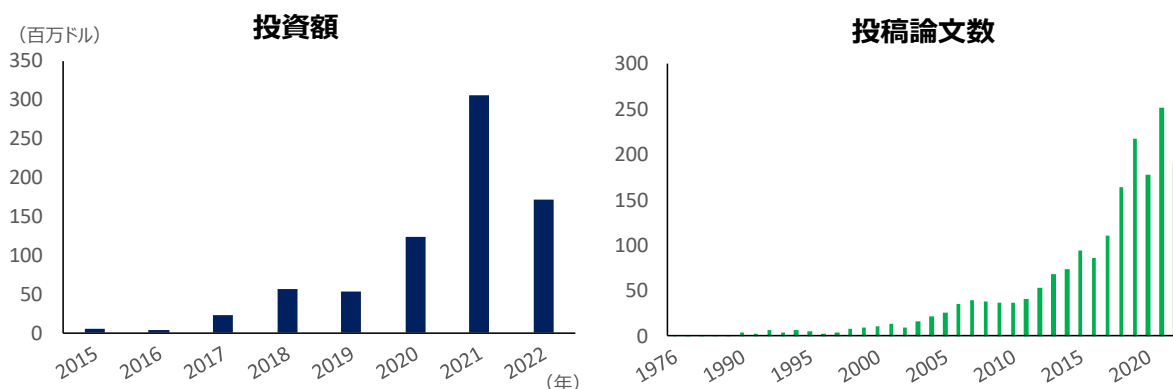
Lux Researchのデータによると、直近5年間で本領域への投資は活発化しており、年間投資額は2022年に1.7億ドルに達した¹⁸（図表1左）。大部分をベンチャーキャピタルによるスタートアップ投資が占めており、

¹⁷ Lux Research - Ingredient Informatics (2023.11.09 個別提供資料)

¹⁸ Ingredient Informatics :: Lux Research (luxresearchinc.com)

複数の企業によるジョイントベンチャー、各企業内のR&Dへの投資額等を含めると、実際にはさらに高額に上ると見込む。投稿論文数も近年高水準で推移しており（図表1右）、本分野における技術開発の活発化がうかがえる。

図表1 イングリディエント・インフォマティクス領域の投資額と投稿論文数推移



出所：Lux Research Inc.およびPubMedのデータから三井物産戦略研究所作成

有望な活用分野

(1) 消費者に支持される味を具現化するフレーバーデザイン

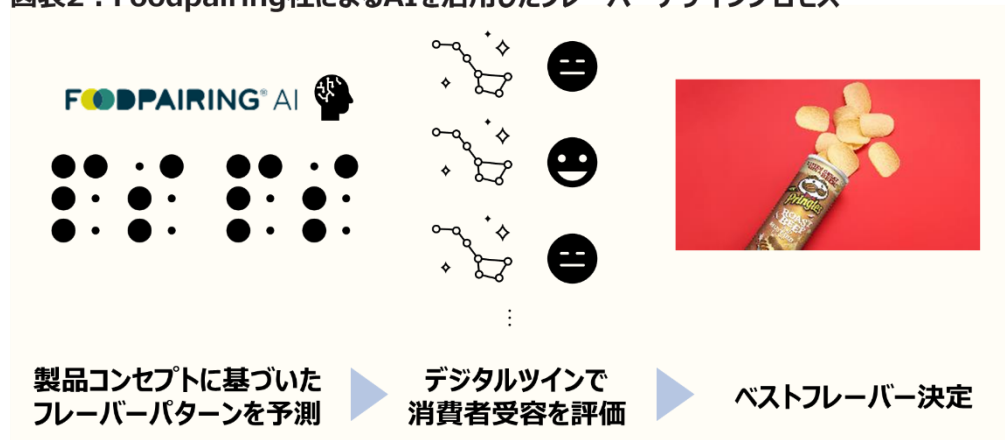
我々が普段口にする加工食品や飲料の味は複数のフレーバーの組み合わせによりデザインされている。従来、パフューマー（調香師）と呼ばれる開発員が自身の感覚に従い、数千種類の香料の中から10～100種類の香料を選抜し、調香することで対象となる製品の味を具現化している¹⁹。（ベルギー）Foodpairingは、製品を構成するフレーバーデータと消費者の製品に対する官能評価データ等を基に構築したアルゴリズムを開発し、クライアントが実現したい製品コンセプトに対応したフレーバーやアロマ成分の的確な組み合わせを予測、提案するサービスを展開している。予測された数百万通りものパターンは、ターゲットとなる消費者のデジタルツインでテストされ、最も支持されるパターンが決定される（図表2）。本サービスにより、経験やノウハウが少ない開発員でも簡単に消費者ニーズに合う製品開発が可能になるため、通常10年以上を要するベテラン調香師の育成期間²⁰と製品コストが削減できる（同社は製品コストを最大20%削減し、市場投入までの時間を28%短縮できるとしている）。（米）Kelloggは本サービスを活用し、ビール愛好家をターゲットとしたローストビーフ&マスタード味のポテトチップスを開発、上市している²¹。

