総合化学メーカーにおけるマテリアルズ・インフォマティクス実装と若手主導のイノベーション：クラレのAI活用事例を中心とした深層分析

Gemini 3.1 pro

1. イントロダクション：化学産業におけるR&Dのパラダイムシフトと AIの民主化

世界の化学産業は現在、歴史的な転換点に立たされている。長らく業界の競争優位性を担保してきたのは、熟練研究者の「勘と経験（Tacit Knowledge）」に基づく仮説検証型の研究開発（R&D）であった。しかし、製品ライフサイクルの短期化、顧客ニーズの高度化・複雑化、そしてカーボンニュートラルやサーキュラーエコノミーといった地球規模の課題への対応が求められる中、従来の「トライ・アンド・エラー」に依存した実験至上主義的なアプローチは、コストとスピードの両面で限界を迎えつつある[1]。さらに、少子高齢化の進行による働き手不足と技術伝承の断絶は、日本の製造業にとって喫緊の課題となっている[1]。

この構造的課題に対する決定的なブレイクスルーとして台頭しているのが、マテリアルズ・インフォマティクス（MI）である。人工知能（AI）、機械学習、計算化学、そして膨大なデータ群を融合させることで、未知の材料探索や物性予測を飛躍的に加速させるこの技術は、化学メーカーにとって「グローバルで戦っていくための強力な武器」として認識されている[3]。MIの導入は単なる研究効率化のツールにとどまらず、新たな材料や代替材料の探索をデータマイニングによって効率化し、人間が気づかなかった切り口からの提案（レコメンド）を生み出す可能性を秘めている[4]。

本報告書は、株式会社クラレ（以下、クラレ）におけるMIの導入事例、特に「若手研究者がAIを活用して新材料開発（触媒開発）に成功した」という画期的な成果[3]を中核的なケーススタディとして取り上げる。同社は、中期経営計画「PASSION 2026」において「3つの挑戦」を掲げ、その中核に「データで考え、データで決める」データドリブン組織への進化を据えている[4]。このビジョンのもと、同社の取り組みを深掘りすることで、単なるITツールの導入にとどまらない「R&D組織のデジタルトランスフォーメーション（DX）」、「若手人材のエンパワーメント」、そして「次世代ポートフォリオ（細胞・電池領域）への展開」という、多層的な波及効果を明らかにする。さらに、国内の主要総合化学メーカー（三菱ケミカル、三井化学、住友化学）のMI戦略との比較分析を通じ、AI時代の化学産業が向かうべき未来像を提示する。

2. クラレにおけるAI・計算化学の導入：Matlantisによる触媒開発のブレイクスルー

クラレの研究開発本部では、「幅広い材料開発のスピードアップ」を至上命題として掲げている[3]。こ

の課題を解決するため、同社はSaaS型の汎用原子レベルシミュレータ「Matlantis（マトランティス）」をDX基盤技術として導入した[3]。Matlantisは、株式会社Preferred NetworksとENEOS株式会社の合弁会社が提供するシステムであり、深層学習モデル（ニューラルネットワークポテンシャル）を物理シミュレータに組み込むことで、計算速度を従来の数万倍に引き上げ、多様な材料のスクリーニングを可能にする画期的なプラットフォームである[3]。

2.1 1.5ヶ月で「13の失敗」を証明したことの真の経済的価値

Matlantisを活用した触媒開発の事例は、MIがもたらす経済的・時間的価値の本質を如実に表している。固体触媒の開発は、化学産業において極めて難易度が高く、かつ事業競争力に直結する領域である。クラレの若手を中心とした研究チームは、既存の触媒を改良するための13種類のアイデアについて、Matlantisを用いてシミュレーションを実行した[3]。

驚くべきことに、AIを用いた計算の結果、わずか**1.5**ヶ月で「13個のアイデアすべてがうまくいかない（Non-hits）」という結論が導き出された。従来型のシミュレーション手法や実際の合成・評価実験（ウェットラボでの検証）を用いていれば、この結論に至るまでに**2〜3**年の歳月を要したと試算されている[3]。

