

第4回事例研究会

グリーンフォーラム（藤井康正座長＝東京大学大学院工学系研究科教授）は、2025年度第4回事例研究会を開催した。テーマは「バイオシフトで市場機会獲得―脱炭素を利益に変えるバイオリファインリーの勝ち筋」で、活発な議論が展開された。



バイオエコノミー社会の実現を目指したバイオものづくり技術の開発

地球環境産業技術研究機構（RITE）バイオ研究グループ グループリーダー 主席研究員

乾将行氏



バイオものづくりは、社会生活や産業に有用な化合物を微生物の力を使って生産する技術だ。石油リファインリーに代わるものとして、自然界のメカニズムを模倣するだけでなく、人為的に機能を設計し、それを生産工場として使うことで製造プロセスの多様化とサステナビリティな産業への転換を図るキートンロジである。

昨今、DNA合成や遺伝子解析、ゲノム編集技術の進展によって再生可能資源や未利用資源を原料とした

独自技術生かし強力に推進

の脱却がある。常温・常圧下で反応するバイオプロセスはエネルギー使用量の削減だけでなく、資源の循環利用も可能になる。

また、圧倒的に二酸化炭素（CO₂）排出量の削減を期待できる。生産工程で一つずつ触媒の反応を積み重ねていく化学反応に対して、バイオプロセスでは多段階の反応が細胞の中で起こる。反応を重ねていく必要がないため、炭素数が多い複雑な化合物ほどバイオプロセスへの転換は有利となる。

我が国ではバイオ技術とデジタル技術を融合して作られた細胞を「スマートセル」と呼ぶ。スマートセルは2016年5月に経産省が提唱したビジョンだ。「高度にゲノムがデザインされて物質生産を高度に高めた細胞」と定義され、バイオものづくりはスマートセルの創出が成否を左右する。そしてバイオものづくりの焦点は「作る」ことから「大量生産」、つまり経済的な工業生産に軸が移ってきている。

地球環境産業技術研究機構（RITE）では1990年の設立当初から、バイオを原料とした微生物による高付加価値物質生産（バイオリファインリー）によるCO₂削減技術の確立に取り組んできた。コア技術はスマートセルと「RITEバイオプロセス」とこの二つを融合してさまざまなバイオものづくりに適応している。