¹⁹ 香りの化学，化学と教育51巻2号（2003年）

²⁰ 分析・合成・調香技術の総合による新規食品香料開発（長谷川香料株式会社）

²¹ Foodpairing :: Company Profile :: Lux Research (luxresearchinc.com)

図表2：Foodpairing社によるAIを活用したフレーバーデザインプロセス



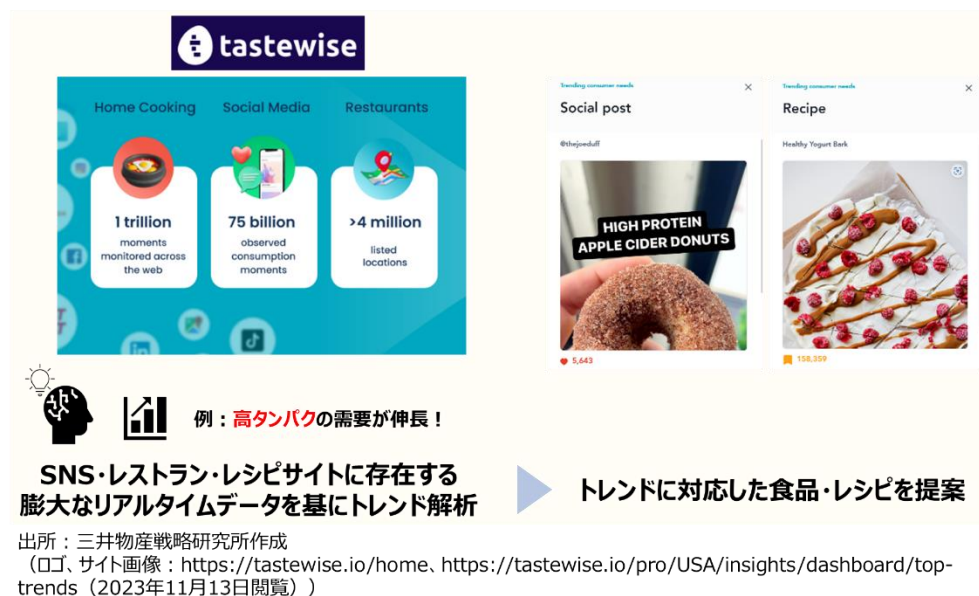
出所：三井物産戦略研究所作成

（ロゴ、写真： <https://www.foodpairing.com/industry/case/pringles/>（2023年11月13日閲覧））

（2）最新の消費者トレンドをリアルタイムに反映したメニュー開発

食品メーカーやフードサービス企業は、消費者トレンドを把握するため、自社内でのリサーチ、売上データ分析、飲食コンサルの活用などに多大な時間とコストを要している。しかし消費者トレンドの変化が超高速度化している現在、限られたリソースでタイムリーかつ的確に消費者に求められる食品やメニューを提供することは困難を極める。（イスラエル）Tastewiseは、レストランのウェブサイト、SNS、フードデリバリープラットフォーム、レシピサイトなどの複数のソースからメニュー、食材、消費者の好みやトレンドに関する公開データを収集し、“いま”消費者に求められている食品やメニューを予測し、レシピやマーケティング戦略などを提案するサービスを展開している^{22, 23}（図表3）。本サービスにより開発期間お

図表3：Tastewise社によるAIを活用したトレンド予測と食品・メニュー提案



²² 「マーケットインテリジェンスプラットフォームのTastewise社、AIで多様なデータをリアルタイムにインサイト化を実現」（AT PARTNERS）

²³ Tastewise General One Pager

よびコストを削減しつつ、タイムリーかつ消費者の声に寄り添った製品開発が可能になる。すでに（スイス）Nestle、（米）PepsiCoなど複数の大手企業が製品開発プロセスに同社サービスを導入している。

（3）植物代替食品のリアルな味を追求

ヴィーガンやフレキシタリアンの増加に伴い、植物代替食品市場が拡大している。しかしながら従来の動物性食品を植物性原料のみで完全に模倣することは難しく、特に食感、栄養価、コストの面で多くの課題が存在する。（米）Climax Foodsは、AIの機械学習を活用し、30万種の食用植物に含有されるタンパク質構造データに基づいて、それらの食品機能を予測するプラットフォームを開発した。このプラットフォームにより、植物代替食品に動物性食品と同等以上の感覚特性とアミノ酸バランスを付与する植物由来の高機能タンパク質を特定することが可能になる。現在同社は乳製品大手の（仏）Belとパートナーシップを締結し、これまで再現が困難とされてきた乳カゼインの機能を模倣する植物性タンパクを探索し、それを配合した植物性チーズの開発を目指している²⁴（図表4）。