ここには極めて重要な二次的洞察（Second-order insight）が含まれている。R&Dにおける「失敗（ネガティブデータ）」の早期発見は、成功の発見と同等か、それ以上の経営的価値を持つという点である。数年分の人的リソース、高価な試薬、ラボの稼働時間を「無駄な実験」から解放し、より確度の高い仮説に集中投資できるようになったことは、R&Dの投資対効果（ROI）を根本から改善する[3]。実際、米国の研究者を対象とした調査によれば、AIインフラの限界によりプロジェクトの94%が放棄されるリスクがある中、計算シミュレーションを活用することで1プロジェクトあたり平均約10万ドルのコスト削減が実現されていると報告されており、クラレの成果はこのマクロなトレンドと完全に一致している[7]。

2.2「事後説明型」から「シミュレーションファースト」へのプロセス逆転

この成功は、研究プロセスの不可逆的な変化を意味している。従来、計算化学やシミュレーションは、実験で得られた結果に対して「なぜそのような結果になったのか」というメカニズムを解明するための「事後説明（Post-facto reasoning）」として用いられることが多かった[3]。実験結果の背後にある分子挙動を後追いで理解するためのツールに留まっていたのである。

しかし、計算速度が従来比で数万倍に跳ね上がったことで、クラレでは実験を行う前に網羅的な計算によって候補物質を絞り込む「シミュレーションファースト」のアプローチが確立された[3]。このプロセスの逆転こそが、材料開発における最大のイノベーションである。探索空間をAIの予測によって劇的に縮小（枝刈り）してから物理実験（ウェットプロセス）に移行することで、開発サイクルは飛躍的に短縮される。

さらに、クラレはMatlantisのシミュレーションデータを用いて独自のAIモデルを学習させている。産業スケールで使用される複雑な固体触媒の性能をMatlantis単体で完全に予測することは困難であっても、シミュレーションデータを教師データとして活用することで、一定レベルの性能予測AIを構築することに成功している[3]。また、導入プロセス自体も極めてアジャイルであり、通常は6〜12ヶ月を要す

ると見込んでいた同システムの検証を、わずか3ヶ月で完了させて本稼働に踏み切った点に、同社の意思決定の速さが表れている[3]。スーパーコンピューターなどの従来のHPC（ハイパフォーマンスコンピューティング）環境を維持管理する莫大なコストと比較しても、クラウドベースのSaaS型プラットフォームは極めて経済合理性が高いと評価されている[3]。

3. R&D組織のトランスフォーメーション：「人と組織の変革」と若手のエンパワーメント

クラレの事例において最も特筆すべきは、この画期的な成果を「若手研究者」が主導したという事実である[4]。この背景には、AIツールの進化がもたらした「知識の民主化」と、経営層による意図的な組織文化の変革が存在する。クラレは、2026年の創業100周年に向けた「人と組織のトランスフォーメーション」を推進しており、単なるツールの導入ではなく、組織のあり方やマインドセットの根本的な変革を重視している[4]。

3.1 経験至上主義からの脱却とデータ起点のアプローチ

従来の化学業界におけるR&Dは、数十年にわたる研究生活で培われたベテラン研究者の暗黙知や「仮説を立てるセンス」に強く依存する「属人的な仮説検証型」であった[4]。しかし、このようなアプローチでは、過去の失敗データが記録として残らず、工程間のデータ連携も限定的となり、多角的な仮説検証が阻害されるという構造的な課題を抱えていた[4]。

AIやデータ収集基盤の導入は、この構造を抜本的に変革する。生成AIやデータ統合プラットフォームは、コンテキストに応じた検索や膨大な過去データの学習を可能にし、知識へのアクセスを民主化する[8]。クラレでは、日立ハイテクをパートナーとして選定し、成功事例だけでなく過去の「失敗データ」も含めた実験データの一元管理と「R&Dナレッジ管理基盤」の構築を進めている[4]。これにより、各研究員が自身の担当する少量のデータのみで考察するスタイルから、システムを通じて他チームのデータも統合・活用し、多角的な分析を基に研究方針を議論するスタイルへとシフトしている[4]。