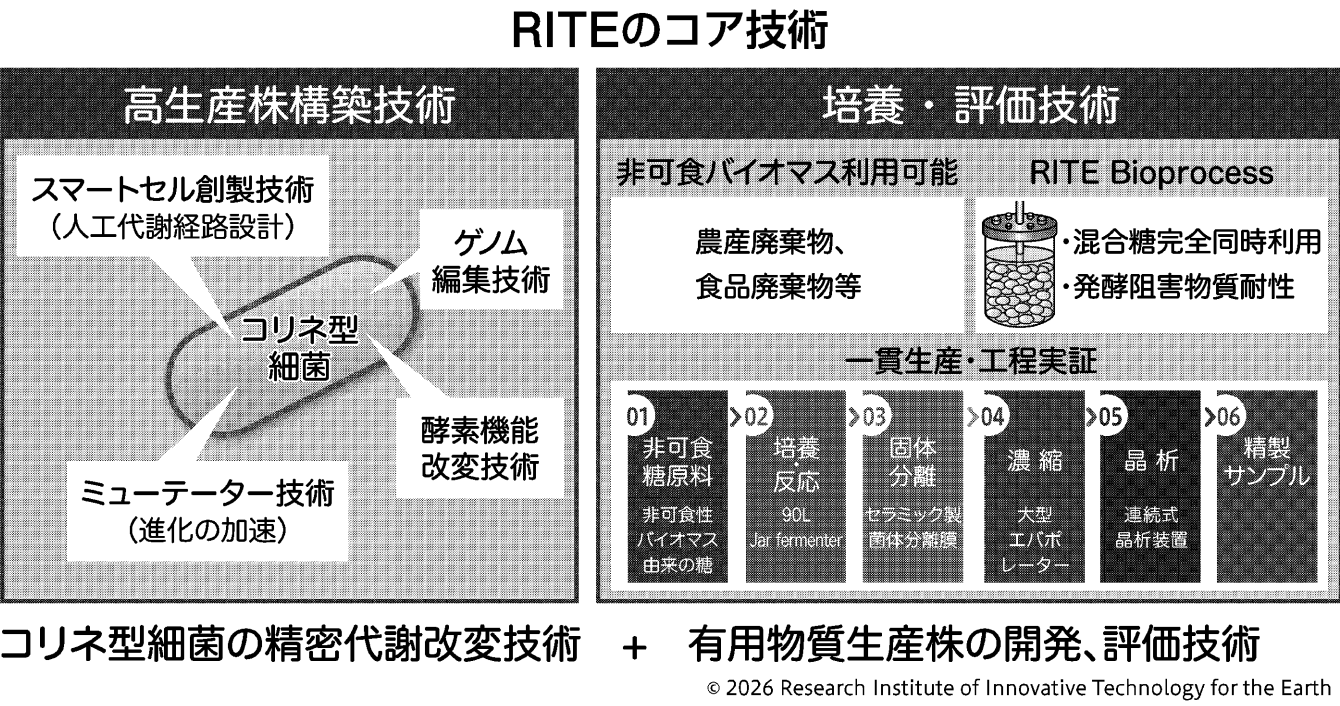
中でもアミノ酸の生産能力に優れるコリネ型細菌にいち早く着目して、その精密代謝改変技術の開発を進めてきた。元々は1950年代に日本で発見された土壌細菌であり、現在もう調味料の製造で使われている。増殖阻害物質への耐性が強く、また任意の条件下では増殖しないが代謝機能は維持しているという特徴を有している。

RITEではコリネ型細菌のスマートセルとして活用するメリットを見いだすとともに、その特徴を応用した増殖非依存型技術「RITEバイオプロセス」を開発。増殖を抑制させた状態で目的化合物を生産させる革新技術をもたらした。そしてコリネ型細菌にスマートセルとRITEバイオプロセスを適用することで、微生物による芳香族化合物生産を可能にした。芳香族化合物は強い細胞毒性のため、微生物では生産できないと考えられていた高難度物質。電子部品の絶縁材料や香料など幅広く利用されており、グリーン化学品へのシフトをけん引する成果と呼べるものだ。

RITEでは新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）や科学技術振興機構（JST）のプロジェクトに参加して、知見の蓄積と技術の高度化を進めてきた。例えば、バイオマス由来の混合糖から原料モノマー「アジピン酸」前駆体のバイオ生産と、さまざまなポリエステルを分解する耐熱性エステラーゼ（酵素）を見いだして、実海水での塩濃度スーパッチングでは1カ月で重量減少率80%以上を達成し、海中での強靱性と耐久性、そして分解性を両立するバイオポリマーを実現した。

また、非可食バイオマス糖化液由来の液体燃料（エタノール）生成において、グルコース（C6糖）とキシロース（C5糖）の混合糖による高効率プロセスを確立している。2種の糖を同時利用する技術は他に類を見ず、しかも繰り返し生産が可能だ。生産収率は95%。1990年代後半からの研究開発を経て、すでに高レベルで達成していたRITEのバイオ燃料生産技術をJSTの事業の中でさらに高度化した。

RITEの独自技術はインフルエンザ治療薬「タミフル」製造原料の高収率化や、純国産バイオエタノール燃料による商用フライトなど、我が国のバイオものづくりをけん引してきた。26年4月に日本では「バイオものづくりセンター」が稼働した。今後は生産株構築期間の短縮に向けて未利用資源の利便と毒性物質生産に着目した独自データベース構築、そしてプロダクトライン的に新規株構築を可能にする土台株の拡充も進める。RITEは生産株と生産技術を提供可能なプラットフォームだ。サキュラーエコノミーとカーボンニュートラルを実現するバイオものづくりの強力な推進役として取り組んでいく。