図表4：Climax Foods社によるAIを活用した植物性チーズの開発



出所：三井物産戦略研究所作成

（図、写真： <https://climax.bio/>、<https://climax.bio/taste/>（2023年11月13日閲覧））

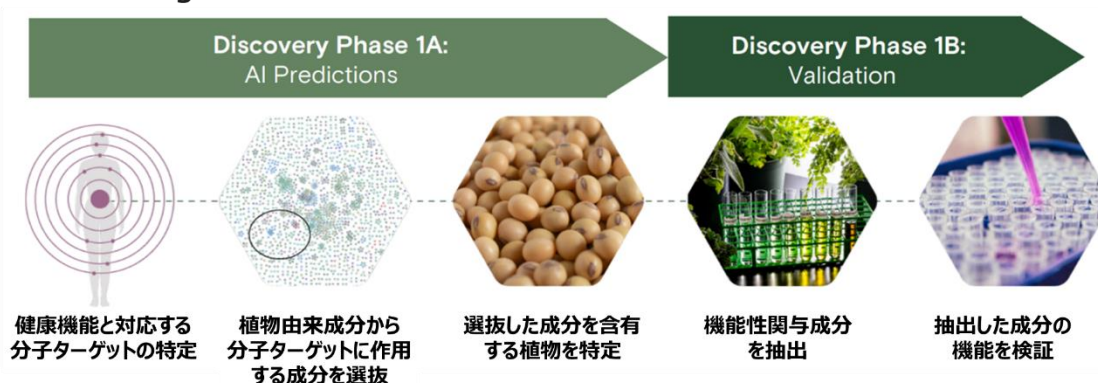
（4）健康機能を有する食品成分を効率的かつ網羅的に探索

食品の機能性成分の探索研究では、特定の機能を評価するための実験条件の決定と評価、植物エキス中の活性成分の特定、動物実験、安全性試験など、数年～10年程度の長い歳月が費やされるが、最終的にヒトで有効性が実証され、上市に至る確率は極めて低い。（米）Brightseedは、食用植物由来の約200万種類の成分の構造データを基に、15種類の健康機能（代謝改善、免疫増強、認知機能増強など）を有する成分を予測、提案するプラットフォームを開発した（図表5）。このプラットフォームを用いて、より経済的で効果のある機能性成分を簡便に見いだすことを目指している（同社は研究開発スピードを10倍に、市場投

²⁴ Climax Foods :: Company Snapshot :: Lux Research (luxresearchinc.com)

入までの時間を50%短縮できるとしている)²⁵。サプリメントブランド Nature Madeで知られる(米) Pharmaviteは、Brightseedとのパートナーシップを通じて、睡眠改善およびストレス対策効果が期待できる植物由来の製品の上市を目指しており、それぞれ10種類以上の候補成分の選抜に成功している²⁶。

図表5：Brightseed社によるAIを活用した機能性成分の探索プロセス



出所：Pharmavite Case Study (Brightseed)
https://downloads.ctfassets.net/oz7i9nkwgj2z/4e0q5r6cVX56z4dXGqk2tt/a99cf39f529146fdf07115409917090d/Pharmavite_Case_Study_2023_-_Nature_Made.pdf (2023年11月13日閲覧)

(5) 培養肉商業生産のカギを握る増殖培地・成長因子の探索

培養肉の商業化に向けた最大の課題の1つは高額な生産コストであり、コストの大半を占めているのが細胞を培養・増殖・分化させる際に用いる増殖培地や成長因子といわれている。特に成長因子は従来、高価なウシ血清が用いられており、植物由来かつ安価な代替品の開発が求められている。(英) Multus Biotechnologyは、細胞株ごとに異なる増殖培地の組成および成長因子の探索・特定プロセスに、AIを活用し、培養肉開発企業向けにカスタマイズした無血清培地や植物由来の成長因子の開発・提供を行っている。同社は独自に構築したプラットフォームを用いた低コストかつ高機能な増殖培地、成長因子の提供により、培養肉の商業化に寄与することを目指している²⁷。

今後の展望

食品産業においては、今後5～10年で、上述したサービスの活用や企業買収、協業を通して、イングリディエント・インフォマティクスのさらなる普及と進化が期待される。具体的には、消費者のニーズ・嗜好性に合わせた的確な成分の組み合わせがタイムリーに予測できるようになり、“いま”消費者に求められている食品のスピーディーな開発が可能になる。また、より経済的で画期的な機能を有するサプリメントの開発が可能になる。さらに植物代替食品、培養肉など新しい食品産業が抱える課題に対して革新的なアプローチをもたらす可能性がある。