3.2 若手のエンパワーメントとハイスピードな実装力

データ起点の議論が定着することで、組織のヒエラルキーにも変化が生じる。ベテランマネージャーの長年の経験や勘に依存するのではなく、若手研究者が自らAIを駆使して取得・解析した客観的なデータに基づいて、研究の方向性を判断し、プロジェクトを主導することが可能になる[4]。若手が最先端のシミュレーションツールを駆使し、1.5ヶ月でベテランが数年かける検証を完了させたという事実は、日本のモノづくり企業における人材育成と権限委譲の新しいロールモデルを提示している。現場の研究員の主体性とやりがいを最大化するこのアプローチこそが、真の「AIの民主化」である[4]。

また、DX推進におけるクラレのスピード感も驚異的である。日立ハイテクの実験データ収集サービスの導入において、2024年5月の問い合わせからワークショップを通じて現場課題を深掘りし、9月にはPoC（概念実証）を実施、翌年1月には開発・実装を開始し、わずか1年でツール導入を完了させている[4]。このようなウォーターフォール型を脱却したハイスピードな意思決定と実行力は、同社がアジャイルで柔軟な組織へと急速に変貌を遂げていることを裏付けている。

4. AI駆動による次世代材料ポートフォリオの展開：細胞培養と電池材料

クラレのR&D部門は近年、既存事業の強化にとどまらず、新事業の創出に軸足を移し、プライオリティの高いテーマにリソースを集中配分している[10]。特に、次世代の成長ドライバーとなる「細胞（再生医療）」と「電池材料」の領域において、同社はAIやデジタル技術を駆使したマテリアル・インフォマティクスを積極的に展開している[6]。これらの新領域では、新規素材のディスカバリーを超えて、製造プロセス全体のシミュレーションと最適化にまでAIの適用範囲が拡張されている。

4.1 再生医療分野への参入：PVAマイクロキャリア「スキャポバ」とデジタルツイン

世界の再生医療市場は爆発的な成長期を迎えており、細胞治療や遺伝子治療の進展を背景に、2025年には約283億～398億米ドル、2034年から2035年にかけては441億米ドル以上に達すると予測されている[12]。日本国内の市場規模も、2035年までに約55億米ドル規模に成長すると見込まれており、年平均成長率（CAGR）は14.6%を超える高い水準が期待されている[15]。この市場における最大の技術的ボトルネックの一つが、治療に必要な間葉系幹細胞（MSC）などを、高品質かつ安全に大量培養するプロセスの確立である。

クラレは、自社のコア技術であるポリビニルアルコール（PVA）の知見を応用し、細胞培養用の足場材料であるPVAマイクロキャリア「スキャポバ（Scapova）」を開発した[16]。PVAハイドロゲル特有の弾力性により、バイオリアクター内での攪拌による物理的衝撃から細胞を保護し、高い増殖率を実現する[16]。同製品は、医薬品製造に求められるGMP（Good Manufacturing Practice）相当の厳格な品質管理基準（エンドトキシン0.01EU/cm2未満、ガンマ線滅菌によるSAL 10-6達成など）をクリアしており、極めて高い安全性を誇る[16]。さらに、動物由来成分を完全に排除したアニマルフリー（AOF）の最新銘柄「スキャポバAS」の投入により、臨床応用における国際的な規制対応へのハードルをクリアしている[16]。

特筆すべきは、この「スキャポバ」を用いた大量培養プロセスの確立において、AIとデジタルツイン技術が駆使されている点である。クラレは、サイフューズ、ZACROS、千代田化工建設の3社と協創し、ラボスケールでの細胞培養状態を、数値流体力学（CFD）による流体可視化技術とAI解析を用いてデジタルツイン化するプロジェクトを推進している[19]。これにより、高コストで時間の要する物理的スケールアップ実験を繰り返すことなく、商業規模（100Lクラスなど）のバイオリアクター内の流体ストレス、栄養供給状態、細胞の増殖軌道などを仮想空間上でシミュレーションし、結果を予測しながら最適な大量培養プロセスを導き出すことが可能となっている[16]。これは、素材の提供にとどまらず、製造プロセスソリューションまでもデジタル技術で提供する高度なアプローチである。