CO₂を原料にした高付加価値化学品の製品化

積水化学工業 R&Dセンター 先進技術研究所 バイオ活用プロジェクト長

小野 世吾氏



積水化学工業のバイオものづくりについて研究開発と社会実装の両面から解説したい。当社は創業以来、プラスチック加工技術を基盤に事業を発展させ、住宅、インフラ、自動車、工業用材料など幅広い分野へと展開してきた。近年はペロブスカイト太陽電池やバイオリファインリーなど、脱炭素社会の実現に向けた新たなイノベーションの実用化にも力を入れている。

政府は2024年に「バイオエコノミー戦略」を策定し、30年までに市場規模

究極の資源循環サイクルを目指す

100兆円の目標を示した。また高市早苗政権では、25年11月に発表された日本成長戦略の17戦略分野の一つに「合成生物学・バイオ」を掲げ、新たな産業基盤の育成とバイオエコノミー社会の実現を推進している。

一方で昨今の気候変動対策や中東地域の混乱長期化による地政学的リスクは、化学メーカーとして原料調達とサプライチェーンに責任を持ち、資源を循環させていくという新たな価値創造の源泉として重要な課題だ。

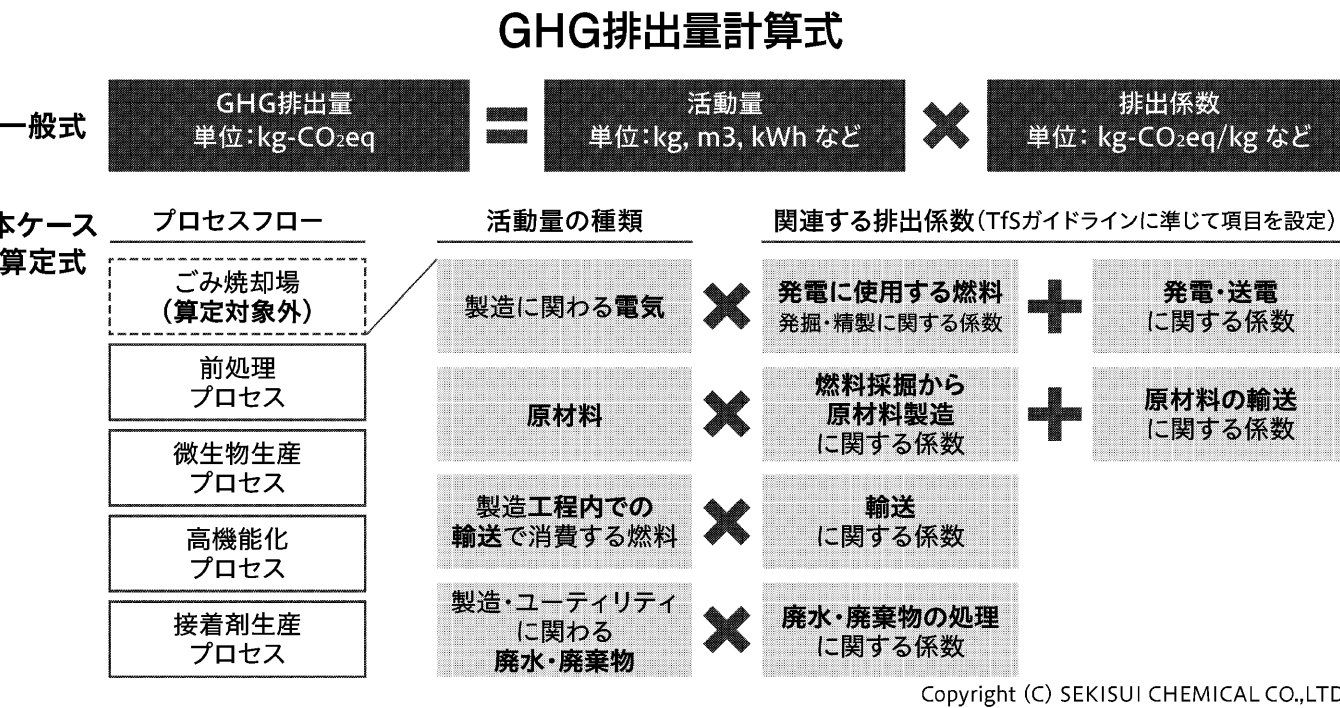
当社の研究開発は幅広い事業領域を対象としているが、その根底には共通するコア技術プラットフォームが存在する。その一つがバイオプロセス技術だ。当社は1980年代から微生物技術を活用しており、2000年代以降はバイオ化学となるバイオものづくり技術に注力してきた。