²⁵ Brightseed :: Company Profile :: Lux Research (luxresearchinc.com)

²⁶ Pharmavite Case Study (Brightseed)

²⁷ Multus Media :: Company Snapshot :: Lux Research (luxresearchinc.com)

一方で、AIは過去のデータに基づいた予測を得意とするものの、まだ存在しないものや異分野の融合により生み出されるイノベーション、消費者の潜在的なニーズの検出は現状困難といえる。AIとの協業により生み出された余白を、食品の研究開発担当者が有効活用し、異分野コミュニケーションやイノベーティブな研究活動に注力することで、新たな画期的な製品が誕生する未来を期待したい。

 **知財レポートはこちら**

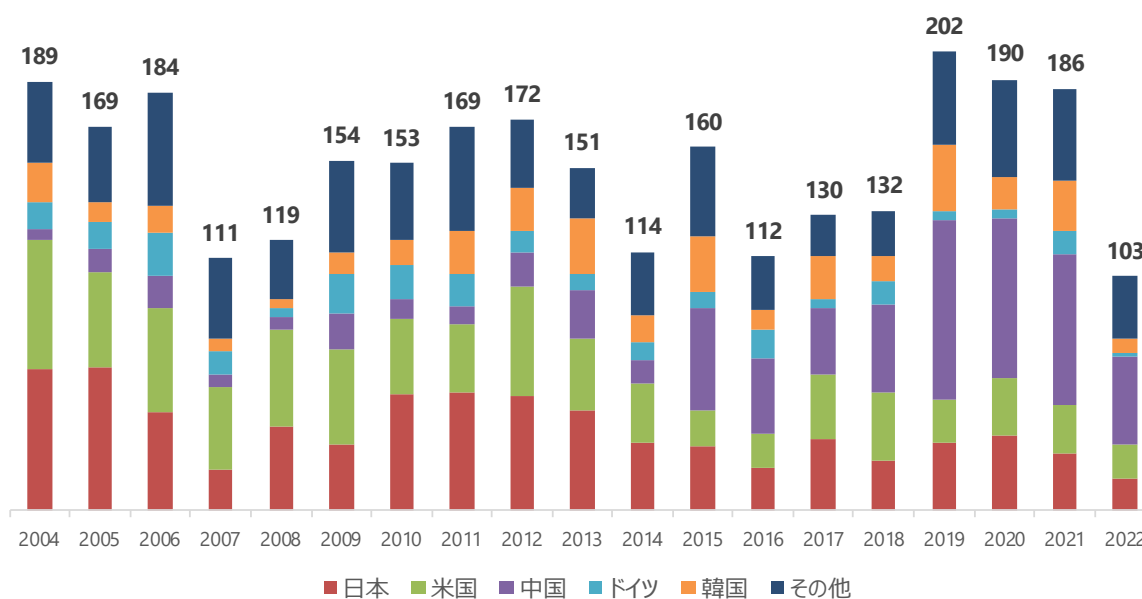
2024年に注目すべき技術 知財レポート

技術・イノベーション情報部 知的財産室 松浦 由依

本稿では、『2024年に注目すべき技術』で取り上げた4つのテーマ：マイクロ波反応装置、3Dセンシング、高効率肥料、イングリディエント・インフォマティクスに関する特許出願の国際動向を調査・分析し、レポートする。すべての調査・分析はPatSnap社が提供するグローバル特許検索・分析ツールであるPatSnap Analyticsおよび各種技術情報検索ツールであるPatSnap Discoveryを利用して実施した。各種データの取得日は2023年12月1日である。

マイクロ波反応装置

図表1：マイクロ波反応装置に関する特許出願の件数推移



出所：PatSnap Analyticsのデータから三井物産戦略研究所作成

特許出願の年次トレンド

マイクロ波反応装置に関する特許出願件数は年ごとに変動しており、2019年以降の増加が特に目立つ。国別に見ると、日本からの特許出願件数は2004年から2005年にかけてピークを記録し、その後は減少傾向にある。米国からの特許出願件数も全体的に減少傾向にあり、特に2015年以降の減少が顕著である。対照的に、中国からの特許出願件数は2015年以降大きく増加し、2019年には最高値を記録している。

このことから、出願件数全体における2019年のピークは中国からの特許出願件数の急増に起因するといえる。2000年代は日本と米国がこの分野の特許出願を牽引していたが、2019年以降は中国が主導的な役割

を果たしている。なお、グラフ上、2022年の特許出願件数は大幅に減少しているが、特許出願が公開されるまでのタイムラグを考慮する必要がある。データより、2022年の最終的な特許出願件数は約159件と予測される。

技術的焦点

2019年以降の特許出願データから技術的焦点について分析する。

技術や分野としては、マイクロ波反応装置、方法、システムに関するものが多く、その他産業用途（例：金属処理、セラミックス製造）、化学研究（例：化学反応の加速）および環境技術（例：廃棄物処理）などさまざまな分野に応用がみられる。