4.2 エネルギーモビリティの変革：バイオマス由来ハードカーボン「クラノード」

もう一つの戦略的注力領域が、リチウムイオン二次電池（LiB）および次世代のナトリウムイオン電池（SIB）向けの負極材開発である。電気自動車（EV）の急速な普及と、再生可能エネルギー普及に不可欠な定置用蓄電池の需要増を背景に、高性能なハードカーボン材料市場は歴史的な拡大期にあ

る。同市場は2024年の約1億2500万米ドルから、2032年には約5億5600万米ドルへと、年平均成長率（CAGR）20.41%という驚異的なペースで急拡大すると予測されている[22]。別の調査では、2032年までに42億米ドル規模に達するというより強気な予測も存在し、いずれにせよ次世代エネルギーシステムの中核を担う重要部材として位置づけられている[24]。

クラレは、株式会社クレハとの強固なアライアンスおよび共同開発を通じて、植物（バイオマス）を原料としたサステナブルなハードカーボン負極材「クラノード（Kuranode）」を展開している[25]。一般的な黒鉛（グラファイト）負極材と比較して、ハードカーボンは層間距離が広く無秩序な構造を持つため、急速な充放電（入出力特性）や低温環境下での動作特性に圧倒的に優れている[25]。さらに、カーボンニュートラルの潮流の中で、リチウム資源の枯渇リスクを回避できる次世代電池として期待される「ナトリウムイオン電池（SIB）」において、ハードカーボンはナトリウムイオンを安定して吸蔵・放出できる最適な負極材として市場を牽引している[22]。

この電池材料の最適化においても、MIとAIの果たす役割は極めて大きい。充放電サイクルにおける微細な多孔質構造の変化、電解液との界面（SEI）における複雑な副反応の制御、そしてバイオマス前駆体からの炭化プロセスにおける熱処理条件など、無数のパラメーターが絡み合う領域において、実験のみによる最適解の探索は事実上不可能に近い。クラレが推進する「デジタルR&D」や高度シミュレーション技術の活用は、こうした複雑な電池材料設計のスピードアップと、環境負荷低減を両立させるためのコアコンピタンスとなっている[11]。

5. 国内総合化学メーカーにおけるマテリアルズ・インフォマティクス戦略の比較分析

クラレの独自のポジションと競争優位性をより客観的に評価するため、日本の主要な総合化学メーカー（三菱ケミカルグループ、三井化学、住友化学）が展開するMI戦略との比較分析を行う。各社は事業環境の激変とグローバル競争を生き残るため、巨額の投資を行い、独自のMIプラットフォームの構築とオープンイノベーションを急いでいる。

企業名	主要な**MI**ツール / 協業パートナー	主な活用事例・特徴	**R&D**における戦略的焦点	参照ソース
クラレ	Matlantis (PFN/ENEOS), 日立ハイテク	・触媒開発における1.5ヶ月での非該当判定 ・「失敗データ」の蓄積とデータ駆動へのマインドチェンジ	シミュレーションファースト、現場主導の意思決定、次世代材料（細胞・電池）プロセス開発への展開	3

		・若手研究者のエンパワーメント		
三菱ケミカルグループ	Citrine Platform (Citrine Informatics / SCSK)	・光触媒材料の特性を向上させる添加元素の探索 ・3Dプリンティング材料の最適化 ・秘密計算を用いた外部連携	AIを用いた素材開発の刷新、製品ごとの市場分析と知財戦略の連動、オープンイノベーションの推進	31
三井化学	Chemicals Informatics (CI) (日立ハイテクソリューションズ)	・有機材料開発における実験回数を約1/4に削減 ・樹脂・添加剤の耐熱性と性能を両立する組成探索	基礎研究からスケールアップまでの実証実験の時間短縮、特許・論文の自然言語処理解析の活用	35
住友化学	独自のMI基盤、IT関連投資（600億円規模を予定）	・耐熱性ポリマーにおける100万通り以上の共重合体モノマー組成比の最適化 ・実験至上主義からの脱却	データに基づく材料開発による効率化、顧客要求の個別化・高度化・複雑化への迅速な対応	2