そして長年培ってきた微生物技術と化学技術の知見を融合し、二酸化炭素（CO₂）など未利用資源を原料として活用する新たなバイオものづくりに挑戦している。目指すのは「何度でも新品から新品へ」を実現する究極の資源循環サイクルだ。社内で培った技術を生かし、二酸化炭素（CO₂）資化菌を活用した資源循環社会の創出を進めている。

当社は、より高付加価値な製品領域へ展開する取り組みに着手している。それが従来の糖原料ではなくCO₂を直接原料とする高機能材料だ。まずは微生物プロセスと化学プロセスを組み合わせて高機能バイオ接合剤の社会実装を目指している。

ひたちなか東海クリーンセンター（茨城県）を実証拠点として、ゴミ焼却場から排出されるCO₂を回収し、触媒技術によってエへ変換する。CO₂はエネルギーが低く、そのまま物質変換しても微生物による利用が難しい。そこでCO₂を利用できる特殊な微生物「CO₂資化菌」を用いてポリマー原料を生産する。このとき地球環境産業技術研究機構（RITE）の代謝制御技術を組み合わせることで芳香族化合物を合成して、サステナブルなエポキシ接着剤の原料へと転換する。

芳香族化合物は高性能材料の基盤として不可欠であるが、生産時の毒性や代謝制御が難しく、バイオプロセスでは非常に高度な技術が求められる。そこで当社のCO₂資化技術とRITEのバイオプロセスを融合することで、CO₂原料による芳香族化合物生産を初めて実現した。当社では、微生物由来原料を用いても性能



向上を確認しており、エレクトロニクスやモビリティ分野でも耐え得る、石化由来樹脂による既存製品と同等以上の性能を見いだしている。

当社はエレクトロニクス分野の接着剤では高い世界シェアを有している。コスト面での課題は残るものの、当社自らが率先して原料転換することが市場変革につながると思っている。微生物を活用したバイオプロセスは、従来の化学プロセスと比較して省エネルギー化、脱炭素化が期待できる。一方で生産コストは石化由来製品の販売価格を大幅に上回る。大規模生産に匹敵するスケールアップとコスト低減が課題であり、最適化し尽くされた石化プロセスと比較して十分な収益性を確保しにくい。

さらに、性能自体は石化由来品と変わらないため、環境価値だけで価格プレミアムを獲得することは容易ではない。

世界におけるCO₂由来材料の提供、採用はまだ限定的であり、高付加価値市場が中心だ。欧州ではサステナビリティ要件が厳格化しており、環境価値が厳格化しており、環境価値が競争力となっている。当社はCO₂を原料にした高付加価値市場に注力している。短期的には高機能バイオエポキシ接着剤の社会実装、そして中長期的に低コスト連続生産プロセスを確立して高機能バイオモノマー、熱硬化性バイオ樹脂へと展開していく。

本技術の環境価値を評価するためにLCA（ライフサイクルアセスメント）も実施している。化学業界のガイドライン「TfS」に準拠し、自社の事業活動に伴う排出量（スコープ1、2）を算定。結果として、単純にバイオプロセスを導入しただけでは十分な温室効果ガス（GHG）の排出削減にはつながっていない。