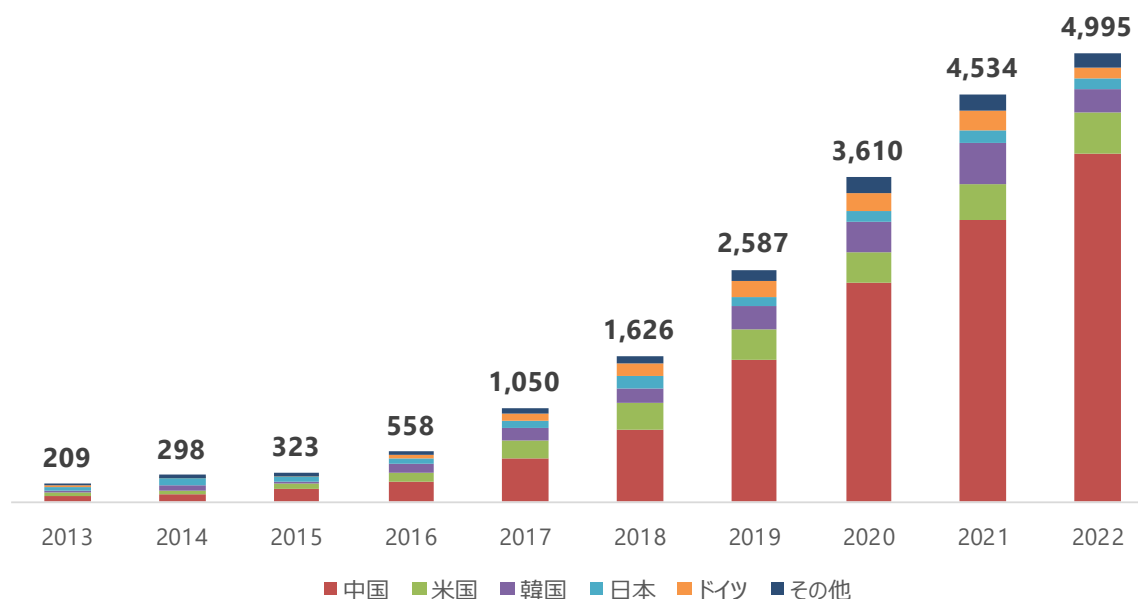
装置や方法においては、マイクロ波加熱の効率と均一性を向上させるための技術が注目されている。これには、マイクロ波の周波数調整、エネルギー分布の最適化、加熱対象物へのエネルギー伝達の改善などが含まれる。さらに、省エネルギー設計のマイクロ波反応装置や、再生可能エネルギー源を利用したマイクロ波加熱システムなど、エネルギー効率の高い方法や環境を意識したアプローチも注目されている。マイクロ波加熱プロセスの安全性と制御を強化する技術も重要視されており、マイクロ波漏れを防止するための安全装置や、プロセスの精度と再現性を高めるための高度な制御システムなどが開発されている。

これらの分析から、マイクロ波反応装置に関する特許出願は、加熱効率、エネルギー消費、安全性および特定の応用領域における技術的進展に焦点を当てていることが明らかである。特に、エネルギー効率と持続可能性への関心は、環境に配慮した技術開発のトレンドを示している。

代表的な特許出願人

1. 四川大学（中国）：特定の材料へのマイクロ波加熱の最適化、低コストで効率的な加熱ソリューション。
2. マイクロ波化学（日本）：導波管技術、マイクロ波照射の制御、化学反応の高速化、エネルギー効率向上。
3. Applied Materials（米国）：半導体製造における精密なマイクロ波技術。

図表2：3Dセンシングに関する特許出願の件数推移



出所：PatSnap Analyticsのデータから三井物産戦略研究所作成

特許出願の年次トレンド

3Dセンシングに関する特許出願件数は増加傾向にあり、特に2016年には前年比73%増、2017年には前年比88%増という顕著な成長を記録している。2013年から2022年の期間における年平均成長率（CAGR）は42%であり成長率が高い技術分野といえる。

地域別では、中国からの特許出願件数が全体の66%を占め、CAGRも60%と、この技術分野の成長に大きな影響を与えている。しかし、中国からの特許出願のうち中国以外の国にも出願される比率は9%であり、ほとんどが中国国内のみでの保護を求めている。参考までに、米国からの特許出願のうち米国以外の国にも出願される比率は62%である。この比率は、その国の技術が国外でどれだけ保護を求められているかを示す指標であり、その国のイノベーションが国際市場においてどれだけ影響力を持つかを反映している。