表の比較から明らかなように、日本の大手化学各社のアプローチには明確な共通点と差異が存在する。最大の共通点は、「長年の勘と経験」や「実験至上主義」からの脱却を強力に推し進めている点である[1]。

例えば、三菱ケミカルグループや住友化学は、ポリマー材料や共重合体の組成最適化など、膨大な組み合わせ（100万通り以上）の中から最適解を導出するプロセスにおいて、AIの強みを最大限に発

揮している[39]。三菱ケミカルは米国Citrine Informatics社のプラットフォームを活用し、光触媒材料の探索や3Dプリンティング材料の最適化を進めるとともに、秘密計算技術を用いてセキュリティを担保した外部連携（オープンイノベーション）を模索している[32]。また、三井化学は日立ハイテクソリューションズが提供する「Chemicals Informatics (CI)」を活用し、公開特許や論文の自然言語処理によるデータベース構築を通じ、有機材料開発における実験回数を従来の約1/4に劇的に削減することに成功している[36]。

さらに、国立研究開発法人物質・材料研究機構（NIMS）を中核とし、旭化成、三菱ケミカル、三井化学、住友化学が参画する「化学マテリアルズオープンプラットフォーム（化学MOP）」の設立に見られるように、国内の大手化学メーカーは基礎研究領域における水平連携を通じたデータ共有と機械学習モデルの精度向上にも取り組んでいる[41]。

こうした競合環境の中における、クラレの**MI**戦略の最大の独自性は、単なる高度な計算ツールの導入を超えた「人材育成と組織文化の変革」への強いコミットメントにある。同社の事例では、「若手」というキーワードが象徴的に語られており、ベテランへの依存から脱却し、データ活用を通じて現場の若手研究員が自ら方向性を判断し、主体性を持ってプロジェクトを推進できるフラットな環境作りが、経営の明確な意図を持って行われている[4]。Matlantisのような先進的なクラウドSaaSをいち早く導入し、内製化されたAIモデルと組み合わせることで独自の「AIの民主化」を推し進め、1.5ヶ月という驚異的なスピードで仮説検証サイクルを回している点は、重厚長大な体質になりがちな総合化学メーカーにおいて極めてアジャイルな競争優位性となっている[3]。

6. 世界的な材料ディスカバリーのAI革命と今後の展望

クラレが推進するAI駆動の材料開発は、世界の材料科学におけるマクロなトレンドと完全に軌を一にするものである。現在、米国を中心に、AIとロボティクスを融合させた材料開発の自動化が急速に進行している。

例えば、米エネルギー省ローレンス・バークレー国立研究所が主導する「Materials Project」は、20万以上の無機材料と57万以上の分子の計算データをオープンソースで公開し、世界中の研究者が機械学習モデルをトレーニングするための基盤を提供している[44]。さらに、2023年に稼働を開始した「A-Lab」のような完全自動化自律型ラボ（Self-driving laboratories）は、AIが合成レシピを立案し、ロボットが24時間体制で無人の合成・評価実験を行い、その結果をフィードバックして次の仮説を立てるというループを実現している[44]。MITの研究チームが開発したシステム「CRESt」は、自然言語による指示を受け、数ヶ月で900以上の化学的組み合わせを探索し、記録的な出力密度を持つ燃料電池触媒を発見することに成功している[45]。

このような、AIが「助手」から「自律的な研究の主体」へと進化を遂げる破壊的な環境下において、日本の化学産業が生き残るためには、クラレが示したようなシミュレーションと実験の高度な統合が不可欠である。クラレは今後、Matlantis等を用いた情報科学の手法を、単一の触媒分子の予測から、より複雑で大規模な構造を持つポリマー（高分子）全体の性能予測へと拡張していくことを目指している[3]。高分子材料の物性は、分子構造だけでなく、プロセス履歴や高次構造など極めて多数の変数が関与するため難易度が高いが、AIモデルの進化と計算機資源の拡大により、この領域でも遠か