原因は電力、廃水・廃棄物処理、原材料に関する製造。これらが大きな影響因子となっており、これら工程を最適化できるプロセスを確立すれば、必ず排出量を下げることができ。当社はゴミ焼却場の再生可能エネルギーや熱などを活用することで、従来の石油化学プロセスを上回る環境性能を実現できる見通しを得ている。

環境が企業価値向上のカギ

日刊工業新聞社が主宰する「グリーンフォーラム」は、産業界として地球環境保全に取り組むことを目的として1991年に設立された研究会です。有識者や行政関係者らの協力を得て、環境情報の収集・調査・研究、新聞やインターネットによる情報発信、環境事業の広報のサポートなどを展開しています。「環境が企業価値向上のカギ」を掲げて活動し、低炭素・循環型の経済社会システムの構築を目指しています。



バイオシフトで市場機会獲得 — 脱炭素を利益に変える バイオリファイナーの勝ち筋

香料素材バイオものづくりに最適なRITEプロセス (増殖非依存型コリネ菌)

生成物毒性	宿主	パッチ培養、 単離精製	長期安定培養、連続単離精製
△	大腸菌や酵母	○	必要なし
	増殖非依存型 コリネ	○	必要なし
	大腸菌や酵母	×	△ 増殖が必要なため、栄養源を添加し 続けなければ生産性を維持できない
	増殖非依存型 コリネ	○	○ 増殖が不要なため、栄養源の添加な しに長時間生産性を維持 増殖の出し入れ不要のシンプルな系 で生産が可能

© 2026 Takasago International Corporation All Rights Reserved.

高砂香料工業は1920年の創業以来、合成香料のバイオニアとして市場をリードしてきた。54年からメントールの生産を開始し、60年以降は調合香料ビジネスを大幅拡大するとともに欧米・中国・アジアなどへのグローバル展開を経て、現在はバイオものづくりを次なる成長の柱として位置付けている。

当社の主力製品であるメントールの歴史は、技術革新と持続可能な原料探索の歴史でもある。メントールは爽快感や冷涼感をもたらす有機化合物。食品や医薬品などさまざまな製品に使用されている。

当社はシトロネラ由来の天然原料によるメントール生産を開始後、石油化学の発展とともに化石由来原料へと移行。しかしオイルシ



高砂香料工業 執行役員
研究開発本部長兼バイオ
デザイン研究所長

江村 誠氏

持続可能社会、炭素循環型社会に貢献
する高砂香料工業のバイオものづくり

グリーンケミストリーで新たな価値創造

当社が目指しているのは、技術革新を通じて再生可能資源を基盤とするサステナブルな産業へ再び帰還することである。

こうした背景から、当社は2014年に「サステナブル セント (Sustainable Scene)」を宣言した。生分解性を有し、バイオベース率100%を目指す香料素材開発である。そして現在までにバイオものづくりのコンセプト「BIOSWITCH」に拡張して、生物多様性 (Biodiversity)、生分解性 (Biodegradability)、バイオエコノミー (Bioeconomy)、バイオテクノロジー (Biotechnology) を統合した新たな4B開発戦略を立案した。その実現手段として期待しているのがスマートセル技術である。

スマートセルを用いて芳香族化合物など有用物質を生産する際、目的物質が宿主となる細胞に対して強い毒性を示すことで増殖が抑制されてしまふことがあ

る。この課題は特に香料などの植物二次代謝産物をターゲットにした場合のバイオものづくりにおけるハードルの一つとなっている。分かりやすい例としてビールやワイン、日本酒のアルコール度数がある。これらのアルコール度数は5%から高くても20%。それ以上のアルコール発酵生産が困難であるのは、酵母の代謝による生成アルコールが、一定濃度に達すると酵母自体に対する毒性となつて発酵活動を抑制してしまう限界濃度というわけだ。