出願人の属性をみると、中国では企業と学術機関の特許出願件数比率は3:2であり、学術機関の研究開発が特許出願に結びついていることがうかがえる。同様の傾向は韓国でもみられる。米国では企業と学術機関の特許出願件数比率は18:1であり、企業による特許出願が圧倒的である。同様の傾向は日本、ドイツでもみられる。

技術的焦点

2019年以降の特許出願データから技術的焦点について分析する。

3Dセンシングに関する特許出願のなかでLiDARに関連する特許出願が全体の49%を占めており、LiDARが

重要な位置にすることがわかる。3Dセンシングの活用分野としては自動運転車、セキュリティ、ヘルスケア、エンターテインメント、ロボティクス、スマートシティなどさまざまな分野がみられ、3Dセンシングが持つ広範な活用可能性が確認できる。

自動運転車：環境の3Dマッピング、障害物検出、車両の安全なナビゲーションに対する高度なセンサーシステムが含まれる。これらのシステムを改善するための新しい方法や装置が出願されている。

セキュリティ：動きの検出、顔認識、異常行動の識別などが含まれる。公共の安全や個人のプライバシー保護に寄与するなど、セキュリティと監視システムにおいて重要な役割を果たしている。

ヘルスケア：患者の運動パターンの分析、手術支援、リハビリテーションのためのモニタリングシステムなどに利用され、より効果的な診断と治療が可能となる。

エンターテインメント：没入型ゲームやインタラクティブなエンターテインメントのために利用され、リアルタイムのユーザインタラクションや拡張現実（AR）、仮想現実（VR）体験が可能となる。

ロボティクス：オブジェクト検出、ナビゲーション、精密作業の実行などに利用され、製造プロセスの効率化や安全性の向上が期待される。

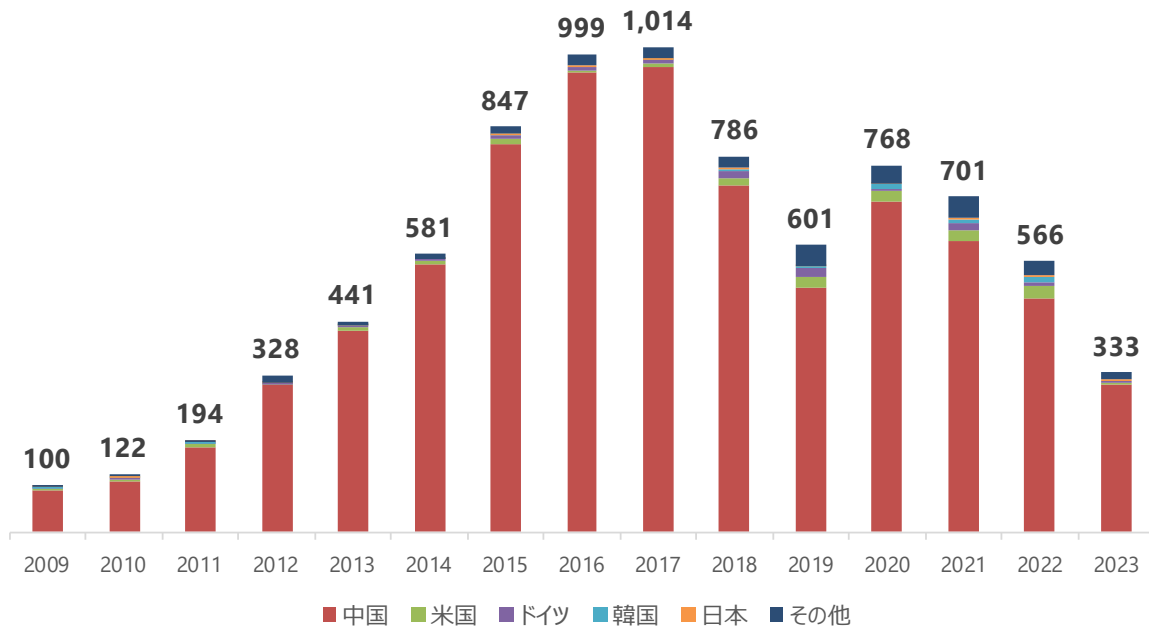
スマートシティ：都市計画、交通管理、インフラの保守といったアプリケーションに応用され、都市の効率性、持続可能性、安全性向上を課題とする。

代表的な特許出願人

1. Robert Bosch（ドイツ）：自動運転技術、異なる環境下でのセンサーの性能向上に注力。
2. Waymo（米国）：自動運転技術、機械学習とアルゴリズムに焦点。
3. Hyundai Mobis（韓国）：自動運転技術、先進的な運転支援システム（ADAS）に関連。