らずブレイクスルーが期待される。

7. 結論

本報告書における深層分析から、クラレが達成した「若手によるAIを用いた新材料開発の成功」は、決して単発の幸運な事例ではないことが明確に結論付けられる。それは、同社が強力に推し進める中期経営計画「PASSION 2026」に基づくデータドリブン組織への変革[4]、クラウド型DXツールのアジャイルな実装[3]、そして若手研究者への大胆な権限委譲[4]が結実した、必然的な成果である。

マテリアルズ・インフォマティクスの真の価値は、魔法のように新素材を吐き出すことではない。それは、研究開発における不確実性を計算によって事前に排除し、人的・時間的リソースを最も付加価値の高い創造的な業務に集中投資するための「R&Dエンジンの根本的な設計変更」である[3]。クラレは、計算速度が飛躍的に向上したAIシミュレータを導入することで、「事後説明」から「シミュレーションファースト」へとプロセスを逆転させ、触媒開発という極めて難易度の高い領域において、従来数年を要した検証をわずか1.5ヶ月に短縮してみせた[3]。これは、「高速に失敗できる組織」こそがAI時代に最も強いという事実を証明している。

さらに、このデータ駆動のアプローチは、急速な市場拡大が見込まれる細胞培養用のPVAマイクロキャリア（スキャポバ）や、次世代のナトリウムイオン電池等に向けたバイオマス由来ハードカーボン（クラノード）といった、地球規模の課題解決と直結する次世代ポートフォリオのプロセス開発にも波及している[16]。これらの領域では、デジタルツインを駆使したスケールアッププロセスのシミュレーションが進められており、化学メーカーの提供価値が単なる「モノ売り（素材提供）」から「データに裏付けられたソリューション提供」へと進化しつつあることを示唆している[20]。

三菱ケミカル、三井化学、住友化学といった国内の競合他社、さらには自律型ラボを推進する海外の研究機関と激烈な開発競争が繰り広げられる中[36]、AIを駆使した新時代の競争環境において生き残る企業は、優れたITツールを導入する企業にとどまらない。膨大なデータとAIの予測結果を解釈し、既存の枠組みにとらわれずに次なる仮説へと昇華させる「若手を含む多様な人材」を、最もアジャイルかつ効果的にエンパワーメントできる組織こそが覇権を握るだろう。クラレの事例は、日本の化学産業が暗黙知への過度な依存から脱却し、グローバルな競争力を再構築するための、極めて示唆に富む確かな道標を提示している。

引用文献

1. マテリアルズ・インフォマティクスの導入・活用・推進における, 3月 9, 2026にアクセス、https://www.chem-station.com/archives/2022/05/mi16.html
2. 住友化学のMIによる材料開発の効率化 | A-side - note, 3月 9, 2026にアクセス、https://note.com/aside_2023/n/n7054cb7dd2de
3. Matlantis導入により1.5か月に短縮。計算から始まる開発プロセスで, 3月 9, 2026にアクセス、https://matlantis.com/ja/case-study/kuraray/
4. 【DX推進編】創業100年に向けた「人と組織のトランス ..., 3月 9, 2026にアクセス、https://www.hitachi-hightech.com/jp/ja/products/ict-solution/randd/cacestudy/003.html
5. Kuraray Report, 3月 9, 2026にアクセス、