当社と地球環境産業技術研究機構 (RITE)、そしてRITE発パイオベンチャーのGreen Earth Institute (GEI) は、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 事業の結果を展開し、非可食原料である未利用木質バイオマスを原料としたローズ香料の発酵生産に成功した。未利用や廃棄される予定の枯れた木や木材チップからローズの香りを作り出す現代の「花咲か爺」であり、世界

初の実現だ。これまでローズ香料はほとんどが化石原料から化学合成されており、細胞毒性によりバイオ生産は困難とされてきた。そこで高生産株となるコリネ型細菌のスマートセルを創出し、RITEの増殖非依存型「RITEバイオプロセス」を適応。そこに当社が開発した、発酵中に香料を連続的に系外へ回収するフロー連続分離法を組み合わせた。これにより化石原料を用いないバイオプロセスによる高効率なローズ香料生産が実現した。

当社は、かつてのメントール開発に代表されるように、アカデミアや他者とのアライアンスを得意としてきた。今更、オープンイノベーションや水平分業だ。

現在3者は、当社の合成事業における連続フロー反応やモジュール型連続生産設備「iFactory」にて蓄積した技術をバイオものづくりに活かし、循環型の連続槽型反応器 (CSTR) なども活用して商用生産に向けたスケールアップを進めている。

AI (人工知能) 技術の進展は香料開発を大きく変える。たんばく質の3次元構造予測は必ずしも数分に短縮され、正確な構造を導き出す。これを受けて社内計算科学チームを立ち上げ、活性部位の解明から酵素設計の効率化を進めている。また、従来は困難だった香料の高選択的生産にも挑戦している。酵素の立体構造を解析し、光活性の生成メカニズムを計算科学的に解明する。これらデジタル変革 (DX) とロボティクス化により新規人工酵素開発を10倍速化。年500種超を可能とする自動化環境の整備にも取り組んでいる。

当社は製品へのバイオベース率や生分解性情報の開示などを世界の競合他社に先駆けて実施してきた。今後はグリーンケミストリーの考え方をさらに発展させ、バイオものづくりの評価指標や標準化の仕組みづくりに取り組んでいく。

ものづくりメーカーとして、天然原料の責任ある調達と保護、環境負荷の抑制に向けた解決策など、持続可能な香料産業の実現に向けて化学とバイオ技術の融合による新たな価値創造を進めていきたい。

意見交換



グリーンフォーラム座長
東京大学 大学院工学系
研究科教授

藤井 康正氏

(NEC) 井上信也氏
経済合理性をクリアしていくためにIT業界に期待する (貢献) 領域は、(地球環境産業技術研究機構) 乾将行氏 バイオものづくりには代謝経路の設計や人工的な細胞機能の構築において、AIやデータサイエンスの活用が不可欠だ。バイオと情報技術の両方に精通したクロスドメイン人材も必要だ。AIエンジンやIoTパートナーとの連携、協業を深化させることでバイオ分野へのIT技術の適用領域は拡大する。研究開発の効率化や実験・製造プロセスのデジタル化に期待している。

(高砂香料工業) 江村誠氏 バイオ分野での研究開発は「ドライ (Dry)」「ウェット (Wet) (Dry to Wet) と言われている。当社では、「ドライとウェット」と解釈して、計算科学を担うドライ人材と実験を担うウェット人材の双方を理解し、橋渡しできる人材が求められる。バイオ研究者が計算科学者が連携しながら、分野横断的な人材育成と協働を進められる環境整備が必要だ。

(積水化学工業) 小野世吾氏 IT分野との融合はすでに進んでおり、酵素改変や代謝経路設計ではAIや計算科学を活用している。一方で、自動化や安定生産につながる培養プロセスの制御は、依然として個人の経験やノウハウに依存する部分が大い。AIセンサーなど微生物の状態や活性低下の兆候をリアルタイムで検知し、フィードバック制御する培養領域のDX化が求められる。