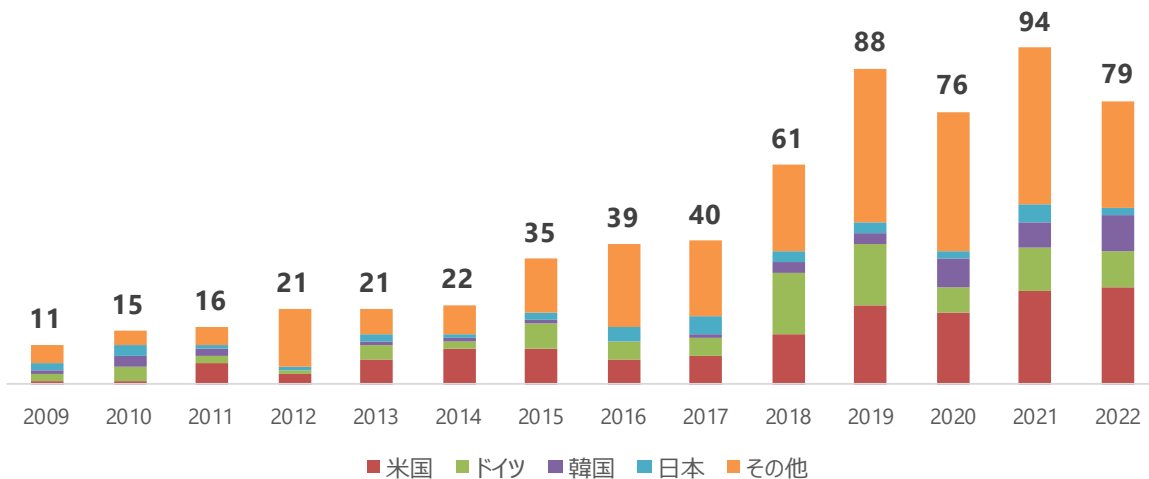
高効率肥料

図表3：高効率肥料に関する特許出願の件数推移



出所：PatSnap Analyticsのデータから三井物産戦略研究所作成

図表4：高効率肥料に関する特許出願の件数推移（中国を除いたもの）



出所：PatSnap Analyticsのデータから三井物産戦略研究所作成

特許出願の年次トレンド

高効率肥料に関する特許出願件数は、グラフからわかるように中国からの特許出願件数が最も多く、全件数の92%を占めている。このため、中国からの出願件数の変動が全体の傾向に大きく影響しており、2017年のピーク以降、減少傾向にあるようにもみえる。しかし、中国を除くと、他の国々からの出願件数

は増加していることが確認できる。なお、グラフ上、2022年の特許出願件数は減少しているが、特許出願が公開されるまでのタイムラグを考慮する必要がある。データより、2022年の最終的な特許出願件数（中国を除く）は約112件と予測される。

中国からの特許出願のうち中国以外の国にも出願される比率は2%であり、ほとんどが中国国内のみでの保護を求めている。参考までに、米国からの特許出願のうち米国以外の国にも出願される比率は79%である。この比率は、その国の技術が国外でどれだけ保護を求められているかを示す指標であり、その国のイノベーションが国際市場においてどれだけ影響力を持つかを反映している。

中国以外の国からの特許出願は、自国のほか、欧州、カナダ、オーストラリア、ブラジル、インド、オーストリア、メキシコなどさまざまな地域にも出願されている。

技術的焦点

2009年以降の特許出願データから技術的焦点について分析する。

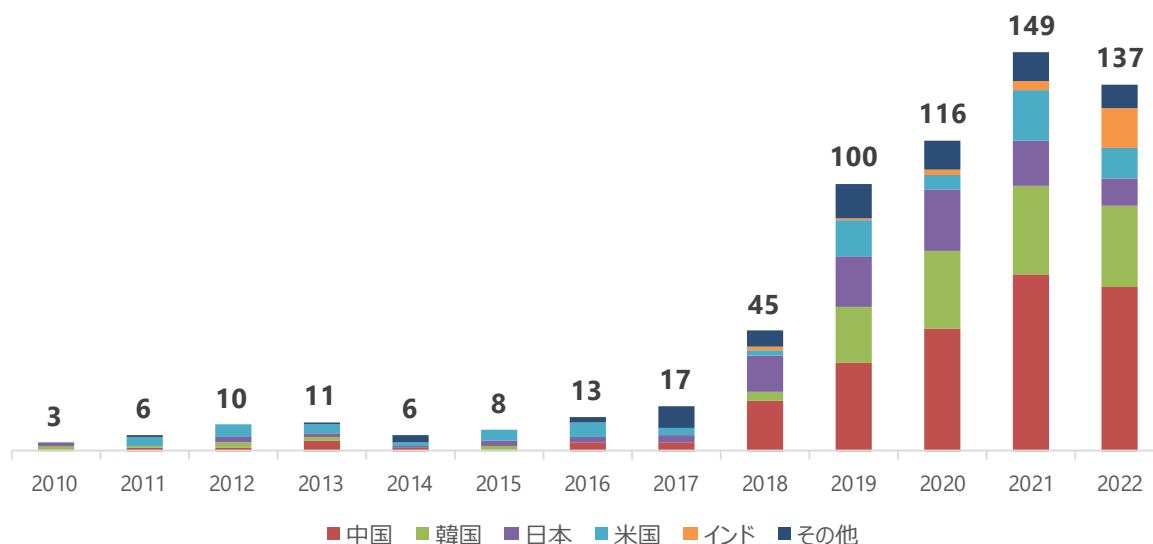
高効率肥料に関する特許出願として、環境への影響を最小限に抑えることを目的とするさまざまな発明が出願されている。たとえば、遅効性窒素を含む肥料の組成により、肥料からの栄養素の放出が時間をかけて行われ、環境への流出を減らすことを意図する発明、栄養素の放出をコントロールする新しい肥料に関する発明、硝化阻害剤としての新規な混合物に関する発明などが出願されている。