https://www.kuraray.com/content/dam/kuraray/jp/ja/sustainability/report/kuraray2024.pdf
6. patesalo: "クラレ、AIで若手が新材料開発に成功 次の芽「細胞と電池, 3月 9, 2026にアクセス、https://patesadon.com/@patesalo/116174622574494843
7. Materials Scientists Embrace AI to Accelerate Discovery—Yet Nearly, 3月 9, 2026にアクセス、https://matlantis.com/en/news/release-20251121/
8. 生成AIの民主化とは？ ビジネス価値とリスクについて | ガートナー, 3月 9, 2026にアクセス、https://www.gartner.co.jp/ja/articles/generative-ai-can-democratize-access-to-knowledge-and-skills
9. 蓄積された研究開発データを利活用する、クラレの「R&Dナレッジ ..., 3月 9, 2026にアクセス、https://www.yokogawadigital.com/insights/insights-2705/
10. R＆D特集 クラレ、細胞固定化担体など進展 : 化学工業日報 電子版, 3月 9, 2026にアクセス、https://chemicaldaily.com/archives/770435
11. 基本方針 | 株式会社クラレ - Kuraray, 3月 9, 2026にアクセス、https://www.kuraray.com/jp-ja/innovation/rd/statement/
12. 日本の再生医療市場規模、シェア、成長率、2034年, 3月 9, 2026にアクセス、https://www.fortunebusinessinsights.com/jp/%E6%97%A5%E6%9C%AC%E3%81%AE%E5%86%8D%E7%94%9F%E5%8C%BB%E7%99%82%E5%B8%82%E5%A0%B4-115266
13. 再生医療市場規模と予測 2025-2035 - Metatech Insights, 3月 9, 2026にアクセス、https://www.metatechinsights.com/jp/industry-insights/regenerative-medicine-market-1022
14. 再生医療市場規模・レポート・シェア・成長トレンド2030年, 3月 9, 2026にアクセス、https://www.mordorintelligence.com/ja/industry-reports/global-regenerative-medicines-market-industry
15. 日本再生医療市場価格, スコープ, 見通し - Spherical Insights, 3月 9, 2026にアクセス、https://www.sphericalinsights.com/jp/reports/japan-regenerative-medicine-market
16. 「再生医療JAPAN 2025」にPVAマイクロキャリア〈スキャポバ ..., 3月 9, 2026にアクセス、https://www.kuraray.com/jp-ja/news/2025/1001_3/
17. PVA (Polyvinyl alcohol) を原料としたマイクロキャリアです。, 3月 9, 2026にアクセス、https://www.seikonet.co.jp/burger_editor/burger_editor/dl/1369__UFZB44Oe44Kk44Kv44Ot44Kt44Oj44Oq44Ki44CM44K544Kt44Oj44Od44OQ4oSi44CN44OR44Oz44OV44Os44OD44Ol.pdf
18. クラレが新銘柄を発売 特殊処理を施した細胞培養担体 - ゴムタイムス, 3月 9, 2026にアクセス、https://www.gomutimes.co.jp/?p=209257
19. クラレなど4社、再生医療向け細胞培養の基盤構築へ - 化学工業日報, 3月 9, 2026にアクセス、https://chemicaldaily.com/archives/713445
20. クラレ、サイフューズ、ZACROS、千代田化工建設 4 社 ... - Kuraray, 3月 9, 2026にアクセス、https://www.kuraray.com/content/dam/kuraray/jp/ja/news/2025/1001_3/251001_Collaborative_Creation_by_four_companies.pdf
21. 細胞のデジタルツインで未来医療へ — サイフューズなど4社、再生, 3月 9, 2026にアク