(ホンダ) 青木健氏 実際の社会・経済システムにイノベーションを実装し定着させることは一社単独では極めて困難だ。共創する仲間づくりのキープポイントは、

バイオAX化にパラダイムシフト

だまらない。自社に不足する技術や知見は外部から積極的に取り入れ、多様なパートナーとの協働によって社会実装を加速していく。(エア・ウォーター) 若村紗友里氏 CO₂をどう使うか。合成原料に限りなく直接活用においても生物の力を使うことは有用だ。CO₂資源化のポテンシャルは。

小野氏 CO₂の資源化はカーボンサイクル技術として期待される領域だ。CO₂は変換プロセスに多くのエネルギー (還元力) が必要になる。例えば、一酸化炭素 (CO) への変換。COは化学物質や燃料を製造する際の有用な原料だ。反応しやすく、化学品やSAF (持続可能な航空燃料)、メタノールなどを高効率に合成できる。還元力に使われる水素には経済合理性は不可欠だ。経済性に見合ったCO₂の効率的な使い方を目指している。

江村氏 CO₂を直接利用する微生物技術、そしてCO₂を有用な資源として循環させる技術は理想である。当社の企業DNAには「究極のものづくりはCO₂固定」とするアプローチがある。自然界では光合成による炭素固定が実際に行われている。技術的にも実現可能であるという信念を持って研究開発に取り組んでいる。

乾氏 合成生物学やスマートセル技術の進展によって人工的なCO₂固定経路の研究が加速している。一方でCO₂を直接利用することが重要だ。

秋元圭吾委員 エネルギー変換は非常に重要な視点だ。CO₂をエネルギーへ変換するには大量の水素が必要であり、供給やコストが大きな課題となる。一方、バイオマスでは植物が炭素固定を担うため効率は低いものの、コスト面で優位性を持つ可能性がある。原料起点での技術特性選択が重要だ。これからの競争力のガ치는バイオDXとAX (AIトランスフォーメーション) の融合によるバイオAX化。パラダイムシフトによって新たな価値を創出してグローバルなビジネス競争力につなげていくことが重要だ。



グリーンフォーラム座長
業技術研究機構 システム研究グループ
ルフリーダー・主席研究員 秋元圭吾氏

TREK!
トレック

ビジネスに使える産業情報が
今すぐ読める! 転載できる!

日刊工業新聞が運営するコンテンツマーケット



PCでも
スマホでも
OK

会員登録が完了すれば、
すぐに購入して利用可能!

OPEN

「TREK!」は新聞記事や雑誌記事、画像、セミナー動画を販売するECサイトです。商品の検索から決済、著作権利用までオンライン上で完結できます。すぐに必要な商品を手続き、情報収集や社内回覧、営業資料への転載、顧客への配布など、幅広いビジネスシーンでご利用いただけます

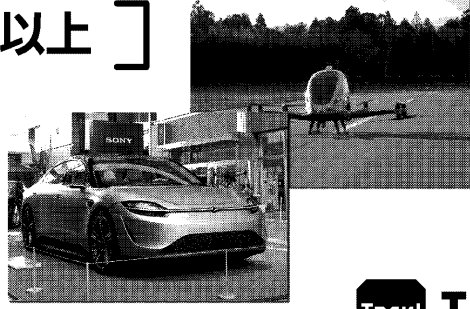
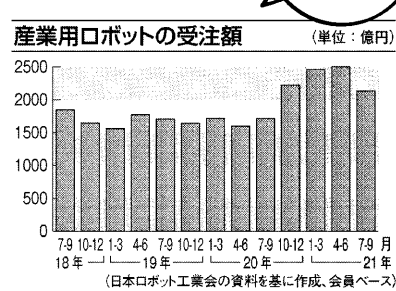
著作権の利用手続きが
オンラインで完結

記事や画像を
1本ずつ購入可能

HP掲載は、22,000円
社内共有は、5,500円から

日刊工業新聞社

独自の産業情報コンテンツが 数千本以上



TREK!

https://trek.nikkan.co.jp