また、環境に優しいアプローチとして、生分解性ポリマーでコーティングされた尿素肥料に関する発明、肥料の粒子が抗凝固剤として機能するナノ粒子を含むバイオベースの肥料コーティングに関する発明、生分解性材料から作られた液体肥料に関する発明なども出願されている。これらの発明は、生分解性材料の使用やナノテクノロジーの応用など、環境への影響を減らすためのアプローチを提案している。特に、インドからの出願が増加しており、持続可能な農業への関心の高まりを示している。

代表的な特許出願人

1. BASF（ドイツ）：硝化阻害剤の改良により環境への影響を最小限に抑える。
2. ジェイカムアグリ（日本）：生分解性および肥料成分の溶出コントロールに優れた被覆粒状肥料の開発。
3. Koch Agronomic Services（米国）：窒素安定化剤の使用や計算による窒素肥料の最適化。

図表5：イングリディエント・インフォマティクスに関する特許出願の件数推移



出所：PatSnap Analyticsのデータから三井物産戦略研究所作成

特許出願の年次トレンド

イングリディエント・インフォマティクスに関する特許出願件数は2017年以降、年平均成長率（CAGR）52%と顕著な成長を記録している。なお、グラフ上、2022年の特許出願件数は減少しているが、特許出願が公開されるまでのタイムラグを考慮する必要がある。データより、2022年の最終的な特許出願件数は約226件と予測される。

各国の年平均成長率（CAGR）は、中国が83%、韓国が79%、インドが97%、日本が27%、米国が30%である。特に中国、韓国、インドは非常に高い成長率を示し、この分野での急速な発展を反映している。一方、日本と米国は、これらの国に比べると緩やかではあるが、それでも約30%の成長率は振興技術や急成長市場における高い成長を示している。

技術的焦点

2014年以降の特許出願データから技術的焦点について分析する。

イングリディエント・インフォマティクスに関する特許出願を分析すると、大きく4つのカテゴリに分類できる。

1. **食品開発と製造方法**：新しい食品の開発や既存製品の製造プロセスの改良に関する発明。新しい食材の組み合わせ、製造技術の革新、持続可能な製造方法などが含まれる。
2. **食品安全性と品質管理**：食品の安全性を保証し、品質を管理するための技術やシステムに関する発明。食品の新鮮さを検出するシステム、偽装や汚染を識別する技術などが含まれる。

3. **テクノロジーとデータ活用**：IoTデバイス、ビッグデータ分析、AIアルゴリズムなどを利用して、食品業界の効率を高め、消費者体験を向上させる発明。在庫管理、需要予測、消費者行動の解析などが含まれる。

4. **市場動向と消費者行動分析**：市場の動向や消費者の行動を分析して、製品戦略やマーケティングに活かす発明。消費者の好みや購買傾向を予測するシステム、マーケットリサーチのためのデータ分析ツールなどが含まれる。

代表的な特許出願人

1. Shiru（米国）：食品生産に適したタンパク質を高スループットで開発する。
2. CirclesX（米国）：バイオマーカデータを分析し、個人の栄養ニーズに最適化された食品を推奨する。
3. 安徽民研農業科技（中国）：強化学習に基づいて小麦品種を解析し、適切なグルテン含有量の小麦を選択する。

当レポートに掲載されているあらゆる内容は無断転載・複製を禁じます。当レポートは信頼できるとされる情報ソースから入手した情報・データに基づき作成していますが、当社はその正確性、完全性、信頼性等を保証するものではありません。当レポートは執筆者の見解に基づき作成されたものであり、当社および三井物産グループの統一した見解を示すものではありません。また、当レポートのご利用により、直接的あるいは間接的な不利益・損害が発生したとしても、当社および三井物産グループは一切責任を負いません。レポートに掲載された内容は予告なしに変更することがあります。