セス、https://news.sharelab.jp/cases/medical/cyfuse-251023/
22. Hard Carbon Material Market Size, Trends, Share and Forecast 2032, 3月 9, 2026にアクセス、https://www.credenceresearch.com/report/hard-carbon-material-market
23. Hard Carbon Anode Material Precursor Market Demand Dynamics, 3月 9, 2026にアクセス、https://www.datainsightsmarket.com/reports/hard-carbon-anode-material-precursor-1060345
24. Hard Carbon Material Market Size, Share, Growth, 3月 9, 2026にアクセス、https://www.futuremarketreport.com/industry-report/hard-carbon-material-market
25. リチウムイオン二次電池用負極材 バイオハードカーボン ... - Kuraray, 3月 9, 2026にアクセス、https://carbon-solutions.kuraray.com/ja/kuranode/
26. リチウムイオン二次電池向けハードカーボンに関する共同開発, 3月 9, 2026にアクセス、https://www.kureha.co.jp/newsrelease/release/detail/post_107.html
27. 植物由来原料のリチウムイオン二次電池負極材 クレハとクラレが, 3月 9, 2026にアクセス、https://response.jp/article/2011/12/15/167185.html
28. リチウムイオン二次電池向け植物系ハードカーボン負極材の新, 3月 9, 2026にアクセス、https://guide.jsae.or.jp/topics/80606/
29. Hard Carbon Material Market Size, Share, Growth Report 2033, 3月 9, 2026にアクセス、https://datahorizzonresearch.com/hard-carbon-material-market-3116
30. Global Hard Carbon Anode Material Market 2024-2030, 3月 9, 2026にアクセス、https://mobilityforesights.com/product/hard-carbon-anode-material-market
31. 住友化学の知財戦略ー変革を支える知的財産マネジメントの全貌, 3月 9, 2026にアクセス、https://www.techno-producer.com/ai-report/sumitomo-chemical_ip_strategy_report/
32. マテリアルズインフォマティクス（MI）の活用で、光触媒特性を高, 3月 9, 2026にアクセス、https://www.mmc.co.jp/corporate/ja/news/press/2026/26-0210.html
33. Citrine Informatics社の金属材料開発における取り組みと ... - SCSK, 3月 9, 2026にアクセス、https://www.scsk.jp/sp/eng-dx/product/citrine/column/metal-materials-mi.html
34. 三菱ケミカルのマテリアルズインフォマティクス（MI）の成功事例, 3月 9, 2026にアクセス、https://www.mi-seek.com/success-stories/mcgc.html
35. 三井化学におけるマテリアルズインフォマティクスの活用 - J-Global, 3月 9, 2026にアクセス、https://jglobal.jst.go.jp/detail?JGLOBAL_ID=202502245194666513
36. 三井化学と日立によるAIを活用した新材料開発高速化の実証 | A-side, 3月 9, 2026にアクセス、https://note.com/aside_2023/n/n3f90c6195da3
37. マテリアルズインフォマティクス技術を 活用した材料開発, 3月 9, 2026にアクセス、https://www.hitachihyoron.com/jp/archive/2020s/2022/02/pdf/02b06.pdf
38. マテリアルズ・インフォマティクスによる材料開発 - 三井住友銀行, 3月 9, 2026にアクセス、https://www.smbc.co.jp/hojin/report/investigationlecture/resources/pdf/3_00_CRSDReport090.pdf
39. マテリアルズインフォマティクス（MI）とは？専門領域別ベンダー, 3月 9, 2026にアクセ

ス、https://www.mi-seek.com/
40. 住友化学のマテリアルズインフォマティクス（MI）の成功事例, 3月 9, 2026にアクセス、https://www.mi-seek.com/success-stories/sumitomo-chem-success.html
41. 最少の実験回数で高い予測精度を与える汎用的AI技術を開発 - NIMS, 3月 9, 2026にアクセス、https://www.nims.go.jp/press/2021/10/202110250.html
42. 物質・材料研究機構(NIMS)と化学4社によるオープンイノベーション, 3月 9, 2026にアクセス、https://www.nims.go.jp/press/2017/06/201706190.html
43. 【随時更新】マテリアルズインフォマティクスに関する最新動向, 3月 9, 2026にアクセス、https://qiita.com/oki_kosuke/items/01591d3277b5500f0389
44. How the Materials Project Is Helping to Usher in the AI Revolution, 3月 9, 2026にアクセス、https://eta.lbl.gov/news/accelerating-discovery-how-materials-project-helping-usher-ai-revolution-materials
45. AI system learns from many types of scientific information and runs, 3月 9, 2026にアクセス、https://news.mit.edu/2025/ai-system-learns-many-types-scientific-information-and-runs-experiments-discovering-new-materials-0925
46. This AI-powered lab runs itself—and discovers new materials 10x, 3月 9, 2026にアクセス、https://www.sciencedaily.com/releases/2025/07/250714052105.htm